بسمه‌تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

# شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

# (توانیر)

# معاونت تحقیقات و تکنولوژی

## دفتر استانداردها

# استاندارد خطوط هوایی توزیع

## شماره استاندارد ۱ ـ ۵۱

## جلد اول: مبانی طراحی و جداول کاربردی

**تهیه کننده: پژوهشکده برق ـ پژوهشگاه نیرو**

---

*آدرس: تهران - میدان ونک - خیابان شهید عباسپور - ساختمان مرکزی*
*صندوق پستی ۶۴۶۷ ـ ۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس ۸۰۱۷۷۴۰*

## پیشگفتار

پس از تدوین هر استاندارد و استفاده از آن به مرور نیازها و مشکلات مرتبط با آن شناخته شده و تکمیل و تجدیدنظر در آن امری لازم و ضروری می‌باشد، از آنجائیکه استاندارد ساختمان شبکه‌های توزیع نیرو، سالها پیش تدوین شده و اقدامی جهت تکمیل و تجدیدنظر در آن صورت نگرفته بود، به دلایل زیر تصمیم به بازنگری در آن گرفته شد:

- با توجه به گذشت چند سالی از تدوین استاندارد قدیم بایستی تحقیقات و بررسیهای لازم جهت استاندارد نمودن محصولات جدید و منسوخ نمودن محصولات قدیم صورت پذیرد.
- قیمت زیاد تجهیزات، دقت در امر خرید را طلب می‌کند و با توجه به گستردگی و پیچیدگی تجهیزات، دقت در مشخصات فنی وسایل، امکان مقایسه فنی محصولات سازندگان مختلف و مقید کردن آنها به رعایت موازین استاندارد را فراهم می‌سازد.
- با توجه به افزایش کادر فنی متخصص امکان محاسبه و طراحی به صورت خاص و با توجه به شرایط هر منطقه می‌باشد لذا ایجاد یکنواختی باید تنها در مجموعه‌ها یا تجهیزاتی که تابع شرایط خاص محیطی نباشد صورت گیرد بنابراین بجای استفاده از طرحهای نمونه با تنوع کم، معیارها و استانداردهای طراحی مطرح و در کنار آن در موارد خاص از طرحهای نمونه با تنوع زیاد استفاده شود.

با توجه به اولویتها ونیازهای فعلی شبکه‌های توزیع، استانداردهای زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

الف- استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

ب - استاندارد خازنهای به کار رفته در شبکه‌های توزیع

پ - استاندارد راکتورهای به کار رفته در شبکه توزیع

ت - استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای به کار رفته در شبکه توزیع

ث - استاندارد روشنایی معابر

ج - استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع

چ - استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع

ح - استاندارد انشعابات شبکه‌های توزیع

خ - استاندارد خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

جزوه حاضر جلد اول از پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی توزیع از سری استانداردهای شبکه‌های توزیع می‌باشد. پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی در تاریخ ۱۴ و ۱۵ شهریور سال ۱۳۷۴ مورد بررسی نمایندگان شرکتهای توزیع قرار گرفت، مطابق نظرات عنوان شده توسط دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی و جلسه فوق‌الذکر، تصمیم گرفته شد که این استاندارد با توجه به مباحث مطرح شده در قالب جلدهای جداگانه زیر تهیه گردد:

جلد اول: معیارهای طراحی و جداول کاربردی

جلد دوم: تیرهای بتنی مسلح و پیش تنیده

جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس آرمهای چوبی به کار رفته در شبکه توزیع

جلد چهارم: مقره‌های به کار رفته در شبکه توزیع

جلد پنجم: هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع

جلد ششم: کراس آرمها و آرایش پایه‌های به کار رفته در شبکه توزیع

در تهیه این استاندارد سعی شده است که امکانات و مهارتهای موجود و قابلیتهای شرکتهای توزیع برق در نظر گرفته شود. در تهیه این استاندارد منابع زیر مورد استفاده قرار گرفته است:


[۱]استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق، وزارت نیرو، چاپ پنجم، شهریور ۱۳۶۴.

[۲]استاندارد هادیهای خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۳]آئین‌نامه و استاندارد بارگذاری خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۴]استاندارد شماره ۵۱۹ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، "حداقل بار وارده بر ساختمانها و ابنیه فنی"

[۵]فواصل مجاز از خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۶]کتابهای طراحی خطوط انتقال و توزیع

[7] National Electrical Safety Code - 1984 Edition.

