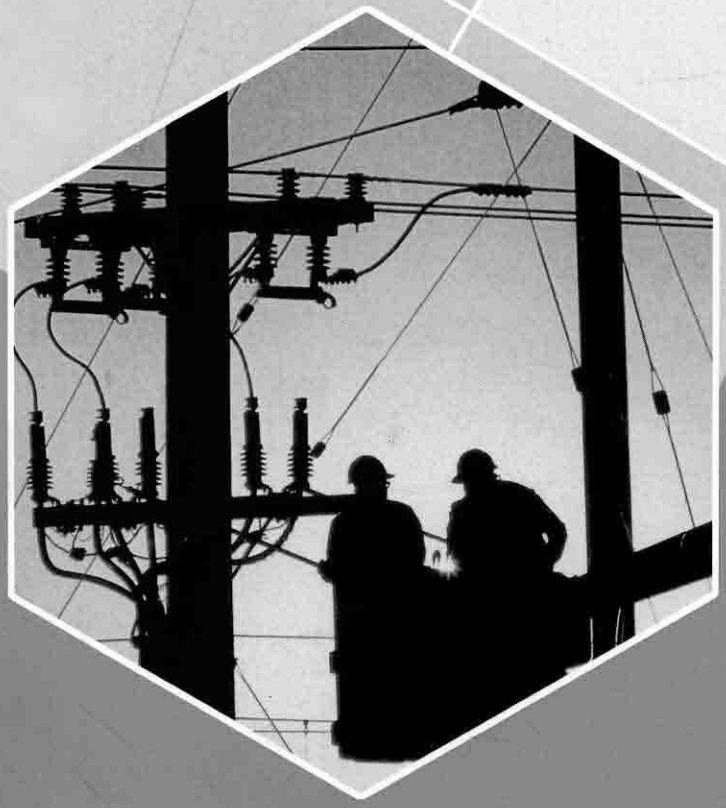
جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
مؤسسهٔ آموزش عالی
علمی ـ کاربردی
صنعت آب و برق

POWEREN.IR

خطوط هوایی شبکه‌های توزیع برق

تجهیزات و طراحی

مهندس کریم روشن میلانی




بسم الله الرحمن الرحيم

خطوط هوایی شبکه‌های توزیع برق

تجهیزات و طراحی

مهندس کریم روشن میلانی

مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی صنعت آب و برق

چاپ اول

تابستان ۱۳۸۱

POWEREN.IR

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
مؤسسهٔ آموزش عالی
علمی - کاربردی
صنعت آب و برق

- نام کتاب: خطوط هوایی شبکه‌های توزیع برق - تجهیزات و طراحی
- تألیف: مهندس کریم روشن میلانی
- ناشر: مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی صنعت آب و برق
- چاپ اول: تابستان ۱۳۸۱
- شمارگان: ۱۵۰۰ جلد
- قیمت: ۳۱۵۰۰ ریال
- شابک: ۷ - ۸ - ۹۲۶۱۰ - ۹۶۴ ISBN : 964 - 92610 - 8 - 7

آدرس ناشر: تهران خیابان فلسطین شمالی، جنب وزارت نیرو، کوچه شهید پرویز روشن، پلاک ۲۴، صندوق پستی ۱۴۱۵۵/۳۳۶۹، تلفن: ۸۸۰۰۸۸۷

کلیه حقوق برای مؤلف محفوظ است

پیش‌گفتار ناشر

از مهمترین عوامل مؤثر در ارتقاء سطح دانش علمی و تخصصی استادان ، دانشجویان و کارشناسان ، وجود منابع آموزشی ، از جمله کتب و جزوات درسی می‌باشد . کتب درسی ، به عنوان در دسترس‌ترین منابع آموزشی ، در صورتی می‌تواند به افزایش دانش فنی کمک کند که بر پایه نیازهای شناخته شده در صنعت تهیه شده و حاوی تازه‌ترین مطالب علمی و پژوهشی در زمینه موردنظر باشد .

مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی صنعت آب و برق با هدف تأمین منابع علمی مورد نیاز استادان و دانشجویان مراکز آموزش عالی و کارشناسان محترم بخشهای مختلف صنعت آب و برق، این مهم را سرلوحه فعالیتهای خود قرار داده و با همکاری اعضای هیات علمی در داخل و خارج از وزارت نیرو و صاحبنظران صنعت ، آغازگر این راه گردیده است .

مؤلف محترم کتاب آقای مهندس کریم روشن میلانی علاوه بر سابقه تدریس دروس تخصصی در مراکز آموزشی، از خبرگان صنعت برق به شمار می‌آیند و ویژگی اخیر باعث شده است که کتاب تالیف شده توسط ایشان ضمن در نظر گرفتن به مبانی علمی، حاوی اطلاعات کاربردی ذی قیمتی در خصوص معرفی و بهره برداری صحیح از تجهیزات و همچنین روش‌های طراحی خطوط هوایی شبکه‌های توزیع باشد.

امید است مطالب این کتاب مورد استفاده استادان، دانشجویان و کارشناسان گرامی قرار گیرد .

مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی صنعت آب و برق

رَبِّ زِدْنی عِلْماً « طه ۱۱۴ »

(پروردگارا علم مرا افزون کن)

دیباچه

توجه به شبکه‌های توزیع و تزریق روح مهندسی به فعالیتهای آن در دهۀ گذشته شتاب فراوانی به خود گرفته است. امروزه تهیۀ طرح ها و نقشه‌های مهندسی در این شاخه از صنعت برق نیز جایگاه خود را می‌طلبد که آن را می‌توان دگرگونی و شکوفائی در شبکه‌های توزیع ایران نامید. در این تحولات هرکس به سهم خود تلاش و کوشش فراوانی را در اعتلای سیستم‌های توزیع انجام می‌دهد. کتاب حاضر ضمن توجه به ***« اصول مهندسی در شبکه‌های توزیع »*** و با اعتقاد به طراحی اقتصادی آن، در تلاش است تا مبانی، استانداردها، جداول کاربردی و جزئیات اجرایی برای طراحی و نظارت بر شبکه‌های توزیع هوایی را، با قابلیت اطمینان بالا و کارایی مناسب معرفی نماید.

اینجانب نیز وظیفۀ خود دانستم که برای انتقال تجربیات گردآوری شده و تدوین مجموعه‌ای کامل از آنچه که آن را مرتبط با خطوط هوایی شبکه‌های توزیع می‌دانم ، اقدام نمایم .

این مجموعه نتیجۀ ده سال سابقۀ خدمت و فعالیت در طراحی و نظارت بر شبکه‌های توزیع است و بخش‌هایی از آن طی سال‌های گذشته برای دانشجویان رشته برق در مراکز آموزش عالی و همچنین در دوره‌های آموزشی مختلف به ویژه برای کارشناسان شرکت های توزیع برق توسط اینجانب تدریس شده است و باتوجه به تجربیات حاصل از ارائه مطالب و دریافت نظرات و پیشنهادات مربوط ، سعی شده است که نقایص و اشکالات به حداقل رسانیده شود .

این کتاب در دو بخش کلی تنظیم شده است :

بخش اول : تجهیزات خطوط هوایی توزیع

بخش دوم : ضوابط طراحی و جداول کاربردی

در تدوین بخش اول ضمن توجه به اکثر کالاهای موجود در شبکه‌های هوایی توزیع ایران ، تا حدی به نوآوری و دیگر تجهیزات جدید در آن شاخه از صنعت برق اشاره شده است .

در بخش دوم به روش سیستماتیک، برای انجام طراحی و ارایه طرح‌هایی از جمله محاسبات الکتریکی ومکانیکی خطوط توزیع و نیز دستور العمل‌های حریم ، مسیریابی و نقشه برداری آن ها پرداخته شده است . همچنین پنج پیوست به صورت اطلاعات تکمیلی در پایان برخی از فصل‌ها آورده شده است .

لازم به توضیح است که **نرم‌افزار کاربردی** طراحی خطوط هوایی شبکه‌های توزیع بر اساس اصول و جدول‌های این کتاب، به خصوص فصل‌های نهم و هفتم در دست تهیه می‌باشد و امید است در چاپ‌های بعدی به همراه کتاب در اختیار علاقمندان قرار گیرد.

در اینجا لازم است از همکاری بی‌دریغ افراد و مؤسسات زیر تشکر نمایم :

* جناب آقا ی دکتر محمد احمدیان ، معاون محترم وزیر نیرو در امور برق به خاطر زحماتی که در زمینه نظارت علمی بر محتوای کتاب داشتند .
* آقای مهندس سیدمحسن دیان به دلیل بررسی محتوای کتاب به عنوان ویراستار فنی و ارائه پیشنهادات و نقطه‌نظرات مفید و سازنده .
* مؤسسه نشر پیام ، آقای نیابتچی و خانم سعیدپور به خاطر حروف‌چینی اولیهٔ مجموعه و آقای عبدلزاده به خاطر ترسیم تصاویر و شکل‌های کتاب .
* مؤسسه تبریز پلات ، آقای مسعود نجاری برای ترسیم جزئیات اجرائی و آرایش‌های سرتیرها در محیط نرم‌افزار **AUTO CAD** .
* همکاران محترم دفتر طراحی و نظارت شرکت توزیع برق آذربایجان شرقی به خاطرکمک در ترسیم تصاویر ، شکل‌ها و جزئیات اجرائی بخش ضوابط طراحی.
* آقای مهندس داود حرفتی و آقای مهندس فیروز محمدی به خاطر همکاری در تنظیم فصل‌های هفتم و نهم و آقای مهندس محمودی صدقیانی و آقای مهندس محمد رضا اکبری برای همکاری در تهیه فصل اصول نقشه برداری و سیستم **GIS** .
* آقای محسن نیک‌بخت به خاطر انجام دقیق ویرایش ادبی مجموعه .

هم‌چنین از همهٔ همکاران در مؤسسه آموزش عالی علمی ـ کاربردی صنعت آب و برق از جمله آقای عباس عسگری بخاطر تلاش‌ها و پی‌گیری‌هایشان در کلیهٔ مراحل چاپ کتاب تشکر می‌نمایم .

از خانوادهٔ محترم خود که در مدت جمع‌آوری مطالب و تألیف کتاب مرا مورد تشویق قرار داده و سختی‌هایی را تحمل نمودند قدردانی می‌نمایم .

در پایان اذعان می‌نمایم که مجموعهٔ حاضر خالی از نقص و اشکال نمی‌باشد ، بنابراین از دریافت نظرات و پیشنهادات صاحبنظران استقبال خواهم کرد .

کریم روشن‌میلانی

تابستان ۱۳۸۱

POWEREN.IR

عنوان | صفحه

بخش اول: تجهیزات خطوط هوایی توزیع

فصل اول – آشنایی با شبکه‌های توزیع

۱-۱ ـ مقدمه ۱
۱-۲ ـ لزوم توجه و آشنایی با توزیع انرژی الکتریکی ۱
۱-۳ ـ پیشرفت سیستم‌های توزیع ۴
۱-۴ ـ بررسی شبکه توزیع ۶
۱-۴-۱ ـ مدارها و پست‌های فوق توزیع ۷
۱-۴-۲ ـ ساختار فیدرهای سیستم توزیع ۸
۱-۵ ـ سطوح ولتاژ شبکه‌های توزیع ۹
۱-۶ ـ مقایسه سیستم‌های زمینی و هوایی ۱۱
۱-۶-۱ ـ صرفه اقتصادی ۱۱
۱-۶-۲ ـ مشکلات اجرایی ۱۱
۱-۶-۳ ـ تعمیر و عیب یابی ۱۲
۱-۶-۴ ـ حفظ زیبایی محیط و حریم‌ها ۱۲
۱-۶-۵ ـ حادثه‌آفرینی و ایمنی ۱۳
۱-۷ ـ توسعهٔ شبکه‌های توزیع ۱۵
۱-۷-۱ ـ خطوط فشار متوسط (ولتاژ اولیه) ۱۵
۱-۷-۲ ـ خطوط فشار ضعیف (ولتاژ ثانویه) ۱۶
۱-۷-۳ ـ پست‌ها (ایستگاه‌های) توزیع ۱۷

فصل دوم – هـــادی‌ها

۲-۱ ـ مقدمه ۲۱
۲-۲ ـ جنس سیم‌های هوایی ۲۱
۲-۳ ـ آلومینیوم ۲۲
۲-۴ ـ فولاد ۲۵

عنوان | صفحه

۲-۵ - سیم آلومینیومی با مغز فولادی (ACSR) ۲۶
۲-۵-۱ - نامگذاری سیم‌های آلومینیوم فولاد ۲۶
۲-۵-۲ - هادی‌های آلومینیوم فولاد استاندارد شبکهٔ توزیع - ایران ۳۰
۲-۵-۳ - مشخصات سیم‌های هوایی آلومینیوم فولاد ۳۳
۲-۶ - مس ۳۸

فصل سوم - پـــایـــه‌ها

۳-۱ - مقدمه ۴۱
۳-۲ - طبقه‌بندی پایه‌ها ۴۲
۳-۲-۱ - علامت‌گذاری روی پایه‌ها ۴۳
۳-۳ - پایه‌های چوبی ۴۳
۳-۳-۱ - کلاس پایه‌های چوبی ۴۴
۳-۳-۲ - ساخت پایه‌های چوبی ۴۶
۳-۳-۳ - محاسبهٔ پایه‌های چوبی ۴۷
۳-۳-۴ - پایه‌های دوتکه چوبی - بتنی ۵۰
۳-۴ - پایه‌های فلزی ۵۳
۳-۴-۱ - چگونگی ساخت پایهٔ فلزی آهن کشیده (پرتیک یا **A** شکل) ۵۴
۳-۴-۲ - چگونگی ساخت دکل فلزی مشبک - یا اسکلتی ۵۴
۳-۴-۳ - چگونگی ساخت پایه‌های فلزی لوله‌ای (تلکسوپی) ۵۹
۳-۵ - پایه‌های بتنی ۶۴
۳-۵-۱ - انواع پایه‌های بتنی مسلح ۶۵
۳-۵-۲ - خصوصیات پایه‌های بتنی مسلح ۷۰
۳-۵-۳ - سوراخ‌های تیرهای بتنی ۷۰
۳-۵-۴ - مشخصات مصالح و نقشه‌های ساخت پایه‌های بتنی مسلح ۷۷
۳-۶ - پایه‌های بتنی پیش‌تنیده ۷۸
۳-۷ - فونداسیون ۸۲

عنوان — صفحه

۳-۷-۱ -گودبرداری برای نصب پایه‌ها ۸۲
۳-۷-۲- محاسبهٔ حجم خاکبرداری، سنگ لاشه و مقدار سیمان برای پرکردن گودها ۸۶
۳-۷-۳ - فونداسیون‌های خاص ۸۸
پیوست شماره ۱ : *آزمون تیرهای بتنی* **۹۲**

فصل چهارم – مقـــره‌هـــا

۴-۱ - مقدمه ۹۷
۴-۲ - جنس مقره‌ها ۹۹
۴-۲-۱ - مقرهٔ چینی ۹۹
۴-۲-۲ - مقرهٔ شیشه‌ای تقویت شده ۹۹
۴-۲-۳ - مقره‌های جدید (غیر سرامیکی) ۱۰۱
۴-۳ - شکل مقره‌ها ۱۰۳
۴-۴ - انواع مقره‌ها در شبکه‌های توزیع ۱۰۸
۴-۵ - مقره‌های سوزنی (میخی) (Pin Type Insulators) ۱۰۸
۴-۵-۱ - پایه‌های مقرهٔ سوزنی ۱۱۴
۴-۶ - مقره‌های بشقابی (Suspension or Strain Type Insulator) ۱۲۱
۴-۷ - مقره‌های ثابت یا استوانه یکپارچه (Solid–Core Insulators) ۱۲۶
۴-۷-۱ - مقره‌های ثابت پایه‌های خطوط انتقال و توزیع ۱۲۶
۴-۷-۲ - مقره استوانه‌ای میله کششی ۱۳۲
۴-۷-۳ - مقرهٔ یکپارچه میله‌ای بلند (لانگ راد) ۱۳۴
۴-۸ - مقره‌های چرخی یاقرقره‌ای (Spool Type Insulator) ۱۳۶
۴-۸-۱ - جا مقره چرخی یا اتریه ۱۳۸
۴-۹ - مقره مهار Guy Insulator ۱۳۹
۴-۱۰ - انتخاب مقره ۱۴۰
۴-۱۰-۱ - شدت آلودگی محیط ۱۴۰
۴-۱۰-۲ - هماهنگی عایقی خطوط توزیع ۱۴۱

عنوان — صفحه

۴-۱۰-۳-نکات الکتریکی ایزولاسیون خط توزیع ۱۴۳
۴-۱۱ - آزمون مقره‌های خطوط هوایی ۱۴۴
۴-۱۱-۱- سری اول - آزمایش‌های نوعی (یا جرقه) ۱۴۴
۴-۱۱-۲ - سری دوم - آزمایش‌های نمونه ۱۴۶
۴-۱۱-۳ - سری سوم - آزمایش‌های معمول ۱۴۹

فصل پنجم – یراق آلات خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

۵-۱ - مقدمه ۱۵۳
۵-۲ - رابط چشمی (Ball–Eye) ۱۵۵
۵-۳ - رکاب گیرنده Shackle, Chain (Bolt Type) ۱۵۶
۵-۴ - رکاب انتهایی (Shackle, Anchor) ۱۵۷
۵-۵ - رکاب پیچیده (Shackle, Twisted) ۱۵۸
۵-۶ - رکاب گوشتکوبی (Ball-Clevis) ۱۵۹
۵-۷ - قلاب گوشتکوبی (Ball-Hook) ۱۶۰
۵-۸ - گیره انتهایی ((Clamp, Dead End, (Clevis Type)) ۱۶۰
۵-۹ - گیره انتهایی مستقیم سیم آلومینیوم و آلومینیوم - فولاد ۱۶۲
۵-۱۰ - گیرهٔ انتهایی مستقیم سیم مسی ۱۶۲
۵-۱۱ - گیره آویزی ((Suspension Clamp(Clevis Type or Envelope Type)) ۱۶۳
۵-۱۲ - گیرهٔ آویز زاویه‌ای (Clamp Angle) ۱۶۵
۵-۱۳ - مادگی چشمی (Socket-Eye) ۱۶۵
۵-۱۴ - مادگی رکابی (Socket-Clevis) ۱۶۶
۵-۱۵ - میله جلوبر مقره (لینک کششی) (Extension Link) ۱۶۷
۵-۱۶ - پیچ U شکل (Bolt "U") ۱۶۸
۵-۱۷ - مهرهٔ چشمی بیضی (Eye, Nut, Ovaleye) ۱۶۹
۵-۱۸ - صفحهٔ گوشواره و صفحهٔ اتصال مقره (Youe Plate) ۱۶۹
۵-۱۹ - رابط (Link) ۱۷۰
۵-۲۰ - پیچ و مهرهٔ (Through Bolt) ۱۷۱

عنوان | صفحه

۵-۲۰-۱ - پیچ یک‌سر رزوه (پیچ کراس آرم) ۱۷۱
۵-۲۰-۲ - پیچ و مهرهٔ ۵ سانتی‌متری - M14 ..... ۱۷۳
۵-۲۰-۳ - پیچ و مهرهٔ دو سررزوه ۱۷۳

بخش دوم: ضوابط طراحی و جداول کاربردی خطوط هوایی توزیع

فصل ششم - کنسول، کراس آرم و آرایش پایه‌ها

۶-۱ - مقدمه ۱۷۷
۶-۲ - معرفی انواع آرایش پایه‌ها ۱۷۸
۶-۳ - کنسول گنبدی (تاجی) ۱۷۹
۶-۴ - کنسول جناقی ۱۸۱
۶-۴-۱ - کنسول V شکل ۱۸۲
۶-۵ - کنسول‌های یکطرفه یا ساید آرم ۱۸۵
۶-۵-۱ - کنسول یکطرفه قائم یا پرچمی (طرح عمودی) ۱۸۵
۶-۵-۲ - ساید آرم L شکل (طرح افقی) ۱۸۸
۶-۶ - کراس‌آرم‌ها یا کنسول مستقیم ۱۸۹
۶-۶-۱ - کراس‌آرم‌های چوبی ۱۸۹
۶-۶-۲ - کراس‌آرم کمپوزیت ۱۹۰
۶-۶-۳ کراس‌آرم‌های فلزی ۱۹۱
۶-۶-۴ - کراس‌آرم و کنسول‌های دوبل ۱۹۳
۶-۶-۵ - کراس‌آرم‌های بتنی ۱۹۴
۶-۷ - حایل کراس‌آرم ۱۹۵
۶-۸ - راک یا پایه مقره فشار ضعیف ۱۹۷
۶-۹ - بازوی جلوبر (براکت شبکه فشار ضعیف) ۱۹۸
۶-۱۰ - سکوی ترانسفورماتور هوایی ۱۹۹

عنوان | صفحه

۶-۱۱ ـ معیارهای الکتریکی انتخاب کراس‌آرم ۲۰۵
۶-۱۱-۱ ـ فاصلهٔ هادی از پایه ۲۰۵
۶-۱۱-۲ ـ فاصلهٔ هادی‌ها از یکدیگر ۲۰۵
۶-۱۲ ـ نکات بهره‌برداری کراس آرم‌ها ۲۰۹
۶-۱۳ ـ انتخاب کراس‌آرم و کنسول ۲۰۹
۶-۱۳-۱ ـ انتخاب کراس‌آرم با جدول بیشترین اسپن ۲۱۰
۶-۱۳-۲ ـ انتخاب ساختمان کراس‌آرم از جدول ۰۸۱-۰۰ ..... ۲۱۲
۶-۱۴ ـ معیارهای مکانیکی انتخاب کراس آرام ۲۱۵
۶-۱۴-۱ ـ نیروهای قائم «T.V.» ۲۱۵
۶-۱۴-۲ ـ نیروهای افقی «T.H.» ۲۱۵
۶-۱۵ ـ تهیهٔ نقشه‌های پیکتاژ و برآورد لیست مصالح خطوط هوایی ۲۱۶
۶-۱۵-۱ ـ کاربرد علایم راهنما (سمبل‌ها) و دیتیل‌ها در تهیه نقشه‌های ۲۱۶
۶-۱۵-۲ ـ برآورد تجهیزات خطوط کنسول و کراس‌آرم‌ها: ۲۱۷

پیوست شماره (۲) : جزییات اجرایی خطوط هوایی ۲۰کیلوولت ـ آرایش پایه‌ها ۲۲۱
I ـ انواع آرایش‌های هادی‌ها به صورت افقی در جزییات سر تیر ۲۲۴
II ـ انواع آرایش‌های هادی‌ها به صورت عمودی در جزییات سر تیر ۲۲۴
III ـ انواع آرایش‌های هادی‌ها به صورت مثلثی در جزییات سر تیر ۲۲۴
IV ـ انواع آرایش‌های هادی‌ها به صورت دومداره در جزییات سر تیر ۲۲۴
V ـ انواع آرایش‌های هادی‌ها به صورت خاص در جزییات سر تیر ۲۲۴

فصل هفتم – محاسبات الکتریکی خطوط هوایی

۷-۱ ـ مقدمه ۲۶۹
۷-۲ ـ اُفت ولتاژ مجاز در شبکه‌های فشار ضعیف و فشار متوسط ۲۷۰
۷-۲-۱ ـ دامنه تغییرات ولتاژ ۲۷۰
۷-۲-۲ ـ تعیین حداکثر اُفت ولتاژ در خط ۲۷۲
۷-۳ ـ انتخاب ولتاژ خط انتقال ۲۷۳
۷-۴ ـ محاسبات اُفت ولتاژ و توان ۲۷۵

عنوان | صفحه

۷-۴-۱ - روش محاسباتی با توجه به توان خروجی در انتهای خط ۲۷۵
۷-۴-۲ - روش درصد اُفت اهمی و سلفی ۲۷۵
۷-۴-۳ - روش معادلات خط کوتاه ۲۷۷
۷-۵ - منحنی‌های اُفت ولتاژ (ΔV) و توان (ΔP) ۲۸۰
۷-۶ - محاسبه راکتانس ۲۸۷
۷-۶-۱ - خط هوایی تکمداره ۲۸۷
۷-۶-۲ - خط هوایی دو مداره (سه فاز) ۲۸۹
۷-۷ - جریان اتصال کوتاه ۲۹۱
۷-۸ - منحنی‌های جریان - زمان اتصال کوتاه برای سیم‌های توزیع ۲۹۲
پیوست شماره (۳): نمونه محاسبات اُفت ولتاژ و تلفات توان ۲۹۵

فصل هشتم – حریم خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

۸-۱ - مقدمه ۳۰۱
۸-۲ - تعاریف ۳۰۱
۸-۳ - حریم خط هوایی از ریل راه‌آهن ۳۰۵
۸-۴ - حریم راه‌ها ۳۰۶
۸-۵ - حریم خطوط مخابرات و تلفن ۳۰۸
۸-۶ - حریم خطوط نفت و گاز ۳۱۱
۸-۷ - حریم دو خط انتقال با ولتاژ مختلف ۳۱۱
۸-۸ - فاصله آزاد سیم‌ها از ساختمان‌ها و ابنیه ۳۱۳

فصل نهم – محاسبات مکانیکی خطوط هوایی توزیع

۹-۹ - مقدمه ۳۱۷
۹-۲ - تعاریف مربوط به طراحی مکانیکی خطوط هوایی توزیع ۳۱۷
۹-۲-۱ - کشش [T]: "Tension" ۳۱۷
۹-۲-۲ - فلش [f]: "Sag" ۳۱۸
۹-۲-۳ - سکشن: "Section" ۳۱۹
۹-۲-۴ - انواع اسپن‌ها [S]: "Span" ۳۱۹
۹-۲-۵ - پارامتر (منحنی) سیم [a]: "Parameter" ۳۲۴

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

۹-۲-۶ ـ حداکثر مقاومت کششی [U.T.S]: "Ultimate Tensile Streng" ۳۲۴
۹-۲-۷ ـ ضریب اطمینان سیم [n]: "Safety factor" ۳۲۴
۹-۲-۸ ـ ضریب کشسانی (مدول الاستیسیته) [E] : "Modulea of Elasticity" ۳۲۵
۹-۲-۹ ـ ضریب انبساط خطی (یا حرارتی) [α]: "Coeficient of thermal expansion" ۳۲۵
۹-۲-۱۰ ـ منحنی سیم "Catenary" ۳۲۷
۹-۲-۱۱ ـ فاصله سیم تا سطح زمین ـ کلیرانس "Clearance" ۳۳۱
۹-۲-۱۲ ـ فاصله هوایی مجاز ۳۳۳
۹-۲-۱۳ ـ پلان "Plan" ۳۳۴
۹-۲-۱۴ ـ پروفیل "Profile" ۳۳۵
۹-۲-۱۵ ـ تمپلت (یا شابلون‌های طراحی) "Templete" ۳۳۵
۹-۳ ـ انتخاب شرایط بارگذاری بر اساس منطقه آب و هوایی پروژه ۳۳۵
۹-۴ ـ محاسبهٔ نیروهای وارد بر سیم ۳۴۰
۹-۴-۱ ـ محاسبهٔ نیروی یخ روی سیم ۳۴۱
۹-۴-۲ ـ محاسبهٔ نیروی باد روی سیم ۳۴۲
۹-۴-۳ ـ محاسبهٔ نیروی وارده بر سیم، در حالت وجود یخ و باد با هم ۳۴۳
۹-۴-۴ ـ برآیند نیروهای وارد بر سیم [W_T] یا بار منتجّه [W] ۳۴۴
۹-۵ ـ فرض‌های اولیهٔ محاسبات مکانیکی ۳۴۵
۹-۶ ـ فلش ۳۴۹
۹-۷ ـ معادله تغییر وضعیت ۳۵۵
۹-۸ ـ جدول‌های کشش و فلش ۳۶۲
۹-۸-۱ ـ بررسی نتایج جداول کشش و فلش ۳۶۳
۹-۹ ـ نیروهای وارده بر تیر و انتخاب قدرت پایه‌ها ۳۶۷
۹-۹-۱ ـ محاسبات مکانیکی نیروی وارده بر پایهٔ میانی (توخطی یا مماسی) ۳۷۰
۹-۹-۲ ـ محاسبات مکانیکی نیروی وارده بر پایه‌های زاویه و یا کششی ۳۷۴
۹-۱۰ ـ جداول بارگذاری و انتخاب قدرت پایه‌ها ۳۷۷
۹-۱۰-۱ ـ بررسی نتایج جدول بارگذاری و قدرت پایه‌ها ۳۸۱
۹-۱۱ ـ جدول‌های سیم‌کشی و مقادیر فلش ۳۸۵

عنوان — صفحه

پیوست شماره (۴): مهار و انواع آن ۳۸۷
I ـ محاسبهٔ نیروی کشش مهار ۳۸۷
II ـ انواع مهار ۳۸۸
III ـ مشخصات سیم‌های مهار ۳۹۰

فصل دهم – مسیریابی و نقشه‌برداری خطوط هوایی توزیع

۱۰-۱ـ مقدمه ۳۹۱
۱۰-۲ ـ مسیریابی ۳۹۲
۱۰-۳ ـ بازدید از مسیرهای انتخاب شده ۳۹۴
۱۰-۴ ـ انتخاب مسیر بهینه ۳۹۵
۱۰-۵ ـ استفاده از سیستم G.P.S برای تعیین مختصات نقاط از طریق ماهواره ۳۹۷
۱۰-۶ ـ کاربرد G.I.S در مدیریت شبکه‌های توزیع برق ۳۹۸
۱۰-۷ ـ نقشه‌برداری ۴۰۰
۱۰-۸ ـ ورق‌های پلان و پروفیل (Plan and Profile) ۴۰۰
۱۰-۹ ـ مقیاس یا اشل ۴۰۱
۱۰-۱۰ ـ قوانین تهیهٔ پلان و پروفیل ۴۰۲
۱۰-۱۰-۱ ـ علایم نقشه‌کشی جغرافیایی ۴۰۳
۱۰-۱۰-۲ ـ برنامهٔ کامپیوتری رسم پلان و پروفیل مسیر خط و اسپاتینگ ۴۰۹
۱۰-۱۱ ـ پایه‌گذاری روی پروفیل ۴۰۹
۱۰-۱۱-۱ ـ تهیه تمپلت ۴۰۹
۱۰-۱۱-۲ ـ چگونگی پایه‌گذاری روی پروفیل ۴۱۲
۱۰-۱۱-۳ ـ کنترل‌های پس از پایه‌گذاری روی پروفیل ۴۱۲
پیوست شماره (۵): آشنایی با اصول نقشه‌برداری خطوط هوایی توزیع ۴۱۴
I ـ انواع نقشه‌برداری ۴۱۴
II ـ اندازه‌گیری ۴۱۵
III ـ اندازه‌گیری فاصله ۴۱۶
IV ـ اندازه‌گیری یک فاصله با وجود مانع ۴۱۹
V ـ ترازیابی ـ اندازه‌گیری ارتفاع ۴۲۰
VI ـ اندازه‌گیری زاویه (تاکئومتری) ۴۲۲
VII ـ اندازه‌گیری غیرمستقیم فاصله (استادیمتری) ۴۲۵
VIII ـ برداشت ۴۲۶
VIII ـ فهرست منابع ۴۳۰

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۹-۲-۶ - حداکثر مقاومت کششی [U.T.S]: "Ultimate Tensile Streng"	۳۲۴
۹-۲-۷ - ضریب اطمینان سیم [n]: "Safety factor"	۳۲۴
۹-۲-۸ - ضریب کشسانی (مدول الاستیسیته) [E] : "Modulea of Elasticity"	۳۲۵
۹-۲-۹ - ضریب انبساط خطی (یا حرارتی) [α] :"Coeficient of thermal expansion"	۳۲۵
۹-۲-۱۰ - منحنی سیم "Catenary"	۳۲۷
۹-۲-۱۱ - فاصله سیم تا سطح زمین - کلیرانس "Clearance"	۳۳۱
۹-۲-۱۲ - فاصله هوایی مجاز	۳۳۳
۹-۲-۱۳ - پلان "Plan"	۳۳۴
۹-۲-۱۴ - پروفیل "Profile"	۳۳۵
۹-۲-۱۵ - تمپلت (یا شابلون‌های طراحی) "Templete"	۳۳۵
۹-۳ - انتخاب شرایط بارگذاری بر اساس منطقه آب و هوایی پروژه	۳۳۵
۹-۴ - محاسبهٔ نیروهای وارد بر سیم	۳۴۰
۹-۴-۱ - محاسبهٔ نیروی یخ روی سیم	۳۴۱
۹-۴-۲ - محاسبهٔ نیروی باد روی سیم	۳۴۲
۹-۴-۳ - محاسبهٔ نیروی وارده بر سیم، در حالت وجود یخ و باد با هم	۳۴۳
۹-۴-۴ - برآیند نیروهای وارد بر سیم [W_T] یا بار منتجّه [W]	۳۴۴
۹-۵ - فرض‌های اولیهٔ محاسبات مکانیکی	۳۴۵
۹-۶ - فلش	۳۴۹
۹-۷ - معادله تغییر وضعیت	۳۵۵
۹-۸ - جدول‌های کشش و فلش	۳۶۲
۹-۸-۱ - بررسی نتایج جداول کشش و فلش	۳۶۳
۹-۹ - نیروهای وارده بر تیر و انتخاب قدرت پایه‌ها	۳۶۷
۹-۹-۱ - محاسبات مکانیکی نیروی وارده بر پایهٔ میانی (توخطی یا مماسی)	۳۷۰
۹-۹-۲ - محاسبات مکانیکی نیروی وارده بر پایه‌های زاویه و یا کششی	۳۷۴
۹-۱۰ - جداول بارگذاری و انتخاب قدرت پایه‌ها	۳۷۷
۹-۱۰-۱ - بررسی نتایج جدول بارگذاری و قدرت پایه‌ها	۳۸۱
۹-۱۱ - جدول‌های سیم‌کشی و مقادیر فلش	۳۸۵

بخش اول:

تجهیزات خطوط هوایی توزیع



فصل اول

آشنایی با شبکه‌های توزیع

۱ـ۱ ـ مقدمه

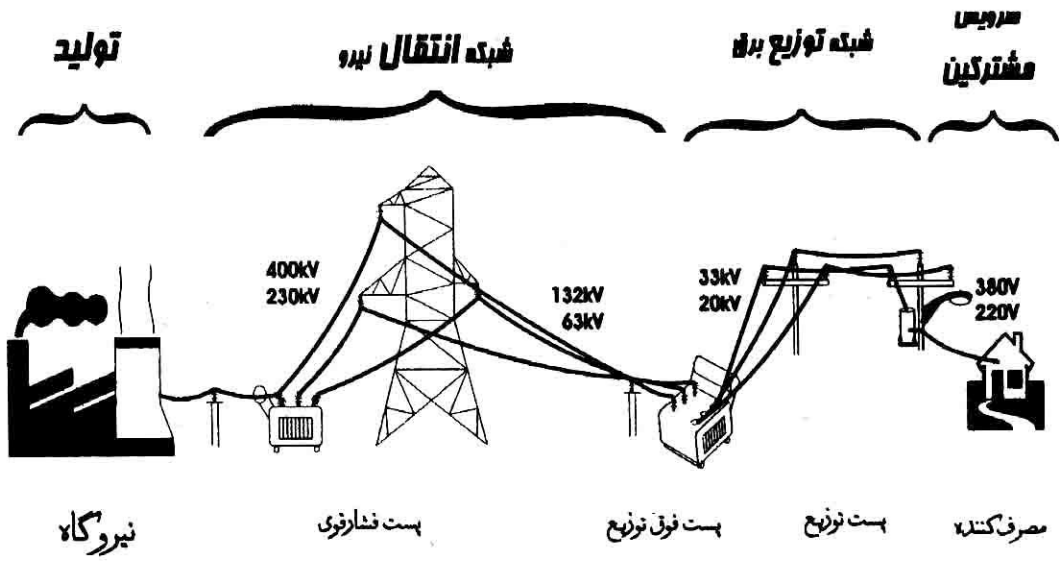
صنعت برق یکی از حیاتی‌ترین صنایع یک کشور به حساب می‌آید. در این میان، شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی، محل تلاقی مشترکین صنعت برق می‌باشد و اشکالات سیستم توزیع در این صنعت، از دید مصرف‌کنندگان، مشکل کلیهٔ صنعت برق قلمداد خواهد شد. توسعهٔ روزافزون، عدم پیش‌بینی صحیح این روند و عقب ماندگی تکنولوژی، همواره مشکلاتی را در سیستم توزیع انرژی الکتریکی به‌همراه داشته است. با توجه به این‌که ۳۵ درصد از سرمایه‌گذاری‌های صنعت برق، به بخش توزیع مربوط است و عدم طراحی صحیح، هدایت سیستم بدون برنامه‌ریزی و تعیین اهداف بدون کنترل پروژه‌ها، موجبات اعمال ضرر به سرمایه ملی، اتلاف انرژی و عدم رضایت و بدبینی مشترکین را به‌دنبال داشته است، بنابراین لزوم آموزش و انتقال دانش فنی، نوآوری، رعایت نکات فنی و استانداردها، نظارت، کنترل و ارزیابی در سیستم‌های توزیع شدیداً احساس می‌شود. در این فصل ضمن معرفی اجمالی سیستم‌های توزیع انرژی الکتریکی و نحوه دسته بندی آن‌ها، مقایسه‌ای بین شبکه‌های هوایی و زمینی انجام خواهد شد.

۱ـ۲ ـ لزوم توجه و آشنایی با توزیع انرژی الکتریکی

با هر قدمی که در زندگی برداشته می‌شود، وابستگی جوامع بشری به منابع انرژی الکتریکی بیشتر احساس می‌شود؛ در این میان، ارتباط بین منبع تغذیه و مصرف کنندگان، به‌نام سیستم توزیع انرژی نقش حیاتی را ایفا می‌کند. این سیستم نه تنها از نظر کمیت توزیع انرژی الکتریکی اهمیت دارد، بلکه از نظر

ارائه و استمرار تامین برق نیز با استانداردهای معتبر در کیفیت مطلوب مورد توجه قرار گرفته است.

انرژی الکتریکی، در نیروگاه‌های حرارتی توسط سوخت‌های فسیلی، یا پس از صرف هزینه‌های سنگین، با استفاده از پتانسیل آب سدها در توربین‌های آبی تولید شده از طریق خطوط انتقال انرژی، به مراکز مصرف انتقال می‌یابند. در این مراکز، ایستگاه‌های تبدیل، سطح ولتاژ را کاهش می‌دهند. این ولتاژ متوسط به وسیلهٔ شبکه‌های توزیع به محل مصرف کننده خواهد رسید. در محل مصرفی نیز، به کمک ایستگاه‌های ترانسفورماتوری توزیع، ولتاژ به حد قابل استفاده برای مصارف خانگی، صنعتی، تجاری، عمومی، کشاورزی و... تبدیل شده و به مصرف می‌رسد (شکل ۱ـ۱). سیستم‌های قدرت، وظیفه تأمین انرژی الکتریکی را از مرحلهٔ تولید تا مصرف به‌عهده دارند. این سیستم‌ها به چهار بخش عمدهٔ ***تولید***، ***انتقال***، ***توزیع*** و ***سرویس*** به مشترکین تقسیم می‌شود. امروزه، با توجه به گستردگی فعالیت‌های چرخهٔ تأمین برق در انواع مراحل «تولید، انتقال، توزیع برق و خدمات بعد از فروش به مشترکین» ، لزوم توجه بیشتر و اختصاصی‌تر به هرکدام از این شاخه‌های صنعت برق را جّدی‌تر کرده است.



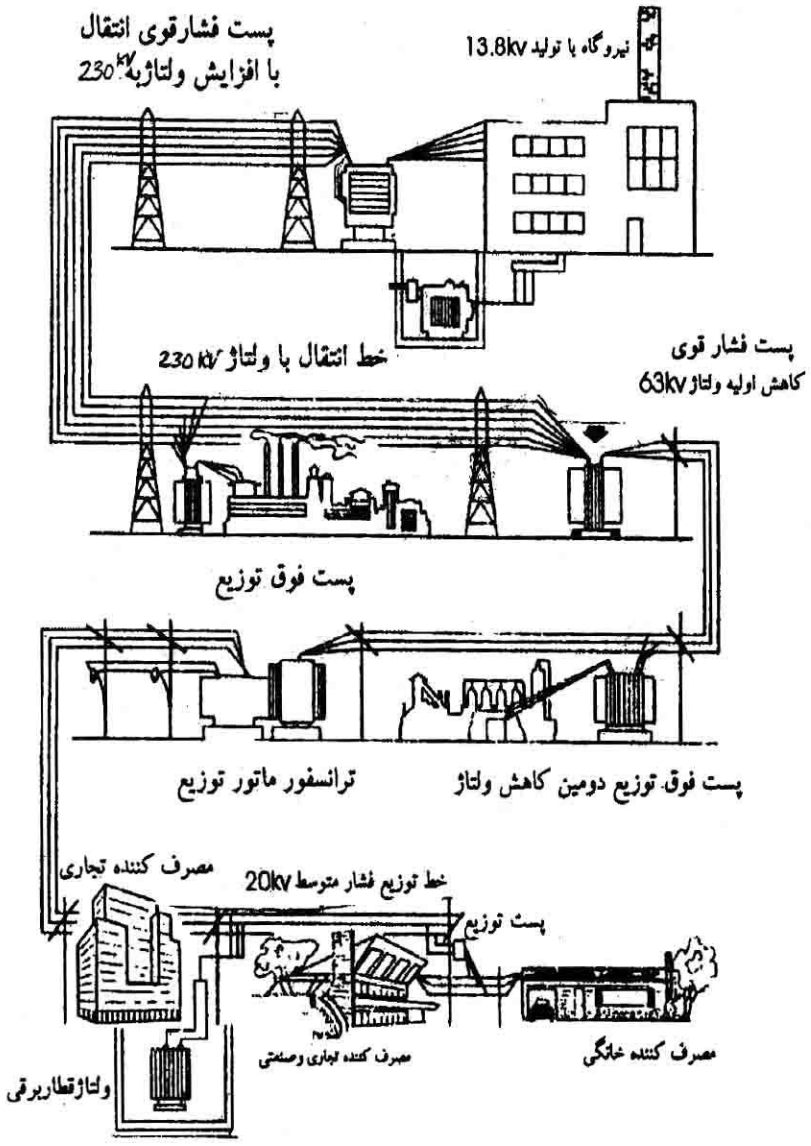
شکل (۱ـ۱): چرخهٔ تأمین برق

ضرورت آموزش و استفاده از تخصص نیروی انسانی در هر یک از این بخش‌ها، باعث شد تا براساس نوع فعالیت آن‌ها (شکل ۱ـ۱) وزارت نیرو به شرکت‌ها و سازمان‌های وابسته تقسیم گردد. که البته به‌دلیل تفاوت زیاد این فعالیت‌ها معمولاً" هر یک توسط تشکیلات جداگانه‌ای اداره می‌شوند.

در اوایل توسعهٔ استفاده از انرژی برق، سیستم‌های توزیع اغلب جزو نیروگاه‌ها بودند[1]، که با

۱- همزمان با پیدایش صنعت برق در اواخر قرن نوزدهم، سیستم‌های توزیع، عهده‌دار ارائه انرژی به مصرف کنندگان شدند.

گسترش بهره‌گیری از انرژی الکتریکی، تقاضا از سیستم‌های توزیع نیرو بیشتر و بسیار پیچیده‌تر شد. این سیستم‌ها نه تنها مجبور بودند که تعداد زیادی از مصرف‌کنندگان را سرویس بدهند، بلکه باید بارهای انفرادی بزرگ را نیز تغذیه می‌کردند که امروزه، نیاز به نظارت دقیق‌تر و طراحی جامع‌تری را از لحاظ رعایت اُفت ولتاژ و کیفیت برق با قابلیت اطمینان بالا در سرویس دهی می‌طلبد. بنابراین «**مهندسی توزیع نیرو**» به‌طور پیوسته، با پهنهٔ گسترده‌ای از مسایل مواجه است که خود از نظر اقتصادی، طراحی، مباحث علمی برای ساخت، تعمیر و بهره‌برداری بهینه، به‌صورت یک شاخهٔ علمی در زمینه مهندسی برق تبدیل شده است.



شکل (۲-۱): نمایش سیستم الکتریکی از نیروگاه (مرحلهٔ تولید)، افزایش ولتاژ در ایستگاه‌های فشار قوی، خطوط انتقال، کاهش ولتاژ در ایستگاه‌های فوق توزیع، خطوط فوق توزیع، ایستگاه‌های توزیع، شبکه‌های توزیع (فشار متوسط، فشار ضعیف) و مصرف‌کنندگان صنعتی، تجاری و خانگی

با گسترش بهره‌برداری از برق، تقاضاهای مصرف‌کنندگان از سیستم‌های توزیع نیرو نیز بیشتر و بسیار متنوع‌تر شد. این سیستم‌ها نه تنها مجبورند که تعداد زیادی از مصرف‌کنندگان شهری را سرویس بدهند بلکه باید بارهای انفرادی از جمله صنایع و کارگاه‌های تولیدی، چاه‌های آب کشاورزی، مناطق دور دست روستایی را نیز تحت پوشش نیرو رسانی قرار دهند که در این حالت، نیاز به نظارت و رسیدگی دقیق‌تر به سطح تغییرات ولتاژ در انشعابات مشترکین وجود خواهد داشت. از سوی دیگر امروزه مصرف‌کنندگان، چنان قابلیت اطمینانی از سرویس‌دهی خواستارند که در آن، دفعات قطع برق کمتر و مدت خاموشی در زمان‌های کوتاه‌تر باشد. بنابراین، توجه به امر طراحی، احداث، تعمیر، و نگهداری سیستم‌های توزیع، خود یک مبحث علمی روز شده و برای رعایت اصول فنی و اقتصادی در این شاخه از صنعت برق نیاز روزافزونی به‌چشم می‌خورد.

۱ـ۳ـ پیشرفت سیستم‌های توزیع

به موازات توسعهٔ شبکه‌های توزیع برق، نوآوری در وسایل الکتریکی، اختراع مواد بسیار مناسب، تکامل تجهیزات و ابزارآلات پیشرفته، روز به روز جایگزین و به کار گرفته شد به شکلی که تکنیک‌های جدید و بسیار کارآمدی را برای تعمیر، بهره برداری و احداث این گونه سیستم‌ها ارایه نمودند. مهندسی شدن طراحی و احداث شبکه‌های توزیع، برای بر پاداشتن یک سیستم توزیع اقتصادی، انتخاب صحیح اندازهٔ هادی‌ها، عایق‌ها، ترانسفورماتورها و دیگر اجزای، موجب شد تا برای یک سیستم با قابلیت اطمینان بالا به بهره‌برداری‌های اضطراری ناشی از بارهای اضافه نیازکمتری داشته و به‌طور کلی، تاسیسات برای تقاضای بیشتر آینده جوابگو باشد. در چنین سیستمی تلفات کاهش خواهد یافت. از طرف دیگر، مباحث جدیدی در زمینهٔ سیستم‌های توزیع از جمله مدیریت مصرف و بار، مکانیزاسیون، دیسپاچینگ توزیع و دستگاه‌های کنترل از راه دور، سیستم‌های دیجیتالی و الکترونیکی در اندازه‌گیری و کنترل معرفی و ساخته شده است. همهٔ موارد گفته شده ارتباط مهندسی شدن شبکه‌های توزیع را با بهبود کیفیت سرویس‌دهی الکتریکی و همچنین کاهش تلفات و بهره‌برداری بهینه و خودکار از سیستم توزیع را نوید می‌دهد.

عوامل دیگری نیز وجود دارد که بر طراحی، احداث و بهره‌برداری از سیستم‌های توزیع تأثیر گذاشته در حالی‌که بسیاری از آن‌ها طبیعت فنی ندارند، از این جمله‌اند مسایل اقتصاد ـ مهندسی که مهمترین نقش را در این زمینه ایفا می‌کنند، مسایلی همچون نرخ برگشت سرمایه[1]، ارزش آتی

۱- نرخ برگشت سرمایه یا بهره (نرخ تنزیل) بدین معناست که اگر وامی برای سرمایه‌گذاری دریافت شود، نرخ بهرهٔ این وام تعیین کنندهٔ مقدار واقعی است.

سرمایه‌گذاری‌های فعلی[۱]، همچنین ارزش فعلی هزینه‌ها در آینده، نرخ تورم[۲]، مسایل تامین مالی، بودجه و مالیات هستند. از دیگر مشکلات می‌توان به حریم‌های خطوط برقدار، حفظ و نگهداری اراضی، قطع درختان و مسایل محیط زیست اشاره کرد. الگوی رشد در آینده، آیین‌نامه‌های تعرفه‌های برق و افزایش توقع مصرف‌کنندگان، تلاش برای جلب رضایت مشترکین، تأمین و آموزش نیروی انسانی ماهر و متخصص را طلب می‌کند.

از آن‌جایی‌که مهندسین توزیع، با سیستم‌های موجود کار می‌کنند، بنابراین تحلیل وضعیت تأسیسات فعلی، عملیات اصلاح و بهینه‌سازی روی آن‌ها، و همچنین تشریح بعضی از تغییرات و تحولات، امری مطلوب خواهد بود. در حال حاضر، بیشتر سیستم‌های توزیع، به‌صورت هوایی می‌باشند و صرفنظر از افزایش شبکه‌های کابل زمینی، سیستم‌های توزیع هوایی برای مدتی به همین گستردگی ادامه خواهد داشت. پس در این کتاب نیز، بیشترین بحث، پیرامون خطوط و شبکه‌های هوایی توزیع خواهد بود و سعی شده است تا به موازات توسعه، تکنولوژی‌های جدید و نوآوری کالاها و تجهیزات جدید آن‌ها نیز معرفی شوند.

استفاده از خطوط هوایی، امکان استفده از انرژی برق به دورترین نقاط کشور را نیز فراهم آورده است. امروزه، علم مهندسی توزیع، به عوامل محیطی احاطه داشته و بیش از پیش، در پی ابتکار و نوآوری برای حل این مشکل می‌باشند. در طرح‌های جدید شبکه‌های هوایی، علاوه بر رعایت کردن استانداردهای موجود، عوامل زیست محیطی را نیز در طراحی‌های آن مدّ نظر قرار می‌دهند تا سازه‌های خطوط توزیع، کمترین مزاحمت را ایجاد نماید. در این زمینه حتی درکشورهای پیشرفته نیز یکسان کردن پایه‌های خطوط توزیع برق، شبکه مخابراتی و شبکه روشنایی معابر، و اجرای آن روی پایه‌هایی با ارتفاع‌های توافق شده برای انواع هادی‌ها، به مورد اجرا گذاشته شده است.

مهندسین توزیع برق صرفنظر از برخی دیدگاه‌های متداول، باید به جنبه‌های دیگر مثل معماری و شهرسازی، همخوانی سازه‌ها با محیط اطراف و همچنین شهر و عوامل دیگر محیطی نیز توجه داشته باشند. البته این حقیقت را نمی‌توان از نظر دور داشت که رعایت حریم خطوط فشار متوسط برقدار از یکطرف، و منظرهٔ ردیف پایه‌های خطوط توزیع هوایی از طرف دیگر، فقط برای مهندسین توزیع زیبا به نظر می‌رسند. احداثِ فقط یک خط هوایی، به ظاهرِ محیط اطراف لطمه وارد کرده همه ساله، باعث قطع

۱- یک سرمایه‌گذاری ممکن است به دلایل مختلف، از جمله وارد شدن تکنولوژی جدیدتر به بازار، فرسودگی تجهیزات یا وسایل، تغییر نوع استفاده و کاربری یا هر دلیل دیگری ارزش اولیه خود را از دست بدهد که به آن **استهلاک سرمایه** می‌گویند، از این‌رو لازم است که ارزش آتی سرمایه‌گذاری فعلی مشخص شود.

۲- نرخ تورم که معمولاً به درصد بیان می‌شود، بیانگر افزایش قیمت یک کالا یا یک سرویس ثابت در هر سال نسبت به سال قبل است.

درختان و مرگ پرندگان در برخورد با جمپرها و اتصالات آن‌ها می‌شود. پیشرفت‌های جدید در مورد انواع کنسول‌ها، مقره‌های اتکایی به‌عنوان عایق و کنسول به‌طور یک‌جا و حتی شکل، اندازه و رنگ پایه‌ها، طوری طراحی شده‌اند که تنوع و زیبایی محیط را کمتر به‌هم زده از ایجاد مناظر و اتفاقات بد جلوگیری کنند.



شکل (۳ـ۱): شبکه‌های هوایی و مشکلات زیست‌محیطی و مرگ پرندگان

۱ـ۴ـ بررسی شبکه توزیع

با توجه به مزیت‌های مهم انرژی الکتریکی بر سایر انرژی‌ها به صورت سادگی و راحتی توزیع و قابلیت انتقال برای مسافت‌های طولانی امروزه پیش‌بینی می‌گردد که بیشترین مصرف انرژی در قرن آینده کماکان به صورت انرژی الکتریکی باشد و شبکه توزیع که عهده‌دار ارایهٔ انرژی به مصرف‌کنندگان می‌باشد، به عنوان یکی از اجزای اصلی سیستم قدرت از اهمیت و ارزش قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌گردد. در یک سیستم قدرت، به طور معمول نیمی از تلفات متعلق به شبکه توزیع است و با افزایش تقاضای مصرف برق، شبکه‌های توزیع رو به گسترش نهاده است؛ سرمایه‌گذاری‌های سالیانه در این زمینه، به میلیاردها دلار می‌رسد.

عدم تأمین منابع مالی در این بخش، استراتژی نامناسب طراحی و بهره‌برداری، و همچنین رواج فرهنگ استادکاری باعث شده تا شبکه‌های توزیع کشور، از وضعیت مطلوبی برخوردار نباشد. بنابراین وقتی هر دو عامل یعنی سرمایه‌گذاری کلان و تلفات در کنار یکدیگر قرار بگیرند، مشخص خواهد شد که اصلاحِ حتی قسمت کوچکی از روش‌های طراحی این سیستم، به تغییر اساسی در شرکت‌های توزیع

برق خواهد انجامید.

هدف از اصول طراحی شبکه‌های توزیع، ارایهٔ طرحی است که تضمین کنندهٔ نیاز رو به رشد انرژی الکتریکی بوده به شکلی که از نظر تکنیکی و اقتصادی مورد قبول و عملی باشد. به این ترتیب، طراحی سیستم توزیع از یک سو به پارامترهای مربوط به رشد بار، توزیع مکانی نقاط مصرف و از سوی دیگر، به عوامل فنی مانند مقادیر خطوط و فیدرها، ظرفیت و محل پست‌های فوق توزیع، سطوح ولتاژ و قابلیت اطمینان مورد نظر و... را در نظر می‌گیرد. علاوه براین، برای آن که طرح به صورت عملی قابل اجرا باشد، باید به جنبه‌های اقتصادی مانند هزینه‌های خرید و نصب تجهیزات، هزینه‌های تلفات سالیانه انرژی، نرخ بهره و مانند این‌ها توجه نمود. برای بررسی همه جانبهٔ شبکه‌های توزیع که سرانجام به ارایهٔ اصول و روش‌های مناسب در طراحی آن‌ها منجر می‌شود لازم است که ساختار این شبکه در کل سیستم قدرت مشخص گردد. در ادامهٔ قسمت‌های مختلف شبکه‌های توزیع و ویژگی‌های هر بخش بررسی می‌گردد.

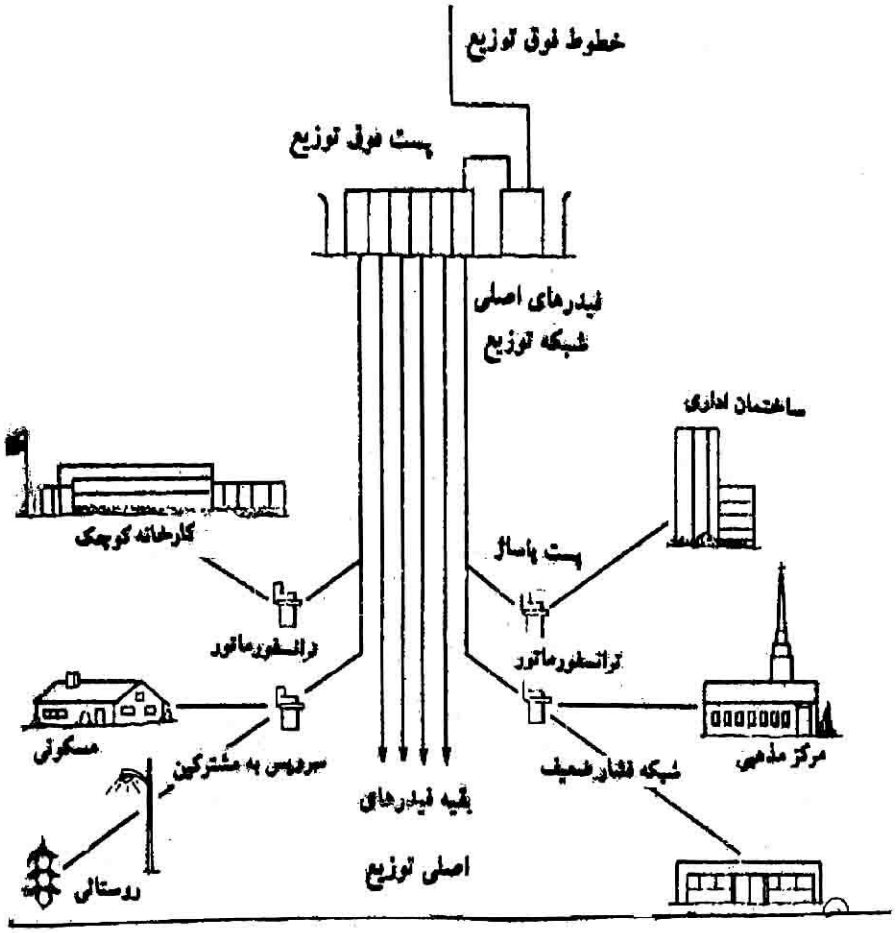
۱ـ۴ـ۱ ـ مدارها و پست‌های فوق توزیع

قدرت توسط خطوط فوق توزیع (انتقال) از منابع تولید به پست‌های فوق توزیع منتقل می‌شود. مدارهای فوق توزیع، ممکن است به صورت مدارهای سادهٔ شعاعی، حلقوی یا یک شبکهٔ به هم پیوستهٔ (رینگ) باشند که در نهایت، به پست فوق توزیع ختم می‌شود. به طور معمول، هر پست فوق توزیع (HV/MV) ناحیهٔ بار خود را که بخشی از ناحیهٔ سرویس‌دهی سیستم توزیع است، تغذیه می‌کند و در آن، ولتاژ فوق توزیع به منظور توزیع در سراسر ناحیه به ولتاژ فشار متوسط کاهش می‌یابد. نقاط ورودی در سیستم‌های توزیع تزریق انرژی، به صورت شاخه‌های تغذیه می‌باشد، که در شبکه‌های توزیع به اصطلاح «فیدر» نامیده می‌شوند. این فیدرها براساس توپولوژی شبکه تعریف می‌شوند و مورد نظر هر شبکه طراحی بوده، ساختار سیستم توزیع را تشکیل می‌دهند. فیدرها می‌توانند به صورت خطوط هوایی یا شبکهٔ کابل زمینی بوده به شکل ولتاژ فشار متوسط یا در سطح ولتاژ شبکه فشار ضعیف به کار بروند. در طراحی سیستم‌های توزیع، باید سه گزینهٔ زیر از قبل تعیین و مورد توجه قرار گیرند:

۱ ـ ***ساختار سیستم توزیع:*** شعاعی، حلقوی (رینگی)، تغذیه از دو سو (تبدیلی) و شبکه‌های غربالی،

۲ ـ ***سطح ولتاژ توزیع برق:*** به صورت فشار متوسط (طرف اولیه) و یا فشار ضعیف (طرف ثانویه).
شکل (۴ـ۱) دیاگرام شماتیک سیستم‌های توزیع را نشان می‌دهد.

۳ ـ ***نوع ساختمان شبکه:*** شبکه‌های هوایی، سیستم زیرزمینی .



شکل (۴ـ۱): شماتیک دیاگرام فیدرهای شبکه‌های توزیع، شامل مدارات تغذیه کننده که به صورت هوایی یا شبکهٔ زمینی، ایستگاه‌های ترانسفوماتوری هوایی روی پایه‌ها و یا ایستگاه‌های زمینی به صورت ساختمانی می‌باشند.

۱ـ۴ـ۲ ـ ساختار فیدرهای سیستم توزیع

به طور اساسی فیدرهای شعاعی یک سیستم توزیع، به دلیل عدم تداوم سرویس‌دهی سوال برانگیز بوده و بروز یک خطا روی هر یک از این فیدرها، به خاموشی تعدادی از مصرف‌کنندگان می‌انجامد. هنگام استفاده از این آرایش، توقف در سرویس‌دهی به صورت اجتناب‌ناپذیری وجود دارد. بنابراین استفاده از شبکه‌های حلقوی و یا رینگی مورد توجه قرار می‌گیرد. به‌عنوان تعریف: **شبکه رینگی** به مداری گفته می‌شود که از یک شینه آغاز شده پس از متصل کردن چند شینه به یکدیگر، به همان نقطه شروع بازگردد. به عبارت دیگر، رینگ، حلقه‌ای است که می‌تواند بیش از یک پست را تغذیه کرده و بیشتر از یک نقطه، قابل تغذیه باشد. مزیت اصلی شبکهٔ رینگ قابلیت اطمینان مناسب و امکان گسترش آسان آن است، اما تعداد دیژنکتورها و کلیدهای مورد نیاز زیاد و رله‌گذاری مشکل و پر خرج می‌شود.

پس در شبکه‌های فعلی توزیع برق، برای استفاده از قسمتی از قابلیت‌های شبکه‌های حلقوی و به‌دلیل مشکلات جایگزینی و تجهیزات ذکر شده از سیستم حلقه باز یا شبکه با قابلیت تغذیه از دو سو در بین دو شینه یا پست توزیع استفاده می‌نمایند.

بر طراحی فیدرهای اولیه، عوامل مهم بسیاری اثر می‌گذارند که مهمترین آن‌ها عبارتند از: چگالی و رشد بار، نیاز به ایجاد ظرفیت خالی برای بهره‌برداری در حالت اضطراری، ساختار مدار مورد استفاده طرح، ظرفیت پست فوق توزیع مربوط به آن، تلفات، سطح ولتاژ و نیز سایر استانداردهای سرویس‌دهی. در برخی از موارد، اُفت ولتاژ نقش مهمی در طراحی فیدرهای اولیه به عهده دارند. اُفت ولتاژ کل باید در طول فیدر اولیه، پست‌های توزیع، مدارهای ثانویه و اتصالات سرویس مصرف‌کننده، به‌گونه‌ای مناسب تقسیم شود؛ البته این تقسیم‌بندی به نوع ساختار مدار اولیه و ثانویه، و ترانسفورماتور به‌کار رفته نیز بستگی دارد.

۱ـ۵ـ سطوح ولتاژ شبکه‌های توزیع

شبکه‌های فشار متوسط عمومی در ایران، با ولتاژهای ۳۳، ۲۰ و ۱۱ کیلوولتی کار می‌کنند که در این میان، ولتاژ ۲۰ کیلوولت رایج‌ترین آن‌ها است و امروزه نیز، ایجاد و توسعهٔ شبکه‌های فشار متوسط به طور اساسی با ولتاژ ۲۰ کیلوولت صورت می‌گیرد. در برخی از شهرها نیز که از قدیم ولتاژ ۱۱ کیلوولتی معمول بوده است، رفته رفته جای خود را به ۲۰ کیلوولت داده‌اند. ولتاژ ۳۳ کیلوولتی فقط در خوزستان رایج است و در ابتدا به عنوان ولتاژ فوق توزیع به‌کار می‌رفت. بدین معنی که از طریق خطوط ۳۳ کیلوولتی و ایستگاه‌های تبدیل ۳۳/۱۱ کیلوولتی ولتاژ توزیع ۱۱ کیلوولتی تأمین و برق به مراکز مصرف رسانده می‌شد و سپس با تبدیل ۱۱ کیلوولت به ۴۰۰ ولت به مصرف می‌رسید. اما امروزه گرایش به تبدیل مستقیم ولتاژ از ۳۳ کیلوولت به ۴۰۰ ولت بیشتر است و ایستگاه‌های مبدل ۳۳۰۰۰/۴۰۰ ولتی به یکباره کار توزیع انرژی در سطح فشار متوسط را انجام می‌دهند. در حال حاضر، هر دو حالت یاد شده در شبکه خوزستان وجود دارد. از طرفی در آینده در شهرهای بزرگی همچون تهران، ولتاژ فوق توزیع ۶۳ کیلوولتی نیز جز سطوح ولتاژ فشار متوسط در طرف ولتاژ اولیه شبکه‌های توزیع قرار خواهد گرفت.

لازم به توضیح است که براساس تعریف جدید استاندارد بین‌المللی، سطح ولتاژ فشار متوسط [1] (M.V.)، طیف ولتاژ در بازده ۳ الی ۷۵ کیلوولت را شامل می‌شود. به عنوان مثال، در بیشتر پالایشگاه‌ها و صنایع پتروشیمی، و همچنین صنایع سیمان و خودروسازی، پست‌هایی با سطح ولتاژ ۳/۳ و ۶ کیلوولت، به عنوان شبکه اولیه وجود دارد که مقدار این ولتاژها در شبکه‌های توزیع مجاز نمی‌باشد.

1– Mediam Voltage

جدول (۱ـ۱) سری ولتاژهای استاندارد شده طبق IEC را نشان می‌دهد.

توجه: طبق تعریف، **شبکه فشار ضعیف** (L.V.) به دامنه ولتاژهای تا حداکثر ولتاژ ۱۰۰۰ ولت گفته می‌شود.

جدول (۱ـ۱): ولتاژهای نامی سیستم‌های سه فاز A.C

از ۱ تا ۳۵ کیلوولت

ولتاژ نامی سیستم KV		بیشترین ولتاژ تجهیزات KV
3*	3.3*	3.6
6*	6.6*	7.2
10	11	12
15	–	17.5
20	22	24
–	33	36
35*	–	40.5

* این مقادیر نباید برای سیستم‌های توزیع برق عمومی به‌کار برده شوند.

** این سیستم‌ها به طور معمول سه سیمه هستند و مقادیر ولتاژهای مابین فازها را نشان می‌دهند.

*** در یک سیستم طبیعی تغییرات حداکثر و حداقل ولتاژ نباید بیشتر از محدوده ۱۰٪± باشد.

شبکه‌های فشار ضعیف و به‌دنبال آن اتصالات مربوط به سرویس مصرف‌کننده، آخرین بخش از شبکه‌های توزیع را تشکیل می‌دهند یعنی به‌طور مستقیم با مصرف‌کنندگان در ارتباط هستند. این مدارها، از نظر چگونگی سرویس‌دهی با فیدرهای اولیه یکسانند. شبکه فشار ضعیف به‌طور کلی، به همراه ترانسفورماتورهای توزیع در یک حوزه قرار می‌گیرد که میان آن‌ها، ارتباط تنگاتنگی برقرار است. در مناطق شهری با چگالی بار سنگین، به طور معمول شبکهٔ فشار ضعیف فقط از طریق کابل‌های زمینی عبور داده می‌شوند. در این حالت، کابل‌های متعلق به پست‌های همسایه، به یکدیگر بسیار نزدیک می‌شوند، بنابراین امکان به هم پیوستگی شبکه فشار ضعیف، با هزینهٔ مناسبی فراهم می‌آیند. از این‌رو درگذشته، در این مناطق، از شبکهٔ شعاعی استفاده می‌شد، اما اکنون شبکه‌های به‌هم پیوسته مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

اگر چه شبکهٔ فشار متوسط (طرف اولیه) و فشار ضعیف (طرف ثانویه) با یکدیگر تفاوت‌های آشکاری دارند، با این حال، مبانی مشترکی به‌ویژه درطراحی آن‌ها حاکم است و این مطلب دربارهٔ پست‌ها نیز صدق می‌کند.

1– Low Voltage

۱ـ۶ـ مقایسه سیستم‌های زمینی و هوایی

در بررسی محاسن و معایب بین شبکه‌های زمینی و هوایی، باید توسعهٔ همه جانبهٔ سیستم‌های الکتریکی و نیز مقرون به‌صرفه بودن آن را مدّ نظر قرار داد. طبیعت ساختمانی، چگونگی احداث، بهره‌برداری و تجربه‌های نگهداری از این دو گونه سیستم توزیع، برای مقایسهٔ همه جانبهٔ شبکه‌های هوایی با سیستم زمینی به شرح آورده شده است.

۱ـ۶ـ۱ ـ صرفه اقتصادی

به‌طور کلی، سیستم‌های هوایی برخلاف سیستم‌های زمینی، بسیار کم‌هزینه‌تر و ارزان‌ترند زیرا به کندن کانال، هزینه‌های اخذ مجوزهای حفاری، لوله‌های مخصوص و... نیازی نداشته و در مورد خود کابل‌ها نیز حفاظ و عایق گران قیمت، اتصالات و غلاف‌های آب‌بندی گران جهت امکانات ویژه ضد آب کردن تجهیزات زیرزمینی وجود ندارد. درست همین هزینه‌های گزاف سرمایه‌گذاری است که سیستم‌های زمینی را چندین برابر گران‌تر از سیستم‌های هوایی کرده است.

امروزه با پیشرفت‌های تکنولوژیکی، از پلاستیک به‌عنوان عایق و پوستهٔ کابل‌های زمینی استفاده می‌شود. توانایی این مواد برای دفن مستقیم سیستم در زیر خاک، صرفهٔ اقتصادی آن را نسبت به سیستم‌های هوایی کاهش داده، با این‌حال، هنوز هم افزایش هزینه‌های شبکه زمینی در ولتاژهای زیاد، به‌مراتب بیشتر می‌باشد به‌طوری‌که به‌عنوان مثال، هزینهٔ شبکه‌های فشار ضعیف ۴۰۰ ولت زمینی، در حدود دو برابر شبکه‌های هوایی خواهد بود و این نسبت در شبکه‌های با ولتاژ ۶۳ و ۱۳۲ کیلو ولت به‌ترتیب ۷ و ۱۱ برابر می‌گردد.

۱ـ۶ـ۲ ـ مشکلات اجرایی

احداث شبکه‌های هوایی آسان‌تر بوده و در هر نقطه و محلی می‌توان به‌وسیلهٔ شبکهٔ هوایی، به‌سرعت جریان برق را برقرار نمود. در این شبکه‌ها، سادگی ساخت و احداث، سهولت بهره‌برداری و تعمیراتی که به‌دنبال دارند، به‌عنوان اصولی مهم در نظر گرفته می‌شود. یک طرح ساده، همیشه بر طرح‌های پیچیده برتری دارد مگر عواملی مهم، استفاده از طرح‌های پیچیدهٔ شبکه‌های زیرزمینی را توجیه نماید. امروزه سیاست‌های کلان بخش برق، در چگونگی طراحی و نیرو رسانی به شبکه‌های توزیع هوایی تاکید دارند. مشکل عدم وجود منابع مالی سازمان در انجام پروژه، می‌تواند به انتخاب این سیاست منجر شود که شبکه‌های توزیع هوایی، با حداکثر سرعت ممکن و به‌راحتی توسعه می‌یابند. گرفتن انشعاب از شبکه‌های هوایی، بدون مشکل، با مخارج کم و با سرعت بیشتر انجام می‌شود، در حالی که انشعاب گیری از کابل‌ها، مستلزم ایجاد نقاط برداشت و پخش مانند ایستگاه‌های توزیع، تابلوهای برق و پیلارها (شالترها)، جعبه‌های انشعاب و... خواهد بود.

بنابراین سیستم‌های هوایی، به‌صورت خیلی وسیع برای مدتی غالب خواهد بود و در سطوح برق رسانی روستاها کاربردی به تقریب انحصاری خواهند داشت. در آینده، برای شبکه‌های شهری دارای چگالی بار زیاد، با استفاده از در آمدهای حاصله، بهبود کیفیت، رعایت دیگر مسایل و تبدیل به شبکه‌های زمینی مد نظر خواهند بود. به‌طور کلی در مکان‌هایی که چگالی بارهای مصرفی آن‌قدر زیاد باشد که نصب خطوط هوایی با سیم‌ها و هادی‌های انبوه واقع روی پایه‌های خطوط هوایی از نظر شکل ظاهری، ایمنی و بهره‌برداری غیر عملی به نظر رسد، انتخابی جز سیستم زمینی وجود نخواهد داشت.

۱ـ۶ـ۳ ـ تعمیر و عیب یابی

عیب یابی و رفع آن در شبکه‌های هوایی، آسان‌تر انجام می‌گیرد، زیرا بیشتر عیب‌های شبکه‌های هوایی با چشم دیده می‌شوند در صورتی‌که برای پیدا کردن عیب در شبکهٔ زیرزمینی، به دستگاه‌های خاص نیاز خواهد بود. در ضمن هنگامی که در سیستم‌های زمینی مشکلی پیش می‌آید، از نظر تعمیر بسیار وقت‌گیر و سخت خواهد بود با این حال، سیستم زمینی با خطر قطعی برق ناشی از طوفان، رفت و آمد و برخورد وسایل نقلیه، سقوط درختان و غیره مواجه نیست. به همین دلیل، صرف مخارج اضافی برای شبکه‌های زمینی، جهت احداث شبکه‌های قابل تغذیه از دو سو (مدار دوم)، چندین مدار موازی، طرح‌های تبدیلی و حتی شبکه‌های غربالی برای ایجادقابلیت اطمینان برقرسانی، توجیه پذیر خواهد بود.

لازم به توضیح است که شرایط متعدد دیگری نیز وجود دارد که کابل‌های زمینی را به سیستم‌های هوایی ترجیح می‌دهند. در واقع چون شبکه‌های زمینی در زیر خاک دفن می‌باشند، از عوامل جوی، مانند طوفان، یخ‌زدگی، برخورد شاخه‌های درختان ورعدوبرق درامان بوده امکان خرابی آن‌ها کمتر می‌باشد، از این رو، قطع جریان کمتری نیز پیش می‌آید.

یکی دیگر از مشکلات فعلی خطوط هوایی، رفت و آمد وسایل نقلیه و برخورد آن‌ها با تیرها است. از طرفی مقررات راهنمایی و رانندگی چنان سخت است که ساخت و مرمت سیستم‌های هوایی را رفته رفته با مشکل مواجه کرده است. علاوه بر آن، رفت و آمد (ترافیک) سنگین و وسایل با ارتفاع زیاد مانند بالابرها و جرثقیل‌ها، خطرات دیگری از نظر برخورد وسایل نقلیه سنگین به تیرها و سیم‌ها ایجاد می‌کنند.

۱ـ۶ـ۴ ـ حفظ زیبایی محیط و حریم‌ها

به‌طور کلی سازه‌های خطوط هوایی، با زیبایی و معماری امروزی محیط همخوانی ندارند بنابراین مهندسین توزیع برق، در طراحی سیستم توزیع انرژی الکتریکی، به حفظ زیبایی نیز توجه می‌کنند تا جایی که پایه‌های سیمانی را در رنگ‌ها و اشکال متعددی می‌سازند.

در شهرها و مناطق پر جمعیت و حساس، برای حفظ زیبایی شهر، به‌طور معمول از شبکه‌های زمینی استفاده می‌شود، با این حال در بعضی از نقاط به‌اجبار از شبکه‌های هوایی استفاده‌می‌شود تا حریم سیم‌های برق دار رعایت شود این موضوع مانند باند فرودگاه‌ها، داخل محوطه نیروگاه‌ها و پادگان‌ها و غیره ... می‌باشد. به‌علت بدون روپوش بودن هادی‌های خطوط هوایی رعایت فاصلهٔ مجاز از تاسیسات و ساختمان‌ها به‌عنوان ***رعایت حریم خطوط انتقال*** مورد نیاز می‌باشد. در بسیاری از موارد، به‌علت کم بودن عرض مسیر و معابر، و در نتیجه به‌علت عدم امکان تأمین حریم خطوط هوایی، کابل‌کشی زمینی یا شبکه کابل‌های هوایی روکش دار (کابل‌های خود نگهدار) توصیه می‌شود. این موضوع به‌خصوص دربارهٔ خطوط فشار متوسط در داخل شهرها و مجتمع‌های آپارتمانی، مجتمع‌های صنعتی و تجاری به‌طورکامل محسوس است. رعایت حریم شبکه‌های هوایی، از عواملی است که باید مورد توجه قرارگیرد. به طور معمول شهرداری‌ها یا سازمان پارک‌ها، در مسیر احداث شبکه‌های هوایی شهرها درختکاری می‌کنند که پس از رشد درختان، شاخه‌های آن‌ها با هادی‌های خطوط تماس پیداکرده و در هوای بارانی یا رطوبت، موجب اتصالی و سوانحی مانند پارگی سیم‌ها خواهند شد. البته عبور خطوط هوایی از مناطق جنگلکاری شده و درختان میوه نیز باعث قطع درختان و صدمه به محیط زیست می‌شود.

۱ـ۶ـ۵ ـ حادثه‌آفرینی و ایمنی

به‌علت در دسترس بودن و لخت بودن قسمت‌های زندهٔ خطوط هوایی و همچنین آسیب‌پذیر بودن پایه و هادی‌های آن‌ها، شبکه‌ها اغلب در معرض بروز حوادث بوده که شرح مختصری از آن‌ها بدین‌قرار است:

الف) آسیب‌پذیری در برابر طوفان‌ها و اختلالات جوی در شبکه‌های هوایی بسیار قابل توجه می‌باشد. در این موارد، ایجاد آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی، به دلیل در هم پیچیده شدن هادی‌ها یا افتادن اشیا و اجسام روی شبکه دور از انتظار نیست.

ب) خطرهایی که همه ساله در اثر برخورد جرثقیل‌ها، کمپرسی‌ها و خودروهای با ارتفاع زیاد با شبکه برقدار هوایی اتفاق می‌افتد، رانندگان، اپراتورها و دیگر عوامل کاری را تهدید می‌نماید و، هر ساله، آمار قابل ملاحظه‌ای را به‌خود اختصاص می‌دهد.

ج) پرتاب فلاخن کودکان، شکستن مقره‌های بشقابی و برخورد بادبادک‌های نوجوانان که فاقد سرگرمی و محیط ورزشی هستند، از عواملی هستند که در شهرها و روستاهای کشور به شبکه‌های فشار ضعیف هوایی آسیب می‌رسانند وگاه با قطع سیم نول و افتادن روی فازهای دیگر و دوفاز شدن، باعث خرابی تجهیزات مصرف‌کنندگان تکفاز شده به مشترکان برق زیان‌های مالی وارد می‌کنند.

د) تصادف وسایل نقلیه با تیرهای بتنی یا چوبی در کنار جاده و اتوبان‌ها، یکی دیگر از عوامل حادثه‌ساز در شبکه‌های توزیع هوایی است که گاهی موجب افتادن تیر روی خودروها و بروز خسارات جانی و مالی سنگین می‌شود.

ه) شبکه‌های هوایی برای کارگران ساختمانی نیز خطر آفرین است. به‌دلیل کم عرض بودن بسیاری از معابر شهری، برپا کردن داربست‌ها برای نماسازی یا نصب وسایل، سبب نزدیکی شبکه‌های برق و گاهی برق گرفتگی یا خسارات‌های جانی می‌شود.

و) سقوط برقکاران از روی پایه‌ها یا پلکان‌های تیرها، خواه با استفاده از وسایل ایمنی و خواه بدون آن‌ها، به دلیل انجام فعالیت‌های برقی، هنوز در برخی از مناطق تحت پوشش برق کشور اتفاق می‌افتد. در ضمن افتادن اشیاء و برخورد آن‌ها با افراد در حال تعمیر یا نصب یراق‌آلات، و یا کنده و پاره شدن سیم و اصابت آن‌ها به عابرین، از معایب دیگر شبکه‌های هوایی است. در حالی که در شبکه‌های زیرزمینی، فقط حفاری است که موجب آسیب دیدن کابل‌های زمینی خواهد شد، که این امر نیز اگر با توجه به نقشه‌های دقیق شبکه زیرزمینی کابل‌ها صورت پذیرد، می‌توان از بروز اینگونه حوادث جلوگیری کرد.

با توجه به تمامی این موارد، باید به سه مورد از عیب‌های شبکه‌های هوایی نیز اشاره کرد:

الف) ایجاد پارازیت در خطوط مخابراتی و رادیویی از مضرات شبکه‌هوایی است که باید تدابیر خاصی برای به حداقل رساندن آن‌ها انجام داد.

ب) برداشت‌های غیر مجاز برق از شبکه‌های توزیع هوایی به آسانی انجام‌پذیر است.

ج) برخورد رعد و برق به خطوط هوایی، موجب بروز اختلالات و خسارات متعددی خواهد شد. این مشکل در مورد خطوطی که کیفیت اصلی خود را به مرور زمان از دست می‌دهند شایع‌تر است.

هر دو نوع توزیع هوایی یا زمینی، دارای مزایا و معایب مربوط به خود می‌باشند که برای مقایسه این دو حالت، باید کلیهٔ جنبه‌های فنی و اقتصادی مسأله را مورد توجه قرار داد همچنین مسایل مربوط به زیبایی، تأثیرات روانی و قیمت تمام شده شبکه برای کارفرما نیز حایز اهمیت است. در این مقایسه‌ها، ابتدا دیدگاه‌های فنی سپس مسایل اقتصادی هر دو شبکه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

با این حال با توجه به بررسی آمار شبکهٔ توزیع کل کشور مربوط به آمار سال ۱۳۷۷، حدود **۱۹۹۰۴۵ کیلومتر** شبکهٔ فشار متوسط هوایی در مقایسه با **۷۷۰۲ کیلومتر** شبکه فشار متوسط زیرزمینی تعیین شده است[1] یعنی بیش از **۹۶ درصد** از شبکه فعلی ایران، به‌صورت هوایی می‌باشد. فصل‌های بعدی این کتاب، فقط به جنبه‌های طراحی شبکه‌های توزیع هوایی پرداخته است.

---

۱ - صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۷ ـ سازمان مدیریت توانیر ـ معاونت منابع اطلاعات مدیریت - شهریور ۱۳۷۸.

۱ـ۷ـ توسعهٔ شبکه‌های توزیع

شرکت‌های برق منطقه‌ای، باتوجه به پاسخ‌گویی به تقاضاها و برآوردن نیازهای روزافزون مشترکان برق، توسعهٔ شبکه‌های توزیع نیرو را به صورت یک فعالیت مستمر در صنعت برق درآورده است. این فعالیت، همه ساله به‌طور مستمر ادامه دارد.

خصوصیت گستردگی و فراوانی شبکه‌های توزیع نیرو و تاثیرپذیری بیشتر آن‌ها از عوامل بیرونی، در مقایسه با شبکه‌های انتقال نیرو، توجه ویژه برای حفظ و ارتقای استانداردهای کیفی در شبکه‌های توزیع را هر روز ملموس‌تر می‌سازد که پرداختن به آن، کاری بزرگ و زمانبر است. البته چون بیشتر نتایج آن به صورت کیفی ظاهر می‌شود، آمارهای کمی متداول به‌خوبی از عهدهٔ بیان اهمیت آن در همه ابعاد برنمی‌آیند. از این رو، در پایان این فصل، اشاره‌ای نیز به پیشرفت‌های کار برق‌رسانی در سطح شبکه‌های توزیع خواهد شد.

داده‌های آماری[1] این فصل به بیان وضعیت و روند توسعهٔ اجزای عمدهٔ شبکه‌های توزیع نیرو (خطوط فشار متوسط و فشار ضعیف) و همچنین ایستگاه‌های تبدیل ولتاژ در سطح توزیع نیرو اختصاص دارد.

۱ـ۷ـ۱ ـ خطوط فشار متوسط (ولتاژ اولیه)

شرکت‌های برق، همزمان با ادامهٔ برق‌رسانی به مشترکان جدید و قدیم، کار احداث، تقویت و توسعهٔ خطوط فشار متوسط را نیز ادامه می‌دهند که میزان آن در کل کشور تا سال ۱۳۷۷ به ۲۰۶۷۴۷ کیلومتر مدار رسیده است. روند تغییرات طول خطوط فشار متوسط در جدول (۲ـ۱) برای سال ۱۳۵۷، و سال‌های ۱۳۷۳ به بعد درج شده است. همچنین آمار تفکیکی خطوط فشار متوسط برحسب شرکت‌های برق منطقه‌ای را می‌توان از جدول (۵ـ۱) استخراج کرد.

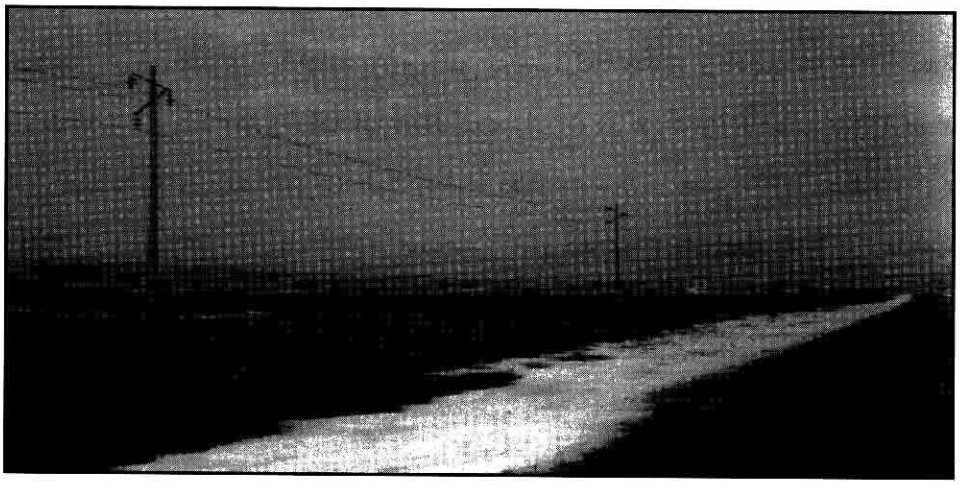
---

۱ – صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۷ ـ وزارت نیرو ـ توانیر ـ معاونت منابع اطلاعات مدیریت ـ شهریور ۱۳۷۸.

جدول (۲ـ۱): طول خطوط فشار متوسط در سال‌های گذشته

سال	خطوط هوایی (کیلومتر مدار)	خطوط زمینی (کیلومتر مدار)	جمع (کیلومترمدار)
۱۳۵۷	۲۸۲۰۹	۳۸۶۸	۳۲۰۷۷
...	...	...	...
۱۳۷۳	۱۵۰۱۶۲	۷۰۴۳	۱۵۷۲۰۵
۱۳۷۴	۱۵۹۴۸۱	۷۲۴۲	۱۶۶۷۲۳
۱۳۷۵	۱۶۹۹۳۰	۷۳۸۳	۱۷۷۳۱۳
۱۳۷۶	۱۸۴۰۰۹	۷۷۱۲	۱۹۱۷۲۱
۱۳۷۷	۱۹۹۰۴۵	۷۷۰۲	۲۰۶۷۴۷
رشد سال ۱۳۷۷٪	۸/۱۷	-	۷/۸۴
میانگین رشدسالانه(٪) (از ۱۳۵۷تا۱۳۷۷)	۱۰/۲۶	۳/۵۰	۹/۷۶

ـ در ترکیب خطوط زمینی و هوایی، خطوط هوایی همیشه غالب بوده‌اند. این گرایش به‌خصوص در بیست سال اخیر، به‌دلیل توسعهٔ شبکه به روستاها و نواحی برون شهری، بیشتر شده است.



شکل (۵ـ۱): خطوط فشار متوسط هوایی ـ شبکه توزیع برق

۱ـ۷ـ۲ ـ خطوط فشار ضعیف (ولتاژ ثانویه)

طول شبکهٔ فشار ضعیف کشور، تا سال ۱۳۷۷ به ۱۸۹۸۲۹ کیلومتر رسید که از این میزان، ۱۷۲۸۵۶ کیلومتر آن از نوع هوایی و ۱۶۹۷۳ کیلومتر از نوع کابل‌های زیرزمینی بود. افزایش طول خطوط فشار ضعیف در طی هر سال، به طور متوسط به مقدار ۸ هزار کیلومتر می‌باشد که نسبت به سال پیش از آن، معادل ۴ درصد افزایش نشان می‌دهد.

جدول (۳ـ۱): طول خطوط فشار ضعیف در سال‌های گذشته

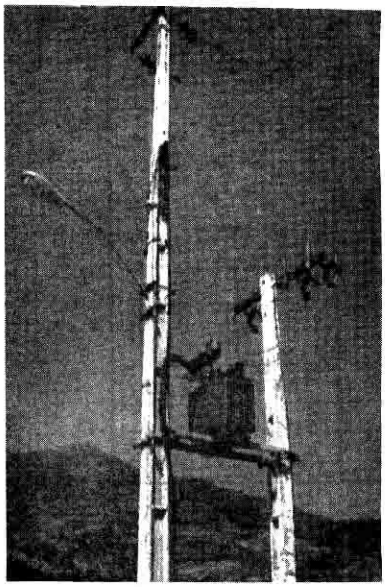
سال	خطوط هوایی (کیلومتر مدار)	خطوط زمینی (کیلومتر مدار)	جمع (کیلومترمدار)
۱۳۵۷	۳۱۰۸۳	۵۰۵۴	۳۶۱۳۷
...	...	...	...
۱۳۷۳	۱۳۶۴۷۶	۱۳۵۳۰	۱۵۰۰۰۶
۱۳۷۴	۱۴۷۳۷۶	۱۴۷۰۵	۱۶۲۰۸۱
۱۳۷۵	۱۵۳۲۷۳	۱۵۴۶۹	۱۶۸۷۴۲
۱۳۷۶	۱۶۴۹۴۳	۱۶۳۰۷	۱۸۱۲۵۰
۱۳۷۷	۱۷۲۸۵۶	۱۶۹۷۳	۱۸۹۸۲۹
رشد سال ۱۳۷۷٪	۴/۸۰	۴/۰۸	۴/۷۳
میانگین رشدسالانه(٪) (از ۱۳۵۷تا۱۳۷۷)	۸/۹۶	۶/۲۴	۸/۶۵

در جدول (۳ـ۱) خلاصه‌ای از مجموع طول خطوط فشار ضعیف، همراه با روند گسترش آن‌ها از سال ۱۳۵۷ به بعد آمده است. شبکهٔ خطوط فشار ضعیف نیز، مانند فشار متوسط بیشتر به صورت هوایی برقرار است. البته توزیع نسبی این دو نوع خط در مناطق مختلف، تفاوت‌های آشکاری دارد، به عنوان مثال در حالی که در استان‌های خوزستان و سیستان و بلوچستان، سهم نسبی خطوط زیرزمینی ناچیز و در حدود صفر است، این سهم در حوزهٔ برق منطقه‌ای تهران به حدود ۲۹ درصد می‌رسد که البته سهم نسبی شهر تهران و به ویژه نواحی مرکزی آن از رقم میانگین یاد شده بسیار فراتر می‌رود. آمارهای تفکیکی خطوط فشار ضعیف برحسب شرکت‌های برق منطقه‌ای را می‌توان در جدول (۵ـ۱) یافت.

۱ـ۷ـ۳ ـ پست‌ها (ایستگاه‌های) توزیع

آخرین مرحلهٔ تغییر سطح ولتاژ و عمل‌آوری انرژی برق به ولتاژ قابل استفاده برای مصرف‌کنندگان، در پست‌ها (ایستگاه‌های) توزیع انجام می‌گیرد و پس از آن، برق آمادهٔ تحویل به مشترکان عادی می‌شود. این ایستگاه‌ها در شبکهٔ برق کشور به دو صورت زمینی (نصب شده در ساختمان) و هوایی (نصب شده در هوای آزاد و روی پایه‌های برق) رایج‌اند. پست‌های زمینی به محدودهٔ داخلی شهرها و بعضی از مشترکان مصارف سنگین اختصاص دارند و ویژگی آن‌ها، نسبت به ایستگاه‌های هوایی، ظرفیت نامی بالاتر و قابلیت مانور روی شبکه از طریق تجهیزات موجود در آن‌ها است. در بیرون از محدوده‌های شهری، نوع رایج، پست‌های هوایی است (مگر به دلیل شرایط استثنایی).

همراه با افزایش مصرف برق و با پیوستن شمار تازه‌ای از تعداد ۹۰ درصد مشترکان شهری، برون‌شهری، صنعتی، کشاورزی و روستایی به شبکه برق کشور، همه ساله تعداد ایستگاه‌های توزیع نیز



افزایش می‌یابد به طوری که در سال ۱۳۷۷ به ۲۰۵۶۸۷ دستگاه رسید که نسبت به رقم مشابه سال پیش از آن، یعنی ۱۹۶۲۳۸ دستگاه، به میزان ۹۴۴۹ دستگاه افزایش نشان می‌دهد و این حاکی از ۴/۸ درصد رشد سالانه است. با توجه به گسترش و فراوانی تجهیزات توزیع نیرو درکشور و بازنگری مکرر، آماری در حوزه‌های زیرپوشش برخی از شرکت‌های برق منطقه‌ای در جدول (۴ـ۱) مربوط به پایان سال ۱۳۷۷ آورده شده است.

تعداد کل پست‌های توزیع بیش از ۲۰۰ هزار دستگاه می‌باشد. از میزان تعداد کل پست‌های توزیع نصب شده ایران، بیش از ۹۰ درصد به‌صورت پست‌های توزیع هوایی می‌باشد که این میزان، بیش از ۶۶ درصد ظرفیت نصب شده ترانس‌های بخش توزیع را به خود اختصاص داده است.

جدول (۴ـ۱): آمار پست‌های توزیع در سال ۱۳۷۷

نوع پست	تعداد (دستگاه)	جمع ظرفیت (کیلوولت آمپر)	ظرفیت
زمینی	۲۰۱۹۲	۱۴۱۵۵/۳	۷۰۱
هوایی	۱۸۵۴۹۵	۲۸۰۴۸/۶	۱۵۱
جمع	۲۰۵۶۸۷	۴۲۲۰۳/۹	۲۰۵

شبکه‌های توزیع برق که در مقیاس‌های بسیار وسیع در تمامی نقاط کشور برای عرضهٔ انرژی برقی به مشترکان گسترده شده‌اند، زیر تأثیر عواملی فراوان، از مشخصات فنی و کیفی تجهیزات گرفته تا شرایط جوی و اقلیمی و مسایل فرهنگی و اجتماعی قرار می‌گیرند. برای حفظ و یکپارچگی شبکه‌های توزیع با هدف تداوم عرضه بار و انرژی به صورت مطمئن و باکیفیت قابل قبول، یکایک عوامل یاد شده باید مورد توجه مستمر باشند. بر این پایه، از سال‌های گذشته و به‌ویژه از زمان تشکیل شرکت‌های توزیع نیرو، برنامه‌ها و طرح‌های متعددی در دستور کار مسؤولان بخش توزیع نیرو قرار داشته است که در این‌جا به برخی از مهمترین آن‌ها اشاره می‌شود:

۱ ـ افزایش قابلیت اطمینان شبکه،

۲ ـ بهبود بخشیدن به امور بهره‌برداری و حرکت به سوی بهره‌برداری اقتصادی از شبکه،

۳ـ کاهش تلفات توان و انرژی،

۴ـ کاهش میزان انرژی‌های توزیع نشده و زمان خاموشی مشترکان،

۵ـ تهیه بسته‌های نرم‌افزاری برای رایانه‌ای کردن محاسبات مهندسی توزیع برق،

۶ـ رایانه‌ای کردن نظام خدمات مشترکان،

۷ـ تهیه دستورالعمل‌ها و گردش کاری همگن،

۸ـ الزام شرکت‌های توزیع نیرو به رعایت استانداردها و اصول فنی،

۹ـ توجه شدید به رعایت اصول ایمنی و افزایش ضریب اطمینان در حفظ جان افراد،

۱۰ـ آموزش کارکنان و ارتقا سطح علمی و تخصصی آنان و

۱۱ـ توجه به عوامل مؤثر در نگهداری کارکنان با تجربهٔ موجود و کوشش برای جذب نیروهای متخصص جدید.

جدول (۵ـ۱): وضعیت شبکه‌های توزیع در مناطق زیر پوشش شرکت‌های برق منطقه‌ای در پایان سال ۱۳۷۷

	شرکت برق منطقه‌ای	خطوط فشار متوسط			خطوط فشار ضعیف			پست‌های ترانسفورماتور					
		هوایی	زمینی	جمع	هوایی	زمینی	جمع	هوایی		زمینی(ساختمانی)		جمع	
		(کیلومتر)	(کیلومتر)	(کیلومتر)	(کیلومتر)	(کیلومتر)	(کیلومتر)	تعداد	مگاولت‌آمپر	تعداد	مگاولت‌آمپر	تعداد	مگاولت‌آمپر
۱	آذربایجان	۲۳۸۱۳	۱۱۰۰	۲۴۹۱۳	۱۹۰۸۱	۱۹۱۹	۲۱۰۰۰	۱۴۷۴۰	۱۷۹۸	۲۱۱۴	۱۲۹۳	۱۶۸۵۴	۳۰۹۱
۲	اصفهان	۱۵۹۸۰	۶۱۱/۴	۱۶۵۹۱/۴	۱۶۷۶۳	۱۹۸۱/۲	۱۸۷۴۴/۲	۱۶۸۲۷	۲۲۴۹	۱۶۵۸	۱۰۶۹	۱۸۴۸۵	۳۳۱۸
۳	باختر	۱۸۳۳۸/۹	۲۴۸/۹	۱۸۵۸۷/۷	۱۳۸۴۴/۶	۴۷۴/۲	۱۴۳۱۸/۸	۱۵۳۲۱	۲۱۷۸/۲	۷۹۴	۶۸۱	۱۶۱۱۵	۲۸۵۹/۲
۴	تهران	۱۱۵۴۰/۹	۳۳۸۷/۸	۱۴۹۲۸/۷	۱۷۱۳۵/۳	۶۹۸۲/۱	۲۴۱۱۷/۴	۱۵۱۰۳	۳۰۴۶/۵	۸۹۱۱	۶۷۱۶/۵	۲۴۰۱۴	۹۷۶۳
۵	خراسان	۲۴۸۷۰	۳۵۰	۲۵۲۲۰	۱۶۵۰۵	۱۴۰۸	۱۷۹۱۳	۱۷۴۵۶	۲۶۶۴	۸۶۷	۶۴۱	۱۸۳۲۳	۳۳۰۵
۶	خوزستان	۱۲۲۹۹	۲۱	۱۲۳۲۰	۸۹۰۱	۲۸	۸۹۲۹	۱۹۱۱۱	۴۶۲۳	۸۵۱	۵۹۴	۱۹۹۶۲	۵۲۱۷
۷	زنجان	۹۵۳۵	۲۴۶	۹۷۸۱	۶۵۳۱	۶۷۹	۷۲۱۰	۵۹۲۴	۸۶۸/۹	۷۳۳	۴۲۲/۷	۶۶۵۷	۱۲۹۱/۶
۸	سمنان	۴۱۰۴	۸۷	۴۱۹۱	۱۷۴۱	۲۸۹	۲۰۳۰	۲۷۷۶	۴۱۶	۲۸۷	۱۷۲	۳۰۶۳	۵۸۸
۹	س. بلوچستان	۶۴۱۵	-	۶۴۱۵	۳۸۲۰	۱۰	۳۸۳۰	۴۱۹۵	۶۳۵	۱۲۴	۱۰۱	۴۳۱۹	۷۳۶
۱۰	غرب	۱۵۶۲۸	۹۶	۱۵۷۲۴	۸۸۱۱	۲۲۹	۹۰۴۰	۱۱۰۰۴	۱۵۳۹	۳۸۹	۲۸۰	۱۱۳۹۳	۱۸۱۹
۱۱	فارس	۱۷۹۸۱	۳۵۶	۱۸۳۳۷	۱۵۰۳۵	۶۰۱	۱۵۶۳۶	۱۹۲۸۸	۲۷۱۳	۱۰۲۱	۵۸۳	۲۰۳۰۹	۳۲۹۶
۱۲	کرمان	۱۲۵۷۳	۲۸۶/۲	۱۲۸۵۹/۲	۹۶۰۲/۲	۲۰۵/۸	۹۸۰۸	۱۰۹۶۵	۱۰۹۶/۵	۳۴۸	۱۳۹/۲	۱۱۳۱۳	۱۲۳۵/۷
۱۳	گیلان	۴۶۶۳/۱	۲۸۹/۸	۴۹۵۳	۱۲۳۵۱	۷۷۲/۳	۱۳۱۲۳/۳	۷۳۱۰	۹۲۰/۷	۶۶۰	۴۱۱/۶	۷۹۷۰	۱۳۳۲/۳
۱۴	مازندران	۱۱۵۸۶	۳۹۸	۱۱۹۸۴	۱۴۵۶۹	۱۰۴۵	۱۵۶۱۴	۱۵۶۰۲	۱۶۱	۸۷۶	۶۲۶	۱۶۴۷۸	۲۳۱۷
۱۵	هرمزگان	۵۹۵۵	۱۶۶	۶۱۲۱	۴۳۱۱	۲۳۷	۴۵۴۸	۵۶۲۱	۹۸۱	۴۶۱	۳۶۹	۶۰۸۲	۱۳۵۰
۱۶	یزد	۳۷۶۲/۹	۵۷/۹	۳۸۲۰/۸	۳۸۵۴/۵	۱۱۲/۲	۳۹۶۶/۷	۴۲۵۲	۶۲۸/۸	۹۸	۵۶/۳	۴۵۳۲	۶۸۵/۱
	جمع	۱۹۹۰۴۴/۸	۷۷۰۲	۲۰۶۷۴۶/۹	۱۷۲۸۵۵/۶	۱۶۹۷۲/۸	۱۸۹۸۲۸/۴	۱۸۵۴۹۵	۲۸۰۴۸/۶	۲۰۱۹۲	۱۴۱۵۵/۳	۲۰۵۸۶۹	۴۲۲۰۳/۹

فصل دوم

هـــادی‌ها

۲ـ۱ ـ مقدمه

بدون تردید، هادی‌ها[1] مهمترین اجزای یک شبکهٔ انتقال انرژی محسوب شده و مسیر جریان از طریق آن‌ها برقرار می‌گردد، بنابراین تمام مقدمات در طراحی یک خط انتقال هـوایـی، فـقط بـه‌منظور برق‌رسانی مناسب و مطمئن از طریق این هادی‌ها صورت می‌گیرد. به‌عنوان مثال نـقش ***پایه‌های خط انتقال*** نگهداری فاصله هادی‌ها از زمین، نقش ***کنسول‌ها*** رعایت فاصله مناسب هادی‌ها از یکـدیگر و نقش **مقره** به‌عنوان ایزوله کننده و نگهدارندهٔ هادی‌های تحت ولتاژ از بدنه می‌باشد، که در این بـین، هادی‌ها نقش اساسی را به عهده دارند.

به‌دلیل افزایش روزافزون مصرف انرژی الکتریکی، خطوط انتقال نیرو همواره در حال گسترش و توسعه هستند و به‌طور دائم خرید، حمل و نصب سیم‌هادی‌ها در خط انتقال نیرو سهم قابل توجهی از هزینه‌های اجرای خط را به خود اختصاص داده است. علاوه بر سرمایه گذاری اولیهٔ انجام شده، هزینهٔ سالیانهٔ اُفت انرژی در مراحل بهره‌برداری و نیز میزان تلفات توان، جنبه‌های اقتصادی انتخاب بهترین و مطلوب‌ترین هادی در یک خط هوایی را دو چندان نموده است.

در این بخش، ضمن تعریف مشخصات و معرفی انواع هادی‌های متداول در ایران، به کاربرد آن‌ها و سپس به استانداردهای حاکم بر تولید و استفاده از هادی‌های هوایی فشار متوسط توزیع و هادی‌های مورد استفاده در خطوط هوایی فشار ضعیف شبکه‌های توزیع ایران پرداخته می‌شود. قـبل از شـروع بحث، لازم به توضیح است که بیشترین کاربرد سیم از نوع آلومینیوم فولاد[2] در «شبکه هـوایـی فشـار متوسط» و همچنین سیم‌های لخت مسی[3] مورد استفاده در «شبکه‌های فشار ضعیف هـوایـی» ایـران می‌باشند که درخصوص آن‌ها نیز بحث خواهد شد. در این زمینه، پارامترهای مهمی از جـمله سـطح مقطع، حد گسیختگی، مقاومت الکتریکی، ... و دیگر مقادیر موثر در انـتخاب هـادی‌ها تـوضیح داده می‌شود. آشکار است که هم ویژگی‌های مکانیکی و هم ویژگی‌های الکـتریکی را بـاید شـناخت و در انتخاب سیم، مدنظر قرار داد.

۲ـ۲ـ جنس سیم‌های هوایی

جنس هادی‌های خطوط انتقال انرژی در شبکه‌های هوایی توزیع، باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر رسانایی الکتریکی مورد نیاز، استقامت مکانیکی مناسب را داشته و در مـقابل رطـوبت و گـازهای

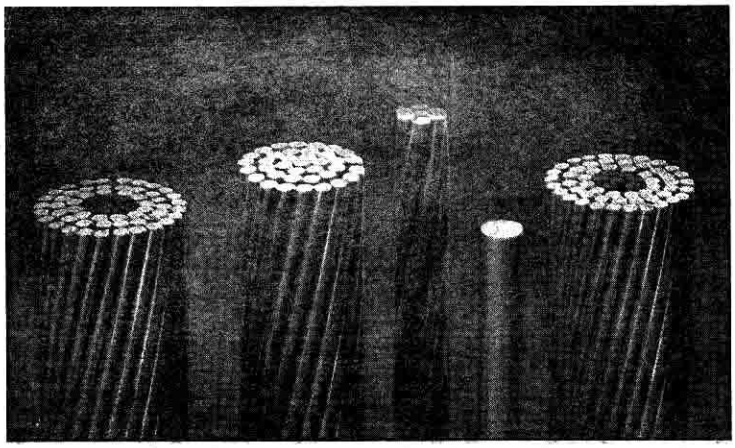
---

۱ ـ اغلب به هادی‌ها، سیم نیز گفته می‌شود پس این دو اصطلاح را می‌توان به جای یکدیگر به‌کار برد.

2– Aluninium Conductor Steel Reinforeced-A.C.S.R

3 Hard-Draw Copper Conductors-H.D.C.W

شیمیایی موجود در هوا مقاوم بوده، به آسانی دچار خوردگی یا فرسایش نگردد. سیم‌های شبکه توزیع برق شهری و روستایی را می‌توان به‌صورت هوایی لخت و یا روپوش‌دار و به‌صورت هادی‌های عایق شده، نصب و مورد استفاده قرار داد. امروزه تحقیقات و تکامل گونه‌های جدیدی از هادی‌های هوایی شبکه‌های انتقال و توزیع در دست تهیه و اجرا می‌باشد. متداول‌ترین سیم‌های هوایی در شبکه توزیع، از جنس آلومینیوم و یا آلومینیوم تقویت شده با مغز فولاد[1] و مس می‌باشد که فقط در موارد و گونه‌های خاصی از دیگر گونه‌های آن‌ها[2] از جمله سیم فولادی استفاده می‌شود. ویژگی‌های عمدهٔ این مواد در ادامه به تفکیک توضیح داده می‌شود.



شکل (۱ـ۲): هادی‌های هوایی

۲ـ۳ـ آلومینیوم

در سال‌های اولیه، هادی‌های خطوط هوایی توزیع، از جنس مس انتخاب می‌شد ولی بعدها، برای این کار آلومینیوم نیز مورد استفاده قرار گرفت. امروزه، به علت وزن سبکتر و قیمت کمتر به‌غیر از شبکه‌های فشار ضعیف با کاربرد انبوه، هادی‌های آلومینیومی با انجام فرآیندهایی برای تقویت مقاومت مکانیکی آن‌ها در شبکه‌های فشار متوسط جایگزین شده و نتایج رضایتبخشی نیز به دنبال داشته است.

هادی‌های آلومینیومی نسبت به مس، از درجه رسانایی و استقامت کششی پایین‌تری برخوردارند، بنابراین برای انتقال جریان مساوی، باید سطح مقطع هادی آلومینیوم از هادی مسی، بزرگتر

۱ـ به‌طور خلاصه هادی آلومینیوم فولاد A.C.S.R.

۲ـ انواع دیگر هادی‌ها و نمونه‌هایی از آن‌ها عبارتند از:

i. هادی آلیاژ آلومینیوم، آلملک – آلدری: دارای بیش از ۹۸ درصد آلومینیوم به علاوه منیزیم و سیلیسیم می‌باشد. مقاومت مکانیکی این هادی بیش از نوع آلومینیوم می‌باشد.

ii. هادی آلومینیوم با مغزی آلیاژی (A.C.A.R) : مانند هادی‌های آلومینیوم فولاد بوده ولی مغز آن از آلیاژ مخصوص می‌باشد تا میزان خوردگی هادی در مناطق آلوده کمتر شود.

iii. هادی‌ها با تلفات کم (SLAC) : این هادی‌ها به طورکلی مشابه هادی‌های ACSR بوده و فقط به‌خاطر دارا بودن ظرفیت انتقال بالاتر و کم بودن تلفات به کار می‌رود.

انتخاب شود ولی وزن مخصوص آلومینیوم در حدود یک سوم مس می‌باشد. بنابراین برای قابلیت هدایت برابر، وزن هادی آلومینیوم فقط نصف وزن مس خواهد بود که البته در این حالت، قطر هادی آلومینیومی مقداری بزرگتر از قطر هادی مسی خواهد بود. در جدول (۱-۲) مقایسهٔ خواص مربوط به دو هادی آلومینیوم نسبت به مس ارایه شده است.

جدول (۱-۲): مقایسه هادی‌ها

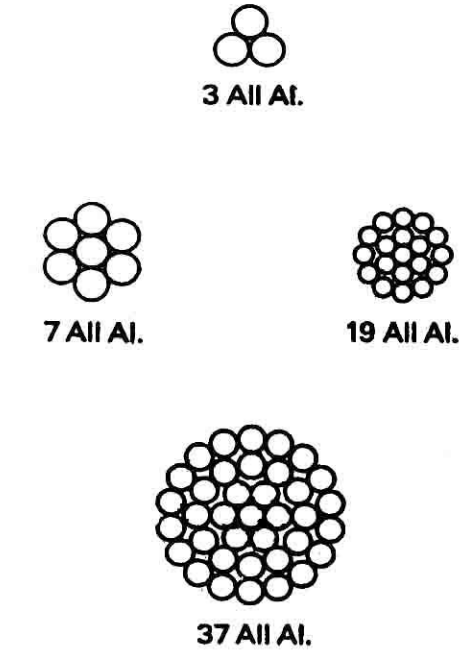
ردیف	موضوع	مس	آلومینیوم
۱	نسبت هدایت‌ها برای سطح مقطع مساوی	۱	۰/۶
۲	نسبت سطح مقطع ها با مقاومت مساوی	۱	۱/۶۶
۳	نسبت قطرها با مقاومت مساوی	۱	۱/۲۹
۴	نسبت وزن‌ها برای سطح مقطع مساوی	۳/۳	۱
۵	نسبت وزن‌ها با مقاومت مساوی	۲	۱

هرگاه درجهٔ خلوص هادی آلومینیومی ۹۹/۵ درصد باشد، آنرا هادی «تمام آلومینیومی»[1] "AAC" می‌گوییم که مقاومت مکانیکی آن در حدود (Kg/mm^2)۱۹-۱۶ بوده و به‌علت پایین بودن این استقامت مکانیکی، در شبکه‌های فشار ضعیف و اسپن‌های کوتاه کاربرد دارند. در اغلب کشورهای جهان که قیمت آلومینیوم به‌مراتب کمتر از مس است، در شبکه‌های فشار ضعیف و سیستم‌های توزیع هوایی و حتی کابل‌ها، از هادی‌های آلومینیومی استفاده می‌شود. از دیگر کاربردهای سیم‌های آلومینیومی، می‌توان اتصالات و پل‌های اتصال بین کلمپ انتهایی و خط هوایی فشار قوی، رابط‌های ثابت و نیز باس بارهای مقطع استوانه‌ای ثابت را نام برد.

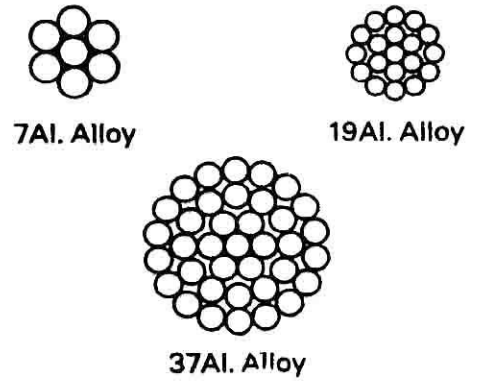
1- All- Aluminium Conductors- A.A.C.

علاوه بر جنبهٔ کاربرد اقتصادی سیم‌های آلومینیومی، از این هادی‌ها، به‌علت وزن سبکتر آن، به‌صورت سیم‌های روپوش دار مانند شبکهٔ کابل‌های خود نگهدار هوایی نیز استفاده می‌شود، که توسط روپوش عایق آن، قابلیت استفاده در شبکهٔ توزیع فشار ضعیف و فشار متوسط (به‌دلیل کاهش حریم مورد نیاز خط)، و مسیرهای پردرخت بیشتر استفاده می‌شود. شکل (۲-۲) سه نوع سطح مقطع هادی‌های تمام آلومینیومی (AAC) متداول در ایران را نشان می‌دهد. این هادی‌ها به صورت ۳، ۷، ۱۹، ۳۷ رشته‌ای ساخته می‌شوند. نکتهٔ قابل توجه، در کاربرد سیم‌های آلومینیومی همراه و یا اتصال آن با هادی‌های مسی است که استفاده از بست‌های مخصوص روپوش‌دار، به‌منظور جلوگیری از اثرات خوردگی بین این دو فلز حایز اهمیت است.

هرگاه درجهٔ خلوص هادی آلومینیومی حدود ۹۸ درصد بوده و بقیهٔ آلیاژ را به عنوان مثال منیزیم و سیلیکان[1] تشکیل دهد، هادی به‌نام «آلملک»[2] و یا «آلدری»[3] (آلیاژ آلومینیوم) گفته می‌شود که دارای استقامت مکانیکی بیشتر و در حدود ($۳۳(Kg/mm^۲$ می‌گردد. این هادی به‌طور معمول در شبکه‌های فشار متوسط توزیع و تا سطح ولتاژهای حدود ۶۰ کیلوولت قابل استفاده است که در آن مناطق فشار باد و یا قطر یخ کم می‌باشد. هادی‌های آلیاژ آلومینیوم (AL-Alloy) نسبت به هادی‌های تمام آلومینیوم، دارای قابلیت هدایت تا ۱۵ درصد کمتر هستند، یعنی مقاومت الکتریکی آن‌ها به‌علت اضافه شدن آلیاژها بیشتر شده است.



شکل (۲-۲) مقطع: سیم‌های تمام آلومینیومی



شکل (۳-۲): مقطع سیم‌های آلملک یا آلیاژ آلومینیومی

1 Aluminium Alloy Conductors = Aluminium- magnesium- Silicon group

2 Almelec

3 – Aldery

امروزه علاوه بر روش گفته شده برای زیاد کردن استقامت مکانیکی هادی‌های آلومینیومی، استفاده از رشته‌های فولادی گالوانیزه شده یا آلیاژهای فلزی که در مغز هادی‌ها قرارگرفته و آن‌ها را تقویت می‌کند، کاربرد زیادی یافته است. به این هادی‌ها ***هادی آلومینیومی تقویت شده با مغز فولاد*** A.C.S.R و یا A.C.A.R[1] گفته می‌شوند. این سیم‌ها با استقامت مکانیکی قابل قبول که دارند، در کلیهٔ شبکه‌های فشار متوسط، فشار قوی و فوق فشار قوی استفاده می‌شوند.

۲ـ۴ـ فولاد

فولاد، در میان سایر مواد، دارای بیشترین استقامت مکانیکی و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی برای ساخت سیم‌هاست. به همین دلیل، سیم‌های فولادی در موارد محدودی از جمله مواردی که استحکام مکانیکی در درجه اول اهمیت قرار دارد و یا باید قدرت‌های کم انتقال یافته و به‌طور کلی فقط در یک فاصله کوتاه در شبکه فشار متوسط به‌کار رود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال، عبوز از روی رودخانه‌ها یا بستر عریض، و فواصل عبوری از روی آبراهه‌ها و کانال‌ها نمونه‌هایی از این موارد است. هادی‌های فولادی برای سیم‌های محافظ[2] یا زمین، خطوط هوایی، سیم سیستم‌های مهار و در بسیاری دیگر به‌عنوان مغزی و یا رشته میانی سیم‌های هوایی استفاده می‌شود. در این صورت، فولاد را به‌طور معمول با عمل گالوانیزه کردن یا با پوشش دادن به صورت دیگر در مقابل خوردگی حفاظت می‌نمایند. امروزه هادی‌های فولادی با روکش مسی[3] یا روکش آلومینیومی[4] به‌عنوان سیم محافظ هوایی در خطوط انتقال کاربرد وسیع‌تری دارند. در ادامه، جدول مقایسه برای مشخصات فیزیکی فلزات به‌کار رفته در سیم‌های خطوط هوایی توزیع آورده شده است.

جدول (۲ـ۲): مشخصات فیزیکی فلزات اصلی سیم‌ها

نام فلز	وزن مخصوص [g/cm³]	ضریب انبساط طولی بین صفر تا ۱۰۰°c [1/°C]	استقامت کششی [Kgf/mm²]	مقاومت الکتریکی [Ωmm²/mm]	نقطه ذوب [°C]
مس	۸/۹۶	۱۶/۸۶	۴۰	۰/۰۱۷۸	۱۰۸۳
آلومینیوم	۲/۷۰	۳۳/۸۶	۲۰~۳۰	۰/۰۲۹	۲۷۱/۳
فولاد	۷/۸۰	۱۱/۵	۳۷~۶۴	۰/۰۱۷	۱۳۵۰

1 Alaminium Conductor Alloy Reinforecd = A.C.A.R

2– HS Steel

3- Copper Clad Steel.

4– Alumosweld

استقامت کششی یا همان حد کشسانی [1]، مقدار کشیدگی است که فلز می‌تواند تحت فشار کششی تحمل نماید، به‌طوری که هنوز توانایی بازگشت به ابعاد اولیه‌اش را دارا باشد، یعنی پس از برداشتن فشار، ماده دچار تغییر شکل دایمی نشود. مقدار استقامت کششی هادی‌ها را بر حسب کیلوگرم نیرو بر میلی‌مترمربع (و یا کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع) بیان می‌نمایند و نسبت انبساط سیم در واحد طول یعنی میلی‌متر در هر متر، باعنوان ضریب کشسانی [2] نامیده و اندازه‌گیری می‌شود که عامل مهمی در تعیین میزان شکم دادن هادی‌های تحت بارگذاری به‌حساب می‌آید.

ضریب انبساط طولی (یا خطی) ویژگی دیگری از مادهٔ تشکیل دهندهٔ سیم‌هاست، که عملکرد هادی‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ضریب حرارتی انبساط طولی، مقدار تغییر در طول ماده در اثر انبساط است که در اثر دما به وجود می‌آید و در طراحی و ساخت خطوط هوایی درنظر گرفته می‌شود. این ضرایب در استفادهٔ ترکیبی از دو سیم، مانند آلومینیوم و فولاد مورد توجه قرار می‌گیرند.

۲ـ۵ـ سیم آلومینیومی با مغز فولادی (ACSR)

هرگاه به‌منظور ازدیاد مقاومت مکانیکی هادی آلومینیومی، درون هادی را با رشته‌های فولادی تقویت کنند، سیمی با قابلیت الکتریکی و مکانیکی مناسبی به‌دست می‌آید که برسایر هادی‌ها برتری داشته و به‌طور گسترده‌ای در خطوط هوایی فشار متوسط توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. این هادی‌ها به‌طور اختصار ***سیم آلومینیوم فولاد*** نیز گفته می‌شود. قسمت خارجی این هادی را حداقل هفت مفتول (یا رشته) از جنس آلومینیوم پوشانده و مفتول یا مفتول‌هایی فولادی مرکز آن را تشکیل می‌دهند. جنس مفتول‌های با مقطع دایره، برای آلومینیوم از نوع سخت مطابق با استاندارد BS2627 خواهد بود [3]. مقاومت مخصوص الکتریکی این سیم‌ها تابع درجه خلوص و شرایط فیزیکی آن می‌باشد.

امروزه در بیشتر کشورهای جهان، برای خطوط انتقال انرژی الکتریکی از انواع مختلف هادی‌های A.C.S.R استفاده می‌شود. درکشور ما نیز تعدادی از هادی‌های آلومینیوم فولاد از میان انواع مختلف آن انتخاب و توسط وزارت نیرو اعلام می‌گردد، تا به‌منظور تنوع‌زدایی و افزایش تولید داخل در سطح کشور مورد استفاده قرار گیرد.

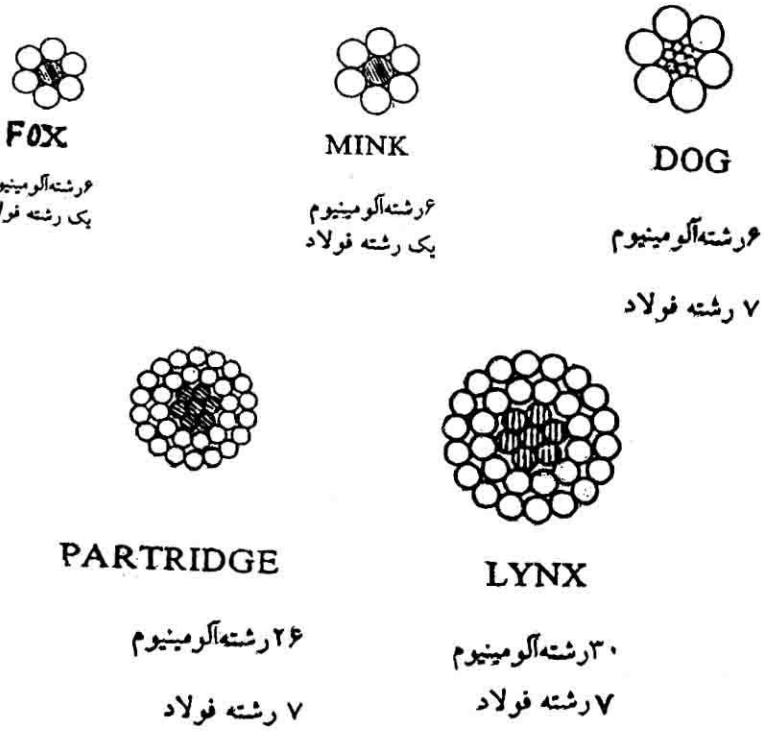
۲ـ۵ـ۱ ـ نامگذاری سیم‌های آلومینیوم فولاد

در استانداردهای کشورهای مختلف، برای نامگذاری هادی‌های مورد استفاده روش‌های متفاوتی وجود دارد. استاندارد سیم‌های آلومینیوم فولاد سیستم توزیع ایران نیز از استاندارد انگلیسی (BS-215) اقتباس شده است.

1- Elastic Limit

2- Madulus of Elasticity

۳ ـ برای اطلاعات بیشتر به استاندارد هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوای توزیع (جلد پنجم) مراجعه فرمایید.



شکل (۴-۲) : نمونه‌هایی از سیم آلومینیوم فولاد

برای سطح مقطع کل سیم، یعنی مجموع سطح مقطع‌های قسمت آلومینیوم و فولاد، تقسیم‌بندی‌هایی انجام شده امّا در استانداردهای معتبر جهانی، نوع سیستم درجه بندی براساس سطح مقطع هادی (در این‌جا فقط آلومینیوم) بیان می‌شود. یکی از روش‌ها، محاسبهٔ مساحت دایره‌ای توپر، معادل سطح مقطع هادی آلومینیومی است که برای تبدیل به سیستم میلی‌متر مربع از رابطه $MCM=10^3CM\approx0.5067mm^2$ استفاده می‌شود:

$$CM=\text{یک میل دایره‌ای}^{1}=\text{Circular Mil}=\frac{1}{1973.5}mm^2$$

در استاندارد انگلیسی و آمریکایی نیز برای نامگذاری هادی‌های خطوط انتقال نیرو از اسامی حیوانات استفاده شده است. در استاندارد آلمانی (DIN) هادی‌ها با نسبت سطح مقطع آلومینیوم به سطح مقطع فولاد (Al/St) بیان می‌شوند به‌عنوان مثال نسبت 6:1، یعنی سطح مقطع آلومینیوم ۶ برابر فولاد است و سطح مقطع نامی براساس دامنه‌های آن استاندارد می‌باشد. در استاندارد آمریکایی برای اندازه‌گذاری سیم‌های با عنوان "AWG"[2] (استاندارد شده در تمام کشورهایی که سیستم آمریکایی وجود دارد) معیار دیگری رعایت می‌شود. برای اندازه‌گیری هادی‌ها (سیم‌های توزیع) در سیستم

۱- C.Mil مساحت دایره‌ای است که قطری به بزرگی ۰/۰۲۵۴ میلی‌متر (معادل ۰/۰۰۱ اینچ) دارد.

2- American Wire Guage

GERMAN SIZES DIN 48204				BRITISH SIZES BS 215, Part 2				U.S.A. SIZES ASTM B232					CANADIAN SIZES CSA C49				
Nominal Aluminium	Total	Aluminium	Steel	Code name	Total	Aluminium	Steel	Code name	Aluminium		Steel	Total	Code name	Aluminium		Steel	Total
mm²	mm²	mm²	mm²		mm²	mm²	mm²		AWG or MCM*	mm²	mm²	mm²		AWG or MCM*	mm²	mm²	mm²
16	17·9	15·3	2·6	Mole	12·39	10·62	1·77	Turkey	6	13·29	2·21	15·50	Wren	8	8·39	1·42	9·81
25	27·8	23·8	4·0	Squirrel	24·43	20·94	3·49	Thrush	5	16·77	2·77	19·54	Warbler	7	10·59	1·34	11·93
35	40·4	34·3	5·7	Gopher	30·62	26·24	4·37	Swan	4	21·16	3·55	24·71	Turkey	6	13·29	2·19	15·48
44	76·7	44·0	31·7	Weasel	38·88	31·61	5·27	Swanate	4	21·16	5·35	26·51	Thrush	5	16·77	2·77	19·54
50	56·3	48·3	8·0	Fox	42·77	36·66	6·11	Swallow	3	26·65	4·45	31·10	Swan	4	21·16	3·55	24·71
50	81·0	51·2	29·8	Mole	49·48	42·41	7·07	Sparrow	2	33·61	5·52	42·13	Swallow	3	26·65	4·45	31·09
70	81·3	69·9	11·4	Squirrel	61·78	52·98	8·81	Sparate	2	33·61	8·61	42·22	Sparrow	2	33·61	5·61	39·22
95	109·7	94·4	15·3	Gopher	73·71	63·18	10·53	Robin	1	42·39	7·10	49·49	Robin	1	42·39	7·10	49·49
95	152·8	96·5	56·3	Stoat	100·50	63·48	37·03	Raven	1/0	53·48	8·90	62·38	Raven	1/0	53·48	8·90	62·38
105	181·6	105·7	75·5	Beaver	87·29	74·82	12·47	Quail	2/0	67·42	11·23	78·65	Quail	2/0	67·42	11·23	78·65
120	141·4	121·6	19·8	Horse	116·20	73·37	42·80	Pigeon	3/0	85·03	14·19	99·22	Pigeon	3/0	85·03	14·19	99·22
120	193·3	122·0	71·3	Racoon	82·40	79·25	13·20	Penguin	4/0	107·23	17·87	125·10	Penguin	4/0	107·23	17·87	125·10
125	157·7	127·9	29·8	Otter	87·86	83·68	13·88	Waxwing	266·8	135·16	17·55	152·71	Owl	266·8	135·16	17·55	152·71
150	173·1	148·9	24·2	Cat	111·30	95·49	15·90	Owl	266·8	135·16	17·55	152·71	Waxwing	266·8	135·16	17·55	142·64
170	211·9	171·8	40·1	Hare	122·50	105·9	17·50	Partridge	266·8	135·16	22·00	157·16	Partridge	266·8	135·16	22·00	157·16
185	213·6	183·8	29·8	Dog	118·6	105·8	13·50	Ostrich	300	152·00	24·77	176·77	Phoebe	300	152·00	8·45	160·45
210	243·2	209·1	34·1	Hyena	126·2	105·8	20·44	Merlin	336·4	170·45	9·48	179·93	Ostrich	300	152·00	24·71	176·71
210	261·4	212·1	49·5	Leopard	148·1	131·3	16·80	Linnet	336·4	170·45	27·74	198·19	Piper	336·4	170·45	35·48	187·48
230	260·7	230·9	29·8	Coyote	152·2	132·1	20·09	Oriole	397·5	201·42	11·16	212·58	Merlin	336·4	170·45	9·48	179·93
240	282·5	243·0	39·5	Cougar	137·5	130·3	7·24	Chickadee	397·5	201·42	26·13	227·55	Linnet	336·4	170·45	27·81	198·26
265	287·8	263·7	34·1	Tiger	161·7	131·1	30·59	Brant	397·5	201·42	32·77	234·19	Oriole	336·4	170·45	39·81	210·26
300	353·7	304·3	49·5	Wolf	194·9	158·0	36·88	Ibis	397·5	201·42	46·97	248·39	Chickadee	397·5	201·42	11·16	212·58
305	344·1	304·6	39·5	—	167·5	158·7	8·80	Lark	477	241·68	13·42	255·10	Ibis	397·5	201·42	32·77	234·19
340	369·1	339·3	29·8	Lynx	228·2	183·4	42·77	Pelican	477	241·68	31·23	272·97	Lark	397·5	201·42	46·97	248·39
360	431·5	382·0	49·5	—	194·5	184·3	10·24	Flicker	477	241·68	39·35	281·03	Pelican	477	241·68	13·42	255·10
385	420·1	386·0	34·1	Panther	201·6	212·4	49·48	Hawk	477	241·68	56·39	298·07	—	477	241·68	23·74	265·42
435	490·6	434·3	56·3	Lion	294·2	238·5	55·65	Hen	477	241·68	15·68	297·68	Hawk	477	241·68	39·42	281·10
450	488·2	448·7	39·5	Bear	325·8	264·0	61·40	Osprey	556·5	282·00	36·58	318·58	Hen	477	241·68	56·39	298·07
490	563·8	490·3	63·6	Goat	400·8	324·3	76·67	Parakeet	556·5	282·00	45·94	327·94	Heron	500	253·35	59·10	312·45
550	621·3	550·0	71·3	Sheep	461·4	374·1	87·29	Dove	556·5	282·00	65·81	347·81	—	556·5	282·00	27·68	309·68
				Antelope	421·5	373·1	48·37	Eagle	556·5	282·00	39·74	346·32	Dove	556·5	282·00	45·94	327·94
560	611·2	561·7	49·5	Bison	431·3	381·8	49·49	Peacock	605	306·58	49·94	356·52	Eagle	605	306·58	65·81	347·81
680	764·8	678·8	86·0					Squab	605	306·58	71·55	378·13	—	605	306·58	30·07	336·65
								Wood Duck	605	306·58	69·87	376·45	Duck	636	322·26	31·61	353·87
								Teal	605	306·58			—				

جدول (۳ـ۲): هادی‌های ACSR در چهار استاندارد متداول

امریکایی (AWG)، از نمرهٔ سیم استفاده می‌شود که در این سیستم، از سیم نمره 12 (کوچکترین) تا نمرهٔ 0000 یا 4/0 (بزرگترین) موجود بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. استاندارد کانادایی نیز براساس سطح مقطع کل بوده و بر حسب میلی‌متر مربع بیان می شود.

جدول (۳-۲) ترتیب نامگذاری هادی‌های ACSR را در چهار استاندارد بین‌المللی آورده و روش مقایسهٔ نامگذاری آن‌ها را نشان می‌دهد.

استاندارد بین‌المللی IEC ملاک عمل خوبی برای گروه‌بندی و تعیین خانوادهٔ هادی‌های آلومینیوم فولاد A.C.S.R است. در جدول این استاندارد، نسبت سطح مقطع نامی سیم‌های آلومینیوم به فولاد (Al/St)، به‌عنوان تعیین کنندهٔ نوع هادی‌ها و جایگزین روش نامگذاری می‌باشد. در هرگروه از این نسبت‌ها، قابلیت ساخت و انتخاب هادی‌های مورد نظر وجود دارد. مطابق جدول (۴-۲) هادی‌های آلومینیوم فولاد ACSR استاندارد IEC کلیهٔ نامگذاری‌ها و دسته‌بندی‌های انجام شده در دیگر استانداردهای ساخت، از جمله DIN, BS و ASTM درگروه‌های مشخصی از نسبت هادی‌های آلومینیوم به فولاد ذکر شده‌اند.

جدول (۴-۲): استاندارد بین‌المللی IEC برای هادی‌های آلومینیوم فولاد – ACSR

Conductor size.mm^2		Stranding. No/mm		Overall diameter. mm		Calculated electrical	Rated strength	Total weight
Nominal Al/St	Calculated Al/St	Aluminum	Steel	A.C.S.R.	Steelcore	resistance /km. 20°C	N.	1 km/Kg
40/6.7	40/6.7	6/2.91	1/2.91	8.7	2.9	0.7172	14400	161.3
63/10.5	63/10.5	6/3.66	1/3.66	10.9	3.6	0.4553	216.30	254.0
100/16.7	100/16.7	6/4.61	1/4.61	13.8	4.6	0.2868	34333	403.2
125/6.9	125/6.9	18/2.97	1/2.92	14.6	2.9	0.2304	29167	397.9
125/20.4	125/20.4	26/2.47	7/1.92	15.6	5.7	0.2308	45694	503.5
160/8.9	160/8.9	18/3.36	1/3.36	16.8	3.3	0.1800	36178	509.4
160/26.1	160/26.1	26/2.80	7/2.18	17.7	6.5	0.1803	57689	644.5
200/11.1	200/11.1	18/3.76	1/3.76	18.8	3.7	0.1440	44222	636.7
200/32.6	200/32.6	26/3.13	7/2.43	19.8	7.3	0.1442	70134	805.6
315/21.8	315/21.8	45/2.99	7/1.99	23.8	5.9	0.0917	79030	1039.2
315/51.3	315/51.3	26/3.93	7/3.05	24.8	9.1	0.0916	106834	1268.9
400/27.7	400/27.7	45/3.36	7/2.24	26.9	6.7	0.0722	98356	1319.7
400/51.9	400/51.9	54/3.07	7/3.07	27.6	9.2	0.0722	123037	1509.7

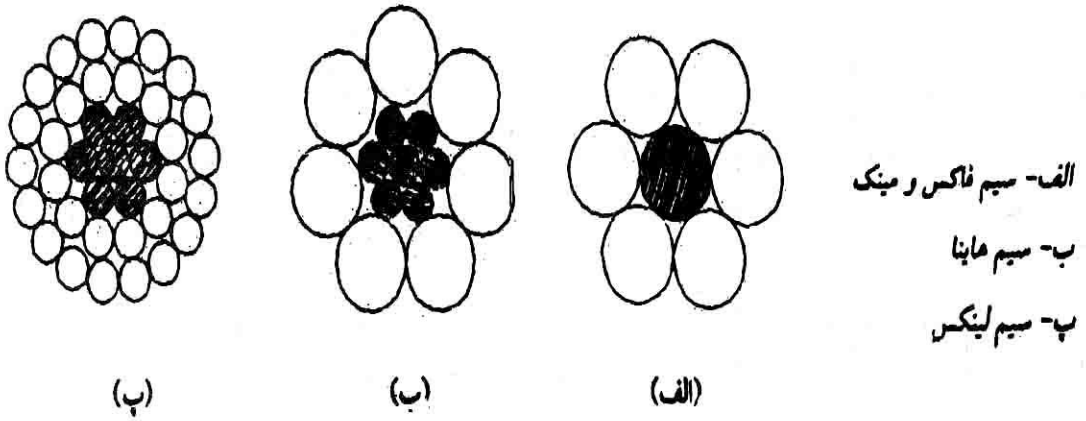
IEC Standard A.C.S.R.

* مثال:

دراستاندارد **BS** هادی با سطح مقطع کل ۴۲/۷۷mm^2 به‌نام فاکس "Fox" معادل (استاندارد IEC) آن در خانوادهٔ سیم با مقطع Al/St=40/6.7 (مقاطع آلومینیوم ۳۶/۶۶ و فولاد ۶/۱)، هادی با سطح مقطع کل ۷۳/۷۱ به‌نام مینگ (MINK) در خانوادهٔ Al/St=63/10.5 و هادی نوع Hyena در خانوادهٔ 125/20.4 می‌باشد (نسبت آلومینیوم به فولاد آن 105.8/20.4).

۲ـ۵ـ۲ـ هادی‌های آلومینیوم فولاد استاندارد شبکهٔ توزیع - ایران

استاندارد هادی‌های آلومینیوم فولاد شبکه‌های فشار متوسط (توزیع) ایران، با اقتباس از استاندارد BS-215 تهیه می‌شود، به شکلی که از هر خانوادهٔ هادی‌های دسته بندی شده استاندارد IEC، یک سیم به‌عنوان نمونه انتخاب و تیپ شده است. در جدول (۵ـ۲) صفحه بعد تعدادی از هادی‌های آلومینیوم - فولاد ACSR نامگذاری و استاندارد شده از طرف وزارت نیرو[1] به‌عنوان هادی‌های مورد استفاده در خطوط هوایی شبکه‌های توزیع (فشار متوسط) آورده است. از آن‌جایی‌که در شبکه‌های موجود و قدیمی گونه‌های مختلفی از سیم‌های آلومینیوم فولاد استفاده شده و امروزه نیز امکان سفارش خاص برای ساخت این سیم‌ها در دیگر مقاطع و خانواده‌های استاندارد شده IEC وجود دارد، جدول (۶ـ۲)، مشخصات سیم‌های آلومینیوم فولاد اقتباس شده از استاندارد BS-215 به‌کار رفته در شبکه‌های توزیع را به طور کامل آورده که در قسمت بعد، به معرفی مشخصات آن پرداخته خواهد شد.



شکل (۵ـ۲): چگونگی قرارگرفتن مفتول‌های آلومینیوم و فولاد

۱ـ استاندارد خطوط هوایی توزیع - جلد پنجم با هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی - صفحه ۱۱ - معاونت تحقیقات و تکنولوژی - توانیر.

جدول (۵-۲): مشخصات هادی‌های آلومینیوم فولاد استاندارد شبکه‌های توزیع (فشار متوسط)

راکتانس (اهم‌برکیلومتر)	نیروی گسیختگی (نیوتن)	مقاومت DC (اهم‌برکیلومتر)	وزن (کیلوگرم بر کیلومتر)				سطح مقطع (میلیمترمربع)			قطرنهایی (میلیمتر)	قطر مفتول (میلیمتر)		تعداد مفتول		نام‌نحاری
			گریس	کل	فولاد	آلومینیوم	کل	فولاد	آلومینیوم		فولاد	آلومینیوم	فولاد	آلومینیوم	
۰/۲۸۳۵	۱۲۸۱۲	۰/۷۸۲۲	۷/۵	۱۴۹	۴۸	۱۰۱	۴۲/۷۷	۶/۱۱	۳۶/۶۶	۸/۳۷	۲/۷۹	۲/۷۹	۱	۶	فاکس
۰/۲۶۶۴	۲۱۳۱۳	۰/۴۵۴۵	۱۲/۹	۲۵۵	۸۲	۱۷۳	۷۳/۶۵	۱۰/۵۲	۶۳/۱۳	۱۰/۹۸	۳/۶۶	۳/۶۶	۱	۶	میک
۰/۲۴۶۴	۳۹۹۷۷	۰/۲۷۱۲	۲۱	۴۵۰	۱۶۰	۲۹۰	۱۲۶/۴۳	۲۰/۴۸	۱۰۵/۹۵	۱۴/۵۷	۱/۹۳	۴/۳۹	۷	۷	هایا
۰/۲۲۷۷	۷۹۸۰۰	۰/۱۵۷۶	۴۴/۷	۸۴۲	۳۳۵	۵۰۷	۲۲۶/۲	۴۲/۷۷	۱۸۳/۴	۱۹/۵۳	۲/۷۹	۲/۷۹	۷	۳۰	لیکس

عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع	عنوان جزء: جلد پنجم: هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع	
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	تاریخ: ۱۳۷۶	صفحه: ۱۱

مشخصات سیمهای آلومینیم ـ فولاد (ACSR) استاندارد وزارت نیرو ـ **نسخه قبلی ۱۳۷۰**

نام سیم	قطر هر رشته × تعداد mm		قطر خارجی	سطح مقطع				وزن	حد نیروی پارگی	مقاومت Ω\km				اندوکتانس	مدول	ضریب انبساط خطی
				آلومینیم		کل				DC		AC				
	آلومینیم	فولاد	mm²	mm²	MCM	mm²	MCM	kg/km	kg	۲۰°c	۵۰°c	۲۰°c	۵۰°c	Ω/km	kg/mm²	X10⁻⁶ 1/°c
FOX	۶×۲/۷۹	۱×۲/۷۹	۸/۲۷	۳۶/۷	۷۲/۴	۴۲/۷	۸۴/۲	۱۴۹	۱۳۴۶	۰/۷۸۲۷	۰/۸۷۷۳	۰/۷۸۲۸	۰/۸۷۷۴	۰/۲۸۳۵	۸۱۰۰	۱۹/۱
MINK	۶×۳/۶۶	۱×۳/۶۶	۱۰/۹۸	۶۳/۱	۱۲۴/۵	۷۳/۷		۲۵۵	۲۲۲۳	۰/۴۵۴۱	۰/۵۰۹	۰/۴۵۴۳	۰/۵۰۹۱۶	۰/۲۶۶۴	۸۱۰۰	۱۹/۱
DOG	۶×۴/۷۲	۷×۱/۵۷	۱۴/۱۵	۱۰۵	۲۰۷/۲	۱۱۸/۵	۲۲۳/۹	۳۹۴	۳۳۳۵	۰/۲۷۳۲	۰/۳۰۶۳	۰/۲۷۳۶	۰/۳۰۶۶	۰/۲۵۰۶	۷۷۰۰	۱۹/۸
PARTRIDGE	۲۶×۲/۵۷	۷×۲	۱۶/۳۰	۱۳۵/۲	۲۶۶/۸	۱۵۷/۲	۳۰۹/۶	۵۴۷	۵۱۲۰	۰/۲۱۳۲	۰/۲۳۹۲	۰/۲۱۳۷	۰/۲۳۹۲	۰/۲۴۰۵	۷۷۰۰	۱۸/۹

جدول (۶-۲): مشخصات مقطع سیم‌های آلومینیوم فولاد استاندارد BS-215 ـ استفاده شده در ایران

نام سیم	سطح مقطع mm^2				آلومینیم		فولاد		قطرکل	حد	مقاومت	وزن تقریبی	ظرفیت	مشخصات قرقره		
	اسمی	حقیقی کل	آلومینیم	فولاد	معادل مس	تعداد رشته	قطر رشته mm	تعداد رشته	سیم mm	گسیختگی سیم kg	DC در ۲۰°c جریان Ω/km	kg/km	جریان A	طول یک تکه m	تعداد تکه‌ها	وزن خالص kg
گوفر Gopher	۲۵	۳۰/۶۲	۲۶/۲۴	۴/۳۷	۱۶/۱	۶	۲/۳۶	۱	۷/۰۸	۹۵۵	۱/۰۸۹	۱۰۶	۱۲۶	۲۳۰۰	۳	۷۳۰
ویسل Weasel	۳۵	۳۶/۸۸	۳۱/۶۱	۵/۲۷	۱۹/۴	۶	۲/۵۹	۱	۷/۷۷	۱۱۶۳	۰/۹۰۵	۱۲۸	۱۳۴	۲۹۰۰	۲	۷۴۰
فاکس Fox	۳۵	۴۲/۷۷	۳۶/۶۶	۶/۱۱	۲۲/۶	۶	۲/۷۹	۱	۸/۳۷	۱۳۴۶	۰/۷۸۲۷	۱۴۹	۱۴۷			
رابیت Rabit	۷۰	۶۱/۷۰	۵۲/۸۸	۸/۸۱	۳۲/۳	۶	۳/۳۵	۱	۱۰/۰۵	۱۸۷۶	۰/۵۴۲۶	۲۱۴	۱۸۵	۱۱۰۰	۳	۷۵۰
مینک Mink	۷۰	۷۳/۷۷	۶۳/۱۸	۱۰/۵۳	۳۸/۷	۶	۳/۶۶	۱	۱۰/۹۸	۲۲۲۳	۰/۵۴۴۱	۲۵۵	۱۷۴	۹۵۰	۳	۷۳۰
داگ Dog	۱۲۰	۱۱۸/۵	۱۰۵	۱۳/۵۰	۶۴/۵	۶	۴/۷۲	۷	۱۴/۱۵	۳۳۳۵	۰/۲۷۲۳	۳۹۴	۲۷۸	۱۵۰۰	۱	۵۹۰
هاینا Hyna	۱۲۰	۱۲۶/۲	۱۰۵/۸	۲۰/۴۴	۶۴/۵	۷	۴/۳۹	۷	۱۴/۵۷	۴۱۷۱	۰/۲۷۱۲	۴۵۰	۲۸۷	۱۷۵۰	۲	۵۸۰
لئوپارد Leopard	۱۵۰	۱۴۸/۱	۱۳۱/۳	۱۶/۸	۸۰/۷	۶	۵/۲۸	۷	۱۵/۸۱	۴۱۵۰	۰/۲۱۸۵	۴۹۲	۳۱۶	۱۱۰۰	۱	۵۴۵
پارتریج* Partridge	۱۵۰	۱۵۷/۱۶	۱۳۵/۱۶	۲۲	۸۵	۲۶	۲/۵۷	۷	۱۶/۲۸	۵۰۱۰۰	۰/۲۱۳۶	۵۴۵	۳۲۱			
ولف Wolf	۱۹۵	۱۹۴/۹	۱۵۸	۳۶/۸۸	۹۶/۸	۳۰	۲/۵۹	۷	۱۸/۱۳	۶۸۸۰	۰/۱۸۲۸	۷۲۶	۳۵۵	۲۹۰۰	۱	۲۱۱۰
لینکس LYNX	۲۰۰	۲۲۶/۲	۱۸۳/۴	۴۲/۷۷	۱۱۳	۳۰	۲/۷۹	۷	۱۹/۵۳	۸۱۳۷	۰/۱۵۷۶	۸۴۲	۳۸۶			

مشخصات کلی:

۱ـ وزن مخصوص $3/5\ kg/cm^3$

۲ـ ضریب قابلیت هدایت $36\ \frac{m}{\Omega-mm^2}$

۳ـ ضریب انبساط حرارتی $18\times10^{-6}/°c$

۴ـ ضریب افزایش مقاومت در اثر حرارت $\alpha = 0/0041/°c$

۵ـ ظرفیت جریان ذکر شده برای جریان دائمی در درجه حرارت ۴۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد میباشد.

* این سیم در استاندارد کانادا CSA–C49 می‌باشد.

۲ـ۵ـ۳ ـ مشخصات سیم‌های هوایی آلومینیوم فولاد

این سیم‌ها را می‌توان با مشخصات زیر شناسایی کرد:

۲ـ۵ـ۳ـ۱ ـ تعداد مفتول (یا رشته)های تشکیل دهنده یک هادی

معمول‌ترین نوع هادی‌های رشته‌ای، شامل مفتول‌های هم اندازه است که به‌صورت هم محور، حول رشتهٔ میانی پیچیده شده‌اند. هر لایه، شش رشته (مفتول) بیش از لایهٔ قبلی دارد و دو لایهٔ متوالی، در جهت عکس یکدیگر پیچیده شده‌اند تا استحکام مکانیکی آن افزایش یابد.

هادی‌های آلومینیوم فولادِ مورد استفاده در شبکه‌های فشار متوسط توزیع، از نظر تعداد مفتول‌های آلومینیوم و فولاد به سه دسته مطابق با جدول زیر تقسیم می‌شوند:

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

و طرز قرارگرفتن این مفتول‌ها مطابق شکل (۶ـ۲) خواهد بود.

نام هادی	قطر خارجی (mm)	شکل مقطع هادی
FOX	8/37	
MINK	10/98	
DOG	14/5	
PARTRIDGE	16/28	
LYNX	19/53	

شکل (۶ـ۲): نمایش رشته‌ها

۲ـ۵ـ۳ـ۲ ـ قطر هادی چند رشته‌ای

لایهٔ شش رشته‌ای یک هادی را که کلیهٔ رشته سیم‌های تشکیل دهندهٔ آن دارای مقطع یکسانی هستند، به عنوان لایهٔ اول شناخته و قطر معادل[1] آن را به‌صورت زیر تعریف می‌کنند:

قطر یک رشته سیم × [۱ + (تعداد لایه‌ها) × ۲] = قطر معادل = O.D.

1- Overa Diameter

در مورد قطر هادی‌های سه رشته‌ای که دارای رشته سیم مرکزی نمی‌باشند، محاسبهٔ قطر معادل آن‌ها، از سیم‌های دیگر مجزا بوده به شرح زیر محاسبه خواهد شد:

$$\text{قطر معادل} = 2.155\ d$$

در هر صورت، هادی‌های مورد استفاده در شبکهٔ فشار متوسط توزیع، از نظر تعداد و قطر مفتول‌های آلومینیوم فولاد، باید براساس یک استاندارد متداول باشد (به‌عنوان مثال: BS - 215). در این صورت، از نظر محاسباتی می‌توان قطر نهایی آن‌ها را نیز، مطابق با استاندارد آن کنترل کرد و بدیهی است که در این حالت، محدودهٔ مجاز تغییرات قطر نهایی هادی مشخص برای هر ردیف از جدول هادی‌های ACSR، نباید از ۰/۱ ± اختلاف بیشتری داشته باشد. در جدول‌های استاندارد به طور معمول، ستونی برای نمایش تعداد رشته و قطر مفتول‌های آلومینیوم فولاد وجود دارد.

*** مثال:**

در مقایسهٔ سیم DOG با Hyena و برای تعیین نوع سیم بریده شده از شبکه داریم:

سیم *داک* DOG:

به‌صورت (تعداد × قطر) آلومینیوم + (تعداد × قطر) فولاد

(۶ × ۴/۷۲) آلومینیوم + (۷ × ۱/۵۷) فولاد

سیم *هاینا* Hyena:

به‌صورت (تعداد × قطر) آلومینیوم + (تعداد × قطر) فولاد

(۷ × ۴/۳۹) آلومینیوم + (۷ × ۱/۹۳) فولاد

۲ـ۵ـ۳ـ۳ـ مقاومت الکتریکی DC

مقاومت الکتریکی یک هادی، به صورت مقاومت‌های DC و AC در درجه حرارت‌های ۲۰ و ۵۰°C مشخص می‌گردد. به طور معمول مقدار مقاومت برای یک کیلومتر داده می‌شود. مقاومت الکتریکی هادی در درجه حرارت ۲۰°C نباید از مقدار $۰/۰۲۸۲۶۴\Omega/mm^2$ بیشتر باشد. برای محاسبهٔ مقاومت الکتریکی هادی در دمای t درجه سانتی‌گراد (R_t)، از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود:

$$R_t = R_{20}[1+\alpha(t-20)]$$

که در این رابطه، α ضریب افزایش مقاومت الکتریکی است و معادل $\alpha=۰/۰۰۴۱$ به ازای هر درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

POWEREN.IR

۲ـ۵ـ۳ـ۴ ـ سطح مقطع کل (حقیقی)[1]

مجموع سطح مقطع رشته سیم‌ها را بدون هیچ نوع تصحیحی، ***سطح مقطع کل*** گویند که بر حسب واحد mm^2 بیان می‌گردد. این سطح مقطع، از روش اندازه‌گیری جمع سطح مقطع کلیهٔ مفتول‌ها محاسبه شده توسط کارخانهٔ سازنده و برای هر رنج مشخص تولید می‌شود. براساس استاندارد VDE و استانداردهای دیگر، سطح مقطع‌ها در رنج‌های مشخصی طبقه‌بندی شده‌اند که به‌نام ***سطح مقطع اسمی (نامی)*** بیان می‌گردد. محدودهٔ تغییرات مجاز سطح مقطع کل هادی تولید شده با سطح مقطع نامی ۰/۲ ± درصد خواهد بود. در جدول‌های استاندارد، به‌علت تنوع امکان ساخت با نیروی استقامت مکانیکی در دو حالت متفاوت، سطح مقطع هادی‌های آلومینیوم و فولاد به‌طور جداگانه بیان می‌گردد.

۲ـ۵ـ۳ـ۵ ـ سطح مقطع هادی مسی معادل

سطح مقطعی از یک سیم مسی که مقاومت الکتریکی هادی مورد نظر ما را با طول یکسان دارا باشد، ***سطح مقطع معادل الکتریکی*** می‌گویند. به طور مثال، برای محاسبهٔ سطح مقطع هادی مسی معادل از یک سیم آلومینیومی، از رابطه زیر می‌توان استفاده نمود:

$$\text{سطح مقطع هادی مسی معادل} = \frac{۶۱}{۹۷} \times \text{سطح مقطع الکتریکی آلومینیوم}$$

۲ـ۵ـ۳ـ۶ ـ وزن هادی

جرم در واحد طول هادی‌ها (در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد)، مطابق با جدول (۲ـ۶) خواهد بود. وزن هادی معمولاً بر حسب Kg/km یا Kg/m داده می‌شود. وزن هادی از مجموع حاصل ضرب سطح مقطع هر کدام از مواد در وزن مخصوص آن به‌دست می‌آید، که در اثر بافته شدن لایه‌ها، وزن هادی‌ها به‌علت پیچش، کمی بیشتر از مجموع وزن مفتول‌های تشکیل دهندهٔ هادی با طول یکسان خواهد بود. افزایش وزن می‌تواند با توجه به نسبت لایه‌هابرای هادی‌ها، متفاوت باشد. وزن هادی در واحد طول (بدون درنظرگرفتن وزن گریس) نباید از ۲ ± درصد مقدار اعلام شده در جدول بیشتر باشد.

۲ـ۵ـ۳ـ۷ ـ بیشترین استقامت کششی سیم (حد نیروی گسیختگی)

عبارتست از نیروی کششی قابل تحمل در امتداد سیم یعنی در صورتی که نیروی وارده بیش از این حد باشد، سیم پاره خواهد شد. نیروی گسیختگی را بر حسب واحد کیلوگرم نیرو (Kgf) یا نیوتن (N) بیان می‌کنند.

1- Total Area

۲ـ۵ـ۳ـ۸ ـ مدول الاستیسیته[1] (E)

نسبت تغییر تنش به تغییر طول نسبی سیم را **مدول الاستیسیته** می‌گویند و واحد آن Kg/mm^2 است. اگر سیمی از مواد مختلف تشکیل شده و A_1 سطح مقطع سیم اول (مثلاً فولاد) و A_2 سطح مقطع سیم دوم (مثلاً آلومینیوم) باشد، آنگاه مدول الاستیسیتهٔ هادی (E) برحسب مدول‌های مواد تشکیل دهنده (E_2 و E_1) از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$E = \frac{mE_1+E_2}{m+1}$$

و

$$m = A_1/A_2$$

۲ـ۵ـ۳ـ۹ ـ ضریب انبساط حرارتی (یا طولی) (α)

برای هادی‌های تشکیل شده از مواد مختلف، α از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\alpha = \frac{mE_1\alpha_1 + E_2\alpha_2}{mE_1 + E_2}$$

α_1 و α_2 به ترتیب ضریب انبساط حرارتی جنس اول و دوم هستند. ضریب انبساط حرارتی برای رشته‌های آلومینیومی ۲۳×۱۰^{-۶} و برای مفتول‌های فولادی $۱۱/۵\times۱۰^{-۶}$ به ازای هر درجه سانتی‌گراد است.

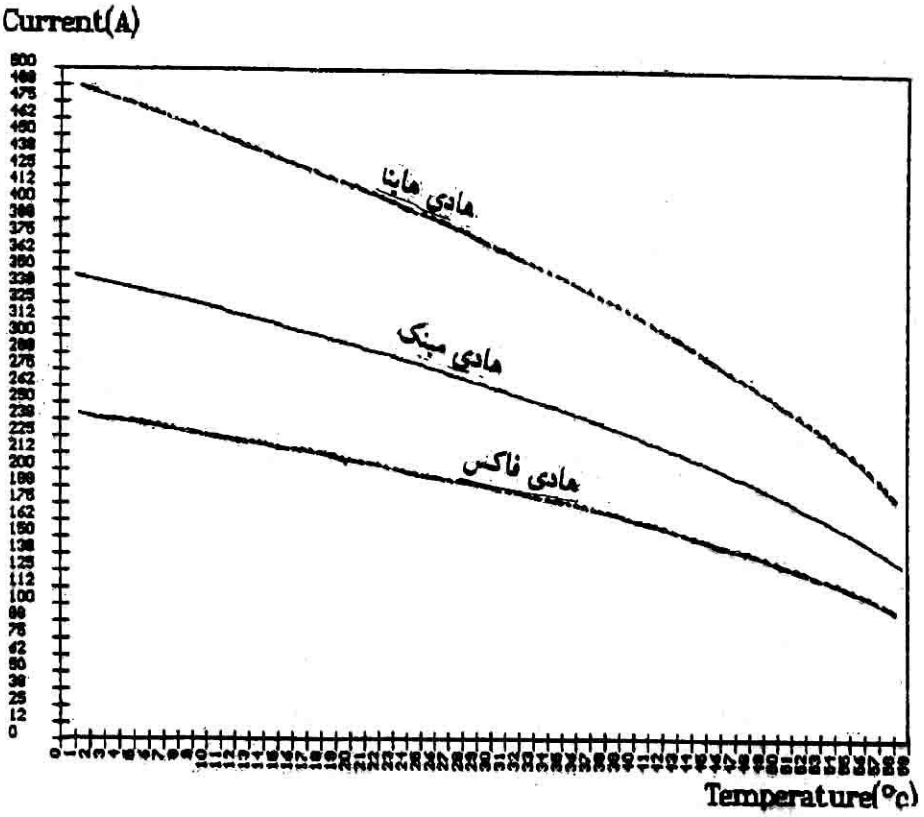
۲ـ۵ـ۳ـ۱۱ ـ درجه حرارت مجاز هادی یا عادی

درجه حرارت مجازکار هادی یا عادی برای هادی‌های به کار رفته در ایران، حداکثر ۷۵°C است. افزایش درجه حرارت سیم از این مقدار، باعث نرم شدن و کاهش استقامت سیم خواهد شد. حرارت ایجاد شده در یک هادی خط هوایی، به دو عامل ***جذب حرارت توسط آفتاب*** و ***تلفات حرارتی*** RI^2 بستگی دارد .

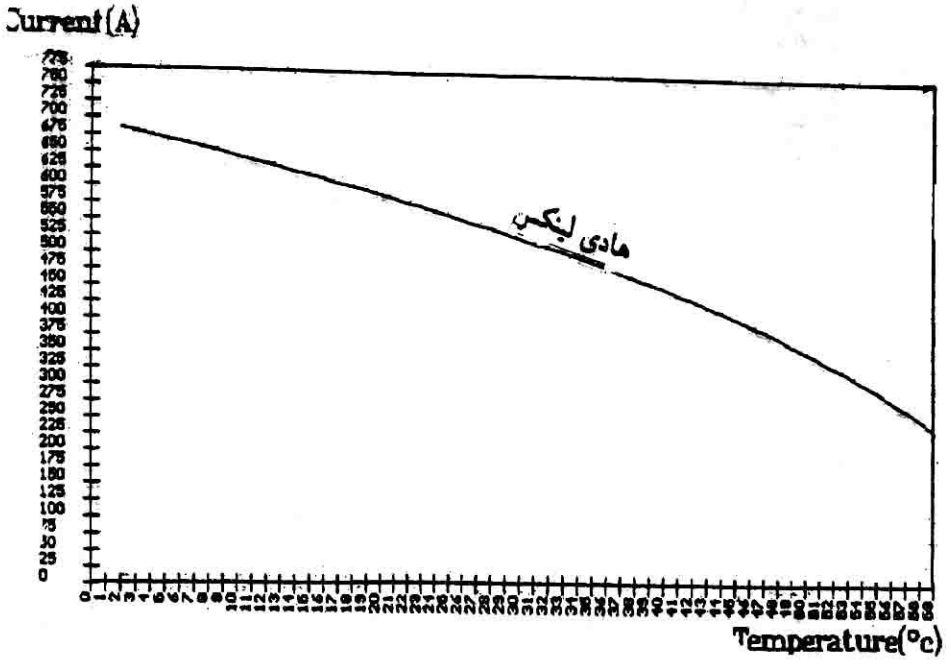
۲ـ۵ـ۳ـ۱۲ ـ جریان نامی هادی (ظرفیت جریان‌دهی)

بیشترین جریانی است که باعث ایجاد حداکثر درجه حرارت مجاز هادی می‌شود. منحنی‌های تغییرات جریان مجاز هادی‌های آلومینیوم فولاد، برای فشار هوای ۰/۹۵ اتمسفر و سرعت باد ۶۰ سانتی‌متر بر ثانیه در شکل (۷ـ۲) و (۸ـ۲) آمده است.

1- Modalus of Elasisty



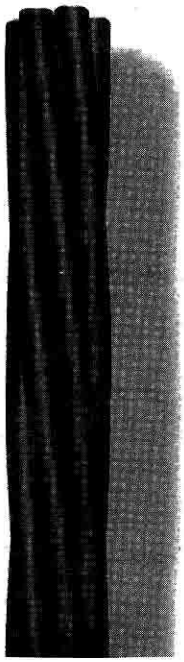
شکل (۷-۲): منحنی تغییرات جریان مجاز هادی نسبت به تغییرات دمای محیط



شکل (۸-۲): منحنی تغییرات جریان مجاز هادی لینکس نسبت به تغییرات دمای محیط

۲ـ۶ـ مس

مس دارای قابلیت هدایت الکتریکی بالا و استقامت کششی قابل توجهی است که در برابر تغییرات و تأثیرات جوی و مواد خورنده مقاومت خوبی دارد. برای سال‌های متمادی، مس رضایت‌بخش‌ترین هادی برای اهداف الکتریکی بوده است. خواص الکتریکی و مکانیکی خوب و مقرون به‌صرفه بودن مس در ایران، آن را تقریباً به صورت تنها فلز مورد استفاده در شبکه‌های خطوط فشار ضعیف توزیع در آورده است. هادی‌های مسی باید براساس جلد پنجم استاندارد خطوط هوایی توزیع[1] از نوع سخت بوده و مس مورد استفاده در ساختن آن‌ها، باید مطابق با آخرین نشریه استاندارد DIN 0201 باشد.



شکل (۲ـ۹) سیم‌ها مسی لخت

مس با کشیدگی سخت، از کشیدگی مکرر سیم و رساندن آن به اندازهٔ مطلوب بدون گرم و سرد کردن (آنیل نشده) به وجود می‌آید. همانگونه که از اسم آن پیدا است، علت دشواری در کار کردن با «**سیم مسی سخت**» استحکام آن می‌باشد، بنابراین به غیر از اسپن‌های طولانی در خطوط توزیع، مس با کشیدگی «**سخت متوسط**» نیز استفاده می‌شود یعنی پس از کشش مورد نظر با انجام فرآیندهای گرم و سرد کردن تحت شرایط خاص، سیم مناسب و موردنیاز به‌دست می‌آید. مس با کشیدگی سخت متوسط در خطوط هوایی با اسپن‌های کوتاه، مانند شبکه‌های فشار ضعیف کاربرد فراوان دارد. لازم به توضیح است مس با کشیدگی «**نرم**» نیز وجود دارد که به دلیل قابلیت انعطاف بالای مس در مورد کابل‌ها، سیم‌های روپوش‌دار و سیم‌کشی‌های داخلی از آن‌ها استفاده می‌شود. در مورد سیم‌های مسی با قابلیت کشیدگی سخت متوسط و کشیدگی سخت، به‌دلیل دستیابی به قابلیت انعطاف بیشتر، هادی‌ها را به‌صورت رشته‌ای می‌سازند، یعنی یک هادی با قطر معین، از چندین مفتول مسی با قطر کوچک‌تر ساخته می‌شود[2]. هادی‌های مسی معمولی، از رشته مفتول‌هایی به قطر ۱/۷ تا ۳ میلی‌متر ساخته می‌شوند. جدول (۸ـ۲) مشخصات سیم‌های مسی استاندارد مورد استفاده در شبکه‌های توزیع هوایی را نشان می‌دهد.

۱ـ جلد پنجم - هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع - استاندارد خطوط هوایی توزیع - توانیر - وزارت نیرو.

۲ ـ برای اطلاعات بیشتر از چگونگی ساخت، به استاندارد هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع مراجعه فرمایید.

جدول (۷-۲): اطلاعات سیم‌های مسی

ردیف	شرح مشخصه	واحد	مقدار
۱	مدول الاستیسیته (E)	Kg/mm^2	۱۱۰۰۰
۲	ضریب انبساط خطی	$\times 10^{-6}/°C$	۱۷
۳	جرم مخصوص (در ۲۰°C)	Kg/m^3	۸/۹
۴	مقاومت مخصوص الکتریکی (۲۰°C)	$\Omega mm^2/m$	۰/۰۱۷۸۶
۵	درجه خلوص مس	٪	۹۹/۹
۶	ضریب افزایش مقاومت الکتریکی در بیشترین حرارت	۱/°C	۰/۰۰۳۸
۷	ضریب قابلیت هدایت	$m\Omega\text{-}mm^2$	۵۶

جدول (۸-۲): مشخصات سیم‌های مسی (لخت هوایی) ـ استاندارد شبکه توزیع ایران «مطابق با استاندارد BS-125»

ظرفیت جریان [A]	مقاومت DC در ۲۰°C [Ω/km]	نیروی حد گسیختگی (N)	وزن تقریبی [Kg/km]	قطرنهایی قطر [mm]	مفتول‌ها (رشته‌ها) تعداد	مفتول‌ها (رشته‌ها) حقیقی	سطح مقطع نامی [mm^2]	سطح مقطعی [mm^2]
۱۲۵	۱/۱۳۹	۶۳۷۰	۱۴۳	۵/۱	۱/۷	۷	۱۵/۸۹	۱۶*
۱۶۰	۰/۷۳۶	۹۷۲۰	۲۱۹	۶/۳	۲/۱	۷	۲۴/۲۵	۲۵
۲۰۰	۰/۵۲۶	۱۳۷۷۰	۳۱۰	۷/۵	۲/۵	۷	۳۴/۳۶	۳۵
۲۵۰	۰/۳۶۶	۱۹۷۹۰	۴۴۷	۹/۰	۳/۰	۷	۴۹/۴۸	۵۰
۲۵۰	۰/۳۷۶	۱۹۴۰۰	۴۳۸	۹/۰	۱/۸	۱۹	۴۸/۳۶	
۳۱۰	۰/۲۷۹	۲۶۳۸۰	۵۹۷	۱۰/۵	۲/۱	۱۹	۶۵/۸۲	۷۰
۳۸۰			۸۱۶	۱۲/۵	۲/۵	۱۹	۹۳/۲۷	۹۵**

* برای روشنایی معابر توصیه می‌شود.
** برای شبکه ارت پست‌ها توصیه می‌شود.

سطح مقطع نامی سیم مسی تولید شده نباید از مقدارهای ثبت شده در جدول (۸-۲) کمتر باشد (تعداد مفتول‌های مسی متداول هفت رشته می‌باشد). مقدار اعلام شده در جدول استاندارد، برای هادی مسی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، در محیطی با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، سرعت باد ۰/۶ متر بر ثانیه و برای بار همیشگی آورده شده است.

فصل سوم

پـــایـــه‌ها

۳ـ۱ ـ مقدمه

خطوط توزیع هوایی، به طورکلی در همه جا روی پایه‌ها[1] نصب می‌شوند. این پایه‌ها بیشتر از نوع بتنی، چوبی و یا فلزی بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته به موازات پیشرفت در شبکه‌های توزیع هوایی، مواد مناسب و کارآمدتر و همچنین روش‌های جدیدی در ساخت تجهیزات، از جمله پایه‌های خطوط انتقال پدید آمده که کار محافظت بهتر پایه‌ها و ساخت پایه‌های توخالی و سبک، پیش‌تنیده، فایبرگلاس[2]، فولادی و حتی آلیاژهای آلومینیومی را هموارکرده است.

نیروهایی که بر پیکرهٔ یک پایه اعمال می‌شوند، عبارتند از: ***نیروهای عمودی*** ناشی از وزن سیم یا لایه یخ دورسیم، یراق‌آلات، مقره، کنسول و خود پایه، و ***نیروی افقی*** که نزدیک به سر پایه به آن اعمال می‌شود و بیشتر ناشی ازکشش سیم، فشار باد، و نیروهای ناشی از وزن هادی‌ها در نتیجهٔ غیر یکنواخت بودن فاصله پایه‌ها از یکدیگر و زاویهٔ انحراف خط است. پایهٔ مناسب باید کلیهٔ این بارگذاری‌ها را به‌راحتی و با اطمینان کامل تحمل نماید. از سوی دیگر، از نظر معماری شهری و زیبایی محیط، باید کاربرد انواع مختلف پایه‌ها در مناطق روستایی و شهری و درکنار جاده‌ها براساس اصولی محکم و با در نظر گرفتن کلیهٔ جنبه‌های آن انجام شود. به‌عنوان مثال، برخورد خودروها با سرعت زیاد به پایه‌های خطوط انتقال، علاوه بر ایجاد خسارت و قطعی برق، باعث بروز حوادث جانی و مالی جبران‌ناپذیری خواهد شد، پس کاربرد بهتر پایه‌ها همواره ذهن مهندسین برق را در طراحی شبکه‌های توزیع هوایی به خود جلب کرده است. در این فصل، علاوه بر معرفی انواع پایه‌های شبکه‌های هوایی توزیع، اصول ساخت و چگونگی کاربرد آن‌ها را توضیح داده است.

---

1 - Poles

2– Fiberglass

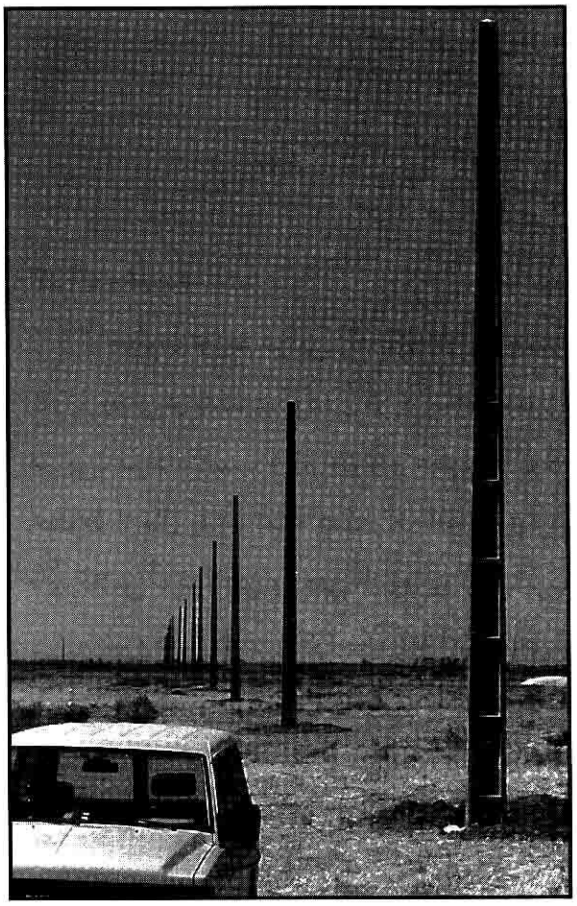
۳ـ۲ ـ طبقه‌بندی پایه‌ها[1]

برای سادگی در تجزیه و تحلیل نیروهای وارد بر پایه‌ها و بارگذاری آن‌ها، پایه‌ها را به شکل‌های زیر طبقه‌بندی کرده‌اند:

الف) پایه‌های توخطی (عبوری) که همان پایه‌های میانی[2] در یک خط مستقیم هستند.

ب) پایه‌های کششی[3] که بیشتر در نقاط زاویه و انحراف خط نصب می‌شوند.

ج) پایه‌های انتهایی خط[4] (کششی یکطرفه).



شکل (۱ـ۳): تصویری از ردیف پایه‌ها

بدیهی است که محاسبه میزان نیروی شکست تیر و نیز رعایت کمترین قدرت تحمل پایهٔ مورد نظر، تعیین کنندهٔ «کلاس» یا همان «***قدرت کششی***» پایه‌ها خواهد بود. در خطوط توزیع، «طول پایه‌ها» استاندارد بوده و در محدودهٔ مشخص شده‌ای قرار می‌گیرد ولی استحکام آن‌ها بستگی به مادهٔ تشکیل دهنده و همچنین ابعاد سطح مقطع آن‌ها دارد. این ویژگی‌ها، در پایه‌های چوبی و بتنی استاندارد شده و «کلاس» یا ***شمارهٔ رده***، برای تیرهای چوبی و نیز «***قدرت اسمی***» و یا ***مقاومت نرمال***، برای تیرهای بتنی نام گرفته است.

کلاس پایهٔ چوبی، عددی است که مشخص کنندهٔ نیروی شکست تیر براساس کمترین محیط سینه و کمترین قطر سر تیر چوبی است. در مورد تیرهای بتنی، تعیین قدرت، به مقدار مقاومت پایهٔ بتنی در برابر نیروهای زیر بستگی دارد.

نیروی مقاومت نرمال، مقدار باری است که تیر، به طور همیشگی بتواند آن‌را تحمل کند، بدون آنکه در آن ترکی مشاهده شود. به مقدار این بار «***قدرت اسمی تیر***» گفته می‌شود.

نیروی مقاومت ارتجاعی، مقدار باری است که تیر در اثر وارد شدن آن حالت ارتجاعی خود زا از دست داده، تغییر شکل همیشگی پیدا می‌کند.

نیروی مقاومت نهایی، مقدار باری است که در اثر وارد شدن آن، پایه شکسته می‌شود. در پایه‌های بتنی نسبت مقاومت نهایی بر مقاومت نرمال، براساس تعریف «ضریب بار» تیر بتنی نیز بیان می‌شود.

1- Pole Classification
2– Tangent
3– DeadEnd
4– Endpole

نیروی مجاز وارد بر تیر برحسب کیلوگرم نیرو (Kgf) درصدی از نیروی مقاومت نهایی است که با ضریب معکوس «ضریب اطمینان» در نیروی مقاومت نهایی به‌دست می‌آید. در شبکه‌های توزیع، به منظور تنوع زدایی تیرها را از نظر طول و قدرت به دسته‌های مشخصی طبقه‌بندی می‌کنند که در مورد پایه‌های چوبی و بتنی توضیح داده می‌شود.

۳ـ۲ـ۱ ـ علامت‌گذاری روی پایه‌ها

مشخصات تعریف شده باید به روشنی و روی تیر در حین ساخت و یا پس از آن، حک شود، به‌گونه‌ای که فاصلهٔ آخرین خطِ مشخصات از انتهای تیر ۳ متر باشد.

پایه‌های بتنی	پایه‌های چوبی
سطراول: علامت‌اختصاری یانام شرکت‌برق مالک	علامت شرکت برق مالک
سطر دوم: طول تیر (برحسب متر)/مقاومت نرمال (برحسب کیلوگرم نیرو)	طول پایه (برحسب متر)/کلاس پایه یا قطر پایه در ۱/۵ متری انتها برحسب میلی‌متر
سطر سوم: نام کارخانهٔ سازنده پایه	کد نوع چوب/کشور تولید کننده
سطر چهارم: تاریخ ساخت (روز ـ ماه ـ سال)	دو رقم آخر سال تولید/نحوهٔ اشباع

۳ـ۳ـ پایه‌های چوبی

پایه‌های چوبی در ابتدا به‌طور وسیع، در سیستم توزیع برق و خطوط انتقال تا ولتاژ ۶۳ کیلوولت و خطوط تلفن استفاده می‌شد، اما امروزه بیشتر در مناطقی که امکان تردد وسایل نقلیه برای برپاکردن تیرهای سنگین بتنی ممکن نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرند. تیرهای چوبی، به‌دلیل امکان حمل دستی توسط کارگران، در شبکه‌های فشار ضعیف و ۲۰ کیلوولتی مناطق روستایی با کوچه‌های تنگ و پیچ‌درپیچ به کار می‌روند. این تیرها به‌طور تکی استفاده می‌شوند ولی در شبکه‌های انتقال، می‌توانند به‌صورت H شکل (دوتایی) نیز به کار بروند. در پایه‌های دوتایی، هنگامی که به استحکام و مقاومت بیشتر نیاز باشد، برای ازدیاد قدرت آن‌ها، بعنوان پشت‌بند از بازوهایی به‌شکل متقاطع (×) استفاده می‌شود. اینگونه پایه‌های دوبل چوبی شبکه‌های ۲۰ کیلوولتی، در صورتی‌که به‌دلیل درّه‌های عریض و طول اسپن بلند انتخاب شده باشند، در دو طرف اسپن مربوط به‌شکل H به‌کار می‌روند و به طور معمول تیرهای هر دو طرف را به‌صورت کششی سوار می‌کنند و به کمک بازوهای متقاطع محکم می‌کنند. مشخصات تیرهای چوبی در صنایع برق ایران، براساس استاندارد تیرهای چوبی خطوط توزیع هوایی تدوین و به‌کار برده می‌شوند[1]. این استاندارد، شامل مشخصات کامل و ابعاد تیرهای چوبی است که باید عملیات اشباع روی آن‌ها (مطابق استاندارد) انجام گیرد.

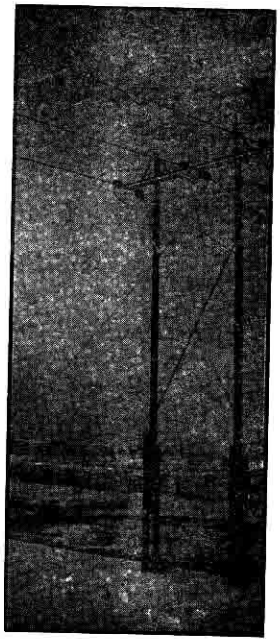
۱ـ استاندارد خطوط هوایی توزیع - جلد سوم تیرهای چوبی- دفتر تحقیقات و تکنولوژی - وزارت نیرو ـ ۱۳۷۶.

پایه‌های چوبی دارای سه مزیت اساسی می‌باشند:

الف) پایه‌های چوبی عایق طبیعی خوبی هستند.

ب) به علت سبکی، حمل و نقل آن‌ها آسان‌تر است

ج) در مناطقی که چوب به‌طور فراوان وجود دارد، تیرها ارزان‌تر تمام می‌شوند.



شکل (۲-۳) تیرهای چوبی دوبله (تیپ H)

سهولت در حمل و نقل و نصب در مسیرهایی با شیب تند و سخت، از مزایای شاخصی است که امروزه نیز باعث استفاده از تیرهای چوبی شده است. از معایب پایه‌های چوبی آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر عوامل جوی از جمله آتشگیر بودن آنان در اثر رعد و برق یا آتشگیری سر تیرهای چوبی در مناطق شرجی سواحل جنوبی کشور به‌علت ایجاد تخلیه جزئی فاز وسطی با مقره سوزنی و حتی پوسیدگی می‌باشد و در نگهداری پایه‌های چوبی، روش خاصی برای جلوگیری از تغییر شکل آن‌ها لازم است [1]. در ضمن برای جلوگیری از پوسیدگی [2] آنان نیز باید تدابیر خاصی اندیشید. شناسایی تیرهای چوبی و پوسیدهٔ قدیمی موجود در شبکه که در اثر تجزیه و فساد توسط انگل‌های قارچی ایجاد شده، امری ضروری است. در این مورد، دو نوع پوسیدگی وجود دارد:

الف) پوسیدگی پیشرفته: مرحلهٔ کامل شدهٔ پوسیدگی کف و چوب، به‌سهولت قابل تشخیص است زیرا چوب آن پوک، نرم و نخ نخ شده است. در این حالت، تیر چوبی سوراخ و شکننده است و نباید روی آن عملیاتی انجام بگیرد بلکه لازم است که خیلی سریع نسبت به تعویض آن اقدام شود.

ب) پوسیدگی ابتدایی: عبارت است از مرحلهٔ مقدماتی پوسیدگی؛ در واقع پوسیدگی تا حدی نیست که چوب را نرم کرده باشد. به طور معمول پوسیدگی تیرها در قسمت‌های مماس با زمین اتفاق می‌افتد.

۳ـ۳ـ۱ ـ کلاس پایه‌های چوبی

کلاس پایهٔ چوبی عددی است مشخص کننده، که براساس کمترین محیط سر تیر (و یا حداقل قطر سر تیر) و نیزکمترین محیط سینه تیر تعیین می‌شود. منظور از محیط سینهٔ تیر چوبی، قسمتی از تیر است که در ارتفاع ۱۸۳ سانتی‌متری از ته تیر قرارگرفته باشد. کلاس تیرهای چوبی بیان کنندهٔ مقدار نیروی

---

۱ - برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد چگونگی انبار و نگهداری، به استاندارد خطوط هوایی ـ جلد سوم، تیرهای چوبی - صفحه ۲۸ مراجعه فرمایید.

2- Decay

شکست تیر و تغییرات مجاز قطر تیرهای چوبی نیز خواهد بود.

پایه‌های چوبی قابل استفاده در شبکه‌های برق، به هفت کلاس تقسیم می‌شوند؛ قوی‌ترین پایه‌ای که بیشترین مقدار محیط را دارد در **کلاس ۱ و ۲** قرار دارد و به آن تیر چوبی «**سنگین**» می‌گویند. با افزایش کلاس، از مقاومت پایه کاسته شده و محیط سینه و در نتیجه قطر سینهٔ تیر کم می‌شود. پایه‌های چوبی نوع «**نیمه سنگین**» (معمولی) برای شبکه‌های فشار متوسط با **کلاس ۳ و ۴** به‌کار می‌رود و تیرهای چوبی با **کلاس ۵ و ۶ و ۷** در گروه تیرهای چوبی «**سبک**» بوده، بیشتر در شبکه‌های فشار ضعیف مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه جدول (۱-۳) اطلاعات تیرهای چوبی را برای ارتفاع‌های ۹، ۱۲ و ۱۵ متری داده است.

جدول (۱-۳): کلاس تیرهای چوبی

کلاس / مشخصات تیر چوبی			سنگین		نیمه‌سنگین		سبک		
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
کمترین محیط سر تیر (سانتی‌متر)			۶۸	۶۳	۵۸	۵۳	۴۸	۴۳	۳۸
کمترین قطر سر تیر (سانتی‌متر)			۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۴	۱۲
تولرانس برای قطر تیر (سانتی‌متر)			+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲	+۲
نیروی شکست (به کیلوگرم)			۲۰۰۰	۱۷۰۰	۱۳۵۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۷۰۰	۵۵۰
حداقل محیط سینهٔ تیر در ۱۸۳ سانتی‌متری از ته تیر*									
طول تیر (متر)	تولرانس برای طول تیر (سانتی‌متر)	قسمت داخل زمین (سانتی‌متر)							
۸	+۱۵ −۸	۱۵۰	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۵۸/۵	۵۵
۹	+۱۵ −۸	۱۶۵	۹۰	۸۶	۸۱	۷۳/۵	۷۰	۶۲	۵۸/۵
۱۱	+۱۵ −۸	۱۸۰	۹۶/۵	۹۰	۸۴	۸۷/۵	۷۳/۵	۶۷	۶۲
۱۲	+۱۵ −۸	۱۸۰	۱۰۱/۵	۹۵	۹۱/۵	۸۲/۵	۷۷/۵	۷۱	۶۶
۱۴	+۱۵ −۸	۲۰۰	۱۰۷	۱۰۳	۹۵	۸۶	۸۲/۵	۷۳/۵	۶۸/۵
۱۵	+۳۰ −۱۵	۲۱۰	۱۱۲	۱۰۷	۹۳	۹۰	۸۶	۷۷/۵	۷۲
۱۷	+۳۰ −۱۵	۲۳۰	۱۱۵	۱۱۱	۱۰۱/۵	۹۶/۵	۸۹	۸۰	-
۱۸	+۳۰ −۱۵	۲۴۰	۱۱۹	۱۱۴	۱۰۴	۹۹	۹۱/۵	۸۴	-

* بهترین گروه‌ها و طول‌ها با خطوط تیره مشخص شده است.

** کمترین مقدار تنش خمشی $560 Kg/cm^2$

به‌طور معمول، طول پایه‌های چوبی به‌کارگرفته شده در شبکه‌های توزیع، می‌تواند بین ۸ تا ۱۸ متر باشد. در این محدوده طول‌های ۹ متری برای فشار ضعیف، طول ۱۲ متری برای شبکهٔ فشار متوسط و ۱۵ متری برای عبور از محل‌هایی که به ارتفاع سیم احتیاج باشد به کار می‌روند.