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| ۱- هدف و دامنه کاربرد | ۱ |
| ۲- تعاریف | ۱ |
| ۲-۱- کشش | ۱ |
| ۲-۲- تنش | ۱ |
| ۲-۳- فلش | ۱ |
| ۲-۴- پارامتر سیم | ۱ |
| ۲-۵- حداکثر مقاومت کششی | ۱ |
| ۲-۶- حد نیروی ارتجاعی | ۱ |
| ۲-۷- ضریب اطمینان سیم | ۲ |
| ۲-۸- ضریب کشسانی | ۲ |
| ۲-۹- ضریب انبساط خطی | ۲ |
| ۲-۱۰- پایه مماسی | ۲ |
| ۲-۱۱- پایه گوشه‌ای | ۲ |
| ۲-۱۲- پایه انتهایی | ۲ |
| ۲-۱۳- سکشن | ۲ |
| ۲-۱۴- اسپن | ۲ |
| ۲-۱۵- فاصله هوایی مجاز | ۳ |
| ۲-۱۶- پلان | ۴ |
| ۲-۱۷- پروفیل | ۴ |
| ۳- محاسبات الکتریکی | ۵ |
| ۴- محاسبات مربوط به طراحی مکانیکی | ۶ |
| ۴-۱- روابط منحنی سیم، کشش سیم، فلش سیم و طول سیم | ۶ |
| ۴-۲- نیروهای وارد بر سیم و پایه | ۸ |
| ۴-۳- معادله تغییر وضعیت | ۱۴ |

# فهرست مطالب

صفحه

عنوان


۵- تعیین اسپن معادل طراحی و اسپنهای کابردی، نوع و ارتفاع پایه‌ها و مشخصات خط در زمان اجرا . ۱۵

۵-۱- تعیین اسپن معادل طراحی برای یک سکشن ..... ۱۵

۵-۲- شرایط محدودکننده برای تعیین طول دقیق اسپنها و تعیین محل پایه‌ها روی پروفیل ..... ۱۷

۵-۳- جداول نصب و منحنی‌های نصب ..... ۱۹

۵-۴- پایه‌گذاری روی پروفیل ..... ۲۰

۶- مهار و انواع آن ..... ۲۳

۶-۱- موارد کاربرد ..... ۲۳

۶-۲- محاسبه نیروی کشش مهار ..... ۲۳

۶-۳- انواع مهار ..... ۲۴

۶-۴- مشخصات سیمهای مهار ..... ۲۷

۷- فواصل هوایی مجاز ..... ۲۷

۷-۱- محاسبه فاصله هوایی ..... ۲۷

۷-۲- جداول کاربردی ..... ۲۷

۷-۳- شرایط کاربرد جداول ..... ۲۸

پیوست الف- جداول کشش و فلش و ضریب اطمینان برای سیم مینک ..... ۲۹

پیوست ب- جداول نصب برای سیم مینک ..... ۵۶

پیوست پ- شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور ..... ۷۱

پیوست ت- فواصل هوایی مجاز خطوط و تجهیزات خط از زمین ..... ۷۵

پیوست ث- منحنی‌های افت ولتاژ برای سیمهای توزیع ..... ۷۷

پیوست ج- منحنی‌های افت توان برای سیمهای توزیع ..... ۸۰

پیوست چ- منحنی‌های جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای توزیع ..... ۸۳

پیوست ح- مراحل طراحی و اجرای یک خط هوایی توزیع انرژی الکتریکی ..... ۸۶

پیوست خ- یک نمونه مثال عملی ..... ۸۷

## ۱ - هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد شامل معیارهای طراحی الکتریکی و مکانیکی خطوط هوایی توزیع و همچنین جداول کاربردی در این زمینه می‌باشد با توجه به حجم بالای خطوط هوایی استفاده شده در شبکه‌های توزیع و شرایط مختلف آب و هوایی کشور، روش طراحی این خطوط ارائه شده است. دامنه کاربرد این استاندارد در سطوح ولتاژ فشار متوسط و ضعیف شبکه توزیع می‌باشد.

## ۲ - تعاریف

**۲-۱- کشش [T]**: در هر نقطه از سیم نیرویی که در امتداد محور سیم بر آن نقطه وارد می‌شود کشش در آن نقطه نامیده می‌شود. بعبارت دیگر اگر سیم در نقطه‌ای پاره شود نیرویی که لازم است به آن نقطه اعمال شود تا سیم به حالت قبلی بایستد کشش در آن نقطه نامیده می‌شود. بین دوپایه مشخص هر چه سیم شکم بیشتری داشته باشد نیروی کشش کمتر است. کشش در پایین‌ترین نقطهٔ سیم افقی است و آن را با H نمایش می‌دهند.

**۲-۲- تنش [$\sigma$]**: در هر نقطه از سیم، نسبت کشش سیم به سطح مقطع را تنش در آن نقطه می‌گویند.

**۲-۳- فلش [f]**[۱]: بیشترین فاصله قائم بین سیم و خط راست واصل نقاط اتصال سیم به پایه (دو پایه متوالی) را فلش یا شکم سیم می‌گویند. این بیشترین فاصله همواره (پایه‌های هم‌ارتفاع و یا غیر هم ارتفاع) در نقطهٔ وسط دو پایه حاصل می‌شود.

**۲-۴- پارامتر سیم [a]**: نسبت کشش افقی [H] به وزن واحد طول سیم را پارامتر سیم گویند.

توجه به این نکته لازم است که مقدار پارامتر سیم برای یک سیم در شرایط مختلف و وضعیتهای آب و هوایی مختلف متفاوت است.

**۲-۵- حداکثر مقاومت کششی [U.T.S.]**[۲]: مقدار نیرویی است که باید به سیم وارد شود تا سیم در آستانهٔ پاره‌شدن قرار گیرد.

**۲-۶- حد نیروی ارتجاعی**: کمترین نیرویی است که اگر به یک سیم وارد شود سیم شکل اولیه خود را از

---

۱ Sag

۲. Ultimate Tensile Strength

دست می‌دهد و به حالت اول باز نمی‌گردد.

**۲-۷- ضریب اطمینان سیم [n]**: عددی است که با توجه به اهمیت خط برای آن در نظر گرفته می‌شود و برابر است با نسبت حداکثر مقاومت کششی سیم به حداکثر نیروی موجود وارد بر سیم.

ضریب اطمینان سیم نباید از نسبت حداکثر مقاومت کششی به حد نیروی ارتجاعی کمتر شود. برای خطوط توزیع ضریب اطمینان حداقل ۲/۵ مناسب است.

**۲-۸- ضریب کشسانی [E]**: 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 نیرو خطی است. در این محدوده نسبت تغییر تنش وارد بر سیم به تغییر طول نسبی سیم را ضریب کشسانی می‌گویند.

مقدار مدول الاستیسیته برای سیم فاکس و مینک $8100 kg/mm^2$ و برای سیم لینکس $8200 kg/mm^2$ است.

**۲-۹- ضریب انبساط خطی [$\alpha$]**: نسبت تغییر طول نسبی سیم ناشی از حرارت به تغییر درجه حرارت را ضریب انبساط خطی آن سیم می‌گویند.

**۲-۱۰- پایه مماسی (میانی یا غیرکششی)**: این پایه در مسیر مستقیم خط استفاده می‌شود و کشش افقی سیم در دو طرف آن یکسان است. زاویه مجاز انحراف خط در این پایه‌ها از چند درجه تجاوز نمی‌کند.

**۲-۱۱- پایه گوشه‌ای (زاویه‌ای یا کششی)**: پایه‌ای است که زاویه مجاز انحراف خط در آن زیاد است. این پایه باید حد بیشتری از کشش را تحمل کند. در جاهائیکه زاویه انحراف خط بیشتر از مقادیر مجاز پایه‌های مماسی باشد از پایه گوشه‌ای استفاده می‌شود.

**۲-۱۲- پایه انتهایی**: پایه کششی است که در ابتدا و انتهای خط بکار می‌رود.

**۲-۱۳- سکشن**[۱]: به قسمتی از خط که بین دو پایه زاویه‌ای (کششی) و یا انتهایی قرار گرفته باشد یک سکشن گفته می‌شود. کشش افقی سیم در طول یک سکشن تقریباً یکسان است.

**۲-۱۴- اسپن**[۲] **[S]**: فاصله افقی دو پایه مجاور را اسپن می‌نامند.

۲-۱۴-۱- اسپن معادل طراحی [$S_{eq}$]: اسپنی است که علاوه بر داشتن ضریب اطمینان کافی در

---

۱. Section

۲. Span

حقیقی در یک سکشن از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود.

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{N} S_n^2}{\sum_{1}^{N} S_n}} \qquad (1)$$

$S_n$: طول اسپن nام (m)

N: تعداد اسپنهای سکشن مورد نظر

**۲-۱۴-۳- اسپن قائم یا وزنی** [$S_v$]: فاصله افقی بین دو نقطه مینیمم سیم در طرفین یک پایه را اسپن قائم یا وزنی گویند.

**۲-۱۴-۴- اسپن افق یا بادگیر** [$S_w$]: فاصله افقی بین نقاط وسط دو اسپن مجاور را اسپن افق یا اسپن بادگیر می‌نامند.

**۲-۱۴-۵- اسپن الکتریکی (حداکثر اسپن الکتریکی)**: از نظر شرایط الکتریکی برای فلش در یک اسپن یک مقدار حداکثر تعیین می‌شود و چون افزایش اسپن با افزایش فلش همراه است از نظر الکتریکی یک مقدار حداکثر برای اسپن وجود دارد. این اسپن، اسپن الکتریکی نامیده می‌شود.