اطلاعات زیر باید در فاصلهٔ ۳ متری از ته تیر چوبی نوشته شده باشد:

۱ ـ طول تیر بر حسب متر.

۲ ـ کلاس پایه (یا قطر پایه) در فاصلهٔ ۱/۵ متری از انتهای آن بر حسب میلی‌متر.

۳ ـ دو رقم آخر، تاریخ اشباع شدن تیر (سال ساخت).

۴ ـ کد نوع چوب.

۵ ـ نام یا علامت تولیدکننده تیر.

۳ـ۳ـ۲ـ ساخت پایه‌های چوبی

انتخاب نوع چوب برای ساخت پایه‌های چوبی بستگی به محل و موقعیت جغرافیایی و نوع درختان موجود در منطقه دارد. به‌طور کلی پایه‌های چوبی باید راست، قوی، مخروطی شکل و بدون گره باشند (مطابق با استاندارد BS-1990/1953).

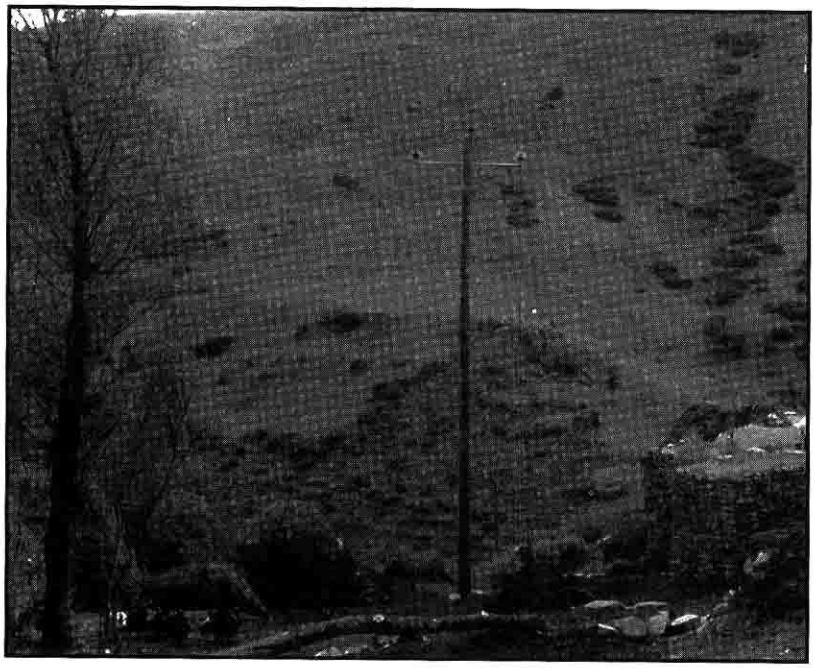
پایه‌های چوبی باید اشباع شده باشند تا علاوه بر افزایش عمر مفید از نفوذ حشرات و قارچ‌ها محافظت شوند. پایه‌هایی که اشباع آن‌ها با «**کرئوزوت**» (ماده‌ای که از پالایش قطران زغال سنگ و یا قطران چوب به‌دست می‌آید) باشد، دارای خاصیت ضد عفونی کنندهٔ چوب نیز خواهند بود. مرسوم‌ترین و رایج‌ترین روش اشباع پایه‌های چوبی، روش «**ظروف سر بسته**» است. در این روش، پایه‌ها در مخزن‌های غیر قابل نفوذ و ایزوله قرار داده شده عملیات خلاء انجام می‌گیرد سپس مایع اشباع تحت فشار وارد مخزن شده، چوب را اشباع می‌کند. قبل از شروع عملیات اشباع باید عملیات پوست‌کنی، خراطی، صافکاری، تنظیم طول تیر، برش سر آن، سوراخکاری و رطوبت‌گیری انجام شود. پایه‌های چوبی باید تا حد امکان مستقیم و بدون هرگونه شکاف یا ترک بزرگ باشد. چرخش و خمش‌های مجاز در پایه‌های چوبی باید براساس استاندارد ل.م.۲۳ وزارت نیرو کنترل و رعایت شوند.[1]

با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده روی پایه‌های چوبی وارداتی، کمترین تنش خمشی[2] پایه‌های گفته شده، برابر ۵۶۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است. از سوی دیگر، ممکن است کمترین تنش خمشی چوب‌هایی که در داخل کشور به عمل آورده می‌شود از ۵۶۰ کمتر باشد. بنابراین می‌توان با تغییر سطح مقطع و طول تیر، به نتایج قابل قبول استاندارد پایه‌های چوبی رسید.

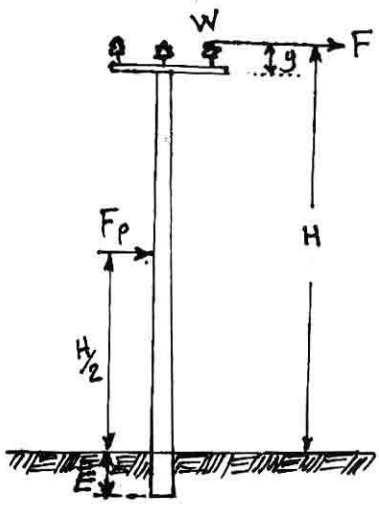
۱ـ مشخصات فنی و استاندارد سفارش پایه‌های چوبی شامل: ترک، شکاف، لکه‌ها، پوسیدگی، مغزپوک چوب، گرهٔ مرده، چوب فشاری و چوب کششی، جای زخم، فرورفتگی‌های در روی درخت، رگهٔ مرده، تکان‌خوردگی، الیاف مارپیچی، ضایعات ناشی از حشرات، قرمزی داخل چوب، باختگی، انحنای تیر، خمیدگی کوتاه تیر، محدودیت قطر گره، کمترین تنش خمشی، کمترین قطر سر تیر، کمترین محیط سر تیر، رطوبت پایه در استاندارد تیرهای چوبی است که در جلد سوم خطوط هوایی توزیع آمده است، می‌باشد.

2- Fiber Stress

بزرگترین مشکلی که در پایه‌های چوبی به وجود می‌آید «پوسیدگی» آن‌ها در محل تماس با سطح زمین مربوطه است. این پوسیدگی در اثر وجود قارچ‌ها و موریانه‌هایی است که چوب را مورد تهدید قرار می‌دهند. بهترین شرایط برای رشد قارچ‌ها هوا، رطوبت و گرماست و مناسب‌ترین محیط، آن قسمت از چوب است که در حد فاصل زیر زمین و بالای سطح زمین قرار دارد. به همین دلیل پایه‌های چوبی که نزدیک سطح زمین هستند در معرض پوسیدگی قرار دارند و همواره باید قبل از صعود به این‌گونه پایه‌ها، با وارد کردن ضربه و گوش دادن به پاسخ صدای ضربه، از سلامتی و عدم پوسیدگی آن‌ها مطمئن شد.



شکل (۳ـ۳): کاربرد پایه‌های چوبی در روستاها و مناطقی که عبور از آن‌ها دشوار است



شکل (۴ـ۳) نیروهای وارده بر تیر چوبی

۳ـ۳ـ۳ ـ محاسبهٔ پایه‌های چوبی

محاسبهٔ کلاس پایهٔ چوبی، برمبنای بیشترین تنش خمشی است که در مقطع بحرانی تیر چوبی وارد می‌آید. محل این مقطع، جایی است که قطر آن ۱/۵ برابر قطر مقطع تیر در محل اتصال کنسول و مقره‌ها به تیرچوبی می‌باشد. اگر این نقطه خارج تیر باشد به طور معمول مقطع بحرانی را در سطح زمین انتخاب می‌کنند. رابطهٔ تنش و لنگر خمش در یک تیر چوبی، به صورت زیر است:

$$M=fZ$$

که در آن

f = تنش خمشی،

Z = مدول مقطع که عبارتست از $Z = \frac{\pi}{32}D^3$ برای مقاطع دایره‌ای و

M = لنگر خمش.

D = قطر تیر در مقطع بحرانی.

اگر f بیشترین تنش خمشی مجاز در تیر باشد، قطر تیرچوبی در سطح زمین، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$D=\sqrt[3]{\frac{32M}{\pi f}}$$

به طور معمول مبنای محاسبهٔ تیرهای چوبی، لنگر خمشی وارد بر تیر است که ناشی از نیروی افقی وارد بر تیر می‌باشد (وقتی نیروی کشش هادی توسط مهار خنثی شود، فقط نیروی باد بر هادی‌ها وارد خواهد شد). بنابراین برای یک تیر به ارتفاع H (از سطح زمین) داریم.

$$M=\Sigma F_{.H} \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{32F_{.H}}{\pi f}}$$ لنگر خمشی

$\Sigma F_{.H}$ کل نیروهای افقی (شکل (۴-۳))

اگر f تنش خمشی نهایی و n ضریب اطمینان باشد خواهیم داشت:

$$f=\frac{f'}{n}$$

برای پایه‌های چوبی، کمترین مقدار تنش خمشی استاندارد ۵۶۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است. ضریب اطمینان را برای تیرهای چوبی ۳/۵ تا ۳ در نظر می‌گیرند.

*** مثال ۱:**

مطلوبست محاسبهٔ قطر تیر چوبی (کلاس) برای یک خط سه سیمه با مشخصات زیر:

طول اسپن (دهانه) : ۹۰ متر		ضخامت شعاعی یخ :	۹/۵mm
قطر هادی :	۸mm	ارتفاع محل کنسول از سطح زمین :	۸/۴m
مقطع هادی :	۳۲mm^2	ضریب اطمینان برای پایه چوبی :	۳/۵
فشار باد :	۳۹Kg/m^2	تنش خمش نهایی :	۵۴۸Kg/m^2
		ارتفاع تیر (بیرون از زمین) :	۹ متر

حل:

تنش خمشی مجاز $f = \frac{۵۴۸}{۳/۵}=۱۵۷Kg/cm^2$

نیروی باد برسه هادی $F = ۳\times۹۰ \times (\frac{۲\times۹/۵ + ۸}{۱۰۰۰}) \times ۳۹ = ۲۸۴/۳Kg$

$F_p = ۹\times۳۹\times\frac{۳۰}{۱۰۰} = ۱۰۵/۳Kg$ نیروی باد بر تیر (با فرض قطر متوسط ۳۰cm)

$M = \Sigma F_{.H} = ۲۸۴/۳ \times ۸/۴ + ۱۰۵/۳ \times ۹ = ۳۳۳۵/۸۲Kg-m$ بیشترین لنگر خمشی در سطح زمین

و از آن‌جا، قطر تیر در سطح زمین به‌دست می‌آید:

$$D = \sqrt[3]{\frac{۳۲M}{\pi f}} = \sqrt[3]{\frac{۳۲ \times ۳۳۳۵/۸۲ \times ۱۰۰}{\pi \times ۱۵۷}} = ۲۸cm$$

وقتی قسمت دفن شدهٔ تیر چوبی معادل ۱/۸۳ متر باشد، محیط تیر چوبی در سطح زمین برابر با محیط سینه تیر بوده عبارتست از:

$۲۸\times۳/۱۴=$

$۲r\pi = ۳/۱۴ \times ۲۸ = ۸۷/۹۲cm$

از جدول کلاس بندی پایه‌های چوبی (جدول ۱-۳) تیر مورد نیاز، تیر چوبی با کلاس ۳- نیمه‌سنگین است، با ارتفاعی حدود ۱۱ متر.

*** مثال ۲:**

مطلوبست تعیین کمترین قطر تیر چوبی در سطح زمین، برای پایه‌های دوبله چوبی (موازی یا نوع H) بدون بادبند در صورتی‌که:

تعداد هادی‌ها	۳	ارتفاع هادی‌ها از سطح زمین	۱۱ متر
مقطع هادی	$۹۷mm^۲$	ارتفاع کل تیر	۱۲ متر
تنش خمشی	$۵۴۶ Kg/m^۲$		
قطرهادی	۱۸mm	تنش خمشی مجاز	$\frac{۵۴۶}{۳/۵}=۱۵۶Kg/m^2$
طول (دهانه) اسپن	۱۸۰ متر	فشار باد	$۳۹Kg/m^2$
ضخامت شعاعی یخ	۱۲/۵ میلی‌متر		

حل:

وزن یخ + وزن هادی‌ها = $۳ \times ۱/۸۷ \times ۱۸۰ = ۱۰۱۱ Kg$

نیروی باد بر هادی‌ها = $۳ \times ۱/۷۲ \times ۱۸۰ = ۹۳۰ Kg$

جمع نیروهای افقی (باد بر تیرها با عرض قطر متوسط ۲۵cm) = $۳۹ \times ۱۱ \times \frac{۲۵}{۱۰۰} \times ۱/۵ = ۱۶۰۰$

کل لنگر خمشی = $M = \Sigma F.H = ۹۳۰ \times ۱۱ + ۱۶۰۰ \times ۱۲ = ۲۱,۱۵۰ Kg-m$

لنگر خمشی که توسط یک تیر تحمل می‌شود:

$$M = \frac{۱۲۱۵۰}{۲} = ۶۰۷۵ \text{ Kg-m}$$

و از آن‌جا:

$$D = \sqrt[3]{\frac{۳۲M}{\pi f}} = \sqrt[3]{\frac{۳۲ \times ۶۰۷۵ \times ۱۰۰}{\pi \times ۱۵۶}} = ۳۴/۱۰ \text{cm}$$

۳ـ۳ـ۴ ـ پایه‌های دوتکه چوبی - بتنی[۱]

به‌منظور استفاده از پایه‌های چوبی (به‌علت وارداتی بودن آن‌ها) در مناطق روستایی و محل‌هایی که امکان برپایی پایه‌های بتنی (به‌دلیل سنگینی و مشکل حمل) وجود ندارد، موضوع کاربرد پایه‌های دوتکهٔ چوبی ـ بتنی برای مواقع مورد نیاز مطرح می‌شود. مزایای این کاربرد را می‌توان بـه شـرح زیـر برشمرد:

۱ ـ این پایه‌ها از دو قطعهٔ بتنی و یک قطعهٔ تیر چوبی ساخته شده‌اند که هر قسمت را می‌توان به‌طور جداگانه حمل کرد و سپس به‌هم متصل نمود.

۲ ـ به علت محکم شدن قسمت بتنی در زمین، و ایجاد فاصله بین زمین و قسمت چوبی، پوسیدگی و آسیب‌های ناشی از فساد چوب اتفاق نخواهد افتاد.

۳ ـ به علت وجود بخش بتنی در سطح زمین (نقطهٔ بحرانی)، تیر در برابر ضربات وارده مقاوم‌تر بوده و در صورت وقوع صدمات ناشی از برخورد وسایل نقلیه به علت وجود آرماتور در داخل قطعه بتنی، احتمال سقوط تیر کمتر است.

۴ ـ این تیرها با استفاده از فونداسیون بتنی مخصوص در زمین باتلاقی یا شوره‌زار دارای استحکام بوده و در برابر پوسیدگی مقاومت بیشتری خواهند داشت.

۵ ـ قطعه‌های بتنی به علت سادگی و قابل ساخت بودن در محل نصب، نیاز به کارگاه ساخت خاصی ندارند.

۶ ـ با این روش، امکان استفاده از تیرهای چوبی بازسازی شده یا ساخت داخل با طول‌های ۶ تا ۶/۵ متر را فراهم می‌نماید.

۷ ـ برای اشباع تیرهای چوبی می‌توان از نمک‌ها و لمانیت داخل کشور نیز استفاده کرد.

برای معرفی انواع دیگر پایه‌های دوتکه می‌توان به روش‌های زیر اشاره نمود:

۱ ـ پایهٔ دوتکه چوب به چوب

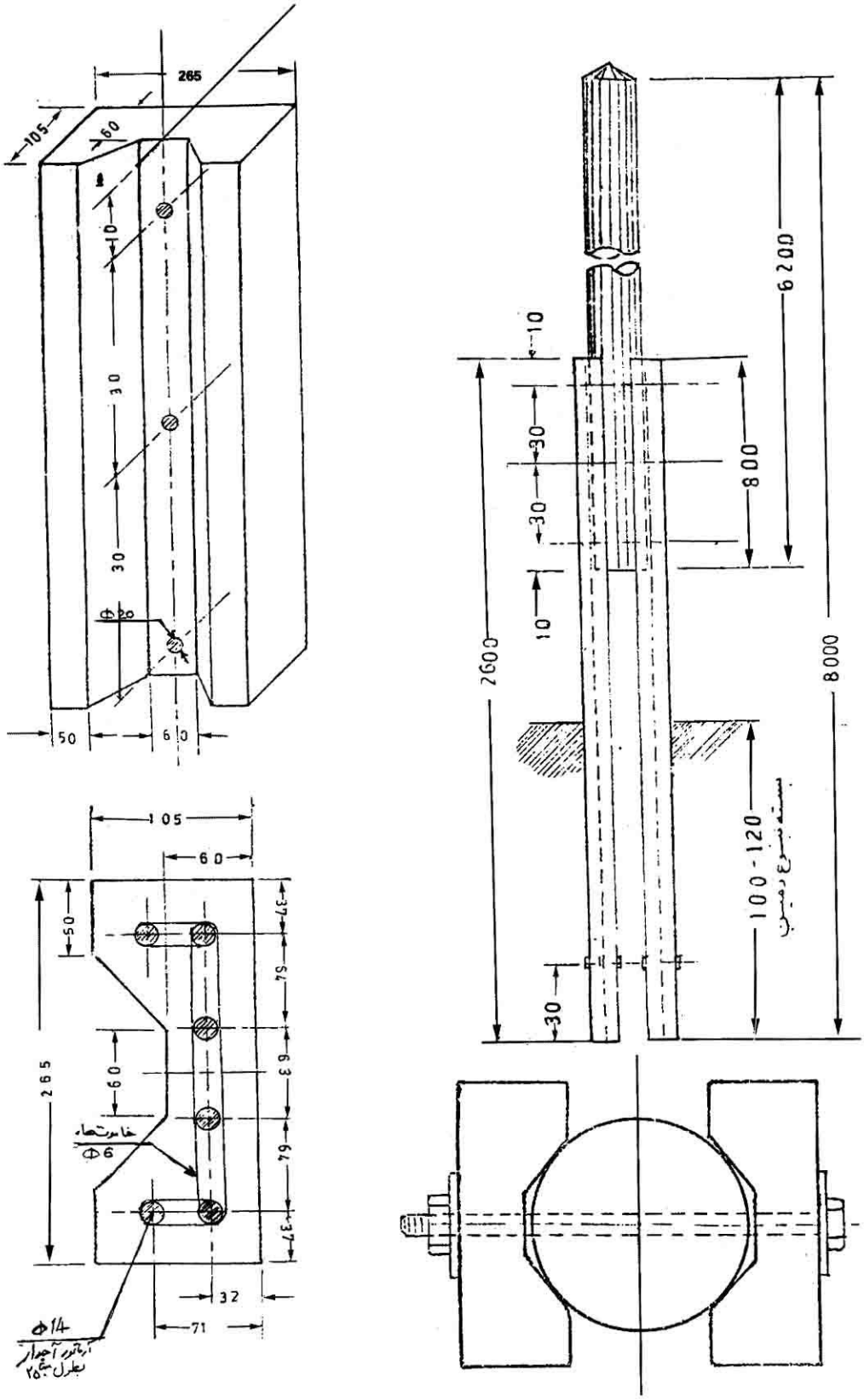
۲ ـ پایهٔ دوتکه آهن به چوب

۱- تهیه شده توسط کارشناسان گروه برق روستایی ـ دفتر برق روستایی ـ امور برق - وزارت نیرو ـ نشریه شماره ۱۳۶۲-۳۳.

۳ ـ پایهٔ دوتکه آهن به بتن پیش‌تنیده

۴ ـ پایهٔ دوتکه بتن به بتن پیش‌تنیده

اتصال قطعات بتنی و چوبی به یکدیگر طبق شکل (۵ـ۳) انجام می‌پذیرد. در این شکل، تیر چوبی با قطر انتهایی ۲۰ سانتی‌متر و به‌طول ۶/۲ متر انتخاب شده است. اتصال تیر چوبی به قطعات بتنی، به‌وسیلهٔ ۳ عدد پیچ و مهره به قطر ۱۸ میلی‌متر و واشرهای فولادی $^{cm}(۵/۱\times۱۰\times۱۰)$ صورت می‌پذیرد. برای این‌که در مراحل بلند کردن و نصب، قطعات بتنی از یکدیگر جدا نشوند، فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری انتهایی این قطعات یک عدد پیچ دو سر رزوه با ۴ مهره و واشر تعبیه شده تا فاصلهٔ دو قطعه، متناسب با انتهای تیر چوبی تنظیم شود. مشخصات و ابعاد قطعهٔ بتنی و نیز فرم آرایش آرماتورها طبق شکل (۵ـ۳) خواهد بود.



شکل (۵ـ۳): پایهٔ دو تکه چوبی ـ بتنی

۳ـ۴ ـ پایه‌های فلزی

برای احداث خطوط هوایی در مسیرهایی که حمل پایه‌های سنگین مشکل بوده و ضرورت چند تکه کردن پایه‌ها مورد نیاز باشد و یا به‌منظور عبور خطوط از موانع و مکان‌هایی که به‌قدرت و مقاومت بیشتری نیاز است، انواع تیرهای فلزی (فولادی) طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ضمن به‌دلیل زیبایی و یکنواختی آن‌ها، گونه‌هایی از این پایه‌ها در شبکهٔ روشنایی معابر به کار می‌رود. پایه‌های فلزی به‌صورت‌های زیر ساخته می‌شوند.

الف) پایه‌های فلزی پرتیک (A شکل) یا تیرآهن کشیده،

ب) پایه‌های فلزی مشبک (دکل) یا اسکلتی [1]، و

ج) پایه‌های نوع لوله‌ای [2] (تلسکوپی).

پایه‌های فلزی، براساس ویژگی‌های مورد نیاز برای کاربردی که دارند ساخته می‌شوند. طول و ضخامت فلز به کار رفته در ساخت آن‌ها، به استحکام مورد نظر در آن‌ها بستگی دارد. این پایه‌ها، علاوه بر امکان گالوانیزه شدن، ممکن است به رنگ‌های مختلف رنگ‌آمیزی شوند. پایه‌های فلزی می‌توانند به طور مستقیم در زمین قرار داده شوند، یا داخل پایه‌ای که بتن‌ریزی شده متصل شود و یا روی صفحهٔ فلزی (فلنج) با پیچ محکم گردد.

پایه‌های فلزی به‌دلیل راحتی در حمل و نقل به‌خصوص در مناطق کوهستانی، به‌صورت چند تکه ساخته می‌شوند، بدین‌ترتیب، هنگام حمل پایه به محل نصب، اجزا آن به یکدیگر پیچ، مهره و یا جوش داده شده و مونتاژ می‌شود.

این پایه‌ها در طول زمان بهره‌برداری باید سرویس و رنگ‌آمیزی شوند به‌خصوص، دربارهٔ قسمتی که داخل زمین شده باید دقت بسیاری به خرج داد. در این مورد، پوشش گالوانیزه روی پایهٔ فلزی، یک روش مناسب به حساب می‌آید که باید در شرایط مختلف محیطی، ضخامت آن را بر حسب میکرومتر [3] و به شرح جدول (۲ـ۳) تغییر داد. هرگاه عمر مفید مورد انتظار برای پایه ۳۰ سال باشد، کمترین ضخامت گالوانیزه در شرایط مختلف عبارتست از:

جدول (۲ـ۳): ضخامت مورد نیاز پوشش گالوانیزهٔ روی فلزات

ضخامت	شرایط محیطی
$>50\mu m$	محل سرپوشیدهٔ خشک
$100\mu m$	محل سرباز، غیر آلوده در خشکی
$150\mu m$	محل سرپوشیدهٔ مرطوب
$170\mu m$	محل سرباز، غیر آلوده ساحلی
$220\mu m$	محل سرباز، آلوده در خشکی
$270\mu m$	محل سرباز آلوده ساحلی
$<300\mu m$	زیر آب دریا، غوطه ور

1- Structural

2- Tubular

3 - micro-meters

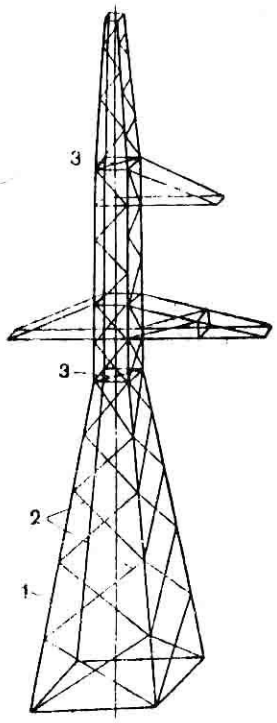
۳ـ۴ـ۱ ـ چگونگی ساخت پایهٔ فلزی آهن کشیده (پرتیک یا A شکل)

این نوع پایه، از تیرآهن با مقطع U شکل (به‌نام ناودانی) و یا L شکل (بنام نبشی) که در ارتفاع مورد نظر به صورت A شکل ساخته می‌شوند به طوری که پایه‌های اصلی از آهن ناودانی و یا نبشی بوده به‌وسیلهٔ صفحه‌های آهنی مربعی (پلیت) به یکدیگر جوش داده می‌شود. روش دیگر نیز، استفاده از تیرآهن‌های با مقطع H می‌باشد که قسمت میانی آن در کارخانه با ابزار مخصوص به صورت زیگزاک برش و به صورت لانه‌زنبوری ساخته می‌شود.

۳ـ۴ـ۲ ـ چگونگی ساخت دکل فلزی مشبک ـ یا اسکلتی

تاورهای[1] فلزی، به طور معمول از آهن نبشی یا پروفیل‌های آلومینومی ساخته می‌شوند و در مواقع ضروری، برای استقامت مکانیکی زیاد، از فولاد آلیاژی به عنوان پایهٔ خطوط استفاده می‌شود. به‌طورکلی قیمت تمام شدهٔ پایه‌های فولادی، بیشتر از پایه‌های مشابه نوع چوبی و یا بتنی است، به‌خصوص هنگامی که به‌علت استعداد زنگ‌زدگی و خوردگی محل، گالوانیزه نمودن آن ضروی باشد. بااین حال، این سازه‌های اسکلت فلزی، برای عبور از اسپن‌های بزرگ مورد استفاده می‌باشند. اجزای اصلی پایه‌های فلزی که می‌توانند روی فونداسیون قرارگیرند عبارتند از:

۱ ـ بدنه اصلی[2]،
۲ـ بادبندها[3]، و
۳ـ صفحهٔ شابلون[4].

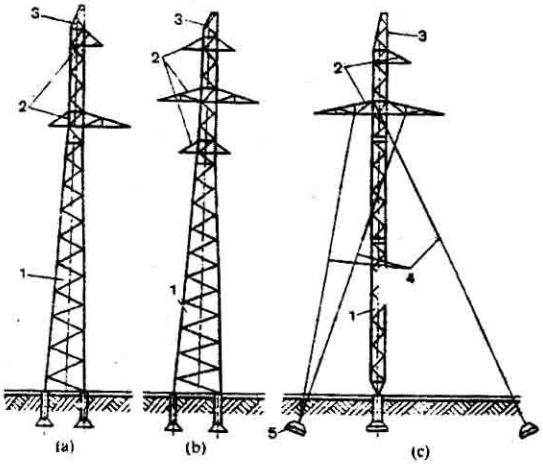


شکل (۶ـ۳) اجزای اصلی تاور فلزی

شاخهٔ اصلی پایه‌های فلزی، یک سازهٔ فضایی چند وجهی است که در حالت کششی به طور معمول دارای وجه طولی بیشتر می‌باشد. این پایه‌ها، در هر وجه خود، یک شاخهٔ اصلی از آهن نبشی و یا پروفیل دارند که بادبندهای طراحی شده را به صورت پیچ و مهره و یا جوش به هم متصل می‌نمایند. شکل (۶ـ۳) یک نمونه‌ای از پایهٔ فلزی دارای

1- Towers
2– Girth
3– Lattice
4– Diaphragm

شاخه‌اصلی (1)، بادبندها (2) و صفحه شابلون (3) را نشان می‌دهد. در ساخت پایه‌های فلزی، برای مونتاژ راحت در انتهای پایه و محل اتصال به فونداسیون و نیز در محل مونتاژ قطعات دکل، یک صفحه شابلون نصب می‌شود. نقش بادبندها به عنوان جدا کننده، و شاخه‌ها به عنوان نگهدارندهٔ آن‌ها عمل می‌کنند. ارتباط بین شاخه‌های اصلی و صفحهٔ شابلون، مطابق شکل (۶-۳) خواهد بود. این اتصال می‌تواند به صورت جوشی یا پیچی باشد. به‌طور معمول برای سهولت عملیات نصب بیشترین قسمت جوشکاری درکارخانه انجام شده و فقط برای مونتاژ از پیچ و مهره استفاده می‌شود. این سازه‌های فلزی در دو نوع توخطی (میانی) و پایه کششی (زاویه) براساس میزان قدرت درخواست شده طراحی و ساخته می‌شوند. با این حال، کلیهٔ این پایه‌ها دارای سه قسمت مشترک بدنه، بازوها (کراس‌آرم‌ها)، نگهدارندهٔ سیم زمین هستند.

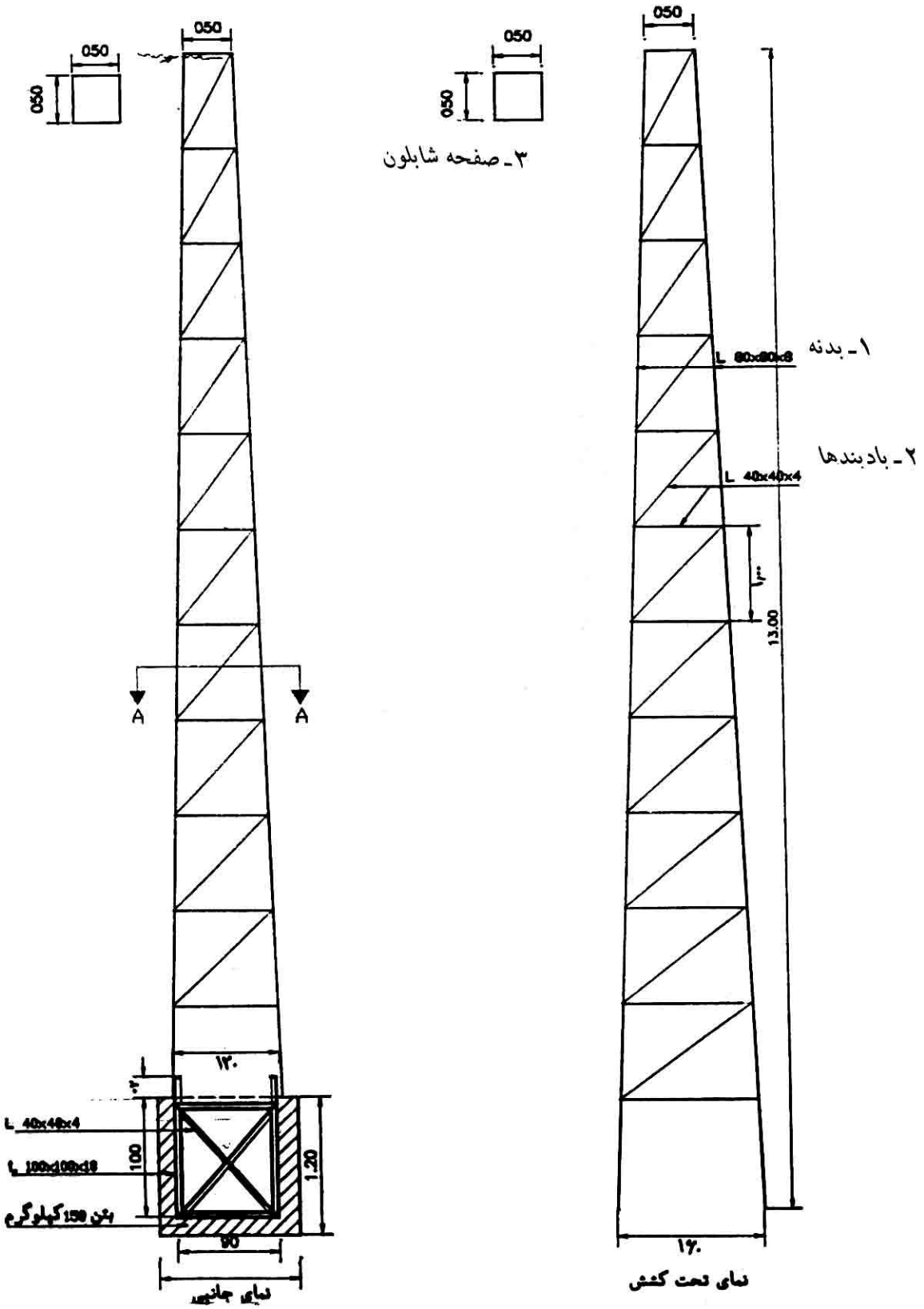


۱ـ بدنه اصلی
۲ـ کراس‌آرم‌ها
۳ـ نگهدارندهٔ سیم خنثی
۴ـ مهارها

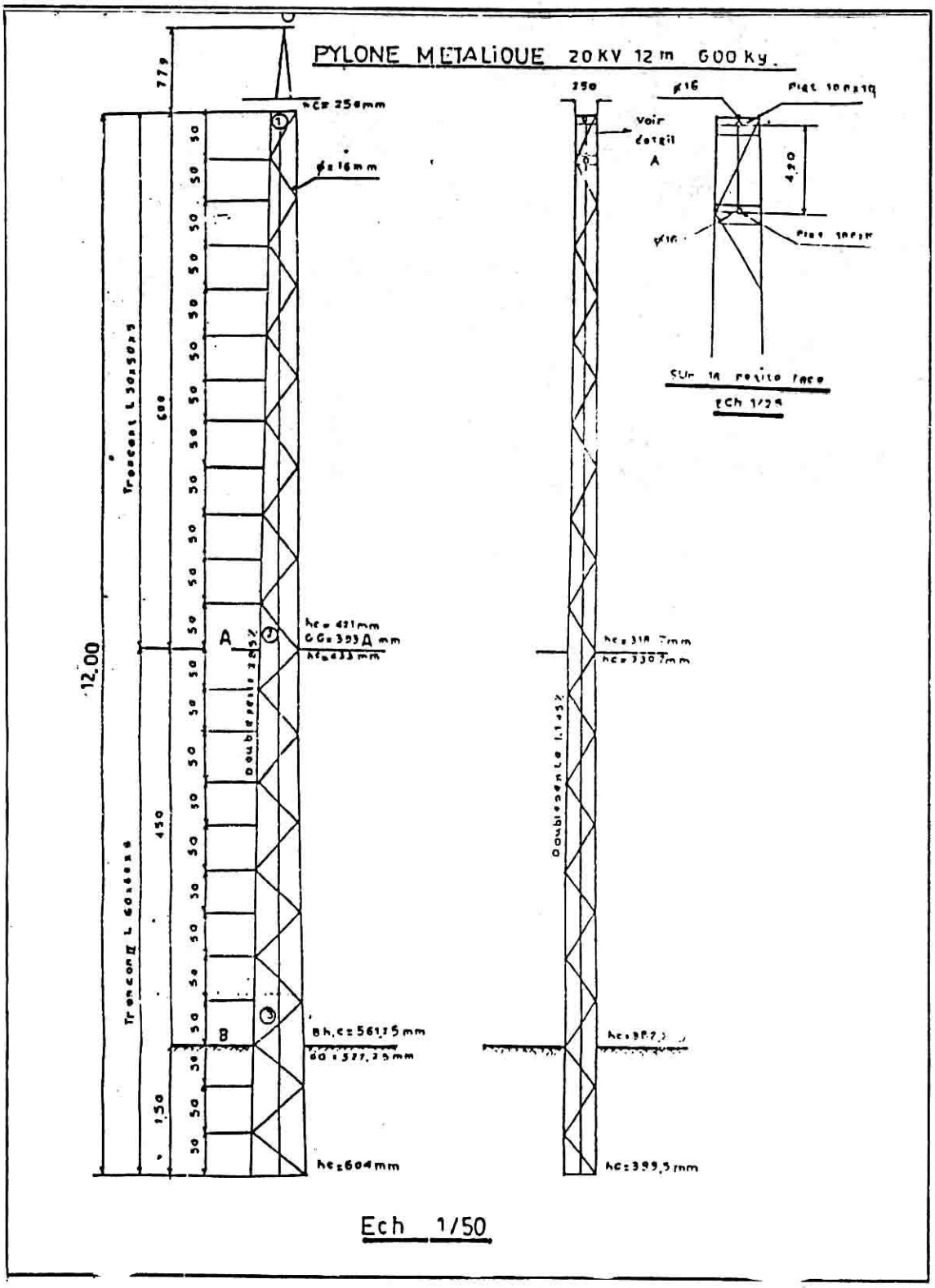
شکل (۷-۳):ساختمان تاور فلزی نوع توخطی

شکل (۸-۳) و (۹-۳) جزییات اجرایی ساخت دو نمونه تاور فلزی از آهن نبشی برای شبکه ۲۰ کیلوولتی را نشان می‌دهد. این پایه‌ها برای ارتفاع غیر متعارف مورد نیاز در مواقعی که پایه‌های بتنی ۱۵ متری پیش تنیده در دسترس نبوده و یا امکان حمل آن‌ها مقدور نباشد در ارتفاع مفید از سطح زمین ۱۴ و ۱۳ متری به‌راحتی قابل مونتاژ می‌باشد. این نمونه پایه‌ها، در عبور شبکهٔ خط هوایی فشار متوسط در منطقه آذربایجان بر روی قطارهای برقی به‌کار برده شده‌اند.

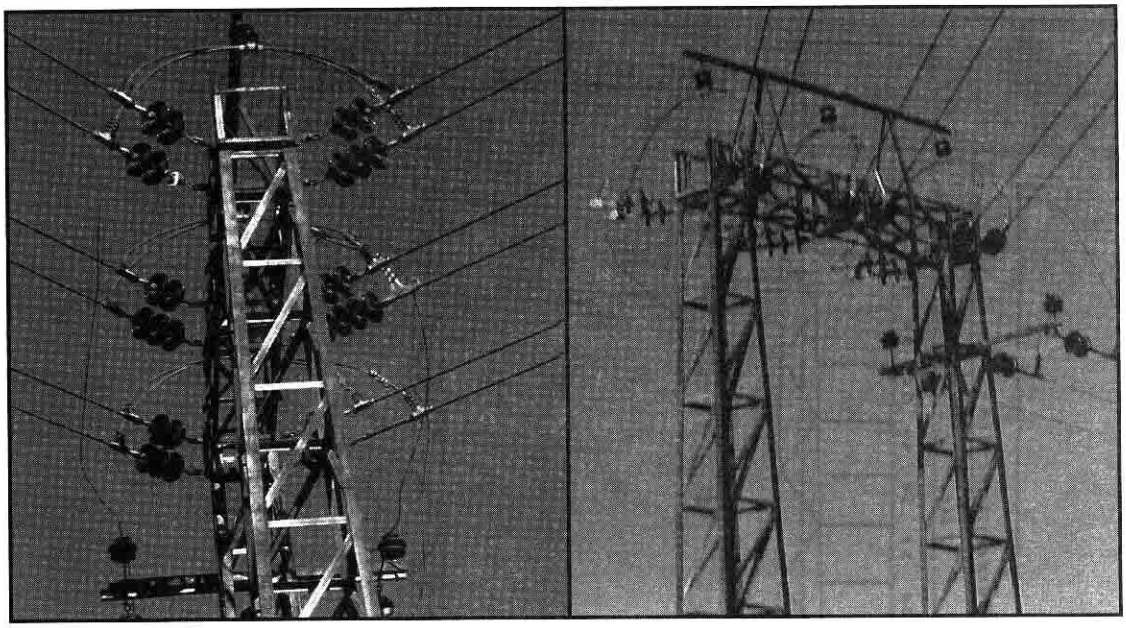
POWEREN.IR



شکل (۸ـ۳): تاور فلزی ۲۰ کیلوولت ـ ۱۳۰۰۰ کیلوگرم نیرو ـ ۱۳ متری

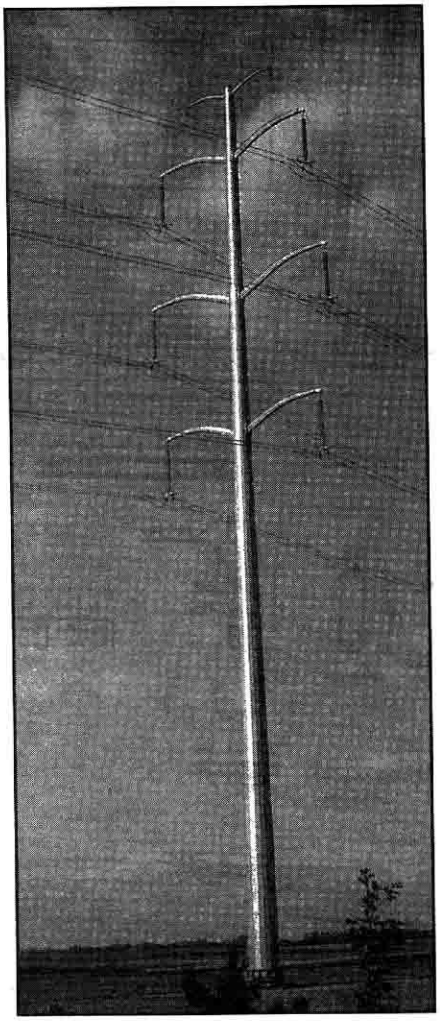


شکل (۹-۳) :پایه فلزی مشبک ۲۰ کیلوولت ـ ۶۰۰۰ کیلوگرم نیرو ـ ۱۲ متری



شکل (۱۰ـ۳): پایهٔ فلزی نوع H خط ۲۰ کیلوولت ـ باندل ـ با هادی‌های $۲\times۳\times۲۲۶mm^۲$
محل سه‌راهی پالایشگاه تبریز

۳ـ۴ـ۳ـ چگونگی ساخت پایه‌های فلزی لوله‌ای (تلسکوپی)



شکل (۳ـ۱۱): پایه فلزی تلسکوپی

پایه‌های لوله‌ای، از قطعات لولهٔ فلزی ساخته شده‌اند به شکلی که قطر قطعات پایین بیشتر بوده و به تدریج تا بالا، کم می‌شود. قسمت انتهایی این تیرها، می‌توانند به صورت مستقیم (بدون بازو) و یا انحنادار (شلاقی) باشد. در صورت استفادهٔ پایه فلزی مستقیم در شبکهٔ برق کراس‌آرم فلزی به صورت (T) شکل در بالای آن جوش داده می‌شود.

به‌طور معمول پایه‌های فلزی لوله‌ای، برای استفاده در شبکهٔ روشنایی معابر و گاهی خطوط مخابراتی به‌کار می‌رود. در بیشتر پادگان‌های کشور، که دارای شبکه‌های توزیع برق ساخته شده توسط مستشاران خارجی می‌باشد، استفاده از پایه‌های فلزی لوله‌ای برای شبکه توزیع برق به‌کار گرفته شده است. پایه‌های فلزی لوله‌ای اغلب به سه روش ساخته می‌شوند:

الف) پایهٔ فلزی لوله‌ای نوع تداخلی،

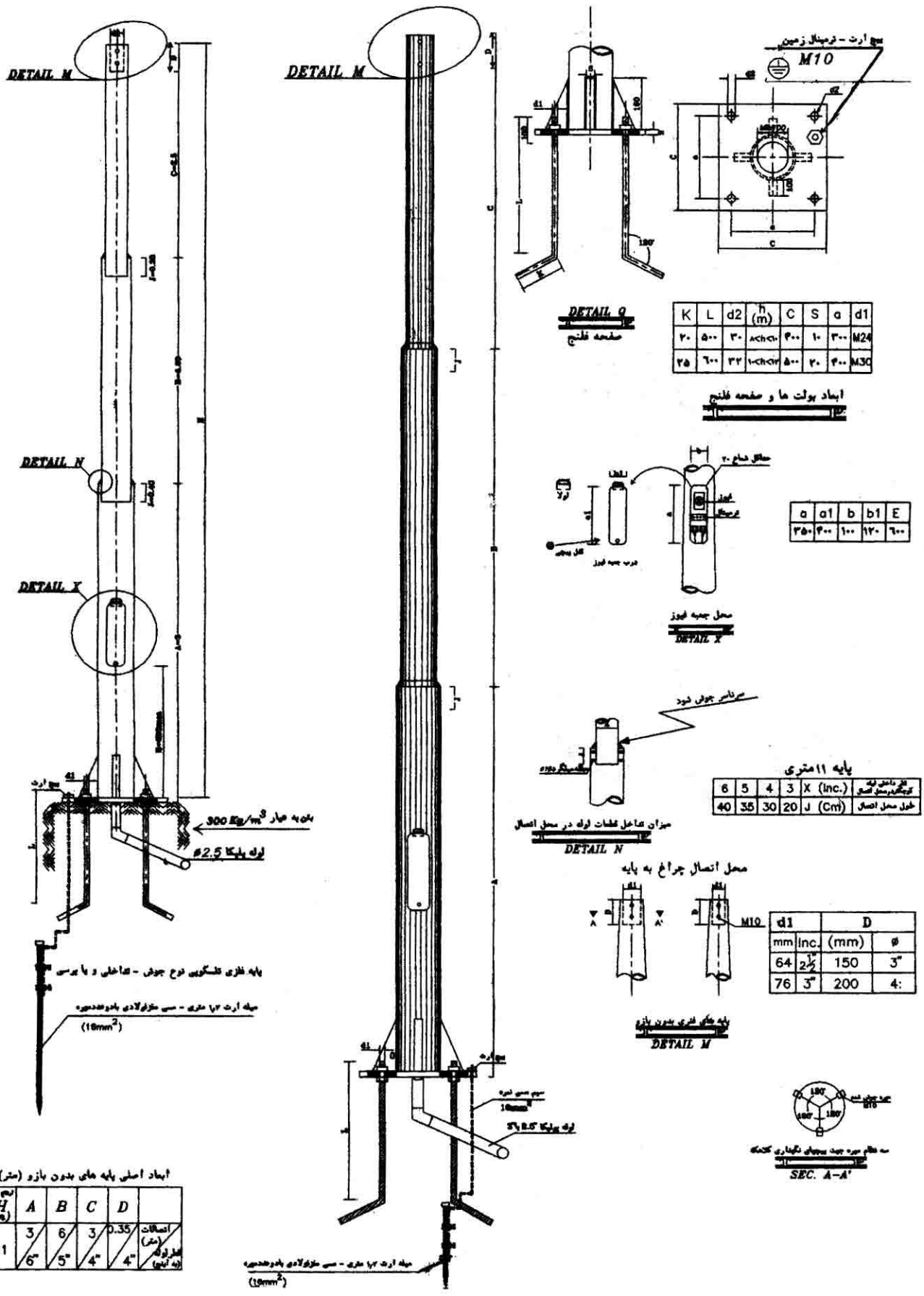
ب) پایهٔ فلزی لوله‌ای نوع بوشن ـ تبدیل،

ج) پایهٔ فلزی هشت گوش (وجهی).

به طور معمول پایه‌های فلزی لوله‌ای با ارتفاع بیش از ۱۰ متر، به صورت تداخلی ساخته می‌شوند. در این روش، لولهٔ با قطر کوچکتر در لولهٔ با قطر بزرگ‌تر که به‌خوبی گرم و منبسط شده، به عنوان پایه با اندازهٔ مشخص ـ جدول (۳-۳) ـ داخل گردیده و حداقل دوبار جوشکاری می‌گردد. روش دیگر، استفاده از اتصالات بوشن‌های تبدیل لوله‌ها به یکدیگر است. در ساخت این پایه‌ها، باید از لوله‌های فولادی با کمتر از ۶ درصد گوگرد یا فسفر کمک گرفت. مقاومت کششی فولاد پایه‌ها بین ۳۵ تا ۴۱ تن در هر اینچ مربع است که براساس قطر لوله‌های انتخاب شده و ارتفاع پایه مورد نظر طراحی می‌گردد. مشخصات پایه‌های فلزی و نقشهٔ جزییات ساخت دو نمونه پایه فلزی ۹ و ۱۱ متری بدون بازو (مستقیم) که به صورت صفحهٔ فلنج می‌باشد در شکل‌های (۱۲ـ۳) و (۱۳ـ۳) نمایش داده شده است. پایهٔ تلکسوپی هشت وجهی از ورق‌های آهنی، پس از عملیات پرسکاری و به صورت یک تکه به‌وسیله دستگاه‌های مخصوص در کارخانه ساخته می‌شود.

جدول (۳ـ۳): میزان تداخل لوله‌ها در یکدیگر

قطر داخلی لوله کوچکتر (اینچ)	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲
میزان تداخل لوله‌ها در یکدیگر (سانتی‌متر)	۱۵	۱۸	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۴۵	۴۵



K	L	d2	h (m)	C	S	a	d1
۲۰	۵۰۰	۳۰	۸<h<۱۰	۴۰۰	۱۰	۳۰۰	M24
۲۵	۶۰۰	۳۲	۱۰<h<۱۲	۵۰۰	۲۰	۴۰۰	M30

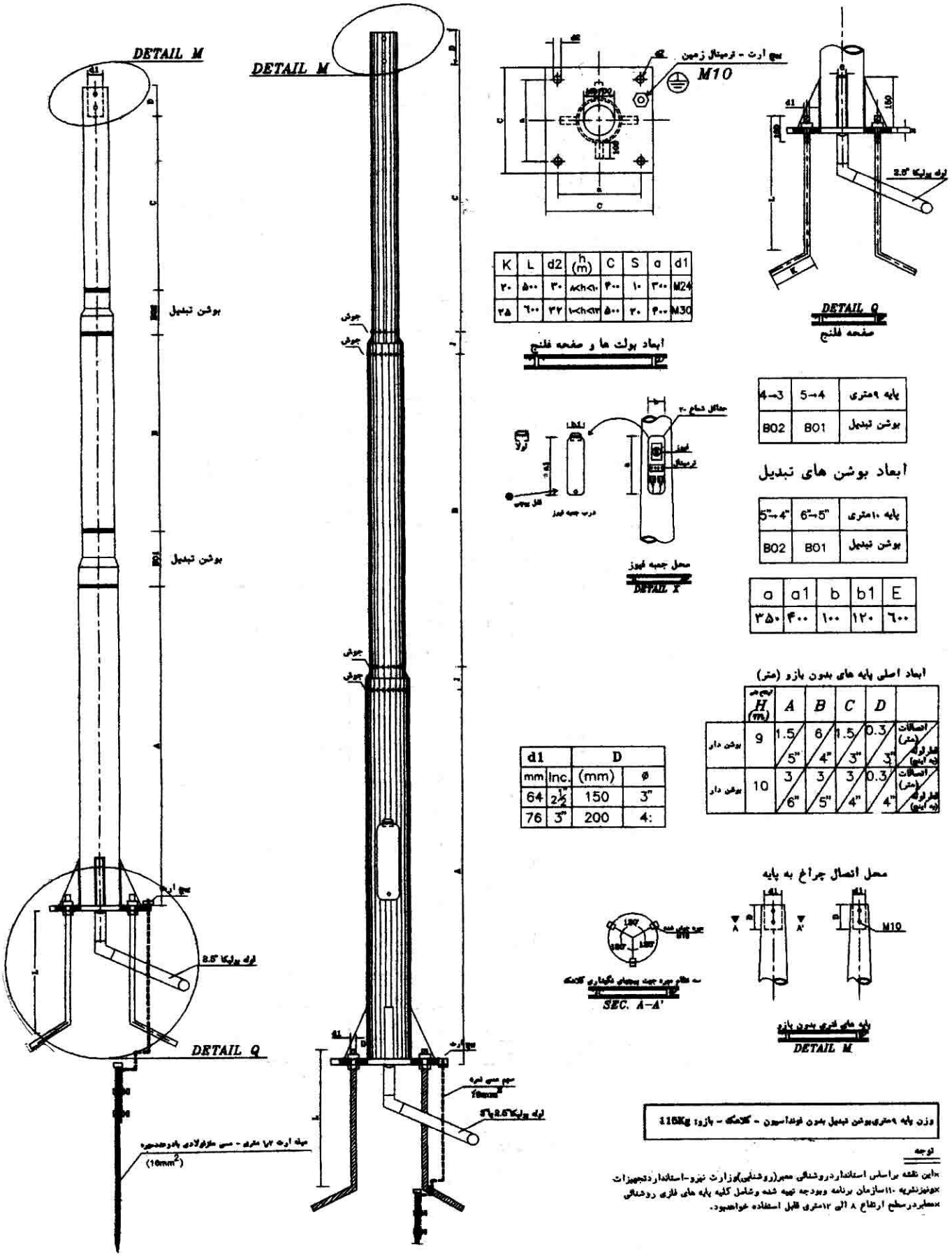
a	a1	b	b1	E
۳۵۰	۴۰۰	۱۰۰	۱۲۰	۶۰۰

6	5	4	3	X (inc.)	قطر داخلی لوله کوپلینگ در محل اتصال
40	35	30	20	J (Cm)	طول محل اتصال

d1		D	
mm	inc.	(mm)	ø
64	2½"	150	3"
76	3"	200	4:

نوع پایه H (m)	A	B	C	D	
11	3 / 6"	6 / 5"	3 / 4"	0.35 / 4"	اتصالات (متر) طول لوله (به اینچ)

شکل (۱۲ـ۳): پایهٔ فلزی لوله‌ای ـ نوع تداخلی ـ با صفحهٔ فلنج ـ ۱۱ متری



K	L	d2	h (m)	C	S	a	d1
۲۰	۵۰۰	۳۰	A<h<۱۰	۴۰۰	۱۰	۳۰۰	M24
۲۵	۶۰۰	۳۲	۱۰<h<۱۲	۵۰۰	۲۰	۴۰۰	M30

پایه ۹متری	5→4	4→3
بوشن تبدیل	B01	B02

پایه ۱۰متری	6"→5"	5"→4"
بوشن تبدیل	B01	B02

a	a1	b	b1	E
۳۵۰	۴۰۰	۱۰۰	۱۲۰	۶۰۰

d1		D	
mm	inc.	(mm)	ø
64	2½"	150	3"
76	3"	200	4:

ابعاد اصلی پایه های بدون بازو (متر)

	H (m)	A	B	C	D	
بوشن دار	9	1.5 / 5"	6 / 4"	1.5 / 3"	0.3 / 3"	اتصالات (متر) / قطر لوله (به اینچ)
بوشن دار	10	3 / 6"	3 / 5"	3 / 4"	0.3 / 4"	اتصالات (متر) / قطر لوله (به اینچ)

شکل (۱۳-۳): پایهٔ فلزی لوله‌ای - نوع بوشن، تبدیل - با صفحهٔ فلنج - ۱۰ و ۹ متری

تیپ	طول قطعات و کلی تیر به سانتیمتر						قطر داخلی لوله به اینچ ضخامت دیوار لوله به SWG				قدرت کشش تقریبی تیر به کیلوگرم	وزن تقریبی تیر با صفحه فلزی به کیلوگرم
	A	B	C	D	H	F	d1	d2	d3	d4		
A1	۱۵۰	۸۰	۸۵	-	۳۱۵	۵۰	۴ ۷	۳ ۸	۲ ۹	-	۱۵۰	۴۰
A2	۲۰۰	۸۰	۸۵	-	۳۶۵	۶۰	۴ ۷	۳ ۸	۲ ۹	-	۱۵۰	۴۵
A3	۲۰۰	۱۰۰	۱۰۵	-	۴۰۵	۷۰	۴ ۷	۳ ۸	۲ ۹	-	۱۵۰	۵۰
A4	۲۰۰	۱۲۰	۱۳۰	-	۴۵۰	۷۵	۵ ۶	۴ ۷	۳ ۸	-	۱۵۰	۷۰
A5	۳۰۰	۱۲۰	۱۳۰	-	۵۵۰	۹۰	۵ ۶	۴ ۷	۳ ۸	-	۱۵۰	۸۵
A6	۳۰۰	۱۲۰	۱۳۰	۸۵	۶۳۵	۱۰۰	۵ ۶	۴ ۷	۳ ۸	۲ ۹	۱۵۰	۹۵
A7	۳۰۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۳۲	۶۸۲	۱۱۰	۵ ۶	۴ ۷	۳ ۸	۲½ ۹	۱۵۰	۱۰۰
A8	۴۰۰	۱۶۵	۱۲۰	۱۳۰	۸۱۵	۱۴۰	۶ ۶	۵ ۶	۴ ۷	۳ ۸	۲۰۰	۱۵۰
A9	۴۰۰	۱۶۵	۱۷۰	۱۸۰	۹۱۵	۱۵۰	۶ ۶	۵ ۶	۴ ۷	۳ ۸	۲۰۰	۱۷۰
A10	۴۰۰	۲۶۵	۱۷۰	۱۸۰	۱۰۱۵	۱۷۰	۶ ۶	۵ ۶	۴ ۷	۳ ۸	۲۰۰	۱۹۰
A11	۶۰۰	۲۶۰	۱۱۵	۱۲۰	۱۰۹۵	۱۸۰	۷ ۵	۶ ۶	۵ ۶	۴ ۷	۲۵۰	۲۳۵
A12	۶۰۰	۲۶۰	۱۶۵	۱۷۰	۱۱۹۵	۱۹۰	۷ ۵	۶ ۶	۵ ۶	۴ ۷	۲۵۰	۲۵۰
A13	۶۰۰	۲۶۰	۲۶۰	۱۶۵	۱۲۸۵	۲۱۰	۸ ۴	۷ ۵	۶ ۶	۵ ۶	۳۰۰	۳۲۰
A14	۶۰۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۵	۱۳۸۵	۲۳۰	۸ ۴	۷ ۵	۶ ۶	۵ ۶	۳۰۰	۳۲۰
A15	۶۰۰	۳۶۰	۲۵۵	۲۶۰	۱۴۷۵	۲۴۰	۱۰ ۴	۸ ۴	۷ ۵	۶ ۶	۴۰۰	۴۹۰

S.W.G.= mm
9 = 3.65
8 = 4.05

S.W.G.= mm
7 = 4.50
6 = 4.85

S.W.G.= mm
5 = 5.40
4 =

جدول (۴-۳): ابعاد و مشخصات قطعات مختلف تیرهای فلزی لوله‌ای تلکسوپ

تیپ	طول قطعات و کلی تیر به سانتیمتر						قطر داخلی لوله به اینچ ضخامت دیوار لوله به SWG				قدرت کشش تقریبی تیر به کیلوگرم	وزن تقریبی تیر با صفحه فلزی به کیلوگرم
	A	B	C	D	H	F	d1	d2	d3	d4		
B1	۳۰۰	۷۰	۷۵	۳۰۰	۶۲۵	۱۰۰	۵	۴	$3\frac{1}{4}$	۳	۲۰۰	۱۰۳
							۶	۷	۷	۸		
B2	۳۰۰	۱۲۰	۱۲۵	۳۰۰	۱/۲۵	۱۲۰	۵	۴	$3\frac{1}{4}$	۳	۲۰۰	۱۱۵
							۶	۷	۷	۸		
B3	۳۰۰	۱۶۵	۱۷۰	۳۰۰	۸۳۵	۱۴۰	۶	۵	۴	۳	۲۰۰	۱۴۷
							۶	۶	۷	۸		
B4	۴۰۰	۱۶۵	۱۷۰	۳۰۰	۹۳۵	۱۵۰	۶	۵	۴	۳	۲۰۰	۱۶۶
							۶	۶	۷	۸		
B5	۵۰۰	۱۶۵	۱۷۰	۳۰۰	۱۰۳۵	۱۷۰	۶	۵	۴	۳	۲۰۰	۱۸۵
							۶	۶	۷	۸		
B6	۶۰۰	۱۶۰	۱۷۰	۳۰۰	۱۱۳۰	۱۸۰	۸	۶	۴	۳	۲۵۰	۲۵۱
							۴	۶	۷	۸		
B7	۶۰۰	۲۶۰	۱۷۰	۳۰۰	۱۲۳۰	۲۰۰	۸	۶	۴	۳	۲۵۰	۲۷۰
							۴	۶	۷	۸		
C1	۳۰۰	۷۰	۷۵	۳۰۰	۶۲۵	۱۰۰	۵	۴	$3\frac{1}{4}$	۳	۲۰۰	۱۲۰
							۶	۷	۷	۸		
C2	۳۰۰	۱۲۰	۱۲۵	۳۰۰	۷۲۵	۱۲۰	۵	۴	$3\frac{1}{4}$	۳	۲۰۰	۱۳۲
							۶	۷	۷	۸		
C3	۳۰۰	۱۶۵	۱۷۰	۳۰۰	۸۳۵	۱۴۰	۶	۵	۴	۳	۲۰۰	۱۶۴
							۶	۶	۷	۸		
C4	۴۰۰	۱۶۵	۱۷۰	۳۰۰	۹۳۵	۱۵۰	۶	۵	۴	۳	۲۰۰	۱۸۳
							۶	۶	۷	۸		
C5	۵۰۰	۱۶۵	۱۷۰	۳۰۰	۱۰۳۵	۱۷۰	۶	۵	۴	۳	۲۰۰	۲۰۲
							۶	۶	۷	۸		
C6	۶۰۰	۱۶۰	۱۷۰	۳۰۰	۱۱۳۰	۱۸۰	۸	۶	۴	۳	۲۵۰	۲۶۸
							۴	۶	۷	۸		
C7	۶۰۰	۲۶۰	۱۷۰	۳۰۰	۱۲۳۰	۲۰۰	۸	۶	۴	۳	۲۵۰	۲۸۷
							۶	۶	۷	۸		

میزان تداخل قطعات لوله‌های تیرهای فشاری یا جوشی در یکدیگر در محل اتصال

قطر داخلی لوله کوچکتر در محل اتصال به اینچ	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۵	۶	۸
طول محل اتصال "j" به سانتیمتر	۱۵	۱۸	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵

S.W.G.– mm
9 = 3.65
8 = 4.05

S.W.G.– mm
7 = 4.50
6 = 4.85

S.W.G.– mm
5 = 5.40
4 =

بقیهٔ جدول (۴-۳): ابعاد و مشخصات قطعات مختلف تیرهای فلزی لوله‌ای تلسکوپ

۳ـ۵ـ پایه‌های بتنی

پایه‌های سیمانی[۱] در حال حاضر به‌طور وسیعی در شبکه‌های توزیع به‌کار برده می‌شوند. پایه‌های بتنی یا فلزی، بیشتر در مکان‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که استحکام زیاد و شکل ظاهری از اهمیت بالایی برخوردار باشد. درکشورهای جهان، پایه‌های سیمانی در رنگ‌ها و شکل‌های متفاوتی ساخته می‌شوند. پایه‌های سیمانی، دارای سطح مقطع‌های مربع، دایره‌ای، چند ضلعی (شش یا هشت ضلعی) هستند. پایه‌های سیمانی، در اثر آب، هوای خشک یا مرطوب، دچار پوسیدگی، آتش‌سوزی، زنگ‌زدگی و خرابی چندانی نمی‌شوند و به طور معمول نسبت به پایه‌های چوبی به تعمیرات کمتری نیاز داشته و با توجه به روند تکاملی ساخت فرآورده‌های بتنی در جهت کاهش وزن این سازه‌ها با حفظ استقامت مکانیکی پایه تداوم می‌یابد.

پایه‌های بتنی را به صورت توخالی یا لانه‌زنبوری می‌سازند تا وزن آن‌ها، که عیب این نوع پایه‌هاست، کم شود زیرا سنگینی آن‌ها به‌خصوص در محل‌های نامناسب یا سطوح شیب‌دار کوهپایه‌ها، کار نصب را با مشکل مواجه می‌کند به شکلی که این عامل، عدم رغبت به کاربرد پایه‌های با قدرت سنگین را موجب شده است. امروزه، تکنولوژی ساخت پایه‌های توخالی نوع گرد، که براساس اصول دوران قالب و نیروی گریز از مرکز ساخته می‌شوند، و به تقریب وزن کمتری نیز دارند، باید جایگزین سایر روش‌ها شده و توسعه یابد این پایه‌ها، هرگاه براساس تندان‌های (آرماتورهای) مخصوص از نوع فوق کششی[۲] قبل از بتن‌ریزی قالب‌بندی تحت کشش آرماتورها قرار گرفته و مسلح شوند، به‌نام پایه‌های «***پیش‌تنیده***» نامیده خواهند شد که در قسمت‌های بعد توضیح داده خواهد شد. به‌طورکلی، برای تقویت پایه‌های بتنی مسلح، از میل‌گردهای (آرماتورهای) فولادی آجدار به‌طور سرتاسری در تمام طول استفاده می‌نمایند. تعداد و قطر این آرماتورها، باید براساس استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده[۳] انتخاب و ساخته شوند. این میلگردهای طولی، باید یکپارچه، آجدار و حداقل از نوع A−II با مقاومت جاری شدن ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و مقاومت نهایی ۵۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد. برای جلوگیری از جابجا شدن این میل‌گردها در حین بتن‌ریزی، از سیم‌های فولادی دیگری به‌صورت عمود بر آرماتورهای طولی استفاده می‌شود که آن‌ها را اصطلاح «***خاموت***» می‌گویند.

در این فصل، شناخت کاملی از خصوصیات و کارایی انواع تیرهای بتنی ارایه خواهد شد که به‌علت اختصار، از پرداختن به جنبه‌های عملی ساختمان بتن شامل مخلوط سیمان، شن، ماسه و میل‌گردها صرفنظر شده به بیان مشخصات فنی و نقشه‌های ساخت پایه‌های بتنی، خصوصیات آن‌ها و انواع پایه‌ها بتنی اکتفا خواهد شد.

---

۱ ـ اصطلاح پایه‌های بتونی مسلح همان سیمانی، بتنی می‌باشد و می‌توانند به‌جای یکدیگر به‌کار روند.

2- High Tensile

۳ـ استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد دوم ـ استاندارد تیرهای بتونی مسلح و پیش‌تنیده ـ تحقیقات و تکنولوژی ـ توانیر.

۳ـ۵ـ۱ ـ انواع پایه‌های بتنی مسلح

تیرهای سیمانی به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

الف) تیرهای بتنی مسلح یا توپر با مقطع H، و

ب) تیرهای بتنی پیش‌تنیده یا مقطع گرد (توخالی).

چون پایه‌های ساخته شده بتنی به عنوان نگهدارندهٔ خطوط برق و تیرهای روشنایی معابر بیش از نود درصد کل مجموع پایه‌ها را به‌خود اختصاص داده است، مشخصات فنی و شرایط مربوط به ساخت و کاربرد آن‌ها، بیشتر توضیح داده خواهد شد.



شکل (۱۴ـ۳): کارگاه تولید تیر بتنی

الف) پایه‌های بتنی مسلح

پایهٔ سیمانی مسلح، به تیری گفته می‌شود که میل‌گردها و سیم‌های فولادی، قبل از ریختن بتن به صورت اسکلت فولادی در قالب قرار گرفته و پس از این‌که بتن ریخته شد، مقاومت آن را افزایش دهد. پایه‌های نوع توپر با مقطع چند ضلعی که از میل‌گردهای بلند و بتن ساخته می‌شوند، که به‌طور معمول به صورت H شکل (یا I شکل) و یا مقطع چهارگوش باشند، به اصطلاح «***بتن مسلح***» می‌گویند زیرا دو مادهٔ آرماتور و بتن، در ایجاد نیروی مقاوم پایه به طور مشترک عمل می‌نمایند. کلیهٔ مقاطع عرضی تیرهای بتنی مسلح باید مطابق با آن‌چه در نقشه‌های استاندارد تیرهای بتنی مسلح [1] تعریف شده، ساخته شوند. در تیرهای

۱ـ برای اطلاعات بیشتر به استاندارد خطوط هوایی توزیع، جلد دوم، استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش تنیده،

بتنی H شکل، پله‌هایی در قسمت مادگی تیر وجود دارد. جدول (۷ـ۳) اطلاعات تیرهای بتنی مسلح ساخت ایران به پیشنهاد استاندارد وزارت نیرو را نشان می‌دهد. این جدول، طول تیر و قدرت اسمی پایه را به منظور تنوع‌زدایی به دسته‌هایی مشخص طبقه‌بندی کرده است.

در این استاندارد، منظور از «قدرت اسمی» تیرهای بتنی (برحسب کیلوگرم نیرو) مقدار بار قابل تحمل تیر در شرایط کار همیشگی است و «***قدرت نامی***» یا «***قدرت نرمال***» نیز گفته می‌شود. «***مقاومت در مرحلهٔ ارتجاعی***» تیر به مقدار ۱/۵ برابر قدرت اسمی تیر است که در صورت وارد شدن به تیر و پس از برداشتن، نباید در آن تغییر شکل همیشگی ایجاد شود. در پایهٔ بتنی سالمی که برابر مشخصات فنی تهیه شده باشد، نیرویی که تحمل خواهد کرد (مقاومت نهایی) برای تیرهایی با قدرت ۴۰۰ کیلوگرم نیرو و کمتر باید بالاتر از سه برابر و برای تیرهایی با قدرت بیش از ۴۰۰ کیلوگرم نیرو باید بالاتر از ۲/۵ برابر نیروی مجاز (قدرت اسمی) باشد. در ضمن کلیات این استاندارد، به راهنمای ساخت و شرایط تهیهٔ پایه‌های بتنی اشاره می‌نماید. تیرهای بتنی در نقاط مختلف ایران، توسط کلیهٔ شرکت‌های برق یا پیمانکاران، حتی در محل اجرای پروژه‌های خط انتقال به صورت یک شکل و براساس یک دستورالعمل مدون ساخته می‌شوند تا اندازه‌هایی یکنواخت و هماهنگی در کلیهٔ این‌پایه‌ها وجود داشته باشد. این استاندارد، نقشه ساخت همهٔ تیرهای تعریف شده را بیان کرده است.

جدول (۷ـ۳): اطلاعات تیرهای بتنی مسلح

طول متر (متر)	قدرت اسمی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت در مرحله ارتجاعی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت نهایی (کیلوگرم نیرو)
۹	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۹	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۹	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۲	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۲	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۱۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۵	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۵	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۵	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰

← ادامه پاورقی صفحه قبل

تحقیقات و تکنولوژی استانداردها ـ مراجعه فرمایید.

استاندارد کردن ساخت پایه‌های بتنی مسلح (مقطع چهارگوش)، مسأله کاربرد و استفاده از آن را در شبکه های توزیع ایران یکنواخت کرده است. در حال حاضر، کاربرد تیرهای بتنی مطابق با جدول (۷-۳) درکلیه شرکت‌های برق رعایت می‌شود. با این حال، براساس محاسبات انجام شده از نظر مسایل فنی و اقتصادی آن تیرهای بتنی براساس ضریب اطمینان مورد نیاز تعریف شده می‌توانند در سه «**کلاس**» به شرح زیر تولید شده تا پاسخگوی نیروی کششی اسمی باشند.

تیرهای بتنی براساس نسبت نیروی مجاز عرضی (نیرویی مجازی است که عمود در جهت کشش و در فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متری از سر تیر وارد شود) به قدرت اسمی از نظر کلاس و پایه به سه دستهٔ زیر تقسیم می‌شوند:

۱ ـ پایهٔ بتنی مسلح چهارگوش ـ کلاس آ: نیروی مجاز عرضی معادل ۰/۳ تا ۰/۴ قدرت اسمی.

۲ ـ پایهٔ بتنی مسلح چهارگوش ـ کلاس ب: نیروی مجاز عرضی معادل ۰/۴ تا ۰/۶ قدرت اسمی.

۳ ـ پایهٔ بتنی مسلح چهارگوش ـ کلاس پ: نیروی مجاز عرضی معادل قدرت اسمی.

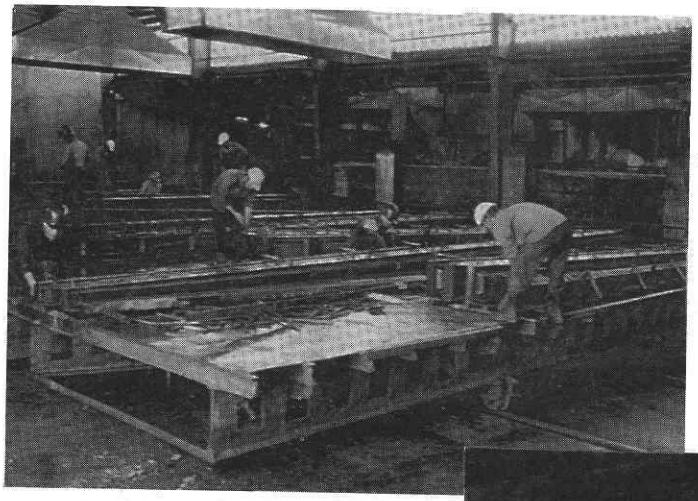
که در استاندارد (وزارت نیرو) ایران فقط تیرهای بتنی کلاس «*آ*» قابل تولید و استفاده می‌باشند. با این‌حال، در دیگر پروژه‌های عمرانی براساس شرایط تعریف شده در مشخصات فنی کارهای عمومی تأسیسات الکتریکی، می‌توان یکی دیگر از کلاس‌ها را تعریف و مورد استفاده قرار داد. براساس نشریه ۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه، جدول مشخصات کامل تیرهای بتنی نوع چهارگوش با کلاس «*آ*» مطابق با جدول (۸-۳) در صفحه بعد ارایه شده است. در این جدول، طول تیرهای بتنی دیگر از جمله ۱۱، ۱۰ و ۸ متری آورده شده است که این طول‌ها، در شبکه‌های توزیع قدیمی بسیار استفاده شده‌اند. با این‌حال، در صورت تولید تیرهای بتنی با طول غیرتیپ به‌عنوان مثال پایه بتنی ۱۳ متری برای فیدرهای اصلی دومداره ۲۰ کیلوولت در صورت رعایت مقاومت در مراحل اسمی، در مرحلهٔ ارتجاعی و نهایی حسب مورد بلامانع خواهد بود. شکل (۱۵-۳) مراحل مختلف تولید تیر بتنی درکارگاه را نشان می‌دهد.

POWEREN.IR

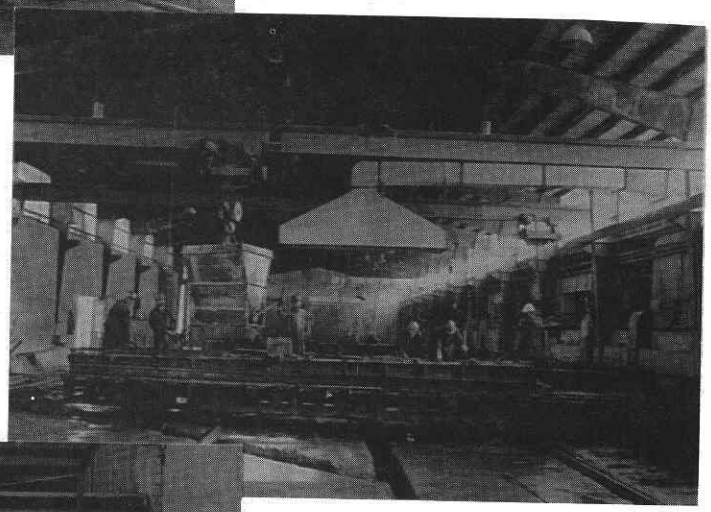
جدول (۸ـ۳): مشخصات کامل تیرهای بتنی مسلح نوع چهارگوش کلاس "آ"

طول تیر (متر)	قدرت اسمی	ابعاد سر تیر (سانتی‌متر)	ابعاد ته تیر (سانتی‌متر)	وزن آرماتور	وزن خاموت	وزن کل فولاد	وزن کل تیر	مقاومت در مرحله ارتجاعی	مقاومت نهایی
۸	۱۵۰	۱۰×۱۲	۱۸×۲۸	۵۱	۳	۵۴	۴۵۰	۲۲۵	۴۵۰
۸	۲۰۰	۱۰/۵×۱۵	۱۸/۵×۳۱	۶۶	۳	۶۹	۵۱۰	۳۰۰	۶۰۰
۸	۴۰۰	۱۹×۲۲	۲۷×۳۸	۶۸	۷	۷۵	۹۵۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۸	۶۰۰	۱۹×۲۵	۳۱×۴۵	۹۰	۸	۹۸	۱۱۱۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۹	۲۰۰	۱۰/۵×۱۵	۱۹/۵×۳۳	۷۶	۴	۸۰	۶۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۴۰۰	۱۹×۲۲	۲۸×۴۰	۸۰	۸	۸۸	۱۱۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۹	۶۰۰	۱۹×۲۵	۳۲/۵×۴۷/۵	۱۰۵	۹	۱۱۴	۱۳۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۹	۸۰۰	۲۳×۳۱	۳۶/۵×۵۳/۵	۱۰۰	۱۵	۱۱۵	۱۷۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۰	۲۰۰	۱۰/۵×۱۵	۲۰/۵×۳۵	۸۵	۴	۸۹	۷۱۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۰	۴۰۰	۱۹×۲۲	۲۹×۴۲	۹۶	۹	۱۰۵	۱۲۵۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۰	۶۰۰	۱۹×۲۵	۳۴×۵۰	۱۲۲	۱۰	۱۳۲	۱۵۳۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۰	۸۰۰	۲۳×۳۱	۳۸×۵۶	۱۲۸	۱۸	۱۴۶	۱۹۵۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۰	۱۲۰۰	۲۴×۴۰	۳۹×۶۵	۱۷۰	۱۸	۱۸۸	۲۵۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۱۱	۲۰۰	۱۰/۵×۱۵	۲۱/۵×۳۷	۹۵	۵	۱۰۰	۸۲۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۱	۴۰۰	۱۹×۲۲	۳۰×۴۴	۱۱۲	۱۰	۱۲۲	۱۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۱	۶۰۰	۱۹×۲۵	۳۵/۵×۵۲/۵	۱۳۸	۱۲	۱۵۰	۱۷۶۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۱	۸۰۰	۲۳×۳۱	۳۹/۵×۵۸/۵	۱۴۸	۲۰	۱۶۸	۲۲۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۱	۱۲۰۰	۲۴×۴۰	۴۰/۵×۶۷/۵	۲۱۲	۲۱	۲۳۳	۲۸۳۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۱۲	۲۰۰	۱۰/۵×۱۵	۲۲/۵×۳۹	۱۰۴	۵	۱۰۹	۹۵۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۲	۴۰۰	۱۹×۲۲	۳۱×۴۶	۱۱۲	۱۲	۱۳۷	۱۵۸۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۶۰۰	۱۹×۲۵	۳۷×۵۵	۱۵۵	۱۳	۱۶۸	۲۰۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰
۱۲	۸۰۰	۲۳×۳۱	۴۱×۶۱	۱۷۰	۲۲	۱۹۲	۲۵۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۲۴×۴۰	۴۲×۷۰	۲۴۵	۲۵	۲۷۰	۳۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰

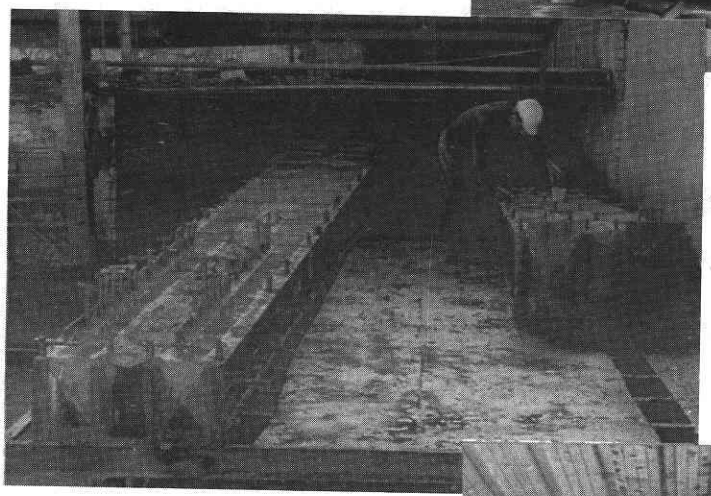
توضیح: وزن‌ها و نیروها برحسب کیلوگرم می‌باشد.



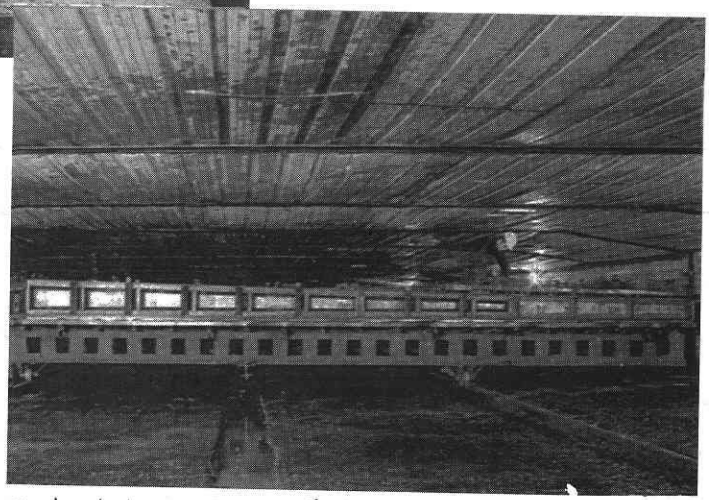
در مرحله اولیه تولید، قالبها بطور کامل تمیز و صیقلی شده و به‌منظور جلوگیری از چسبندگی بتن به قالب، سطح داخلی قالب به‌طور کامل توسط روغن مخصوص روغنکاری شده و پس از اینکه آرماتور بافته شده درون قالب قرار گرفت و کاملاً ثابت گردید واگن‌ها برای ادامه‌روند تولید به قسمت بتن ریزی انتقال می‌یابند.



بتون مصرفی در پایه‌های بتونی به دلیل رعایت استاندارد مصرف شن و ماسه، سیمان و آب بوسیله دستگاه بچینگ مرکزی ساخته شده و بوسیله مونوریل، باکتهای حامل بتن به قسمت بتن ریزی انتقال می‌یابد ودر قالبهای تیرکه قبلاً آرماتورگذاری شده‌اند ریخته و جهت رعایت اصول فنی در بخشهای مختلف قالب ویبره می‌شود.



پس از اتمام عملیات بتن ریزی و ویبره نمودن کامل محصولات سطح نهایی بتن به طور کامل لیسه‌ای وپرداخت می‌گردند و پس از حک نمودن تاریخ ساخت به طرف حمام بخار هدایت می‌گردد.



در حمام بخار قطعه تولیدی از زمان استقرار به مقاومت نسبی ۶۵٪ مقاومت نهایی می‌رسد که امکان تخلیه واستقرار در استخر آب وجود داشته باشد.

شکل (۱۵-۳): مراحل تولید تیر بتنی مسلح

۳ـ۵ـ۲ ـ خصوصیات پایه‌های بتنی مسلح

پایه‌های بتنی مسلح در هر ارتفاع استاندارد شده‌ای که ساخته شوند، باید براساس نیروی کششی نرمال و در یکی از انواع ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۲۰۰ کیلوگرم نیرو باشد. نقشهٔ استاندارد شدهٔ پایه‌های بتنی به شکلی است که مقطع چهارگوش سر تیرها، در هر قدرت اسمی (کششی نرمال) که مدنظر باشند، دارای یک قالب هستند و فقط از ته قالب و براساس طول استاندارد مورد نظر می‌توان آن را جمع و کوتاه کرد. به عبارت دیگر، شکل پایه‌ها به صورتی است که با داشتن قالب پایه ۱۵ متری، به آسانی می‌توان با حذف قسمتی از انتهای قالب، به ترتیب برای ساخت پایه‌های ۱۴، ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۱۰ و ۹ متری اقدام نمود. قدرت کششی که هر یک از این پایه‌ها می‌توانند تحمل کنند، همان نیروی کششی پایه ۱۵ متری خواهد بود[۱].

قالب‌های ساخت پایه‌های بتنی، به طور معمول در قطعات ۳ متری تهیه شده‌اند که در هنگام ساخت برای طول مشخص شده، انتهای آن بسته می‌شود. همچنین در قالب پایه‌های بتنی H شکل، فاصلهٔ پله‌های فرورفتهٔ تیرها براساس نقشهٔ ارایه شده، یک متر به یک متر می‌باشد. پس این معیار راحتی برای کنترل میزان طول باقی‌ماندهٔ تیر یا مقدار مجاز طول دفن شده تیرهای بتنی خواهد بود، با در نظر گرفتن این که، در همهٔ پایه‌ها، به طور معمول در فاصلهٔ ۲/۵ متری از سر آن، هیچ فرورفتگی پله‌ای نبوده و دارای مقطعی چهارگوش با سوراخ‌هایی در چهار وجه آن می‌باشد.

مقطع عرضی تیرهای بتنی از بالا (سر تیر) به پایین به‌طور یکنواخت پهن می‌شود (به تقریب با نسبت شیب ۱ به ۱۵). رویهٔ بیرونی تیرها باید صاف و عاری از هرگونه ترک و زایده یا دندانه باشد، بنابراین پس از پایان عملیات بتن‌ریزی و برداشتن آب اضافی، خیلی سریع رویهٔ فوقانی تیر با به کمک ماله صاف و هموارکرده و نیز زوایای چهارگوش آن را صاف و مدور می‌نمایند.

۳ـ۵ـ۳ـ سوراخ‌های تیرهای بتنی

برای دسترسی به تجهیزات نصب شده در سر تیرهای بتنی، و امکان بالا رفتن راحت سیمبانان، بدون استفاده از بالابرها یا نردبان، روی تیرها محل‌هایی به عنوان پلکان، به‌چشم می‌خورد. این پله‌ها چه به صورت دایمی روی پایه‌ها وجود داشته باشند (مانند پایه‌های لانه‌زنبوری) و چه به صورت موقتی (مانند سوراخ‌های ایجاد شده در وجه تیرها) ایجاد شوند، امکان بالا رفتن به این‌گونه تیرها را فراهم خواهند نمود. با این حال، این روش‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که علاوه بر رعایت نکات ایمنی، امکان دسترسی عموم و افراد ناوارد را سلب نماید تا بالا رفتن از پایه، به‌راحتی میسر نگردد. با این حال

۱ـ فقط در کلاس قدرت پایه‌های سنگینی از جمله ۱۲۰۰ و ۸۰۰ با افزایش طول قالب از ۱۲ به ۱۵ متر یک پله از رنج قدرت تیر کم می‌گردد. بعنوان مثال قالب تیر ۱۵ متری همان قالب افزایش یافته ۱۲ متری ۱۲۰۰ خواهد بود.

تا زمانی که استفادهٔ گسترده از خودروهای سبددار مخصوص عملیات برق (لاین‌تراک) وجود نداشته باشد، برای فراهم آوردن امکانات جهت انجام عملیات تعمیر و نگهداری و همچنین بالا رفتن سیمبانان از تیرهای بتنی با سطح صاف مانند پیش‌تنیده و تیرهای بتنی با فرورفتگی باید سوراخ‌هایی به قطر ۲۰ میلی‌متر با فاصلهٔ ۴۴ الی ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر در نظر گرفت. این سوراخ‌ها در وجه کم عرض تیر تعبیه شده و فاصلهٔ اولین سوراخ تا فرورفتگی در تیرهای بتنی مسلح حدود ۲/۷۵ و در تیرهای پیش‌تنیده ۰/۸۶ متر در نظر گرفته شده است. تعبیه و در نظرگرفتن سوراخ‌های پلکان تیر در پایه‌های گِرد پیش‌تنیده که به علت سطح صاف سیمانی آن، بالا رفتن از آن‌را غیرممکن کرده، از ضروریات خواهد بود.

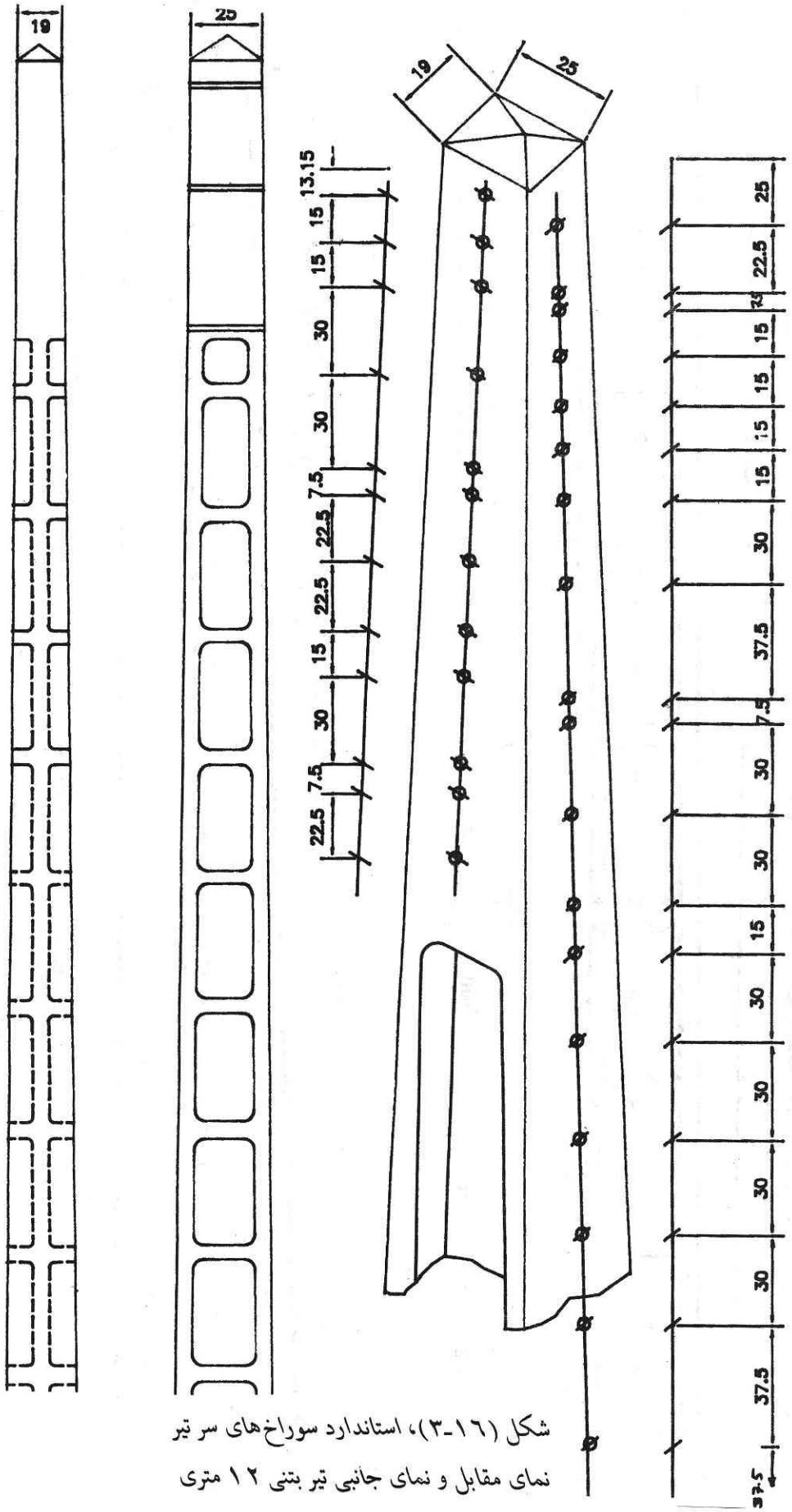
از طرف دیگر، تیرها باید دارای سوراخ‌هایی برای نصب لوازم خطوط هوایی و نصب لوازم شبکه هوایی باشند. این سوراخ‌ها، به‌طور معمول در ۲/۵ متری سر تیرها ایجاد می‌شوند و به اصطلاح «***سوراخ‌های رأس تیر***» نام‌گذاری شده‌اند. براساس استاندارد ساخت، قطر سوراخ‌ها باید برابر ۲۰ میلی‌متر و در هر دو وجه به صورت عمود بر محور طولی تیر باشد. شکل (۱۶-۳) استاندارد فاصله سوراخ‌های تیرهای بتنی را نشان می‌دهد. اهمیت یکنواخت سازی و رعایت فاصله تعریف شدهٔ این سوراخ‌ها توسط همهٔ سازندگان به جهت متناسب‌سازی ساخت کنسول، پین‌ها، سکّوهای ترانس و سرکابل‌ها براساس رعایت این فواصل الزامی گردیده است. به عنوان مثال، در طرح‌های قبلی تیرهای بتنی ساخته شده در برق آذربایجان، فاصله بین سوراخ‌ها مطابق شکل (۱۷-۳) به‌جای مضربی از ۷/۵ استاندارد شده وزارت نیرو، مضربی از عدد ۷ بودند که این روش متفاوت، ایجاد مشکلاتی برای کاربران می‌نماید.

در مراحل بتن‌ریزی، باید دقت شود که داخل همهٔ سوراخ‌ها تمیز و بدون بتن باشند یعنی بتن‌ریزی و بازکردن قالب‌ها به‌گونه‌ای انجام شود که بتوان میله‌ای به قطر ۱۸ میلی‌متر (پیچ‌های استاندارد به قطر ۱۶) را به‌راحتی از آن‌ها عبور داد.

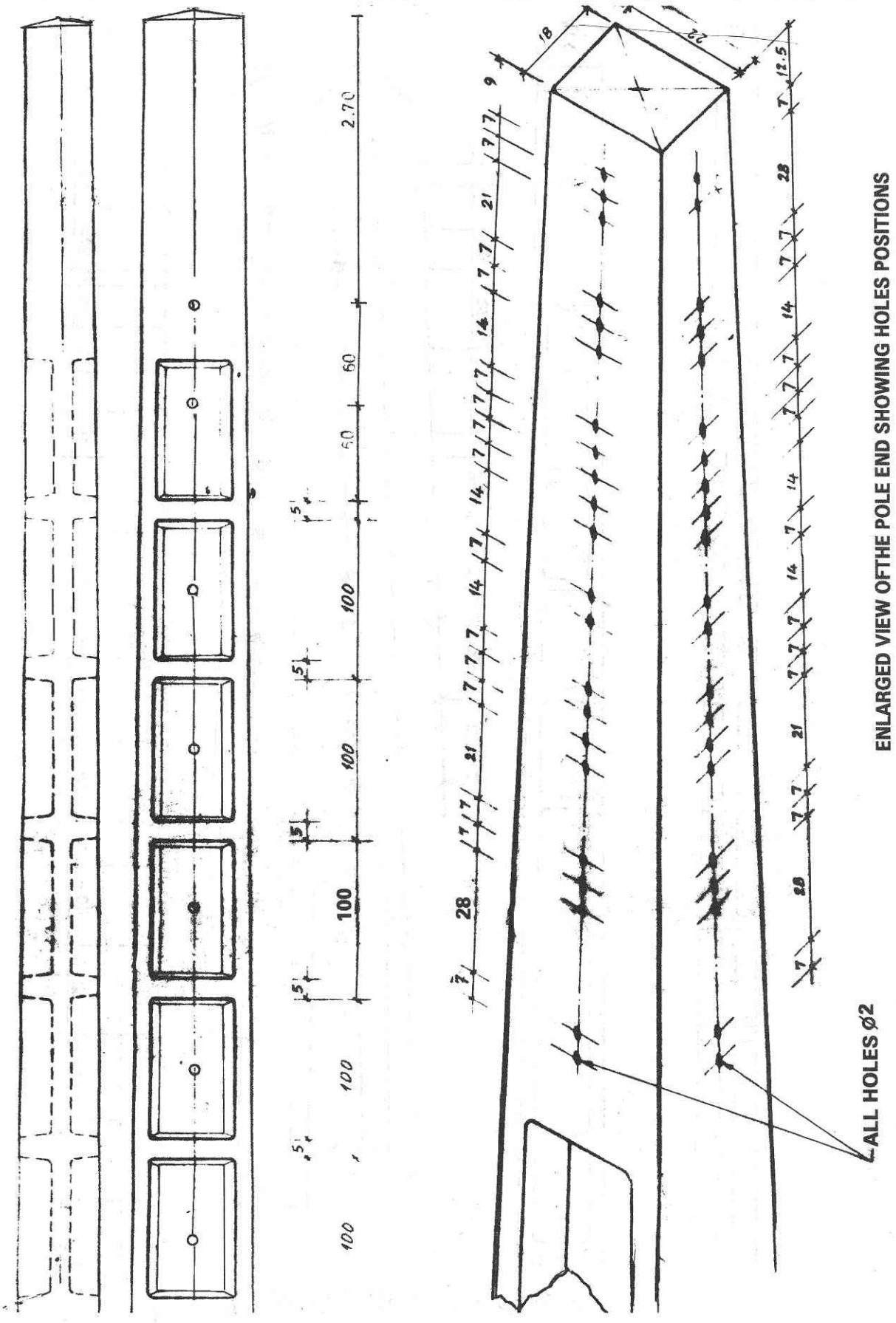
در طرح‌های جدید پایه‌های ساخته شده در کشورهای پیشرفته، پس از بررسی و مطالعهٔ کارشناسی، کلیه سوراخ‌های مورد نیاز برای نصب تجهیزات شبکه روی پایه، در هر وجه پایه متناسب شده سپس ارتفاع مورد نظر برای نصب آن مشخص و استاندارد شده است. حتی در موارد پیشرفته‌تر، هنگامی که استفادهٔ چند منظوره از یک پایهٔ مشترک به توافق برسد، محل دیگر تأسیسات شهری نیز روی پایه تعبیه و فضای مورد نیاز آن درنظرگرفته می‌شود. می‌توان سوراخ‌های مورد نیاز هادی‌ها و شبکهٔ فوق توزیع را، همچنین محل و سوراخ‌های بتن شبکه فشار متوسط در پایین آن و به ترتیب با کاهش سطح ولتاژ سوراخ‌های محل نصب ترانس، سیستم روشنایی معابر، شبکه فشار ضعیف سرویس به مشترکین را در نظرگرفت. به عنوان مثال سوراخ‌های در نظرگرفته شده در طرح جدید پایه‌ها، برای یک سوم بالایی

سر تیر می‌تواند به این شرح باشد:

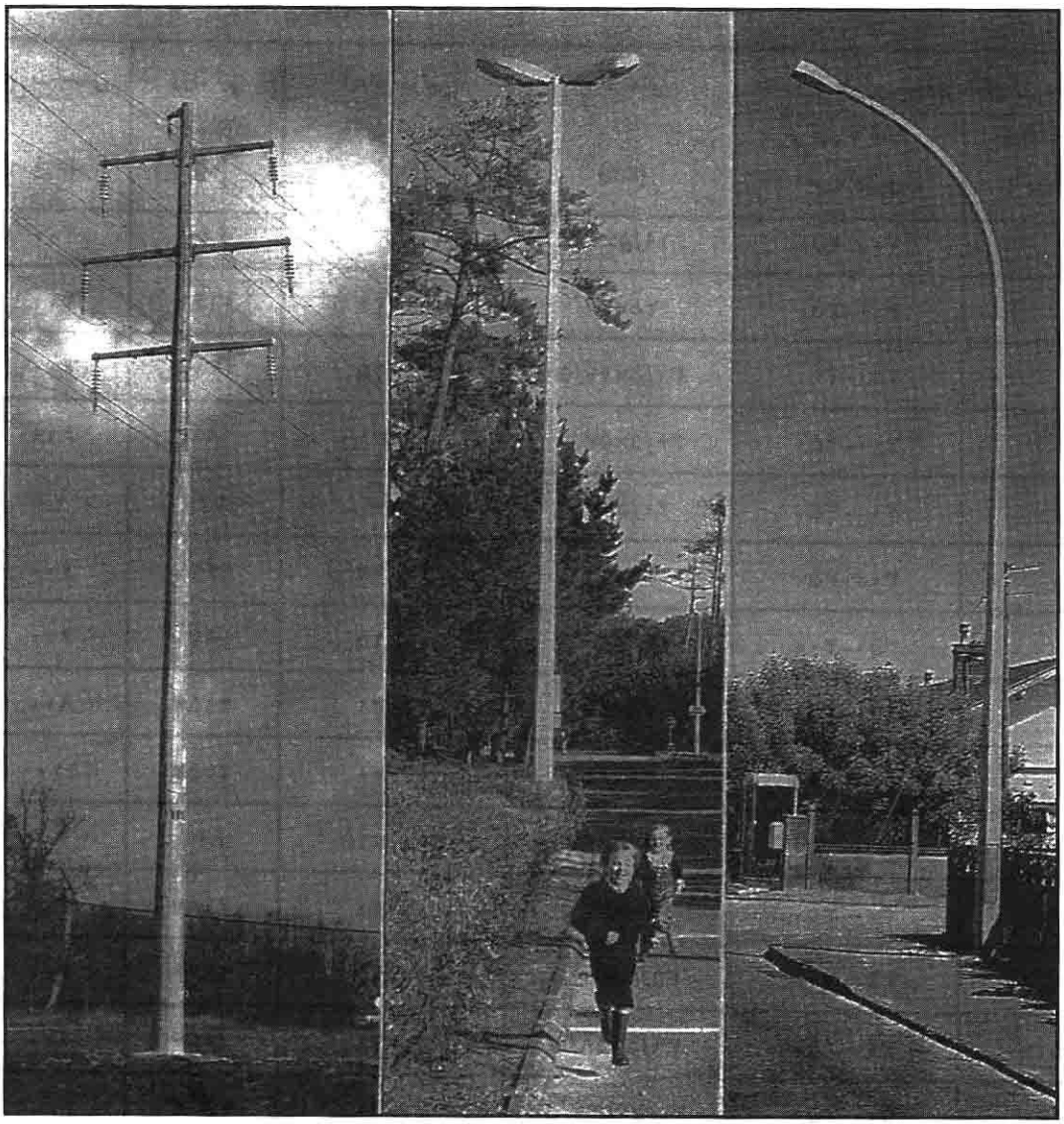
- سوراخ برای پایه (میله) مقره سر تیر یا میلهٔ اتصال سیم خنثی.
- سوراخ برای بستن کراس‌آرم و کنسول‌های شبکه فشار متوسط.
- سوراخ برای بستن سایدآرم و کنسول‌های یکطرفه.
- سوراخ برای بستن کراس‌آرم و کنسول دوم (دومداره).
- سوراخ برای بستن کلیدها و کات‌اوت‌ها و سکسیونرهای هوایی و بازوهای برقگیر و کات‌اوت فیوزها.
- سوراخ برای بستن سکوی نگهدارندهٔ ترانسفورماتور یا سکوی سرکابل‌ها.
- سوراخ برای بستن تسمه‌های حایل (بریس).
- سوراخ برای بستن بازوی چراغهای روشنایی (به صورت چهارطرفه).
- سوراخ مخصوص اتصال سیستم مهار (میله مهار).
- سوراخ بستن راک‌های فشار ضعیف و کراس‌آرم‌های افقی و عمودی و براکت شبکه فشار ضعیف.
- سوراخ مخصوص بستن اتریه و مقره‌های شبکهٔ فشار ضعیف.
- سوراخ مخصوص بستن کابل‌های فشار ضعیف.
- سوراخ مخصوص بستن حایل‌های نگهدارندهٔ کابل‌های فشار ضعیف.



شکل (۱۶-۳)، استاندارد سوراخ‌های سر تیر
نمای مقابل و نمای جانبی تیر بتنی ۱۲ متری



شکل (۱۷-۳): نمای مقابل و جانبی سوراخ‌های سر تیر ـ قالب‌های ساخت برق آذربایجان



شکل (۱۸-۳): کاربرد تیرهای بتنی

الف) پایه‌های روشنایی قوسی شکل، ب) پایه بتنی خیابانی و پارکی، ج) پایه خطوط انتقال انرژی

طول تیر [m]	قدرت اسمی [kg]	وزن تیر ±۸٪ [kg]	ابعاد سرتیر [cm]	ابعاد ته‌تیر [cm]	طول پیچ و مهره‌های مورد نیاز	
					از تیر تا ۲/۵ متر پائین‌تر	از ۲/۵ تا ۵ متری پائین‌تر از سرتیر
۹	۲۰۰	۶۲۰	۱۰/۵×۱۵	۱۹/۵×۳۳	۲۰۰-۲۵۰	-
۹	۴۰۰	۱۱۶۷	۱۹×۲۲	۲۸×۳۰	۳۰۰-۳۵۰	-
۹	۶۰۰	۱۳۷۸	۱۹×۲۵	۳۲/۵×۴۷/۵	۳۵۰-۴۰۰	-
۹	۸۰۰	۱۸۸۳	۲۳×۳۱	۳۶/۵×۵۳/۵	۴۰۰-۴۵۰	-
۱۰	۲۰	۷۳۰	۱۰/۵×۱۵	۲۰/۵×۳۵	۲۰۰-۲۵۰	-
۱۰	۲۰۰	۱۳۲۷	۱۹×۲۲	۲۹×۴۲	۳۰۰-۳۵۰	-
۱۰	۶۰۰	۱۶۲۰	۱۹×۲۵	۳۳×۵۰	۳۵۰-۴۰۰	-
۱۰	۸۰۰	۲۱۵۹	۲۳×۳۱	۳۸×۵۶	۴۰۰-۴۵۰	-
۱۰	۱۲۰۰	۲۷۵۲	۲۴×۳۰	۳۹×۶۵	۵۰۰-۵۵۰	-
۱۱	۲۰۰	۸۴۰	۱۰/۵×۱۵	۲۱/۵×۳۷	۲۰۰-۲۵۰	۲۵۰-۳۰۰
۱۱	۴۰۰	۲۱۸۷	۱۹×۲۲	۳۰×۳۳	۳۰۰-۳۵۰	۳۵۰-۴۰۰
۱۱	۶۰۰	۱۸۶۱	۱۹×۲۵	۳۵/۵×۵۲/۵	۳۵۰-۴۰۰	۴۰۰-۴۵۰
۱۱	۸۰۰	۲۴۳۶	۲۳×۳۱	۳۹/۵×۵۸/۵	۳۰۰-۴۵۰	۴۵۰-۵۰۰
۱۱	۱۲۰۰	۳۱۱۴	۲۴×۴۰	۴۰/۵۸×۱۷/۵	۵۰۰-۵۵۰	۵۵۰-۶۰۰
۱۲	۲۰۰	۹۷۰	۱۰/۵×۱۵	۲۱/۵×۳۹	۲۰۰-۲۵۰	۲۵۰-۳۰۰
۱۲	۴۰۰	۱۶۷۸	۱۹×۲۲	۳۱×۴۶	۳۰۰-۳۵۰	۳۵۰-۴۰
۱۲	۶۰۰	۲۱۱۵	۱۹×۲۵	۳۷×۵۵	۳۵۰-۴۰۰	۴۰۰-۴۵۰
۱۲	۸۰۰	۲۷۶۵	۲۳×۳۱	۴۱×۶۱	۴۰۰-۴۵۰	۴۵۰-۵۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۳۵۱۷	۲۴×۴۰	۴۲×۲۰	۵۰۰-۵۵۰	۵۵۰-۶۰۰

توضیح: قطر کلمه پیچ و مهره‌های مورد مصرف ۱۶ میلیمتری می‌باشد.

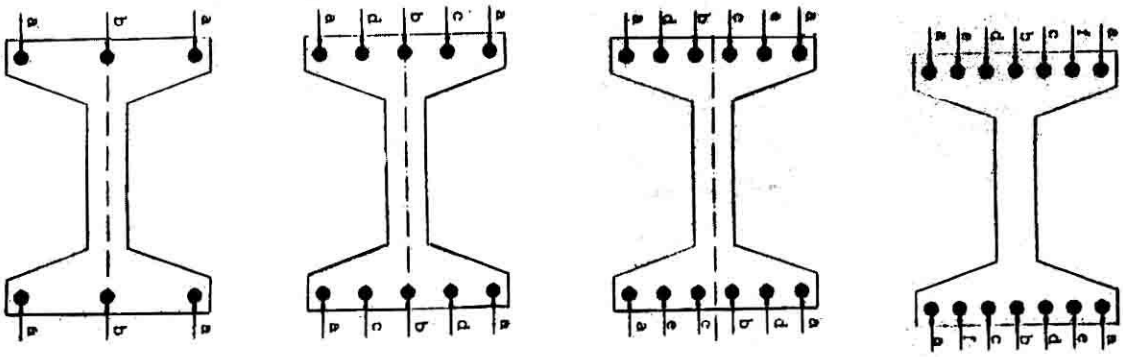
جدول (۱۸-۳)، خلاصهٔ مشخصات مقطع تیرهای بتنی و اندازهٔ پیچ و مهره‌های مناسب برای نصب طرح‌های احداث شبکه‌های توزیع نیرو

۳ـ۵ـ۴ ـ مشخصات مصالح و نقشه‌های ساخت پایه‌های بتنی مسلح

مقدار و نوع مصالح مورد استفاده برای ساخت پایه‌های بتنی مثل سیمان، سنگدانه (شن و ماسه)، آب و میل‌گرد، باید مطابق استاندارد تیرهای بتنی وزارت نیرو انتخاب، و بتن‌ریزی براساس شرایط آن انجام شود. سیمان مصرفی، نوع ۱ یا ۲ مورد استفادهٔ عموم قرار می‌گیرد و در مواقعی پایه که باید براساس سفارش ادارهٔ برق، برای مناطق کنارهٔ دریا و یا دریاچه‌های دارای آب شور (حاشیهٔ جنوبی کشور یا دور دریاچهٔ ارومیه) ساخته شود، لازم است سیمان ضدسولفاته (نوع ۵) مورد استفاده قرارگیرد.

در هر حال، برای ساخت تیرهای بتنی باید از بتن مسلح با حداقل مقاومت $۳۰۰ Kg/cm^2$ و از آرماتورهای آجدار نوع A−II با مقاومت کششی $۳۰۰۰ Kg/cm^2$ استفاده کرد. شکل قالب‌ها باید طوری طراحی شوند که با داشتن قالب ۱۲ متری و حذف ۳ متر پایین آن، بتوان برای ساخت پایه ۹ متری با همان قدرت اقدام نمود. برای پایه‌های ۱۵ متری نیز، با اضافه کردن قطعهٔ ۳ متری (با یک رده قدرت) از قالب پایهٔ ۱۲ متری استفاده شود. به عنوان مثال، قالب پایه ۱۲ متری با قدرت ۱۲۰۰ برای ساخت پایه ۱۵ متری به قدرت ۸۰۰ به‌کار می‌رود.

فاصلهٔ پله‌ها ۱ متری است که در انتهای سر تیر به فاصلهٔ ۲/۵ متری پس از یک پلهٔ ۰/۵ متری بقیه به صورت مقطع صاف مربعی ساخته می‌شود. که برای ایجاد سوراخ‌های سازه‌ای سر تیر در دو وجه آن مد نظر قرار می‌گیرد. در هر حالت، مقطع استقرار آرماتورها نسبت به یکدیگر، در پایه‌های استاندارد شدهٔ بتنی مسلح، مثل شکل (۱۹ـ۳) می‌باشد.

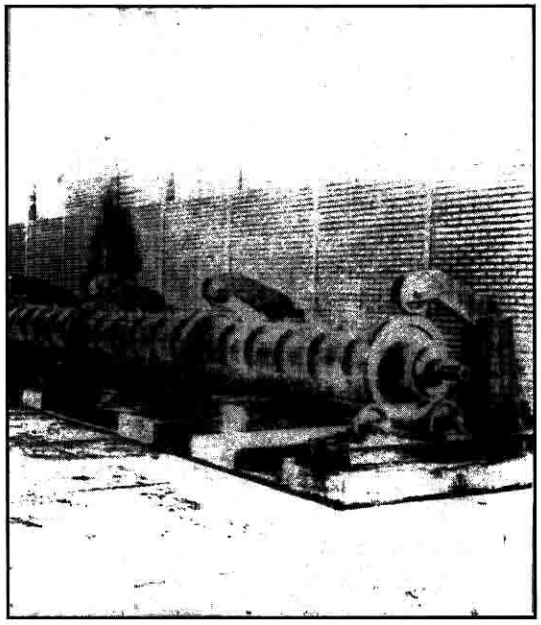


شکل (۱۹ـ۳): مقاطع استقرار آرماتورها در پایه‌های بتنی

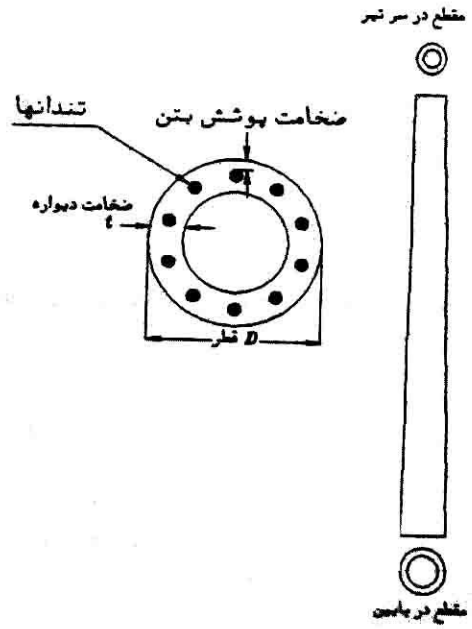
۳ـ۶ـ پایه‌های بتنی پیش‌تنیده

اصطلاح پایهٔ بتنی پیش‌تنیده به تیری گفته می‌شود که میل‌گردهای بـا قـدرت کشش زیـاد[1] یـا سیم‌های فولادی تندان[2]، قبل از ریختن بتن، روی آن‌ها کشیده شده و پس از این‌که بتن برای نگه‌داشتن این سیم‌ها به همان حالت کشیده شده (تنیده شده) قدرت کافی را پیدا کرد، نـیروی کششـی از روی سیم‌ها برداشته شود. این عمل، باعث ایجاد قدرت استحکام مکانیکی بیشتر در پایه‌ها خواهد شـد. تیرهای بتنی پیش‌تنیده، در طول‌های تعریف شدهٔ استاندارد وزارت نیرو، مطابق با جدول (۹ـ۳) دارای «**قدرت اسمی**» مورد نظر خواهند بود. به عبارت دیگر، در قسمت بالای (۶۰ سانتی‌متری) سر تیر هر کیلوگرم بار را با ضریب اطمینان ۲ می‌توانند تحمل کنند.

تیرهای بتنی پیش‌تنیده، بیشتر با مقطع گِرد بوده، قسمت وسط آن توخالی است. در این صورت، با استفاده از روش گریز از مرکز (به کمک ماشین چرخش) این تیرها ساخته می‌شوند. به‌طور معمول قطر خارجی سر تیر، قطر خارجی قسمت پایین و نیز ضخامت دیوارهٔ آن، برحسب سانتی‌متر بیان می‌شود. مقطع عرضی و تعداد میل‌گردها، برحسب قدرت و نوع تیر، و همچنین مطابق قالب‌های ساخته شده تعیین می‌گردد. شکل (۲۰ـ۳) شمای کلی یک تیر بتنی پیش‌تنیده را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است که تیرها، با بتن مقاومت بالا (حداقل $۵۰۰ Kg/cm^2$) طراحی شده است. سیم‌های به کار رفته در پـیش‌تنیدگی ایـن تـیرها نـیز، از سـیم مقاومت بالا، با حداقل مقاومت جاری شدن $۱۵۰۰۰ Kg/cm^2$ پیش‌بینی می‌گردد.



شکل (۲۱ـ۳): دستگاه گریز از مرکز تولید تیر بتنی



شکل (۲۰ـ۳): نمای کلی تیر بتنی پیش‌تنیده

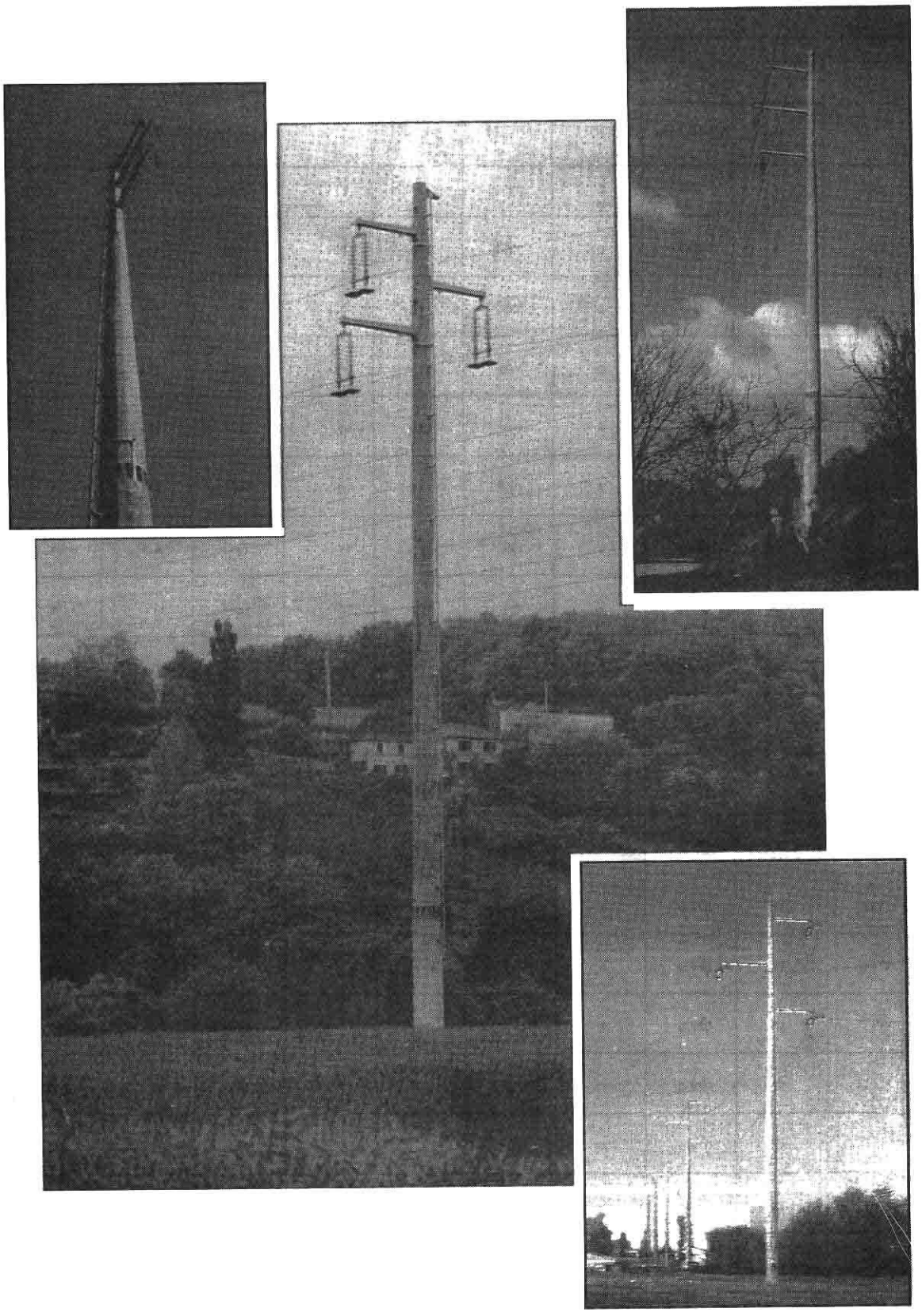
1– High Tensile wires

۲– تندان به سیم‌های فولادی می‌گویند که قدرت تحمل نیروی کششی زیادی را داشته باشد.

جدول (۹ـ۳): اطلاعات تیرهای بتنی پیش‌تنیده ـ مقطعِ گرد

طول تیر (متر)	قدرت اسمی (کیلوگرم‌نیرو)	مقاومت در مرحله ارتجاعی (کیلوگرم‌نیرو)	مقاومت نهایی (کیلوگرم‌نیرو)	قطر تیر در قسمت بالا (mm)	قطر تیر در قسمت پایین (mm)	ضخامت دیوار تیر (mm)	سیم‌پاکشش زیاد (میل‌گرد فولادی)		وزن (Kg)
							قطر (mm)	تعداد	
۸	۱۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۱۲۰	۲۴۰	۵	ϕ۵	۴	۳۴۱
۸	۱۵۰	۲۲۵	۴۵۰	۱۳۵	۲۴۰	۵	ϕ۵	۸	۳۵۰
۸	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۱۳۵	۲۴۰	۵	ϕ۵	۱۲	۳۵۸
۹	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۱۳۰	۲۶۵	۵	ϕ۷/۵	۶	۴۷۴
۹	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰	۱۶۵	۳۰۰	۶	ϕ۷/۵	۸	۶۷۲
۹	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰	۱۸۵	۳۲۰	۶	ϕ۷/۵	۱۲	۷۶۱
۹	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰	۲۳۵	۳۷۰	۷	ϕ۷/۵	۱۴	۱۰۵۷
۹	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۲۳۵	۳۷۰	۷	ϕ۷/۵	۱۸	۱۰۷۳
۱۰/۵	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۱۳۰	۲۰۷/۵	۶	ϕ۷/۵	۶	۹۵۹
۱۰/۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰	۱۶۵	۳۲۲/۵	۷	ϕ۷/۵	۸	۱۲۵۵
۱۲	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۱۳۰	۳۱۰	۶	ϕ۷/۵	۶	۸۱۷
۱۲	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰	۱۶۵	۳۶۵	۷	ϕ۷/۵	۸	۱۱۲۸
۱۲	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰	۳۸۰	۷	ϕ۷/۵	۱۲	۱۳۳۸
۱۲	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰	۴۸۰	۸	ϕ۷/۵	۱۴	۲۱۰۷
۱۲	۱۲۰۰*	۱۸۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰	–	۹	ϕ۷/۵	۱۶	۲۳۰۰
۱۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰	۴۲۵	۷	ϕ۷/۵	۱۲	– ۰
۱۵	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۵۲۵	۸	ϕ۷/۵	۱۴	–
۱۵	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰	۵۲۵	۹	ϕ۷/۵	۱۸	–
۱۵	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۳۵۰	۵۷۵	۹	ϕ۷/۵	۲۰	۲۵۸۵

* تیر با قدرت ۱۰۰۰ تولید می‌شود.



شکل (۲۲ـ۳): نمونه‌هایی از کاربرد تیرهای بتنی مسلح ـ پیش‌تنیده

جدول ساخت تیرهای بتنی پیش فشرده ـ تهیه شده در کارگاه تیرسازی برق آذربایجان

فولاد Kg Kg	صفحه‌های شش‌ضعلی Kg	خاموت ϕ٤ فنری Kg	وزن کل تیر ()	میل‌گردهای کمکی غیرفولادی			میل‌گرد فولادی			حجم بتن	ضخامت دیواره (M^3)	قطر پایینی (cm)	قطر بالایی (mm)	ضریب اطمینان	بار میانگین (Kg)	بار عادی (Kg)	نوع تیر
				وزن	قطر میل‌گرد	تعداد	وزن (Kg)	قطر میل‌گرد	تعداد								
١٦/٧٧	٠/٨٤	٤/٢٧	٠/٣٥٨ton	١	٣-١/٣١m ϕ ٤ ٣-٢/٠٤m	٦	١١/٥	ϕ ٦ ٨/٦m	٦	٠/١٥٧	٤/٥	٢٣٥	١٣٥	٢	١٠٠	١٥٠	٨/١٥٠
٢٦/٧٠	١/١٢	٥/١٠	٠/٤٣٩	٤/٥	٤-١/٦٦m ϕ ٦ ٤-٣/٣٨m	٨	١٧/١	ϕ ٦ ٨ ٩/٦٤,	٨	٠/١٩٠	٤/٥	٢٥٢/٥	١٤٠	٢	١٣٣/٣	٢٠٠	٩/٢٠٠
٤٧/٣٦	٤	٥/٩٦	٠/٥٩٨	١/٣	٣-١/٣٦m ϕ ٤ ٣-٢/٥٦m	٦	٤٠/١	ϕ ٧/٥ ٩/٦٤,	١٢	٠/٢٥٣	٥	٣٠٠	١٦٥	٢	٢٦٦/٧	٤٠٠	٩/٤٠٠
٧٠/٨٦	٥/٢٣	٩/٤٦	١/١١٨	٧/٩	٤-٢/٠٥m ϕ ٨ ٤-٢/٤٣m	٨	٥٣/٥	ϕ ٧/٥ ٩/٦٤m	١٦	٠/٤٨٠	٦	٤١٥	٢٨٠	٢	٦٦٦/٧	١٠٠٠	٩/١٠٠٠
٦٥/٨٥	٤	٨/٦٥	٠/٩٥٤	٤/٦	٣-٢/٣٢m ϕ ٦ ٣-٤/٦٠m	٦	٥٣/٦	ϕ ٧/٥ ١٢/٦٤m	١٢	٠/٤٠٨	٥/٥	٣٤٥	١٦٥	٢	٢٦٦/٧	٤٠٠	١٢/٤٠٠
٩٤/٤٧	٥/٣٣	١٠/٠٧	١/١٣٤	١٤/٣	٤-٣/٣٥m ϕ ٨ ٤-٥٧٠m	٨	٧٠/١	ϕ ٧/٥ ١٢/٦٤m	١٦	٠/٤٧٧	٥/٥	٣٨٠	٢٠٠	٢	٤٠٠	٦٠٠	١٢/٦٠٠
١٠٤/٣٥	٥/٣٣	١٣/٤٠	١/٩٢٤	٢٠/٨	٤-٣/٤٠m ϕ١٠ ٤-٢/٤٣m	٨	٧٠/١	ϕ ٧/٥ ٩/٦٤m	١٦	٠/٨٣٣	٧	٤٨٠	٣٠٠	٢	٦٦٦/٧	١٠٠٠	١٢/١٠٠٠
١٥٣/٥٤	٦/٦٦	١٧/٦٢	٢/٥٨٥	٢٧/٤	٥-٣/٢٥m ϕ١٠ ٤-٢/٤٣m	١٠	١٠٣/٥	ϕ ٧/٥ ٩/٦٤m	٢٠	١/١١٦	٧	٥٢٥	٣٠٠	٢	٦٦٦/٧	١٠٠٠	١٥/١٠٠٠

۳ـ۷ـ فونداسیون

معمول‌ترین فونداسیون برای تیرهای چوبی و بتنی مسلح، دفن مستقیم آن‌ها در خاک است. تجربهٔ خطوط اجرا شده نشان‌دهندهٔ عملکرد خوب این نوع فونداسیون با هزینهٔ کم آن است. آن مقدار از طول تیر که در خاک قرار می‌گیرد، برحسب مقاومت جانبی خاک (جنس زمین) به‌دست می‌آید و تابعی است از خاک محل و مصالحی که گودال فونداسیون را پر می‌کند. نکته قابل توجه در مورد کیفیت مصالح پرکننده «**درجهٔ تراکم**» آن است که به یقین در استقامت فونداسیون تأثیر خواهد گذاشت. بنابراین مهمترین قسمت دفن مستقیم پایه‌های بتنی، مربوط به نحوهٔ سنگ چینی و کوبیدن آن‌ها توسط دیلم و یا اهرم مخصوص است.

برای پر کردن گودال اطراف تیر، می‌توان از خاک محل، خاک درشت دانه، سنگ‌های شکسته شده، قلوه سنگ و حتی بتن استفاده کرد. بتن نسبت به خاک‌های درشت دانه‌ای که خوب کوبیده شده، دارای مزیّت خاصی نیست، تنها امتیاز پرکردن با بتن این است که به‌علت یکپارچه‌سازی فونداسیون، نیازی به کوبیدن نیست، امّا این نکته را نیز باید در نظر داشت که علاوه بر گران‌تر بودن بتن، عدم دقت در پر شدن کامل ته فونداسیون و نگهدارنده‌های شیمیایی تا زمان گیرش نهایی بتن، هزینه‌های زیادی باید صرف شود.

۳ـ۷ـ۱ ـ گودبرداری برای نصب پایه‌ها

برای کندن یک چالهٔ تیر به اندازه مناسب، که بتواند همهٔ نیروها و لنگرهای وارده را تحمل کرده پایه را همچنان در خاک استوار نگهدارد باید موارد زیر را در نظر گرفت:

۳ـ۷ـ۱ـ۱ ـ ابعاد گودال

قطر چاله‌ای که کنده می‌شود متناسب با اندازهٔ قطر پایهٔ مورد نظر که باید در چاله قرار گیرد، است. یعنی قطر چاله باید به اندازه‌ای باشد که فضای کافی در هر طرف پایه، برای پرکردن اطراف و محکم نمودن آن و همچنین برای مانور تیر و قرار دادن آن در طول خط وجود داشته باشد. در مورد چالهٔ پایه‌های چوبی نیز باید فضای کافی برای استفاده از اهرم به منظور نصب تیر وجود داشته باشد. به‌طور معمول ابعاد جانبی گودال را باید به اندازهٔ ته تیر به‌علاوه ۲۰ سانتی‌متر از هر طرف در نظر گرفت. به عنوان یک قانون تجربی، می‌توان عمق فونداسیون را برابر ۱۰ درصد طول تیر به‌علاوه ۶۰ سانتی‌متر (در زمین معمولی) در نظر گرفت.

۳ـ۷ـ۱ـ۲ ـ جنس زمین

به‌طور کلی طبق استاندارد وزارت نیرو نوع خاک به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

الف) زمین‌های معمولی

این زمین‌ها، شامل گل خشک و سفت شده، شنزار خشک و سفت شده و همچنین شن و ماسهٔ به‌هم فشرده و سفت می‌باشد.

ب) زمین‌های سُست

این نوع زمین شامل شن نرمی است که نشست بکند. خاک رُس، گِل نرم، کود و لجن، رُس نرم یا مرطوب، ماسهٔ نرم، سنگ‌ریزه و ریگ سُست بدون خاکریزه و یا ترکیبی از انواع این‌ها، می‌تواند از این نوع باشد. این زمین‌ها سُست بوده و به‌راحتی با بیل و کلنگ دستی کَنده می‌شوند.

ج) زمین‌های سفت یا سخت (خوب)

این نوع زمین شامل خاک رُس و شن درشت خشک و به‌هم فشرده است. شن این زمین‌ها سفت بوده و نشست نمی‌کند. سنگ ریزه و خاک ریگ‌دار سفت (مخلوط با شن)، صخرهٔ سست، رسوب سخت، خاک شسته، رُس آبی یا زرد رنگ، رسوب‌های سخت و یا ترکیبی از خاک‌های نامبرده با اندازه‌های متفاوت در این زمین‌ها دیده می‌شود.

د) زمین‌های سنگلاخ

در این زمین‌ها، برای کندن چاله به دینامیت یا کمپرسور احتیاج می‌باشد زیرا زمین‌های سنگلاخی از تخته سنگ‌های سخت و یکپارچه تشکیل شده است.

جدول (۱۰ـ۳)، ابعاد گودبرداری برای تیرهای بتنی را در زمین‌های مختلف آورده است. در این جدول، زمین معمولی و خوب یک‌جا نوشته شده و قدرت‌های ۲۰۰ تا ۶۰۰ به تقریب برای پایه‌های میانی، قدرت‌های ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ برای پایه‌های انتهایی و زاویه بیان شده است.

۳ـ۷ـ۱ـ۳ ـ وزن و نیروی کششی پایه‌ها

دورچینی فونداسیون پایه‌ها، از مقدار وزن تجهیزات، پایه و همچنین میزان نیروی کششی تیر تأثیر می‌پذیرد. به عنوان مثال، مشخصات گود و دورچینی پایه‌های میانی نسبت به تیرهای انتهایی و زاویه، به‌علت کمتر بودن نیروی کششی متفاوت و ساده‌تر است. هر چه قدرت پایهٔ بتنی افزایش یافته و میزان لنگر خمشی تیرِ در معرض کشش بیشتر باشد، حجم فونداسیون بزرگتر خواهد شد. به جدول (۱۰ـ۳) توجه کنید. در هنگام طراحی فونداسیون، باید به این نکته توجه داشت که به‌دلیل رفتار شمع مانند این نوع فونداسیون‌ها، بیشترین لنگرخمشی به جای سطح زمین، در نقطه‌ای پایین‌تر از سطح زمین اتفاق می‌افتد، به همین دلیل است که تهِ بیشتر تیرها، مقطعی بزرگتر دارند. افزایش سطح مقطع تیر، می‌تواند جبران کننده باشد پس برای مقابله با فشارِ لنگر خمشی، می‌توان در تهِ گودال محل تیر بتنی انتهایی و یا کششی از بلوک سیمانی ریخته شده قبل از شروع نصب پایه استفاده نمود.

توجه: در تیرهای پیش‌تنیده (که دارای مقطع توخالی هستند)، هنگامی که از مهار استفاده می‌شود یا فشار عمودی زیاد می‌باشد، به‌علت افزایش نیروی محوری در طول تیر باید به چگونگی انتقال این نیرو (به زمین درکف تیر) توجه ویژه‌ای نمود و برای مقابله با تنش‌های لهیدگی در آن ناحیه، در زیر تیر از صفحه‌های بزرگتری کمک گرفت. این موضوع در مواقعی که جنس خاک زمین از نوع سُست است، رعایت خواهد شد. شکل (۲۳ـ۳) مشخصات گود و دورچینی دو نوع پایهٔ بتنی توخطی و پایه‌های کششی و زاویه را نشان می‌دهد.

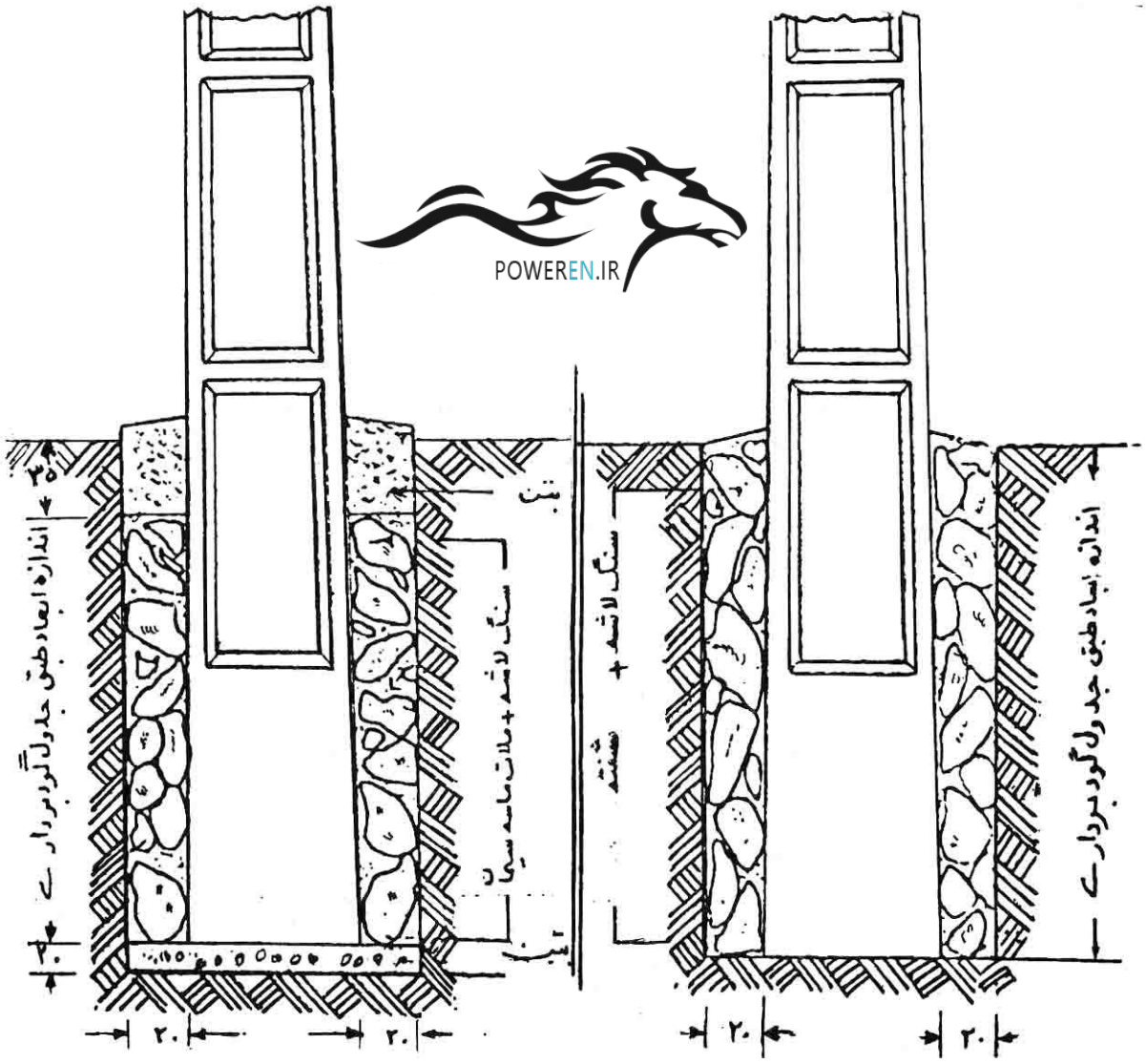
جدول (۱۰ـ۳): ابعاد گودبرداری تیرهای بتنی در زمین‌های متفاوت

قدرت اسمی (Kg)	طول تیر (m)	زمین معمولی و خوب		زمین سُست و مرطوب		زمین سخت و سنگی	
		ابعاد جانبی	عمق گود	ابعاد جانبی	عمق گود	ابعاد جانبی	عمق گود
۲۰۰ تا ۶۰۰	۸	۸۰×۷۰	۱۵۰	۸۰×۷۰	۱۶۰	۸۰×۷۰	۱۳۰
	۹	۹۰×۸۰	۱۶۰	۹۰×۸۰	۱۷۰	۹۰×۸۰	۱۴۰
	۱۰	۹۰×۸۰	۱۷۰	۹۰×۸۰	۱۸۰	۹۰×۸۰	۱۵۰
	۱۱	۱۰۰×۸۰	۱۸۰	۱۰۰×۸۰	۱۹۰	۱۰۰×۸۰	۱۶۰
	۱۲	۱۰۰×۸۰	۱۸۰	۱۰۰×۸۰	۲۰۰	۱۰۰×۸۰	۱۷۰
	۱۳	۱۰۰×۸۰	۲۰۰	۱۰۰×۸۰	۲۱۰	۱۰۰×۸۰	۱۹۰
	۱۵	۱۱۰×۹۰	۲۱۰	۱۱۰×۹۰	۲۲۰	۱۱۰×۹۰	۲۰۰
۸۰۰ تا ۱۲۰۰	۹	۱۰۰×۸۰	۱۶۰	۱۰۰×۸۰	۱۷۰	۱۰۰×۸۰	۱۴۰
	۱۰	۱۰۰×۸۰	۱۷۰	۱۰۰×۸۰	۱۸۰	۱۰۰×۸۰	۱۵۰
	۱۱	۱۱۰×۹۰	۱۸۰	۱۱۰×۹۰	۱۹۰	۱۱۰×۹۰	۱۶۰
	۱۲	۱۱۰×۹۰	۱۸۰	۱۱۰×۹۰	۲۰۰	۱۱۰×۹۰	۱۷۰
	۱۳	۱۲۰×۱۰۰	۲۰۰	۱۲۰×۱۰۰	۲۱۰	۱۲۰×۱۰۰	۱۹۰
	۱۵	۱۲۰×۱۰۰	۲۱۰	۱۲۰×۱۰۰	۲۲۰	۱۲۰×۱۰۰	۲۰۰
مشخصات خاک زمین		گل رُس خشک و سفت شن مخلوط نرم به‌هم‌فشرده شده و سفت، شنزار خشک و سفت، خاک مخلوط رُس، ماسه و قلوه سنگ خشک و سفت		کل مخلوط، رُس و ماسهٔ نرم و مرطوب، شن نرم و مرطوب، شوره‌زار آبدار، طبقات گل رس و ماسه آبدار		شن درشت به‌هم‌فشرده، طبقات سنگ و گل رُس خشک، سنگ سُست، گل رُس خشک و سفت سنگدار	

توضیحات:

۱ ـ برای زمین‌های سخت و سنگی، عمق هر گود برابر ۱۴ درصد طول تیر خواهد بود.

۲ ـ برای کلیه تیرهای بتنی، کمترین فاصله مجاز از بدنهٔ گود ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد.



مشخصات گود و دورچینی تیر بتنی میانی

۱- برای دورچینی تیرهای بتنی میانی در زمین‌های معمولی و سخت و سنگی، از سنگ لاشه و دوغاب ملات سیمان استفاده و سنگ‌لاشه‌ها به‌خوبی کوبیده شود.
۲- برای دورچینی تیرهای بتنی میانی در زمین‌های شست و مرطوب، از سنگ لاشه و شفتهٔ بتن به معیار ۲۵۰ کیلوگرم در مترمکعب استفاده شود.

مشخصات گود و دورچینی تیرهای انتهایی و زوایا

۱- برای دورچینی تیرهای بتنی انتهایی و زوایا و ترانس در زمین‌های مختلف، از سنگ لاشه و ملات ماسه و سیمان و بتن (نوع ۲) به معیار ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب استفاده شود.
۲- پس از سنگ‌چینی، هر لایه سنگ توسط دیلم کوبیده شده توسط دوغاب سیمان به‌خوبی پر می‌شود.

شکل (۲۳-۳): اجرای فونداسیون پایه‌های بتنی

* توضیح: برای دورچینی کلیه تیرهای بتنی در زمین‌های شوره‌ای و پرآب، مطابق روش تیرهای انتهایی و زوایا و ترانس، بتن ضدسولفات (نوع ۵) برعیار ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب استفاده می‌شود.

در ضمن باید یادآوری نمود که طبق استاندارد وزارت نیرو، در زمین‌های سفت و سنگلاخ نباید ضخامت خاک موجود روی آن‌ها از ۲۵٪ حجم چاله تجاوز نماید تا چاله مربوطه از آن دست به‌حساب آید.

۳ـ۷ـ۲ـ محاسبهٔ حجم خاکبرداری، سنگ لاشه و مقدار سیمان برای پرکردن گودها

برای محاسبهٔ حجم سنگ لاشه و مقدار سیمان برای پرکردن گودها، ابتدا باید حجم آن قسمت از پایه را که قرار است در گود قرار گیرد حساب کرده، سپس از مقدار گود کم نمود تا مقادیر آن‌ها به‌دست آید. در ضمن برای محاسبهٔ حجم آن قسمت از پایه که در گود قرار می‌گیرد، باید قطر پایهٔ سنگین (یا بزرگترین تیر موجود در طرح که همان قطورترین پایه است) را در نظر گرفت یعنی که قطر آن برای پایه‌های ۹ و ۱۲ متری، به‌طور متوسط حدود ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

۳ـ۷ـ۲ـ۱ ـ ابعاد فونداسیون

الف) ابعاد گودها برای پایه‌های ۹ متری و مهار فشار ضعیف

۱ـ در زمین‌های سُست یا سفت — سانتی‌متر مکعب ۱۵۰×۸۰×۸۰ برای پایه

سانتی‌متر مکعب ۱۵۰×۸۰×۱۰۰ برای مهار

سانتی‌متر مکعب ۷۰×۷۰×۱۲۰ برای پایه و مهار

ب) ابعاد گودها برای پایه‌های ۱۲ متری و مهار فشار قوی

۱ـ در زمین‌های سُست و یا سفت — سانتی‌متر مکعب ۱۸۰×۸۰×۱۰۰ برای پایه

سانتی‌متر مکعب ۱۸۰×۸۰×۱۲۰ برای مهار

سانتی‌متر مکعب ۱۴۰×۷۰×۷۰ برای پایه و مهار

۲ـ در زمین‌های سنگلاخ

توجه: برای آن که در صورت لزوم، برای قرار دادن پایه در طول خط، بتوان تیر را در چاله حرکت داد، در موارد بالا، اندازهٔ طول گود، بیش از عرض آن در نظر گرفته شده است.

۳ـ۷ـ۲ـ۲ ـ حجم خاکبرداری و پرکردن فونداسیون

الف) برای تیرهای ۹ متری:

ارتفاع × عرض × طول = حجم خاکبرداری (حجم گود)

مترمکعب ۱ ≈ ۰/۹۶ = ۰/۸×۰/۸×۱/۵ =

ارتفاع × مساحت قاعده = حجم پایه در گود

مترمکعب ۰/۱ ≈ ۰/۱ = ۲(۰/۳)× $\frac{۳/۱۴}{۴}$ =

مترمکعب ۰/۹=۱/۰-۱ حجم پایه درگود ـ حجم گود = حجم باقی‌مانده گود

مترمکعب ۰/۵≈۰/۴۵=۰/۹:۲=

بنابراین هرگود برای پایه یا مهار فشار ضعیف به **حدود نیم‌متر مکعب** سنگ لاشه احتیاج دارد.

ب) برای تیرهای ۱۲ متری:

مترمکعب ۱/۵≈۱/۴۴×۱/۸×۰/۸×۱= حجم خاکبرداری (حجم گود)

مترمکعب ۰/۱≈ حجم پایه درگود

مترمکعب ۱/۴=۱/۰-۱/۵= حجم باقیمانده

مترمکعب ۰/۷=۱/۴:۲= حجم سنگ لاشه

بنابراین هرگود برای پایه یا مهار ۲۰ کیلوولت، به حدود **۰/۷ مترمکعب** سنگ لاشه احتیاج دارد.
و هرگود فشار ضعیف یا ۲۰ کیلوولت، برای پایه یا مهار به حدود ۷۵ کیلوگرم سیمان احتیاج دارد.
جدول (۱۱ـ۳) مشخصات و نسبت مصالح انواع دورچینی تیرهای بتنی را ارایه می‌دهد.

جدول (۱۱ـ۳): مشخصات و صورت مصالح انواع فونداسیون تیرهای بتنی

نوع فونداسیون	انواع مشخصات دورچینی تیرهای بتنی	طول تیر (متر) با قدرت اسمی متفاوت	به صورت مشخصات و مقادیر مصالح مورد نیاز					
			سنگ لاشه (مترمکعب)	خاک معمولی (مترمکعب)	سیمان (کیلوگرم)	ماسه شسته (مترمکعب)	شن شسته (مترمکعب)	سیمان نوع ۵ (کیسه ۵۰ کیلوگرمی)
سنگ‌کوبیده‌شده و خاک	سنگ‌لاشه+خاک به نسبت: سنگ ۳، خاک ۱	۸-۱۰	۱	۰/۳۴	-	-	-	-
		۱۱-۱۳	۱/۵	۰/۵	-	-	-	-
سنگ‌باروبه‌بتنی	سنگ‌لاشه + شفتهٔ سیمان باعیار: ۲۵۰ کیلوگرم‌سیمان در مترمکعب	۸-۱۰	۱	-	۸۵	۰/۳۴	-	-
		۱۱-۱۳	۱/۵	-	۱۲۵	/۵	-	-
سنگ و سیمان	سنگ‌لاشه + ملات ملات و سیمان با عیار: ۲۵۰ کیلوگرم‌سیمان در مترمکعب	۸-۱۰	۰/۷۵	-	-	۰/۳۵	۰/۲	۲/۵
		۱۱-۱۳	۱/۲۵	-	-	۰/۵۵	۰/۳	۴
تمام بتنی	بتن، با عیار: ۲۵۰ کیلوگرم‌سیمان در مترمکعب	۸-۱۰	-	-	-	۰/۶	۱/۲	۷/۵
		۱۱-۱۳	-	-	-	۰/۸	۱/۶	۱۰

۳ـ۷ـ۳ ـ فونداسیون‌های خاص

در بعضی مواقع، براساس شرایط محل نصب پایه‌ها، باید فونداسیون‌های خاصی طراحی و مورد استفاده قرار داد. نمونه‌های زیر، برای مثال بیان می‌شود:

الف) نصب پایه در بستر مسیل رودخانه‌های فصلی با احتمال طغیان آب رودخانه.

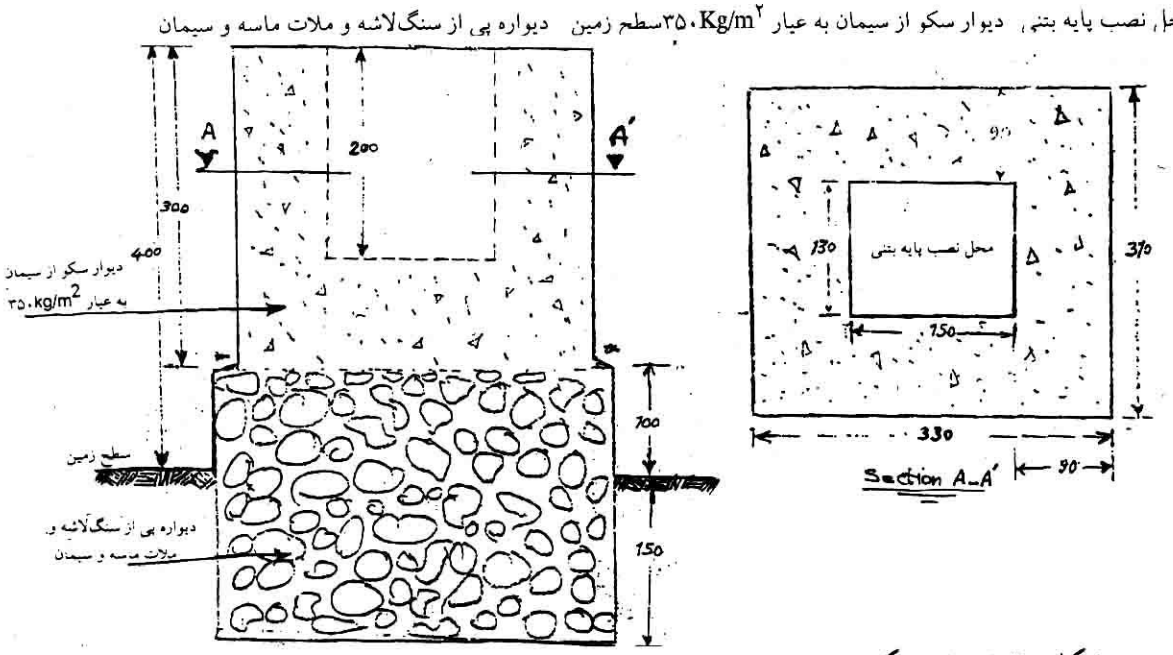
ب) نصب پایه‌ها در محل‌هایی که احتمال آبگرفتگی می‌باشد.

ج) نصب پایه در مناطق و زمین‌های باتلاقی.

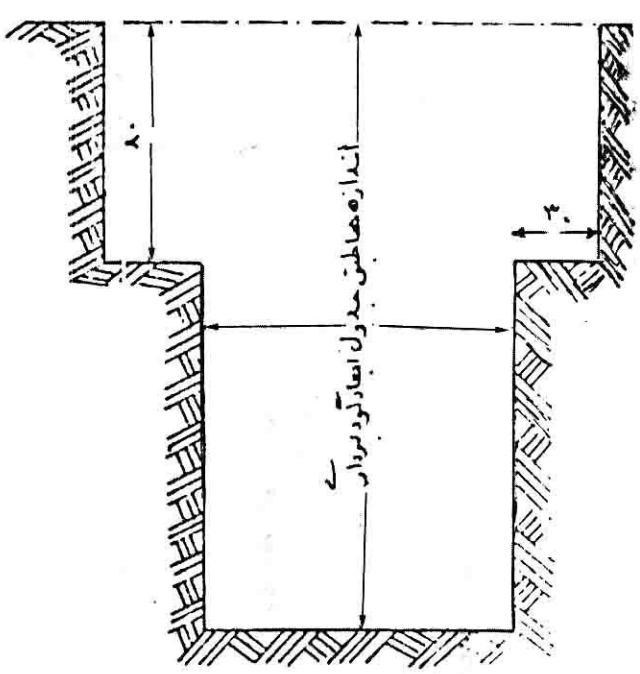
د) افزایش مجازی طول تیر توسط سکوی بتنی بدلیل واقع شدن محل گود در ارتفاع پایین و یا در روفوژ جاده‌ها با احتمال پر شدن بعدی سطح زمین.

ه) فونداسیون برای نصب پایه‌ها در زمین‌های سُست.

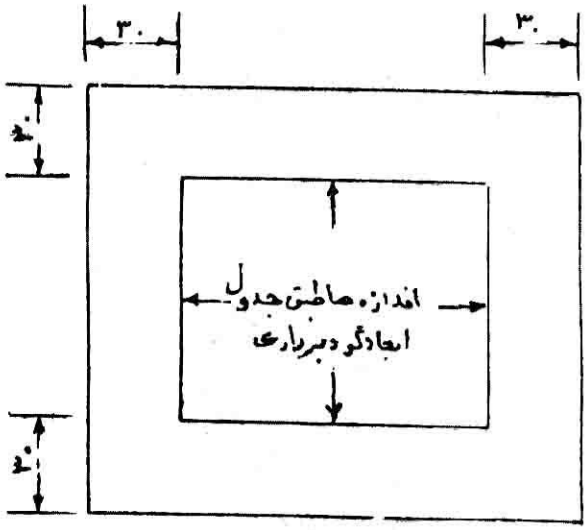
شکل (۲۴ـ۳) چگونگی ساخت سکوی نصب پایه برای افزایش مجازی از سطح زمین و محل نصب پایه با ارتفاع مفید ۴ متر را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۲۵ـ۳) روش سنگ‌چینیِ دور پایه را برای مناطق با احتمال آب‌گرفتگی و شکل‌های (۲۷ و ۲۶ـ۳) جزییات اجرایی یک نمونه فونداسیون خاص، طریقه گودبرداری و نصب و دورچینی تیرهای بتنی در زمین‌های باتلاقی و سست را نشان می‌دهند. طراحی ارتفاع و ابعاد این سکو، به مبزان پارامترهای خط بستگی دارد. تنها نکتهٔ قابل توجه این است که پس از آماده شدن سکو و در زمان نصب تیر بتنی، اطراف آن فقط با سنگ‌ریزه پُر شده و محکم کوبیده می‌شود. در این مورد از دوغاب سیمان استفاده نمی‌شود تا امکان تعویض تیر در مواقع ضروری فراهم باشد.

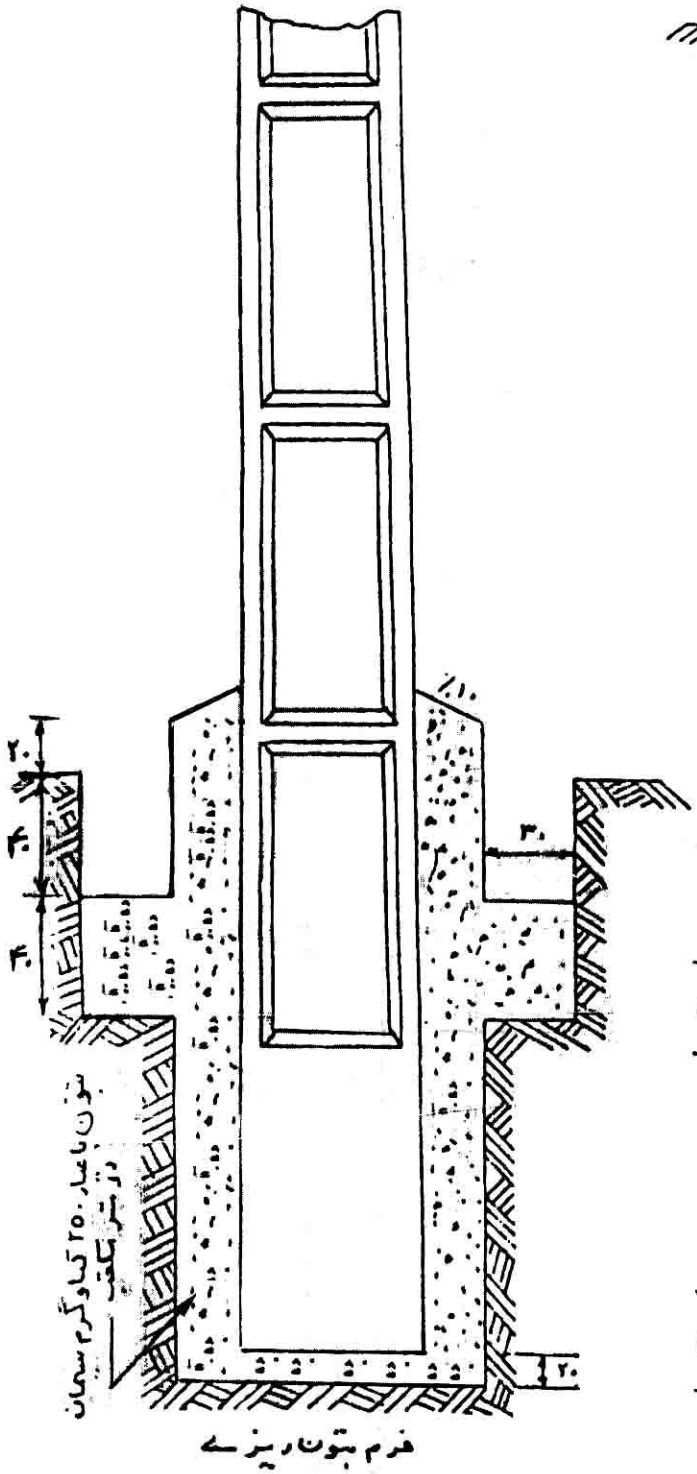


شکل (۲۴ـ۳): سکوی بتنی نصب پایه در مناطقی که به افزایش ارتفاع محل نصب یا افزایش مجازی طول پایه نیاز است



فرم گود برداری

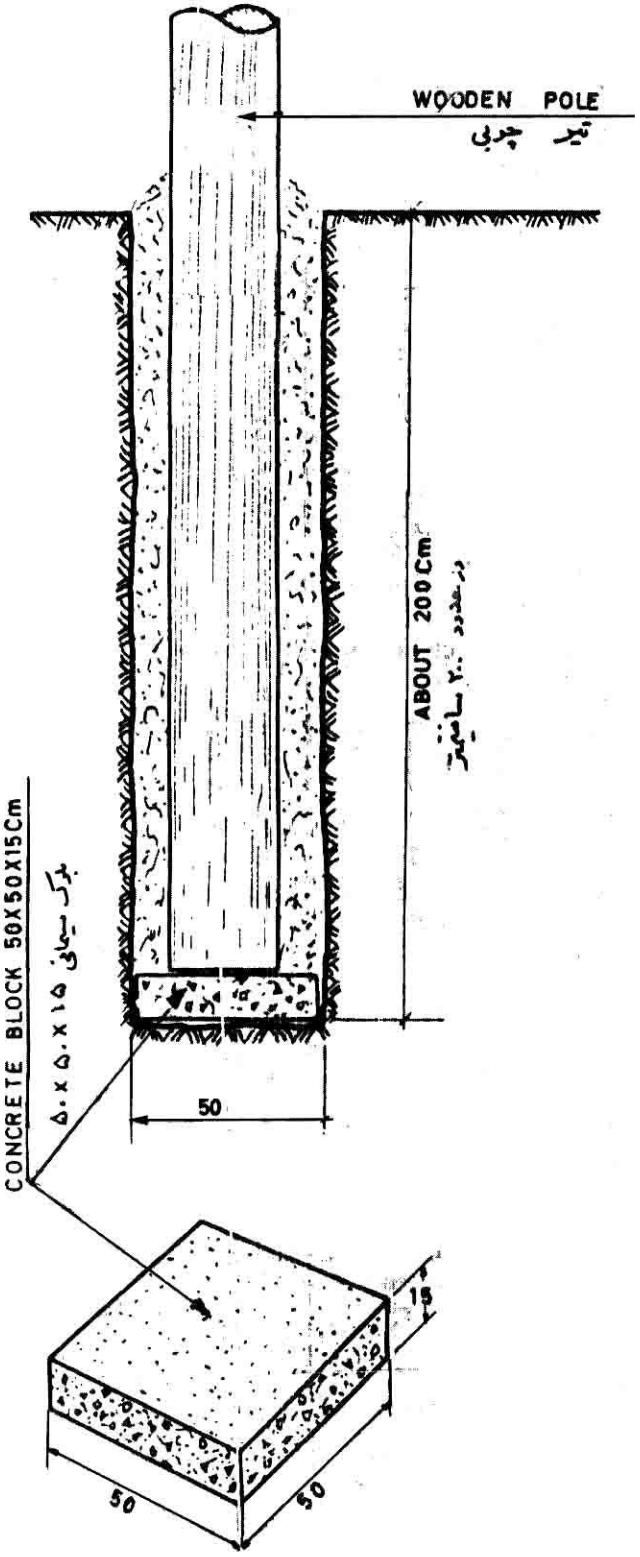




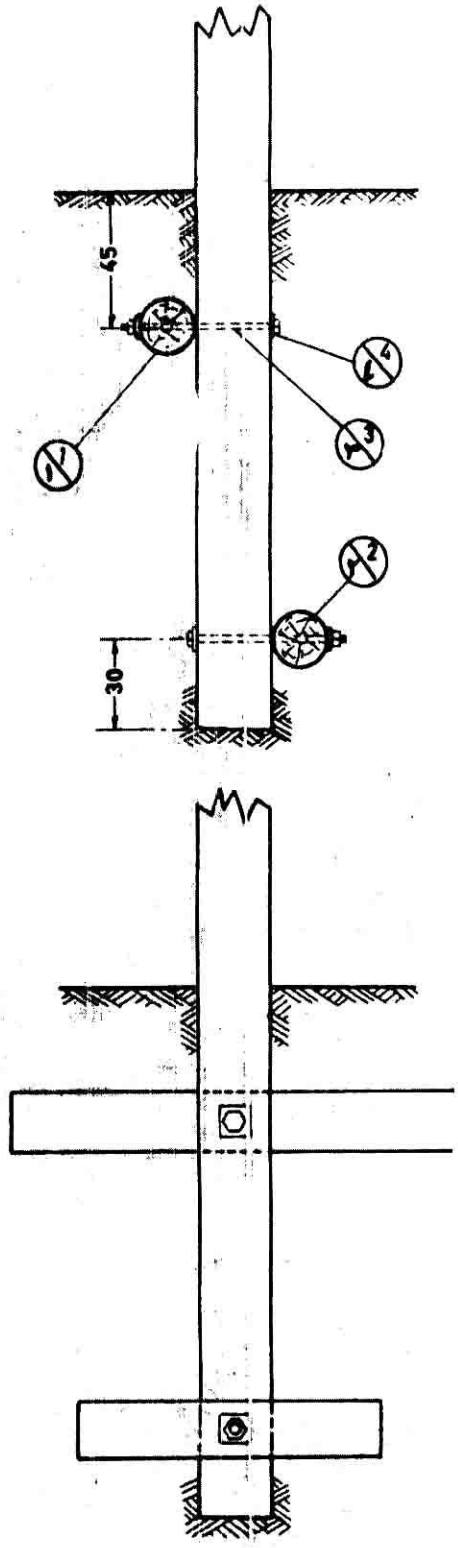
فرم بتون ریزی

اندازه ها به سانتیمتر است

شکل (۲۵-۳): روش گود برداری، نصب و دورچینی تیرهای بتنی در زمین‌های باتلاقی

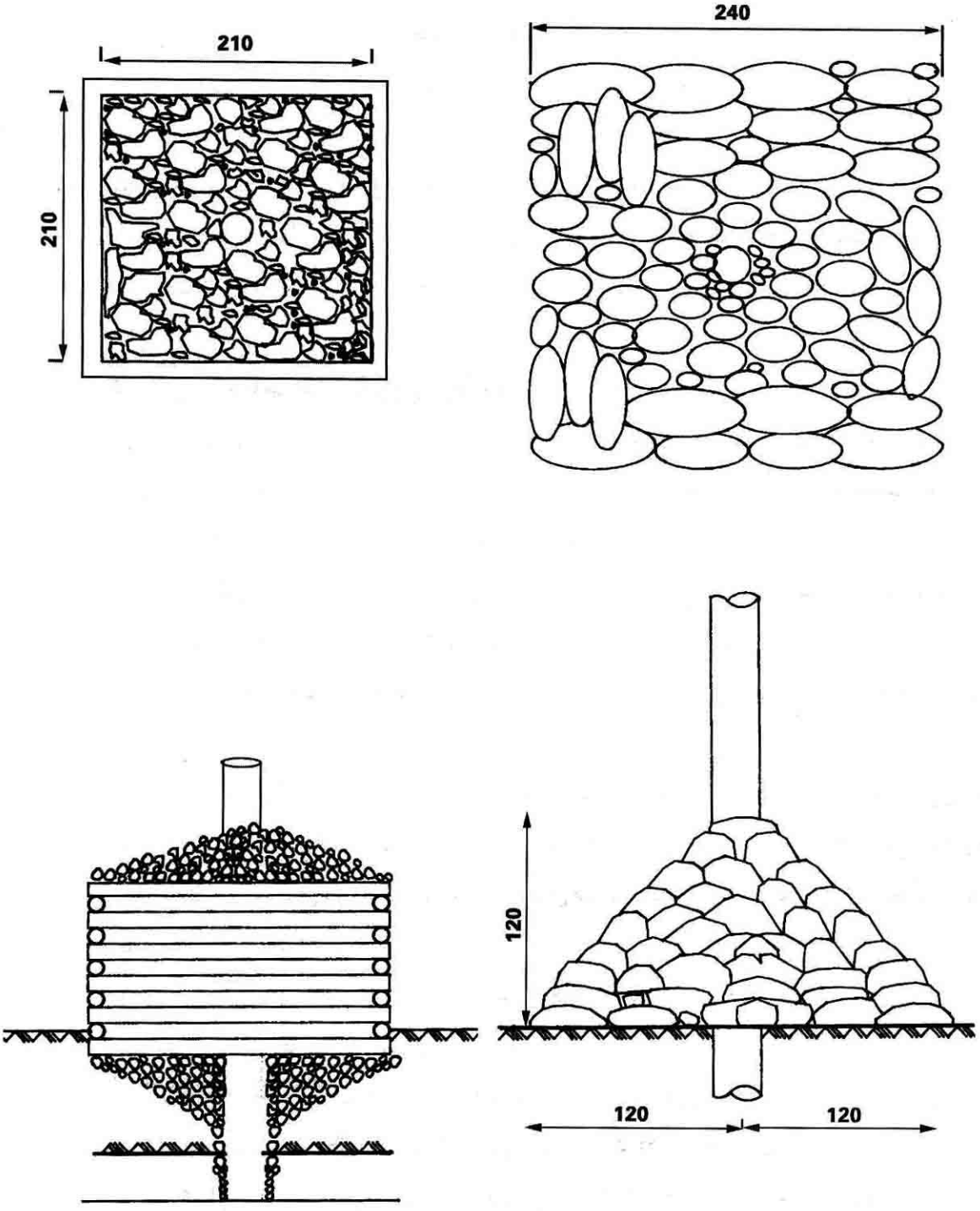


نصب پایه در زمین سُست با استفاده
از بلوک سیمانی



کلاف بندی دور پایه در داخل زمین سُست
یا مناطق با محدودیت عمق پایه

شکل (۲۶-۳)



سنگ‌چینی برای نصب پایه‌ها در مناطقی که احتمال آبگرفتگی در آن وجود دارد

ایجاد دیواره دوره پایه (آجری یا بتنی) برای مناطق با احتمال آبگرفتی و مسیر رودخانه‌های فصلی

شکل (۲۷-۳)

پیوست شماره ۱ : آزمون تیرهای بتنی

آزمون تیرهای بتنی به دو گروه تقسیم می‌شود:

۱ ـ آزمون‌هایی که روی نمونه‌های تصادفی انجام می‌شود.

۲ ـ آزمونی که روی تک تک تیرها صورت می‌پذیرد.

۱ـ۱ـ آزمون‌هایی که روی نمونه‌های تصادفی انجام می‌شود

این آزمون‌ها در محیط کارگاه انجام می‌شود و برای انجام آن، به جایگاهی جهت آزمون نیاز می‌باشد. مشخصات جایگاه آزمون در پیوست ۱ بیان‌نشده است.

۱ـ۱ـ۱ ـ کارهای مقدماتی برای شروع آزمایش

الف) ابتدا آن قسمت از پایه که در هنگام نصب در داخل زمین قرار خواهد گرفت اندازه‌گیری و علامتگذاری شود (این مقدار در حدود ۱۴٪ ارتفاع کلی تیر بوده ولی بسته به موقعیت محلی و جنس زمین ممکن است کمی تغییر داده شود).

ب) پایه به‌طور افقی در بستر آزمایش قرار می‌گیرد، به‌طوری که تا قسمت علامتگذاری شدهٔ آن بین دو دیواره بتنی قرارگیرد (پایه، موازیِ جهتی خوابانده می‌شود که نیروی کششی عمل می‌کند).

ج) بااستفاده‌ازالوارهای چوبی و چند جک، قسمت انتهایی پایه به‌خوبی بین دو دیواره محکم بسته می‌شود.

د) برای این‌که قسمت آزاد پایه بتواند به‌طور آزاد در جهت افقی حرکت نماید، در فاصلهٔ ۳ متری سر پایه، دو عدد لوله به قطر حدود ۲ اینچ و به طول ۰/۵ متر در طرفین پایه گذاشته می‌شود و با قرار دادن لوله دیگری در زیر پایه و روی لوله‌های طرفین، برای حرکت افقی پایه سطح لغزنده و قابل تحرکی ایجاد می‌گردد.

ه) محل وارد شدن نیرو به سر تیر، روی پایه علامتگذاری شود (این نقطه طبق استاندارد معمول آزمایش تیرها در فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متری سر پایه می‌باشد).

و) سیم بکسل ۲۰-۱۶ میلی‌متری به این پایه بسته‌شده و پس از قرارگرفتن دستگاه اندازه‌گیری نیرو (دینامومتر) و یک دستگاه کشش (تیر فور یا راچت) ۵ تنی، به‌طور متوالی در مسیر سر دیگر سیم بکسل، به محل ثابتی که در نقشه پیش‌بینی و قبلاً آماده گردیده محکم بسته شود.

سیم بکسل باید طوری قرار بگیرد که پس از آغاز کشش، پایه درست بر امتداد آزاد پایه عمود باشد.

۱ـ۱ـ۲ ـ آزمایش مقاومت نرمال

الف) نخست باید قبل از آزمایش، مشخصات کامل پایه، قدرت اسمی، طول تیر به‌علاوه هرگونه ترک سطحی یا عمقی و جزییات دیگری که در تیر مشاهده می‌شود با تعیین محل دقیق آن‌ها، در ورقه آزمایش نوشته شود.

ب) نیرویی برابر ۲۵ درصد مقاومت نرمال تیر، به آرامی به آن وارد شود. پس از آن باید مقدار تغییر مکان سر تیر و ترک‌های مویی که ممکن است در بدنهٔ تیر ظاهر شود به‌دقت یادداشت نمود.

ج) دوباره ۲۵ درصد دیگر از مقاومت نرمال پایه به نیروی وارده اضافه شود. سپس تغییر مکان سر تیر و دیگر عوارض به دقت یادداشت شود.

د) برای بار سوم، ۲۵ درصد مقاومت نرمال دیگر اضافه و تغییر مکان سر تیر و سایر عوارض، اندازه‌گیری و یادداشت گردد.

ه) سرانجام ۲۵ درصد آخر مقاومت نرمال نیز اضافه و تغییر مکان سر تیر و دیگر عوارض ثبت گردد.

و) در پایان باید نیروهای وارده بر پایه به آرامی برداشته شود و با آزاد کردن کامل پایه، مقدار تغییر مکان سر تیر و سایر عوارض را به دقت یادداشت نمود.

در صورتی آزمایش با موفقیت به پایان می‌رسد که:

الف) در هیچکدام از مراحل گفته شده درباره ترک‌های مویی، ترکی در پایه مشاهده نشود.

ب) تغییر مکان سر تیر در هر چهار مرحله متناسب و یکنواخت باشد.

ج) پس از حذف نیروی مجاز، سر تیر با اندکی تغییر به حالت اولیه بازگردد.

نتیجه: هرگونه عدم تطابق با شرایط گفته شده در بالا، به‌علت ضعف پایه بوده و پایه، سالم تشخیص داده نخواهد شد. این ضعف در آزمایش‌های بعدی آشکارتر خواهد گردید.

۱ـ۱ـ۳ ـ آزمایش مقاومت در مرحلهٔ ارتجاعی

الف) ابتدا نیرو به آرامی از صفر تا مقاومت نرمال افزایش داده می‌شود. پس از آن، باید تغییر مکان سر پایه و عوارض به دقت یادداشت شود.

ب) به اندازهٔ ۲۵ درصد مقاومت نرمال، بر تیر اضافه می‌شود. تغییر مکان و ترک‌های ایجاد شده با ثبت دقیق محل هر یک یادداشت شود.

ج) در این مرحله، نیروی ۲۵ درصد اضافه شده به آرامی کم می‌شود تا نیروی وارده، دوباره در حد مقاومت نرمال برسد. پس از این کار، تغییر مکان سر تیر و ترک‌های باقی‌مانده به‌دقت یادداشت شود.

که پایه از هر نظر سالم یا معیوب است و به‌طور کلی پذیرفتنی است یا مردود.

۱ـ۱ـ۵ ـ آزمونی که روی تک تک تیرها صورت می‌پذیرد

علاوه بر آزمایش‌ها و کنترل‌هایی که در مورد مصالح در بخش پنجم این استاندارد آورده شد، کلیهٔ تیرها از نظر ظاهری بررسی می‌شوند. در هنگام بازدید ظاهری، موارد زیر باید مد نظر قرار گیرند:

- سطح تیر صاف و بدون حفره‌های بزرگ مطابق با تعریف بند (۲ـ۳) باشد.
- گوشه‌های تیر به طور کامل گرد شده باشند.
- از نگرفتن سوراخ‌ها، اطمینان حاصل شود.

فصل چهارم

مقـــره‌هـــا

۴ـ۱ ـ مقدمه

در شبکه‌های توزیع برق مانند خطوط انتقال، به تجهیزاتی نیاز است که بتوانند نقش عـایقی و جداسازی قسمت‌های تحت ولتاژ را از دیگر قسمت‌ها داشته باشد. طبق تعریف «مقره» به‌وسیله یا آلتی گفته می‌شود که دارای مقاومت الکتریکی بالایی بوده، بین هادی‌های برقدار و سازه‌های نگهدارنده قرار می‌گیرد. مقره، علاوه بر عایق نمودن هادی نسبت به پایه (و همچنین نسبت به زمین) ارتباط مکانیکی هادی و پایه را نیز تشکیل می‌دهد. مقره‌ها چهار ویژگی و وظیفهٔ عمده دارند:

الف) وظیفهٔ اصلی مقره‌ها، ایزوله کردن هادی از بدنه کنسول و پایه می‌باشد. این مقره‌ها، باید بتوانند بدون داشتن جریان نشتی، مشخصات الکتریکی لازم برای تحمل بیشترین ولتاژ عادی و سایر ولتاژهای اضافی تحت شرایط مـختلف را داشـته بـاشند. ایـن ویـژگی‌ها بـه‌عنوان «***خـواص الکتریکی مقره‌ها***» عبارتند از :

۱ ـ مقاومت الکتریکی حجمی و سطحی بالا[1].

۲ ـ مقاومت در برابر سوراخ شدن توسط شوک حرارتی در اثر عبور جریان الکتریکی فشار قوی [2].

۳ ـ مقاومت زیاد در مسیر[3].

۴ ـ عدم تشکیل خودالقایی .

ب) وظیفهٔ دیگر مقره‌ها، تحمل نیروهای مکانیکی حاصل از وزن هادی‌ها، و نیروهای اعمالی ناشی از باد و یخ می‌باشد که در هر شرایطی، فاصلهٔ هادی از بدنه و بازوی پایه، نباید از مقادیر مجاز کمتر باشد. این ویژگی‌ها، به‌عنوان «***خواص مکانیکی مقره***» نامیده شده و به شرح زیر هستند:

۱ ـ خاصیت الاستیسیته به نسبت خوب که باعث می‌شود مقره، تنش‌های خمشی و کششی را تا حدودی تحمل کرده و در برابر تغییر شکل مقاومت نماید.

1– High Volume & Surfaee Resistivity

2– High Puncitre strength.

3– Good Tracking Resistance.

۲ ـ در برابر نیروی فشاری مقاومت بالایی از خود نشان می‌دهد.

۳ ـ چون مقره‌های چینی در برابر ضربه مقاومت کمی دارند باید سعی شود تا لبه و گوشه‌های تیز نداشته باشند.

۴ ـ مقاومت لازم را در برابر شوک‌های حرارتی حاصل از تغییرات اختلاف پتانسیل الکتریکی، صاعقه و ... به‌طور ناگهانی داشته باشند.

ج) مقره‌ها باید در برابر تغییرات جوی و درجه حرارت مقاوم بوده، خواص خود را در اثر گذشت زمان و کهنه شدن، تا حد قابل قبول حفظ نماید. این ویژگی‌ها، که به‌عنوان «***خواص فیزیکی***» نامیده شده عبارتند از :

۱ ـ مقاومت در برابر عوامل جوی و تابش آفتاب .

۲ ـ زنگ نزدن و اکسیدنشدن .

۳ ـ دارا بودن ضریب انبساط کم.

۴ ـ حفظ خواص در برابر سرما و گرما.

۵ ـ عدم میل ترکیبی با بیشتر مواد موجود در محیط اطراف .

د – هر مقره باید «***خواص ساختمانی***» را رعایت نموده و قابل اعمال روی آن باشد. به‌عنوان نمونه، می‌توان موارد زیر را در مورد مقره‌های چینی با ساختمان پرسلان نام برد:

۱ ـ مقرهٔ چینی باید دارای ساختمان به‌هم فشرده بوده، به‌طوری که هیچ خلل و فرجی در داخل آن وجود نداشته باشد.

۲ ـ الکترون‌ها و یون‌ها به یکدیگر مرتبط و متصل باشد تا اختلاف پتانسیل الکتریکی بسیار زیاد به آن وارد نشود.

امروزه در شبکه‌های توزیع، برای اتکای اجسام هادی، و جداسازی آن‌ها از یکدیگر بیشتر از مقره‌های چینی استفاده می‌نمایند. این مقره‌ها، علاوه بر اینکه در خطوط انتقال فشار متوسط به‌عنوان نقاط اتکایی سیم در محل پایه‌ها استفاده می‌شوند، به‌عنوان عایق در سیستم‌های توزیع، از جمله بوشینگ‌های ترانسفورماتورها، کلیدهاو سایر ادوات برقی از جمله بدنه برقگیرها، مهارها، کات اوت‌ها و بدنه سرکابل فشار قوی و اتکایی برای عایق سازی در محل ورود برق به‌کار می‌روند. مواد اولیهٔ به‌کار رفته برای ساخت مقره‌ها «***سرامیک الکتریکی***» مانند چینی و شیشه می‌باشد. در آینده برای ساخت مقره‌ها از مواد جدیدتری همچون فایبرگلاس، اپکسی[1] ، پلاستیک[2] و مواد پلیمری بیشتر استفاده خواهد شد.

1- Epoxy

2– Composite

د) در مرحلهٔ بعدی، مقادیر کشش به اندازه ۵۰ درصد مقاومت نرمال، به آرامی افزایش داده می‌شود که به‌طور کلی نیروی وارده به تیر، ۱/۵ برابر مقاومت نرمال پایه خواهد بود. باز هم تغییر مکان سر پایه و محل ترک‌ها و همچنین تعداد آن‌ها به دقت یادداشت شود.

در این مرحله، ممکن است در جان تیر ترک‌هایی به‌طور مورب آشکار شود که این ترک‌ها باید به‌طور جداگانه یادداشت شوند.

ه) بالاخره در پایان این آزمایش، نیروی وارده تا میزان مقاومت نرمال کاهش داده می‌شود و مقدار تغییر مکان سر پایه و ترک‌های باقی‌مانده به‌دقت یادداشت می‌گردد.

تیر در صورتی آزمایش را با موفقیت به پایان رسانده که:

الف) در صورت ایجاد ترک، در برابر زیاد شدن نیرو، ترک‌ها هنگام بازگشت نیرو، تا حد مقاومت نرمال به طور کامل بسته شوند.

ب) تغییر مکان سر پایه در مراحل گفته شده تا حدودی متناسب با نیروی وارده باشد.

لازم به یادآوری است که ترک‌ها، ممکن است ناشی ازکمبود خاموت‌ها باشد که دلیل ضعف پایه به‌حساب می‌آید.

ج) تغییر مکان باقی‌ماندهٔ سر تیر، پس از برداشتن همهٔ نیروها نسبت به حالت تحمل ۱/۵ برابر مقاومت نرمال تیر، نباید از ۱۰ درصد بیشتر باشد.

نتیجه: منطبق نبودن هر یک از شرایط گفته شده، دلیل ضعیف و سالم نبودن تیر خواهد بود و در صورت انهدام پایه در مراحل این آزمایشات، تیر به‌طور کلی مردود است.

۱ـ۱ـ۴ ـ آزمایش مقاومت نهایی

در این آزمایش، نیروی وارده در هر مرحله، با اضافه کردن ۲۵ درصد از مقاومت نرمال قبلی، به تیر وارد شده و در هر نوبت، تغییر مکان سر تیر و همچنین تعداد و محل ترک‌ها یادداشت می‌گردد. این عمل آن‌قدر ادامه می‌یابد تا سر پایه بدون تحمل نیروی اضافه دیگری به تغییر مکان ادامه دهد، به عبارت دیگر، به **حد گسیختگی** برسد. در یک پایهٔ سالم که برابر مشخصات فنی تهیه شده باشد، بیشترین نیرویی که پایه تحمل خواهد کرد، برای تیرهایی با قدرت ۴۰۰ کیلوگرم نیرو و کمتر، باید بالاتر از سه برابر، و برای تیرهای با قدرت بیش از ۴۰۰ کیلوگرم نیرو باید بالاتر از ۲/۵ برابر نیروی مجاز تیر باشد.

جمع بندی

آزمایش‌های اول و دوم در حدود مقاومت نرمال بوده و مقاومت ارتجاعی است که تکلیف پایه را معلوم خواهد کرد. در حقیقت، آزمایش سوم تاییدی بر آزمایش‌های قبلی است یعنی تعیین خواهد کرد

برای رعایت نکته‌های مختلف مکانیکی و الکتریکی، سازنده‌گان مختلف مقره سعی می‌کنند تا مناسبترین، مرغوبترین و در عین حال اقتصادی‌ترین نوع مقره را برای استفاده در شبکه و کاربردهای مختلف تولید نمایند. در این کتاب، مقره‌های مناسب برای استفاده در شبکه‌های توزیع، از جمله خطوط هوایی فشار متوسط (۲۰ کیلو ولت) و فشار ضعیف (۲۳۰ تا ۴۰۰ ولت) مورد بررسی قرارگرفته و بیشتر مشخصات فنی آن‌ها ارایه شده است. در این بخش، اطلاعات مربوط به مقره‌ها براساس کارخانهٔ مقره‌سازی ایران و نیز استاندارد مقره‌های به‌کار رفته در شبکه توزیع [1] بیان خواهد شد. در صورت نیاز، می‌توان از تعریف‌ها و اطلاعات استانداردهای IEC و دیگر سازندگان استفاده نمود.

۴ـ۲ ـ جنس مقره‌ها

جنس مواد مورد مصرف در ساختمان مقره‌ها به شرایط استفاده و کاربرد آن‌ها بستگی دارد که به دو دستهٔ مواد سرامیکی و غیرسرامیکی تقسیم می‌شوند. ماده اصلی در ساختمان عایق‌های سرامیکی که کاربرد انبوه آن‌ها به صورت مقره‌های هوایی به‌کار رفته «**چینی**» یا «**شیشه سخت**» می‌باشد. امروزه، مقره‌های جدید غیرسرامیکی نیز ساخته شده که مراحل تحقیقات و توسعه را طی می‌نمایند.

۴ـ۲ـ۱ ـ مقرهٔ چینی

برای ساخت عایق چینی، ابتدا مخلوط پودر شدهٔ کائولین (خاک چینی)، کوارتز و فلداسپات را به‌صورت گل در آورده درصد رطوبت آن را پایین می‌آورند و سپس در خلاء پرس می‌نمایند تا از حباب‌های هوا خالی شود. اکنون آن را قالب‌گیری کرده فرم می‌دهند تا به‌شکل مقرهٔ مورد نظر تبدیل شود. این قطعات پس از خشک شدن، لعاب داده شده و سرانجام در درجه حرارت معین و کنترل شده درکوره‌های مخصوص پخته می‌شوند تا عایق چینی به‌دست آید. پخته شدن، باعث خواهد شد تا لعاب عایق مقره در برابر نفوذ رطوبت و نشستن گرد و غبار روی آن محافظت شود.

خواص الکتریکی، مکانیکی و حرارتی مقره‌های چینی به مقدار هریک از سه جزء گفته شده بستگی دارد یعنی هرچه درصد فلداسپات بیشتر باشد استقامت مکانیکی بیشتر و هرچه درصد کائولین بیشتر شود استقامت چینی در برابر حرارت بیشتر خواهد شد. علاوه بر این‌ها درجه حرارت پخت نیز، در خواص مکانیکی الکتریکی عایق چینی موثر می‌باشد.

۴ـ۲ـ۲ ـ مقرهٔ شیشه‌ای تقویت شده

مقره‌های شیشه‌ای در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون ساخته می‌شوند و از نظر الکتریکی و مکانیکی مطلوب بوده بسیار مقرون به صرفه هستند، امّا به دلیل قابل ساخت نبودن آن در داخل، به

۱ـ جلد چهارم، مقره‌های به‌کار رفته در شبکه توزیع ـ استاندارد خطوط هوایی توزیع.

و) مقره‌های شیشه‌ای در برابر امواج ضربه‌ای ناشی از پدیده‌های گذرا مقاوم‌تر بوده، منهدم نمی‌گردنند.

ز) مقره‌های شیشه‌ای به‌علت شفاف بودن، در برابر تشعشع مستقیم خورشید مقاوم‌تر بوده، ترک‌های مویی و هرگونه خلل و فرج در آن، به‌راحتی قابل تشخیص می‌باشد که این نقایص در مقرهٔ چینی به‌راحتی قابل تشخیص نیست. تنها عیب مقره‌های شیشه‌ای این است که رطوبت و گرد و غبار و آلودگی به‌راحتی روی سطح شیشه نشسته باعث ایجاد جریان خزنده سطحی می‌گردد که این عیب نیز، در مناطق مرطوب ومه آلود با طرح خاص مقره و یا روش‌های دیگر قابل رفع است .

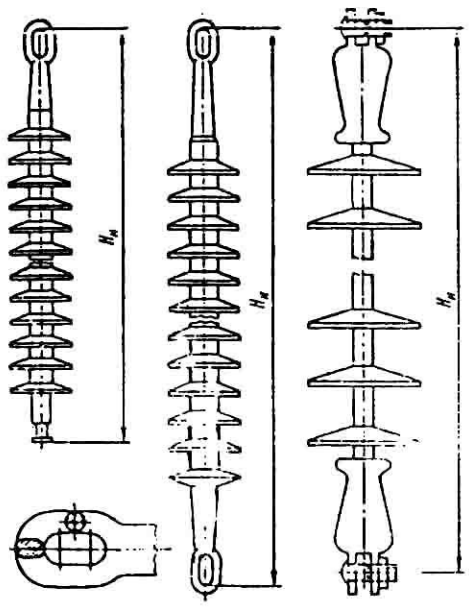
۴ـ۲ـ۳ ـ مقره‌های جدید (غیر سرامیکی)

از ابتدای پیدایش مقره‌ها و استفاده از آن به عنوان عایق در شبکه‌های توزیع و انتقال، گفتگوهایی برای جایگزینی موادی به‌جای چینی یا شیشه مطرح شد. از طرفی، شکننده بودن مقره‌های چینی یا شیشه‌ای، و پس از آن، تعویض مقره‌های آسیب دیده و حتی خارج شدن آن‌ها از مدار، مشکلاتی را در شبکه‌ها ایجاد نمود. گرچه با بالا رفتن تکنولوژی ساخت مقره‌های سرامیکی، شکسته شدن مقره‌ها بدون عوامل خارجی کاهش یافت امّا عواملی چون حمل و نقل و برخورد عوامل خارجی، باعث شکسته شدن مقره‌ها و به وجود آمدن اشکالاتی در سیستم برق‌رسانی می‌شد.

در بعضی از کشورها، عوامل دیگری که موجب شکستن مقره‌ها می‌شد، شکارچیانی بودند که برای شکار، اقدام به تیراندازی می‌نمودند یا چوپان‌هایی که برای تفریح، به طرف مقره‌ها سنگ پرتاب می‌کردند که خیلی سریع، به عنوان یک سرگرمی رواج پیدا کرد. برخورد اشیاء به مقره‌ها و شکسته شدن آن‌ها، موجب اختلال در بهره‌برداری از خط می‌شد. از آن‌جا که این مناطق، دور از دسترس بودند انجام کارهای تعمیراتی مدتی به‌طول می‌انجامید و به‌طور کلی مسئولین را در امر برق‌رسانی و انجام تعمیرات تضعیف می‌نمود. به‌همین منظور، از اوایل سال ۱۹۷۰ ، اولین تولیدات مقره‌های از جنس پلاستیک[1] (رزین)[2] وارد بازار شد. این مقره‌ها از جنس EIPDM یعنی ترکیبات شیمیایی و نفتی (اتیلن، پروپیلین) هستند که می‌توان به صورت یکپارچه روی میلهٔ مرکزی آن فایبرگلاس[3] پوشش داده و در سر و ته آن اتصالات فلزی قرار داد. طول و تعداد پرده‌های این مقره‌ها، برحسب سطح ولتاژ و منطقه مورد نظر قابل تغییر می‌باشند. مزیت این مقره‌ها، دفع خوب آب می‌باشد زیرا پلاستیک این خوبی را دارد که قطرات آب باران روی سطح آن جاری نمی‌شود تا با قطرات دیگر ترکیب شده مسیری را برای هدایت قوس الکتریکی فراهم کند. با این وجود، پس از چند سال، علیرغم گذراندن آزمایشات لازم، بهره‌برداری از

1– Composite Insulator
2– Epoxy. resins
3– Fiber glass

آن‌ها دچار مشکل شد. بعضی از پرندگان و حیوانات نیز آن را می‌خوردند و آلودگی ناشی از فضولات حیوانات، سطح عایق را کاهش می‌داد و موجب قطع برق می‌شد. به‌همین منظور، آزمایشگاه‌های تحقیقاتی برای رفع این مشکل، اقداماتی به‌عمل آوردند. آن‌ها استفاده از مقره‌های پلاستیکی، با تغییر در ساختار و ترکیبات شیمیایی نوع ***سیلیکن رابر*** (Sillicon Rubber) (مانند مداد پاک‌کن) را توصیه و پس از آزمایش، تولید و در شبکه‌ها مورد استفاده قرار دادند.



شکل (۱ـ۴): مقره‌های پلیمری

اگرچه مشکلات استفاده از این نوع مقره‌ها بسیار کمتر بود[1] امّا با جذب آب و رطوبت، به‌خصوص در محل اتصال چترها بر محور اصلی مقره، باز هم اشکالاتی را در سیستم ایجاد نمود. با انجام تغییرات قابل‌توجهی در اتصال چترها، مشکلات استفاده از اینگونه مقره‌ها کاهش یافت. از محاسن این مقره‌ها، عدم شکستگی مکانیکی در برابر سنگ و ضربهٔ مکانیکی است که از آمار زیاد مقره‌های شکسته و تعویض شدنی در شبکه‌های توزیع می‌کاهد. این مقره‌ها، حتی در اثر ایجاد جرقهٔ ناشی از تخلیهٔ سطحی (بر اثر آلودگی یا یخبندان) هیچگونه اثری از خود به‌جای نمی‌گذارد، بنابراین پس از شستشو، دوباره قابل استفاده خواهند بود.

در حال حاضر، بزرگترین مصرف کنندهٔ مقره‌های ***سیلیکن را بر*** کشور آمریکا و پس از آن کانادا و سپس اروپا می‌باشد. اگرچه در قارهٔ آفریقا مقداری مقرهٔ پلاستیکی استفاده شده امّا در آسیا چندان مورد کاربرد ندارد. در هر صورت رقیبی جدید وارد بازار شده و خود را برای رقابتی سخت با دو رقیب قدیمی (یعنی مقرهٔ شیشه‌ای و چینی) آماده می‌سازد. در این راستا، تولیدکنندگان مهم مقرهٔ چینی و شیشه‌ای، ضمن حفظ محور تولید قبلی بتدریج سهم بازار مقره‌های غیرسرامیکی را افزایش می‌دهند.

در هر صورت، تولد محصولی جدید در عرصهٔ جهان مقره، توازن قبلی را بر هم زد و فضای رقابت را در سه محور شیشه، چینی و پلاستیک باز نمود و به همین نسبت، مباحث علمی، فنی و اقتصادی را در سه محور مطرح نمود. آنچه را که باید به آن توجه داشت، پرهیز از عوامل‌گرایی و برخورد غیرکارشناسانه با این مباحث است. بنابراین این مقوله، همواره باید مورد توجه مصرف‌کنندگان و

---

۱ – لازم به توضیح است که در خرداد سال ۱۳۷۵، تمامی سازندگان و استفاده‌کنندگان، حتی تولیدکنندگان مواد شیمیایی اینگونه مقره‌ها، در سنگاپور گردهم آمدند و اولین همایش مقره را برای تمامی مناطق غیرسرامیکی ترتیب دادند. همگی در استفاده از اینگونه مقره‌ها برای تمامی مناطق و سطوح ولتاژ اتفاق نظر نداشتند ولی کاربرد آن را در شبکه‌ها توصیه کردند.

واحدهای مهندسی شرکت‌های توزیع برق قرارگیرد، تا با به روز درآوردن اطلاعات علمی و با عنایت به مؤلفه‌های فنی و اقتصادی، نسبت به توصیه کاربرد هر یک از انواع مقره در مناطق مختلف جغرافیایی اقدام نمایند و از این رهگذر، منافع ملی کشور حفظ شود.

۴ـ۳ـ شکل مقره‌ها

مشخصات الکتریکی یک مقره با طراحی شکل و اندازه مقره ارتباط مستقیم دارد. ولتاژ اعمالی بر مقره‌ها و عملکرد آن‌ها در برابر اضافه ولتاژها، شکل و فرم مقره را تعیین می‌کند . شکست الکتریکی روی مقره‌ها، به دو صورت انجام می‌گیرد:

۱ ـ در بعضی موارد، در داخل مقره جرقه‌ای زده می‌شود[1]، در این حالت مقره سوراخ شده و خاصیت ایزولاسیون خود را از دست می‌دهد (اخگر درونی).

۲ ـ تخلیهٔ نوع دوم روی سطح عایق انجام می‌گیرد. به این صورت که جرقه‌هایی در سطح عایق زده می‌شود و در نتیجه ارتباط الکتریکی در طرفین عایق برقرار می‌شود (اخگر برونی).

در طراحی مقره‌ها در رده ولتاژهای فشار ضعیف و متوسط، تلاش بر هرچه بیشتر کردن ولتاژ شکست آن‌ها خواهد بود. از آن‌جایی‌که تنوع انواع مختلف مقره ها در شبکه های توزیع متداول است، بحث در مورد ***«شکل مقره‌ها»*** از اهمیت مضاعف برخوردار می‌گردد. امروزه، طراحی‌های جدید مقره‌ها در شبکه‌های توزیع، به‌نحوی است که علاوه بر ملاحظات ارتقای قابلیت‌های الکتریکی مسایلی همچون :

ـ ایمنی بیشتر ،

ـ حذف کنسول و کراس‌آرم‌ها ،

ـ رعایت فاصله سیم‌ها،

ـ استقامت مکانیکی بیشتر، و

ـ رفع مشکلات حریم خطوط انتقال

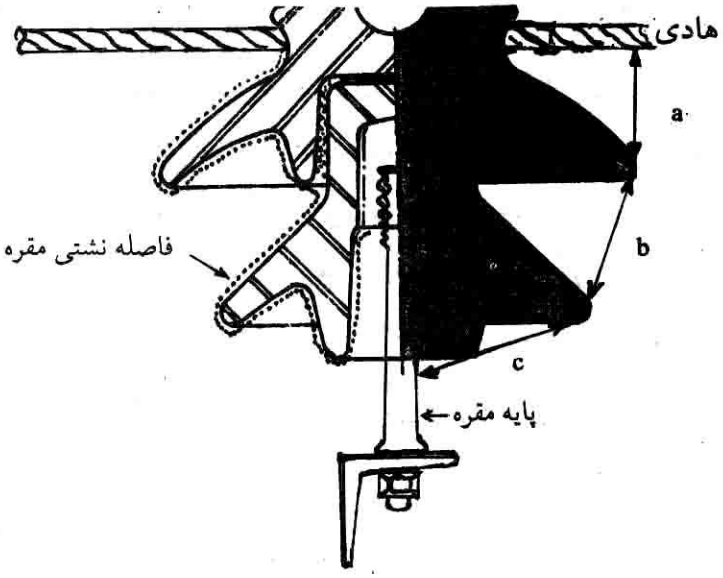
را مد نظر دارد. در این زمینه، به طور معمول برای هر طرح جدید مقره براساس تغییرات انجام یافته، دو پارامتر مهم شکل و اندازه، مشخصات الکتریکی مورد نیاز را تامین نموده بر اساس آزمایش‌های نوعی[2] (مطابق با استاندارد IEC- 383) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. این پارامترهای تأثیرگذار، باید بر مشخصه‌های الکتریکی مقره‌ها و مطابق با دو آزمایش نوعی (تایپ تست) استاندارد به شرح ذیل پاسخ دهند:

الف) آزمایش ولتاژ ایستادگی در برابر موج ضربه‌ای در حالت خشک[3]: در این آزمایش موج ولتاژ ضربه‌ای استاندارد[1] با دامنهٔ ماگزیمم مشخص شده‌ای ($1/2-50\mu s$) به مقره اعمال می‌گردد. ابعاد

1– Puncture
2– Type Tests.
3– Dry Lighting Impulse Withstand Voltage Test.

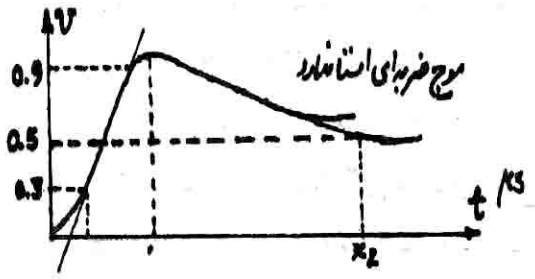
هر مقره با توجه به مسیر نشت سطحی (طول خزشی) در برابر استقامت ولتاژ ضربه‌ای، تعیین می‌شود. بدین‌ترتیب که مقرهٔ طراحی شده، هنگامی که به دفعات تحت تأثیر موج ضربه‌ای استاندارد با دامنهٔ ماگزیمم تعریف شده قرار گیرد، نباید در حالت خشک، شکست الکتریکی (جرقه) ایجاد کند. فاصلهٔ نشت سطحی [۲] (طول خزشی) مسافتی است که در مقره در شکل (۲ـ۴) به‌صورت خط چین نمایش داده شده است. به عبارت دیگر، طول منحنی فصل مشترک عایق و هوا را ***فاصله نشتی مقره*** می‌گویند.

طول خزشی مقره، کوتاه‌ترین مسیریست که جرقه برای رسیدن از ابتدا تا انتهای مقره طی می‌کند. هر چه این مسیر طولانی‌تر باشد، امکان ایجاد جرقه کمتر است. افزایش این مسیر، به‌طور معمولی موجب بزرگ شدن ابعاد مقره می‌شود که به‌نوبهٔ خود، مشکلات دیگر را به وجود می‌آورد. بنابراین مقره را به صورت دندانه‌دار می‌سازند تا طول آن کوتاه بوده ولی مسیر نشت افزایش یابد. در شکل (۲ـ۴) جرقه بین هادی و زمین (در این‌جا کراس‌آرم و میله مقره است) به دو روش برقرار می‌گردد: یکی در زمانی که هوا خشک است و دیگری هنگامی که هوا مرطوب است.



شکل (۲ـ۴): فاصلهٔ نشت سطحی ـ طول خزشی

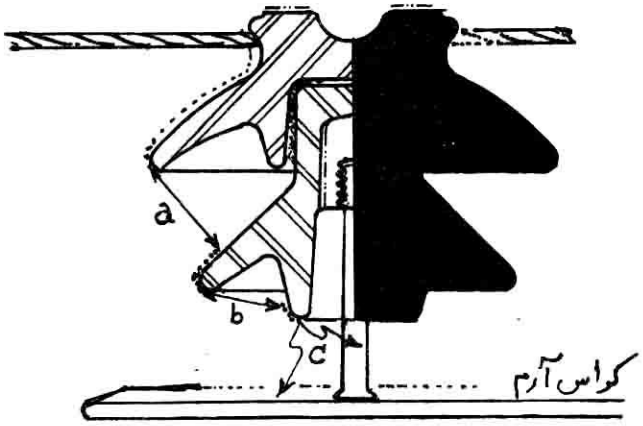
۱ـ موج ضربه‌ای استاندارد (1.2/50μs) مثبت :به کمترین مقدار ولتاژ ضربه‌ای (مثبت)، به شکلی که در ۱/۲ میکروثانیه به بیشترین مقدار خود رسیده و در ۵۰ میکروثانیه به مقدار نصف آن کاهش یابد، موج ضربه‌ای استاندارد مثبت می‌گویند. موج ضربه‌ای منفی مشابه ولتاژ موج ضربه‌ای با دامنه منفی می‌باشد.



۲ـ Creepage distance

«***مسافت جرقه در هوای خشک***» یکی دیگر از فاکتورهایی است که کارخانه های سازنده برای معرفی قابلیت مقره تولیدی خود ارایه می‌نمایند و آن، نشان دهندهٔ کوتاهترین فاصلهٔ هادی تا میلهٔ مقره است. مطابق شکل (۲-۴) فاصله a+b+c مسافت جرقه در هوای خشک می‌باشد. مقدار ولتاژ الکتریکی با فرکانس نامی خط (صنعتی، در این‌جا ۵۰ هرتز) موجب پیدایش جرقه بین هادی و پایه مقره می‌گردد که به آن «ولتاژ جرقه در هوای خشک» گویند.

ب) آزمایش ولتاژ ایستادگی در فرکانس نامی خط (صنعتی) در حالت تر[1]: هرگاه سطح مقره مرطوب بوده یا گرد و غبار (یا برف و یخ) روی آن نشسته باشد، چون سطح مقره هادی شده است، پاسخ آن به ولتاژ اعمالی، به صورت شکل (۳-۴) بوده که آن را «***مسافت جرقه در هوای مرطوب***» می‌گویند. مسیر a+b+c به‌صورت خط چین نمایش داده شده است. مقدار ولتاژ الکتریکی با فرکانس نامی (50HZ) در هوای مرطوب وبارانی به یک واحد مقره سوزنی (خیس شده) یا انواع مقره‌های یکپارچه و بر اساس استاندارد آزمایش نوعی، در سه نمونه (برای زنجیره مقره بشقابی روی یک نمونه) انجام می‌دهند. مقدار ولتاژی را که در آن، جرقهٔ الکتریکی بین هادی و پایه مقره برقرار می‌گردد «***ولتاژ جرقه در هوای مرطوب***» می‌گویند. همانگونه که ملاحظه می‌شود، سپرهای مقره، علاوه بر افزایش مسیرنشت در مواقع بارانی، خشک باقی مانده و ولتاژ جرقهٔ الکتریکی مرطوب را بالا نگه می‌دارند.



شکل (۳-۴): مسافت جرقه در هوای مرطوب

**** مثال:***

برای یک مقرهٔ سوزنی استاندارد ساخت داخل، که در شبکه ۲۰ کیلو ولت ایران استفاده می‌شود، مقادیر زیر اعلام شده است:

- ***ولتاژ جرقه در هوای خشک ۱۱۰ کیلو ولت ،***
- ***ولتاژ جرقه در هوای مرطوب ۷۰ کیلو ولت ،***

1– Wet Power-Frequency withstand Voltage Test

- ولتاژ جرقه با موج ضربه‌ای (مثبت) استاندارد (۱/۵×۴۰μs) برابر ۱۷۵ کیلوولت، و

- ولتاژ جرقه با موج ضربه ای منفی استاندارد (۱/۵×۴۰μs) برابر ۲۲۵ کیلوولت.

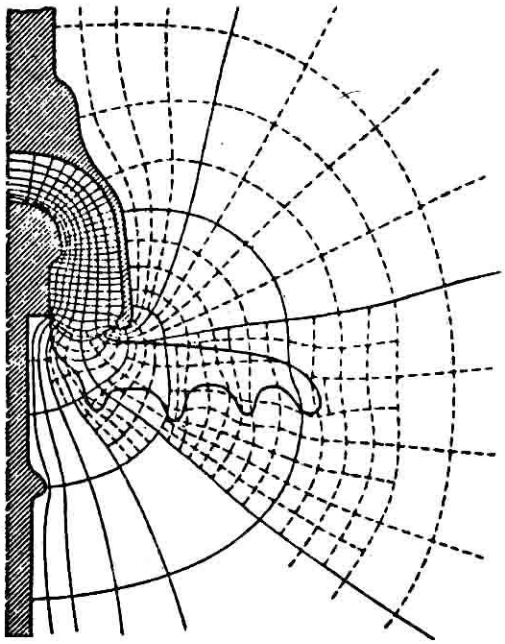
ضخامت عایق و مسافت جرقه الکتریکی، تنها فاکتورهای تعیین کنندهٔ طرح و شکل مقره نمی‌باشند بلکه توزیع میدان الکترو استاتیک و سطوح هم پتانسیل نیز، از عوامل مهم در این‌باره به شمار می‌آیند. تجربه و آزمایش‌ها نشان داده است که تا حدامکان باید سطوح عایقی (همان سطح سپرهای مقره) به سطوح هم پتانسیل نزدیک باشند. سطوح سپرها تا خطوط نیروی حاصل از میدان الکترو استاتیک، زاویه ۹۰ درجه (خطوط نیرو بر سطوح مقره به تقریب عمود باشند) دارند. پس سپرهای عایق باید طوری طراحی شوند که در امتداد سطوح هم پتانسیل قرار گیرد. در این حالت، مقاومت سطوح مختلف به تقریب یکسان بوده و ظرفیت هر یک نیز یکسان خواهد بود. شکل (۴-۴) میدان‌های الکترواستاتیک روی یک مقره را نشان می‌دهد.

در پایان مبحث طراحی شکل مقره، تخلیه داخلیِ مقره (اخگر درونی) و حالتی را که جرقه در داخل آن اتفاق افتاده باعث سوراخ شدن عایق می‌گردد، نیز توضیح داده می‌شود. این‌گونه تخلیه‌ها باعث از بین رفتن مقره می‌شود و به‌علت این‌که با چشم قابل رویت نمی‌باشند، باعث ایجاد مشکلاتی در بهره‌برداری و عیب‌یابی شبکه‌های توزیع می‌گردد، پس از وقوع این نوع تخلیه، به هر شکل ممکن باید جلوگیری کرد.

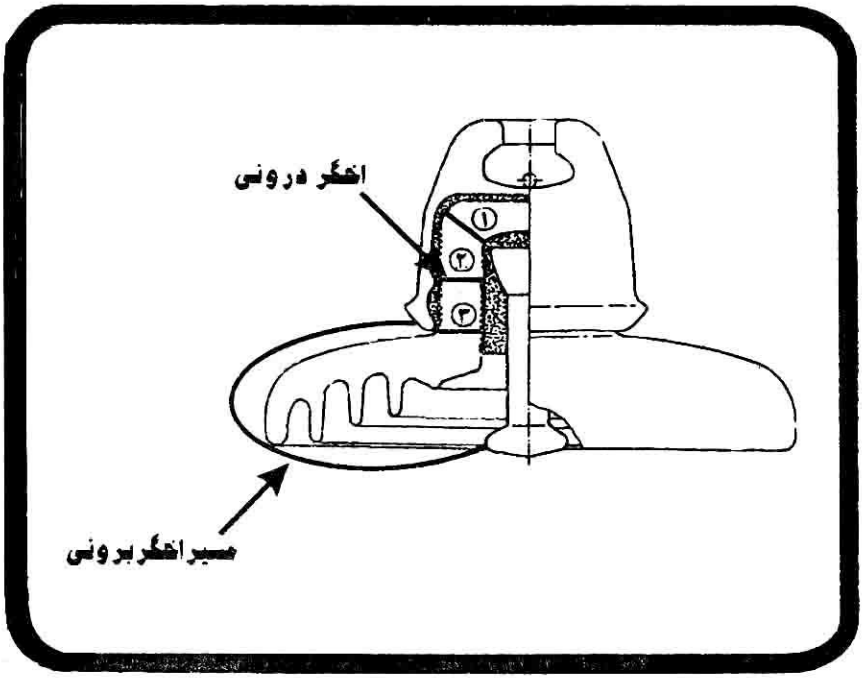
**** مثال :***

در یک مقرهٔ بشقابی مطابق شکل (۵-۴)، برای جلوگیری از پدیدهٔ اخگر درونی، باید فاصلهٔ بین قسمت‌های فلزی بالا (کلاهک cap) و قسمت پایین (پین pin)به اندازه‌ای انتخاب شود که قبل از وقوع جرقه در داخل مقره، جرقهٔ سطحی (اخگر برونی) زده شود. در نتیجه، از ایجاد جرقه داخل مقره جلوگیری شده است. بنابراین در مراحل ساخت نیز باید دقت کافی داشت تا فاصلهٔ بین پین و کلاهک (که در مقره های سوزنی نیز فاصله بین محل میله مقره و اتصال هادی) به‌طورکامل از عایق (یعنی چینی یا شیشه) پُر شده، هوا باقی نماند.

در طرح یک مقره، به طور معمول، ولتاژ لازم برای سوراخ شدن نسبت به ولتاژ لازم برای جرقه، بین ۲ تا ۳ برابر بیشتر می‌باشد.



شکل (۴ـ۴): میدان‌های الکترواستاتیکی اطراف مقره



شکل (۴ـ۵): فاصله تخلیهٔ اخگر درونی و برونی

۴ـ۴ـانواع مقره‌ها در شبکه‌های توزیع

برای رعایت نکات مختلف مکانیکی، الکتریکی و سایر موارد، سازندگان مختلف مقره سعی می‌کنند که مناسب‌ترین، مرغوب‌ترین و در عین حال اقتصادی‌ترین نوع مقره را، برای استفاده در شبکه‌های توزیع طراحی و برای کاربردهای مختلف تولید نمایند. از آن‌جایی‌که انواع مختلف و متنوعی از مقره‌ها برای خطوط انتقال و دیگر تاسیسات الکتریکی تولید می‌شود، در این کتاب، فقط مقره‌های مناسب برای استفاده در خطوط هوایی فشار متوسط و همچنین شبکه فشار ضعیف ایران معرفی و مورد بررسی قرار گرفته مشخصات فنی آن‌ها ارایه می‌گردد. دراین بخش، اطلاعات مقره ها بر اساس تولیدات کارخانه مقره سازی ایران [۱] و همچنین استاندارد کارخانه NGK ژاپن [۲] (اقتباس از استاندارد وزارت نیرو) ترتیب داده شده است. عوامل مؤثر بر انتخاب نوع مقره، به عوامل مختلفی از جمله شکل و ابعاد آن بستگی دارد که این عواملِ غیر تکنیکی عبارتند از:

۱ ـ محل نصب مقره که می‌تواند پست برق ، سر پایه، کنسول و ادوات مخصوص برقی باشد،

۲ ـ نوع سیم یا قطعهٔ فلزی که به مقره اضافه می‌شود،

۳ ـ نوع اتصال یا نصب مقره در محل استقرارکه ممکن است به‌صورت آویزی (معلق)، اتکایی (سوزنی)، لانگ راد و... باشد، و

۴ ـ ولتاژ جریان : هر چه ولتاژ جریان تخلیه، قوی‌تری باشد مسافتی که جلوی جهش جریان برق را می‌گیرد باید بیشتر باشد، بنابراین طول مقره باید بیش از مسافتی باشد که ممکن است جریان جهش نماید.

۴ـ۵ـمقره‌های سوزنی (میخی) (Pin Type Insulators)

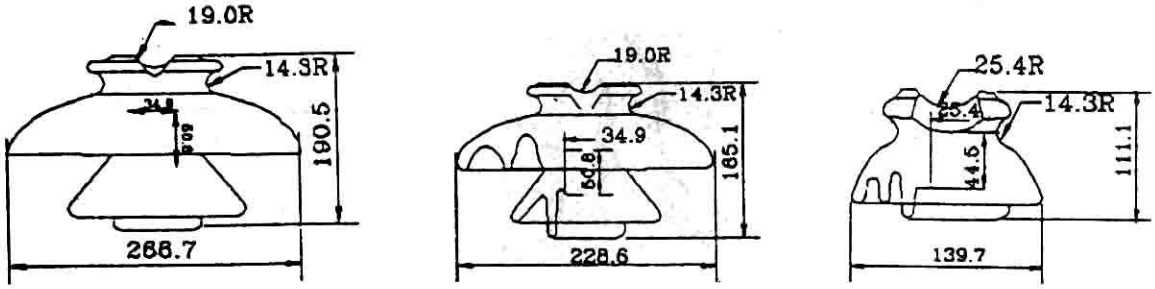
مقره‌های سوزنی (میخی) جزء قدیمی‌ترین طرح‌های مقره می‌باشند که طی سال‌ها کاربرد، در طراحی آن‌ها از نقطه‌نظر الکتریکی و مکانیکی تحولات و پیشرفت‌هایی صورت پذیرفته است. از این مقره‌ها، در پایه‌های میانی یا توخطی (غیر انتهایی) خطوط هوایی استفاده می‌شود. مقره‌های سوزنی مورد استفاده تا حدود ۱۱ کیلوولت به‌طور معمول از یک قسمت یا قطعه و در سطح ولتاژهای بالاتر، از دو یا سه قطعه تشکیل شده‌اند که توسط سیمان مخصوص به یکدیگر چسبیده می‌شوند . تکیه گاه یا ارتباط دهندهٔ این مقره‌ها به کراس‌آرم‌ها،میله‌هایی فلزی می‌باشند که در واقع «***پایه مقره‌های سوزنی***» [۳] به حساب می‌آیند و باید دارای مشخصات ویژه باشد. در مجموع مقره‌های سوزنی امروزی قابل اطمینان بوده و در طول عمر مفیدشان به کُندی ترک‌های شدید در آن‌ها مشاهده می‌شود و اگر به آن‌ها ضربه‌های

۱ـ شرکت مقره سازی ایران Iran Insulator Co. واقع در شهر صنعتی ساوه – در تاریخ تحریر این متن کارخانه انحصاری سازنده مقره در ایران می‌باشد.

2– NGK INSULATORS, Ltd.- Sumitomo Corporation - Tokyou, Japan

3– Pin

مکانیکی شدیدی وارد نشود چندین سال عمر می‌نمایند. در شکل‌های (۶-۴) سه نوع مقرهٔ سوزنی متداول شبکه توزیع ایران آمده است.



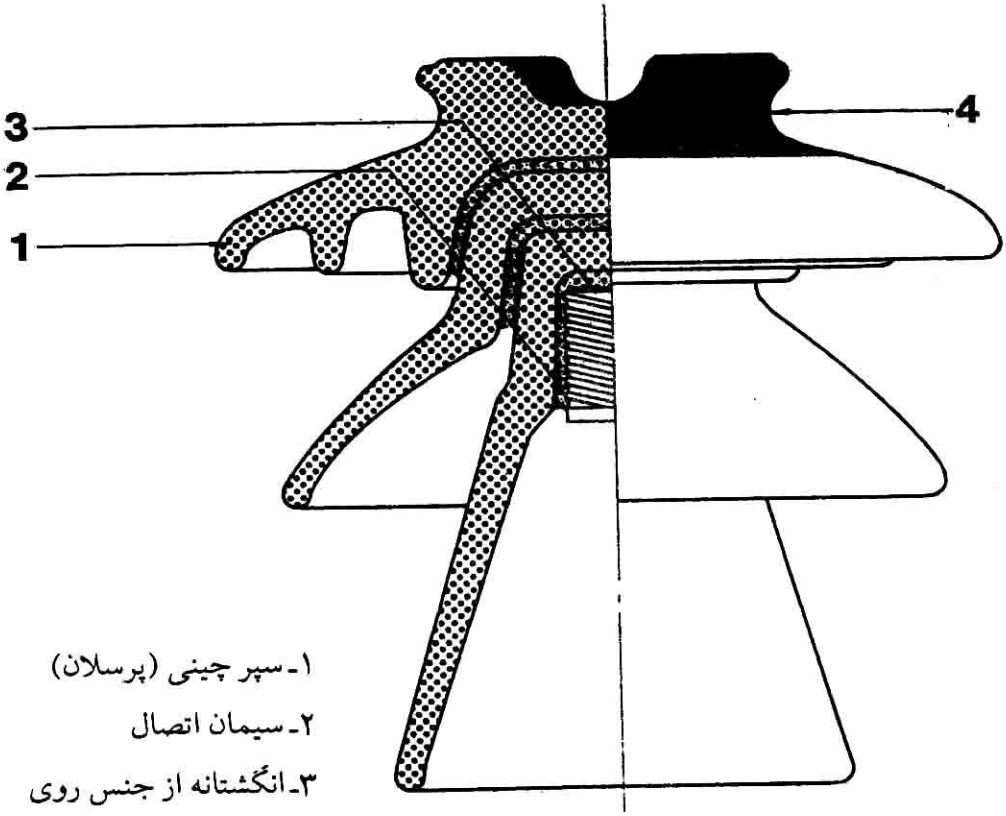
۱ـ مقره ۱۱ کیلوولت ۲ـ مقره ۲۰ کیلوولت ۳ـ مقره ۳۳ کیلوولت

شکل (۶-۴) مقره‌های سوزنی

جدول (۲ـ۴): اطلاعات مقره‌های سوزنی

شماره شکل	ولتاژ نامی (kV)	ولتاژ جرقه در هوای خشک (kV)	ولتاژ جرقه در هوای مرطوب (kV)	ولتاژ موج ضربه‌ای مثبت ۱/۵×۴۰ (kV)	ولتاژ موج ضربه‌ای منفی ۱/۵×۴۰ (kV)	فاصله نشتی [mm]	مقاومت نیروی نهایی [Kgf]
(۱)	۱۱	۷۰	۴۰	۱۱۰	۱۴۰	۲۲۸/۶	۱۳۶۰
(۲)	۲۰	۱۱۰	۷۰	۱۷۵	۲۲۵	۴۳۱/۸	۱۳۶۰
(۳)	۳۳	۱۲۵	۸۰	۲۰۰	۲۶۵	۵۳۳/۴	۱۳۶۰

در بالای مقره‌های سوزنی، شیاری تعبیه شده که هادی در آن جای گرفته و محکم می‌شود. البته در طرفین این مقره‌ها ممکن است بیش از یک شیار وجود داشته باشد که هادی در آن‌ها قرار خواهد گرفت. شیارهای جانبی، به‌طور معمول در مواردی که خط چرخیده و یا دارای زاویه باشد و هادی فشار جانبی اعمال می‌نماید به‌کار می‌روند. کلیهٔ مقره‌های سوزنی، چه از نوع چینی و یا شیشه‌ای، به‌گونه‌ای ساخته می‌شوند که فاصلهٔ بین هادی تا زمین (یعنی همان محل نگه‌دارندهٔ مقره توسط پین) به اندازه کافی طولانی باشد. این مسیر که با عنوان «***فاصلهٔ نشتی***» عنوان می‌شود، به طور عمده توسط لبهٔ سپرهای متعددی ایجاد و طولانی می‌شود. شکل (۷ـ۴) ساختمان و مواد تشکیل دهندهٔ مقرهٔ سوزنی را نشان می‌دهد.



۱ـ سپر چینی (پرسلان)
۲ـ سیمان اتصال
۳ـ انگشتانه از جنس روی
۴ـ لایه رادیوفریت

شکل (۷ـ۴): ساختمان مقرهٔ سوزنی

مقره‌های سوزنی و پایهٔ آن، باید تحمل نیروهای افقی و عمودی (فشاری) ناشی از وزن هادی و دیگر عوامل از جمله نیروی باد و وزن یخ را که به مقره و پایه منتقل می‌شود تحمل نماید. نیروی‌های افقی (عرضی) در ته میلهٔ مقره (پین)، بیشترین ممان خمشی (M) را تولید می‌نماید که باید میلهٔ مقره سوزنی، استقامت آن‌را داشته باشد. استفاده از مقرهٔ سوزنی در پایه‌های انتهایی و پایه‌های با زاویهٔ انحراف زیاد توصیه نمی‌شود، زیرا نیروی کششی زیادی به مقره و پایه آن وارد می‌نمایند. در بخش طراحی مکانیکی خطوط هوایی، قسمت «محاسبات مکانیکی مقره‌ها»، به‌طور کامل به بررسی و تجزیه و تحلیل استقامت این مقره‌ها در برابر نیروهای عمودی و افقی پرداخته خواهد شد. در این‌جا فقط به‌طور اجمال از جدول استاندارد شبکه‌های توزیع (دو جلدی) وزارت نیرو ـ به شماره ۲۴۱-۲۰، میزان بیشترین زاویهٔ مجاز روی مقرهٔ سوزنی برای سیم‌های آلومینیوم فولاد (A.C.S.R) با شرایط اعلام شده در جدول (۳ـ۴) بیان می‌گردد. بدیهی است که استفاده از مقره‌های سوزنی در پایه‌های میانی، توخطی و با زاویهٔ انحراف کوچک، به صورت دو مقرهٔ سوزنی (دوبله سوزنی) استفاده می‌شود و این مقره‌ها برای ولتاژهای بالاتر از ۳۳ کیلوولت و نیز در فاصله پایه‌های زیاد، کاربرد اقتصادی ندارند.

جدول (۳-۴): بیشترین زاویهٔ مجاز محدود به استقامت پایه مقره سوزنی [۱]

مقطع نامی [mm۲]	مقطع اصلی AL [mm۲]	قطر خارجی [mm]	U.T.S* [Kgf]	تعداد رشته فولاد / تعداد رشته آلومینیوم	حدمجازبارواردبه‌سیم Max.Loading** [Kgf]	بیشترین زاویهٔ مجاز روی خط: با یک مقرهٔ سوزنی	بیشترین زاویهٔ مجاز روی خط: با دو مقرهٔ سوزنی
25/4	26.3	7.88	955	$\frac{1}{6}$	573	۸°~۵۱°	۲۷°~۱۰°
35/4	36.79	8.88	1310	$\frac{1}{6}$	786	۶°~۶°	۱۹°~۲۵°
50/8	52.95	10.05	1860	$\frac{1}{6}$	1116	۴°~۴°	۱۳°~۳۰°
70/12	74.97	11.97	2615	$\frac{1}{6}$	1569	۲°~۲°	۹°~۲۰°
59/15	95.29	13.50	3315	$\frac{1}{6}$	1989	۲°~۰°	۷°~۱۵°
	105.2	14.16	3660	$\frac{1}{6}$	2196	۱°~۴۶°	۶°~۳۰°
	131.8	15.81	4120	$\frac{1}{6}$	2472	–	۵°~۴۰°

* U.T.S = Ultimate Tension Strength

** Max.Looding=60% U.T.S

ـ مقره‌های سوزنی نوع رادیو فریت : در اطراف بالایی سر مقره‌های سوزنی (میخی)، میدان الکتریکی با فشار بالا و پدیده تخلیه‌های جزیی در هوا (کرونا) وجود دارد که در نتیجه، باعث ایجاد تداخل و مزاحمت [۲] روی امواج رادیویی شده اغتشاشاتی متناسب با ولتاژ کار سیستم پدیدار می‌گردد. بنابراین روی سر این مقره‌ها، سطح مشخص شده‌ای از قشر سیاه گرافیت پوشانیده می‌شود که این لایه، میدان الکتریکی را به‌طور یکنواختی در سطح، توزیع نموده از تمرکز آن در نزدیکی محل فواصل هوایی بین هادی و سیم محکم کننده و نیز سطح چینی مقره جلوگیری می‌کند. در ضمن این لایه از تشدید اغتشاشات رادیویی ممانعت به عمل می‌آورد. به این گونه مقره‌های سوزنی، به اصطلاح رادیوفریت [۳] می‌گویند. در این موارد، سطح چینی قسمت بالای مقره، شیارهای محل قرار گرفتن هادی، شیار محل سیم‌های اصلی کننده هادی و حتی حفرهٔ حدیده شدهٔ انتهای مقره سوزنی

---

۱ – در جدول (۳-۴) نیروی وارد به مقره و پین در حالت یک مقره و دو مقره، از رابطه کلی زیر که حاصل جمع دو نیروی فشار افقی باد و زاویه‌دار بودن خط است، به‌دست می‌آید $R = [2T\sin \alpha/2] + [S.d.Pw \cos\alpha/2]$ که در آن بیشترین نیروی مجاز به مقرهٔ سوزنی ۲۰ کیلوولتی، ۱۱۳۶ کیلوگرم و بیشترین نیروی به‌کار رفته در بین میلهٔ مقره ۱۸۲ کیلوگرم با ضریب اطمینان 45% در ASA است.

T : کشش سیم (همان مقدار حد مجاز بار وارد به سیم یا MaxLoading است).

α : زاویهٔ انحراف خط (در محاسبه رابطه بالا، هرگاه یک مقره باشد $\cos\frac{\alpha}{2}=1$ و هرگاه دو مقره باشد $\cos\alpha/2=\frac{1}{2}$ می‌باشد).

S :اسپن خط = بیشترین اسپن خط از هر طرف ۱۰۰ متر فرض شده است.

d : قطر بادخور سیم.

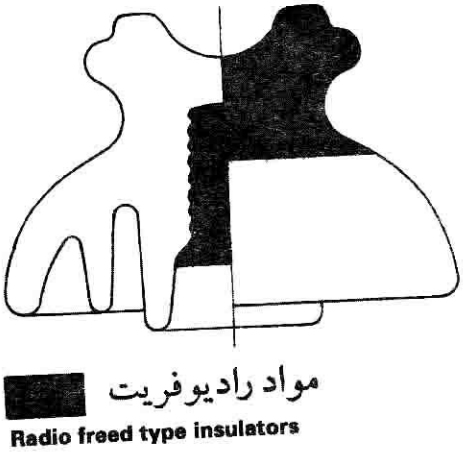
Pw: نیروی باد بر حسب کیلوگرم به مترمربع؛ عبارتست از: $Pw = 0.0047V^2$ سرعت باد $V=80\frac{km}{h}$ ومعادل با $30\frac{Kg}{m2}$ می‌باشد).

2.Ioterference

3.Radio Freed

به مواد گرافیتی نیمه هادی [1] آغشته می‌شوند.

در صورت استفاده از لایهٔ رادیوفریت، کلیه فواصل هوایی، اتصال کوتاه شده همهٔ تخلیه‌های جزیی الکتریکی در اطراف الکترود سر مقره وتولید پارازیت‌های مزاحم فرکانس‌های رادیویی از بین می‌رود. به‌طور معمول، استاندارد رنگ گرافیت در مقره‌ها، سیاه است. این لایه، از خوردگی سطح مقره نیز جلوگیری می‌کند. در مورد رزوه‌های داخلی حفره مقره‌ها، می‌توان از لایهٔ نازک لعابی درون آن که به مواد نیمه هادی آغشته شده استفاده نمود. شکل (۸ـ۴) محل مواد رادیوفریت روی یک مقرهٔ سوزنی را نشان می‌دهد.

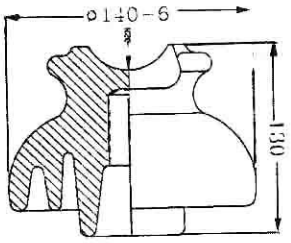


شکل (۸ـ۴): مقرهٔ سوزنی با لایه رادیو فریت

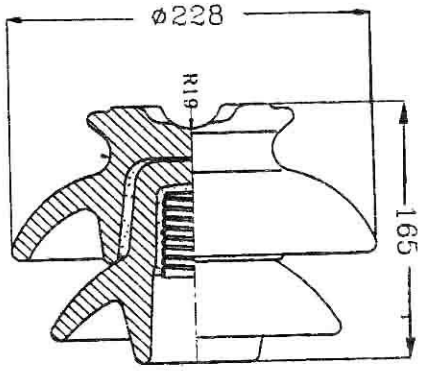
IRAN INSULATOR CO.

شرکت مقره سازی ایران

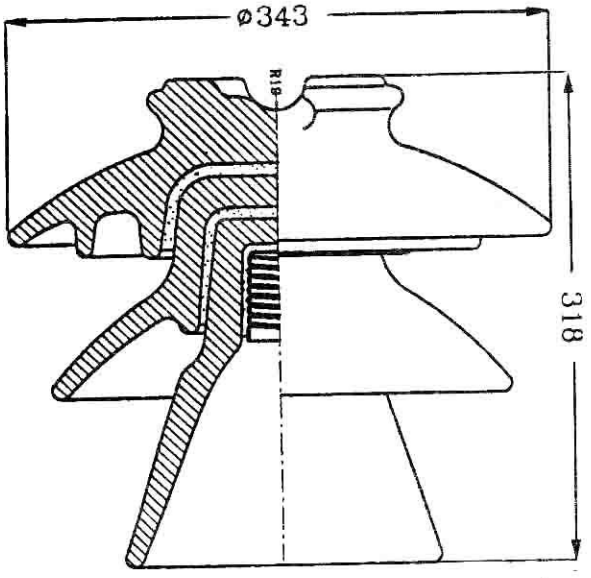
PIN TYPE INSULATOR (11 KV)



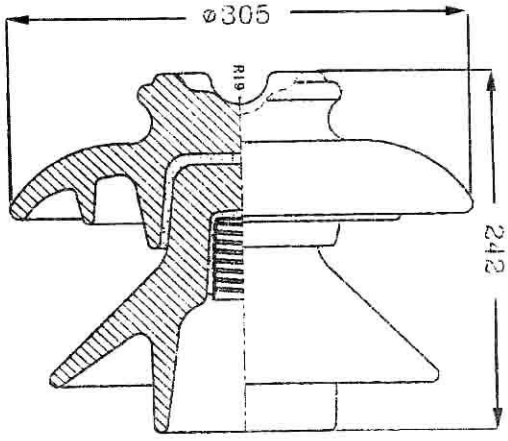
PIN TYPE INSULATOR (20 KV)



PIN TYPE INSULATOR (33 KV new)



PIN TYPE INSULATOR (33 KV)



شکل (۹ـ۴): مقره‌های سوزنی شبکه فشار متوسط ـ ساخت ایران

مشخصات استاندارد چهارنوع مقرهٔ سوزنی ساخته شده درایران، در جدول (۴-۴) آورده شده است. این تولیدات، براساس استاندارد بین المللی ANSI با ذکر خصوصیاتی به شماره C.29.6 و Class 56-4, 56-2 توسط شرکت مقره‌سازی ایران تولید و به‌صورت انبوه در ولتاژهای ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت استفاده می‌شوند.

جدول (۴-۴): مشخصات فنی مقره‌های سوزنی ـ ساخت ایران

PARTICULARS		مقره‌سوزنی 33kV جدید	مقره‌سوزنی 33kV	مقره‌سوزنی 20kV	مقره‌سوزنی 11kV	شرح	
Catalog No.		0309	0307	0304	0301	شماره کاتولوگ	
Voltage Rating [kV]		69	34.5	23	13.2	[kV]	ولتاژ نامی (کار)
Leakage Distance [mm]		864	677	432	229	[mm]	فاصله نشتی (خزشی)
Dry Arcing Distance [mm]		356	300	210	127	[mm]	کوتاه‌ترین فاصله برای حرقه در هوای خشک
Cantilever Stregth [kN]		13.6	13.6	13.6	13.6	[kN]	استقامت مکانیکی
Low Frequency Dry Flashover [kV]		175	125	110		[kV]	ولتاژ حرقه خشک با فرکانس پایین
Low Frequency Wet Flashover [kV]		125	80	70		[kV]	ولتاژ حرقه خیس با فرکانس پایین
Critical Impulse Flashover [kV]		270	200	175		[kV]	ولتاژ(حرقه بامواج) ضربه‌ای* (مثبت)
Critical Impulse Flashover [kV]		340	265	225		[kV]	ولتاژ(حرقه بامواج) ضربه‌ای* (منفی)
Low Frequency Punctare Voltage [kV]		225	165	145	95	[kV]	ولتاژ سوراخ شدن** در فرکانس پایین
Test Voltage to Ground[kV]		44	30	22	10	[kV]	مقدار ولتاژ اعمال شده نسبت به زمین
Maximum	Radio freed [μV]	200	200	100	50	[μV] به‌صورت رادیوئی	بیشترین ولتاژ مؤثر بر امواج
RIV at1000KHZ	Plain [μV]	25000	16000	12000	–	[μV] به‌صورت ساده	رادیویی*** در فرکانس ۱۰۰۰ کیلوهرتز
ANSI CLASS		56-5	–	56-2	–		معادل کلاس استاندارد ANSI شماره :

* (1.5×40ms Wave)

** سوراخ شدن = شکست درونی

*** ولتاژ موثر بر امواج رادیویی = RIV = Radio – Influence Voltage

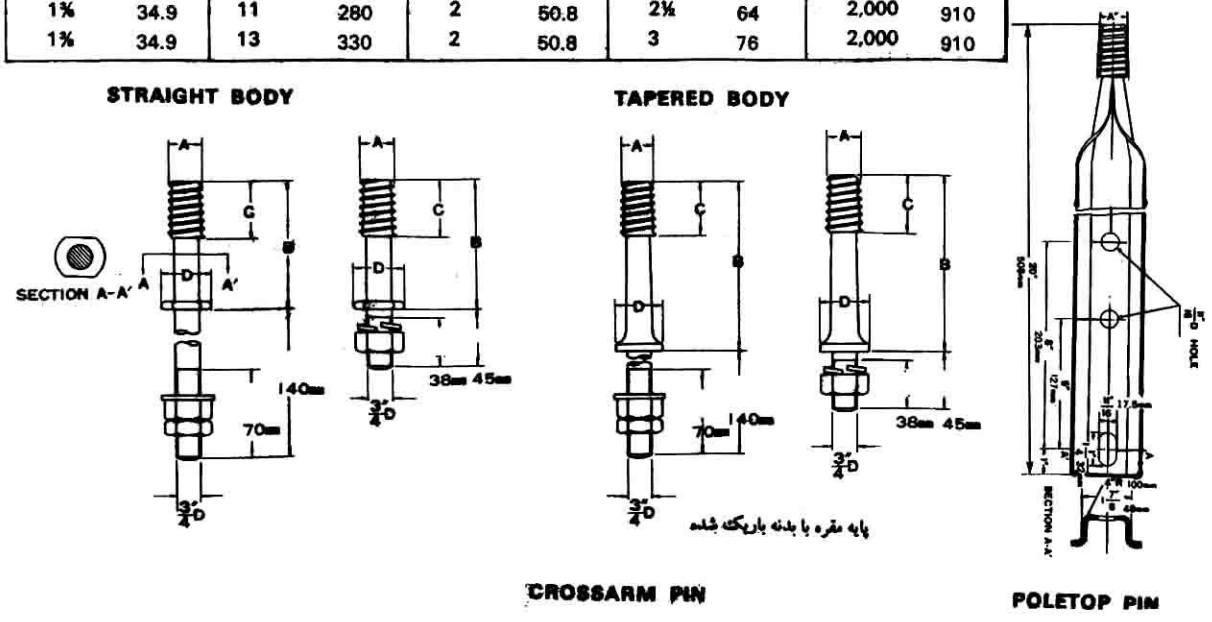
۴ـ۵ـ۱ ـ پایه‌های مقرهٔ سوزنی [1]

پایهٔ مقره برای نگه‌داشتن مقره‌هایی که هادی ها به آن محکم شده به‌کار می‌روند و به‌صورت «***میله‌های مقره سوزنی***» می‌باشند. این پایه‌ها، بیشتر از میله و یا پروفیل آهنی U شکل گالوانیزه ساخته می‌شوند تا قدرت و استحکام زیادی داشته باشند. البته در یک سر این پایه‌ها، شیارهای پیچ مانندی برای اتصال به مقره وجود دارد.

طرف دیگر پایه‌ها به کنسول‌ها بسته می‌شوند و در بعضی موارد، میله‌های با طول بیشتر می‌توانند به‌طور مستقیم به خود تیر بتنی نیز بسته شوند. استفاده از پایه، باعث می‌شود که مقره به‌صورت قائم روی کراس‌آرم محکم شود. پایهٔ مقره به‌طور معمول یکپارچه و از فولاد گالوانیزه مطابق با شکل (۱۰ـ۴) ساخته و به سه گونه مختلف وجود دارند:

- پایه با بدنهٔ یک راست و مستقیم (میله مانند) STRAIGHT BODY،
- پایه با بدنهٔ مخروطی (به‌طرف سرپایه) TAPERED–BODY، و
- پایه مخصوص سر تیر با بدنهٔ پروفیل آهنی U شکل POLE TOP.

Dimension/in.	mm	B	mm	C	mm	D	mm	Mechanical Strength/lb	kg
1¾	34.9	7	178	2	50.8	1¾	45	1,500	680
1¾	34.9	8	203	2	50.8	2	51	1,500	680
1¾	34.9	11	280	2	50.8	2¼	64	2,000	910
1¾	34.9	13	330	2	50.8	3	76	2,000	910

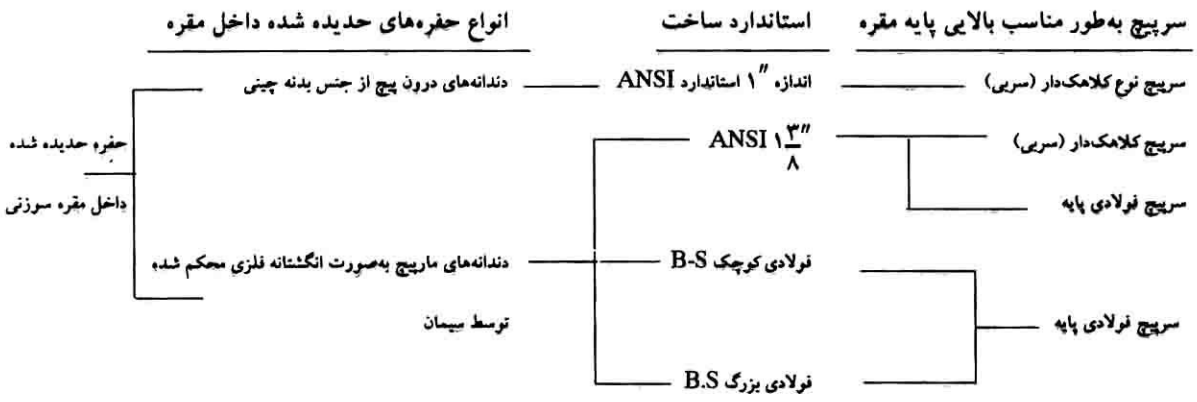


شکل (۱۰ـ۴): انواع پایه مقره‌های سوزنی

1– Insulator Pins

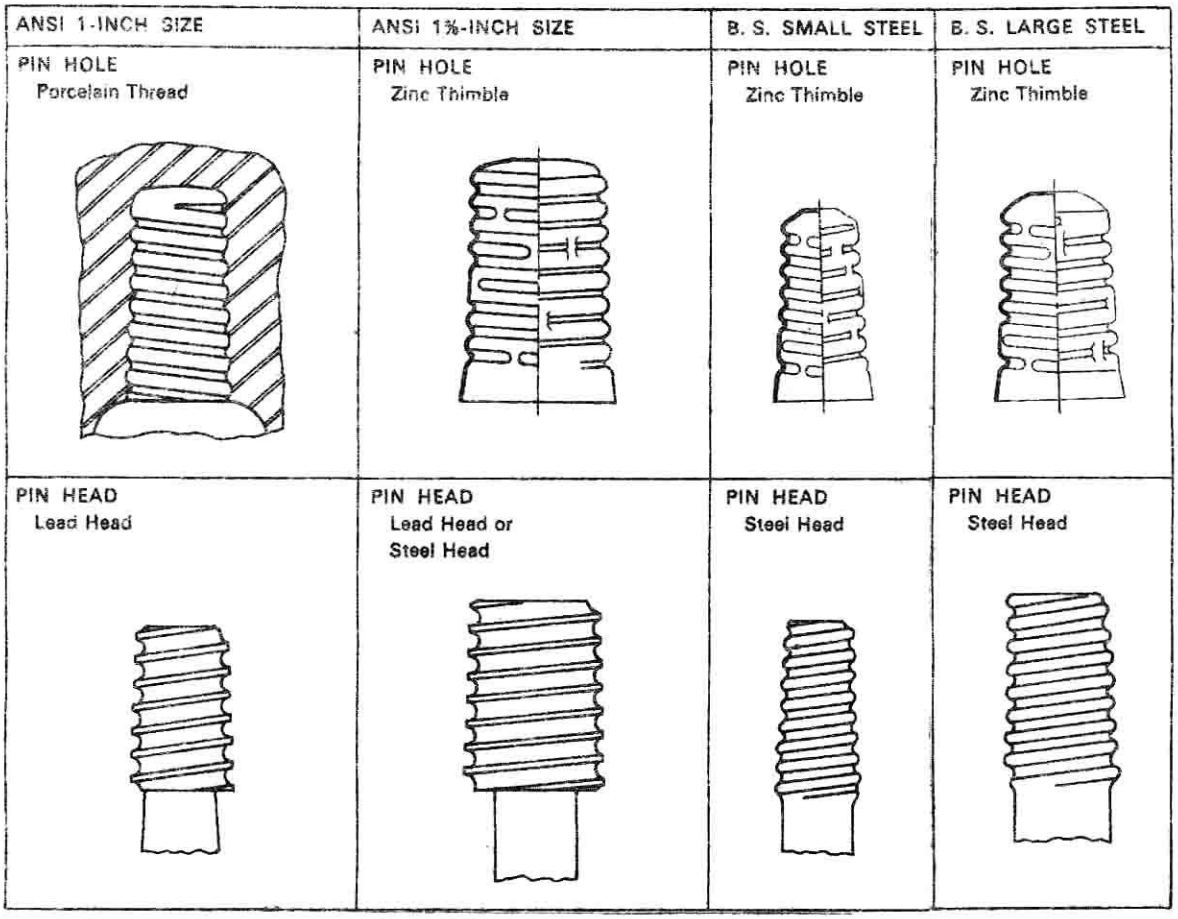
کلیهٔ پایه مقره‌های با بدنهٔ میله‌ای شکل، در دو اندازه برای کنسول‌های چوبی (با پیچ به طول ۱۴۰ میلی‌متر و طول رزوه شده ۷۰ میلی‌متر) باید شامل یک واشر تخت، مهره و نیز یک مهره قفل‌کن باشند. در کنسول‌های فلزی (با پیچ به طول ۴۵ میلی‌متر و طول رزوه شده ۳۸ میلی‌متر) نیز باید با یک واشر فنری و مهره باشند.

دو نوع مختلف از حفرهٔ محل پایهٔ مقره، به‌صورت حدیده شده می‌باشد که یک نمونه برجستگی راه راه درون مقره‌ها از جنس خود چینی و به‌صورت پیچ حدیده می‌شود و گونه دیگر با استفاده از یک انگشتانه از جنس فلز روی می‌باشد که به‌صورت دندانه‌های مارپیچ شیاردار می‌باشد و توسط سیمان مخصوص در داخل حفره مقره محکم شده است. باتوجه به حفره‌های ایجاد شده در داخل مقره‌های سوزنی ، پایه‌های مقره دارای یک کلاهک در بالای میله مقره‌ها می‌باشد که به‌شکل دندانه‌های درون پیچ مقره می‌سازند. در این‌گونه موارد، اغلب اندازهٔ سر کلاهک سرپیچ شکل را، کمی کوچکتر از حدید ساخته می‌شوند تا مقره‌ها به‌راحتی بسته ویا تعویض شوند. براساس استاندارد مختلف ANSI و نیز BS دو گونه مختلف برای ساخت کلاهک بالای پایه مقره وجود دارد. شکل (۱۱-۴) انواع مختلف حفره‌های حدیده شدهٔ مقرهٔ سوزنی و سه کلاهک پایه مقره‌ها را نشان می‌دهد. در مورد استاندارد متداول و موجود در شبکه‌های توزیع ایران، حفره و میله مقره‌ها براساس استاندارد ANSI ($1\frac{3}{8}$″) طراحی شده‌اند. نوع کلاهک پایه مقره، به‌طور معمول از سرب ریختگی ساخته می‌شود که طبق اندازهٔ قطر $1\frac{3}{8}$ اینچی (معادل با ۳۴/۹ میلی‌متر) می‌باشند. عمق طول حدیده شده نیز معادل (″۲)۵۰/۸ میلی‌متر است. شکل (۱۱-۴) چگونگی ساخت کلاهک و سر پیچ بالایی مقره سوزنی را نشان می‌دهد.



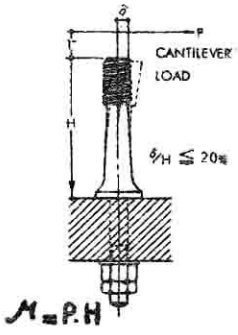
در شبکه‌های توزیع ایران، کلیهٔ مقره‌های سوزنی، براساس سری استاندارد ANSI ساخته می‌شوند و دارای سوراخ مقره‌ای به قطر $1\frac{3}{8}$ اینچ (یا ″۱ برای شبکه‌های ۱۱ کیلوولت) می‌باشند. همچنین کلیه کلاهک‌های متداول، از نوع سربی ریختگی و سرپیچی به قطر ۳۴/۹ میلی‌متر بوده که از طول رزوه شده معادل ۲ اینچ (۵۰/۸ میلی‌متر) ساخته می‌شود. در صورت لزوم، برای تبدیل پایه مقره با

قطر سربی ۲۵/۴ میلی‌متر (۱ اینچ) به قطر قسمت سربی ۳۴/۹ میلیمتر($1\frac{3}{8}$ اینچ) می‌توان از قطعه‌ای به‌نام «**ماسوره مقره**» استفاده کرد. این قطعه از آلیاژ آنتیموان است.



شکل (۱۱ـ۴): انواع حفرهٔ حدیده شده و کلاهک سرپیچ پایه مقرهٔ سوزنی

استقامت مکانیکی پایهٔ مقره، به میزان باری بستگی دارد که می‌تواند میله را به اندازهٔ ۱۰ درجه نسبت به محل وارد شدهٔ نیرو در راستای نیرو منحرف نماید. پس براساس رابطهٔ شکل (۱۲ـ۴) هر چه ارتفاع پایهٔ مقره کمتر باشد، پایداری و استقامت آن به علت کاهش نیروی ممان خمشی، بیشتر می‌شود ولی به‌دلیل رعایت کمترین ارتفاع معین شدهٔ پایه مقره یا میزان قابل پیشنهاد برای طول پایه مقره‌های سوزنی باید از جدول‌های استاندارد تجهیزات شبکه‌های توزیع پیروی نمود و درهر حالت اطمینان داشت که جرقه یا ولتاژ ایستایی تعریف شده برای آن مقره، توسط این فاصله رعایت



شکل (۱۲ـ۴): ارتفاع پایه مقره

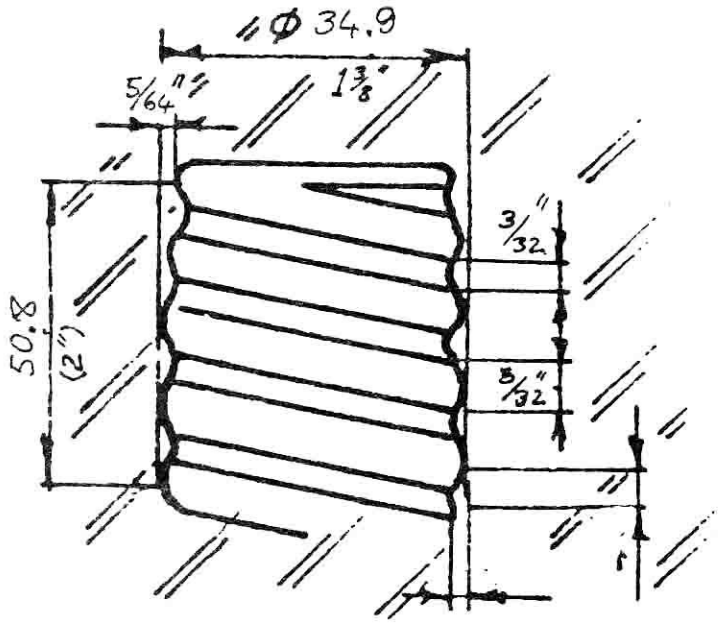
شده است. کمترین ارتفاع تعریف شده برای پایه مقره، باید مناسب با مقرهٔ مخصوص به خود آن، محاسبه و تعیین گردد تا قادر به انتخاب، در حد برابر یا بیشتر از میزان فضای ارتفاع مقره در جدول استاندارد باشد. انواع ارتفاع پایه‌های مقره از محل اتصال به کراس‌آرم تا کلاهک بالایی آن، مطابق استاندارد ANSI در چهار طول ۱۸، ۲۰، ۲۸ و ۳۳ سانتی‌متری ساخته می‌شوند.

پایه‌های مقره‌های فولادی در شکل‌های گوناگون و با طول‌های مختلف یافت می‌شود که از نظر طول و چگونگی محکم شدن آن‌ها به کنسول‌ها، باید از استاندارد مشخصی پیروی کنند. به‌طور کلی، در شبکه‌های توزیع ایران، پایهٔ مقره به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱ - پایهٔ مقره کوتاه یا طرفین ،

۲ - پایهٔ مقره متوسط یا کنسول چوبی، و

۳ - پایهٔ مقره بلند یا سر تیر.

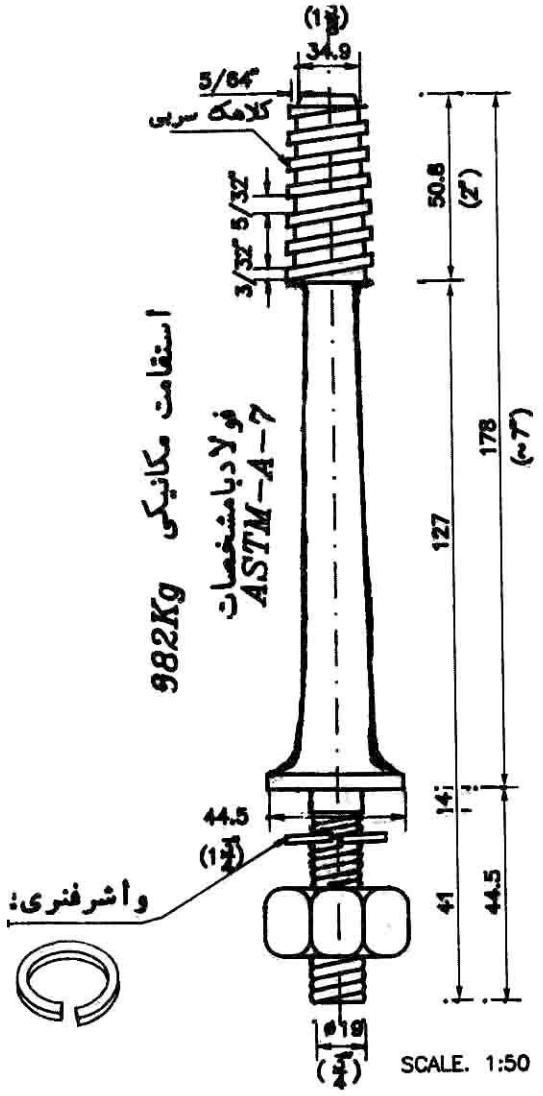


شکل (۴-۱۳) کلاهک سر پیچ بالایی پایه مقره

- ***پایهٔ مقره کوتاه*** : این نوع میله مقره بابدنه فولادی ۱۹ میلی‌متر ($1\frac{3}{4}$ اینچ)، به‌صورت بدنه باریک شده می‌باشد. پیچ انتهایی بسته شونده این پایه به کراس‌آرم فلزی، دارای طول کوتاه است. قطر قسمت انتهایی پیچ ۱۹ میلی‌متر، طول آن ۴۴/۵ میلی‌متر و طول رزوه شده ۳۸/۱ میلی‌متر می‌باشد. براساس جدول شکل (۴-۱۰) بلندی این پایه‌ها در سه طول ۱۷۸، ۲۰۳ و ۳۳۰ میلی‌متر وجود دارد که

در شبکهٔ ۲۰ کیلوولت ایران از ارتفاع ۱۷۸ میلی‌متری آن استفاده می‌شود. شکل (۱۴ـ۴) جزییات ساخت پایهٔ مقره سوزنی را نشان می‌دهد.

پایهٔ مقره با پیچ کوتاه، مخصوص کراس‌آرم فلزی به‌صورت نبشی آهنی می‌باشد. این پایه، روی کراس‌آرم فلزی با یک مهره و واشر فنری بسته می‌شود. البته اگر از واشر تخت استفاده شود، در اثر نیروی وارده (باد و ...) پایهٔ مقره کمی ارتعاش پیدا کرده به‌دلیل ثابت بودن، به‌تدریج مهره را گشاد کرده، شُل می‌نماید. در صورتی‌که واشر فنری می‌تواند هماهنگ با نوسانات نیروی وارده، کمی تغییر کرده تا نیرویی به مهره وارده نشود.

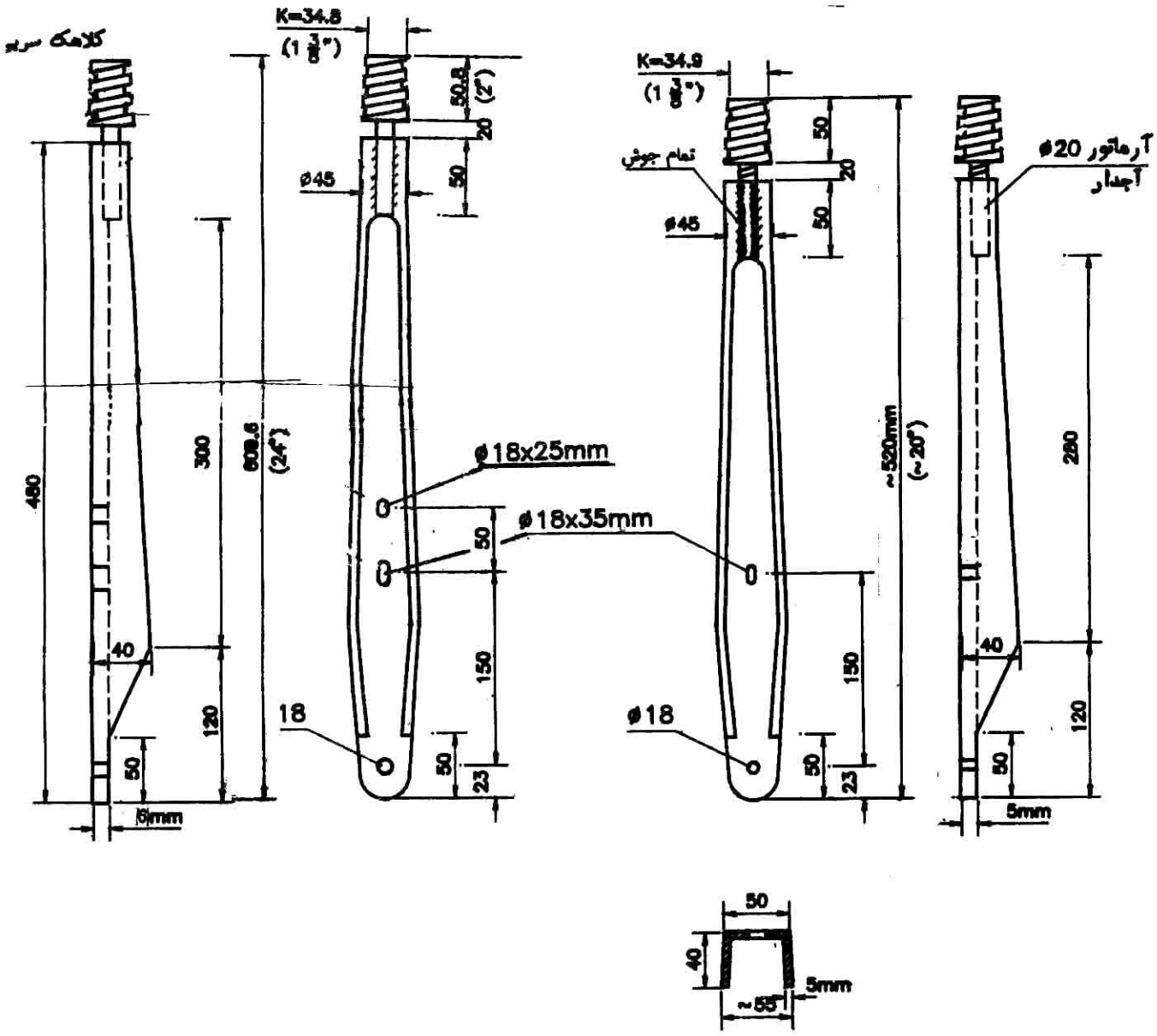


شکل (۱۴ـ۴): پایهٔ مقره سوزنی مخصوص کراس‌آرم از نوع بدنه باریک شده

ـ پایه مقره متوسط (کراس‌آرم چوبی) : این پایه، مانند پایهٔ مقره کراس‌آرم فلزی است با این تفاوت که طول پیچ انتهایی آن با همان قطر ۱۹ میلی‌متر برای عبور از مقطع کراس‌آرم چوبی دارای طول بیشتری می‌باشد. این پایه، دارای طول پیچ ۱۳۹/۷ میلی‌متر و طول رزوه شده ۶۹/۹ میلی‌متر است. این پایه، به‌وسیلهٔ یک واشر تخت گرد یا مربعی و یک مهره، روی کراس‌آرم چوبی بسته شده و توسط یک مهره قفل‌کن، محکم می‌شوند. این میله‌ها، به‌دلیل طول پیچ نباید روی کراس‌آرم فلزی بسته شوند زیرا بلند بودن طول پیچ تا نقطه اتکاء در زیر کراس‌آرم، باعث کج شدن پایه مقره می‌گردد.

ـ پایه مقره بلند ـ سر تیر: این میله مقره برای نصب بالای تیر درنظر گرفته شده و از فولاد ناودانی شکل گالوانیزه ساخته می‌شود. این پایه‌ها دارای دو یا سه سوراخ برای محکم کردن است که با دو

عدد پیچ و مهره در آرایش هادی‌ها با نوع مثلثی و یا عبور سیم از سر تیر بسته می‌شود. به‌همین دلیل است که به آن، پایهٔ مقره سر تیر می‌گویند. کلاهک سربی این پایه‌هانیز ۳۴/۹ mm (″$\frac{۳}{۸}$۱) و طول رزوه ریخته شده آن ۵۰/۸ میلی‌متر می‌باشد. بلندی کل این پایه برای شبکه ۲۰ کیلوولت در نوع دو سوراخه ۵۰۸ میلی‌متر (معادل ۲۰ اینچ) و در سه سوراخ به‌طول ۶۰۹/۶ میلی‌متر (۲۴ اینچ) می‌باشد. این پایهٔ مقره، طوری انتخاب و به سر تیر بسته می‌شود که انتهای مقره با سر تیر، فاصله داشته باشد زیرا اگر این فاصله کم باشد، دو اشکال پیش خواهد آمد. یکی این‌که فاصلهٔ فاز وسطی تا سر تیر کم می‌شود و دیگر آن که در جاهای برفگیر، یخ و برف روی مقره و سر تیر نشسته باعث ارت کردن فاز وسط به زمین می‌گردد. بنابراین اگر در بعضی موارد، پایهٔ مقرهٔ سر تیر کوتاه بود، باید از نوع بلندتر (دارای سه سوراخ) استفاده کرد یا آن را به‌یک تکه ناودانی مناسب جوش داد. در این موارد، طول تماس پایهٔ مقره و ناودانی باید حدود ۳۰ سانتی‌متر بوده و تمام نقاط آن جوش داده شود. به خصوص در مواقعی که در سر تیر، مقره‌های دوبله نصب می‌شود، زیرا با نازک بودن سر تیر، هر دو مقره به هم برخورد کرده ممکن است شکسته شوند . بنابراین بهتر است در این مواقع، بین پایهٔ مقره و تیر، یک تکه ناودانی مناسب قرار داده و از گذاشتن چوب یا سنگ خوداری نمود.

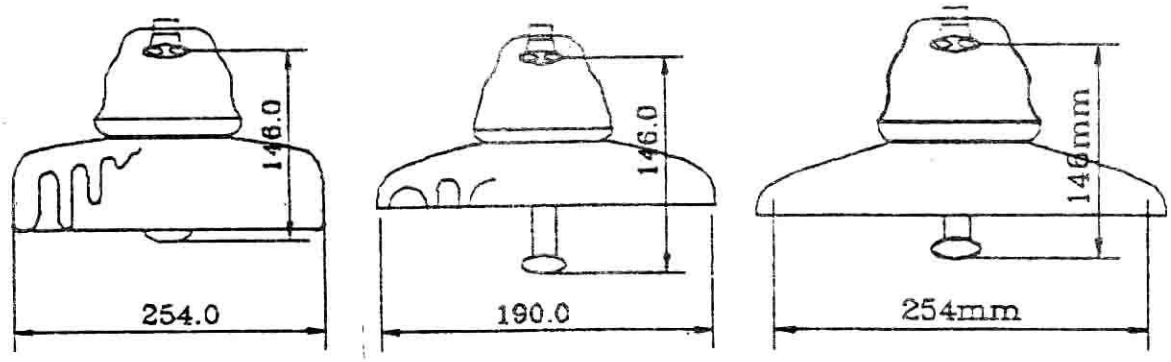


شکل (۱۵-۴): جزییات ساخت پایهٔ مقره سوزنی ـ بلند مخصوص سر تیر

۴ـ۶ـ مقره‌های بشقابی (Suspension or Strain Type Insulator)

این نوع مقره‌ها در خطوط انتقال فشار قوی، فوق توزیع و ولتاژ متوسط به‌کار می‌روند. در خطوط ولتاژ متوسط و در مواردی که باید به هر دلیلی نیروی استقامت مکانیکی مقره بالاتر از حدّ طبیعی و متعارف باشد(در پایه‌های کششی یا انتهایی، زاویه‌ای، اسپن‌های بزرگ و یا استفاده از سیم‌های سنگین) این نوع مقره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مقره‌ها، از کراس‌آرم آویزان می‌شوند و به همین دلیل به آن‌ها «مقره‌های عایق معلق» نیز می‌گویند.

از مزایای این نوع مقره‌ها این است که اگر مقره دچار شکست الکتریکی شود، اجزای چینی، هادی را رها نمی‌کنند و سیم هادی به زمین نمی‌افتد. به همین دلیل توصیه می‌شود که در اسپن‌های مورد استفاده در جاده‌ها و نقاط حساس، از این نوع مقره‌ها استفاده شود. در شکل‌های (۱۶ـ۴) چند نوع مقرهٔ بشقابی مشخص شده است. در مناطق با آلودگی بالا مثل مناطق مه آلود و رطوبتی استفاده از مقره‌های مهی توصیه می‌شود.

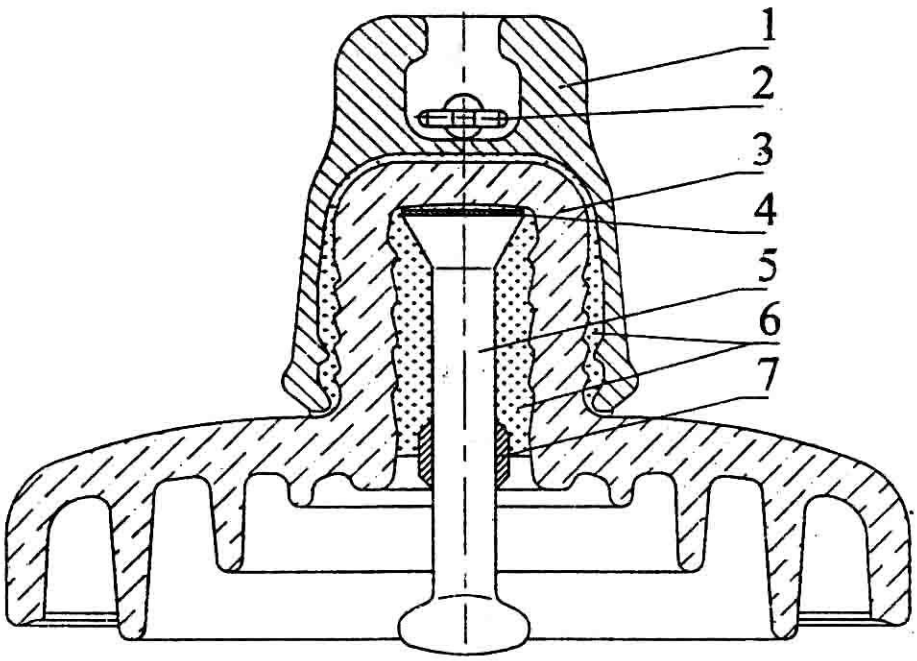


شکل (۱) مقره بشقابی معمولی　　شکل (۲) مقره بشقابی کوچک　　شکل (۳) مقره بشقابی مهی

شکل (۱۶ـ۴): مقره‌های بشقابی

جدول (۵ـ۴): مشخصات مقره‌های بشقابی نوع Ball & Socket

شماره شکل	ولتاژنامی (kV)	ولتاژجرقه در هوای خشک (kV)	ولتاژجرقه در هوای مرطوب (kV)	ولتاژموج ضربه‌ای مثبت ۱/۵×۴۰ (kV)	ولتاژموج ضربه‌ای منفی ۱/۵×۴۰ (kV)	فاصله نشتی (mm)	مقاومت نیروی نهایی (Kgf)
۱	۱۰	۷۸	۴۵	۱۲۰	۱۴۵	۲۸۰	۱۲۰۰۰
۲	۷/۵	۶۵	۳۵	۱۱۵	۱۱۵	۲۹۲	۶۸۰۰
۳	۱۰	۱۰۰	۶۰	۱۹۵	۱۸۰	۴۳۱/۸	۱۱۴۰۰



۱ـ کلاهک
۲ـ سیم‌قفل‌کننده، (محل پین و اسپیل)
۳ـ عایق سرامیک
۴ـ لایی
۵ـ پین (گوشتکوب)
۶ـ موادمحکم‌کننده (سیمان مخصوص)
۷ـ حلقه روی (جلوگیری از خوردگی)

شکل (۱۷ـ۴): ساختمان مقرهٔ بشقابی

این نوع مقره‌ها از شیشه یا چینی ساخته می‌شوند و بیشتر به‌صورت زنجیره مقره مورد استفاده قرار می‌گیرند. تعداد دیسک‌های موجود در زنجیره مقره به سطح ولتاژ خط، محل استفاده و اضافه ولتاژ بستگی دارد. درکاربردهای معمولی و مناطق بدون آلودگی یاکنار دریا با غلظت نمک کم، تعداد بشقاب مورد نیاز در هر زنجیره مقره بشقابی به شرح زیر توصیه شده است :

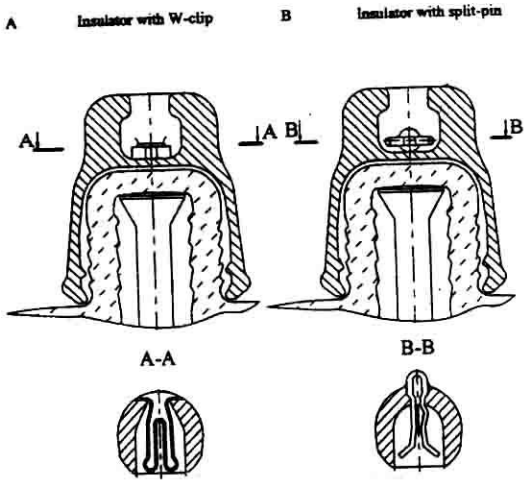
شبکه ۱۱ کیلوولت : ۲ عدد
شبکه ۲۰ کیلو ولت : ۲ عدد
شبکه ۳۳ کیلو ولت : ۳ عدد
شبکه ۶۳ کیلو ولت : ۵ عدد

POWEREN.IR

چگونگی اتصال هر مقره بشقابی به بشقاب دیگر، توسط دو قطعهٔ فلزی بالا و پایین انجام می‌گیرد که این اتصال به دو گونه است:

۱ - نوع نر و مادگی (Ball & Socket Type) یانوع کلاهکی، و
۲ - نوع شیار و زبانه (Tongue & Clevis Type) یا نوع رکابی .

چگونگی قفل شدن در کلاهک مادگی مقره‌ها، به دو صورت و مطابق شکل (۱۸ـ۴) می‌باشد، به‌طوری که دو نوع اشپیل برای قفل شدن در آن به‌کار می‌رود.



شکل (۱۸-۴): چگونگی اتصال مادگی و اشپیل

باتوجه به سطح ولتاژ و شرایط جغرافیایی، محل مورد استفاده، عرض، ارتفاع، فاصله خزشی و قدرت مکانیکی این مقره‌ها قابل انتخاب است. مقره‌های بشقابی، به‌طور اختصار به‌صورت زیر مشخص می‌شوند:

d×b - c M&E

که در آن

- قطر بشقاب بر حسب میلی‌متر: [mm] d،
- ارتفاع بشقاب بر حسب میلی‌متر: [mm] b،
- فاصله خزشی بر حسب میلی‌متر: [mm] C، و
- مقاومت الکترومکانیکی مقره بر حسب M&E می‌باشد.

مثال:

متداول‌ترین مقرهٔ بشقاب در شبکهٔ توزیع ایران، به‌صورت 254x146-280 15OOOLb یعنی مقرهٔ بشقابی با قدرت مکانیکی ۱۵ هزار پوندی (معادل ۷۰ کیلونیوتن) به قطر ۲۵۴ میلی‌متر و ارتفاع ۱۴۶ میلی‌متر می‌باشد که فاصلهٔ نشتی آن ۲۸۰ میلی‌متر است.

مقره‌های بشقابی امروزه در انواع مختلف دیگری نیز تولید می‌شوند که در خطوط انتقال فشار قوی کاربرد انبوهی دارند ولی در شبکه‌های توزیع استفاده نمی‌شوند به اختصار عبارتنداز:

۱ - ***مقره بشقابی مهی***[1]: در مناطق آلوده یا مه‌آلوده و بافاصله خزشی بیشتر به‌کار می‌روند

۲ - ***مقره آئرو دینامیک***[2]: در مناطق بادگیر استفاده می‌شوند و دارای بادخورکم هستند.

۳ - ***مقره زنگوله‌ای شکل***[3]: در مناطق با آلودگی زیاد به‌کار می‌روند و امکان نشستن گردو خاک

1- Anti Fog Ins.
2- Open Profile Ins.
3- Bell Type Ins.

روی آن‌ها بسیار ضعیف است.

جدول (۷ـ۴) مشخصات فنی کامل تولیدات مقره‌های بشقابی (چینی) ساخت ایران را که به‌طور انبوه در شبکه توزیع و انتقال به‌کار رفته نشان می‌دهد. اغلب، مارک کارخانه سازنده، سال ساخت و قدرت مکانیکی، روی کلاهک مقرهٔ بشقابی و بدنه لعابی آن حک می‌شود.

۴ علامت نمونهٔ ثبت شده از تولیدات مقره‌های به‌کار رفته در شبکه ایران عبارتند از:

ـ مقره سازی ایران ـ مقره ژاپنی NGK ـ مقره روسی اوژنوارانسکی ـ مقره ساخت چین



کلیه قطعات فلزی مقره‌های بشقابی به‌صورت گالوانیزهٔ گرم آبکاری می‌شوند تا در برابر خوردگی استحکام کافی داشته باشند.

تقسیم‌بندی مقره‌های بشقابی مدل بال ـ سوکت در استانداردهای مختلف، متفاوت می‌باشد. با این حال، کلیهٔ این استانداردها، دسته‌بندی این مقره‌ها را بر اساس میزان استحکام مکانیکی آن‌ها به شرح جدول (۶ـ۴) بنا نهاده‌اند. در مقره‌های شبکه‌های توزیع ایران که براساس استاندارد ANSI می‌باشند، مقره با قدرت کوپلینگ «**۱۵ هزار پوند**» کاربرد انبوه دارند. این مقره، معادل سری مقره با استاندارد IEC با قدرت هر واحد ۷۰ کیلونیوتن می‌باشد. در استاندارد IEC مقره‌های بشقابی به ۴ گروه تقسیم می‌شوند. اندازهٔ نر و مادگی (بال ـ سوکت) مقره‌های بشقابی ایران، در ردیف ۱۶ میلی‌متری نوع A می‌باشد.

جدول (۶ـ۴): انواع استاندارد کوپلینگ مقره‌های بشقابی

استاندارد ANSI		استاندارد IEC		استاندارد BS	
بال سوکت	قدرت مکانیکی هر واحد مقره	بال سوکت	قدرت مکانیکی هر واحد مقره	بال سوکت	قدرت مکانیکی هر واحد مقره
		۱۱ میلیتری	۴۰ کیلونیوتن		
نوع B	۱۵۰۰۰ الی ۱۸۰۰۰ پوندی	۱۶ میلی‌متری (مدل A)	۷۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلونیوتن	۱۶ میلی‌متر مدل (B)	۷۰ کیلونیوتن
نوع J	۲۵۰۰۰ پوندی	۲۰ میلی‌متری	۱۶۰ و ۲۱۰ کیلونیوتن	۲۰ میلی‌متری	۱۲۵ کیلونیوتن
نوع K	۳۶۰۰۰ و ۵۰۰۰۰ پوندی	۲۴ میلی‌متری	۳۰۰ کیلونیوتن	۲۴ میلی‌متری	۱۹۰ کیلونیوتن

مقره‌های بشقابی، به رنگ قهوه‌ای یا خاکستری روشن می‌باشند که براساس رنگ استاندارد، برای کلیه کلاس‌ها، لعاب شیشه‌ای به‌کار می‌روند.

جدول (۷-۴): مشخصات مقره‌های بشقابی تولیدات مقره سازی ایران

PARTICULARS				مقره بشقابی ۱۵ هزارپوند (70 KN)	مقره بشقابی ۱۸ هزارپوند (80 KN)	مقره بشقابی ۲۵ هزارپوند (120 KN)	مقره بشقابی (145 KN)	مقره بشقابی ۳۶ هزارپوند (160 KN)	مقره بشقابی مهی (80 KN Fog)	مقره بشقابی مهی (120 KN Fog)	شـــرح		
Catalog NO.				0201	0203	0214	0221	0207	0204	0206	شماره کاتالوک		
(Disk Diameter)×(Unit Spacing)			[mm]	254×146	254×146	254×146	254×146	254×146	254×146	254×146	[mm]	(ارتفاع × قطر) بشقاب*	
Creepage Distance			[mm]	292	292	292	318	318	482	432	[mm]	فاصله خزشی	
Electromechanical Failing Load			[KN]	70	80	120	145	160	80	120	[KN]	قدرت الکترومکانیکی	
Minimum Flashorer Voltage	Power-Frequency	Dry	[kV]	75	75	**75	78	78	90	90	[kV] خشک	در فرکانس شبکه (۵۰ هرتز)	کمترین میزان جرقه برونی
		Wet	[kV]	45	45	45	45	45	50	50	[kV] خیس		
	50% Impulse	Positive	[kV]	120	120	120	120	120	130	130	[kV] مثبت	موج ضربه‌ای (۱×۵۰ μsec)	
		Negative	[kV]	125	125	125	125	125	140	140	[kV] منفی		
Withstand Voltage	Power-Frequency	Dry	[kV]	70	70	70	70	70	80	80	[kV] خشک	در فرکانس شبکه	ولتاژ پایداری
		Wet	[kV]	40	40	40	40	40	45	45	[kV] خیس		
	Impulse		[kV]	110	110	110	110	110	125	125	[kV]	موج ضربه‌ای	
Power-Frequency Puncture Voltage			[kV]	110	110	110	110	110	130	130	[kV]	ولتاژ سوراخ شدگی درونی	
Ball & Socket Size				16mm A	16mm A	16mm A	20mm A	20mm A	16mm A	16mm A	اندازه مادگی و گوشتکوپ		
Standard Testing Specification				IEC.383	IEC.383	IEC.383	IEC.383	IEC.383	IEC.383	IEC.383	مشخصات استاندارد		

* به‌علت دیگر: ($10''D\times5\frac{3}{4}''$) ** در استاندارد IEC این مقدار 78kVI می‌باشد

۴ـ۷ـ مقره‌های ثابت یا استوانه یکپارچه (Solid–Core Insulators)

امروزه این مقره‌ها علاوه بر پست‌های فشار قوی، به علت محاسن فراوان و سهولت کاربرد، در خطوط انتقال نیرو و توزیع نیز استفاده می‌شوند و به‌صورت یک استوانهٔ عایق یکپارچه و با مغز سخت توپر یا تو خالی ساخته می‌شوند. این مقره‌ها، مشکل استهلاک سیمان و انبساط آن‌ها را که از مشکلات خرابی مقره‌های بشقابی و سوزنی چند پره بودند، نخواهند داشت. به‌طور کلی، مقره‌های ثابت یا استوانه یکپارچه، در فرآیند تکاملی خود به صورت عایق میله‌ای بلند، به چهار گونه زیر ساخته و دسته‌بندی می‌شوند:

۱ ـ مقرهٔ اتکایی پست‌های فشار قوی — Solid-core Station post Insulator

۲ ـ مقرهٔ ثابت پایه‌های خطوط انتقال (میانی یا تو خطی) — Solid-core line post Insulator

۳ ـ مقرهٔ میله کششی پایه‌های خطوط انتقال (پایه‌های کششی) — Solid-core Straion Rod Insulator

۴ ـ مقرهٔ یکپارچه میله‌ای بلند برای خطوط انتقال (و قطار برقی) — Solid-core Long Rod Insulator

* ـ مقره‌های با مغز استوانه‌ای سخت نوع اتکایی[1]

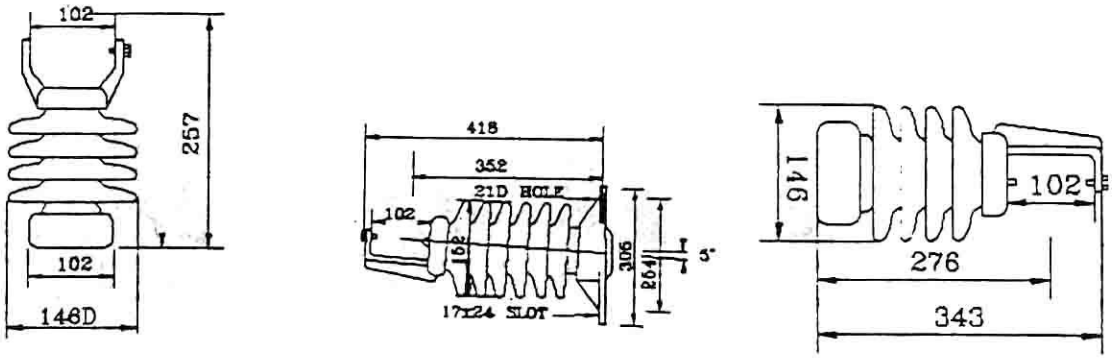
از این مقره‌ها به‌طور انبوه، در پست‌های فشار قوی استفاده می‌شود که بر اساس ولتاژ و نوع کاربرد، دارای گونه‌های مختلفی می‌باشد. در این کتاب، به‌دلیل پرداختن به خطوط هوایی توزیع، از معرفی آن‌ها خودداری می‌گردد؛ در این ارتباط، برای اطلاعات بیشتر، به استاندارد IEC pub. 273 و نیز کاتالوگ شرکت NGK شماره‌های 42A و 41C مراجعه نمایید.

۴ـ۷ـ۱ ـ مقره‌های ثابت پایه‌های خطوط انتقال و توزیع[2]

این مقره‌ها، به صورت عمودی، افقی یا زاویه‌دار نصب شده و به کراس‌آرم و بریس در خطوط نیازی نیست. این مقره‌ها را به شکل استوانه‌ای چینی توپر یا تو خالی می‌سازند. نوع توخالی آن به شکل استوانه‌ای است که از یک انتها یک حفره دارد و قبل از این‌که قاعدهٔ مقره به کلاهک فلزی بچسبد پوشانده می‌شود. انتهای دیگر آن، محل اتصال کلمپ‌های نگه‌دارندهٔ هادی‌های خط انتقال یا محل اصلی و بستن سیم می‌باشد. از آن‌جایی‌که مقاومت مکانیکی مقره‌های اتکایی توپر، در اثر افزایش قطر کاهش می‌یابد برای تحمل نیروهای مکانیکی بزرگ نمی‌توان از آن‌ها استفاده کرد. بنابراین استفاده از مقره‌های تو خالی معمول‌تر می‌باشد. انواع مقره‌های ثابت در شکل‌های (۱۹ـ۴) آمده است. امروزه با تکامل تکنولوژی، افزایش قابل ملاحظه‌ای در استقامت مکانیکی این مقره‌ها ایجاد شده و قابل استفاده در خطوط فشار قوی، حتی در ولتاژهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت می‌باشند.

1- Station post Insulator.

2- line post Insulator



(۱) مقرهٔ ثابت افقی (۲) مقرهٔ ثابت افقی (باپایه خمیده) (۳) مقرهٔ ثابت عمودی

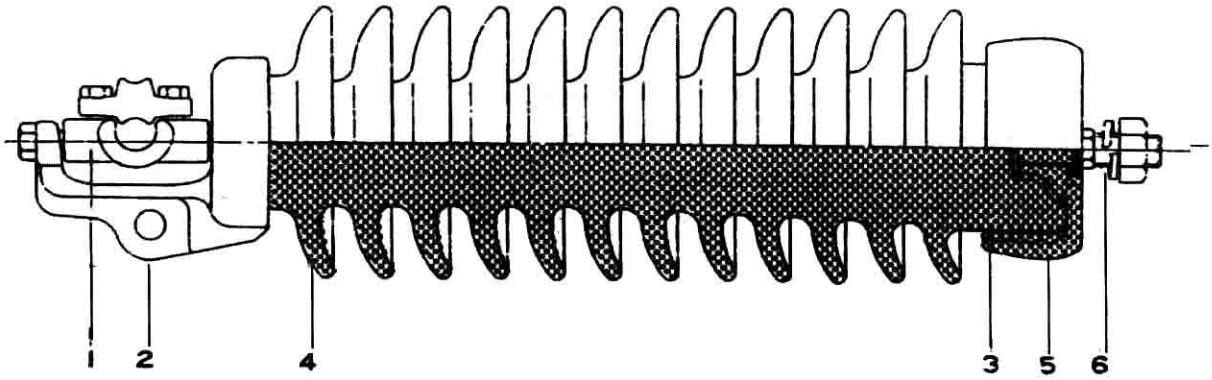
شکل (۱۹-۴): مقره‌های ثابت

جدول (۸-۴): مشخصات مقره‌های ثابت خطوط توزیع

شماره شکل	ولتاژ نامی (kV)	ولتاژ جرقه در هوای خشک (kV)	ولتاژ جرقه در هوای مرطوب (kV)	ولتاژ موج ضربه‌ای مثبت ۱/۵×۴۰ (kV)	ولتاژ موج ضربه‌ای منفی ۱/۵×۴۰ (kV)	فاصله نشتی (mm)	مقاومت نیروی‌نهایی (Kgf)
۱	۲۰	۸۰	۷۰	۱۳۰	۱۵۵	۳۵۵/۶	۱۲۷۰
۲	۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۱۸۰	۲۰۵	۵۵۸/۸	۱۲۷۰
۳	۲۰	۸۰	۶۰	۱۳۰	۱۵۵	۳۵۵/۶	۱۲۷۰

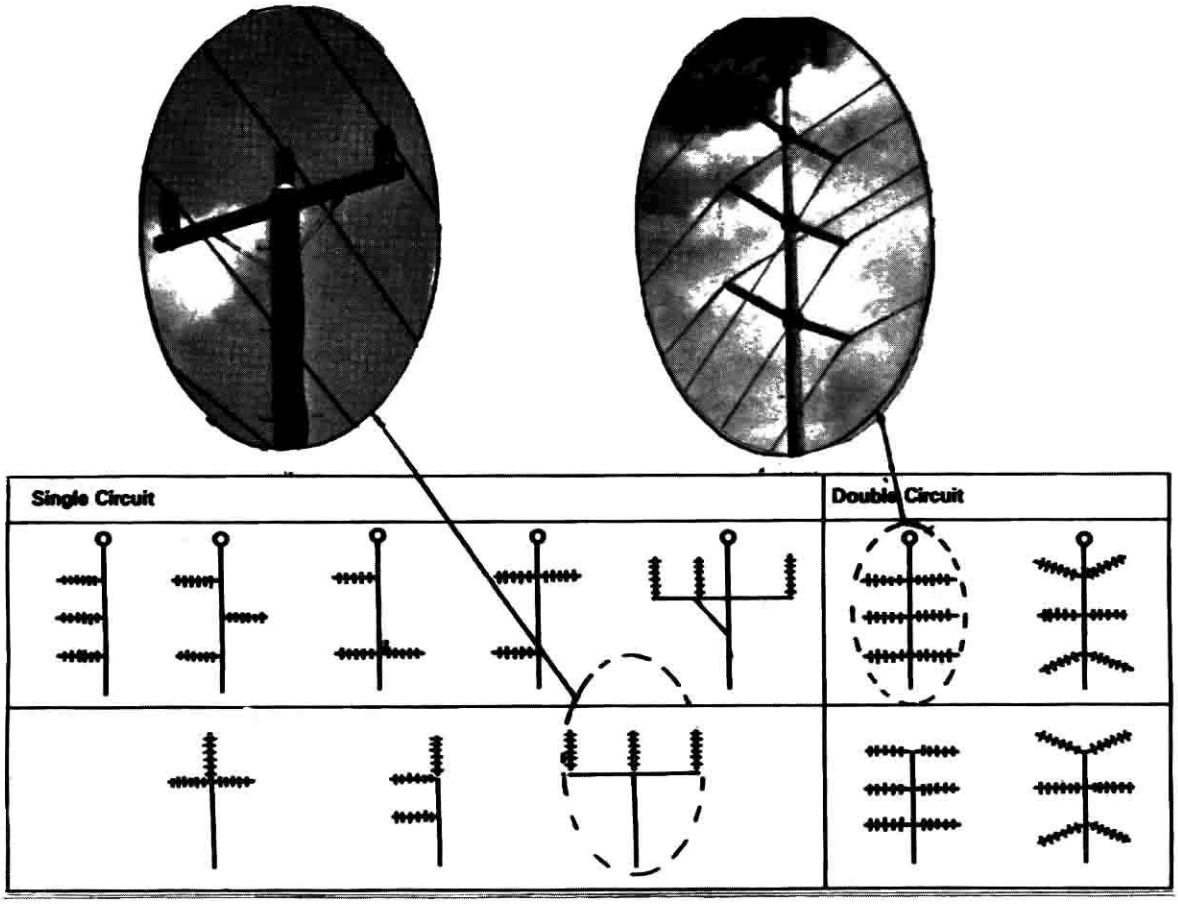
برای اتصال مقره‌های ثابت استوانه‌ای به پایه‌های خطوط توزیع، علاوه بر نوع میخ پیچ (گلمیخ) انتهایی[1]، نوع دیگری به نام رأس تیری[2] وجود دارد که برای اتصال در بالای پایه‌ها به کار می‌رود. البته نوع پایهٔ صفحهٔ خمیده[3] نیز طراحی شده که به‌راحتی با پایه‌های گرد بتنی (پیش‌تنیده) مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای اتصال محکم تر به سازه‌های فلزی، مثل دکل‌های فلزی، نوع دیگری از پایه‌ها (برای مقره‌های استوانه‌ای ثابت) به‌صورت صفحه ساده[4] با قابلیت کاربرد پیچ‌های بیشتر برای اتصال وجود دارد که می‌توان مورد استفاده قرار داد. در این مقره‌ها، برای ایجاد انواع آرایش‌ها در زوایای مختلف، قطعه‌ای به‌عنوان پایهٔ ایجاد کننده زاویه[5] نیز وجود دارد، که برای انواع صفحه‌های ساده و خمیده به کار می‌رود. زاویهٔ ایجاد شده توسط این قطعه ۳۰° است. به‌عنوان مثال، قابلیت‌های ایجاد آرایش مختلف در خطوط تک‌مداره و دومداره، به‌صورت شماتیک در شکل (۲۱-۴) نشان داده شده است.

1– Styd Base
2– Tapped Base
3– Curved Base
4– Plain Base
5– Angle mounting base

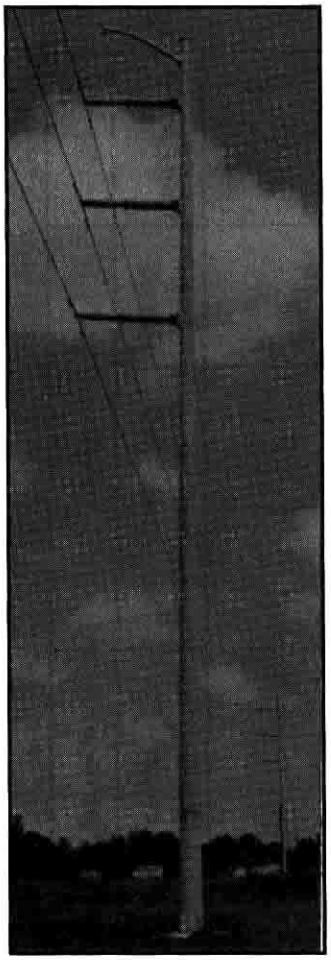


شماره	نام	ماده تشکیل دهنده
۱	کلمپ بالایی ـ نگهدارنده سیم	آلیاژ آلومینومی یا آهن نرم (چدن) چکش خور
۳	کلاهک پرانتزی شکل ـ محل کلمپ	آهن نرم (چدن) چکش خور
٤	سیمان اتصال	سیمان (پرتلند) مخصوص
٤	بدنه چینی	چینی (پرسلان) به رنگ قهوه‌ای یا خاکستری
٥	پایه درپوش انتهایی	آهن نرم (چدن) چکش خور
٦	میخ ـ گلمیخ	پیچ از فولاد گالوانیزه سخت با استقامت زیاد

شکل (۲۰ـ۴): ساختمان و اجزای مقرهٔ ثابت پایه‌ها خطوط توزیع



شکل (۲۱ـ۴): انواع آرایش‌های مختلف مقره‌های ثابت



شکل (۲۲-۴) : آرایش یک‌طرفه قائم با مقره ثابت و حذف کراس‌آرم

مقره‌های ثابت، از نظر محل نگهدارندگی سیم در سه نوع ساخته می‌شوند.

۱ ـ ***گرهی و اصلی کردن - بستن سیستم*** (Tie -Top type): به‌صورت افقی و عمودی به‌کار می‌رود که در واقع، مانند مقره‌های سوزنی بوده و ارتفاع استوانه‌ای آن افزایش می‌یابد.

۲ ـ ***کلمپی ایستاده با کاربرد فقط به‌صورت عمودی*** (Clamp-Top type): این مقرهٔ ثابت استوانه‌ای، مانند مقره‌های اتکایی پست‌ها به‌صورت قائم به‌کار رفته و اغلب در سر پایه‌های خطوط انتقال و یا برای نگهداری هادی‌های خطوط انتقال روی کراس‌آرم افقی به‌کار می‌رود.

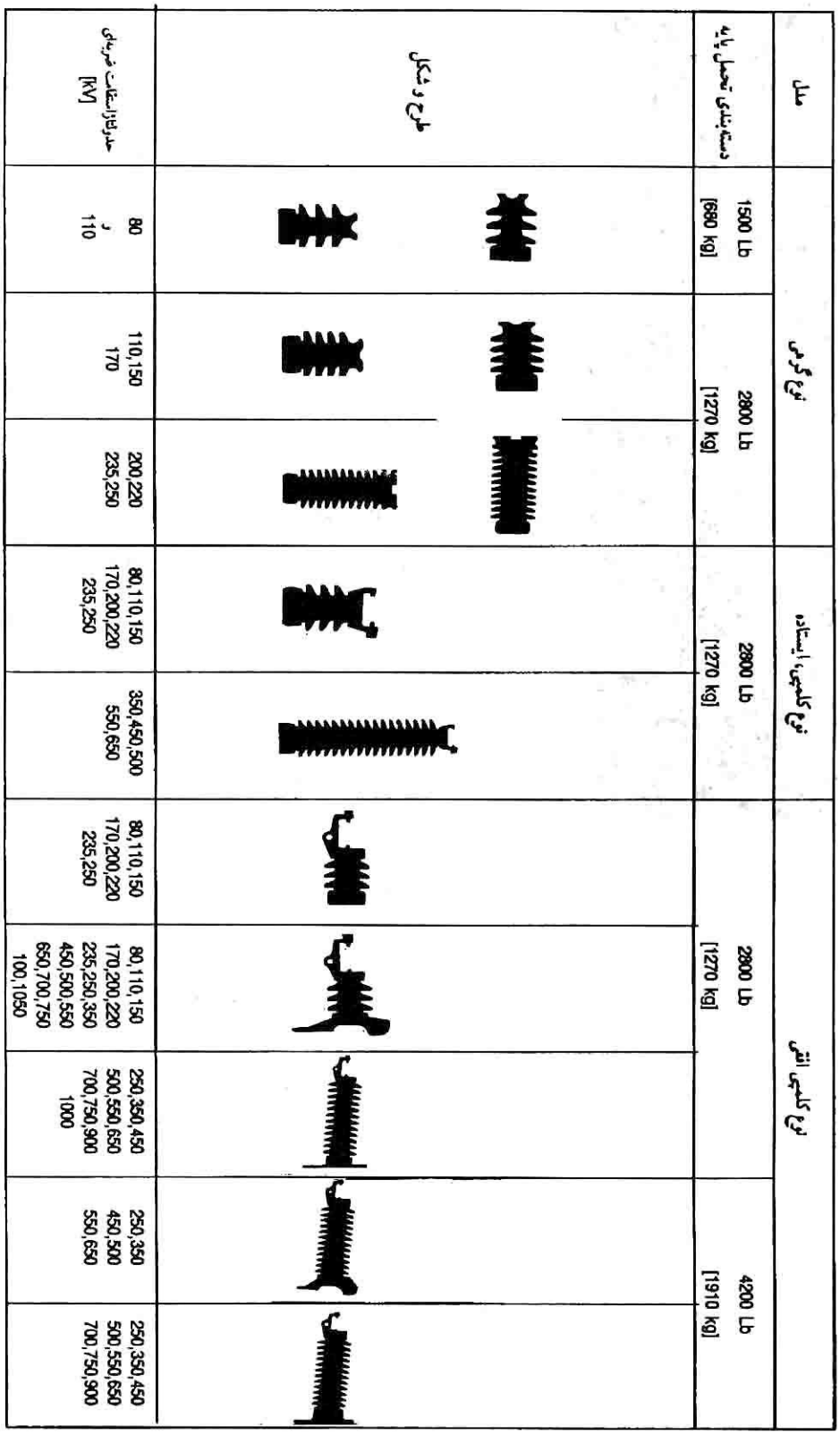
۳ ـ ***نوع کلمپی با کاربرد فقط به‌صورت افقی*** (Clamp-Top type): این مقره‌های ثابت، علاوه بر مقره، نقش کراس‌آرم‌ها را برای ایجاد فاصله بین هادی‌ها به‌عهده می‌گیرند و امکان ایجاد انواع آرایش‌های هادی‌ها را بدون کراس‌آرم در خطوط توزیع فراهم می‌آورند. شکل (۲۳-۴) نشان دهندهٔ انواع کاربردها و گونه‌های نصب مقره‌های استوانه‌ای پایه‌های خطوط انتقال و توزیع می‌باشد.[1]

امروزه با تکامل تکنولوژی، ساخت مواد عایق مقاوم از جمله سرامیک‌های جدید، امکان ایجاد استقامت بیشتر اینگونه مقره‌ها را در برابر نیروهای الکترومکانیکی فراهم ساخته است، به شکلی که حالت‌های گذاری ناشی از نیروهای بزرگتر مکانیکی، از جمله پارگی سیم، ارتعاشات سیم‌های ناشی از ریختن یکبارهٔ برف ویخ از روی آن‌ها[2] و حتی کلیه نیروهای نامتعادل هادی‌ها، به‌راحتی توسط این مقره‌ها تحمل و نگهداری می‌شوند. شکل (۲۳-۴) انواع طرح‌های اجرای مقره‌های ثابت استوانه‌ای را روی پایه‌ها و سازه‌های خطوط انتقال نمایش می‌دهد. این مقره‌ها، به‌صورت افقی و ایستاده (قائم) و برای انواع پایه‌های چوبی، بتنی گرد پیش تنیده و نیز سازه فلزی به‌کار می‌رود.

در حال حاضر در کارخانهٔ مقره‌سازی ایران، نمونهٔ مقره ثابت از نوع گرهی (Tie-top) به‌صورت ایستاده با نوع اتصال پیچ برای رده‌های ولتاژ ۱۱ ، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت ساخته می‌شود. شکل (۲۴-۴) مقره‌های ثابت ساخت ایران و مشخصات فنی آن‌ها را نشان می‌دهد.

1– Seletion giude of NGK

2– Galloping



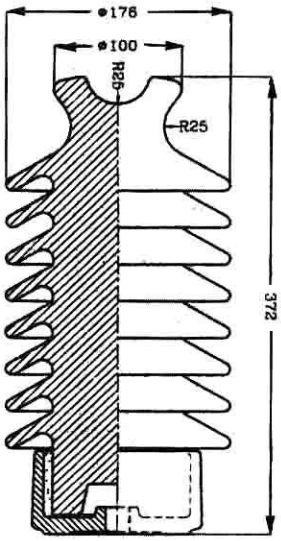
شکل (۴-۲۳) انواع مقره‌های ثابت استوانه‌ای خطوط انتقال

شکل (۲۳-۴): روش‌های نصب مقره‌های ثابت خط

IRAN INSULATOR CO.

شرکت مقره سازی ایران

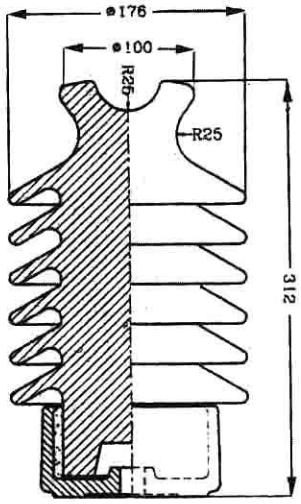
LINE POST INSULATOR (33 KV)



STANDARD PARTICULARS

Catalotg NO.		0445
Type Normal System Voltage /KV		Post 33
Color of Porcelain		Brown Glaze
NO. Of Shed		8
Total Hight /mm		372
Shed Diameter/mm		178
Mass of Insulator Unit /kg		12.8
Creepage Dist. Min /mm		805
Arcing Dist. /mm		280
Bending Failing Load Min.	For Angle Structure Of To 5 /KN	8
	For Angle Structure 5 To 30 /KN	11
Dry Impulse Withstand Voltag /KV		170
Wet One-Minute Power Frequ. /KV		70
Complete With Studs		Short Stud

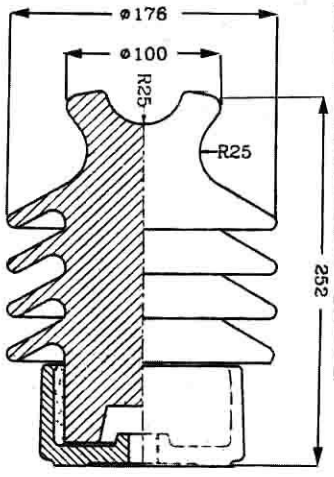
LINE POST INSULATOR (20 KV)



STANDARD PARTICULARS

Catalotg NO.		0449
Type Normal System Voltage /KV		Post 20
Color of Porcelain		Brown Glaze
NO. Of Shed		6
Total Hight /mm		312
Shed Diameter/mm		178
Mass of Insulator Unit /kg		9.5
Creepage Dist. Min /mm		705
Arcing Dist. /mm		215
Bending Failing Load Min.	For Angle Structure Of To 5 /KN	8
	For Angle Structure 5 To 30 /KN	11
Dry Impulse Withstand Voltag /KV		150
Wet One-Minute Power Frequ. /KV		70
Complete With Studs		Short Stud

LINE POST INSULATOR (11 KV)



STANDARD PARTICULARS

Catalotg NO.		0450
Type Normal System Voltage /KV		Post 11
Color of Porcelain		Brown Glaze
NO. Of Shed		4
Total Hight /mm		252
Shed Diameter/mm		178
Mass of Insulator Unit /kg		6.5
Creepage Dist. Min /mm		510
Arcing Dist. /mm		150
Bending Failing Load Min.	For Angle Structure Of To 5 /KN	8
	For Angle Structure 5 To 30 /KN	11
Dry Impulse Withstand Voltag /KV		110
Wet One-Minute Power Frequ. /KV		70
Complete With Studs		Short Stud

شکل (۲۴-۴): مقره‌های ثابت خط فشار متوسط ـ ساخت ایران

۴ـ۷ـ۲ ـ مقره استوانه‌ای میله کششی [1]

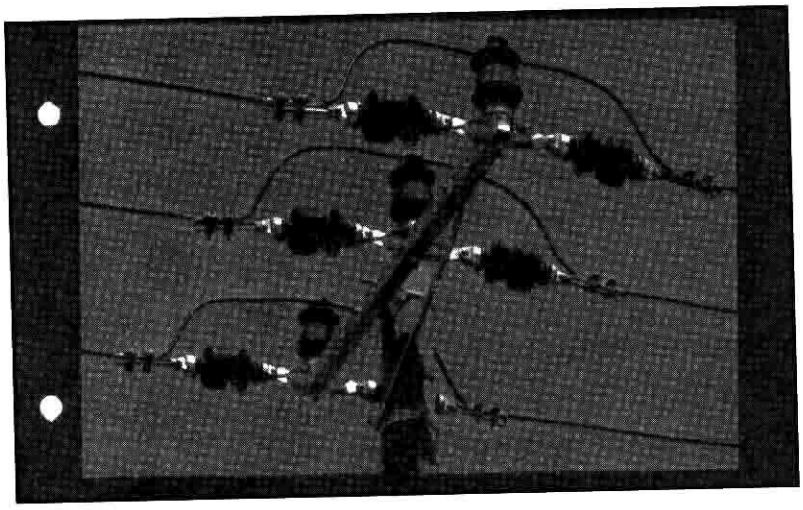
از خانوادهٔ مقره‌های یکپارچه استوانه‌ای، نوع دیگری از مقره‌ها، برای پایه‌های کششی و انتهایی ساخته شده و برای خطوط توزیع فشار متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آن‌جایی‌که در بین مقره‌ها، امکان ایجاد نیروی کششی در هادی‌ها بیشتر با استفاده از زنجیره مقره بشقابی اجرا می‌شود، طرح جدید از خانوادهٔ مقره‌های استوانه‌ای میله‌ای، برای اجرای آرایشی پایه کششی بسیارکاربرد خواهد داشت. در شکل (۴ـ۲۵) تصویری از چگونگی کاربرد مقرهٔ میله کششی، و نیز یک نمونه مقرهٔ ثابت استوانه‌ای در شبکه‌های توزیع نشان داده شده است. استفاده از این مقره، علاوه بر صرفهٔ اقتصادی از نظر یراق‌آلات، اتصالات و مقره‌ها، به‌عنوان یک عایق یکپارچه و فشرده کاربرد راحت‌تر و بهتری خواهد داشت. در ضمن این مقره‌ها، مشکل همیشگی تخلیهٔ داخلی و سوراخ شدن [2] مقره‌های بشقابی را ندارند. به‌طور خلاصه، می‌توان محاسن مقره‌های یکپارچهٔ استوانه‌ایی از نوع میلهٔ کششی را به این شرح بیان نمود:

الف) در مقابل سوراخ شدگی ناشی از جرقه داخلی (Puncture) مقاوم هستند.

ب) در برابر خوردگی و فرسایش عملکرد خوبی دارند .

ج) برای مناطق با درجه آلودگی زیاد بسیار مناسبند.

د) در برابر جرقه‌های تخلیه الکتریکی استقامت دارند.



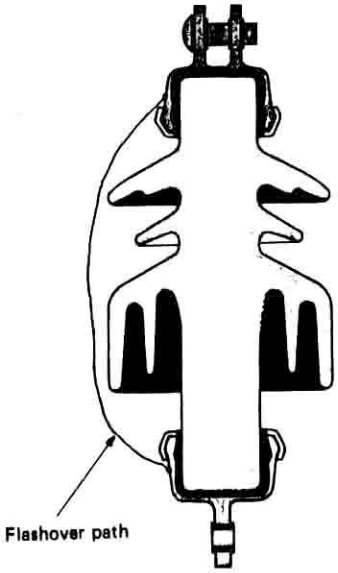
شکل (۴ـ۲۵): نمایش مقره میله‌ای کششی

همان‌طور که در شکل (۴ـ۲۶) دیده می‌شود، مقره‌های میله کششی از نوع استوانهٔ توپر، از نظر علمی، مسیر جرقهٔ داخلی (اخگر درونی سوراخ کننده) را از میان بدنهٔ چینی امکان‌پذیر نمی‌سازد، زیرا فاصلهٔ جرقه (در هوای خشک برای مسیر قوس از بدنهٔ بیرونی مقره در ولتاژ عمل) کمتر از داخل چینی خواهد بود. در مقره‌های بشقابی، به‌علت فاصلهٔ کم بین کلاهک و میلهٔ مقره که با عایق چینی، ایزوله شده‌اند، به طور معمول قابلیت انتقال مسیر جرقهٔ تخلیه از داخل پرسلان به‌راحتی فراهم می‌آید. از

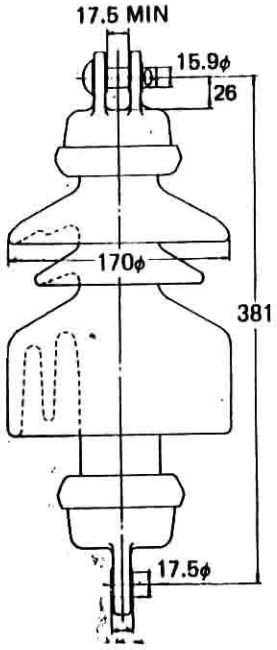
1– Solid - station strain Rod Inslator

2– Puncture

آن‌جایی‌که این تخلیه‌های الکتریکی به سوراخ شدن مقرهٔ بشقابی منجر شده و خرابی را باعث می‌شود، و چون عیب‌یابی در این‌گونه موارد مشکلاتی به بار خواهد آورد، مقره‌هایی بسیار ایده‌آل خواهند بود که امکان تخلیه داخلی در آن‌ها در کمترین مقدار باشد.



شکل (۲۶-۴): مسیر تخلیه جرقه بیرونی



شکل (۲۷-۴): ساختمان مقره میله کششی

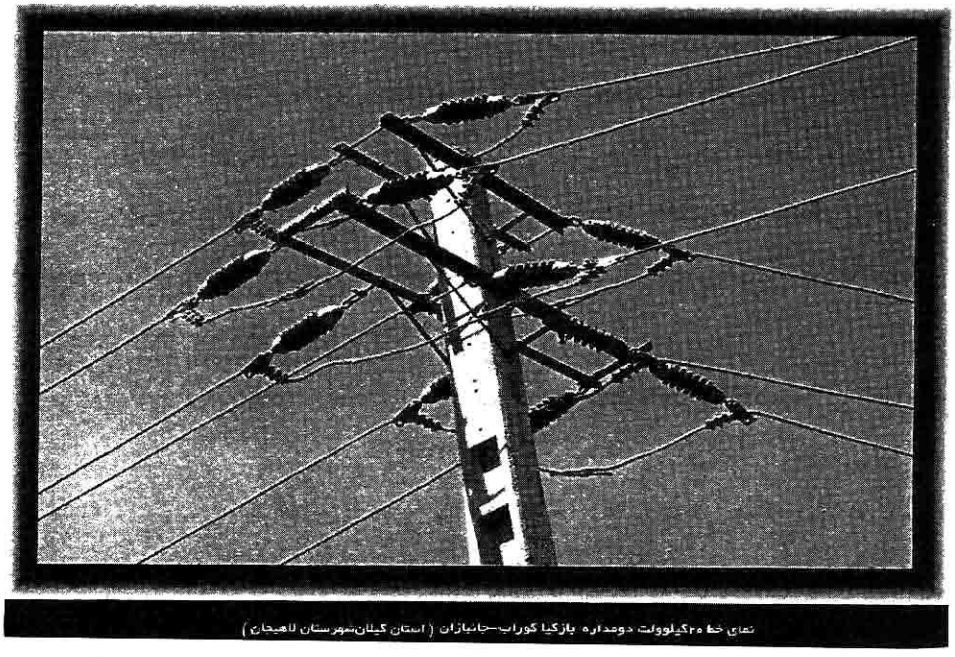
از طرف دیگر، در مناطق با آلودگی زیاد، اتصالات مقره‌های بشقابی با خوردگی میله گوشتگوب و محل مادگی مواجه شده به‌علت فرسایش کلاهک آن، امکان ایجاد خطرات رد کردن مقره و مشکلات استقامت مکانیکی را ایجاد می‌نمایند. این شُل‌شدگی در محل مادگی، هر لحظه امکان پارگی و جدا شدن قسمت چینی مقره بشقابی را سبب می‌شود. از سوی دیگر، مقره‌های میله کششی، جریان نشتی را کاهش داده، فرآیند ایجاد خوردگی و تجزیهٔ الکترولیتی را کمتر می‌کند، پس در مدت زمان بیشتر، نسبت به مقره‌های بشقابی استقامت بیشتری از خود نشان می‌دهند.

مقره‌های میله کششی، به‌علت دارا بودن لبه‌های عمیق در بدنه استوانه‌ای شکل، در مناطق آلوده خواص بهتری خواهند داشت. بنابراین هر دو مشخصه ***ولتاژ استقامت*** در حالت آلودگی و ***مسیر جریان تخلیه*** در این مقره‌ها، نسبت به مقره‌های بشقابی بهتر پاسخ می‌دهند، به‌طوری که یک مقرهٔ میله کششی ۲۲ کیلو ولتی معادل ۳ مقره بشقابی عمل می‌کند. در شکل (۲۷-۴) نمونه‌ای از مقره‌های میله کششی برای ردهٔ ولتاژ ۲۲ کیلوولت و مشخصات فنی آن را در جدول صفحه بعد می‌بینید.

ولتاژ خط	[kV]	22
ولتاژ استقامت ضربه‌ای	[kV]	150
حد ولتاژ استقامت جرقه مرطوب	[kV]	65
فاصله خزشی	[mm]	635
فاصله نشتی	[mm]	330
بارکششی مکانیکی	[kN]	70
وزن	[Kg]	8

۴ـ۷ـ۳ ـ مقرهٔ یکپارچه میله‌ای بلند (لانگ راد)[1]

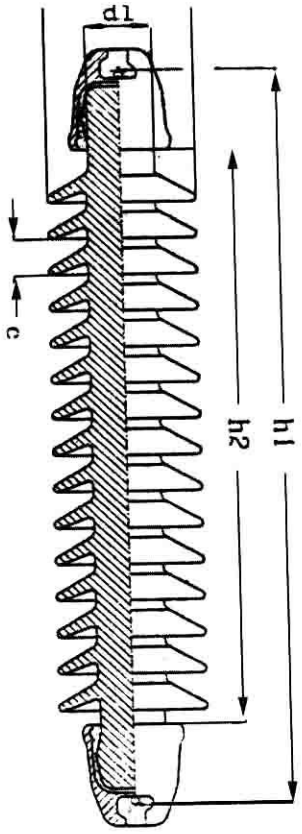
مقرهٔ لانگ راد یا مقرهٔ استوانه‌ای میله‌ای بلند، مانند مقره‌های میله کششی بوده و برای خطوط فشار متوسط مناطق بحرانی با صاعقهٔ زیاد، مرطوب و شرجی بالا، با بارندگی زیاد در مناطق جنوبی و شمالی کشور و یا مناطق جنگلی، و مناطق آلوده بسیار مناسب و اقتصادی می‌باشد. شکل (۲۸ـ۴) نمای یک خط ۲۰ کیلوولت دومداره با استفاده از مقره‌های میله‌ای بلند (رانگ راد) را نشان می‌دهد. نگه‌دارندهٔ مقرهٔ لانگ راد بیشتر به‌عنوان بازو و نگه‌دارندهٔ سیم شبکهٔ هوایی و یا در شبکهٔ کنتاکت هوایی خطوط قطارهای برقی به‌کار می‌رود. این مقره، هم نقش امتداد بازوها و هم نقش جداسازی قسمت‌های برقدار از دیگر تجهیزات را به عهده دارد.



شکل (۲۸ـ۴): نمای خط ۲۰ کیلوولت دومداره با استفاده از مقرهٔ لانگ‌راد

1– Long Rod Insulator

شرکت مقره‌سازی ایران، دو نمونه مقرهٔ میله‌ای بلند (لانگ‌راد) تولید می‌کند. شکل (۲۹-۴) دو نوع مقرهٔ یکپارچهٔ میله‌ای بلند ساخت ایران را همراه با مشخصات فنی آن‌ها نشان می‌دهد. طول این مقره‌ها، ۴۴ سانتی‌متر برای ۱۵ هزار پوند و ۹۰ سانتی‌متر برای ۲۵ هزار پوند می‌باشد.

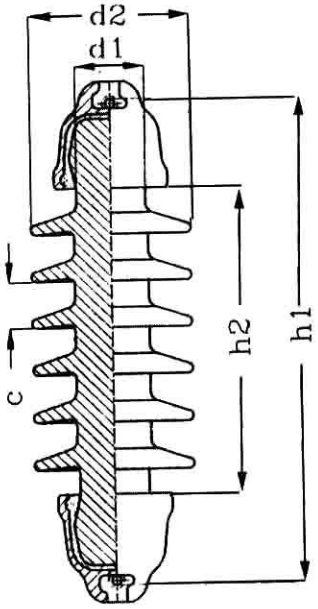


LONG ROD INSULATOR (25000Lb)

STANDARD PARTICULARS

Drawing number	***1506***
Core diameter d1 /mm	***69***
No of sheds	***15***
Spacing h1 /mm	***900***
Shed spacing c /mm	***48***
Shed dimeter d2 /mm	***175***
Ceramic length between caps h2 /mm	***720***
Nominal creepage distance /mm	***1900***
Mechanical failing load /KN	***120***
Routine test load /KN	***96***
Lightning impulse withstand voltage / KV	***405***
Wet power-frequ. withstand voltage / KV	***185***

LONG ROD INSULATOR (15000Lb)



STANDARD PARTICULARS

Drawing number	*1503*
Core diameter d1 /mm	*70*
No of sheds	*6*
Spacing h1 /mm	*441*
Shed spacing c /mm	*45*
Shed dimeter d2 /mm	*150*
Ceramic length between caps h2 /mm	*295*
Nominal creepage distance /mm	*655*
Mechanical failing load /KN	*70*
Routine test load /KN	*56*
Lightning impulse withstand voltage / KV	*170*
Wet power-frequ. withstand voltage / KV	*77*

شکل (۲۹-۴): مقرهٔ لانگ‌راد ـ ساخت ایران

در مقره‌های یکپارچه میله‌ای (لانگ‌راد)، مسیر تخلیهٔ الکتریکی (اخگر) درونی، به مراتب بیشتر از تخلیه (اخگر) بیرونی است. به دلیل مقاومت زیاد در برابر شکست دی‌الکتریک بدنهٔ سرامیکی، کلیهٔ جرقه‌های زده شده، همیشه در خارج از چینی اتفاق می‌افتد. همچنین به‌علت کم بودن تعداد قطعات فلزی در مقرهٔ یکپارچه میله‌ای نسبت به زنجیرهٔ مقره‌های بشقابی، نقص ملحقات فلزی که به صورت دو الکترود در دو طرف عایق عمل می‌نمایند رفع می‌گردد. بنابراین در برابر هرگونه افزایش ولتاژ ناشی از عوامل بیرونی (صاعقه) و همچنین عوامل درونی (سویچینگ و....)، به ویژه در شرایط بحرانی بارندگی، شبنم و آلودگی، هیچ‌گاه مشکل تخلیهٔ درونی ایجاد نخواهد شد. این مقره‌های یکپارچه میله‌ای، به‌دلیل یکپارچگی چینی و شکل میله‌ای بلند آن در برابر خوردگی نیز عملکرد بسیار خوبی دارند. بنابراین برای مناطق ساحلی بسیار مناسب و در برابر خورندگی نمک‌های آن مناطق به‌خوبی مقاوم می‌باشد. این مقره‌ها، به‌علت کاربرد سیمان کم در بین اتصالات فلزی و سرامیکی، عاری از تنش‌های داخلی بوده و گذشت زمان و پدیدهٔ پیری در آن بی‌تأثیر است. شکل چترها در این مقره، حالت خود شستشویی ایجاد می‌کنند. این موضوع در نصب مقره‌های یکپارچه میله‌ای (لانگ‌راد) بسیار راحت‌تر است.

۴ـ۸ـ مقره‌های چرخی یاقرقره‌ای (Spool Type Insulator)

این مقره‌ها در خطوط توزیع فشار ضعیف هوایی کاربرد داشته و برای عبور سیم، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مقره‌ها در وسط دارای سوراخی هستند که در تمام طول مقره وجود داشته و توسط یک پین در یک بست U شکل به‌نام «***اتریه***» قرار می‌گیرد. اتریه به کمک یک یا دو پیچ و مهره روی تیر نصب می‌شوند. در شکل (۳۰ـ۴) نمونه‌هایی از این مقره‌ها آورده شده است.

همانگونه که گفته شد، مقره‌های چرخی یا قرقره‌ای، همراه با پایهٔ نگه‌دارنده (اتریه)، در مدارات ثانویه (شبکه فشار ضعیف) به مقدار اندازه روی پایه‌ها نصب و برای نگه‌داشتن سیم‌های مسی در اندازه‌های مختلف برای خطوط هوایی اصلی فشار ضعیف و یا محل انشعاب‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مقره‌ها، برای امکان شناسایی بهتر توسط مقره‌سازی ایران در سه نوع مختلف تولید می‌شوند. شعاع و تعداد محل نگه‌داشتن سیم مسی در این سه نوع مقرهٔ چرخی، متفاوت به این ترتیب می‌باشند :

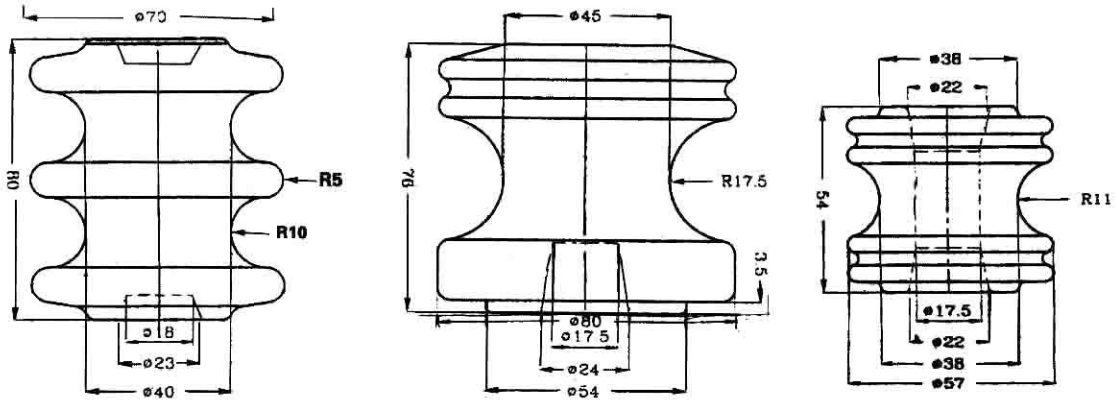
مقره چرخی، نوع ۷ ـ اندازه کوچک با قدرت تحمل کم ـ ارتفاع دهانه اتریه S=۶۰،

مقره چرخی، نوع ۸ ـ اندازه متوسط تک شیاره با قدرت ۱۳ کیلو نیوتن ـ ارتفاع دهانه اتریه S=۸۰، و

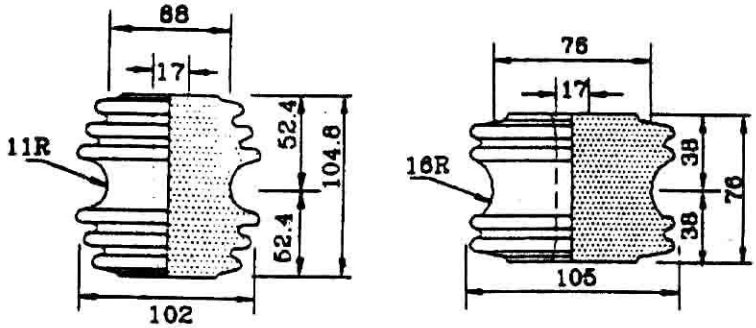
مقره چرخی، نوع ۹ ـ اندازه متوسط دو شیاره با قدرت ۱۳ کیلو نیوتن ـ ارتفاع دهانه اتریه S=۸۰.

از نظر دسته‌بندی، اندازهٔ ارتفاع و قطر مقره‌های چرخی، تعیین کنندهٔ گروه خانوادگی آن‌ها هستند. متداول‌ترین مقره‌های چرخی S-80 و S-115 می‌باشند. در واقع این اندازه‌ها، ارتفاع دهانهٔ محل جامقره چرخی یا دهانه اتریه نیز می‌باشد.

مقره‌های چرخی نوع S-80 با قدرت متوسط ۱۳ کیلو نیوتن، تا سیم نمره ۵۰ و مقره چرخی نوع S115 برای سیم‌های نمره ۷۰ و ۹۵ استفاده می‌شود. مقاومت نیروی نهایی این دسته از مقره‌ها، ۲۰۰۰ کیلونیوتن می‌باشد. مقره‌های چرخی نوع دو شیاره به‌راحتی می‌توانند برای انشعاب‌گیری، نقاط جمپرباز و ارتباط سیم با سیم دیگر مورد استفاده قرارگیرند. به‌طور معمول سطح بالایی مقره‌های چرخی صاف و دارای تحدب است تا از جمع شدن آب باران و برف روی آن جلوگیری شود. سطح پایینی آن نیز، با یک رنگ سفید دایره‌ای شکل مشخص شده است. رویهٔ مقره‌های چرخی، به‌صورت لعاب قهوه‌ای یا سفید خاکستری روشن، و جنس آن‌ها بیشتر از مواد چینی و در مواقعی از نوع شیشه‌ای سفید یا سبز رنگ ساخته شده است.



(۱) مقره چرخی - نوع 7 (۲) مقره چرخی - نوع 8 (۳) مقره چرخی دوشیاره - نوع 9



(۴) مقره چرخی (۵) مقره چرخی

شکل (۳۰-۴): انواع مقره‌های چرخی

جدول (۹ـ۴): اطلاعات انواع مقره‌های چرخی

شماره شکل	ولتاژ جرقه در هوای خشک (kV)	ولتاژ جرقه مرطوب (kV)		مقاومت نیروی نهایی (Kgf)	وزن (Kg)	استاندارد ساخت
		عمودی	افقی			
۱	۲۰	۸	۱۰	۹۹۰	۰/۳۴	ANSI C29.3-1980
۲	۲۵	۱۲	۱۵	۱۳۶۰	۰/۵	ANSI C29.3-1980
۳	۲۵	۱۲	۱۵	۱۳	۰/۴۱	ANSI C29.3-1980
۴	۳۵	۱۸	۲۵	۲۷۷۰		
۵	۲۵	۱۲	۱۵	۲۰۰۰		

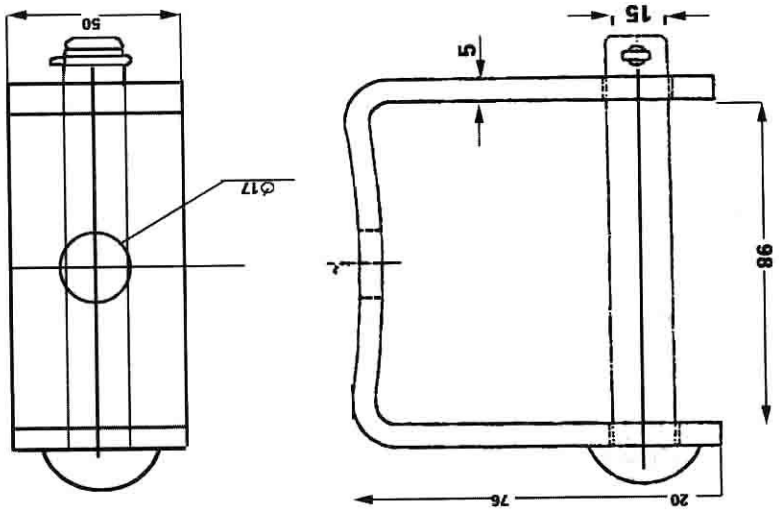
۴ـ۸ـ۱ ـ جا مقره چرخی یا اتریه

اتریه برای نگه‌داری مقره چرخی و سیم فشار ضعیف به‌صورت یک خانهٔ قرقره‌ای بوده و روی تیر بسته می‌شود. هر اتریه از سه جزء مطابق شکل (۴ـ۳۱) تشکیل می‌شود

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

ب) اشپیل : از جنس برنز بوده و برای قفل کردن پین در محل آن به‌کار می‌رود.

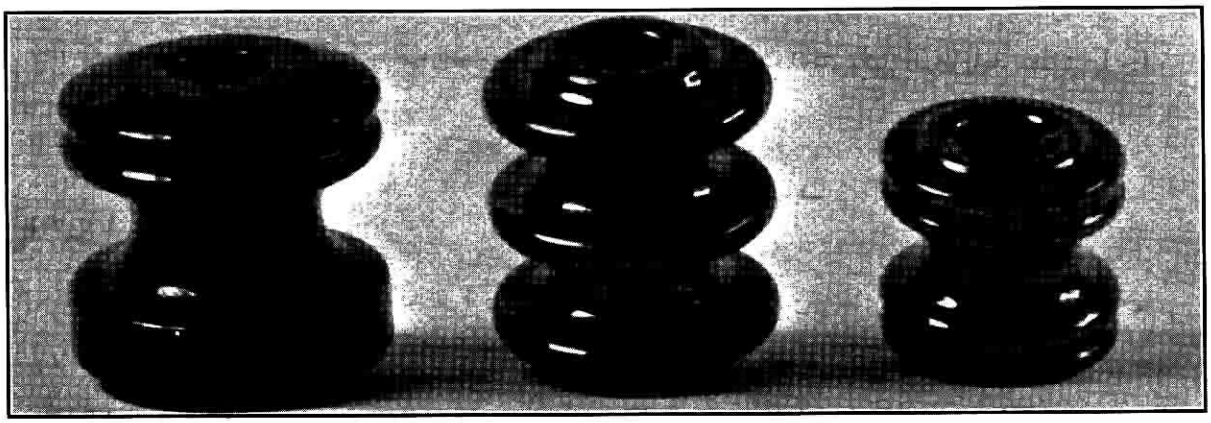
ج) تسمه اتریه : از جنس فولاد گالوانیزه به ضخامت (۵×۵۰mm) می‌باشد .



شکل (۴ـ۳۱): اتریه با پین مربوطه

تسمهٔ اتریه به‌شکل U بوده و دارای دو سوراخ (یکی در لبهٔ بالایی و دیگری در لبهٔ پایینی) برای عبور پین می‌باشد. این سوراخ‌ها باید در امتداد هم بوده و حدود ۱۰ میلی‌متر از لبهٔ اتریه فاصله داشته

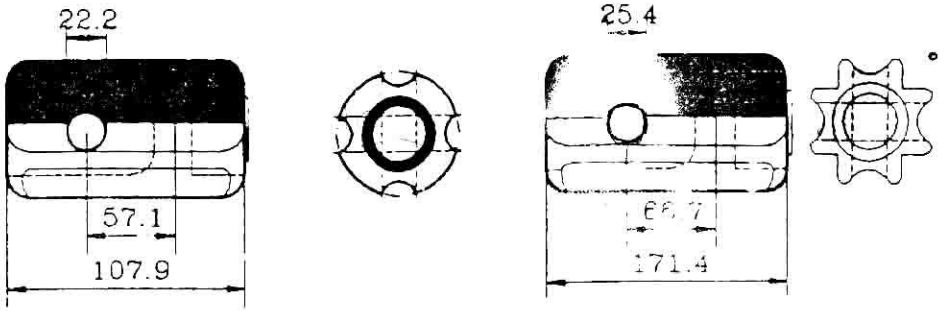
باشد. شکل (۴-۳۱) جزییات ساخت یک اتریه تک خانه را نشان می‌دهد. دهانه این اتریه ۸۶ میلی‌متر و متناسب برای مقره‌های چرخی نوع S-80 می‌باشد. قطر سوراخ پشت اتریه که به تیر پیچ می‌شود، حدود ۱۸ میلی‌متر است و توصیه می‌شود که پشت آن، حدود ۲ میلی‌متر به‌صورت گُرده ماهی در آمده تا بتواند نیروهای وارده را بهتر تحمل نماید. شکل (۴-۳۲) در زیر، سه‌نمونه از تولیدات مقره چرخی ساخت داخل از نوع ۷ (S=۶۰) و نوع ۸ و ۹ (S=۸۰) را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۳۲): انواع مقره‌های چرخی شبکه فشار ضعیف هوایی ـ ساخت ایران

۴-۹ـ مقره مهار Guy Insulator

این مقره‌ها، در مسیر سیم‌های مهار پایه‌های خطوط مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای ایمنی افراد، قسمت پایین سیم مهار را از قسمت بالایی آن عایق می‌کند. در ضمن با عایق کردن قسمت بالایی سیم مهار از زمین، ایمنی جان سیمبان در هنگام کار روی تیر تامین می‌شود. این مقره‌ها، به گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند که در صورت شکست، سیم مهار رها نشده و روی زمین نمی‌افتد. در شکل (۴-۳۳) دو نوع از این مقره‌ها آمده است.



۱ـ مقرهٔ مهار (شبکه ۲۰ کیلوولت)　　۲ـ مقره مهار (شبکه فشار ضعیف)

شکل (۴-۳۳): مقرهٔ مهار

جدول (۱۰ـ۴): مشخصات مقره‌های مهار

شماره شکل	ولتاژ جرقه در هوای خشک (kV)	ولتاژ جرقه در هوای مرطوب (kV)	فاصله نشتی (cm)	مقاومت نیروی نهایی (Kgf)	حداکثر قطر سیم مهار (mm)
۱	۴۰	۲۳	۷۶/۲	۹۹۰۰	۱۶
۲	۳۰	۱۵	۴۸	۵۴۵۰	۱۳

نام دیگر این مقره‌ها، توپی ـ کششی[1] است و همان‌طور که از شکل بالا نیز دیده می‌شود به دو دستهٔ فشار متوسط و فشار ضعیف تقسیم می‌شوند، که مشخصات الکتریکی آن‌ها باید مطابق با جدول (۱۰ـ۴) باشد.

۴ـ۱۰ ـ انتخاب مقره

برای انتخاب مقرهٔ مناسب در شبکه‌های توزیع مورد نظر، روش‌های تجربی و علمی مختلفی برای تأمین خاصیت عایقی وجود دارد. با این حال، یک روش متداول برای انتخاب مقره، رعایت چهار جنبه فنی و اقتصادی زیر و بررسی رعایت آن‌ها می‌باشد:

۱ـ مناسب با شرایط آلودگی محیط،
۲ـ هماهنگی عایقی خطوط،
۳ـ توجه به مشخصات الکتریکی، و
۴ـ خواص مکانیکی و میزان تحمل نیروی کششی.

۴ـ۱۰ـ۱ ـ شدت آلودگی محیط

برای سادگی در انتخاب مقره‌ها با عملکرد مناسب در شرایط آلوده، براساس استاندارد بین‌المللی IEC شماره ۸۱۵ عمل می‌نمایند. در این استاندارد، قوانین براساس نیازمندی‌های کمترین فاصله خزشی بنا شده است. برای انتخاب مقرهٔ مناسب براساس شدت آلودگی محیط، که مقره در آن نصب می‌شود، مقدار کمترین فاصلهٔ خزشی برحسب میلی‌متر برکیلو ولت خواهد بود. جدول (۱۱ـ۴) دسته‌بندی مختلف آلودگی‌ها را تعیین می‌کند. در این جدول، همچنین کمترین فاصلهٔ خزشی نامی مورد نیاز برای این سطوح آلودگی آورده شده است. مقره‌ها باید به تعدادی انتخاب شوند که مجموع فاصله‌های خزشی آن‌ها از کمترین مقدار مورد نیاز بیشتر باشد.

مثال:

برای شبکهٔ ۲۰ کیلوولت در محیط با آلودگی متوسط که دارای هر واحد فاصله خزشی می‌باشد، تعداد مقره‌های بشقابی برابر با یک واحد بیشتر از نسبت ولتاژ نامی شبکه به ولتاژ نامی مقره است،

1– Strain Ball

بنابراین حداقل دو عدد به‌کار می‌رود.

جدول (۱۱-۴): انواع سطح آلودگی و کمترین فاصلهٔ خزشی

سطوح آلودگی	مثال‌هایی از چند نمونه ناحیه	فاصله خزشی
سبک	ـ ناحیه‌های بدون کارخانه و با تراکم کمی از خانه‌های مسکونی. ـ ناحیه‌هایی با تراکم کم کارخانه‌های صنعتی و خانه، با وزش باد و بارندگی همیشگی. ـ ناحیه‌های کشاورزی. ـ نواحی کوهستانی. * تمام نواحی بالا باید دارای حداقل فاصله‌ای برابر ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر از دریا بوده و دارای وزش مستقیم باد از طرف دریا نباشند.	mm/KV
متوسط	ـ ناحیه‌های با کارخانه‌هایی که دارای دود آلوده کننده مخصوصی هستند و یا ناحیه‌های با تراکم متوسطی از کارخانه‌هایی که دارای لوازم گرمازا هستند. ـ ناحیه‌هایی با تراکم زیاد خانه‌ها و یا تراکم کارخانه‌ها با وزش مداوم باد و باران یا بارش مداوم باران. ـ ناحیه‌هایی که از سمت دریا در معرض باد بوده ولی خیلی به‌ساحل دریا نزدیک نیستند (کمتر از حداقل چندین کیلومتر فاصله وجود دارد).	۱۶
سنگین	ـ ناحیه‌هایی با تراکم زیاد کارخانه و شهرهای بزرگی که دارای حومه دراطراف خودهستند با منابع گرمایی که مولد آلودگی هستند. ـ نواحی نزدیک به دریا که در تمام شرایط در معرض وزش بادهای به نسبت شدید از طرف دریا هستند.	۲۵
خیلی‌سنگین	ـ ناحیه‌هایی که دارای گرد و غبارهای محلی بوده و کارخانه‌هایی که مولد دوره‌ای آلوده کننده همراه با ذرات ریز معلق هستند. ـ ناحیه‌هایی با وسعت محدود که خیلی به ساحل دریا نزدیک بوده و در معرض قطرات ریز آب دریا و بادهای آلودهٔ خیلی قوی از طرف دریا هستند. ـ نواحی خشک و بدون باران که در معرض بادهای شنی قرار دارند.	۳۱

۴ـ۱۰ـ۲ ـ هماهنگی عایقی خطوط توزیع

پس از شناخت مقره به‌عنوان عایق در خط توزیع هوایی، میزان آن باید به‌نحوی انجام گیرد که ضمن برخورداری از کیفیت مطلوب، بتواند در قبال ولتاژهای ناخواسته و همیشگی خط، عکس‌العمل مناسب داشته باشد. خطوط هوایی شبکه فشار متوسط توزیع به‌علت گستردگی زیاد در مناطق مختلف در معرض ولتاژهای ناخواسته از جمله رعد و برق قرار می‌گیرد. در طراحی عایقی این نکته ضروری است که پس از انتخاب مقره باید این عایق با سایر تجهیزات نیز هماهنگ باشد یعنی «**هماهنگی عایقی**»[1] باید آشکار باشد. در یک تعریف کلی ،هماهنگی عبارتست از انتخاب استقامت الکتریکی

1– Insulation Coordination

مناسب برای هر قسمت از تجهیزات با توجه به عملکردها و ارزش تجهیزات و محل نصب آن‌ها در برابر اضافه ولتاژهایی که در شبکه به‌وجود می‌آید. بدیهی است تجهیزاتی که به عایق مجهزند، دارای ارزش‌های متفاوتی هستند. استاندارد بین‌المللی IEC ولتاژهای مختلفی را به‌عنوان استقامت الکتریکی عایق‌ها توصیه کرده که در جدول (۱۲ـ۴) آمده است. این ولتاژها، به‌عنوان مبنای طراحی و انتخاب مقره شناخته شده‌اند.

جدول (۱۲ـ۴): استاندارد سطح هماهنگ عایقی [1]

برای ولتاژهای SIL1kV<Vm<52kV

ولتاژ فشار قوی تجهیزات Highest Voltage for Equipmen U_m (r.m.s)	ولتاژ پایداری در برابر موج ضربهٔ صاعقه Rated lighting impulse withstand Voltage (peak)		ولتاژ پایداری درفرکانس شبکه باتداوم کم Rated Power-Frequency short duration with stand Voltage (r.m.s)
	لیست ۱	لیست ۲	
kV	kV	kV	kV
3.6	20	40	10
7.2	40	60	20
12	60	75	28
17.5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70

انتخاب لیست ۱ یا ۲ در ردهٔ ولتاژ، به سطح ولتاژ عایقی (BIL) استاندارد شده برای آن تجهیزات بستگی دارد. به عنوان مثال در شبکه ۲۰ کیلوولت ایران سطح ولتاژ عایقی تجهیزات انتخاب شده ۱۲۵ کیلوولت می‌باشد که جزء لیست «۲» خواهد بود.

۴ـ۱۰ـ۳ ـ نکات الکتریکی ایزولاسیون خط توزیع

از مهمترین شرایط انتخاب مقره، توجه خاص به مشخصات الکتریکی آن مقره از کاتالوگ سازنده می‌باشد که عبارتند از:

۱ ـ ولتاژ نامی شبکه با ولتاژ کار مقره،

۲ ـ موج ولتاژ ضربه‌ای استاندارد (1.2/50μs) با احتمال ۵۰٪ وقوع جرقه روی مقره ،

1– Standard insulation Levels

۳ ـ ولتاژ جرقه با فرکانس شبکه در حالت خشک و بارانی،
۴ ـ ولتاژ سوراخ شدن مقره با فرکانس شبکه، و
۵ ـ طول فاصلهٔ نشت سطحی مقره .

در این‌گونه مواقع به‌طور معمول، سازندگان مقره یک منحنی ***«ولت زمان»*** را در کاتالوگ‌های خود ارایه می‌دهند. این منحنی، از اعمال امواج ضربه‌ای استاندارد با پیک‌های مختلف ترسیم شده است. هرچه پیک موج ضربه‌ای بیشتر باشد، این زمان کمتر خواهد بود. منحنی مربوط به ولتاژ پیک موج ضربه‌ای (برحسب زمان شروع تخلیه مقره) را منحنی ***ولت زمان مقره*** می‌گویند.

* خطوط توزیع ۲۰ کیلوولت

براساس بررسی‌های به‌عمل آمده و نتایج محاسبات هر مقرهٔ استاندارد ساخت کشور، مقرهٔ بشقابی ۱۵ هزار پوندی (۱۴۶×۲۵۴) به میزان ۱۵ کیلوولت مقاومت الکتریکی دارد. برای خطوط ۲۰kV با در نظر گرفتن اضافه ولتاژ، می‌توان از ۲ عدد مقرهٔ استاندارد استفاده کرده البته در مناطق کوهستانی مرتفع و یا در مناطق رطوبتی کنار دریا، از ۳ عدد استفاده می‌شود که با طرح خطوط ۳۳ کیلوولت مطابق است. این نوع مقره‌ها از نظر مکانیکی، برای نیروهای مختلف قابل ساخت و استفاده می‌باشند. ولی در خطوط ۲۰kV در شرایطی که قدرت انتقالی محدود می‌باشد، مقطع سیم محدود بوده و بنابراین حتی در بدترین شرایط جوی (حالت یخ سنگین) بیشترین نیروی عمودی (Vertical) خیلی کم می‌باشد و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۲ بیشترین نیروی عمودی وارده بر مقره‌ها از ۷۰۰۰ کیلوگرم خیلی کمتر خواهد شد. این نیرو، در مقایسه با نیروی تحمل مقره‌های ۱۵ هزار پوندی معادل ۷ هزار کیلوگرم نیرو، خیلی کم است. بدین‌ترتیب، در خطوط ۲۰kV برای پایه‌های میانی یا توخطی. از مقره‌های سوزنی استفاده می‌کنند.

مطابق نتایج ارایه شده در استاندارد، کمترین فاصلهٔ هوایی که برای ولتاژ ۲۰kV ایجاد جرقه و قوس الکتریکی نمی‌کند ۰/۲ متر (۲۰cm) است و با توجه به این‌که ارتفاع مقره‌های سوزنی حداقل ۲۰ سانتی‌متر می‌باشند (۲۰کیلوولت = ۱۶/۵cm و ۲۴/۱cm=۳۳کیلوولت)، بنابراین این تحمل الکتریکی و مکانیکی خط را خواهند داشت. در پایه‌های کششی (زاویه)، با توجه با این‌که کشش سیم به‌طور معمول زیاد بوده و حتی در بعضی شرایط خاص، نیروهای زیادی به آن و در نهایت به تیر اعمال می‌شود (در حالتی که یک اسپن یخ داشته و اسپن دوم یخ نباشد) و از طرف دیگر، با توجه به شکل ظاهری و فیزیکی مقره‌های سوزنی (که نمی‌توان از این مقره‌ها استفاده نمود)، استفاده از مقره‌های بشقابی استاندارد توصیه می‌شود. در پایه‌های کششی، با در نظر گرفتن این‌که زنجیرهٔ مقره به حالت افقی قرار می‌گیرد، بنابراین وجود اشیای خارجی از جمله برف روی زنجیره مقره امکان‌پذیر است پس، از یک

قطعه به‌عنوان «***جلو بر مقره***»[1] استفاده می‌شود. این وسیله شرایط کار در حالت خط گرم[2] را نیز فراهم می‌نماید. از دیگر محاسن مقره‌های بشقابی، انعطاف‌پذیری زنجیره مقره‌هاست که هرگونه تنش در سیم را به‌راحتی رد کرده و به حالت اول باز می‌گردد. در هادی‌های با سطح مقطع بالاتر از ۱۸۵ میلی‌متر مربع، به‌دلیل افزایش وزن واحد طول سیم و برای استقامت خط، بهتر است در پایه‌های میانی (توخطی) نیز از زنجیرهٔ مقره بشقابی آویزی استفاده نمود.

۴ـ۱۱ ـ آزمون مقره‌های خطوط هوایی

طبق استاندارد IEC - ۳۸۳ و BS، روی مقره‌ها باید سه سری از ***گروه آزمایش‌های*** زیر انجام گیرد:

الف) آزمایش‌های نوعی یا	***تایپ تست***	Type Tests
ب) آزمایش‌های نمونه یا	***سمپل تست***	Sample Tests
ج) آزمایش‌های معمول یا	***روتین تست***	Routine Tests

هر یک از این گروه آزمایش‌ها، برای هدف خاصی انجام می‌گیرد و مراحل مختلف هر یک از این آزمایش‌ها و شرح آن‌ها براساس استاندارد به این شرح است:

۴ـ۱۱ـ۱ ـ سری اول ـ آزمایش‌های نوعی (یا جرقه)

آزمایش نوعی، به طراحی مقره مربوط است و هدف از انجام آن، بررسی مشخصات الکتریکی یک مقرهٔ جدید، برای اثبات درست بودن طرح آن است. نتیجهٔ این آزمایش، به‌طورکلی به شکل و اندازهٔ مقره بستگی دارد و برای هر طرح جدید، فقط یکبار انجام می‌گیرد. آزمایش‌های نوعی عبارتند از:

الف) آزمایش ولتاژ ایستادگی در برابر ضربه در هوای خشک

در این آزمایش، موج ولتاژ ضربه ۵۰-۱/۲ میکروثانیه بر مقره وارد می‌شود. در مورد امواج ضربه‌ای، وقوع جرقهٔ الکتریکی، ماهیت آماری داشته و مقدار آن قطعی نیست و برای هر پیک ولتاژ ضربه‌ای معین، به‌صورت درصد احتمال وقوع جرقه دیده می‌شود. ولتاژ ضربه‌ای استاندارد، برای هر مقره برحسب پیک موج ضربهٔ ولتاژ استاندارد $\frac{۱/۲}{۵۰}\mu s$ یا $\frac{۱/۵}{۴۰}\mu s$ است که در صورتی‌که به مقره وارد شود، ۵۰ درصد احتمال وقوع جرقهٔ الکتریکی وجود دارد. این ولتاژ ضربه، به دو صورت پلاریته مثبت و پلاریته منفی به مقره اعمال می‌شود. در ابتدا، موج ضربه ای مثبت اعمال و نتایج آن ثبت می‌شود. این کار دست کم ۲۰ بار تکرار خواهد شد. در اثر این آزمایش، مقره نباید صدمه ببیند و اگر اثری از

1– Extention link
2– Hot Line

آسیب‌دیدگی روی سطح خارجی آن به‌وجود آید، طرح مقره قابل قبول نخواهد بود. ولتاژ (kV) با احتمال ۵۰٪ وقوع جرقه روی مقره و نیز «***ولتاژ ضربه‌ای مقاوم***» با میزان پیک موج ضربه‌ای استاندارد که بر مقره اعمال می‌شود و احتمال وقوع جرقه الکتریکی ۱۰ درصد باشد را گویند.

ب) آزمایش ولتاژ جرقه خشک با فرکانس شبکه

مقره را باید به خوبی تمیز و خشک کرد و ولتاژ متناوب را با فرکانس ۵۰ هرتز بر آن اعمال نمود. ولتاژ را باید کم‌کم بالا برده تا به مقدار معینی نزدیک به جرقه برسد. این ولتاژ را یک دقیقه روی مقره نگه‌داشته و آن را بالا برده تا جرقه‌الکتریکی زده شود. این آزمایش باید دست‌کم ۴ بار تکرار شود. یعنی مقره ۴ بار شکست الکتریکی سطحی پیدا کند. در هر صورت، تحمل ولتاژ یک دقیقه خشک و مقدار متوسط ولتاژ جرقه در هر چهار آزمایش نباید از ولتاژهای مندرج در استاندارد کمتر باشد.

جدول (۱۳-۴): نمونه‌ای از جدول استاندارد BS- ولتاژهای آزمایش مقره‌ها

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
سایز استاندارد از مقره [kV]	کمترین ولتاژ جرقه خشک [kV]	کمترین ولتاژ جرقه مرطوب [kV]	ولتاژ یک دقیقه خشک [kV]	ولتاژ یک دقیقه بارانی [kV]	ولتاژ سوراخ شدن مقره	
					مقره اتکایی و مقره سوزنی [kV]	زنجیره مقره [kV]
۱۰	۳۸	۱۷	۳۶	۱۶	۶۸	۱/۳ برای ولتاژ جرقه خشک مقره (سی درصد بیشتر از ولتاژ جرقه خشک)
۲۰	۴۴	۲۳	۴۲	۲۲	۸۰	
۳۰	۵۳	۳۲	۵۰	۳۰	۹۵	
۵۰	۷۴	۵۳	۷۰	۵۰	۱۳۰	
۷۰	۹۵	۷۴	۹۰	۷۰	۱۷۰	
۹۰	۱۱۶	۹۵	۱۱۰	۹۰	۲۱۰	
۱۱۰	۱۳۷	۱۱۵	۱۳۰	۱۱۰	۲۵۰	
۱۳۰	۱۶۰	۱۳۷	۱۵۲	۱۳۰	۲۹۰	
۱۷۰	۲۱۰	۱۸۰	۲۰۰	۱۷۰	–	
۲۱۰	۲۲۵	۲۲۰	۲۴۰	۲۱۰	–	
۲۵۰	۳۰۰	۲۶۵	۲۸۵	۲۵۰	–	
۳۱۰	۳۷۰	۳۲۵	۳۵۰	۳۱۰	–	
۴۱۰	۴۷۵	۴۳۰	۴۵۰	۴۱۰	–	
۵۰۰	۵۹۰	۵۲۵	۵۶۰	۵۰۰	–	
۶۰۰	۷۱۰	۶۳۰	۶۷۰	۶۰۰	–	
۷۰۰	۸۲۰	۷۳۵	۷۸۰	۷۰۰	–	

** مثال :*

به‌عنوان نمونه، هرگاه روی مقره با ولتاژ نامی ۲۲ کیلوولت مطابق جدول (۱۳-۴) آزمایش ولتاژ جرقه خشک با فرکانس شبکه اعمال شود، در هر صورت، تحمل یک دقیقه‌ولتاژ خشک و مقدار متوسط ولتاژ

جرقه‌ای نباید از مقدار مندرج در ستون‌های ۴ و ۲ (از میزان ۴۲کیلوولت و ۴۴کیلوولت) کمتر شود. در مورد ولتاژ جرقهٔ مرطوب با فرکانس صنعتی نیز، مقدار آن برای یک دقیقه در شرایط رطوبتی نباید از میزان ۲۲ کیلوولت و برای مقدار متوسط ولتاژ شکست مرطوب از مقدار ستون ۳ جدول کمتر شود.

ج) آزمایش ولتاژ جرقه با فرکانس شبکه

مقره را باید در شرایط بارش باران مصنوعی با شدت ۳ میلی‌متر در دقیقه و زاویهٔ بارش ۴۵ درجه نسبت به افق قرار داد (مقاومت آب باران π/mm ۱۱۰۰ - ۹۰۰ و دمای آن باید ۱°C بیشتر ازدمای محیط اطراف باشد). ابتدا مقره باید به‌مدت ۲ دقیقه در ۵۰٪ ولتاژ سایز اعلام شده مقره (مطابق با ستون ۱ جدول (۱۳-۴)) قرار گیرد، سپس ولتاژ را افزایش داده به‌صورتی که به‌مدت ۱۰ ثانیه به ولتاژ تحمل یک‌دقیقه مرطوب مقره (مطابق با ستون ۵ جدول) برسد. مقره یک دقیقه در این ولتاژ قرارگرفته و آنگاه ولتاژ به‌تدریج اضافه شده تا جرقه الکتریکی زده شود. این آزمایش، دست کم ۴ بار تکرار شود. مقدار متوسط ولتاژ شکست در این چهار مرتبه نباید از مقدار مندرج در ستون ۳ جدول کمتر باشد.

۴-۱۱-۲ ـ سری دوم ـ آزمایش‌های نمونه[1]

هدف از انجام این سری آزمایش‌ها، بررسی سایر مشخصات یک مقره و کیفیت مواد متشکله و مورد استفاده در آن می‌باشد. در این مورد قبل از شروع آزمایش‌ها تعیین دو پارامتر «***تعداد نمونه آزمایش***» و «***گروه شکل ساختمانی مقره***» لازم خواهد بود. تعداد مقره‌هایی که برای این آزمایش‌ها به‌صورت تصادفی و از میان n مقره تولیدی انتخاب می‌شود، بدین‌ترتیب تعیین خواهد شد:

- برای تعداد مقره‌های کمتر از ۵۰۰ عدد بسته به توافق خریدار و سازنده ،
- برای تعداد کل مقره‌ها (n) بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰۰ برابر $\frac{۱/۵n}{۱۰۰۰} + ۴$، و
- برای تعداد کل مقره‌ها (n) بیش از ۲۰۰۰۰ برابر $\frac{۰/۷۵n}{۱۰۰۰} + ۱۹$.

در مواردی که نتیجهٔ رابطه بالا عدد صحیح نباشد، اولین عدد صحیح بزرگتر در نظر گرفته می‌شود. در گروه‌بندی مقره‌ها، برای انجام آزمایش براساس شکل ساختمان مقره‌های خطوط هوایی، آن‌ها را به دو گروه A و B تقسیم‌بندی می‌کنند.

* **گروه A**: مقره‌هایی که در آن‌ها طول کوتاه‌ترین مسیر تخلیه از درون مادهٔ عایق جامد دست‌کم برابر نصف طول کوتاه‌ترین مسیر جرقه در مجاورت سطح خارجی مقره باشد، مانند مقره‌های ثابت استوانه‌ای یا مقره یکپارچه میله‌ای،

1– Sample Tests.

***گروه** B: مقره‌هایی هستند که در آن‌ها طول کوتاه‌ترین مسیر تخلیه از درون ماده عایق جامد کمتر از نصف طول کوتاه‌ترین مسیر جرقه در مجاورت سطح خارجی مقره باشد، مانند مقره‌های بشقابی.

به‌طور معمول مقره‌های تولید شده در هر کارخانه‌ای ابتدا در مرحلهٔ نهایی خط تولید و قبل از بسته‌بندی، تحت آزمایش‌های سری سوم یعنی آزمایش‌های روتین (سری یا معمول) و سپس تحت آزمایش نمونه (سری دوم) به ترتیب زیر قرار می‌گیرند:

الف) بررسی سیستم قفل[1]

این مورد، مخصوص مقره‌های بشقابی یا میله‌ای با اتصال نر و مادگی[2] (مادگی و گوشتکوب) است و نیازهای مشخص شده در استاندارد IEC-۱۲۰ باید برآورده شود.

ب) بررسی ابعاد[3]

هر کارخانه، باید ابعاد مقره‌های تولیدی را طبق معیارهای مجاز تعیین شده در استاندارد IEC-۳۸۳ رعایت کند، بنابراین در این آزمایش این مقادیر کنترل می‌شود.

ج) آزمایش چرخهٔ دما[4] *(سیکل حرارتی)*

این آزمایش، روی مقره‌های سرامیکی یا شیشهٔ سخت، همراه با قسمت‌های جانبی فلزی انجام می‌شود که شامل گرم و سردسازی آن‌ها در آب است. برای این منظور، باید دو مخزن آب سرد و گرم با اختلاف دمای ۷۰°C تهیه کرد. ابتدا باید مقره را به‌مدت t دقیقه در مخزن آب گرم قرار داده سپس آن را به‌سرعت از مخزن آب گرم خارج کرده وارد مخزن آب سرد نمود و به مدت t دقیقه نگه داشت. این سیکل، باید ۳ مرتبه تکرار شود و در نتیجهٔ آن، نباید به مقره، لعاب و اتصالات آن صدمه‌ای وارد شود. زمان t تابع وزن مقره (w به کیلوگرم) بوده و عبارتست از:

$$t = (۱۵ + \frac{w}{۱/۳۶}) \text{ دقیقه}$$

د) آزمایش حداکثر قدرت الکترومکانیکی[5]

این آزمایش، فقط در مورد مقره‌های کششی و آویزی یا به‌عبارت دیگر، واحد مقره زنجیری با گروه B انجام می‌پذیرد. بدین‌ترتیب که مقره، همزمان تحت تأثیر ولتاژ با فرکانس شبکه و نیروی کشش مکانیکی قرار می‌گیرد. در این آزمایش مقره، تحت ولتاژی برابر ۷۵٪ ولتاژ جرقهٔ خشک قرار گرفته و

1– Verfication of the locking system
2– Ball and socket
3– Verification of Dimensions
4– Tempreture Cycle Test
5– Electromechanical Failing Load Test.

همزمان کشش آن را تا ۲/۵ برابر بیشترین کشش مقره افزایش می‌دهند. مقره یک دقیقه در این حالت نگه‌داشته می‌شود سپس کشش روی آن مقدار افزایش یافته تا به بیشترین کشش الکترومکانیکی مورد تحمل برسد. اگر در جریان انجام این آزمایش و افزایش کشش الکترومکانیکی، هیچ جرقهٔ الکتریکی و صدمه‌ای مشاهده نشود، مقره قابل قبول است.

هـ) آزمایش بیشترین قدرت مکانیکی[1]

این آزمایش، بیشتر در مورد مقره‌های سوزنی و اتکایی یا به‌عبارت دیگر، روی واحد مقره با گروه ساختمانی A و مواردی که امکان آزمایش گروه B امکان‌پذیر نباشد، انجام می‌پذیرد. در این آزمایش، مقره‌ها را تحت تاثیر نیروی ۲/۵ تا ۳ برابر بیشترین نیروی مکانیکی طراحی شده قرار می‌دهند و مقره نباید آسیبی ببیند. لازم به توضیح است که در مقره‌های سوزنی این آزمایش باید به‌صورت مقرهٔ سوزنی بااتصال پین (پایه) همزمان انجام بگیرد. در این حالت، مقره و پین را باید برای هر دو جهت نیروی عمودی و افقی، نیرویی به‌روش فوق اعمال نمود. در این دو حالت نباید در اجزای مقره و نقطهٔ اتصال آن به پین ناشی از گشتاور خمشی، اثری مشاهده شود.

و) آزمایش سوراخ شدن[2]

این آزمایش، فقط برای مقره‌های گروه B، یعنی مقره‌هایی که شکل ساختمانی آن‌ها دارای مسیر کوتاه‌تری برای تخلیه جرقه در درون ماده عایق مقره است، انجام می‌پذیرد. این آزمایش، برای اطمینان از مقدار ولتاژ سوراخ شدگی مقره (اخگر درونی) در سطح تعیین شده، می‌باشد همان‌گونه که پیش از این توضیح داده شد، اگر تخلیهٔ الکتریکی داخلی بین قسمت‌های غیرقابل رویت فلزی کلاهک بالایی و مغزی پایینی مقره بشقابی، دراثر سوراخ شدن رخ دهد، مقره به کلی خراب و بدون استفاده خواهد شد. بنابراین در صورتی‌که ولتاژ شکست تخلیه الکتریکی سطحی، از ولتاژ سوراخ شدن مقره کمتر باشد، مقره دچار چنین ضایعه‌ای نمی‌شود. در صورت بروز ولتاژهای اضافی روی عایق مقره، جرقه سطحی باید زودتر زده شود. جرقه سطحی، ممکن است حتی آسیب زیادی به مقره وارد نکند و احتمال این‌که ایزولاسیون را دست‌کم تا مدت کوتاهی که برای تعویض مقره لازم است حفظ نماید، خیلی بیشتر است. در انجام این آزمایش، مقره را باید داخل روغن عایق قرار داد تا تخلیهٔ الکتریکی سطحی رخ ندهد، سپس باید سر سیم را به سر و ته مقره اتصال داد.

1– Mechanical Failing load Test

2– Puncture Test

* مثال :

در مقرهٔ بشقابی، یک سرروی کلاهک و سر دیگر روی پین گوشتکوب مقره اتصال داده می‌شود، در مورد مقره سوزنی نیز باید یک سرسیم روی نوار سربی سر مقره و سر دیگر روی پایه ته مقره (پین) قرارگیرد. سپس مقره را باید داخل روغن عایق با درجه حرارت اطاق غوطه ور نموده ولتاژ را به‌سرعت افزایش داد تا مقره از داخل سوراخ شود. حد نهایی ولتاژ نباید از مقدار مندرج در جدول مشخصات فنی ارایه شده در کاتالوگ آن کمتر باشد.

ز) آزمایش خلل و فرج [1]

این آزمایش، فقط روی مقره‌های چینی (سرامیکی) انجام می‌شود و در مورد مقره‌های شیشه‌ای، به‌علت شفافیت آن تا حدود زیادی با چشم قابل تشخیص است. برای انجام این آزمایش، قطعات شکسته شدهٔ مقره را در محلول الکل ۷۵٪ رنگین، تحت فشار ۱۴۰Kg/cm^2 به‌مدت ۲۴ ساعت قرار می‌دهند. پس از آن، هیچ‌گونه آثار و علایمی از نفوذ الکل در خلل و فرج احتمالی نباید دیده شود.

ح) آزمایش گالوانیزاسیون [2]

کنترل ضخامت و چگونگی در انجام صحیح گالوانیزه شدن اجزای فلزی مقره‌های بشقابی، باید براساس روش‌های استاندارد کنترل شود. برای آزمایش مرغوبیت گالوانیزاسیون قسمت‌های فلزی، مقره را باید به‌مدت یک دقیقه در محلول سولفات مس و در دمای ۱۵/۶°C قرار داد سپس بیرون آورده تمیز نمود. این عمل را باید ۴ بار تکرار کرد و در هر صورت، اثری از رسوبات فلزی روی قطعات نباید مشاهده شود.

در صورتی‌که مقره‌ای در آزمایش‌های نمونه رد شود، آزمایش مجدد مطابق با IEC-383 انجام می‌پذیرد. لازم به یادآوری است مقره‌هایی که روی آن‌ها آزمایش‌های نمونه انجام شده، نباید در خطوط و شبکه استفاده شوند.

۴-۱۱-۳ ـ سری سوم ـ آزمایش‌های معمول [3]

این آزمایش‌ها، به‌طور روتین، در انتهای خط تولید کارخانجات مقره‌سازی و به‌عنوان کنترل کیفیت تولیدات انجام می‌پذیرد. این آزمایش‌ها، شامل گروه آزمایش‌هایی هستند که باید به ترتیب زیر و به‌طور سری روی مقره‌های مورد نظرانجام پذیرد. در این مورد، می‌توان برای جزییات بیشتر، به استاندارد IEC-383 مراجعه نمود.

1– Porosity Test
2– Galvanizing Test
3– Routine Tests

الف) بررسی ظاهری[1]

در کلیه مراحل پایانی خط تولید، برای کنترل کیفیت تولیدات به‌صورت ظاهری، کلیهٔ مقره‌ها بازرسی و آزمایش می‌شود.

ب) آزمایش شوک حرارتی معمولی[2]

این آزمایش، مخصوص مقره‌های تولیدی از جنس شیشهٔ سخت است. در این روش ابتدا مقرهٔ کامل را با وسیله‌ای مانند تونل وزش هوای گرم یا روش دیگر به دمای تعادل یکنواخت ۱۰۰°C بیشتر از دمای آب مخزن سرد می‌رسانند و سپس آن را به‌سرعت داخل مخزن آب سرد می‌کنند. در صورت صدمه دیدن، مقره از دور خارج می‌شود.

ج) آزمایش مکانیکی معمولی[3]

مقره را باید به‌مدت یک دقیقه تحت ۱/۲ برابر (۲۰ درصد بیشتر) بیشترین نیروی مکانیکی شرایط کار قرار می‌دهند که در این شرایط نباید صدمه‌ای مشاهده شود. در کارخانجات سازنده، تعدادی مقرهٔ بشقابی خالی را به‌صورت سری یا زنجیره مقره به‌هم اتصال داده و یک جا تحت ۱/۲ برابر کشش آزمایش می‌کنند.

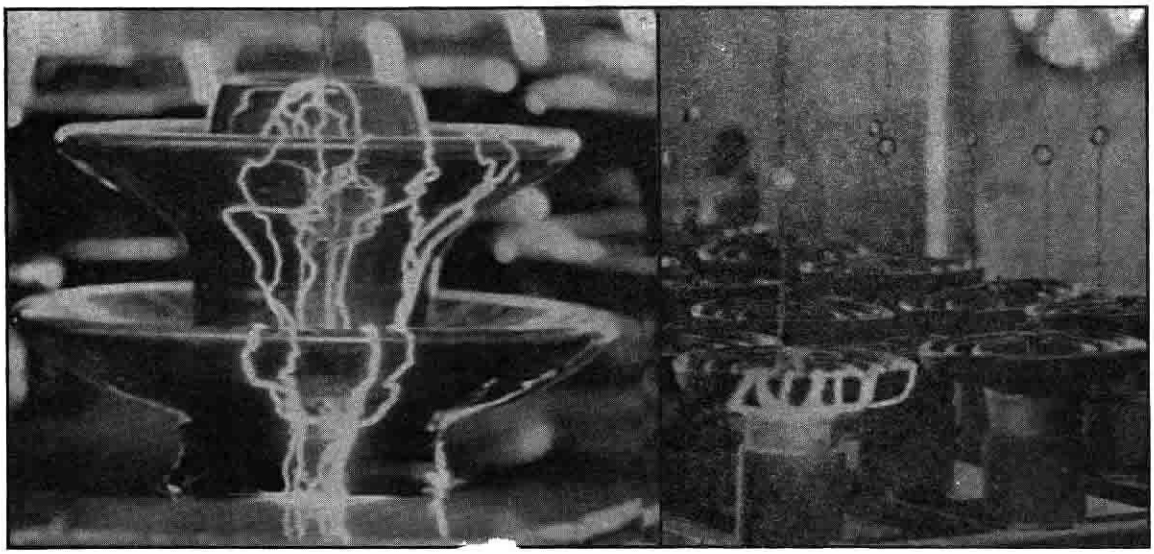
د) آزمایش الکتریکی معمولی[4]

این آزمایش، روی مقره‌های یکپارچه و واحدهای زنجیرهٔ مقره از گروه ساختمانی B یا جنس سرامیک (چینی) انجام می‌گیرد. در این حالت، مقرهٔ سوزنی را به‌طور معکوس در آب قرار می‌دهند، به‌طوری که قسمتی از مقره، که هادی روی آن قرار می‌گیرد شکل (۳۳-۴) به طور کامل در آب قرار گیرد. سپس ولتاژ با فرکانس شبکه، روی بالا و پایین مقره قرار می‌گیرد به‌طوری که یک سر سیم از بالا در داخل سوراخ محل پین آویزان است و سر دیگر به زمین دستگاه اتصال دارد. آزمایش با ولتاژ کم شروع شده و سپس به‌سرعت افزایش می‌یابد تا به مرحله‌ای برسد که هر چند ثانیه جرقهٔ الکتریکی زده شود. صدای یونیزاسیون به‌نحوی شنیده می‌شود و نور بنفش با آزاد شدن گاز ازون همراه می‌باشد؛ هر چند ثانیه یکبار نیز صدای جرقه به گوش می‌رسد. ولتاژ در این حالت ۵ دقیقه ثابت می‌ماند و اگر عیبی ملاحظه شد، در صورت امکان، قسمت آسیب دیده تعویض و حدود ۵ دقیقه تحت ولتاژ گفته شده قرار می‌گیرد. اکنون باید ولتاژ را کم کرد تا به مقدار $\frac{1}{3}$ ولتاژ آزمایش برسد و سپس آن ولتاژ را قطع کرد.

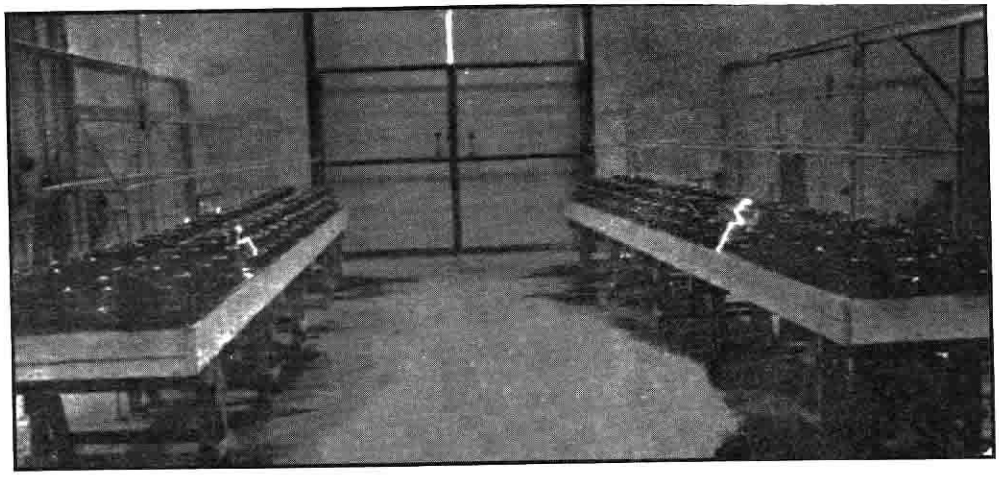
در کارخانجات مقره‌سازی، این آزمایش به‌صورت سری و توسط میز مخصوص شکل (۳۴-۴) که

1– Visual Examination
2– Thermal Shock Routine Test
3– Mechanical Routine Test
4– Electrical Routine Test

برای این منظور طراحی شده انجام می‌گیرد در این شرایط، تعداد زیادی همزمان مورد آزمایش قرار می‌گیرد. شکل (۳۳ـ۴) چگونگی انجام آزمایش الکتریکی روتین را نمایش می‌دهد.



شکل (۳۳ـ۴): آزمایش الکتریکی روتین



شکل (۳۴ـ۴): میز آزمایش‌های سری کارخانهٔ مقره‌سازی

فصل پنجم

یراق‌آلات خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

۵ـ۱ ـ مقدمه

یراق‌آلات مورد نیاز برای مونتاژ مقره‌ها و نیز بر پایی سازه‌های خطوط هوایی شبکه‌های توزیع، دارای تنوع و گونه‌های فراوانی است. برای آشنایی با تعدادی از این قطعات که کاربرد انبوه‌تری در شبکه‌های توزیع ایران دارند، در این فصل، به معرفی و ارایهٔ مشخصات فنی و جزییات ساخت این یراق‌آلات پرداخته می‌شود. بیشتر این اتصالات، از فولاد گالوانیزه[1] یا آلیاژ آلومینیوم[2] و بعضی نیز از چدن نرم (آهن مالیبل)[3] ساخته شده‌اند که کلیهٔ قطعات آهنی برای جلوگیری از زنگ‌زدگی باید به‌صورت گرم گالوانیزه شوند. همچنین به‌دلیل اهمیت کیفیت این قطعات، علاوه بر کنترل ضخامت گالوانیزهٔ آن‌ها باید از نظر کمترین مقاومت (کشش) مکانیکی مورد آزمایش قرار گیرند. بدیهی است در یک زنجیرهٔ مقره کششی که متشکل از چندین قطعهٔ اتصالات فلزی و نیز مقره‌های بشقابی می‌باشد، ضعیف‌ترین حلقه، نقطهٔ پارگی آن سازه‌ها خواهد بود. بنابراین در طراحی مکانیکی و نکات استقامت زنجیره‌مقره ، باید انتخاب قدرت یکنواخت این یراق‌آلات را مد نظر قرار داد. با توجه به این‌که مقرهٔ بشقابی مورد کاربرد در شبکه‌های توزیع ایران، اکثراً از نوع نر و مادگی (Boll & Socket) یا نوع کلاهکی ۱۵ هزار پوندی می‌باشد، بدیهی است سیستم قفل‌کنندهٔ مقره دارای محل مادگی و اشپیل در سمت کنسول و یک سر دیگر پین یا گوشتکوب در طرف هادی خواهد بود. بنابراین یراق‌آلات نیز، همگی باید با این مقره‌ها هم خانواده بوده، سیستم قفل‌کنندگی آن‌ها به تناسب مقره انتخاب شوند. برای راحتی شناخت اتصالات، در جدول (۱ـ۵)، نام هر یک از آن‌ها آورده شده است. استاندارد سیستم‌های قفل‌کننده (کوپلینگ) مقره‌های بشقابی ایران، ازنوع بال و سوکت در ردیف ۱۶ میلی‌متری نوع A براساس استاندارد IEC آورده شده است، که معادل نوع B استاندارد ANSI و BS می‌باشد. لازم به توضیح است که در تدوین ابعاد و مشخصات فنی، از کاتالوگ کارخانه NGK[4] ، استاندارد شبکه‌های توزیع[5] و

1– galvanized steel

2– Aluminum Alloy

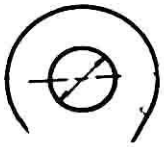
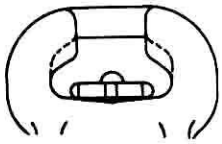
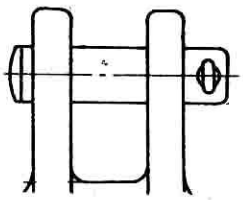
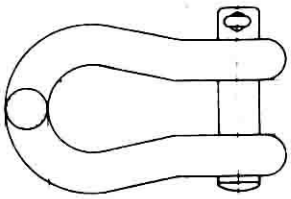
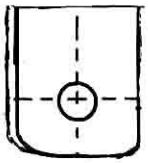
3– Malleable Iron

4– Hardware for insulator Assemblies-Cat. No 21B

۵ – استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق ـ وزارت نیرو ـ دوجلدی.