**۲-۱۴-۶- اسپن بحرانی** [$S_c$]: هر چه اسپن بزرگتر باشد طوفان شرایط سخت‌تری (کشش بیشتری) در آن بوجود می‌آورد و هر چه اسپن کوچکتر باشد زمستان شرایط سخت‌تری در آن بوجود می‌آورد. اسپن بحرانی اسپنی است که برای آن سخت‌ترین شرایط در طوفان و زمستان یکسان باشد و از رابطه (۲) بدست می‌آید.

$$S_c = \sqrt{\frac{۲۴H_c^2\,\alpha\,(t'-t)}{W'^2 - W^2}} \qquad (2)$$

t و W: بترتیب دما و نیروی وارد بر سیم در صفحه عمود بر سیم برای شرایط زمستان

t′ و W′: بترتیب دما و نیروی وارد بر سیم در صفحه عمود بر سیم برای شرایط طوفان

$H_c$: حداکثر کشش افقی مجاز

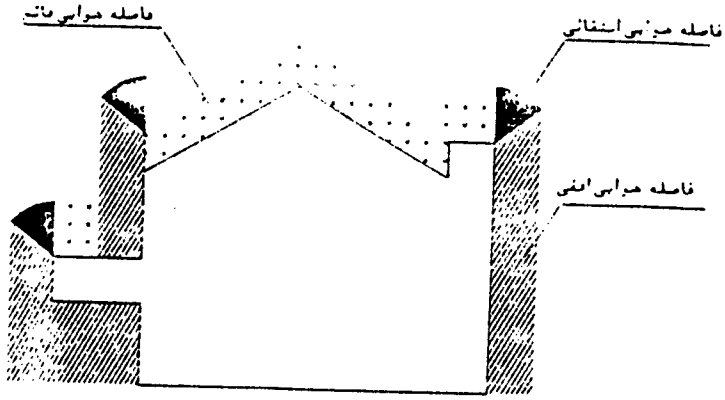
$\alpha$: ضریب انبساط خطی سیم

**۲-۱۵- فاصله هوایی مجاز**: حداقل فاصله لازم بین هادیها و تجهیزات خطوط از سطح و تأسیسات اطراف خط راگویند.

**۲-۱۵-۱- فاصله هوایی مجاز قائم**: به حداقل فاصله هوایی قائم خط از کف گفته می‌شود.

**۲-۱۵-۲- فاصله هوایی مجاز افقی**: حداقل فاصله جانبی خط از تأسیسات اطراف آن است.

۲-۱۵-۳- **فاصله هوایی مجاز انتقالی**: درگوشه‌های ساختمانها و تأسیسات باید هم فاصله مجاز افقی و هم فاصله مجاز قائم رعایت شود (شکل (۱)).




***شکل (۱) انواع فواصل هوایی***

۲-۱۶- **پلان**:[۱] دید از بالای مسیر خط که نشاندهنده وضعیت زمین است پلان نامیده می‌شود.

۲-۱۷- **پروفیل**:[۲] دید از روبروی مسیر خط که نشاندهنده پستی و بلندی آن مسیر است پروفیل نامیده می‌شود.

۲-۱۸- **تمپلت** [۳] **(شابلون)**: صفحه مخصوصی از جنس سولئد شفاف است که روی آن منحنی‌های سیم رسم شده است و از آن برای یافتن نقاط مناسب جهت پایه‌گذاری روی پروفیل استفاده می‌شود.

* * *

برای برقراری ارتباط الکتریکی بین دو نقطه از طریق خطوط هوایی ابتدا باید مسیر مناسب برای ارتباط انتخاب شود. این کار از طریق نقشه‌برداری از منطقه و تهیه پروفیل و پلان منطقه با رعایت موازین مشخص صورت می‌گیرد. پس از مسیریابی، محاسبات الکتریکی خط صورت می‌گیرد و سطح ولتاژ، نوع هادی، نوع خط از نظر تعداد مدارها و آرایش آنها و ... انتخاب می‌شوند. سپس به محاسبات مکانیکی پرداخته شده و طول اسپن، مقدار فلش در هر اسپن، نوع و ارتفاع پایه و ... مشخص می‌شوند و سپس خط مورد نظر احداث می‌شود.

---

۱. Plan

۲. Profile

۳. Templete

## ۳- محاسبات الکتریکی

برای طراحی و اجرای یک خط انتقال و یا توزیع انرژی الکتریکی، علاوه بر طراحی مکانیکی، از نظر الکتریکی نیز باید مسائلی مورد توجه قرار گرفته و طراحی الکتریکی نیز صورت گیرد. طراحی الکتریکی خط شامل قسمتهای زیر است:

۳-۱- تعیین حداکثر افت ولتاژ در خط

۳-۲- تعیین حداکثر تلف توان در خط

۳-۳- انتخاب هادی

۳-۴- تعداد مدارهای خط

۳-۵- سطح اتصال کوتاه

توان انتقالی لازم (P) و طول خط (ℓ) مشخص می‌باشند.