استاندارد مقره‌های به‌کار رفته در شبکهٔ توزیع [1] استفاده شده است.

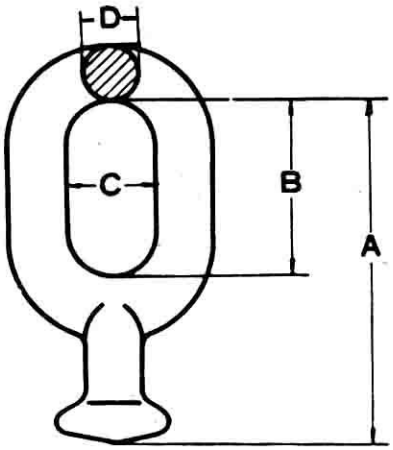
جدول (۱ـ۵): خلاصه نامگذاری اتصالات زنجیره مقره‌ها

Eye	چشمی «آی»	
Socket	مادگی «سوکت»	
Clevis	رکاب «کلویس»	
Ball	گوشتکوب توپی یا نر «بال»	
Shackle	زنجیر یا رکاب انتهایی «شیکل»	
Tongue	زبانه	

۱- استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد چهارم مقره‌های به‌کار رفته در شبکه توزیع

۵ـ۲ ـ رابط چشمی (Ball–Eye)

رابط چشمی یا گیرنده رکاب، از فولاد ساخته شده و طبق مشخصات A–153 مربوط به ASTM، به صورت گرم گالوانیزه گردیده است. در شکل (۱ـ۵) رابط چشمی یا همان بال‌آی دیده می‌شود. در جدول (۲ـ۵) مشخصات این رابط در ۵ گونهٔ متفاوت ثبت شده است. قطعهٔ توپی شکل (Ball) آن در قسمت کلاهک مقره‌ها (محل مادگی) قرارگرفته و به کمک یک اشپیل قفل می‌شود. در واقع این قطعه حلقه اول بعد از مقره در سمت کنسول است که به اصطلاح در استاندارد وزارت نیرو آن را «گیرندهٔ رکاب» نیز می‌گویند. قابل توجه است که دو نوع رابط چشمی دیگر وجود دارد که یک‌نوع چشمی دایره‌ای به ارتفاع A=67mm و نوع دیگر چشمی دایره‌ای ساق‌بلند به طول قطعه A=50.8mm است شکل (۲ـ۵) که در موارد خاص قابل استفاده می‌باشد.

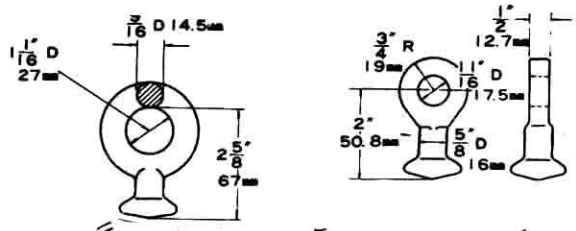


شکل (۱ـ۵): بال‌آی یا رابط چشمی

جدول (۲ـ۵): رابط چشمی یا گیرندهٔ رکاب

اندازه A (میلی‌متر)	۱۰۰	۹۷	۱۰۲	۹۵	۱۲۷
اندازه B (میلی‌متر)	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱	۶۴
اندازه C (میلی‌متر)	۱۹	۲۵	۲۹	۲۵	۲۵
اندازه D (میلی‌متر)	۱۲/۷	۱۶	۱۶	۱۷/۵	۱۹
اندازهE یاتوپی (Ball)	IEC–16mm	IEC–16mm	ANSI TYP B IEC– 16mm	ANSI TYP J 16mm	IEC– 20mm
مشابه یا یکسان باNGK	–	–	4H– 556E	4H– 1266C	4H– 1620B
شماره استاندارد توزیع	ل ـ م ـ ۱۳	ل ـ م ـ ۱۲	–	–	–
کمترین قدرت مکانیکی (کیلوگرم)	۷۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۳۶۰۰	۲۱۰۰۰

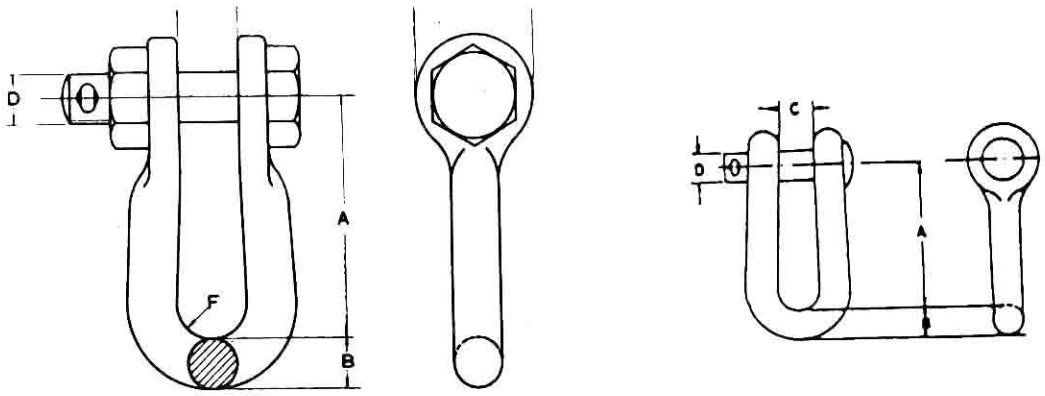
* نام‌های دیگر رابط چشمی گیرندهٔ رکاب ـ نر ـ توپی چشمی گالوانیزه ـ آی‌بال ـ بال چشمی ـ رابط گوشتکوبی بال آی است که در شبکهٔ توزیع ایران براساس استاندارد I.E.C نمرهٔ ۱۶ میلی‌متری به‌کار می‌رود.



شکل (۲ـ۵): بال ـ آی مورد استفاده دیگر

۵ـ۳ـ رکاب گیرنده Shackle, Chain (Bolt Type)

رکاب گیرنده (شیکل) یا زنجیر، به سه حالت ***حلقهٔ زنجیره‌ای انتهایی*** (Anchor)، U ***شکل انتهای مستقیم*** (Chain) به عنوان گیرنده و به صورت **پیچیده** (Twisted) به کار می‌روند. همگی آن‌ها از فولاد ساخته شده و به صورت گالوانیزهٔ گرم بوده دارای میله فولادی[1] و اشپیل برنجی می‌باشند. رکاب از فولاد ساخته شده، مطابق استاندارد ASTM-A7 و براساس مشخصات A-153 گالوانیزه خواهد شد. در شکل (۳ـ۵)، نمای رکاب گیرندهٔ انتهایی نوع مستقیم با میلهٔ رکاب و در جدول (۳ـ۵)، مشخصات آن‌ها نشان داده شده است.



شکل (۳ـ۵): رکاب گیرندهٔ مستقیم ـ شَکِل

جدول (۳ـ۵): اطلاعات رکاب گیرنده و میله رکاب

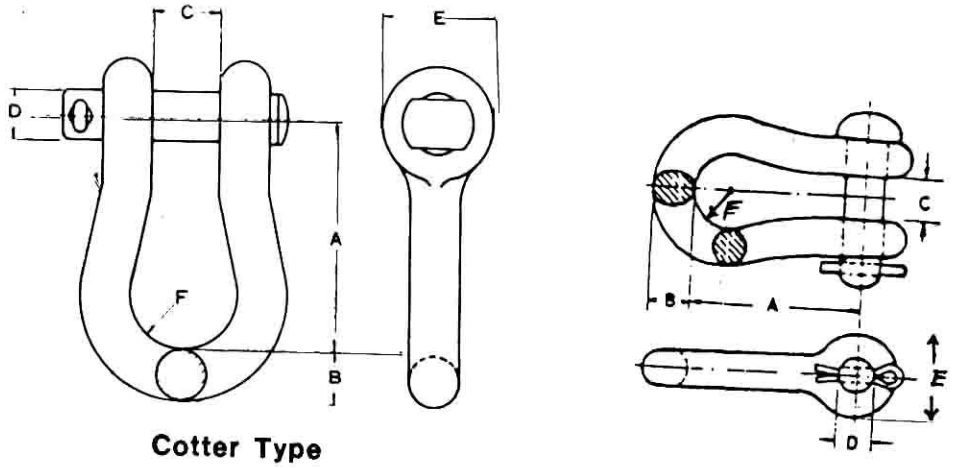
اندازه A (طول رکاب) ـ (مَیلی‌متر)	۵۰
اندازه B (قطر رکاب) ـ (میلی‌متر)	۱۲/۷
اندازه C (دهانه رکاب) ـ (میلی‌متر)	۱۹
اندازه D (قطر میله رکاب) ـ (میلی‌متر)	۱۶
مشابه یا یکسان با NGK	ـ
شمارهٔ استاندارد توزیع	ـ
کمترین قدرت مکانیکی (کیلوگرم)	۱۱۴۰۰

* اسامی دیگر این رابط، U شکل ـ زنجیر ـ رکاب گیرنده مستقیم، زنجیر یو شکل می‌باشد.

۱ ـ در بعضی از خطوط انتقال، برای استحکام بیشتر، میلهٔ رکاب را از نوع پیچ ومهره (Bolt Type) ساخته و مورد استفاده قرار می‌دهند.

۵ـ۴ رکاب انتهایی (Shackle, Anchor)

رکاب انتهایی (نوع لنگری شکل) که در اصطلاح «شیکل» یا شَکِل گفته می‌شود، یکی دیگر از قطعات با کاربرد متنوع در شبکه‌های توزیع می‌باشد که از فولاد ساخته شده و دارای میله و اشپیل برنجی است. این رابط مطابق با مشخصات ASTM-A153 گالوانیزه گرم می‌شود. در شکل (۴ـ۵)، رکاب انتهایی و در جدول (۴ـ۵)، اطلاعات آن مشاهده می‌شود. این قطعه، به عنوان حلقهٔ انتهایی زنجیرهٔ مقره بشقابی در سمت کنسول به‌کار می‌رود. بنابراین بیشتر به‌طور اختصار «زنجیر» نامیده می‌شود و در شبکه به علت راحتی باز و بسته شدن سیستم قفل‌کننده، کاربرد فراوانی دارد.



شکل (۴ـ۵): رکاب انتهایی یا زنجیر

جدول (۴ـ۵): اطلاعات رکاب انتهایی یا شیکل

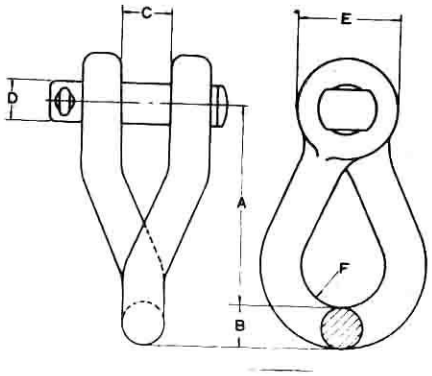
اندازه A (طول رکاب) (میلی‌متر)	۷۲	۷۶	۷۲
اندازه B (قطر رکاب انتهایی)** ـ (میلیمتر)	۱۶	۱۶	۱۶
اندازه C (دهانه رکاب انتهایی) ـ (میلی‌متر)	۲۲	۱۹	۱۹
اندازه D (قطر میله رکاب) ـ (میلی‌متر)	۱۶	۱۶	۱۶
اندازه F (شعاع زنجیر) ـ (میلی‌متر)	۱۶	۱۱	۱۷
اندازه E (قطر مهره رکاب) ـ (میلی‌متر)	۳۵	۳۸	۳۸
مشابه یا یکسان با NGK	–	4H-519D	4H-835A
شماره استاندارد توزیع	ل ـ م ـ ۰۳۶	ل ـ م ـ ۰۳۷	–
کمترین قدرت مکانیکی (کیلوگرم)	≅۱۲۰۰۰Kgf	≅۷۰۰۰Kgf	۱۲۰۰۰

* نام‌دیگر آن، زنجیر ـ شیکل گالوانیزه ـ رکاب – شَکِل یا شیکل است.

** قطر رکاب انتهایی در مواردی می‌تواند ۱۲/۷ میلی‌متر باشد.

۵ـ۵ـ رکاب پیچیده (Shackle, Twisted)

رکاب پیچیده، فولادی و طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM به صورت گرم گالوانیزه شده است. بین میله رکاب و انتهای قسمت U شکل، یک پیچش تدریجی به اندازهٔ ۹۰ درجه وجود دارد. در شکل (۵ـ۵)، نمای رکاب پیچیده و در جدول (۵ـ۵)، اطلاعات آن مشاهده می‌شود. هنگامی که زنجیرهٔ مقره بشقابی به یراق‌آلات دیگر از جمله صفحه پلیت باندل، کلمپ نگه‌دارنده سیم و یا رابط گیره‌آویزی اتصال یابد، این قطعه باید ۹۰ درجه چرخش داشته باشد.



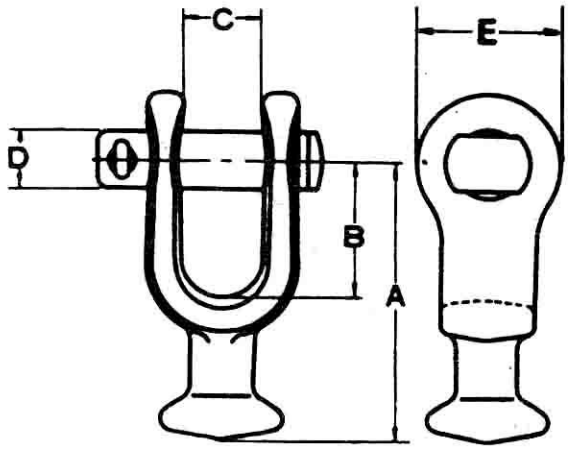
شکل (۵ـ۵): رکاب پیچیده

جدول (۵ـ۵): اطلاعات رکاب پیچیده

اندازه A (میلی‌متر)	۷۶
اندازه B (قطر رکاب انتهایی) ـ (میلیمتر)	۱۶
اندازه C (دهانه رکاب انتهایی) ـ (میلی‌متر)	۱۹
اندازه D (قطر میله رکاب) ـ (میلی‌متر)	۱۶
اندازه E (قطر مهره رکاب) ـ (میلی‌متر)	۳۸
اندازه F (شعاع زنجیر) ـ (میلی‌متر)	۱۶
مشابه یا یکسان با NGK	4H-606R
شمارهٔ استاندارد توزیع	-
کمترین قدرت مکانیکی (کیلوگرم)	۱۲۰۰

۵ـ۶ـ رکاب گوشتکوبی (Ball-Clevis)

بال کلویس یا رکاب گوشتکوبی از فولاد ساخته شده و طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM، به صورت گرم گالوانیزه گردیده است. در شکل (۶-۵)، رکاب گوشتکوبی و در جدول (۶-۵)، اطلاعات آن در دوگونه مشاهده می‌شود. هنگامی که کاهش طول زنجیره مقره و همچنین جلوگیری از ارتعاش و انحراف آن‌ها مدّ نظر باشد این قطعه بسیار مفید خواهد بود. همچنین این قطعه، بجای دو قطعه ***رکاب انتهایی*** و ***رابط چشمی*** (زنجیر و بال‌آی) به‌کار می‌رود. از دیگر تولیدات این قطعه با طول بلندتر، بازوهای رکاب به اندازه‌های B=۴۹ و B=۶۴ میلی‌متر است که در موارد خاص، برای اتصال به کنسول به‌کار می‌روند. در ضمن این قطعه در صورت کاربرد، برای امکان مانور به صورت خط گرم (Hot Line) و با طول بلندتر میله گوشتکوب به اندازه‌های ۲۹ تا ۲۵ = A سانتی‌متر قابل سفارش هستند.



شکل (۶ـ۵): کلویس یا رکاب گوشتکوبی

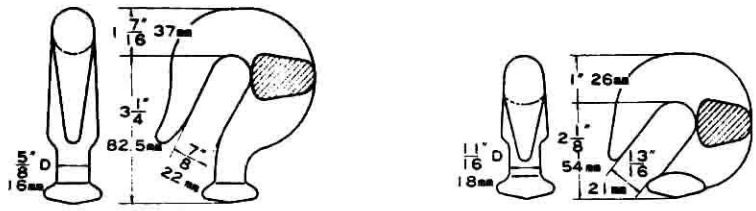
جدول (۶ـ۵): اطلاعات رکاب گوشتکوبی یا بال کلویس

اندازه A طول کلویس	(میلی‌متر)	۷۶	۷۶
اندازه B (بلندی رکاب) ـ	(میلیمتر)	۳۲	۳۸
اندازه C (دهانه رکاب) ـ	(میلی‌متر)	۱۹	۲۱
اندازه D (قطر میله رکاب)	(میلی‌متر)	۱۶	۱۶
اندازه E (قطر مهره)	(میلی‌متر)	۴۱	۳۸
اندازه گوشتکوپ (Ball)		ANSI Type B,J, IEC 16mm	ASA نوع J (۱۸mm)
مشابه یا یکسان با NGK		4H-492 C	4H-2113 B
شماره استاندارد توزیع	–	–	
کمترین قدرت مانیکی (کیلوگرم)	۸۲۰۰	۱۳۶۰۰	

* نام‌های دیگر این رابط، کلویس و بال کلویس می‌باشد.

۵ـ۷ـ قلاب گوشتکوبی (Ball-Hook)

قلاب گوشتکوبی از فولاد ساخته شده و طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM، به صورت گرم گالوانیزه گردیده است. در شکل و جدول (۵ـ۷)، مشخصات قلاب گوشتکوبی آورده شده است. این قطعه بیشتر در خطوط انتقال کاربرد دارد.



شکل (۵ـ۷): قلاب

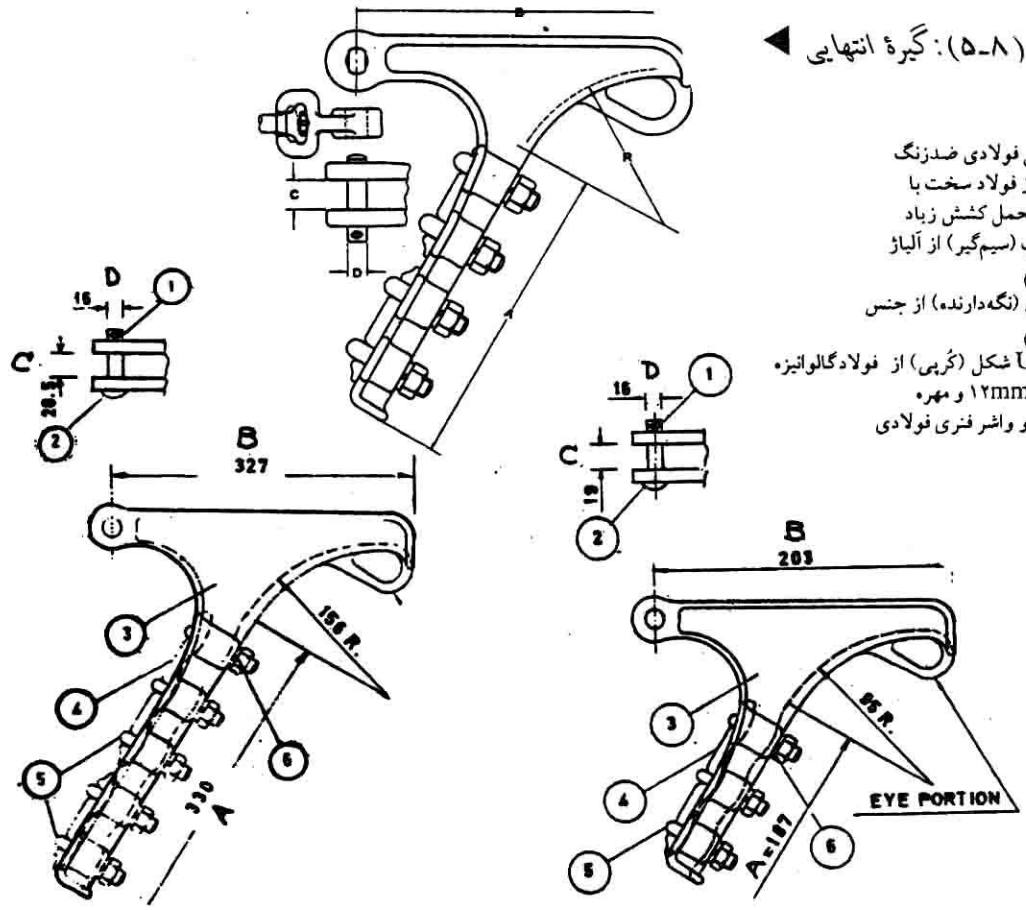
جدول (۵ـ۷): اطلاعات قلاب گوشتکوبی

اندازه A بلندی قلاب	(میلی‌متر)	۸۲/۵	٥٤
اندازه B و دهانه قلاب	(میلیمتر)	۳۷	۲٦
اندازه C قطر گوشتکوبی	(میلی‌متر)	۱٦	۱۸
اندازه گوشتکوپ (Ball)		ASA نوع B (۱٦mm)	ASA نوع J (۱۸mm)
مشابه یا یکسان با NGK		5H-15131 G	5H-139 N
شمارهٔ استاندارد توزیع		–	–
کمترین قدرت مکانیکی (کیلوگرم)	۱۲۰۰۰	۱۲۰۰۰	

۵ـ۸ـ گیره انتهایی ((Clamp, Dead End, (Clevis Type))

گیرهٔ انتهایی نوع رکابی یا «سیم‌گیر»، برای هادی‌های ACSR آلومینیومی به کار می‌رود. بدنهٔ گیره از آلیاژ آلومینیوم و نگه‌دارنده و آداپتور آن از فولاد ساخته شده است. تمام قسمت‌های آهنی، مطابق با مشخصات A-153، مربوط به ASTM به صورت گرم گالوانیزه شده است. در شکل (۵ـ۸)، نمای گیرهٔ انتهایی ۳، ۴ و ۵ پیچه و در جدول (۵ـ۸)، اطلاعات آن‌ها آمده است. در شبکهٔ هوایی توزیع، گیره‌های انتهایی ۲ و ۵ پیچه نیز به کار رفته‌اند که کاربرد آن‌ها براساس قطر سیم مورد نظر، برای کشش و بسته‌شدن انتخاب می‌شوند. به عنوان مثال، گیرهٔ انتهایی ۳ پیچه برای سیم‌های آلومینیومی (با قطر دست کم ۷ و تا ۱۱ میلی‌متر) با مقطع ۳۵/۶ یا ۷۰/۱۲، و گیرهٔ انتهایی ۵ پیچه برای هادی‌های با مقطع ۱۲۰/۲۰ و ۱۸۵/۳۰ مناسب می‌باشد.

شکل (۸ـ۵): گیرهٔ انتهایی ◄



۱ـ اشپیل فولادی ضدزنگ
۲ـ پین از فولاد سخت با قدرت تحمل کشش زیاد
۳ـ کلمپ (سیم‌گیر) از آلیاژ آلومینیوم
۴ـ مغزی (نگه‌دارنده) از جنس آلومینیوم
۵ـ پیچ U شکل (کُرپی) از فولادگالوانیزه به قطر ۱۲mm و مهره
۶ـ مهره و واشر فنری فولادی

جدول (۸ـ۵): اطلاعات گیرهٔ انتهایی

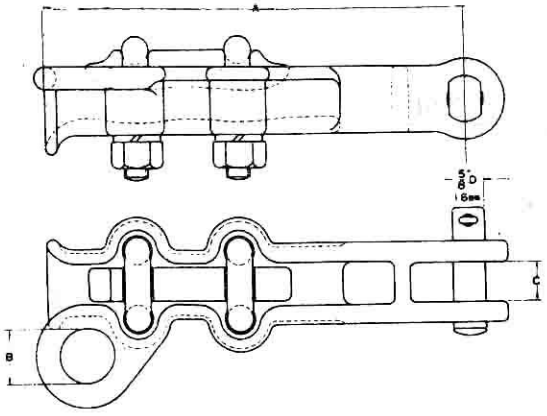
تعداد کُرپیها	دو پیچه	چهار پیچه	سه پیچه	پنج پیچه
کمترین قطر سیم (میلی‌متر)	۵/۱	۷/۶	۷	۱۴/۵
بیشترین قطر سیم (میلی‌متر)	۱۱/۹	۱۸/۵	۱۰/۹	۱۸
اندازه A (میلی‌متر)	۱۰۲	۲۳۸	۱۸۷	۳۳۰
اندازه B (میلی‌متر)	۱۴۹	۲۶۰	۲۰۳	۲۲۷
اندازه C (میلی‌متر)	۱۹	۲۲	۱۹	۲۸/۵
اندازه D (میلی‌متر)	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
شعاع قوس طپانچه‌ای	۷۰	۱۲۱	۹۵	۱۵۶
مشابه یا یکسان با NGK	2H-5012AU	2H-270AU	2H-270A	2H-969C
شمارهٔ استاندارد توزیع	-	-	ل.م.۱۶.	ل.م.۱۷.
بیشترین قدرت مکانیکی (Kg)	۴۵۳۰	۷۰۰	۴۵۳۰	۱۱۳۰۰

* نام‌های دیگر این رابط سیم‌گیر، کلمپ انتهایی، گیرهٔ طپانچه‌ای شکل می‌باشد:

۵ـ۹ ـ گیره انتهایی مستقیم سیم آلومینیوم و آلومینیوم ـ فولاد
(Clamp, Stright Line (Dead End)-ASCR & AI)

گیرهٔ انتهایی مستقیم برای سیم‌های آلومینیومی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدنه آن از آلومینیوم با قدرت زیاد بوده و دارای دو پیچ U شکل فولادی می‌باشد. تمام قسمت‌های آهنی، طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM گالوانیزه شده است.

در شکل (۹ـ۵)، نمای گیرهٔ انتهایی مستقیم و در جدول (۹ـ۵)، اطلاعات آن مشاهده می‌شود. این قطعه، در شبکه‌های توزیع ایران بسیار کم به‌کار گرفته شده است.



شکل (۹ـ۵): گیرهٔ انتهایی مستقیم

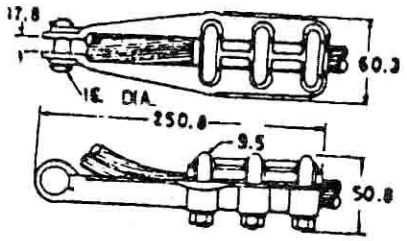
جدول (۹ـ۵): اطلاعات گیرهٔ انتهایی مستقیم برای سیم آلومینیوم و آلومینیوم ـ فولاد

قطر سیم	(میلی‌متر)	۷/۶-۱۵/۲	۱۱/۶-۲۱/۹
اندازه A	(میلی‌متر)	۲۱۰	۲۳۵
اندازه B	(میلی‌متر)	۲۵	۲۵
اندازه C	(میلی‌متر)	۱۷/۵	۱۷/۵
مشابه یا یکسان با NGK		2H-4003AU	2H-4014AU
شماره استاندارد توزیع:		-	-
بیشترین قدرت (کیلوگرم)		۳۶۵۰	۳۶۵۰

۵ـ۱۰ ـ گیرهٔ انتهایی مستقیم سیم مسی
(Clamp, Straight Line (Dead End)-Copper)

گیرهٔ انتهایی (مسیر مستقیم) برای سیم مسی، از آلیاژ مس مقاوم در برابر زنگ‌زدگی ساخته شده و سه پیچ U شکل برنزی دارد. میلهٔ رکاب انتهای آن، از فولاد گالوانیزه می‌باشد. و طبق مشخصات A-153

مربوط به ASTM گالوانیزه شده است. در شکل (۱۰-۵)، نمای گیره انتهایی و در جدول (۱۰-۵)، اطلاعات آن مشاهده می‌شود.



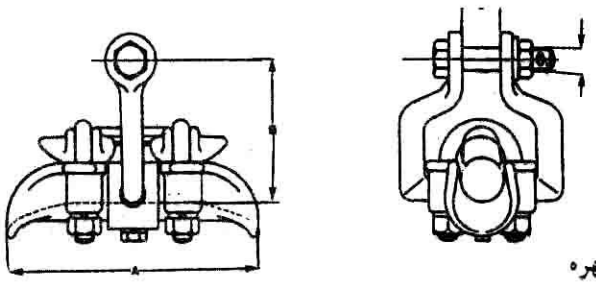
شکل (۱۰-۵): سیم‌گیر مسی - انتهایی مستقیم

جدول (۱۰-۵): اطلاعات گیرهٔ انتهایی مستقیم سیم مسی

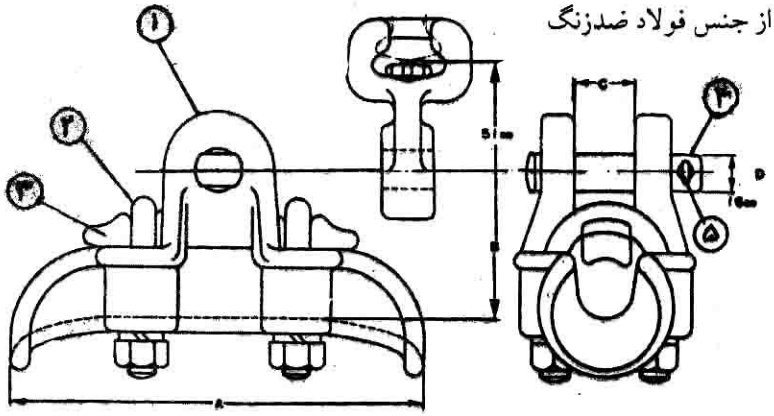
اندازه سیم	۱ تا ۴ رشته
قطر سیم (میلی‌متر)	۴۸/۳۶-۶۵/۸
مشابه یا یکسان با NGK	-

۵-۱۱- گیره آویزی (Suspension Clamp(Clevis Type or Envelope Type))

کلمپ یا گیرهٔ آویزی از دو جنس ***چدن نرم*** و ***آلیاژ آلومینیوم*** ساخته می‌شود که در دو نوع رکابی و بازویی استفاده می‌شوند. البته در شبکهٔ توزیع ایران از نوع آلومینیومی رکابی به صورت انبوه استفاده شده است. کلمپ نوع چدن نرم، برای کلیهٔ سیم‌های با کشش محدود قابل استفاده می‌باشند ولی گیرهٔ آلومینیومی نوع رکابی، برای هادی‌های ACSR و آلومینیومی کاربرد دارند کلیهٔ گیره‌ها با دو کرپی و نگه‌دارنده کامل می‌شوند. نگه‌دارنده‌ها و آداپتور، از فولاد و منطبق با SEQ-C-1038 ساخته شده‌اند. قسمت‌های آهنی آن براساس مشخصات A-153 استاندارد ASTM و به صورت گرم گالوانیزه گردیده است. در شکل (۱۱-۵)، نمای گیره آویزی و در جدول (۱۱-۵)، اطلاعات سه نمونه از آن آورده شده است. این کلمپ‌ها، متناسب با قطر سیم نگه‌دارنده، که براساس محدودهٔ کمترین و بیشترین قطر آن‌ها است انتخاب می‌شوند. به عنوان نمونه قطر چند سیم آلومینیوم - فولاد شبکه توزیع در جدول (۱-۵) آورده شده است.



۱ـ کلمپ نگه‌دارنده از آلیاژ آلومینیوم
۲ـ پیچ U شکل از فولاد گالوانیزهٔ گرم و با دو واشر و مهره
۳ـ مغزی (نگه‌دارنده) از آلیاژ آلومینیوم
۴ـ پین از فولاد گالوانیزه
۵ـ اشپیل فولادی از جنس فولاد ضدزنگ



شکل (۱۱ـ۵): کلمپ آویزی

جدول (۱۱ـ۵): اطلاعات گیره آویزی

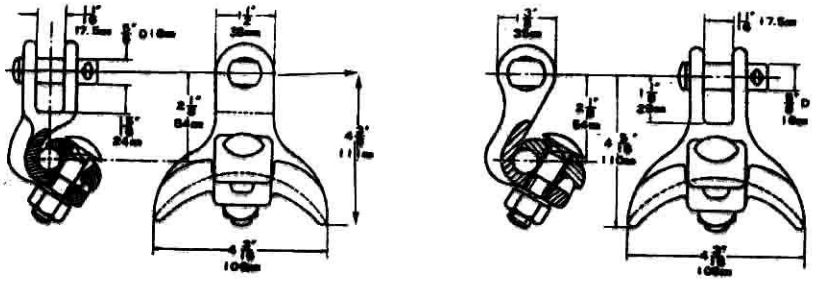
حداقل قطر سیم	(میلی‌متر)	۷/۶	۸	۱۳	۱۷/۸	۱۹
حداکثر قطر سیم	(میلی‌متر)	۱۹	۱۶	۲۰	۲۹/۷	۲۹
اندازه A	(میلی‌متر)	۱۷۸	۱۸۰	۱۹۰	۲۰۳	۲۰۰
اندازه B	(میلی‌متر)	۶۰	۶۰	٦٤	۷۰	۷۰
اندازه C	(میلی‌متر)	۲۱	۱۹	۲۲	۳۰	۳۲
مشابه یا یکسان با NGK		1H-1135 AU	–	–	1H-965 AU	–
شماره استاندارد توزیع		–	ل.م.۲۰. نوع «الف»	ل.م.۲۱. نوع «ب»	– –	ل.م.۲۲. نوع «ج»
بیشترین قدرت مکانیکی (Kg)		۷۰۰۰	٤٥۰۰	٦۰۰۰	۱۲۰۰۰	٦٨۰۰

d_{Dog}=۱۴/۱۵mm d_{Mink}=۱۰/۹۸mm d_{fox}=۸/۳۷mm

d_{lynx}=۱۹/۵۳mm^2 $d_{partridge}$=۱۶/۲۸

۵ـ۱۲ ـ گیرهٔ آویز زاویه‌ای (Clamp Angle)

گیرهٔ آویز زاویه‌ای نوع رکابی، مخصوص شبکه‌های توزیع بوده و از فولادی با مشخصات C-1038SQB ساخته شده که طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM، گالوانیزه گرم گردیده است. در این نوع گیره، سیم با یک نگه‌دارندهٔ پیچ T شکل گرفته می‌شود و با توجه به زاویهٔ موجود در محل پایه، تحت کشش مناسبی قرار گرفته که از بریدگی سیم نیز جلوگیری می‌نماید. در شکل (۱۲ـ۵)، نمای گیره‌آویز زاویه‌ای و در جدول (۱۲ـ۵)، اطلاعات آن آمده است.



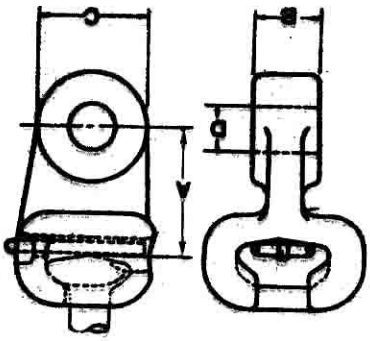
شکل (۱۲ـ۵): گیرهٔ آویز زاویه‌ای

جدول (۱۲ـ۵): اطلاعات گیره‌آویز زاویه‌ای

قطر سیم (میلی‌متر)	۴/۱-۱۵/۲	۴۸-۱۵/۲
مشابه یا یکسان با NGK	1H-686AU	1H-1049AU
بیشترین قدرت (کیلوگرم)	۳۲۰۰	۳۲۰۰

۵ـ۱۳ ـ مادگی چشمی (Socket-Eye)

مادگی چشمی همان «رابط گیره آویزی» یا «رابط معمولی گیره انتهایی» مقره بشقابی است که از چدن مالبیل (نرم) ساخته شده و طبق مشخصات ASTM-A153، به صورت گرم گالوانیزه گردیده است. در شکل (۱۳ـ۵) نمای مادگی چشمی و جدول (۱۳ـ۵) اطلاعات رابط گیره به دو صورت آویزی و انتهایی آورده شده است. این قطعه به علت کاربرد در انتهای (سمت هادی) زنجیرهٔ مقره و اتصال به میله توپی شکل (نر) مقره‌ها، شرایط را برای دیگر اتصالات از جمله کلمپ آویز و یا سیم‌گیر انتهایی و یا میله جلوبر فراهم می‌نماید.



شکل (۱۳ـ۵):
رابط گیره‌آویزی یا
رابط معمولی گیرهٔ انتهایی
یا سوکت چشمی

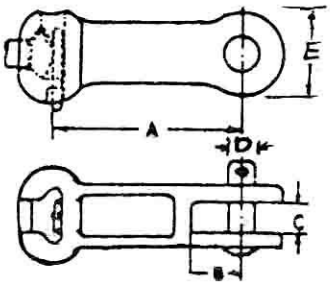
جدول (۱۳ـ۵): اطلاعات مادگی چشمی

نوع گیره	آویزی‌ومعمولی‌انتهایی	آویزی	آویزی	معمولی انتهایی
اندازه A (میلی‌متر)	۵۱	۵۱	۵۱	۵۱
اندازه B (میلی‌متر)	۱۶ «الف»	۱۹ «ب»	۲۹ «ج»	۲۵
اندازه C (میلی‌متر)	۳۸	۳۸	۳۸	۴۵~۴۴
اندازه D (میلی‌متر)	۱۸~۱۷/۵	۱۸~۱۷/۵	۱۸~۱۷/۵	۱۸~۱۷/۵
اندازه مادگی (Sockat)	ASA نوع B (۱۶ mm)	ASA نوع B (۱۶ mm)	ASA نوع B (۱۶ mm)	ASA نوع B (۱۶ mm)
مشابه یا یکسان با NGK	4H-20493C	4H-20801U	4H-20493R	4H-20707Q
شمارهٔ استاندارد توزیع:	ل.م.۲۴.و۲۷. نوع «الف» /سه پیچه	ل.م.۲۵. نوع «ب»	ل.م.۲۶. نوع «ج»	ل.م.۲۸. پنج پیچه
بیشترین قدرت مکانیکی (کیلوگرم)	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۱۲۰۰۰

* دیگر اسامی: رابط گیره‌آویزی ـ رابط معمولی گیرهٔ انتهایی ـ سوکت چشمی ـ کله گاوی ـ چُپُقی

۵ـ۱۴ ـ مادگی رکابی (Socket-Clevis)

مادگی رکابی از فولاد ساخته شده و طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM، به صورت گرم گالوانیزه گردیده است. این رکاب، دارای میلهٔ گالوانیزهٔ فولادی مطابق SAE 1054 HDG و اشپیل می‌باشد. در شکل (۱۴ـ۵)، نمای مادگی رکابی و در جدول (۱۴ـ۵)، اطلاعات آن مشاهده می‌شود.



شکل (۱۴ـ۵): مادگی رکابی

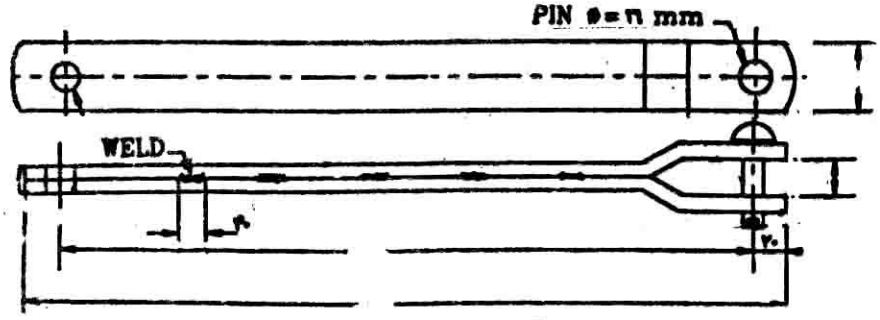
جدول (۱۴ـ۵): اطلاعات مادگی رکابی

اندازه A (میلی‌متر)	۴۸	۶۴
اندازه B (میلی‌متر)	۳۰	۴۶
اندازه C (میلی‌متر)	۲۱	۲۱
اندازه D (میلی‌متر)	۱۶	۱۶
اندازه E (میلی‌متر)	۳۸	۵۱
اندازه مادگی (Socket)	ANSI Type BJ IEC 16mmA	ANSI Type BJ IEC 16mmA
مشابه یا یکسان با NGK	4H-20491N	4H-204491E
شمارهٔ استاندارد توزیع	-	-
بیشترین قدرت (Kg)	۸۲۰۰	۱۳۶۰۰

نمونه دیگری از مادگی رکابی به صورت رکاب باز وجود دارد که در آن زاویهٔ بین رکاب‌ها، ۶۵° می‌باشد. البته در خطوط انتقال نیز گونه‌هایی با طول بلندتر (A=114,105,64) وجود دارند.

۱۵ـ۵ ـ میله جلوبر مقره (لینک کششی) (Extension Link)

دو شاخه یا بازوی جلوبر مقره، از تسمه فولادی گالوانیزه ساخته شده و دارای یک پین فولادی گالوانیزه و یا یک پیچ برنجی می‌باشد. طول آن، براساس تقاضای طراحی قابل انتخاب بوده و در شبکه‌های توزیع در طول‌های ۴۵ ، ۲۵ و ۱۶ سانتی‌متر (با قدرت تحمل نیروی مکانیکی به دو دسته ۷۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ کیلوگرم نیرویی) استفاده شده‌اند. از این وسیله، برای جلو آوردن فازها[1] در پایهٔ کششی (Deed-End) و پایه زاویه ۲۰ کیلوولت استفاده می‌شود که بتوان سیم جمپر آن را بهتر مانور داده تا به کراس‌آرم و یراق‌آلات مقره نزدیک نشود؛ به‌خصوص اگر تیر در زاویه باشد. شکل (۱۵ـ۵) نمای یک میله جلوبر و جزییات ساخت آن را نشان می‌دهد.



شکل (۱۵ـ۵): میله جلوبر مقره

جدول (۱۵ـ۵): اطلاعات میله جلوبر مقره یا دو شاخه

اندازه A (میلی‌متر)	۵۱	۳۸	۳۲
اندازه B (میلی‌متر)	۱۶	۱۸(۱۲***)	۱۶
اندازه C (میلی‌متر)	۴۵۰	۲۵۰**	۱۶۰
اندازه D (میلی‌متر)	۲۲	۱۹	۱۹
شمارهٔ استاندارد توزیع	ل.م. ۳۹ نوع «ب»	ل.م. ۳۸ نوع «الف»	--
کمترین قدرت مکانیکی (Kg)	۱۲۴۰۰	۹۱۰۰(۷۰۰۰***)	۷۰۰۰

* نام دیگر رابط دو شاخه Strop Clevis می‌باشد.

** اندازه طول از ۴۵۰ به ۲۵۰ سانتی‌متر اصلاح شده است.

*** در استاندارد شبکه‌های توزیع ایران، ضخامت به B=12 میلی‌متر کاهش و قدرت مکانیکی متناسب آن، ۷۰۰۰ کیلوگرم نیرو شده است.

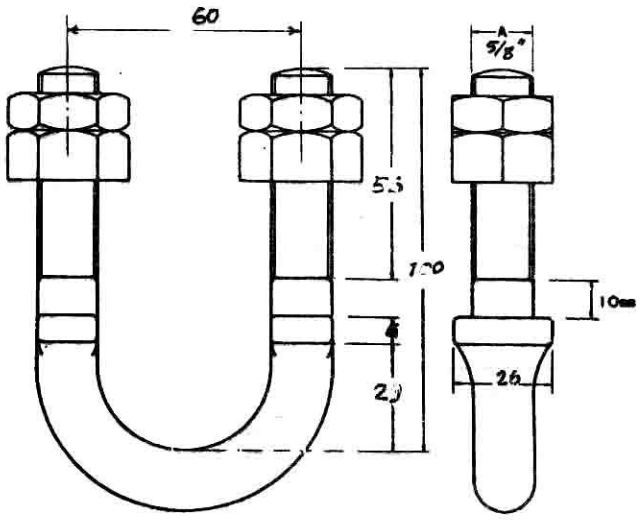
---

۱ - در پایه انتهایی کششی با کراس‌آرم ۲/۴۴ متری برای فاز وسط آورده شده است.

جلوبر مقرهٔ رکابی از دو تسمهٔ فولاد آهنگری به ابعاد ۸ میلی‌متر و طول ۴۵، ۲۵ یا ۱۶ سانتی‌متر تشکیل شده که در وسط به‌هم جوش خورده‌اند. این تسمه، در یک انتها به شکل زبانه است که در آن سوراخی به قطر ۱۸ میلی‌متر ایجاد شده است. فولاد آن با مشخصات A7 مربوط به ASTM و گالوانیزاسیون آن با مشخصات A-153 مربوط به ASTM مطابقت دارد. این قطعه، بین رابط گیرهٔ معمولی انتهایی و گیره انتهایی (سیم‌گیر) به‌کار می‌رود و در طراحی شبکه نیز برای کار به صورت خط گرم (Hot Line) قبل از زنجیره مقره و در بین کنسول و مقره‌ها کاربرد دارد.

۱۶ـ۵ ـ پیچ U شکل (Bolt "U")

پیچ U شکل به قطر ۱۶ ($\frac{5}{8}$ اینچ) و طول ۱۰۰ میلی‌متر ($3\frac{15}{16}$ اینچ) که فاصلهٔ بین دو پایه آن ۶۰ میلی‌متر ($2\frac{3}{8}$ اینچ) است، از فولاد گالوانیزه با قدرت ۴۲۲۵ تا ۵۰۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ساخته می‌شود. این پیچ دارای چهار مهرهٔ شش گوش است. فولاد آن با مشخصات A7 مربوط به ASTM تطبیق دارد و بر اساس مشخصات A-153 مربوط به ASTM گالوانیزه می‌شود. این قطعه برای ایجاد یک محل اتصال زنجیره مقره، روی کنسول یا سازه‌های فلزی به‌کار می‌رود.



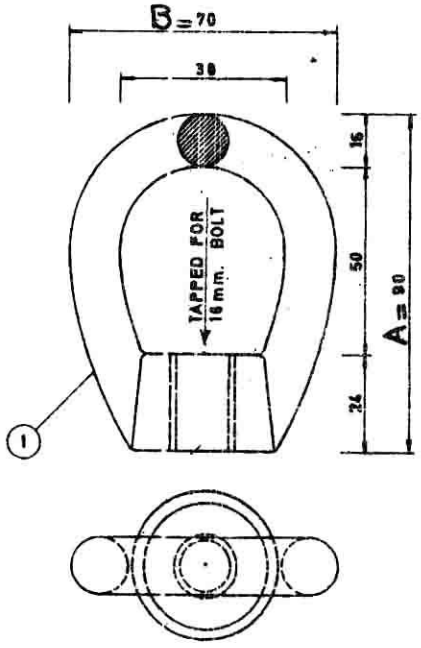
شکل (۱۶ـ۵): پیچ U شکل

جدول (۱۶ـ۵): اطلاعات پیچ U شکل

اندازه A (قطر پیچ) میلی‌متر	۱۶	۱۶
اندازه B (دهانه) میلی‌متر	۶۰	۷۵
اندازه C (طول) میلی‌متر	۱۰۰	۱۲۰
اندازه D (طول رزوه) میلی‌متر	۵۵	۶۵
اندازه E میلی‌متر	۲۹	۳۹
اندازه F میلی‌متر	۲۶	۲۷
اندازه G میلی‌متر	۶	۶
مشابه با یکسان با NGK	4H-1805BU	4H-2096AU
شمارهٔ استاندارد توزیع	–	–
کمترین قدرت (Kg)	۱۲۰۰۰	۱۲۰۰۰

۵ـ۱۷ ـ مهرهٔ چشمی بیضی (Eye, Nut, Ovaleye)

مهرهٔ چشمی، برای پیچ به‌قطر ۱۶ میلی‌متر مناسب است و می‌تواند از فولاد مطابق با SAE استاندارد 1115 و یا از میلهٔ فولادی منطبق با مشخصات A-107 مربوط به ASTM ساخته شود. ابعاد و ساخت مهرهٔ چشمی با مشخصات TD-5 مربوط به EEI مطابقت داشته و گالوانیزاسیون آن با مشخصات A-153 مربوط به ASTM منطبق است. این مهره، دست‌کم تحمل قدرت ۶۰۰۰ کیلوگرم را خواهد داشت. این قطعه به عنوان مهره، در دو انتهای پیچ‌های دو سررزوهٔ پایه‌های کششی (Dead End) به‌کار می‌روند تا ضمن انتقال دو نیروی سیم‌های تحت کشش به پیچ‌ها، برآیند آن‌ها را متعادل و یا



شکل (۱۷ـ۵): مهرهٔ چشمی

صفر نمایند. در این حالت، پایداری کنسول، کراس‌آرم و سازه‌های خطوط بهتر حفظ شده، اتصال زنجیرهٔ مقره بشقابی لینک کششی نیز به راحتی انجام می‌پذیرد. اندازهٔ قطر مهرهٔ حدیده شده، متناسب با پیچ‌های به‌کار رفته در شبکه خواهد بود که به طور معمول ۱۶ میلی‌متر است. در شکل (۱۷ـ۵) نمای مهرهٔ چشمی و در جدول (۱۷ـ۵) اطلاعات آن آمده است.

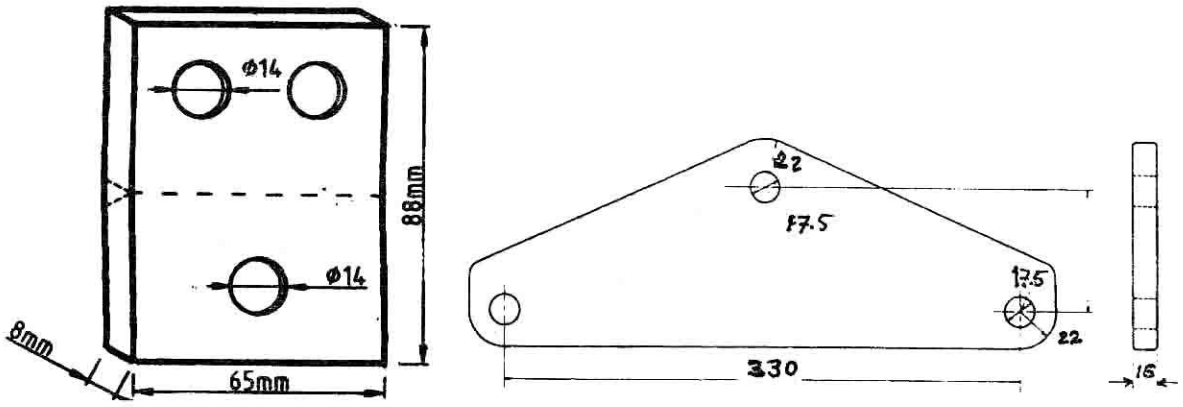
جدول (۱۷ـ۵): اطلاعات مهرهٔ چشمی

قطر پیچ (مهر) (میلی‌متر)	۱۹	۱۶	۱۲	۱۶
اندازه A (میلی‌متر)	۷۵(۳′)	۷۵(۳′)	۶۶/۷(۲$\frac{5}{8}$)′	۹۰
اندازه B (میلی‌متر)	۶۴(۲$\frac{9}{16}$)′	۶۴(۲$\frac{9}{16}$)′	۵۴(۲$\frac{1}{8}$)′	۷۰
مشابه یا یکسان با NGK	LM-DG2E4	LM-DG2E3	–	–
شمارهٔ استاندارد توزیع	۲۶۱-۰۰۱۰	۲۶۱-۰۰۰۹	۲۶۱-۰۰۰۸	ل.م.۴۰.
کمترین قدرت (کیلوگرم)	۹۹۰۰	۹۹۰۰	۹۹۰۰	۵۶۰۰

۵ـ۱۸ ـ صفحهٔ گوشواره و صفحهٔ اتصال مقره (Yoke Plate)

صفحهٔ گوشواره مقره (بدون اتصالات)، یک صفحهٔ مثلثی شکل به طول ۳۳۰ و به ضخامت

۱۶ میلی‌متر است که برای اتصال دو رشته مقره از نوع بال و سوکت به‌کار برده می‌شود. گوشواره، از فولاد منطبق با مشخصات C-1038 مربوط به A.I.S.I. ساخته شده و طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM گالوانیزه می‌شود. بیشترین قدرت آن ۱۵۴۵۰ کیلوگرم خواهد بود. این قطعه با ابعاد کوچکتر، در شبکه توزیع برای اتصال دوکلمپ آویزی به صورت خط باندل با یک زنجیره مقره به‌کار می‌رود. صفحه دوم مطابق با شکل (۱۸ـ۵) ب برای اتصال زنجیره مقره آویزی به کنسول ناودانی با روپیچ بکار می‌رود.

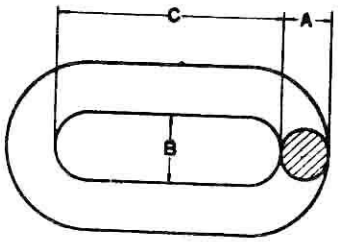


الف) صفحهٔ گوشواره زنجیره مقره‌های دوبل　　ب) صفحه اتصال مقره

شکل (۱۸ـ۵): صفحه یا پلیت

۱۹ـ۵ ـ رابط (Link)

رابط، از میلهٔ فولادی به‌قطر ۱۲/۷ میلی‌متر ($\frac{1}{2}$ اینچ) ساخته شده و طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM گالوانیزه گردیده است. اندازهٔ داخلی محور بزرگتر ۵۷ تا ۶۰ میلی‌متر و اندازه داخلی محور کوچکترش ۱۷ تا ۲۵ میلی‌متر می‌باشد. بیشترین قدرت آن ۱۳۶۰۰ کیلوگرم می‌باشد.



شکل (۱۹ـ۵): حلقه یا رابط

جدول (۱۸ـ۵): اطلاعات حلقه رابط

A	اندازه	(اینچ) میلی‌متر	$2\frac{1}{4}$′ ۵۷و۱	$2\frac{3}{8}$′ ۶۰و۳
B	اندازه	(اینچ) میلی‌متر	۱′ ۲۵و۴	$\frac{11}{16}$′ ۱۷و۵
C	اندازه	(اینچ) میلی‌متر	$\frac{1}{2}$′ ۱۲و۷	$\frac{1}{2}$′ ۱۲و۷
بیشترین قدرت		کیلوگرم	۱۳۶۰۰	۱۳۶۰۰
مشابه یا یکسان با NGK				

۵ـ۲۰ ـ پیچ و مهرهٔ (Through Bolt)

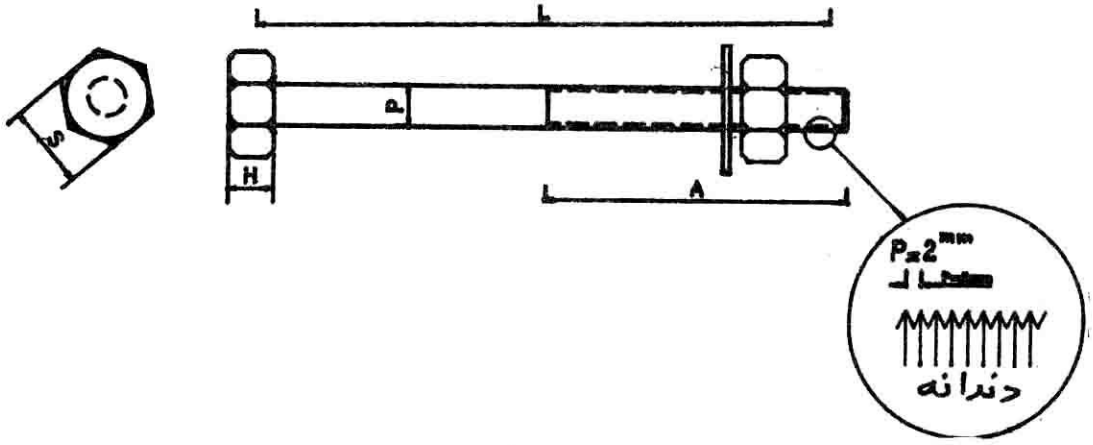
۵ـ۲۰ـ۱ ـ پیچ یک‌سر رزوه (پیچ کراس آرم)

پیچ‌های ماشینی فولادی[1]، درکلیه سازه‌های فلزی و اتصالاتی مثل بستن کراس‌آرم و کنسول‌ها به تیرهای بتنی و همچنین محکم کردن تسمه حائل به پایه‌ها به‌کار می‌روند. پیچ و مهره‌ها همگی به‌صورت گالوانیزه[2]، آبکاری می‌شوند. برای راحتی عملیات توسط سیمبانان، سر پیچ‌ها (آچارخور) به‌صورت میلی‌متری و شش گوش[3] بانمرهٔ S=24 طراحی شده‌اند. قطر پیچ‌های شبکهٔ فشار متوسط براساس استاندارد باید ۵/۸ اینچ ϕ=16mm باشد و تمام آن‌ها باید دارای فرآیند ساخت به صورت رولینگ (Rolling) یا غلطکی باشند، یعنی ساخت دندانه‌های آن به صورت فشار و قلاریز نبوده بلکه‌به صورت فرایند فورج و غلطکی بوده دندانه‌ها به صورت ۶۰ درجه باشد و سر رزوه بطول ۱۰ سانتی‌متر باز شود. گام دندانه‌های این پیچ‌ها باید P=0.2mm باشد. لازم به توضیح است که هنگام استفاده از تیرهای پیش تنیده با سوراخهای به قطر داخلی ϕ14 پیچ‌هایی با قطر خارجی M_{14} میلی‌متر و برای تیرهای بتنی H شکل با سوراخ ϕ18 پیچ‌هایی با قطر خارجی M_{16} میلی‌متر مناسب است. پس هر دو نوع پیچ شبکهٔ فشار متوسط به‌کار برده شده‌اند. در ضمن پیچ‌های مورد استفاده در شبکه‌های فشار ضعیف به قطر(۱۲ ϕ=12mm)بوده‌و پیچ و مهره‌های M_{12} میلی‌متر استفاده می‌شوند. طول این پیچ‌ها با توجه به محل و ابعاد مورد کاربرد انتخاب می‌شوند از آن‌جایی‌که ابعاد و وجه سر تیرها دارای ابعاد متفاوت است، طول پیچ‌ها نیز از ۲۰ تا ۴۵ سانتی‌متر متغیر می‌باشد. ابعاد پیچ و مهره‌های یک سررزوه، مطابق شکل (۲۰ـ۵) و اطلاعات آن‌ها در جدول (۱۹ـ۵) آورده شده است. لازم به توضیح است، نمونه‌ای دیگر از پیچ‌های ۵ سانتی‌متری با قطر ۱۴ میلی‌متر که برای بستن تسمهٔ حایل به کراس‌آرم و یا مونتاژ سکوهای فلزی ترانس‌ها استفاده می‌شود، علاوه بر نوع گالوانیزهٔ گرم به صورت نیکل کادنیوم نیز به‌کار می‌رود.

1– MACHNR BOLT

۲ – در صورت گالوانیزه گرم بایستی به توسط فرآیند دورانی از پرشدن دانه‌ها در مراحل گالوانیزه کردن جلوگیری شود.

۳ – در استاندارد قدیم، به صورت چهارگوش و با استاندارد آمریکایی B-18.2 به‌کار رفته است



شکل (۲۰ـ۵): پیچ یک سر دنده M16

جدول (۱۹ـ۵): اطلاعات پیچ یک سر M16 و M14

مخصوص تیرهای بتنی H شکل

INTEM NO	D mm	L mm	A mm
1	16	200	100
2	16	250	100
3	16	300	100
4	16	350	100
5			
6			

M16 | S=24 | H=10.75 | سر شش‌گوش معمولی

مخصوص تیر پیش‌تنیده

INTEM N2	D mm	L mm	A mm
1	14	200	100
2	14	250	100
3	14	300	100
4	14	350	100
5			
6			

M14 | S=24 | H=9.25 | سرشش‌گوش سنگین

NOTE :

a – ALL BOLTS HAVE ROLLED THREADS AND CONE – TYPE POINTS.

d – BOLTS HEAD AND NUTS SHALL HAVE A SIAND ARD SQUARE FROM AND S–AI I BE MADE OF HOT – DIP GALVNIZED STEEL:

C – FOR WASHER SPECIFICATION REFER TO M14 & M16.

BOLT DIA	ULTIMATE LOAD Kg	
mm	TENSILE	SHEARING
14	5600	
16	7500	

توجه:

۱ـ **تمام پیچ‌ها** به صورت غلطکی و دندانه‌های ۶۰ درجه انجام خواهد شد.

۲ـ **پیچ و مهره‌ها** همگی به صورت گالوانیزه آبکاری می‌شود.

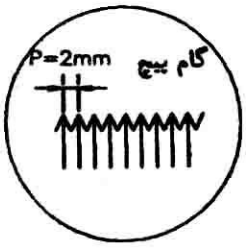
۵ـ۲۰ـ۲ ـ پیچ و مهرهٔ ۵ سانتی‌متری ـ M14

پیچ و مهره‌های گالوانیزه (یا نیکل‌کادمیوم) ۵ سانتی‌متری نمره M14، مخصوص اتصالات فلزی و سازه‌های خطوط هوایی از جمله محل اتصال تسمهٔ حایل به کراس‌آرم می‌باشد. این پیچ تمام رزوه بوده و به صورت گالوانیزه گرم ساخته می‌شود. گام آن‌ها P=2 (یا معادل GB BS) خواهد بود، که به صورت رولینگ (غلطکی) ساخته شده‌اند. سرپیچ‌ها مطابق با S=24mm بوده و هریک از آن‌ها دارای مهره و واشر فنری هستند.

۵ـ۲۰ـ۳ ـ پیچ و مهرهٔ دو سررزوه

پیچ دوسر دنده در پایه‌های کششی یا انتهایی، برای افزایش استحکام سازه‌ها و همچنین اتصال کنسول کراس‌آرم‌ها بکار می‌رود و از پیچ‌های دو سر رزوه (دو سردنده) ۱۶ میلی‌متر به صورت سرتاسری با عبور از پایهٔ بتنی و کنسول‌ها استفاده می‌شود. این پیچ‌ها، به دلیل انتقال نیروها توسط اتصال مهره‌های چشمی به یکدیگر، و ایجاد برآیند کمترین نیروی وارده به کنسول و کراس‌آرم‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این پیچ‌ها، در طول‌های بلند و با چهار مهره و واشر مربوطه ساخته می‌شوند. شکل (۲۱ـ۵) نمونه‌ای از این پیچ‌ها را نشان می‌دهد.





INTEM N2	d mm	L mm	A mm	APPROX Kg	CODE N2
1	16	350	150		
2	16	400	150		
3	16	450	150		
4	16	500	150		
5	16	550	150		
6	16	600	150		

M16*2
S=24
H=10.75
سرشش‌گوش معمولی

BOLT DIA	ULTIMATE LOAD Kg	
mm	TENSILE	SHEARING
16	9500	

POWEREN.IR

شکل (۲۱ـ۵): پیچ دو سر رزوه

بخش دوم:

ضوابط طراحی و جداول کاربردی

فصل ششم

کنسول، کراس‌آرم و آرایش پایه‌ها

۶ـ۱ـ مقدمه

برای نگهداری هادی‌ها و مقره‌ها روی تیر، از «*کنسول*» استفاده می‌شود. «*کراس‌آرم*»[1] نوعی کنسول به‌شکل بازوی متقاطع با پایه (به شکل صلیب) است که در شبکه‌های توزیع برق به‌طور انبوه استفاده شده است. ساخت انواع کنسول و کراس‌آرم با شکل‌های گوناگون، امکان‌پذیر است امّا معیارهای الکتریکی و مکانیکی طراحی کنسول خطوط توزیع و کراس‌آرم‌های مناسب برای شرایط آب و هوایی و همچنین هادی‌های مختلف با در نظر گرفتن مسایل اقتصادی در ساخت و بهره‌برداری، می‌تواند موجب تجدید نظر در طرح آنان شود. با توجه به حجم بالای خطوط هوایی در شبکه‌های توزیع و انواع شرایط بارگذاری کشور، مواردی چند در انتخاب کنسول قابل ملاحظه خواهند بود که به‌شرح زیر است. با رعایت این نکات ضمن تنوع‌زدایی، می‌توان استاندارد مدون شده‌ای[2] برای انواع کراس‌آرم‌های شبکه توزیع محاسبه و تدوین نمود:

۱ـ استفاده از کمترین مواد،

۲ـ سادگی در ساخت،

۳ـ استفاده کمتر از پیچ و اتصالات،

۴ـ کم بودن هزینه نگه‌داری، تعمیر و کنترل،

۵ـ راحتی کار توسط سیمبانان عملیاتی،

۶ـ ایجاد تقارن در ممان وارده به تیر نصب شده،

۷ـ رعایت فاصلهٔ مجاز بین هادی‌ها،

۸ـ رعایت فاصلهٔ افقی سیم از پایه،

۹ـ بهینه کردن باند حریم خطوط انتقال (درجه ۱)، و

۱۰ـ جاگیری کم و سادگی در نگه‌داری، انبار و حمل نقل.

بنابراین تعداد محدودی از کنسول‌ها به صورت آرایش نگه‌دارنده هادی‌ها با شرایط گفته شده در شبکه‌های توزیع برق ایران طراحی و به‌کار برده شده‌اند، که هر کدام نیز با توجه به میزان فلش واسپن مجاز، شرایط آب و هوایی، عوارض طبیعی موجود در مسیر خط، تعداد مدار، وزن هادی‌ها و نوع آرایش سیم‌ها نسبت به یکدیگر کاربرد خواهند داشت. برای بررسی و تجزیه و تحلیل و همچنین کنترل کراس‌آرم جدید طراحی شده و یا انتخاب آرایش مناسب برای خط انتقال ۲۰ کیلوولت باید معیارهای

1– Cross Arm

۲ – استاندارد خطوط هوایی توزیع – جلد ششم، کراس‌آرم‌ها و آرایش پایه‌های به‌کار رفته در شبکهٔ توزیع.

الکتریکی و مکانیکی آن محاسبه و کنترل شود. در معیارهای الکتریکی رعایت دو فاصله به این شرح لازم می‌باشد:

الف) فاصله هادی‌ها از پایه (فاز به زمین)، و

ب) فاصله فازها از یکدیگر (فاز به فاز).

همچنین معیارهای مکانیکی شامل محدودیت نیروهایی است که باید توسط کراس‌آرم تحمل شود، این نیروها، به‌طورکلی به دو دستهٔ زیر تقسیم می‌شوند:

الف) نیروهای افقی (فشار باد و زاویه در خط)، و

ب) نیروهای قائم (وزن سیم، یخ و برف).

در این بخش، ضمن معرفی انواع کنسول و کراس‌آرم‌های متداول در شبکه‌های توزیع ایران، به شرایط انتخاب و طراحی کنسول‌ها و همچنین کاربرد آن‌ها برای ایجاد انواع آرایش‌های به‌کار رفته در شبکه‌های توزیع برق پرداخته خواهد شد. منظور از «***آرایش پایه***» چگونگی نگه‌داری سیم‌های هوایی نسبت به یکدیگر است که به عنوان مثال، می‌توان به آرایش افقی، عمودی، مثلثی و... اشاره کرد. در مبحث تکمیلی، به انواع آرایش‌های دومدارهٔ هادی‌ها و نیز آرایش‌های خاص مانند تقاطع خطوط هوایی ۲۰kV، انشعاب‌گیری و... پرداخته می‌شود.

۶ـ۲ ـ معرفی انواع آرایش پایه‌ها

چگونگی نگه‌داری هادی‌ها نسبت به یکدیگر، با رعایت کلیهٔ معیارهای الکتریکی و مکانیکی به سه گروه کلی تقسیم می‌شود، که در واقع نمایش مقطع عرضی موقعیت سیم‌ها و فاصلهٔ آن‌ها در معیارهای گفته شده مؤثر خواهد بود.

الف) آرایش مثلثی هادی‌ها،

ب) آرایش افقی هادی‌ها (Flat)، و

ج) آرایش عمودی هادی‌ها.

کلیهٔ کنسول‌ها و کراس آرام‌ها، یکی از شکل‌های گفته شده را به هادی‌ها خواهند داد و به منظور دسته‌بندی انواع آرایش‌ها، هر یک از این گروه‌ها، به‌طور جداگانه توضیح داده خواهد شد. از طرف دیگر، هر آرایش پایه به دو صورت زیر اجرا می‌گردد:

۱ ـ آرایش پایه به صورت میانی و یا تو خطی ـ (مماسی، TANGENT)، و

۲ ـ آرایش پایه به صورت کششی یا انتهایی (DEAD-END).

منظور از آرایش میانی، آن دسته از پایه‌های خطوط توزیع می‌باشد که در مسیر مستقیم خط استفاده شده و فقط وظیفه نگه‌داری سیم و رعایت فاصله آن از زمین را بعهده داشته و به علت یکسان بودن کشش افقی سیم در دو طرف آن تحت آنچنان کششی در امتداد سیم نمی‌باشند. به این پایه‌ها در اصطلاح «توخطی» یا «مماسی» نیز گفته می‌شود. به هنگام وجود زاویه در خط هوایی و یا نقاطی که براساس شرایط طراحی لازم کشش سیم مورد نیاز باشد آرایش پایه به صورت «کششی» و یا گوشه‌ای قابل اجرا می‌باشد*. در طراحی انواع کنسول و کراس‌آرم، چگونگی نگه‌داری سیم در پایهٔ میانی و طراحی آن، چندان مشکل نیست بلکه پیچیدگی در طراحی بهینه برای پایهٔ کششی متناسب با نوع آرایش مثلثی، افقی و یا قائم هادی‌ها می‌باشد که از محدودیت و تنوع کمتری برخوردار هستند. در این فصل، علاوه بر ارایهٔ «جزییات ساخت کنسول و کراس‌آرم‌ها»، چگونگی مونتاژ و فواصل آن‌ها به صورت «جزییات اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت ایران» بیان شده است. این آرایش‌ها در مراحل تهیهٔ طرح‌ها و ارایهٔ نقشه‌های خطوط هوایی توزیع، یا در مواقع جمع‌آوری اطلاعات شبکه‌های موجود جهت مکانیزاسیون و بانک‌های اطلاعاتی شبکه‌ها به‌کار می‌روند. پس جهت سهولت در جمع‌آوری و یا نمایش اینگونه آرایش‌ها، در تهیه پلان و پیکتاژهای خطوط توزیع از یک‌سری سمبل و علامت‌های اختصاری به‌نام «دیتیل»[1] استفاده می‌شود. در تهیه نقشه‌های کامپیوتری طرح خط، این دیتیل‌ها به صورت یک لایه با قابلیت نمایش هم‌زمان با پلان و پیکتاژ خط به کار می‌روند. لیست مصالح مورد نیاز برای اجرای هر یک از این آرایش‌ها اغلب به صورت نوع تجهیزات استاندارد شده می‌باشد. بنابراین در موارد تکاملی تهیه طرح و لیست مصالح به صورت کامپیوتری، می‌توان از بانک اطلاعاتی تعریف شده براساس برآورد لیست مصالح مورد نیاز یک پایه و علامت اختصاری دیتیل به‌کار رفته در نقشه پیکتاژ استفاده نمود. در کمترین زمان می‌توان لیست کاملی از کل وسایل مورد نیاز برای یک پروژه را استخراج نمود. در این فصل، علاوه بر نمایش جزییات ساخت کنسول‌ها و اجرای آرایش‌ها، لیست مصالح شامل نام، شرح مشخصات، واحد و تعداد مورد نیاز آورده خواهد شد. در ابتدا، روند تکاملی و جزییات ساخت انواع کنسول و کراس‌آرم توضیح داده می‌شود.

۶ـ۳ـ کنسول گنبدی (تاجی)

در صورت نصب کنسول در بالای تیر بتنی به شکل گنبد، می‌تواند از کاربرد خاص آن در خطوط ۲۰ کیلوولت هوایی استفاده نمود. این کنسول، برای اولین بار مطابق شکل (۱ـ۶) برای استفاده از مقرهٔ بشقابی آویزی در خطوط توزیع به‌کار برده شد[2]. با توجه به طرح ساخت این نوع کنسول، دادن حالت

---

* پایه انتهایی یک نوع پایه کششی یک طرفه می‌باشد که در ابتدا و انتهای خط به کار می‌رود.

1- DETAIL

۲ - از دیگر اصطلاحات کنسول گنبدی «کنسول گوشواره‌ای» است.

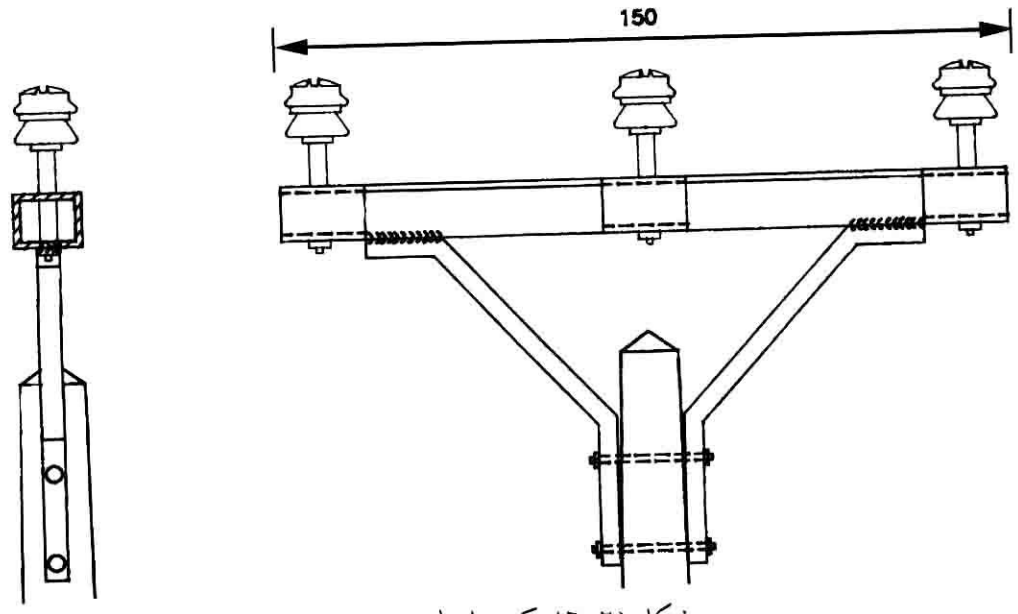
«آرایش مثلثی» به هادی‌های خطوط و حفظ تقارن الکتریکی مفید واقع شد. این کنسول، به‌صورت مجازی باعث می‌شود طول تیر بتنی در زمان‌های عبور از عوارض طبیعی افزایش یافته یا باعث کاربرد همزمان خطوط فشار متوسط و فشار ضعیف در زیر هم و همچنین روی یک پایه که با محدودیت طول پایهٔ نصب شده مواجه شده‌اند، می‌باشد این کنسول همچنین برای اسپن‌های طولانی‌تر مناسب می‌باشد. کنسول گنبدی، به‌علت داشتن شکل شیب‌دار می‌تواند در مناطق برف خیز مورد استفاده قرار بگیرد. این کنسول، بهترین آرایش برای حل مشکل یخ زدگی مقره‌ها به‌علّت سرخوردن برف و یخ می‌باشد. از جمله مشکلات استفادهٔ این کنسول، می‌توان به اجرای سیم‌کشی در فاز وسط (که به‌علت قرارگرفتن در داخل یک حلقه به دقت و ممارست کافی در سیم‌کشی نیاز دارد) اشاره کرد. کنسول گنبدی، در زوایا و پایه‌های کششی یا انتهایی خطوط کاربرد ندارد. جزییات اجرایی این کنسول در قسمت پیوست آرایش پایه‌ها به‌صورت مثلثی آورده شده است. دیتیل اجرایی کنسول گنبدی تحت عنوان "TA" در بخش انواع آرایش‌های هادی‌ها بصورت مثلثی صفحه ۲۴۹ آورده شده است.



شکل (۱ـ۶): کنسول گنبدی

ازگونه‌های دیگر این کنسول، می‌توان به «کنسول تاجی» با مقرهٔ سوزنی و با آرایش هادی‌ها در **یک سطح افقی** شکل (۲ـ۶) اشاره کرد. آرایش افقی پایه میانی، با استفاده از کنسول تاجی در صفحه **۲۳۱ به‌نام دیتیل** «T» نشان داده شده است. این کنسول در مواقع تقاطع خطوط هوایی ۲۰kV با یکدیگر **و یا عبور خط** هوایی با آرایش افقی هادی‌ها از شبکه هوایی دیگر (مانند مخابرات، قطار برقی ...)

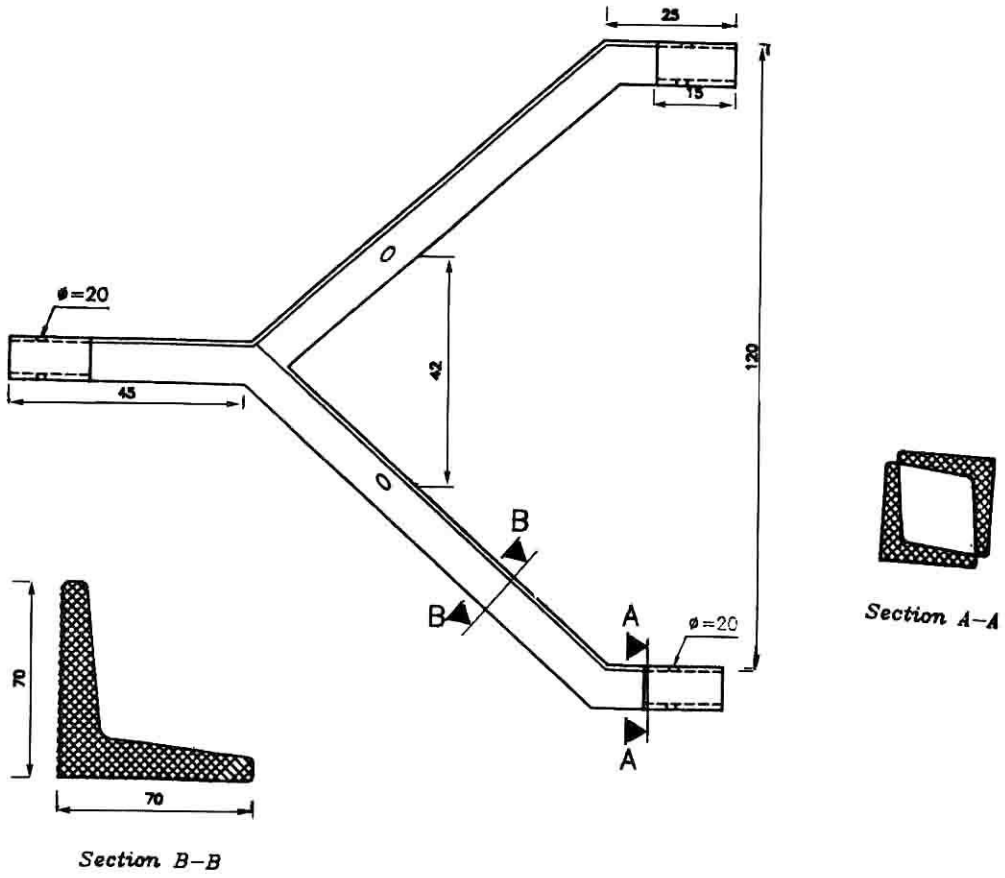
استفاده می‌شود. دراین طرح که آرایش آن با استفاده از سه مقرهٔ سوزنی به‌صورت افقی می‌باشد، کنسول به شکل تاج در سر تیر نصب می‌شود. این کنسول براساس قدرت تیربتنی مورد نظر، دارای اندازهٔ دهانه متناسب با ابعاد استاندارد سر تیر ساخته می‌شود.



شکل (۲-۶): کنسول تاجی

۶-۴- کنسول جناقی

کنسولی است که از جوش دادن دو المان فلزی مورب درست می‌شود، و اولین بار توسط کانادایی‌ها به‌کارگرفته شد و به‌علت داشتن طرح آرایش مثلثی هادی‌ها و راحتی نصب و انشعاب‌گیری در آن مقطع زمانی در شبکه‌های توزیع کاربرد فراوان پیدا کرد، و به نام کنسول «کانادایی» یا «جناقی» معروف است. این کنسول، در خانوادهٔ آرایش‌های مثلثی هادی‌ها می‌باشد و مطابق با پیوست جزییات اجرایی صفحه ۲۴۶ به‌نام دیتیل «TY» بسته می‌شود. جزییات ساخت کنسول جناقی در شکل (۳-۶) داده شده است. از مزایای کنسول جناقی، کاربرد پیچ و مهره کم، اتصال ساده و سریع آن روی پایه‌ها، انتقال راحت و تعادل نیروهای وارده به تیر می‌باشد. با نصب دو کنسول متقاطع جناقی (عمود بر هم)، می‌توان از خط موجود به سهولت انشعاب گرفت. بیشترین اسپن خطوط ۲۰ کیلوولت مجهز به کنسول جناقی یا کانادایی با مقره‌های سوزنی ۸۰ متر است. در صورت نصب مقرهٔ بشقابی آویزی در پایه‌های میانی، بر اثر وزش باد یا داشتن زاویه در مسیر خط، احتمال برخورد سیم و اتصال مقره آویز به بدنه کنسول جناقی افزایش می‌یابد بنابراین در مراحل تکامل ساخت کنسول‌های جناقی، طرح کنسول V شکل ابداع و استفاده گردید.



شکل (۳ـ۶): جزییات ساخت کنسول جناقی یا کانادایی

۶ـ۴ـ۱ـ کنسول V شکل

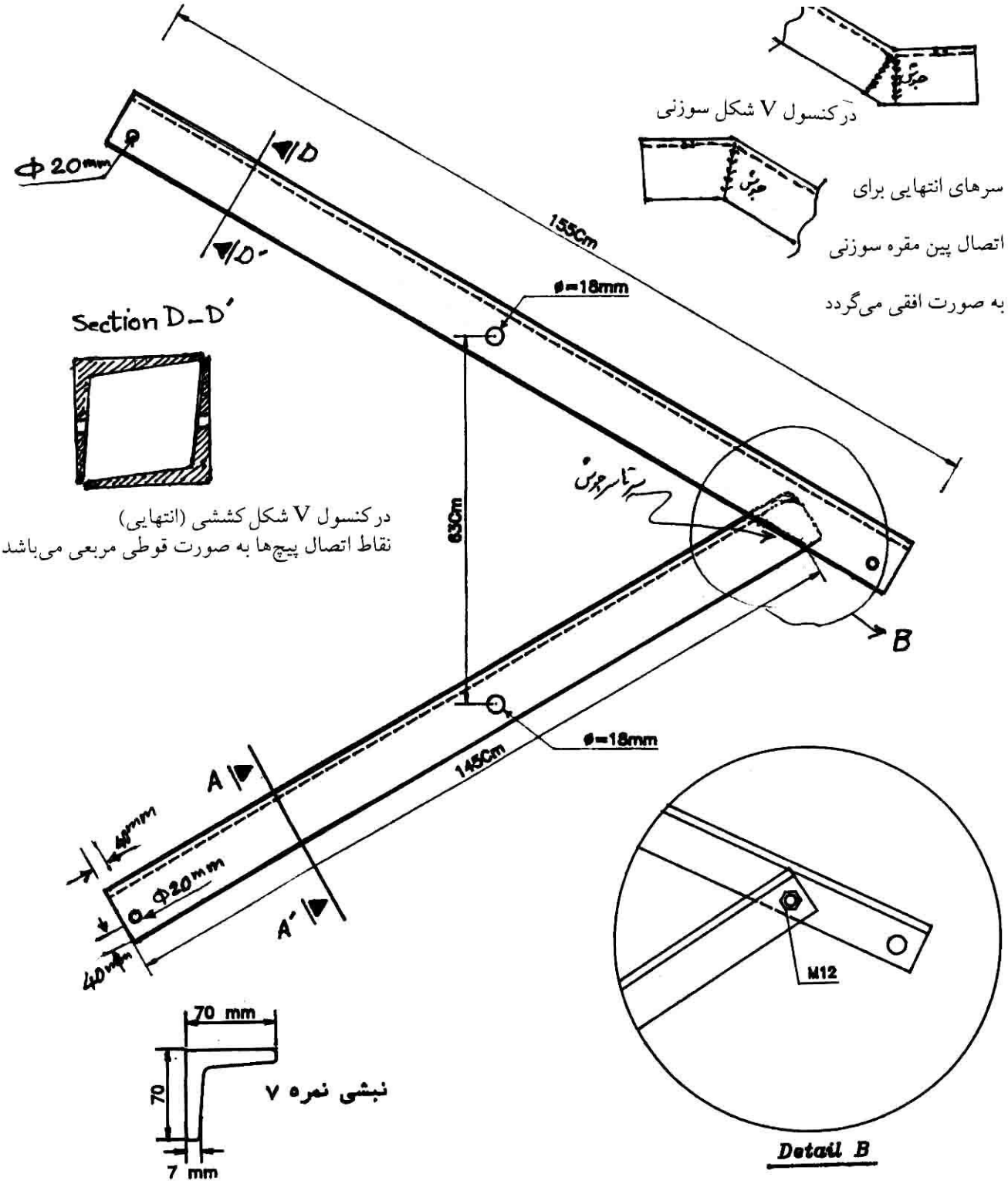
این طرح، برای سیم‌کشی خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت با سطح مقطع بالاتر از ۱۲۰mm^2 با مقرهٔ بشقابی آویز بسیار مناسب و دارای اهمیت است. این آرایش، از کنسول‌های کمیابی است که امکان استفاده از سه زنجیرهٔ مقره بشقابی‌آویزی را (برای سه هادی سه فاز) روی یک پایهٔ بتنی فراهم می‌آورد. آرایش کنسول V، به‌علت سهولت نصب سه فاز روی یک تیر میانی در هادی‌های سنگین، کاربرد وسیعی پیدا نموده است. همچنین این کنسول، دارای یکی از بهترین روش‌های مونتاژ پایه کششی یا انتهایی (با استفاده از دو عدد از آن‌ها) است که به اصطلاح «*دو بل*» می‌گویند. امروزه در ساخت کنسول‌های V شکل، برای سادگی در انبار و حمل و نقل آن‌ها، و نیز قابلیت افزایش زاویهٔ دهانهٔ دو فاز واقع در یک طرف آن، از کنسول V شکل «نوع پیچی» استفاده می‌شود که در آن، محل جوش دو نبشی مؤرب در زمان نصب به وسیلهٔ یک پیچ فولادی و واشرهای فنری به هم متصل می‌گردند. این تکنیک، همچنین عملیات اجرایی گالوانیزه نمودن کنسول‌های V شکل را آسان نموده است. یکی از مهمترین محاسن کنسول‌های خانوادهٔ V شکل کم بودن باند حریم درجه یک خط انتقال است. در ضمن تحمل و استقامت آن‌ها، به‌علت یکپارچه بودنشان، نسبت به دیگر کنسول‌ها بیشتر می‌باشد. آرایش دو کنسول V

شکل و کنسول جناقی، دارای معایبی به شرح زیر نیز می‌باشند:

الف) با زیر هم قرار گرفتن دو هادی واقع در یکطرف جناق، برخورد فازها به‌علت پدیدهٔ ریزش ناگهانی برف و یخ[1] و همچنین نشست و برخاست ناگهانی و دسته جمعی پرندگان، باعث ایجاد ارتعاش سیم و در موارد متعدد سبب برخورد فازها از وسط سیم می‌شوند که در نتیجه موجب اتصالی خواهد شد. بنابراین در اینگونه مواقع، می‌توان طول یک بازو را افزایش داد و یا در مواردی طول اسپن‌ها را محدود کرد. این پدیده، به‌خصوص در سیم‌های با سطح مقطع کم و سبک، بیشتر به‌چشم می‌خورد.

ب) درکنسول‌های V شکل، برای پایه‌های کششی و زاویه که با استفاده ازکنسول دوبل (دوکنسول V شکل پشت به پشت) و پیچ‌های دو سررزوه ایجاد می‌شوند، لازم است که به‌علت وجود جمپرهای هادی‌ها، طول آن‌ها را با استفاده از دو شاخه یا همان میله جلوبر مقره بازگرداند تا از نزدیکی فازها به بدنهٔ فلزی کنسول جلوگیری شود. در ضمن در مسیرهای خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت در مناطق کم تردد (در صورتی که خط از کنار جاده عبور نکند) به‌علت امکان لانه سازی پرندگان درکنسول‌های دوبل باید ازکنسول‌های دیگر استفاده نمود تا از آسیب‌پذیری خط جلوگیری شود. کنسول‌های V شکل به‌کارگرفته شده در انواع آرایش‌های پایه‌های میانی و کششی نوع مثلثی شامل جزییات TV و DV در صفحات ۲۴۷ و ۲۴۸ آورده شده و جزییات ساخت آن‌ها در شکل (۴-۶) به سه صورت کنسول V آویزی (نوع توخطی) کنسول V مقره سوزنی و کنسول V شکل کششی نشان داده شده است.

1- Galloping



در کنسول V شکل سوزنی

سرهای انتهایی برای اتصال پین مقره سوزنی به صورت افقی می‌گردد

در کنسول V شکل کششی (انتهایی)
نقاط اتصال پیچ‌ها به صورت قوطی مربعی می‌باشد

دراتصال نوع پیچی (محل اتصال جناق)
درصورت ساخت به صورت پیچی با قابلیت بازشو
برای انواع فاصله سوراخ‌های سر تیر و گالوانیزه کردن

در کنسول V شکل آویزی (توخطی)
انتهای سر کنسول‌ها، سوراخ‌هایی برای اتصال زنجیره مقره به صورت گوشواره ایجاد شده است.

شکل (۴-۶): انواع کنسول‌های (V) شکل

۶ـ۵ـ کنسول‌های یکطرفه یا ساید آرم

قبل از نیاز به ساخت این کنسول‌ها، برای سیم‌کشی خطوط فشار متوسط هوایی در مسیرهای تنگ، (که موقعیت نصب پایه در کمترین فاصله مجاز یا حریم موثر واقع بود)، سیم‌کشی در شبکه ۱۱ کیلوولت در یک طرف تیر و با استفاده از پین‌های بلند مورب به‌نام «شترگلو» انجام می‌گرفت. در آرایش کنسول یکطرفه (پرچمی)، کلیهٔ هادی‌ها به‌صورت قائم (در زیر یکدیگر) یا افقی در یک طرف تیر قرار گرفته، رعایت حد مجاز حریم درجهٔ یک خطوط در طرف دیگر پایه امکان‌پذیر می‌گردد. آرایش پایه‌های میانی یکطرفه، با ساید آرم‌های «L شکل» یا کنسول‌های پرچمی (در دو گونهٔ «یکطرفه قائم» و «۶۰ درجه») قابل مونتاژ هستند. هادی‌ها در طرح کنسول‌های یکطرفه، به دو صورت زیر استقرار می‌یابند:

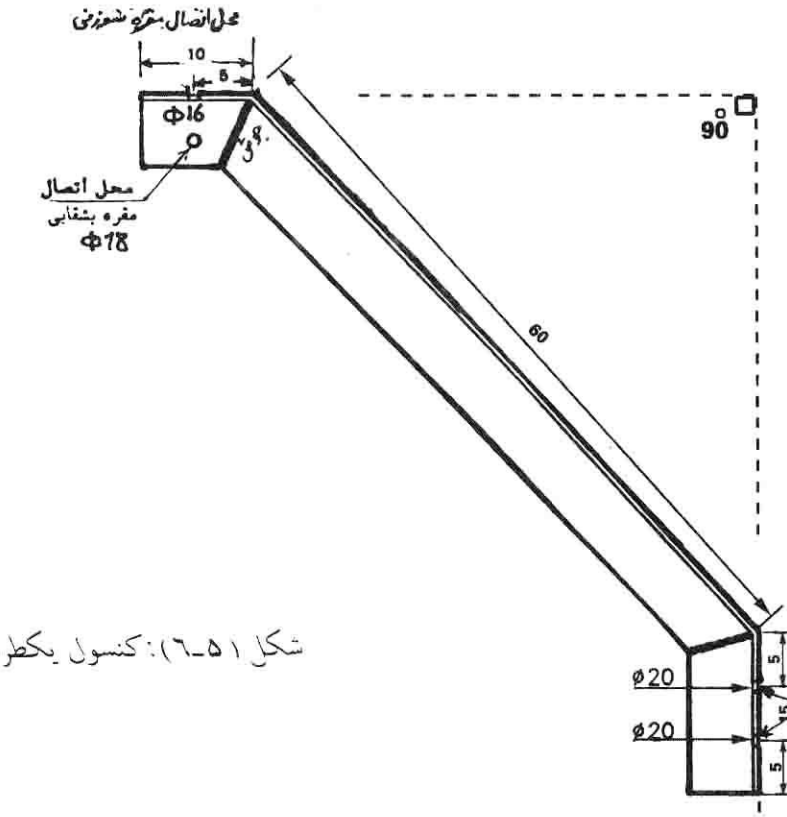
الف) آرایش عمودی هادی‌ها (با کنسول پرچمی)، و

ب) آرایش افقی هادی‌ها (با ساید آرام L شکل).

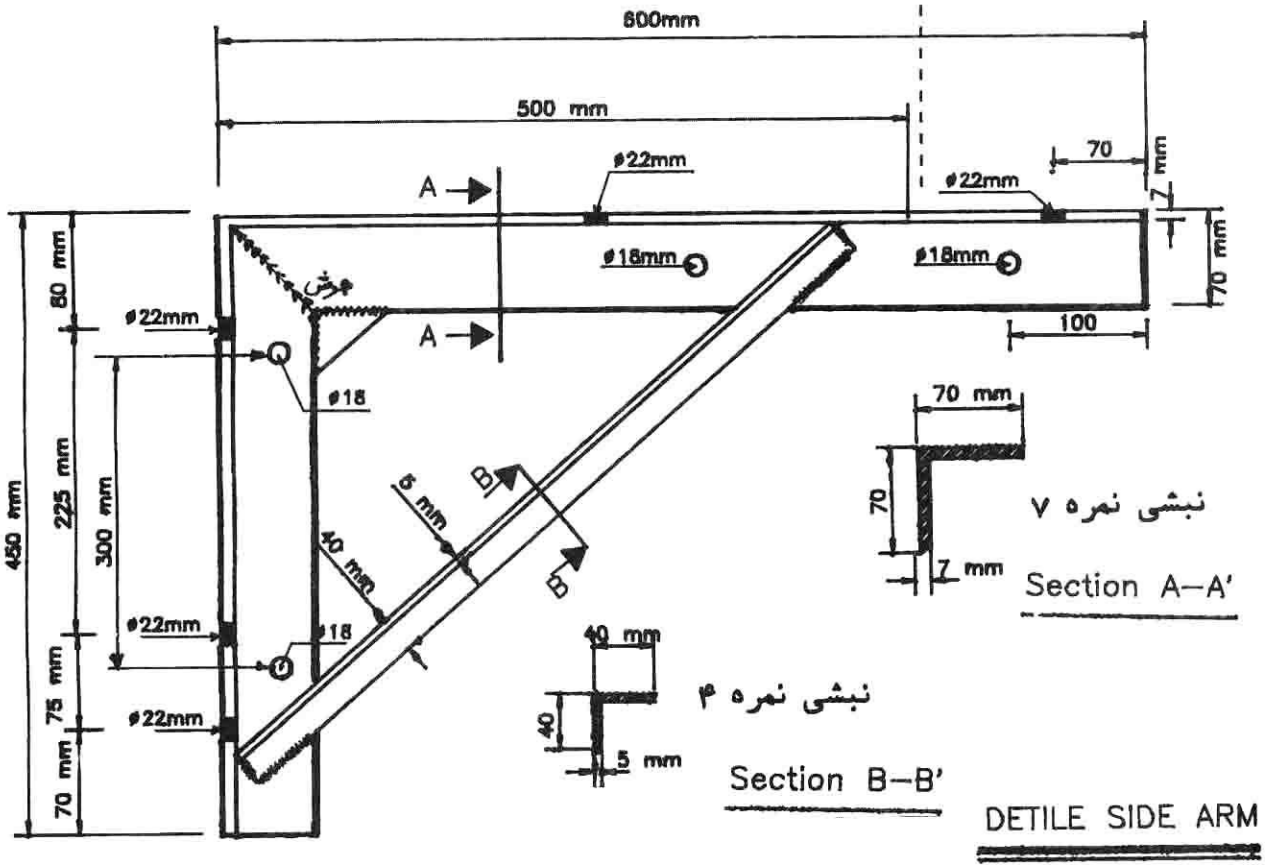
به طور معمول در طراحی آرایش پایه کششی یکطرفه، به‌علت این که نیروها در خارج از محور تیر قرار می‌گیرند، مشکلات اجرایی سیم‌کشی یا ارایهٔ طرح مناسب با قدرت بیشتر تیرها به وجود می‌آید که در این مواقع نیز، با خارج کردن تیر انتهایی از محور خط یا انتخاب موقعیت آن‌ها در محل‌های مناسب می‌توان با این مشکل مقابله کرد.

۶ـ۵ـ۱ ـ کنسول یکطرفه قائم یا پرچمی (طرح عمودی)

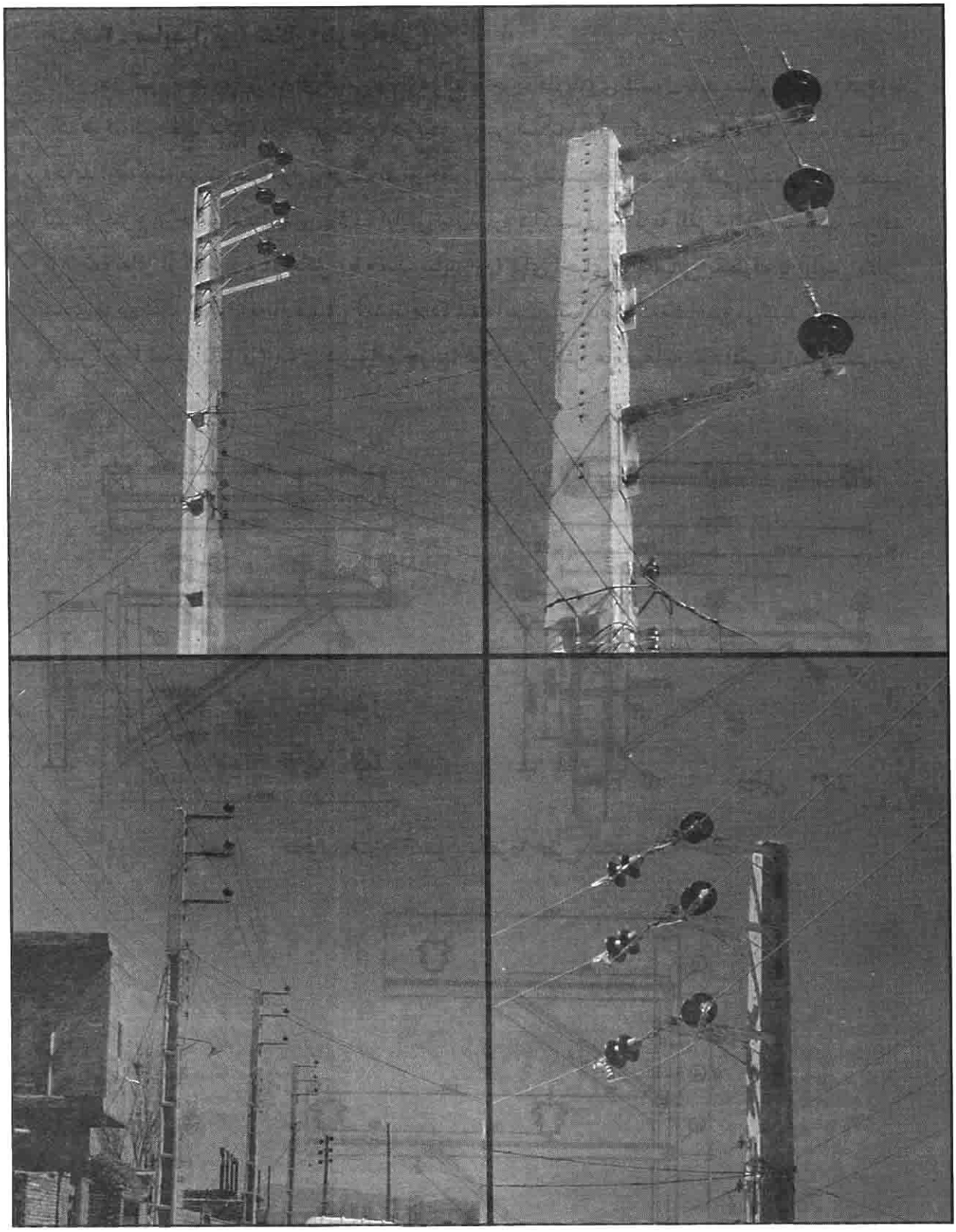
همان‌طوری که در پیوست جزییات اجرایی آرایش‌های عمودی در پایان این فصل برای پایه میانی یکطرفه قائم (دیتیل SP و دیتیل S2P) صفحه‌های ۲۳۶ و ۲۳۷ و پایهٔ یکطرفه قائم نوع آویزی (دیتیل ST)، کنسول ۶۰ درجه (دیتیل SF) صحفه‌های ۲۴۰ و ۲۴۱ و نیز پایهٔ کششی آن‌ها (دیتیل DS) در صفحه ۲۳۹ نمایش داده شده، این طرح‌ها با استفاده از سه کنسول پرچمی یکطرفه قائم (S) به‌صورت یکطرفه به فاصله ۸۰ سانتی‌متر در زیر یکدیگر، نصب می‌گردند. هرگاه احداث خط، توسط مقره سوزنی با سطح مقطع سبک مورد نظر باشد، استفاده از کنسول یکطرفهٔ «۶۰ درجه» مطابق با دیتیل (SF) قابل اجرا خواهد بود که این کنسول (شکل ۵ـ۶)، جایگزین پین شترگلوی استاندارد وزارت نیرو می‌گردد. در مواقعی که تحمل سیم‌هایی با وزن (واحد طول) سنگین‌تر استحکام بیشتر مورد نیاز باشد، طرح کنسول یکطرفهٔ قائم مطابق با دیتیل (S) (در شکل (۶ـ۶)) ساخته و زنجیره مقره بشقابی دوتایی در هر کدام مورد استفاده قرار می‌گیرد. کنسول پرچمی (یکطرفه قائم) در اجرای خطوط دو مداره نیز کاربرد فراوان دارد. طرح آرایش کنسول پرچمی در پایهٔ کششی مطابق با دیتیل (SD) در صفحه ۲۳۸ آورده شده است. طرح دیگر پایه کششی عمودی (بدون کنسول و با استفاده از مهرهٔ چشمی و پیچ‌های دو سررزوه که در زیر یکدیگر و از مرکز تیر بتنی نصب می‌شود) همانند شکل صفحه ۲۳۹ در دیتیل اجرایی DS می‌باشد.



شکل (۵ـ۶): کنسول یکطرفه ۶۰ درجه



شکل (۶ـ۶): کنسول یکطرفه قائم یا پرچمی ـ دیتیل کنسول S

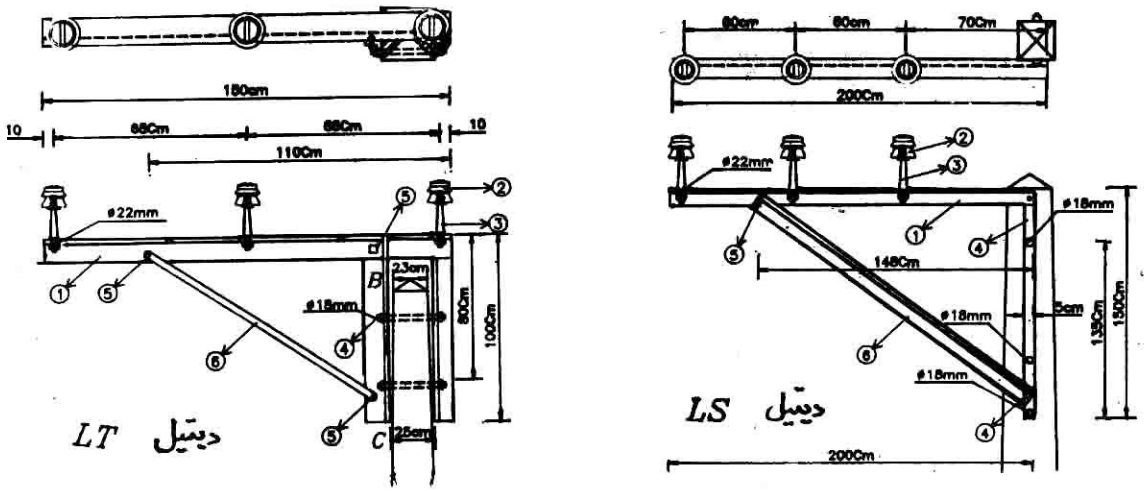


شکل (۷-۶):

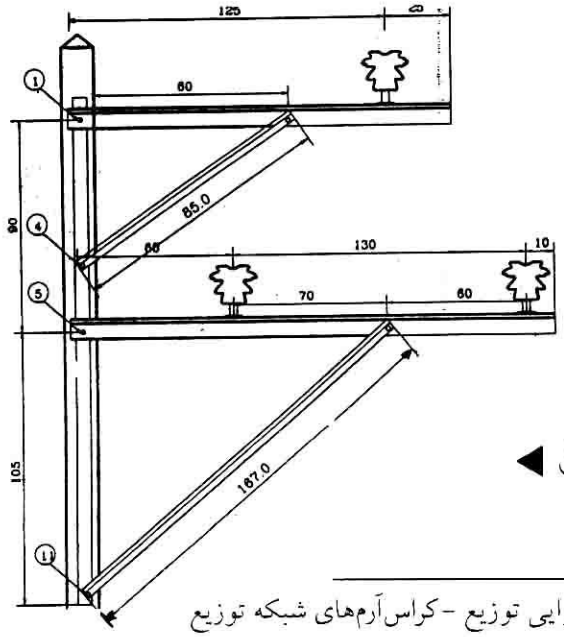
نمونه‌ای از کاربرد کنسول‌های یکطرفهٔ قائم در بخش لیلان از توابع شهرستان ملکان (استان آذربایجانشرقی) به‌علت رعایت حریم خطوط فشار متوسط به علت نبودن پیاده‌رو، کم بودن عرض معابر و وجود بالکن و تراس‌ها، از کلیهٔ آرایش‌های یکطرفهٔ عمودی (SP, S2P, SD) استفاده شده است.

۶ـ۵ـ۲ ـ ساید آرم L شکل (طرح افقی)

در عبور خط هوایی دارای کراس‌آرم از موانع و حریم‌ها، بازوی کنسول باید مطابق شکل (۸ـ۶) به یک طرف تیر تغییر مکان یابد. این طرح، در پیش نویس استاندارد[۱]، «کراس‌آرم L شکل» و به اصطلاح «ساید آرم» گفته می‌شود. بنابراین هرگاه طرح خط در دیگر قسمت‌ها به‌صورت افقی بوده و امکان نصب تیر در خارج از حریم امکان‌پذیر نباشد، آرایش ساید آرم «با کنسول یکطرفهٔ افقی» راهی مناسب خواهد بود. نمونه‌ای از کراس‌آرم L شکل (یا همان ساید آرم) برای اجرای پایهٔ میانی یکطرفه با آرایش مثلثی هادی‌ها در شکل (۸ـ۶) به‌نام دیتیل F نشان داده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌کنید با استفاده از کراس‌آرم L شکل ۱/۵ و ۲ متری در مواقع حریم، علاوه بر آرایش هادی‌ها به نوع افقی آرایش مثلثی نیز



شکل (۸ـ۶): کنسول یکطرفهٔ افقی یا ساید آرم

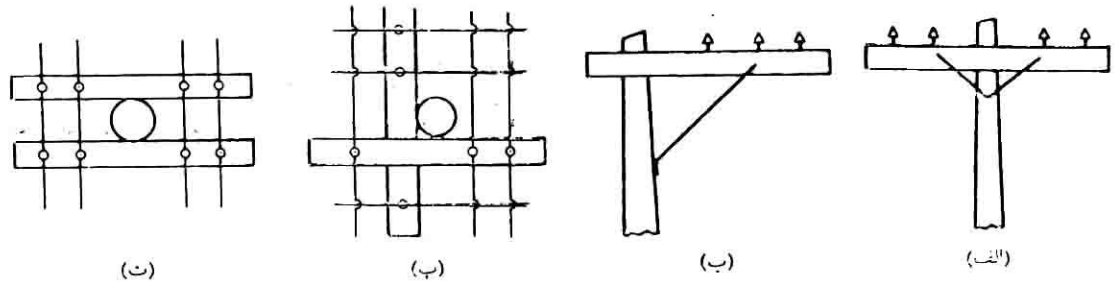


شکل (۹ـ۶): کراس‌آرم L شکل ◀
ـ ۱/۵ و ۲ متری

۱ـ جلد ششم استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ کراس‌آرم‌های شبکه توزیع

۶ـ۶ـ کراس‌آرم‌ها[1] یا کنسول مستقیم

این طرح، اولین بار با ترکیب آرایش نگه‌داری سیم‌ها به‌صورت افقی در یک سطح و با استفاده از بازوهای ۲/۴۴ متری چوبی و مقره‌های سوزنی در شبکه‌های فشار متوسط مورد استفاده قرار گرفت. در طرح‌های جدید، از یک قطعه بازوی مستقیم فلزی به صورت متقاطع با پایه، برای نگه‌داری مقره و هادی‌ها استفاده می‌شود. شکل جزییات اجرایی TC_L، T_2C در صفحه ۲۲۴ الی ۲۲۶ چگونگی اتصال کراس‌آرم به تیر را نشان می‌دهد. کراس‌آرم‌ها از چوب یا فلز (نبشی و یا ناودانی) و به ندرت از بتن (و تازگی‌ها از کمپوزیت) ساخته می‌شوند. کراس‌آرم‌ها، متداول‌ترین وسیلهٔ نگه‌دارنده هادی‌های روی پایه‌های شبکه‌های توزیع برق هستند.



(الف) کنسول افقی (ب) کنسول جانبی (پ) کنسول افقی متقاطع (ت) افقی دوبل

شکل (۱۰ـ۶): آرایش کراس‌آرم‌ها

آرایش کراس‌آرم‌ها نشان می‌دهد که طولشان به تعداد هادی‌های نصب شده و فاصلهٔ مجاز بین آن‌ها بستگی دارد.

۶ـ۶ـ۱ ـ کراس‌آرم‌های چوبی:

در اوایل کاربرد شبکه‌های فشار متوسط و همزمان با استفادهٔ انبوه از پایه‌های چوبی به‌کار برده شدند برای ساخت بازوهای مستقیم کراس‌آرم چوبی، از بهترین نوع چوب، مثل چوب درختان سوزنی برگ که در خارج از کشور کاشته می‌شوند، استفاده می‌کنند. استقامت زیاد، خاصیت عدم خوردگی، نداشتن زایده و تریشه، از جمله مزایایی است که می‌توان برای این چوب‌ها برشمرد. در صورت استفاده از درختان پهن برگ ایرانی، درختانی مثل راش، گز و افرا نیز برای این کار مناسب می‌باشند. در این ارتباط، برای بررسی بیشتر شرایط ساخت و انتخاب این کراس‌آرم‌هامی‌توان به بخش ۳-۲ «استاندارد خطوط هوایی توزیع جلد سوم - مشخصات کراس‌آرم‌های چوبی»، مراجعه نمود.

مقطع کراس‌آرم‌های چوبی، مستطیل و به ابعاد ۹×۱۱/۵ سانتی‌متر می‌باشد که برای جلوگیری از جمع شدن آب روی سطح فوقانی آن‌ها، سطوح جانبی این کنسول‌ها را به‌صورت محدب (قوس دار)

1- Cross- Arm

می‌سازند. دیتیل ساخت و سوراخکاری این کنسول‌ها در استاندارد شماره ۲۱۱-۲۰ وزارت نیرو آورده شده است. کنسول‌های چوبی به علت عایق بودن (در مقایسه با کنسول فلزی)، از نظر جلوگیری از عبور جریان‌های نشتی در مناطقی که دارای خاک نمکی و آب و هوای شرجی بوده و دارای آلودگی مقره‌ها نیز می‌باشند، کارایی بهتری داشته، طول عمر بیشتری نیز دارند.

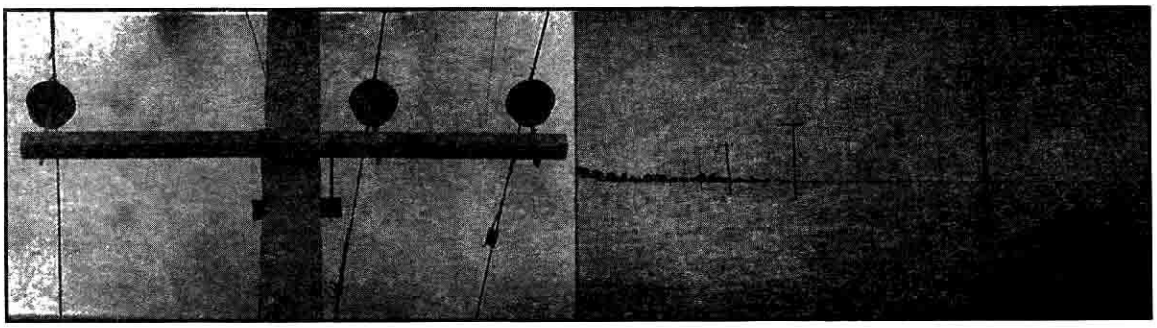
۶ـ۶ـ۲ ـ کراس‌آرم کمپوزیت [1]:

از جدیدترین کراس‌آرم‌هایی هستند که دارای شرایط و ویژگی‌های خاصی می‌باشند. از آن‌جایی‌که چوب ماده‌ای طبیعی بوده و به طور معمول دارای انواع کاستی‌ها مانند گره، باختگی، پوسیدگی، ترک، شکاف، خمیدگی، پیچش، ناهمسانی و غیره می‌باشد، برای کاربری مهندسی مناسب نیست. در فن‌آوری صنایع چوب، ابداع «کمپوزیت» به طرز چمشگیری کاستی‌های چوب را برطرف کرده است. در این فن‌آوری، ترکیبی از لایه‌های نازک و ضخیم چوب، با چسب فنلیک، اشباع شده و در شرایط گرما و فشار زیاد تولید می‌شوند. محصول به‌دست آمده، دارای دوام و استحکامی به مراتب بیشتر و یکنواخت‌تر از چوب معمولی است. قطعات کمپوزیت، مانند چوب معمولی تحت تأثیر جذب و دفع رطوبت قرار نمی‌گیرد؛ ابعاد و خواص مکانیکی و الکتریکی آن‌ها تغییری نمی‌کند، و ترک و شکافی هم برنمی‌دارد. در این فن‌آوری، از چسب ضد رطوبت و عایق الکتریکی فنلیک استفاده می‌شود. کمپوزیت در برابر موجودات چوبخوار مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها و حشرات به طور کامل مقاوم است. در هوای آزاد و شرایط یونیزه شده فشار الکتریکی به وسیله اشعه ماوراء بنفش و یون‌های کلروید نیز تخریب نمی‌شود و دارای آلودگی سطحی نمی‌باشد. این کراس‌آرم‌ها، در سرزمین پهناور ایران به علت تفاوت شرایط جغرافیایی و آب و هوایی گوناگون، انتخاب مواد و مصالح مصرفی آن مناسب است توجه به این پدیده در شبکه توزیع برق کشور، می‌تواند اثر چشمگیری در کاهش هزینه‌ها و پرهیز از دوباره‌کاری‌ها برجای بگذارد. استفاده از کراس‌آرم کمپوزیت در کرانه‌های دریای خزر، به دلیل رطوبت بالای محیطی و نیز در سواحل دریای عمان و خلیج فارس به خاطر رطوبت زیاد و وجود یون‌های کلروید، بسیار مفید خواهد بود. وزن کراس‌آرم کمپوزیت ۵۰٪ کراس‌آرم فلزی و ۱۴٪ کراس‌آرم بتنی است. از این‌رو، حمل و نقل، و نصب آن بسیار آسان‌تر و ارزان‌تر صورت می‌گیرد ضمن این‌که نصب آن، آسیبی به کارگران نصّاب نمی‌رساند.

جدول (۱-۶): خواص مکانیکی کراس‌آرم کمپوزیت

دانسیته [g/cm³]	استحکام خمشی [N/mm²]	مدول الاستیسیته [N/mm²]	استحکام کششی موازی خط چسب [N/mm²]	استحکام فشاری موازی الیاف [N/mm²]	استحکام برش موازی خط چسب [N/mm²]
۰/۶-۰/۷	۵۰-۷۰	۸۰۰۰	۴۰	۳۵-۵۰	۶

1- Composit

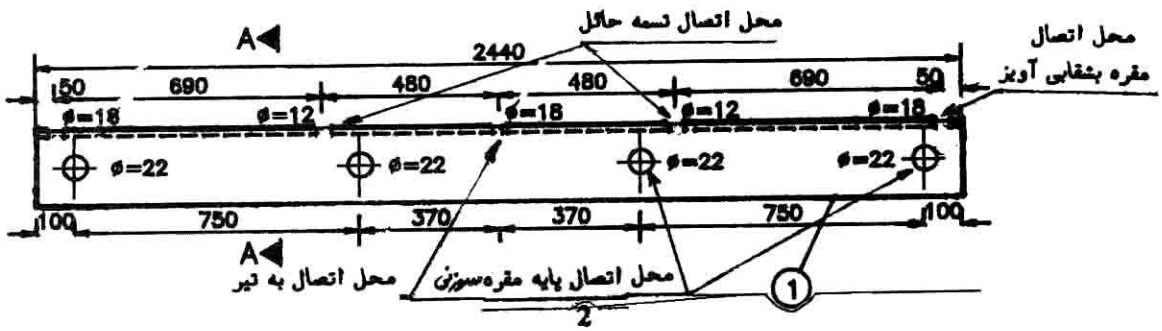


شکل (۱۱ـ۶): یک نمونه از کابرد کراس‌آرم‌های کمپوزیت

نمونه‌های آزمایشی کراس‌آرم کمپوزیت ساخت داخل، برای آزمون در شرایط آب و هوایی گوناگون در اختیار شرکت‌های توزیع برق استان‌های گلستان، بوشهر، هرمزگان، مازندران، خوزستان و سیستان و بلوچستان قرارگرفته است. مسیر دریایی بندر ترکمن به جزیرهٔ آشوراده در استان گلستان یکی از سخت‌ترین شرایط جوی قابل تصور است. طوفان‌های موسمی دریایی، رطوبت شدید، هوای حامل یون‌های نمک و... استفاده از کراس‌آرم فلزی را ناممکن می‌سازد و کراس‌آرم‌های چوبی چندان دوام نمی‌آورند به‌طوری که در دوره‌های کوتاه مدت باید تعویض شوند. در چنین شرایطی کراس‌آرم کمپوزیت شکل (۱۱ـ۶) دست کم سه‌برابر بیشتر دوام می‌آورد.

۶ـ۶ـ۳ ـ کراس آرم‌های فلزی

برای بازوهای افقی و مستقیم، از نبشی یا ناودانی آهنی کمک گرفته می‌شود. ضمن این‌که کراس‌آرم‌های فلزی از نوع چوبی آن‌ها به مراتب مقاوم‌تر است. چون طول کراس‌آرم فلزی اولین بار براساس استاندارد شماره ۲۱۲-۲۰ وزارت نیرو با طول ۲/۴۴ متر منظور گردیده است، این کنسول در شبکه‌های توزیع به‌نام «کراس‌آرم ۲/۴۴ متری» مشهور شده است.



شکل (۱۲ـ۶): کراس‌آرم فلزی از نبشی نمره mm^2(۹×۷۰×۷۰) به طول ۲/۴۴ متر گالوانیزهٔ گرم

کراس‌آرم‌های با طول بلندتر در پایه‌های دوتایی (دوبله) یا سه تایی و بر حسب مورد و محاسباتی برای استقامت مورد نیاز بیشتر، به‌صورت ناودانی به‌طول و مقطع محاسبه شده، به‌کار می‌رود.

طول شاخهٔ هر نبشی یا ناودانی فلزی، ۶ متر بوده و برشکاری کراس‌آرم‌های فلزی ۲۴۴ سانتی‌متری ضایعات فراوانی به‌جا می‌گذارد و از طرف دیگر، در زمان سیم‌کشی به‌خصوص اصله کردن سیم روی مقره‌های نصب شده در طرفین کراس‌آرم‌ها، در صورت نبودن بالابر یا نردبان مشکل به‌وجود می‌آورد، برای رفع این مشکلات، و با توجه به حد متوسط طول اسپن در خطوط ۲۰ کیلوولت (به میزان متوسط ۸۰ متر در استاندارد جدید وزارت نیرو[1]) کراس‌آرم‌های مستقیم با طول کمتر و یا مضربی از ۶ ساخته و استفاده گردید. طول‌های مفید برای ساخت کراس‌آرم‌های فلزی، به‌صورت ۲ متری و ۱/۵ متری (و حتی ۱/۲ متری توسط جهاد) در نظرگرفته شد که به‌علت رعایت فاصلهٔ مجاز فازها از همدیگر و از بدنه، این طرح‌ها از آرایش افقی، به حالت آرایش مثلثی تغییر نمود (دو آرایش TCL، TCO در صفحه ۲۲۴ و ۲۴۲ را ملاحظه فرمایید). در این حالت، فاز بالایی با استفاده از پایه مقره سرتیری محکم می‌شود، فاز طرفین با کراس‌آرم ۱/۵ متری به پایه متصل می‌گردند. این فازها در فاصله پایین‌تری نسبت به آن توسط کراس‌آرم اتصال می‌یابند.

برای افزایش پایداری کراس‌آرم‌ها، اغلب از دو تسمهٔ حایل[2] گالوانیزه استفاده می‌شود. به‌علت قرارگرفتن هادی‌ها در رأس‌های مثلث و کاهش طول باند حریم کراس‌آرم‌های ۱/۵ تا ۲ متری، از نظر ایجاد تقارن الکتریکی و مکانیکی برکراس‌آرم افقی ۲/۴۴ متری ترجیح داده می‌شود. از دیگر مزایای استفاده از طرح کنسول ۱/۵ متری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱ ـ کاهش باند حریم،

۲ ـ عدم وجود ضایعات و دم قیچی،

۳ ـ راحتی در تعمیر و تعویض مقره‌ها،

۴ ـ به‌علت کوتاه‌تر شدن طول بازو نیازی به استفاده از دو تسمهٔ حایل (بریس) نمی‌باشد.،

۵ ـ به‌علت نصب کراس‌آرم در فاصلهٔ ۱/۵ متری از سر تیر، کلاس (قدرت) پایه به‌صورت مجازی (به‌دلیل پایین‌تر وارد شدن گشتاور نیروکششی از سر تیر) بالا می‌رود یعنی تیر ۲۰۰ می‌تواند به‌عنوان تیر ۴۰۰ کیلوگرم نیرو به‌کار رود.

لازم به توضیح است، این آرایش باید در مورد مناطق با اسپن‌های کم و با لحاظ نمودن فاصله مجاز هادی‌ها از زمین اجرا گردد پس در مواقعی که استفاده از شبکه فشار ضعیف در زیر خط هوایی ۲۰ کیلوولت مورد نیاز باشد و یا در مناطقی که ارتفاع تیرها ۱۱ متری بوده، کاربرد این آرایش‌ها توصیه نمی‌شود. جزییات اجرایی پایه‌های میانی با استفاده از کراس‌آرم‌های ۱/۵ و ۲ متری در صفحات ۲۴۲

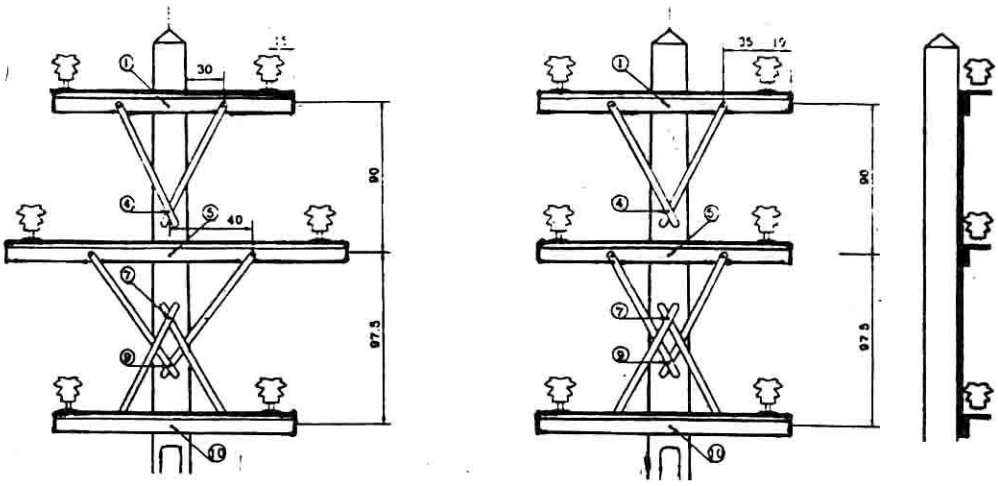
---

۱ – جلد ششم؛ کراس‌آرم‌های به‌کار رفته در شبکه توزیع – استاندارد خطوط هوایی توزیع.

2– Braces

الی ۲۴۴ بـه عـنوان جـزییات TCO، TM، TCM و یک نـمونه پـایه کششـی در آرایش مـثلثی بـرای کراس‌آرم‌های ۱/۵ متری در صفحه ۲۵۱ به عنوان دیتیل DCO آورده شده است.

کراس‌آرم‌های ۱/۵ و ۲ متری، بیشترین کاربرد را در اجرای خط، به‌صورت دو مدار روی یک پایه را دارند. براساس پیوست جزییات اجرایی آرایش پایه‌های دومداره در جزییات $2T_2$ و 2TC صـفحه ۲۵۲ و ۲۵۴ دو نمونه اجرای خط دو مداره با استفاده از کراس‌آرم‌های ۱/۵ و ۲ متری نشان داده شده است. در بعضی از نقاط کشور، سابقهٔ استفاده از کراس‌آرم‌های ۱/۶ و ۱/۹ متری نیز برای پایه‌های دو مداره، به‌جای ۱/۵ و ۲ متری وجود داشته است. با این حال، دلیل بلندتر بودن یکی از کراس‌آرم‌ها، کم کردن احتمال برخورد بال پرندگان در نشست و برخاستن از کراس‌آرم‌ها و نیز زیر هم قرار نگرفتن سیم‌ها، به‌دلیل احتمال بیشتر برخورد در این حالت‌هاست. در اینگونه موارد، در صورت توجیه اقتصادی منطقه، استفاده از دو کراس‌آرم ۲ متری و یک کراس‌آرم ۱/۵ متری توصیه می‌گردد. به‌طور معمول نبشی فلزی مورد استفاده برای ساخت کراس‌آرم‌ها، نمرهٔ ۷×۷۰×۷۰ میلی‌متری و یا ۹×۷۰×۷۰ میلی‌متری است. در استاندارد جدید وزارت نیرو براساس نوع آرایش، وزن سیم به‌کار رفته، فاصلهٔ پایه از یکدیگر (اسپن)، زاویه خط، ابعاد و قدرت نبشی‌ها به تناسب پیشنهاد شده است.



الف) کراس‌آرم ۱/۵ متری ب) کراس ارم‌های ۱/۵ و ۲ متری

شکل (۱۳ـ۶): آرایش پایه دو مداره با استفاده از کراس‌آرم‌ها

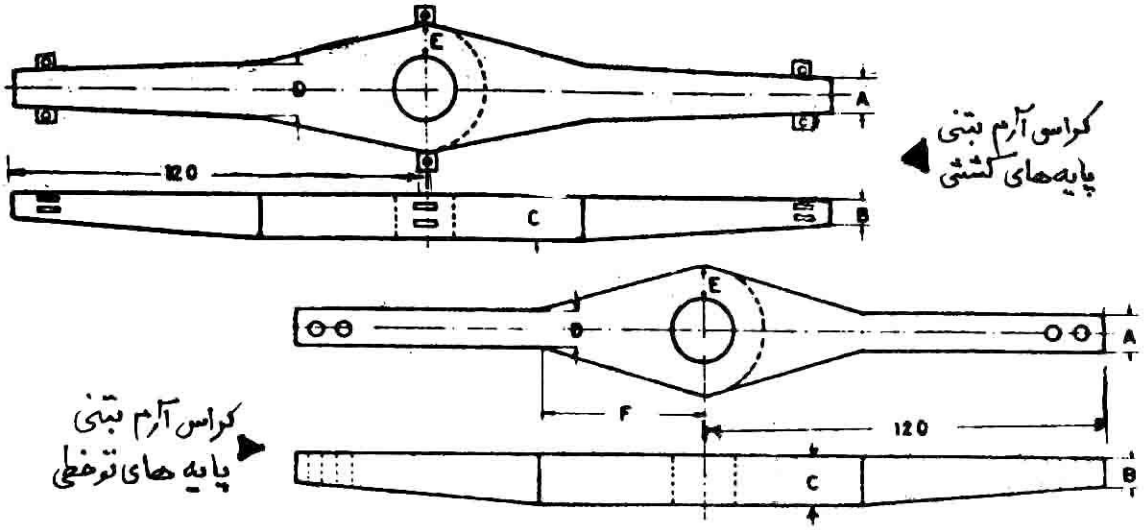
۶ـ۶ـ۴ ـ کراس‌آرم و کنسول‌های دوبل

هنگامی که احتمال افزایش فشار روی کراس‌آرم، بیش از حداکثر مقدار تحمل آن است، (مانند پایه‌های کششی و برای رعایت همیشگی ضریب اطمینان ۲ برابر) از دو کنسول یا به اصطلاح «کنسول

دوبل» استفاده می‌شود. به‌طور معمول از کنسول‌های دوبل، در پایه‌های انتهایی، کششی[1]، یا نقاطی که در آن بارگذاری به طور قابل ملاحظه‌ای نامتعادل است، یا انحراف زیاد در محور خط به‌کار رفته، مورد استفاده قرار می‌گیرند تا از صدمات ناشی از حوادث، از جمله پارگی کنسول و سیم، و ایجاد عدم تعادل شدید بار روی دیگر کنسول‌ها و تکیه‌گاه‌ها جلوگیری شود. در این طرح، هر یک از کنسول‌ها در یک طرف وجه تیر نصب می‌شود و اغلب در نقاط میانی و انتهایی، توسط پیچ‌های بلند دو سر رزوه به یکدیگر محکم و متصل می‌شوند. لازم به توضیح است، در صورت نصب صحیح و اصولی کنسول‌های دوبل و استفاده از این پیچ‌های دوسر دنده، نیروی مقاوم آن‌ها ۵ تا ۶ برابر دو کنسول تک و یا ۱۰ تا ۱۲ برابر یک کنسول خواهد بود.

۶ـ۶ـ۵ ـ کراس‌آرم‌های بتنی

هنگام استفاده از تیرهای بتنی با مقطع گرد (پیش‌تنیده)، به‌علت مشکلات در محکم کردن کراس‌آرم‌های مستقیم روی سطح دایره‌ای پایه، پیشنهاد تولید کراس‌آرم‌های بتنی مسلح (متناسب با مقطع دایره‌ای) یا پیش‌تنیده توسط سازندگان اولیه این پایه‌ها، ارایه شد. شکل (۱۴ـ۶ ـ الف) یک نمونه کراس‌آرم بتنی مسلح برای ولتاژ ۲۰ کیلوولت را نشان داده است. این کراس‌آرم، برای دو حالت مختلف مسیر مستقیم به‌صورت پایهٔ توخطی (میانی) یا در پایه‌های کششی یا زوایا تولید می‌شوند.

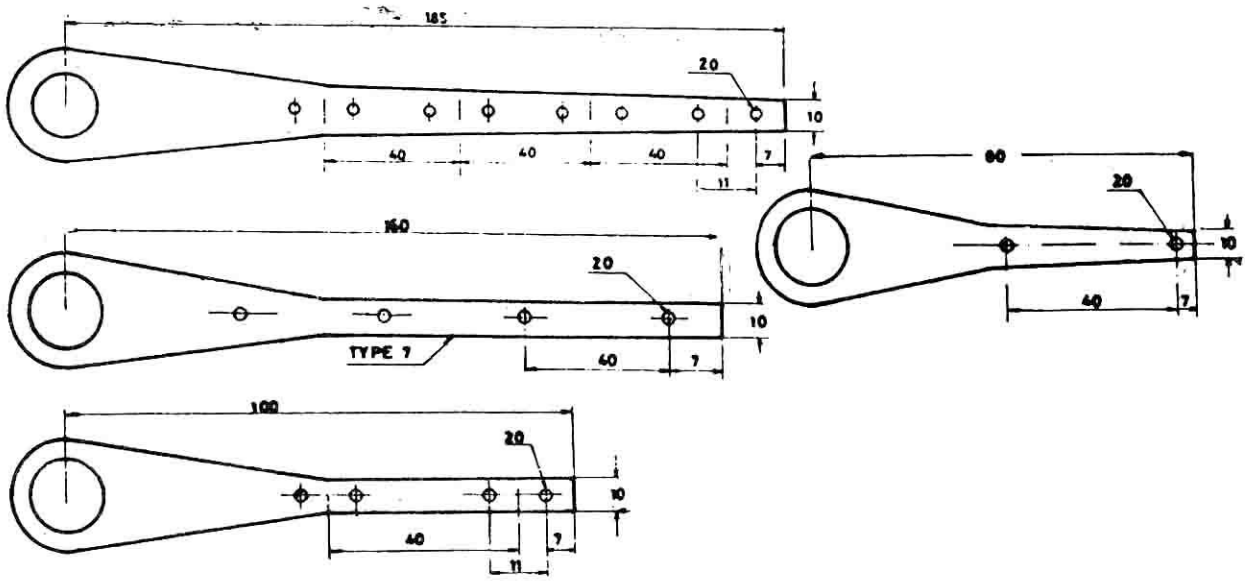


شکل (۱۴ـ۶ـ الف): کراس‌آرم بتنی ـ ۲۰ کیلوولت

در کشورهای جهان (در شبکه‌های فشار ضعیف) برای یکنواختی و زیبایی، از کنسول‌های بتنی مسلح به‌صورت افقی استفاده می‌شود. این کنسول‌های بتنی (ساید آرم‌ها) در طول‌های مختلف برای شبکه‌های پنج سیم با پنج محل مقرهٔ چرخی، و دو یا سه سیم با طول متناسب ساخته می‌شوند. شکل

1– Dead- End

(۱۴-۶-ب) انواع مختلف کراس‌آرم‌های بتنی مسلح فشار ضعیف را نشان می‌دهد. کراس‌آرم‌های بتنی مسلح در شبکه‌های توزیع ایران، به‌دلیل وزن زیاد و مشکلات اجرایی که در زمان نصب دارند، کاربرد چندانی پیدا نکرده است.



شکل (۱۴-۶-ب) کراس آرم بتنی شبکه فشار ضعیف

۶-۷-حایل[1] کراس‌آرم

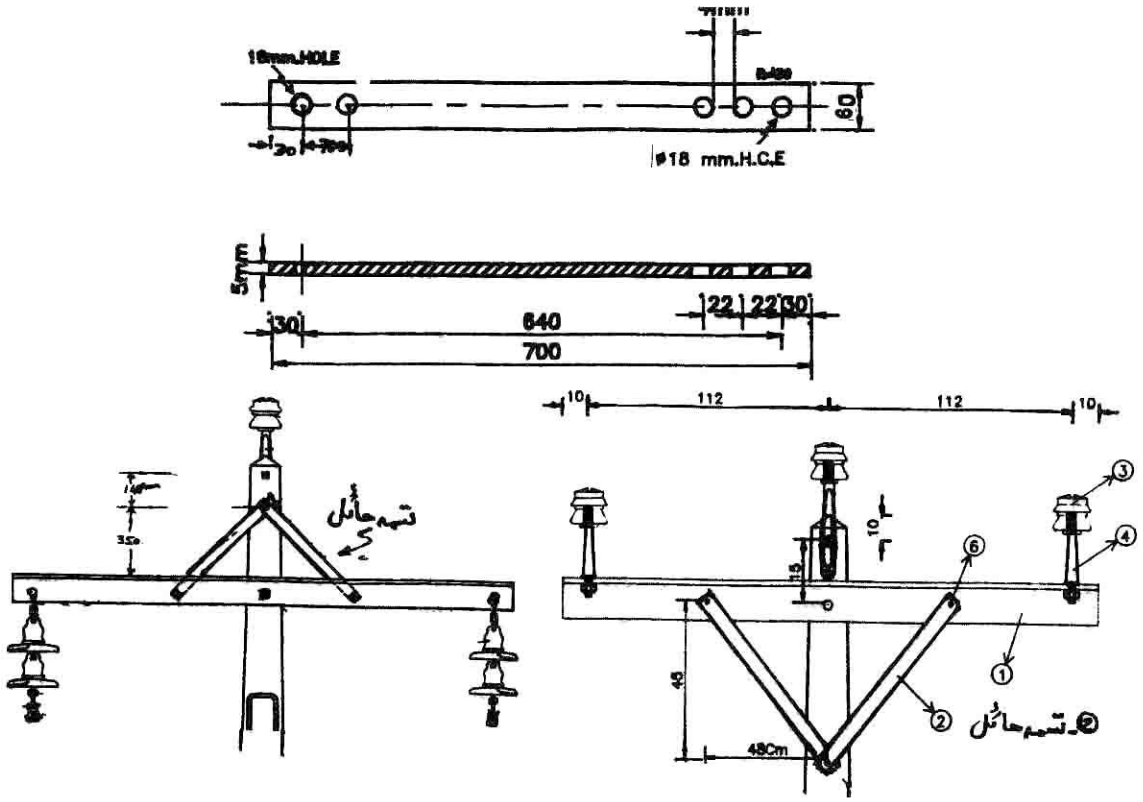
الف) تسمه حایل یا بریس:

برای افزایش استقامت کراس‌آرم‌ها، از تسمهٔ حایل فولادی مطابق شکل (۱۵-۶) استفاده می‌شود که بین کنسول و سینهٔ تیر قرار می‌گیرد[2]. تسمه‌های حایل دوبل، ضمن تحمل نیروی وارده در دو طرف کراس‌آرم، آن‌ها را به بدنهٔ تیر منتقل می‌کنند و از کج شدنشان جلوگیری می‌نماید. چگونگی تقویت کنسول توسط تسمهٔ حایل، سئوال برانگیز است. تسمهٔ فولادی که به صورت حایل در پایین کراس‌آرم بسته می‌شود، باید در برابر نیروی فشار مقاومت نماید. همچنین در طرح پیشنهادی جدید اگر تسمه‌ها به صورت دستک در بالای کراس‌آرم‌ها بسته شوند، با توجه به استقامت بیشتر تسمه‌های فولادی در مقابل نیروی کششی، (به‌نحوی‌که تا سه برابر بیشتر از نیروی فشاری مقاوم هستند) پایداری سازه ساخته شده کارآیی بیشتری خواهد داشت. در طرح آرایش صلیبی مطابق با دیتیل TM در صفحه ۲۴۴ تسمه‌های حایل در بالا بسته شده‌اند که علاوه بر داشتن استقامت مکانیکی بیشتر به‌علت قرارگرفتن در حالت کششی، در تعداد پیچ‌ها صرفه‌جویی شده است زیرا پین سر تیر، به صورت مشترک به کار رفته است. در ضمن، در صورت ارتعاش یا انحراف زنجیره مقره احتمال برخورد به تسمه حایل کمتر است.

1- Brase

۲- جزییات اولیهٔ ساخت تسمه حایل در استاندارد شماره ۲۱۱-۲۰ وزارت نیرو آورده شده است.

در مراحل ساخت تسمه‌های حایل علاوه بر انجام عملیات گالوانیزهٔ گرم، به‌دلیل تنوع فاصلهٔ سوراخ‌های سر تیرهای مختلف و تفاوت طول بین دو سوراخ دو انتهای آن، برای کاربرد راحت‌تر یک طرف تسمهٔ حایل را سه تا چهار سوراخ ایجاد می‌کنند. علاوه بر آن، براساس نوع کاربرد تسمه‌های حایل در طول‌های ۸۰، ۷۵ و ۳۵ سانتی‌متری، از تسمهٔ فولادی ۵×۶۰mm کمک می‌گیرند.

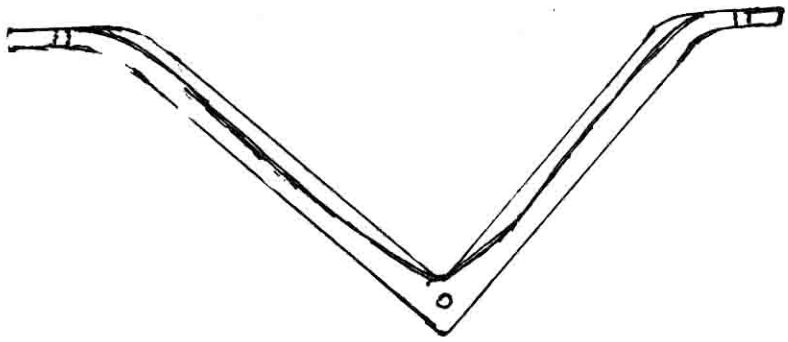


شکل (۱۵ـ۶): تسمه حایل یا بریس

ب) نبشی حایل:

برای بارهای بیشتر، می‌توان حایل کنسول را از جنس نبشی آهنی با سطح مقطع مناسب انتخاب کرد. به‌طور معمول، در کنسول‌های جانبی یا افقی یکطرفه، حایل‌های آهنی را از نبشی (یا سه پر) می‌گیرند. در استاندارد جدید وزارت نیرو، برای کلیهٔ آرایش‌های یکطرفه با استفاده از کراس‌آرم‌های L شکل از حایل نبشی به طول‌های ۱، ۱/۲ و ۱/۵ متری کمک گرفته می‌شود که بیشتر با مقطع نبشی نمره ۴ و یا ۶ ساخته خواهند شد. حایل‌ها، بخش قابل ملاحظه‌ای از بار کنسول و کراس‌آرم‌ها را به تیر منتقل می‌نمایند و به‌دلیل تاثیر آن در معادلهٔ استاتیکی و پایداری کراس‌آرم‌ها در برابر ممان‌های وارده، نباید نقش آن را بی‌دلیل حذف کرد یا نادیده گرفت. در پایان باید به این نکتهٔ مهم اشاره کرد که هر چه طول بازو و تسمهٔ حایل افزایش یابد، از استقامت آن کاسته شده ضعیف‌تر می‌شود و همچنین هر چه زاویهٔ بین پایه و تسمهٔ حایل بیشتر باشد، بار بیشتری توسط تسمهٔ حایل از کنسول به پایه منتقل می‌شود. در بعضی مواقع، نبشی را یکپارچه و با شکل V، خم کرده مورد استفاده قرار می‌دهند. این نوع بریس به زیر

بال بالایی نبشی کراس‌آرم بسته می‌شود. شکل (۱۶-۶) یک نمونه نبشی حایل V شکل را نشان می‌دهد.



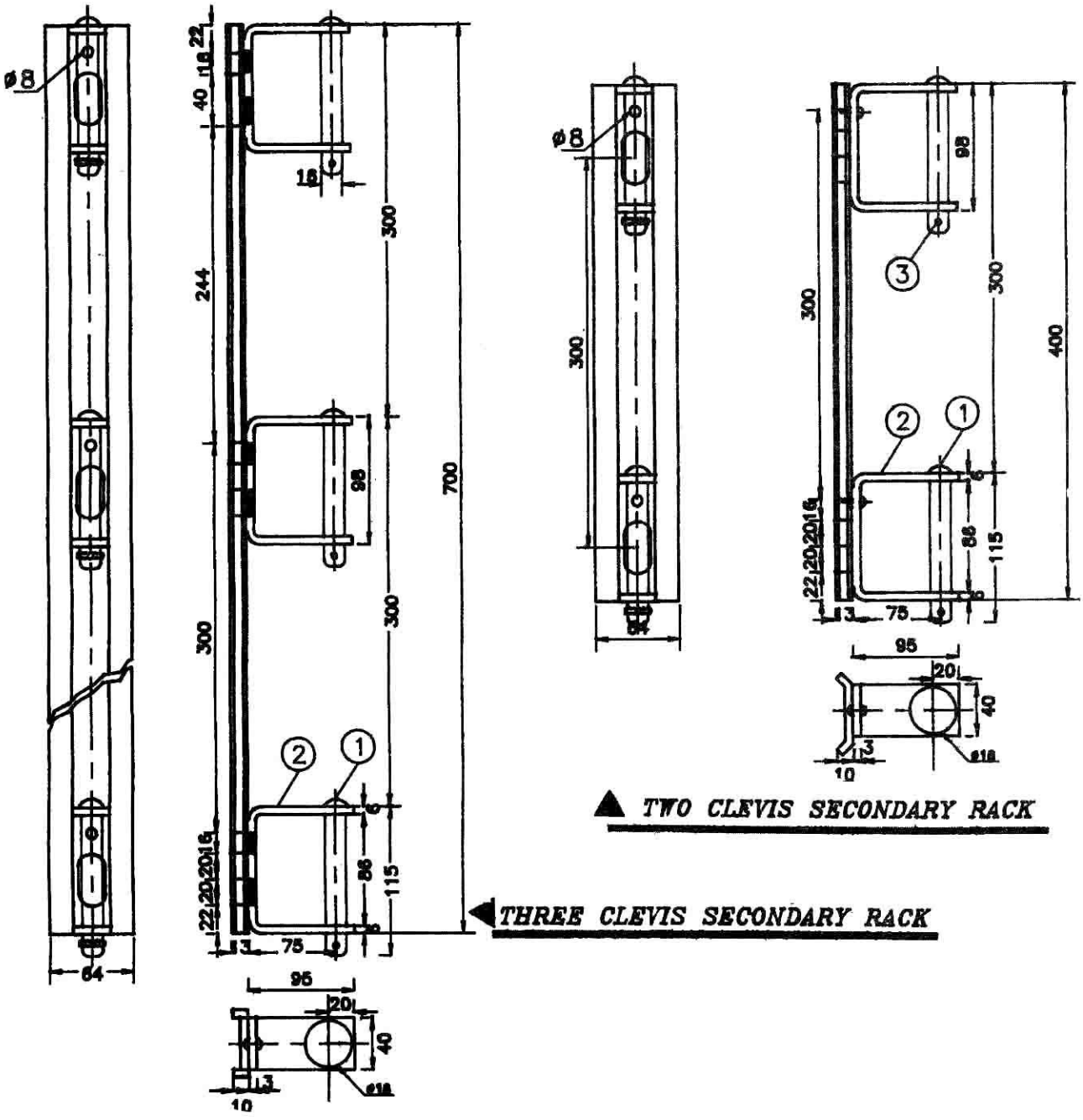
شکل (۱۶-۶): نبشی حایل V شکل

۶-۸-راک[1] یا پایه مقره فشار ضعیف

همانطوری که در فصل چهارم قسمت مقره‌های چرخی فشار ضعیف اشاره شد «اتریه» یا نگه‌دارندهٔ مقره چرخی به صورت تکی قابل اتصال و محکم شدن روی تیرهای فشار ضعیف می‌باشد[2]. در زمانهای گذشته وقتی که شبکه‌های فشار ضعیف از حالت کراس‌آرم افقی به وجه عرضی تیر و به‌طور عمودی تبدیل شدند هادی‌ها و مقره‌ها در محل پایین‌تری روی تیر وصل گردیدند. این‌گونه آرایش‌ها، قابلیت انشعاب‌گیری و چرخش‌های ۹۰ درجه برای شبکه‌های فشار ضعیف در معابر و کوچه‌ها را فراهم و به سهولت امکان‌پذیر گرداند. در اینگونه مواقع و به‌خصوص زمانی که یک تیر به صورت مشترک برای احداث شبکه فشار ضعیف در زیر شبکه فشار متوسط به کار برده می‌شود، اتریه‌های مقره‌های شبکه فشار ضعیف به صورت یک مجموعه با محور مشترک به تیر متصل می‌شوند که این سازه در شبکه توزیع به نام «راک» معروف شده است این پایه علاوه بر استحکام بیشتر نسبت به بازوهای افقی دارای شکل ظاهری بهتر و هزینه کمتر می‌باشند. هرگاه بدلایل اقتصادی و یا عدم وجود سوراخ‌های سر تیر به تعداد تمام هادی‌ها و مقره‌های شبکه فشار ضعیف هوایی، مدارهای ثانویه به شکل عمودی، روی «راک‌های» فشار ضعیف نصب می‌شوند به‌طور معمول راک‌ها به صورت دو پل (با دو محل اتریه و مقره چرخی)، سه پل (با سه محل اتریه و مقره چرخی) و پنج پل ساخته می‌شود. در مراحل ساخت این راک‌ها از تسمهٔ فولادی گالوانیزه نمره ۶×۵۰mm استفاده می‌شود و سوراخ‌هایی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر برای بستن اتریه (خانه مقره) چرخی تعبیه شده است که براساس تعداد مقره آن انتخاب می‌شود. در ضمن اغلب می‌توان اتریه‌ها را روی راک فشار ضعیف کامل جوش داد. طول راک‌ها ۵ مقره‌ای ۱۳۰cm و ۳ مقره‌ای ۷۰cm و ۲ مقره‌ای ۴۰cm است. شکل (۱۷-۶) انواع راک‌های فشار ضعیف را نشان می‌دهد.

1- Racks Secondary

۲- برای اطلاعات بیشتر به بخش ۱-۸-۴ مراجعه کنید.

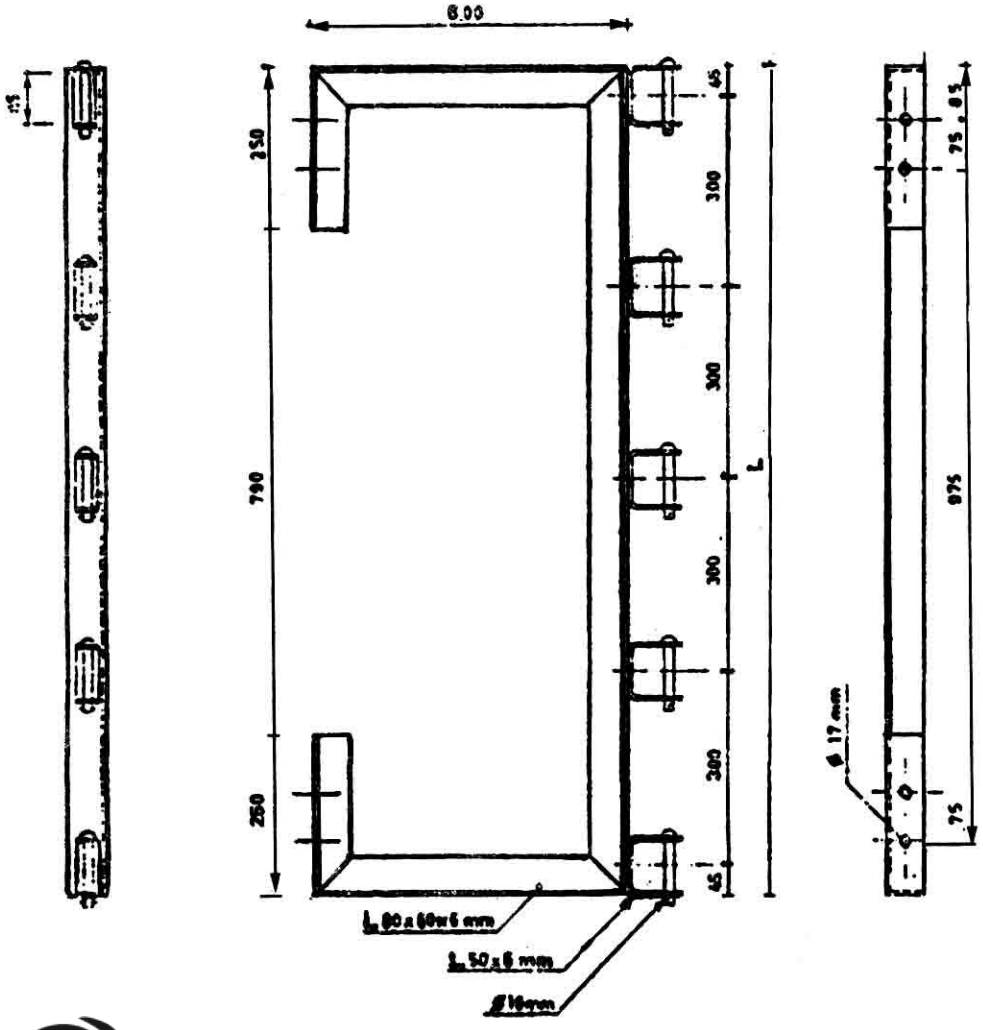


شکل (۱۷ـ٦): راک شبکه فشار ضعیف

۶ـ۹ـ بازوی جلوبر (براکت شبکه فشار ضعیف)

برای این‌که حریم افقی خطوط فشار ضعیف به‌هم نخورد و فاصلهٔ خط تا ساختمان‌ها و بالکن منازل حفظ شود، از بازوی جلوبر استفاده می‌شود. همچنین در طرفین ترانسفورماتور، برای ایجاد فضای کافی جهت اتصال کابل‌های فشار ضعیف خروجی از تابلو به شبکه، و نیز حفظ فضای کافی نسبت به ترانسفورماتور و مانور بهتر، از این سازه استفاده می‌شود. براکت، در واقع همان راک می‌باشد که توسط

دو بازوی جلوبر ۶۰ یا ۹۰ و یا ۱۱۰ سانتی‌متری از تیر فاصله باز نموده است. جلوبر ممکن است ۵ یا ۳ مقره‌ای باشد. براساس استاندارد وزارت نیرو، ارتفاع جلوبر ۵ مقره‌ای ۱۴۰ و ۳ مقره‌ای حدود ۸۰ سانتی‌متر است. جلوبر از نبشی ۶×۶۰×۶۰ میلی‌متر ساخته شده و کلیهٔ اتصالات آن باید با جوش کامل انجام شده باشد. از جلوبر، نباید در انتهای خطوط و زوایای بیش از ۵ درجه استفاده کرد. شکل (۱۸ـ۶) یک نمونه براکت ۶۰ سانتی‌متری را نشان می‌دهد.



شکل (۱۸ـ۶): جلوبر یا براکت پنج مقره‌ای ـ ۶۰ سانتی

POWEREN.IR

۱۰ـ۶ ـ سکوی ترانسفورماتور هوایی

یکی دیگر از سازه‌های مهم شبکه‌های هوایی توزیع برای احداث پست‌های هوایی، «سکوی ترانسفورماتور» روی پایه‌های بتنی است. ترانس‌های تک‌فاز توزیع، برای نصب در هوای آزاد "Out door" روی یک پایه[1] با قدرت‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ KVA ترانسفورماتورهای سه‌فازی روغنی توزیع

۱- سکوی ترانس‌های تک فاز به صورت تک‌تیری و یا بر روی همان پایهٔ ۲۰ کیلوولت قابل نصب هستند.

از قدرت‌های ۲۵ الی ۴۰۰ کیلوولت آمپر روی جفت‌پایه قابل نصب می‌باشند[1]. ظرفیت ترانس‌ها و پایه‌های نگه‌دارنده برای احداث پست‌های توزیع هوایی، و مشخصات سکوی آن‌ها به شرح جدول (۲ـ۶) می‌باشد.

جدول (۲ـ۶): مشخصات و ابعاد سکوی ترانس‌های هوایی
«از قدرت ۲۵ الی ۶۳۰ کیلوولت آمپر ـ ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت»

	قدرت ترانس [KVA]	وزن کل [Kg]	کمترین کلاس تیرهای سکوی ترانس	ابعاد ترانس [cm] طول (a_1)	عرض (b_1)	ارتفاع (h_1)	سکو از ناودانی نوع A	نوع B	طول (cm) L_1	L_2	فاصله دوریل ترانس (TR) (cm)	فاصله‌داخلی بین دوپایه (m)
حالت اول: سکوی سبک	۲۵	۳۰۰	۱۲/۴۰۰-۹/۴۰۰*	۸۵	۶۳	۱۱۲	[10	[8	۲۲۰	۷۰	۵۲*(۳۸/۵)	۱۶۰
	۵۰	۵۱۰	۱۲/۴۰۰-۹/۴۰۰	۸۳	۶۹	۱۳۹	[10	[8	۲۲۰	۷۰	۵۲	۱۶۰
	۱۰۰	۵۹۰	۱۲/۴۰۰-۹/۴۰۰	۹۶	۶۹	۱۵۲	[10	[8	۲۲۰	۷۰	۵۲	۱۶۰
	۱۲۵**	۶۶۵	۱۲/۴۰۰-۹/۴۰۰	۱۰۴	۶۹	۱۵۵	[10	[8	۲۲۰	۷۰	۵۲	۱۶۰
	۱۶۰**	۷۶۰	۱۲/۴۰۰-۹/۴۰۰	۹۷	۶۹	۱۶۲	[10	[8	۲۲۰	۷۰	۵۲	۱۶۰
حالت دوم: سکوی سنگین	۲۰۰	۸۴۵	۱۲/۴۰۰-۹/۶۰۰	۱۰۰	۶۵	۱۶۲	[10	[8	۲۴۰	۷۰	۵۲	۱۸۰
	۲۵۰	۱۰۴۰	۱۲/۶۰۰-۹/۶۰۰	۱۳۹	۸۴	۱۵۷	[12	[8	۲۴۰	۹۰	۵۲	۱۸۰
	۳۱۵	۱۲۲۰	۱۲/۶۰۰-۹/۶۰۰	۱۴۴	۸۴	۱۶۳	[12	[8	۲۴۰	۹۰	۶۷	۱۸۰
	۴۰۰	۱۴۵۸	۱۲/۸۰۰-۹/۸۰۰	۱۶۱	۸۴	۱۷۳	[12	[8	۲۴۰	۹۰	۶۷	۱۸۰
حالت سوم: فوق سنگین	۵۰۰***	۱۷۸۰		۱۶۴	۸۴	۱۸۶	[14	[10	۳۰۰	۹۰	۶۷	
	۶۳۰***	۲۰۳۷		۱۶۹	۸۴	۱۹۲	[14	[10	۳۰۰	۹۰	۶۷	

* در مدل‌های قدیمی ترانس‌های ۲۵ کیلوولت آمپر سه فاز نیز، قابل نصب روی سکوی تک تیری بود که فاصلهٔ دوریل ترانس (TR) آن‌ها معادل ۳۸/۵ سانتی‌متر بود.

** قدرت‌های ۱۲۵ و ۱۶۰ کیلوولت آمپری به تعداد محدود تولید می‌شوند.

*** نصب ترانس‌های سنگین ۵۰۰ و ۶۰۰ کیلوولت آمپری به صورت هوایی، لازمهٔ اخذ مجوز و سازهٔ پایدار و مقاوم (حتی سکوی ۳ تیری) می‌باشد.

A: ناودانی بلند به صورت طولی که زیر ریل (عرضی) ترانس قرار گرفته و به‌طور معمول طول آن را متناسب با L_1 انتخاب می‌کنند.

B: ناودانی‌های کوتاه، به تیری که زیر سکوها به صورت عرضی قرار گرفته و طول آن را متناسب با L_2 انتخاب می‌کنند.

L_1: همان طول ناودانی بلند (A) زیر ریل ترانس است که از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$L_1 = (b_1$ عرض ترانسفورماتور) + [(فاصله ناودانی ازلبه) + (عرضی تیربتنی) + (فاصله بدنه ترانس از پایه بتنی)] ×۲

$L_2 = (a_1$ طول ترانس) + (فاصله ناودانی از لبه)

۱- در مدل‌های قدیمی، ترانس ۲۵KVA سه فاز نیز قابل نصب روی سکوی تک‌تیری بودند.

پست هوایی ترانسفورماتور ۲۰ هزار ولت به دو صورت وسط یا زیر خط هوایی، یا در «آخر خط»[1] به صورت انتهایی قابل اجراست . جزییات اجرایی سکو و ترانس هوایی، برای اولین بار در استاندارد شماره ۴۴۱ ، ۴۴۲ و ۴۴۳-۲۰ وزارت نیرو آورده شده است. درکلیهٔ این طرح‌ها، یک اصله تیر بتنی کمکی به عنوان پایه دوم سکو در زیر خط نصب می‌شود. کلاس تیرهای کمکی پست‌های هوایی، براساس جدول (۲-۶) تعیین می‌شود. فاصله مرکز دو پایه بصورت سکوی سبک و سنگین به ترتیب ۱۶۰ و ۱۸۰ سانتی‌متر می‌باشد. در شکل (۱۹-۶) طرح ارایه شده برای سکوی ترانسفورماتورهای هوایی، از قدرت ۲۵KVA تا ۴۰۰KVA برای ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV را نشان می‌دهد که براساس مشخصات ترانسفورماتورهای توزیع ساخت ایران و با فاصلهٔ ریل مشخص شدهٔ (TR) قابل اجراء خواهند بود. با توجه به وزن و ابعاد ترانسفورماتورهای مختلف ارایه شده در جدول (۲-۶) طرح سکوی ترانس، ابعاد و مشخصات آن‌ها براساس محاسبه مقاومت مکانیکی به‌دست آمده است[2]. محاسبات مربوطه به شرایط تعیین ناودانی‌های سکوی ترانسفورماتور با توجه به استاندارد و در جدول (۲-۶) بیان شده است.

محل سکوی ترانسفورماتور روی پایه، با توجه به فاصلهٔ مناسب ترانسفورماتور از خط برای نصب کات‌اوت فیوز، برقگیر و نیز فاصلهٔ مناسب آن از زمین (معادل ۴/۸۰ متر) و محاسبات مکانیکی ناشی از بارگذاری ترانسفورماتور روی پایه به‌دست می‌آید. فاصلهٔ استاندارد شدهٔ ریل مخصوص سکو در زیر ترانس و ابعاد شامل طول، عرض و ارتفاع هر یک از ترانس‌ها مد نظر قرارگرفته است. شکل (۲۰-۶) جزییات ساخت و مونتاژ سکوی ترانس را نشان می‌دهد.

به طور خلاصه، برآورد سکوی ترانس عبارتست از:

ناودانی از نوع A به طول L_1 متر دو عدد،

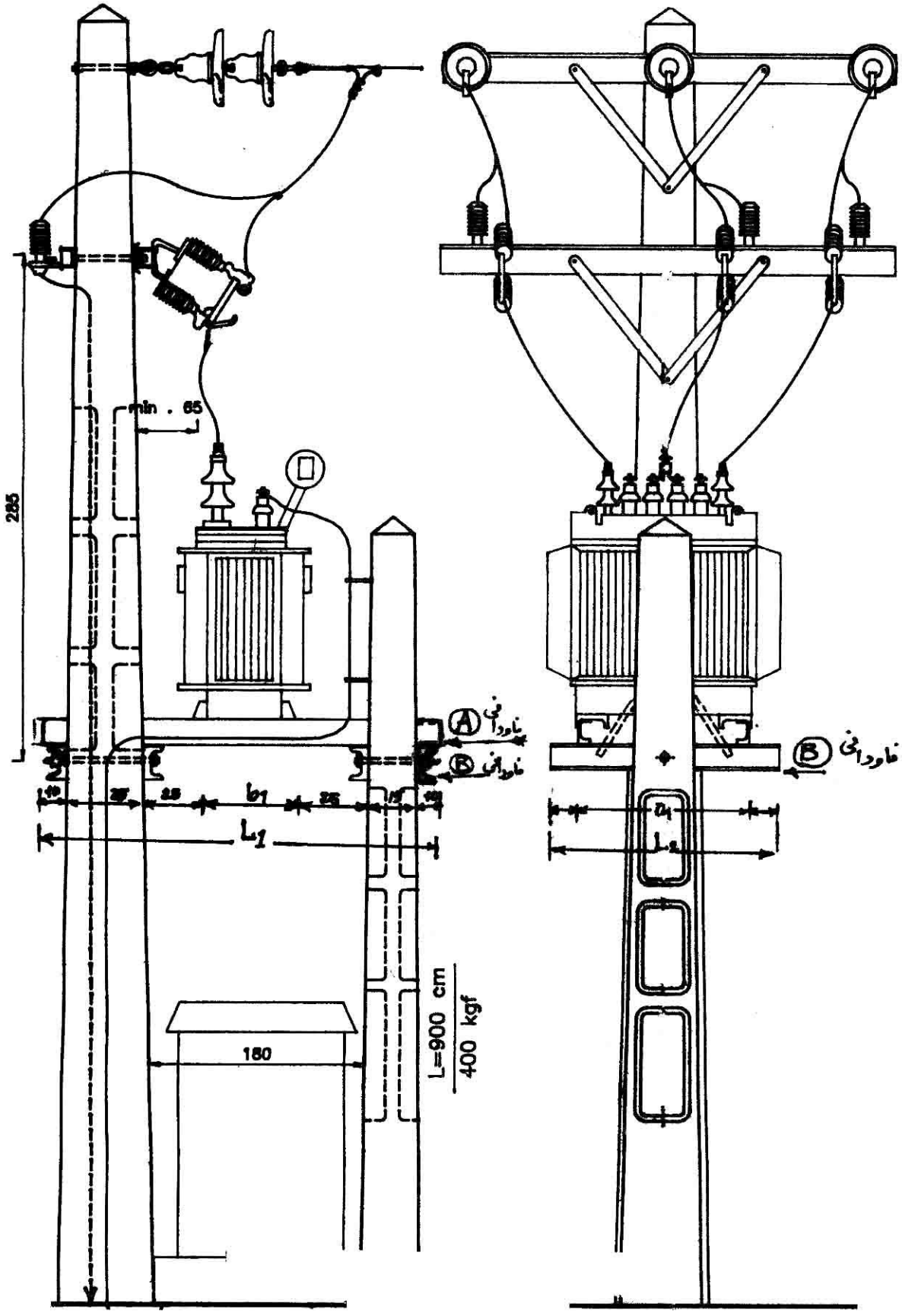
ناودانی از نوع B به طول L_2 متر دو عدد،

حایل تسمه‌ای گالوانیزه به طول ۰/۷۰ متر، عرض ۵۰ و ضخامت ۵ میلی‌متر ۴ عدد، و

پیچ شمارهٔ M12 از نوع A490 برای اتصالات.

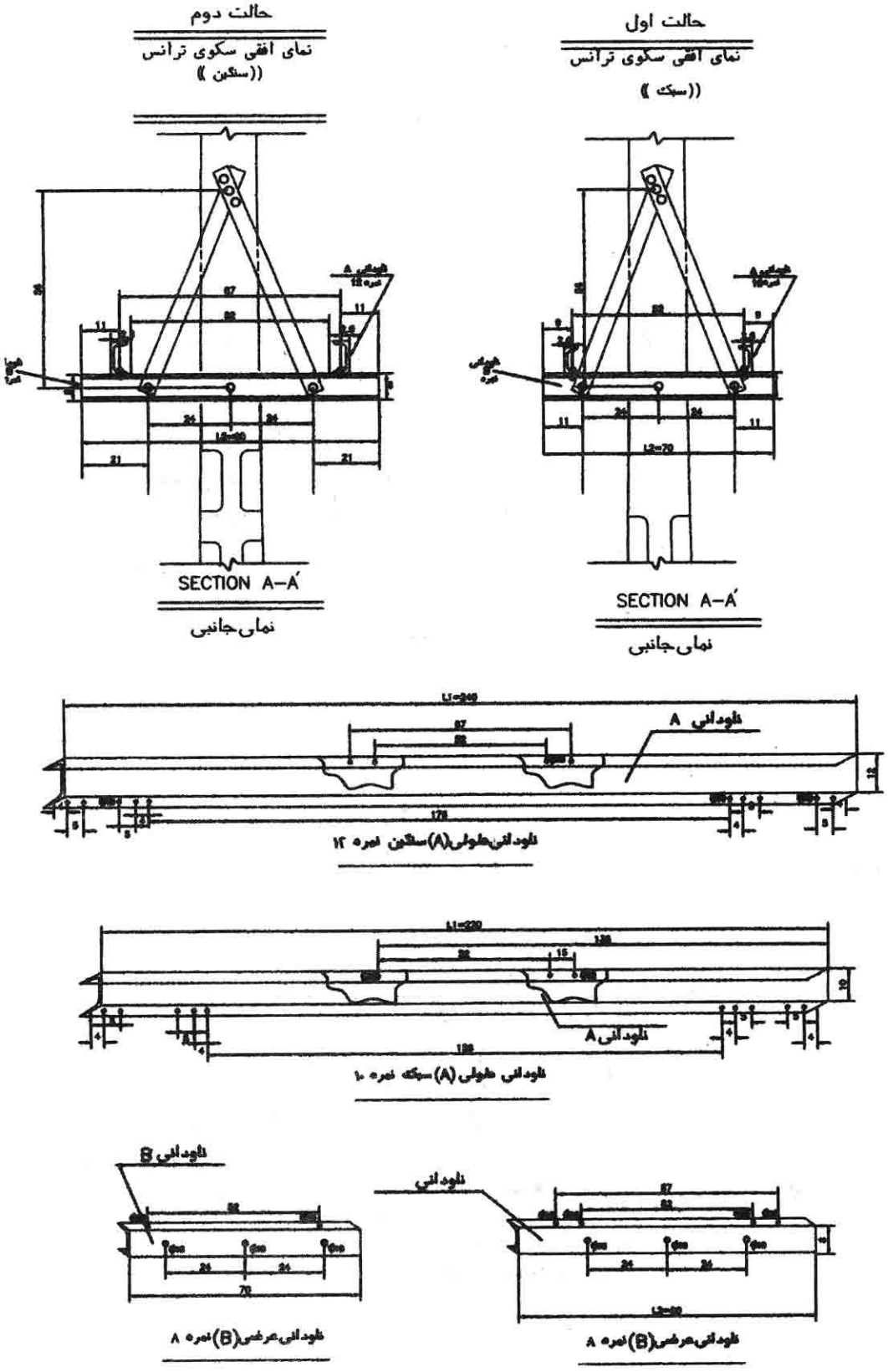
1- 20kv Transformer Starion Dead-End Construction

۲- تعیین شمارهٔ ناودانی‌های سکوی ترانسفورماتور (قطعهٔ A,B) با توجه به استاندارد AISC در جلد ششم پیوست استاندارد کنسول و کراس‌آرم وزارت نیرو محاسبه و آورده شده است.

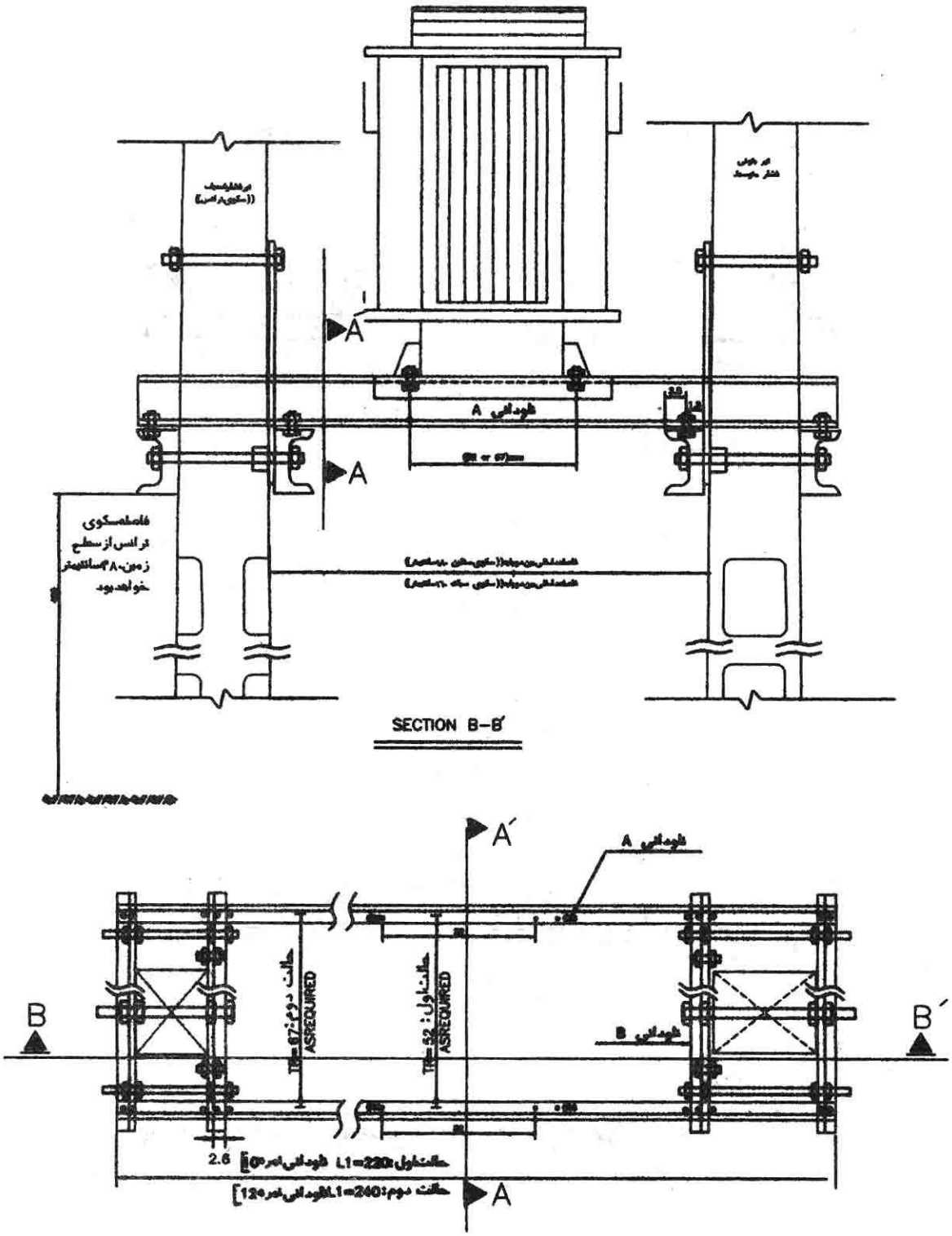


شکل (۱۹ـ۶): نمای یک ترانسفورماتور بر روی سکو

نوع آخر خط ـ تیرانتهایی



شکل (۲۰-۶): جزییات ساخت و مونتاژ سکوی ترانس‌های هوایی



جزئیات سکوی ترانس

نمای قایم

شکل (۲۱ـ۶): سکوی ترانسفورماتورهای سنگین ۴۰۰، ۳۱۵ و ۲۵۰ (KVA) به صورت هوایی

۶ـ۱۱ ـ معیارهای الکتریکی انتخاب کراس‌آرم

۶ـ۱۱ـ۱ ـ فاصلهٔ هادی از پایه

از نظر الکتریکی، باید کمترین فاصلهٔ هادی از پایه و ملحقات آن که به‌عنوان زمین الکتریکی تلقی می‌شوند، تعیین گردد. تاثیر مقدار ولتاژ و فاصلهٔ مجاز سیم از کراس‌آرم و پایه توسط ارتفاع پین مقره‌های سوزنی یا آرایش کنسول‌ها تأمین می‌شود. از نظر تئوری فیزیکی ـ تار مرتعش بین دو نقطه گره ـ هرگاه یک هادی خط انتقال بین دو پایه با اسپن مشخص را با سیم قابل ارتعاش و حرکت در نظر بگیریم، نقاط گره محلی می‌باشد که در آن، هادی به مقره محکم بسته شده یا اصله شده است و هیچگونه حرکتی ندارد. با این توضیح مشخص می‌گردد که رعایت فاصلهٔ هادی در روی پایه، به‌دلیل حفظ عایقی الکتریکی مدنظر خواهد بود. به‌طوری که در صورت صُلب بودن هادی‌ها به‌صورت باس بار یا شینه‌های مسی حامل جریان، رعایت یک میزان فاصله عایقی بین دو فاز کافی می‌باشد.

کمترین فاصلهٔ هادی از پایه طبق رابطه زیر تعیین خواهد شد:

$$L_{min} = ۱۲۵ + ۵ \times (U_n - ۸/۷)$$

L_{min} : کمترین فاصلهٔ هادی از پایه و ملحقات آن (بر حسب mm)

U_n : ولتاژ خط (بر حسب kV)

براساس این رابطه، کمترین فاصلهٔ هادی خط ۲۰ کیلوولت از پایه و ملحقات آن، ۱۸۱/۵ میلی‌متر به‌دست می‌آید. یعنی به تقریب می‌توان ۲۰ سانتی‌متر برای ایجاد فاصلهٔ سیم در نقاط گره در نظر گرفت. این فاصله برای خطوط ۳۳ کیلوولت، برابر ۲۴۶/۵ میلی‌متر یعنی حدود ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. اما در این‌جا، باید اشاره کرد که فاصلهٔ هادی از پایه را مسایل دیگری نیز محدود می‌کنند که این محدودیت، فاصله گفته شده را تحت الشعاع قرار می‌دهد. از جملهٔ این موارد، جلوگیری از برف گرفتگی و پر شدن ارتفاع یخ یا ایجاد اتصال توسط بال پرندگان و حتی بر خورد سیم در وسط خط است که از نظر نکات تجربی و بهره‌برداری، قابل بیان و تعیین خواهد بود.

۶ـ۱۱ـ۲ ـ فاصلهٔ هادی‌ها از یکدیگر

طبق یک رابطهٔ تجربی در استاندارد VDE، محاسبهٔ کمترین فاصلهٔ فازها[1] (PC) در وسط اسپن و بیشترین فلش سیم (f_{max}) یعنی در بیشترین درجه حرارت، باید با مقدار محاسبه شده، رعایت گردد تا از برخورد هادی‌ها به همدیگر جلوگیری شود. نتایج به‌دست آمده از این رابطه، برای طراحی طول بازو و

1- phase Clearance

کنسول‌های خطوط انتقال به‌کار می‌رود. شرایطی مثل بادهای شدید و نوسانات سیم‌های حاصل از آزاد شدن برف و یخ، نباید سبب کم شدن فاصلهٔ فازها در وسط اسپن بشود یا برخورد سیم‌ها در وسط دو پایه اتفاق بیفتد. کمترین فاصلهٔ فازها از یکدیگر، که در آن امکان ارتعاش و حرکت سیم در بین دو گره[1] وجود دارد، از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$PC=K_e\times\sqrt{f_{max}+L_i}+\frac{U_n}{150}$$

در این رابطه:

PC : کمترین فاصلهٔ فازها از یکدیگر (برحسب متر)،

L_i : طول زنجیره مقره (برحسب متر). در مقره سوزنی $L_i=0$ و در دو زنجیره مقره بشقابی $L_i=0/45$ است.

f_{max} : بیشترین شکم سیم (فلش خط) (برحسب متر)،

U_n : ولتاژ خط (برحسب کیلوولت)، و

K_e : ضریبی که براساس نوع آرایش کنسول یعنی موقعیت فازها و نوع سیم انتخابی در هر فاز براساس جدول (۳ـ۶) تعیین می‌گردد.

جدول (۳ـ۶): مقدار ضریب K_e با توجه به سطح مقطع، جنس هادی‌ها و موقعیت فازها

جنس سیم	نام سیم	سطح مقطع (mm^2)	ضریب Ke		
			آرایش عمودی	آرایش افقی	آرایش مثلثی با دو سیم در یک سطح
مسی		۱۶	۰/۸۵	۰/۶۵	۰/۷۰
		۲۵	۰/۸۵	۰/۶۵	۰/۷۰
		۳۵	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۶۵
		۵۰	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۶۵
		۷۰	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۶۵
آلومینیوم با مغز فولاد (A.C.S.R)	فاکس (Fox)	۴۲/۷۷	۰/۸۵	۰/۶۵	۰/۷۰
	مینک (Mink)	۷۳/۶۵	۰/۸۵	/۶۵	۰/۷۰
	هاینا (Hyena)	۱۲۶/۴۳	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۶۵
	لینکس (Lynx)	۲۲۶/۲	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۶۵

۱ـ نقاط گره محل‌هایی می‌باشند که هادی به مقره یا عایق محکم بسته یا اصله شده و در آن سیم هیچ حرکتی ندارد.

*** مثال (۱ـ۶):**

هنگام عبور خط هوایی ۲۰ کیلوولت از درّه‌ای عمیق با عرض طولانی، بیشترین شکم سیم در حدود ۵ متر انتخاب شد. هرگاه هادی‌ها به‌صورت آرایش افقی و با سطح مقطع $۱۲۶mm^۲$ در نظر گرفته شوند، مطلوبست طول کراس آرم مورد نیاز برای ایجاد فاصله بین سیم‌ها در این اسپن:

$$K_e = ۰/۶۲ \qquad \text{و } F_{max} = ۵m \qquad \text{و } L_i = ۰/۳m$$

$$PC = ۰/۶۲\sqrt{۵ + ۰/۳} + \frac{۲۰}{۱۵۰} = ۱/۵۶ \Rightarrow PC = ۱/۵۶m$$

بنابراین پایه‌هایی دوبل با کراس آرم ۴ متری در دو طرف دره مورد نیاز است تا دست کم فاصلهٔ ۱/۵۶ متری سیم‌ها از یکدیگر رعایت شود.

از بررسی جدول K_e ملاحظه می‌شود که هرگاه آرایش و موقعیت فازها به‌صورت عمودی قرار گیرند، احتمال برخورد سیم‌ها بیشتر بوده و ضریب K_e در این حالت بزرگ‌تر می‌باشد. فاصلهٔ عمودی سیم‌های هادی که روی هم قرارگرفته‌اند، طوری محاسبه می‌شوند که، در حالتی که سیم بالایی با نیروی ناگهانی ارتعاش کرد، با سیم پایینی اتصال الکتریکی برقرار نکند. در این‌جا لازم به توضیح است، به‌علت این محدودیت اجرایی، در هنگام کاربرد کنسول‌های پرچمی با طرح عمودی براساس رابطه PC برای جلوگیری از افزایش شکم سیم، فاصلهٔ بین پایه‌ها را کاهش و تحت کنترل قرار می‌دهند تا احتمال برخورد نیز کمتر شود.

در یک بررسی کلی، برای شبکه‌های فشار متوسط در زمین‌های مسطح، با توجه به محدودیت طول پایه‌ها و ضرورت رعایت فاصلهٔ مجاز سیم از زمین، به‌طور معمول نمی‌توان بیشترین مقدار فلش را بیش از ۲ متر در نظر گرفت. بنابراین هرگاه فاصلهٔ بین دو گره سیم (در این‌جا دو پایه خط انتقال یا به‌عبارت دیگر اسپن) در حدی تغییر نماید که بیشترین مقدار فلش در حد ۲ متر باقی بماند، نیازی به PC های بزرگتر از ۱/۶۲ متر نخواهد بود. پس در استاندارد پیشنهادی وزارت نیرو، کراس آرم‌های با طول ۲/۴۴ متر کاربرد انبوه یافته است.

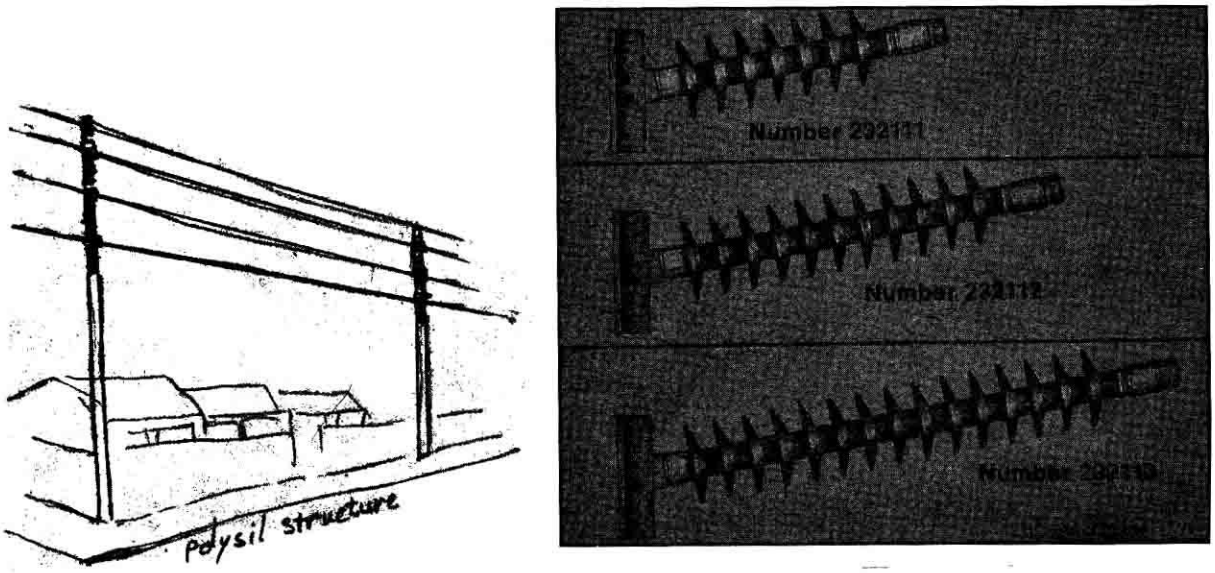
*** مثال (۲ـ۶):**

با در نظر گرفتن بیشترین شکم سیم در حدود ۲/۴۵ متر و طول زنجیرهٔ مقره بشقابی دوتایی به میزان $L_i = ۰/۴۵m$، فاصلهٔ افقی بین هادی‌های لینکس از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$PC = ۰/۶۲\sqrt{۲/۴۵ \times ۰/۴۵} + \frac{۲۰}{۱۵۰} = ۱/۱۸m$$

بنابراین با در نظر گرفتن شکم سیم، می‌توان کمترین فاصلهٔ افقی بین هادی‌ها را ۱/۱۲ در نظر گرفت که با کراس‌آرم ۲/۴۴ متری فلزی استاندارد وزارت نیرو مطابقت دارد.

در این‌جا از یک طرف کمترین فاصلهٔ هادی از پایه در خطوط ۲۰ کیلوولت، ۲۰ سانتی‌متر و کمترین فاصلهٔ مورد نیاز همان سیم با سیم کناری در وسط اسپن معادل PC تعریف شد. مسایل جدید مطالعاتی توسعه و تحقیقات در شبکه‌های توزیع برای یک مقدار PC مینیمم با جمع کردن هادی‌ها به محور خط برای کم کردن مشکلات حریم از یکطرف و کاهش طول کراس آرم‌ها از طرف دیگر در دست بررسی است. امروزه با استفاده از جداکننده‌های[1] عایق، امکان ایجاد خطوط فشرده در دست مطالعه می‌باشد. این جداکننده‌های عایق در وسط اسپن، احتمال برخورد سیم‌ها را به یکدیگر صفر نموده، امکان نزدیکی سیم‌ها را به یکدیگر فراهم می‌آورد. همچنین در سیستم‌های سه فاز، با حذف کنسول‌ها؛ هادی‌ها تنها توسط پین‌های بلند عایق و مقره‌های خاص (اتکایی بلند) که به‌طور مستقیم به تیر متصل هستند، نگهداری می‌شوند؛ این سبک جدید خطوط توزیع برق، که به اصطلاح ***سازهٔ بدون کراس‌آرم***[2] گفته می‌شود، در شبکه‌های توزیع کشورهای پیشرفته متداول شده است. این روش احداث خط، نه تنها باعث زیبایی بلکه به‌علت حذف کنسول‌ها، جنبهٔ اقتصادی بهتر داشته و به‌علت نزدیکی حد مجاز سیم‌ها (با کاهش اُفت ولتاژ ناشی از مقاومت القایی خط) به بهبود کارآیی شبکه‌های توزیع منجر شده است. در شکل (۲۲ـ۶) نمونه‌ای از کاربرد پین به‌جای کنسول و همچنین استفاده از مقره‌های استوانه‌ای بلند به‌جای کراس آرم (در رعایت فاصلهٔ مجاز هادی‌ها) آورده شده است. یک سری تحقیقات دیگر در زمینهٔ عایق‌سازی کل پایه و ساخت آن از مواد عایق انجام شده، که در آن صورت نیز، ایجاد فاصلهٔ سیم روی تیر بدون هیچگونه کنسول و اتصال سیم به هر نقطه و در هر فاصلهٔ مورد نظری امکان‌پذیر می‌گردد.



الف) مقره‌های اتکایی بلند ب) پایه‌های عایق

شکل (۲۲ـ۶): نمایش خط بدون کراس‌آرم

1- Spacer
2- armless construction

۶ـ۱۲ ـ نکات بهره‌برداری کراس آرم‌ها

فاصلهٔ هادی از پایه که توسط کراس آرم حفظ می‌شود، باید بگونه‌ای در نظر گرفته شود که امکان دسترسی کارگر به آن ـ در صورت صعود از پایه (و بدون بالابر یالاین تراک) با استفاده از کمربند ایمنی ـ وجود داشته باشد. به‌طور معمول تعمیر یا تعویض مقره‌ها در فازهای بیرون با طول بیش از ۱/۵ متر از سر تیر، با مشکل انجام می‌پذیرد. به‌عنوان مثال، در آرایش (کراس آرم L شکل) کنسول افقی یکطرفه، گاهی فاز بیرونی از فاصله ۲ متری از محور تیر قرار می‌گیرد و انجام عملیات اصلی کردن یا کشش سیم روی آن، به سختی انجام می‌پذیرد. از طرف دیگر، محدودیت نزدیکی بیش از حد هادی به پایه به سختی نیز وجود دارد. کمترین فاصلهٔ افقی سیم از تیر، که براساس رابطهٔ بیان شده در فصل قبل (برای شبکه ۲۰ کیلوولت به میزان ۲۵ سانتی‌متر) آورده شد، از نظر جلوگیری از احتمال برقراری اتصال بین هادی و پایه، باید به اندازه‌ای تعیین شود که در مناطق با پرندگان مختلف موجود در آن منطقه، احتمال بروز اتصالات را به کمترین مقدار رساند. اغلب فاصلهٔ افقی فاز تا پایه برحسب نیاز از ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر مناسب است. در مورد پایه‌های با زاویه تند، که به زنجیره مقره بشقابی نیاز است باید توجه نمود که انحراف مقره، سبب کاهش بیش از حد فاصله مجاز هادی‌ها از هم و یا از پایه نشود.

کراس آرم‌های انتخاب شده باید شرایط انجام عملیات و توسعه را به‌راحتی داشته باشند. به‌عنوان مثال، امکان انشعاب‌گیری از خط یا امکان ترانسپوزه کردن خط در نظر گرفته شده، به‌راحتی انجام‌پذیر باشد. از طرفی، باید امکان قرار دادن ترانسفورماتورهای هوایی به‌صورت زیر خط و یا نصب کات اوت‌ها و سکسیونرهای هوایی همزمان با آن کراس آرم وجود داشته باشد. ضمن این‌که در صورت لزوم، می‌توان امکان عبور خط شبکه فشار ضعیف از زیر خط فشار متوسط با کراس آرم پیشنهادی را، با رعایت فاصله لازم فزاهم نمود.

با توجه به توسعه فزاینده کار با خط گرم[1] روی شبکه‌های توزیع، انجام سرویس، تعویض و تعمیرات بدون قطع برق، ضرورت متناسب بودن کراس‌آرم‌های انتخابی با فرآیند کار با تجهیزات این سیستم را فراهم می‌نماید.

در انتخاب کراس‌آرم خطوط دومداره که روی یک پایه اجرا می‌شوند، ضرورت توجه به چگونگی آرایش مدارها به نحوی که قطع یک مدار درخواست قطع مدار دوم را ایجاب نکند، مد نظر خواهد بود.

۶ـ۱۳ ـ انتخاب کراس‌آرم و کنسول

چون کنسول به عنوان تکیه‌گاهی در نقطهٔ اتصال خود به تیر عمل می‌کند و باید ظرفیت تحمل بارهایی از قبیل: بارگذاری عمودی ناشی از وزن هادی‌ها با پوشش بار یخ، وزن مقره‌های و یراق‌آلات،

1– Hot-Line

ضریب اطمینان اضافی برای وزن کارگر و سیمبان اکیپ‌های سرویس و تعمیرات را داشته باشد و همچنین هنگامی که نیروی کششی در دو سمت تیر یکدیگر را خنثی نمی‌کنند (به عنوان مثال در جایی که فاصلهٔ دو پایهٔ مجاز به یک اندازه نباشد و یا در جایی که خط، انتهایی شده یا دارای انحنا و زاویه باشد) نباید کوچکترین احتمال شکستی در کنسول ایجاد شود. بنابراین قبل از پرداختن به جدول‌های ارایه شده برای انتخاب کراس‌آرم در یک خط هوایی، باید اشاره کرد که تجزیه و تحلیل استاتیکی نیروهای وارد بر سازه‌های خط هوایی از جمله کراس‌آرم‌ها مشتمل بر روش محاسبات ایستایی و مقاومت مصالح و روابط حاکم بر مهندسی سازه برای نیروهای وارد از طرف سیم بر کراس‌آرم می‌باشد. در این کتاب نتیجهٔ محاسبه‌ها، استاندارد وزارت نیرو برای تأثیر بیشترین شکم (فلش) مجاز و بیشترین فاصلهٔ مجاز بین پایه‌ها (اسپن) و همچنین شرایط آب و هوایی برای هادی‌های استاندارد شدهٔ خطوط توزیع مد نظر قرارگرفته و نیروهای به دست آمده از آن‌ها، به‌کار برده شده است. در ضمن جدول‌های کاربردی برای استفادهٔ کارشناسان و تکنسین‌های خطوط هوایی نیز بیان خواهد شد. لازم به توضیح است برای کسب اطلاعات بیشتر از چگونگی محاسبات، به قسمت طراحی مکانیکی خطوط فصل نهم مراجعه فرمایید.

۶ـ۱۳ـ۱ ـ انتخاب کراس‌آرم با جدول بیشترین اسپن

جدول انتخاب کراس‌آرم براساس بیشترین فاصلهٔ بین دو پایهٔ متوالی (که به اصطلاح اسپن الکتریکی خط می‌گویند)، یکی از روش‌های ابتدایی برای کنترل مناسب بودن کراس‌آرم انتخابی در محل مورد نظر است. جدول (۴ـ۶) بیشترین اسپن مجاز برحسب متر را در استفاده از کراس‌آرم‌ها نشان می‌دهد. در این جدول، چهار موقعیت آب و هوایی استاندارد شده بیان و کراس‌آرم پیشنهادی براساس نوع و سطح مقطع هادی خط مقایسه شده است.

جدول (۴-۶): بیشترین اسپن مجاز در استفاده از کراس‌آرم‌ها

براساس شرایط آب‌هوایی و هادی‌های متفاوت برای پایه‌های میانی (توخطی)

هادی	شرایط آب و هوایی / کراس‌آرم یا کنسول	سبک $I_{max}=6mm$ $P_{w_{max}}=125Kg/m^2$	متوسط $I_{max}=15mm$ $P_{w_{max}}=100Kg/m^2$	سنگین $I_{max}=25mm$ $P_{w_{max}}=100Kg/m^2$	فوق سنگین $I_{max}=50mm$ $P_{w_{max}}=100Kg/m^2$
"Fox" فاکس 43mm2	کراس‌آرم ۲و۱/۵ متری و ۱/۵متری صلیبی* و ۱/۵ متری دو مداره**	۸۰۷	۲۹۵	۱۳۵	۴۱
	کراس‌آرم ۲ متری دومداره**	۶۳۴	۲۲۹	۱۰۵	۳۲
	کراس‌آرم L شکل ۲متری باسه یا دو مقره سوزنی و کراس‌آرم L شکل ۱/۵ متری با یک مقره وکنسول جناقی	۴۷۷	۱۷۲	۷۹	۲۴
MINK مینک 73mm2	کراس‌آرم۲و۱/۵ متری‌و۱/۵متری صلیبی* و ۱/۵ متری دومداره**	۵۸۷	۲۴۶	۱۲۱	۳۸
	کراس‌آرم ۲ متری دومداره	۴۶۱	۱۹۲	۹۴	۳۰
	کراس‌آرم L شکل ۲متری با سه یادو مقره سوزنی وکراس‌آرم L شکل ۱/۵ متری با یک مقره و کنسول جناقی	۳۴۷	۱۴۴	۷۱	۲۲
	کراس‌آرم L شکل با یک مقره آویز و دو مقره سوزنی	۱۹۱	۸۲	۴۰	۱۳
Hyena هاینا 126mm2	کراس‌آرم ۲ و ۱/۵ متری و ۱/۵ متری صلیبی* و ۱/۵ متری دومداره**	۴۲۰	۱۹۶	۱۰۴	۳۶
	کراس‌آرم ۲ متری دومداره**	۳۱۶	۱۵۳	۸۱	۲۸
	کراس‌آرم ۲ متری دومداره**	۲۳۷	۱۱۵	۶۱	۲۱
	کراس‌آرم L شکل با یک مقره آویز و دو مقره سوزنی طرفین	۱۳۱	۶۵	۳۵	۱۲
Lynx لینکس 226mm2	کراس‌آرم L شکل با یک مقره آویز و دو مقره سوزنی طرفین	۲۵۵	۱۴۵	۸۵	۳۲
	کراس‌آرم L شکل با یک مقره آویز و دو مقره سوزنی طرفین	۲۰۰	۱۱۳	۶۶	۲۵
	کراس‌آرم L شکل با یک مقره آویز و دو مقره سوزنی طرفین	۱۵۰	۸۵	۵۰	۱۹
	کراس‌آرم L شکل با یک مقره آویز و دو مقره سوزنی طرفین	۸۴	۴۸	۲۸	۱۱

* آرایش کراس‌آرم ۱/۵ متری صلیبی به‌صورت  می‌باشد و دیتیل اجرایی TM نشان داده‌شده‌است (صفحه ۲۴۴)

** آرایش دومداره با کراس‌آرم‌های ۱/۵ متری به صورت  و دومداره با کراس‌آرم بیشتر از ۲ متری به‌صورت  می‌باشد. به شکل (۱۳-۶) در صفحه ۱۹۵ مراجعه شود.

جدول (۴ـ۶) براساس استاندارد کراس‌آرم‌ها و آرایش پایه‌های به‌کار رفته در شبکه توزیع [۱] اقتباس شده است. این جدول، محدودیت‌های مکانیکی کاربرد کراس‌آرم‌ها را براساس بیشترین فاصله بین دو پایهٔ متوالی (اسپن) خط نشان می‌دهد. برای انتخاب یکی از این کراس‌آرم‌های ارایه شده در آن استاندارد برای پایه‌های میانی که مشخصات کامل آن‌ها ذکر شده است باید ضمن تعیین نوع منطقه آب و هوایی و هادی خط مورد نظر، بهترین نوع کراس‌آرم را انتخاب نمود. لازم به یادآوری است که اسپن‌های مجاز گفته شده، فقط از نظر استقامت مکانیکی کراس‌آرم‌ها کنترل شده و مورد نظر هستند و محدودیت مکانیکی آن‌ها در بخش طراحی مکانیکی از نظر تحمل سیم، پایه، مقره‌ها و یراق‌آلات خواهد بود. همان‌طور که از این جدول به دست می‌آید، کاربرد کراس‌آرم‌های متداول در استاندارد پیشنهادی وزارت نیرو، برای سیم‌های سنگین مثل لینکس، کارآیی ندارند به خصوص در پایه‌های دومداره یا به صورت یکطرفه. در این‌جا باز هم به اهمیت کاربرد کنسول‌های متناسب با زنجیرهٔ مقره بشقابی آویزی در پایه‌های میانی (توخطی) از جمله کنسول V شکل پی‌برده شده ضرورت کاربرد دیگر آرایش‌های ارایه شده در پیوست آخر این بخش که به‌نام جزییات اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت می‌باشد، به‌خوبی احساس می‌شود. از جدول (۴ـ۶) به دست می‌آید که در هنگام استفاده از کراس‌آرم‌های L شکل با آرایش‌های یکطرفه، باید تناسب فاصلهٔ پایه‌ها را محدود و کمتر در نظر گرفت. در بررسی کلی این جدول (۴ـ۶) مشاهده می‌شود که در هنگام عبور از دره‌ها و نیز مواقعی که به صورت طبیعی فاصلهٔ اسپن خط زیاد است، ضرورت استفاده از کراس‌آرم‌های ساخته شده از آهن ناودانی شکل نمره ۸ و ۱۰ به صورت پایه‌های دوتایی (نوع H) و حتی سه‌تایی (آرایش‌های DH و 3DH صفحه ۲۳۲ و ۲۳۳) مشخص می‌شود. این کاربرد، علاوه بر رعایت فاصله‌های مجاز از یکدیگر ـ رابطهٔ PC ـ ضرورت بالاتر بردن استقامت خط را نیز ایجاب می‌نماید.

۶ـ۱۳ـ۲ ـ انتخاب ساختمان کراس‌آرم از جدول ۰۸۱-۰۰

یکی از روش‌های سنتی (منطبق بر استاندارد دو جلدی شبکه‌های توزیع ـ وزارت نیرو) برای انتخاب نوع کراس‌آرم مناسب، استفاده از جدول استاندارد شماره ۰۸۱-۰۰ می‌باشد. در بند ۳ راهنما، چگونگی کاربرد جدول استاندارد فوق‌الذکر که خلاصهٔ آن در جدول (۵-۶) آمده، بیان شده است. در جدول ۰۸۱-۰۰، نوع ساختمان کراس‌آرم خط هوایی براساس مقایسهٔ هادی‌های مختلف، زوایای مجاز، نیروی وارد بر تیر و تناسب با آن نوع کراس‌آرم و مقره بیان شده است. در جدول خلاصه شدهٔ (۵-۶) چهار مدل کاربرد کراس‌آرم ارایه شده است.

مثال (۳ـ۶):

در زوایای °۱۵-°۰ برای سیم Fox، یک کراس‌آرم با سه مقرهٔ سوزنی مورد اجراست و با مثال دیگر، هرگاه خط هوایی با سیمی به مقطع $۱۲۶/۲mm^۲$ به‌نام "Hyena" دارای زاویهٔ °۲۰ باشد، استفاده از دو کراس‌آرم استاندارد با ۶ زنجیرهٔ مقره بشقابی مورد نیاز خواهد بود.

۱- استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد ششم، کراس‌آرم‌ها و آرایش‌های پایه شبکه توزیع، تحقیقات و تکنولوژی، توانیر.

جدول مقایسه هادی‌ها در استانداردهای مختلف								جدول زوایای مجاز برحسب نوع کراس آرم و مقره SUITABLE CROSS ARM CONS. FOR DIF DEVIA				
A.C.S.R.			آلومینیوم فولاد					یک کراس آرم 1 Cross Arm	۳ مقره سوزنی 3 PIN INS	دو کراس آرم 2 Cross Arm	دو کراس آرم ۶ مقره سوزنی 6 PIN INS	دو کراس آرم ۶ مقره بشقابی 6 USSP INS	چهار کراس آرم 4 Cross Arm	۶ مقره بشقابی 6 USSP INS
استاندارد آمریکایی A W G			استاندارد انگلیسی B. S.215		معادل آلمانی Eqw. DIN									
شماره NO	مقطع Al	مقطع کل Al+St	CODE	مقطع کل Al+St	مقطع Nom	مقطع کل Al+St								
6	13.3	15.5	–	–	16/2.5	17.8		0-38°	38°-60°	–	60°-90°			
5	16.7	19.5	–	–	–	–		0-30°	30°-60°	–	60°-90°			
4	21.15	24.7	–	–	25/4	27.8		0-23°	23°-46°	46°-60°	60°-90°			
3	26.6	31.1	Wesel	36.9	35/6	40.0		0-18°	18°-36°	36°-60°	60°-90°			
2	33.6	39.2	Fox	42.9	35/6	40.0		0-15°	15°-30°	30°-60°	60°-90°			
1	42.4	49.5	Ferret	49.4	50/8	56.3		0-13°	13°-23°	23°-60°	60°-90°			
0	53.5	62.4	Rabbit	61.8	–	–		0-10°	10°-19°	19°-60°	60°-90°			
00	67.4	78.6	MINK	73.7	70/12	77.8		0-8°	8°-15°	15°-60°	60°-90°			
000	85	99.2	Dog	118.8	95/12	105.0		0-5.5°	5.5°-12°	12°-60°	60°-90°			
0000	107	125	Hyena	126.2	120/21	143.5		0-4.5°	4.5°-10.5°	10.5°-60°	60°-90°			

جدول (۵ـ۶): زوایای مجاز برحسب نوع کراس‌آرم و مقره

جدول‌های (۶ـ۶) و (۷ـ۶) تعیین نوع کراس‌آرم را برای شرایط آب و هوایی **متوسط و گرمسیری** و شرایط سخت و کوهستانی که در شبکه‌های توزیع ایران متداول است ارایه می‌دهد.

جدول (٦ـ٦): تعیین نوع کراس‌آرم در شرایط جوی متوسط و گرمسیر

نوع سیم / اسپان به متر	FOX	MINK	DOG HYENA	Partridge WOLF, LYNX
۷۰	نبشی ۷	نبشی ۷	نبشی ۷	نبشی ۸
۸۰	نبشی ۷	نبشی ۷	نبشی ۸	نبشی ۸
۹۰	نبشی ۷	نبشی۷	نبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۹
۱۰۰	نبشی ۷	نبشی ۷	نبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۹
۱۱۰	نبشی ۷	نبشی ۸	نبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۹
۱۲۰	نبشی ۷	نبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۹	ناودانی ۸ یانبشی ۹

جدول (۷ـ٦): تعیین نوع کراس‌آرم در شرایط جوی سخت و کوهستانی

نوع سیم / اسپان به متر	Wesel, FOX	MINK	DOG, HYENA	Partridge WOLF, LYNX
۷۰	نبشی ۷	نبشی ۷	ناودانی ۸ یانبشی ۸	ناودانی ۱۰
۸۰	نبشی ۷	ناودانی ۸ یانبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۸	ناودانی ۱۰
۹۰	نبشی ۷	ناودانی ۸ یانبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۸	ناودانی ۱۰
۱۰۰	نبشی ۷	ناودانی ۸ یانبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۹ ناودانی ۱۰	ناودانی ۱۰
۱۱۰	ناودانی ۸ یانبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۹ ناودانی ۱۰	ناودانی ۸ یانبشی ۹ ناودانی ۱۰	ناودانی ۱۲
۱۲۰	ناودانی ۸ یانبشی ۸	ناودانی ۸ یانبشی ۹ ناودانی ۱۰	ناودانی ۸ یانبشی ۹ ناودانی ۱۰	ناودانی ۱۲

۶ـ۱۴ ـ معیارهای مکانیکی انتخاب کراس آرام

معیارهای پایداری مکانیکی یک کنسول، شامل محدودیت نیروهایی است که روی کراس‌آرم وارد می‌شود. این نیروها به دو دستهٔ کلی «نیروهای قائم[1]» و «نیروهای افقی[2]» تقسیم می‌شوند.

۶ـ۱۴ـ۱ ـ نیروهای قائم «T.V.»

نیروهای عمودی وارد بر کراس‌آرم از طرف هر هادی، برابر است با وزن واحد طول سیم (با در نظرگرفتن یخ و برف در صورت وجود) ضربدر طول اسپن وزنی که مطابق رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$T_v = [W_c + (۰/۱۹۳ \times \pi \times i \times (i+d) \times ۱۰^{-۳})] \times S_v$$

در این رابطه:

T_v : نیروهای قائم وارد بر کراس‌آرم از طرف هر سیم (Kg)

W_c : وزن واحد طول سیم (Kg/m)

i : ضخامت یخ دور سیم (mm)

d : قطر سیم (mm)

S_v : اسپن وزنی (m)

۶ـ۱۴ـ۲ ـ نیروهای افقی «T.H.»

نیروهای افقی وارد بر کراس‌آرم از طرف هر سیم در پایه میانی از پایه زاویه (گوشه‌ای) متفاوت است. این نیرو در پایه‌های میانی، همان نیروی باد وارد بر سیم است که به پایه منتقل می‌شود و از حاصلضرب اسپن بادگیر در نیروی باد و مطابق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$T_H = (P_w \times d \times ۱۰^{-۳}) \times S_w$$

در این رابطه:

T_H : نیروی افقی وارد بر کراس‌آرم در پایه میانی از طرف هر هادی (Kg)

P_w : فشار باد ($Kg/m^۲$)

d : قطر سیم (mm)

S_w : اسپن بادگیر (m)

در پایه‌های زاویه‌ای، علاوه بر نیروی باد، نیروی ناشی از برآیند دو نیروی غیرواقع در یک امتداد نیز به‌دلیل زاویهٔ انحراف خط (زاویه α) ایجاد می‌شود که در این صورت، رابطه بالا به شکل زیر تغییر خواهد کرد:

$$T_H = (P_w + d \times ۱۰^{-۳}) \times S_w + ۲H \sin \frac{\alpha}{۲}$$

1– Vertical Load

2– Horizontal Load

در این رابطه:

T_H : نیروی افقی وارد بر کراس‌آرم در پایه زاویه‌ای از طرف هر هادی (Kg)

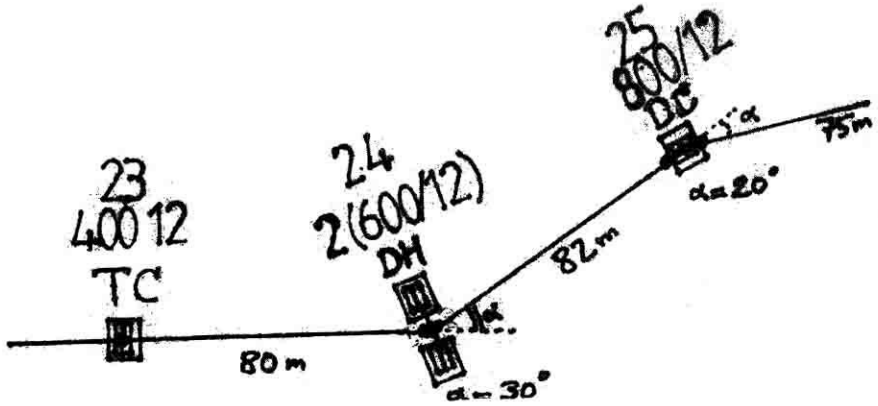
H : کشش افقی هادی (Kg)

α : زاویه انحراف خط

۶ـ۱۵ ـ تهیهٔ نقشه‌های پیکتاژ و برآورد لیست مصالح خطوط هوایی

۶ـ۱۵ـ۱ ـ کاربرد علایم راهنما (سمبل‌ها) و دیتیل‌ها در تهیه نقشه‌های پلان و پیکتاژ

امروزه با توجه به روند تهیهٔ کامپیوتری طرح‌های خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت و استفاده از طرح نمایش نقشه‌های پلان و پیکتاژ آن‌ها و استفاده از انواع آرایش‌های معرفی شده، به بانک اطلاعات کامپیوتری نیاز خواهد بود. این قابلیت‌ها، امکاناتی فراهم می‌آورند تا هنگام شروع احداث خطوط جدید، علاوه بر طراحی و کاربرد آرایش‌های مختلف، لیستی از تجهیزات مورد نیاز پروژه تهیه شده و در صورت بروز تغییرات احتمالی (در مراحل ساخت) روی پایه‌های میانی یا کششی، اصلاحات انجام گیرد و لیست تجهیزات جدیدی، همزمان به دست آید. به عنوان نمونه هرگاه با استفاده از راهنمای علائم (سمبل) به‌کار برده شده در کلیه طرح‌ها، پلان و پیکتاژ، به شرح جزییات اجرایی خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت و انواع آرایش‌های تعریف شده افقی، عمودی، مثلثی و... نیاز باشد، می‌توان با استفاده از برآوردهای لیست مصالح مورد نیاز هر پایه، که به صورت بانک اطلاعاتی کامپیوتر قبلاً تعریف و ذخیره شده است، تعداد کل مورد نیاز در طرح استخراجی و حتی جمع کل مقادیر آرایش‌های به‌کار رفته را تهیه و لیست کل گرفت. براساس پیوست آخرین فصل «آرایش پایه‌ها» (صفحه ۲۲۲ و ۲۲۳ فهرست) خلاصهٔ جزییات انواع آرایش‌های هادی‌ها در سر تیر به‌صورت افقی، عمودی، مثلثی دو مداره و خاص همراه با علامت سمبل آن‌ها برای نمایش در نقشه‌های پلان و پیکتاژ آورده شده است. این سمبل و دیتیل‌ها علاوه بر کاربرد در طراحی و ترسیم نقشه‌ها در صورت برداشت اطلاعات جغرافیایی شبکه‌ها و خطوط موجود، می‌توانند به‌طور خلاصه و سریع نوع آرایش هادی‌ها در سر تیر و مصالح آن را مشخص نماید.



شکل (۲۳-۶): طریقهٔ رسم نقشه‌های پیکتاژ با بیان دیتیل اجرایی و سمبل‌های نوع تیر

در شکل (۲۳-۶) چگونگی ترسیم پلان و پیکتاژ طرح خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت براساس جزییات استاندارد تعریف شده و سمبل پایهٔ به‌کار رفته نشان داده شده است. در این طرح، ارتفاع پیشنهادی و قدرت تحمل پایه‌ها نیز نمایش داده شده و در وسط دوپایه فاصله آن‌ها (اسپن) قید می‌گردد. در ضمن در صورت انحراف خط در روش پیکتاژ، مقدار زاویه و چرخش آن نمایش داده می‌شود[۱].

۶-۱۵-۲ - برآورد تجهیزات خطوط کنسول و کراس‌آرم‌ها:

در روش تهیهٔ برآورد لیست مصالح کنسول و کراس‌آرم‌های مورد نیاز برای طرح‌های خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت، دو روش یکی براساس تعداد و دیگری براساس وزن سازه و پروفیل آهنی به‌کار رفته برحسب واحد کیلوگرم وجود دارد[۲]. جدول (۸-۶) وزن تقریبی انواع کنسول و کراس‌آرم‌ها و نیز مقدار مواد مصرفی برای ساخت و گالوانیزه کردن آن‌ها را نشان می‌دهد. بدیهی است، در برآوردهای لیست تجهیزات مورد استفادهٔ شرکت‌های توزیع برق، پس از تعریف و مشخص بودن نوع کراس‌آرم یا کنسول، کاربرد واحد «عدد» خارج از اشکال خواهد بود.

در پیوست نمایش انواع آرایش‌ها، جدول برآورد لیست مصالح مورد نیاز همان پایه نیز ارایه شده است تا ضمن ارایه یک مرجع کلی، امکان شناخت و تهیهٔ یکنواخت برآورد کل پروژه‌ها نیز فراهم گردد. در این لیست‌ها، علاوه بر تعداد کراس‌آرم، کنسول و تسمه حایل، مقره‌ها، پین‌ها، یراق‌آلات و پیچ و مهره‌ها نیز پیش‌بینی و برآورد می‌شوند.

---

۱ - در روش تهیهٔ نقشه‌های طولی به صورت پلان و پروفیل، زاویه و جهت چرخش در بالای هر ایستگاه قید شده و خط به صورت مستقیم کشیده می‌شود، در صورتی که در نقشه‌های پیکتاژ زاویه نشان داده می‌شود.

۲ - در فصل بیستم از کتابچهٔ فهرست بهای واحد پایه تأسیسات برقی - سازمان برنامه و بودجه - به کلیهٔ کنسول و کراس آرم‌ها فقط یک ردیف با شماره ۲۰۱۴۰۱ اختصاص یافته که واحد آن «کیلوگرم» می‌باشد و شرح آن عبارتست از: «کنسول گالوانیزهٔ گرم برای پایه‌های برق، برای مصارف مختلف طبق نقشه و مشخصات».

به طور معمول، در لیست درخواست تجهیزات و کالاهای خطوط هوایی فقط ذکر نام کالا، تعداد واحد و شمارهٔ کد انبار کالا کافی است در حالی که برای سفارش خرید، درخواست ستون (فیلد) شرح مشخصات آن کالاها نیز مورد نیاز خواهد بود. در جدول‌های لیست مصالح مورد نیاز یک پایه، می‌توان دو ستون قیمت واحد کالا و جمع کل کالا را اضافه کرد و با استفاده از لیست فهرست بهای کالا که از قبل در حافظهٔ کامپیوتر ضبط شده، قیمت تمام شدهٔ هر پروژه را همزمان و خیلی سریع چاپ کرد.

جدول (۸-٦) مشخصات و مقدار مصالح مورد نیاز تولید کراس‌آرم‌های خط هوایی ۲۰ کیلوولت

شـــرح	انواع کنسول‌ها							انواع کراس‌آرم‌ها										تسمه حایل (بریس)		
	یکطرفه قائم	یکطرفه ٦٠°	تاجی شکل	V آویز	V سوزنی	V انتهایی	جناقی	۱/۵ متری	۱/٦ متری	۱/۹ متری	۲ متری	۲/٤٤ متری	۳ متری	٤ متری	٥ متری	٦ متری	۸ متری	۱۰ سانتی	۷۵ سانتی	۸۰ سانتی
نوع و مقدار مواد مصرفی (m)	٤ ⌊ ۰/۹٥	٦ ⌊ ۱/۰٥	۷ ⌊ ۷	٦ ⌊ ۳	٦ ⌊ ۳/۳	٦ ⌊ ۳/۳	۷ ⌊ ۳/۱	٦ ⌊ ۱/٥	۷ ⌊ ۱/٦۰	۷ ⌊ ۱/۹۰	۷ ⌊ ۲	۷ ⌊ ۲/٤	۸ ⌊ ۳	۸ ⌊ ٤	۱۲ ⌊ ٥	۱۲ ⌊ ٦	۱٤ ⌊ ۸	٦۰ ▭ ۰/۳٥	٦۰ ▭ ۰/۷٥	٦۰ ▭ ۰/۸
وزن کل مواد مصرفی با پرت [Kg]	٥	۷/۱٦۰	٥٥/۸٦	۲۲/٥	۲٤	۲٤		۱۱/٤	۱۲/۷٦	۱٥/۲۰	۱٦	۱۹/٥	۳۱/٥	٤۰	٦۰/۳۷	۸۷	۱۳۸	۱	۲	۲/۲
وزن خالص [Kg]	٥	٦/۸۳	٥۳/٥	۲۱/٥	۲۲	۲۲		۱۰	۱۲/۱٥	۱٤/٤٤	۱٥/۲	۱۸/٥	۳۰	۳٦	٥۷/٥	٦۸	۱۳٥	۰/۹٥	۱/۸۷	۲

⌊ : نشان‌دهنده آهن نبشی با سایز مشخص شده است.

] : نشان‌دهنده آهن ناودانی شکل با سایز مشخص شده است.

▭ : نشان‌دهنده تسمه آهنی با ضخامت ۵ میلی‌متر و عرض ۶۰ میلی‌متر

پیوست شماره ۲:

جزییات اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلو ولت

آرایش پایه‌ها

انواع آرایش های هادیهابه صورت افقی دردیتیلهای سرتیر

سمبل	نمای مرجی	شـــــرح	دیتیل	صفحه
	2.44m	آرایش پایه میانی(TANGENT)با کراس آرم ۲٫۴۴ متری و سه عدد مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت	TCL	224
	2m	آرایش پایه میانی (زوایای ۶الی ۱۰درجه)با کراس آرم های۲متری و سه عددمقره سوزنی ۲۰ کیلوولت	TC	225
		آرایش پایه میانی (زوایای ۶الی ۳۰درجه)با کراس آرم آهنی دوبل ازنبشی نمره ۷ به طول ۲٫۴۴ ومقره های سوزنی دوبل 20KV	T2C	226
		آرایش پایه کششی(DEAD-END)باکراس آرم آهنی دوبل ازنبشی نمره۷به طول۲٫۴۴متر با ۶ سری زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی	DC	227
		آرایش پایه میانی ساید آرم یکطرفه (افقی)باکنسول Lشکل (۱٫۵متری)نصب شده دروجه تیر با مقره سوزنی 20KV	LS	228
		آرایش پایه میانی ساید آرم یکطرفه (افقی)با کنسول Lشکل ۱٫۵ متری نصب شده دررأس تیر با سه مقره سوزنی	LT	229
		آرایش پایه انتهائی(END-POLE) باکراس آرم ۲٫۴۴متری دوبل ازنبشی نمره ۷ با ۳ سری زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) نوع لینک کششی	E	230
		آرایش کنسول تاجی شکل (افقی)جهت تقاطع خطوط ۲۰ کیلوولت وافزایش ارتفاع هادیها	T	231
		آرایش پایه دوبل کششی با کراس آرم های دوبل (۴متری) ناودانی نمره ۸ و۶ زنجیره مقره بشقابی ۲ تائی کششی	DH	232
		آرایش پایه های سه تائی کششی با کراس آرام ۶ متری از ناودانی نمره ۱۲	3DH	233
		آرایش پایه دوبل میانی (تیپ H) از کراس آرم ناودانی نمره ۸ به طول ۴ متر	TH	234
		آرایش پایه میانی کراس آرم یکطرفه ۲متری نصب شده بصورت متقاطع	LC	235

انواع آرایش های هادیهابه صورت عمودی دردیتیلهای سرتیر

سمبل	نمای مرجی	شـــــرح	دیتیل	صفحه
		آرایش پایه میانی با کنسول پرچمی(یکطرفه قائم) و۳ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	SP	236
		آرایش پایه میانی با کنسول دوبل (یکطرفه قائم) و۶ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	S2P	237
		آرایش پایه کششی باکنسول پرچمی دوبل(یکطرفه قائم) و۶زنجیرمقره بشقابی ۲تائی لینک کششی	SD	238
		آرایش پایه کششی قائم (عمودی)بدون کراس آرم وبا پیچهای دوسررزوه برروی تیرشامل ۶زنجیرمقره - سبشقابی۲تایی (کششی)	DS	239
		آرایش پایه میانی یکطرفه قائم نوع آویزی با کنسول پرچمی و۳زنجیرمقره بشقابی	ST	240
		آرایش پایه میانی باکنسول یکطرفه (۶۰درجه) ازنبشی نمره ۷ و۳ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	SF	241

انواع آرایش های هادیهابه صورت مثلثی دردیتیلهای سرتیر

سمبل	نمای مرجی	شـــــرح	دیتیل	صفحه
		آرایش پایه میانی(توخطی)باکراس آرم ۱٫۵متری وسه عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	TCO	242
		آرایش پایه میانی(توخطی)باکراس آرم ۲متری وسه عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	TCM	243
		آرایش صلیبی(پایه‌های میانی)باکراس آرم ۲متری(یا۱٫۵متری)شامل یک مقره سوزنی رأس تیرودوزنجیره مقره بشقابی(دوتائی)درطرفین	TM	244
		آرایش پایه میانی یکطرفه با ۲عدد کراس آرم L شکل بطول ۱٫۵ و۲متری و ۳ عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	F	245

انواع آرایش های هادیبابه صورت مثلثی در دیتیلهای سرتیر

سمبل	نمای عرضی	شرح	دیتیل	صفحه
		آرایش پایه میانی با کنسول جناقی شکل با ۳ عدد مقره سوزنی	TY	246
		آرایش پایه میانی - باکنسول V شکل و۳زنجیره مقره بشقابی آویز بامتعلقات کامل نگهدارنده	TV	247
		آرایش پایه کششی - باکنسول V شکل دوبل و۶زنجیره مقره بشقابی ۳تائی ومتعلقات کامل کششی (سیم گیر)وجلوبرمقره	DV	248
		آرایش پایه میانی - با کنسول گنبدی (تاجی شکل) با ۳زنجیر مقره بشقابی ۲ تایی آویز و متعلقات کامل نگهدارنده سیم	TA	249
		آرایش‌پایه میانی-یکطرفه باکراس آرم ۲متری L شکل ودومقره سوزنی درطرفین ویک زنجیرمقره بشقابی آویزی دروسط	TL	250
		آرایش پایه کششی با کراس آرم ۱٫۵متری (از نبشی نمره ۶) و۶زنجیره مقره بشقابی۲تایی و متعلقات کامل کششی (سیم گیر) و یک مقره سوزنی راس تیر	DCO	251

انواع آرایش های هادیبابه صورت دومداره در دیتیلهای سرتیر

سمبل	نمای عرضی	شرح	دیتیل	صفحه
		آرایش پایه میانی دومداره - با کراس آرم های ۱٫۵و۲ متری و ۶ زنجیره مقره بشقابی دوتائی آویز	$2T_2$	252
		آرایش پایه میانی دومداره - با کراس آرم های ۱٫۶ و۱٫۹ متری (۲عدد۶ زنجیره مقره بشقابی دوتائی آویز	$2T_1$	253
		آرایش پایه میانی دومداره با کراس آرم های ۱٫۵ و۲ متری و ۶مقره سوزنی بایین‌طرفین	2TC	254
		آرایش پایه میانی دومداره با کنسول پرچمی (یکطرفه قائم - نوع آویز) ۶زنجیره مقره بشقابی (دوتائی)آویز	2ST	255
		آرایش پایه میانی دومداره با کنسول پرچمی (یکطرفه قائم - نوع سوزنی) و ۶مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت وبین مربوطه	$2SP_{1.5}$	256

انواع آرایش های هادیبابه صورت دومداره در دیتیلهای سرتیر

سمبل	نمای عرضی	شرح	دیتیل	صفحه
		آرایش پایه میانی دومداره - با ۳ کراس آرم ۱٫۵متری و۶ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت و بین مربوطه	2TC	257
		آرایش پایه دومداره کششی با کراس آرم های دوبل ۱٫۵و۲متری و ۱۲ زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی	2D	258
		آرایش پایه دومداره انتهائی با کراس آرم های دوبل ۱٫۵و۲متری و ۶زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی	2E	259
		آرایش پایه دوبل دومداره میانی (تیپ H)از کراس آرم ناودانی نمره ۸ بطول ۴متر و ۶ زنجیره مقره بشقابی (دوتائی)آویز	2TH	260
		آرایش پایه دوبل دومداره کششی (تیپ H)از کراس آرم ناودانی نمره ۱۲ بطول ۴متر و۱۲ زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی	2DH	261

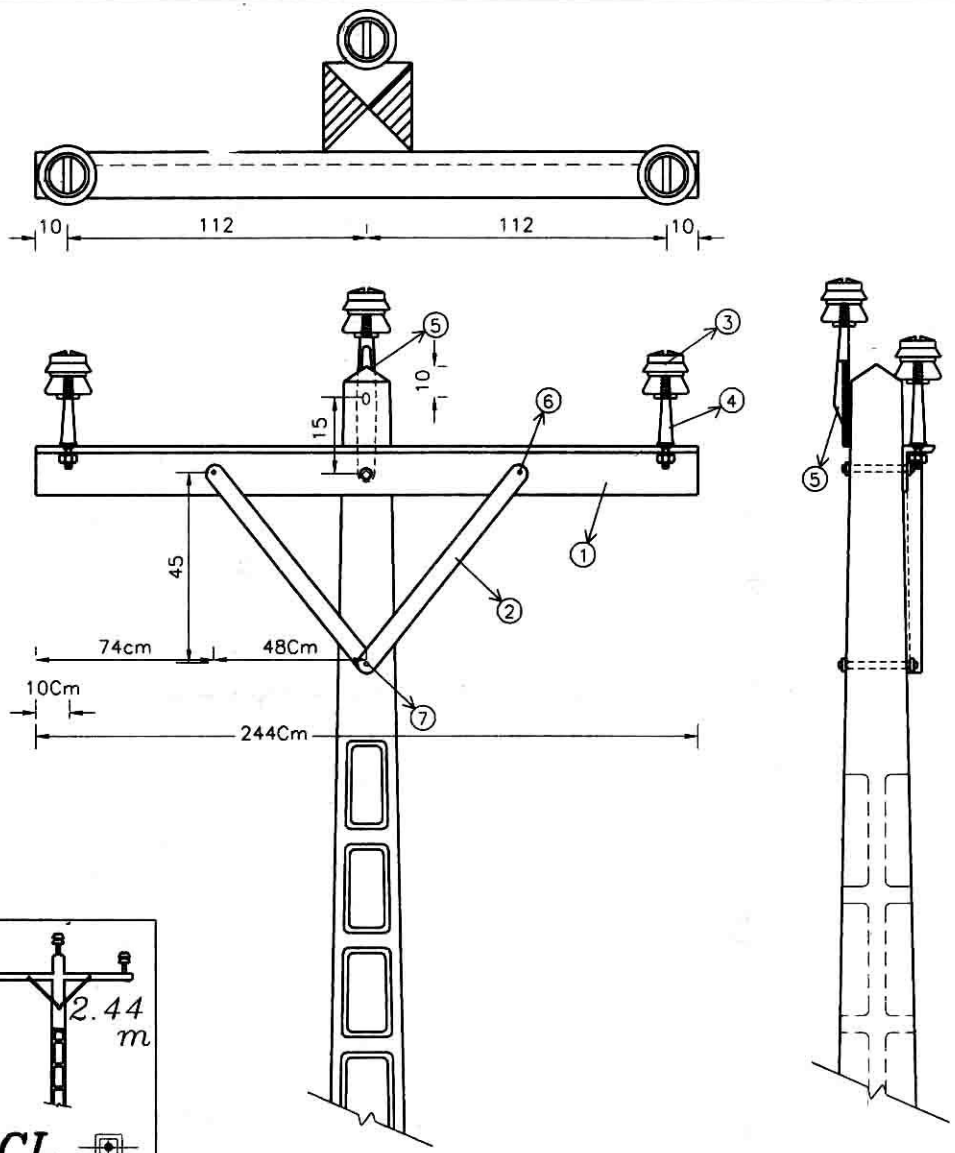
انواع آرایش های هادیبابه صورت خاص در دیتیلهای سرتیر

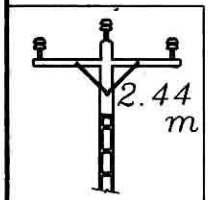
سمبل	نمای عرضی	شرح	دیتیل	صفحه
		طرح تیربتونی انتهائی زوج 20KV درگوشه (۹۰درجه) آرایش پایه دوبل انتهائی با کراس آرم های متقاطع درزوایای ۹۰ درجه (گوشه)	EX2	262
		آرایش پایه با طرح انشعاب گیری از راس تیر	C	263
		طرح انشعاب گیری از زیر خط باسیستم کات اوت فیوز	GU	264
		آرایش پایه اتصال سیستم 20KV هوائی به سیستم کابل زمین	A	265
		آرایش پایه انتهائی اتصال سیستم کابل زمینی (فیدر خروجی)به شبکه 20KV هوائی	E&A	266
		آرایش پایه دوبل انتهائی دوفیدره با ۳ کراس آرم های ۲٫۴۴متری و سیستم اتصال به شبکه کابل ۲۰ کیلوولت زیرزمین	2E&F	267

برآورد لیست مصالح مورد نیاز یک پایه دیتیل TCL افقی

آرایش پایه: بتونی میانی.(TANGENT)با کراس آرم ۲٫۴۴متری و مقره های سوزنی ۲۰کیلوولت

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس‌آرم۲٫۴۴متری‌ازنبشی نمره ۷	ازنبشی‌نمره (7*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی18kgfسوراخ‌کاری‌شده مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	۷۱۹۴۰۰۵۲۵
۲	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه20kv طبق استاندارد	۱عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	مقره‌سوزنی(میخی)۲۰کیلوولت		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی پایه کوتاه	پین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۲عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	پایه مقره سوزنی راس تیر	پین سر تیری از فولاد گالوانیزه ساخته‌شده بر اساس‌دیتیل اجرایی	۱عدد	۷۱۴۱۰۴۰۱۵
۶	پیچ ومهره گالوانیزه mm(14*50)میلی متری	بامهره و واشر	۲عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۷	پیچ ومهره گالوانیزه (16*350) میلی متری	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۴عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸





TCL

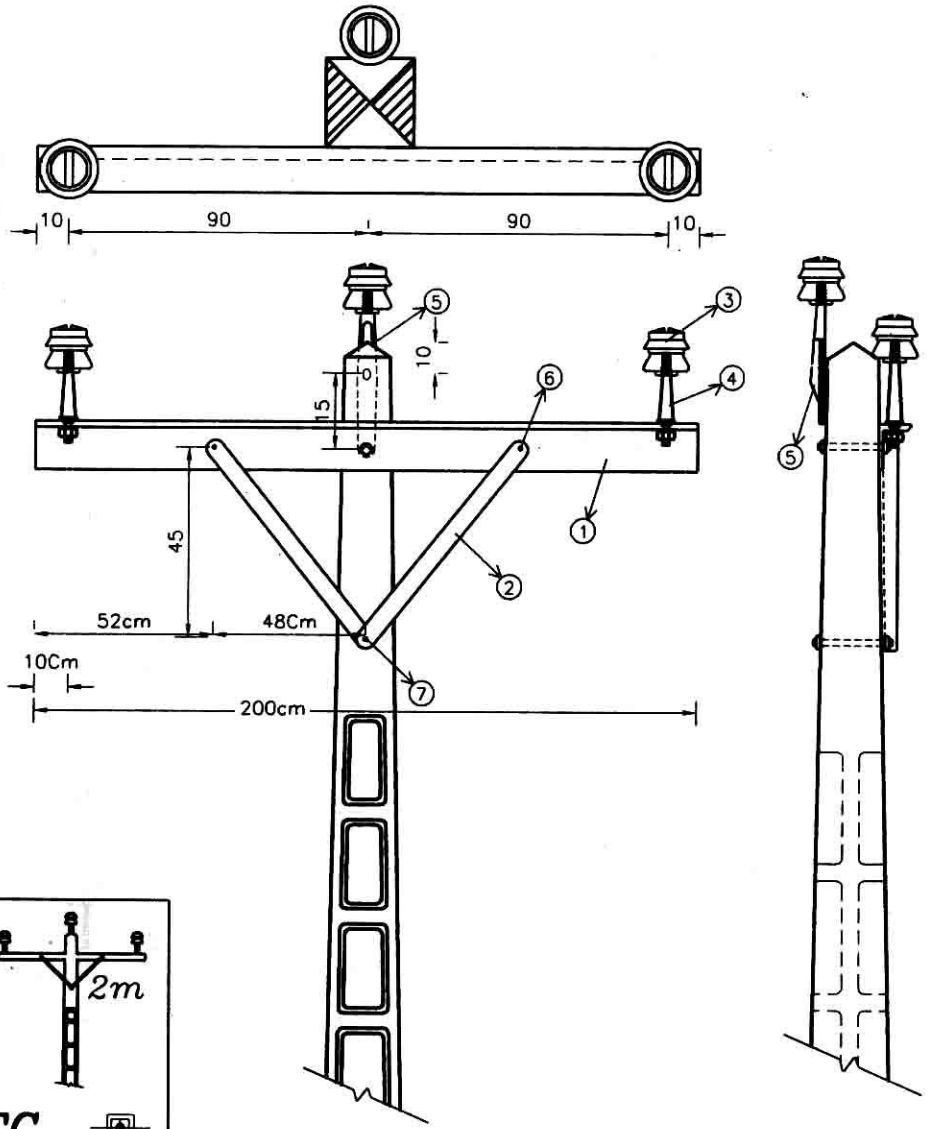
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی (TANGANT)با کراس آرم آهنی ازنبشی‌نمره ۷ به طول۲٫۴۴ومقره های سوزنی20kV	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

صفحه: ۲۲۴

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل TC افقی

آرایش پایه :میانی (TANGENT) باکراس آرم ۲متری و مقره های سوزنی ۲۰کیلوولت

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس‌آرم۲متری‌فلزی	ازنبشی‌نمره (7*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی18kgfسوراخ‌کاری‌شده مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	۷۱۹۴۰۰۵۲۵
۲	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه20kv طبق استاندارد	۲عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	مقره‌سوزنی۲۰کیلوولت		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی پایه کوتاه	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۲عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	پایه مقره سوزنی راس تیر	بین سر تیری از فولاد گالوانیزه ساخته‌شده بر اساس‌دیتیل اجرایی	۱عدد	۷۱۴۱۰۴۰۱۵
۶	پیچ ومهره گالوانیزه mm(14*50)میلی متری	بامهره و واشر	۲عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۷	پیچ ومهره گالوانیزه (16*350) میلی متری	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	۴عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸



TC

دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش‌پایه‌میانی (زوایای۶الی۱۵درجه)با کراس آرم‌های ۲متری و سه عددمقره سوزنی ۲۰کیلوولت	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع

آرایشهای افقی

Update: K.R-MI.

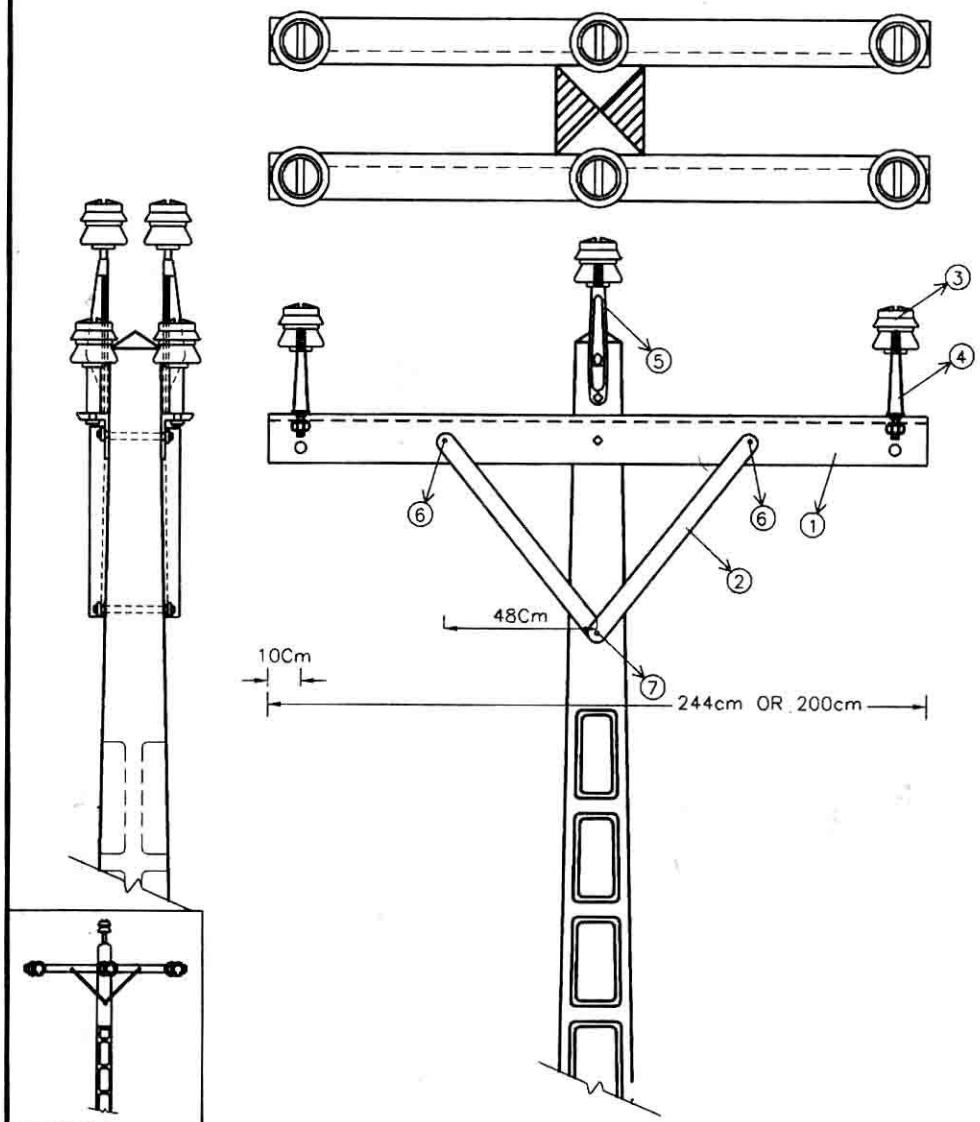
Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل T2C افقی

آرایش پایه‌بتونی میانی برای زاویه ٦الی ٣٠درجه با کراس آرم آهنی دوبل

از نبشی نمره ٧ به طول ٢,٤٤ویادو متری ومقره های سوزنی

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
١	کراس‌آرم٢,٤٤متری‌فلزی	ازنبشی‌نمره (7*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی18kgf	٢عدد	
٢	تسمه حامل (بریس)	از فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد 700*50*5mmسوراخ کاری مطابق دیتیل	٤عدد	٧١٩١١٠٠٣٣
٣	مقره‌سوزنی(میخی)٢٠کیلوولت	شبکه ٢٠کیلوولت	٦عدد	٧٢٠٥٠٠٥١٤
٤	پایه مقره سوزنی پایه کوتاه	پین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	٤عدد	٧١٤١٠٠٥٢٦
٥	پایه مقره سوزنی راس تیر	پین سر تیری از فولاد گالوانیزه ساخته‌شده بر اساس‌دیتیل اجرایی	٢عدد	٧١٤١٠٤٠١٥
٦	پیچ ومهره گالوانیزه (14*50)mmمیلی متری	بامهره و واشر	٤عدد	٢٣٠٣٠٤١١٠
٧	پیچ ومهره گالوانیزه (16*350) میلی متری	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	٤عدد	٧١٩١٠١٦٩٨



دیتیلهای اجرایی خط هوایی ٢٠کیلوولت	آرایش پایه میانی (زوایای ٦الی ٣٠درجه)با کراس آرم آهنی دوبل ازنبشی‌نمره ٧ به طول ٢,٤٤یا٢متر ومقره های سوزنی دوبل20KV	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R-MI. / Drawn: T.P.

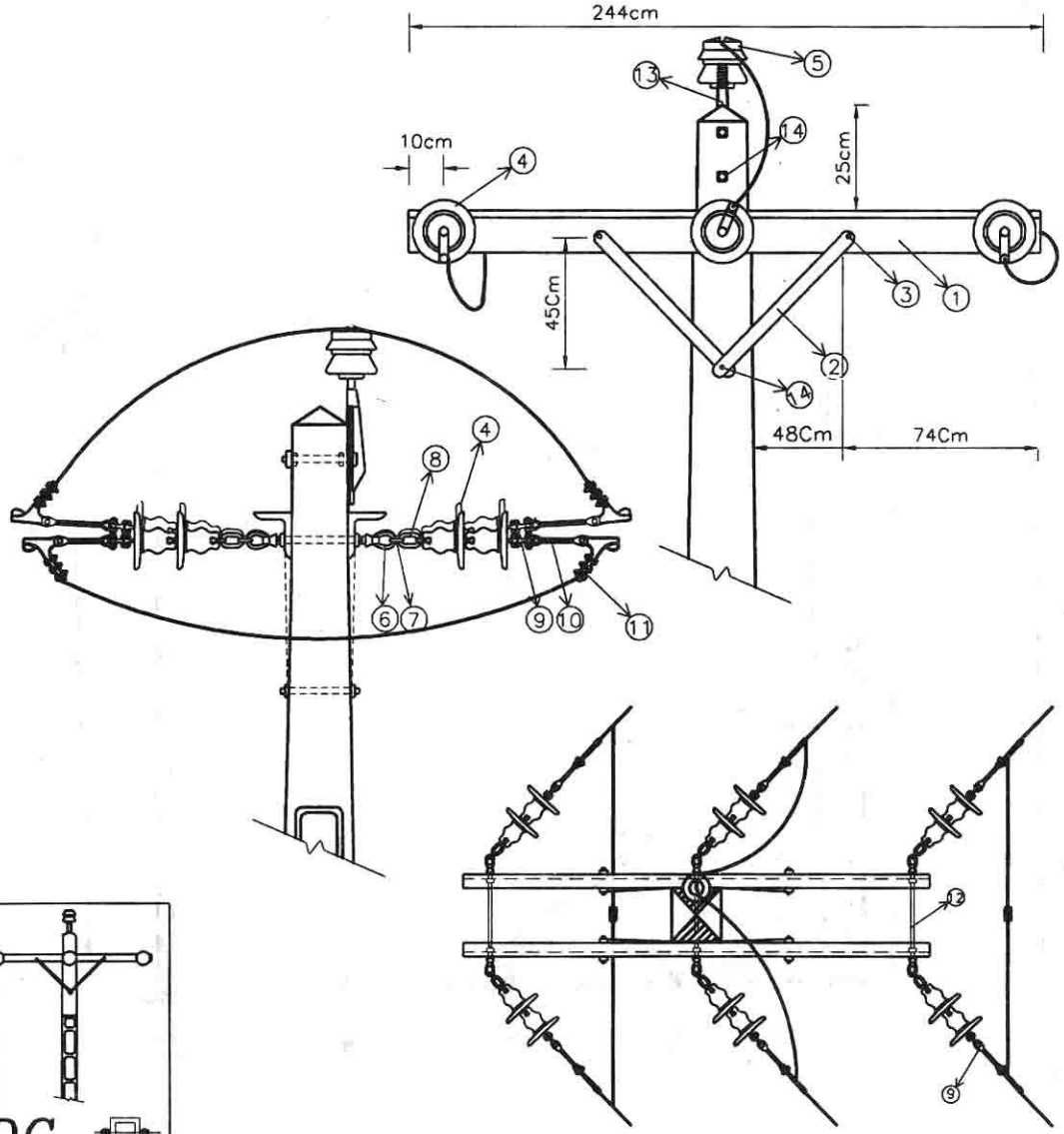
صفحه: ٢٢٦

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل DC افقی

آرایش پایه کششی (DEAD–END) با کراس آرم آهنی دوبل از نبشی

نمره ۷ به طول ۲٫۴۴متری با زنجیر های مقره بشقابی (دو تایی)

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس‌آرم‌آهنی‌به طول ۲٫۴۴ متری از نبشی نمره ۷	ازنبشی‌نمره (7*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی18kgfسوراخ‌کاری‌شده مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۲عدد	
۲	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه20KV طبق استاندارد	۴عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	پیچ ومهره گالوانیزه50*14 میلیمتر	با مهره وواشر فنری	۴عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۴	مقره بشقابی 20KV	۱۵هزارپوندی‌نوع بال‌وسکوت‌نمره۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۵	مقره سوزنی (میخی) 20KV	برای شبکه 20kv	۱عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۶	مهره چشمی گالوانیزه گرم	قابل‌اتصال به‌پیچ ومهره6mmحداقل قدرت‌مکانیکی 5600kgf مطابق استاندارد ل.م ۴۰۰	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۳۹
۷	رکاب انتهایی(یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع2000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۸	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۹	رابطگیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت7000kg	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۱۰	دوشاخه یامیله‌جلو بر مقره	لینک‌کششی،فولادگالوانیزه‌باحداکثر قدرت۷۰۰۰و۱۲۰۰۰kgنمره ۲۵۰ د38mm	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۱۱	گیره انتهای (سیم گیر)	طپانچه ای شکل‌متناسب‌باقطرسیم ، به صورت ۴۰۳ویا۵ پیچه	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۱۲	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه‌دوسررزوه (450*16)میلیمتر	(دوسررزوه) به نمره16*450mmباچهار مهره‌وچهارواشر مربعی‌تخت باابعاد 3*50*50	۴عدد	
۱۳	پایه مقره سوزنی (راس تیر)	پین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۱عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۱۴	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(350*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	۳عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸

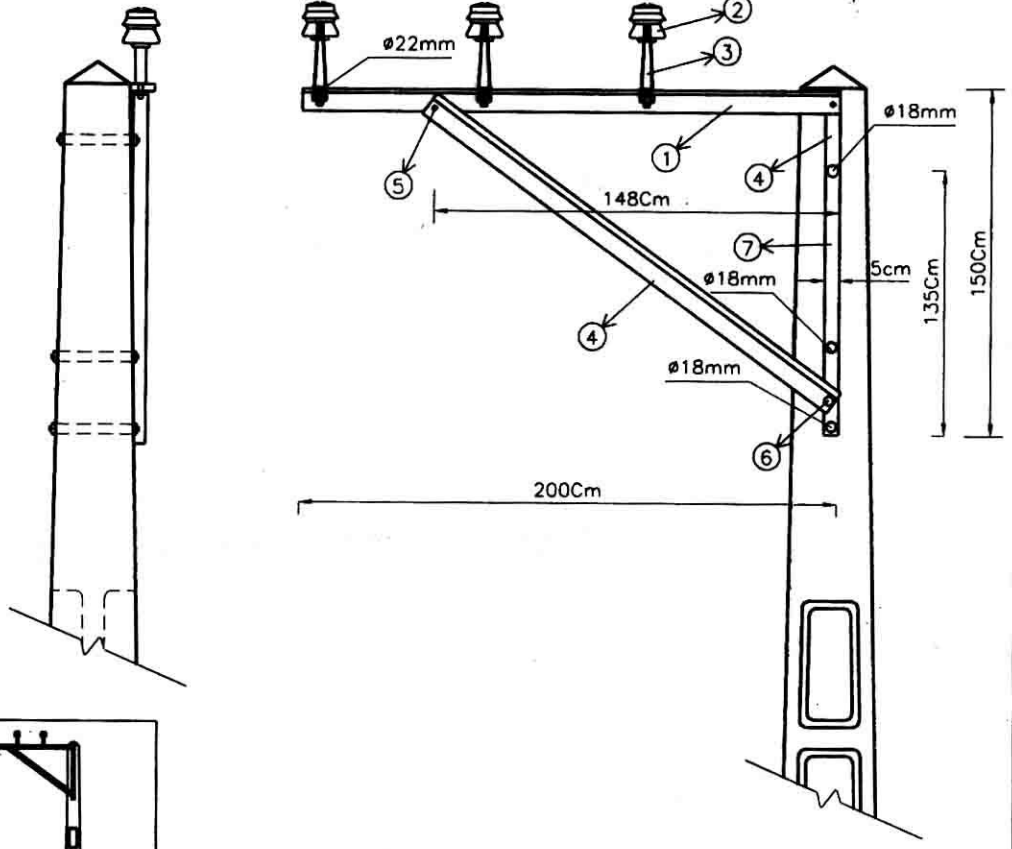


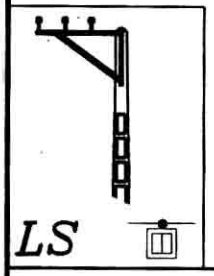
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه کششی(DEAD–END)باکراس آرم آهنی دوبل ازنبشی نمره ۷ به طول ۲٫۴۴متر با ۶ سری زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R–MI. | Drawn: T.P.

برآورد لیست مصالح مورد نیاز یک پایه دیتیل LS افقی

آرایش پایه میانی- ساید آرم یکطرفه (افقی) کنسول L شکل و ۲متری
نصب شده در وجه جانبی تیر با ۳مقره سوزنی ۲۰کیلوولت

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	ساید آرام یکطرفه(افقی) L شکل ۲متری	از نبشی نمره (7*70*70) به طول ۲متری و وزن تقریبی kg گالوانیزه گرم	۱عدد	۷۱۹۴۰۷۰۱۶
۲	مقره سوزنی (میخی)20kv		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۳	پایه مقره سوزنی (پایه کوتاه)	بین طرفین از فولاد گالوانیزه برای شبکه 20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۳عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۴	نبشی حایل کراس آرم-۲متری	از نبشی نمره (6*60*60) به طول ۲۰۰ سانتی متر گالوانیزه سوراخ کاری شده	۲عدد	۷۱۹۹۰۱۶۶۱
۵	پیچ ومهره گالوانیزه 14*50 میلیمتر	بامهره و واشر	۱عدد	۲۳۰۱۰۷۱۵۷
۶	پیچ ومهره گالوانیزه16*350 میلیمتر	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	۱عدد	
۷	تسمه آهنی (150x5x0.5)cm بطول ۱٫۵متر	تسمه آهنی (x5x50)mm	۱عدد	





دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی- ساید آرم یکطرفه(افقی)کنسول L شکل ودومتری نصب شده در وجه جانبی تیر با ۳مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

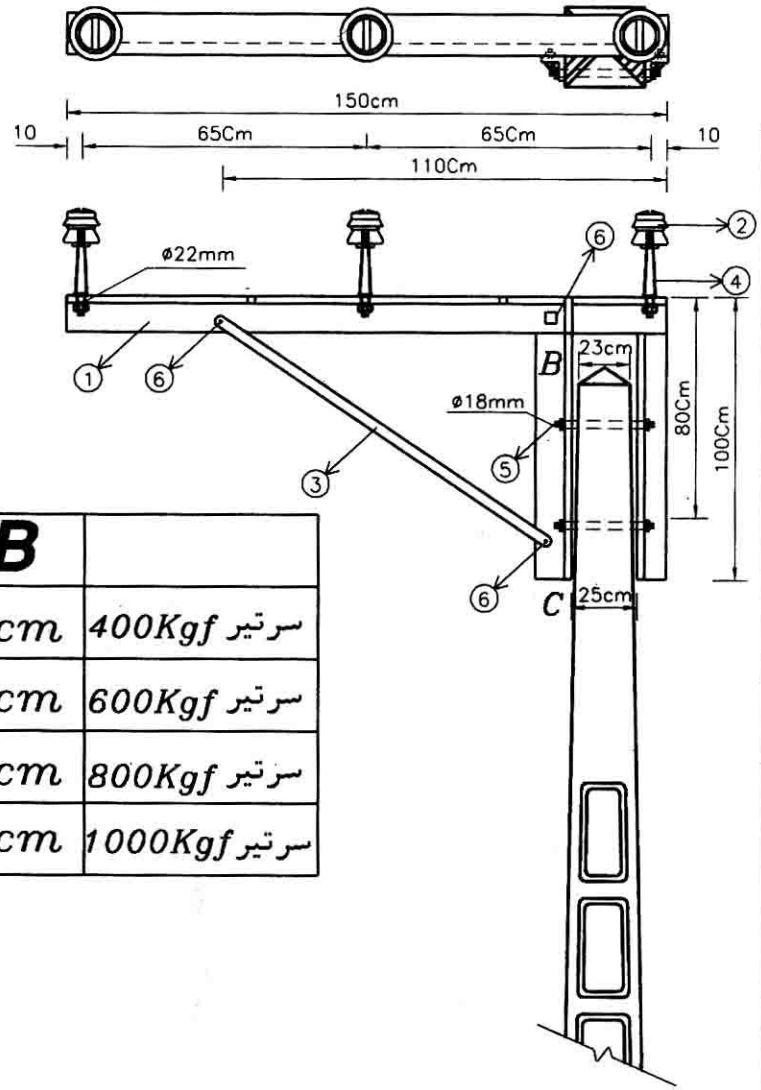
صفحه ۳۲۸

برآورد لیست مصالح‌مورد نیاز یک پایه دیتیل LT افقی

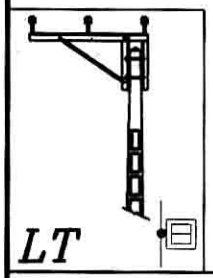
آرایش پایه میانی -ساید آرم یکطرفه (افقی)با کنسول -اشکل (۱٫۵ متری)

نصب شده در راس تیر با سه مقره سوزنی۲۰کیلوولت

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس‌آرم۱٫۵متری‌فلزی	از نبشی‌نمره (7*70*70) به‌طول ۱٫۵متری‌ووزن‌تقریبی9kgf‌گالوانیزه گرم‌سوراخ‌کاری‌شده‌مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	
۲	مقره سوزنی (میخی)20kv		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۳	نبشی‌حایل‌کراس‌آرم۱٫۲متری	از نبشی نمره (5*40*40) به طول ۱۲۰سانتی‌مترگالوانیزه‌سوراخ‌کاری شده	۳عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۴	پایه مقره سوزنی (پایه کوتاه)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20KV ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۵	پیچ ومهره گالوانیزه 16*400mmمیلی متری	دوسررزوه به نمره8*450mmباچهار مهره‌وچهارواشر مربعی‌تخت باابعاد 50*50*3	۴عدد	۲۳۰۱۰۷۱۵۷
٦	پیچ ومهره گالوانیزه50*14 میلی متری	با مهره وواشر فنری	۱عدد	



C	B	
25cm	23cm	400Kgf سرتیر
30cm	27cm	600Kgf سرتیر
35cm	32cm	800Kgf سرتیر
40cm	42cm	1000Kgf سرتیر

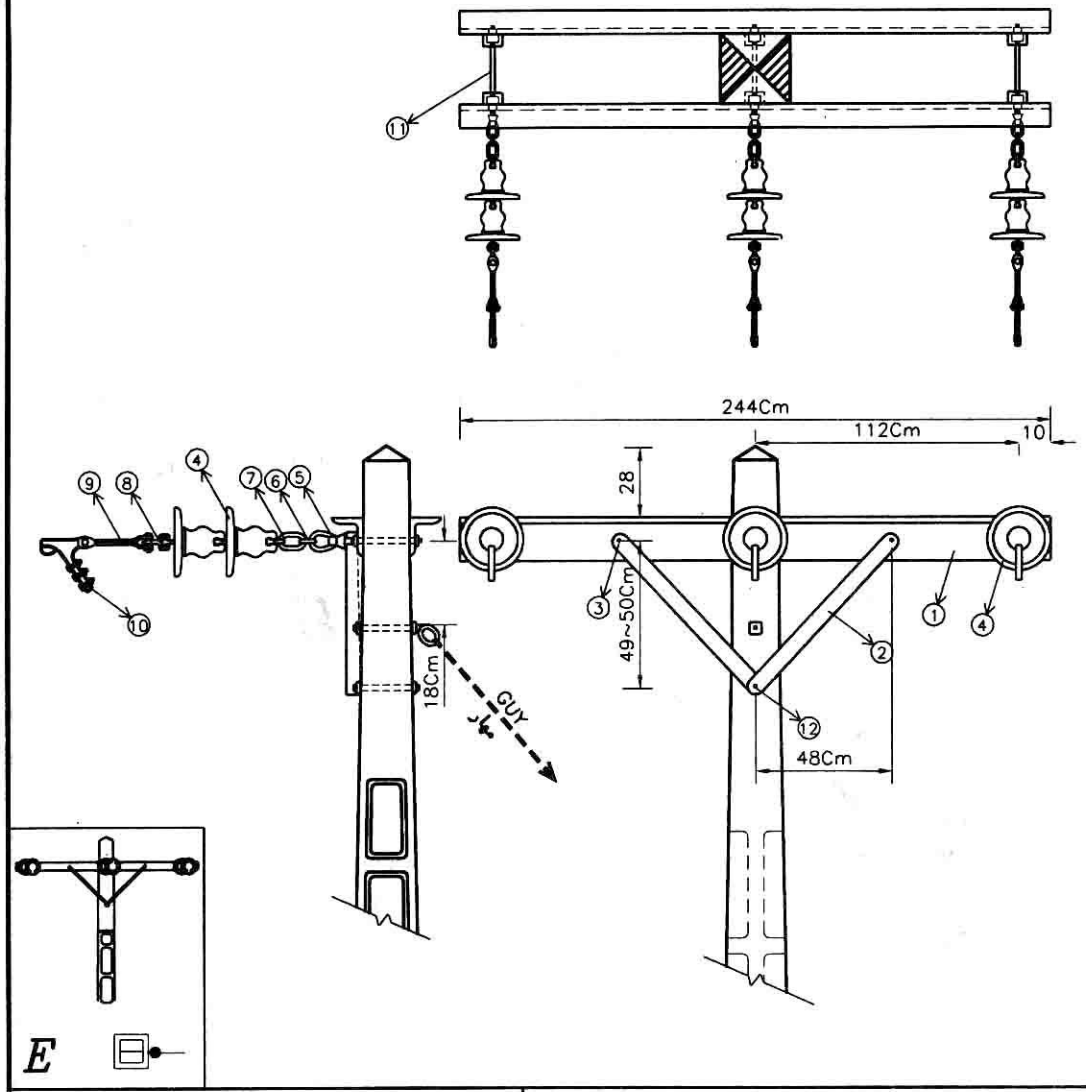


دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش‌پایه میانی‌سایدآرم یکطرفه (افقی)با کنسول عکل ۱٫۵ متری‌نصب‌شده تیر با سه مقره سوزنی۲۰کیلو ولت	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R-MI. Drown: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل E افقی

آرایش پایه انتهایی (END-POLE) با کراس آرم آهنی دوبل از نبشی نمره ۷
به طول ۲/۴۴متری با زنجیر های مقره بشقابی (دو تایی)

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس‌آرم‌آهنی‌به طول ۲/۴۴ متری از نبشی نمره ۷	ازنبشی‌نمره (7*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی18kgf‌سوراخ‌کاری‌شده مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۲عدد	
۲	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه20kv طبق استاندارد	۴عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	پیچ ومهره گالوانیزه50*14 میلیمتر	با مهره وواشر فنری	۴عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۴	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۵	مهره چشمی گالوانیزه گرم	قابل‌اتصال به‌پیچ ومهره16mm‌حداقل قدرت‌مکانیکی 5600kgf مطابق استاندارد ل م ۴۰۰	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۳۹
۶	رکاب انتهایی (یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع2000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۷	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط‌گوشتکوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۸	رابط‌گیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت7000kg	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۹	دوشاخه یامیله‌جلو بر مقره	لینک‌کششی،فولادگالوانیزه‌باحداکثر قدرت۷۰۰۰و۱۲۰۰۰kgنمره ۲۵۰ د38mm	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۱۰	گیره انتهای (سیم گیر)	طپانچه ای شکل‌متناسب‌باقطرسیم ، به صورت ۴،۳ویا۵ پیچه	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۱۱	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه‌دوسررزوه (16*450)میلیمتر	(دوسررزوه) به نمره16*450mm باچهار مهره‌وچهارواشر مربعی‌تخت باابعاد 50*50*3	۳عدد	
۱۲	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۳عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸



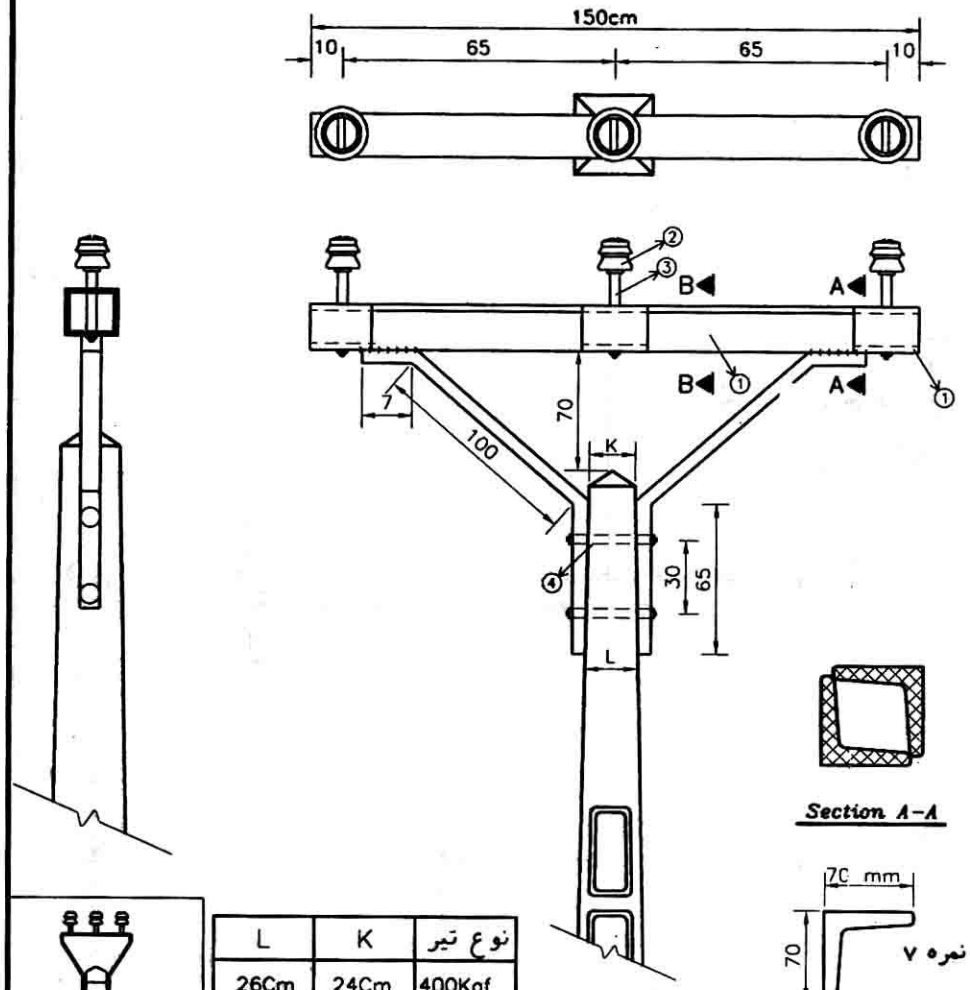
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه‌انتهائی(END-POLE)باکراس آرم ۲/۴۴متری دوبل ازنبشی نمره ۷ با ۳ سری زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) نوع‌لینک کششی	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R-MI. / Drawn: T.P.

صفحه: ۲۳۰

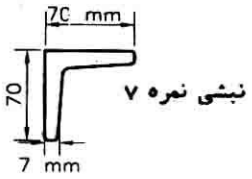
برآورد لیست مصالح مورد نیاز یک پایه **دیتیل T** افقی

آرایش پایه:کنسول تاجی (افقی) برای عبور هادیها در تقاطع 20kv و افزایش ارتفاع هادیها

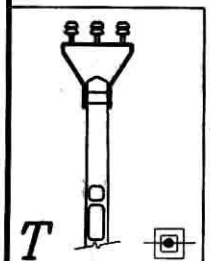
شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کنسول تاجی (افقی) از نبشی نمره ۷	نبشی نمره (70*70*7mm)و(ساخته شده بر اساس دیتیلT) وزن- تقریبی 53/5kg	۱عدد	
۲	مقره سوزنی (میخی)20kv		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۳	پایه مقره سوزنی (پایه کوتاه)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۳عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۴	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۳عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸



Section A-A



Section B-B



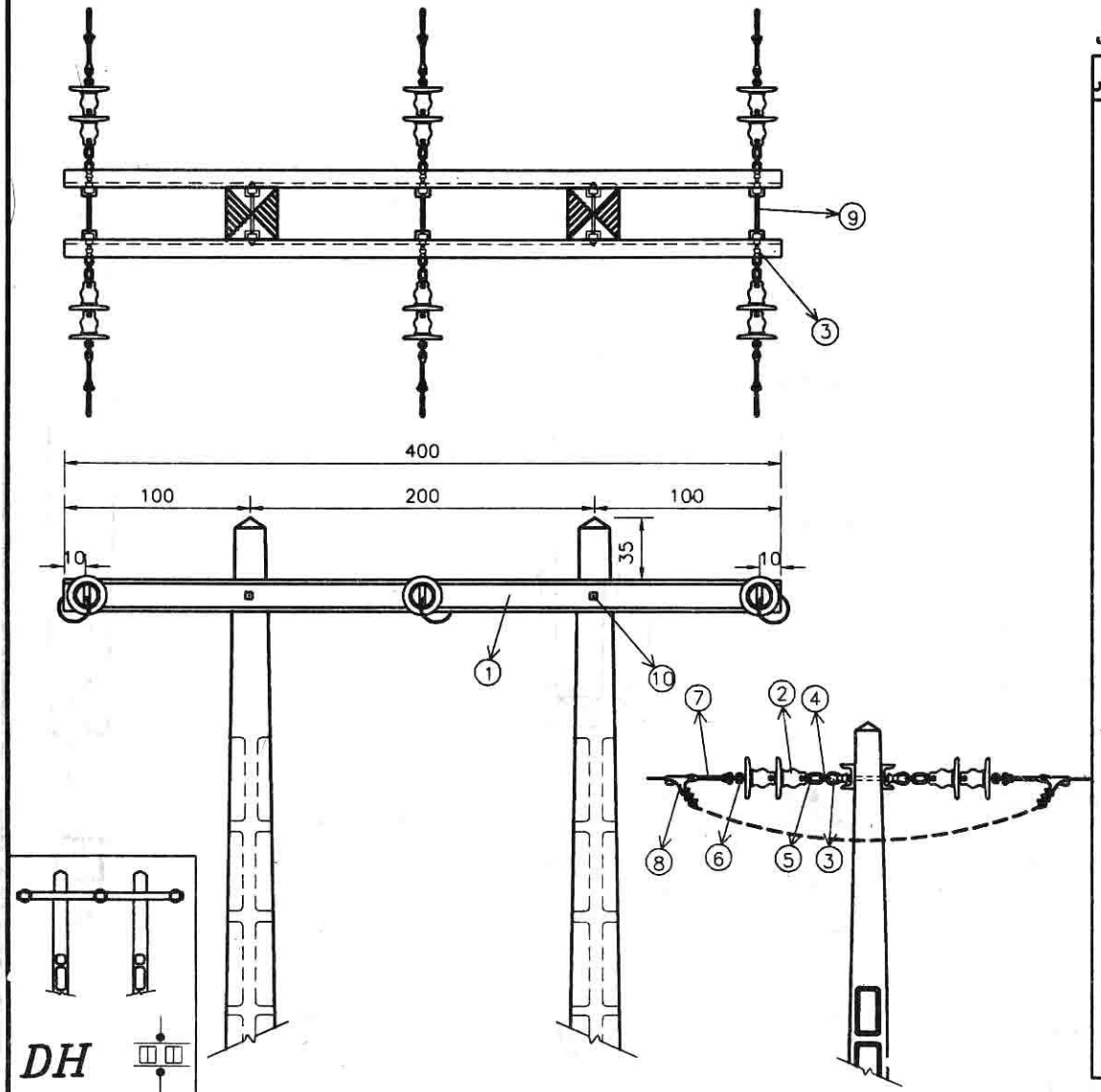
L	K	نوع تیر
26Cm	24Cm	400Kgf
31Cm	28Cm	400Kgf
36Cm	33Cm	400Kgf
41Cm	43Cm	400Kgf

دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش کنسول تاجی شکل (افقی)جهت تقاطع خطوط ۲۰ کیلوولت وافزایش ارتفاع هادیها	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R-MI. / Drown: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل DH افقی

آرایش پایه: دوبل کششی با کراس آرم دوبل (۴متری) ناودانی نمره ۸ و ٦ زنجیره بشقابی ۲ تائی کششی

ردیف	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم‌های ۴متری از ناودانی نمره ۸	وزن تقریبی 36/5kgf سوراخ کاری گالوانیزه شده مطابق استاندارد وزارت نیرو	۲ عدد	
۲	مقره بشقابی 20kv	۱۵هزار پوندی نوع بال و سکوت	۱۲ عدد	۷۲۰٦۰۲۰۱۳
۳	مهره چشمی گالوانیزه گرم	قابل اتصال به پیچ و مهره 16mm حداقل قدرت مکانیکی 5600kgf مطابق استاندارد ل م ۴۰۰	٦ عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۴	رکاب انتهایی (بازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	٦ عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۵	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱٦)	٦ عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
٦	رابط گیره انتهایی (مادگی چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم (یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	٦ عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۷	دوشاخه یامیله جلو بر مقره	لینک کششی، فولاد گالوانیزه با حداکثر قدرت ۷۰۰۰ و ۱۲۰۰۰kg نمره ۴۵۰ و 38mm	٦ عدد	۷۱٦۱۲۰۲۱۴
۸	گیره انتهای (سیم گیر)	طپانچه ای شکل متناسب با قطر سیم ۰ به صورت ۴۰۳ و یا ۵ پیچه	٦ عدد	۷۱٦۲۰۸۵۴۷
۹	پیچ و مهره گالوانیزه دوسر رزوه (16*450) میلیمتر	(دوسر رزوه) به نمره 16*450mm با چهار مهره و چهار واشر مربعی تخت با ابعاد 50*50*3	۳ عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۱۰	پیچ و مهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره و دو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۲ عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰

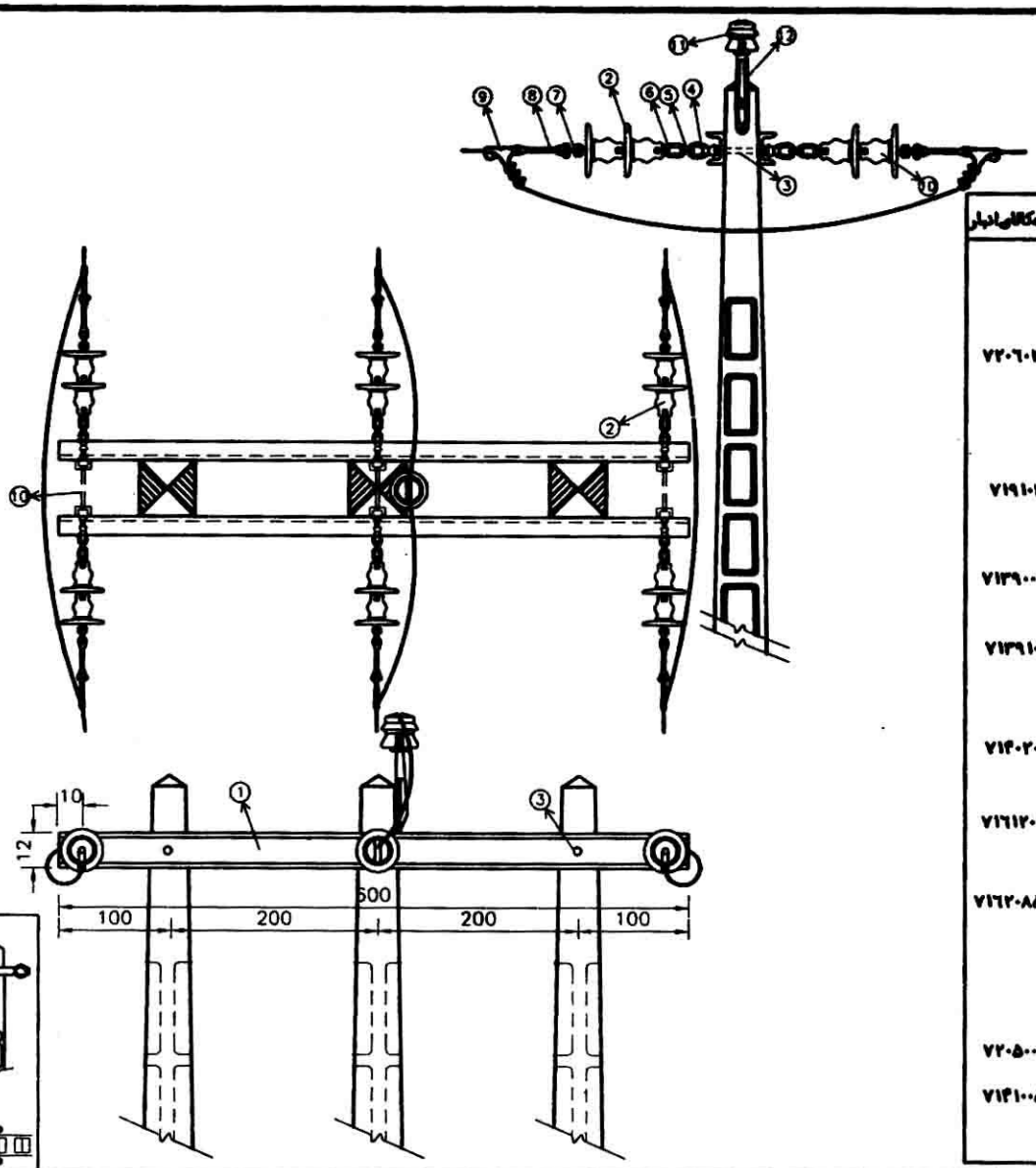


آرایشهای افقی	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	کنسول، کراس آرم و آرایش پایه ها	آرایش پایه دوبل کششی با کراس آرم های دوبل (۴متری) ناودانی نمره ۸ و ٦ زنجیره مقره بشقابی ۲ تائی کششی	دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت
Drawn: T.P. / Update: K.R-MI.				

صفحه: ۲۳۲

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل 3DH افقی
آرایش پایه:سه فاز کشتی با کراس آرام ۶ متری از ناودانی نمره ۱۲

ردیف	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم های ۶ متری از ناودانی نمره ۱۲	وزن تقریبی 84kgf سوراخ کاری گالوانیزه شده مطابق استاندارد وزارت نیرو	۲عدد	
۲	مقره بشقابی 20kv	هاهزاریوندی نوع بال و سکوت	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	بیچ و مهره گالوانیزه میلی متر(16*450)	بیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره وذو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۲عدد	
۴	مهره چشمی گالوانیزه گرم	قابل اتصال به بیچ ومهره 16mm2 حداقل قدرت مکانیکی 5600kgf مطابق استاندارد ل.م ۴۰۰	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۵	رکاب انتهایی(بازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع 2000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۶	گیرنده رکاب (زر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۷	رابط گیره آویز(مادگی چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kg	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۸	دوشاخه یامیله جلو بر مقره	لینک کششی،فولادگالوانیزه یاحداکثر قدرت ۷۰۰۰و۱۲۰۰۰kg نمره ۴۵۰ و 38mm	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۹	گیره انتهای (سیم گیر)	طبانچه ای شکل	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۱۰	بیچ و مهره گالوانیزه دوسر رزوه (16*500)میلیمتر	(دوسررزوه)باچهارمهره وچهارواشر مهره وچهارواشر مربعی تخت	۳عدد	
۱۱	مقره سوزنی (میخی) 20kv		۱عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۱۲	پایه مقره سوزنی (راس تیر)	بین طرفین از فولادگالوانیزه برای شبکه 20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۱عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶

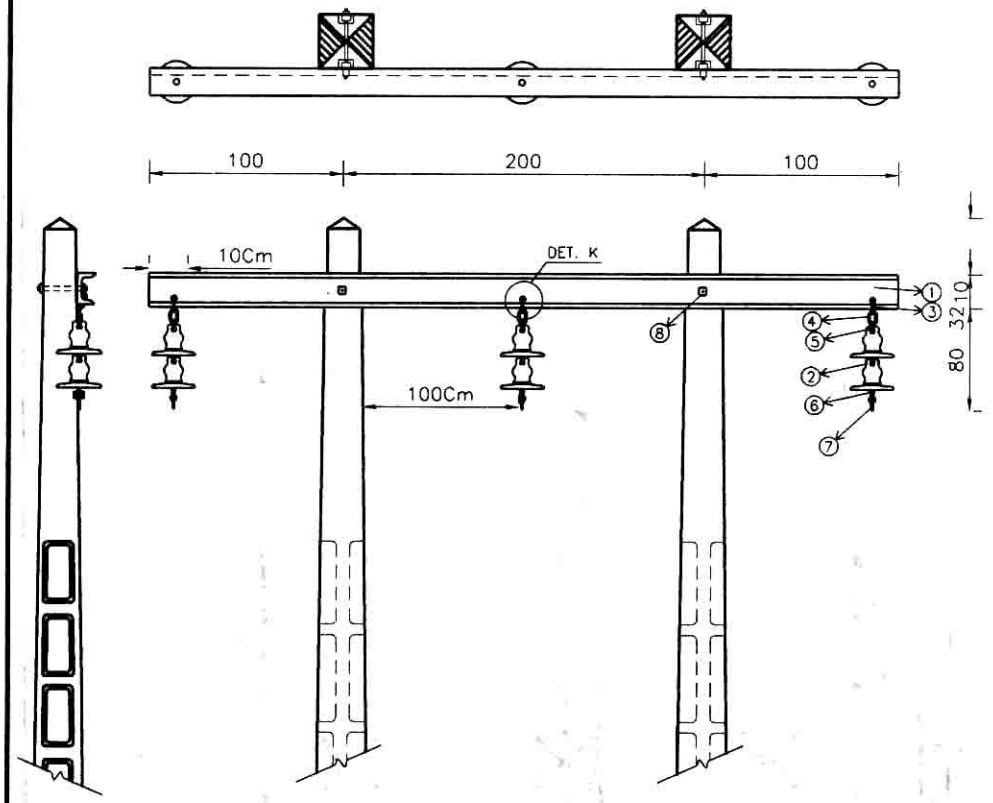


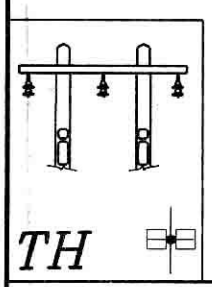
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه های سه تائی کششی با کراس آرام ۶ متری از ناودانی نمره ۱۲	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R–MI. Drawn: T.P.

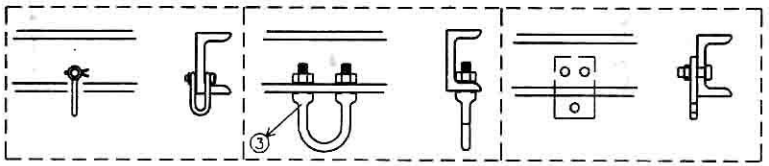
برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل TH افقی

آرایش پایه :دو بل میانی (تیپH)از کراس آرم ناودانی نمره ۸ به طول ۴متر

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس‌آرم‌های۴متری‌ازناودانی نمره ۸	وزن تقریبی32/5kgf سوراخ کاری گالوانیزه شده مطابق استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	
۲	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره ۱۶ میلیمتری	۶عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	پیچ لاشکل		۳عدد	
۴	رکاب انتهایی(بازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	۳عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۵	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۳عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۶	رابطگیره آویز(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت7000kgf	۳عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۷	گیره آویز	کلمپ آلومینیومی بر اساس اندازه چشمی‌وباقطر سیم نوع‌الف۱۸میلی متری نوع ب،۲۲میلیمتر-نوع ج، ۳۲میلیمتر	۳عدد	۷۱۶۲۰۴۳۶۰ ۷۱۶۲۰۴۳۵۱ ۷۱۶۲۰۴۳۴۱
۸	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(6*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸







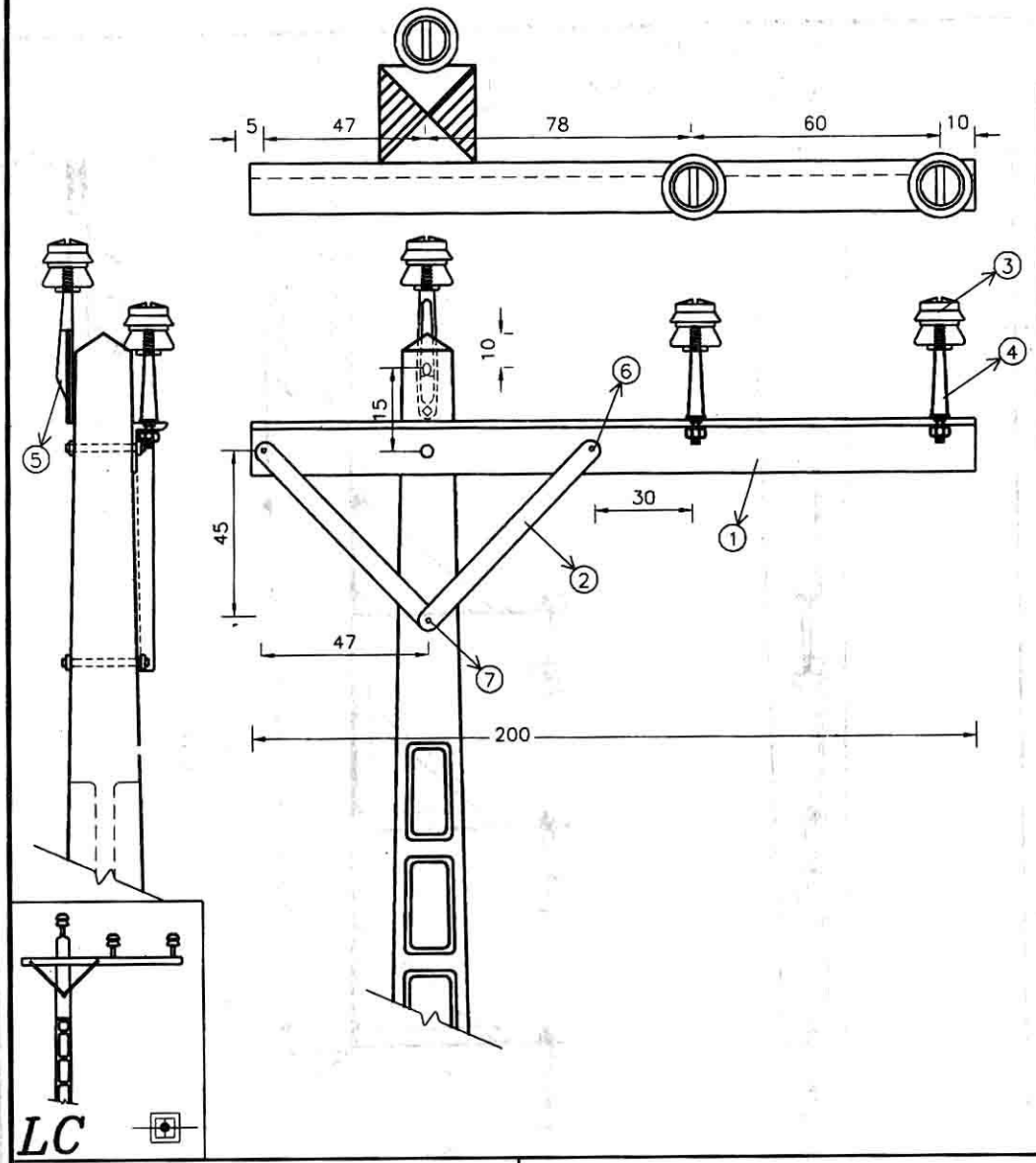
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه دوبل میانی (تیپ H) از کراس آرم ناودانی نمره ۸ به طول ۴ متر	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Updote: K.R-MI. Drawn: T.P.

صفحه: ۲۳۴

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل LC افقی

آرایش پایه :میانی باکراس آرم یکطرفه ۲متری نصب شده به صورت متقاطع

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم ۲متری فلزی	ازنبشی نمره (7*70*70)گالوانیزه ووزن تقریبی 18kgf سوراخ کاری شده مطابق استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	
۲	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه 20kv طبق استاندارد	۲عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	مقره سوزنی (میخی)	برای شبکه 20kv	۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی پایه کوتاه	پین طرفین از فولادگالوانیزه برای شبکه 20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۲عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	پایه مقره سوزنی راس تیر	پین سر تیری از فولاد گالوانیزه ساخته‌شده بر اساس دیتیل اجرایی	۱عدد	۷۱۴۱۰۴۰۱۵
۶	پیچ ومهره گالوانیزه (14*50)mm میلی متری	بامهره و واشر	۲عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۷	پیچ ومهره گالوانیزه (16*350) میلی متری	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۴عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸

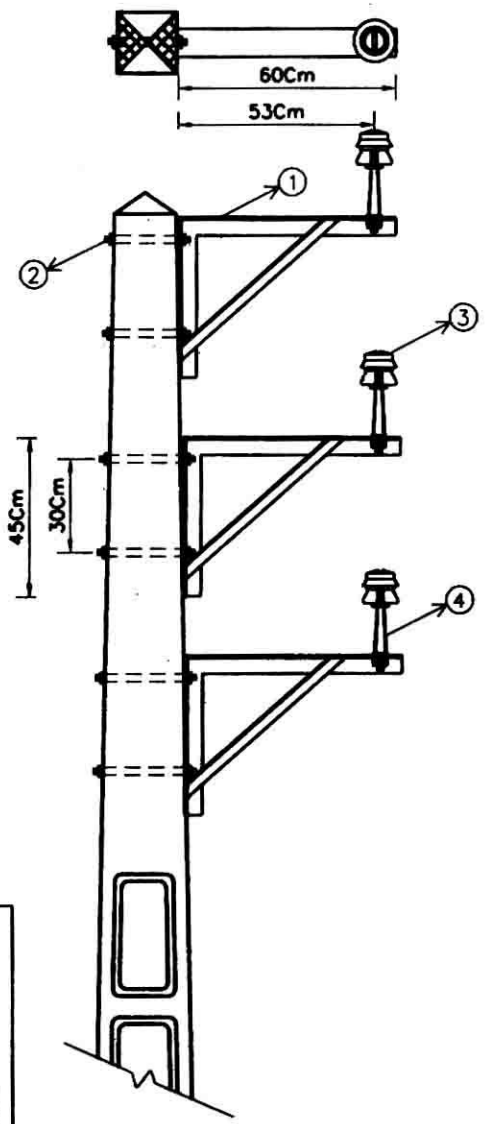


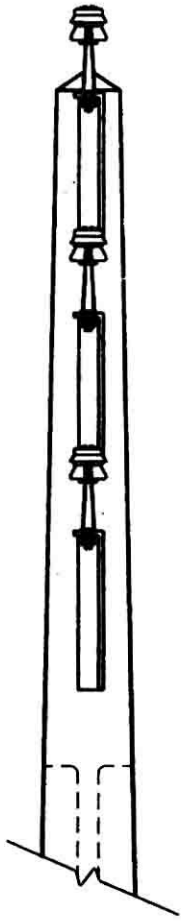
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی (TANGENT)با کراس آرم آهنی یکطرفه۲متری به صورت متقاطع	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای افقی Update: K.R–MI. Drawn: T.P.

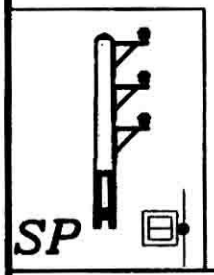
برآورد لیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل SP صودی

آرایش پایه : میانی با کنسول برچمی (یک طرفه قائم) و۳ مقره سوزنی ۲۰ کیلو ولت

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم (ساید یک طرفه صودی) با ساید آرم ۰٫۶ متری	وزن تقریبی 5kg با سوراخ کاری گالوانیزه مطابق استاندارد وزارت نیرو	۳عدد	۷۱۹۴۰۷۰۱۶
۲	بیچ ومهره گالوانیزه میلی متر (16*300)	بیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۳	مقره سوزنی (میخی) 20kv		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی (پایه کوتاه)	پین طرفین از فولاد گالوانیزه برای شبکه 20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۳عدد	۷۱۴۱۰۰۵۳۶





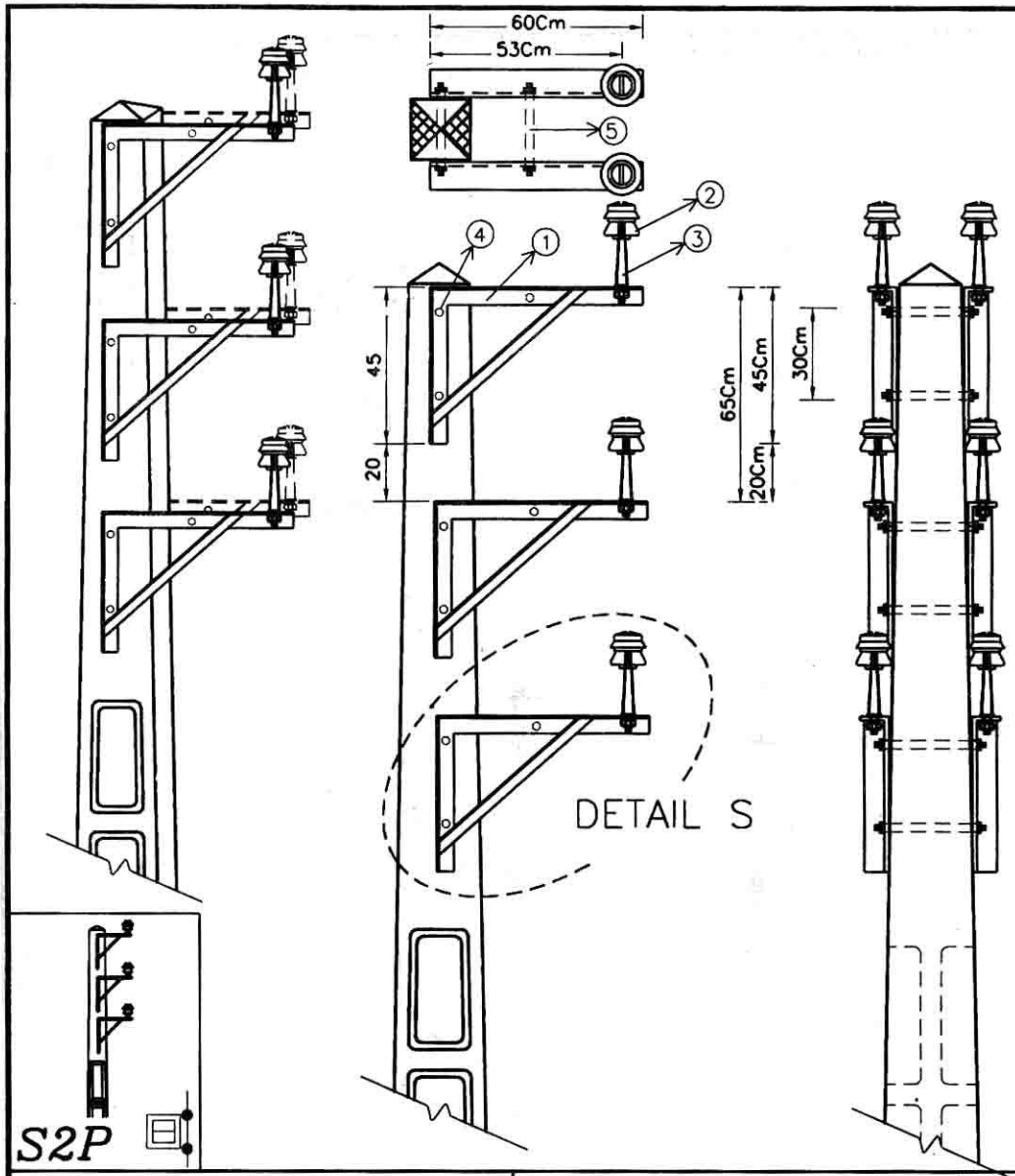


دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی با کنسول برچمی (یکطرفه قائم) و ۳ مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت	کنسول، کراس آرم و آرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای صودی Update: K.R-MI. Drown: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل S2P عمودی

آرایش پایه : میانی با کنسول پرچمی‌دوبل(یک طرفه قائم)و۶مقره سوزنی ۲۰کیلو ولت

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم پرچمی (یکطرفه قائم) ۰٫۶ متری	وزن‌تقریبی5kgسوراخ‌کاری‌گالوانیزه مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۳عدد	۷۱۹۴۰۷۰۱۶
۲	مقره سوزنی (میخی) 20kv		۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۳	پایه مقره سوزنی (پایه کوتاه)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(350*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۳عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	پیچ ومهره دوسررزوه (16x350)mm	دوسردنده با۴مهره و۴واشرتخت 50x50x3	۳عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰

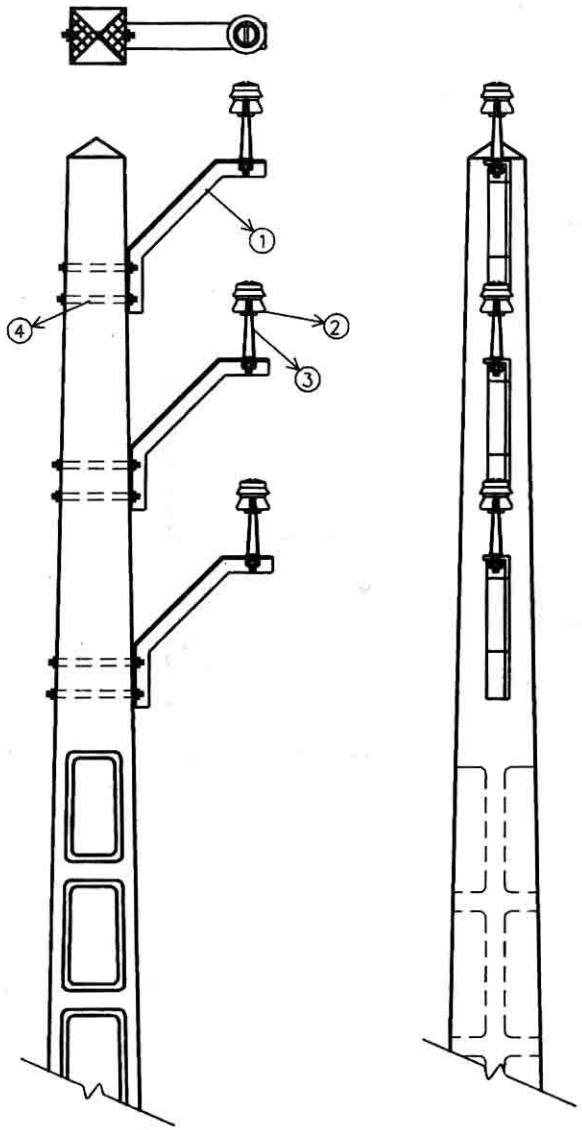


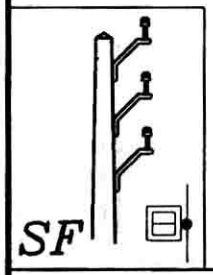
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی با کنسول دوبل (یکطرفه قائم) و۶ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای‌عمودی Update: K.R-MI. / Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل SF عمودی

آرایش پایه : میانی با کنسول یک طرفه (۶۰درجه)از نبشی نمره ۷ و۳مقره سوزنی ۲۰کیلو ولت

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کنسول یک طرفه (۶۰درجه) ازنبشی نمره ۷	وزن تقریبی 7kg سوراخ کاری گالوانیزه مطابق استاندارد وزارت نیرو	۳عدد	
۲	مقره سوزنی (میخی) 20kv		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۳	پایه مقره سوزنی (پایه کوتاه)	بین طرفین از فولادگالوانیزه برای شبکه 20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۳عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۴	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(300*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	





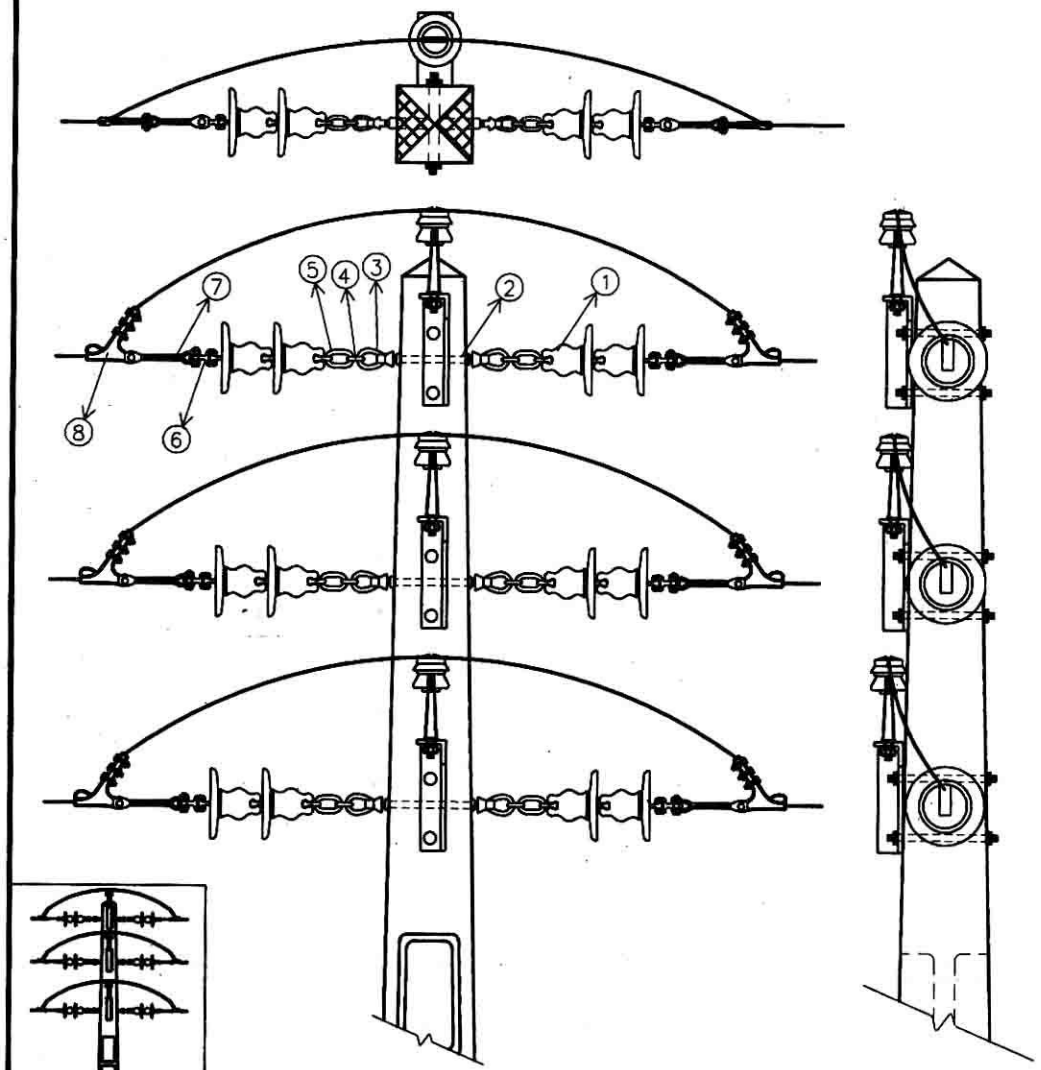
آرایشهای عمودی	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	آرایش پایه میانی با کنسول یکطرفه (۶۰درجه) ازنبشی نمره ۷ و۳ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت
Updote: K.R-MI.	Drown: T.P.			

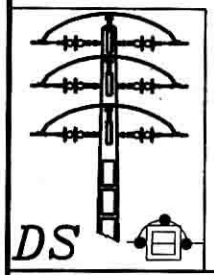
صفحه ۲۳۸

برآوردلیست مصالح‌موردنیاز یک پایه دیتیل DS عمودی

آرایش پایه:کششی قائم(عمودی) بدون کراس آرم وبا پیچ های دو سر رزوه بر روی تیر وشامل ۶مقره بشقابی ۲تایی کشش

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۲	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه‌دوسررزوه (16*450)میلیمتر	تمام رزوه با دو مهره و۴واشرتخت 50*50*3	۱۲عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰
۳	مهره چشمی گالوانیزه گرم	مهره6mm احداقل قدرت‌مکانیکی 5600kgf مطابق‌استاندارد ل م ۰۶۰	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۴	رکاب انتهایی (بازنجیر)	(پاشیکل گالوانیزه گرم نوع2000kg	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۵	گیرنده رکاب (نر)	(بال‌آی‌گالوانیزه‌یارابط گوشت‌کوبی از فولاد گالوانیزه گرم ۱۰هزار اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۶	رابطگیره‌آویز(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت7000kgf	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۷	دوشاخه یامیله‌جلو بر مقره	لینک‌کششی،فولادگالوانیزه‌باحداکثر قدرت۷۰۰۰و۱۲۰۰۰kgf	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۸	گیره انتهای (سیم گیر)	طبانچه ای شکل ۴،۳ پیچه	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۹	پیچ ومهره گالوانیزه یک سررزوه 16x359mm	پیچ یک سررزوه بایک عدد مهره ودوعددواشر	۶عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶



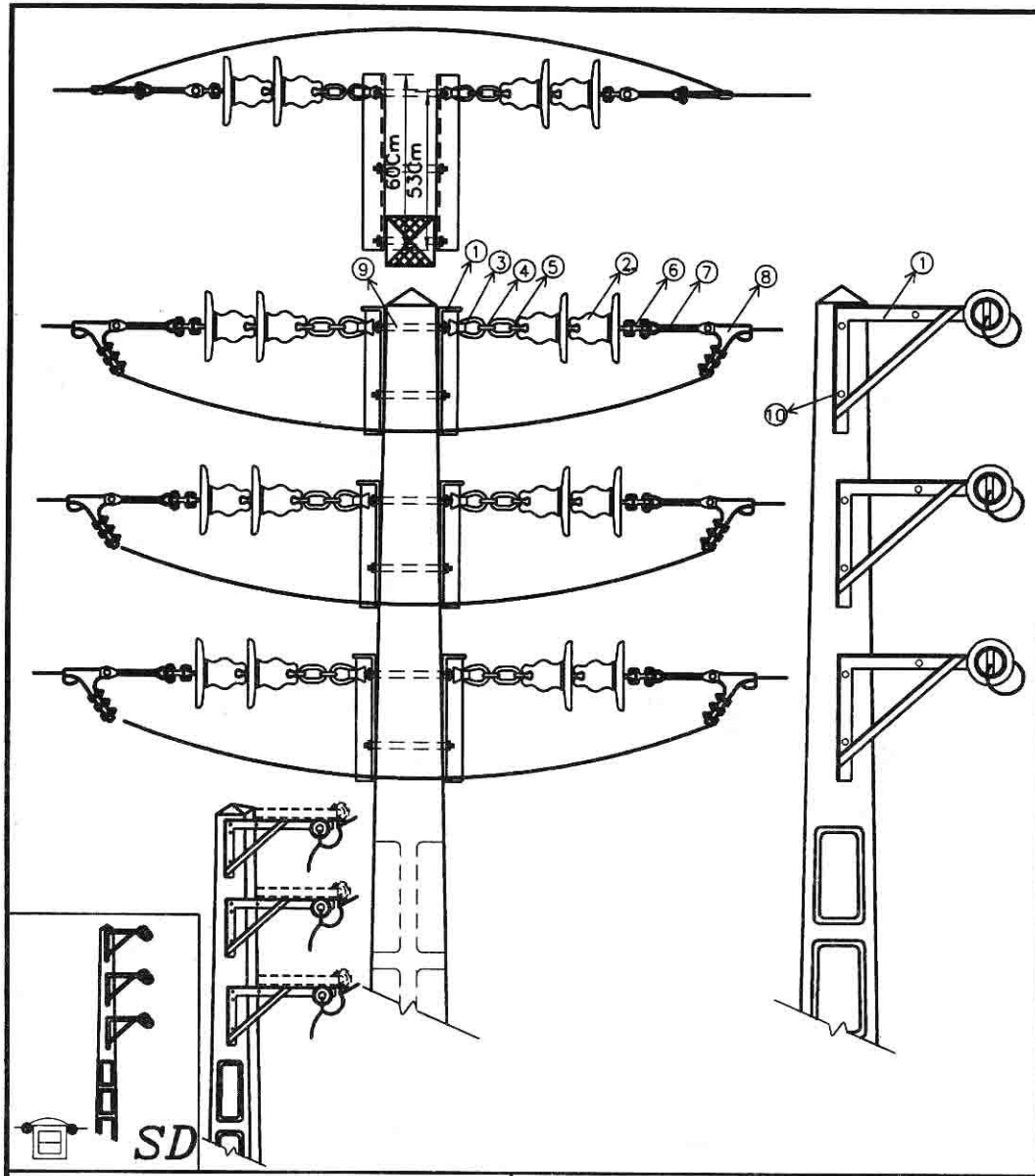


دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش‌پایه‌قائم(عمودی)بدون کراس آرم وباپیچهای دوسر رزوه درروی تیرشامل۶زنجیره مقره بشقابی۲تائی(کششی)	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای‌عمودی Update: K.R-MI. Drown: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل SD عمودی

آرایش پایه : میانه با کنسول پرچمی‌دوبل(یک طرفه قائم)و۶مقره‌بشقابی(۲تایی)۲۰کیلو ولت

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم پرچمی (یکطرفه قائم) ۶/۰ متری	وزن‌تقریبی5kgسوراخ‌کاری‌گالوانیزه مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۶عدد	۷۱۹۴۰۷۰۱۶
۲	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع‌بال‌وسکوت	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	مهره چشمی گالوانیزه گرم	قابل‌اتصال به‌پیچ ومهره16mmحداقل قدرت‌مکانیکی 5600kgf مطابق استاندارد ل م ۰۶۰	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۴	رکاب انتهایی(یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع2000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۵	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۶	رابطگیره آویز(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۷	دوشاخه یامیله‌جلو بر مقره	لینک‌کششی،فولادگالوانیزه‌باحداکثر قدرت۷۰۰۰و۱۲۰۰۰kgf نمره ۲۵۰در38mm	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۸	گیره انتهای (سیم گیر)	طپانچه ای شکل‌متناسب‌باقطرسیم ، به صورت ۳،۴ویا۵ پیچه	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۹	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه‌دوسررزوه (16*450)میلیمتر	(دوسررزوه)باچهارمهره‌وچهارواشر مربعی‌تخت باابعاد3*50*50	۶عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰
۱۰	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه‌یک‌سررزوه میلی متر(16*450)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره وذو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*150) میلی متر	۶عدد	

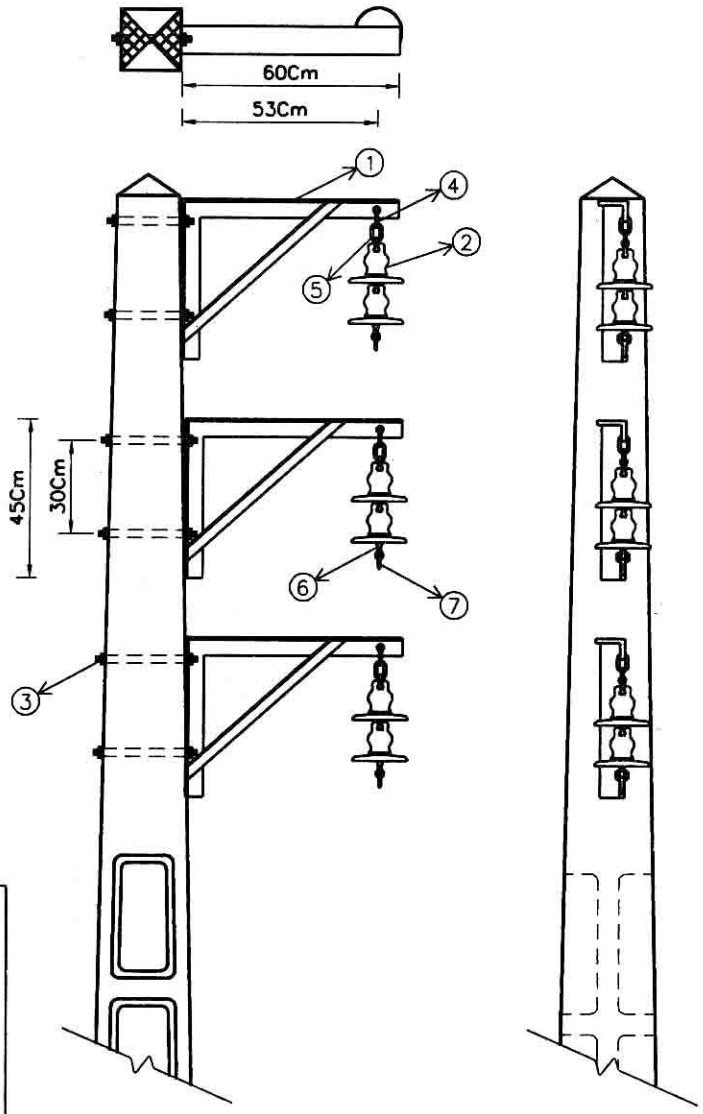


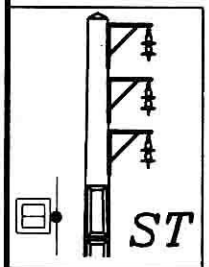
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه کششی باکنسول‌پرچمی‌دوبل(یکطرفه‌قائم) و۶زنجیرمقره بشقابی ۲تائی لینک کششی	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای‌عمودی Update: K.R-MI. Drawn: T.P. صفحه ۲۴۰

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل ST عمودی

آرایش پایه میانی یکطرفه قائم نوع آویزی باکنسول پرچمی و۳ زنجیرمقره بشقابی

ردیف	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کنسول‌پرچمی یاسایدآرم یک طرفه (عمودی یا قائم)به‌طول ۶۰سانتی متر	وزن‌تقریبی5kgسوراخ‌کاری‌گالوانیزه مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۶عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۲	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره۱۶	۱۲عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰
۳	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*300)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۴	رکاب انتهایی(بازنجیر)	(پاشیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۵	گیرنده رکاب (نر)	(بال‌آی‌گالوانیزه‌یارابط گوشت‌کوبی از فولاد گالوانیزه گرم ۱۰هزار اندازه بال‌نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۶	رابطگیره‌آویز (مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۷	گیره آویز	کلمپ آلومینیوم بر اساس اندزه چشمی یا قطر سیم (نوع الف ۱۸۰ میلی متر - نوع ب ، ۲۲ میلی متر نوع ج ۳۲میلی متر)	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷



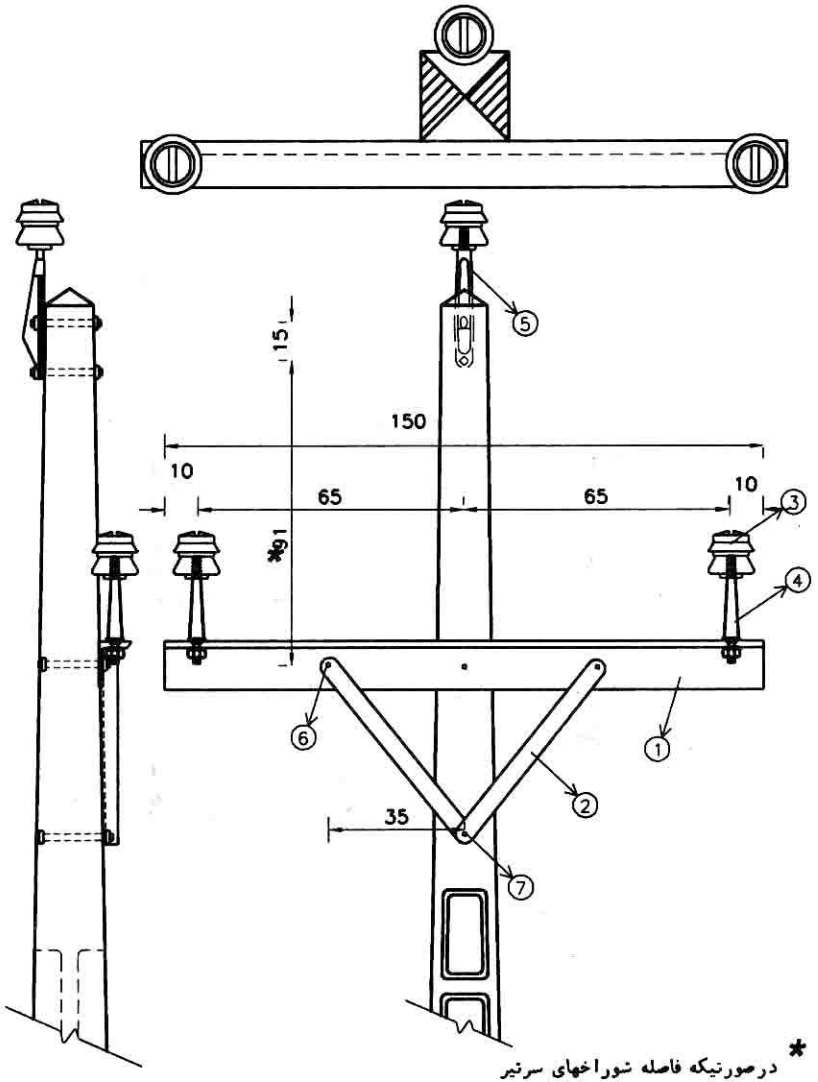


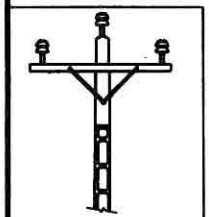
آرایشهای‌عمودی	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	آرایش پایه میانی یکطرفه قائم نوع آویزی باکنسول پرچمی و۳ زنجیرمقره بشقابی
Update: K.R-MI. / Drown: T.P.			دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل TCO مثلثی

آرایش پایه میانی (تو خطی) با کراس آرم ۱٫۵ متری باسه مقره سوزنی

شماره	نام	شرب مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم فلزی ۱٫۵متری	ازنبشی‌نمره (9*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی 9kgf سوراخ‌کاری‌شده استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	
۲	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm)مطابق بادیتیل	۲عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	مقره سوزنی (میخی)20kv		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی (پایه‌کوتاه)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی بامهره وواشر	۲عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	پایه مقره سوزنی (راس تیر)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌ساخته شده	۱عدد	۷۱۴۱۰۴۰۱۲
٦	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*50)	با مهره وواشر	۲عدد	۲۳۰۱۰۷۱۵۷
۷	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره وذو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	۴عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸





TCO

* درصورتیکه فاصله شوراخهای سرتیر مضربی از۷٫۵سانتیمترباشدبه ۹۷٫۵سانتیمتر افزایش خواهدیافت

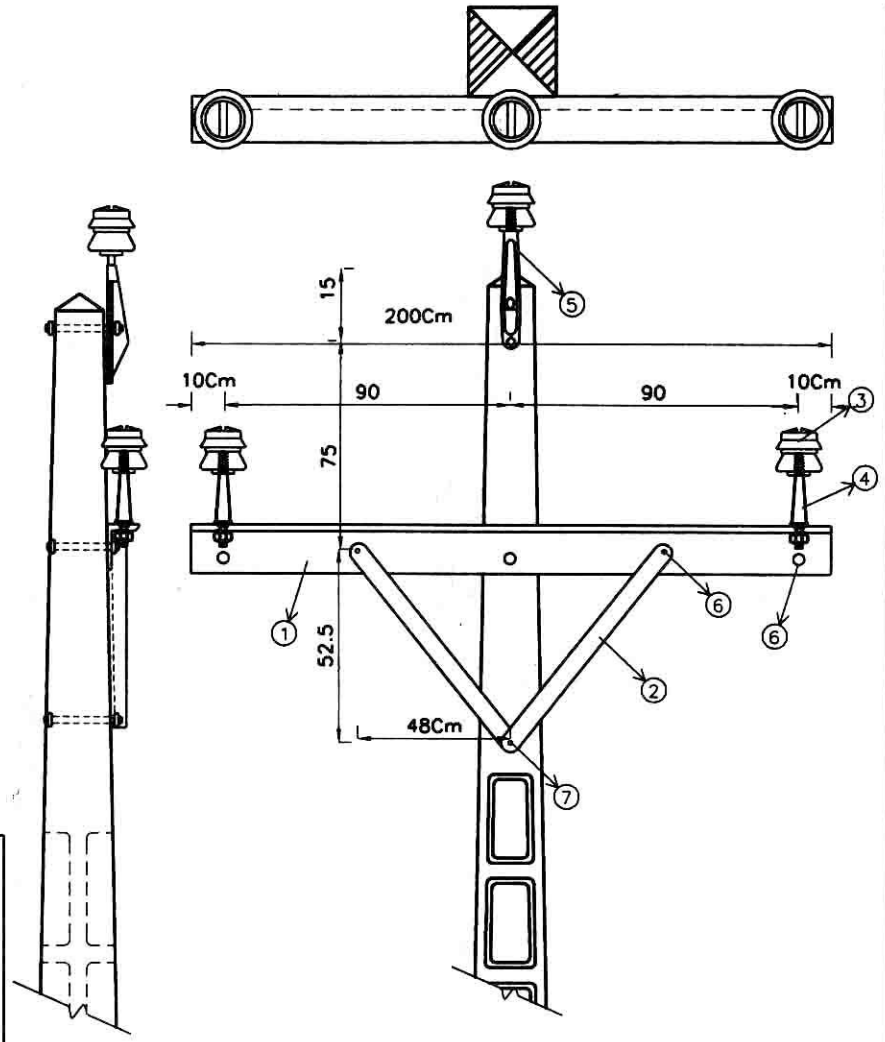
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی(توخطی)باکراس آرم ۱٫۵متری وسه عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای‌مثلثی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

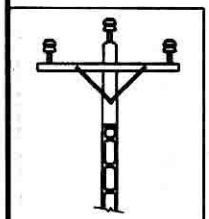
صفحه: ۲۴۲

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل TCM مثلثی

آرایش پایه میانی (تو خطی) با کراس آرم ۲ متری و سه عددمقره سوزنی۲۰kv

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم فلزی ۲متری	ازنبشی‌نمره (9*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی15kgfسوراخ‌کاری‌شده استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	۷۱۹۴۰۰۴۸۱
۲	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه20kv طبق استاندارد	۲عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	مقره سوزنی (میخی)20kv		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی (پایه‌کوتاه)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۲عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	پایه مقره سوزنی (راس تیر)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۱عدد	۷۱۴۱۰۴۰۱۵
۶	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*50)	مهره وواشر	۲عدد	۲۳۰۱۰۷۱۵۷
۷	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	۴عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸





TCM

دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی(توخطی)باکراس آرم ۲متری وسه عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع

آرایشهای مثلثی

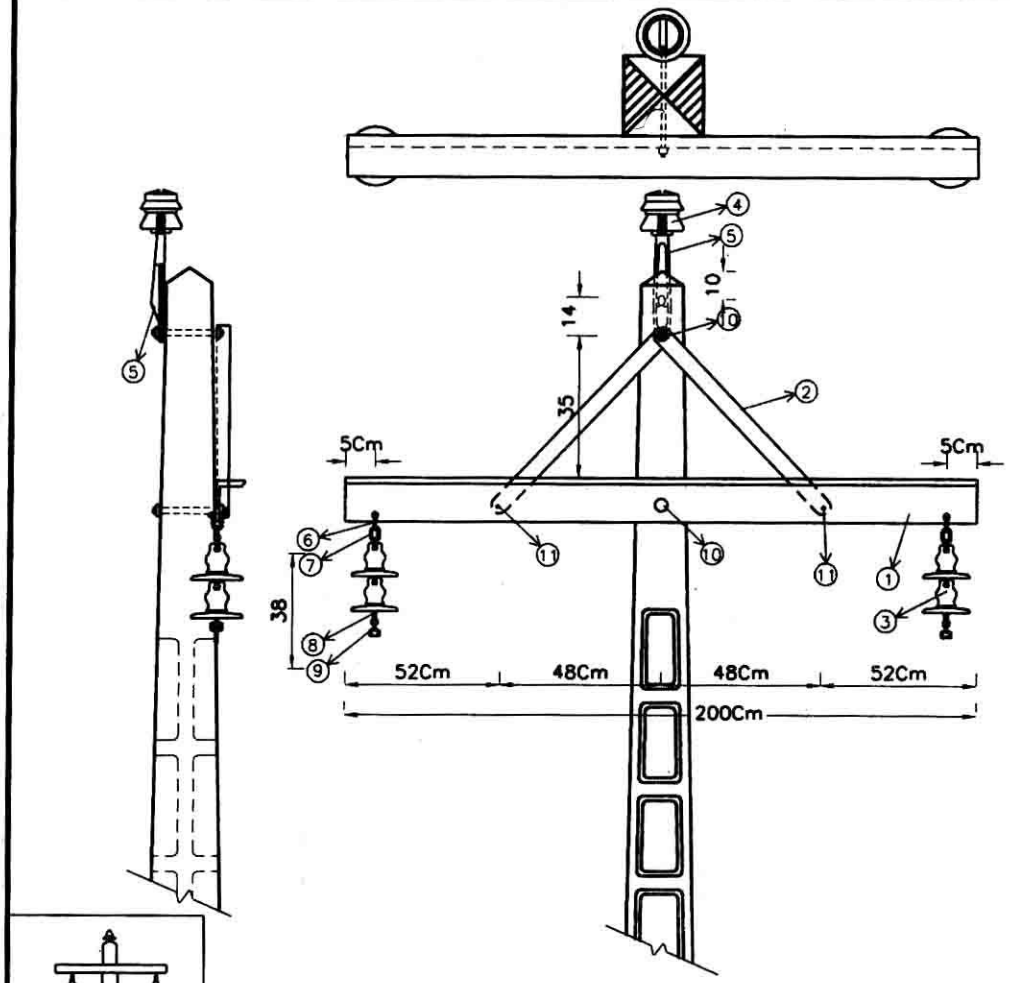
Update:	Drawn:
K.R-MI.	T.P.

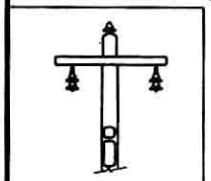
برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل TM مثلثی

آرایش پایه: صلیبی (پایه های میانی) با کراس آرم دو متری (و یا ۱٫۵ متری)

شامل یک مقره سوزنی راس تیر و دو زنجیره مقره بشقابی (دو تایی) در طرفین

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم فلزی ۲متری	ازنبشی‌نمره (7*70*70) میلی‌متر گالوانیزموزن‌تقریبی15kg جهت‌نصب	۱عدد	۷۱۹۴۰۰۴۸۱
۲	تسمه حامل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm) برای شبکه 20kv طبق استاندارد	۲عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	مقره بشقابی 20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع بال‌وسکوت‌نمره۱۶	۴عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۴	مقره سوزنی (میخی) 20kv		۱عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۵	پایه مقره سوزنی (راس تیر)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزهبرای شبکه20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۱عدد	۷۱۴۱۰۴۵۱۵
۶	رکاب انتهایی (یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع12000kg)	۲عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۷	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی‌گالوانیزهیا رابط‌گوشت‌کوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۲عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۸	رابط‌گیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت7000kg	۲عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۹	گیره آویزی	کلمپ آلومینیومی براساس‌اندازه چشمی ویا (نوع الف ، ۱۸میلیمتری نوع ب،۲۲میلیمتری،نوع ج۳۲میلیمتری	۲عدد	۷۱۶۳۰۴۳۶۰ ۷۱۶۲۰۴۳۵۱ ۷۱۶۲۰۴۳۴۱
۱۰	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(350*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۱۱	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(50*16)	با دوعدد واشر	۲عدد	۲۳۰۱۰۷۱۵۷





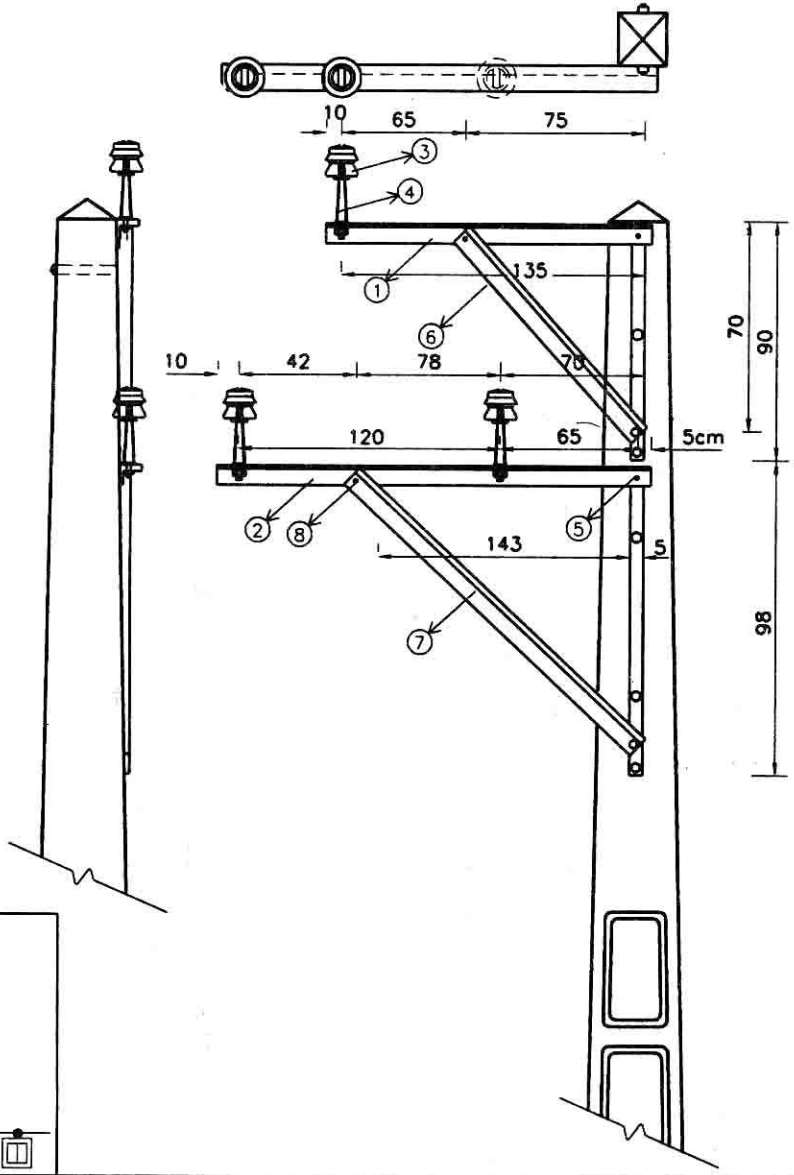
TM

دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش صلیبی(پایه‌های‌میانی)باکراس آرم ۲متری(یا۱٫۵متری)شامل یک مقره سوزنی راس تیرودوزنجیره مقره بشقابی(دوتائی)درطرفین	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای مثلثی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل F مثلثی

آرایش پایه:میانی (یکطرفه) با دو عدد کراس آرم ۱/۵ و ۲ متری و ۳ عدد مقره سوزنی

شماره	نام	شرب مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم فلزی ۱/۵متری	ازنبشی‌نمره (7*70*70) میلی‌متر گالوانیزه‌وزن‌تقریبی9kgf جهت‌نصب بصورت بازوی ⊥شکل یکطرفه	۱عدد	
۲	کراس آرم فلزی ۲متری	ازنبشی‌نمره (7*70*70) میلی‌متر گالوانیزه‌وزن‌تقریبی15kgf جهت‌نصب بصورت بازوی ⊥شکل یکطرفه	۱عدد	
۳	مقره سوزنی (میخی)20kv		۳عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی (میخی) پایه کوتاه	پین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۳عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	۴عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۶	نبشی‌حائل‌کراس‌آرم۱متری	ازنبشی‌گالوانیزه‌به‌ابعاد(5*400*400) میلیمترسوراخ‌کاری‌شده‌مطابق‌دیتیل	۱عدد	
۷	نبشی‌حائل‌کراس‌آرم۱/۷متری	ازنبشی‌گالوانیزه‌به‌ابعاد(5*400*400) میلیمترسوراخ‌کاری‌شده‌مطابق‌دیتیل	۱عدد	
۸	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*50)	یک‌سررزوه‌با دوعدد واشر فنری	۲عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰

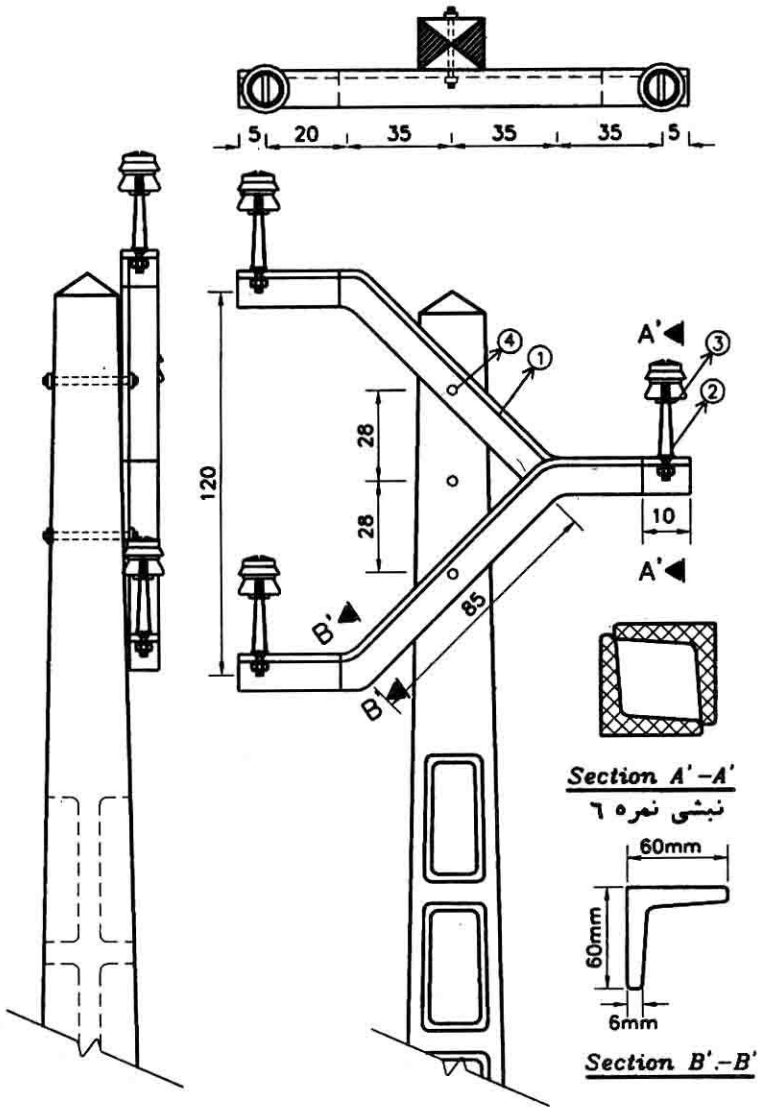


آرایشهای مثلثی Update: K.R–MI. Drawn: T.P.	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	آرایش پایه میانی یکطرفه با ۲عدد کراس آرم ⊥شکل بطول ۱/۵ و۲متری و ۳ عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت	دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت

برآورد لیست مصالح مورد نیاز یک پایه دیتیل TY مثلثی

آرایش پایه: میانی با کنسول جناقی V شکل با ۳ عدد مقره سوزنی

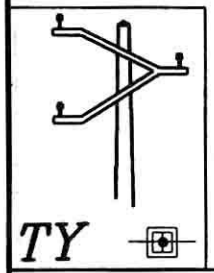
شماره ردیف	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کنسول جناقی (V شکل)	از نبشی نمره (7*60*60) مطابق دیتیل اجرایی TY وزن تقریبی 22kgf	۱ عدد	۷۱۹۴۰۴۰۱۴
۲	پایه مقره سوزنی (میخی) پایه کوتاه	پین طرفین از فولاد گالوانیزه برای شبکه 20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۳ عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۳	مقره سوزنی (میخی) 20kv		۳ عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	بیچ و مهره گالوانیزه میلی متر (16*300)	بیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره و دو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۲ عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱



Section A'-A'

نبشی نمره ٦

Section B'.-B'



TY

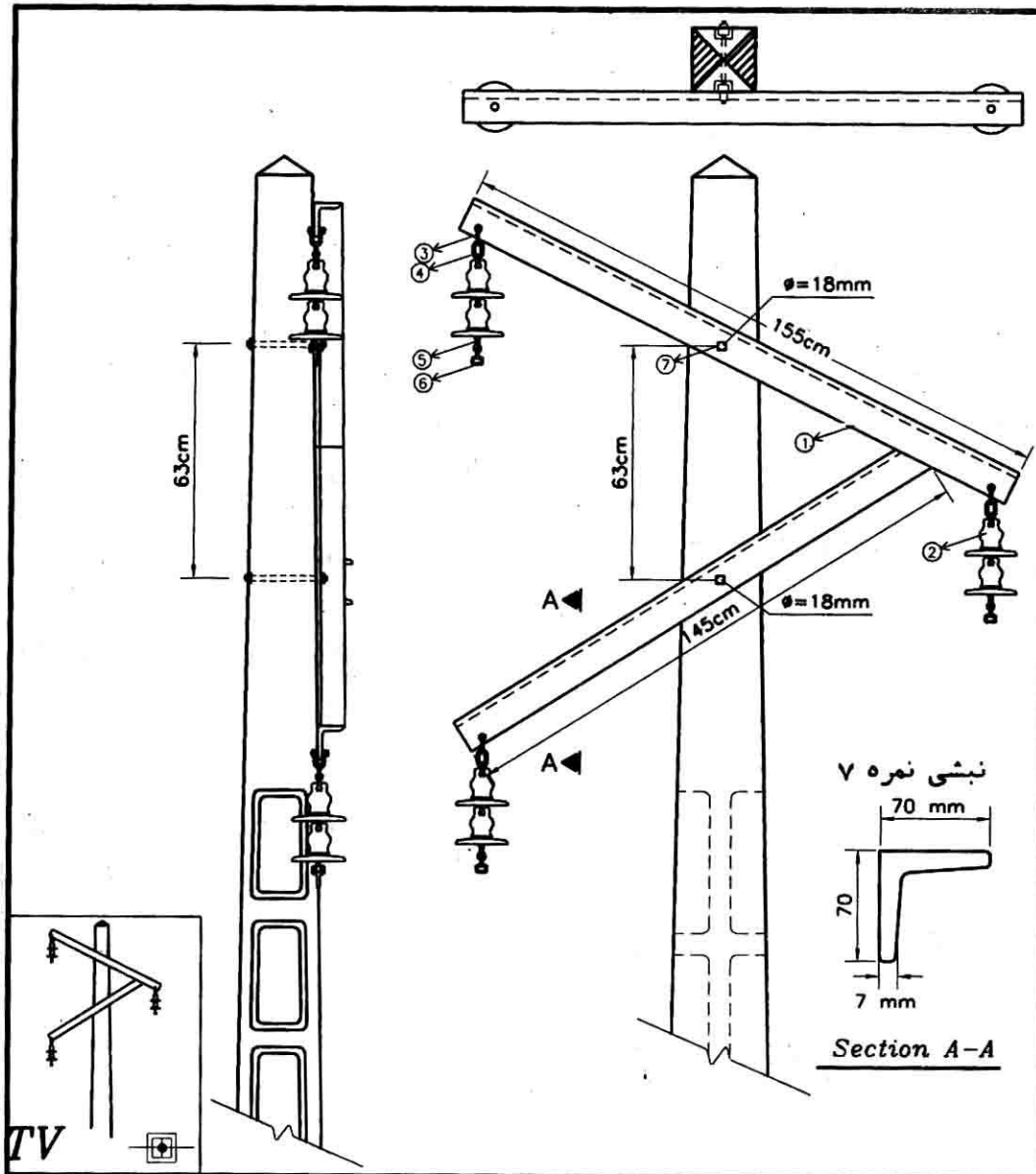
POWEREN.IR

دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی با کنسول جناقی شکل با ۳ عدد مقره سوزنی	کنسول، کراس آرم و آرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای مثلثی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل TV مثلثی

آرایش پایه:میانی با کنسول ۷ شکل و ۳ زنجیره مقره بشقابی (دو تایی) آویز با متعلقات کامل نگهدارنده

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کنسول ۷شکل نوع آویزی	از نبشی نمره (70*70*7) میلیمتر دو عدد ۱٫۵۵و۱٫۴۵متری جوش ویا پیچ شده گالوانیزه ووزن تقریبی ۲۰کیلوگرم	۱عدد	۷۱۹۴۰۴۰۱۴
۲	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره ۱۶	۶عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	رکاب انتهایی(یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	۳عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۴	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۳عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۵	رابطگیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	۳عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۶	گیره آویزی	کلمپ آلومینیومی براساس‌اندازه چشمی ویا (نوع الف ، ۱۸میلیمتری نوع‌ب،۲۲میلیمتری،نوع‌ج۳۲میلیمتری وباحداکثرقدرت۶۸۰۰کیلو گرم نیرو	۳عدد	۷۱۶۳۰۴۳۶۰ ۷۱۶۲۰۴۳۵۱ ۷۱۶۲۰۴۳۴۱
۷	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*300)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱



دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی - باکنسول۷ شکل و۳زنجیره مقره بشقابی آویز بامتعلقات کامل نگهدارنده	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای مثلثی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل DV مثلثی

آرایش پایه کششی - باکنسول۷شکل دوبل و۶زنجیره مقره بشقابی۲تائی

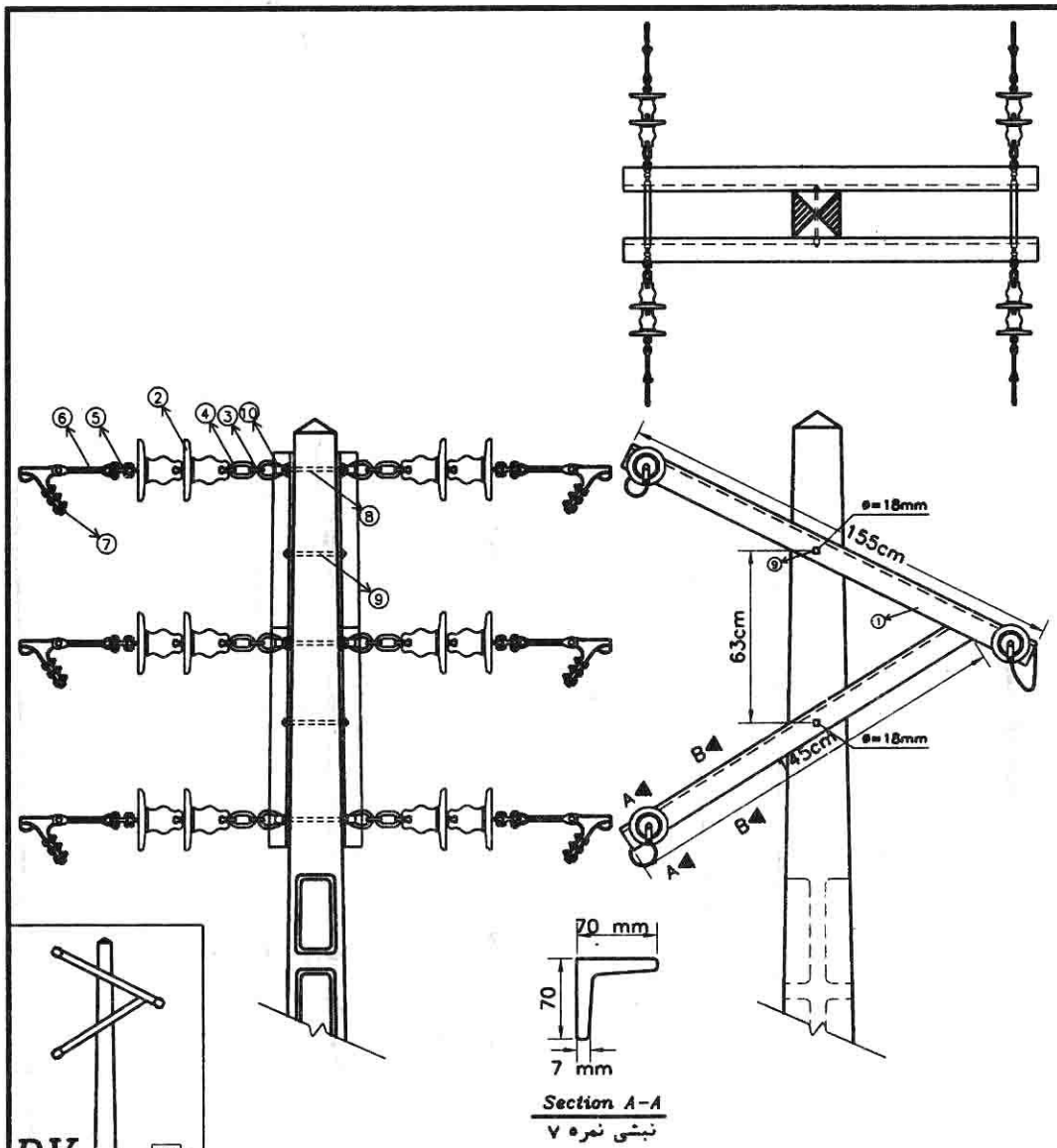
ومتعلقات کامل کششی (سیم گیر)وجلوبرمقره

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد واحد	شماره کالای انبار
۱	کنسول ۷ شکل انتهایی	ازنبشی نمره(70*70*7)میلی متر مربع دوعدد۱٫۵۵و۱٫۴۵متر جوش وپابیچ شده گالوانیزه وزن تقریبی ۲۰کیلو گرم	۲عدد	۷۱۹۴۰۴۰۱۴
۲	مقره بشقابی آویز20kv	۱۵هزار پوندی نوع بال وسکوت نمره ۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	رکاب انتهایی(یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۴	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۵	رابط‌گیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت12000kg	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۶	دوشاخه یامیله‌جلو بر مقره	لینک‌کششی،فولادگالوانیزه‌باحداکثر قدرت۷۰۰۰و۹۲۰۰۰kgنمره ۴۵۰ د38mm	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۷	گیره انتهای ۳پیچه	(تبانچه شکل)آلومینیومی	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۸	پیچ‌ومهره‌دوسررزوه450*16 میلیمتر	باسه مهره و۴عدد واشر تخت (50*50*3) میلی متر	۳عدد	
۹	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(400*16)	یک عدد مهرود وعدد واشرتخت (50*50*3) میلی متر	۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۱۰	مهره چشمی گالوانیزه نمره ۱۶	قابل اتصال به پیچ نمره ۱۶-حداقل قدرت‌مکانیکی5800kg مطابق‌بااستاندارد ل.م.۰۴۰۰	۶عدد	

* به جای دو قطعه رکاب انتهایی وگیرنده رکاب می توان از یک قطعه بال کلویس استفاده نمود.

**هر زنجیر مقره بشقابی (۲تایی) آویزی شبکه ۲۰کیلو ولت دارای ۲ عدد مقره بشقابی -بال کلویس (ویا به جای آن بزو زنجیر) رابط گیره آویز می باشد.

***برای هر سیم با قطر بیش از70mm گیره انتهایی ۵پیچی مورد استفاده قرار می گیرد.



دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه کششی - باکنسول۷شکل دوبل و۶زنجیره مقره بشقابی۲تائی ومتعلقات کامل کششی (سیم گیر)وجلوبرمقره	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای مثلثی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

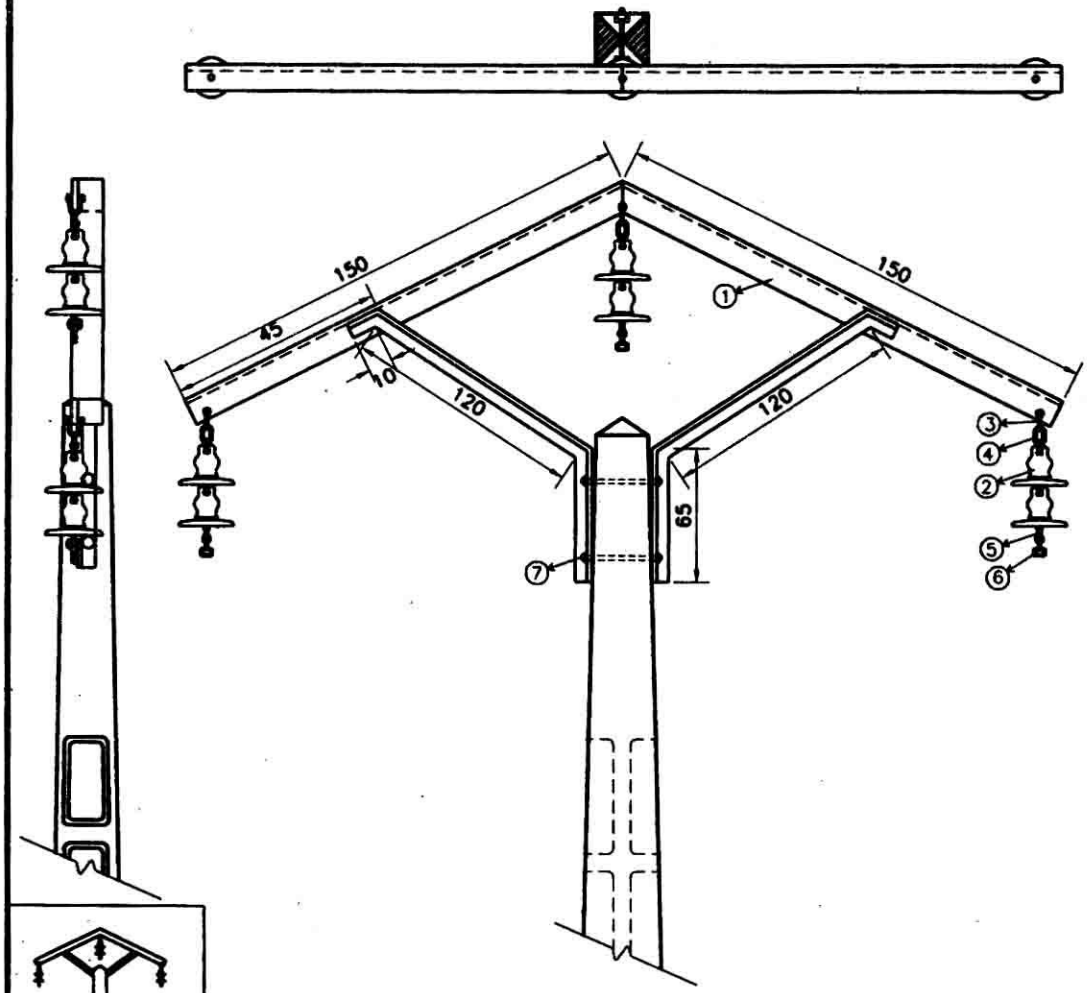
صفحه ۲۴۸ از ۲۵۰

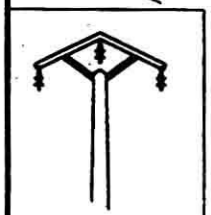
برآورد لیست مصالح مورد نیاز یک پایه دیتیل TA مثلثی

آرایش پایه: میانی با کنسول گنبدی (گوشواره ای شکل)،

۳ زنجیره مقره بشقابی (دو تایی) آویز با متعلقات کامل نگهدارنده سیم

ردیف	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کنسول گنبدی (گوشواره ای شکل)	وزن تقریبی 54kg از جوش دادن دو آلیاژ فلزی مورب به فرم گنبدی مطابق با دیتیل TA	۱ عدد	
۲	مقره بشقابی آویز 20kv	۱۵ هزار پوندی نوع بال و سکوت نمره ۱۶	۶ عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	رکاب انتهایی (بازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	۳ عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۴	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۳ عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۵	رابط گیره ما انتهایی (مادگی چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم (یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kg	۳ عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۶	گیره آویزی	کلمپ آلومینیومی براساس اندازه چشمی ویا (نوع الف ، ۱۸ میلیمتری نوع ب ۲۲۰ میلیمتری نوع ج ۳۲ میلیمتری	۳ عدد	۷۱۶۳۰۴۳۶۰ ۷۱۶۲۰۴۳۵۱ ۷۱۶۲۰۴۳۴۱
۷	بیچ ومهره گالوانیزه میلی متر (16*450)	بیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر	۲ عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰





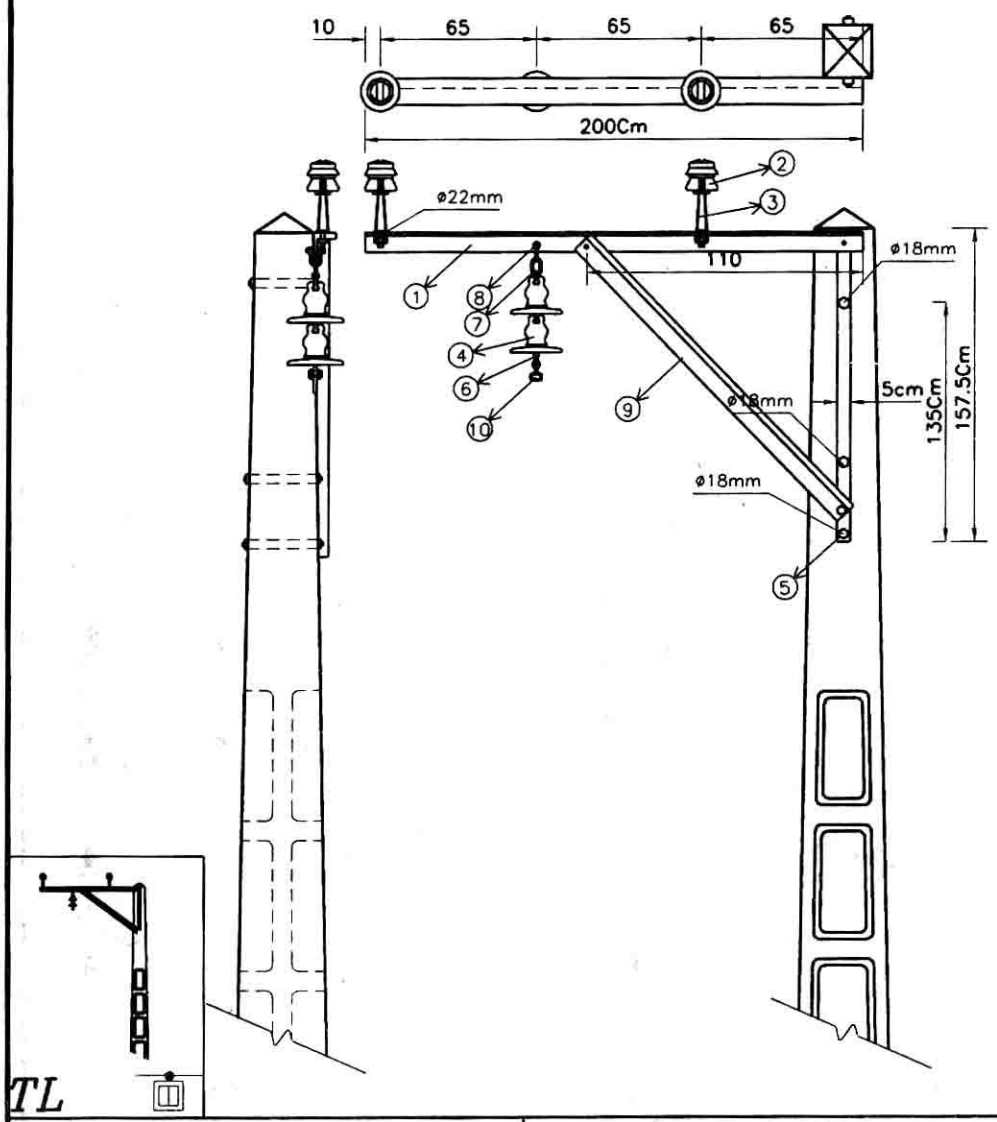
TA

دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی - با کنسول گنبدی (تاجی شکل) با ۳ زنجیر مقره بشقابی ۲ تایی آویز و متعلقات کامل نگهدارنده سیم	کنسول، کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای مثلثی Update: K.R–MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل TL مثلثی

آرایش پایه:میانی - یکطرفه با کراس آرم دو متری L شکل و دو مقره سوزنی در طرفین و یک زنجیره مقره بشقابی آویزی در وسط

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم (کنسول L شکل) ۲متری	وزن تقریبی(16kg)گالوانیزه مطابق استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	۷۱۹۴۰۷۰۱۶
۲	مقره سوزنی (میخی)20kv		۲عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۳	پایه مقره سوزنی (میخی) پایه کوتاه	پین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۲عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۴	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره ۱۶	۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۵	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*300)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (3*50*50) میلی متر	۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۶	رابطگیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت7000kgf	۱عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۷	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۱عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۸	رکاب انتهایی(یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع12000kg)	۱عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۹	نبشی حائل کراس آرم به طول ۲متر	نبشی به ابعاد (7*70*70) بطول ۲متر	۱عدد	
۱۰	گیره آویزی	کلمپ آلومینیومی براساس‌اندازه چشمی ویا (نوع الف ، ۱۸میلیمتری نوع ب،۲۲میلیمتری،نوع ج۳۲میلیمتری وباحداکثرقدرت۶۸۰۰کیلو گرم نیرو	۱عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱



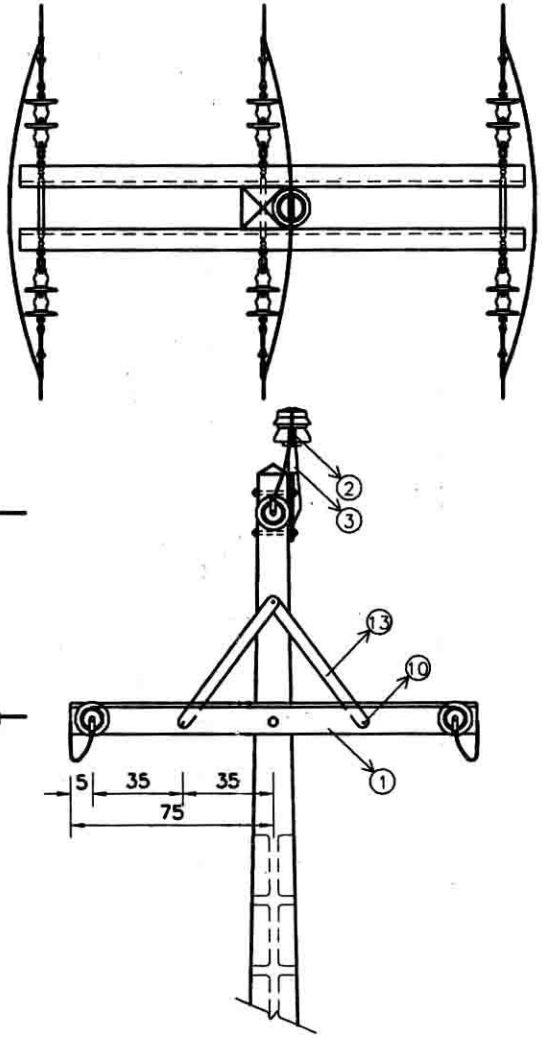
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش‌پایه میانی-یکطرفه باکراس آرم ۲متری L‌شکل ودومقره سوزنی درطرفین ویک زنجیرمقره بشقابی آویزی دروسط	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای مثلثی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

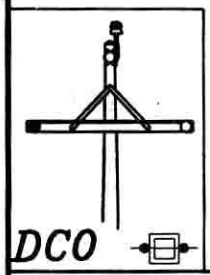
صفحه ۲۵۰

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیلDCO مثلثی

آرایش پایه:کششی با کراس ۱٫۵ متری (از نبش نمره ۶۰) و ۶ زنجیره مقره بشقابی دوتایی و متعلقات کامل کششی (سیم گیر و یک مقره سوزنی راس تیر).

شماره	نام	شرب مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم فلزی ۱٫۵متری	ازنبشی‌نمره (60x60x6)گالوانیزه ووزن‌تقریبی 9kgf سوراخ‌کاری‌شده استاندارد وزارت نیرو	۲عدد	
۲	مقره سوزنی (میخی)20kv		۱عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۳	پایه مقره سوزنی (سر تیری)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی بامهره وواشر	۱عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۴	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع بال‌وسکوت‌نمره۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۵	رکاب انتها بر(یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع kg12000)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۶	گیرنده رکاب (تر)	(بال آی‌گالوانیزه‌یا رابط‌گوشت‌کوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۷	رابط‌گیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(با کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۸	دوشاخه یامیله‌جلو بر مقره	لینک‌کششی،فولادگالوانیزه‌باحداکثر قدرت۷۰۰۰و۱۲۰۰۰kgfنمره ۴۵ در36mm	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۹	گیره انتهای (۳پیچه)	طپانچه ای شکل آلومینیومی	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۱۰	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه16*50mm	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودوعددواشرتخت50*50*3mm	۲عدد	۲۳۰۱۰۷۱۵۷
۱۱	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه16*350mm	یک سر رزوه مهره‌وواشربه نمره 14*350mm	۳عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۱۲	پیچ‌ومهره‌دوسررزوه(تمام‌رزوه)	به نمره450mm* با دو مهره	۳عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۵
۱۳	تسمه حامل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (5*30*698mm)مطابق بادیتیل	۲عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۱۴	مهره چشمی گالوانیزه نمره ۱۶		۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰



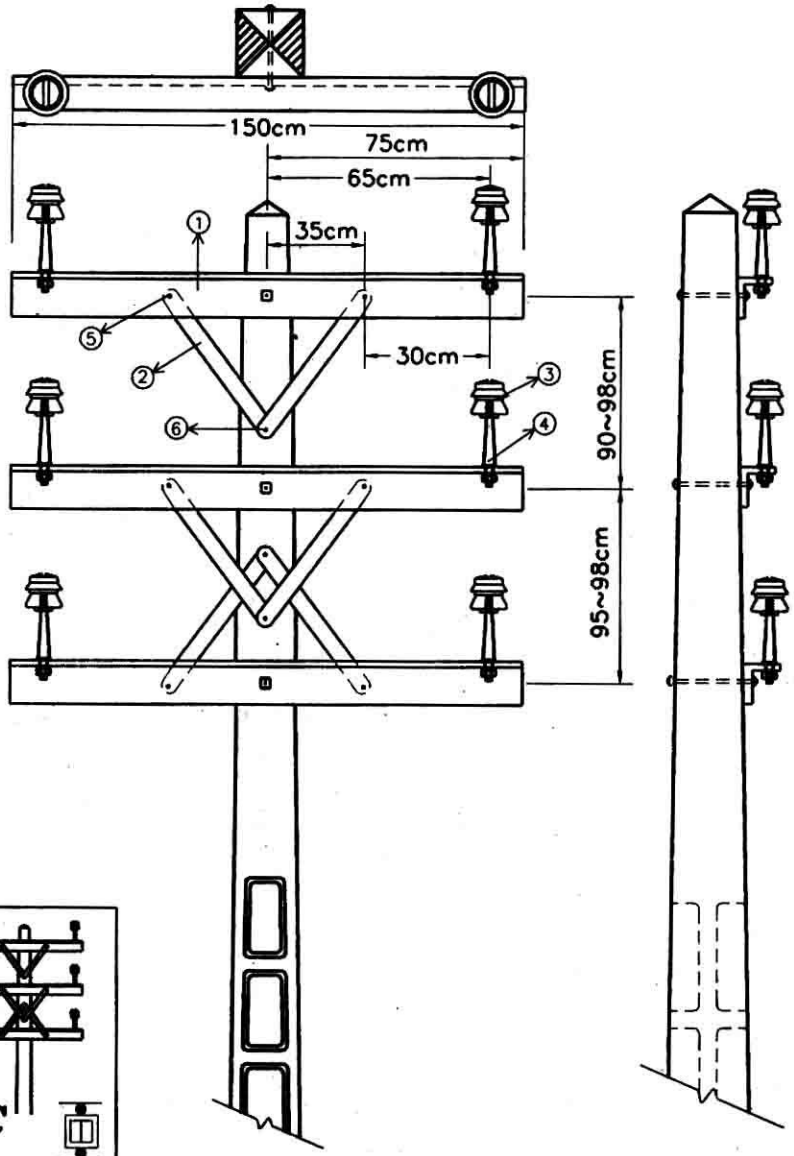


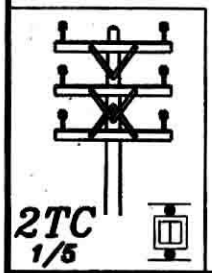
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه کششی با کراس آرم ۱٫۵متری (از نبشی نمره ۷) و۶زنجیره مقره بشقابی۲تایی و متعلقات کامل کششی (سیم گیر و یک مقره سوزنی راس تیر)	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای مثلثی Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل 2TC دو مداره

آرایش پایه : میانی دو مداره با ۳عدد کراس آرم ۱٫۵متری و۶مقره‌سوزنی۲۰کیلوولت‌وبین‌مربوطه

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم فلزی ۱٫۵متری	ازنبشی‌نمره (9*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی 9kgf سوراخ‌کاری‌شده مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۳عدد	
۲	تسمه حایل (بریس)	ازتسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد 700*50*5mm سوراخ کاری مطابق بادیتیل اجرایی	۶عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	مقره سوزنی (میخی)20kv		۶عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی (پایه کوتاه)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۶عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*50)	گالوانیزه گرم باواشر فنری	۶عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۶	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۳عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸



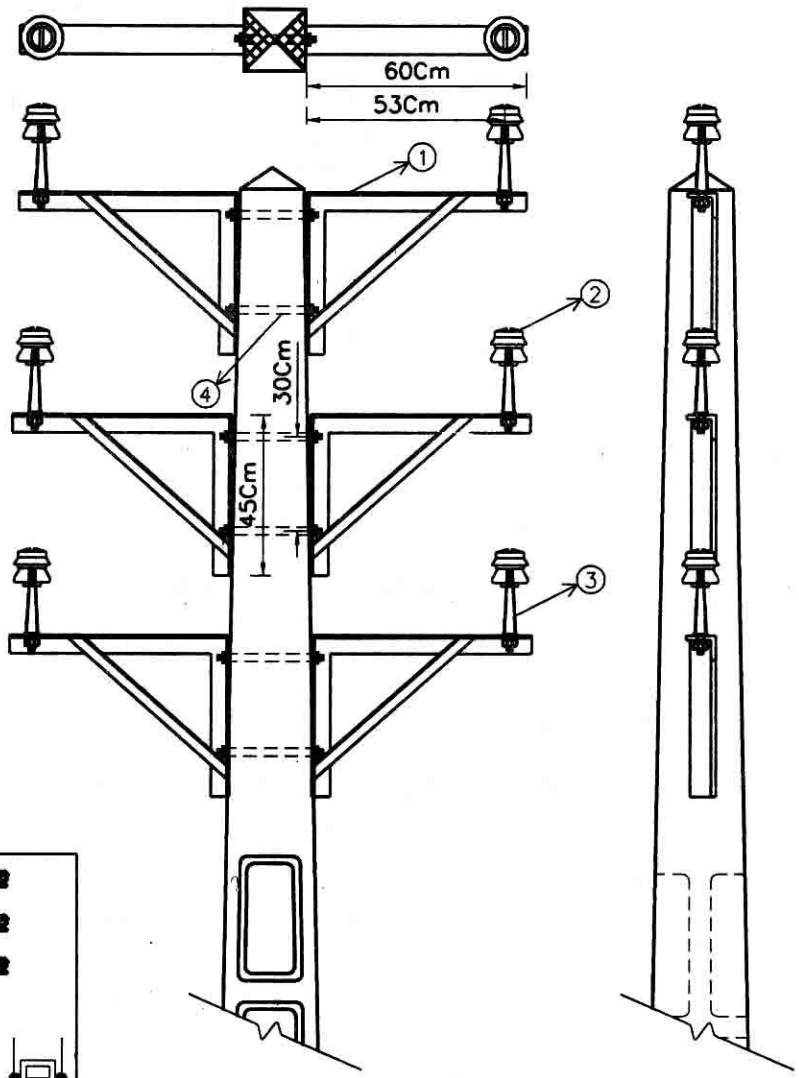


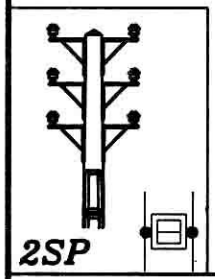
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی دومداره - با ۳کراس آرم ۱٫۵متری و۶ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت و بین مربوطه	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای دومداره Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل2SP دو مداره

آرایش پایه : میانی دو مداره با کنسول پرچمی قائم (یکطرفه آویزی- نوع سوزنی) و۶مقره‌سوزنی۲۰کیلوولت‌وپین‌مربوطه

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کنسول‌پرچمی‌یک‌طرفه (قائم)	ساخته شده با دیتیل ساخت کنسول S قائم	۶عدد	
۲	مقره سوزنی (میخی)20kv		۱۲عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۳	پایه مقره سوزنی (پایه کوتاه)	پین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه20kvساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۶عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۴	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(300*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱



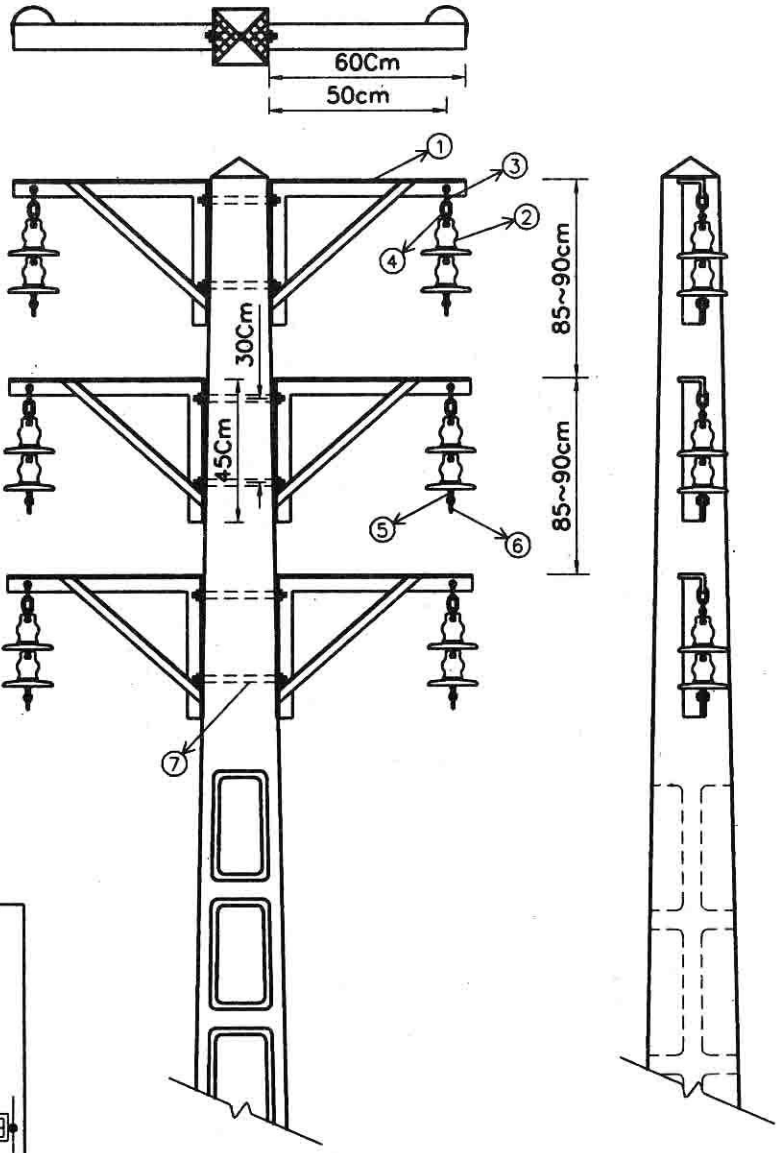


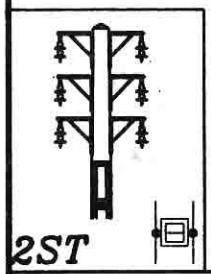
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی دومداره با کنسول پرچمی (یکطرفه قائم - نوع سوزنی) و ۶مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت وپین مربوطه	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای دومداره Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل 2ST دو مداره

آرایش پایه میانی دو مداره با کنسول پرچمی قائم (یکطرفه آویزی) و۶زنجیره مقره بشقابی (دو تایی)

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کنسول پرچمی یک طرفه (قائم)	ساخته شده با دیتیل ساخت کنسول S قائم	۶عدد	
۲	مقره بشقابی 20kv	۱۵هزار پوندی نوع بال و سکوت نمره ۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	رکاب انتهایی (یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۴	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشت کوبی از فولاد گالوانیزه گرم ۱۰هزار اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۵	رابط گیره آویز (مادگی چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۶	گیره آویز	کلمپ آلومینیوم بر اساس اندزه چشمی یا قطر سیم (نوع الف ۱۸۰ میلی متر - نوع ب ، ۲۲ میلی متر نوع ج ۳۲میلی متر)	۶عدد	۷۱۶۲۰۴۳۶۰ ۷۱۶۲۰۴۳۵۱ ۷۱۶۲۰۴۳۴۱
۷	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(300*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱





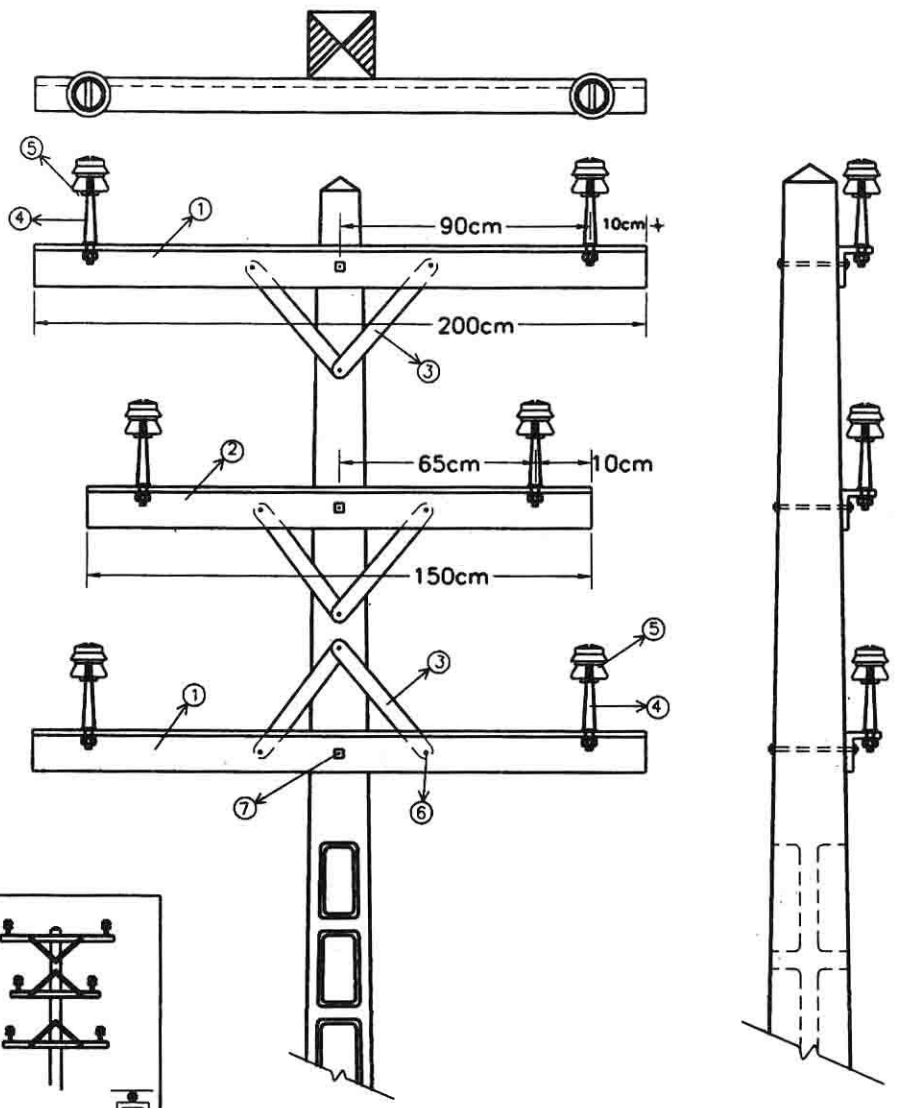
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی دومداره با کنسول پرچمی (یکطرفه آویزی) زنجیرمقره بشقابی دوتایی	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای دومداره Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

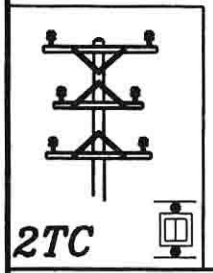
صفحه ۲۵۴

برآورد لیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل 2TC دو مداره

آرایش پایه:میانی دو مداره با کراس آرم های ۱٫۵ و ۲ متری و ۶ مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت و بین طرفین

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم فلزی ۲متری (کنسول مستقیم)	ازنبشی‌نمره (9*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی 16kgf سوراخ‌کاری‌شده استاندارد وزارت نیرو	۲عدد	
۲	کراس آرم فلزی ۱٫۵متری (کنسول مستقیم)	ازنبشی‌نمره (9*70*70) گالوانیزه ووزن‌تقریبی 12kgf سوراخ‌کاری‌شده استاندارد وزارت نیرو	۱عدد	
۳	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه 20kv طبق استاندارد	۶عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۴	پایه مقره سوزنی (پایه‌کوتاه)	بین طرفین‌از فولادگالوانیزه‌برای شبکه 20kv ساخته شده بر اساس دیتیل اجرایی	۶عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۵	مقره سوزنی (میخی) 20kv		۶عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۶	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*50)	با واشر فنری گالوانیزه	۶عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۷	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸





* در موارد مشابه (به صورت طرح قدیم) به طول ۱٫۹متری نیز استفاده شود.