در نمودارهای پیوست (ث) برای هر یک از سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع در هر یک از ولتاژهای استاندارد شده (20KV و 33KV) ، نمودارهای درصد افت ولتاژ بر حسب حاصلضرب مسافت در توان عبوری (P×ℓ) آورده شده است.

در نمودارهای پیوست (ج) برای هر یک از سیمهای استانداردشده خطوط توزیع و در هر یک از ولتاژهای استانداردشده (20KV و 33KV)، نمودارهای درصد افت توان بر حسب حاصلضرب مسافت در توان عبوری (P×ℓ) آورده شده است.

با توجه به نمودارهای موجود هادی و ولتاژی باید انتخاب شوند که مجموع هزینه هادی، تأسیسات عایقی، تلف توان و افت ولتاژ کمترین مقدار باشد.

در انتخاب هادی سطح اتصال کوتاه نیز باید در نظر گرفته شود و 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. اندازه جریان اتصال کوتاه قابل تحمل یک سیم تابعی است از زمان عبور این جریان و نیز با تغییر دمای محیط تغییر می‌کند. یعنی برای یک هادی جریان اتصال کوتاه بصورت نمودارهایی که در دماهای مختلف بر حسب زمان عبور جریان رسم شده‌اند بیان می‌شود.

نمودار جریان اتصال کوتاه هادیهای استاندارد شده خطوط توزیع ( مسی و ACSR) در پیوست (ج) آورده شده است.

## ۴- محاسبات مربوط به طراحی مکانیکی

هر خط انتقال انرژی باید علاوه بر داشتن مشخصات لازم برای پایداری الکتریکی دارای یک سری مشخصات مکانیکی نیز باشد تا در تمام شرایط جوی پایداری مکانیکی خود را حفظ کند. در طراحی مکانیکی خطوط توزیع انرژی هدف این است که خط طرح شده در تمام شرایط جوی احتمالی پایداری مکانیکی خود را با ضریب اطمینان لازم حفظ کرده و در عین حال از نظر اقتصادی هم مقرون به صرفه باشد.

### ۴-۱- روابط منحنی سیم، کشش در نقاط مختلف سیم، فلش برای هر اسپن، طول سیم در نقاط مختلف

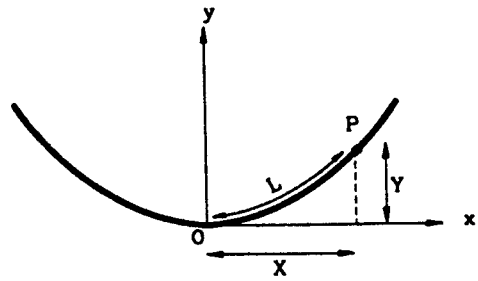
#### ۴-۱-۱- منحنی سیم و روابط فلش و طول سیم:

در طراحی مکانیکی خط، معادله منحنی سیم از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا با داشتن آن برای شرایط جوی مختلف می‌توان فلش و کشش سیم را کنترل کرد. مقدار کشش سیم در هیچ شرایطی نباید از حد مجاز پارگی آن تقسیم بر ضریب اطمینان مورد نظر بیشتر شود. به همین دلیل مقدار آن همیشه در سخت‌ترین شرایط (بیشترین کشش) کنترل می‌شود. مقدار فلش برای یک اسپن با بارگذاری ثابت، مرتبط با کشش است بدین ترتیب که با کم شدن فلش، کشش افزایش می‌یابد و چون نباید مقدار کشش از حد مشخصی فراتر رود مقدار فلش نمی‌تواند از حد مشخصی کمتر شود. در مقابل اگر فلش خیلی افزایش پیدا کند بعلت حفظ فاصله مجاز از زمین ارتفاع پایه‌ها بلند می‌شود که اقتصادی نیست. بنابراین فلش در یک محدوده مشخصی می‌تواند تغییر کند.

برای نوشتن رابطه منحنی سیم اگر از تعادل نیروهای افقی و عمودی در شکل (۲) استفاده شود روابط بین طول سیم از مبدأ تا نقطه P (L)، فاصله افقی نقطه P از مبدأ (x) و فاصله قائم آن از مبدأ (Y) هر سه بر حسب متر، بصورت زیر بدست خواهند آمد.

$$L_{(x)} = a\,\mathrm{Sinh}\,\frac{x}{a} \qquad (۳)$$

$$Y_{(x)} = a(\text{Cosh}\,\frac{x}{a} - ۱) \qquad (۴)$$




شکل (۲) منحنی سیم

بابسط روابط (۳) و (۴) وبادر نظرگیری جمله‌های اول و دوم با تقریب قابل قبول روابط زیر حاصل می‌شود:

$$L_{(x)} = x + \frac{x^۳}{۶a^۲} \qquad (۵) \qquad\qquad Y_{(x)} = \frac{x^۲}{۲a} + \frac{x^۴}{۲۴a^۳} \qquad (۶)$$

معادله $Y_{(x)}$ با سهمی در یک جمله $\frac{x^۴}{۲۴a^۳}$ تفاوت دارد و با تقریب می‌توان به رابطه (۷) رسید.

$$Y_{(x)} = \frac{x^۲}{۲a} \qquad (۷)$$

طول کل سیم در اسپن و مقدار فلش ($Y_{max}$) مطابق روابط زیر حساب می‌شوند.