** در موارد مشابه (به صورت طرح قدیم) به طول ۱٫۶متری نیز استفاده شود.

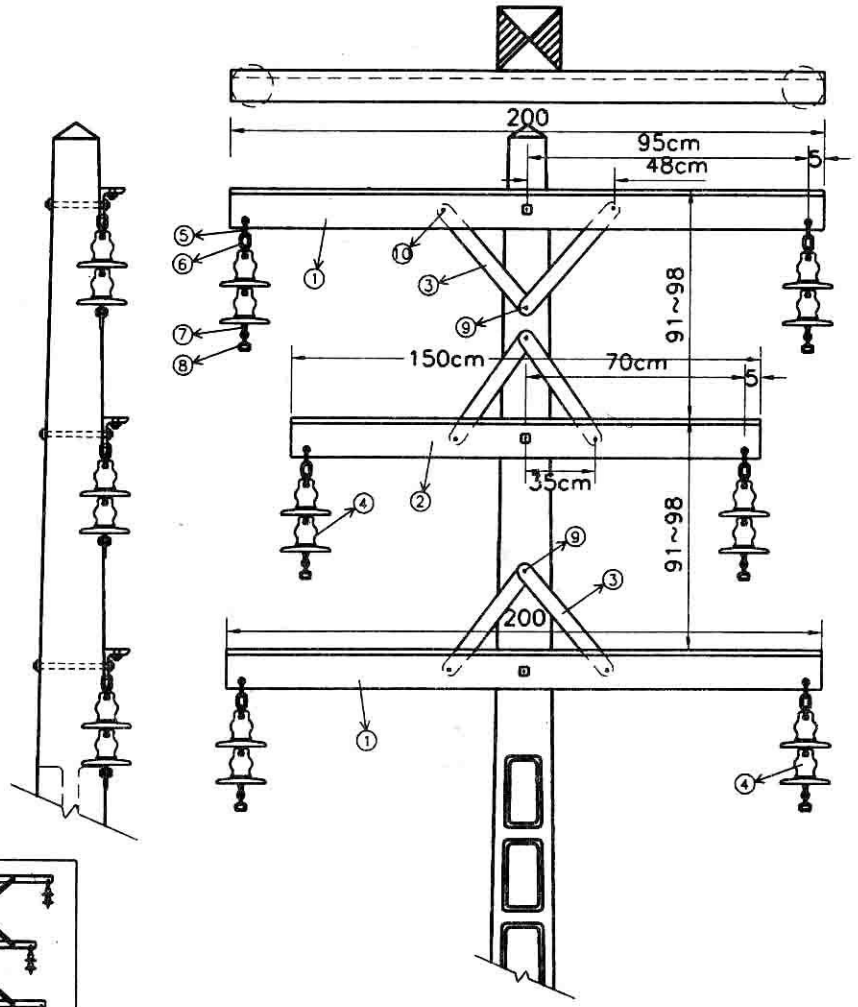
*** یک نوع دیگر همین آرایش استفاده از ۲ عدد کراس آرم ۱٫۵ متری در بالا وپایین ویک عدد کراس آرم ۲متری در وسط می باشد که برآورد مصالح آن به همان شرح فوق بوده فقط تعداد کراس آرم ها جایگزین شود.

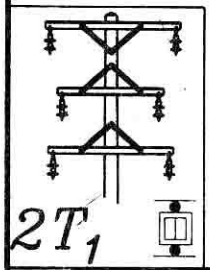
آرایشهای دومداره	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	آرایش پایه میانی دومداره با کراس آرم های ۱٫۵ و۲ متری و ۶مقره سوزنی پائینی طرفین	دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت
Update: K.R-MI.	Drawn: T.P.			

برآورد لیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل $2T_1$ دو مداره

آرایش پایه:میانی دومداره - با کراس آرم ۱٫۵ و ۲ متری (۲ عدد) و ۶ زنجیره مقره بشقابی دو تایی آویز

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم فلزی ۲متری (کنسول مستقیم)	از نبشی نمره 70*70*9mm سوراخ کاری شده با گالوانیزه	۲عدد	
۲	کراس آرم فلزی ۱٫۵متری (کنسول مستقیم)	از نبشی نمره 70*70*9mm سوراخ کاری شده با گالوانیزه	۱عدد	
۳	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه20kv طبق استاندارد	۶عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۴	مقره بشقابی20kv	۱۵هزارپوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۵	رکاب انتهایی(بازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه‌گرم نوع (2000kg	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۶	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی‌گالوانیزه‌یا رابط‌گوشت‌کوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۷	رابط‌گیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۸	گیره آویزی	کلمپ آلومینیومی براساس‌اندازه	۶عدد	۷۱۶۳۰۴۳۶۰
		چشمی ویا (نوع الف ، ۱۸میلیمتری		۷۱۶۲۰۴۳۵۱
		نوع ب،۲۲۰میلیمتری،نوع ج۳۲میلیمتری		۷۱۶۲۰۴۳۴۱
۹	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(350*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۱۰	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(50*16)	با واشر فنری	۶عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰

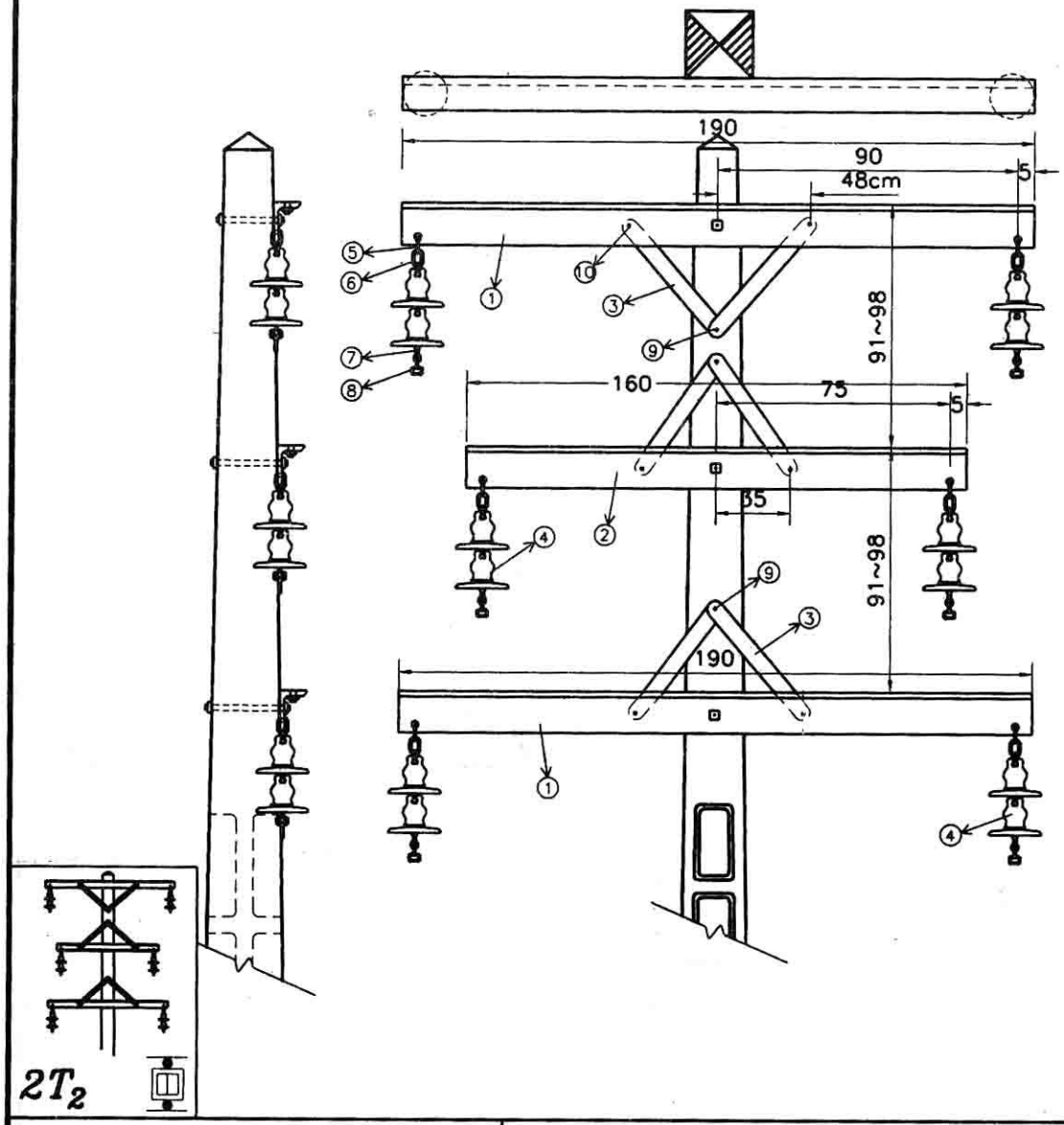




دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی دومداره - با کراس آرم های ۱٫۵و۲ متری و ۶ زنجیره مقره بشقابی دوتائی آویز	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای دومداره	صفحه ۲۵۶
				Update: K.R-MI. / Drawn: T.P.	

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل $2T_2$ دو مداره
آرایش پایه:میانی دو مداره - با کراس آرم ۱/۶ و ۱/۹ متری (۲ عدد) و
و ۶ زنجیره مقره بشقابی دوتایی آویز

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای‌انبار
۱	کراس آرم فلزی ۱/۹متری (کنسول مستقیم)	از نبشی نمره 70*70*9mm سوراخ کاری شده با گالوانیزه	۲عدد	
۲	کراس آرم فلزی ۱/۶متری (کنسول مستقیم)	از نبشی نمره 70*70*9mm سوراخ کاری شده با گالوانیزه	۱عدد	
۳	تسمه حایل (بریس)	از تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد (700*50*5mm)برای شبکه 20kv طبق استاندارد	۶عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۴	مقره بشقابی20kv	۱۵هزاریوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۵	رکاب انتهایی (بازنجیر)	(باشیکل گالوانیزه گرم نوع(12000kg	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۶	گیرنده رکاب (تر)	(بال آی‌گالوانیزه‌یا رابط‌گوشت‌کوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۷	رابط‌گیره‌انتهایی(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۸	گیره آویزی	کلمپ آلومینیومی براساس‌اندازه چشمی ویا (نوع الف ، ۱۸میلیمتری نوع‌ب،۲۲۰میلیمتری،نوع‌ج۳۲میلیمتری	۶عدد	۷۱۶۳۰۴۳۶۰ ۷۱۶۲۰۴۳۵۱ ۷۱۶۲۰۴۳۴۱
۹	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(350*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۱۰	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(50*16)	با واشر فنری	۶عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰



دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه میانی دومداره - با کراس آرم های ۱/۶ و۱/۹ متری (۲عدد)و۶ زنجیره مقره بشقابی دوتائی آویز	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای دومداره Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل 2D دو مداره

آرایش پایه : دو مداره‌کششی‌با کراس آرم های ۱٫۵و۲متری و۱۲ زنجیر مقره بشقابی (دو تایی)لینک کششی

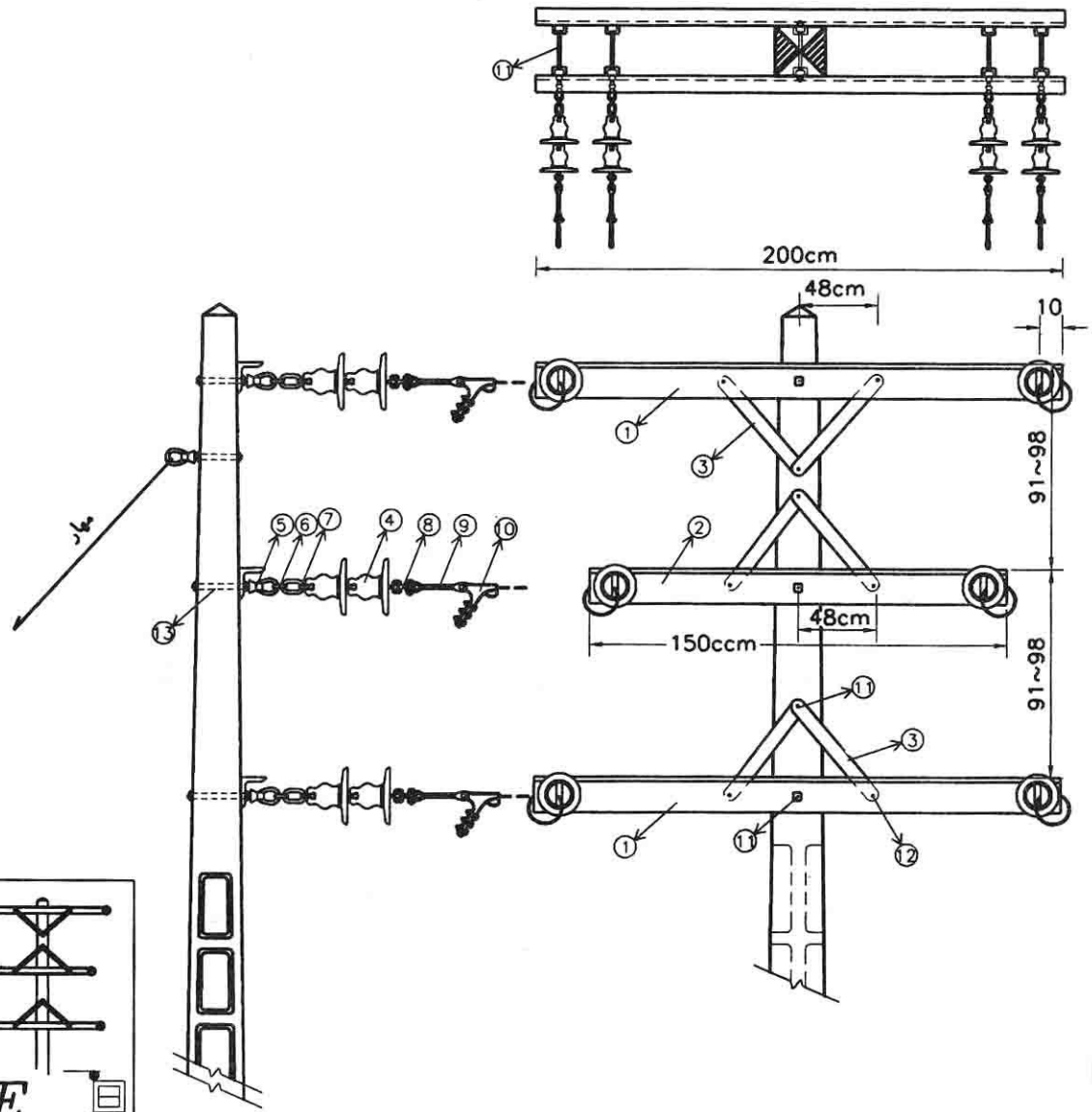
شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای انبار
۱	کراس آرم (کنسول مستقیم) فلزی ۲متری	ازنبشی‌نمره (9*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی18kgfسوراخ‌کاری‌شده	۴عدد	
۲	کراس آرم (کنسول مستقیم) فلزی ۱٫۵متری	ازنبشی‌نمره (9*70*70)گالوانیزه ووزن‌تقریبی10kgfسوراخ‌کاری‌شده	۲عدد	
۳	مقره بشقابی20kv	۱۵هزاریوندی‌نوع‌بال‌وسکوت	۲۴عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۴	مهره چشمی گالوانیزه‌نمره ۱۶	گالوانیزه گرم متناسب برای پیچ نمره ۱۶ میلیمتری	۱۲عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۵	رکاب انتهایی(یازنجیر)	(یاشیکل گالوانیزه گرم نوع(12000kg	۱۲عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۶	گیرنده رکاب (نر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۱۲عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۷	رابطگیره آویز(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت7000kg	۱۲عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۸	دوشاخه یامیله‌جلو بر مقره	لینک‌کششی‌بفولادگالوانیزه‌باحداکثر قدرت۷۰۰۰و۱۲۰۰۰kgنمره ۴۵۰ د38mm	۱۲عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۹	گیره انتهای (سوم گیر)	طپانچه ای شکل‌متناسب‌باقطرسیم ، به صورت ۳و۴یا۵ پیچه	۱۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۱۰	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*450)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۱۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۱۱	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه‌دوسررزوه (16*500)میلیمتر	از فولاد گالوانیزه با چهار مهره	۶عدد	
۱۲	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(16*50)	گالوانیزه گرم باواشر فنری	۱۲عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۱۳	تسمه حایل (بریس)	ازفولادبه‌مقطع50*50به‌طول700 گالوانیزه گرم	۱۲عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳

*در موارد مشابه (به صورت طرح قدیم)به طول ۱٫۹متری نیز استفاده شده است.

** در موارد مشابه (به صورت طرح قدیم)به طول ۱٫۶متری نیز استفاده شده است.

*** همین آرایش می تواند(متناسب با طرح پایه های میانی) با استفاده از ۲عدد دوبل کراس آرم ۱٫۵ متری در بالا وپایین یک عدد دوبل کراس آرم ۲متری در وسط به کار برده شود برآورد لیست مصالح به همان

دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه دومداره کششی با کراس آرم های دوبل ۱٫۵و۲متری و ۱۲ زنجیر مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای دومداره Update: K.R-MI. Drown: T.P.



برآورد لیست مصالح مورد نیاز یک پایه دیتیل 2E دو مداره

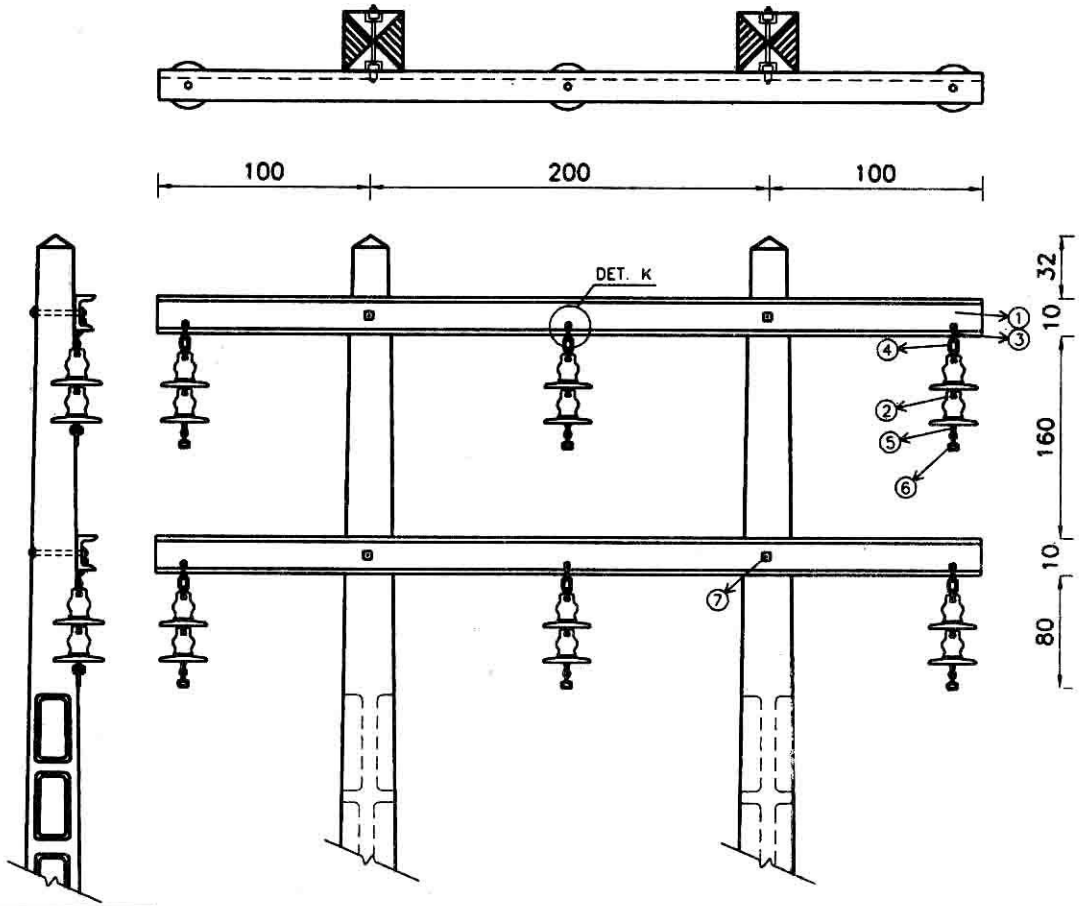
آرایش پایه دومداره انتهایی باکراس آرم های دوبل ۱٫۵و۲متری و ۱۲ زنجیر مقره بشقابی (دو تایی) لینک کشی

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم (کنسول مستقیم) فلزی ۲متری	ازنبشی نمره (9*70*70) گالوانیزه ووزن تقریبی 18kgf سوراخ کاری شده	۴عدد	
۲	کراس آرم (کنسول مستقیم) فلزی ۱٫۵متری	ازنبشی نمره (9*70*70) گالوانیزه ووزن تقریبی 10kgf سوراخ کاری شده	۲عدد	
۳	تسمه حامل (بریس)	ازفولاد به مقطع 50*50 به طول 700 گالوانیزه گرم	۱۲عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۴	مقره بشقابی 20kv	۱۵عزار پوندی نوع بال و سوکت	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۵	مهره چشمی گالوانیزه نمره ۱۶	گالوانیزه گرم متناسب برای پیچ نمره ۱۶ میلیمتری	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۶	رکاب انتهایی (بازنجیر)	(پاشیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۷	گیرنده رکاب (تر)	(بال آی گالوانیزه با رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۸	رابط گیره انتهایی (مادگی چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم (یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kgf	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۹	دوشاخه یا میله جلو بر مقره	لینک کشی، فولاد گالوانیزه با حداکثر قدرت ۷۰۰۰ و ۱۲۰۰۰kg نمره ۴۵۰ در 38mm	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۱۰	گیره انتهای (سیم گیر)	طپانچه ای شکل متناسب با قطر سیم ، به صورت ۳*۴ و یا ۵ پیچه	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۱۱	پیچ و مهره گالوانیزه میلی متر(16*400)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۱۲	پیچ و مهره گالوانیزه میلی متر(16*50)	گالوانیزه گرم باواشر فنری	۱۲عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۱۳	پیچ و مهره گالوانیزه دوسر رزوه (16*450) میلیمتر	تمام رزوه با ۴مهره و ۴ واشر تخت	۶عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰

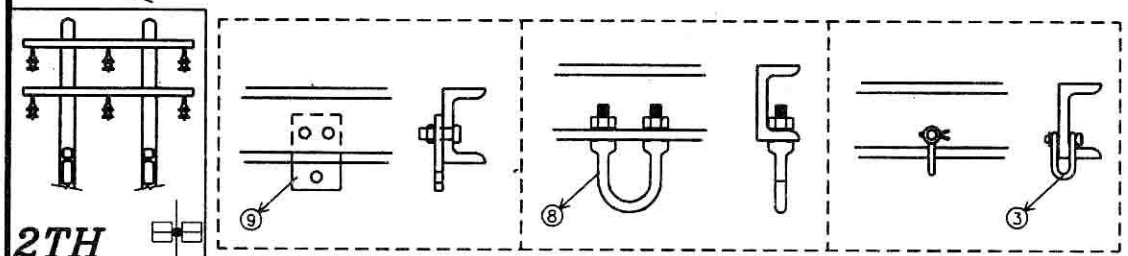
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه دومداره انتهائی با کراس آرم های دوبل ۱٫۵و۲متری و ۶زنجیر مقره بشقابی (۲تائی) لینک کشی	کنسول، کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای دومداره Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل 2TH دو مداره

آرایش پایه دوبل دومداره (تیپH) میانی ازکراس آرم (۴متری) ناودانی نمره ۸ و ۶ زنجیره بشقابی ۲ تایی‌آویز



شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای انبار
۱	کراس‌آرم‌های۴متری‌ازناودانی نمره ۸ فلزی	وزن تقریبی32/5kgf سوراخ کاری گالوانیزه شده مطابق دیتیل	۲عدد	
۲	مقره بشقابی‌آویز 20kv	۱۵هزاریوندی‌نوع‌بال‌وسکوت‌نمره ۱۶	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	رکاب انتهایی(بازنجیر)	(باشیکل گالوانیزه گرم نوع12000kg)	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۱۱
۴	گیرنده رکاب (ر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۵	رابط‌گیره‌انتهایی(بادگی‌چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم(یا کله گاوی) با حداکثر قدرت7000kg		۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۶	گیره آویز	کلمپ آلومینیوم بر اساس اندزه چشمی یا قطر سیم (نوع الف ۱۸۰ میلی متر - نوع ب ۲۲۰ میلی متر نوع ج ۳۲میلی متر)	۶عدد	۷۱۶۲۰۴۳۶۰ ۷۱۶۲۰۴۳۵۱ ۷۱۶۲۰۴۳۴۱
۷	پیچ ومهره گالوانیزه میلی متر(350*16)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۴عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۸*	پیچU‌شکل‌بامهره‌های‌مربوطه	مطابق با دیتیل U bolt در فصل یراق آلات	۶عدد	
۹*	صفحه گوشواره‌دار (پیلت)	مطابق با دیتیل در فصل یراق آلات	۳عدد	
*	درصورت‌استفاده‌ازروشهای موردنظرلازم خواهند شد	DET. K		



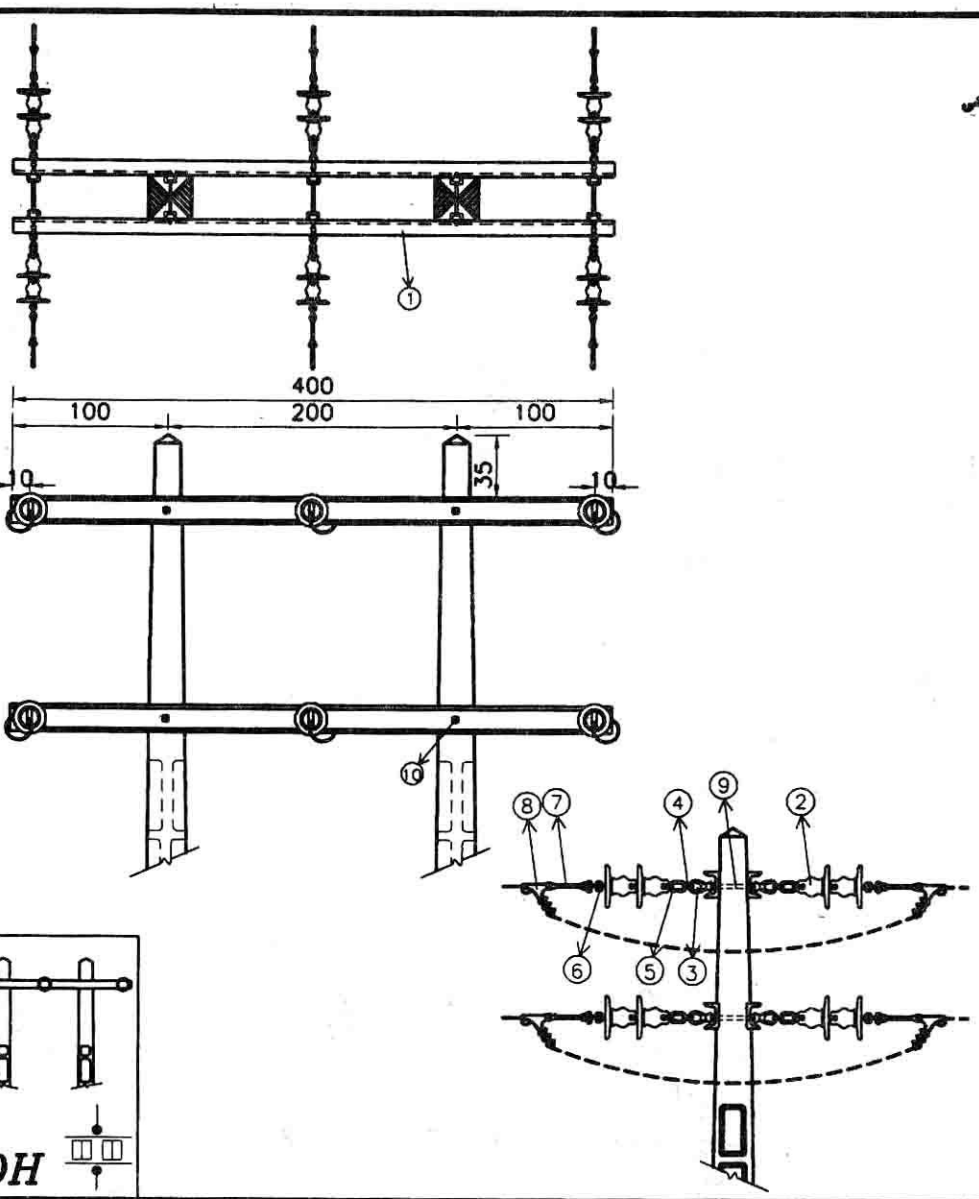
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه دوبل دومداره میانی (تیپ H)از کراس آرم ناودانی نمره ۸ بطول ۴متر و ۶ زنجیره مقره بشقابی (دوتائی)آویز	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای دومداره Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

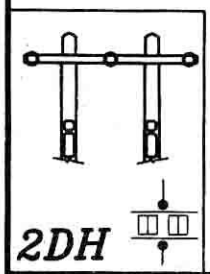
صفحه ۳۶

برآورد لیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل 2DH دو مداره

آرایش پایه دوبل دومداره کششی (تیپ ب) از کراس آرم ناودانی نمره ۱۲ بطول ۴متر و۱۲زنجیرمقره بشقابی (۲تایی)لینک کششی

ردیف	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم فلزی ناودانی نمره ۱۲	ناودانی نمره ۱۲ به طول ۴متر به وزن تقریبی ۳۵/۵متر گالوانیزه و سوراخکاری مطابق با استاندارد وزارت نیرو	۴عدد	
۲	مقره بشقابی آویز 20kv	۱۵هزار پوندی نوع بال و سکوت نمره ۱۶	۲۴عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	مهره چشمی گالوانیزه نمره ۱۶		۱۲عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۴	رکاب انتهایی (یا زنجیر)	(یا شیکل گالوانیزه گرم نوع 12000kg)	۱۲عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۵	گیرنده رکاب (تر)	(بال آی گالوانیزه یا رابط گوشتکی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال نمره ۱۶)	۱۲عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۶	رابط گیره انتهایی (مادگی چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم (یا کله گاوی) با حداکثر قدرت 7000kg	۱۲عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۷	دوشاخه یا میله جلو بر مقره	لینک کششی، فولاد گالوانیزه با حداکثر قدرت ۷۰۰۰ و ۱۲۰۰۰kg نمره ۴۵۰ و 38mm	۱۲عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۸	گیره انتهای (سیم گیر)	طپانچه ای شکل متناسب با قطر سیم ، به صورت ۳،۴ و یا ۵ پیچه	۱۲عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۹	پیچ و مهره گالوانیزه دوسر رزوه (16*450) میلیمتر	گالوانیزه گرم با ۴ مهره و ۴ واشر تخت	۶عدد	
۱۰	پیچ و مهره گالوانیزه میلی متر(16*350)	پیچ یک سر رزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت (مربعی) (50*50*3) میلی متر	۴عدد	



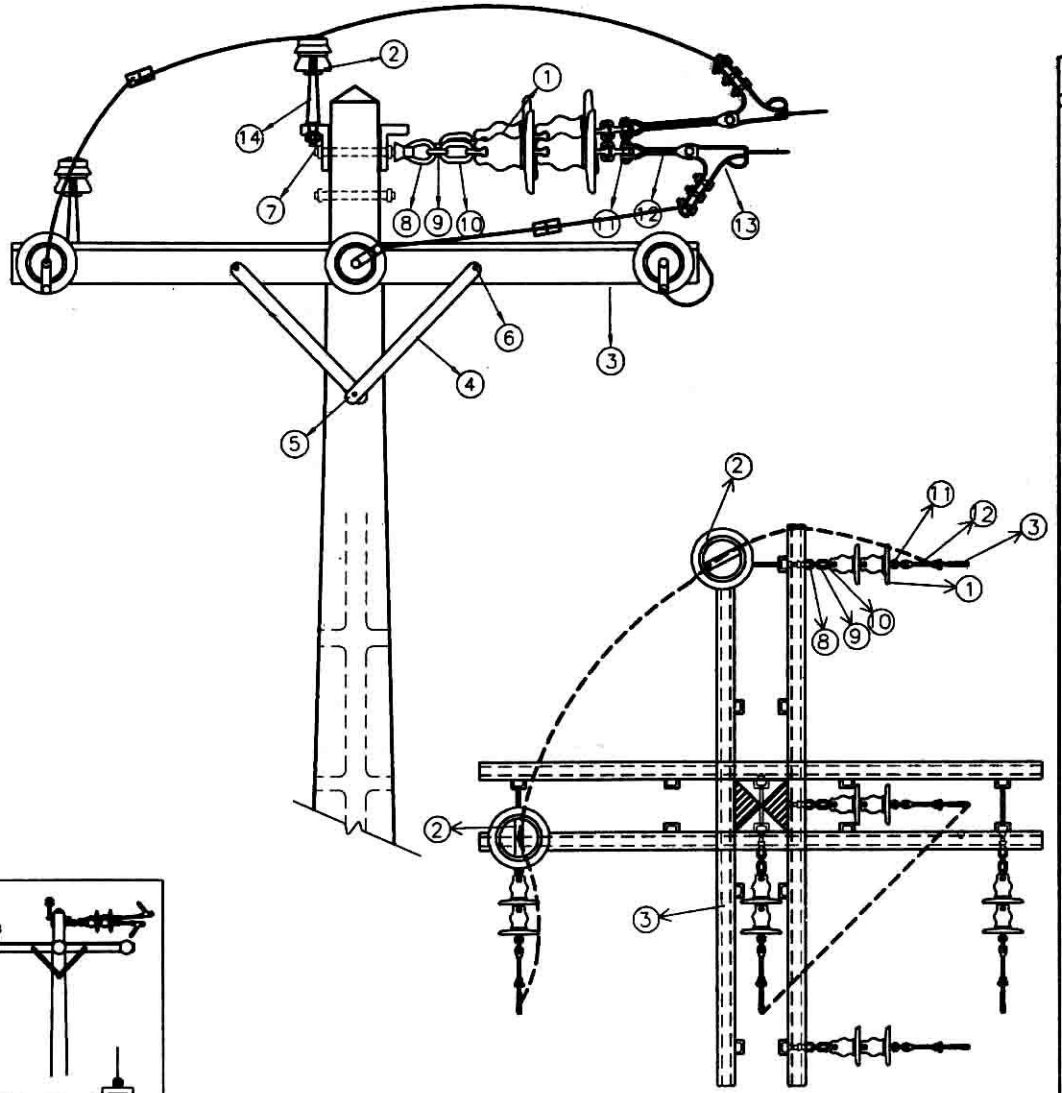


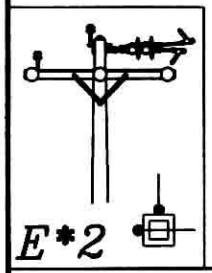
آرایشهای دومداره	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	کنسول، کراس آرم و آرایش پایه ها	آرایش پایه دوبل دومداره کششی با کراس آرم های دوبل (۴متری) ناودانی نمره ۱۲و۱۲ زنجیره مقره بشقابی ۲ تائی کششی
Update: K.R–Mi.			دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت
Drawn: T.P.			

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل Ex2 خاص

آرایش پایه دوبل انتهایی با کراس‌آرم های متقاطع در زاویه ۹۰درجه (گوشه)

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره‌کالای انبار
۱	مقره بشقابی 20kv	۱۵هزار پوندی‌با بال‌وسوکت نمره۱۶	۶عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۲	مقره سوزنی میخی 20kv		۲عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۳	کراس‌آرم‌فلزی‌دومتری‌ازنبشی نمره ۷	ازنبشی‌نمره(70*70*8mm)وزن‌تقریبی 18kgf‌گالوانیزه وسوراخ کاری شده	۴عدد	
۴	تسمه حائل (بریس)	مطابق‌استانداردوزلرت‌وزارت‌نیرو تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد 700*50*5mm‌سوراخ‌کاری‌شده مطابق دیتیل اجرایی	۸عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۵	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه 14*400mm	یک سررزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت 50*50*3mm	۳عدد	۷۱۹۱-۱۶۹۸
۶	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه 14*50mm	بامهره وواشر فنری گالوانیزه گرم	۸عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۷	پیچ‌ومهره‌گالوانیزه‌دوسررزوه 16*450mm	تمام رزوه با ۴مهره و۴واشر تخت	۶عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰
۸	مهره چشمی گالوانیزه نمره ۱۶	گالوانیزه‌گرم‌متناسب‌برای‌پیچ 16mm	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۹	رکاب انتهایی (زنجیر)	یا شیکل گالوانیزه گرم با قدرت ۱۲۰۰۰کیلو گرم	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۱۰	گیرنده رکاب تر	بال‌آی‌گالوانیزه بارابط گوشتکوبی از فولادگالوانیزه‌گرم‌اندازه بال‌مهره ۱۶	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۱۱	رابط‌گیره‌آویز(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی‌گالوانیزه‌گرم‌باحداکثر قدرت kgf7000	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۱۲	میله جلوبرمقره(دوشاخه)	لینک کششی فولاد گالوانیزه گرم با حد اکثر قدرت 7000و12000kgf	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۱۳	گیره انتهایی (سیم گیر)	گیره‌تپانچه‌شکل‌متناسب‌بامقطع‌سیم	۶عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۱۴	پایه مقره سوزنی پایه کوتاه	پین طرفین از تسمه فولاد گالوانیزه گرم برای شبکه 20kv ساخته شده‌بر اساس دیتیل	۲عدد	۷۱۴۱۰۰۵۲۶
۱۵	کلمپ‌آلومینیومی‌دوشیاره (دوپیچه)	کلمپ انشعاب	۳عدد	





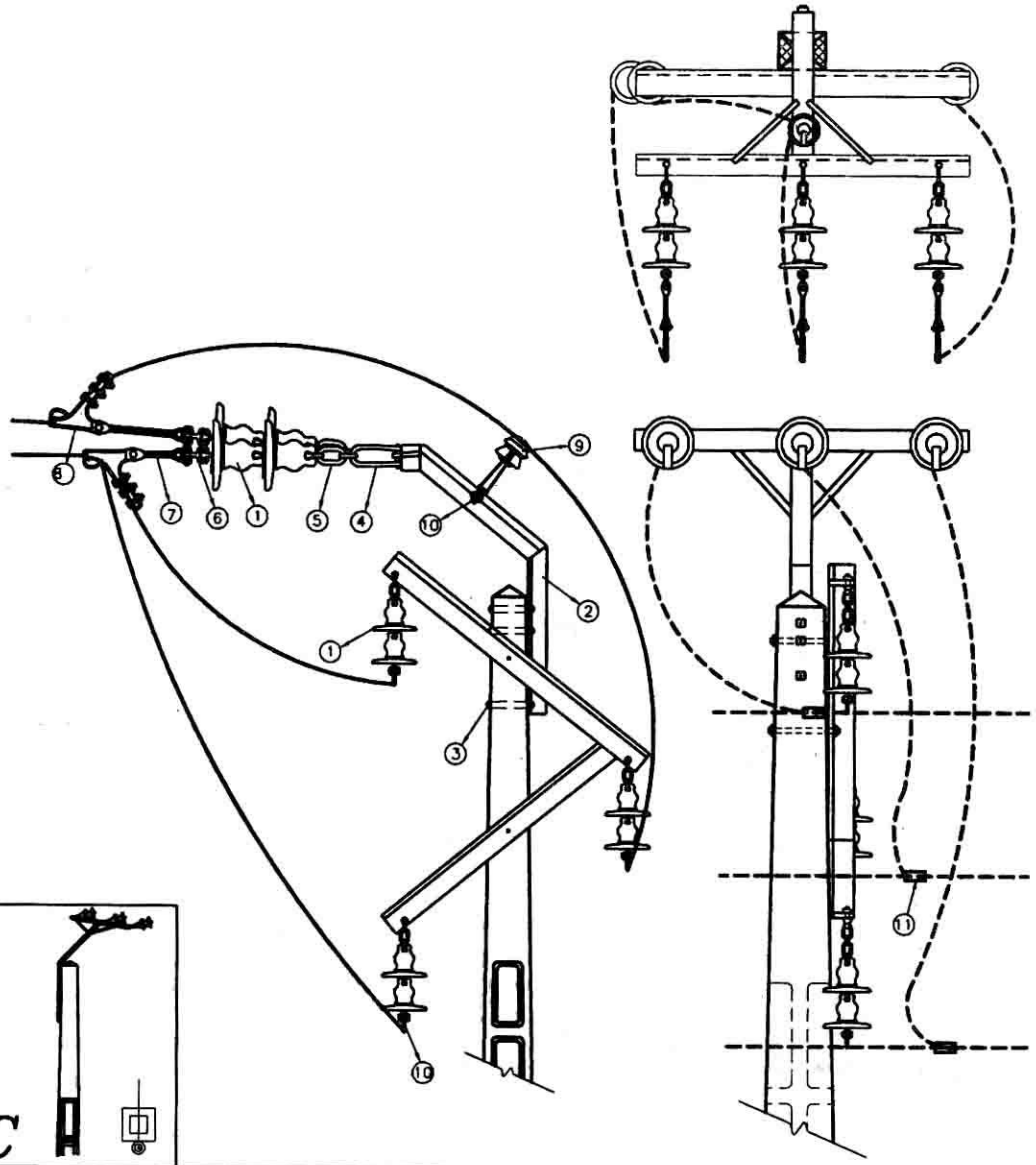
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	طرح تیربتونی انتهائی زوج 20KV درگوشه (۹۰درجه) آرایش پایه دوبل انتهائی با کراس آرم های متقاطع درزوایای ۹۰ درجه (گوشه)	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای خاص Update: K.R–MI. Drawn: T.P.

صفحه ۱۲۱

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل C خاص

آرایش پایه : باطرح انشعاب گیری از راس تیر

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	مقره بشقابی 20kv	۱۵هزار پوندی با بال وسکوت نمره ۱۶	۶عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۲	کنسول انشعاب گیری از راس تیر	ساخته شده از نبشی نمره ۷ مطابق با دیتیل C به وزن تقریبی 35kgf	۱عدد	
۳	پیچ ومهره گالوانیزه 16*350mm	یک سرزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت 50*50*3mm	۳عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۴	رکاب انتهایی (زنجیر)	با شیکل گالوانیزه گرم با قدرت ۱۲۰۰۰کیلو گرم	۳عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۵	گیرنده رکاب نر	بال آی گالوانیزه بارابط گوشتکوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال مهره ۱۶	۳عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۶	رابط گیره آویز (مادگی چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم باحداکثر قدرت kgf7000	۳عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۷	میله جلوبرمقره (دوشاخه)	لینک کششی فولاد گالوانیزه گرم با حد اکثر قدرت 7000 و kgf12000	۳عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۸	گیره انتهایی (سیم گیر)	گیره پانچه شکل متناسب بامقطع سیم به صورت ۳الی ۵ پیچه	۳عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۹	مقره سوزنی 20kv	یا مقره میخی برای عبور فاز وسط	۱عدد	۲۲۰۵۰۰۵۱۴
۱۰	پایه مقره سوزنی پایه کوتاه	بین طرفین از تسمه فولاد گالوانیزه گرم برای شبکه 20kv ساخته شده بر اساس دیتیل	۱عدد	۷۱۴۱۰۰۵۳۶
۱۱	کلمپ آلومینیومی دوشیاره (دوپیچه)	کلمپ انشعاب	۳عدد	

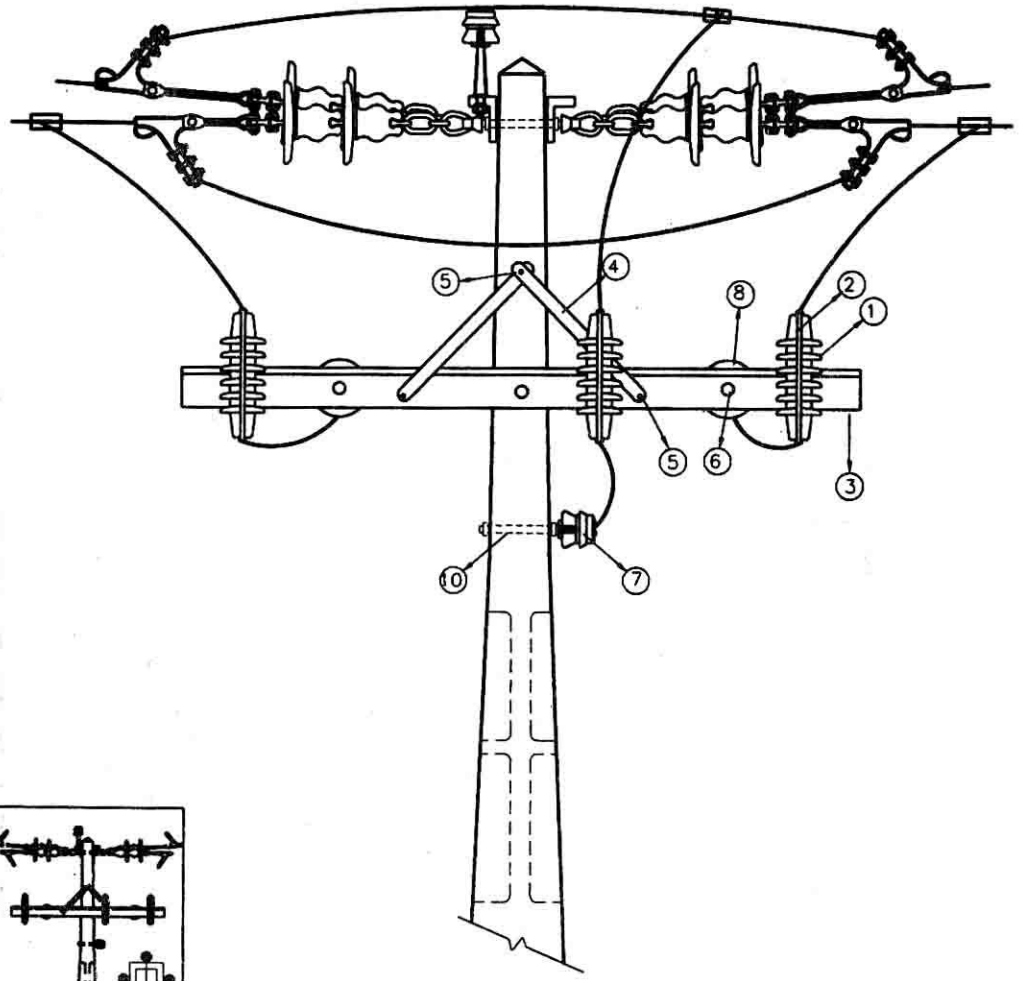


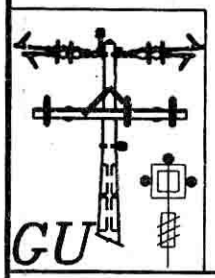
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه باطرح انشعاب گیری از راس تیر	کنسول، کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای خاص Update: K.R–MI. Drawn: T.P.

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل GU خاص

آرایش پایه طرب انشعاب گیری اززیرخط باسیستم کات اوت فیوز

ردیف	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کات اوت فیوز	کات اوت فیوز۲۰کیلوولت	۳ عدد	
۲	فیوزلینک	فیوزلینک مخصوص کات اوت با آمپرمشخص شده	۳ عدد	
۳	کراس آرم ۲٫۴۴متری فلزی	کراس آرم فلزی گالوانیزه گرم بطول ۲٫۴۴ازنبشی (۷۰×۷۰×۷) سوراخکاریهای مربوط	۲ عدد	
۴	تسمه حائل (بریس)	تسمه حائل بابریس ازتسمه(۶۰×۵۰×۵)	۴ عدد	
۵	پیچ ومهره یک سرزوه (۱۶×۳۵۰) میلیمتر	پیچ ومهره یک سرزوه بامهره و واشر	۲ عدد	
۶	پیچ ومهره یک سرزوه (۱۶×۴۰۰) میلیمتر	پیچ دوسرزوه باچهره وچواشر	۳ عدد	
۷	مقرسوزنی ۲۰KV	مقرسوزنی ۲۰کیلوولتی	۱ عدد	
۸	مقره بشقابی ۲۰KV	مقره ۱۵هزاریوندی نوع بال وسوکت	۶ عدد	
۹	مهره چشمی ورکاب انتهایی گیره کششی دوشاخه و گیره انتهائی	ست کامل زنجیره مقره کششی	۳ سری	
۱۰	پایه مخصوص مقره سوزنی	پایه مخصوص باپیچ بلند	۱ عدد	



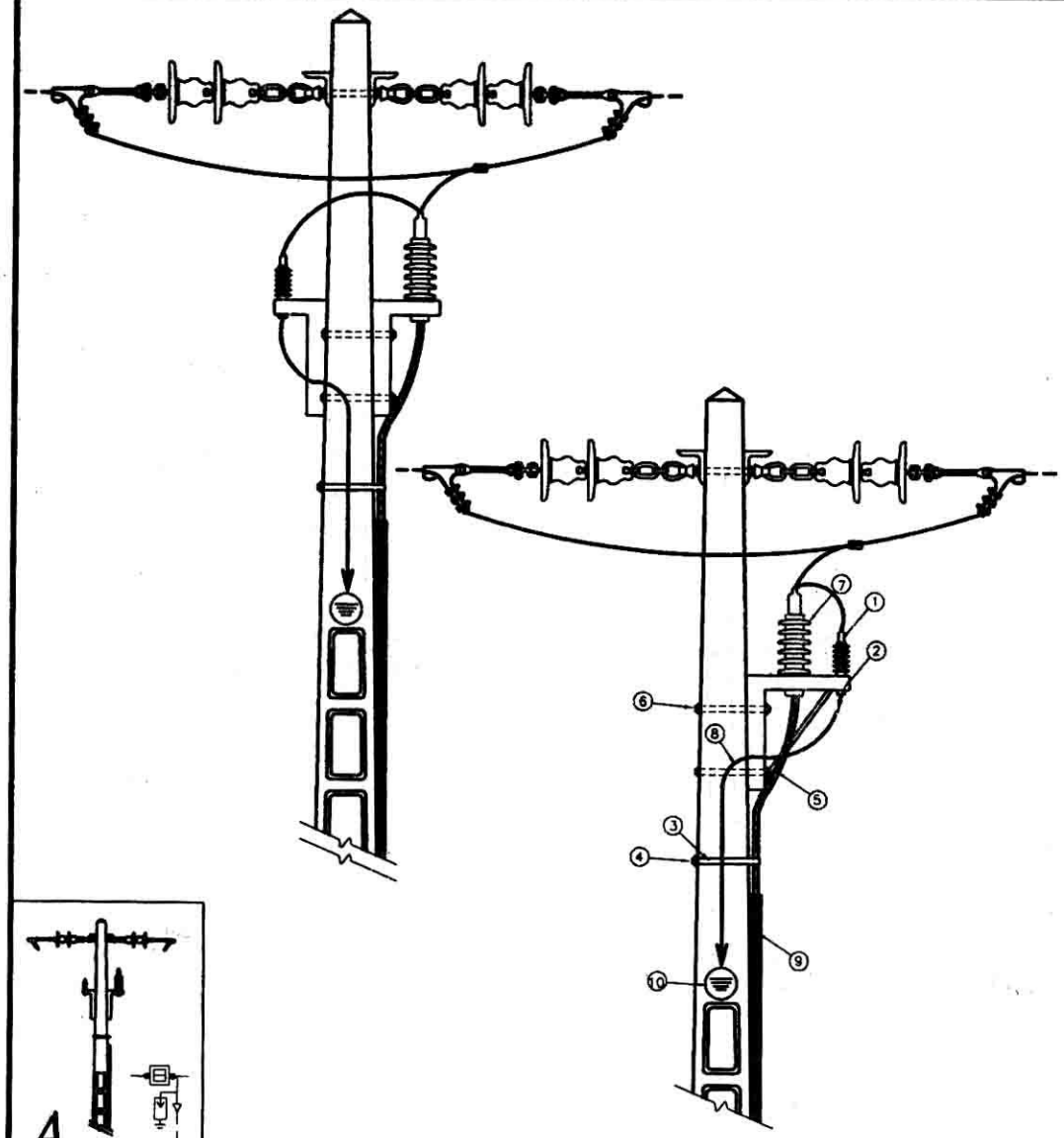


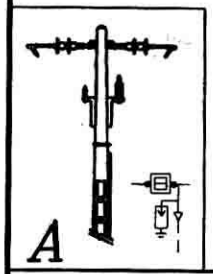
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	طرب انشعاب گیری از زیر خط باسیستم کات اوت فیوز	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای خاص Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

برآورد لیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل A خاص

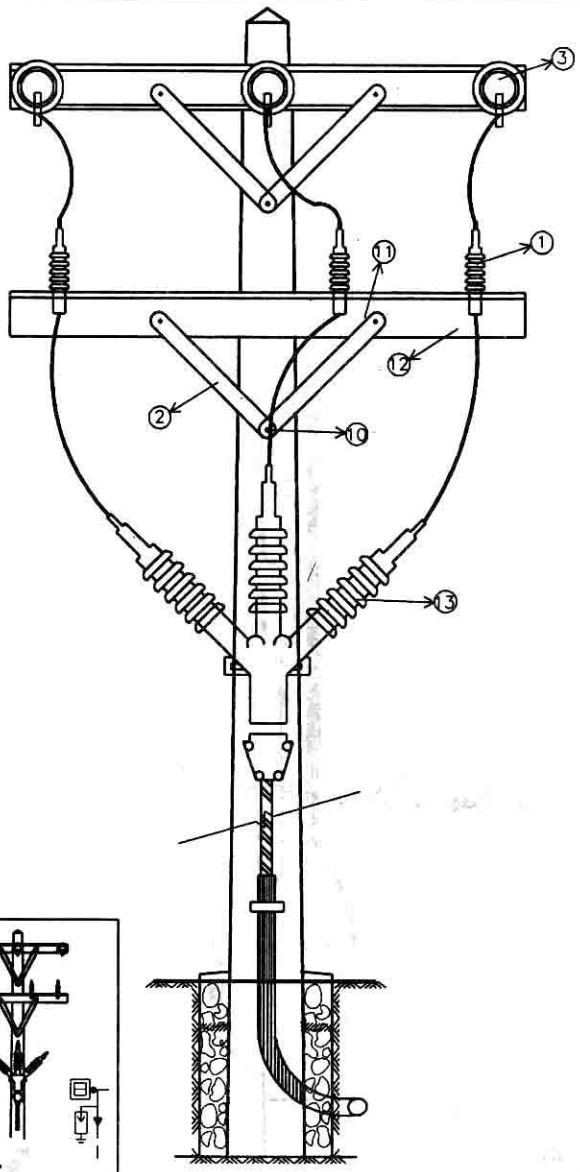
آرایش پایه: اتصال شبکه ۲۰ کیلوولت هوایی به سیستم کابل زمینی

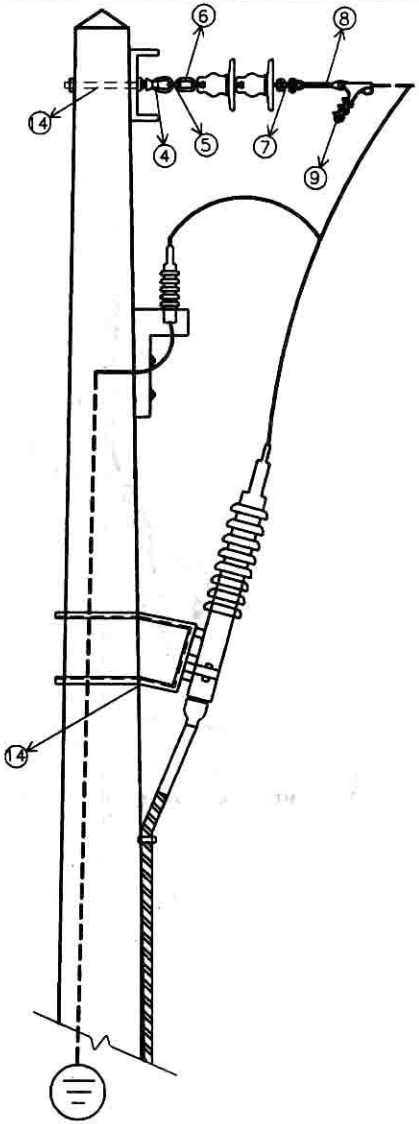
شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	برق گیر 10KA و 24KA	ست سه تایی	۱ ست	
۲	سکوی برق گیر و سر کابل	از نبشی نمره ۶ ساخته شده براساس دیتیل اجرایی	۱ عدد	
۳	تسمه حائل (بست کابل)	مطابق استاندارد وزارت نیرو تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد 700*50*5mm سوراخ کاری شده مطابق دیتیل اجرایی	۲ عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۴	پیچ و مهره گالوانیزه دوسر رزوه 16*450mm	تمام رزوه با ۴ مهره گالوانیزه گرم	۲ عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰
۵	کابل 20kv	به مقطع موردنظر	متر	
۶	پیچ و مهره گالوانیزه 14*350mm	یک سر رزوه با یک عدد مهره و دو عدد واشر تخت 50*50*3mm	۲ عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۷	سر کابل هوایی برای کابل به مقطع موردنظر	هادی به مقطع مسی سه فاز	۱ ست	
۸	سیم مسی لخت به مقطع $1*50mm^2$	جهت اتصال سیم زمینی	۲۵ متر	
۱۰	سیستم کامل چاه ارت	شامل حفر چاه-میله ارت مسی ۲/۵ متری مغز فولادی خاک زغال و نمک	۱ دستگاه	
۹	لوله گالوانیزه ۳/۴ اینچ ۶ متری	جهت هدایت کابل ۲۰ کیلوولت	۱ شاخه	





آرایشهای خاص	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	کنسول، کراس آرم و آرایش پایه ها	آرایش پایه اتصال سیستم 20KV هوائی به سیستم کابل زمین	دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت
Update: K.R-Ml.				
Drawn: T.P.				





برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل E&A خاص

آرایش پایه انتهایی اتصال سیستم کابل زیر زمینی (فیدر خروجی) به شبکه ۲۰ کیلوولت هوایی

شماره	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	برق گیر20KA و10KA	ست سه تایی	۱ ست	۷۳۰۷۰۱۰۷۰
۲	تسمه حائل	مطابق استاندارد وزارت نیرو تسمه فولاد گالوانیزه گرم به ابعاد 700*50*5mm سوراخ کاری شده مطابق دیتیل اجرایی	۸عدد	۷۱۹۱۱۰۰۳۳
۳	مقره بشقابی20kv	۱۵هزار پوندی با بال وسوکت نمره ۱۶	۶عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۴	مهره چشمی گالوانیزه نمره ۱۶	گالوانیزه گرم متناسب برای پیچ 16mm	۳عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۵	رکاب انتهایی (زنجیر)	با شیکل گالوانیزه گرم با قدرت ۱۲۰۰۰کیلو گرم	۳عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۶	گیرنده رکاب (نر)	بال آی گالوانیزه با رابط گوشتکوبی از فولاد گالوانیزه گرم اندازه بال مهره ۱۶	۳عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۷	رابط گیره آویز(مادگی چشمی)	ساکت چشمی گالوانیزه گرم باحداکثر قدرت kgf7000	۳عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۸	میله جلوبرمقره(دوشاخه)	لینک کششی فولاد گالوانیزه گرم با حد اکثر قدرت 7000و kgf12000	۳عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۹	گیره انتهایی سیم گیر(۳پیچه)	گیره تهانچه شکل متناسب بامقطع سیم به صورت ۳الی ۵ پیچه	۳عدد	۷۱۶۲۰۸۵۴۷
۱۰	پیچ ومهره گالوانیزه 14*350mm	یک سرزوه با یک عدد مهره ودو عدد واشر تخت 50*50*3mm	۳عدد	۷۱۹۱۰۱۶۹۸
۱۱	پیچ ومهره گالوانیزه 14*50mm	با واشر فنری	۸عدد	۲۳۰۳۰۴۱۱۰
۱۲	کراس آرم۲/۴۴متری ازنبشی نمره ۷	ازنبشی نمره (9*70*70)گالوانیزه ووزن تقریبی18kgf سوراخ کاری شده مطابق استاندارد وزارت نیرو	۳عدد	
۱۳	سر کابل روغنی سه سربه		۱ ست	
۱۴	سکوی سر کابل		۱عدد	
۱۵	پیچ ومهره گالوانیزه دوسرزوه 16*450mm	با مهره و واشر	۳عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰

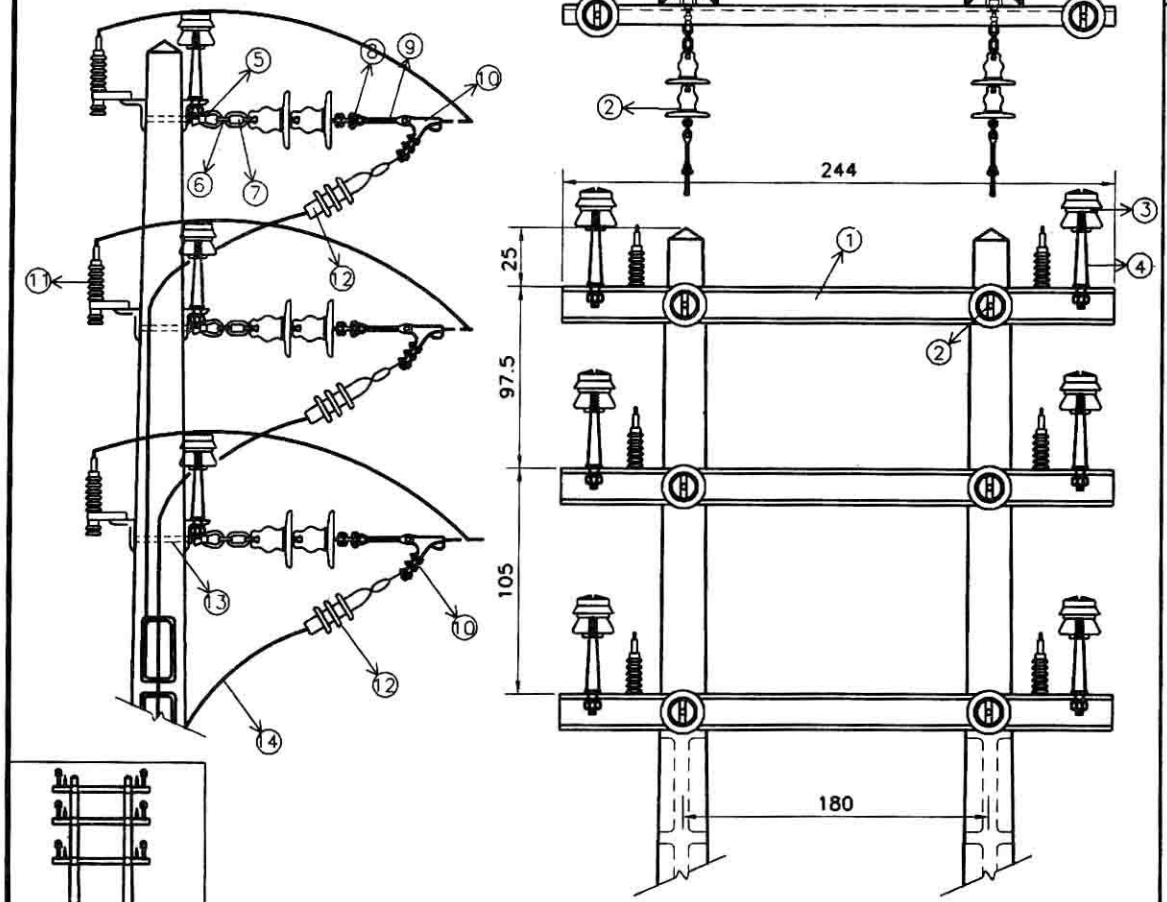
E&A

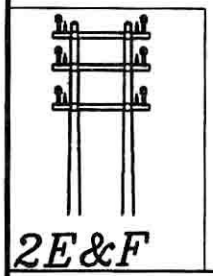
دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه انتهائی اتصال سیستم کابل زمینی (فیدر خروجی)به شبکه 20KV هوائی	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع	آرایشهای خاص Update: K.R-MI. Drawn: T.P.

شماره نقشه ۲۱۶

برآوردلیست مصالح موردنیاز یک پایه دیتیل 2E&F خاص
آرایش پایه : دوبل انتهایی دوفیدره با ۳عدد کراس آرم ۲٫۴۴
متری وسیستم اتصال به شبکه کابل ۲۰ کیلوولت زیر زمینی

ردیف	نام	شرح مشخصات	تعداد/واحد	شماره کالای انبار
۱	کراس آرم۲٫۴۴متری	ازنبشی‌نمره (70*70*9)گالوانیزه و وزن‌تقریبی 18kgf سوراخ‌کاری‌شده مطابق‌استاندارد وزارت نیرو	۶عدد	
۲	مقره بشقابی20kv	۱۵هزار پوندی با بال سوکت	۱۲عدد	۷۲۰۶۰۲۰۱۳
۳	مقره سوزنی میخی20kv		۶عدد	۷۲۰۵۰۰۵۱۴
۴	پایه مقره سوزنی پایه کوتاه	پین طرفین از تسمه فولاد گالوانیزه گرم برای شبکه20kv ساخته شده بر اساس دیتیل	۶عدد	۷۱۴۱۰۰۵۵۳۶
۵	مهره چشمی گالوانیزه نمره ۱۶	گالوانیزه‌گرم–حداقل‌قدرت‌مکانیکی ۵۶۰۰ کیلو گرم نیرو	۶عدد	۷۱۹۱۰۳۰۲۰
۶	رکاب انتهایی (زنجیر)	یاشیکل‌گالوانیزه‌گرم‌نوع 12000kg	۶عدد	۷۱۳۹۰۰۷۲۱
۷	گیرنده رکاب نر	بال‌آی‌گالوانیزه یا رابط گوشتکوبی ازفولادگالوانیزه‌گرم‌اندازه‌بال‌مهره۱۶	۶عدد	۷۱۳۹۱۰۰۲۱
۸	رابط‌گیره‌آویز(مادگی‌چشمی)	ساکت چشمی‌گالوانیزه‌گرم‌باحداکثر قدرت kgf7000	۶عدد	۷۱۴۰۲۰۰۱۳
۹	میله جلوبرمقره(دوشاخه)	لینک کششی فولاد گالوانیزه گرم با حداکثر قدرت7000 و kgf12000	۶عدد	۷۱۶۱۲۰۲۱۴
۱۰	گیره‌انتهایی(سیم گیر)	گیره‌نهایی‌جه‌شکل‌متناسب‌باسیم	۶عدد	۷۱۹۱۰۱۶۶۱
۱۱	برق گیر20KA و10KA	ست کامل	۲ ست	۷۳۰۷۰۱۰۷۰
۱۲	سر کابل هوایی-خشک	برای مقطع( )	۶عدد	
۱۳	بیج‌ومهره‌گالوانیزه‌دوسررزوه 16*450mm	تمام رزوه با ۴مهره	۱۲عدد	۲۳۰۱۰۷۴۷۰
۱۴	کابل۲۰کیلو ولت منو فاز به سطح مقطع مورد نیاز		مترطول	





2E&F

دیتیلهای اجرایی خط هوایی ۲۰ کیلوولت	آرایش پایه دوبل انتهائی دوفیدره با ۳ کراس آرم های ۲٫۴۴متری و سیستم اتصال به شبکه کابل ۲۰ کیلوولت زیرزمین	کنسول،کراس آرم وآرایش پایه ها	اصول طراحی خطوط هوایی شبکه های توزیع

آرایشهای خاص
Update: K.R–MI.
Drawn: T.P.

فصل هفتم

محاسبات الکتریکی خطوط هوایی

۷ـ۱ ـ مقدمه

برای برقراری ارتباط الکتریکی بین دو نقطه از طریق احداث خطوط هوایی، ابتدا مسیر مناسب (براساس اصول مسیریابی) توسط نقشه‌بردار (در شبکه‌های توزیع پیکتاژچی) انتخاب می‌گردد، سپس نسبت به تهیهٔ پلان و پیکتاژ و در موارد تکمیلی‌تر تهیهٔ پلان و پروفیل مسیر (با رعایت موازین مشخص) اقدام می‌شود. فعالیت اصلی طراحی خطوط در شبکهٔ توزیع از مبحث محاسبات الکتریکی آغاز می‌گردد که این مرحله، خود شامل تعیین پارامترهای الکتریکی خط موردنظر، انتخاب مقاطع مناسب برای هادی از جمله تعداد مدارها، آرایش آن‌ها و کنترل اُفت ولتاژ و تلفات توان، جریان اتصال کوتاه و... خواهد بود. در نهایت، هر خط پایدار دارای محاسبات مکانیکی و چگونگی رعایت فاصله‌های مجاز و حریم‌ها خواهد بود.

هنگامی که خطی مورد طراحی قرار می‌گیرد باید اُفت ولتاژ و تلفات قدرت را به طور دقیق مورد بررسی قرار داد. این مطالعه، پس از تعیین و پیش‌بینی میزان بارکشیده شده از خط و رشد آن در سال‌های آینده سرویس‌دهی خط و انجام محاسبات مربوط به پخش بار ممکن می‌گردد. به‌طورکلی، با توجه به این محاسبات، مقطع هادی باید چنان باشد که تلفات قدرت در هر حالت، از میزان حداکثر ۵ درصد توان انتقالی آن خط تجاوز نکند. همچنین بررسی اختلالات شدید و ناگهانی در زمان ایجاد انواع اتصال کوتاه‌ها و یا پاره شدن خطوط که با عنوان خطا در سیستم‌های قدرت می‌باشد، باید مورد مطالعه قرار گیرند. در صورتی که برای شدیدترین نوع خطا (اتصال کوتاه سه‌فاز متقارن) طراحی صورت گیرد، خط برای حالت‌های دیگراتصالی نیز، قابلیت تحمل و پاسخگویی را خواهد داشت.

۷ـ۲ ـ اُفت ولتاژ مجاز در شبکه‌های فشار ضعیف و فشار متوسط

۷ـ۲ـ۱ ـ دامنهٔ تغییرات ولتاژ

ولتاژ نامی یا اسمی (U_n) در یک شبکه، عبارت است از «ولتاژی که شبکه توسط آن مشخص می‌شود و مرجع تعیین پاره‌ای از مشخصه‌های عملیاتی است». ولتاژ اسمی شبکه، همیشه با یک محدودهٔ تغییرات U_1-U_2 همراه است (به عنوان دامنهٔ تغییرات مجاز ولتاژ) که شرکت‌های توزیع برق به‌عنوان عرضه کننده برق باید با شرایط طبیعی عملیاتی، سطح ولتاژ را در کلیهٔ نقاط سیستم و در تمام زمان‌ها در این محدوده حفظ نمایند. پس در عمل، محدودهٔ (U_1-U_2) اهمیت دارد. مقدار U_n اغلب در وسط این محدوده قرار می‌گیرد[1]. مقادیر کمتر از U_n ولتاژ اسمی تا محدوده حداقل ولتاژ مجاز U_1 را بازهٔ ***«اُفت ولتاژ مجاز»*** و بازهٔ U_n تا اضافه ولتاژ مجاز U_2 را بازهٔ ***«افزایش ولتاژ مجاز»*** در آن شبکه می‌گویند.

به‌عنوان مثال، در سیستم فشار ضعیف (LV) با ولتاژ ۲۲۰V±۱۰% تکفاز (و ۳۸۰V±۱۰% سه فاز) محدودهٔ ولتاژ بین ۱۹۸V تا ۲۴۲V می‌باشد. در حال حاضر، بسیاری از شرکت‌های توزیع پیشرفته و مؤسسه استاندارد IEC، بر این باورند که تغییرات ولتاژ کمتر از ±۱۰% در شبکه‌های توزیع مطلوب است و تلرانس بیشتر شبکه‌های شهری خود را از مناطق روستایی جداگانه در نظر می‌گیرند. به عنوان مثال، توزیع‌کنندگان برق در کشور انگلستان موظف هستند ولتاژ ۲۴۰V±۶% را تأمین نمایند. بنابراین «محدودهٔ مجاز تغییرات ولتاژ» و رعایت آن از اهداف اصلی طراحان در تهیه خط انتقال و محاسبات اُفت ولتاژ خواهد بود.

با توجه به مطالب گفته شده، مسالهٔ اصلی، کنترل کمترین ولتاژ در دورترین مصرف‌کننده از نظر میزان ولتاژ تحویلی (U_1) است. براساس پیشنهاد اتحادیهٔ بین‌المللی تولید و توزیع‌کنندگان انرژی برق[2]، محدودهٔ ولتاژ شبکه‌های فشار ضعیف ۲۵۳-۲۰۷V یعنی ۲۳۰V±۱۰% به‌عنوان ولتاژ استاندارد توزیع فشار ضعیف پذیرفته شده است. طبق برنامه‌ریزی‌های انجام یافته، از سال ۲۰۰۴ میلادی، به طور عملی در شبکه‌های توزیع فشار ضعیف کلیه کشورهای عضو اتحادیه اروپا ولتاژ ۲۳۰V به عنوان تنها ولتاژ اسمی استاندارد به‌کار گرفته خواهد شد.

از نظر طبقه‌بندی ولتاژ براساس استاندارد IEC-38 سال ۱۹۸۳، شبکه‌های توزیع فشار ضعیف (LV)، شبکه توزیع فشار متوسط (M.V) ، شبکه فوق توزیع (HV) و شبکه فشار قوی (EHV) به صورت جدول (۷ـ۱) در چهار گروه دسته‌بندی و قابل انتخاب هستند.

---

۱ ـ این امر الزامی نیست و در بعضی از سیستم‌های U_1 و U_2 نسبت به ولتاژ U_n متقارن نیست.

2- UNIPEDE- 1974.

جدول (۱-۷): طبقه‌بندی ولتاژ در استاندارد IEC

گروه / رده‌های ولتاژ	1 (KV)	2 (KV)	3 (KV)	4 (KV)
EHV	765 400.500 220	765 400.500 220	765 400.500 230	765 400.500 230
HV	110/132 66	110/132 66	115/138 69	115/138 69
M.V	33 22 11	35 20 10	33 22 11	35 20 10
LV	0.4	0.4	0.4	0.4

با این حال، براساس جدول شماره (۲-۷)، مقادیر استاندارد ولتاژهای نامی (اسمی) U_n متداول در شبکه سرتاسری ایران و بالاترین ولتاژ سیستم (U_2) به این شرح است:

جدول (۲-۷): مقادیر استاندارد ولتاژهای نامی سیستم متداول در ایران

ولتاژ نامی سیستم (U_n)	بالاترین ولتاژ سیستم (U_2)
۲۲۰ (یک فاز)	۲۴۲ (پیشنهادی)
۳۸۰	۴۲۰ (پیشنهادی)
۳۲۰۰	۳۶۰۰
۶۶۰۰	۷۲۰۰
۱۱۰۰۰	۱۲۰۰۰
۲۰۰۰۰	۲۴۰۰۰
۳۳۰۰۰	۳۶۰۰۰
۶۳۰۰۰ (۶۶۰۰۰ برابر IEC)	۷۲۵۰۰
۱۳۲۰۰۰	۱۴۵۰۰۰
۲۳۰۰۰۰	۲۴۵۰۰۰
۴۰۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰

۷ـ۲ـ۲ ـ تعیین حداکثر اُفت ولتاژ در خط

هدف اصلی محاسبات الکتریکی، انتخاب سطح مقطع مناسب هادی یا تعداد مدارات برای تأمین حداقل ولتاژ مجاز (U_1) در دورترین مصرف‌کننده می‌باشد. انتخاب هادی، از مهم‌ترین مسایلی است که باید مورد توجه قرارگیرد زیرا در تعیین سطح مقطع سیم‌ها، تعیین حداکثر اُفت ولتاژ مجاز در شبکه خط هوایی ۲۰ کیلوولت و شبکه فشار ضعیف تا مصرف‌کننده عاملی مؤثر می‌باشد. برای استخراج میزان اُفت ولتاژ در فاصله‌های مختلف شبکه‌های فشار متوسط و فشار ضعیف، از جدول (۳-۷) استفاده می‌شود. در این جدول، برای کاهش تلفات توان و بهینه شدن آن، مناطق به دو قسمت مناطق شهری (با میزان محدودتری برای اُفت ولتاژ به دلیل رشد و تراکم بار زیاد در آن‌ها) و مناطق روستایی (با تراکم بارکمتر) تقسیم شده‌اند.

همانگونه که در جدول (۷-۳) دیده می‌شود، اُفت ولتاژ تخصیص یافته برای خط فشار متوسط از محل مبدا (مثلاً پست فوق توزیع یا نقطه انشعاب‌گیری) تا مقصد به‌عنوان مثال محل ترانس (۲۰/۰/۴KV) توزیع حداکثر ۲ درصد برای مناطق شهری در نظرگرفته می‌شود. این، در حالی است که بیشتر ترانس‌های توزیع، برای مناطق دور دست با قابلیت افزایش دامنه تغییرات ولتاژ ۵±% دارای تاپ‌چنجرهای غیرقابل قطع زیربار (off-load) هستند، ولی این میزان اُفت ولتاژ از نظر درصد تلفات توان، برای مناطق شهری توجیه‌پذیر نخواهد بود ولی به‌طور استثنایی، برای روستاهای دوردست، حداکثر ۴ درصد اُفت ولتاژ قابل اعمال خواهد بود. در شبکه فشار متوسط، یعنی کابل یا خط هوایی ۲۰ کیلوولت در داخل مناطق شهری و یا فیدر خروجی از پست فوق توزیع تا ترانسفورماتورهای توزیع به دلیل وجود تلفات در داخل ترانس‌ها، دارای محدودهٔ ۲ درصد برای فشار متوسط و ۴ درصد در داخل ترانس‌ها خواهد بود. این امر به‌دلیل حداکثر قابلیت اصلاح ولتاژ خروجی (توسط تاپ چنجر off-load به میزان 5%≅) و حداقل ولتاژ مجاز ۱۹ کیلوولت خواهد بود. بنابراین میزان حداکثر اُفت ولتاژ در طرف فشار متوسط برای مناطق دوردست مانند خطوط روستایی تا ۴ درصد در نظرگرفته می‌شود.

جدول (۳-۷): تخصیص اُفت ولتاژ در مسیرهای مختلف سیستم توزیع انرژی

مسیر	دامنه مجاز اُفت ولتاژ (درصد) در مناطق شهری	حداکثر مجاز اُفت ولتاژ (درصد) در مناطق روستایی
کابل یا خط هوایی فشار قوی (۲۰ کیلوولت)	٪۲ ـ ٪۱	٪۴
ترانسفورماتور توزیع	٪۴	٪۴
کابل، خط هوایی فشار ضعیف از پست برق تا تابلوی برق	٪۱-۲	
بین تابلوهای توزیع تا دورترین مصرف‌کننده	٪۱-۲	
پست برق تا دورترین مصرف‌کننده (فشار ضعیف)	٪۳	٪۳
کابل سرویس و شبکهٔ داخلی مشترکین	٪۱	٪۱
از پست فوق توزیع تا آخرین مصرف‌کننده	٪۱۰	٪۱۲

برای موارد دیگر محاسبات حداکثر مجاز اُفت ولتاژ جهت انتخاب هادی‌های مناسب، به شرح جدول (۷-۳) عمل می‌نماییم. در این جدول، شبکه فشار ضعیف، از محل پست توزیع تا مصرف‌کننده‌ها دارای انواع مختلف حالت‌ها و قطعه فاصله‌های متوالی می‌تواند وجود داشته باشد که در مجموع، جمع اُفت ولتاژ کلیهٔ قطعات نباید از حد مجاز تعیین شده تجاوز کند.

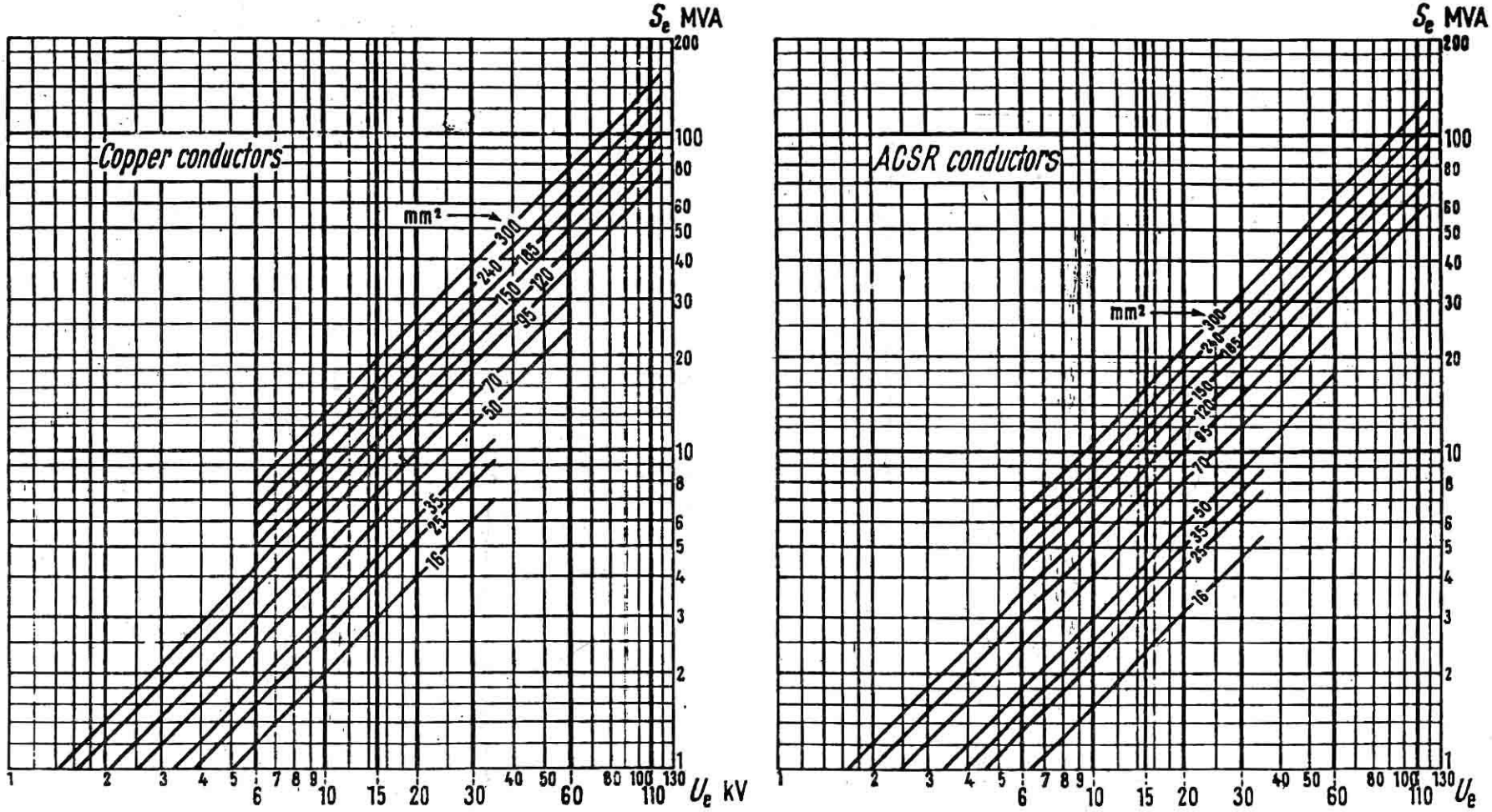
پس به این منظور، در طراحی، با در نظر گرفتن کمترین ولتاژ (به‌جای ۱۹۸ به میزان ۲۰۷ ولت) یعنی اُفت ولتاژ مجاز در شبکه‌های فشار ضعیف به میزان ۶%≅۵/۹۰% در نظر گرفته می‌شود که به دلیل کاهش تلفات توان در مراحل طراحی، از محل پست برق تا دورترین مصرف‌کنندهٔ شبکه فشار ضعیف، میزان ۳ درصد اُفت، ملاک عمل تهیهٔ طرح‌ها قرار خواهد گرفت.

۷-۳- انتخاب ولتاژ خط انتقال

برای انتخاب سطح ولتاژ مناسب جهت انتقال قدرت مورد نظر "S_e" بر حسب مگاولت آمپر (MVA) با هادی‌های آلومینیوم فولاد A.C.S.R یا هادی‌های مسی (مانند کابل‌های زمینی)، دو منحنی شکل (۷-۱) تهیه شده است. این منحنی‌ها، محدودهٔ ولتاژ مناسب برای انتقال توان S_e را بر حسب ولتاژ U_e (در ابتدای خط) نشان می‌دهد. این منحنی‌ها، برای دمای متوسط محیط ۳۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت باد ۰/۶ متر بر ثانیه به کار می‌رود که در آن صورت، بیشترین درجه حرارت مجاز مربوط به خط هوایی با هادی مسی ۷۰°C و مربوط به هادی آلومینیم فولاد ۸۰°C خواهند بود. به عنوان مثال، در سطح ولتاژ ۲۰KV با هادی آلومینیم فولاد به مقطع ۱۲۰mm^2 امکان انتقال حداکثر توان ۱۲ مگاولت آمپر وجود دارد. بدیهی است در زمان انتخاب سطح ولتاژ، اقتصادی بحث کنترل اُفت ولتاژ مجاز مد نظر نمی‌باشد و برای انتقال ۶۰ مگاولت آمپر در سطح ولتاژ ۶۳KV هادی آلومینیوم فولاد به مقطع ۲۴۰mm^2 ، امکان انتقال حداکثر توان ۶۰ مگاوات وجود دارد.

با این‌حال، در طراحی الکتریکی، با در نظر گرفتن محاسبه اُفت ولتاژ و تلفات توان (یا انرژی) و سطح اتصال کوتاه، با در نظر گرفتن جوانب اقتصادی، سطح مقطع هادی و نوع آن تعیین می‌گردد. از آن‌جایی که در شبکهٔ فشار متوسط ایران برای قابلیت انتخاب ولتاژ به غیر از ۲۰KV و یا ۳۳KV در شبکه توزیع تنوع چندانی وجود ندارد،بدیهی است در صورتی که مثل دیگر کشورهای پیشرفته، قابلیت ولتاژ برای انتقال در سطح توزیع از جمله خط انتقال ۶۳، ۳۳ و... کیلوولت برای طراحی در کلیه سطح کشور مجاز گردد، این مبحث نیز باید در طراحی برای انتخاب بهینه سطح ولتاژ خط مد نظر طراحان قرار گیرد.

شکل (۱ ـ ۷): رابطه سطح ولتاژ برای طرح شبکه خط هوایی فشار قوی (سه‌فاز $f \leq 60Hz$) بر حسب سطح مقطع هادی‌های آلومینیوم فولاد A.C.S.R و سیم‌های مسی



۷ـ۴ـ محاسبات اُفت ولتاژ و توان

برای تعیین اُفت ولتاژ، روابط بسیاری تعریف شده که با مفروضات موجود، از مقادیر اندازه‌گیری شده یا به دست آمده از جدول‌ها قابل استفاده می‌شوند:

۷ـ۴ـ۱ ـ روش محاسباتی با توجه به توان خروجی در انتهای خط

با معلوم بودن مقادیر توان اکتیو "P"، توان راکتیو "Q" و ضریب قدرت "Cosφ" درانتهای خط، می‌توان اُفت ولتاژ را از رابطهٔ زیر محاسبه نمود:

$$\Delta U\% = \frac{L\times 100(rp \pm xQ)}{U_R^2}$$

که در این رابطه:

r = مقاومت واحد طول هادی [Ω/km]

x = راکتانس واحد طول هادی [Ω/km]

P = توان اکتیو انتهای خط [MW]

Q = توان راکتیو انتهای خط [MVAR]

L = طول خط بر حسب [Km]

U_R = ولتاژ انتهای خط [KV] که در این‌جا برابر ۲۰KV در نظر گرفته می‌شود.

ΔU = اُفت ولتاژ در انتهای خط

۷ـ۴ـ۲ ـ روش درصد اُفت اهمی و سلفی

برای محاسبهٔ اُفت ولتاژ و تلفات توان، از فرمول‌های دیگر به شرح زیر نیز استفاده می‌شود:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} \quad \text{ویا} \quad I = \frac{P}{\sqrt{3}U\cos\phi}$$

$$\%IR = \frac{\sqrt{۳}\times R\times I}{U} \times ۱۰۰ \quad \text{درصد اُفت اهمی}$$

$$\%IX = \frac{\sqrt{۳}\times X\times I}{U} \times ۱۰۰ \quad \text{درصد اُفت سلفی}$$

[درصد اُفت ولتاژ کل] = [درصد اُفت اهمی] Cosφ + [درصد اُفت سلفی] Sin φ

$$\%\Delta U = \%IR\ \cos\phi + \%IX\ \sin\phi \quad \text{درصد اُفت ولتاژ}$$

که در این روابط :

S = قدرت ظاهری

P = توان اکتیو

I = جریان هادی

U = ولتاژ فاز به فاز

R = مقاومت هادی

X = راکتانس خط

$\Delta P = 3RI^2$ تلفات توان

$\Delta W = \Delta P \times t$ تلفات انرژی

$\%\Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100$ درصد تلفات توان

$$\%\Delta P = \frac{3RI^2}{P} \times 100 = \frac{100SR}{|U_L|^2 \cos\phi} \times 100$$

مثال (۷ـ۱):

مطلوبست محاسبهٔ اُفت ولتاژ و تلفات توان درحد فاصل پست ۶۳کیلوولت بستان‌آباد تا ورودی شهرک صنعتی (هادی نوع هاینا) به طول کل ۶/۵کیلومتر با قدرت درخواستی ۴ مگاوات

$L = 6500$ متر

$r = 0/2712$ مقاومت واحد طول هادی $[\Omega/Km]$

$x = 0/2464$ راکتانس واحد طول خط $[\Omega/Km]$

$P = 4$ توان انتقالی مگاوات

$\cos\varphi = 0/9$ (مورد ملاک وزارت نیرو)

مقاومت اهمی کل $R_{کل} = 0/2712 \times 12 \times 6/5 = 1/7628(\Omega)$

راکتانس کل مسیر $X_{کل} = 0/2464 \times 6/5 = 1/6(\Omega)$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi} = \frac{4000KW}{1/732 \times 20KV \times 0/9} = 128\ A$$

$$\text{درصد اُفت اهمی} = \frac{1/732 \times 1/7628 \times 128}{20000} \times 100 = \%1/955$$

$$\text{درصد اُفت سلفی} = \frac{1/732 \times 1/6 \times 128}{20000} \times 100 = \%1/744$$

$\cos\phi = 0/9 \rightarrow \sin\phi = 0/425$

درصد اُفت ولتاژ کل $= 1/955 \times 0/9 + 1/744 \times 0/435 = \%2/53 \Rightarrow$ $\boxed{\%\Delta U = \%2/53}$

تلفات اهمی $= 3RI^2 = 3 \times 1/7628 \times (128)^2 = 86/64\ KW$

درصد تلفات توان $= \frac{86/64}{4000} \times 100 = \%2/16$ $\boxed{\%\Delta P = \%2/16}$

POWEREN.IR

*** مثال (۷ـ۲):**

اگر بارگیری از خط مزبور، روزانه به مدت ۱۰ ساعت و به طورکلی ۳۰۰ روز در طول سال انجام گیرد، مطلوبست میزان تلفات انرژی سالیانهٔ این شهرک در مقایسه با میزان سیم مصرفی؟

تلفات انرژی در طول یک سال = ۸۶/۶۴×۱۰×۳۰۰ = ۲۵۹۹۲۰ کیلووات ساعت

وزن هادی = ۰/۴۵۰ Kg/m وزن واحد طول سیم هاینا

وزن کل هادی = ۰/۴۵ × ۶۵۰۰ × ۱/۰۵ × ۳ = ۹۲۱۳ کیلوگرم

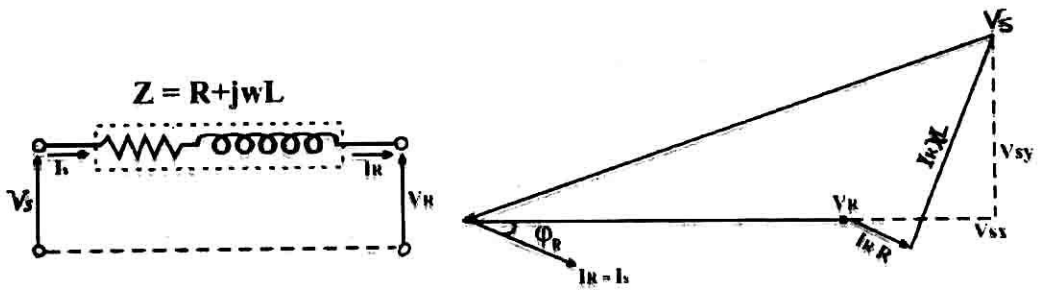
با توجه به محاسبات انجام شده، برای خط مزبور جدول(۷ـ۴)را خواهیم داشت:

جدول (۴ـ۷) : نتایج مثال حل شده

مقدار اُفت ولتاژ بر حسب درصد در انتهای خط "ΔU%"	۲/۵۳
درصد تلفات توان "ΔP%"	۲/۱۶
تلفات انرژی سالیانه بر حسب کیلووات ساعت	۲۵۹۹۲۰
مقدار هادی مصرفی بر حسب کیلوگرم	۹۲۱۳

۷ـ۴ـ۳ ـ روش معادلات خط کوتاه

خطوط هوایی شبکه‌های توزیع را می‌توان براساس مدل خطوط انتقال کوتاه و با مدار معادل آن حل نمود. از آن‌جایی که در خطوط هوایی توزیع می‌توان از ادمیتانس مربوط به کاپاسیتانس خط در فرکانس ۵۰ هرتز صرفنظر نمود، پس فقط مقاومت‌های اهمی و القایی سری خط به‌کار برده می‌شود؛ در این مدار معادل، جریان ورودی در ابتدا برابر جریان در انتهای خط خواهد بود. شکل (۲ـ ۷) مدار معادل و دیاگرام‌بُرداری خط هوایی (برای یکفاز) را نشان می‌دهد.



شکل (۲ـ ۷): مدار معادل و دیاگرام‌برداری خط انتقال نیرو

با توجه به دیاگرام‌بُرداری صفحهٔ قبل می‌توان نوشت:

$$V_s = \left[(V_R + I_R R\cos\phi_R + I_R X_L \sin\phi_R)^2 + (I_R X_L \cos\phi_R - I_R R \sin\phi_R)^2\right]^{1/2}$$

هرگاه به جهت سادگی از مقدار $V_s r$ در مقابل V_{sx} صرفنظر گردد داریم:

$$V_S \approx V_R + I_R R\cos\phi_R + I_R X_L \sin\phi_R$$

$$\%\Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \approx \frac{I_R \cos\phi_R + I_R X_L \sin\phi_R}{V_R} \times 100$$

$$\begin{cases} R = L \times r \\ XL = L \times X \end{cases}$$

$$\%\Delta V = \frac{I_R R(\cos\phi_R + X_L \sin\phi_R)}{\frac{U_R}{\sqrt{3}}} \times 100$$

درصد اُفت ولتاژ

$$\boxed{\%\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_R (r\cos\phi_R + X_L \sin\phi_R)}{U_R} \times 100}$$

که اُفت ولتاژ عبارت است از:

$$\Delta V = L \times I_R (r\cos\phi_R + X_L \sin\phi_R)$$

برای محاسبهٔ قدرت تلف شده در اثر مقاومت اهمی خط انتقال و توزیع برق داریم:

$$\Delta P = 3R|I|^2$$

درصد تلفات توان:

$$\%\Delta P = \frac{3R|I|^2}{P} \times 100 = \frac{100SR}{|U_L|^2 \cos\phi} \times 100$$

که در این رابطه:

I = جریان خط

U_L = ولتاژ خط

S = قدرت ظاهری

$\cos\phi$ = ضریب توان

R = مقاومت هادی

X_L = راکتانس خط

برای روابط ساده شده مقابل برای محاسبه اُفت ولتاژ به‌کار می‌روند.

$$I = \frac{P}{\sqrt{.}U_L.Cos\phi}$$

$$\Delta U = \sqrt{3}L \times I[R\ Cos\phi + X_L\ Sin\phi]$$

*** مثال (۷ـ۳):**

در طراحی دو فیدر از محل پستِ فوق توزیع برای کارخانهٔ کلروپارس (به طول تقریبی ۱/۱ کیلومتر و با قدرت درخواستی ۳/۵ مگاوات) و کارخانهٔ داروسازی زکریا (به فاصله ۱/۹ کیلومتر و قدرت درخواستی ۴ مگاوات) مطلوبست: الف) میزان اُفت ولتاژ با هادی نوع "Hyena" با مقاومت اهمی $R=۰/۲۷۱۲\Omega/km$ با توجه به این که فاصله اول خط باید به صورت دومداره با راکتانس $X_L=۰/۰۵\Omega/km$ و بقیه به صورت خط هوایی تکمداره با راکتانس $X_L = ۰/۲۵\Omega/km$ بوده و ضریب قدرت مصرف‌کنندگان به طور متوسط $Cos\phi = ۰/۸۵$ در نظر گرفته شود.

حل:

مدار اول: فیدر اختصاصی کلروپارس

$R = ۰/۲۷۱۲$ ohm/km

$XL = ۰/۰۵\ \Omega/km$

$Cos\phi = ۰/۸۵$

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{۳}.U.Cos\phi} = \frac{۳۵۰۰}{\sqrt{۳}\times۲۰\times۰/۸۵} \cong ۱۱۹\ A$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{۳}L \times I[R\ Cos\phi + X_L\ Sin\phi]$$

$$= \sqrt{۳}\times۱/۱\times۱۱۹[۰/۲۷۱۲\times۰/۸۵ + ۰/۰۵\times۰/۵۳] = \sqrt{۳}\times۱/۱\times۱۱۹[۰/۲۵۶۸]$$

$\Delta U_1 = ۵۸۰۲۳۶۵\ V$

درصد اُفت ولتاژ مدار اول، فیدر اختصاصی کلرپارس $\Delta U_1 = ۰/۲۹\%$

مدار دوم: فیدر اختصاصی داروسازی زکریا

$R = ۰/۲۷۱۲$ ohm/km

$XL = ۰/۲۵\ \Omega/km$

$Cos\phi = ۰/۸۵$

$$I_2 = \frac{۴۰۰۰}{\sqrt{۳}\times۲۰\times۰/۸۵} \cong ۱۳۶\ A$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{۳}L\times I[R\ Cos\phi + X_L\ Sin\phi]$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{۳}\times۱/۹\times۱۳۶[۰/۲۶۱۲\times۰/۸۵+۰/۲۵\times۰/۵۳] = \sqrt{۳}\times۱/۹\times۱۳۶[۹/۳۶۳]$$

$$\Delta U_2 = ۱۶۲/۵$$

$$\Delta U_2 = ۰/۸\%$$

درصد اُفت ولتاژ مدار دوم، فیدر اختصاصی داروسازی زکریا

۵ـ۷ـ منحنی‌های اُفت ولتاژ (ΔV) و توان (ΔP)

در این روش، اُفت ولتاژ و توان خط هوایی ۲۰ کیلوولت بدون انشعاب‌گیری و با بار مصرفی در نقطهٔ انتهایی آن (در مقصد)، بررسی و با استفاده از منحنی‌های کاربردی محاسبه می‌شود.

اُفت ولتاژ و تلفات توان در انتهای مسیر خط هوایی تحت بار کشیده شده مشخص، به وسیلهٔ منحنی‌های (۳ـ۷) تا (۷ـ۷) و رابطهٔ ارایهٔ شدهٔ آن‌ها محاسبه می‌گردد.[1] منحنی‌های ارایه شده، از رسم معادلات اُفت ولتاژ و توان به دست آمده است. پس هرگاه خط هوایی نیز دارای انشعاب باشد، می‌توان با استفاده از تقسیم مسیر به قطعات با جریان‌های بارهای مشخص و محاسبهٔ اُفت ولتاژ آن قطعه را به‌دست آورد. با استفاده از این روش، برای هر قطعه، اُفت ولتاژ را محاسبه و در مجموع اُفت در مقصد از حاصل جمع اُفت ولتاژهای مسیرها استخراج می‌گردد. این منحنی‌ها، برای انجام مقایسه‌های سریع در مرحله طراحی و تصمیم‌گیری به صورت مستقل از محاسبات وقت‌گیری آن‌ها بسیار مناسب است. بدیهی است که پس از انتخاب سطح مقطع موردنظر، کنترل مجدد و دقیق میزان اُفت ولتاژ و توان با استفاده از آن روابط نیز قابل حل خواهد بود.

به منظور انتخاب هادی نرم شده مطابق با استاندارد وزارت نیرو، که مناسب‌ترین نوع هادی آلومینیوم فولاد برای انتقال انرژی در ولتاژ ۲۰ کیلوولت را انجام می‌دهد، محاسبهٔ اُفت ولتاژ مجازی، با توجه به قدرت انتقالی خط و مسافت‌های آن‌ها در مسیر انجام می‌گردد.

برای استخراج میزان اُفت ولتاژ در شبکهٔ خط هوایی ۲۰ کیلوولت که از هادی نوع آلومینیوم مغز فولادی (A.C.S.R.) استفاده شده و فرکانس سیستم ۵۰ هرتز در نظر گرفته شود، از رابطه زیر و منحنی مربوطهٔ آن‌ها استفاده خواهد شد:

$$\Delta U\% = \frac{S_e l 100}{U_e^2}\left[\frac{\rho}{A}\ Cos\phi_e + X_L\ Sin\phi_e\right] + \frac{1}{200}\left[\frac{S_e l 100}{U_e^2}\ (X_L\ Cos\phi_e - \frac{\rho}{A}\ Sin\phi_e)\right]^2$$

---

[1] Overhead Transmission Lines-Power Distribution by: Elec. Eng. HANDBOOK-Siemens.

در این رابطه:

S_e = قدرت مورد نیاز در مقصد، بر حسب مگاولت آمپر [MVA]

l = طول خط هوایی، بر حسب کیلومتر [km]

$S_e l$ = گشتاور بار، بر حسب [MVA, km]

U_e = ولتاژ خط هوایی بر حسب KV که در این سیستم ۲۰ کیلوولت است

$Cos\phi_e$ = ضریب قدرت در مقصد

A = سطح مقطع هادی، به میلی‌متر مربع [mm^2]

ρ = مقاوم مخصوص هادی، برحسب [$\Omega mm^2/km$]

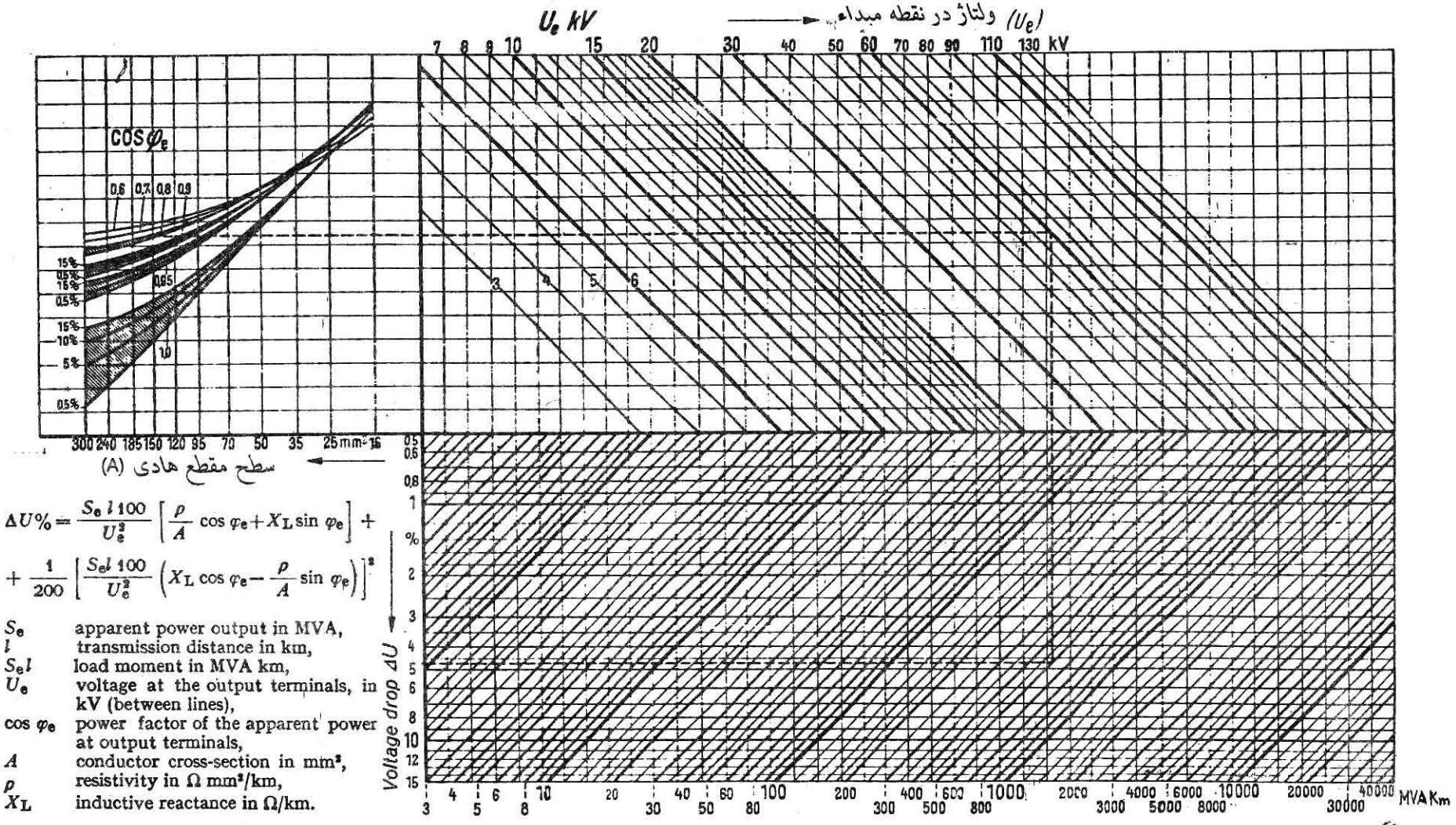
X_L = راکتانس خط برحسب [Ω/km]

$$\Delta V\% = \frac{S_e l 100}{U_e 2} \quad [... = \text{Voltage drop}] \quad \text{درصد اُفت ولتاژ}$$

$$\Delta V\% = \frac{S_e l 100}{U_e} \quad [... = \text{Voltage drop}] \quad \text{درصد تغییرات ولتاژ}$$

دیاگرام‌های شکل (۳-۷) و (۴-۷) انتخاب مقطع هادی‌های مسی را، براساس انتخاب درصد اُفت ولتاژ مجاز ($\Delta U\%$) و درصد تلفات توان ($\Delta P\%$) نشان می‌دهد. شکل‌های (۵-۷) و (۶-۷)، انتخاب هادی آلومینیوم فولاد و یا آلومینیومی را برای گشتاور بارکشیده شده در مقصد برحسب مقادیر مختلف درصد اُفت ولتاژ و توان ارایه می‌نماید و شکل (۷-۷) نیز برای شبکه‌های هوایی فشار ضعیف، امکان انتخاب هادی‌های مسی یا آلومینیومی را براساس تغییرات ولتاژ ($\Delta U\%$) نشان می‌دهد.

شکل (۳-۷): خط هوایی فشار قوی ـ سه فاز ـ فرکانس ۵۰ هرتز ـ هادی‌های نوع مسی ـ درصد اُفت ولتاژ $\Delta U\%$ – ولتاژ مبناء U_e ولتاژترمینال خروجی در مبدا (پست فوق توزیع یا نقطه انشعاب) می‌باشد.



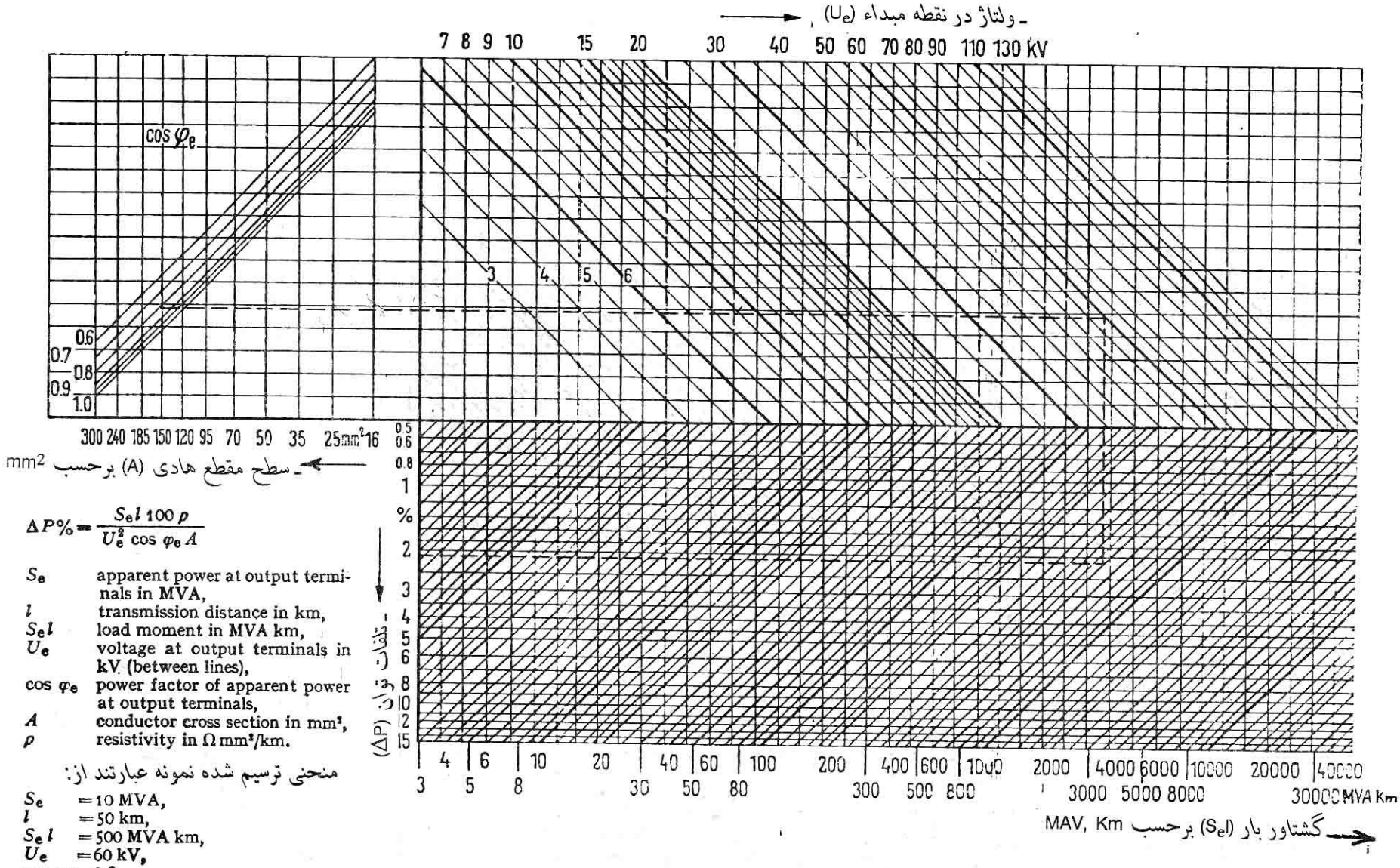
$$\Delta U\% = \frac{S_e\, l\, 100}{U_e^2}\left[\frac{\rho}{A}\cos\varphi_e + X_L \sin\varphi_e\right] + \frac{1}{200}\left[\frac{S_e l\, 100}{U_e^2}\left(X_L\cos\varphi_e - \frac{\rho}{A}\sin\varphi_e\right)\right]^2$$

S_e	apparent power output in MVA,
l	transmission distance in km,
$S_e l$	load moment in MVA km,
U_e	voltage at the output terminals, in kV (between lines),
$\cos\varphi_e$	power factor of the apparent power at output terminals,
A	conductor cross-section in mm²,
ρ	resistivity in Ω mm²/km,
X_L	inductive reactance in Ω/km.

منحنی ترسیم شده نمونه:

S_e = 10 MVA, U_e = 60 kV,
l = 50 km, $\cos\varphi_e$ = 0.8,
$S_e l$ = 500 MVA km, A = 150 mm² Cu.

giving a value of ΔU = 4.7 %.



$$\Delta P\% = \frac{S_e l \, 100 \, \rho}{U_e^2 \cos\varphi_e \, A}$$

S_e	apparent power at output terminals in MVA,
l	transmission distance in km,
$S_e l$	load moment in MVA km,
U_e	voltage at output terminals in kV (between lines),
$\cos\varphi_e$	power factor of apparent power at output terminals,
A	conductor cross section in mm²,
ρ	resistivity in $\Omega\,mm^2/km$.

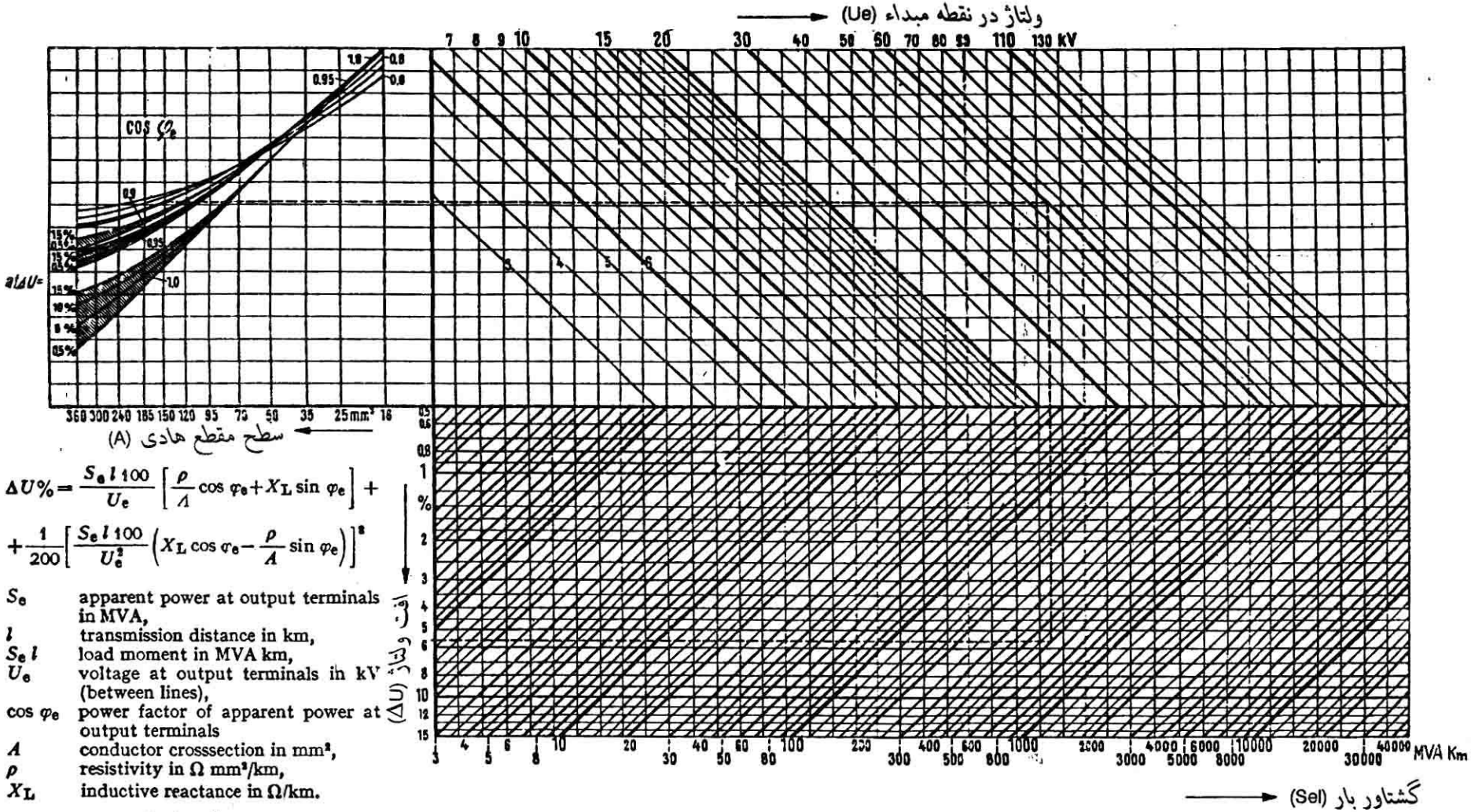
منحنی ترسیم شده نمونه عبارتند از:

S_e = 10 MVA,
l = 50 km,
$S_e l$ = 500 MVA km,
U_e = 60 kV,
$\cos\varphi_e$ = 0.8,
A = 150 mm² Cu.

giving a value of ΔP = 2.16%.

شکل (۴-۷): خط هوایی فشار قوی ـ سه فاز ـ فرکانس ۵۰ هرتز ـ هادی‌های نوع مسی ـ درصد تلفات توان $\Delta P\%$ ـ توان مبنا S_e با ضریب قدرت $Cos\phi_e$ در ترمینال خروجی در مبدا خواهد بود

شکل (۵-۷): خط هوایی فشار قوی ـ سه فاز ـ با هادی نوع آلومینیوم فولاد A.S.C.R. و یا آلومینیومی ـ فرکانس ۵۰ هرتز ـ تغییرات ولتاژ $\Delta U\%$ براساس ولتاژ مبناء U_e در ترمینال خروجی مبدا خواهد بود



$$\Delta U\% = \frac{S_e\, l\, 100}{U_e}\left[\frac{\rho}{A}\cos\varphi_e + X_L \sin\varphi_e\right] + \frac{1}{200}\left[\frac{S_e\, l\, 100}{U_e^2}\left(X_L\cos\varphi_e - \frac{\rho}{A}\sin\varphi_e\right)\right]^2$$

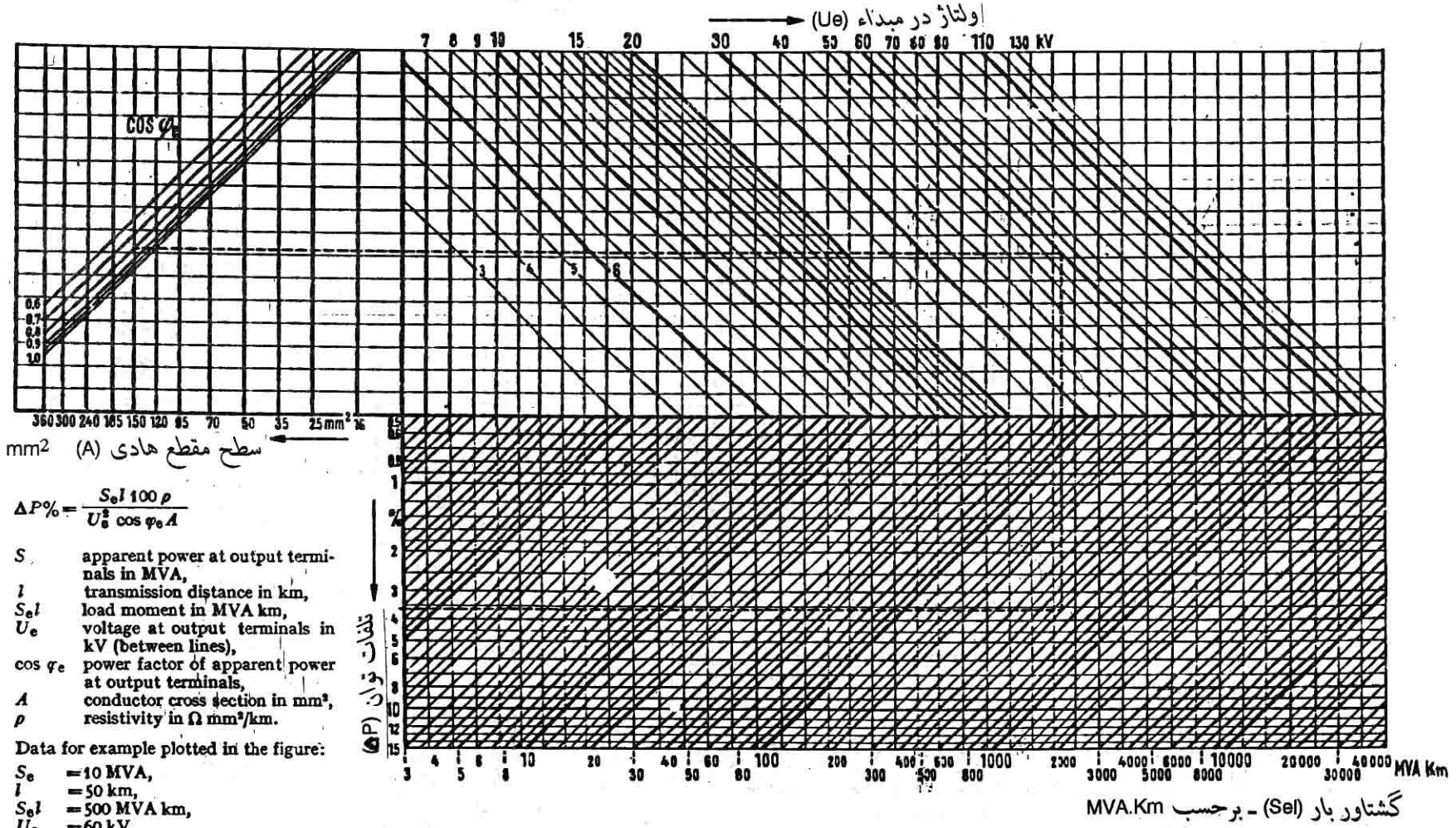
S_e	apparent power at output terminals in MVA,
l	transmission distance in km,
$S_e\, l$	load moment in MVA km,
U_e	voltage at output terminals in kV (between lines),
$\cos\varphi_e$	power factor of apparent power at output terminals
A	conductor crosssection in mm²,
ρ	resistivity in Ω mm²/km,
X_L	inductive reactance in Ω/km.

منحنی ترسیم شده نمونه

S_e =10 MVA,
l =50 km,
$S_e l$ =500 MVA km,
U_e =60 kV,
$\cos\varphi_e$=0.8,
A =150/25 mm² ACSR.

میزان درنظر گرفته شده افت ولتاژ ΔU=5.56%

شکل (٦-٧): خط هوایی فشار قوی - سه فاز - با هادی نوع آلومینیوم فولاد .A.S.C.R و یا آلومینیومی - فرکانس ۵۰ هرتز - تلفات توان $\Delta P\%$ توان مبناء $S_e Cos\phi$ در نقطه ترمینال خواهد بود



$$\Delta P\% = \frac{S_e l \, 100 \, \rho}{U_e^2 \cos\varphi_e A}$$

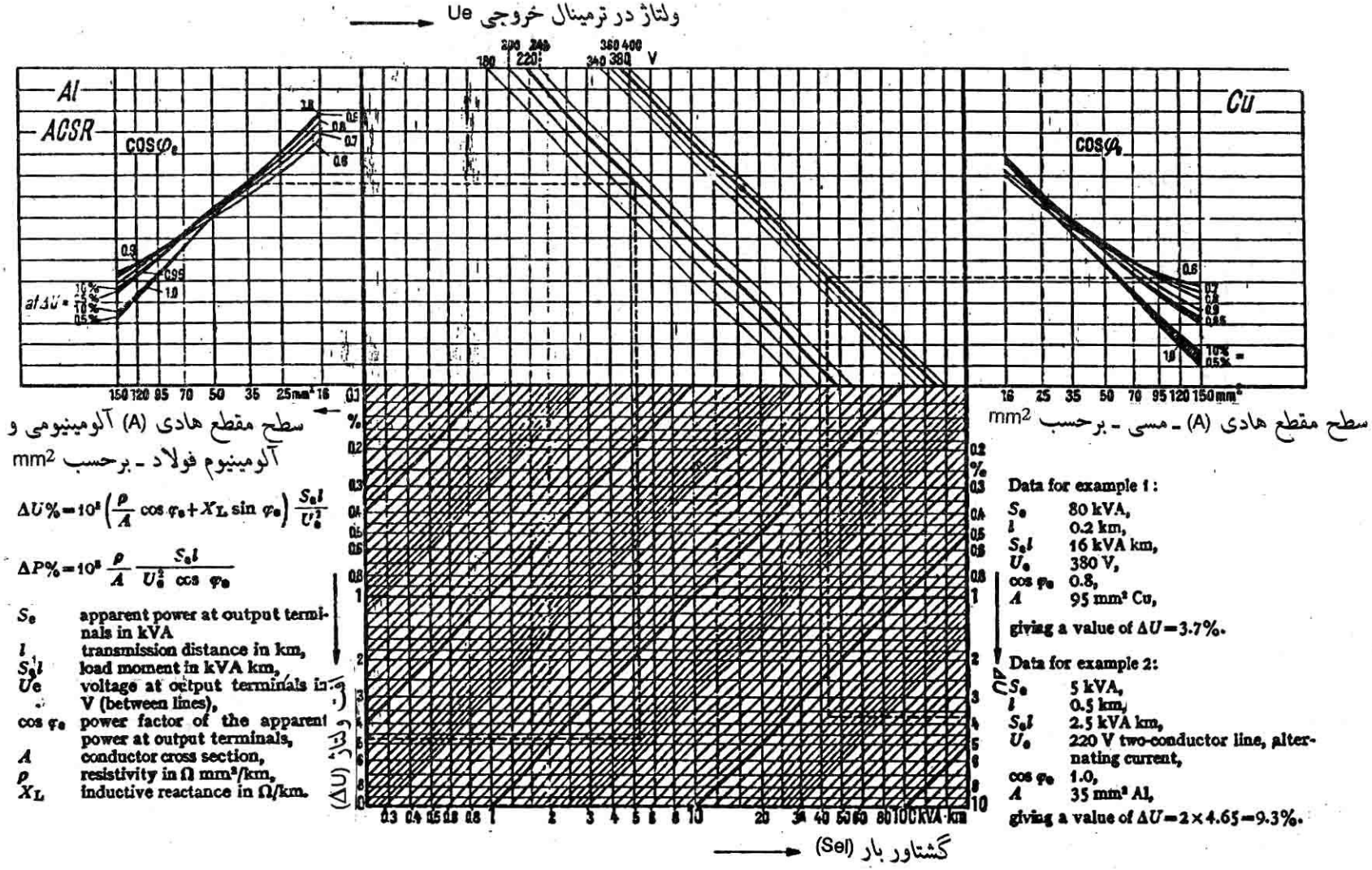
S	apparent power at output terminals in MVA,
l	transmission distance in km,
$S_e l$	load moment in MVA km,
U_e	voltage at output terminals in kV (between lines),
$\cos\varphi_e$	power factor of apparent power at output terminals,
A	conductor cross section in mm²,
ρ	resistivity in Ω mm²/km.

Data for example plotted in the figure:

S_e = 10 MVA,
l = 50 km,
$S_e l$ = 500 MVA km,
U_e = 60 kV,
$\cos\varphi_e$ = 0.8,
A = 150/25 mm² ACSR,

giving a value of ΔP = 3.56%.

شکل (۷ـ۷): خطّ هوایی فشار ضعیف ـ با هادی نوع آلومینیوم، آلومینیوم فولاد و یا مسی ولتاژ ۳۸۰ ولت (فاز به فاز) و ۲۲۰ ولت (تکفاز) ـ
فرکانس ۵۰ هرتز ـ تغییرات ولتاژ $\Delta U\%$ و ولتاژ مبناء U_e



$$\Delta U\% = 10^5 \left(\frac{\rho}{A} \cos \varphi_e + X_L \sin \varphi_e \right) \frac{S_e l}{U_e^2}$$

$$\Delta P\% = 10^5 \frac{\rho}{A} \frac{S_e l}{U_e^2 \cos \varphi_e}$$

S_e	apparent power at output terminals in kVA
l	transmission distance in km,
$S_e l$	load moment in kVA km,
U_e	voltage at output terminals in V (between lines),
$\cos \varphi_e$	power factor of the apparent power at output terminals,
A	conductor cross section,
ρ	resistivity in Ω mm²/km,
X_L	inductive reactance in Ω/km.

Data for example 1:

S_e	80 kVA,
l	0.2 km,
$S_e l$	16 kVA km,
U_e	380 V,
$\cos \varphi_e$	0.8,
A	95 mm² Cu,

giving a value of $\Delta U = 3.7\%$.

Data for example 2:

S_e	5 kVA,
l	0.5 km,
$S_e l$	2.5 kVA km,
U_e	220 V two-conductor line, alternating current,
$\cos \varphi_e$	1.0,
A	35 mm² Al,

giving a value of $\Delta U = 2 \times 4.65 = 9.3\%$.

جدول (۴-۷): جدول انتخاب سیم برای گشتاور بار (کیلومتر×مگاوات) ـ خط ۲۰ کیلوولت

نام سیم	ولتاژ کیلوولت	تعداد مدار	تعداد سیم‌ها در هر فاز	حداکثر جریان مجاز در هر فاز (آمپر)	حداکثر قدرت حقیقی مجاز (مگاوات)	کیلومتر × مگاوات	
						۱۰ درصد اُفت ولتاژ	۵ درصد اُفت ولتاژ
FOX	۲۰	۱	۱	۱۹۲	۵/۹۸	۶×۶	۴/۴×۴/۴
MINK	۲۰	۱	۱	۲۸۸	۸/۹۸	۷/۵×۷/۵	۵/۵×۵/۵
DOG	۲۰	۱	۱	۴۱۷	۱۳	۹×۹	۶/۵×۶/۵
PARTRIDGE	۲۰	۱	۱	۱۳۲۰۱	۱۴/۳۴	۱۰×۱۰	۷×۷
FOX	۲۰	۲	۱	۱۹۲	۱۱/۹۷	۸/۵×۸/۵	۶×۶
MINK	۲۰	۲	۱	۲۸۸	۱۷/۹۵	۱/۵×۱۰/۵	۷/۵×۷/۵
DOG	۲۰	۲	۱	۴۱۷	۲۶	۱۲/۵×۱۲/۵	۹×۹
PARTRIDGE	۲۰	۲	۱	۴۶۰	۲۸/۶۸	۱۳/۸×۱۳/۸	۹/۸×۹/۸

۷ـ۶ـ محاسبه راکتانس

۷ـ۶ـ۱ـ خط هوایی تکمداره

علاوه بر مقاومت اهمی هادی‌ها، خطوط هوایی، دارای مقاومت‌های ظاهری دیگری به نام «راکتانس» هستند که در شبکه‌های توزیع «راکتانس اندوکتیو» سیم‌ها ناشی از خاصیت سلفی سیم‌ها بیشتر مد نظر قرار می‌گیرد. با این حال، در خطوط فوق توزیع و یا کابل‌های زمینی «راکتانس کاپاسیتو» نیز در محاسبات دخالت خواهند داشت. راکتانس (X_L) خطوط هوایی ناشی از اندوکتانس "L" ، به شرح رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{اندوکتانس } L = \frac{\mu_0}{2\pi} \text{Ln} \left(\frac{Dm}{Ds}\right)$$

$$\text{راکتانس سلفی } X_L = \omega.L = \omega\left[\frac{\mu_0}{2\pi} \text{Ln} \left(\frac{Dm}{K_r}\right)\right] , \qquad \omega = 2\pi f$$

در این رابطه‌ها:

μ_0 = ثابت مغناطیسی معادل $(4\pi \times 10^{-4}\ H/km)$

D_m = فاصلهٔ متوسط (هندسی) هادی‌ها از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$D_m = \sqrt[3]{d_{12} \times d_{13} \times d_{23}}$$

D_S = شعاع متوسط (هندسی) هادی، برای خط تکمداره، مقدار آن برای هادی‌های، معادل Kr می‌باشد که r : شعاع کل سیم و K : ضریبی است مربوط به تعداد رشته‌ها و فاصله متوسط هادی‌ها از یکدیگر (D_m) و بستگی به ولتاژ خط دارد و از حدود ۰/۷۵ برای ولتاژهای کم و حداکثر ۲/۷ برابر ولتاژهای تا ۶۳KV تغییر می‌کند. برای شبکه فشار متوسط توزیع K=۰/۷۷۹ در نظر گرفته می‌شود .

f = فرکانس. سیستم در این‌جا ۵۰ هرتز است

π = عدد پی برابر ۳/۱۴۱۵

$$X_L = \omega\ (2 \times 10^{-4}\ \mathrm{Ln}\ \frac{Dm}{0.779r})\ \ [\Omega/Km]$$

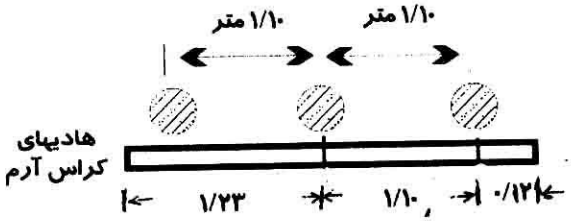
*** مثال (۷-۴):**

محاسبهٔ اندوکتانس خط تکمداره: در خط ۲۰ کیلوولتی تکمداره با هادی نوع DOG با آرایش کراس آرم ۲/۴۴ متری، اندوکتانس سلفی عبارت است از:

در ابتدا از جدول‌های استاندارد سیم‌ها داریم:

قطر خارجی (شعاع کل): d=14.15 mm

شعاع سیم (متر) r=7.075mm = 0.007 m



شکل (۷ـ۸): هادی‌های تکمداره

وزن واحد طول: ω_p = 0.394 Kg/m نیروی پارگی: U.T.S = 3335 Kg

سطح مقطع کل: S = 118.5 mm^2 مقاومت اهمی: R = 0.2723 Ω/Km

حل:

$$X_L = \omega\ (۲ \times ۱۰^{-۴})\ \mathrm{Ln}\ \frac{Dm}{۰/۷۷۹r}$$

$$D_m = \sqrt[3]{(۱/۱ \times ۱/۱ \times ۲/۲)} = ۱/۳۸۵۹\ m\ ,\ r = ۰/۰۰۷۰۷۵\ m$$

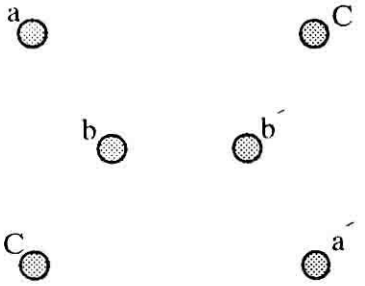
$$X_L = ۳۱۴(۲\times۱۰^{-۴})\mathrm{Ln}(\frac{۱/۳۸۵۹}{۰/۷۷۹\times۰/۷۰۷۵}) = ۰/۰۶۲۸\mathrm{Ln}(۲۵۲.۱۰۶) = ۰/۳۴۷۲\Omega$$

X_L = ۰/۳۴۷۲ Ω/Km

با استفاده از همین رابطه و روش حل، می‌توان برای دیگر انواع آرایش‌های افقی با فاصله هادی‌های متفاوت و نیز آرایش‌های عمومی و مثلثی با مقادیر محاسبه شدهٔ جدید فاصله هندسی D_m هریک از آرایش‌ها، اندوکتانس اهمی خط مورد نظر را محاسبه نمود.

۷ـ۶ـ۲ ـ خط هوایی دو مداره (سه فاز)

یک خط هوایی سه فازهٔ دو مدارهٔ شبکهٔ ۲۰ کیلوولت که به صورت دو فیدر سه فاز مجزا است و روی یک پایه اجرا شده، دارای اندوکتانس خط دومداره (X_L) خاص خود خواهد بود. حال اگر خط، ترانسپوزه فرض شود و در صورتی‌که مقطع عرضی آرایش هادی‌ها به صورت مقابل باشد، اندوکتانس در واحد طول این خط سه فاز دو مداره، برابر خواهد بود با:



شکل (۷ـ۹): هادی‌های دو مداره

$$L = 2 \times 10^{-7} \, \text{Ln} \, \frac{GMD}{GMR} \quad (H/m)$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f.L$$

$GMD = \sqrt[3]{D_{ab}^{eq} \cdot D_{bc}^{eq} \cdot D_{ac}^{eq}}$ فاصله متوسط هندسی

که پارامترهای D_{ab}^{eq} و D_{ac}^{eq} و D_{bc}^{eq} عبارتند از

$$\begin{cases} D_{ab}^{eq} = (D_{ab} \cdot D_{ab'} \cdot D_{a'b} \cdot D_{a'b'})^{1/4} \\ D_{bc}^{eq} = (D_{bc} \cdot D_{bc'} \cdot D_{b'c} \cdot D_{b'c'})^{1/4} \\ D_{ac}^{eq} = (D_{ac} \cdot D_{ac'} \cdot D_{a'c} \cdot D_{a'c'})^{1/4} \end{cases}$$

$GMR = \sqrt[3]{GMR_a \cdot GMR_b \cdot GMR_c}$ شعاع متوسط هندسی

که پارامترهای GMR_a و GMR_b و GMR_c عبارت است از:

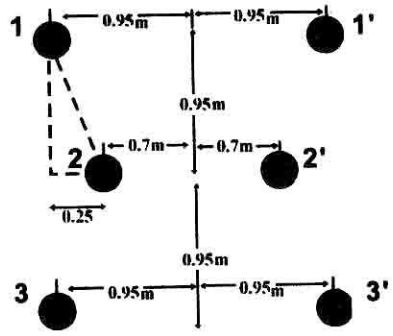
$$\begin{cases} GMR_a = \sqrt{D_{aa'} \cdot r'} \\ GMR_b = \sqrt{D_{bb'} \cdot r'} \\ GMR_c = \sqrt{D_{cc'} \cdot r'} \end{cases}$$

که r' شعاع متوسط هندسی هادی می‌باشد.

*** مثال (۵ـ۷) :**

مطلوب است محاسبهٔ اندوکتانس یک خط دو مداره با آرایش سر تیر $2T_1$ شامل دو کراس‌آرم ۲ متری و یک کراس‌آرم ۱/۵ متری و هادی نوع DOG.

حل:



شکل (۷ـ۱۰): آرایش خط دومداره

$$۱۲ = ۰/۹۸۲ \text{ m}$$
$$۱۲' = ۱/۹۰۳۹۴ \text{ m}$$
$$۱۳ = ۱/۹$$
$$۱۳' = ۱/۹$$

$$D_{12} = (۱۲ \times ۱۲' \times ۱'۲ \times ۱'۲')^{۱/۴} = (۰/۹۸۲ \times ۱/۹۰۳۹۴ \times ۱/۹۰۳۹۴ \times ۰/۹۸۲)^{۱/۴} = ۱/۳۶۷ \text{ m}$$

$$D_{23} = (۲۳ \times ۲۳' \times ۲'۳ \times ۲'۳')^{۱/۴} = (۰/۹۸۲ \times ۰/۹۸۲ \times ۱/۹۰۳۹۴ \times ۱/۹۰۳۹۴)^{۱/۴} = ۱/۳۶۷ \text{ m}$$

$$D_{13} = (۱۳ \times ۱۳' \times ۱'۳ \times ۱'۳')^{۱/۴} = (۱/۹ \times ۱/۹ \times ۱/۹ \times ۱/۹)^{۱/۴} = ۱/۹ \text{ m}$$

$$GMD = \sqrt[3]{۱/۴۵۱} = ۱/۵۲۵ \text{ m}$$

$$D۱\,۱' = ۲/۶۸۷ \text{ m} \quad , \quad D۲\,۲' = ۱/۴ \text{ m} \quad , \quad D۳\,۳' = ۲/۶۸۷ \text{ m}$$

برای هادی DOG داریم $r' = ۰/۰۰۷ \text{ m}$

$$GMR_a = \sqrt{۲/۶۸۷ \times ۰/۰۰۷} = ۰/۱۳۷۱ \text{ ,} \quad GMR_b = \sqrt{۱/۴ \times ۰/۰۰۷} = ۰/۰۹۸۹۹ \text{ ,} \quad GMR_c = ۰/۱۳۷۱$$

$$GMR = \sqrt[3]{۰/۰۰۱۸۶} = ۰/۱۲۲۹ \text{ m}$$

$$X_L = ۳۱۴ \times ۲ \times ۱۰^{-۴} \text{ Ln} \frac{۱/۵۲۵ \text{m}}{۰/۱۲۲۹} = ۰/۱۵۸۱ \text{ Ω/Km}$$

و یا $X_2 = ۰/۰۰۰۱۵۸۱ \text{ Ω/m}$

۷-۷- جریان اتصال کوتاه

اثرات سوء جریان‌های ناگهانی ناشی از باز شدن (یا پارگی) هادی در خطوط هوایی توزیع و افتادن سیم روی زمین، (بیش از ۷۵٪ اتصال کوتاه‌های شبکه‌های توزیع از این نوع می‌باشد) باید در مراحل طراحی، مورد بررسی قرارگیرد. اتصال کوتاه نوع تکفاز به زمین، اغلب بر اثر شکست الکتریکی و ایجاد جرقه روی مقره‌ها، برخورد بال پرندگان، برخورد سیم به کراس‌آرم و یا افتادن سیم روی زمین ایجاد می‌گردنند. همچنین احتمال وقوع اتصال کوتاه دوفاز نیز در خطوط هوایی شبکه‌های توزیع وجود دارد که برخورد سیم‌ها به یکدیگر، قرارگرفتن شاخهٔ درختان و یا بال پرندگان بین دو سیم و ایجاد جریان اتصال کوتاه بین دو فاز از آن جمله‌اند. شدیدترین اتصال کوتاه، زمانی خواهد بود که اتصال کوتاه سه فاز متقارن اتفاق بیفتد یعنی جریان ناشی از اتصال و یا برخورد همزمان سه فاز به یکدیگر ایجاد گردد. احتمال وقوع این اتصال کوتاه متقارن به طور معمول کمتر از ۵ درصد است. ولیکن به دلیل راحتی محاسبات آن، کلیه طراحان ترجیح می‌دهند که مطالعات اتصال کوتاه کلاسیک سه فاز متقارن را جهت طراحی سیستم، ملاک عمل قرار دهند. بدیهی است، خط هوایی که برای ماکزیمم جریان اتصال کوتاه سه فاز تعیین شده و تحمل لازم را داشته باشد، براساس رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$I_{SC} = A \frac{K}{\sqrt{t}}$$

و یا

$$A = I_{SC} \frac{\sqrt{t}}{K}$$

در این رابطه‌ها:

A = سطح مقطع هادی، برحسب میلی‌متر مربع

I_{SC} = جریان اتصال کوتاه، برحسب آمپر

t = زمان رفع خطا (مدت زمان اتصالی) برحسب ثانیه

K = ضریب ثابت، که به شرح زیر:

K = 85 = برای های آلومینیوم مغز فولادی	ACSR
K = 111 = برای هادی آلومینیوم	AAC
K = 93 = برای هادی آلیاژ آلومینیومی	AAAC

بنابراین مقطع سیم هادی باید به شکلی انتخاب شود که علاوه بر موارد گفته شده (تلفات)، ازنظر جریان اتصال کوتاه نیز برای مدت زمان تعیین شده (۵ ثانیه) تحمل داشته باشد.

* مثال (۶ـ۷):

مطلوبست محاسبهٔ جریان اتصال کوتاه در خط هوایی توزیع، با سیم نوع DOG در مدت زمان ۳ ثانیه (ضریب K = 85)

حل:

$$I = \frac{A \times K}{\sqrt{t}} = \frac{118.5 \times 85}{\sqrt{3}} = 5815 \qquad [A]$$

با کنترل جریان مجاز سیم DOG از جدول استاندارد هادی‌ها، دیده می‌شود که تحمل جریان اتصال کوتاه معادل ۵/۸ کیلوآمپر در مدت ۳ ثانیه را دارد و این جریان، خیلی بیشتر از جریان اتصال کوتاه یک خط فشار متوسط در مناطق دور دست از پست‌های فوق توزیع می‌باشد.

در بررسی سیم انتخابی از نظر ظرفیت عبور جریان اتصال کوتاه، فقط هنگام طراحی فیدرهای جدید خروجی ۲۰ کیلوولت از پست‌های فشار قوی اهمیت خواهد داشت. برای محاسبهٔ جریان اتصال کوتاه در محل نزدیک به پست‌های فوق توزیع، می‌توان از سطح اتصال کوتاه شینه‌های ۲۰ کیلوولت پست‌های فوق توزیع مربوطه استفاده نمود. در این صورت، با معلوم بودن شدت جریان اتصال کوتاه، سطح مقطع مناسب قابل کنترل خواهد بود.

۷ـ۸ـ منحنی‌های جریان ـ زمان اتصال کوتاه برای سیم‌های توزیع

در انتخاب هادی، سطح اتصال کوتاه باید در نظر گرفته شود. هادی باید بتواند جریان اتصال کوتاه محاسبه شده را در زمان کوتاه (قبل از عمل رله‌ها) از خود عبور دهد و دچار تغییرات فیزیکی نشود. اندازهٔ تحمل جریان اتصال کوتاه در داخل سیم، تابعی است از زمان عبور این جریان و نیز تغییر دمای محیط (Tn دمای هادی در کارکرد عادی و T_{max} حداکثر دمای مجاز هادی) می‌باشد. به همین دلیل، نمودارهایی در دماهای مختلف برحسب جریان عبوری و زمان رسم شده‌اند که شکل (۱۱-۷) و (۱۲-۷) نمونه‌هایی از آن را نشان می‌دهد. این نمودارها برای هادی‌های استاندارد شدهٔ خطوط توزیع (مسی و A.S.C.R.) آورده شده است. حداکثر جریان اتصال کوتاه برای هادی از یک جنس مانند سیم مسی خطوط هوایی فشار ضعیف و برای هادی‌های ترکیبی همچون A.S.C.R. (آلومینیوم فولاد خطوط فشار متوسط) از روابط زیر به دست آمده است:

هادی مسی:

$$I = \sqrt{4.184 \frac{A^2WC}{\alpha\rho_{(T_n)} \times t \times 10^6} \times Ln\,[1+\alpha(T_{max} - T_n]}$$

هادی A.S.C.R.:

$$I = \sqrt{4.184 \frac{A^2_1 W_1 C_1 + A_1 A_2 W_2 C_2}{\alpha_1 \rho_{1(Tn)} \times t \times 10^6} \times Ln\,[1+\alpha_1(T_{max} - T_n]}$$

که مقادیر اندیس 1 مربوط به آلومینیوم و مقادیر اندیس 2 مربوط به فولاد است.

I = حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز در زمان t برحسب [KA]

t = زمان عبور جریان اتصال کوتاه برحسب [S]

A = سطح مقطع برحسب [mm^2]

Tn = دمای اولیه هادی برحسب [°C]

T_{max} = دمای ماکزیمم (حداکثر دمای مجاز هادی در حین اتصال کوتاه) برحسب [°C]

W = چگالی وزنی برحسب [g/cm^3]

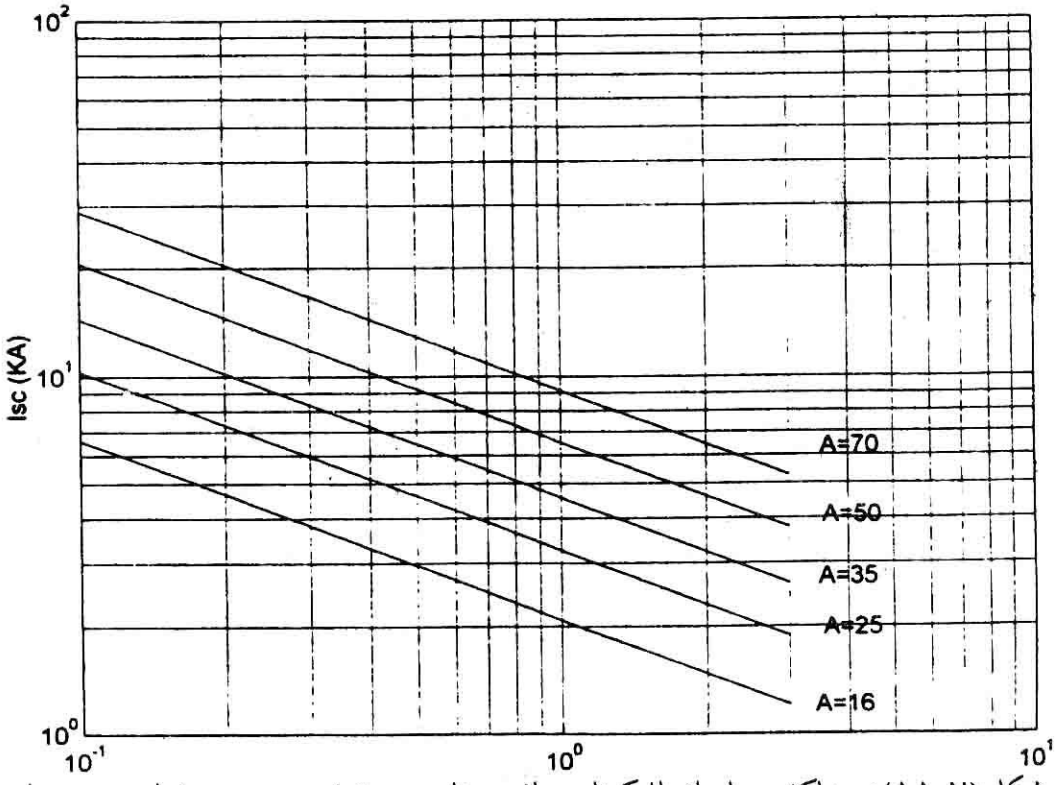
C = ضریب حرارتی ویژه برحسب [Cal/gr°C]

α = ضریب حرارتی مقاومت الکتریکی برحسب [1/°C]

$\rho_{(Tn)}$ = مقاومت ویژه در دمای T_n برحسب $[\frac{W.mm^2}{m}]$

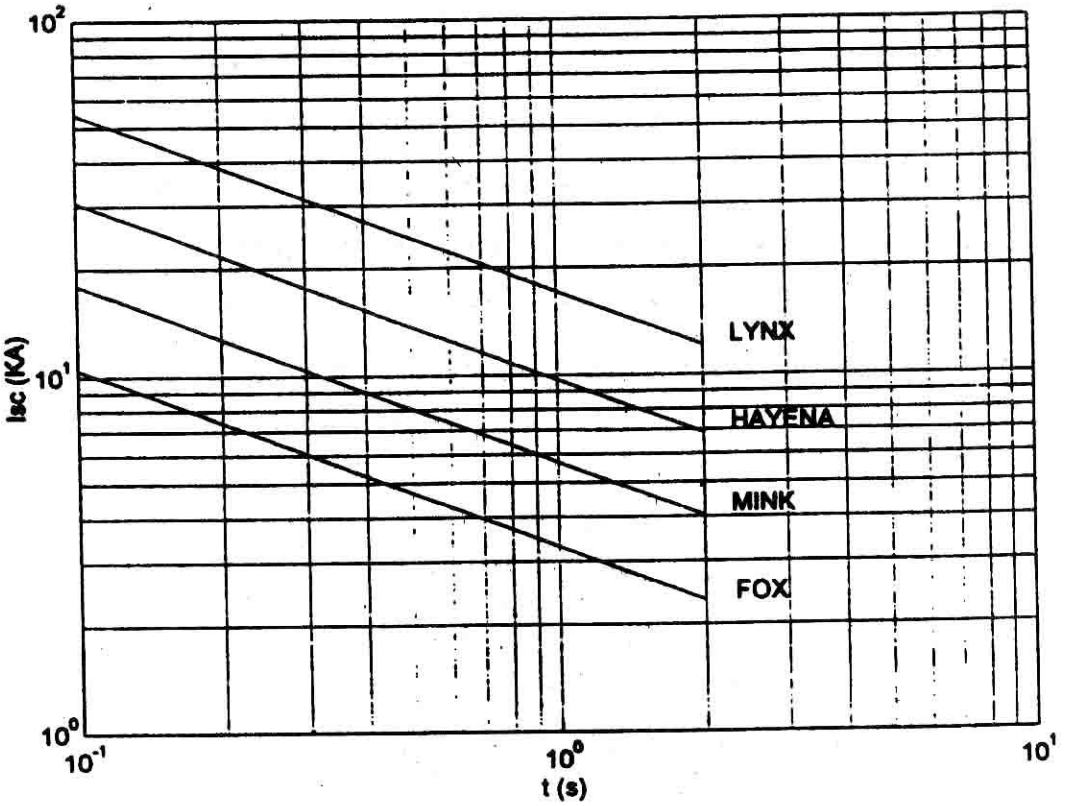
منحنی‌های شکل (۷-۱۱)، برای سیم‌های مسی و شکل (۷-۱۲) برای سیم‌های آلومینیوم فولاد است که حداکثر جریان مجاز اتصال کوتاه را بر حسب زمان عبور نشان می‌دهد. براساس این منحنی‌ها در خطوط هوایی فشار ضعیف و فشار متوسط، شبکه‌های توزیع بیش از (۸۰٪) از اتصالی‌ها از نوع تکفاز به زمین می‌باشد و قابلیت تحمل سیم‌ها در برابر جریان ناشی از اتصال کوتاه، به مدت زمان اتصالی بستگی دارد. پس، براساس این منحنی‌ها، و با توجه به این که در سیستم‌های حفاظتی شبکه‌های توزیع، زمان اتصالی ۱ الی ۵ ثانیه در نظرگرفته می‌شود، جریان سیم و هادی‌های هوایی برحسب میزان جریان اتصال کوتاه (I_{SC}) که آن نیز متأثر از فاصله محل اتصالی از منبع تولید یا همان پست فوق توزیع و همچنین مقاومت زمین محل اتصال می‌باشد، متغیر خواهد بود.

(T_{max} = ۲۰۰°C و T_n = ۷۰°C)



شکل (۷ـ۱۱): حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز سیم‌های مسی توزیع، بر حسب زمان عبور جریان

(T_{max} = ۱۸۰°C و T_n = ۷۰°C)



شکل (۷ـ۱۲): حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز سیم‌های A.C.S.R. توزیع، برحسب زمان عبور جریان

پیوست شماره (۳): نمونه محاسبات اُفت ولتاژ و تلفات توان

برای خطوط شعاعی فیدرهای جدید خروجی از نیروگاه (مبدا تولید) به طرف مناطق شهری و روستایی، این محاسبات و طراحی، مربوط به بررسی و مطالعات ۴۰ سال پیش بوده که توسط مشاورین خارجی و برای فیدرهای خروجی ۲۰ کیلوولت از نیروگاه قراملک تبریز در ۳ مسیر به شرح زیر، انجام گرفت:

خط شماره یک: فیدر تبریز ـ امند

خط شماره دو: فیدر تبریز ـ خسروشهر و اسکو و

خط شماره سه: فیدر تبریز ـ لیقوان.

VOLTAGE DROP AND POWER LOSS CALCULATIONS

FOR RURUAL LINES

* فیدر خط هوایی شمارهٔ یک: تبریز به طرف امند:

طول خط ۲۰ کیلومتر

نوع هادی نمره ۲ استاندارد آمریکا(AWG)

اندوکتانس خط:

مجموع بار پیش‌بینی شده ۵۰۰ کیلووات

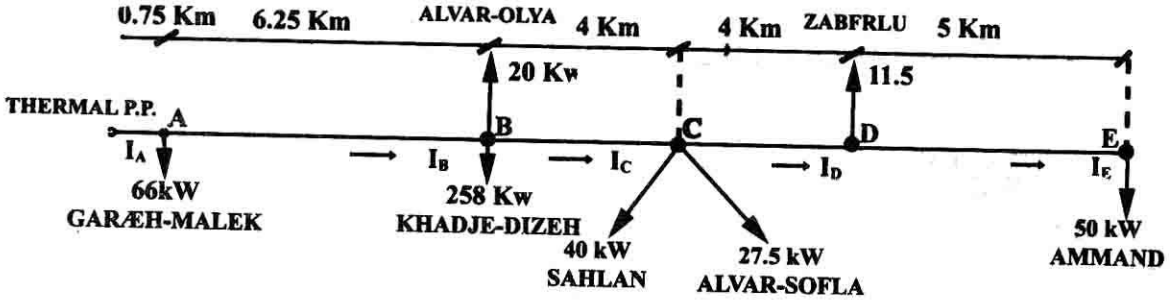
Line No. 1 = Tabriz−Ammand

Line length − 20Km

Conductor = No. 2/0 AWG A.C.S.R.

X_L = 0.34 Ω/Km

Anticipated load = 500 Kw.



شکل (۱۲-۱۷): دیاگرام تک‌خطی خط هوایی و نقاط گره آن‌ها

$$I_A = \frac{P}{\sqrt{3}\times U\ Cos\phi} = \frac{(66+285+20+27.5+11.5+50)}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = \frac{500}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 18\ A.$$

$$I_B = \frac{(500-66)}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = \frac{434}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 15.8\ A.$$

$$I_C = \frac{500-371}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = \frac{129}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 4.65 \text{ A.}$$

$$I_D = \frac{500-438.5}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 2.22 \text{ A.}$$

$$I_E = \frac{50}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 1.8 \text{ A.}$$

ـ اُفت ولتاژ برای هر قطعه از شاخه‌ها:

Voltage drops for the above currents are:

$$\Delta U_A = \sqrt{3}\times L\times I\ [R\ Cos\varphi + X_L\ Sin\varphi] = \sqrt{3}\times 0.75\times 18(0.425\times 0.8+0.34\times 0.6) = 12.7 \text{ V}$$

$$\Delta U_B = \sqrt{3}\times 6.25\times 1508(0.4245\times 0.8+0.34\times 0.6) = 128 \text{ V}$$

$$\Delta U_C = \sqrt{3}\times 4\times 4.65(0.4245\times 0.8+0.34\times 0.6) = 17.6 \text{ V}$$

$$\Delta U_D = \sqrt{3}\times 4\times 2.22(0.4245\times 0.8+0.34\times 0.6) = 8.4 \text{ V}$$

$$\Delta U_E = \sqrt{3}\times 5\times 1.8(0.4245\times 0.8+0.34\times 0.6) = 8.5 \text{ V}$$

$$\sum\Delta U = 128+17.6+8.4+8.5 = 175.2 \text{ V}$$

$$\%\Delta U = \frac{175.2\times 100}{20{,}000} = 0.88\%$$

ـ تلفات توان:

$$\text{Power Loss } \Delta P = 3I^2R = \frac{3\times 0.4245}{10.^3}\ [0.75\times 18^2+6.25\times 15.8^2+4\times 4.65^2+4\times 2.22^2+5\times 1.8^2]$$

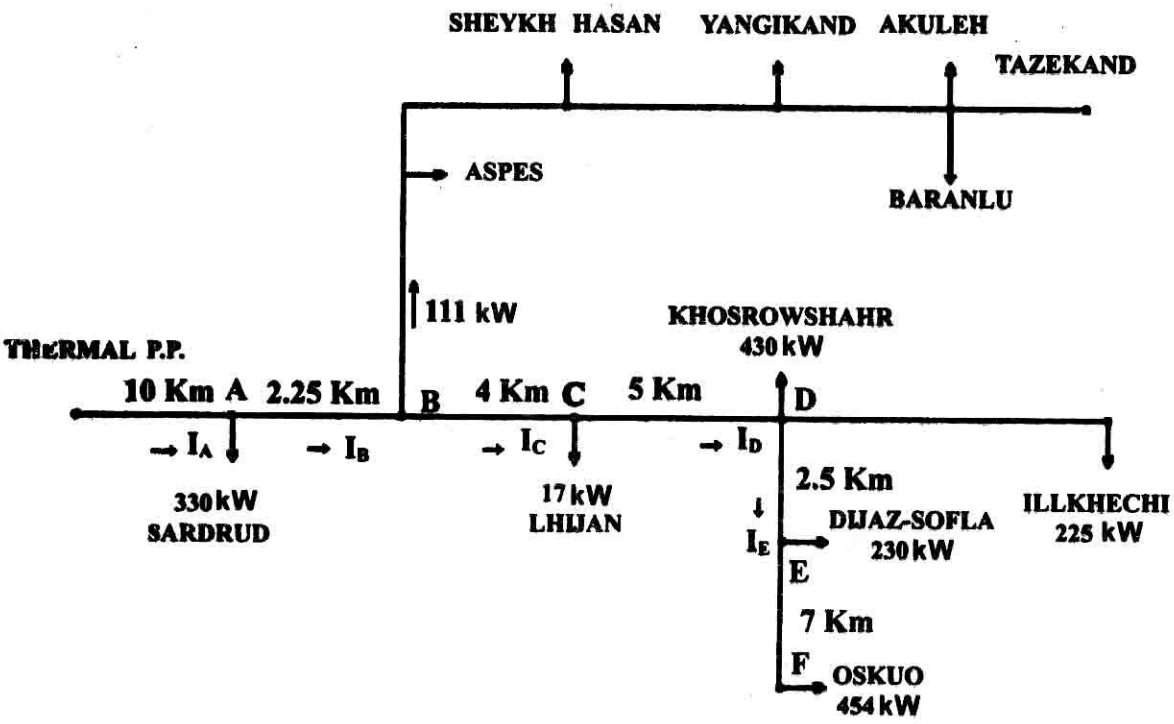
$$= \frac{3\times 0.4245}{10.^3} \text{ X } 1927.5 = 2.46 \text{ KW.}$$

ـ درصد تلفات توان:

$$\Delta P\% = \frac{2.46\times100}{500} = 0.46\%$$

* فیدر خط هوایی شمارهٔ دو: تبریز به‌طرف خسروشهر و اسکو:

Line No.2 – Tabriz – Khosrowshar – Oskoo



شکل (۱۴ـ ۷): دیاگرام تک‌خطی فیدر شماره ۲

$$I_A = \frac{1858}{\sqrt{3}\times20\times0.8} = 67\ A$$

$$I_B = \frac{1858 - 330}{\sqrt{3}\times20\times0.8} = 56\ A$$

$$I_C = \frac{1528 - 111}{\sqrt{3}\times20\times0.8} = 41.5\ A$$

$$I_D = \frac{1417 - 17}{\sqrt{3}\times20\times0.8} = 50.5\ A$$

$$I_E = \frac{1400 - 655}{\sqrt{3}\times20\times0.8} = 28\ A$$

$$I_F = \frac{775 - 230}{\sqrt{3}\times20\times0.8} = 20\ A$$

ـ محاسبات اُفت ولتاژ برای قطعه شاخه‌ها:

Voltage drops for the above currents are:

$\Delta U_A = \sqrt{3}\times10\times67\times0.545 = 635$ Volts

$\Delta U_B = \sqrt{3}\times2.25\times56\times0.545 = 133$ Volts

$\Delta U_C = \sqrt{3}\times4\times41.5\times0.545 = 194$ Volts

$\Delta U_D = \sqrt{3}\times5\times50.5\times0.545 = 240$ Volts

$\Delta U_E = \sqrt{3}\times2.5\times28\times0.545 = 66$ Volts

$\Delta U_F = \sqrt{3}\times7\times20\times0.545 = 130$ Volts

$$\sum\Delta U = 635 + 133 + 194 + 240 + 66 + 130 = 1398 \text{ Volts} = 1.398 \text{ KV}$$

ـ درصد اُفت ولتاژ:

$$\Delta U\% = \frac{1.398\times100}{20} = 7\%$$

ـ تلفات توان:

Power Loss $\Delta P = 3\times^{2}0.4245\ (10\times67^2+2.25\times56^2+4\times41.5^2+5\times50.5^2+2.5\times28^2+7\times20^2)$

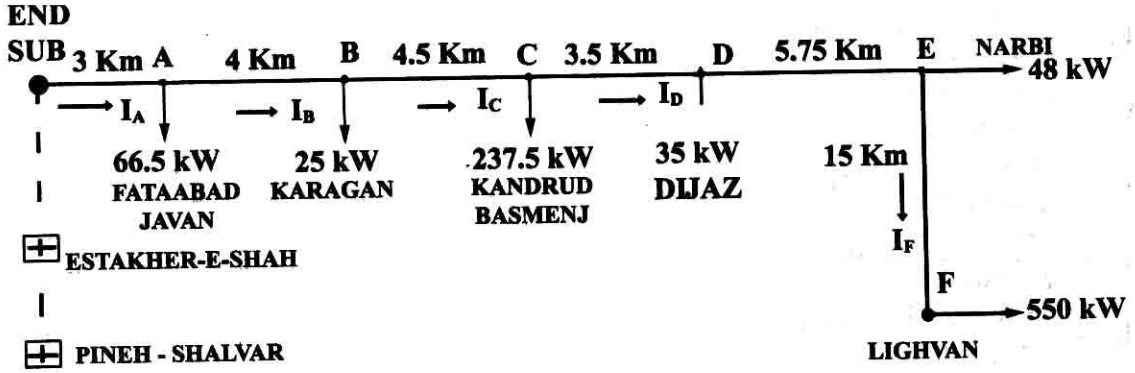
$$\Delta P = \frac{3\times0.4245}{10.^3}\times 79600 = 96.5 \text{ KW.}$$

ـ درصد تلفات توان

$$\Delta P\% = \frac{96.5\times100}{1585} = 5.2\%$$

* فیدر خط هوایی شماره سه: تبریز به طرف لیقوان:

Line No. 3 – Tabriz – Lighavan:



شکل (۱۵ـ۷): دیاگرام تک خطی فیدر شماره ۳

$$I_A = \frac{942}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 34\ A$$

$$I_B = \frac{942 - 46.5}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 32\ A$$

$$I_C = \frac{895.5 - 25}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 31.5\ A$$

$$I_D = \frac{870.5 - 237.5}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 23\ A$$

$$I_E = \frac{633 - 35}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 21.5\ A$$

$$I_F = \frac{550}{\sqrt{3}\times 20\times 0.8} = 20\ A$$

ـ محاسبات اُفت ولتاژ در هریک از شاخه‌ها و جمع درصد اُفت ولتاژ:

Voltage drops for the above currents are:

$$\Delta U_A = \sqrt{3}\times 3\times 34\times 0.545 = 96.5\ Volts$$

$$\Delta U_B = \sqrt{3}\times 4\times 32\times 0.545 = 125\ Volts$$

$$\Delta U_C = \sqrt{3}\times 4.5\times 31.5\times 0.545 = 132\ Volts$$

$$\Delta U_D = \sqrt{3}\times 3.5\times 23\times 0.545 = 76\ Volts$$

$$\Delta U_E = \sqrt{3}\times 5.75\times 21.5\times 0.545 = 54.5\ Volts$$

$$\Delta U_F = \sqrt{3}\times 15\times 20\times 0.545 = 285\ Volts$$

$$\sum \Delta U = 96.5 + 125 + 132 + 76 + 54.5 + 285 = 769\ Volts = 0.769\ KV$$

ـ درصد اُفت ولتاژ در انتهای فیدر ۳:

$$\Delta U\% = \frac{0.769\times 100}{20} = 3.85\%$$

ـ تلفات توان:

$$\text{Power Loss } \Delta P = \frac{3\times^2 0.4245}{10.^3}\ (3\times 34^2 + 4\times 32^2 + 4.5\times 31.5^2 + 3.5\times 23^2 + 5.75\times 21.5^2 + 15\times 20^2)$$

$$= 29\ KW$$

ـ درصد تلفات توان فیدر ۳:

$$\Delta P\% = \frac{29\times 100}{942} = 3.1\%$$

فصل هشتم:

حریم خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

۸ـ۱ ـ مقدمه

در احداث یا اصلاح خط هوایی و یا تأسیسات الکتریکی با هادی‌های لخت و بدون روپوش عایق، فواصل هوایی مجاز بین این خطوط برق دار و زنده با عناصر و طبیعت اطراف آن طبق قوانین ارایه شده در کلیهٔ کشورهای جهان و تحت عنوان «***حریم خطوط انتقال و توزیع نیروی برق***» رعایت می‌شوند. از جمله این استانداردها، می‌توان به موارد منتشر شده در NESC-1990[1] اشاره نمود.

در ایران نیز قانون[2] و تصویب‌نامه‌هایی[3] در این رابطه صادر و حاکم می‌باشند که در ادامه، کلیات آن برای مدنظر قرارگرفتن توسط کلیهٔ طراحان و کارشناسان اشاره می‌شود. این محدودیت‌ها و ضوابط، باید توسط کلیهٔ طراحان، مهندسین و ناظرین مورد توجه قرارگرفته و به نحو مقتضی رعایت شوند و حتی در صورت احتیاج به خرید یا تصرف اراضی، ابنیه و مستحدثات، موارد را در پروژه‌ها مشخص نمایند. حریم خطوط انتقال و توزیع نیروی برق هوایی، باید با توجه به ولتاژ برق و بر اساس استانداردهای وزارت نیرو و تصویب‌نامهٔ مربوطه رعایت شود.

۸ـ۲ ـ تعاریف

۱ ـ **محور خط:** خط فرضیِ واصل بین مراکز پایه‌های شبکه توزیع هوایی.

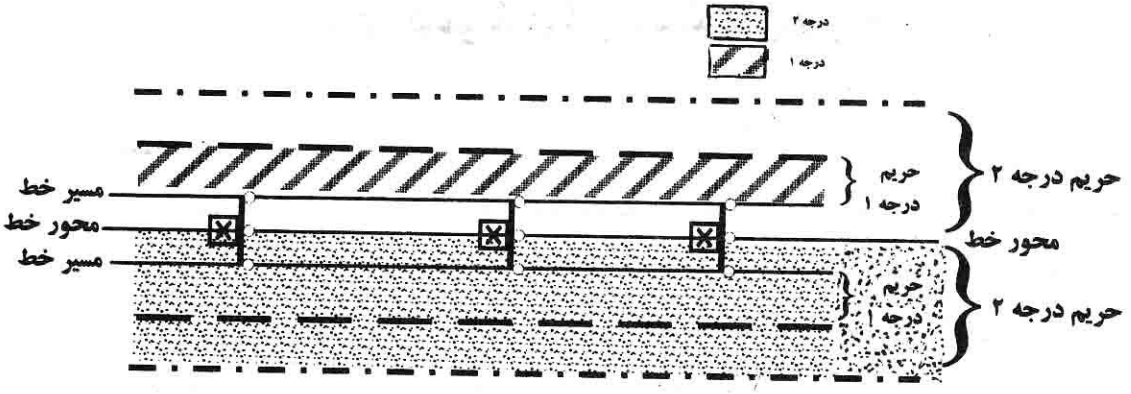
۲ ـ **مسیر خط:** نواری روی زمین و به موازات محور خط، که حد خارجی دو طرف آن، تصویر هادی‌های جانبی خط روی زمین می‌باشد.

۳ ـ **حریم درجه ۱:** دو نوار است در طرفین مسیر خط و متصل به آن، که عرض هرکدام را حریم درجه

National Electrical Safety Code

۲- قانون سازمان برق ایران ـ مصوب ۱۳۴۶/۴/۱۹ ۳- تصویب‌نامه هیئت وزیران

۱ می‌نامند. میزان حریم درجه ۱ براساس جدول (۸ـ۱) متناسب با ولتاژ خط انتقال خواهد بود. در مسیر خط و حریم درجهٔ ۱، اقدام به هرگونه عملیات ساختمانی و ایجاد تأسیسات مسکونی، دامداری یا باغ، درختکاری و انبارداری تا هر ارتفاع ممنوع می‌باشد و فقط زراعت فصلی و سطحی و حفر چاه و قنات و راه‌سازی و شبکه آبیاری مشروط بر اینکه سبب ایجاد خسارت برای تأسیسات شبکه توزیع نگردد با رعایت اصول حفاظتی به منظور جلوگیری از بروز خطرات جانی و مالی بلامانع است و در مورد حفر چاه و قنات و راه‌سازی لازم است قبلاً از مسئولین عملیاتی خطوط نیروی برق مجوز کتبی گرفته باشند. ولی در هر صورت، ایجاد شبکه آبیاری و حفر چاه و قنوات و راه‌سازی، در اطراف پایه‌های خط نباید در فاصله کمتر از ۳ متر از پی پایه‌ها انجام گیرد.



شکل (۸ـ۱): حریم خطوط هوایی

۴ ـ حریم درجه ۲: دو نوار است در طرفین حریم درجه ۱ و متصل به آن، که فاصله افقی حد خارجی آن از محور خط (خط واصل بین مرکز پایه‌ها) را حریم درجه ۲ می‌نامند. میزان حریم درجه ۲ براساس جدول شماره (۸ـ۱) می‌باشد. در حریم درجه ۲ فقط ایجاد تأسیسات ساختمانی اعم از مسکونی، صنعتی و مخازن سوخت تا هر ارتفاع ممنوع می‌باشد.

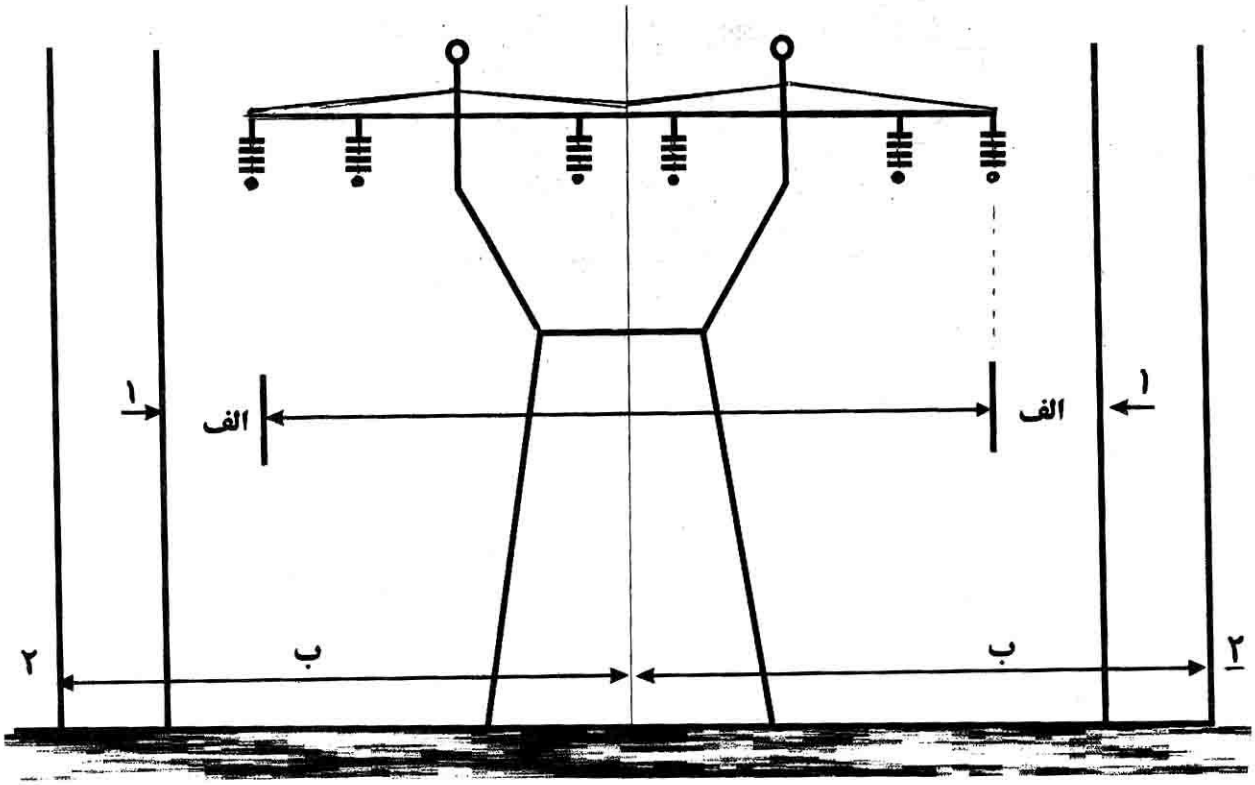
۵ ـ *محدودهٔ شهری:* حدودیست که از طرف شورای شهر و یا شهرداری‌ها و با تأیید مراجع ذیصلاح برای هر شهر تعیین گردیده است. در داخل محدودهٔ شهرها، فواصلی که برای رعایت ایمنی و سایر جهات فنی خطوط انتقال و توزیع نیروی برق درنظرگرفته شده، می‌تواند به تناسب با کم کردن فواصل پایه‌ها و تقویت خط، تا میزان سی درصد از حریم درجه ۱ را کاهش داده و از حریم درجه ۲ صرفنظر نمود[۱].

۱ـ **تبصره ۱ و ۲ از ماده ۳ تصویب‌نامه شماره ۲۹۰۵۲ حریم خطوط مصوب ۱۳۴۷/۱۰/۸ و اخیراً با صدور تبصره ۳ از ماده ۳ مفاد این ماده و تبصره‌های آن با تشخیص وزارت نیرو به مناطق واجد شرایط در خارج از محدودهٔ شهرها نیز تسری می‌یابد ـ اطلاعیه شماره ۱۸۷۴۶/۴۰۰ مورخه ۸۰/۴/۶ وزارت نیرو**

۶ ـ حریم شعاعی تا محور هادی: در بخشنامه‌های جدید، حریم خطوط فشار متوسط با عنایت به مسایل فنی و مهندسی صنعت برق و به منظور رعایت حال و تسهیل در امور ساکنین مناطق پرتراکم و به ویژه اماکن شهری در «موارد استثنایی» که رعایت فواصل حریم درجه ۱ مشکلات فنی و یا مالی برای مالکین ایجاد نماید، می‌توان از فاصله شعاعی تا محور هادی به جای فاصله افقی (از مسیر) حریم استفاده نمود (این مورد فقط در خطوط فشار متوسط می‌باشد). شرایط فنی و مجاز، برای قابلیت انجام و تشخیص موارد استثنایی براساس بخشنامه شماره ۲۵۴۴/۵۰۵ مورخه ۷۳/۱۰/۱۸ وزارت نیرو خواهد بود.