فلش $\qquad f = Y_{max} = \frac{S^۲}{۸a} = \frac{WS^۲}{۸H} \qquad [m] \qquad (۸)$

طول کل سیم در اسپن $\qquad L = S + \frac{S^۳}{۲۴a^۲} \qquad [m] \qquad (۹)$

W وزن واحد طول سیم (با در نظر گرفتن وزن یخ در صورت وجود) است.

**۴-۱-۲- رابطه کشش در سیم:** کشش در نقاط مختلف سیم از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$T_{(x)} = W.Y_{(x)} + H \qquad [Kgf] \qquad (۱۰)$$

در نقاط نگهدارنده سیم که $Y_{(x)} = f$ است کشش بصورت زیر خواهد بود:

$$T = W.f + H \qquad [Kgf] \qquad (۱۱)$$

کشش سیم در سخت‌ترین شرایط باید به اندازه‌ای باشد که ضریب اطمینان مورد نظر (n) برآورده شود.

**۴-۱-۳- روابط فلش و طول سیم برای حالاتیکه نقاط نگهدارنده اختلاف ارتفاع داشته باشند**

با توجه به شکل (۳) روابط زیر استخراج می‌شود:

$$f_H = f(۱ + \frac{h}{۴f})^۲ \qquad [m] \qquad (۱۲)$$

$$f_L = f(۱ - \frac{h}{۴f})^۲ \qquad [m] \qquad (۱۳)$$

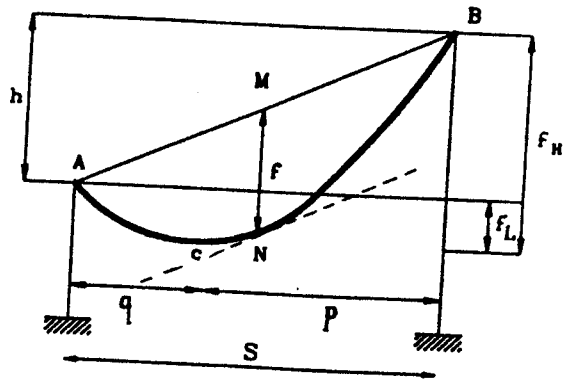
و مانند پایه‌های هم‌ارتفاع:

$$f = \frac{S^2}{8a} \quad [m] \qquad (۱۴)$$

$$L = S + \frac{S^2}{24a^2} + \frac{h^2}{2S} \quad [m] \qquad (۱۵)$$

$$\Rightarrow L = L0 + \frac{h^2}{2S} \quad [m] \qquad (۱۶)$$

(L0 طول سیم در حالت پایه‌های هم‌ارتفاع است)




*شکل (۳) منحنی سیم در حالتی که پایه‌ها هم‌ارتفاع نیستند*

**۴-۲- نیروهای وارد بر سیم و پایه:**

نیروهایی که در صفحه قائم بر سیم به سیم وارد می‌شوند شامل نیروی وزن سیم، نیروی وزن یخ و نیروی باد و نیروهای وارد بر پایه شامل برایند نیروهای کشش سیم در دو طرف پایه و نیروی باد می‌باشند. در پایه‌های مماسی برایند نیروهای کشش سیم در دو طرف پایه فقط مؤلفه قائم دارد ولی در پایه‌های گوشه‌ای این نیرو مؤلفهٔ افقی نیز خواهد داشت. مؤلفه قائم ممکن است بطرف بالا[1] یا بطرف پایین[2] باشد که در بخش ۴-۲-۲-۳ توضیح داده خواهد شد.