جدول (۱ـ۸): حریم خطوط انتقال انرژی وزارت نیرو

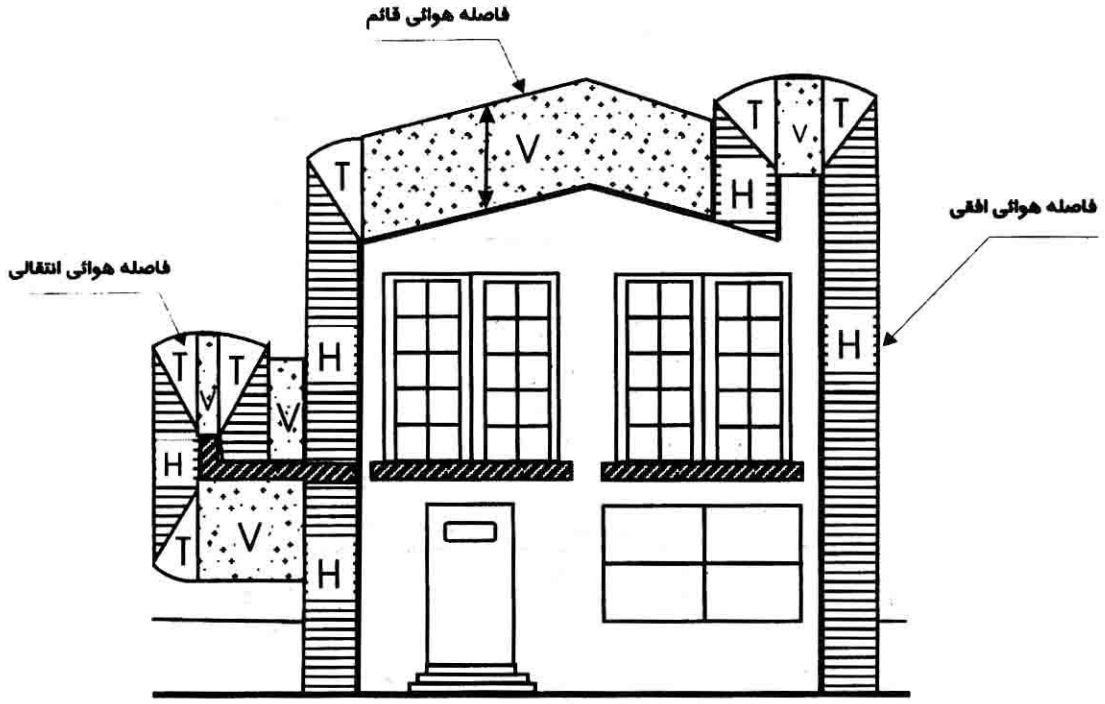
خطوط / فواصل	ولتاژ خطوط به کیلو ولت							
	۱۱	۲۰	۳۳	۶۶	۱۳۲	۲۳۰	۴۰۰	۷۵۰
الف (حریم درجه ۱)	۳	۳	۵	۹	۱۵	۱۷	۲۰	۲۵
ب (حریم درجه ۲)	۵	۵	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰



شکل (۲ـ۸): حریم درجه ۱ و ۲ در خطوط انتقال انرژی

۷ـ روش پیشنهادی فواصل مجاز هوایی: در پیش‌نویس‌های جدید استاندارد، فاصلهٔ هوایی به صورت مجموع سه مؤلفه زیر در دست تدوین است:

فاصله هوایی= مؤلفه الکتریکی (فاصله ناشی از ولتاژ) + مؤلفه مکانیکی (فاصله ناشی از حرکت هادی) + مؤلفه فاصله اولیه (یا مرجع). بنابراین، برای تعیین مقدار فاصله هوایی مورد نیاز خطوط انتقال، سه مؤلفه فوق باید تعریف شده و درنظرگرفته شوند و مقدار فاصله هوایی لازم از مجموع سه مؤلفه فوق حاصل خواهد شد.



شکل (۳۰ـ۸): یک نمونه روش محاسبه حریم فضایی

- فاصله هوایی مجاز قائم (V):به حداقل فاصله هوایی قائم خط از کف گفته می‌شود.
- فاصله هوایی مجاز افقی (H): حداقل فاصله جانبی خط از تأسیسات اطراف آن است.
- فاصله هوایی مجاز انتقالی (T): در گوشه‌های ساختمان‌هاو تأسیسات، باید هم فاصله افقی و هم فاصله مجاز قائم رعایت شود.

۸ـ نشر آگهی مسیر طرح خط نیروی برق: کلیهٔ طراحان باید در زمان تهیهٔ نقشه پلان،از مسیر عبور خط هوایی ۲۰کیلوولت توزیع، دو باند حریم‌های درجه ۱ و ۲ را در دو طرف محور خط (باکلیهٔ تأسیسات، مستحدثات موجود و اعیانی‌های اراضی واقع در مسیر) که لازم به تحصیل اراضی و یا آزاد سازی مسیر

و حتی قطع درختان است، مشخص نمایند. قبل از آغاز عملیات اجرایی طرح خط مذکور، به منظور اطلاع صاحبان اراضی و املاک واقع در مسیر خط هوایی نیروی برق و به خصوص به خاطر جلب توجه آنان برای اجرای مفاد قانون برق ایران[1]، از طریق نشر آگهی در جراید محلی یا الصاق آگهی در تابلوی شهرداری‌ها و یا توزیع آن در مسیر خط و یا سایر وسایل مقتضی و موارد مهم باید اعلام شوند.

۹ ـ *ایجاد تأسیسات عمومی جدید در تقاطع یا واقع در حریم یکدیگر:* در مواردی که خطوط جدید نیروی برق، به‌خصوص شبکه‌های هوایی فشار متوسط توزیع، از روی تأسیسات دیگر سازمان‌های دولتی مانند تأسیسات موجود تلفن، تلگراف، راه و راه‌آهن عبور کند، حریم و استانداردهای آن مؤسسات باید از طرف وزارت نیرو، مؤسسات و شرکت‌های تابعه رعایت شود و طراحی‌ها و تهیهٔ طرح‌های جدید آن‌ها پس از استعلام و اخذ موافقت قبلی این مؤسسات انجام بگیرد. برای آشنایی بیشتر، به چند مورد از ضوابط و قواعد اعلام شده از سوی این سازمان‌ها پرداخته خواهد شد.

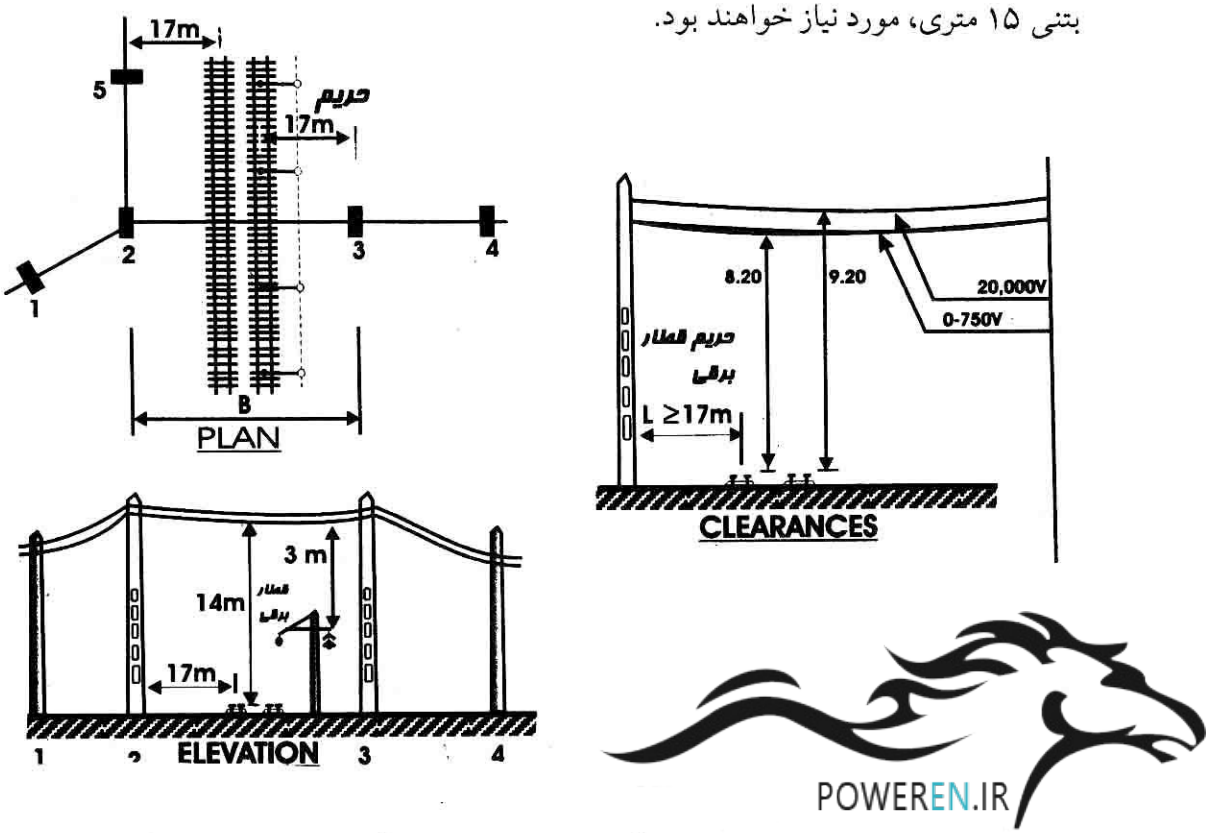
۸ـ۳ـ حریم خط هوایی از ریل راه‌آهن

تعریف میزان فاصلهٔ خطوط هواییِ شبکه‌های توزیع، در مواردی که خطوط راه‌آهن به صورت موازی و یا متقاطع با آن‌ها قرار می‌گیرند، به اعلام کتبی ادارهٔ راه منطقه بستگی خواهد داشت. در موارد مشابه، برای راه‌آهن‌های معمولی (غیربرقی)، باید تمامی سازه‌های نگهدارنده و پایه‌ها، بتنی و یا فولادی بوده و فاصله افقی از نزدیک‌ترین محور ریل راه‌آهن (آکس نزدیک‌ترین مسیر خط آهن) تا پایه شبکه برق حداقل ۱۷ متر باشد. هرگاه خط هوایی ۲۰ کیلوولت، به موازات خط‌آهن و در خارج از حریم به فاصله ۱۷ متری اجرا شود، تا حد ممکن باید سعی نمود که در طرف مقابل، خطوط ارتباطی راه‌آهن احداث شود. در این صورت می‌توان یک طرف حزیم خطوط هوایی را با حریم راه‌آهن همپوشانی کرد. باید حداقل فاصله (قائم) آزاد سیم‌های خطوط ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت، در عبور از روی سطح ریل راه‌آهن (غیربرقی) با ارتفاع ۹/۲ متر و عبور به صورت عمود بر محور خط‌آهن باشد. (یعنی سیم شبکه برق تحت زاویه ۹۰ درجه نسبت به محور ریل باشد) شکل (۴ـ۸). همچنین حداقل فاصله قائم از خطوط ارتباطی راه‌آهن ۲ متر می‌باشد.

در خطوط راه‌آهن برقی با شبکهٔ کنتاکت بالاسری دارای ولتاژ، توصیه می‌شود که خط انتقال در طرفی که بدون پایه‌های خط انتقال قطار برقی است احداث شود، و ضمن رعایت حریم ریل (یعنی حداقل فاصلهٔ افقی) ۱۷ متر از نزدیک‌ترین محور ریل در عبور از فراز ریل، و شبکه‌های برقی راه‌آهن، حداقل فاصله ۱۴ متری از سطح ریل و یا حداقل ۳ متر از شبکه کنتاکت‌های خطوط انتقال برق قطار رعایت شود. در اکثر این مواقع، استفاده از پایه‌های فلزی اسکلتی (پرتیک) و یا پایه‌های بلند پیش تنیده

۱- ماده ۱۱ تصویب‌نامه هیئت وزیران = حریم خطوط هوایی انتقال و توزیع نیروی برق ـ نقل از روزنامه رسمی شماره ۹۴۲۸ ـ ۱۳۵۶/۲/۱۹.

بتنی ۱۵ متری، مورد نیاز خواهند بود.



POWEREN.IR

شکل (۴-۸): عبور از راه‌آهن

۸-۴- حریم راه‌ها

بر اساس تقسیم‌بندی‌های انجام شده توسط وزارت راه و ترابری رعایت حریم جاده‌ها، برای مناطق خارج از محدودهٔ شهرها[1]، رعایت فاصله افقی از محور جاده (اکس راه) بر اساس نوع آن تعیین شده و به شرح جدول شماره (۲-۸) در زیر خواهد بود.

جدول (۲-۸): حریم راه‌ها براساس نوع آن

نوع راه	فاصله حریم از محور جاده	باند حریم راه در طرفین
آزادراه‌ها ـ بزرگ راه‌ها	۳۸ متر	۷۶ متر
راه درجه یک	۲۲/۵ متر	۴۵ متر
راه درجه دو	۱۷/۵ متر	۳۵ متر
راه درجه ۳ (روستایی)	۱۲/۵ متر	۲۵ متر
راه درجه ۴ (مالرو)	۷/۵ متر	-

۱- داخل محدودهٔ شهرها، بر اساس ضوابط جدول معابر و خیابان‌های شهرداری‌ها ملاک عمل بوده و رعایت حریم در طرف پیاده‌رو ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته خواهد شد.

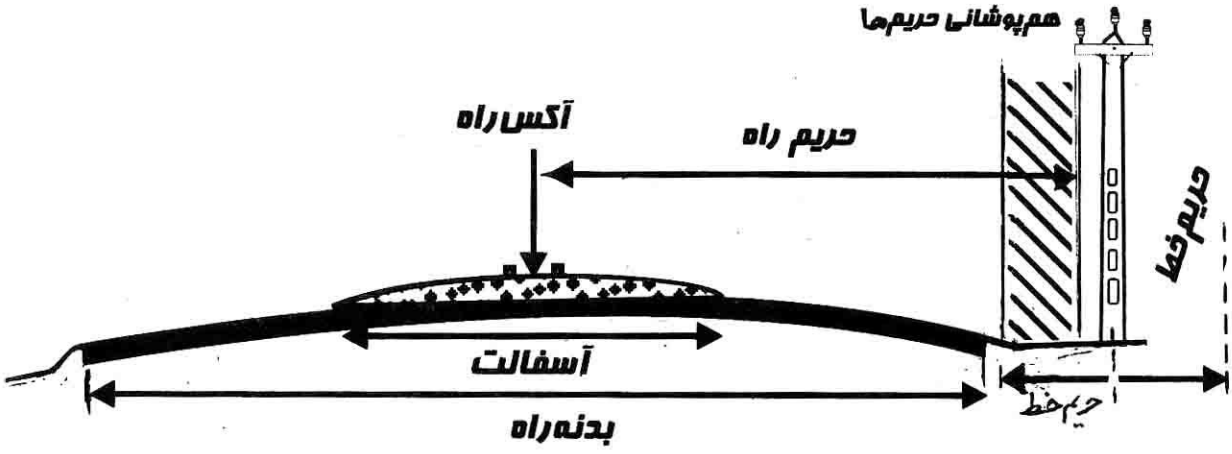
به طور معمول نوع راه و حریم، به صورت کتبی از ادارهٔ کل راه و ترابری منطقه، قبل از شروع عملیات نقشه‌برداری و طرح استعلام می‌شود.نظر به این که راه‌های کشور، با توجه به وضعیت تردد وسایل نقلیه و موقعیت‌های منطقه‌ای، به طور دایم در حال تغییر می‌باشد، بنابراین در زمان شروع طراحی خطوط نیروی برق، و هرگونه شبکهٔ توزیع اعم از موازی یا عمود بر جاده، گرفتن استعلام جدید ضروری می‌باشد.

مثال: حریم آزاد راه‌ها، عبارتست از اراضی بین حد نهاییِ بدنهٔ راه[1] در فاصلهٔ ۳۸ متری از محور راه در هر طرف، (به قسمی که مجموع عرض بدنهٔ راه و حریم طرفین آن ۷۶ متر باشد).

عبور از عرض جاده‌ها نیز دارای شرایط خاص خود می‌باشد، در اینگونه مواقع نیز ضمن تقویت پایه‌های واقع در خارج از حریم، تا حد امکان به صورت عمود از محور جاده خط هوایی، از فراز جاده‌ها عبور می‌نماید. در این‌گونه موارد، استفاده از امکانات طبیعی مانند نقاط دارای تپه‌های واقع در کنار جاده‌ها و یا ترانشه‌های برداشت شده، برای عبور خط و رعایت حداقل فاصله سیم از کف جاده‌ها توسط طراح استفاده می‌شود. در این‌گونه موارد، حداقل فاصلهٔ سیم‌ها از سطح زمین (راه)، مطابق با جدول (۳-۸) خواهد بود.

جدول (۳-۸): حداقل ارتفاع سیم (فاصله مجاز قائم هادی‌ها) از سطح جاده‌ها

ولتاژ خط	عبور از جاده اصلی	در عبور از خیابان‌های اصلی، کوچه‌ها و مدخل وسایل نقلیه به گاراژهای معمولی (در مناطق شهری و روستایی)	به موازات جاده‌ها در مناطق روستایی و یا در تقاطع‌های فرعی راه‌ها	پیاده‌روهای مناطق روستایی
۲۰ کیلوولت	۷/۵ متر	۶/۷متر	۶/۱ متر	۵/۲ متر
فشار ضعیف (۳۸۰تا۷۵۰ولت)	۶/۵ متر	۵/۵ متر	۴/۶ متر	۳ متر



شکل (۵-۸): مقطع حریم راه و نحوه احداث خطوط توزیع

۱- منظور از بدنه راه، قسمتی است که عملیات برای ایجاد راه در آن انجام می‌گیرد.

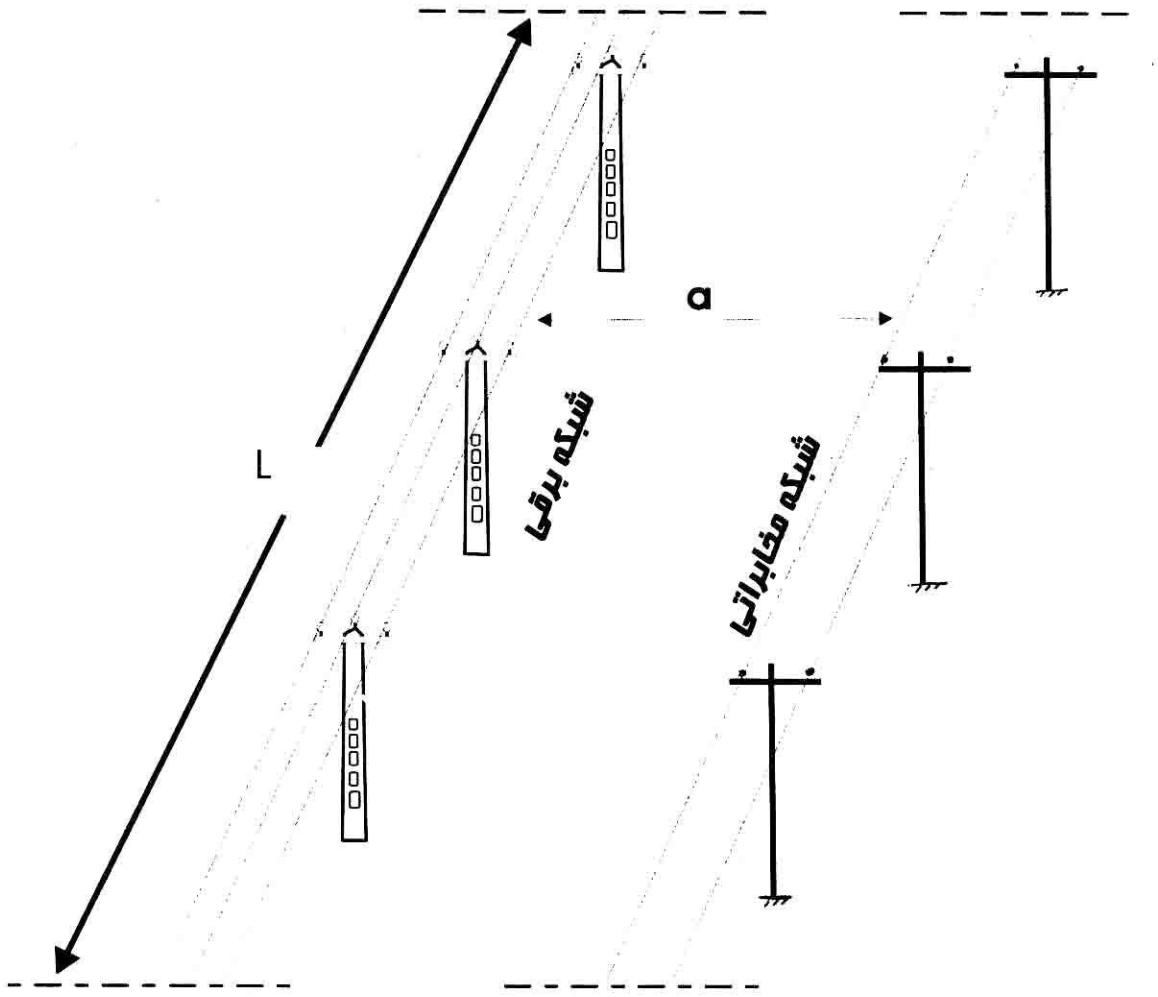
۸ـ۵ـ حریم خطوط مخابرات و تلفن

در این زمینه، با توجه به مشکلات القایی شدت میدان الکتریکی و همچنین ایجاد پارازیت‌ها، خطوط انتقال شبکه‌های برق روی سیستم‌های مخابراتی موضوع، علاوه بر دو وضعیت خطوط نسبت به یکدیگر (شامل حالت متقاطع و حالت موازی)، رعایت دیگر شرایط مانند طول دو شبکه موازی همدیگر نیز مطرح می‌شود. در اینگونه موارد هم باید مجریان و طراحان خطوط توزیع ۲۰KV، درشرکت‌های برق نسبت به رعایت حریم کابل‌های هوایی مخابرات، با سیم‌های معمولی تلفن، نیز اقدام نمایند. در این زمینه، تا کنون بخشنامه یا دستورالعمل مدون و تصویب شده‌ای بین دو سازمان منتشر نشده است و این موضوع باعث ایجاد مشکلاتی در روند اجرای طرح‌ها می‌شود. با این حال، در این زمینه جدول‌ها و بخشنامه‌های تایید نشده‌ای، از طرف شرکت مخابرات ارایه شده که برای روشن شدن موضوع به آن‌ها می‌پردازیم و پیشنهاد می‌شود درکلیهٔ این موارد، باید موضوع را به صورت کتبی با شرکت یا ادارهٔ کل مخابرات استان‌های مربوطه هماهنگ کرده و شرایط را برای ایجاد حریم مجاز، برای مجاورت خطوط برق درکنار خطوط مخابرات ایجاد نمود.

حالت اول: فاصلهٔ هوایی مجاز بین هادی‌های خطوط برق و کابل‌های مخابرات هنگامی که خطوط برق به صورت متقاطع از خطوط ارتباطی مخابرات عبور می‌کنند (به دلیل ولتاژ کمتر شبکه مخابرات، معمولاً خطوط برق از بالای آن‌ها می‌گذرد)، حداقل ۲/۲ متر در شبکه ۲۰ کیلوولت و ۱/۲ متر از شبکه ۴۰۰ ولت می‌باشد. مگر در حالتی‌که سیم تلفن، به صورت کابل روپوش‌دار باشد که تابع ضوابط خاص آن خواهد بود.

حالت دوم: در حالت وجود مسیر مشترک بین خطوط برق و تلفن، رعایت حداکثر ولتاژ مؤثر القاء شده در خطوط تلفن به میزان ۶۰ ولت الزامی است. در این رابطه، مطابق شکل (۸ـ۶)، هر گاه نزدیک‌ترین فاصله بین دو سیم از دو شبکه برق و تلفن، به میزان (a) و نیز طول قسمت موازی دو خط بر حسب کیلومتر (L) باشد به فرض این که، خطوط ارتباطی و شبکه قدرت، به هیچوجه با یک ارتفاع به موازات یکدیگر نصب نشده‌اند و حداقل تفاوت ارتفاع در شبکه، ۲/۲ برای شبکهٔ فشار متوسط، کمتر نباشد، تعیین حداقل فاصله برای دو شبکه به‌صورت پیشنهادی، (یا جنبه ارشادی) مطابق جدول (۸ـ۴) قابل لحاظ خواهد بود. این مقادیر، به طور معمول برای مواردی از سیم‌های به کار رفته در خطوط مخابرات، که به صورت کابل مخابراتی و سیم لخت می‌باشد، به کار می‌رود و در مواقع مشابه با کابل روپوش‌دار، این مقادیر نیز قابل تقلیل خواهد بود. بر اساس یک رابطهٔ تجربی، جدول (۸ـ۴) برای ولتاژهای بالاتر از ۶۰۰۰ ولت، تا ۶۰ کیلوولت حداقل فاصله (a) باید ۷متر، و به ازای هر ۱۰ کیلوولت، مقدار ۰/۵ متر به این فاصله اضافه شود.

با این حال، در صورت عدم وجود فضای کافی، به طور معمول سعی می‌شود، در کنار جاده، خطوط برق و تلفن در انتهای طرفین حریم جاده، احداث شوند، تا فاصله طبیعی آن‌ها در کنار راه رعایت شود. با این حال در صورت عدم وجود فضای کافی، تدابیری برای تبدیل و جایگزینی خطوط کابل‌های هوایی سیم لخت، به صورت کابل‌های روکش‌دار یا کابل‌های دفن شده مخابراتی در زمین و حتی تبدیل، به صورت شبکه‌های ماهواره‌ای و بدون سیم، برای خطوط مخابرات اندیشیده می‌شود.



شکل (۶-۸): حریم دو شبکه برق و تلفن

۱ ـ a؛ کمترین فاصلهٔ دو شبکه بر حسب متر
یا نزدیک‌ترین فاصله بین دو سیم دو شبکه

۲ـ L؛ طول قسمت موازی دو شبکه برحسب کیلومتر

۳ ـ خطوط ارتباطی و شبکه‌های قدرت هرگز نباید با یک ارتفاع به موازات یکدیگر نصب شوند.

۴ ـ تا حد امکان باید سعی کرد که ارتفاع شبکه‌های ارتباطی، کمتر از ارتفاع شبکه‌های قدرت باشد و در این حالت حداقل تفاوت ارتفاع دو شبکه از ۲ متر کمتر نباشد.

جدول (۴-۸): تعیین کمترین فاصله برای دو شبکه در فاصله‌های متفاوت و در ولتاژهای شبکه مختلف (شبکه مخابرات و شبکه برق)

ولتاژ شبکه	طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه	
KV	L kM	a M	L kM	a M	L kM	a M	L kM	a M	L kM	a M	L kM	a M	L kM	a M	L kM	a M	L kM	a M
۱۱	۱	۹	۳	۱۵	۵	۱۹	۷	۲۳	۹	۶	۱۰	۲۸	۱۲	۳۰	۱۴	۳۳	۱۶	۳۵
۲۰	۱	۱۲	۳	۲۰	۵	۲۶	۷	۳۱	۹	۳۵	۱۰	۳۷	۱۲	۴۱	۱۴	۴۴	۱۶	۴۷
۳۳	۱	۱۵	۳	۲۶	۵	۳۶	۷	۴۰	۹	۴۵	۱۰	۴۸	۱۲	۵۲	۱۴	۵۷	۱۶	۶۱
۶۰	۱	۲۱	۳	۳۶	۵	۴۷	۷	۵۵	۲	۶۲	۱۰	۶۶	۱۲	۷۲	۱۴	۷۸	۱۶	۸۲
۱۳۲	۱	۳۰	۳	۵۲	۵	۶۸	۷	۸۰	۹	۹۱	۱۰	۹۶	۱۲	۱۰۵	۱۶	۱۱۲	۱۶	۱۲۱
۳۳۰	۱	۴۸	۳	۶۹	۵	۸۹	۷	۱۰۶	۹	۱۱۶	۱۰	۱۲۶	۱۲	۱۳۸	۱۴	۱۴۹	۱۶	۱۶۰
۴۰۰	۱	۵۳	۳	۹۱	۵	۱۱۸	۷	۱۱۹	۹	۱۵۸	۱۰	۱۶۷	۱۲	۱۸۳	۱۴	۱۹۷	۱۶	۲۱۱

۸ـ۶ـ حریم خطوط نفت و گاز

خطوط انتقال فرآورده‌های نفتی مانند لوله‌های گاز یا لوله‌های نفت (چه به صورت دفن شده یا روی زمین)، نیز مانند دیگر تأسیسات عمومی باید در زمان برداشت مسیر عبور خطوط هوایی شبکه‌های توزیع، توسط طراحان، روی نقشه‌های پلان و پیکتاژ مشخص شوند و میزان فواصل مجاز و حریم این خطوط لوله، باید از وزارت نفت استعلام گردد. حداقل فاصلهٔ سیم خط هوایی شبکه ۲۰ کیلوولت، از لوله‌های گاز در محل تقاطع، ۸متر و برای خط ۶۳کیلوولت ۹ متر خواهد بود:

حداقل فاصلهٔ نزدیک‌ترین فونداسیون پایه، از محور لوله در محل تقاطع، برای شبکهٔ ۲۰کیلوولت ۲۰ متر، و برای شبکه‌های ۶۳کیلوولت و بالاتر حداقل ۳۰ متر، می‌باشد. در این‌گونه موارد، کلیهٔ پایه‌های فلزی انتقال نیرو، که در فاصله ۲۰۰ متری خطوط لوله قرار دارند باید مجهز به اتصال زمین باشند.

در مواقع احداث خطوط هوایی توزیع، در انتهای حریم لوله‌های نفت وگاز، به صورت مسیر موازی، لازم است حداقل فاصلهٔ نزدیک‌ترین فونداسیون پایه از جوار لوله‌های گاز، در شبکهٔ ۲۰ کیلوولت، و برای مسیرهای موازی، کمتر از ۵کیلومتر، ۲۰ متر و برای مسیرهای موازی بیشتر از ۵ کیلومتر، حداقل فاصله ۳۰ متر رعایت شود. به طور معمول مسیرهای عبور لوله‌های دفن شدهٔ نفت وگاز قبلاً به صورت یک باند جاده‌ای آزادسازی و مشخص شده است، که فاصله و محل لولهٔ دفن شده، در استعلام، توسط ادارات خطوط لولهٔ نفت وگاز اعلام می‌شود.

۸ـ۷ـ حریم دو خط انتقال با ولتاژ مختلف

الف) فاصله عمودی: فاصلهٔ دو هادی متقاطع واقع شده در دو پایه مختلف، بر حسب ولتاژ خط بالایی نسبت به خط پایین بر حسب جدول (۸ـ۵) به‌دست خواهد آمد. در تقاطع خطوط انتقال با ولتاژهای مختلف، خطِ با ولتاژ کمتر، در سطح پایین‌تر قرار می‌گیرد. در این‌جا، لازم به توضیح است که به طور معمول در تقاطع، دو فیدر با ولتاژ یکسان فشار متوسط (۲۰کیلوولت) از نقاط گره به‌صورت کراس‌آرم‌های متقاطع، واقع بر روی یک پایه استفاده می‌شود.

ب) فاصله افقی: دو خط انتقال با ولتاژهای مختلف، در صورتی‌که هر دو روی یک پایه نباشند به‌خصوص برای رعایت فاصله موازی خط ۲۰کیلوولت، در امتداد خطوط فشارقوی، مانند ۶۳ کیلوولت و یا ۱۳۲ و ۲۳۰کیلوولت (که امروزه به‌دلیل مشکلات آزادسازی حریم عبور، از حریم‌های آزاد شدهٔ قبلی، این خطوط فشار قوی کشیده و استفاده می‌شود)، باید از نظر رعایتِ شدت ولتاژ القایی و مشکلات بعدی برای بهره‌برداری و ایمنی مورد توجه قرارگیرد. در اینگونه موارد، ضمن حداقل کردن میزان طول موازیِ کشیده شده در خط، تا حد امکان از ۳ متر داخل از منتها الیه حریمِ درجه ۲ در خطوط انتقال، استفاده می‌شود وکلیهٔ این پایه دارای پلاک اعلام خط ولتاژ القایی حتی برای مواقع بی‌برقی خط ۲۰کیلوولت برای رعایت موارد ایمنی و ارت کردن در زمان عملیات خواهند بود.

جدول (۵ـ ۸): فاصله عمودی دو هادی متقاطع واقع شده در دو برج مختلف (بر حسب متر)

خط بالایی / خط پایین	خطوط مخابراتی	تا 1 KV	از 1 KV تا 38KV	از 38 KV تا 86KV	132 KV	230 KV	400 KV	500 KV	750 KV	1000 KV	1200 KV
خطوط مخابراتی	۰/۶	۱/۲	۱/۸	۲/	۲/۲	۲/۶۳	۳/۶۱	۴/۱۹	۵/۶۳	۷/۰۷	۸/۱۳
تا 1 KV	۱/۳	۰/۶	۰/۶	۱/۱	۱/۲۳	۲/۰۵	۳/۰۲	۳/۳۴	۴/۷۲	۶/۲۳	۷/۴۴
از 1 KV تا 86 KV	۲/۸	۱/۲	۰/۶	۱/۲	۱/۴۶	۲/۰۳	۳/۰	۳/۵۶	۴/۹۳	۶/۲۴	۷/۶۵
132 KV	۲/۰۶	۱/۲	۱/۲۶	۱/۲۶	۱/۸۴	۲/۲۶	۳/۴۲	۴/۳۰	۵/۵۵	۷/۰۶	۸/۲۷
230 KV	۲/۶۳	۱/۲	۲/۳۰	۲/۰۳	۲/۲۹	۳/۱۰	۴/۰۵	۴/۸	۶/۱۷	۷/۶۸	۸/۹۰
400 KV	۳/۶۱	۱/۲	۳/۰	۲/۰	۳/۲۷	۳/۸۴	۵/۰۰	۵/۷۶	۷/۱۴	۸/۶۵	۹/۸۶
500 KV	۴/۱۹	۳/۳۴	۳/۵۶	۳/۷۰	۴/۳	۴/۸	۵/۷۶	۶/۵۱	۷/۸۸	۹/۲	۱۰/۶۱
750 KV	۵/۶۳	۴/۷۳	۴/۹۳	۵/۱۰	۵/۵۵	۶/۱۷	۷/۱۴	۷/۸۸	۹/۲۶	۱۰/۷۷	۱//۹۸
1000 KV	۷/۰۷	۶/۲۳	۶/۴۴	۶/۵۸	۷/۰۶	۷/۶۸	۸/۶۵	۹/۲	۱۰/۷۷	۱۲/۲۸	۱۳/۵
1200 KV	۸/۲۳	۷/۴۴	۷/۶۵	۷/۸۰	۸/۲۸	۸/۹۰	۹/۸۶	۱۰/۶۱	۱۱/۹۸	۱۳/۵	۱۲/۷۱

توضیح:

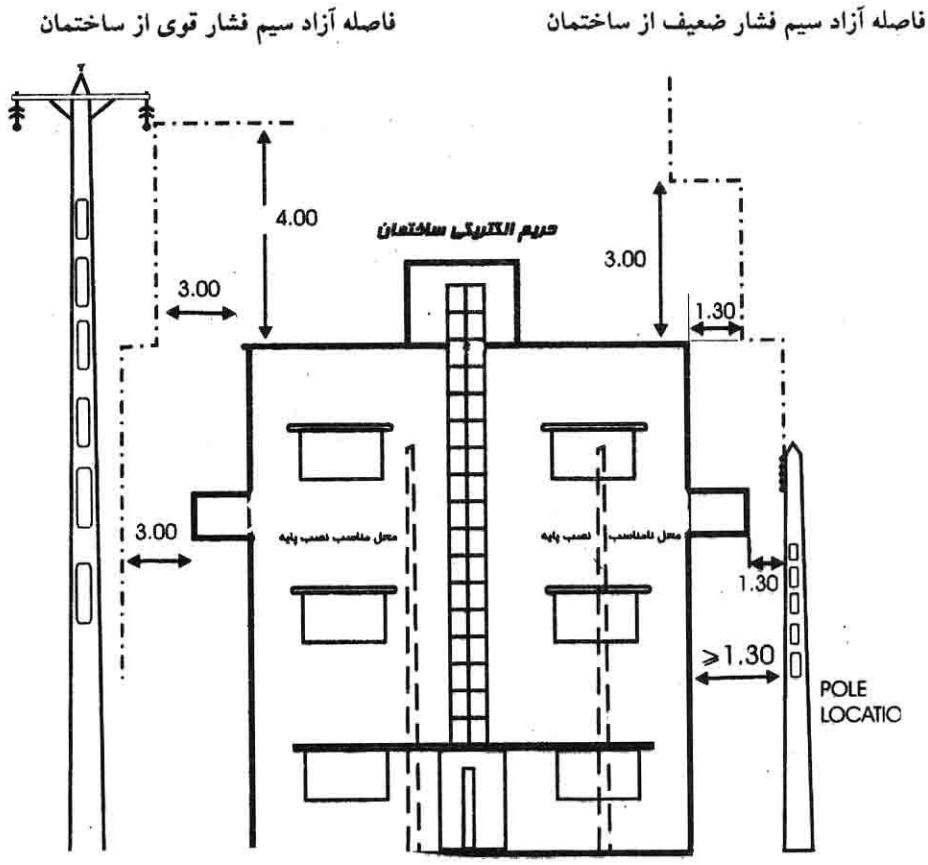
ـ ولتاژهای داده شده ولتاژ نامی فاز ـ فاز سیستم است.

ـ مقادیر ارایه شده در جدول، برای ولتاژهای بالاتر از ۸۶کیلوولت، ۳٪ به‌ازای هر ۳۰۰ متر ارتفاع (بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا) افزایش خواهد یافت.

ـ در تقاطع خطوط انتقال با ولتاژهای مختلف، خط با ولتاژکمتر در سطح پایین‌تر قرار می‌گیرد.

۸ـ۸ـ فاصله آزاد سیم‌ها از ساختمان‌ها و ابنیه

فواصل هوایی مجاز بین خطوط و تجهیزات خط از زمین و تأسیسات دیگر و همچنین فاصله عمودی و افقی هادی‌ها از ابنیه و ساختمان‌ها، مطابق جداول (۶ـ۸) الی (۹ـ۸)، از پیوست استاندارد خطوط هوایی توزیع[1]، خواهد بود. مطابق این جدول فاصله قائم (عمودی) خط ۲۰ کیلوولت تا ساختمان‌ها، ۴ متر و فاصله افقی فازهای کناری شبکه ۲۰ کیلوولت تا ساختمان‌ها ۳ متر می‌باشد. این فاصله‌های آزاد، برای سیم شبکه فشار ضعیف (۳۸۰ ولت)، به‌صورت فاصله قائم (عمودی) سیم‌های فشار ضعیف، تا ساختمان‌ها، ۳ متر و فاصله افقی سیم‌ها تا دیواره ساختمان‌ها و بالکن‌ها، ۱/۳ متر می‌باشد. به همین منظور، در جاهایی که فاصلهٔ کافی وجود نداشته باشد، برای شبکهٔ فشار ضعیف، از جلوبر (براکت) و در شبکهٔ فشار متوسط از ساید آرم یا کنسول‌ها یک طرفه استفاده می‌شود، و در موارد ناچاری حتی باید از سیم‌های روپوش‌دار (خود نگهدار) استفاده نمود.



شکل (۷ـ۸): حریم خط فشار ضعیف تا ساختمان شکل (۸ـ۸): حریم خط ۲۰ کیلوولت تا ساختمان‌ها

۱ ـ براساس استاندارد شماره ۱ـ۵۱ ـ جلد اول مبانی طراحی جداول (ت ـ ۱)، (ت ـ ۲)، (ت ـ ۳) و (ت ـ ۴) در صفحات ۱۴ الی ۱۶.

جدول‌های فواصل هوایی مجاز خطوط و تجهیزات خط از زمین

در این فهرست، فاصله‌های هوایی مجاز خطوط و تجهیزات خط از زمین و تأسیسات دیگر، برای ولتاژهای استاندارد توزیع آورده شده است.

جدول (۶-۸): فاصلهٔ هوایی مجاز هادی خطوط از تأسیسات (متر)

	۳۸۰V	۱۱KV	۲۰KV	۳۳KV	توضیحات
فاصله افقی از ساختمان‌ها	۱/۳	۳	۳	۳/۵	
فاصله قائم از ساختمان‌ها	۳	۴	۴	۴/۶	
فاصله افقی از درختان	۳	۳	۳	۳/۵	
فاصله افقی از لبهٔ جدول خیابان		۰/۱۵		۰/۱۵	
فاصله افقی، از سازه‌های نگه‌دارندهٔ خط دیگر علایم، چراغ‌های راهنمایی و...	۱/۱	۱/۵	۱/۵	۱/۵	این مقادیر برای شرایط وجود باد (باد ۲۹۰pa و دمای ۱۵°C) است و برای حالت بدون باد برای ولتاژهای کمتراز ۵۰KV (فاز) حداقل فاصله ۱/۵m می‌باشد.
فاصله قائم از سازه‌های نگه‌دارنده خط دیگر علایم، چراغ‌های راهنمایی و...	۱/۴	۱/۷	۱/۷	۱/۷	
فاصله افقی از علایم، آنتن‌ها، دودکش‌ها و...		۲/۳	۲/۳		
فاصله قائم از علایم، 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)		۵/۲	۵/۲		
فاصله از کابل‌های مخابرات	۱/۲	۲/۲	۲/۲		برای ۳۸۰V هادی با پوشش محافظ متصل به زمین در نظر گرفته شده است.
فاصله از خطوط تلفن	*	*	*	*	* فاصله از خطوط تلفن علاوه بر ولتاژ خط به طول مسیر مشترک نیز بستگی دارد. حداکثر ولتاژ مؤثر القاء شده در خطوط تلفن نباید از ۶۰V افزایش یابد.
فاصله‌ازسیم‌های‌مهارواسپن وسیم‌های‌زمین	۰/۶	۲/۰	۲/۰		
فاصله از سیم‌های ۷۵۰V ـ ۰	۰/۶	۱/۵	۱/۵		سیم‌های ۷۵۰V-۰ با پوشش محافظ متصل به زمین در نظر گرفته شده است.
فاصله از سیم‌های ۲۰KV		۲/۰	۲/۰		
حداقل ارتفاع پایین‌ترین سیم در تقاطع با لوله‌های گاز			۸		

جدول (۸-۷): فاصله هوایی مجاز هادی خطوط از تأسیسات (متر)

	۳۸۰V	۱۱KV	۲۰KV	۳۳KV	توضیحات
فاصله پایه خطوط از جدار لوله‌های گاز	۰/۵		۲		
فاصله پایه دکل از جدار لوله‌های گاز (مسیر مشترک <۵Km)			۲۰		
فاصله پایه دکل از جدار لوله‌های گاز (مسیر مشترک > ۵Km)			۳۰		
فاصله افقی تیر از محور ریل		۱۷	۱۷	۱۷	
فاصله‌هوایی قسمت‌های برق‌دار بدون‌حفاظ تجهیزات	*	*	*	*	* این مقادیر نباید کمتر از مقادیر مورد نیاز برای هادی‌های خطوط باشند.

جدول (۸-۸): فاصله مجاز قایم هادی‌ها از سطح (متر)

	۳۸۰V	۱۱KV	۲۰KV	۳۳KV	توضیحات
خطوط آهن غیربرقی		۹	۹	۹	
خیابان اصلی (متقاطع و موازی)	۵/۵	۶/۱	۶/۷		
کوچه‌ها (متقاطع و موازی)	۵/۵	۶/۱	۶/۷		
پیاده‌رو	۳	۴/۶	۵/۲		
عبور از جاده‌های اصلی (متقاطع)	۶/۵	۷	۷/۵		
مدخل وسایل نقلیه به گاراژهای معمولی	۴/۶	۶/۱	۶/۷		
به‌موازات جاده‌ها در مناطق روستایی (در تقاطع‌های فرعی)	۴/۶	۵/۵	۶/۱		
آب‌ها(با سطح کمتر از ۸ هکتار)		۶/۲	۶/۲		

جدول (۸-۹): فاصله مجاز قایم تجهیزات از سطح (متر)

	۳۸۰V	۱۱KV	۲۰KV	۳۳KV	تجهیزات زمین شده	
خیابان اصلی	۴/۹	۵/۵	۵/۵		۴/۶	
کوچه	۴/۹	۵/۵	۵/۵		۴/۶	
پیاده‌رو	۳/۶	۴/۳	۴/۳		۳/۴	فاصله قائم لامپ روشنایی از زمین ۴/۷۵ متر است
عبور از جاده‌های اصلی	۴/۹	۵/۵	۵/۵		۴/۶	
به‌موازات جاده‌ها در مناطق روشنایی (در تقاطع‌های فرعی)	۴/۳	۴/۹	۴/۹		۴	

فصل نهم:

محاسبات مکانیکی خطوط هوایی توزیع

۹ـ۱ ـ مقدمه

به‌طور کلی، طراحی مکانیکی خطوط هواییِ توزیع، برای هر خط انتقال انرژی هوایی، از اساسی‌ترین مباحث در فرآیند تهیهٔ طرح و نقشه‌های اجرایی می‌باشد. در این فصل، ضمن معرفی اصطلاحات و تعاریف کاربردی، به تعریف قوانین و دستورالعمل‌های حاکم بر منحنی سیم و پارامترهای طراحی (از جمله روابط کشش و فلش هادی و حل معادلات تغییر وضعیت سیم) پرداخته خواهد شد. این روابط بر اساس وزن سیم، شرایط مختلف آب و هوایی، بازه‌های مجاز فلش و کشش سیم و فاصله بین پایه‌ها در خطوط توزیع، قابل تغییر خواهند بود، که با استفاده از نمایش نتایج در جدول‌های کاربردی و منحنی‌های سیم‌کشی، مقایسه و انتخاب می‌شوند.

در این فصل، ضمن ارایه یک روش و الگوریتم مدوّن شده، برای انجام مراحل طراحی مکانیکی، از نتایج محاسبات کامپیوتری و نمایش نتایج در جدول‌ها، به شرح زیر استفاده می‌شود:

۱) محاسبات مکانیکی نیروهای وارد بر سیم،
در انواع رژیم‌های آب و هوایی ⇐ جدول کشش و فلش

۲) محاسبات مکانیکی نیروهای وارد بر تیر و
انتخاب قدرت پایه‌های میانی و کششی ⇐ جدول بارگذاری و انتخاب پایه‌ها

۳) محاسبه و کنترل مجدد طرح پایه گذاری شده و
ارایه منحنی‌های فلش برای سیم‌کشی ⇐ جداول سیم‌کشی و منحنی‌های فلش «تمپلت»

۹ـ۲ ـ تعاریف مربوط به طراحی مکانیکی خطوط هوایی توزیع

۹ـ۲ـ۱ ـ کشش [T]: ..... "Tension"

کشش، مقدار نیرویی است که اگر به نقطهٔ پاره شدن سیم اعمال شود، سیم شکل سابق خود را حفظ می‌کند. راستای کشش در هر نقطه، مماس بر «منحنی سیم» می‌باشد. کشش را با حرف "T" نشان می‌دهند.

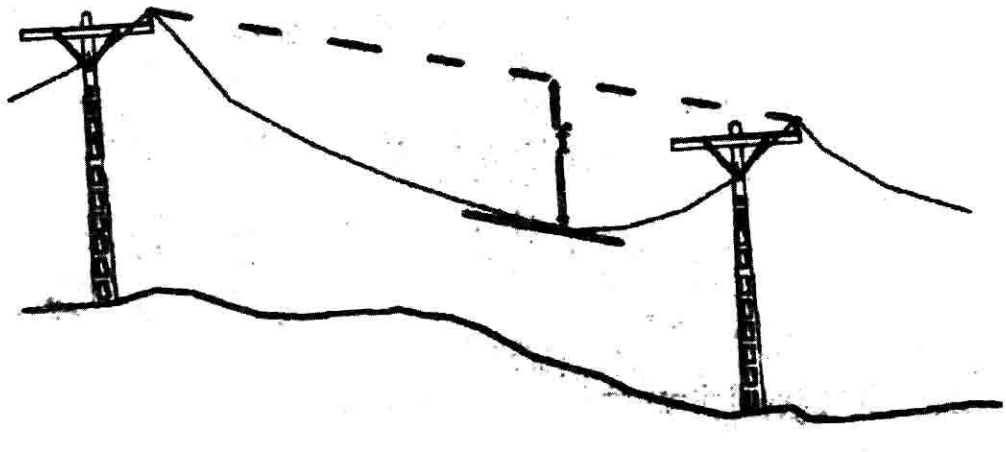
کشش، در پایین‌ترین نقطه سیم افقی است و آن را با "H" نمایش داده و «**کشش افقی**»[1] یا «کشش در پایین‌ترین نقطه سیم» می‌گویند. بین دو پایهٔ مشخص، هر چه سیم، محکم‌تر کشیده شده باشد، کشش افقی بیشتر و هر چه سیم، شل‌تر کشیده شده باشد، این کشش کمتر خواهد بود.
نسبت کشش سیم به سطح مقطع هادی را «**تنش**» می‌گویند و آن را با علامت "$T_\circ$" ویا "$\vec{O}$" نشان می‌دهند:

$$\text{تنش} = T_\circ = \frac{\text{کشش}}{\text{سطح مقطع سیم}}$$

تنش از جنس فشار بوده و واحد آن کیلوگرم نیرو بر میلی‌متر مربع می‌باشد. به طور متوسط تنش ماکزیمم سیم‌های آلومینیوم فولاد "A.C.S.R." در خطوط توزیع با ضریب اطمینان n=۲/۵ میزان ۱۱ کیلوگرم نیرو بر میلی‌متر مربع، و برای سیم‌های مسی، در شبکهٔ فشار ضعیف با ضریب اطمینان n=۳ به میزان ۱۳/۵ کیلوگرم نیرو بر میلی‌متر مربع خواهد بود.

۹ـ۲ـ۲ ـ فلش [f]: ..... "Sag"

طول بزرگ‌ترین خط قائم بین خط واسطِ محل اتصال سیم به پایه و منحنی سیم را «فلش» می‌گویند. چگونگی محاسبهٔ صحیح فلش، در شکل (۹ـ۱) نشان داده شده است. فلش در واقع همان «شکم سیم» می‌باشد و آن را به طور معمول با حرف "f" نشان می‌دهند. چگونگی محاسبهٔ فلش، بین دو پایهٔ هم سطح و غیر هم سطح، در بخش محاسبات منحنی سیم (۹ـ۲ـ۱۰) توضیح داده خواهد شد.

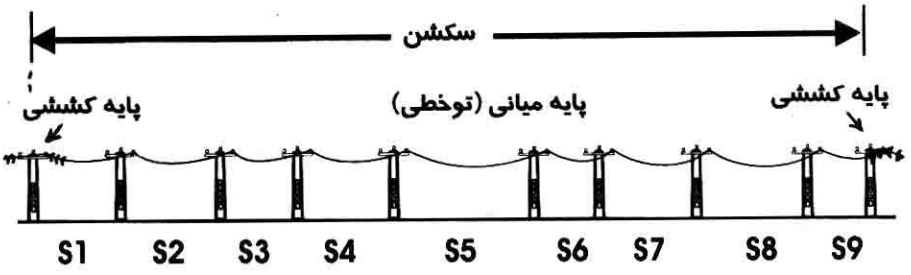


شکل (۱۱ـ ۹): فلش خط بین دو پایه

1- Horizontal Tension

۹ـ۲ـ۳ ـ سکشن : "Section"

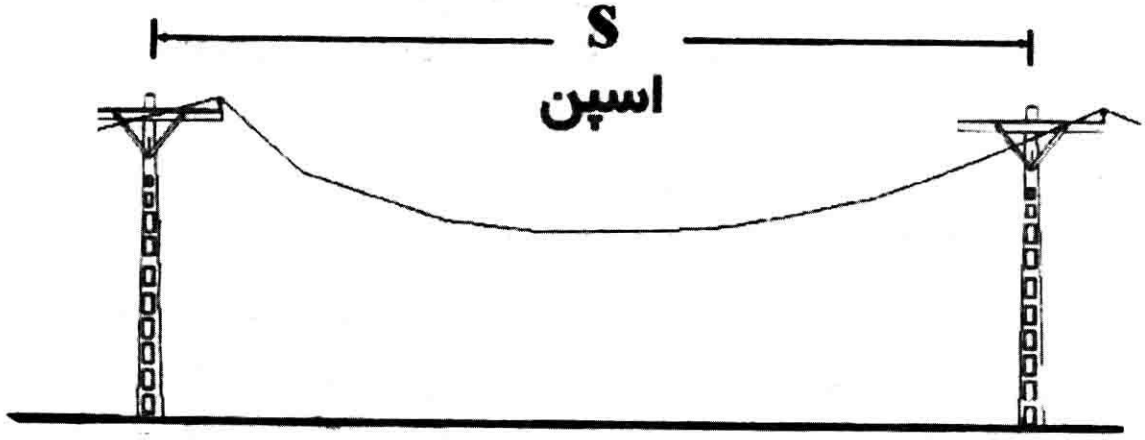
به قسمتی از خط، که بین دو پایهٔ کششی (انتهایی) و یا زاویه قرارگرفته باشد، یک سکشن گفته می‌شود[1]. کشش افقی سیم در طول یک سکشن به طور تقریب یکسان است. به عبارت دیگر نیروی کشش سیم، در دو طرف پایه‌های میانی (تو خطی) برابر می‌باشد.



شکل (۲ـ ۹): سکشن مکانیکی در خط هوایی

۹ـ۲ـ۴ ـ انواع اسپن‌ها [S]: "Span"

فاصلهٔ افقی بین دو پایهٔ مجاور را اسپن می‌گویند. طول اسپن، در محاسبات مکانیکی که مربوط به خطوط هوایی توزیع است، نقش مهمی دارد. هر چه طول اسپن بیشتر باشد، نیروهای مکانیکی و کشش بیشتر خواهد بود و باید هادی، پایه و المان‌های خط با مشخصات مکانیکی مناسب‌تری به کار برده شود.



شکل (۳ـ ۹): اسپن

۱ـ از نظر الکتریکی «سکشن» فاصله بین «دو گره» در خط هوایی توزیع می‌باشد، بنابراین فاقد هر گونه تغییر امپدانس در حد فاصل این دو گره است. به عنوان مثال گره عبارتند از: نقاط انشعاب، محل ترانس، تغییر سطح مقطع، محل سر کابل‌ها و ...

در یک خط هوایی فشار متوسط (به شرطی که مسیر مسطح باشد)، اقتصادی‌ترین اسپن بستگی به فلش سیم (شکم سیم)، مقاومت و ارتفاع پایه‌ها و نیز فاصله مجاز سیم از زمین دارد. برای خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت شبکه‌های توزیع، این طول اسپن را به طور تجربی کمتر از ۱۰۰ متر در نظر می‌گیرند، مگر این که از پایه‌های بلندتر (یعنی بیشتر از ۱۲ متر) استفاده شود و یا اسپن، به دلیل واقع شدن پایه‌های دو طرف آن، در ارتفاع ـ به طور مجازی ـ امکان افزایش فلش سیم وجود داشته باشد.

به عنوان مثال، در عبور خط از درّه‌ها، به دلیل امکان شل کردن سیم و کاهش کشش، به طور عملی امکان اجرای اسپن‌های بزرگ‌تر وجود دارد، که در این صورت نیز تعداد و قدرت پایه‌ها و فاصلهٔ سیم‌ها از یکدیگر افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، چنانچه فاصله بین پایه‌ها (طول اسپن) کوتاه انتخاب شود، تعداد پایه‌ها و تجهیزات نصب شده در طول خط زیاد خواهد شد، بنابراین در طراحی مکانیکی خطوط، طول اپتیمم، با توجه به ملاحظات اقتصادی هزینه‌ها و نیز محدودیت‌های مکانیکی انتخاب می‌شود. به این منظور و به دلیل اهمیت انتخاب اسپن مناسب برای خط، شش تعریف و کاربرد برای اسپن‌ها وجود دارد که به شرح آن‌ها پرداخته خواهد شد که البته این خود، گویای حساسیت و اهمیت انتخاب اسپن در طراحی خط هوایی می‌باشد.

الف) اسپن معادل طراحی [S_R] : ..... "Ruling Span"

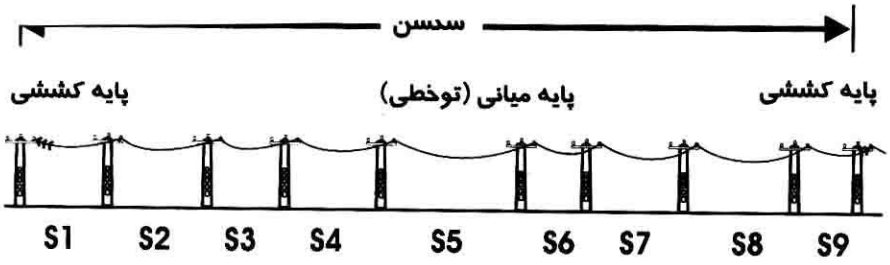
این اسپن، یک فاصلهٔ فرضی است که علاوه بر اقتصادی بودن، ضریب اطمینان لازم در سخت‌ترین شرایط را نیز دارا است و برای شروع محاسبات اولیهٔ مکانیکی خط، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور معمول، اسپن معادل طراحی یارولینگ اسپن "S_R"، درشبکه‌های فشار متوسط با توجه به تجارب قبلی، شرایط منطقه، نوع و سطح مقطع هادی و ... فرض می‌شود. به عنوان مثال در خطوط ۲۰ کیلوولت، با سطح مقطعی بالاتر از ۱۵۰ میلی‌متر مربع (مانند سیم لینکس)، رولینگ اسپن ۶۰ متر و برای خط هوایی فشار متوسط، با سیمی به سطح مقطع ۷۰ میلی‌متر مربع (مانند سیم مینک)، اسپن معادل طراحی حدود ۷۵ متر فرض اولیه می‌شود. به طور کلی، می‌توان گفت اسپن معادل طراحی، بهترین کشش متوسط را در طول خط تحت شرایط درجه حرارت و بار متفاوت به وجود می‌آورد.

ب) اسپن معادل نامی (در هر سکشن) [S_{eq}] : ..... "Equivalent Span"

این اسپن، همان اسپن معادل واقعی، بعد از پایه‌گذاری است که طبق رابطهٔ زیر در یک سکشن و با توجه به طول اسپن‌های مختلف واقع بین دو پایه کششی (سکشن) محاسبه می‌شود:

$$S_{eq} = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} S^3_n}{\sum_{1}^{n} S_n}} = \sqrt{\frac{S_1^3 + S_2^3 + S_3^3 + S_4^3 \ldots + S^3_9}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + \ldots + S_9}}$$

اسپن نامی، برای کنترل دقیق و محاسبات کشش و فلش سیم به کار می‌رود. این اسپن، برای استخراج نتایج کاربردی از جمله جدول‌های سیم‌کشی نیز مورد استفاده قرار خواهند گرفت. از آن‌جایی که در طول یک خط بین دو پایه انتهایی (سکشن)، طول اسپن‌های متفاوت قابل تصور است، بنابراین کشش در سکشن‌های مختلف برابر نخواهد بود. بدیهی است برای هر سکشن، باید یک اسپن معادل نامی تعیین شود که در عمل، با اسپن معادل طراحی که برای کل خط درنظر گرفته می‌شود، نباید بیش از ۵۰٪ اختلاف طول داشته باشد.

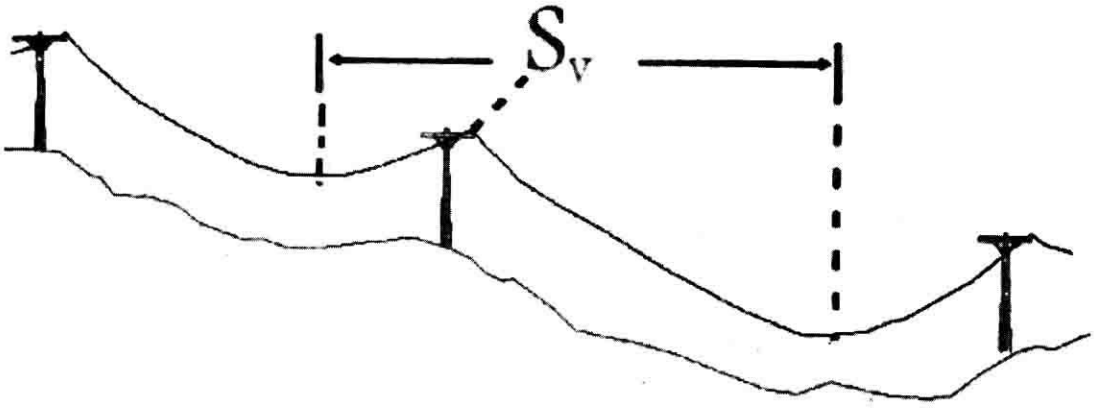


$$S_R = \sqrt{\frac{S_1^3 + S_2^3 + ... + S_9^3}{S_1 + S_2 + ... + S_9}}$$

شکل (۴-۹): اسپن معادل (واقعی) در هر سکشن

ج) اسپن وزنی یا قائم [S_V] : ..... "Weight Span"

فاصله افقی بین دو نقطهٔ می‌نیمم سیم در دو اسپن مجاور را «اسپن وزنی یا قائم» می‌گویند. این اسپن، مشخص کنندهٔ طول معینی از هادی است که وزن آن توسط پایه تحمل می‌شود.



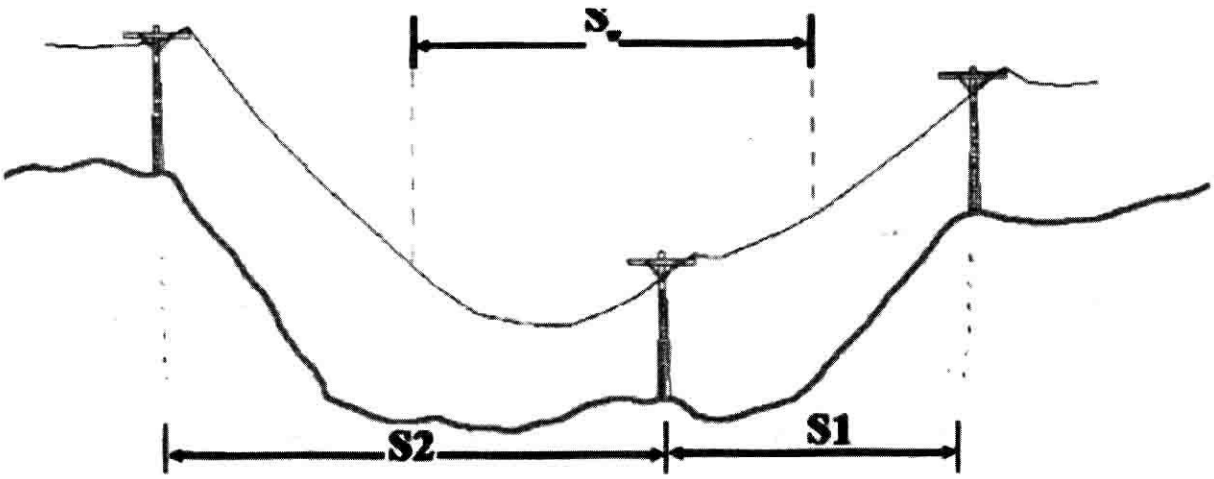
شکل (۵-۹): اسپن وزنی یا قائم

به طور معمول در مبانی طراحی مکانیکی خط، ۱/۶ برابر اسپن معادل طراحی [$1.6 \times S_R$] را به عنوان اسپن وزنی برای به دست آوردن نیروهای قائم وارد بر سازه‌ها و پایه‌ها به کار می‌برند. برای کنترل دقیق‌تر، پس از تعیین محل پایه‌ها نیز می‌توان از طریق جمع فواصل نقاط میانیمم در دو طرف پایهٔ موردنظر اسپن وزنی را محاسبه کرد.

د) اسپن بادگیر یا افق [S_W] : "Wind Span" .....

فاصلهٔ افقی بین نقاط وسط دو اسپن مجاور را اسپن «بادگیر»، «بادخور» و یا «اسپن افق» می‌گویند و عبارت است از فاصله‌ای که از میانگین اسپن‌های دو طرفِ یک پایه به‌دست می‌آید و نیروی افقی باد به ازای آن فاصله به این پایه وارد می‌شود. در مرحلهٔ اولیه طراحی، به طور معمول اسپن بادخود را ۱/۱ برابر اسپن معادل طراحی [$1.1 \times S_R$] درنظر می‌گیرند و مقدار واقعی آن در دو اسپن متوالی از رابطهٔ زیر محاسبه می‌کنند.

$$S_W = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$



شکل (۹ـ۶): اسپن بادخور یا افق

ه) اسپن متوسط [S_o] یا [S_{av}] : "Average Span" .....

در بعضی منابع و کتب، مقدار متوسط عددی (میانگین) اسپن‌های موجود را در طول یک خط انتقال و یا توزیع به عنوان اسپن متوسط مطرح می‌نمایند. این اسپن در واقع مقدار محاسبه شده از اسپن معادل طراحی است که به طراحان این ایده را می‌دهد که در طرح‌ها و پروژه‌ها یک معیار خوب برای رولینگ اسپن به دست دهد. اسپن متوسط را با علامت S_o یا S_{av} نشان داده و از رابطه زیر برای کل خط استفاده می‌شود:

$$S_{av} = S_o = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \ldots + S_n}{n}$$

زمانی یک اسپن معادل طراحی ($S_{ruling} = S_R$) انتخاب خواهد شد، که میزان انتخاب شدهٔ آن اسپن موجود نسبت به اسپن متوسط و ماکزیمم (بزرگ‌ترین) از رابطهٔ زیر تجاوز نکند:

$$S_{eq} \approx S_R = \frac{1}{2} S_{av} + \frac{2}{3} S_{Max}$$

و) اسپن بحرانی [S_C]: ..... "Critical Span"

اسپن بحرانی، اسپنی است که طوفان و هوای زمستانی، هر دو برای آن یکسان بوده و در سخت‌ترین شرایط و حداکثر کشش را در سیم به وجود آورد. برای اسپن‌های کوچک‌تر از اسپن بحرانی، زمستان، سخت‌ترین شرایط و برای اسپن‌های بزرگ‌تر از اسپن بحرانی، طوفان، سخت‌ترین شرایط است و کشش بیشتر، در آن به وجود می‌آید. اسپن بحرانی را با S_C نشان می‌دهند. هرگاه طریقهٔ به دست آوردن و محاسبهٔ اسپن‌های معادل و اسپن بحرانی را مقایسه کنیم، می‌توان نتیجه‌گیریی را بر مبنای آن چه که در بالا گفته شد، انجام داد و تعیین نمود که زمستان و یا طوفان، کدام یک شرایط سخت‌تری را برای اسپن معادل طراحی ما، ایجاد می‌کنند.[۱]

---

۱ - مثالی از چگونگی به‌دست آوردن اسپن بحرانی : اگرزمستان رابا مشخصات H, W, t وطوفان را با مشخصات H', W',t' درنظر بگیریم، آن گاه در اسپن بحرانی [S_C]، میزان کشش در حالت طوفان و زمستان، برابر خواهد بود و این همان مقدار حداکثر کشش مجاز کاری سیم H_C می‌باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{S_C^2\, W'^2}{24\, H_C^2} - \frac{H_C}{S.E} - \alpha t' = \frac{S_C^2\, W^2}{24\, H_C^2} - \frac{H_C}{S.E} - \alpha t$$

در این رابطه:

W_C : وزن هادی در یک متر

α : ضریب انبساط خطی سیم

H_C : حداکثر کشش مجاز (افقی)

E : مدول الا ستیسیته

t,t' : درجه حرارت در شرایط زمستان و طوفان

W,W' : وزن واحد طول هادی در شرایط زمستان و طوفان

M,M' : ضریب بارگذاری (اضافه‌بار)، در شرایط زمستان و طوفان، که مقادیر آن‌ها از رابطهٔ زیر محاسبه شده و می‌توان جایگزین نمود:

$$M = \frac{W}{W_C} \quad , \quad M' = \frac{W'}{W_C}$$

با ساده کردن رابطه داریم:

$$\frac{S_C^2}{24\, H_C^2}(W'^2 - W^2) = \alpha(t' - t) \Rightarrow \quad S_C^2 = \frac{24\, H_C^2 \times \alpha(t' - t)}{(W'^2 - W^2)} \qquad (۱)$$

با جایگزینی ($M'^2 - M$) داریم:

$$\Rightarrow S_C^2 = \frac{24\, H_C^2 \times \alpha(t' - t)}{W_C^2(M'^2 - M^2)} \Rightarrow S_C = \frac{H_C}{W_C} \times \sqrt{24\alpha \frac{t' - t}{M'^2 - M^2}} \qquad (۲)$$

ادامه پاورقی در صفحه بعد←

۹ـ۲ـ۵ ـ پارامتر (منحنی) سیم [a]: ..... "Parameter"

نسبت کشش افقی (H) را به وزن واحد طول سیم (W_C) «پارامتر سیم» می‌گویند، و واحد آن «متر» است. توجه به این نکته لازم است که مقدار پارامتر سیم، برای یک هادی در شرایط مختلف و وضعیت‌های آب‌و هوایی مختلف، متفاوت و بیان کنندهٔ آن است:

$$a = \frac{H}{W_C} = \frac{\text{کشش افقی}}{\text{وزن واحد طول سیم}}$$

۹ـ۲ـ۶ ـ حداکثر مقاومت کششی [U.T.S]: ..... "Ultimate Tensile Streng"

(یا حد نیروی گسیختگی)

حداکثر مقاومت کششی، مقدار ماکزیمم نیروی کششی است که اگر بر سیم وارد شود، سیم شروع به پاره شدن می‌کند، یا مقدار نیرویی است که سیم را در آستانهٔ پاره شدن قرار می‌دهد. واحد اندازه‌گیری آن برحسب Kgf[1] و یا نیوتن است. اندازه‌گیری حد نیروی گسیختگی هادی‌ها، به عنوان مثال برای سیم آلومینیوم فولاد از طریق مجموع نیروی گسیختگی مفتول‌های آلومینیومی به علاوه نیروی لازم برای یک درصد افزایش طول نسبی مفتول‌های فولادی محاسبه می‌شود.

مقدار «***کشش مجاز***» در سخت‌ترین شرایط از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$T = \frac{U.T.S}{n} = \frac{\text{حد نیروی گسیختگی}}{\text{ضریب اطمینان}}$$

در مورد سیم، یک تعریف «***حد نیروی ارتجاعی***» نیز وجود دارد، که به کمترین نیرویی گفته می‌شود که اگر به سیم وارد شود، سیم شکل اولیهٔ خود را از دست می‌دهد و به حالت اولیه باز نمی‌گردد.

۹ـ۲ـ۷ ـ ضریب اطمینان سیم [n]: ..... "Safety factor"

عددی است که با توجه به اهمیت خط و افزایش قابلیت اطمینان در عدم پارگی سیم، برای آن درنظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، ضریب اطمینان برابر است با:

$$\text{ضریب اطمینان} = \frac{\text{حداکثر مقاومت کششی [U.T.S]}}{\text{حداکثر کشش سیم (T)}}$$

ضریب اطمینان سیم، نباید از نسبت حداکثر مقاومت کششی به حد نیروی ارتجاعی کمتر شود.

← ادامه پاورقی صفحه قبل

رابطه ۱ و ۲ برای محاسبهٔ اسپن بحرانی است. این فاصله باید در مناطق بحرانی، شامل کولاک شدید و یا مناطق طوفانی، کنترل و محاسبه شود، تا اسپن‌های کوچک‌تر در آن نقاط درنظر گرفته شود. لازم به توضیح است که به طور معمول در خطوط ۲۰ کیلوولت توزیع، به غیر از مناطق استثنایی زمستان، همواره سخت‌ترین شرایط آب و هوایی منطقه (رژیم) می‌باشد.

۱ ـ رابطهٔ کیلوگرم نیرو و نیوتن عبارتند از: $1^{kgf} = 9.8\ N$

ضریب اطمینان، در خطوط انتقال انرژی، به طور معمول، بین ۱/۷ تا ۲/۵ می‌باشد، ولی ضریب اطمینان سیم در خطوط توزیع، حداقل ۲/۵ است.

ضریب اطمینان خط عددی است که باید با توجه به قابلیت اطمینان مورد نظر و اهمیت خط انتقال، برای آن درنظر گرفته شود، تا از شکستگی پایه‌ها، کراس آرم و مقره‌ها و کلیهٔ سازه و یراق‌آلات جلوگیری شود و آن نیروی درنظر گرفته شده را تحمل نمایند.

۹ـ۲ـ۸ ـ ضریب کشسانی (مدول الاستیسیته) [E] : ..... "Modulea of Elasticity"

فلزات، اگر تحت نیروی کششی قرار گیرند، تغییر طول پیدا می‌کنند، و تا یک حد مشخص (نقطه تسلیم)، تغییرات طول فلز الاستیک بوده و نسبت به نیروی وارده، خطی است. در این محدوده، طبق قانون «هوک»، نسبت تغییر تنش به تغییر طول نسبی سیم را «ضریب کشسانی» می‌گویند و آن را با "E" نشان می‌دهند و واحد آن Kg/mm^2 می‌باشد.

$$E = \frac{\Delta H}{\Delta L} = \frac{\text{تغییر تنش}}{\text{تغییر ازدیاد طول نسبی سیم}} \qquad [Kg/mm^2]$$

به طور معمول در جدول مشخصات سیم‌ها و هادی‌ها، مقدار ضریب کشسانی برای سیم مورد استفاده داده می‌شود. به عنوان مثال، این مقدار برای هادی‌های آلومینیوم فولاد استفاده شده در شبکهٔ فشار متوسط، از جدول (۹ـ۱) به دست می‌آید. همانطور که در این جدول ملاحظه می‌شود، مدول الاستیسیتهٔ سیم فاکس "FOX" و مینک "MINK"، معادل $۸۱۰۰ Kg/mm^2$ بوده و برای سیم لینکس "LYNX"، این مقدار برابر $۸۲۰۰ Kg/mm^2$ می‌باشد.

لازم به توضیح است، هرگاه سیم از مواد مختلف تشکیل شده باشد، مانند هادی‌های آلومینیوم فولاد (که در آن A1 سطح مقطع سیم اولی مانند آلومینیوم و A2 سطح مقطع سیم دوم، یعنی فولاد است) آنگاه مدول الاستیسیتهٔ هادیِ مورد نظر، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E = \frac{(mE1 + E2)}{(m + 1)} \qquad m = \frac{A1}{A2}$$

۹ـ۲ـ۹ ـ ضریب انبساط خطی (یا حرارتی) [α] : ..... "Coeficient of thermal expansion"

این ضریب با نام‌های انبساط طولی و یا انبساط حرارتی نیز بیان می‌شود که طبق تعریف عبارت است از میزان تغییر طول نسبی (ناشی از حرارت) به تغییر درجه حرارت، و آن را با حرف α نمایش داده واحد آن بر درجه سانتی‌گراد و یا $[\frac{1}{°C}]$ می‌باشد.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{\Delta \theta} = \frac{\text{تغییر طول نسبی سیم ناشی از حرارت}}{\text{تغییر درجه حرارت}} \qquad [\frac{1}{°C}]$$

ضریب انبساط خطی، برای مفتول‌های آلومینیومی، ۲۳×۱۰^{-۶} و برای مفتول‌های فولادی، $۱۱/۵\times۱۰^{-۶}$ به ازای هر درجه سانتی‌گراد، می‌باشد. ضریب انبساط خطی برای هادی‌های غیر همگن، یعنی تشکیل شده از مواد مختلف، از رابطهٔ زیرقابل محاسبه است:

$$\alpha = \frac{(mE1\alpha1 + E2\alpha2)}{(mE1 + E2)}$$

که در آن $\alpha1$ و $\alpha2$ ضریب حرارتی آلومینیوم و فولاد بوده و m از نسبت سطح مقطع‌ها به‌دست می‌آید. ضرایب انبساط خطی (α) و ضریب کشسانی (مدول الاستیسیته = E) در معادله تغییر وضعیت به‌کار خواهند رفت.

جدول (۱ـ ۹): مشخصات فیزیکی هادی‌های آلومینیوم فولاد و مسی خطوط هوایی

	نام‌هادی		سطح مقطع کل A [mm²]	قطرسیم d [mm]	حد نیروی پارگی U.T.S [Kg]	مدول الاستیسیته E [Kg/mm²]	ضریب انبساط خطی α [1/°C]	وزن واحدطول W Kg/m
سیم آلومینیوم فولاد ـ ACSR	فاکس	FOX	42.7	8.37	1346	8100	19.1×10^{-6}	۰/۱۴۹
	مینک	MINK	73.6	10.98	2223	8100	19.1×10^{-6}	۰/۲۵۵
	داگ	DOG	118.2	14.15	3335	7700	19.8×10^{-6}	۰/۳۹۴
	هاینا	HYENA	126.2	14.57	4171	7700	19×10^{-6}	۰/۴۵۰
	پارتریج	PARTRIDGE	156.9	16.28	5107	7700	18.9×10^{-6}	۰/۵۴۷
	ولف	WOLF	194.9	18.13	7056	8200	17.8×10^{-6}	۰/۷۲۶
	لینکس	LYNX	226.2	19.53	8137	8200	17.8×10^{-6}	۰/۸۴۲
سیم مسی		16	15.89	5.1	640	11000	17×10^{-6}	۰/۱۴۳
		25	24.25	6.3	970	11000	17×10^{-6}	۰/۲۱۹
		35	34.36	7.5	1360	11000	17×10^{-6}	۰/۳۱
		50	48.36*	9	1920	11000	17×10^{-6}	۰/۴۳۸
		70	65.82	10.5	2640	11000	17×10^{-6}	۰/۵۹۷
		95	93.21		3720	11000	17×10^{-6}	۰/۸۴۰

* نوع سطح مقطع کل $49.48mm^2$ نیز وجود دارد که دارای 7 رشته مفتول با قطر 3 میلی‌متری است.

۹ـ۲ـ۱۰ ـ منحنی سیم "Catenary"

در طراحی مکانیکی خط، معادلهٔ منحنی سیم از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا با داشتن آن برای شرایط جوی مختلف، (شرایط بارگذاری) می‌توان فلش و کشش سیم را کنترل کرد، تا مقدار کشش مجاز سیم، در سخت‌ترین شرایط $[T = \frac{U.T.S}{n}]$ از حد تعیین شده بیشتر نشود.

هرگاه با تقریب خوبی فرض کنیم که سیم‌های رشته‌ای مورد استفاده، از انعطاف‌پذیری[1] کاملی برخوردار بوده و این سیم‌های هوایی، در مقابل کشش تغییر طول نمی‌دهند دارای منحنی سیمی مانند یک هادی آویزان بین دو حایل (دو نقطه) خواهند بود. منحنی سیم، شکلی شبیه به سهمی ایجاد می‌کند، که برای اسپن‌های عادی مانند ریسمانی کاملاً قابل انعطاف و آزاد بوده و تنها از دو تکیه‌گاه آویزان شده است، و نیروی مؤثر بر آن، وزن ریسمان است که آن هم به صورت گسترده و کاملاً همگن بر

1- Flexibility

آن وارد می‌شود. با این فرض [۱] منحنی سیم همان سهمی است که برای ساده‌تر شدن فرمول‌های استفاده شده، در طراحی مکانیکی خطوط هوایی به کار می‌رود.

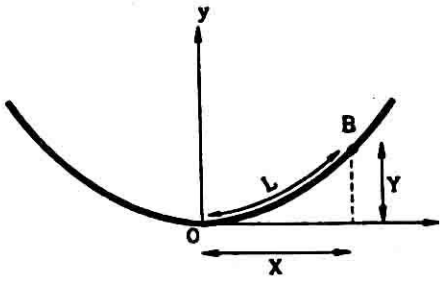
به طور خلاصه و با تقریب خوبی، منحنی سیم از دو معادله قابل مشابه‌سازی است:

الف) معادلات شنت با استفاده از معادلات هیپرپولیک

ب) معادلات سهمی با استفاده از بسط سری‌های توانی

این مطالعات، برای دو حالت اسپن‌های هم سطح و غیر هم سطح، به طور جداگانه انجام می‌پذیرد.

الف) منحنی سیم در اسپن‌های هم‌سطح:



شکل (۷ـ۹): منحنی سیم در اسپن هم سطح

برای نوشتن رابطهٔ منحنی سیم، اگر از تعادل نیروهای افقی و عمودی در شکل (۹ـ۷) استفاده شود، روابط بین طول سیم از مبداء تا نقطهٔ B(L) و فاصله افقی نقطهٔ B از مبداء (x) و فاصله قائم آن از مبداء (Y) هر سه، بر حسب متر، به صورت زیر به دست خواهند آمد:

$$L_{(x)} = 2a \sinh \frac{x}{a} = \frac{2H}{W} \sinh \frac{WS}{2H}$$

$$Y_{(x)} = a \left(\cosh \frac{x}{a} - 1\right) = \frac{H}{W} \left(\cosh \frac{SW}{2H} - 1\right)$$

که در آن $a=\frac{H}{W}$, $x=\frac{S}{2}$:

با دقت در رابطه بالا می‌توان فهمید که در حالت پایهٔ هم‌سطح و فرض مبداء مختصات در مینیمم منحنی $Y_{(x)}$ در واقع همان فلش (f) خط می‌باشد. با بسط روابط و با در نظرگرفتن جملات اول و دوم سری‌ها، و با تقریب قابل قبول، خواهیم داشت:

---

۱ ـ هرگاه نسبت $\frac{\text{اسپن}}{\text{فلش}}$ هادی از مقدار $\frac{۲۰}{۱}$ تجاوز ننماید، استفاده از فرمول سهمی تا میزان ۰/۵ درصد دقت خواهد داشت.

$$\begin{cases} \text{فلش} = Y_{(x)} = f = \dfrac{H}{W}\left[(\dfrac{WS}{2H})^2 \dfrac{1}{2!} + (\dfrac{WS}{2H})^4 \dfrac{1}{4!} + \ldots\right] = \dfrac{WS^2}{8H} + \ldots \\ \text{طول واقعی سیم} = \dfrac{2H}{W}\left[\dfrac{WS}{2H} + (\dfrac{WS}{2H})^3 \dfrac{1}{3!} + \ldots\right] = S + \dfrac{W^2 S^3}{24\, H^2} + \ldots \end{cases}$$

$$\begin{cases} Y_{(x)} = f = \dfrac{W S^2}{8H} = \dfrac{(S/2)^2}{2(H/W)} = \dfrac{X^2}{2a} = \dfrac{S^2}{8a} \\ L(x) = S + \dfrac{W^2 S^3}{24\, H^2} = (2X) + \dfrac{(S/2)^3}{3(H/W)^2} = \dfrac{X^3}{3a^2} + 2X \end{cases}$$

بنابراین، روابط مهم زیر، از منحنی سیم حاصل می‌شود:

$$\text{فلش} = f = Y_{max} = \frac{W S^2}{8H}$$

$$\text{طول کل سیم در اسپن } L = S + \frac{S^3}{24\, a^2}$$

- رابطه کشش سیم، با استفاده از منحنی سیم به راحتی به دست می‌آید

کشش سیم، در نقاط مختلف از رابطهٔ برداری زیر به دست می‌آید:

$$\vec{T}_{(x)} = \vec{W}.\vec{Y}_{(x)} + \vec{H} \qquad [Kgf]$$

حال، کشش سیم در نقطهٔ نگهدارندهٔ آن (نقطهٔ P) و در حالتی که $Y_{(x)}=f$ می‌باشد، به صورت رابطهٔ زیر خواهد بود:

$$\vec{T} = \vec{W}.f + \vec{H} \qquad [Kgf]$$

از رابطهٔ بالا می‌توان نتیجه گرفت که کشش مجاز سیم، رابطهٔ مستقیم با میزان کشش افقی به اضافهٔ وزن واحد طول سیم در فلش سیم خواهد داشت. مقدار کشش سیم، در هیچ شرایطی نباید از حد پارگی آن تقسیم بر ضریب اطمینان (n) مورد نظر بیشتر شود. به طور معمول با استفاده از منحنی سیم، مقدار آن، همیشه در سخت‌ترین شرایط (بیشترین کشش)، تعیین و سپس کنترل می‌شود. از طرف دیگر، با توجه به

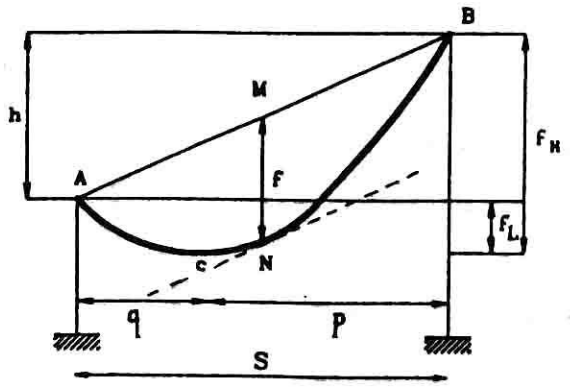
این که مقدار فلش برای یک اسپن با بارگذاری ثابت (مقدار تعیین شده W_c)، مرتبط با کشش آن است به این ترتیب که با افزایش کشش، فلش یا شل‌شدگی سیم کم می‌شود و از آن جا که مقدار کشش از حد مجاز نباید فراتر رود، مقدار فلش نیز نمی‌تواند از حد مشخصی کمتر شود. در مقابل، اگر مقدار فلش خیلی افزایش یابد، (به عنوان مثال در عبور از دره‌ها)، به علت حفظ فاصلهٔ بین فازها، و نیز به دلیل استاندارد بودن ارتفاع پایه‌ها، افزایش فلش در زمین‌های مسطح، توجیه اقتصادی نداشته، و حتی باعث افزایش ارتفاع غیر متعارف پایه‌هاخواهد شد. بنابراین فلش نیز در یک محدودهٔ مشخص، برای خط در مناطق مسطح می‌تواند تغییر کند.

ب) اسپن‌های غیر همسطح:

روابط فلش و طول کل سیم، برای حالاتی که نقاط نگهدارنده، دارای اختلاف ارتفاع باشند، با توجه به شکل (۹ـ۸)، در زیر استخراج می‌شود:

$$f_H = f(1 + \frac{h}{4f})^2 \quad [m]$$

$$f_L = f(1 - \frac{h}{4f})^2 \quad [m]$$



شکل (۹ـ۸): منحنی سیم در حالتی که پایه‌ها هم ارتفاع نیستند

$$\begin{cases} f = \dfrac{S^2}{8a} = \dfrac{W\,S^2}{8H} \quad , \quad [m] \\ L = S + \dfrac{S^3}{24\,a^2} + \dfrac{h^2}{2S} \quad , \quad [m] \end{cases}$$

در مقایسهٔ میزان افزایش طول سیم، با حالت پایه‌های واقع در یک ارتفاع، مقدار $\frac{h^2}{2S}$ به آن افزوده شده است.

$$L = L_o + \frac{h^2}{2S}$$

۹ـ۲ـ۱۱ ـ فاصله سیم تا سطح زمین ـ کلیرانس ..... "Clearance"

یکی از عوامل مهمی که در ارتفاع پایه‌ها، طول اسپن‌ها و طراحی مکانیکی خطوط هوایی تأثیر به سزایی خواهد داشت، رعایت حداقل فاصلهٔ هادی از سطح زمین یا «***کلیرانس***» می‌باشد. تعیین میزان این فاصله، براساس مسایل ایمنی و حفاظتی و بر اساس قوانین و استانداردهای هر کشور می‌باشد. حداقل فاصلهٔ سیم تا زمین، با ولتاژ خط، رابطهٔ مستقیم داشته و این فاصله در رژیم تابستان (یعنی گرم‌ترین روزهای سال)، در حداقل میزان خود خواهد بود، و این فاصله باید حتی در حداکثر درجه حرارت سیم با بیشترین فلش ممکن [1] هادی از میزان مجاز تعیین شده کمتر شود. طبق رابطه تجربی زیر حداقل فاصله هادی‌ها تا زمین در خطوط انتقال انرژی، برحسب ولتاژ خط به دست می‌آید:

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

h: فاصله سیم تا زمین بر حسب متر

U: ولتاژ نامی خط بر حسب کیلوولت

بنابراین، حداقل فاصلهٔ فرضی هادی‌های شبکه ۲۰ کیلوولت تا سطح زمین، تا حدود ۵/۴ متر به دست می‌آید. این فاصله در داخل شهر و روستاها، یا مناطق بیرون از شهر و یا امتداد جاده‌هابر اساس شرایط طراحی در حداقل و حداکثر بازده ۶ الی ۹ متر، تغییر می‌نماید.

بر اساس استاندارد شمارهٔ ۰۱۰ ـ ۰۰ وزارت نیرو، با عنوان «***مینیموم فواصل آزاد سیم از زمین***» (مطابق با شکل (۹ـ۹) در صفحه بعد) در مورد خطوط هوایی توزیع ۲۰ کیلوولت و ۳۸۰ ولت فشار ضعیف، فاصله‌های مجاز قائم هادی‌ها از سطح، باید رعایت شود. همان‌طورکه در فصل حریم، و در مبحث فاصله مجاز سیم از تأسیسات نیز مطرح شد، این فاصله، از کم‌ترین فاصله سیم خط ۲۰ کیلوولت، به مقدار ۵/۲ متر که مربوط به مناطق و زمین‌های پیاده‌رو می‌باشد) آغاز می‌شود. کلیرانس سیم در مناطق پیاده‌رو مانند سرزمین‌های کوهپایه، یا دارای شیب‌های تند، مناطق سنگلاخ و صعب‌العبور، که احتمال تردد وسایل نقلیه وجود ندارد، خواهد بود که به تنهایی ممکن است برای خطوط برق‌رسانی روستایی و خارج از شهر، وجود داشته باشد. به دلیل احتمال بروز خطرات بعدی، این فاصله کم توصیه نمی‌شود و به طور معمول طراحان، برای حداقل فاصلهٔ مجاز سیم شبکه فشار

---

۱ ـ کلیرانس، با فلش خط تفاوت داشته و بیشتر در بین افراد عادی به اشتباه به کار می‌رود یعنی به فاصلهٔ سیم از زمین فلش می‌گویند که در واقع تعریف کلیرانس بوده حال آن که فلش، میزان شل شدگی سیم‌از نقاط بسته شده از رأس تیرها می‌باشد.

NOTES

THESE CLEARANCES ARE THE MINIMUM FOR 140m SPAN.
INCREASE CLEARANCE BY 1.0 Cm. FOR EACH 1.0m ADDITIONAL SPAN LENGTH.
NO CLEARANCE TO GROUND REQUIRED FOR GUYS NOT CROSSING STREETS, ROADS OR ALLEYS

یادداشت:
فواصل آزاد ذیل حداقل فاصله سیم تا زمین برای اسپانهای ۱۴۰ متر میباشند.
با زیاد هر یک متر از دهانه اسپان باید بمقادیر فواصل آزاد یاد شده یک سانتیمتر اضافه شود
برای سیمهای مهار فاصله آزاد از زمین لزومی ندارد و فقط در عبور از خیابانها و جاده ها یا پیاده رو ها نباید سیمهای مهار مانع باشند

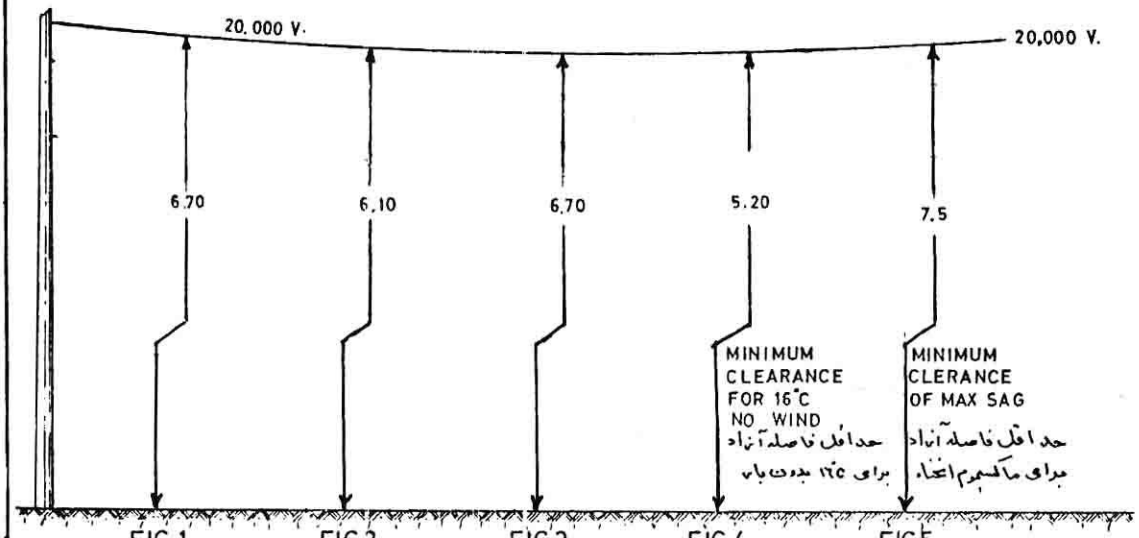


FIG.1 — CROSSING STREETS ALLEYS AND ROAD IN URBAN OR RURAL AREAS OR WHERE WIRES ON PUBLIC R/W. PARALLEL STREETS OR ALLEYS IN URBAN DISTRICTS.
قطع خیابانها، کوچه ها و جاده ها در مناطق شهری یا روستائی یا مواقعی که خطوط بر روی محل عمومی قرار دارند، یا عبور از خیابانها و کوچه ها در مناطق شهری.

FIG.2 — PARALLELING ROADS IN RURAL AREAS WHERE WIRES ARE ON PUBLIC R/W
عبور از جاده ها در مناطق روستائی در مواقعی که سیم ها در محل عمومی قرار دارند.

FIG.3 — DRIVEWAYS TO RESIDENCE GARAGES
مدخل وسائط نقلیه به گاراژهای منزلی

FIG.4 — SPACES ACCESSIBLE TO PEDESTRIANS
فضاهای خیابان برای پیاده روها

FIG.5 — HIGHWAY CROSSINGS
عبور از جاده های اصلی

ALL DIMENSIONS ARE IN METERS

مفهوم فواصل آزاد سیم از زمین	وزارت آب و برق POWER واحد برق DIVISION	MINIMUM CLEARANCE WIRES FROM GROUND
استاندارد شماره: ۰۰-۰۱۰	DATE 1348 / APP. STANDARDS COMMITTEE	DWG. No : 00_010

شکل (۹ـ۹): میزان استاندارد فاصله سیم از زمین برای شبکهٔ فشار متوسط

متوسط توزیع، میزان ۶/۱ متر را به اضافه یک «***فضای خطا***»[1] به میزان ۲۰ الی ۴۰ سانتی‌متر را در نظرمی‌گیرند. یعنی کلیرانس ۶/۳۰ الی ۶/۵۰ متر، باید در زمان طراحی در نظرگرفته شود. این کلیرانس، برای مناطق روستایی و خارج از شهر و به موازات جاده‌های با تقاطع‌های فرعی خواهد بود. در موارد استثنایی، مانند اجرای خط به موازات خیابان‌ها، کوچه‌های در مناطق شهری، مدخل وسایل نقلیه به گاراژهای عمومی، تقاطع خیابان‌ها، کوچه‌ها و جاده‌ها (به صورت متقاطع یا موازی) در مناطق شهری و یا روستایی که هر لحظه امکان عبور و مرور خودروهای بلندتر و وسایل نقلیه وجود دارد، حداقل فاصله از ۶/۷۰ متر خواهد بود که در این مواقع طراحان ۳۰ سانتی‌متر فضای خطا و ۷ متر فاصله هادی از سطح زمین را در زمان طراحی و اجرای پروژه رعایت می‌نمایند. در موارد خاص دیگر مانند عبور خطوط هوایی از روی اتوبان‌ها، خیابان‌های اصلی، ریل راه‌آهن و ... باید حسب مورد، فاصله قائم سیم از این تأسیسات، از ادارات و مؤسسات مربوطه استعلام و فاصله اعلام شده در مرحله طراحی مکانیکی را به‌طور قطع رعایت نمود.

در این‌جا لازم به توضیح است که یکی از وظایف واحدهای بهره‌برداری، یا دستگاه‌های نظارت در شرکت‌های توزیع، کنترل میزان کلیرانس یا فاصله سیم از زمین، در زمان تحویل و یا بعد از اجرای شبکه‌های فشار متوسط و فشار ضعیف موجود می‌باشد. به‌دلایل مختلف مانند شل‌شدگی سیم و جمپرها، کج شدن پایه‌ها، و خاک‌ریزی و پرکردن کف یا عوامل دیگر، احتمال نزدیک شدن سیم به تأسیسات و سطح زمین وجود دارد. در این مواقع برای اندازه‌گیری فاصله، از چوب پرش که مخصوص اندازه‌گیری ارتفاع سیم است و یا از تجهیزات جدید الکترونیکی تعیین‌کنندهٔ فاصله سیم (که بر اساس شدت میدان الکتریکی خطوط هوایی کار می‌کنند؛ طبق شکل(۱۰-۹) و یا مانند دستگاه‌های فاصله‌یاب لیزری (Disco)، باید فاصله پایین‌تر سیم، از سطح زمین یا خیابان و معابر را اندازه‌گیری کرده و تحت کنترل قرار داد. در مواقعی که امکان ایستادن در زیر سیم وجود نداشته باشد، می‌توان با استفاده از دوربین‌های نقشه‌برداری نیز این فاصله را محاسبه نمود.

۹-۲-۱۲- فاصله هوایی مجاز

حداقل فاصله لازم بین هادی‌ها و تجهیزات خطوط از یکدیگر و یا تأسیسات اطراف خط را «فاصلهٔ هوایی مجاز» می‌گویند. این محدودیت‌ها و حدود، مطابق با فصل هشتم حریم خطوط هوایی شبکه‌های توزیع باید رعایت شده و درکلیهٔ مراحل طراحی مکانیکی مدنظر قرارگیرند.

---

۱ - یک بازهٔ «فضای خطا» برای افزایش ضریب اطمینان در مواقع پیری و شل شدن سیم و یا درجه حرارت‌های خیلی زیاد در سیم در نظرگرفته می‌شود.



شکل (۱۰ـ ۹): اندازه گیری کلیرانس یا فاصله سیم از زمین

۹ـ۲ـ۱۳ ـ پلان "Plan"

دید از بالای مسیر خط، که نشان‌دهندهٔ وضعیت زمین وعوارض موجود در حاشیهٔ باند مسیر عبور خط است «پلان» نامیده می‌شود. پلان به‌صورت یک نوار طولی، از تصویر خط انتقال بر روی زمین است، که پهنای باند آن به طور معمول متناسب با حریم مورد نیاز خط انتقال توزیع ۲۰ کیلوولت، به‌میزان ۵ متر از طرفین محور خط و حداقل یک باند ۱۰ متری، نشان داده می‌شود که علاوه بر اعمال شدن، مسایل آزادسازی حریم خط، اجرای آن نیز آسان‌تر شود. به طور معمول مقیاس پلان خطوط ۲۰ کیلوولت را به صورت $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ (یعنی؛ هر یک‌سانتی‌متر نقشه ۲۰ متر زمین) نشان می‌دهند و برای

شبکه‌های فشار ضعیف از مقیاس $\frac{۱}{۵۰۰}$ استفاده می‌شود.

۹ـ۲ـ۱۴ ـ پروفیل "Profile"

دید از روبروی مسیر خط را که نشان‌دهندهٔ پستی و بلندی مسیر خط هوایی است، «پروفیل» می‌گویند. پروفیل، برشی از محور مرکزی خط و زمین را نشان می‌دهد. به طور معمول پروفیل را با مقیاس $\frac{۱}{۵۰۰}$ رسم می‌نمایند (برای توضیحات بیشتر به فصل دهم مراجعه فرمایید).

۹ـ۲ـ۱۵ ـ تمپلت (یا شابلون‌های طراحی) "Templete"

صفحه شیشه‌ای یا طلق شفاف می‌باشد که روی آن منحنی‌های سیم رسم شده است و از آن برای یافتن نقاط مناسب برای پایه‌گذاری روی پروفیل استفاده می‌شود. در این شابلون، منحنی سیم در سردترین حالت و فلش در منحنی گرم سیم، به‌صورت خط‌چین مشخص شده است. هر شابلون برای یک پارامتر منحنی سیم خواهد بود.

۹ـ۳ ـ انتخاب شرایط بارگذاری بر اساس منطقه آب و هوایی پروژه

در راستای طراحی مکانیکی خطوط انتقال یا توزیع نیرو، وجود مشخصهٔ آب و هوایی واقعیِ منطقه، رعایت استانداردهای مهندسی و طراحی در این زمینه، و ارایه شرایط بارگذاری مناسب براساس پهنه‌بندی مناطق مختلف کشور، دارای اهمیت خواهد بود. انتخاب صحیح این عوامل، نه تنها از نظر فنی و اقتصادی تأثیر به‌سزایی در پارامتر و طراحی تجهیزات پروژه خواهد داشت، بلکه از جنبهٔ قابلیّت اطمینان خط نیز، موردنظر واقع می‌گردنند.

یک روش متداول در وزارت نیرو، استفاده از نقشهٔ تقسیم‌بندی ایران براساس چهار منطقهٔ آب و هوایی[1] می‌باشد که به شرح زیر است.

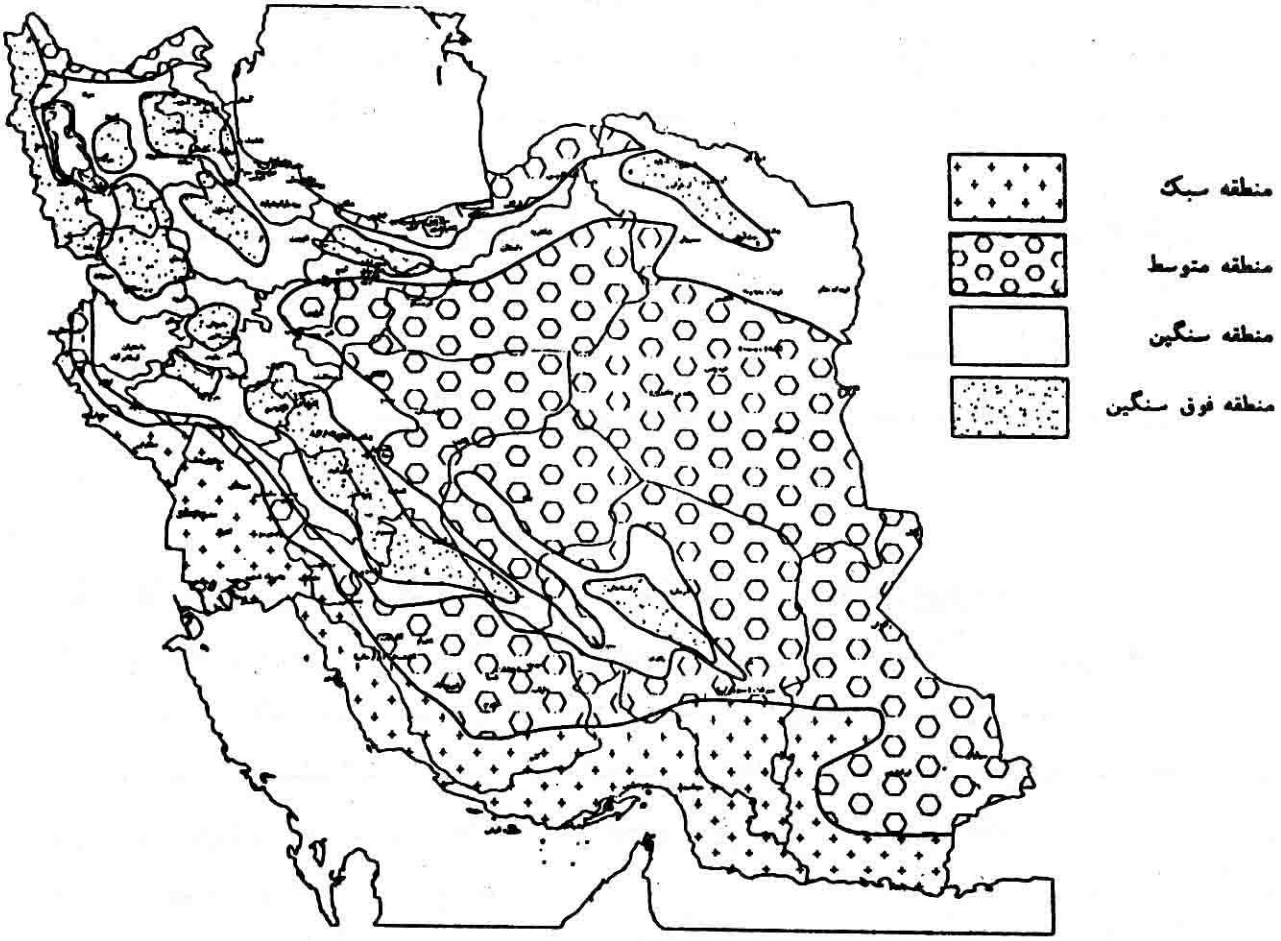
۱ ـ سبک "LIGHT"
۲ ـ متوسط "MEDIUM"
۳ ـ سنگین "HEAVY"
۴ ـ فوق سنگین "ULTURA HEAVY"

ـ این تقسیم‌بندی براساس استاندارد[2] NESC می‌باشد که این مناطق روی نقشه ایران مشخص شده است؛ شکل (۱۱ـ ۹). همچنین مقادیر درجه حرارت محیط (.TEMP) برحسب درجه سانتی‌گراد، ضخامت (شعاعی یا قطری) یخ (ICE) برحسب میلی‌متر، و سرعت (فشار) باد برحسب متر بر ثانیه

۱ ـ برای ملاحظهٔ نقشهٔ با اشل بزرگ‌تر و توضیحات کامل‌تر، می‌توانید به مرجع این قسمت یعنی: «استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال نیروی ایران ـ مشانیر ـ نقشه‌بندی مناطق چهارگانه آب و هوایی ایران» ـ از انتشارات دفتر استانداردهای وزارت نیرو مراجعه فرمایید.

2- National Electrical Safety Code

(کیلوگرم بر مترمربع) ر جدول‌های پیوستی شماره (۹-۲) شرایط بارگذاری، بیان شده است. با استفاده از این نقشه، می‌توان مناطق مختلف آب و هوایی پروژه را برای کسب شرایط بارگذاری یا انواع رژیم‌ها، از جدول‌ها تعیین نموده و برای طراحی خط، مورد استفاده قرار داد.



شکل (۱۱ ـ ۹): نقشه تقسیم‌بندی مناطق مختلف ایران براساس شرایط آب و هوایی

به‌منظور انتخاب شرایط بارگذاری مناسب، برای طراحی خطوط توصیه می‌شود که علاوه بر نقشهٔ پهنه‌بندی و جدول‌های بارگذاری مربوطه، و برای دقت بیشتر (به خصوص در مناطق خاص)، از گزارش‌های موجود در مراکز هواشناسی استان‌ها، یا منطقهٔ مورد نظر و تحقیقات محلی استفاده شود و یا نتایج بارگذاری‌های خطوط قبلی و موجود در آن ناحیه را بررسی و ملاک عمل قرار داد. به عنوان نمونه، شرایط جدول شماره (۹-۳) از تقویم و سالنامه آمار مرکز هواشناسی تبریز اخذ شده است. این شرایط، مناسب‌ترین بارگذاری را برای خطوط هوایی موجود در این منطقه مشخص می‌نماید، که به طور تقریب بین منطقهٔ سنگین و متوسط خواهد بود.

نوع منطقه	نوع بارگذاری			درجه حرارت (°c)	یخ (ضخامت شعاعی) (mm)	باد m/s(Kg/m²)	مقدار ثابت (Kg/m)
سبک(۱)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	۱۵	—	۲۸(۵۰)	—
			NESC-LIGHT	-۱	—	۲۶/۵(۴۴)	۰/۰۷
		حدی	باد شدید	۰	—	۴۵(۱۲۶)	—
			یخ سنگین	-۵	۶	۲۲(۳۰)	—
	بارگذاری غیرمتعادل	بارطولی نامتعادل-پارگی سیم در باد شدید		۰	—	۴۵(۱۲۶)	—
		بار طولی متعادل: - یخ و باد در یکطرف اسپن - باد بدون یخ در طرف دیگر		-۵	۶-۰	۲۲(۳۰)	—
	شرایط EDS			۲۵	—	—	—
	حداقل درجه حرارت			-۵	—	—	—
	حداکثر درجه حرارت			۵۵-۵۰*	—	—	—
متوسط(۲)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	-۱۰	۷	۲۵(۴۰)	—
			NESC-MEDIUM	-۱۰	۶/۵	۱۷/۸(۲۰)	۰/۲۵
		حدی	باد شدید	۱۵	—	۴۰(۱۰۰)	—
			یخ سنگین	-۵	۱۵	—	—
	بارگذاری غیرمتعادل	بارطولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین		-۵	۱۵	—	—
		بار طولی متعادل: - یخ و باد در یکطرف اسپن - بادبدون یخ در طرف دیگر		-۱۰	۷-۰	۲۵(۴۰)	—
	شرایط EDS			۲۰	—	—	—
	حداقل درجه حرارت			-۲۰	—	—	—
	حداکثر درجه حرارت			۴۵	—	—	—

* درجه حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد برای جزایر جنوبی و حاشیه خلیج فارس درنظر گرفته می‌شود.

جدول (۹-۲): شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور (براساس پهنه‌بندی ایران)

نوع منطقه	نوع بارگذاری			درجه‌حرارت (°c)	یخ (ضخامت‌شعاعی) (mm)	باد m/s(Kg/m²)	مقدار ثابت (Kg/m)
سنگین(۳)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	-۲۰	۱۵	۲۰(۲۵)	—
			NESC-HEAVY	-۲۰	۱۲/۵	۱۷/۸(۲۰)	۰/۴۵
		حدی	باد شدید	۱۵	—	۴۰(۱۰۰)	—
			یخ سنگین	-۵	*۲۰-۲۵	—	—
	بارگذاری غیرمتعادل		بارطولی‌نامتعادل-پارگی‌سیم‌دریخ‌سنگین	-۵	*۲۰-۲۵	—	—
			بار طولی متعادل: - یخ و باد در یکطرف اسپن - باد بدون یخ درطرف‌دیگر	-۲۰	۰-۱۵	۲۰(۲۵)	—
	شرایط EDS			۱۸	—	—	—
	حداقل درجه حرارت			-۲۵	—	—	—
	حداکثر درجه حرارت			۴۰	—	—	—
فوق‌سنگین (۴)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	۲۰	۲۰	۲۰(۲۵)	—
							—
		حدی	باد شدید	۱۵	—	۴۰(۱۰۰)	—
			یخ سنگین	-۵	**۳۰-۵۰	—	—
	بارگذاری غیرمتعادل		بارطولی‌نامتعادل-پارگی‌سیم‌دریخ‌سنگین	-۵	**۳۰-۵۰	—	—
			بار طولی متعادل: - یخ و باد در یکطرف اسپن - باد بدون‌یخ در طرف دیگر	-۲۰	۰-۲۰	۲۰(۲۵)	—
	شرایط EDS			۱۸	—	—	—
	حداقل درجه حرارت			-۳۰	—	—	—
	حداکثر درجه حرارت			۳۵	—	—	—

* ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰۰-۲۰۰۰ متر، ۲۰ mm
۲۰۰۰-۲۵۰۰ متر، ۲۵ mm

** ارتفاع از سطح دریا ۲۵۰۰-۳۰۰۰ متر، ۳۰ mm
۳۰۰۰-۳۵۰۰ متر، ۳۵ mm
۳۵۰۰-۴۰۰۰ متر، ۴۰ mm

ادامه جدول (۹-۲): شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور (براساس پهنه‌بندی ایران)

جدول (۳ـ۹۲) : شرایط آب و هوایی مرکز هواشناسی تبریز

ـ حداقل درجه حرارت [°C]	−25.4	درجه سانتی‌گراد
ـ حداکثر درجه حرارت [°C]	+41.5	درجه سانتی‌گراد
ـ حداکثر سرعت باد [m/sec]	28.3	متر در ثانیه
ـ حداکثر سرعت باد بر حسب [Km/h]	102	کیلومتر در ساعت
ـ متوسط سرعت باد [m/sec]	6.7	متر در ثانیه
ـ فشار باد [Kg/m^2]*	50	کیلوگرم بر مترمربع
ـ ارتفاع از سطح دریا [m]	1350	متر
ـ ماکزیمم ارتفاع در مسیر خط [m]	1450	متر
ـ رطوبت نسبی ماکزیمم	80	درصد
ـ رطوبت نسبی می‌نیمم	40	درصد
ـ ضخامت یخ (حداکثر)	10	میلی‌متر
ـ میزان آلودگی	سبک	
ـ تعداد روزهای بارندگی در سال	100	روز
ـ تعداد روزهای رعد و برق در سال	22	روز
ـ تعداد روزهای برفی در سال	30	روز

لازم به توضیح است، در هر طراحی مکانیکی، شش حالت مختلف آب و هوایی به‌عنوان انواع رژیم‌ها یا انواع شرایط مختلف بارگذاری (متعادل)، باید استخراج کرد و برای کلیهٔ این حالت‌ها، محاسبات مکانیکی انجام داده و کنترل نمود. به‌طور خلاصه نام این شش رژیم یا حالت بارگذاری (CASE) عبارت است از:

۱ ـ گرم‌ترین روز سال یا حداکثر درجه حرارت (MAX. TEMP.)

۲ ـ سردترین روز سال یا حداقل درجه حرارت (MIN. TEMP.)

---

* رابطه سرعت فشار باد

فشار باد $P = KSV^2$ $[Kg/m^2]$

V : سرعت باد(m/s)، S : سطح عمود بر جهت وزش باد (m^2) K : ضریب ثابت برای سطوح صاف K=0.8 ، برای سطوح با مقطع دایره K=0.098 و برای سطح باد خورد سیم و هادی‌ها K=0.0625 می‌باشد بنابراین رابطه فشار باد وارد برسیم و سرعت باد به‌طور خلاصه عبارتند از :

$$P = \frac{V^2}{16} = 0.00625V^2$$

۳ ـ دمای روز سیم‌کشی یا EDS	(Every Day Steress)
۴ ـ یخ و باد متوسط یا برف و بوران	(WIND & ICE)
۵ ـ باد (طوفان) شدید یا حداکثر سرعت باد	(HEAVY WIND)
۶ ـ یخ (برف) سنگین یا حداکثر ضخامت یخ	(HEAVY ICE)

*** مثال (۱ـ۹): یک نمونه انتخاب شرایط بارگذاری:**

به‌منظور انتخاب شرایط بارگذاری یا انواع رژیم‌های مناسب برای طراحی خط هوایی انتقال انرژی، از گزارش آمار هواشناسی ایستگاه منطقه جدول (۳-۹)، نقشه پهنه‌بندی و جداول شرایط بارگذاری منطقه سنگین جدول (۹-۲) و نتایج بارگذاری خطوط موجود در منطقهٔ پروژه، مورد بررسی قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، شرایط زیر، مناسب‌ترین بارگذاری برای خط هوایی توزیع، در منطقه غیرکوهستانی آذربایجان‌شرقی تشخیص داده شده است:

۱ ـ برف سنگین (HEAVY ICE) :

TEMP. = −5 °C * ICE = 20 mm * WIND = 0 Kg/m^2

۲ ـ برف و بوران (یخ و باد متوسط) (WIND & ICE) :

TEMP. = −15 °C * ICE = 10 mm * WIND = 20 Kg/m^2

۳ ـ طوفان شدید (HEAVY WIND) :

TEMP. = −15 °C * ICE = 0 mm * WIND = 71 Kg/m^2

۴ ـ دمای روز سیم‌کشی (E. D. S) :

TEMP. = 15 °C * ICE = 0 mm * WIND = 0 Kg/m^2

۵ ـ حداکثر دما (گرم‌ترین روز سال): (MAX. TEMP.):

TEMP. = 42 °C * ICE = 0 mm * WIND = 0 Kg/m^2

۶ ـ حداقل دما (سردترین روز سال) : (MIN. TEMP.)

TEMP. = −30 °C * ICE = 0 mm & WIND = 0 Kg/m^2

۹ـ۴ ـ محاسبهٔ نیروهای وارد بر سیم

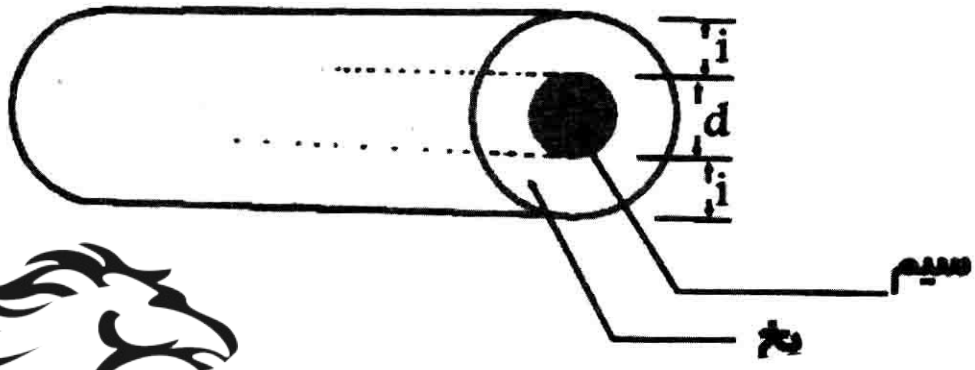
نیروهایی که در صفحهٔ قائم بر سیم وارد می‌شوند، شامل نیروهای وزن سیم (W_c)، نیروی وزن یخ روی سیم (w_i) و نیروی باد (W_w) می‌باشند. این نیروها در محاسبات مربوط به معادلات تغییر وضعیت سیم و برای هر رژیم آب و هوایی باید میزان آن‌ها به ازای واحد طول سیم (یک متر از جمع‌بُرداری این نیروها)، محاسبه و در معادلات استفاده شود. در صفحهٔ بعد، چگونگی محاسبهٔ نیروی یخ روی هادی، و نیز طریقهٔ به‌دست آوردن نیروی باد روی سیم، و در نهایت روند محاسبهٔ برآیند نیروی وارد بر سیم، توضیح داده شده است.

۹ـ۴ـ۱ ـ محاسبهٔ نیروی یخ روی سیم:

قشر برف یخ زده‌ای که در هوای زمستان روی هادی خطوط انتقال و توزیع تشکیل می‌شود، رابطهٔ مستقیم با درجه حرارتِ محیط و نسبت معکوس با سرعت باد دارد. ولی با این حال، ممکن است به‌دلیل شرایط سخت آب و هوایی منطقه، ضخامت‌های زیاد یخ، روی هادی‌ها مشاهده شود، که نیروی ناشی از وزن این قشر یخ به اضافهٔ وزن هادی باعث افزایش نیروی کشش سیم می‌شود. این موارد، در مناطق کوهستانی سردسیر و فوق سنگین در صورت عدم پارگی سیم حتی باعث نزدیکی و برخورد سیم‌ها به یکدیگر و حتی به سطح زمین شده و گاهی نیز به شکستن پایه‌ها و کج شدن کراس‌آرم‌ها در این مناطق منجر شده است. اگر وزن یخ در واحد طول هادی را با "W_{ice}" یا "W_i" نشان دهیم با توجه به شکل (۱۲ـ۹) خواهیم داشت:

i = ضخامت یخ (قطر یخ) دور سیم [mm]

d = قطر سیم [mm]



POWEREN.IR

شکل (۱۲ـ۹): سطح مقطع سیم به‌همراه پوشش یخ

برای محاسبهٔ نیروی یخ، ابتدا حجم یخ روی یک متر طول سیم (V) را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{حجم یخ } V = \pi[(\frac{d}{2} + i)^2 - (\frac{d}{2})^2] = \pi(i^2 + id) = \pi i(i+d)$$

نیروی وزن یخ عبارتست از:

$$Wi = \rho \times V \qquad [\frac{Kgf}{m}]$$

که در این رابطه، ρ: وزن مخصوص یخ = ۹۱۳ کیلوگرم بر مترمربع [۱]، و V: حجم یخ.

۱ ـ در مواقعی که برف یخ‌زده اطراف سیم را پوشانده باشد، وزن مخصوص معادل یخ آن کمتر خواهد بود.

$$Wi = \rho\pi i(i+d) \times 10^{-6} \ [Kg/m]$$

$$Wi = ۹۱۳\,\pi i(i+d) \times 10^{-6} \ [Kg/m]$$

*** مثال (۲ـ۹):**

وزن هادی با قطر یخ ۲۵ میلی‌متر بدون باد روی هادی MINK را محاسبه کنید.

$W_c = 0.255$ Kg/m — وزن واحد طول سیم مینک

$d = 10.98$ mm — قطر هادی

$i_c = 25$ mm — ضخامت یخ

$$W_i = ۹۱۳\pi \times ۲۵(۲۵+۱۰/۹۸) \times ۱۰^{-۶} = ۲/۵۸ \ [Kg/m]$$

$$W_T = W_i + W_c = ۰/۲۵۵ + ۲/۵۸ = ۲/۸۳۵ \ [Kg/m]$$ وزن کل

بنابراین وزن واحد طول معادل مینک، با یخ به قطر ۲۵ میلی‌متر و بدون باد، برابر با ۲/۸۳۵ کیلوگرم بر متر، یعنی بیشتر از ۱۱ برابر وزن خود سیم خواهد بود.

۹ـ۴ـ۲ ـ محاسبهٔ نیروی باد روی سیم

باد، با شرایط مختلف، دارای سرعت‌های متفاوت است که در اثر وزش نیز، به‌طور افقی فشاری بر سطح بادخور سیم وارد می‌آورد که مقدار آن عبارت است از:

$$W_w = P_w \times A \qquad [Kgf/m]$$

(سطح مؤثر بادخور سیم) × (فشار باد) = نیروی باد

P_w = فشار باد $[Kgf/m^2]$

A = سطح مؤثر بادخور سیم در طول یک متر که عبارتست از حاصل‌ضرب قطر سیم در یک متر یعنی:

$$A = d \times 10^{-3} \times 1 \quad [m^2]$$

نیروی باد عبارتست از:

$$W_w = P_w \times d \times 10^{-3} \quad [Kg/m]$$

*** مثال (۳ـ۹):**

وزن یک متر از هادی MINK بدون یخ را در منطقه‌ای که سرعت باد ۴۰ متر بر ثانیه و جهت وزش باد افقی باشد محاسبه کنید (می‌دانیم قطر سیم مینک d=10.98mm).

حل:

از رابطهٔ فشار باد وارد بر سیم و سرعت باد داریم:

فشار باد: $P_w = \frac{V^2}{16} = \frac{40^2}{16} \Rightarrow P_w = 100 \ [Kg/m^2]$

$$W_w = P_w \times d \times 10^{-3} = 100 \times 10/98 \times 10^{-3} = 10/098 \quad Kgf/m$$

$$W_c = 0/225 \ Kg/m$$

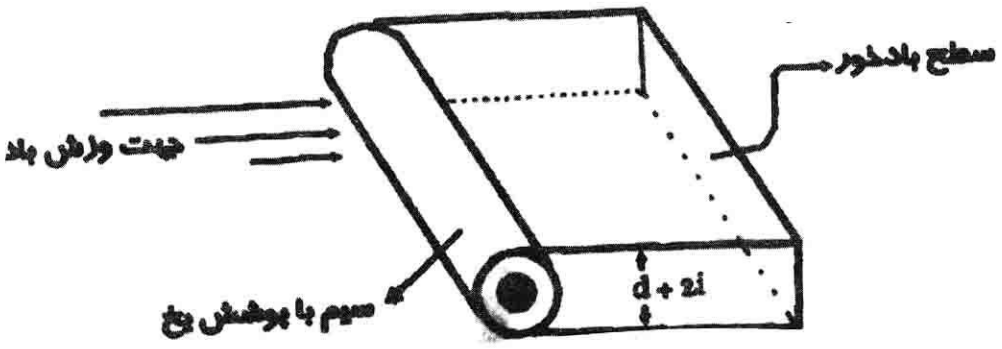
با توجه به این‌که نیروی باد، عمود بر امتداد خط و عمود بر نیروی وزن هادی است، پس برآیند آن دو نیرو به صورت زیر خواهد بود:

$$W_T = \sqrt{W_w^2 + W_c^2} \Rightarrow W_t = \sqrt{1/098^2 + 0/255^2} = 1/127 \ Kg/m$$

۹ـ۴ـ۳ ـ محاسبهٔ نیروی وارده بر سیم، در حالت وجود یخ و باد با هم

در صورتی‌که مطابق شکل (۱۳ـ۹)، وزش باد همزمان با وجود یخ باشد، نیروی افقیِ وارده بر سیم، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

نیروی باد: $W_w = P_w \times (d \times 2i) \times 10^{-3} \quad [Kg/m]$



شکل (۱۳ـ۹) : سطح مقطع سیم با یخ و فشار باد

باید توجه داشت که فشار باد در هر نقطه، به ارتفاع هادی از سطح زمین بستگی دارد و بسته به بلندی و فاصله پایه یا دکل‌ها، میزان آن متفاوت خواهد بود. همچنین، از آن‌جایی که نیروی باد، در تمام

طول اسپن یکسان نمی‌باشد، در استانداردهای مختلف، با توجه به طول اسپن برای نیروی باد، ضریبی در نظر می‌گیرند، که با نیروی باد به دست آمده از رابطه بالا ضرب شده و باعث کم شدن مقدار آن می‌شود. طبق استاندارد سوئد، برای ایران (SSPB) ضریب کاهش R طبق رابطه زیر تعریف شده است.

الف) اسپن‌های کمتر از ۱۰۰ متر $S < 100\ m$ $R = 1$

ب) اسپن‌های بین ۱۰۰ الی ۳۰۰ متر $100\ m < S < 300\ m$ $R = \frac{600 - 5}{500}$

ج) اسپن‌های بلندتر از ۳۰۰ متر $S > 300\ m$ $R = 0.6$

با توجه به این‌که، در خطوط توزیع ۲۰ کیلوولت، اسپن‌ها به‌طور معمول، کمتر از ۱۰۰ متر هستند، پس ضریب کاهش همیشه برابر ۱ است.

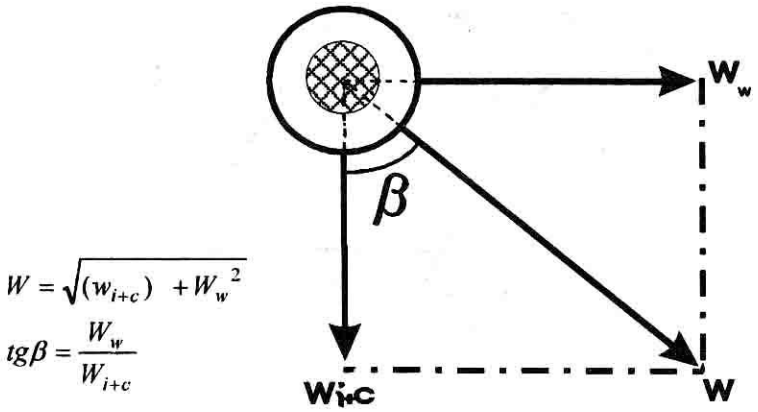
۹ـ۴ـ۴ ـ برآیند نیروهای وارد بر سیم $[W_T]$ یا بار منتجّه [W]

در حالت کلی، اگر بخواهیم نیروهای ناشی از وزن هادی، یخ و باد را به‌دست آوریم، مطابق شکل (۹-۱۴)، از جمع‌برداری نیروها خواهیم داشت:

فرض: $W_c + W_i = W_{i+c}$ $\qquad W_T = \sqrt{(W_c + W_i)^2 + W_w^2}$

$$\boxed{W_T = \sqrt{W_{i+c}^2 + W_w^2}}$$

W_T = همان «بار منتجّه»[1] واحد طول سیم نیز می‌گویند. $\qquad \tan\beta = \frac{W_W}{W_{i+c}}$



شکل (۹-۱۴) : برآیند نیروهای وارد بر سیم

1- R. L. = Resultant Load

در بعضی از کتاب‌ها و مراجع، نسبت W_T به W_c یعنی نسبت وزن برآیند واحد طول سیم به وزن واحد طول سیم را ضریب اضافه‌بار می‌گویند و با حرف M نشان می‌دهند:

$$M = \frac{W_T}{W_c}$$

*** مثال (۹ـ۴):**

وزن یک متر هادی MINK با پوشش یخ به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و فشار باد ۲۰Kg/m² را به‌دست آورید:

$W_c = ۰/۲۲۵ \text{ Kg/m} \quad , d = ۱۰/۹۸\text{mm}$

$W_i = ۹۱۳\pi \times i(i \times d)۱۰^{-۶} = ۹۱۳ \times ۳/۱۴ \times ۱۵(۱۵ + ۱۰/۹۸) \times ۱۰^{-۶}$

$W_i = ۱/۱۱۷ \text{ Kg/m}$

$W_w = P_w \times d \times ۱۰^{-۳} = ۲۰ \times (۱۰/۹۸ \times ۳۰) \times ۱۰^{-۳} \Rightarrow W_w = ۰/۸۲ \text{ Kg/m}^۲$

$$W_T = \sqrt{(W_c + W_i)^۲ + W_w^۲} = \sqrt{(۰/۲۵۵ + ۱/۱۱۷)^۲ + ۰/۸۲^۲} = ۱/۵۹۸ \text{ Kg/m}^۲$$

۵ـ۹ـ فرض‌های اولیهٔ محاسبات مکانیکی

به‌منظور شروع محاسبات در هر طرح خطوط هوایی، برای انواع کشش و فلش در شرایط مختلف بارگذاری از دو رابطهٔ اساسی در طراحی مکانیکی، یعنی «***معادله فلش***» و «***معادله تغییر وضعیت کشش سیم***» به شرح زیر استفاده می‌شود، که در بخش‌های بعدی، به‌طور کامل توضیح داده می‌شوند:

الف) معادله فلش:

$$f = \frac{WS^2}{8H} = \frac{S^2}{8a} \quad , (a = \frac{H}{W})$$

ب) معادله تغییر وضعیت کشش سیم

$$H^{`3} + [\frac{AES^2 W^2}{24H^2} + \alpha AE(t - t') - H] \times H^{`2} \frac{AES^2 W'^2}{24} = 0$$

در حل کلیه این معادلات، باید دو فرض اولیه از قبل معلوم باشد، چون معلوم بودن آن‌ها جزء اساس کار و بسیار حساس خواهند بود. به طور معمول، انواع سلیقه‌های طراحی و امکان ارایهٔ انواع طرح‌ها، از این دو فرض اولیه حاصل خواهند شد، که عبارتند از:

۱ ـ تعیین اسپن معادل طراحی — $S_R - (\text{Ruling Span})$

۲ ـ تعیین حالت اولیه برای مقدار کشش مجاز — $H -$

ـ تعیین اسپن معادل طراحی برای یک سکشن

همانگونه که از استانداردِ دو جلدی حاکم بر شبکه‌های توزیع نیروی برق، و همچنین از تجارب عملی مشاهده می‌شود، به طور معمول اسپن‌های معادل یا متوسط برای طراحی، با توجه بـه ارتـفاع متداول پایه‌ها(به‌صورت ۱۲ متری برای شبکه فشار متوسط و ۹ متری برای شبکه فشار ضعیف) و نیز باتوجه به سطح مقطع سیم به‌کار رفته، و میزان احتمال بروز شرایط سخت (قطر یخ) برای روزهایی از سال در هر منطقه، تعیین می‌شود.

قبل از تصمیم‌گیری نهایی، مقدار اسپن در این حالت، به طور معمول برای کنترل از محاسبه مقادیر دیگر اسپن‌ها به شرح زیر استفاده می‌شود:

۱ ـ کنترل اسپن بحرانی ،

۲ ـ حداکثر اسپن الکتریکی (فاصله سیم‌ها از یکدیگر برای عدم برخورد آن‌ها در وسط اسپن) ،

۳ ـ حداکثر اسپن از نظر فاصله مجاز سیم از زمین ، و

۴ ـ حداکثر اسپن از نظر رعایت درصد حد نیروی گسیختگی سیم.

محاسبهٔ اسپن بحرانی، به ما کمک می‌کند تا شرایط غالب از نظر سخت‌ترین رژیم آب و هوایی معلوم شود. به طور معمول در خطوط هوایی شبکه‌های توزیع، به دلیل طول اسپن‌ها، شرایط بحرانی، برای یخ سنگین (HEAVY ICE) خواهد بود. یعنی در مناطق سردسیرکشور، مثل آذربایجان، کردستان و... شرایط بحرانی در زمستان می‌باشد. همچنین شرایط بحرانی طوفان، در مناطق دارای سرعت و فشار باد زیاد، می‌تواند تعیین‌کنندهٔ اسپن بحرانی باشد. از طرف دیگر، رعایت حداکثر اسپن الکتریکی، از نظر رعایت فواصل مجاز سیم‌ها از نظر عدم احتمال برخورد هادی‌ها به همدیگر در وسـط اسـپن، و نـیز انتخاب کراس‌آرم مناسب با استفاده از رابطه تجربی PC مهم است. همچنین در مناطق مسطح، از نظر رعایت فاصله سیم از سطح زمین با در نظرگرفتن دامنهٔ فلش مجاز، و در مناطق غیر هم‌سطح با امکان افزایش فلش و کنترل حداکثر اسپن، رعایت حداکثر کشش مجاز سیم، مد نظر خواهد بود.

در شبکه‌های فشار متوسط توزیع، متداول است که برای خط ۲۰ کیلوولت هوایی، با توجه به سطح مقطع هادی و نیز سوابق یخبندان منطقه، یک اسپن معادل طراحی (رولینگ اسپن) بـه عـنوان فاصلهٔ پایه‌ها (در زمین‌های مسطح)، برای شروع محاسبات تعیین می‌شود. بدیهی است که با توجه به ضرورت اجتناب‌ناپذیر رعایت فاصله مجاز سیم از زمین (در حداکثر فلش سیم) و با در نظرگرفتن کلیهٔ جنبه‌های اقتصادی، برای جلوگیری از افزایش بی‌مورد ارتفاع پایه‌ها، کـلیه جـوانب آن در ایـن فـرض دخالت خواهند نمود. بدیهی است پس از استخراج نتایج و در اختیار داشتن جدول‌های کشش و فلش ، این فرض اولیه اسپن به مقدار واقعی در هر سکشن محاسبه و جدول‌های سیم‌کشی تبدیل می‌شود.

به طور معمول، اسپن متوسط یا معادل طراحی، در شبکه‌های تـوزیع بـا هـادی‌های از مـقطع

$۱۲۰mm^۲$ به بالا، بین ۶۰ تا ۸۰ متر و برای هادی‌های با سطح مقطع کمتر، بین ۷۰ تا ۹۰ متر، با ارتفاع پایه‌های ۱۲ متری در نظر گرفته می‌شود.

*** مثال (۹ـ۵):**

خط انتقال ۲۰ کیلوولت تکمداره با آرایش افقی TC با کراس‌آرم ۲/۴ متری با هادی‌های به سطح مقطع $۳\times۱۲۶mm^۲$ به‌نام هادی‌های "Hyena" دارای مشخصات زیر باشد.

اسپن معادل طراحی:	$S_R = 120$	m	قطر سیم:	d=14.57	mm
وزن واحد طول سیم:	$W_C = 0.450$	Kg/m	سطح مقطع سیم:	A=126.2	$mm^۲$
حدنیروی گسیختگی سیم:	U.T.S = 4171	Kgf	ضریب انبساط:	$\alpha=19\times10^{-6}$	1/°C

و شرایط زمستان با یخ سنگین در منطقه به شرح زیر اعلام شده است:

$t = -5°C$, ICE = 20mm , Wind = 0

و شرایط طوفان منطقه به‌صورت:

$t' = 15°C$, ICE = 0 , $Wind = 71\ Kg/m^2$

مطلوبست کنترل اسپن بحرانی، حداکثر اسپن ممکن از نظر الکتریکی و کشش مجاز سیم؟

حل:

۱ ـ برای محاسبه اسپن بحرانی داریم:

$$\begin{cases} \text{یخ سنگین}: W_i = ۹۱۳\times\pi\times۲۰(۲۰ + ۱۴/۵۰)\times۱۰^{-۶} = ۱/۹۸۲۱ \\ \text{طوفان}: W_w = ۷۱ \times ۱۴/۵۷ \times ۱۰^{-۳} = ۱/۰۳۴۴ \end{cases}$$

ضریب اضافه بار

$$\begin{cases} M = \dfrac{\sqrt{(W_c + W_i)^۲ + W_w^۲}}{W_c} = \dfrac{\sqrt{(۲/۴۳۲۱)^۲}}{۰/۴۵} = ۵/۴۰ \\ M' = \dfrac{\sqrt{(W_c + W_i)^۲ + W_w^۲}}{W_c} = \dfrac{\sqrt{۰/۴۵^۲ + ۱/۰۳۴۴^۲}}{۰/۴۵} = ۵/۴۰ \end{cases}$$

کشش مجاز با ضریب اطمینان ۲/۵ در شرایط بحرانی عبارتست از: (U.T.S = ۴۱۷۱ Kgf)

$$H_c = \frac{۴۱۷۱}{۲/۵} = ۱۶۶۸/۴ \quad Kgf$$

از رابطه اسپن بحرانی داریم:

$$S_c = \sqrt{۲۴\alpha} \times (\frac{H_c}{W_c}) \times \sqrt{\frac{t - t`}{M`^2 - M^2}}$$

$$S_c = \sqrt{۲۴\alpha} \times (\frac{۱۶۶۸/۴}{۰/۴۵}) \times \sqrt{\frac{۱۵-(-۵)}{(۵/۴)^2 - (۲/۵۰۶)}}$$

$$S_c = ۰/۰۲۱۳۵ \times ۳۷۰۷/۷۸ \times ۰/۹۳۴۹۴ \Rightarrow \boxed{S_c = ۷۴m}$$

همانطورکه معلوم است، زمستان با یخ سنگین، سخت‌ترین شرایط است.

۲ ـ کنترل اسپن از نظر الکتریکی، با استفاده از رابطه PC یعنی فاصله فازها از یکدیگر محاسبه می‌شود که در فصل ششم، کنسول و کراس‌آرم‌ها توضیح داده شده بود. بنابراین داریم:

$$PC = Ke \sqrt{f_{max} + L_i} + \frac{U}{150}$$

پس خواهیم داشت:

$$f_{max} = \frac{1}{Ke^2} (PC - \frac{U}{150})^2 - L_i$$

هرگاه آرایش به صورت کراس‌آرم ۲/۴ متری (افقی) و مقره‌ها از نوع سوزنی باشد :

$$f_{max} = \frac{1}{(0.62)^2} (1/1 - \frac{20}{150})^2 - 0 \Rightarrow \boxed{f_{max} = 2.43}$$

ماکزیمم فلش سیم برای گرم‌ترین روز سال :

(ضریب فضای اطمینان + کلیرانس + طول زنجیره مقره + عمق دفن پایه + محل بستن کراس‌آرم) ـ (ارتفاع پایه) = حداکثر فلش سیم

ماکزیمم فلش سیم برای گرم‌ترین روز سال :

$$f_{max} = H - (۰/۶ + ۱/۸ + ۰/۵ + ۶/۳ + ۰/۵)$$

$$f_{max} = 12 - (9.6) \Rightarrow f_{max} = 2.4 \text{ m}$$

۴ ـ کنترل کشش سیم برای اسپن فرض شده ۱۲۰ متری :

$$H = \frac{0.45 \times (120)^2}{8 \times (2.4)} \Rightarrow \boxed{H = 337.5 \text{ Kgf}}$$

درصد کشش در روز سیم‌کشی :

$$\%U.T.S = \frac{H}{U.T.S} \times 100 = \frac{337.5}{4171} \times 100 = 8$$

۹ـ۶ـ فلش

در طراحی خطوط انتقال و توزیع هوایی، نقش فلش بسیار مهم است. زیرا فلش، بهترین وسیلهٔ عملی برای شناخت کشش سیم‌ها است. همان‌طوری که در قسمت معادله منحنی سیم بیان شد، منحنیِ ایجاد شده توسط سیم هادی، به صورت شنت [1] بوده که از اولین جمله آن یکی از مهم‌ترین روابط حاکم بر طراحی مکانیکی خطوط هوایی استخراج می‌شود که عبارت است از :

$$f = \frac{W\,S^2}{8H} = \frac{S^2}{8a}$$

در این رابطه:

f = فلش (یا شکم) سیم برحسب [m]

W = وزن واحد طول سیم بر حسب [Kg/m]

S = فاصله پایه‌ها (اسپن) بر حسب [m]

H = کشش سیم بر حسب [Kgf]

a = پارامتر خط به نسبت $\frac{H}{W}$ هادی بر حسب [m]

این رابطه بیان می‌کند که فلش سیم، با وزن واحد طول سیم و مربع طول اسپن نسبت مستقیم و با کشش سیم (H) نسبت معکوس دارد. در اجرای خطوط هوایی (فشار متوسط و فشار ضعیف)، رابطهٔ بین کشش و فلش، در شرایطی که سطح زمین هموار باشد، از رابطهٔ بالا محاسبه می‌شود. بر همین اساس، هرچه کشش سیم بیشتر شود، فلش سیم کم شده و هرچه کشش کم باشد، شل‌شدگی و شکم سیم بیشتر خواهد بود. از طرفی، کشش که محدود به میزان حداکثر کشش مجاز سیم است (برحسب درصد) حد نیروی گسیختگی (U.T.S%)، برای بدترین شرایط آب و هوایی، با ضریب اطمینان مورد نظر خود می‌باشد. از طرف دیگر، کم کردن کشش، و در نتیجه زیاد شدن فلش، باعث ایجاد احتمال نزدیکی فاصله هادی از سطح زمین درگرم‌ترین روز سال، و یا احتمال برخورد بیشتر هادی‌ها در وسط اسپن خط خواهد شد. بنابراین با تغییر دادن سه عامل، فاصله بین پایه‌ها (اسپن)، کشش سیم و فلش آن و کنترل آن‌ها درکلیهٔ رژیم‌ها (CASE) بهترین طرح در هر سکشن خواهد بود.

مثال (۶ـ ۹):

وزن واحد طول سیم پارتریج "Partridge" عبارتست از W_c=0.547Kg/m و فلش ماکزیمم برای پایه‌های ۱۲ متری به میزان محاسبه شده f_{max}=2.45m می‌باشد. مطلوبست محاسبه کشش در این

1- Catenary ; $f = \frac{H}{W}(\text{Cash}\,\frac{SW}{2H} - 1) = \frac{H}{W}\left[(\frac{WS}{2H})^2\,\frac{1}{2!} + (\frac{(WS)^4}{2H}\,\frac{1}{4!} + \ldots)\right] \approx \frac{W^2S}{8H} + \ldots$

حالت و درصد حد نیروی گسیختگی سیم مورد نظر.

حل:

$$H = \frac{W\,S^2}{8f} = \frac{0/547 \times (70)^2}{8 \times 2/45} = 136/75\ \text{Kgf}$$

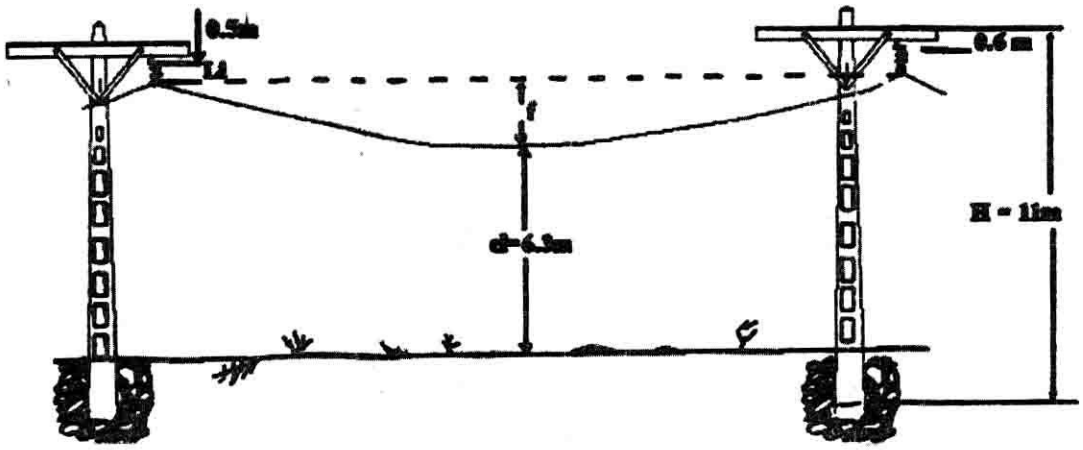
از طرفی، بیشترین استقامت کششی سیم پارتریج به میزان U.T.S=5120 Kgf اعلام شده است؛ با در نظرگرفتن ضریب اطمینان سیم ۲/۵، حداکثر کشش مجاز سیم در بدترین شرایط به میزان H_c=۲۰۴۸ کیلوگرم نیرو خواهد بود.

$$\%U.T.S = \frac{136/75}{5120} \times 100 \Rightarrow \%U.T.S = 2/67$$

*** مثال (۷ـ۹):**

فرض کنید شرایط طراحی پروژه‌ای به شرح زیر باشد. در صورتی که سطح زمین صاف است مطلوبست محاسبه ماکزیمم فلش (شکم) سیم برای رعایت فاصله مجاز:

فاصله متوسط بین پایه‌ها (اسپن)	S = 80 m
فاصله مجاز سیم از زمین (کلیرانس)	CL=6.3 m
ارتفاع پایه	H = 11 m
محل اتصال نبشی به بالای تیر	H_1 = 0.6 m
قسمتی از تیر که در زمین قرار می‌گیرد	H_a = 1.6 m
طول زنجیره مقره	L_i = 0.5 m



شکل (۱۵ـ۹): محاسبه ماکزیمم فلش

ارتفاع پایه = حداکثر فلش سیم − [(فضای اطمینان + کلیرانس مقره + طول زنجیره + عمق دفن شده تیر + فاصله اتصال کراس‌آرم از سر تیر)]

$$\text{فلش سیم} = f_{max} = H - \left[H_1 + H_a + L_i + C_L + S_F\right]$$

$$f_{max} = 11 - \left[0.6 + 1.6 + 0.5 + 6.3 + 0.5\right] \Rightarrow \boxed{f_{max} = 1.5\ m}$$

بنابراین، در پایه‌های ۱۱ متری و در حالتی که سطح زمین صاف است، شکم سیم نمی‌تواند از ۱/۵m بیشتر باشد، در غیر این‌صورت، سیم به زمین نزدیک شده و فاصلهٔ مجاز سیم از زمین رعایت نخواهد گردید. البته در شرایطی که عوارض زمین اجازه بدهد و یا ارتفاع پایه بیشتر شود، فلش سیم می‌تواند بیشتر شده و کشش آن کاهش یابد.

*** مثال (۸ـ۹):**

هرگاه سیم (هادی) خط از نوع FOX به سطح مقطع $35mm^2$ بوده و فاصلهٔ بین پایه (اسپن) ۸۰ متر باشد، مطلوبست محاسبه کشش سیم در حالتی که ماکزیمم فلش سیم ۲/۴ متر باشد.

$$H = \frac{W \cdot S^2}{8 \cdot f}$$

$S = 80\ m$

$f = 2.4\ m$ فلش مجاز (f) برحسب متر:

$W = 0.14\ [Kg/m]$ وزن واحد طول سیم FOX بر حسب کیلوگرم بر متر:

$H = 46.7\ Kg$ کشش سیم:

با توجه به این که بیشترین فلش سیم در تابستان در بالاترین درجه حرارت اتفاق می‌افتد، بنابراین کشش به‌عنوان حالت اولیه برای حالت ماکزیمم درجه حرارت در نظر گرفته و کشش سیم برای سایر حالات قابل محاسبه خواهد بود. حداکثر فلش، علاوه بر محدودیت کلیرانس یعنی کم شدن فاصله سیم از سطح زمین دارای دو محدودیت دیگر به شرح زیر خواهد بود:

الف) فلش ماکزیمم از نظر فاصله مجاز الکتریکی هادی‌ها به جهت جلوگیری از احتمال برخورد سیم ها در وسط اسپن که طبق رابطه معرفی شده PC نباید بیشتر از میزان محاسبه شده برای کراس‌آرم طراحی شده، گردد.

$$PC = Ke\sqrt{f_{max} + L_i} + \frac{U_n}{150}$$

$$fmax = \frac{1}{Ke^2}\left(PC - \frac{U_n}{150}\right)^2 - L_i$$

ب) ماکزیمم فلش، به جهت محدود کردن بیشترین کشش مجاز سیم یا همان ماکزیمم تنش که در عبور از دره‌ها با امکان افزایش فاصله بین پایه‌ها و یا ارتفاع بلندتر آن‌ها (براساس جدول (۹ـ۴) ارایه شده

در دفترچه راهنمای زیمنس برای شبکه‌های هوایی توزیع)، که در زیر آمده نباید از حداکثر فلش نسبت به سطح مقطع سیم آلومینیوم به فولاد و طول اسپن تجاوز نماید.

جدول (۴ـ ۹): ماکزیمم فلش برحسب سانتی‌متر برای هادی آلومینیوم فولاد

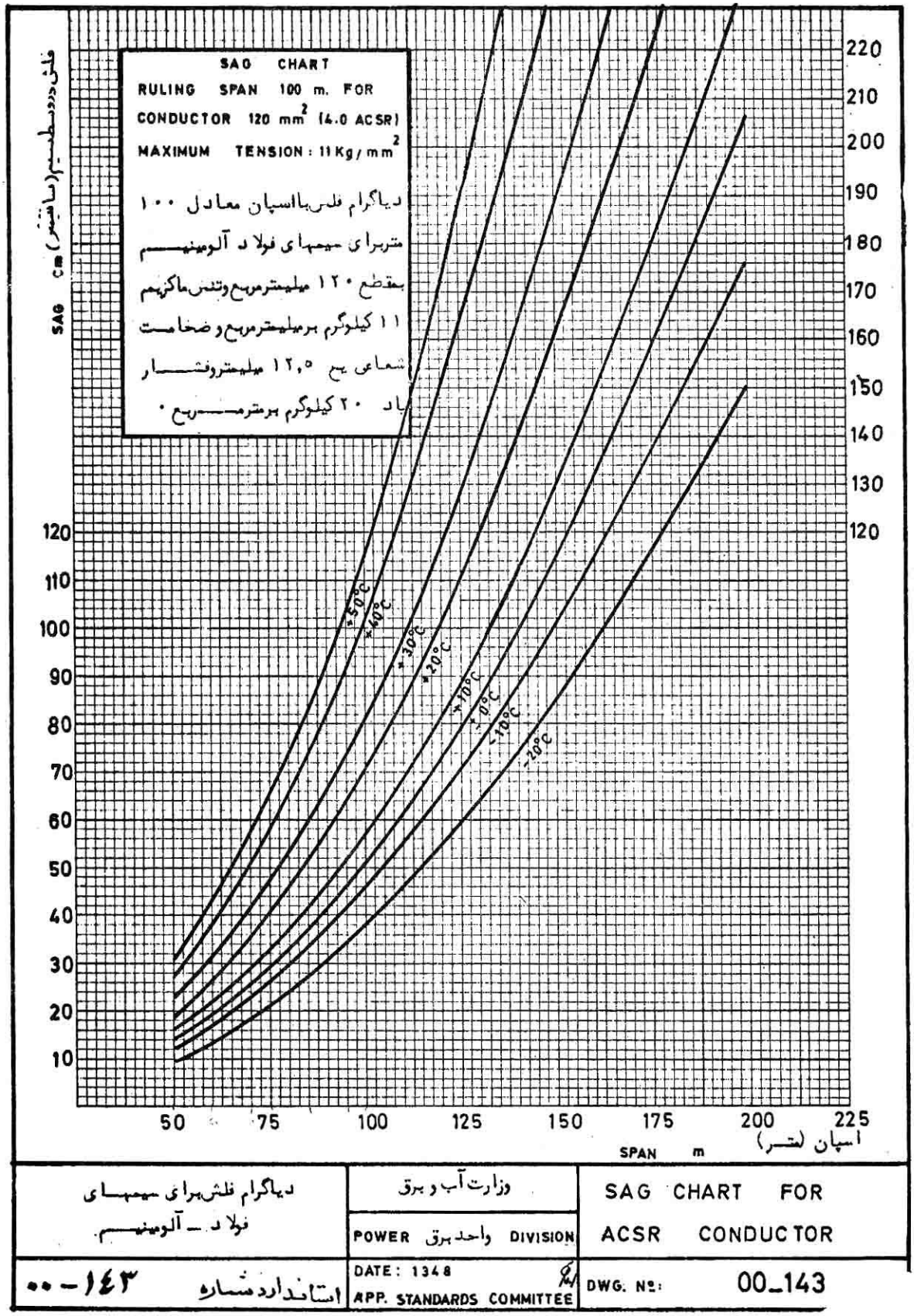
(با نسبت Al/st 6:1) و حداکثر تنش ۸ کیلوگرم نیرو بر میلی‌متر مربع

Maximum sag in cm for At−St conductors (Al/St 6:1). Maximum tensile Stess 8kg/mm

Span Length	Cross Section Nominal value in mm^2											
m	16/2.5	25/4	35/6	50/8	70/12	95/15	120/20	150/25	185/30	210/35	240/40	300/50
10	7.7	7.7	7.7	7.7	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
20	18	17.5	17.5	17.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
30	38	30	29	29	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5
40	67.5	51	43	43	44	44	44	44	44	44	44	44
50	105	79	64	57	59	59	59	59	59	59	59	59
60	152	114	92	79	74	74	74	74	74	74	74	74
70	206	155	125	107	97	91	91	91	91	91	91	91
80	269	202	164	139	124	113	108	108	108	108	108	108
90	341	256	207	174	154	140	129	126	126	126	126	126
100	421	316	255	214	188	169	156	148	146	146	146	146
110	510	383	309	258	227	202	183	175	167	167	167	167
120	606	456	367	306	268	237	215	205	195	191	188	188
130		535	430	358	312	275	250	236	225	219	214	210
140		620	498	414	359	316	285	271	257	249	244	235
150		712	572	475	412	361	326	306	290	281	275	265
160					465	409	365	344	325	315	308	296
170					523	459	409	385	363	351	342	328
180					586	542	455	428	403	389	379	363
190					651	569	504	473	445	429	418	399
200					720	628	556	521	489	472	459	437
210					792	690	611	571	536	517	502	477
220					868	756	668	624	585	563	547	519
230					949	824	727	678	635	613	593	563
240					1032	896	790	735	687	662	644	608
250					1118	969	854	796	742	744	692	656
260							924	858	800	769	744	704
270							994	921	859	825	799	755
280							1063	989	920	884	855	806
290							1138	1058	983	945	943	861
300							1215	1130	1049	1007	971	918
310											1036	976
320											1100	1035
330											1167	1098
340											1236	1164
350											1306	1226

لازم به توضیح است که دیاگرام فلش[1] با میزان مشخص شدهٔ فلش، در دمای روز سیم‌کشی و طول اسپن، یکی از مناسب‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری در مورد انتخاب محدودهٔ مناسب فلش است که ملاک عمل نیز قرار می‌گیرد. نمونه‌ای از دیاگرام‌های فلش برای سیم آلومینیوم فولاد به مقطع ۱۲۰ میلی‌متر در صفحه بعد نمایش داده شده شکل (۹-۱۶)، که براساس استانداردهای دوجلدی وزارت نیرو (سال ۱۳۴۸) برای سیم‌های آلومینیوم فولاد تعیین گردیده است. این دیاگرام‌ها، علاوه بر کاربرد اختصاصی آن‌ها برای زمان سیم‌کشی و جهت اجرای خط، ملاک عمل خوبی برای محدود کردن بازه فلش سیم است در مواقعی که تنش سیم معلوم باشد. بدیهی است با ملاحظه این دیاگرام، می‌توان حداکثر میزان فلش را حتی درکم‌ترین دما، با مقادیر استخراج شده از جداول مقایسه نمود.

1- SAG CHART



شکل (۱۶ـ۹): دیاگرام فلش سیم آلومینیوم فولاد ۱۲۰ میلی‌مترمربع

۹ـ۷ـ معادله تغییر وضعیت

در طراحی خطوط، باید تغییرات ناشی از تغییر دما در بارگذاری‌های مختلف مد نظر قرار بگیرد و در تمامی شرایط جویِ منطقهٔ موردنظر، کشش و فلش سیم محاسبه شوند. برای این منظور، از معادلهٔ تغییر وضعیت که برحسب کشش (یا تنش) به دست آمده و یک «معادله درجه سوم» است، استفاده می‌شود. در این معادله، با معلوم بودن مشخصات و نوع سیم و طول اسپن معادل طراحی (Ruling Span) و داشتن شرایط در یک وضعیت آب و هوایی اولیه (H, t, w) ، شرایط یک وضعیت جدید (یا ثانویه)، که مقادیر t́ و Ẃ آن از شرایط بارگذاری انتخاب شده است، برای محاسبهٔ کشش وضعیت جدید (H́) به‌کار برده می‌شود.

در طراحی مکانیکی خطوط هوایی توزیع، در هیچ شرایط جوی نباید کشش سیم از «حد مجاز» بیشتر شود. بنابراین، کشش در موقع نصب و سیم‌کشی (E.D.S) باید مشخص گردد و مقداری برای آن انتخاب شود که در پنج رژیم دیگر بارگذاری، از جمله بدترین شرایط، نیز مقادیر کشش و فلش سیم از مقادیر مجاز، تجاوز ننمایند. کشش سیم، برای انواع رژیم‌های آب و هوایی در درجه حرارت‌های مختلف محاسبه و کنترل می‌شود، و در آخر برای محدودهٔ معین شده، شرایط زمان سیم‌کشی، ارایه می‌گردد. به‌طور معمول، این محاسبات با توجه به غیرخطی بودن معادلهٔ تغییر وضعیت، با استفاده از کامپیوتر انجام شده و نتایج به صورت «***جدول کشش و فلش سیم (هادی) در شرایط بارگذاری***» ارایه می‌شود.

با در نظر گرفتن تغییرات طول سیم که ناشی از تغییر دما و تغییر کشش می‌باشد، معادلهٔ تغییر وضعیت به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$H'^3 + \left[\frac{AES^2\,W^2}{24\,H^2} + \alpha\,AE(t - \acute{t}) - H\right] H'^2 - \frac{AES^2\,W'^2}{24} = 0$$

در این رابطه:

H ,́ H = کشش در حالت‌های اولیه و ثانویه بر حسب [Kgf] ،

t́, t = درجه حرارت در شرایط اولیه و ثانویه بر حسب [°C] ،

W ,́ W = وزن واحد طول سیم در شرایط اولیه و ثانویه بر حسب [Kg/m] ،

S = طول اسپن (معادل طراحی) بر حسب [m] ،

A = سطح مقطع هادی برحسب [mm^2] ،

E = مدول الاستیسیته برحسب [Kg/mm^2]، و

α = ضریب انبساط خطی سیم برحسب $\left[\frac{1}{°C}\right]$.

در بعضی از منابع و کتاب‌های طراحی خطوط هوایی، معادلهٔ تغییر وضعیت بالا برحسب «تنش»

To_1 و To_2 و ضریب اضافه‌بار m_1 و m_2 در رژیم‌های مد نظر بیان گردیده است. در این حالت، تنش‌های مفروض در حالت‌های اولیه، به تنش حالت ثانویه، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:[۱]

$$To_2^3 + To_2^2 \left[\frac{E\,S^2 m_1^2}{24 To_1^2} + \alpha\, E(\theta 2 - \theta 1) - To_1\right] - \frac{E\,S^2 m_2^2\,P^2}{24} = 0$$

در این رابطه:

To_2, To_1 = تنش در حالت‌های اولیه و ثانویه برحسب [Kgf/mm^2]،

θ_2, θ_1 = درجه حرارت در شرایط اولیه و ثانویه بر حسب [°C]،

m_2, m_1 = نسبت وزن ظاهری، در شرایط اولیه و ثانویه به وزن حقیقی سیم، یا همان ضریب اضافه‌بار اولیه و ثانویه،

S = اسپن یا فاصله بین پایه‌ها (با علامت D نیز نشان می‌دهند.) برحسب [m]،

E = مدول الاستیسیته (یانگ) برحسب [Kgr/m^2]،

α = ضریب انبساط خطی سیم برحسب [1/°C]، و

P = وزن حقیقی سیم برحسب [Kg/m].

*** مثال (۹ـ۹):**

مطلوبست محاسبات نیروهای وارد بر سیم آلومینیومی فولاد به مقطع $35mm^2$ در اسپن 70 متری با مشخصات هادی به شرح زیر:

نام هادی :	فاکس FOX	وزن هادی:	Wc = 0.149 Kg/m
سطح مقطع اسمی :	$a = 35\ mm^2$	حد نیروی گسیختگی:	UTS = 1346 Kgf
سطح مقطع حقیقی:	$A = 42.77mm^2$	مدول الاستیسیته:	$E = 8100\ Kg/mm^2$
قطر سیم:	$d = 8.37\ mm^2$	ضریب انبساط خطی:	$= 19.1 \times 10^{-6}$ 1/°C

شرایط آب و هوایی منطقه «روستای حبش از توابع نظرکهریز هشترود»

۱ـ روش محاسبه معادله درجه سوم: به طور کلی از معادلهٔ تغییر وضعیت (محاسبه مکانیکی) خط هوایی، یک معادلهٔ درجه سه (غیرخطی) مشابه زیر نتیجه می‌شود که برای پنج حالت دیگر (رژیم)، توسط کامپیوتر حل می‌شود. الگوریتم حل معادله نهایی به‌صورت زیر است:

$$f_{(H)} = H^3 + aH^2 - b = 0$$

به طوری‌که a و b مقادیر ثابت هستند. یک روش به‌نام نیوتن ـ رافسون، از محاسبات عددی به این شرح، جواب‌های معادله را با دقت قابل قبول به‌دست می‌آورد: هرگاه با فرض اولیه h یک جواب معادله باشد داریم:

$$h_n = h_{n-1} - \frac{f(h_{n-1})}{f'(h_{n-1})} \quad \Rightarrow \quad \text{تا آنجایی‌که} \quad \frac{h_n - h_{n-1}}{h_{n-1}} < \in \text{دقت لازم}$$

حداکثر دما	$t_{Max} = 35°$	حداکثر فشار باد	$P_w = 30\ Kg/m^2$
حداقل دما	$t_{Min} = -5°$	حداکثر ضخامت یخ	$i_{ce} = 25\ mm$
دمای اولیه	$t_i = 15°$	اسپن	$S = 70\ m$
		وزن مخصوص یخ:	$\rho_{ice} = 913\ Kg/m^2$

حل: حالت اول : روز سیم‌کشی

ابتدا کشش را در شرایط اولیه (سیم بدون یخ می‌باشد)، برای روز سیم‌کشی E.D.S محاسبه می‌کنیم:

محدودهٔ کشش مجاز عبارتند از : $T_S = [۰/۱۵ \xrightarrow{\text{الی}} ۰/۲۰]\ (UTS)$

$T_S = ۰/۲ \times ۱۳۴۶ = ۲۶۹\ Kgf$

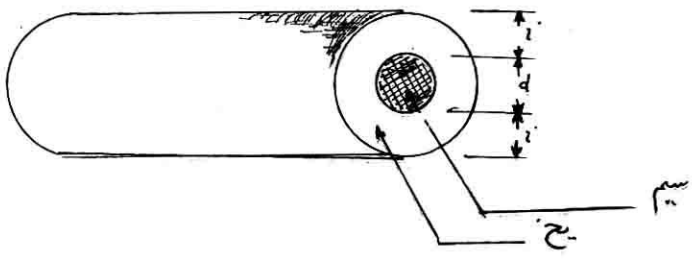
فلش برای روز سیم‌کشی $f_S = \frac{W S^2}{8 H} = \frac{۰/۱۴۹ \times ۷۰^۲}{۸ \times ۲۶۹} = ۰/۳۳\ m$

برای پایه‌های ۱۱ متری در زمین همسطح مشکل ایجاد نمی‌کند.

$f_{max} = ۱۱ - [۱/۸ + ۰/۶ + ۶/۳ + ۰/۵] = ۱/۸\ m$

حالت ثانویه: یخ سنگین

نیروی وزن یخ $W_{ice} = \rho_{icc}\ \pi i(i + d) \times ۱۰^{-۶}$



شکل (۱۷-۹): هادی با پوشش قطر یخ

نیروی وزن یخ در واحد طول سیم $W_{icc} = ۹۱۳ \times ۳/۱۴ \times ۲۵(۲۵ + ۸/۳۷ \times ۱۰^{-۶} = ۲/۳ \text{ Kg/m}$

$W_T = W_C + W_{ice} = ۰/۱۴۹ + ۲/۳ = ۲/۴۵ \text{ Kg/m}$

حالت سوم: باد شدید

نیروی باد روی سیم:

$$W_w = P_w (d + ۲i) \times ۱۰^{-۳}$$

محاسبهٔ نیروی باد روی سیم، با توجه به این‌که قطر یخ در طوفان برابر صفر است:

$$W_w = ۳۰ (۸/۳۷ + ۰) \times ۱۰^{-۳} = ۰/۲۵ \text{ Kg/m}$$

$$W_T = \sqrt{(۰/۱۴۹)^۲ + (۰/۲۵)^۲} = ۰/۲۹ \text{ Kg/m}$$

$$W_T = \sqrt{(W_c + W_{ice})^۲ + Ww^۲} = \sqrt{(۲/۳ + ۰/۱۴۹)^۲ + (۰/۲۵)^۲} = ۲/۲ \text{ Kg/m}$$

با توجه به معادله تغییر وضعیت، کشش در شرایط ثانویه را به‌دست می‌آوریم:

$$H'^۳ + H'^۲ \left[\frac{EAS^۲W_۱^۲}{۲۴ H^۲} + \alpha AE(t' - t) - H\right] - \frac{EAS^۲ W_۲^۲}{۲۴} = 0$$

$$H'^۳ + H'^۲ \left[\frac{۴۲/۸\times۸۱۰۰\times۷۰^۲\times۰/۱۴۹^۲}{۲۴\times(۲۶۹)^۲} + ۱۹/۱\times۱۰^{-۶}\times۴۲/۸\times۸۱۰۰(-۵-۱۵)-۲۶۹\right] -$$

$$\frac{۸۱۰۰\times۴۲/۸\times۷۰^۲\times۲/۲^۲}{۲۴} = 0$$

$$H'^۳ + H'^۲ \left[۲۱/۷ - ۱۳۲/۴ - ۲۶۹\right] - ۴۰۳۴۴۸۸۵۰ = ۰$$

$$۳۸۰ H'^۴ = H'^۳ - ۴۰۳۴۴۸۸۵۰ \qquad \boxed{H' = ۸۹۰ \quad \text{Kg}} \quad \text{ـ (۱)}$$

ضریب اطمینان با توجه به این‌که حداکثر کشش در بدترین شرایط (منطقه فوق سنگین) اتفاق می‌افتد، برابر است با:

$$n = ۰/۵۰ \times UTS = ۰/۵ (۱۳۴۶) = ۶۷۳ \text{ Kgf} \quad \text{ـ (۲)}$$

با مقایسه روابط (۱) و (۲) و نتایج به‌دست آمده، نیروی کشش، در زمستان با ضخامت ۲۵ میلی‌متر یخ در شرایط ثانویه غیرقابل قبول می‌باشد (از ۵۰٪ به‌مراتب بیشتر می‌باشد) :

$$n' = \frac{H' \times ۱۰۰}{UTS} = \frac{۱۸۹۰ \times ۱۰۰}{۱۳۴۶} = ٪۶۶$$

در بررسی‌های انجام شده روی نتایج معادلات تغییر وضعیت کششِ خطوط هوایی، شبکه‌های فشار متوسط، نتایج و نکات زیر قابل توجه است:

با توجه به این‌که طول اسپن نرمال خطوط ۲۰ کیلوولت به طور معمول کم‌تر از ۱۰۰ متر می‌باشند، بنابراین در بیشتر موارد، رژیم زمستان، با ضخامت قطر یخ بزرگ‌تر از ۱۲/۵ میلی‌متر، سخت‌ترین شرایط را در محاسبه و طراحی خط هوایی خواهد داشت. در رژیم زمستانِ مناطق سردسیر (سنگین و فوق‌سنگین)، که مسیر خط از آن عبور می‌نماید، به دلیل شدت سرما، برف و یخبندان، سیم هادی دارای پوشش یخ می‌باشد. در صورت وجود باد[1] به صورت کولاک (برف و بوران)، با در نظر گرفتن شرایط بارگذاری منطقهٔ مورد نظر، ملاک عمل برای کنترل حداکثر کشش مجاز، رژیم یخ سنگین خواهد بود. تجربه نشان داده است که ماکزیمم کشش بر شبکه و سیم‌ها، در بدترین شرایط جوی از ۴۰ درصد، حداکثر مقاومت کششی سیم (U.T.S%) نباید تجاوز کند. زیرا به‌طور معمول، پارگی سیم‌ها و شکستن و سقوط خطوط هوایی در این مناطق، بر اثر یخ‌زدگی و قطر یخ اتفاق می‌افتد و استفاده از سیستم مهار نیز در این‌گونه مواقع، برای جلوگیری از نیروهای غیرمتعارف در شکستن پایه‌ها، بسیار مناسب خواهند بود.

ضریب اطمینان سیم، برای بدترین شرایط جوی، معادل یا بیشتر از ۲/۵ = n می‌باشد. این ضریب اطمینان معادل ۴۰ درصد حد نیروی گسیختگی (U.T.S%) است؛ ولی در شرایط اضطراری به دلیل اقتصادی بودن خط، می‌توان ضریب اطمینان به میزان (n=۲) یا (U.T.S=50%) در نظر گرفت. در این‌گونه فرض‌ها، درصد نیروی گسیختگی در دیگر رژیم‌ها کم‌تر بوده، ضریب اطمینان خط بیشتر می‌باشد که به عنوان نمونه جدول (۵-۹) مقادیر فرض برای (U.T.S%) درصد حد گسیختگی هادی‌ها ارایه شده است. طراحی طوری صورت می‌گیرد که نیروی وارد شده به هادی‌ها، در شرایط مختلف بارگذاری، از مقادیر زیر که توسط استاندارد های مختلف توصیه شده، تجاوز ننماید.

جدول (۵- ۹): انتخاب محدودهٔ مجاز درصد نیروی گسیختگی هادی‌ها

ردیف	حالت	درصد حد گسیختگی		
		حداکثر	مناسب	حداقل
۱	کشش ماکزیمم هادی در بدترین شرایط	(U.T.S) 50%	40	30)
۲	حداکثر کشش در شرایط روز سیم‌کشی	(U.T.S) 20%	15	10)
۳	حداکثر کشش مجاز در حداقل دما(سردترین روزسال)	(U.T.S) 23%	20	17)
۴	حداکثر کشش در یخ و باد نرمال	U.T.S 35%	30	25)

۱ ـ در حالت برف و یخ، سرعت وزش باد کم‌تر از سرعت طوفان خواهد بود.

در صورتی‌که کشش هادی‌های خط بیش از حد مجاز باشد، ضریب اطمینان خط کاهش می‌یابد و عمر مکانیکیِ هادی کم می‌شود و از طرف دیگر، استفاده از هادی‌های با کشش کم نیز، از نظر اقتصادی و کلیرانس مجاز، مقرون به صرفه نخواهد بود.

هادی باید بتوانند نیروهای کششی و بارهای اضافی ناشی از عوامل جوّی را، در شرایط مختلف تحمل نمایند و کشش آن‌ها از محدودهٔ مجاز، که باعث تغییر شکل سیم و خارج شدن آن از حد الاستیک می‌شود، تجاوز ننماید. در صورتی‌که در طراحی خط هواییِ فشار متوسط، با مناطق خاص با احتمال افزایش بیش از حد نیروی کشش، مواجه شویم، با یک پیشنهاد دیگر، می‌توان هادی با مقاومت مکانیکی (حد نیروی گسیختگی) بالاتر (به‌دلیل زیاد بودن نسبت سطح مقطع فولاد) انتخاب کرده و استفاده نمود. در مناطق سردسیر، به‌علت تشکیل حجم قابل ملاحظهٔ یخ و برف روی هادی‌ها، از هادی آلومینیوم فولاد (A.C.S.R) با مقطع فولاد بیشتر استفاده می‌شود. به‌طور کلی در هادی‌های متعارف نسبت آلومینیوم به فولاد برابر (8:1) و در شرایط دشوار و صعب‌العبور (6:1) و در مناطق سردسیر، با حجم قابل ملاحظهٔ یخ نزدیک به (4:1) می‌باشد.

*** مثال (۱۰ـ۹):**

در یک اسپن ۷۵ متری، فلش اندازه‌گیری شده در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، برابر ۱ متر می‌باشد. کشش در حالت یخ با ضخامت ۱۵ mm و فشار باد ۲۵ Kg/m^2 و درجه حرارت ۵ـ را محاسبه نمایید. مشخصات هادی نوع MINK عبارت است از:

$Wc = ۰/۲۵۵ \ Kg/m$

$E = ۸۱۰۰ \quad [Kg/mm^2]$

$\alpha = ۱۹/۱ \times ۱۰^{-۶} \quad [1/^oC]$

$d = ۱۰۹۸ \ [mm]$

$U.T.S = ۲۲۲۳ \ [kg]$

$A = ۷/۶ \ [mm^2]$

وزن هادی ناشی از بارگذاری تحت شرایط بالا

$$W_i = ۹۱۳\pi \times ۱۵(۱۰/۹۸ + ۱۵) \times ۱۰^{-۶} = ۱/۱۱۸ \ Kg/m$$

$$W_w = P_w \ (d+۲i) \times ۱۰^{-۳} = ۲۵ \times ۴۰/۹۸ \times ۱۰^{-۳} = ۱/۰۲۴۵ \ Kg/m$$

$$W_T = \sqrt{(W_c + W_i)^2 + Ww^2} = \sqrt{(۰/۲۵۵+ ۱/۱۱۸)^2 + ۱/۰۴۵^2}$$

$$W_T = ۱/۷۱۳ \ [Kg/m]$$

$$f = w \times s^2 / ۸H \ \Rightarrow \ H = ۰/۱۵۵ \times ۷۵^2 / ۸ \times ۱ = ۱۷۹ \ Kg$$

$$H'^{3}+[۷۳/۶\times۸۱۰۰\times۷۵^{2}\times۰/۲۵۵^{2}/۲۴\times۱۷۹^{2}+۱۹/۱\times۱۰^{-۶}\times۷۳/۶\times۸۱۰۰(-۴۰-۲۰)-۱۷۹]\times$$

$$H'^{2} - ۷۳/۶\times۸۱۰۰\times۷۵^{2}\times۱/۷۱۳^{2} /۲۴$$

$$H'^{3} - ۵۷۸/۶۴H'^{2} - ۴۱۰۰۰۴۷۰۸/۵ = ۰$$

$$H' = ۹۹۳/۷۹ \text{ Kg}$$

ضریب اطمینان در این حالت برابر خواهد بود با :

$$n = U.T.S / H = ۲۲۲۳ / ۹۹۳,۷ = ۲,۲۴$$

فلش در حالت یخ سنگین $f = W.S^{2} / ۸\times H = ۱,۷۱۳\times۷۵^{2} / ۸\times۹۹۳,۷ = ۱/۲۱۲$

می‌بینید که فلش افزایش یافته است.پارامتر خط عبارتست از $a = ۱۷۹ / ۰,۲۵۵ = ۷۰۰ \text{ [m]}$

برای مناطق کوهستانی در ایامی از سال، به دلیل وزن یخ پوششی روی سیم، احتمال افزایش فلش سیم نسبت به شل‌شدگی سیم، در حداکثر درجه حرارت تابستان، وجود دارد. این مشکل در اسپن‌های بزرگ بیشتر نمایان می‌شود. بنابراین، فاصلهٔ مجاز سیم هادی از زمین، از میزان تعیین شدهٔ مجاز آن (۶/۷ متر) نباید کم‌تر شود. دوباره تأکید می‌شود که تعیین میزان ضخامت قطر یخ، برای شرایط بارگذاری، اهمیت فوق‌العاده‌ای در نتایج طرح خط هوایی توزیع دارد، پس باید در زمان تعیین مسیر خط در منطقه، پرسش‌های محلی و تحقیقات منطقه‌ای، مکمل ایده‌های طراحی شوند. گاهی عدم دقت در تعیین میزان احتمالی تشکیل لایهٔ یخ دور سیم، (در مواردی که مقدار آن کمتر از قطر یخ قابل حادث تخمین زده شده)، باعث قطع برق و شکستن پایه‌ها، به‌خصوص در مناطق سردسیر و کوهستانی شده است و تخمین و انتخاب قطر بیش از حد بزرگ‌تر یخ، باعث افزایش بی‌مورد قیمت تمام شدهٔ خط می‌شود.

برای مقایسه و بررسی کلیهٔ حالت‌های بارگذاری، نرم‌افزارهای طراحی خطوط هوایی، نتایج حل معادلهٔ تغییر وضعیت را به‌صورت ***«جدول کشش و فلش»*** ارایه می‌نمایند. با در اختیار داشتن جدول کشش و فلش کامپیوتری، با تغییر در مقادیر فرض اولیه، برای اسپن معادل طراحی (یا اسپن متوسط) بین ۶۰ تا ۸۰ و در ارتفاع پایه‌های فشار متوسط ۱۲ متری و برای زمین‌های مسطح، می‌توان انواع محاسبات را تکرار و گزارش‌ها را چاپ مجدد گرفت. در مقایسه این حالت‌ها، در سخت‌ترین شرایط ممکن، در انواع رژیم‌ها و کشش مجاز سیم نباید از ۵۰ درصد حداکثر مقاومت گششی، تجاوز کند و از طرفی، انتخاب این اسپن خط در حالت‌های مختلف فلش، نباید از کلیرانس مجاز کم‌تر شود. در هر صورت، هرگاه در یکی از این حالت‌ها، حداکثر درصد مقاومت کششی بیشتر از $\%U.T.S = \%50$ و یا فلش حداکثر بیشتر از مقدار پیش آمده باشد، باید اسپن معادل طراحی را کاهش داده محاسبات را دوباره توسط کامپیوتر تکرار و کنترل نمود.

۹ـ۸ـ جدول‌های کشش و فلش

امروزه محاسبات مکانیکی خطوط هوایی را برای تمامی رژیم‌ها (CASE)، و با در نظر گرفتن فرض حالت اولیه و حل معادلهٔ تغییر وضعیت و همچنین برای حالت‌های دیگر آب و هوایی با استفاده از برنامه‌های نرم‌افزاری کامپیوتری در مورد نتایج و تأیید طراحی مکانیکی می‌توان اعلام‌نظر کرده و در صورت عدم تأیید مقادیر، سریع و راحت‌تر نسبت به تجدیدنظر، در هریک از عوامل مؤثر در فرض اولیه اقدام کرد.

به‌طور کلی، یکی از جدول‌های متداول و مهم در طراحی مکانیکی «***جدول کشش و فلش***» در شش حالت تعریف شده در شرایط بارگذاری می‌باشد، که مقادیر زیر به‌صورت ستون‌های نتایج، اعلام و داده می‌شود. جدول (۶ـ ۹) یک نمونه جدول کشش و فلش، برای خط انتقال انرژی ۲۰ کیلوولت را نشان می‌دهد.

۱ ـ کشش مجاز سیم بر حسب کیلوگرم نیرو [Kg]	TENSION
۲ ـ درصد حد نیروی گسیختگی	%U.T.S
۳ ـ پارامتر خط یا همآن نسبت کشش مجاز به وزن واحد طول سیم	PARAMETER
۴ ـ فلش یا میزان شل‌شدگی سیم برحسب متر [m]	SAG

در جدول ارایه شدهٔ کشش و فلش، ضمن امکان مقایسهٔ حالت‌ها، نتایج ۴ ستون در هر رژیم (حالت)، تجزیه و تحلیل نیروی وارده بر سیم را فراهم می‌نماید. در صورتی که، تغییر مقادیر کشش، در دامنهٔ حد مجاز استاندارد کشش و حد نیروی گسیختگی واقع نشده باشد، باید در شرایط اولیه مثل فاصلهٔ پایه‌ها (اسپن معادل طراحی) و یا حتی نوع سیم هادی، تجدیدنظر کرد. به‌عنوان نمونه اگر فلش سیم زیادتر از حد مجاز باشد، می‌توان کشش را زیادتر فرض کرد، تا حدی که درصد نیروی گسیختگی، متناسب با ضریب اطمینان خط، در آن رژیم از حد تعریف شده تجاوز ننماید. حال، اگر برای کم‌کردن فلش، کشش افزایش یافته، ولی درصد حد گسیختگی از حد چهل درصد در بدترین حالت (40%U.T.S) تجاوز کند، باید میزان فرض اولیه رولینگ اسپن (معادل طراحی) را کم‌تر نمود و دوباره طراحی را تکرار و نتایج را محاسبه کرد.

جدول (۶ـ۹): نتایج محاسبات کامپیوتری کشش و فلش برای خط انتقال انرژی ۲۰ کیلوولت

SAG & TENSION CALCULATIONS FOR 20 KV T/L						
RULING SPAN: 80.00 (m) اسپن نامی:			CONDUCTOR: FOX نام هادی:			
(CASE) شرایط بارگذاری	CONDITIONS شرایط آب‌وهوایی	TENSI-ON(Kg) کشش	%U.T.S درصدحدنیروی گسیختگی	PARAMETER $a=\frac{H}{W}$ پارامتر خط	SAG (m) فلش	R.L. (Kg/m) بار منتجّه
HEAVY ICE یخ سنگین	Temp=-5 °C Ice = 20 mm Wind=0 Kg/m^2	569.0	45.00	324.90	2.47	1.752
HEAVY WIND طوفان شدید	Temp=15 °C Ice = 0 mm Wind=71 Kg/m^2	225.0	17.79	380.15	2.11	0.592
ICE & WIND یخ‌وباد متوسط	Temp=-15 °C Ice=10 mm Wind=20 Kg/m^2	348.0	27.50	401.79	1.99	0.866
E. D. S. دمای‌روزسیم‌کشی	Temp=15 °C Ice = 0 mm Wind=0 Kg/m^2	62.40	4.930	445.55	1.80	1.140
MAX. TEMP. گرم‌ترین‌روزسال	Temp=50 °C Ice = 0 mm Wind=0 Kg/m^2	51.40	4.060	367.18	2.18	0.140
MIN. TEMP. سردترین‌روزسال	Temp=-35 °C Ice = 0 mm Wind=0 Kg/m^2	101.4	8.010	724.04	1.11	1.140

* در ستون شرایط آب‌وهوایی، علایم‌اختصاری «دما Temp[°C]»، «قطریخ Ice=[mm]» و«سرعت‌باد = Wind[Kg/m^2]» نشان داده شده است.

۹ـ۸ـ۱ ـ بررسی نتایج جداول کشش و فلش

برای تجزیه و تحلیل نتایج معادلهٔ تغییر وضعیت به‌صورت جدول‌های کامپیوتری کشش و فلش سیم، از قبل باید پیش‌فرض‌ها و مفروضات زیر، به‌عنوان اطلاعات اولیهٔ طراحی، به نرم‌افزار داده شود و یا آن‌ها را از زیر برنامه‌های آن به‌دست آورده و استخراج نمود.

الف) مشخصات و نوع سیم هادی: هادی مورد نظر از نظر قطر سیم، وزن واحد طول آن، حداکثر

کشش مجاز (U.T.S) در نتایج محاسبات کاربرد داشته و موثر است. سیم هادی خط، از محاسبات الکتریکی خط استخراج شده و یک هادی مشخص اعلام خواهد شد. با این‌حال برای انجام مطالعات اقتصادی می‌توان دوباره محاسبات مکانیکی را برای سیم‌های مختلف (از جمله نسبت‌های دیگر سطح مقطع آلومینیوم به فولاد با یک مشخصه الکتریکی مشابه ولی استقامت بیشتر مکانیکی)، تکرار کرده و مقایسه نمود.

ب) رژیم آب و هوایی: جدول کشش، در بعضی از نرم‌افزارها به دلیل راحتی شرایط بارگذاری، یا رژیم های شش گانه به‌صورت شماره، معرفی شده و قبل از شروع محاسبات، به عنوان خواسته و ورودی برنامه از طراح خواسته می‌شود، تا پیش‌فرض‌های اولیه را تأیید یا اصلاح نماید. ستون شرایط آب و هوایی، براساس توضیحات ارایه شده، در قسمت انتخاب شرایط بارگذاری (قبلاً توضیح داده شده) تکمیل می‌شود.

ج) ارتفاع پایه‌ها: به غیر از موارد و شرایط خاص طراحی، از نظر حریم یا عبور از موانع به‌طور استاندارد، ارتفاع تیرهای بتنی فشار متوسط شبکه‌های توزیع، ۱۲ متر بوده و ارتفاع پایه‌های بتنی فشار ضعیف، ۹ متر می‌باشد. بنابراین در طراحی مکانیکی، به‌صورت تیپ، می‌توان با داشتن ارتفاع نگه‌داری سیم از سطح زمین (کلیرانس) نسبت به کنترل فلش به‌دست آمده در جدول کشش و فلش ملاک عمل قرار گرفته و به‌طور معمول این فرض، می‌تواند به عنوان حالت اولیه شروع طراحی در گرم‌ترین روز سال با ماکزیمم فلش به‌کار برده شود. بدیهی است تعداد و قدرت تیرهای بتنی در پایه‌های توخطی (میانی) و یا انتهایی براساس محاسبات بعدی استخراج خواهد شد.

د) کشش مجاز و درصد حد نیروی گسیختگی: برای تصمیم‌گیری در مورد مقدار کششِ نتیجه شده در حالت بارگذاری، آن را برحسب درصد میزان کشش، به حداکثر استقامت آن هادی بیان می‌نمایند. هر چه درصد حد نیروی گسیختگی کم‌تر باشد، کشش سیم کم‌تر است. به‌طور خلاصه، رابطهٔ ضریب اطمینانِ مورد نظر و کشش سیم و درصد حد گسیختگی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\%U.T.S = \frac{H}{U.T.S} \times 100 = \frac{100}{n}$$

برای مناطق با کشش بحرانی سیم، با حداکثر کشش مجاز سیم، نباید درصد نیروی گسیختگی سیم از میزان ۴۰ درصد (%U.T.S=%40) بیشتر شود. یعنی حداقل ضریب اطمینان ۲/۵ کم‌تر نشود. در جدول نتایج محاسبات کامپیوتری کشش و فلش، هرگاه مقدار U.T.S% در هر یک از شرایط بارگذاری از میزان ۴۰ درصد بیشتر شود، باید در شرایط تجدیدنظر شود، زیرا در آن شرایط خاص، ضریب اطمینان خط کم‌تر از میزان استاندارد مجاز شده است.

به طور معمول بیشترین درصد حد نیروی گسیختگی، مربوط به رژیم یخ (برف) سنگین می‌باشد.