**۴-۲-۱- نیروهای وارد بر سیم**

W [Kgf/m]

۴-۲-۱-۱- نیروی وزن سیم (برای طول یک متر)

۴-۲-۱-۲- نیروی وزن یخ روی سیم (برای طول یک متر)

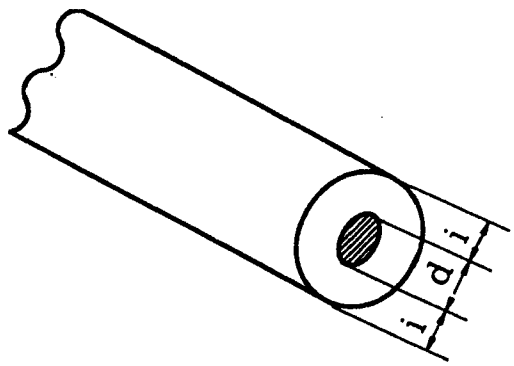
1. Uplift
2. Downlift

$$W_i = \rho \times V = ۰/۹۱۳ \times \pi i\,(i + d) \times ۱۰^{-۳}\ [\frac{Kgf}{m}] \qquad (۱۷)$$

$\rho$ : وزن مخصوص یخ $(gr/cm^۳)$

i : ضخامت یخ دور سیم (mm)

d : قطر سیم (mm)




**شکل (۴) سطح مقطع سیم به همراه پوشش یخ**

**۴-۲-۱-۳- نیروی باد (برای طول یک متر)**

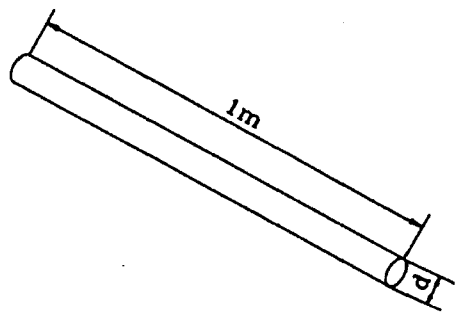
$$W_w = P_w \times A \qquad [kgf/m] \qquad (۱۸)$$

$$A = d \times ۱۰^{-۳} \times ۱ \qquad [m] \qquad (۱۹)$$

$$W_w = P_w \times d \times ۱۰^{-۳} \qquad [\frac{Kgf}{m}] \qquad (۲۰)$$

$P_w$ : فشار باد $(\frac{Kgf}{m^۲})$

A : سطح مؤثر بادخور سیم در طول یک متر (m)




**شکل (۵) قرارگرفتن طول سیم در مقابل باد**

توجه شود که اگر روی سیم لایه یخ وجود داشته باشد قطر کل (d + ۲i) منظور می‌شود.

رابطهٔ فشار باد وارد بر سیم ($\frac{Kgf}{m^2}$) و سرعت باد($\frac{m}{s}$) طبق استاندارد VDE بصورت زیر است:

$$P_w = \frac{v^2}{16} \qquad (۲۱)$$

**۴-۲-۲- نیروهای وارد بر پایه:**

نیروهای وارد بر پایه در تعیین پایه اهمیت زیادی دارند. و با داشتن برایند این نیروها می‌توان نوع و اندازه پایه را مشخص کرد. این نیروها عبارتند از:

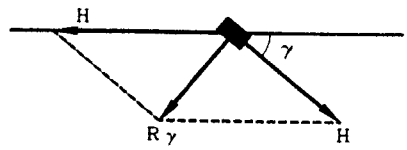
**۴-۲-۲-۱- مؤلفهٔ قائم و افقی برایند نیروهای کشش سیم در دو طرف**

مؤلفهٔ قائم برایند کشش در دو طرف پایه برابر با وزن سیمی بطول اسپن وزنی (با در نظر گرفتن وزن یخ در صورت وجود) بعلاوهٔ وزن مقره می‌باشد. مؤلفهٔ افقی برایند کشش سیم در دو طرف پایه در پایه‌های مماسی تقریباً صفر است ولی در پایه‌های گوشه‌ای مطابق شکل (۶) قابل محاسبه است.

$$R\gamma = 2H \sin\frac{\gamma}{2} \ [Kgf] \qquad (۲۲)$$

(برای یک سیم)

$\gamma$: زاویه بین امتدادهای خط در دو طرف یک پایه در زاویه




***شکل (۶) مؤلفهٔ افقی برایند نیروهای کشش سیم***

**۴-۲-۲-۲- نیروی ناشی از باد روی سیم و مقره و پایه**

- نیروی افقی باد روی سیم که به پایه وارد می‌شود از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$W_{H_1} = S_w \times (W_w \times \rho) \quad [Kgf] \qquad (۲۳)$$

$S_w$ : اسپن بادگیر

$W_w$ : حداکثر نیروی باد روی یک متر از طول سیم

$\rho$ : ضریبی که با توجه به مدت وزش باد در سال و مسائل اقتصادی منظور می‌شود. در جاهاییکه مقدار $\rho$ مشخص نشده است برای اطمینان مقدار آن ۱ در نظر گرفته می‌شود.

- نیروی باد روی مقره از رابطهٔ مقابل حساب می‌شود:

$W_s = P_w \times (L \times d \times J)$ [Kgf] (۲۴)

$P_w$ : فشارباد

L : طول مقره یا زنجیره مقره

d : قطر مقره یا زنجیره مقره

J : ضریبی که برای جبران فضاهای باز بین مقره‌ها استفاده شده است و معمولاً ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

– نیروی باد روی پایه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$W_p = KSv^2$ [kgf] (۲۵)

S : سطح باد خور پایه

v سرعت باد $(\frac{m}{s})$ و K ضریبی است که مقدار آن از جدول (۱) بدست می‌آید.