یعنی در این حالت، هرگاه در فرض اولیهٔ طراحی خط، ضریب اطمینان برای سخت‌ترین شرایط نیز ۲/۵ با حد گسیختگی (U.T.S=%40%) ۴۰ درصد تجاوز کند، (در صورتی که به‌دلایل اقتصادی و جلوگیری از افزایش قیمت تمام شده خط توجیه‌پذیر نباشد)، می‌توان ضریب اطمینان را برای بدترین شرایط استثنایی، به میزان ضریب n=۲ کاهش داد. در این‌صورت بازدهٔ تغییرات درصد حد گسیختگی به ۵۰ درصد می‌تواند افزایش یابد. این ریسک مربوط به میزان قابلیت اطمینان مورد توقع از خط به سرمایه‌گذاری قابل قبول آن بستگی دارد.

*** مثال (۱۱ـ ۹):**

هرگاه در بررسیِ شرایط آب و هوایی منطقه، احتمال قطر ایجاد شدهٔ یخ دور سیم، بین ۳۰ الی ۵۰ میلی‌متر باشد، این اضافه‌بار، دیگر پارامترهای طراحی خط را تحت تأثیر قرار داده و قیمت تمام شده خط باید به مراتب افزایش یابد. این امر باعث سرمایه‌گذاری اضافی خط خواهد شد.

هـ) پارامتر (منحنی) سیم [a] یا پارامتر خط : برای مقاصد بعدی، تهیهٔ شابلون‌های طراحی (تمپلت) و استفاده از نتایج جدول کشش و فلش در پایه‌گذاری مورد نیاز بوده و به طور معمول از پارامتر منحنی سیم، که نشان‌دهندهٔ کشش سیم به وزن واقعی سیم در آن حالت است، استفاده می‌کنند. جدول (۹ـ۷) در زیر، دامنهٔ تغییرات پارامتر، با سیم‌های آلومینیوم فولاد، استاندارد شبکه‌های توزیع ایران را نشان می‌دهد. در این جدول، کشش مجاز بر مبنای ضریب اطمینان n=۲/۵ و ضخامت یخ، برای چهار استاندارد شرایط آب و هوایی سبک، متوسط، سنگین و فوق سنگین داده شده است.

جدول (۹ـ۷): دامنه تغییرات پارامتر خط [a]

نام هادی (A.C.S.R)		مقدار مشخصه سیم			پارامتر خط $a_{min} \longrightarrow a_{max}$ ضخامت یخ [mm] :			
		کشش‌مجاز $T=\frac{U.T.S}{n}$	قطرسیم d [mm]	وزن واحد طول‌سیم W [Kg/m]	سبک i=6	متوسط i=15	سنگین i=25	فوق‌سنگین i=50mm
فاکس	FOX	538	8.37	0.149	1360	466	214	63.
مینک	MINK	890	10.98	0.255	1626	648	314	99
داگ	DOG	1334	14.15	0.394	1801	809	417	139
هاینا	Hyena	1668	14.57	0.450	2075	969	508	173
ولف	Wolf	2822	18.13	0.726	2473	1312	739	268
لینکس	Lynx	3255	19.53	0.842	2540	1398	807	300

حداقل پارامتر سیم، در شرایط آب و هوایی فوق سنگین، با ضخامت یخ ۳۰ الی ۵۰ میلی‌متر و با متوسط وزن واحد طول لایه یخ از ۷ الی ۹/۵ کیلوگرم در هر متر سیم و در شرایط آب و هوایی سنگین با متوسط ضخامت یخ ۲۵ میلی‌متر دارای وزن لایه یخ در هر متر طول سیم بین ۲/۵ الی ۳ کیلوگرم می‌باشد. این مقادیر دارای ضریب اضافه باری معادل ۵ برابر برای سیم‌های با مقطع بالای هادی‌ها و ضریب اضافه‌باری معادل ۱۰ برابر وزن واحد طول سیم در مناطق سنگین می‌باشد، و این ضریب اضافه‌بار روی سیم، در مناطق فوق‌سنگین، حتی به ۵۰ برابر وزن واحد طول سیم هم می‌رسد.

بنابراین در مناطق فوق سنگین، با احتمال تشکیل لایهٔ یخ با قطر ۵ سانتی‌متر و یا بیشتر، شرایط طراحی، بسیار بحرانی و مشکل خواهد بود. در این مناطق گاهی وزن یخ در واحد طول سیم، به بیش از ۳۰ الی ۵۰ برابر آن می‌رسد، که کلیهٔ شرایط را تحت الشعاع قرار داده و پارامترهای طراحی و پایه‌ها و سازه‌های خط را به‌مراتب افزایش (Over Size) می‌دهد. پس در مناطق کوهستانی و برف‌خیز، خطوط با استقامت‌های معمولی، دچار شکست و یا فروپاشی می‌شوند. به طور معمول برای ایجاد پایداری و قابلیت اطمینان بیشتر خط، برای مواقع و حوادث غیرمترقبه، مانند قطر یخ ۱۰ سانتی‌متری، می‌توان از تمهیدات کمکی مانند سیستم مهار برای پایه‌های حساس استفاده نمود، یا حتی از سیم‌های هادی با تعداد رشته‌های بیشتر فولاد و در نتیجه استقامت مکانیکی بیشتر استفاده کرد، تا علاوه بر جلوگیری از افزایش هزینه‌های خط، قابلیت اطمینان آن‌را درحد قابل قبول نگه‌داشت.

و) میزان شل‌شدگی سیم یا فلش خط : در پایان بررسی نتایج جدول‌های کشش و فلش سیم، این نکته قابل توضیح است که هرگاه به‌دلیل ارتفاع بلندتر پایه‌ها، مقدار شل‌شدگی سیم یعنی فلش، بیشتر از میزان متعارف ارایه شده در نظر گرفته شود، در ستون مربوط به میزان فلش، در انواع رژیم‌های بارگذاری، این نتایج محسوس خواهد بود. پس به تناسب آن مقادیر، درصد حد گسیختگی در مقادیر کمتری از محدودهٔ حداقل تعیین شده آن‌ها (جدول (۵ـ۹) خواهند بود. به عبارت دیگر مقدار نیروی کشش سیم، همواره در هر شش حالت بارگذاری، کم‌تر از کشش مجاز سیم می‌باشد. در این صورت باید دقت کرد با این‌که شل گرفتن سیم، باعث حل مشکل کنترل حد مجاز کشش‌ها می‌شود ولی در عمل به‌دلیل امکان ارتعاش سیم و حرکت وضعی سیم در برخورد و اتصال سیم‌ها به یکدیگر و همچنین ایجاد خوردگی و پارگی در محل اتصالات و نیز مشکلات بیشتر ناشی از افزایش احتمال نزدیکی سیم به سطح زمین و برخورد وسایل نقلیه و تجهیزات به آن‌ها نباید به کار برده شوند. به عنوان نمونه، برای جدول کشش و فلش سیم خط ۲۰ کیلوولت اختصاصی، نیروگاه سهند ارایه شده است، که دارای میزان فلش بیشتر از حد متعارف هستند؛ جدول (۸ـ۹).

جدول (۸ـ۹): جدول کشش و فلش خط ۲۰ کیلوولت با میزان فلش زیاد (شل‌شدگی سیم)

SAG & TENSION CALCULATION FOR 20 KV S.C.					
CONDUCTOR NAME IS : DOG			RULING SPAN IS : 70 (M)		
CASE	TENSION(KG)	%U.T.S.	PARAMETER	SAG(M)	R. L. (KG/M)
1	600.3	18.00	426.86	1.44	1.406
2	532.4	15.97	490.63	1.25	1.085
3	549.2	16.47	373.89	1.64	1.469
4	173.8	5.21	441.14	1.39	0.394
5	120.6	3.62	306.11	2.00	0.394
6	264.0	7.91	669.93	0.91	0.394

CASE	CONDITIONS	TEMPERATURE (°C)	ICE THICK. (mm)	WIND (Kg/sq.m)
1	HEAVY ICE	-5.0	13.0	0
2	ICE AND WIND	-15.0	8.0	20
3	HEAVY WIND	15.0	0.0	100
4	E. D. S.	15.0	0.0	0
5	MAX. TEMP.	75.0	0.0	0
6	MIN. TEMP.	-20.0	0.0	0

ز) بار منتجّه:[1] این نیرو در مطالعات تکمیلی و استخراج ضریب اضافه‌بار (M) در هریک از حالت‌های بارگذاری بسیار مفید خواهد بود، که از میزان برآیند کل نیروهای وارد بر سیم (W_T) مطابق بخش (۹ـ۴ـ۴) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R.L. = W_T = \sqrt{W^2_{i+c} + W_W{}^2}$$

این نیرو، یا همان بار منتجه (R.L.) واحد طول سیم بر حسب [Kg/m] خواهد بود، که می‌تواند برای محاسبهٔ ضریب اضافه بار، به کار رود. در ضمن این بار منتجّه در محاسبات مکانیکی خط از جمله معادله تغییر وضعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۹ـ۹ـ نیروهای وارده بر تیر و انتخاب قدرت پایه‌ها

با در نظرگرفتن نتایج حاصل از نیروهای وارده بر سیم در جدول‌های کشش، در شرایط بارگذاری

1- R.L. = Resultant Load

و هر یک از رژیم‌ها (که در قسمت قبل توضیح داده شد) می‌توان برآیند نیروهای وارده بر روی تیرها را تعیین کرد. نیروهای وارد بر پایه، در تعیین قدرت تیر اهمیت زیادی دارند. با داشتن محاسبات برآیند این نیروها، می‌توان نوع و اندازه تیر را مشخص کرد. این محاسبات توسط یک زیربرنامه محاسبات کامپیوتری طراحی مکانیکی خطوط توزیع، انجام شده و ضمن استفاده از نتایج جدول کشش سیم و بارگذاری آن، به عنوان ورودی‌های برنامه، پاسخ حاصله آن را به‌صورت «***جدول بارگذاری و انتخاب پایه‌ها***» ارایه می‌نمایند. در این بخش، ضمن انجام آنالیز، چگونگی محاسبهٔ نیروها و انتخاب پایه‌ها در دو گونه اصلی:

الف) تیرهای توخطی (مماسی یا آویزی) و

ب) تیرهای زاویه‌ای (گوشه‌ای یا کششی)

ارایه خواهد شد. به طور کلی، نیروهایی که براین پایه ها می‌توانند وارد شوند، عبارتند از :

۱ ـ *مؤلفه نیروهای افقی* [1] **($F_{.H}$)**

۱-۱ ـ نیروهای افقی ناشی از فشار باد روی مقره، پایه و سیم در اسپن بادخور آن

۱-۲ ـ مؤلفه افقی برآیند کشش در دو طرف پایه در صورتی که پایه به‌صورت زاویه‌ای یا گوشه‌ای باشد.

۲ ـ *مؤلفه نیروهای قایم* [2] **($F_{.V}$)**

۲-۱ ـ برآیند نیروی وزن در دو طرف پایه براساس مجموع وزن سیم، وزن مقره‌ها و در صورت وجود وزن یخ در طول اسپن وزنی.

پایه‌های مماسی یا توخطی برآیند کشش سیم، در دو طرف پایه صفر است پس فقط مؤلفه قایم خواهند داشت، در حالی که در پایه‌های زاویه‌ای، نیروی مؤلفه نیز خواهد داشت. بدین‌ترتیب کشش محاسبه شده (T) ، از طریق سیم‌ها بر تیرهای زاویه‌ای و انتهایی نیز وارد خواهد شد، و ملاک عمل اثرات نیروهای گفته شده، در محاسبات مکانیکی خواهند بود. به‌طور کلی در ادامهٔ محاسبات مکانیکی، به‌منظور تعیین کششِ وارده بر هادی‌ها و مقدار نیروی سیم‌کشی آن‌ها، بخشی به‌عنوان محاسبات بارگذاری پایه‌ها برای محاسبهٔ ماکزیمم نیروی منتقل شده بر پایه‌ها وجود دارد. نیروهای گفته شده، در جدول‌های کشش و فلش، در این محاسبات قرار خواهند گرفت. در این محاسبات، غیر از اثرات ناشی از حوادث، که به علت عدم امکان تعیین شدت و ضعف حادثه، غیر قابل پیش‌بینی است، کلیه ضوابط از جمله اثرات حوادث با منظور داشتن یک «***ضریب اطمینان تیر***» امکان‌پذیر خواهد شد.

انتخاب مناسب پایه‌ها، به دلیل جنبه‌های فنی و اقتصادی دارای اهمیت می‌باشد. بعد از محاسبه و تشکیل جدول‌های بارگذاری (SCHEDULES OF WORKING LOADS) و در نظر گرفتن ماکزیمم

1- HORIZONTAL LOAD = $F_{.H}$ OR TRANSVERSE LOAD = F.T.,

2- VERTICAL LOAD = $F_{.V}$

کشش ایجاد شده، در بدترین شرایط و مشخص شدن اسپن‌های بادخور و وزنی، و همچنین براساس تعداد مدار روی پایه (تکمداره و یا دومداره) و سطح مقطع هادی‌ها، و نیز زاویهٔ انحراف خط در آن پایه، تحمل و قدرت کششی پایه‌ها بر حسب کیلوگرم نیرو (Kgf) محاسبه می‌شود. بنابراین برای یک اسپنِ معادل طراحیِ (رولینگ اسپن) معلوم و در زمین‌های مسطح، می‌توان فقط یک پایه توخطی را محاسبه کرده و در کل طول خط استفاده نمود. بدیهی است که در پایه‌های قرارگرفته، در زوایای بزرگ‌تر از ۶ تا ۹۰ درجه، باید طبق شرایط خاص خود و براساس میزان زاویهٔ انحراف خط، هر پایه را جداگانه محاسبه نمود.

پایه‌های بتنی مورد استفاده در شبکه‌های توزیع برق ایران، توسط وزارت نیرو، استاندارد و تیپ شده‌اند پس قدرت‌های موجود آن‌ها، برحسب کیلوگرم نیرو به شرح زیر خواهد بود:

[Kgf] ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۲۰۰ (یا ۱۰۰۰)

در محاسبات قدرت کششیِ مورد نیاز تیرها، فرض بر این است که در آرایش هادی‌ها برآیند نیروهای ناشی از سیم هادی‌ها، توسط کنسول یا کراس‌آرم به‌طور متمرکز، به نقطه‌ای واقع در ۶۰ سانتی‌متری نوک تیر وارد می‌شود، و این همان نقطه تعریف شده و معمول برای آزمایش تعیین استقامت تیرهای بتنی می‌باشد. در این‌صورت، قدرت اسمی و ارتجاعی تیرها و حداکثر نیروی کششی وارد از طرف سیم به تیر، مطابق جدول (۹-۹) به‌کار برده خواهد شد و نیاز به تعدیل ندارد:

جدول (۹-۹): قدرت استقامت مکانیکی تیرهای بتنی

قدرت اسمی [Kg]	قدرت درمرحلهٔ ارتجاعی [Kg]	مقاومت نهایی [Kg]	حداکثر نیروی ارتجاعی اعمال شده		ضریب اطمینان
			[Kg]	%	
۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۱۰۰	۵۰	۳
۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰	۵۰	۳
۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰	۵۰	۲/۵
۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰	۵۰	۲/۵
۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰	۵۰	۲/۵

لازم به توضیح است که در انتخاب قدرت پایه‌های بتنی، قدرت ارتجاعی پایه‌ها برای حالتی که نیرو یا کشش وارده، از طرف سیم‌های هوایی بر تیرهای بتنی، موقتی و گذرا باشد (مانند شرایط طوفان)، می‌تواند ملاک عمل قرارگیرد. اما در شرایطی که ممکن است نیروهای ناشی از بارگذاری چندین ساعت ادامه یابند (مانند شرایط یخ سنگین)، باید قدرت اسمی تیرها مورد توجه قرارگیرند.

۹ـ۹ـ۱ ـ محاسبات مکانیکی نیروی وارده بر پایهٔ میانی (توخطی یا مماسی)

در پایه‌های خطوط هوایی شبکه‌های توزیع، به خصوص در تیرهای بتنی H شکل، بیشترین نیروی مؤثر بر تیر، نیروی افقی $F_{.H.}$ (HORIZONTAL LOAD) در بدترین شرایط ممکن است و این، در حالت معمولی برای پایه‌های توخطی رژیم باد (طوفان) شدید می‌باشد (آنالیز این حالت به شرح زیر توضیح داده خواهد شد). همچنین پایه‌های توخطی که به‌عنوان پایهٔ نگه‌دارنده میانی با زاویه انحراف خط کمتر از ۶ درجه (Tower Angle Up to 6 Deg) به کار می‌روند، بتوانند نیروهای قائم $F_{.V.}$(VERTICAL LOAD) (یا همان وزن) ناشی از بدترین شرایط ممکن را تحمل کنند که این رژیم شرایط برف و یخ سنگین خواهد بود. پس در محاسبهٔ قدرت پایه میانی، هر دو حالت بالا از جدول کشش و فلش در شرایط آب و هوایی پروژه، استفاده و به شرح زیر محاسبه می‌شود :

**** حالت اول: محاسبات مکانیکی نیروی افقی*** ($F_{.T.}$) ***وارد بر پایه مماسی یا توخطی:***

کل نیروی افقی راکه باد از طریق سیم و مقره و خود سطح بادخور پایه وارد می‌کندو در انتخاب پایه مؤثر است به‌صورت W_H نشان داده و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

کل نیروی باد مجموع نیروی وارده افقی به پایه مماسی $F_{.H.} = W_H + (2\times T\times \sin \alpha/2)$,
$\begin{cases} \alpha=6 \Rightarrow \boxed{F.H = W_H} \\ 2T \sin\alpha/2 \ 0 \end{cases}$

$$\boxed{W_H = (W_{H1} + W_S) \times N + W_{H2}} \quad [Kgf]$$

در این رابطه:

W_{H1} = نیروی افقی باد روی سیم ،

W_S = نیروی باد روی مقره ،

W_{H2} = نیروی باد روی پایه، و

N = تعداد سیم‌ها (هادی‌های خط به عنوان مثال تکمداره N=3 و دو مداره N=6).

نیروی باد روی یک متر طول سیم از رابطهٔ :

$$W_W = P_W \times A \quad [Kg/m]$$

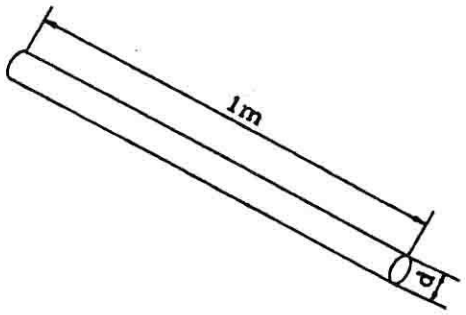
به دست می‌آید که در آن

P_W = فشار باد (بر حسب $\frac{Kgf}{m^2}$) ،

A = سطح مؤثر بادخور سیم در طول یک متر (m^2) و عبارتست از:

$A = d \times 10^{-3} \times 1 \quad [m]$ ، و

W_W = نیروی باد روی یک متر از طول سیم.



قرارگرفتن طول سیم در مقابل باد

شکل (۱۸-۹)

پس نیروی افقی باد روی یک متر از طول سیم با قطر d برابر خواهد بود با :

$$W_W = P_W \times d \times 10^{-3} \quad [\frac{Kgf}{m}]$$

توجه شود که اگر روی سیم، لایهٔ یخ وجود داشته باشد، قطر کل (d+2i) منظور می‌شود:

حال برای محاسبهٔ کل نیروی باد داریم:

$$\text{کل نیروی باد وارد بر پایه} = \text{تعداد سیم} \times \left[\begin{matrix} \text{نیروی} \\ (\text{باد روی} \\ \text{سیم}) \end{matrix} + \begin{matrix} \text{نیروی} \\ (\text{باد روی} \\ \text{مقره}) \end{matrix} \right] + (\text{نیروی باد روی پایه})$$

$$W_H = N \times \left[W_{H1} + W_S \right] + W_{H2}$$

الف) نیروی افقی باد روی سیم، که به پایه منتقل می‌شود، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$W_{H1} = S_W \times (\rho \times W_W) \quad Kgf$$

که در این رابطه:

S_W = اسپن بادگیر برحسب متر ،

W_W = حداکثر نیروی باد روی یک متر از طول سیم ،

ρ = ضریبی که با توجه به مدت وزش باد در سال و مسایل اقتصادی منظور می‌شود. در مواردی که مقدار ρ مشخص نشده است برای اطمینان مقدار آن ۱ در نظر گرفته می‌شود.

به‌طور خلاصه داریم: نیروی باد روی سیم $W_{H1} = S_W \times P_W \times d \times 10^{-3}$ [Kg/f]

ب) نیروی افقی باد روی مقره از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_W = P_W \times (L \times d \times J) \quad [Kg/f]$$

که در این رابطه:

P_W = فشار باد $[Kgf/m^2]$ ،

L = طول مقره یا زنجیره مقره [m] ،

d = قطر مقره یا زنجیره مقره [m] ، و

J = ضریبی که برای جبران فضاهای بازبین مقره‌ها استفاده شده است و معمولاً ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

ج) نیروی افقی باد روی پایه از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$W_P = K \times S \times V^2$$

که در این رابطه:

S = سطح بادخور پایه ،

V = سرعت باد[1] برحسب m/s ، و

K = ضریبی است که مقدار آن از جدول (۹ـ۱۰) به‌دست می‌آید.

POWEREN.IR

جدول (۹ـ۱۰): مقدار ضریب K برای سطوح مختلف پایه

نوع سطح بادگیر	K
با مقطع گرد یا دایره و قطر بیشتر از ۵ سانتی‌متر (پایه استوانه‌ای)	۰/۰۵۰
با مقطع دایره و قطر کم‌تر از ۵ سانتی‌متر (مثل سیم)	۰/۰۶۲۵
با مقطع تخت (پایه بتنی H شکل)	۰/۰۸۱۲

این نیرو در مرکز ثقل پایه وارد می‌شود. اگر فاصلهٔ مرکز ثقل پایه از زمین، h فرض شود، این نیرو،

۱ـ رابطهٔ فشار باد وارد بر سیم یا پایه [برحسب $\frac{Kgf}{m^2}$] و سرعت باد [m/s] طبق استاندارد VDE عبارتند از :

$$P_W = \frac{V^2}{16}$$

گشتاوری به اندازهٔ $W_P \times h$ به پای تیر وارد می‌کند. نیروی وارده بر نقطهٔ نگه‌دارنده سیم در تیر را، که گشتاوری به این اندازه در پای تیر وارد می‌کند، باید محاسبه و جایگزین کرد. اگر این گشتاور معادل را، (W_{H2}) بنامیم، مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

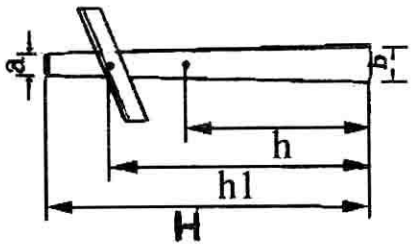
$$W_{H2} = \frac{W_p \times h}{h_1} \ [Kg/f] \quad \Rightarrow \quad \boxed{W_{H2} = \frac{h}{h_1} \ [KSV^2]}$$

که میزان ارتفاع h و h_1 مطابق شکل (۹-۱۹) محاسبه می‌گردنند.

h = ارتفاع مرکز ثقل تیر از زمین

h_1 = فاصله نقطه نگه‌دارندهٔ سیم (محل بستن کنسول) از زمین. حال اگر ابعاد بالا و پایین تیر a و b و طول تیر بیرون از زمین H باشد h از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$h = \frac{b - \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{2}}{b-a} \times H$$



شکل (۱۹-۹): فاصله‌های مختلف روی پایه

از آن‌جایی که حداکثر نیروی افقی وارد بر پایه توخطی یا مماسی، معادل با کل نیروی باد می‌باشد، پس قدرت لازم پایه توخطی، از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

کل نیروی باد = مؤلفه نیروی افقی $F_{.H} = W_H \Rightarrow$

$$\boxed{F_{.H.} = W_H = N\,[W_{H1} + W_S] + W_{H2}}$$

قدرت مورد نیاز پایه مماسی یا توخطی $= 3\,\left[(S_W \times P_W \times d \times 10^{-3}) + (P_W \times L \times d \times J)\right] + \frac{h}{h_1}(KSV)^2$

* **حالت دوم:** محاسبات مکانیکی نیروهای قایم ($F_{.V.}$) وارد بر پایه مماسی یا توخطی :

مؤلفه قایم برآیند کشش در دو طرف پایه، برابر با وزن سیمی به طول اسپن وزنی (با در نظر گرفتن

وزن یخ در صورت وجود) به‌علاوهٔ وزن مقره می‌باشد. پس داریم:

$$F_{.V} = W_V + W_{in} = \text{وزن زنجیره مقره} + \text{وزن کل سیم با یخ}$$

وزن کل سیم عبارتست از:

$$W_V = S_V\, W \qquad [Kgf]$$

در این رابطه:

S_V = اسپن وزنی یا قایم [m]

W = نیروی وزن واحد طول سیم [Kgf/m]

$$W = W_c + W_{iec} = (\text{وزن لایه یخ}) + (\text{وزن واحد طول سیم})$$

$$W = W_c + [\rho\, \pi i(i + d) \times 10^{-3}] \quad Kgf/m$$

که در این رابطه:

ρ = وزن مخصوص یخ [gr/cm^3] معادل ۰/۹۱۳ وزن واحد حجم یخ ،

i = ضخامت شعاعی (قطر) یخ ،

d = قطر سیم ، و

W_c = وزن واحد طول سیم [Kg/m] .

۹ـ۹ـ۲ ـ محاسبات مکانیکی نیروی وارده بر پایه‌های زاویه‌ای یا کششی

در انتخاب پایه‌های کششی نیز، همانند پایه‌های توخطی، نیروی افقی و عمودی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. در ضمن تعداد مدار (تک‌مداره‌یا دومداره)، سطح مقطع هادی، شرایط آب و هوایی و زاویهٔ انحراف خط در آن پایه برای اسپن‌های معادل طراحی، اسپن‌های وزنی و بادخور در نظر گرفته می‌شود.

* **حالت اول:** نیروهای افقی ($F_{.H}$) وارد بر پایه کششی یا گوشه‌ای:

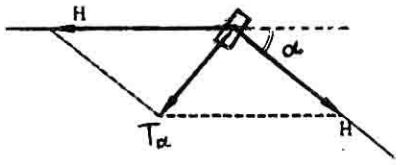
در پایه‌های زاویه‌ای یا کششی، علاوه بر کل نیروی باد، باید مؤلفهٔ نیروی افقی ناشی از کشش سیم‌ها هم مورد توجه قرار گیرد. هرگاه برآیند کشش سیم، در دو طرف پایه صفر نباشد، می‌توان آن‌را ناشی از دو عامل زیر دانست:

الف) زاویه انحراف خط در پایه

ب) پایه در حالت انتهایی

در پایه‌های گوشه‌ای یا زاویه‌ای، مطابق با شکل (۹ـ۲۰) می‌توان نیروی معادل افقی را از رابطه زیر محاسبه نمود :

α : زاویه بین امتداد خط در دو طرف یک پایه زاویه



شکل (۹ـ۲۰): مؤلفه افقی برآیند نیروی کششی سیم

برآیند نیرو را برای یک سیم داریم:[Kgf] $\boxed{Ta = 2H \sin\frac{\alpha}{2}}$

پس خواهیم داشت:

$$\left\{\begin{array}{c}\text{مجموع نیروی وارد}\\ \text{برپایه‌کششی (گوشه‌ای)}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\text{نیروی باد بر}\\ \text{پایه}\end{array}\right\} + \left[\left\{\begin{array}{c}\text{نیروی باد}\\ \text{برسیم‌ومقره}\end{array}\right\} + \left\{\begin{array}{c}\text{برآیند افقی نیروی}\\ \text{کشش سیم در دو طرف}\end{array}\right\}\right] \times N$$

$$\boxed{F_{\cdot H.} = W_{HZ} + \left[(W_{H1} + W_S) + Ta\right] \times N}$$

که N تعداد سیم‌ها می‌باشد (تک‌مداره N=3 و دومداره N=6)

* **حالت دوم:** در مورد نیروهای قائم همانند پایه‌های توخطی خواهد بود.

* ***مثال (۱۲ـ۹):***

در منطقه‌ای با شرایط آب و هوایی سبک، خط ۲۰کیلوولتی با هادی‌های نوع مینک (MINK) در دست طراحی مکانیکی می‌باشد. هرگاه جدول کشش و فلش برای وضعیت‌های آب و هوایی این پروژه معلوم بوده (H=870.48) و اسپن معادل طراحی، ۸۰ متر باشد، مطلوبست محاسبهٔ قدرت پایه‌های ۱۲ متری مورد نیاز این طرح برای .

الف) پایه‌های توخطی و ب) پایه‌های کششی (زاویه‌ای) در زاویه ۳۰ درجه $= \alpha$

حل:

الف) محاسبه قدرت پایه توخطی

(نیروی منتجه ناشی از زاویه خط) + (کل نیروی باد) = قدت لازم برای پایه توخطی

$$F_{.H} = W_H + {}_{H}^{2} \text{Sin } \alpha/2$$

چون پایه توخطی $(\alpha \approx 0)$ پس $2H \text{ Sin}\alpha/2 = 0$

خط تک‌مداره؛ $N=3$

$$F_{.H} = W_H = 3 \left[(S_W \times P_W \times d \times 10^{-3}) + (P_W \times L \times d \times 0/5)\right] + \frac{h}{h_1} (KSV)^2$$

مفروضات:

۱ ـ اسپن بادخور: $S_W = 1/1 \quad S_R = 88m$

۲ ـ در منطقهٔ سبک فشار باد ـ از جدول (۹ـ۹) ـ متعادل $126 Kg/m^2$ می‌باشد یعنی باد با سرعت ۴۵ کیلومتر در ساعت در مواقع "طوفان شدید" می‌وزد. $P_W = V^2 = 16 \times 126 = 16$

۳ ـ هرگاه مقره به‌کار رفته از نوع سوزنی (میخی) ۲۰ کیلوولت باشد ابعاد متوسط آن عبارتند از:

$d = 22/8$ cm قطره مقره و $L = 16/5$ cm طول مقره سوزنی

۴ ـ مقدار $K=0/0812$ برای تیرهای بتونی H شکل و ابعاد مقطع تیر $(0/3 \times 10/2)$

$$F_{.H} = 3 \left[(88 \times 126 \times 10/98 \times 10^{-3}) + (126 \times 0/165 \times 0/228 \times 0/5)\right] + \frac{5/2}{12 - 0/6}$$

$$\left[0/0812 \times (0/3 \times 10/2)\ (16 \times 126)\right]$$

$$F_{.H} = 3(121/75 + 2/37 + 0/456\ (500/92)$$

$$F_{.H} = 600/78 \text{ Kgf}$$

بنابراین پایه‌های توخطی ۶۰۰ کیلوگرم نیرو خواهند بود.

ب) محاسبهٔ قدرت پایه کششی با زاویهٔ ۳۰ درجه

(نیروی منتجه از زاویه خط) + (کل نیروی باد) = قدرت لازم برای پایه زاویه‌ای $(\alpha = 30^\circ)$

اگر از فشار باد به مقره (به‌دلیل ناچیز بودن) صرفنظر کرده و $\text{Sin}\alpha/2$ برای امتداد جهت وزش باد

در نیروی باد برسیم ضرب شود، داریم:

$$F_{.H} = ۳\left[(S_W \times P_W \times d \times ۱۰^{-۳}) \times \text{Cos}\ \alpha/۲)\right] + \frac{h}{h_۱}(KSV)^۲ + ۳\left[۲H\ \text{Sin}\alpha/۲\right]$$

$$F_{.H.} = ۳\left[(S_W \times P_W \times d \times]\ ۱۰^{-۳}) \times \text{Cos}\ \alpha/۲ + ۲_H\ \text{Sin}\alpha/۲)\right] + \frac{h}{h_۱}(KSV)^۲$$

$$F_{.H} = ۳\left[(۸۸ \times ۱۲۶ \times ۱۰/۹۸ \times ۱۰^{-۳}) \times \text{Cos}۱۵^\circ + (۲ \times ۸۷۰/۴۸ \times \text{Sin}۱۵^\circ\right] +$$

$$\frac{۵/۲}{۱۲-۰/۶}\left[۰/۰۸۱۲ \times (۰/۳ \times ۱۰/۲) \times (۱۶ \times ۱۲۶)\right]$$

$$F_{.H} = ۳[۱۱۷/۶۰ + ۴۵۰/۶] + ۰/۴۵۶(۵۰۰/۹۲ = ۱۹۹۳۳Kf$$

بنابراین، نیاز به دو پایه بتونی با قدرت ۱۲۰۰ کیلوگرم نیرو به‌صورت دیتیل DH و یا سه‌پایه ۸۰۰ کیلوگرم نیرو به‌صورت 3DH خواهند بود. در اینگونه موارد، کاربرد مفید پایه‌های دوتایی و سه‌تایی ملاحظه می‌شود. همچنین هرگاه، پایه بتنی، توان مقاومت کامل در برابر نیروهای وارد بر آن را نداشته باشد، به تناسب موقعیت، می‌توان از یکی از انواع مهارها استفاده نمود. بنابراین، نیروی وارد بر پایه‌های کششی و زاویه‌ای، از نظر کنترل میزان آن‌ها، مهم هستند. لازم به توضیح است که به جهت سادگی به علت کوچک بودن نیروی افقی باد روی مقره‌ها، می‌توان در محاسبات از آن صرفنظر کرد.

۹ـ۱۰ ـ جداول بارگذاری و انتخاب قدرت پایه‌ها

در کلیهٔ مراحل طراحی خط برای شرایط بحرانی آب و هوایی و انواع زوایای ممکن و طول اسپن‌های موجود در خط، و ارتفاع و نوع تیرها، جدول‌های کامپیوتری حاصل از حل معادلات نیروهای عمودی (.VER) و افقی (.Horiz)، روی تک‌تک سیم‌ها، یا در مجموع هر سه سیم، روی پایهٔ مورد نظر ارایه می‌شود. این جدول را «***جدول بارگذاری***» می‌نامند. برای توضیح بیشتر، از مثالی که در آن از مفروضات جدول کشش و فلش ارایه شده در بخش (۹ـ۸) استفاده شده، آورده می شود.

*** مثال (۹ـ۱۳):**

مطلوبست محاسبه مؤلفه نیروی قائم (Vertical Load)F.v و افقی (Horizontal Load)F.H در حالت رژیم طوفان (باد) شدید برای جدول (۹ـ۶) کشش و فلش بخش قبل به‌منظور انتخاب پایه

توخطی یا مماسی در آن طرح از معادلهٔ تغییر وضعیت و جدول داریم:

*** حالت اول: طوفان شدید (رژیم بارگذاری شماره ۲):**

(LOAD CASE # 2: HEAVY WIND)

(TEMP = 15°C;) (ICE = 0 mm قطر یخ) (Wind = 71 Kg/m^2 ؛سرعت‌باد)

(RULING SPAN = 80 m) اسپن نامی ۸۰ متر

(WEIGHT SPAN = 130 m) اسپن وزنی ۱۳۰ متر (معادل $S_V = 1.6S_R$)

(WIND SPAN = 90 m) اسپن بادخور ۹۰ متر (معادل $S_W=1.1\ S_R$)

(TOWER ANGLE UP 3 DEG.) حداکثر زاویه در تیر($\alpha=۳۰$) درجه می‌باشد (تیر میانی)

حل:

ـ مؤلفه نیروی قائم هر یک از سیم‌ها:

$F_{.V} = W \times S_V + Win =$ (وزن کل سیم) + (وزن مقره)

$F_{.V} = ۰/۱۴۹ \times ۱۳۰ + ۱۵ = ۳۴\ Kg$

نیروی قائم وارد بر تیر: $F_{.V} = ۳ \times ۳۴ = ۱۰۲$

ـ مؤلفه نیروی افقی هر یک از سیم‌ها:

$$F_{.H.} = ۲ \times T \times \sin(\alpha/۲) + [S_W \times P_W \times d/۱۰۰۰ + P_W \times L \times d \times ۰/۵] + \frac{h}{h_۱}(KSV^۲)$$

کشش سیم از جدول (۹ـ۶): $H = ۲۲۵\ Kg$

قطر مقره سوزنی $d=۰/۲۲۸\ m$ ارتفاع مقره سوزنی $L=۰/۱۶۵m$ و اسپن بادخور: $S_W = ۹۰\ m$

قطر سیم $d=۸/۳۷\ mm$ (هادی: Fox) و فشار باد: $P_W = ۷۱\ Kg/m^۲$

$$H_{.H.} = ۳\times\left[۲\times۲۲۵\sin(۳/۲)\right] + \left[۹۰\times۷۱\times\frac{۸/۳۷}{۱۰۰۰} + ۷۱\times۰/۱۶۵\times۰۲۲۸\times۰/۵\right]\times۳ + \frac{۹/۴}{۵/۲}$$

$$F_{.H.} = ۳۶ + (۷۱ \times ۹۰ \times ۸/۳۷/۱۰۰۰ + ۱/۳۴ \times ۳ + ۱/۸ = ۲۰۸\ Kgf$$

برای محاسبه نیروی وارده بر پایه در تعداد سیم، $N=۳$ قبلاً ضرب شده و فقط ضریب اطمینان لحاظ می‌شود:

نیروی مؤثر بر تیر $= ۲۰۸ \times ۲ = ۴۱۶\ Kg$

بنابراین، تیرهای ۱۱ متری ۴۰۰Kg برای پایه‌های آویزی تا ۳ درجه قابل تحمل می‌باشند و استفاده می‌شوند.

نمونه‌ای از جدول خروجی محاسبات کامپیوتری جداول بارگذاری و انتخاب پایه‌ها به شرح زیر است:

TOWER TYPE: 11 m CONCRET TOWER * RULING SPAN : 80(m)

WEIGHT SPAN: 120 (m) * CONDUCTOR : FOX

WIND SPAN: 90 (m) TOWER ANGLE: 3 (DG.)

جدول (۱۱-۹): بارگذاری و انتخاب پایه‌های توخطی

LOADING CALCULATION FOR - 20 KV T/L					
SCHEDULS OF ULTIMATE LOADS IN KG					
CASE رژیم	CONDITIONS آب و هوایی	TYPE	C1 سیم اول	C2 سیم دوم	C3 سیم سوم
HEAVY ICE	Temp = -5 °C	VER.	391	391	391
	Ice = 20 mm	HORIZ.	30	30	30
	Wind = 0 Kg/m^2	LONG.	0	0	0
HEAVY WIND	Temp = 15 °C	VER.	331	331	331
	Ice = 0 mm	HORIZ.	64	64	54
	Wind = 71 Kg/m^2	LONG.	0	0	0
ICE & WIND	Temp = -15 °C	VER.	138	138	138
	Ice = 10 mm	HORIZ.	70	70	70
	Wind = 20 Kg/m^2	LONG.	0	0	0
COND. BROK.	Temp = -15 °C	VER.	82	138	134
	Ice = 10 mm	HORIZ.	42	70	70
	Wind = 20 Kg/m^2	LONG.	243	0	0

*** حالت دوم: محاسبات مکانیکی نیروهای وارده به پایه کششی در حالت باد شدید (رژیم بارگذاری شماره ۲):**

در پایه‌های کششی، علاوه بر نیروی باد، نیروی دیگری ناشی از زاویه‌دار بودن خط به تیر وارد می‌شود. آنالیز نیروها در حالت باد شدید و زاویه انحراف خط ۲۰ درجه، به شرح زیر می‌باشد:

LOAD CASE 2: HEAVY WIND

TEMP. = 15°C, ICE=0mm, WIND=71 kg/m^2

RULING SPAN = 80 m

WEIGHT SPAN = 130 m

WIND SPAN = 90 m

TOWER ANGLE = 20 Deg. $\Rightarrow \alpha = 20^\circ$

$F_{.V} = ۰/۱۴۹ \times ۱۳۰ + ۱۵ = ۳۴kg$

$F_{.H} = ۳ \times \left[۲ \times H \times Sin(\alpha/۲)\right] + \left[S_{Wx} \times P_W \times d/۱۰۰۰ + P_W \times L \times d \times ۰/۵\right] \times ۳ + \frac{h}{h_1}(KSV^۲)$

$H = ۲۲۵$ kg کشش سیم

$S_W = ۹۰$ m

$P = ۷۱$ kg/m^۲

$d = ۸/۲۷$ mm

$F_H = ۳ \times \left[۷۸ + ۷۱ \times ۹۰ \times ۸/۳۷/۱۰۰۰ + ۱/۳۴\right] + ۱/۸ = ۱۳۴/۶$ kg

نیروی مؤثر بر تیر = $۱۳۲/۸ \times ۳ \times ۱/۸ = ۴۰۰/۲$ kg

با اعمال ضریب اطمینان n=۱/۵ $۴۰۰/۲ \times ۱/۵ = ۶۰۰/۳$

پس پایه‌های کششی نیز با ضریب اطمینان تیر n=1.5 با قدرت ۶۰۰ کیلوگرم نیرو خواهد بود.
جدول (۹-۱۲) تک‌تک نیروهای عمودی (Ver.) ، افقی (Horis) و وارد بر هریک از هادی‌های خط و بارگذاری سیم‌ها را برای انتخاب قدرت تیرهای بتنی در زاویه ۲۰ درجه مثال فوق نشان می‌دهد.

TOWER TYPE:	12 m CONCRE TOWER	* RULING SPAN : 80(m)	
WEIGHTSPAN:	130 (m)	* CONDUCTOR : FOX	
WIND SPAN:	90 (m)	* SHIELD WIRS: -	
TOWER ANGLE:	20 (DG.)	*	

جدول (۱۲ـ ۹) : بارگذاری و انتخاب پایه زاویه‌ای

LOADING CALCULATIONA FOR - 20 KV T/L					
SCHEDULS OF ULTIMATE LOADS IN KG					
CASE رژیم	CONDITIONS آب و هوایی	TYPE	C1 سیم اول	C2 سیم دوم	C3 سیم سوم
HEAVY ICE	Temp = -5 °C	VER.	391	391	391
	Ice = 20 mm	HORIZ.	197	197	197
	Wind = 0 Kg/m^2	LONG.	0	0	0
HEAVY WIND	Temp = 15 °C	VER.	33	33	33
	Ice = 0 mm	HORIZ.	129	129	129
	Wind = 71 Kg/m^2	LONG.	0	0	0
ICE & WIND	Temp = -15 °C	VER.	138	138	138
	Ice = 10 mm	HORIZ.	195	195	195
	Wind = 20 Kg/m^2	LONG.	0	0	0
COND. BROK.	Temp = -15 °C	VER.	82	138	134
	Ice = 10 mm	HORIZ.	117	195	195
	Wind = 20 Kg/m^2	LONG.	243	0	0

۹ـ۱۰ـ۱ ـ بررسی نتایج جدول بارگذاری و قدرت پایه‌ها

به‌طور کلی، یک جدول بارگذاری می‌تواند برای زوایای ممکن در طول خط با یک اسپن معادل طراحی مشخص شده (رولینگ اسپن) و کلیهٔ رژیم‌های بارگذاری میزان نیروی وارده از طرف سیم‌ها را مشخص کرد، تا حداقل قدرت و مشخصات پایه تعیین شود.

جدول (۱۳ـ ۹)، یک نمونه جدول بارگذاری پایه‌ها را برای پنج حالت بحرانی نیروی وارده بر پایه نشان می‌دهد. در این جدول، زاویهٔ انحراف خط، روی پایه[1] به میزان ۴۰ درجه و هادی از نوع "DOG" به سطح مقطع $118mm^2$ و شرایط آب و هوایی سنگین به‌عنوان نمونه آورده شده است. هرگاه اسپن بادخور، به میزان $1.1S_R$ و اسپن وزنی به میزان $1.6S_R$ در نظر گرفته شود، با استفاده از محاسبهٔ انواع نیروهای عمودی (VER.) افقی (HOROZ.) و طولی (LONG.)، هریک از سیم‌ها را می‌توان محاسبه کرد که مقادیر به‌دست آمده، در جدول نشان داده شده است (مقادیر C1 و C2 و C3) .

این پنج حالت، شامل سه رژیم بد آب و هوایی (که اغلب باعث پارگی، یا سقوط خطوط می‌شوند) می‌باشند که عبارتند از: یخ سنگین، طوفان شدید و برف و بوران و دو حالت بروز نیروهای نامتقارن بر پایه، (یعنی نیروهای طولی[2] و نامتعادل): در جهت طول سیم که عبارتند از پارگی سیم[3] و بارهای نامتعادل[4] که باعث بروز گشتاورهای نیروی اضافی می‌شوند. همان‌طوری که از جدول نیز مشاهده می‌شود، بیشترین نیروی عمودی (VER.) در حالت یخ سنگین (حالت ۱)، بیشترین نیروی افقی وارد بر پایه (HORIZ.) مربوط به طوفان شدید (حالت ۲) و پارگی در یک سیم مانند C1، باعث ایجاد یک نیروی طولی (LONG.) در اسپن دیگر آن فاز از سیم خواهد شد (حالت ۴). بالاخره نامتعادل بودن شدید ناشی از انتهایی بودن خط، یا پارگی، یا شکستگی در اسپن مجاور، یک نیروی طولی در جهت کلیه سیم‌ها ایجاد می‌کند (حالت ۵). برای انتخاب قدرت پایه، بیشترین نیروی حادث شده در جدول با اعمال ضریب اطمینان 1.5 و از جمع نیروی سه سیم به دست می‌آید. پس برای جدول (۱۳ـ ۹) با زاویه ۴۰ درجه، پایهٔ مورد نیاز خواهیم داشت:

$$P = 475 \times 3 \times = 1425 \text{ Kgf} \quad \text{قدرت مورد نیاز پایه بتنی}$$

$$P = 1425 \times 1.5 = 2135 \text{ Kgf} \quad \text{قدرت مورد نیاز پایه}$$

لازم به توضیح است که ضریب اطمینان در قدرت پایه‌های بتنی قبلاً منظور شده بنابراین برای پایه‌های غیربتنی ضریب اطمینان ضرب می‌شود.

TOWER NAME:	DC/40		RULING SPAN:	60 (m)
WEIGHT SPAN:	96	(M)	CONDUCTOR :	DOG
WIND SPAN:	66	(M)	SHIELD WIRES:	NON
TOWER ANGLE:	40	(DG.)	CONDITIONS :	HEAVY

1- TOWER ANGLE
2- LONGITUDNAL
3- WIRE BROKEN
4- UNBALANCED LOAD

جدول (۹-۱۳): بارگذاری و انتخاب قدرت پایه

SCHEDULES OF WORKING LOADS IN KG					
LOADING CASE	LOAD TYPE		LOADING POINTS		
			C1	C2	C3
1	VER.		165	165	165
	HORIZ.		407	407	407
	LONG.		0	0	0
2	VER.		68	68	68
	HORIZ.		475	475	475
	LONG.		0	0	0
3	VER.		117	117	117
	HORIZ.		422	422	422
	LONG.		0	0	0
4	VER.		70	117	117
	HORIZ.		253	422	422
	LONG.		556	0	0
5	VER.		117	117	117
	HORIZ.		422	422	422
	LONG.		285	285	285

CASE	CONDITIONS	TEMPERATURE (°C)	ICE THICK. (mm)	WIND (Kg/sq.m)
1	HEAVY ICE	-5.0	13.0	0
2	HEAVY WIND	15.0	0.0	100
3	ICE AND WIND	-15.0	8.0	20
4	WIRE BROKEN	-15.0	8.0	20
5	UNBALANCED LOAD	-15.0	8.0	20

* توجه: در صورت استفاده از پایه‌های غیربتنی، کلیهٔ نیروها باید در ضریب اطمینان 1.5 ضرب شوند.

در پایان، دو جدول (۹-۱۳) و (۹-۱۴) مربوط به انتخاب تیرهای بتنی، در خطوط فشارضعیف پنج سیمه و یا سه سیمه ارایه شده است. این جدول‌ها براساس نتایج به‌دست آمده از انواع حالت‌های مختلف ممکن شامل انواع زاویه‌های خط از 0 درجه (توخطی یا مماسی) تا پایه انتهایی با زاویه 90 درجه؛ همچنین در فاصله پایه‌ها (اسپن) از ۲۰، ۳۰، ۴۰ الی ۸۰ متر، و نیز انواع مقاطع سیم‌های مسی ارایه شده، و قدرت مناسب تیر براساس نوع تولید ارایه می‌دهد.

همان‌طورکه از جدول‌ها معلوم است، هر چه زاویهٔ خط و یا سطح مقطع سیم بیشتر می‌شود، قدرت تیر بالا می‌رود.

جدول (۹-۱۴): انتخاب پایه‌های فشار ضعیف ـ شبکه هوایی پنج سیمه

زاویه	فاصله → / نوع تولید ↓	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m
0°	200	16 → 95	16 → 95	16 → 95	16 → 50	16 → 25	16	–
	400				70 → 95	35 → 95	25 → 95	16 → 70
	600							95
	800							
	1000(1200)							
10°	200	16 → 95	16 → 95	16 → 70	16 → 35	16		
	400			95	50 → 95	25 → 95	16 → 70	16 → 35
	600						95	50 → 95
	800							
	1000(1200)							
20°	200	16 → 95	16 → 70	16 → 35	16	16		
	400		95	50 → 95	25 → 95	25 → 70	16 → 35	16 → 35
	600					95	50 → 95	50 → 95
	800							
	1000(1200)							
30°	200	16 → 95	16 → 70	16 → 25	16	–	–	–
	400		95	35 → 95	25 → 70	16 → 50	16 → 35	16 → 25
	600				95	70 → 95	50 → 95	35 → 50
	800							70 → 95
	1000(1200)							
40°	200	16 → 95	16 → 35	16	16	–	–	–
	400		50 → 95	25 → 95	25 → 95	16 → 35	16 → 35	16
	600				50 → 95	50 → 95	50	25 → 35
	800						70 → 95	50 → 95
	1000(1200)							
50°	200	16 → 50	16 → 35	16	16	–	–	–
	400	70 → 95	50 → 95	25 → 50	25 → 35	16 → 35	16 → 25	16
	600			70 → 95	50 → 95	50	35 → 50	25 → 35
	800					70 → 95	70 → 95	50 → 70
	1000(1200)							95
60°	200	16 → 35	16 → 25	16	–	–		
	400	50 → 95	35 → 70	25 → 50	16 → 35	16 → 25	16	16
	600		95	70 → 95	50	35 → 50	25 → 35	25 → 35
	800				70 → 95	70 → 95	50 → 70	50 → 70
	1000(1200)						95	95
70°	200	16 → 35	16	16	–	–	–	–
	400	50 → 95	25 → 70	25 → 35	16 → 35	16	16	16
	600		95	50 → 95	50	25 → 35	25 → 35	16 → 35
	800				70 → 95	50 → 70	50	50
	1000(1200)					95	70 → 95	70 → 95
80°	200	16 → 25	16	–	–	–	–	–
	400	35 → 95	25 → 70	16 → 35	16 → 25	16	16	
	600		95	50 → 70	35 → 70	25 → 35	25 → 35	16 → 25
	800			95	95	50 → 70	50	35 → 50
	1000(1200)					95	70 → 95	70 → 95
90°	200	16 → 25	–	–	–	–	–	–
	400	35 → 95	16 → 50	16 → 35	16	16	–	–
	600		70 → 95	50	25 → 35	25 → 35	16 → 35	16 → 25
	800			70 → 95	50 → 70	50	50	35
	1000(1200)				95	70 → 95	70 → 95	70 → 95

* مقاطع استاندارد سیم‌های لخت مسی مورد استفاده در شبکهٔ هوایی توزیع: $16 \rightarrow 95(16,25,35,50,70,95)mm^2$

جدول (۱۵ـ ۹): انتخاب پایه‌های فشار ضعیف ـ شبکه هوایی سه سیمه

جدول کاربرد تیرهای بتونی در خطوط فشار ضعیف (سه سیمه)

زاویه	فاصله → / نوع تولید ↓	20	30	40	50	60	70	80
0°	200	16 → 95	16 → 95	16 → 95	16 → 95	16 → 70	16 → 25	16
	400					95	35 → 95	25 → 95
	600							
	800							
	1000(1200)							
10°	200	16 → 95	16 → 95	16 → 95	16 → 95	16 → 35	16 → 25	16
	400					50 → 95	35 → 95	25 → 95
	600							
	800							
	1000(1200)							
20°	200	16 → 95	16 → 95	16 → 95	16 → 50	16 → 25	16	16
	400				70 → 95	35 → 95	25 → 95	25 → 95
	600							
	800							
	1000(1200)							
30°	200	16 → 95	16 → 95	16 → 95	16 → 25	16 → 25	16	16
	400				35 → 95	35 → 95	25 → 95	25 → 70
	600							95
	800							
	1000(1200)							
40°	200	16 → 95	16 → 95	16 → 50	16 → 25	16 → 25	16	16
	400			70 → 95	35 → 95	35 → 95	25 → 70	25 → 50
	600						95	70 → 95
	800							
	1000(1200)							
50°	200	16 → 95	16 → 95	16 → 35	16 → 25	16	16	–
	400			50 → 95	35 → 95	25 → 35	25 → 70	16 → 35
	600						95	50 → 95
	800							
	1000(1200)							
60°	200	16 → 95	16 → 70	16 → 35	16 → 25	16	–	–
	400		95	50 → 95	35 → 95	25 → 70	16 → 35	16 → 35
	600					95	50 → 95	50 → 95
	800							
	1000(1200)							
70°	200	16 → 95	16 → 50	16 → 35	16 → 25	16	–	–
	400		70 → 95	50 → 95	35 → 95	25 → 35	16 → 35	16 → 35
	600					50 → 95	50 → 95	35 → 95
	800							
	1000(1200)							
80°	200	16 → 50	16 → 35	16 → 25	16 → 25	–	–	–
	400	70 → 95	50 → 95	35 → 95	35 → 70	16 → 35	16 → 35	16 → 25
	600				95	50 → 95	50 → 95	35 → 95
	800							
	1000(1200)							
90°	200	16 → 35	16 → 25	16 → 25	16 → 25	–	–	–
	400	50 → 95	35 → 95	35 → 95	35 → 70	16 → 35	16 → 25	16
	600				95	50 → 95	35 → 95	27 → 70
	800							95
	1000(1200)							

* مقاطع استاندارد سیم‌های لخت مسی مورد استفاده در شبکهٔ هوایی توزیع: $16 \rightarrow 95(16,25,35,50,70,95)mm^2$

۱۱ـ۹ـ جدول‌های سیم‌کشی و مقادیر فلش

در پایان هر پروژه طراحی مکانیکی خط هوایی، و پس از تعیین محل پایه‌ها، بر روی نقشهٔ پلان و پیکتاژ (اسپاتینگ)، برای گروه‌های اجرایی و نصب، در روز سیم‌کشی براساس دما و اسپن واقعی پایه‌ها، باید مقادیر کشش و فلش نصب هادی‌ها و سیم‌کشی ارایه شود. در این مواقع، از جدولی به‌نام «***جدول سیم‌کشی***» استفاده می‌شود. این جدول، به عنوان سومین گزارش‌گیری، از نتایج کاربردی و خروجی‌های برنامهٔ محاسبات کامپیوتر طراحی مکانیکی خط مد نظر خواهد بود. در این حالت، با توجه به این‌که کشش سیم در طول یک سکشن یکسان است، ضمن شماره‌گذاری سکشن‌ها، از ابتدا تا انتهای خطِ مورد نظر، برای هر دو شمارهٔ متوالی پایه‌ها در آن سکشن، یک فلش (SAG) بر حسب متر و در انواع درجه حرارت ممکن داده خواهد شد. از آن‌جایی که فاصلهٔ بین دو پایه متوالی به‌عنوان اسپن واقعی (SPAN) در دماهای مختلف از 10- ,5- ,0 ,... الی 55 ,60 ,65 درجه سانتی‌گراد دارای فلش‌های مختلف خواهد بود، پس کلیهٔ این مقادیر باید در جدول سیم‌کشی نمایش داده شود. جدول (۹ـ۱۶) در صفحهٔ بعد، یک نمونه از جدول سیم‌کشی و مقادیر فلش را، برای اولین سکشن نشان می‌دهد.[۱] همچنین در روش‌های قبلی، با استفاده از استانداردهای دو جلدی وزارت نیرو (اولین چاپ در سال ۱۳۴۸) نیز این مقادیر فلش به‌صورت منحنی‌هایی تحت عنوان «دیاگرام فلش» (Sag Chart)، وظیفهٔ تعیین شل‌شدگی سیم را برای سر سیمبانان در روز سیم‌کشی خط هوایی انجام می‌دهند. امروزه، با استفاده از نتایج محاسبات کامپیوتری جدول‌های سیم‌کشی استخراج می‌شود. همچنین این نرم‌افزارها، می‌توانند انواع منحنی‌های سرد و گرم هادی را به‌صورت یک شابلون طراحی به‌نام «***تمپلت***» با مقیاس استاندارد شده، در صفحه نقشه‌های پلان و پروفیل به‌صورت اشل ارتفاعی 1/500 (برای پروفیل) و اشل طولی 1/2000 (برای پلان) (در محیط نرم‌افزارهای نقشه‌کشی از جمله Auto CAT) نشان دهند. توضیحات بیشتر در مورد تمپلت در فصل دهم داده خواهد شد.

POWEREN.IR

۱ ـ جدول سیم‌کشی صفحهٔ بعد مربوط به پروژه طراحی خط هوایی ۲۰ کیلوولت تغذیه نیروگاه سهند ـ توسط شرکت مهندسین مشاور نیروی آذربایجان (منا) با کد پروژه (MDIXXP003) ـ می‌باشد.

جدول (۹-۱۶): جدول سیم‌کشی و مقادیر فلش برای اولین سکشن

SAG TENSION CALCULATION FOR STRING OF SAHAND P.S 20 Kv S.C.

SECTION 1 (FROM TOWER NO. 1 TO 10) - RULNG SPAN = 61.82 (M) - TOTAL SPANS = 550.00 (M)

CODE NAME : DOG - CROSS SECTION : 118.50 (Sq.mm) - DIAMETER : 14.15 (mm)
WEIGHT : 0.394 (Kg/m) - MODUL ELASTIC.: 7700 (Kg/Sq.m) - TEMP.COEF.: .0000198 (oC)
INITIAL CONDITION : TEMP. = -5.0(oc) - TENSION = 600.30 (kg) - WEIGHT = 1.41 (Kg/m)

TEMPRATURE(oc)		-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
TENSION (KG)		227.4	213.3	201.2	190.8	181.7	173.7	166.6	160.3	154.6	149.4	144.7	140.4	136.4	132.7	129.3	126.2
TOWER	SPAN	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M	SAG M
1																	
	56.00	0.68	0.72	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.96	1.00	1.03	1.07	1.10	1.13	1.16	1.19	1.22
2																	
	49.00	0.52	0.55	0.59	0.62	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.79	0.82	0.84	0.87	0.89	0.91	0.94
3																	
	57.00	0.70	0.75	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.07	1.11	1.14	1.17	1.21	1.24	1.27
4																	
	64.00	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
5																	
	66.00	0.94	1.01	1.07	1.12	1.18	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.48	1.53	1.57	1.62	1.66	1.70
6																	
	64.00	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
7																	
	64.00	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
8																	
	64.00	0.89	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
9																	
	66.00	0.94	1.01	1.07	1.12	1.18	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.48	1.53	1.57	1.62	1.66	1.70
10																	

TOTAL CONDACTOR LENGTH IS= 0.550 (KM)

پیوست شمارهٔ (۴): مهار و انواع آن

موارد کاربرد:

برای حفظ پایداری مکانیکی در طول خط، پایه باید طوری باشد که قدرت تحمل نیروهای وارد بر آن را داشته باشد. گاهی پایه‌ها، قدرت تحمل نیروهای وارده را ندارند و یا محل نصب طوری است که قدرت تحمل پایه، در برابر نیروهای وارد بر آن کم می‌شود (به عنوان مثال زمین شیبدار، زمین باتلاق و...) در این‌گونه موارد از مهار استفاده می‌شود.

I ـ محاسبهٔ نیروی کشش مهار: به‌طور کلی، مهار باید اختلاف نیروی افقی وارد بر پایه و نیروی مقاومت پایه را جبران کند. نیروهای افقیِ وارد بر پایه عبارتند از: نیروی ناشی از زاویه‌دار بودن خط و نیروی ناشی از باد که از طریق سیم و مقره و خود پایه به پایه وارد می‌شود. همان‌گونه که در بند (۹-۹) محاسبه شد، اندازهٔ این نیروها مطابق روش زیر به‌دست می‌آید.

نیروی ناشی از باد روی سیم = $W_{H1} = S_W (W_W \times \rho)$ [Kgf]

نیروی ناشی از باد روی مقره = $W_S = P_W (L \times d \times J)$ [Kgf]

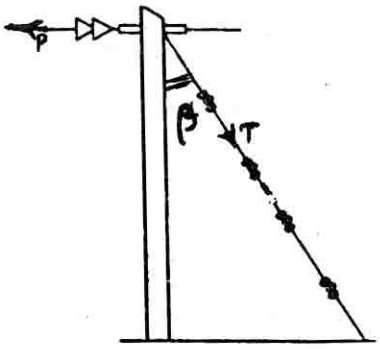
نیروی ناشی از باد روی خود پایه در مرکز ثقل پایه = $W_p = KSv^2$ [Kgf]

نیروی ناشی از باد روی خود پایه در رأس پایه = $W_{H2} = \frac{W_P \times h}{h_1}$ [Kgf]

نیروی ناشی از زاویه‌دار بودن خط = $Ta = 2HSin\frac{\alpha}{2}$ [Kgf]

با توجه به شکل (۲۱-۹) نیروی کشش مهار(T) مطابق رابطه زیر است:

$$T = \frac{P}{Sin\beta} \quad [Kgf]$$



شکل (۲۱-۹): مهار ساده

که در رابطه بالا، P اختلاف برآیند تمام نیروهای بالا با نیروی مقاومت پایه می‌باشد. بنابراین با

محاسبهٔ این نیروها و داشتن زاویه مهار نسبت به پایه، می‌توان نیروی کشش مهار را محاسبه کرد. برای محاسبهٔ برآیند نیروهای وارد بر پایه، بدترین حالت که هم‌جهت بودن نیروهاست، در نظر گرفته می‌شود. بنابراین نیروی برآیند (M) مطابق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$M = M_H2 + ۳ \times (W_H1 + W_S + T\alpha) \qquad [Kgf]$$

ممکن است، به جای نصب یک مهار از چند مهار استفاده شود. در این‌صورت، مجموع قدرت تحمل آن‌ها محاسبه خواهد شد.

در نهایت، نیروی کشش مهار یا مهارها مطابق رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$T = \frac{M - Kf}{Sin\beta} \qquad [Kgf]$$

در رابطه بالا، f قدرت اسمی تحمل کشش پایه و K تعداد پایه‌های مورد استفاده می‌باشد.

در صورتی‌که محل نصب مهار به پایه، با محل نصب سیم به پایه، اختلاف ارتفاع داشته باشند، نیروی کششی که مهار باید تحمل کند، T' است. T' از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$T' = \frac{h_۱}{h_۲} \times \frac{M - Kf}{Sin\beta}$$

$h_۱$ = ارتفاع محل نصب سیم از پای تیر

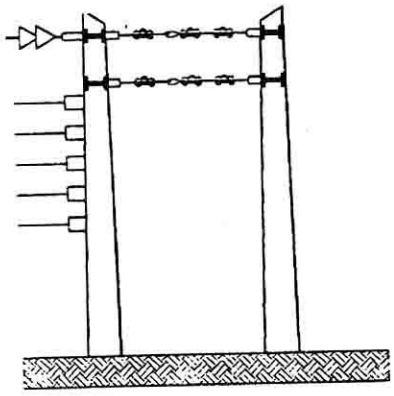
$h_۲$ = ارتفاع محل مصب مهار از پای تیر

II ـ انواع مهار

انواع مهار از نظر چگونگی نصب و محل استفاده، عبارتند از:

۱ ـ ***مهار ساده یا معمولی:*** در این حالت، پایه توسط سیم فولادی گالوانیزه‌ای که از یک طرف به سر پایه و از طرف دیگر به میلهٔ مهار و میلهٔ مهار به صفحه یا کندهٔ مهار در زمین متصل می‌باشد، مهار می‌شود. این‌نوع مهار برای مقابله با نیروی برآیند کششِ سیم وارد بر پایه در ابتدا، انتها، زوایا، سرپیچ‌ها و سرانشعابات خطوط استفاده می‌شود. همچنین زمانی‌که پایه روی تپه نصب می‌شود، برای مقابله با نیروی کشش وارد از طرف تپه به پایه، در جهت عکس شیب تپه، از این نوع مهار استفاده می‌شود. شکل (۲۴ـ ۹).

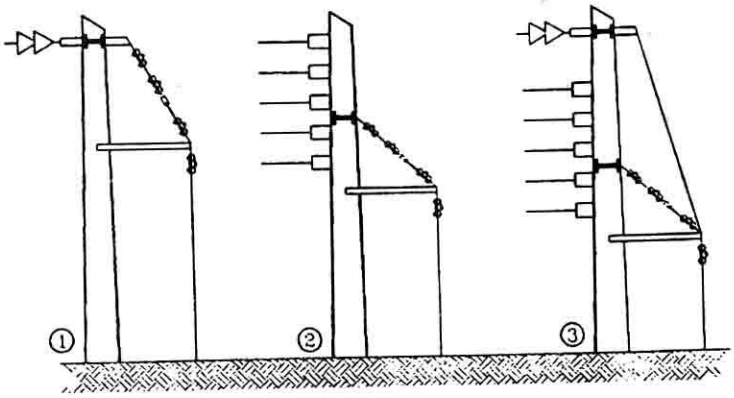
۲ ـ ***مهار اسپن (تیر به تیر):*** از این نوع مهار، برای جاهایی که، برای نصب مهار معمولی در پشت تیر، فاصله کافی موجود نیست، استفاده می‌شود. در این‌حالت، پایه توسط پایهٔ دیگری که قبلاً نصب شده، مهار می‌شود. دو پایه به طور معمول توسط سیم فولادی مهار به هم متصل می‌شوند، ولی در جاهایی‌که زیبایی محل مد نظر باشد، می‌توان برای اتصالِ دو پایه، از تعدادی نبشی استفاده کرد.



شکل (۲۲-۹): مهار اسپن (تیر به تیر)

۳ـ مهار پیاده رویی (زانویی): از این نوع مهار، در جایی استفاده می‌شود که فاصله‌ای بیش از یکی دو متر در پشت تیر، برای نصب مهار موجود نباشد. نصب این مهار مطابق شکل (۲۳-۹) است.

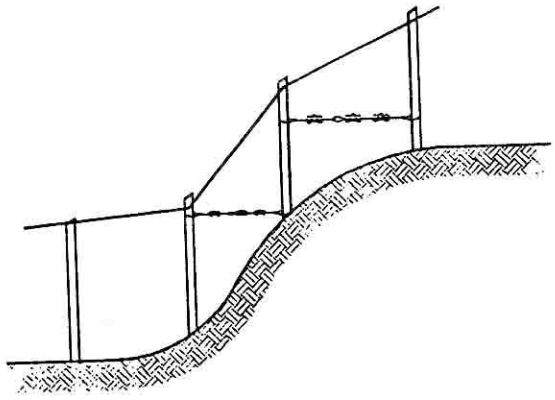
۴ ـ مهار مرکب: برای استحکام بیشتر مهار، می‌توان از این سیستم استفاده نمود که در واقع ترکیبی از مهار اسپن و مهار ساده می‌باشد.



شکل (۲۳-۹): مهار پیاده‌رویی یا زانویی

۵ـ مهار سر: این نوع مهار، شبیه مهار اسپن است. با این تفاوت که به جای نصب تیر مهار، از تیرهای خط برای نگهداری یکدیگر استفاده می‌شود. به عنوان مثال وقتی خط از روی تپه‌هایی با شیب تند عبور می‌کند، هر تیر باید برای استحکام بیشتر و جلوگیری از پایین کشیده شدن، مهار شود. در این مواقع، هر

تیر توسط تیر دیگر و مانند شکل (۲۴- ۹) مهار می‌شود.



شکل (۹-۲۴): مهار سر

III ـ مشخصات سیم‌های مهار:

جدول (۹-۱۷): مشخصات سیم‌های مهار

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

فصل دهم:

مسیریابی و نقشه‌برداری خطوط هوایی توزیع

۱۰ـ۱ ـ مقدمه

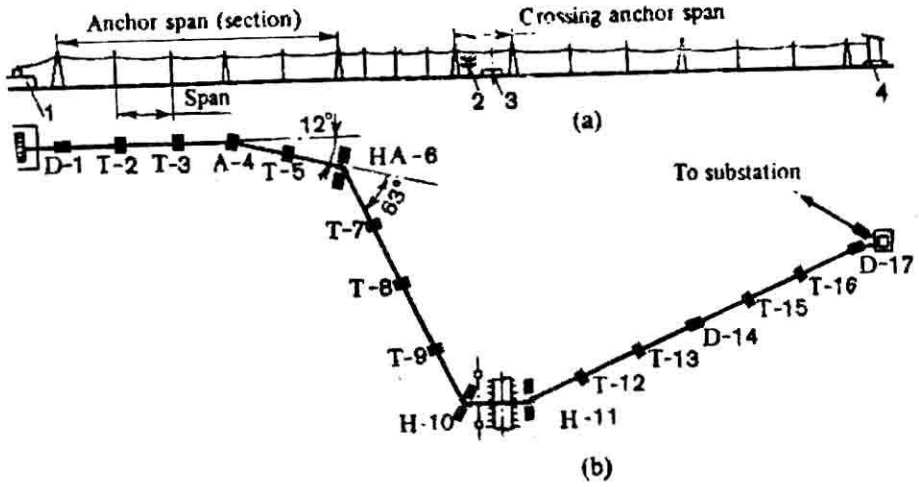
از مدت‌ها قبل، «پیکتاژ» یا تعیین مرکز پایه‌ها توسط میخ‌کوبی (به‌نام پیکه) برای حفر چاله و نصب پایه‌ها، همزمان با شروع اجرای خط هوایی (با استفاده از دوربین نقشه‌برداری توسط شخصی به نام پیکتاژچی) متداول بود. امروزه، پیاده کردن مسیر عبور خطوط هوایی توزیع و همچنین تعیین محل و نوع پایه‌ها برای تیرهای بتونی، چوبی و یا فلزی از روی نقشهٔ طرح به‌عنوان یک فعالیت مهم قبل از اجرای خطوط توسط شرکت‌های توزیع مد نظر قرار می‌گیرد. با مهندسی شدن روش‌های اجرایی در شرکت‌های توزیع، ضرورت تهیهٔ طرح، انجام مسیریابی و نقشه‌برداری برای پروژه‌های توسعه و احداث خطوط هوایی توزیع براساس استانداردهای مورد قبول وزارت نیرو، مورد توجه قرار گرفته است، به شکلی که انتخاب مسیر بهینه و ارایهٔ نقشهٔ ***«پلان و پیکتاژ»*** از مسیر خط هوایی و یا در صورت اهمیت تهیه ***«پلان و پروفیل»*** از طرح خط پیشنهادی، مورد توجه کلیهٔ دفاتر طراحی قرار گرفته است. در این راستا، مسیریابی، از جمله اقدامات اولیهٔ عملیات طراحی یک خط هوایی توزیع به‌شمار می‌رود و به‌علت نقش مهمی که در چگونگی قرارگیری خط هوایی در ارتباط با سایر تأسیسات و محیط و عوارض مجاور خود از یک‌طرف و تأثیر قابل توجهی که در هزینه اجرای آزادسازی و تحصیل مسیر و بهره‌برداری خط از طرف دیگر دارد، مورد بررسی دقیق قرار خواهد گرفت.

برداشت مسیر تعیین شده توسط عملیات نقشه‌برداری و سپس تعیین محل، آرایش پایه‌ها و اسپاتینگ خط براساس نتیجه‌های طراحی مکانیکی، جزء فعالیت‌های تکمیلی هر پروژه طرح خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت بوده و یکی دیگر از ملزومات طراحی و اجرای صحیح پروژه‌هاست. نقشه‌بردار، مجموعهٔ اطلاعات لازم برای طراحی و ارایه نقشه اجرایی خطوط هوایی توزیع را در اختیار مسئول و طراح پروژه قرار می‌دهد.

در اینجا لازم به توضیح است که مسیریابی و نقشه‌برداری خطوط هوایی توزیع، از خطوط انتقال فشار قوی و فوق‌توزیع دارای تفاوت ویژه‌ای خواهد بود، زیرا خطوط هوایی توزیع، علاوه بر در دسترس بودن جهت تعمیر، بهره‌برداری و بازدید محلی از خطوط، باید به‌راحتی شرایط برقراری و

فروش انشعاب جدید برق را نیز فراهم نماید و ضمنِ در نظر گرفتن کلیهٔ مسایل حریم تا حد امکان به نزدیک‌ترین محل تحویل و توزیع انرژی برق به مصرف‌کنندگان قرار گیرد.

در این فصل، پس از بیان اجمالی از دستورالعمل مسیریابی و انتخاب مسیر بهینه برای خطوط توزیع، به تعیین اصول برداشت مسیر به‌صورت پیکتاژ و یا تهیهٔ پلان و پروفیل پرداخته می‌شود. در آخر نیز، از چگونگی انجام نقشه‌برداری برای خطوط توضیح مختصری داده خواهد شد.



شکل (۱ـ۱۰): a) پروفیل و b) پلان (پیکتاژ) یک خط هوایی ۲۰KV

۱ ـ پست توزیع
۲ ـ خطوط مخابرات
۳ ـ جاده
۴ ـ پست ترانسفورماتوری

D: پایه‌های کششی و انتهایی
T: پایه‌های توخطی و یا میانی
H: پایه‌های دوبل (دوتایی)
A: زاویه روی پایه‌ها

۱۰ـ۲ ـ مسیریابی

به طور کلی، مسیریابی خطوط هوایی توزیع، یک کارتجربی بوده و باید در عمل آن‌را آموخت. یک مسیریاب، از طریق عملی تجربه خود را بالا می‌برد. روش مسیریابی کلاسیک نبوده و هر اکیپ مسیریاب، با استفاده از تجربیات و امکاناتی که در اختیار دارد عمل می‌کند. ولی از آن جا که مهم‌ترین هدف در مسیریابی خطوط هوایی توزیع، اقتصادی‌تر کردن پروژه با انتخاب مسیر مناسب و با بهره‌برداری بهتر و استفادهٔ بیشتر از خطوط برای توزیع انرژی در نزدیکی مصرف‌کنندگان می‌باشد، رعایت نکات فنی و محیطی و در نظر گرفتن مسایل اقتصادی در انتخاب مسیر در امر طراحی، اجرا و نگه‌داری خطوط توزیع نقش به‌سزایی دارد و هدف اصلی در امر انتخاب مسیر که همان نزدیک‌تر کردن

محل تحویل انرژی به مصرف‌کنندگان می‌باشد، دست یافتنی‌تر خواهد بود. در این فصل، سعی شده تا ضمن ارایهٔ مراحل کلی مسیریابی و انتخاب گزینه‌های مختلف برای مسیر خط، نکات اساسی را که باید در انتخاب مسیر و موارد فنی محیطی و مسایل حریم رعایت کرد و در نظر گرفت شرح داده شود. در ضمن مسایلی که در انتخاب مسیر بهینه در مناطق مختلف دشت و بیابان، تپه ماهور و کوهستانی باید رعایت نمود، و یا مشکلات و مسایل عبور خطوط از معابر و مناطق شهری و روستایی مطرح شده و با توجه به کلیه این موارد، چگونگی ارایه طرح خطوط هوایی توزیع در کنار جاده‌ها به‌دلیل راحتی انشعاب‌گیری، امکان نصب ترانس‌های هوایی در نزدیکی محل مصرف و فروش انشعابات برق جدید و نیز راحتی بازدید، سرویس و تعمیرات خطوط هوایی توزیع با گستردگی وسیع آن در سطح کلیه شهرها و روستاهای سطح کشور نیز بیان گردیده است.

اساسی‌ترین پارامتر در مسیریابی خطوط توزیع، یافتن کوتاه‌ترین راه در حالت ایده آل بین مبدا و مقصد و به‌عنوان مصرف‌کننده با حداقل فاصله می‌باشد، زیرا با نزدیک‌تر شدن مسیر تغذیه، علاوه بر کاهش تلفات، از میزان تجهیزات لازم از قبیل پایه، هادی، مقره، یراق‌آلات از یک‌طرف و هزینه‌های طراحی، نصب و نگه‌داری آن از طرف دیگر کم خواهد شد، ولی در عمل، به‌علت وجود عوارض متعدد در طول مسیر و همچنین لزوم رعایت اصول فنی و بهره‌برداری، مسیر طولانی‌تر خواهد کرد.

خطوط هوایی توزیع که انرژی برق را از محل مبدا به محل مصرف انتقال می‌دهند، باید از مسیر مناسبی عبور کنند. در واقع، برای اتصال دو نقطه مسیرهای مختلفی وجود دارد و باید مسیری انتخاب نمود تا نکات زیر تا حد امکان در آن رعایت شده باشد:

۱ ـ کوتاه‌ترین طول برای خط انتقال انرژی انتخاب شود،

۲ – از ایجاد زوایای بی‌مورد دوری شود،

۳ ـ از مناطق کوهستانی خیلی سخت و دامنه‌های با شیب تند عبور نشود،

۴ ـ مناطق شهری و توسعهٔ آن‌ها (فرودگاه، اتوبان، مناطق مسکونی با تراکم زیاد، شهرک‌ها و غیره) در نظر گرفته شود،

۵ ـ در عبور از مناطق نظامی، میدان‌های رزمی و یا سایر مناطقی که نیروهای مسلح دولتی مستقیم یا غیرمستقیم در آن فعالیت دارند، مسایل ایمنی رعایت شود،

۶ ـ جاده، راه‌آهن، اتوبان، لولهٔ آب، گاز، نفت و کلیه موارد از این قبیل با زاویه مناسب (تا حد امکان نزدیک به ۹۰°) قطع شود تا علاوه بر جلوگیری از القای ولتاژ، از به‌کار بردن پایهٔ بلند دوری شود.

۷ ـ در صورت موازی بودن خط با جاده، راه‌آهن، راه‌های اصلی، اتوبان‌ها، لولهٔ آب، نفت، گاز،

خطوط تلفن و تلگراف، حریم تأسیسات پست به خط و طول موازی کنترل شود تا القای ولتاژ، از مقدار مجاز بیشتر نگردد (رعایت حریم نسبت به یکدیگر براساس فصل هشتم ضروری خواهد بود).

۸ ـ دره‌ها، رودخانه‌ها و مسیل‌ها در نقاط کم عرض و با زاویهٔ مناسب (تا حد امکان نزدیک به ۹۰°) قطع شود تا در اثر سیلاب‌ها، خطراتی برای خط وجود نداشته باشد.

۹ ـ به طور معمول، خطوط هوایی توزیع، در کنار راه‌ها و جاده‌ها احداث می‌شوند تا علاوه بر سهولت نصب در زمان اجرا، سرویس و نگه‌داری و تعمیرات آن‌ها به‌راحتی انجام پذیرد.

۱۰ـ خطوط هوایی توزیع، بیشتر از نزدیکی محل مصرف و نقاط با احتمال درخواست برق، عبور می‌کنند تا به سهولت با نصب پست‌های توزیع هوایی متقاضیان را تغذیه نمایند.

۱۱ـ احتمال توسعهٔ بعدی در مسیر خط وجود دارد، پس باید طرح‌هایی راکه در آینده (در مسیر) از نظر خطوط و یا پروژه‌های دیگر ممکن است اجرا شود، بررسی نمود.

۱۲ـ جنس خاک، نوع زمین، مقاومت مکانیکی و احتمال رانش زمین مسیر خط بررسی شود.

۱۳ـ در مناطق کوهستانی، به مسالهٔ ریزشی بودن کوه‌ها توجه شود.

۱۴ـ مسیر نباید از باتلاق‌ها، شالیزارها و مناطق با احتمال آبگرفتگی و مسیل‌های فصلی عبور کند.

۱۵ـ مسیر خط نباید از مناطقی که دارای هوای آلوده بوده و باعث آلودگی زیاد مقره‌ها می‌شود، بگذرد.

۱۶ـ برای دوری از وارد کردن خسارت به کشاورزان و منابع طبیعی، سعی شود با باغات، جنگل‌ها و درختان و غیره خط تلاقی کمتری داشته باشد زیرا در حریم درجه یک خط، باید تمام ساختمان‌ها تخریب و درختان قطع شود (برای توضیحات بیشتر به فصل هشتم حریم خطوط هوایی توزیع مراجعه شود).

بنابراین، بعد از تعیین شدن محل مبدا و مقصد خط هوایی، با توجه به نکات بالا، مسیر تعیین می‌گردد که مراحل آن بیان می‌شود.

۱۰ـ۳ـ بازدید از مسیرهای انتخاب شده

برای تعیین مسیر، ابتدا می‌توان روی نقشهٔ معمولی آن منطقه و باتوجه به عوارض زمین مانند جاده‌ها، کوه‌ها، درّه‌ها، رودخانه‌ها، موانع دیگر شهری و... مناسب‌ترین مسیر را حدس زد و مشخص نمود. در این رابطه می‌توان از تکنیک‌های دیگری از جمله استفاده از عکس‌های هوایی و یا ماهواره‌ای از منطقه مورد نظر و یا استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نقشه‌های تهیه شده توسط

سازمان نقشه‌برداری کشوری برای مناطق مختلف کشور (با اشل $\frac{۱}{۲۵۰۰۰}$) و نیز مناطق داخل محدودهٔ بیشتر شهرها (با اشل $\frac{۱}{۲۰۰۰}$) استفاده نمود. از مزایای این نقشه، با توجه به دارا بودن و داشتن مختصات جهانی (UTM)، امکان کاربرد دستگاه‌های مکان‌یاب جغرافیایی (G.P.S) از طریق ماهواره وجود خواهد داشت. با این وسیله، می‌توان طول و عرض، شمارهٔ نقطه و حتی در موارد دقیق‌تر، ارتفاع نقاط را ثبت و سپس از صفحهٔ نمایش کامپیوتر روی نقشه جغرافیایی آن مشاهده نمود.

در عصر حاضر، تحوّل بزرگ کاربرد تکنولوژی ماهواره‌ای (سنجش از دور)، به استفاده از روش‌ها و سیستم‌های مدرن فتوگرامتری منجر گردیده و دانش نقشه‌برداری را تحت تأثیر به‌سزایی قرار داده است. تهیه نقشه‌های پلان و پروفیل مسیر خطوط و ارتباط آن‌ها با سیستم اطلاعات جغرافیایی (G.I.S)، به‌تدریج جایگزین دیگر روش‌های سنتی خواهد شد. این روش‌های جدید، به طور عملی دقت و سرعت تهیهٔ مسیر و نقشه‌ها را فزونی داده، آثار مثبتی در رابطه با مسایل فنی و اقتصادی طرح‌ها به‌دنبال خواهد داشت.

در مرحلهٔ بعد، مسیر به‌دست آمده را در محل، مورد بازدید و بررسی قرار می‌دهند تا عوارض طبیعی و مصنوعی از نزدیک دیده شده و اصلاح‌های لازم در این مرحله نیز اعمال گردد. برای بررسی چند مسیر، در صورت وجود آلترناتیوهای مختلف (برای خطوط خارج از مناطق شهری)، بازدید از محل و صعود به بلندترین کوه یا تپهٔ مجاور در هر مسیر الزامی است به‌طوری که بتوان از آن‌جا دید خوبی برای ارزیابی مسیر به‌دست آورد. برای شناخت کامل مسیرها باید با پیمایش (حرکت در مسیر)، کلیهٔ اطلاعات فنی مثل طول مسیر، تعداد زوایا، نوع خاک، میزان نزدیکی به جاده‌های اصلی و فرعی و چگونگی دسترسی به آن‌ها، برای سرویس و نگه‌داری و موقعیت عوارض مثل رودخانه‌ها، باغات، مسیل‌ها، مزارع، راه‌آهن، فرودگاه و خطوط انتقال فشار قوی، خطوط تلفن موجود و حتی طرح‌های ساختمانی و عمرانی و مناطق نظامی و... به‌دست آیند.

پس از بررسی و تطبیق مسیر عبور خط که بر روی نقشه‌ها، عکس‌های هوایی یا ماهواره‌ای (برای مناطق بیرون شهری) تهیه شده با موانع طبیعی و مزروعی و غیره، با اعمال اصلاحات لازم به کمک نقشه‌های جغرافیایی در دسترس، شامل نقشه‌های استانی ۱/۵۰۰۰۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی و یا نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور (و احتمالاً کمک گرفتن از عکس‌های هوایی و غیره) مسیر مورد نظر روی نقشه تصحیح می‌شود و موانع خاص در مسیر نیز تعیین می‌گردد. در این‌جا به نکاتی چند دربارهٔ تعیین و انتخاب مسیر بهینه اشاره می‌گردد.

۱۰-۴- انتخاب مسیر بهینه

پس از استخراج اطلاعات در مرحلهٔ بازید مسیرها، با توجه به مسایل اجرایی و نیز دسترسی

جهت تعمیر و نگه‌داری خط، مقایسه‌های فنی و اقتصادی جهت انتخاب مسیر بهینه به‌عمل می‌آید و پس از نهایی شدن مسیر، اقدامات بعدی برای تثبیت نقاط زاویه و آغاز عملیات نقشه‌برداری به منظور برداشت پلان مسیر و نیز پروفیل آن صورت می‌گیرد. از آن‌جایی‌که معیار انتخاب مسیر بهینه، به‌طور مستقیم به نوع و طول مسیر بستگی دارد، باید نکات زیر را مورد توجه قرار داد:

۱ ـ در شبکه‌های توزیع، به‌طورکلی انتخاب مسیر درکنار جادهٔ اصلی مناسب‌تر خواهد بود. در این حالت، حتی با وجود پیچ‌های تند و متعدد و زوایای بسیاری که موجب طولانی‌تر شدن خط نیز می‌گردد، به‌دلیل نزدیکی پایه‌ها و امکان افزایش تعداد پایه‌های زاویه و کششی، این ایده اجرا می‌گردد. راه‌حل مناسب برای مناطق خارج از شهر، یافتن کوه‌ها و تپه‌های کم‌ارتفاع است که قابلیت نصب خطوط به‌صورت پایه‌های دوتایی و سه‌تایی دارای فاصله بیشتر بین هادی‌ها و نیز امکان افزایش فلش و در نتیجه کشش کمتر در اسپن‌های بزرگ را خواهد داشت. بدیهی است که در این صورت، عبور خط از ارتفاعات با شیب‌های ملایم مناسب بوده و رعایت مسایل زمین‌شناسی، رانش زمین، سنگ‌های غلطان، آب‌ها و مسیل‌های فصلی، اهمیت فراوانی خواهد داشت.

در انتخاب مسیر بهینه باید دو هماهنگی فنی و زیست‌محیطی به شرح زیر مراعات گردد:

هماهنگی فنی:

- رعایت کلیهٔ حریم‌ها در عبور از موانع و تأسیسات به‌صورت فواصل مجاز قائم و افقی ،
- آسان بودن و امکان اجرا برای جرثقیل و یا حمل تیر به پای چاله ،
- امکان حفر چاله و نوع زمین مسیر خط و پایین بودن هزینه نصب ،
- تأمین ایمنی و قابلیت اطمینان تأسیسات خط ،
- قابل دسترسی بودن جهت سرویس، بازدید و بهره‌برداری خط ، و
- در نظر داشتن محدودیت‌های ارتفاعی و قدرت پایه در انتخاب مسیر.

*** هماهنگی با محیط زیست:**

- دوری از عبور خطوط هوایی از مناطق و معابر تنگ مسکونی و تأسیسات عمومی و آثار باستانی ،
- آسیب نرساندن به محیط طبیعی از جمله جنگل‌ها، پارک‌ها، درختان و فضای سبز ،
- به حداقل رساندن تسطیح زمین، ایجاد جاده‌های فرعی دسترسی ، و
- رعایت مقررات و محدودیت‌های قانونی و عمومی و دیگر حریم‌های مجاز.

مسیر خط هوایی توزیع، باید طوری تعیین و طراحی شود که در برابر شرایط سخت جوی مانند باد، یخ و برف پایداری کند و یا کمتر در معرض آن‌ها قرار گیرد. به‌عنوان مثال، در صورتی که مجبور به عبور خط از مناطق کوهستانی و یخ‌گیر باشیم، خط را می‌توان از قسمت‌هایی عبور داد که بیشترین تابش خورشید را در سال دارند. از عبور خط در مناطق بهمن‌گیر و زمین‌های ریزشی نیز باید دوری نمود و تا حد امکان برای جلوگیری از سقوط خط پایه‌های اضافی، مهارهایی طراحی و در نظر گرفت. در ضمن، باید تا حد امکان از نصب پایه‌ها در نوک کوه‌ها اجتناب کرد.

نوع توپوگرافی و زمین‌شناسی در انتخاب مسیر بهینه نیز دخالت دارد، بنابراین از آن‌جایی که استقامت و پایداری فونداسیون پایه‌ها، مهم‌ترین عامل در پایداری خط است باید مسایلی از جمله موارد زیر را که در پایه و فونداسیون آن می‌توانند تأثیر سویی داشته باشند، مد نظر قرار داد:

- احتمال نشست، ریزش، گسل‌ها و جابه‌جا شدگی زمین
- شیب‌های تند و دره‌های بزرگ و غیرقابل عبور
- زمین‌های نرم، شنی با سطح آب زیرزمینی بالا

۱۰ـ۵ـ استفاده از سیستم G.P.S برای تعیین مختصات نقاط از طریق ماهواره

نقشه‌برداری ماهواره‌ای، یک سیستم تعیین موقعیت جغرافیایی جهانی است که جایگزین تمامی سیستم‌های تعیین موقعیت قبلی شده است. ماهواره‌ها در مدارهایی حول زمین، به‌صورت هدف‌های دارای موقعیت معلوم در آسمان در گردشند. گیرندهٔ مستقر شده روی زمین، در نقطه‌ای نامعلوم، فاصلهٔ نقطه را از تمامی ماهواره‌های قابل مشاهده تعیین می‌کند. پس با داشتن فاصله‌های گیرنده از تعداد سه تا چهار ماهواره یا بیشتر، می‌توان موقعیت گیرنده را به روش ترفیع فضایی تعیین نمود. دقت تعیین موقعیت، به دقت اندازه‌گیری فاصله نقطه از ماهواره بستگی دارد. ماهواره، در حین حرکت در فضا، دو علامت حامل سیگنال ارسال می‌کند (موج L1 و موج L2که دارای دو فرکانس مختلف هستند). گیرنده

G.P.S[1] دو فرکانسه، امواج L1 و L2 را دریافت می‌کند و سپس موقعیت دقیق نقطه مشخص می‌شود.

سیستم G.P.S ، در رابطه با تهیهٔ مختصات نقاط عکس جهت مثلث‌بندی عکس‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای در فتوگرامتری و تعیین دقیق موقعیت نقاط ژئودزی و نقاط شبکه اصلی در پروژه‌های سدسازی و تعیین مختصات نقاط شکست خطوط انتقال نیرو در ابعاد وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه کاربرد دستگاه‌های مکان‌یاب جغرافیایی (G.P.Sها) در برداشت اطلاعات شبکه‌های توزیع کاربرد فراوانی یافته تعیین موقعیت نقاط را به‌راحتی انجام می‌دهند.



GPS دستی با دقت سه متر　　GPS دیفرانسیلی با دقت میلیمتری

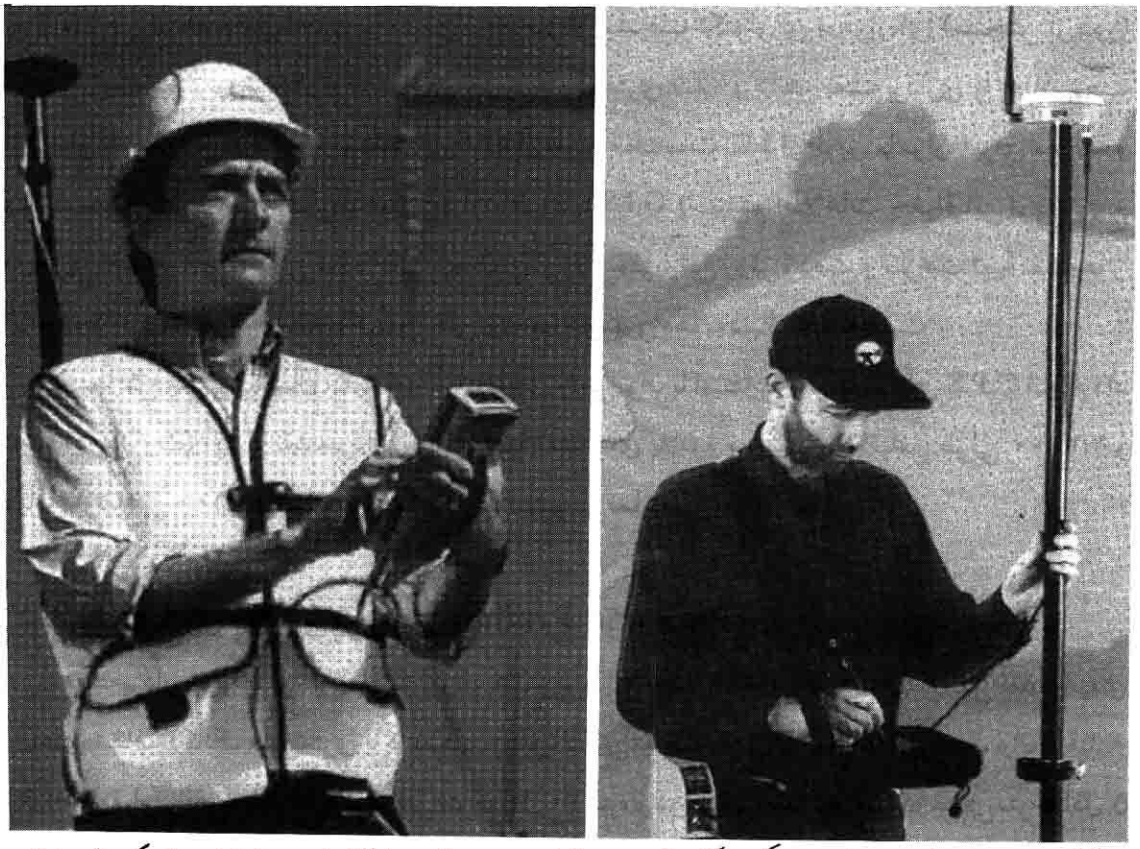
شکل (۲ـ۱۰): انواع دستگاه‌های مکان‌یاب جغرافیایی (GPS)

۱۰ـ۶ـ کاربرد G.I.S در مدیریت شبکه‌های توزیع برق

G.I.S که مخفف Geographical Information System است، از نظر مفهومی، به معنی ترکیب اطلاعات جغرافیایی و آماری مربوط به یک مکان خاص می‌باشد که امکان ملاحظهٔ بانک‌های اطلاعاتی گوناگون را از نظر کیفیت و کمیّت در کنار یکدیگر و در ارتباط با هم به برنامه‌ریزان می‌دهد. بنابراین، ورودی این سیستم، اطلاعات آماری و نقشه‌های تفکیکی یک منطقه خاص، و خروجی آن به‌طور

1- Global Positioning System.

عمده نقشه‌هایی است که اطلاعات آماری را نیز در کنار خود دارد. منظور از نقشه‌های تفکیکی ورودی سیستم، لایه‌های گوناگون نقشه محل است. مثلاً در یک لایه وضعیت ظاهری زمین، در یک لایه نقشه‌های خطوط انتقال، توزیع، پست‌ها و نیروگاه‌ها و در لایه‌ای دیگر، تأسیسات آب و غیره تهیه می‌شود. مثل بیشتر سیستم‌های کامپیوتری، یکی از مهم‌ترین خواص G.I.S این است که می‌توان یک یا چند پارامتر را تغییر داد و بلافاصله تأثیر آن را در دیگر قسمت‌ها ملاحظه کرد. بنابراین، نتایج هر برنامه‌ریزی را می‌توان قبل از اجرا تا حدود قابل اطمینان مشاهده نمود و حالت بهینه را برای هر تغییر انتخاب کرد. داشتن اطلاعات کافی، صحیح و به روز، از ویژگی‌های مهم برای مدیریت بوده و امروزه هر مدیری در بخش کاری خود نیاز به، به‌کارگیری ابزارهای جمع‌آوری و نگه‌داری و به‌هنگام نمودن اطلاعات یعنی وسایل کسب اطلاع و بانک‌های اطلاعاتی را احساس می‌نماید. امروزه کاربرد G.I.S در سراسر کشور به‌عنوان یک وسیلهٔ اطلاعاتی، مورد توجه تمام مسئولین در ارگان‌های اجرایی کشور قرار گرفته که وزارت نیرو، به یقین، از استفاده‌کنندگان مهم آن خواهد بود. G.I.S می‌تواند به عنوان ابزار مدیریت و پردازش اطلاعات وابسته به مکان در کلیهٔ مراحل طراحی، نگهداری و توسعه شبکه به‌طور بسیار مؤثر به‌کار رود. البته در نگه‌داری تجهیزات صنعت برق و منابع انرژی که امکان بهره‌برداری از آن‌ها وجود دارد، مانند نیروگاه‌ها، خطوط هوایی توزیع شبکه‌های فشار قوی و شبکه‌های شهری نیز مفید خواهد بود.



شکل (۳-۱۰): استفاده از دستگاه مکان‌یاب جغرافیایی در برداشت اطلاعات جغرافیایی شبکه‌های توزیع

۷ـ۱۰ـ نقشه‌برداری

نقشه‌برداری، یکی از ملزومات طراحی و اجرای پروژه‌هاست و نقشه‌بردار، مجموعهٔ اطلاعات لازم برای طراحی و اجرای خطوط هوایی را به‌صورت نقشه در اختیار مسئولین مربوطه قرار می‌دهد. نقشه‌برداری خطوط انتقال، عبارت است از برداشت عوارض طبیعی و مصنوعی جزیی زمین مانند تپه‌ها، دره‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پایه‌ها و غیره. به‌طورکلی، نقشه‌برداری، اندازه‌گیری طول، ارتفاع و زاویه بین دو امتداد است.

پس از تثبیت مسیر خط روی زمین و انعکاس آن در نقشه‌های موجود، اکیپ نقشه‌بردار، عملیات نقشه‌برداری را در طول مسیر خط آغاز می‌کنند. این عملیات، که برای تعیین محل دقیق نقاط زاویه و اندازه‌گیری طول سکشن‌ها و در نهایت ارایهٔ نقشه‌های پلان و پروفیل مسیر صورت می‌گیرد باید از استاندارد مناسبی برخوردار باشد تا بتوان از نقشه‌های تهیه شده در امر اجرای پروژه‌های خطوط هوایی توزیع با اطمینان خاطر استفاده نمود.

توسعهٔ بسیار سریع علوم نقشه‌برداری، شامل نقشه‌برداری زمینی، فتوگرامتری (هوایی و ماهواره‌ای)، کارتوگرافی، ژئودزی و دورسنجی در سال‌های اخیر، جهان دانش را بر آن داشت تا در سیستم‌های اندازه‌گیری نقشه‌برداری تحولاتی جدّی به‌عمل آورد.

از جملهٔ این دگرگونی‌ها، فاصله‌سنجی به‌روش نوری، لیزری (Disto)، الکترومغناطیس و غیره را می‌توان نام برد. همچنین تحول بزرگ دورهٔ معاصر از پیشرفت تکنولوژی ماهواره‌ای (سنجش از دور) منجر به استفاده از روش‌ها و سیستم‌های مدرن فتوگرامتری شده و دانش نقشه‌برداری را چنان تحت تأثیر قرار داده که این روش‌ها و استفاده از G.P.S (تعیین مختصات نقاط از طریق ماهواره) برای مطالعه و تهیه نقشه‌های طرح‌های خطوط هوایی و ارتباط آن با G.I.S (سیستم اطلاعات جغرافیایی)، به‌تدریج جایگزین نقشه‌برداری سنتی شده است. به طورکلی و عملی، این روش، دقت و سرعت تهیهٔ نقشه‌ها را بالا برده و آثار مثبتی در رابطه با مسایل فنی و اقتصادی پروژه‌ها به‌دنبال داشته است.

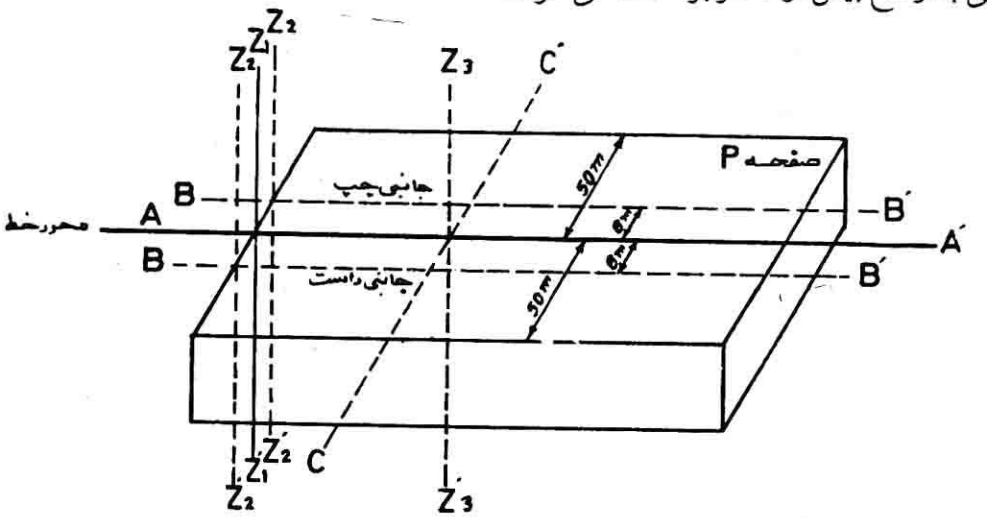
پیمایش مسیر و اتصال آن به شبکهٔ سراسری را می‌توان با استفاده از سیستم‌های G.P.S انجام داد که در این‌صورت، اکیپ نقشه‌برداری، برای تهیهٔ نقشه‌های پلان و پروفیل (به مقیاس طولی ۱:۲۰۰۰ و مقیاس ارتفاعی ۱:۵۰۰) اقدام به نقشه‌برداری مسیر می‌نمایند.

۸ـ۱۰ـ ورق‌های پلان و پروفیل (Plan and Profile)

نقشه‌بردار باید مجموعهٔ کاملی از اوراق پلان و پروفیل حاصل از اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده را روی ورق‌های شفاف (کالک میلی‌متری یا کاغذهای «کرونافلکس» یا مشابه آن) با اندازه‌های یکسان ارایه دهند.

در مقیاس افقی، باید هر یک سانتی‌متر معادل ۲۰ متر، و در مقیاس عمودی هریک سانتی‌متر معادل ۵ متر منظور گردد (مگر این‌که از قبل، به صورت دیگری تعیین شوند) و پروفیل را در بالای پلان رسم نمود.

مفهوم پلان و پروفیل‌های طولی، جانبی و عرضی را می‌توان به‌صورت شکل (۱۰-۴) نشان داد. یک قسمت از پوستهٔ زمین را، به شکل مکعب مستطیل در نظر می‌گیریم. اگر بُعد قائم ZZ´ باشد، آن‌چه که در صفحه AA´ و Z_1Z_1' است پروفیل طولی، صفحه BB´ و Z_2Z_2' پروفیل جانبی، صفحه CC´ و Z_3Z_3' پروفیل عرضی و صفحه افق (صفحه P) پلان است. پلان باید حدود ۵۰ متر از هر طرف مسیر را شامل شود (یعنی عرض پلان ۱۰۰ متر) و در مناطقی که با فاصلهٔ ۸ متر از محور خط اختلاف ارتفاع در هر طرف یک متر باشد پروفیل جانبی تهیه می‌شود (در باند ۱۶ متری پروفیل جانبی، هر عارضهٔ طبیعی یا مصنوعی با ارتفاع بیش از ۱ متر برداشت می‌شود).



شکل (۴-۱۰): نمایش مقاطع پروفیل‌های طولی، جانبی و عرضی (پلان)

۹-۱۰-مقیاس یا اشل

فاصله‌های طبیعی و عوارض زمین، با یک نسبت مشخص شده روی نقشه پیاده می‌شوند. که این نسبت را، مقیاس نقشه "Scale" می‌گویند. این مقیاس، اغلب به‌صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\text{مقیاس} = \frac{\text{فاصلهٔ دو نقطه روی نقشه}}{\text{فاصلهٔ افقی همان دو نقطه روی زمین}}$$

به عنوان مثال اگر مقیاس نقشه‌ای $\frac{۱}{۵۰۰۰}$ باشد، یعنی هر سانتی‌متر روی نقشه، برابر ۵۰ متر روی زمین است. تمام نقشه‌ها و عکس‌های هوایی، دارای مقیاس هستند و مقیاس نقشه‌های هر طرح براساس شرایط آن طرح و نیاز مشاورین آن انتخاب می‌شود.

در مورد نقشه‌های خطوط انتقال، دو مقیاس را تعیین کرده‌اند که در تمام طرح‌ها استفاده می‌شود:

۱ - مقیاس طولی: $\frac{۱}{۲۰۰۰}$

۲ - مقیاس ارتفاعی: $\frac{۱}{۵۰۰}$

خطا:

خطاهای ممکن عبارتند از: خطای دوربین‌ها، خطای اندازه‌گیری و برداشت، خطای تراز کردن وسایل، خطا در استقرار دوربین، خطای ترسیمی در پیاده کردن نقاط روی کاغذ و...

خطای ترسیمی، از بقیهٔ خطاها مهم‌تر است که به دقت نقشه‌کش و قطر نوک مداد یا راپیت بستگی دارد. برای ماهرترین نقشه‌کش، این خطا ۰/۱ میلی‌متر است ولی به طور معمول، مجاز آن‌را ۰/۲ میلی‌متر در نظر می‌گیرند. با توجه به خطای مجاز ۰/۲ و مقیاس‌ها خواهیم داشت:

خطای ارتفاعی مجاز = ۰/۲ × ۵۰۰ = ۱۰۰mm = ۱۰cm

خطای طولی مجاز = ۰/۲ × ۲۰۰۰ = ۴۰۰mm = ۴۰cm

که این دو مقدار، مقادیر مجاز خطا در اندازه‌گیری‌های ارتفاع و طول روی زمین است.

۱۰ـ۱۰ ـ قوانین تهیهٔ پلان و پروفیل

برای هماهنگی و یکنواختی در نقشه‌های مسیر خطوط انتقال انرژی، سازمان نقشه‌برداری جمهوری اسلامی ایران، قوانینی تنظیم کرده که با توجه به آن‌ها، پلان و پروفیل تهیه می‌شود؛ این موارد مهم عبارتند از:

۱ ـ ***نوع کاغذ:*** کالک میلی‌متری

۲ ـ ***ابعاد کاغذ:*** طول ۲ متر، عرض برای مسیر کوهستانی ۷۵ سانتی‌متر و برای مسیر دشت ۳۵ سانتی‌متر (به هر نقشه با ابعاد بالا یک Sheet گویند.)

۳ ـ ***سربرگ:*** اطلاعاتی از قبیل شماره صفحه، نام پروژه، نام منطقه، ولتاژ خط، نوع سیم اصلی و حداکثر کشش مجاز سیم، اسپن معادل طراحی، مقیاس ارتفاعی، مقیاس طولی، مقدار کیلومتر مسیر در آن صفحه، شمارهٔ پایه‌های آن صفحه، تاریخ تهیه و نام شرکت‌های کارفرما، مشاور و پیمانکار در آن نوشته شده و در سمت چپ نقشه پلان و پروفیل واقع می‌شود. شکل (۱۰ـ۵) حاوی بیشترین اطلاعات لازم بوده و استفاده از آن، متداول‌تر است.

۴ ـ ***ضخامت خطوط:*** از ۰/۱۳ تا ۰/۴ میلی‌متر، بسته به مورد و طبق استاندارد.

۵ ـ ***ارتفاع کلیهٔ نقاط:*** فاصله بین ایستگاه‌ها، شمارهٔ ایستگاه‌ها، طول مسیر و فاصلهٔ بین پایه‌های بین پلان و پروفیل، و شماره و قدرت و ارتفاع پایه، نوع آرایش سر تیر (دیتیل اجزایی) و نوع فونداسیون، در بالای پروفیل نوشته می‌شود.

۶ ـ ***پاشنهٔ نقشه:*** در ابتدای هر برگ، مقدار ۱۰۰ متر از برگ قبلی تکرار می‌شود.

۷ ـ **MATCH-LINE:** خطی است که در انتهای یک Sheet و در ابتدای Sheet بعد (بعد از پاشنهٔ نقشه) رسم می‌شود و با تطبیق آن دو، یک نقشه پیوسته به وجود خواهد آمد.

۸ ـ ***پایه‌های مخابراتی و رادیو تلویزیونی:*** این پایه‌ها تا فاصلهٔ ۳کیلومتری و فرودگاه‌ها (فاصله و

زاویه آن‌ها) تا فاصلهٔ ۵ کیلومتری خط باید روی نقشه مشخص شوند.

۱ـ۱۰ـ۱۰ـ علایم:

علایمی که در نقشه‌ها به‌کار می‌روند به دو دستهٔ زیر تقسیم می‌شوند:

الف) علایم پروفیل: علایمی که در پروفیل به‌کار می‌روند محدود بودند و فقط برای بیان ارتفاع موانع و پروفیل جانبی، جاده و... به‌کار می‌روند؛ در جدول (۱ـ۱۰) به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است.

ب) علایم پلان: علایمی که در پلان استفاده می‌شوند، نشان‌دهندهٔ تمامی عوارض طبیعی و مصنوعی زمین است. در پلان، ممکن است به‌جای علامت، کلمهٔ انگلیسی آن نوشته شود که در جدول (۲ـ۱۰) این علایم نشان داده شده است. شکل (۶ـ۱۰) نیز نمونه‌ای از پلان و پروفیل را نشان می‌دهد.

CLIENT: ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN
MINISTRY OF ENERGY
شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل

TITLE
PLAN & PROFILE
OF
20 KV TRANSMISSION LINE
OF
TABRIZ WATER SUPPLY PROJECT
SECTION
TOWER NO 1 TO 33
KM 0+000 TO 1+950

NO	DATE	REVISION	CHECKED	APPROVED
D				
C				
B				
A	75.6.17	تعریض جاده‌ها LYNX کنترل اسپن ها		

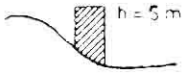
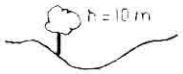
شرکت توزیع برق آذربایجان شرقی

SURVEYING DEPARTMENT	DATE	TRAN. DEPARTMENT	
ROUTE SELETED BY.			
SURVEYED BY. F. POUR SINA SOFI ZADEH		DESIGNED BY. K.RO SHAN- MILLANI	
DROWN BY. Y. SOFI ZADEH		CHECKED BY. K.ROSHAN MILLANI	
CHECKED BY.		APPROVED BY. A.GOGANI VASH	

SCALE: ELEV = 1:500 / LONG = 1:2000	DRAWING NO T.T.W - 100 - 01	SHEET NO 1 OF 3

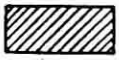
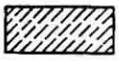
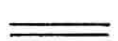
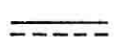
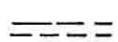
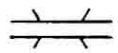
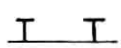
شکل (۵ـ۱۰): یک نمونه از سربرگ متداول در نقشه پلان و پروفیل

جدول (۱ـ۱۰): علایم پروفیل

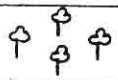
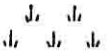
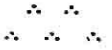
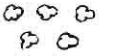
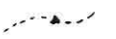
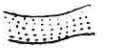
نام	علامت
مقطع سیم خطوط برق یا تلگراف که مسیر خط را قطع نمایند.	⊙
پروفیل جانبی راست	C – R
پروفیل جانبی چپ	C – L
جاده (زیر مقطع جاده‌ها شوره‌زده مسدود)	
مقطع یک مانع در محور خط و مقدار ارتفاع آن	
ارتفاع درختان	
مقطع رودخانه، آبگینه، مرداب، نهر کانال و ..... در محور خط	

POWEREN.IR

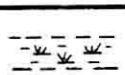
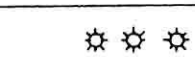
جدول (۲-۱۰): علائم پلان - نقشه‌برداری خطوط

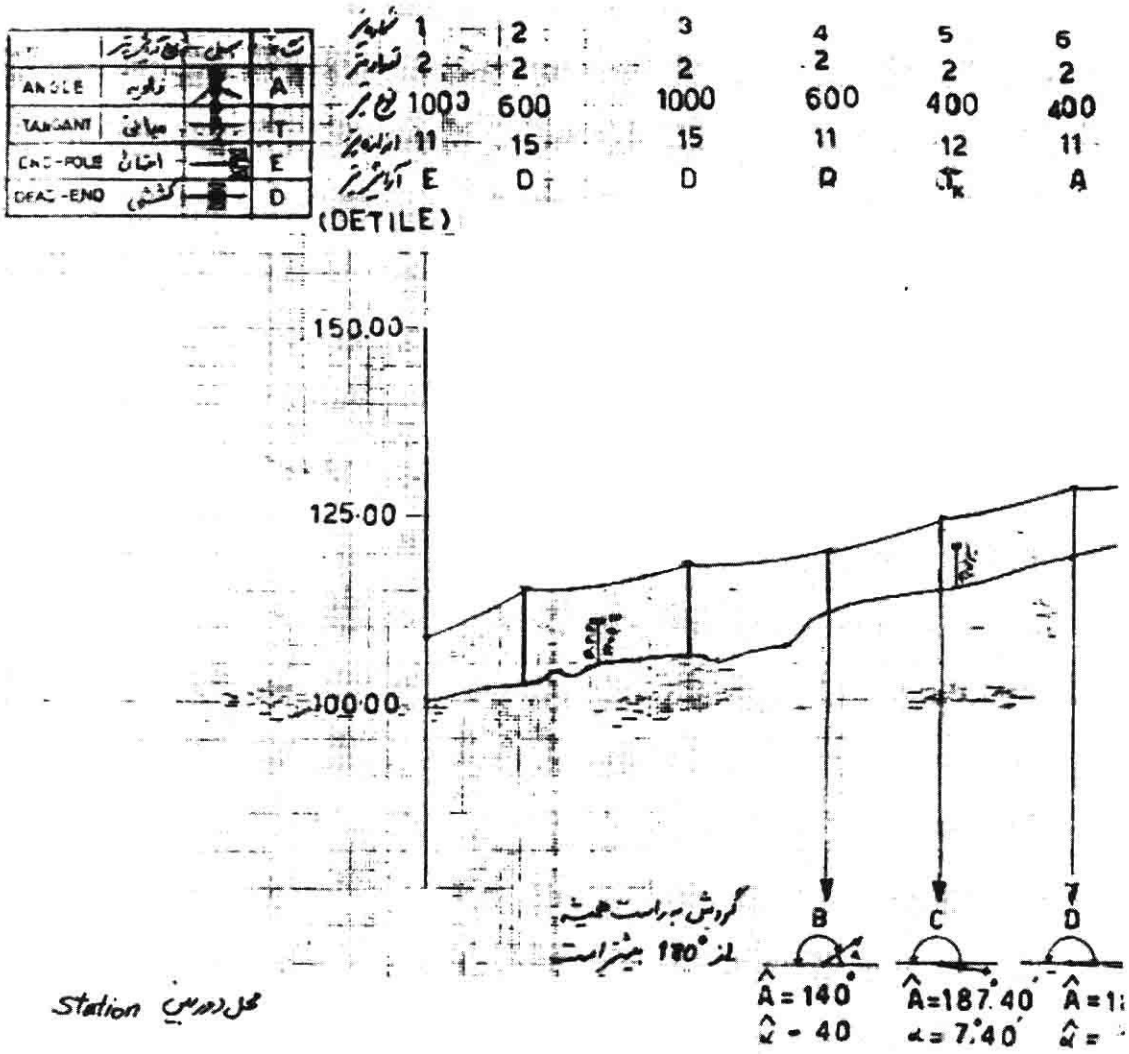
نام	علامت	نام
Building		ساختمان
Religious building		اماکن مذهبی
Ruin		خرابه
Wall		دیوار
Railway		راه‌آهن
Asphalted road		راه‌آسفالته
Unsurfaced road		راه شوسه
Wheel drive road		راه جیپ رو
Footpath		راه مالرو
Bridge		پل معمولی
Limit		حد
Wire fence		سیم خاردار
Hedge		پرچین
Fence		نرده
Pipe line		خط لوله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

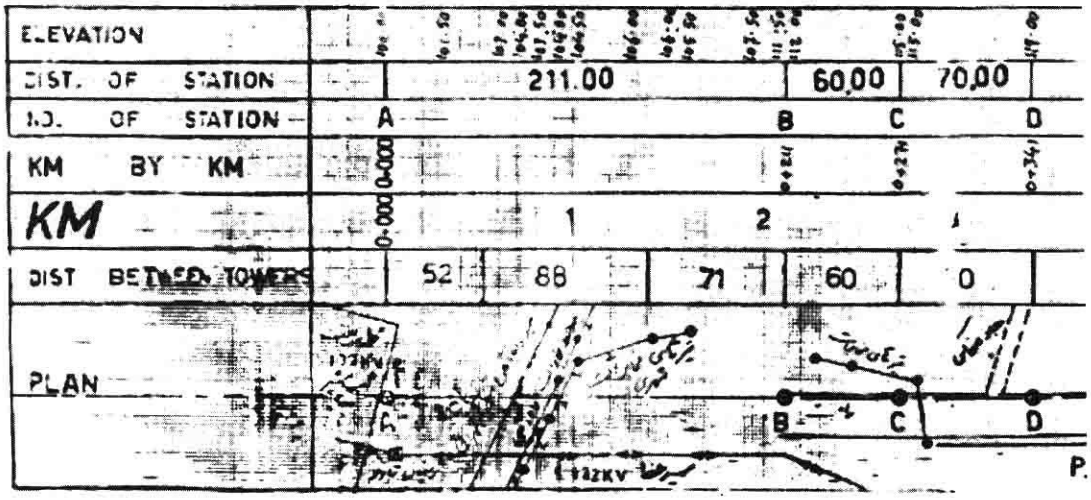
دنباله جدول (۲ـ۱)

نام	علامت	نام
Pylon		پایه
Trees plantation		درختکاری
Cultivated land		زمین مزروعی
Lawn		چمن
Forest		جنگل
Bush		بوته‌زار
Palm grove		نخلستان
Vine yard		تاکستان
Rice plantation		شالیزار
Tea plantation		چایکاری
Cotton plantation		پنبه‌کاری
River		رودخانه
Canal		کانال
Stream		نهر
Water course		آبریز
Dyke		بند
Dyke		آبندان
Flood way		مسیل

دنباله جدول (۱ـ۱۰)

نام	علامت	نام
Swamp		باتلاق
Lagoon		مرداب (ماناب)
Qanat		رشته قنات
Deep well		چاه عمیق
Well		چاه
Spring		چشمه
Pool		استخر
Stream with trees		جوی با درخت
Boundary		مرز
Contours		منحنی میزان
Rock		صخره
Cutting		بریدگی
Cemetery		گورستان
Spot height	584.9	نقطه ارتفاعی
Roper B.M		بنچ مارک
Poligon station		رئوس پیمایش
Trig. point		نقطه مثلث بندی

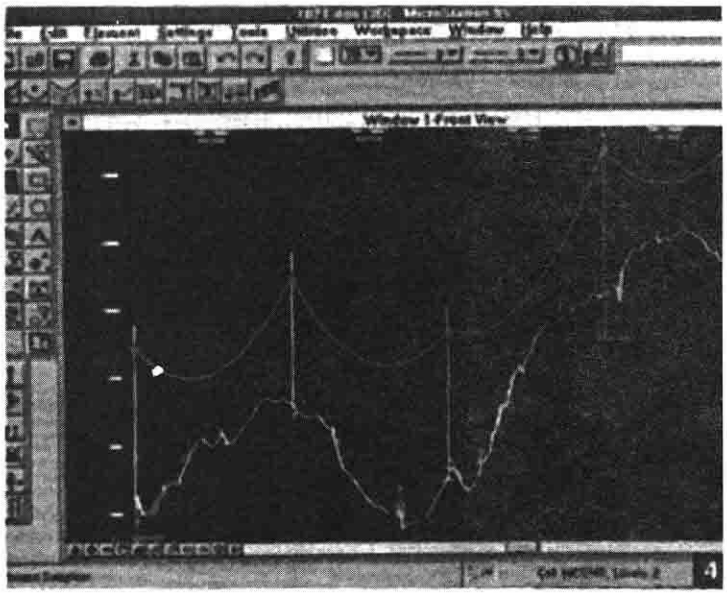




شکل (۶ـ۱۰) : نمونه‌ای از پلان و پروفیل خط هوایی ۲۰ کیلوولت

۲ ـ ۱۰ـ۱۰ـ برنامهٔ کامپیوتری رسم پلان و پروفیل مسیر خط و اسپاتینگ

پس از عملیات نقشه‌برداری و برداشت کلیهٔ اطلاعات و مشخصات عوارض موجود در محور مرکزی و همچنین باند مورد نیاز عبور خط، این اطلاعات به عنوان ورودی برنامه کامپیوتری رسم پلان و پروفیل کامپیوتری مورد استفاده قرارگرفته و در خروجی، کلیهٔ نقشه‌های کامپیوتری پلان و پروفیل مسیر خط توسط پرینتر یا پلاتر ترسیم می‌شود. لازم به یادآوری است که این نقشه‌ها برای اسپاتینگ (پایه‌گذاری)، به دو صورت دستی یا کامپیوتری مورد استفاده قرار می‌گیرند که حاصل آن، نقشه‌های پلان و پروفیل اسپاتینگ شدهٔ مسیر خط می‌باشند.



شکل (۷ ـ ۱۰): رسم پروفیل و پایه گذاری توسط نرم‌افزار کامپیوتری

۱۱ـ۱۰ ـ پایه‌گذاری روی پروفیل

۱ـ۱۱ـ ۱۰ ـ تهیه تمپلت

پس از آماده شدن نقشه پروفیل و پلان مسیر، توسط نقشه‌بردار، تعیین اسپن معادل طراحی، پارامتر کاربردی سیم و حداقل ارتفاع پایه توسط مهندس طراح برای پایه‌گذاری روی پروفیل، ***تمپلت*** (فلش) تهیه می‌شود و از آن استفاده می‌شود. تمپلت از جنس پلاستیک مخصوصی به‌نام سولوئد شفاف است که روی آن، منحنی‌هایی رسم شده است. منحنی‌هایی که روی تمپلت رسم می‌شوند عبارتند از:

الف) منحنی گرم: در این منحنی، برای رعایت فاصلهٔ مجاز سیم تا زمین، حداکثر فلش ممکن در نظر گرفته می‌شود. بنابراین منحنی گرم براساس حداکثر درجه حرارت و مدول

الاستیسیته نهایی و پیری سیم رسم می‌شود.

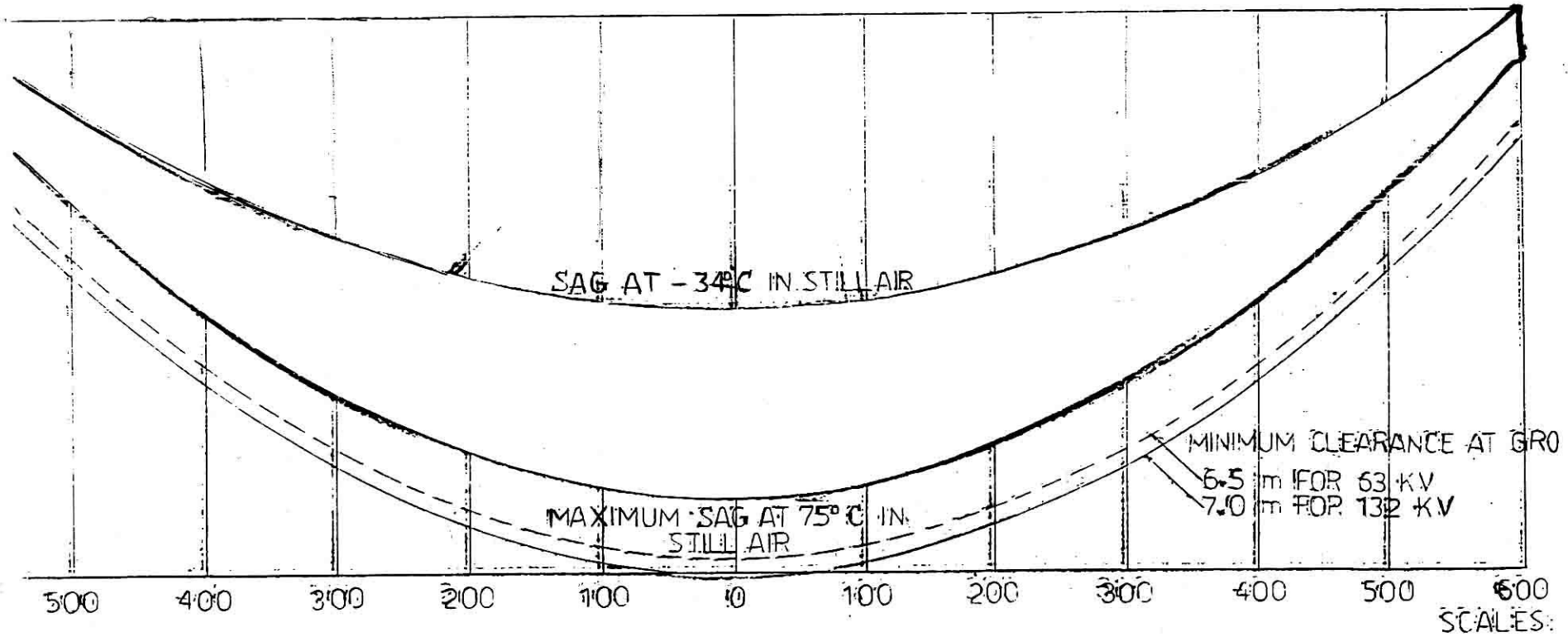
ب) **منحنی فاصلهٔ مجاز سیم تا زمین:** این منحنی، همان منحنی گرم است که به اندازهٔ h به سمت پایین آورده شده است (h فاصلهٔ مجاز سیم تا زمین در حداکثر فلش است).

ج) **منحنی سرد:** برای کنترل نیروی بالا برنده، حداقل فلش اولیه و انحراف زنجیره مقره از منحنی سرد استفاده می‌شود این منحنی، در کمترین درجه حرارت بدون یخ و باد، با در نظر گرفتن مدول الاستیسیته اولیه رسم می‌شود.

د) **منحنی معمولی:** این منحنی، در درجه حرارت معمولی منطقه و مدول الاستیسیتهٔ نهایی و پیری سیم رسم می‌شود.

هـ) **منحنی محل پایه استاندارد:** منحنی تعیین محل پایهٔ استاندارد، زیر منحنی فاصلهٔ مجاز سیم تا زمین قرار می‌گیرد و به‌گونه‌ای است که طول خطوط قائم بین این منحنی و منحنی گرم، در تمام نقاط منحنی برابر اولین طول پایه استاندارد است.

شکل (۱۰-۸): نمونه‌ای از تمپلت برای سیم آلومینیوم فولاد "لینکس" را نشان می‌دهد



۲ـ۱۱ـ۱۰ـ چگونگی پایه‌گذاری روی پروفیل

در پایه‌گذاری روی پروفیل، تعیین محل پایه موردنظر است که با توجه به موقعیت زمین و طول اسپن معادل و تعیین ارتفاع پایه با توجه به اطلاعات و محدودیت‌های گفته شده، صورت می‌گیرد. به شکلی که از نظر اقتصادی بهترین حالت باشد برای شروع پایه‌گذاری، اولین پایه، پایهٔ کششی مناسب در نظر گرفته می‌شود و سپس برای تعیین محل پایه‌های بعدی، به اندازهٔ اسپن معادل طراحی از پایه قبلی جلوتر رفته و چنانچه در این نقطه امکان زدن پایه باشد، پایه گذاشته می‌شود و در صورت وجود موانع، باید محل اسپن در جای دیگر به شکلی قرار گیرد که در چهارچوب شرایط محدودکننده قرار بگیرد و اقتصادی باشد. برای این کار و رسم منحنی، دو راه وجود دارد:

الف) اگر به‌دلایلی، محل پایه مشخص و تغییرناپذیر باشد، در آن نقطه، خط قائمی رسم می‌شود و محدودهٔ ارتفاع نقطه نگه‌دارنده برای پایین‌ترین فاز روی آن مشخص می‌شود. اکنون تمپلت روی پروفیل به شکلی جابه‌جا می‌شود که همواره خطوط متعامد پروفیل با خطوط متعامد تمپلت موازی باشند. در این حالت، منحنی گرم به شکلی بین دو پایه قرار می‌گیرد که شرایط زیر را تأمین کند:

- از نقطهٔ نگه‌دارندهٔ پایه قبلی و از یکی از نقاط مجاز نگه‌دارنده، پایه جدید بگذرد.
- منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین، روی تمپلت، با خط زمین پروفیل مماس یا کمی بالاتر باشد.

و در این حالت، منحنی سیم رسم می‌گردد.

ب) اگر محل پایه مشخص نبوده و امکان پایه‌گذاری در نقاط مختلف وجود داشته باشد، تمپلت آن‌قدر روی پروفیل (با حفظ توازی خطوط تمپلت و پروفیل) جابه‌جا می‌شود که:

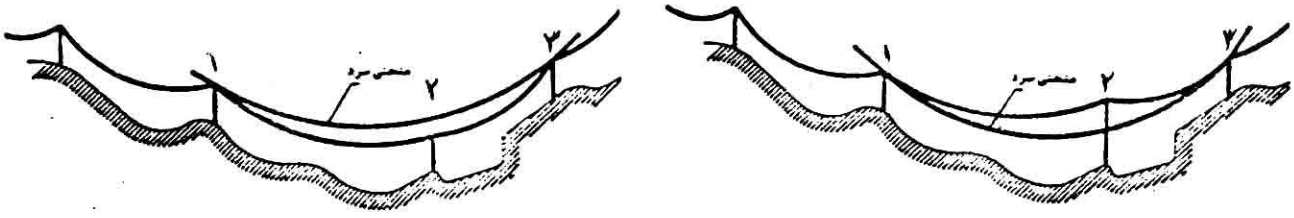
- منحنی گرم، از نقطهٔ نگه‌دارندهٔ سیم در پایه قبلی بگذرد.
- منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین، با خط زمین پروفیل مماس یا کمی بالاتر از آن باشد.

در این حالت، منحنی گرم مکان هندسی نگه‌دارندهٔ سیم در پایه بعدی است. پس از رسم منحنی به‌وسیلهٔ بقیه محدودیت‌ها و عوارض زمین، محل دقیق پایه مشخص می‌شود.

۱۱ـ۳ـ۱۰ـ کنترل‌های پس از پایه‌گذاری روی پروفیل

پس از رسم منحنی، باید روی پروفیل حریم‌های مجاز سیم، اسپن بادگیر و اسپن وزنی کنترل شود تا مقادیر مجاز را دارا باشند. اگر در یک اسپن، پایه‌ای توان تحمل نیروهای وارد بر آن‌را نداشته باشد، از مهار استفاده می‌شود. وجود نیروی بالابرنده، توسط منحنی سرد کنترل می‌شود. بدین‌ترتیب که در

جایی که احتمال وجود نیروی بالا برنده[1] می‌رود، مانند شکل‌های (۱۰-۹-الف) و (۱۰-۹-ب) منحنی سرد دو پایه ۱ و ۳ قرار داده می‌شود.



الف)　　ب)

شکل (۹-۱۰):

اگر این منحنی، از نقطهٔ نگه‌دارندهٔ سیم در پایه ۲ بالاتر باشد، نشان دهندهٔ این است که در شرایط آب و هوایی سرد، در پایهٔ ۲ نیروی بالا برنده وجود خواهد داشت (شکل ۱۰-۹-ب) و در غیر این‌صورت خیر (شکل ۱۰-۹-الف).

در صورت وجود نیروی بالا برنده، باید یکی از کارهای زیر صورت گیرد:

الف) به جای پایهٔ غیرکششی، از پایهٔ کششی که بتواند نیروی بالابرنده را تحمل کند استفاده شود.

ب) در پایه‌گذاری، تغییراتی داده می‌شود که پایهٔ فوق حذف شود.

پ) به تناسب کمبود نیروی قائم، وزنه به زیر زنجیره مقره آویزان شود.

ت) از مهار استفاده شود و یا از پایه با آرایش مقره سوزنی استفاده شود.

در انتهای پایه‌گذاری، در هر سکشن اگر اسپن آخر خیلی کوتاه یا خیلی بلند باشد، می‌توان مقدار اضافی یا کاستی اسپن را بین اسپن‌های دیگر تقسیم کرد و یا از اسپن آخر به‌طرف عکس، شروع به پایه‌گذاری دوباره و مناسب نمود.

در هنگام پایه‌گذاری روی پروفیل، حتی اگر در طول مسیر خط زاویه‌ای وجود نداشته باشد، باید بعد از هر چند پایهٔ غیرکششی، یک پایهٔ کششی به‌عنوان ستون خط نصب کرد.

1- Up Lift

پیوست شماره ۵: آشنایی با اصول نقشه‌برداری خطوط هوایی توزیع

تعریف: نقشه‌برداری، رشته‌ای است از ریاضیات عملی که هدف آن تعیین شکل مسطحاتی و ارتفاعی عوارض زمین و یا قطعات آن است که نتیجهٔ این کار، روی یک صفحه نمایش داده می‌شود. ناگفته نماند که موضوع نقشه‌برداری با توجه به نیاز تعیین می‌شود که می‌تواند نقشه‌برداری یک مسیر، یک منطقه، معدن و یا... باشد.

I - انواع نقشه‌برداری:

نقشه‌برداری در انواع زیر انجام می‌گیرد:

۱ ـ ***پلانیمتری:*** که هدف در آن، تعیین و نمایش وضع مسطحاتی عوارض می‌باشد (y و x).

۲ ـ ***توپوگرافی:*** علاوه بر وضع مسطحاتی، وضع ارتفاعی عوارض نیز مورد برداشت قرار می‌گیرد (x, y, z) که می‌تواند به طریقهٔ زمینی و یا با استفاده از عکس‌های هوایی یا ماهواره‌ای انجام شود (فتوگرامتری).

۳ ـ ***نقشه‌برداری مسیر:*** برای پیاده کردن مسیرهایی از قبیل راه، راه‌آهن، خطوط انتقال نیرو، کانال‌کشی و غیره به کار می‌رود.

۴ ـ ***نقشه‌برداری آب‌ها یا هیدروگرافی:*** در این نوع نقشه‌برداری، از آب‌ها، کف دریاها، رودخانه‌ها، سواحل و غیره نقشه‌برداری می‌کند.

۵ ـ ***نقشه‌برداری ثبتی:*** که هدف آن، تعیین حدود و اراضی و مساحت قطعات ملکی است.

۶ ـ ***نقشه‌برداری نظامی:*** اهداف نظامی را انجام می‌دهد.

۷ ـ ***نقشه‌برداری زیرزمینی:*** که موضوع آن، برداشت یا پیاده کردن نقشه‌های تونل، معدن و غیره است.

در این‌بخش، موضوع و هدف اصلی، مسیریابی و نقشه‌برداری خطوط انتقال نیرو است. برای دستیابی به چنین اهدافی، باید مراحل مختلفی را طی کرد تا به مسیری ایده‌آل رسید که ازنظر اقتصادی و نگه‌داری در حد مطلوب باشد؛ در این رابطه، به چند نکته اشاره شده است:

۱ ـ تهیهٔ طرح و برنامه مقدماتی کار که برای آن، ممکن است از نقشه‌های هوایی یا نقشه‌های قدیمی و کم دقت نیز استفاده کرد و محل ایستگاه‌ها و نقاط را روی یک کروکی نشان داد.

۲ ـ با این کروکی، به محل رفته و از نزدیک وضع ایستگاه‌ها و نقاط امکان دید و شرایط دیگر را بین نقاط بررسی کرده و آن‌را به صورت نهایی تصحیح می‌کنیم (پیمایش مسیر).

۳ ـ اقدام به نقشه‌برداری مسیر تعیین شده و ایجاد نقاط کمکی (پیکتاژ).

۴ ـ محاسبه و سرشکن کردن خطاها.

۵ ـ رسم و تهیه پلان و پروفیل مسیر در مقیاس و مشخصات تعیین شده (مانند کانترها).

مقیاس یا اشل در نقشه:

برای رسم پلان و پروفیل، باید طول واقعیِ برداشت شده را به نسبت معینی کوچک کرد که این نسبت را مقیاس می‌نامیم و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E = \frac{d}{D}$$

در این رابطه:

D = فاصلهٔ افقی دو نقطه روی زمین

d = فاصلهٔ همان دو نقطه در نقشه Scale(e)

وسیله‌ای به‌نام خط کش مقیاس یا اشل "Eeheelle" نیز برای این‌کار مورد توجه می‌باشد.

II - اندازه‌گیری:

از آن‌جا که اندازه‌گیری، اساس عملیات نقشه‌برداری را تشکیل می‌دهد، قبل از شرح، روش‌های مختلف برداشت، روش‌ها و وسیله‌های اندازه‌گیری و بررسی خطا در آن‌ها از نظر خواهد گذشت. سه عنصر اساسی که در نقشه‌برداری مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند عبارتند از :

- فاصله
- ارتفاع
- زاویه

ارتفاع نیز نوعی فاصله است ولی مشخصات آن نسبت به فاصله افقی و مایل متفاوت است. به همین دلیل، در اندازه‌گیری فاصله و ارتفاع از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود.

اشتباه و خطا در نقشه‌برداری:

اغلب، نتیجهٔ هر اندازه‌گیری با اندازهٔ واقعیِ کمیت اختلاف دارد، که این اختلاف ممکن است از دو پدیدهٔ «اشتباه» و «خطا» ناشی گردد.

۱ـ اشتباه: انحرافی است که در نتیجهٔ بی‌توجهی، فراموشی و بی‌تجربگی شخصی به‌صورت‌های مختلفی ظاهر می‌شود، مانند نمونه‌های زیر:

- خواندن غلط مانند خواندن عدد 584 به‌جای 548.
- ایستگاه یا نشانه‌گذاری روی نقطه‌ای به‌جای نقطه دیگر.
- از قلم افتادگی یا برعکس، اضافه ثبت کردن یک یا چند دهنه طول.
- اشتباه در محاسبه و یا فراموش کردن توضیحات تکمیلی.

خوشبختانه، اشتباه به طور معمول بزرگ و قابل تشخیص بوده و با کنترل می‌توان از آن جلوگیری کرد؛ کنترل به دو صورت مستقیم (تکرار اندازه‌گیری) و غیرمستقیم (میانگین گرفتن دو یا چند

اندازه‌گیری) انجام می‌پذیرد.

۲ـ خطا: اگر از اشتباه‌ها جلوگیری کرده یا کاملاً تصحیح نماییم، باز هم در اندازه‌گیری انحراف باقی می‌ماند که خطا نامیده می‌شود.

خطاها، اغلب نتیجهٔ نارسایی و عیب وسیله‌ها، حواس انسانی و یا اختلاف شرایط محیطی اندازه‌گیری با حالت استاندارد بوده و مقدار آن‌ها، به طور معمول خیلی کوچک و بعضی، حتی قابل تصحیح نمی‌باشند و فقط مقدار آن‌ها را می‌توان کاهش داد. به‌طور کلی، خطاهای اندازه‌گیری ناشی از سه عامل زیر می‌باشند:

I - خطاهای دستگاهی که شامل دو گروه خطهای سیستماتیک و خطاهای اتفاقی می‌باشد،

II - خطاهای انسانی که ناشی ازنارسایی حواس انسان مثل حس لامسه، بینایی، شنوایی است،

III - خطاهای طبیعی مثل: اثر شکست نور، اثر انحنای زمین، تغییرات دما، و اثر باد.

III - اندازه‌گیری فاصله:

تعیین فاصله، موضوعی است که در بیشتر کارها و برداشت‌های نقشه‌برداری به‌کار می‌رود و به همین دلیل، از اهمیت زیادی برخوردار است.

دقت اندازه‌گیری طول: اگر در اندازه‌گیری طول L خطایی برابر el وجود داشته باشد، بنا به تعریف نسبت $\frac{el}{L}$ را دقت (خطای نسبی) این اندازه‌گیری می‌نامند. به‌طور کلی، روش‌های اندازه‌گیری فاصله، به دو دستهٔ مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند.

در روش‌های مستقیم، فاصلهٔ مورد نظر به طور مستقیم با واحد طول مقایسه می‌گردد، در حالی که در روش‌های غیرمستقیم، تعیین فاصله با اندازه‌گیری کمیّت‌های دیگر صورت می‌گیرد.

وسیله‌های معمول در روش مستقیم

- **چرخ متر یا قدم:** در کارهای کم دقت مثل شناسایی‌ها و گاهی نیز در برداشت جزییات برای نقشه‌های کوچک مقیاس، می‌توان برای اندازه‌گیری فاصله، از چرخ متر و یا قدم انسانی کمک گرفت.
- **مترهای نواری:** این نوارها از جنس پارچه، پلاستیک و فولاد بوده و کاربردی بسیاری آسان دارند. دقت متر نواری پارچه و پلاستیکی زیاد و در حدود ۱/۱۰۰۰ و دقت مترهای نواری فولادی در حد ۱/۵۰۰۰ می‌باشد.
- **دستگاه‌های طولیاب لیزری:** روش‌های اندازه‌گیری با استفاده از فاصله‌یاب‌های لیزری (Disto) با راهنمای مربوطه.
- **دستگاه طولیاب مادون قرمز:** به نام Distomat و Total Station ها با دقت 1mm+1ppm تا 5mm+5ppm.



شکل (۱۰-۱۰): اندازه گیری دقیق طول با لیزر ـ دیستو

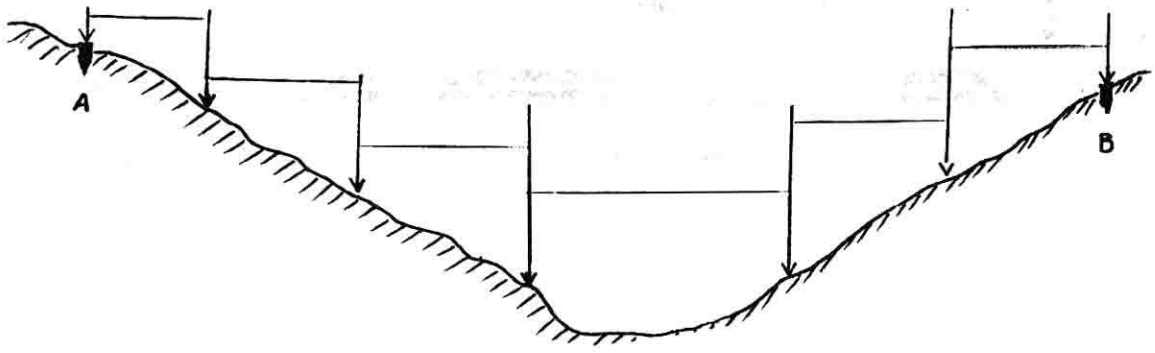
طریقه عمل مترکشی:

به‌طورکلی، برای اندازه‌گیری فاصلهٔ بین دو نقطهٔ A و B که از دهانهٔ متر بزرگ‌تر است، به‌ترتیب زیر عمل می‌شود:

۱ ـ امتداد AB را با گرفتن ژالن و استفاده از شاغول، به قطعاتی که طول آن‌ها در حدود دهانه متر یا کمتر باشد تقسیم می‌کنیم.

۲ ـ طول هر قطعه را با کشیدن متر بین دو نشانه طرفین آن، به‌طور افقی اندازه می‌گیریم.

۳ ـ طول قطعات را به‌ترتیب در دفترچه نوشته و در آخر با هم جمع می‌نماییم.



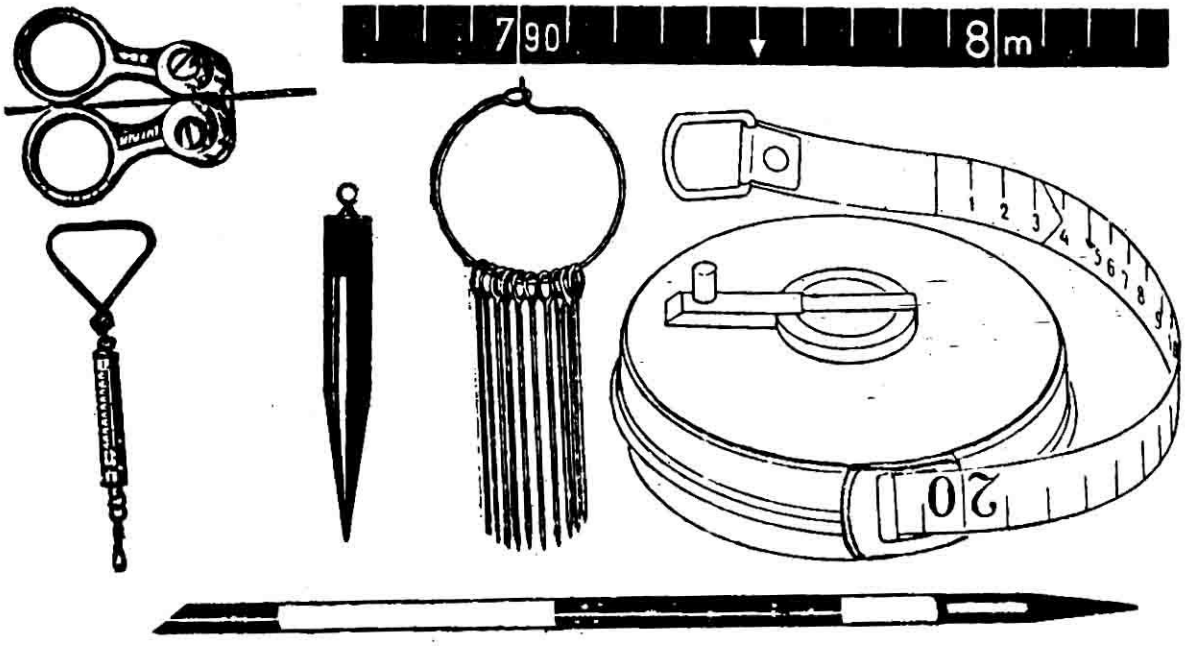
شکل (۱۰-۱۱): اندازه گیری فواصل بزرگ

در زمین‌های شیب‌دار، فاصله را متناسب با شیب زمین، به قطعات کم و بیش کوچک‌تر تقسیم کرده و با استفاده از ژالن و شاغول و کشیدن متر به صورت افقی، طول هر تکه را اندازه‌گیری کرده یادداشت می‌نماییم تا در آخر، با هم جمع کنیم.

وسیله‌های لازم:

مهم‌ترین وسیله‌های لازم برای یک اکیپ مترکشی، مطابق شکل به شرح زیر است:

- متر فلزی به‌طول مناسب برای کار
- دو یا سه عدد ژالن
- دو عدد شاغول
- یک مجموعه از نیزه‌های مترکشی (۱۱ عدد)
- دفترچه یادداشت
- قلاب مخصوص گرفتن متر
- دماسنج و نیروسنج (در مترکشی دقیق)

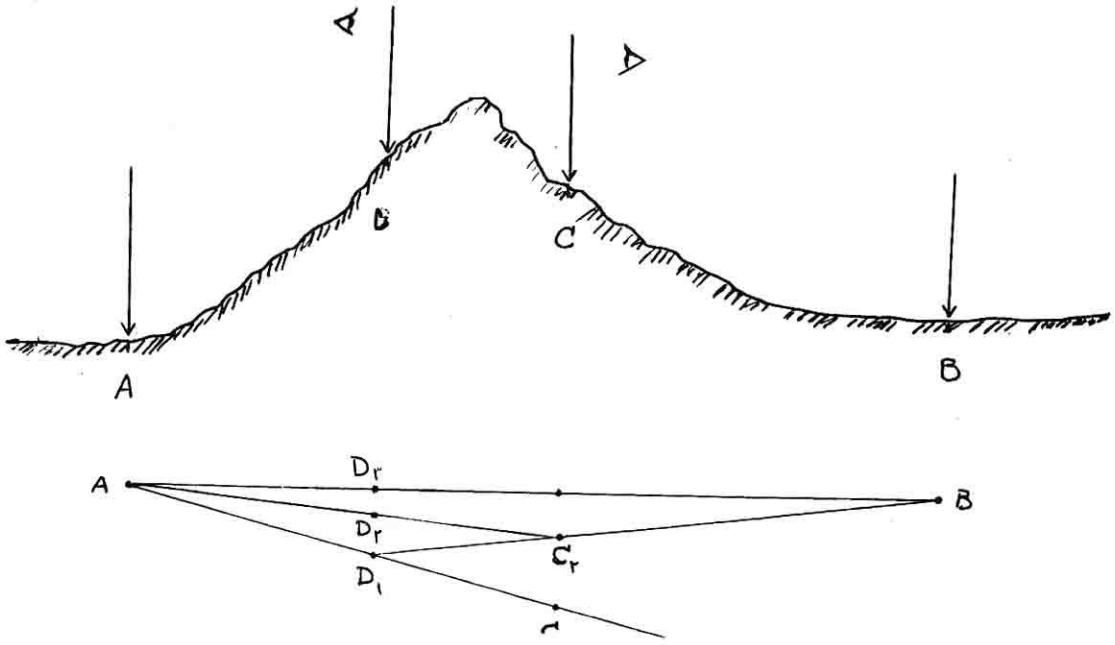


شکل (۱۰-۱۲): وسایل مترکشی

ژالن‌گذاری:

منظور از ژالن‌گذاری، نشانه‌گذاری امتداد مستقیم در فاصلهٔ بین دو نقطه است به منظور پیاده کردن امتداد یا مترکشی آن. ژالن‌گذاری ممکن است با نگاه کردن و قرار دادن ژالن‌ها صورت گیرد به‌طوری‌که یکی پشت دیگری پنهان دیده شود. البته برای این‌کار ممکن است از دوربین‌های نقشه‌برداری نیز استفاده شود.

وقتی بین دو نقطه، مانعی برای دید وجود داشته باشد، ژالن‌گذاری به‌صورت زیر انجام می‌گیرد: دو ژالن قائم روی A و B قرار می‌گیرند. شکل (۱۰-۱۳)؛ دو نفر نیز با ژالن‌های C و D در فاصله‌های مناسبی از A و B قرار می‌گیرند؛ اولی از پشت ژالن C به A نگاه می‌کند و به دومی علامت می‌دهد تا ژالن D را در امتداد AC قرار دهد. در این حالت، دومی از پشت D به B دید رفته و با علامت دادن به اولی، ژالن C را در امتداد DB قرار می‌دهد. پس از دو یا سه بار تکرار این عمل، تمام ژالن‌ها در یک امتداد قرار می‌گیرند.

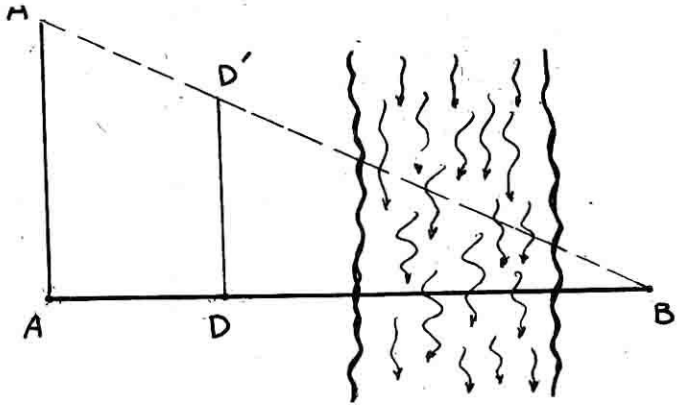


شکل (۱۰-۱۳): اندازه‌گیری فاصلهٔ دو نقطه با وجود مانع

IV - اندازه‌گیری یک فاصله با وجود مانع:

۱ - در شکل (۱۰-۱۴)، A و B در طرفین یک رودخانه قرارگرفته و باید فاصلهٔ بین آن‌ها اندازه‌گیری شود. در همان طرفی از رودخانه که نقطه A قرارگرفته، نقطه دیگری مثل D را در امتداد AB در نظر می‌گیریم. از نقطه A خط عمودی به‌طور معین AA' بر امتداد AB اخراج می‌کنیم. از نقطه A' به طرف B دید رفته و نقطه D' را در این امتداد روی عمودی که از D بر امتداد AB اخراج شده نشان می‌کنیم. با اندازه‌گیری طول‌های DD' و AD و AA' خواهیم داشت:

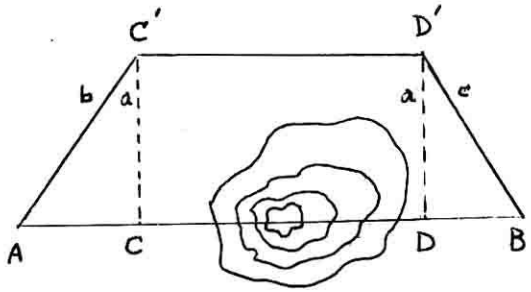
$$\frac{AB}{AD} = \frac{AA'}{AA'-DD'} \Rightarrow AB = AD\,\frac{AA'}{AA'-DD'}$$



شکل (۱۰-۱۴): الف

۲ ـ در شکل زیر روش دیگری نیز برای اندازه‌گیری با مانع دیده می‌شود که در آن، از استخراج عمودهای هم طول استفاده شده است.

به‌جای اندازه‌گیری طول CD ، معادل آن، یعنی $\acute{CD}$ را اندازه می‌گیریم.



شکل (۱۰-۱۴): ب

POWEREN.IR

V - ترازیابی ـ اندازه‌گیری ارتفاع:

تعریف: عملیاتی که برای تعیین ارتفاع یا اختلاف ارتفاع صورت می‌گیرد، ترازیابی نامیده می‌شود.

مراحل عمل، برای تعیین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه به قرار زیر است:

برای تعیین اختلاف ارتفاع نقطه B نسبت به نقطه A به شرح زیر عمل می‌کنیم:

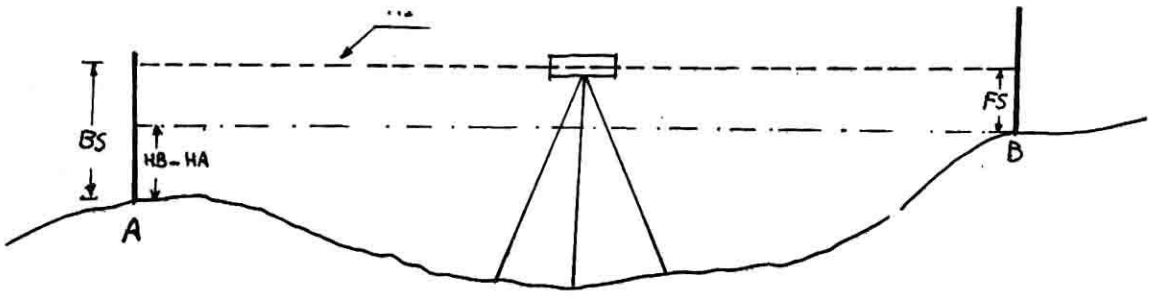
- ترازیاب را به تقریب، به یک فاصله از نقطهٔ A و B روی سه پایه مستقر نموده و تراز می‌کنیم.
- میر را به‌طور قائم روی نقطه A گرفته، با دوربین ترازیاب به آن نشانه روی کرده و درجهٔ آن‌را خوانده و به عنوان قرائت عقب (BS) یادداشت می‌کنیم.

- در حالیکه مراقب هستیم تا تراز دستگاه کماکان برقرار باشد، به سوی میر قائم نقطه B دید رفته، قرائت آن‌را به عنوان قرائت جلو (FS) یادداشت می‌نماییم.
- FS را از BS کم می‌کنیم تا اختلاف ارتفاع بین دو نقطه B و A به‌دست آید.

HI: ارتفاع خط دید

HA و HB ارتفاع نقاط A و B

$$HB - HA = BS - FS$$



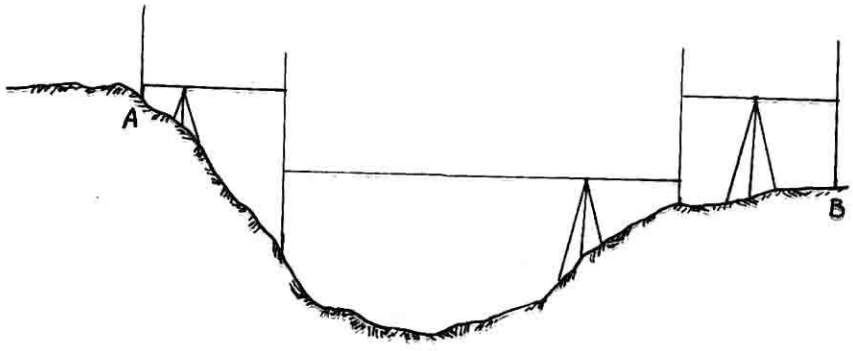
شکل (۱۰-۱۵): تعیین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه

ترازیابی تدریجی

ممکن است اختلاف ارتفاع بین دو نقطه زیاد بوده و یا از طول میر تجاوز نماید. در این صورت، برای تعیین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه، از ترازیابی تدریجی استفاده می‌شود.

$$HB - HA = \sum(BS - FS)$$

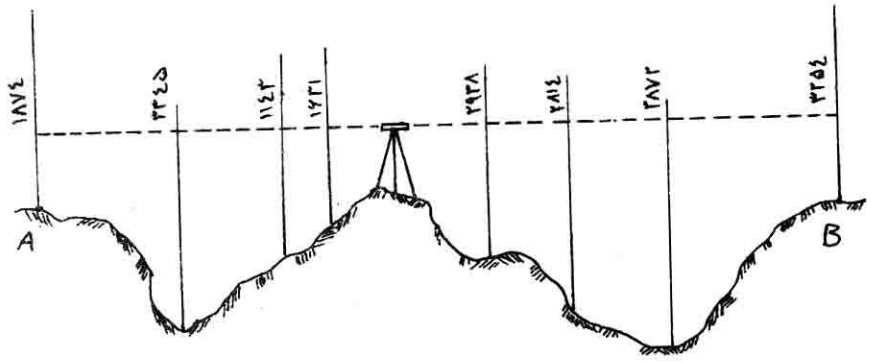
یعنی اختلاف ارتفاع بین A و B ، برابر است با مجموع جبری اختلاف ارتفاع بین نقطه‌های متوالی.



شکل (۱۰-۱۶): ترازیابی تدریجی

ترازیابی نقاط پراکنده یا ترازیابی شعاعی:

در بسیاری از کارهای نقشه‌برداری مثل تاکئومتری و تهیهٔ نیم‌رخ‌های طولی و عرضی با هر استقرار ترازیاب، می‌توان ارتفاع تعداد زیادی از نقطه‌ها را به دست آورد.



شکل (۱۰-۱۷): ترازیابی شعاعی

نقاط	BS	IS	FS	HI	ارتفاع
A	۱۸۷۴			۷۵۳/۵۱۴	۷۵۱/۶۴۰
۱		۲۲۴۵			۷۵۱/۲۶۹
۲		۱۱۴۲			۷۵۲/۳۷۲
۳		۱۶۳۱			۷۵۱/۸۸۳
۴		۲۹۸۳			۷۵۰/۵۷۶
۵		۲۸۱۴			۷۵۰/۷۰۰
۶		۳۸۷۲			۷۴۹/۴۶۲
B			۳۲۴۵		۷۵۰/۲۶۰

VI - اندازه‌گیری زاویه (تاکئومتری):

در نقشه‌برداری و رشته‌های وابسته به آن، به طور معمول زاویه با دو مؤلفه آن مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد:

- زاویهٔ افقی که همان تصویر زاویه بر صفحه افقی است، و
- زاویه قائم یعنی زاویه‌ای که یک امتداد نسبت به صفحه افقی می‌سازد.

به‌طور کلی، کاربرد زاویه‌یاب در سه مرحله زیر امکان‌پذیر است:

- ایستگاه‌گذاری (سانتراژ)،

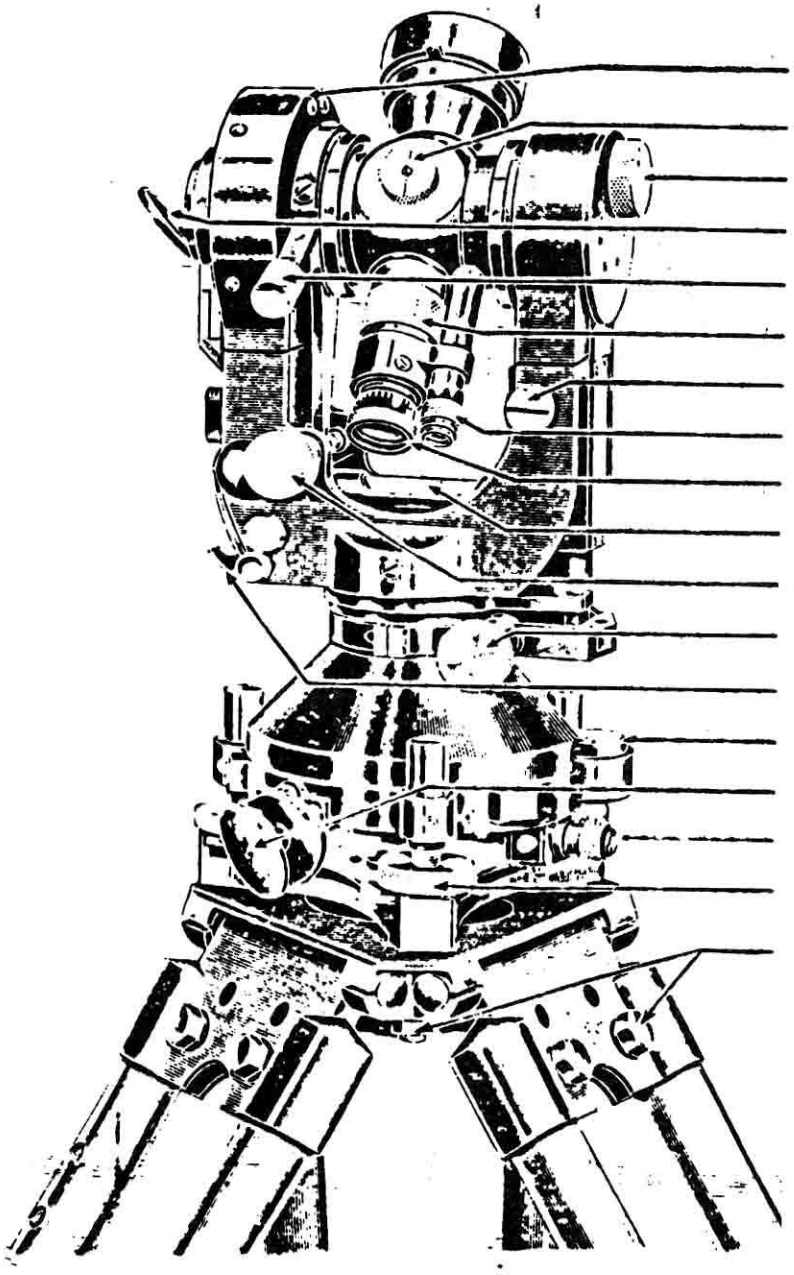
- نشانه روی کردن به نقطه یا نشانه‌ای که روی آن نصب شده و
- خواندن لمب افقی و لمب قائم.

علت‌های مهم اشتباه در اندازه‌گیری زاویه به شرح زیر است:

- بی‌توجهی به هنگام حرکت در اطراف سه‌پایه،
- خواندن یا یادداشت کردن غلط،
- چرخانیدن یک پیچ به‌جای پیچ دیگر، و
- اشتباه در نقطهٔ ایستگاه و یا نقطهٔ قراردادی.

مهم‌ترین خطاهای اتفاقی در زاویه‌یابی، به قرار زیر است:

- خطای خواندن اندازه،
- خطای سانتراژ،
- شاغولی نبودن ژالن روی نقطه،
- تراز نبودن دستگاه ، و
- محکم نبودن وضع سه‌پایه‌ها که باعث تغییر طول سه‌پایه در اثر باد و غیره می‌شود.



سکل (۱۰-۱۸): اجزای ساختمان در زاویه‌یاب WILD T2

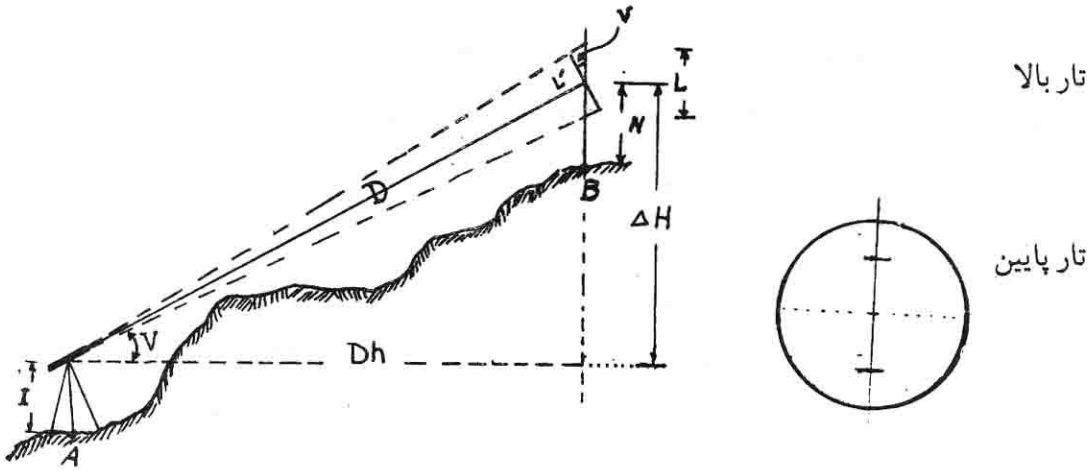
VII - اندازه‌گیری غیرمستقیم فاصله (استادیمتری):

اندازه‌گیری مستقیم فاصله در تمام حالت‌ها قابل استفاده نبوده یا حداقل به‌صرفه نیست. به همین دلیل، برای اندازه‌گیری فاصله از روش غیرمستقیم استفاده می‌کنیم که به شرح زیر است:

I = ارتفاع دوربین

N = خواندن تار وسط به توسط دوربین نقشه‌برداری از روی میر (خط‌کش نقشه‌برداری)

L = اختلاف تار بالا و تار پایین (فاصله مایل)



شکل (۱۰-۱۹): اندازه‌گیری فاصله با استفاده از دوربین و میر نقشه‌برداری

اگر N = I یعنی خواندن تار وسط با بلندی دوربین روی نقطه ایستگاه برابر باشد:

$$H_B - H_A = 100\ L\ SinV.\ CosV = \frac{100L.\ Sin2V}{2}$$

$$\boxed{\Delta H = \frac{1}{2}\ 100\ L\ Sin2V}$$

VIII - برداشت:

منظور از برداشت، تعیین مختصات یا موقعیت نقاطی از زمین است که برای تهیه نقشه و یا شناسایی شکل مسطحاتی و ارتفاعی زمین و عوارض آن در یک منطقه لازمست. برحسب آنکه هدف، تعیین موقعیت مسطحاتی نقاط و عوارض زمین باشد (پلان) یا ارتفاع آن‌ها را بخواهیم (پروفیل) دو نوع برداشت خواهیم داشت.

- برداشت مسطحاتی (پلان)
- برداشت ارتفاعی (پروفیل)

در تهیهٔ یک نقشه مسطحاتی (پلان) فقط به برداشت مسطحاتی، ولی در نقشه‌های توپوگرافی به هر دو نوع برداشت مسطحاتی و ارتفاعی احتیاج داریم.

مراحل مختلف برداشت:

الف) طرح مقدماتی کارکه به طور معمول براساس نقشه‌های کوچک مقیاس (نقشه‌های هوایی) موجود به عمل می‌آید،

ب) شناسایی کروکی طرح مقدماتی را روی زمین برده، محل نقاط را شناسایی می‌کنیم و با در نظرگرفتن توزیع صحیح نقاط و امکان دید بین آن‌ها طرح را تصحیح می‌کنیم.

ج) ساختن نقاط روی زمین به‌صورتی محکم و دقیق که نمونه‌هایی از آن را در مراحل کار می‌توان تهیه کرد.

د) انجام مشاهدات لازم، تکمیل و پرکردن برگه‌های قرائت تاکئومتری (صفحه بعد) که شامل دو قسمت عملیات صحرایی، خواندن مقادیر از زوایای قائم و افقی در نقاط (ایستگاه‌ها) و سپس استخراج دیگر مقادیر در محاسبات دفتری برگه‌ها می‌باشد.

شرکت توزیع نیروی برق .....

استان : ..... (سهامی خاص)

برگ قرائت تاکئومتری (برداشت)

تاریخ اجراء:.....							منطقه و نوع عملیات:.....				
ملاحظات و کروکی	فاصله افقی	ارتفاع	اختلاف ارتفاع +	اختلاف ارتفاع −	زاویه قائم	زاویه افقی	فاصله مایل "L" (قرائت شده) *	مشخصات نقاط	شمارهٔ نقاط

* فاصلهٔ مایل یا قرائت شده = L = (اختلاف تار بالا و پایین) × Cos V × 100

محاسبات دفتری ← → عملیات صحرایی

ـ مراحل عملیات (برداشت) صحرایی

۱ـ کنترل میر یا شاخص

هنگام قرائت شاخص، باید دقت شود که شاخص به‌طور قائم و تراز گرفته شود و برای کنترل این کار توسط عامل (نقشه‌بردار)، از تراز نبشی که میر روی آن نصب می‌شود استفاده می‌گردد.

۲ـ کنترل قرائت زاویه قائم

در نقشه‌برداری، هنگام قرائت زاویه برای کنترل، باید دقت کرد که اگر نقطهٔ خوانده شده پایین‌تر از نقطهٔ دوربین باشد، زاویهٔ قرائت شده از ۹۰ درجه بیشتر و اگر نقطه خوانده شده بالاتر از آن باشد، زاویهٔ قرائت شده از ۹۰ درجه کمتر خواهد شد. لازم به یادآوری است که اگر زاویه قائم قرائت ۹۰ درجه باشد، به این معنی است که نقطه قرائت شده و نقطهٔ ایستگاهی (محل استقرار دوربین) با هم اختلاف ارتفاع نداشته و در یک سطح قرار گرفته‌اند.

۳ـ زاویه افقی

اگر نقاط برداشت شده دارای زاویهٔ افقی صفر یا ۱۸۰ درجه باشند، به این معنی است که نقطه‌های برداشت شده در مسیر قرار دارند و در غیر این‌صورت، نقاط در خارج مسیر (پروفیل) بوده و در پلان رسم می‌شوند.

۴ـ زاویه گردش به راست و گردش به چپ در زاویهٔ افقی

الف) اگر زاویهٔ افقی قرائت شدهٔ ایستگاهی (زاویه) کمتر از ۱۸۰ درجه باشد، مفهوم آن این است که آن زاویه، گردش به چپ بوده یا مسیر، به سمت چپ منحرف شده است.

ب) اگر زاویهٔ افقی قرائت شدهٔ ایستگاهی (زاویه) از ۱۸۰ درجه بیشتر باشد، گفته می‌شود که زاویه، گردش به راست است یا مسیر به سمت راست تغییر یافته است.

۵ـ سانتراژ یا تنظیم و تراز دوربین در ایستگاه

قبل از شروع نقشه‌برداری، باید دوربین را در نقطهٔ ایستگاه سانتراژ کرده و دوربین را در نقطهٔ ثابت بست یا به اصطلاح صفرصفر تنظیم کرد. سپس باید دوربین را باز کرده و به نقطه یا ایستگاه بعدی قراولروی کنیم؛ بدین ترتیب، زاویهٔ ایستگاه مشخص می‌شود.

۶ـ موارد لازم در نقشه‌برداری (کار صحرایی)

در این نقشه‌برداری، موارد زیر را باید مورد توجه قرار داد:

- شاخص را در فواصل حدود ۵۰ متری قرائت می‌کنیم.
- در تمام نقاطی که تغییر ارتفاع وجود دارد، حداقل در ابتدا و انتهای آن باید شاخص گرفته و قرائت شود.

- تمام عوارض موجود در مسیر و حریم باید «**برداشت**» شود.
- نکات لازم و مهم نقاط را باید در قسمت توضیحات صفحهٔ برداشت (برگ قرائت تاکئومتری) نوشت.
- در تمام مراحل تراز بودن، دوربین کنترل شود.
- تا حد امکان سعی شود که نقشه‌برداری در هوای معتدل انجام گیرد.

۱ـ مراحل کار و محاسبات دفتری

در دو مرحلهٔ محاسبه و رسم انجام می‌شود:

الف) محاسبه: چون فاصلهٔ نقاط برداشت شده، اختلاف قرائت بین تار بالا و تار پایین (فواصل مایل) هستند، با استفاده از روابط و زاویه قائم به فاصله افقی تبدیل می‌کنیم.

ب) رسم:

- با استفاده از فاصلهٔ افقی و ارتفاع، نقاط پروفیل رسم می‌شود.
- برای رسم پلان، از فاصلهٔ افقی و زاویه افقی استفاده می‌شود.

۲ـ تهیه شناسنامه نقاط ایستگاهی و زوایا

چون نقشه‌برداری در مناطق کوهستانی، زراعی، مسکونی و غیره انجام می‌شود، علایم نقاط ایستگاهی همواره در معرض تخریب و تغییر قرار دارند، بنابراین باید سعی شود که از نقاط ثابت نزدیک ایستگاه مانند سنگ‌های بزرگ، تیرهای برق و مخابرات، دکل‌ها و یا هر عوارض ثابت دیگر که قابل دسترس باشند استفاده نمود. بدین‌ترتیب برای نقاط زوایا، شناسنامه تهیه می‌کنیم و سپس شناسنامهٔ کلیهٔ نقاط مسیر، در یک دفترچه ثبت و نگه‌داری می‌شوند.

۳ـ شماره‌گذاری تیرها یا برج‌ها

قبل از شروع نقشه‌برداری، نام مسیر مشخص و ثابت می‌گردد. برای مثال، مسیر خط انتقال از تبریز به اهر را در نظر می‌گیریم. مسیر به نام تبریز ـ اهر مشخص می‌شود. با این ترتیب، شماره‌گذاری تیر یا برج از تبریز شروع و به اهر ختم می‌گردد. حرکت به طرف اهر حرکت به سمت جلو و حرکت به طرف تبریز، حرکت به سمت عقب گفته می‌شود.

۴ـ تهیه نقشه از بیلیت "Asbuilt" یا نقشه نهایی

با توجه به این که در زمان اجرا، تغییراتی در مسیر و طول اسپن و زوایا داده می‌شود، باید پس از اتمام اجرای پروژه تمام تغییرات در نقشه اعمال گردد، که این نقشه، پس از تأیید نهایی در آرشیو فنی نگه‌داری می‌شود.

فهرست منابع

۱ ـ ابوالقاسمی، ناصر. **طرح خطوط انتقال انرژی هوایی** (درس نامه)، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۶۸.

۲ ـ آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل. **گزارش طرح تغییر مسیرخط ۲۰ کیلو ولت حوزهٔ آبگیر سد ستارخان**، ۱۳۷۷.

۳ ـ ایزدی، جلال و یوسف نـژاد، صـابر. **پایان نامهٔ تهیه نرم‌افزار طراحی اپتیم خط ۲۰ کیلو ولت در شرایط آب و هوای آذربایجان**، مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق آذربایجان ـ گروه مهندسی برق شبکه، ۱۳۷۹.

۴ ـ برق منطقه‌ای آذربایجان، امور مهندسی و طرحها. **مشخصات فنی و خطوط برق ۲۰ کیلو ولت**، ۱۳۵۸.

۵ ـ پوررفیع عربانی، محسن و اسلام‌زاده، پرویز. **دیدگاههای مهندسی در طراحی خطوط انتقال‌انرژی**، تهران: مشانیر و دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۷۷.

۶ ـ پیکر، حسین. **روش احداث خطوط هوایی ۲۰ کیلو ولت**، واحد برق‌رسانی جهاد سازندگی استان تهران، ۱۳۶۸.

۷ ـ توانیر، معاونت منابع اطلاعات مدیریت. **صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۷**، تهران: ۱۳۷۸.

۸ ـ توانیر و مشانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی. **دستورالعمل فنی و اجرایی مسیریابی خطوط انتقال‌نیرو**، ۱۳۷۶.

۹ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی. **استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد اول**، معیارهای طراحی و جداول کاربردی، ۱۳۷۸.

۱۰ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی. **استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد دوم**، تیرهای بتنی مسلح و پیش تنیده، ۱۳۷۵.

۱۱ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی. **استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد سوم**، تیرهای چوبی و مشخصات کراس آرم‌های چوبی بکار رفته، ۱۳۷۶.

۱۲ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی. **استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد چهارم**، مقره‌های بکار رفته در شبکه توزیع، ۱۳۷۸.

۱۳ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی. **استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد پنجم**، هادیها و مفتول های خطوط هوایی توزیع، ۱۳۷۶.

۱۴ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی. **استاندارد خطوط هوایی توزیع ـ جلد ششم**، کراس آرم‌ها و آرایش پایه‌های بکار رفته در شبکه توزیع، ۱۳۷۷.

۱۵ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنورژی، دفتر استانداردها. **فواصل مجاز از خطوط انتقال نیرو**.

۱۶ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنورژی، دفتر استانداردها. **استاندارد هادیهای خطوط انتقال نیرو.**
۱۷ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی. **نقشه پهنه‌بندی مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور**،مشانیر،۱۳۷۸.
۱۸ ـ توانیر، معاونت تحقیقات و تکنورژی، دفتر استانداردها. **استاندارد انشعابات شبکه‌های توزیع (جلد اول)**، مبانی استاندارد انشعابات و جداول کاربردی، ۱۳۷۶.
۱۹ ـ جاویدی دشت بیاض، محمدحسین. **طرح خطوط هوایی انتقال انرژی**، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۶۸.
۲۰ ـ جی پانزینی، آنتونی. **مهندسی توزیع نیروی برق (ترجمه)**، شرکت برق منطقه‌ای تهران ،انتشارات علمی، ۱۳۷۶.
۲۱ ـ حسینی، سیدحسین. **طرح خطوط هوایی‌انتقال‌انرژی (درس نامه)**، دانشگاه تبریز- دانشکدهٔ فنی، ۱۳۶۷.
۲۲ ـ حیدری، قدرت‌اله. **طراحی الکتریکی خطوط انتقال نیرو (جلد اول) - دیدگاههای برنامه‌ریزی و مطالعات سیستم**، ۱۳۷۶.
۲۳ ـ روشن میلانی، کریم. **اصول طراحی خطوط هوایی ۲۰ کیلو ولت (درس نامه)**، تبریز: معاونت مهندسی شرکت توزیع نیروی برق آذربایجان شرقی، ۱۳۷۷.
۲۴ ـ روشن میلانی، کریم. **آرایشهای سرتیر - جزئیات های اجرائی خط هوایی ۲۰ کیلو ولت** ، تبریز: شرکت توزیع نیروی برق آذربایجان شرقی ، ۱۳۸۰.
۲۵ ـ سازمان برنامه و بودجه، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی. **مشخصات فنی، عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی**، نشریه شماره ۱۱۰، چاپ دوم، ۱۳۷۱.
۲۶ ـ سازمان هواشناسی کشور، اداره کل اطلاعات و خدمات ماشینی. **سالنامه‌های هواشناسی‌از سالهای ۱۳۶۰ تا ۱۳۶۶**، ۱۳۷۲.
۲۷ ـ سازمان آب و برق خوزستان، واحدبرق. **استاندارد ساختمانی شبکه توزیع برق ۳۳کیلو ولت (دو جلد)**، ۱۳۷۰
۲۸ ـ شرکت مقره سازی ایران. **معرفی تولیدات شرکت مقره‌سازی ایران (کاتالوگ)**،سازمان راهنما، ۱۳۷۵.
۲۹ ـ شرکت مخابرات آذربایجان شرقی. **گزارش طرح اجرایی پروژه خط ۲۰ کیلو ولت تک مداره ایستگاه مایکروویو قزل قیه**، ۱۳۷۷.
۳۰ ـ شرکت منا (مهندسی مشاور نیروی آذربایجان). **گزارش طراحی خط ۲۰ کیلو ولت نیروگاه سهند**، کد پروژه: MDIXXPOO3، ۱۳۷۸.
۳۱ ـ شرکت برق منطقه‌ای تهران. **لوازم خطوط هوایی**، ۱۳۵۱.
۳۲ ـ شرکت توزیع برق آذربایجان شرقی، معاونت طرح و برنامه. **گزارش طراحی شبکه خط هوایی ۲۰**

کیلو ولت ایستگاههای پمپاژ آبرسانی زرینه‌رود به تبریز، ۱۳۷۵.

۳۳ ـ شرکت توسعه و عمران اراضی کشاورزی. **گزارش طرح خط هوایی انتقال انرژی ۲۰ کیلو ولت ایستگاههای پمپاژ اراضی دشت گوردیان**، ۱۳۷۷.

۳۴ ـ طراحی مهندسی میلان ماشین. **گزارش طرح خط هوایی ۲۰ کیلو ولت کارخانه کلر پارس و داروسازی زکریای تبریز**، ۱۳۷۷.

۳۵ ـ قاضی زاهدی، امیرمنصور و رنجبر، علی محمد. **طراحی خطوط انتقال نیرو (جلد اول)**، وزارت نیرو، ۱۳۶۴.

۳۶ ـ مجیری، عبدالخالق. **آشنایی با استاندارد و طراحی شبکه‌های توزیع برق**، برق منطقه‌ای اصفهان - امور آموزش و ایمنی، ۱۳۷۲.

۳۷ ـ مرکز تحقیقات نیرو (متن) - بخش برق. **استاندارد پیشنهادی خطوط هوایی فشار متوسط**، ۱۳۷۱.

۳۸ ـ وزارت نیرو. **استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق (دو جلدی)** ـ چاپ پنجم، ۱۳۶۴.

۳۹ ـ وزارت نیرو، امور برق. **راهنمای ساخت و استاندارد پایه‌های بتنی مسلح**، ۱۳۶۰.

۴۰ ـ وزارت‌نیرو،اموربرق. **پایه بتونی ـ چوبی، راهنمای ساخت و کاربرد**، نشریه برق روستایی - شماره ۲۳، ۱۳۶۲.

41 - A.B. change co. International Devision, Catalog 1.73
Product for Electrical Transmissioni& Distribution.

42 - ALUMTEK CORPORATION, Overhead Conductors Cat.

43 - B.Kurtz, Edwin and M.Shoemaker, Thomas.
THE LINEMAN'S AND CABLEMAN'S HANDBOOK,
Mcgraw - Hill, INC, Eighth Edition, 1992.

44 - BS 215, part 2, Aluminium Conductor Steel - Reinforced, 1970.

45 - Cat NO 21B, hardware for insulator assemblies, NGK Insulators, Ltd,
Sumitomo Corporation, Tokyo.

46 - Cat NO 15C, Pin type insulators spool & Strain insulators, NGK Insulators, Ltd .
Sumitomo Corporation, Tokyo.

47 - Cat NO 14C, Suspension Insulators, NGK Insulators, Ltd,
Sumitomo corporation, Tokyo.

48 - Cat NO 12A, Solid - Core line post insulators, NGK Insulators Ltd,
Sumitomo corporation, Tokyo.

49 - Gonen, T. ELECTRIC POWER DISTRBUTION SYSTEM ENGINEERING, Mcgraw - Hill,

Book company, 1986.

50 - IEC 38, IEC Standard Voltages, 1975.

51 - IEC 383, Insulator for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V.

52 - Magidin, f. Construction of power Transmission lines and substation,

Mir Pubeishers, 1986.

53 - Nagrath. Modern power system analysis,

Mcgraw - hill.

54 - Pansini, A.J. ELECTRICAL DISTRIBUTION ENGINEERING,

Mcgraw - Hill, 1988.

55 - Wiley, John and Son, Limited.

Electrical Engineering Handbook, SIEMENS, Chap 8 (Elec), Power Distribution.

56 - WESTING HOUSE. DISTRIBUTION SYSTEM of Electrical Utility Engineering Reference Book

POWEREN.IR

POWEREN.IR

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
مؤسسهٔ آموزش عالی
علمی ـ کاربردی
صنعت آب و برق

تهران، بالاتر از میدان ولی‌عصر،
کوچه پروین‌فروشی، شماره ۲۴،
کدپستی ۱۴۱۵۸۵۴۶۱۱
صندوق پستی ۳۴۶۹-۱۴۱۵۵
دورنگار ۸۹۰۲۳۲۸
تلفن ۶-۸۸۹۵۸۴۴
پست الکترونیکی tocothrw@moe.or.ir

شابک: ۷-۸-۹۲۶۱۰-۹۶۴
ISBN:964-92610-8-7