***جدول (۱) مقدار ضریب K برای سطوح مختلف***

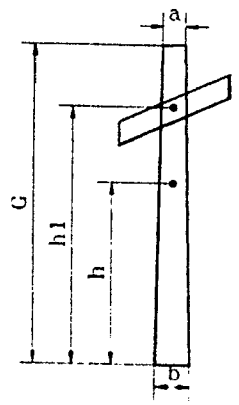
| نوع سطح بادگیر | مقدار K |
|---|---|
| با مقطع دایره و قطر کمتر از ۵ سانتیمتر (مثل سیم) | ۰/۰۶۲۵ |
| با مقطع دایره و قطر بیشتر از ۵ سانتیمتر (پایه‌استوانه‌ای) | ۰/۰۵ |
| با مقطع تخت | ۰/۰۸۱۲ |

این نیرو در مرکز ثقل پایه وارد می‌شود. اگر فاصله مرکز ثقل پایه از زمین h فرض شود این نیرو گشتاوری باندازهٔ $W_p \times h$ به پای تیر وارد می‌کند. نیروی وارده بر نقطه نگهدارندهٔ سیم در تیر که سبب گشتاوری به این اندازه در پای تیر می‌شود $(W_{H_2})$ از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$W_{H_2} = \frac{W_p \times h}{h_1}$ [Kgf] (۲۶) ($h_1$ فاصله نقطهٔ نگهدارنده سیم از زمین است)

اگر ابعاد بالا و پایین تیر a و b و طول تیر از زمین G باشد h از رابطه (۲۷) بدست می‌آید.

$$h = \frac{b - \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}}}{b - a} \times G \qquad (۲۷)$$




***شکل (۷) فواصل مختلف روی پایه***

کل نیروی افقی که باد از طریق سیم و مقره و خود پایه به پایه وارد می‌کند و در انتخاب پایه مؤثر است ($W_H$) بصورت زیر بدست می‌آید.

$$W_H = (W_{H_1} + W_s) \times N + W_{H_2} \quad [Kgf] \qquad (۲۸)$$

N : تعداد سیمها

– در اینجا با داشتن نیروهای افقی و عمودی که به مقره وارد می‌شود می‌توان زاویه انحراف مقره را مطابق شکل (۸) بدست آورد.

$$W_V = S_V \times W \quad [Kgf] \qquad (۲۹)$$

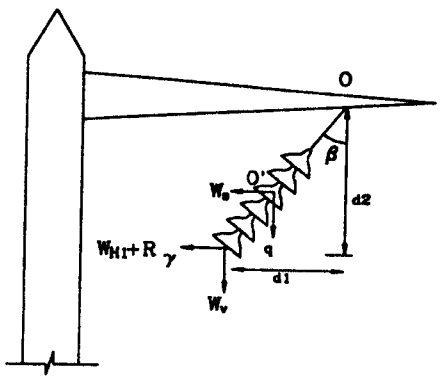
$$W_{H_1} = S_w \times (W_w \times \rho) \quad [Kgf] \qquad (۳۰)$$

$$W_s = P_w \times (L \times d \times J) \quad [Kgf] \qquad (۳۱)$$

$W_V$: نیروی ناشی از وزن سیم [Kgf]

$S_V$: اسپن وزنی [m]

W: وزن واحد طول سیم [Kgf/m]




*شکل (۸) محاسبه زاویه انحراف مقره*

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{W_{H_1} + R\gamma + \frac{W_s}{2}}{W_V + \frac{q}{2}} \qquad (۳۲)$$

q: وزن زنجیره مقره [Kgf]

$R\gamma$: نیروی ناشی از زاویه‌دار بودن خط [Kgf]

$$\Rightarrow \tan\beta = \frac{W_{H_1} + R\gamma + \frac{W_s}{2}}{W_V + \frac{q}{2}} \qquad (۳۳)$$

۴-۲-۲-۳- محاسبه نیروی Uplift:

اگر دو پایه در یک اسپن مختلف الارتفاع باشند و نقطه مینیمم منحنی سیم در خارج از فاصله بین دو اسپن باشد در اینصورت به پایه پایینی نیرویی به سمت بالا وارد خواهد شد که نیروی Uplift نامیده می‌شود. شرط اینکه نقطه مینیمم منحنی سیم خارج از فاصله بین دو اسپن قرار گیرد یعنی نیروی Uplift داشته باشیم این است که $f < \frac{h}{4}$ یا $S < \sqrt{2ah}$ باشد.

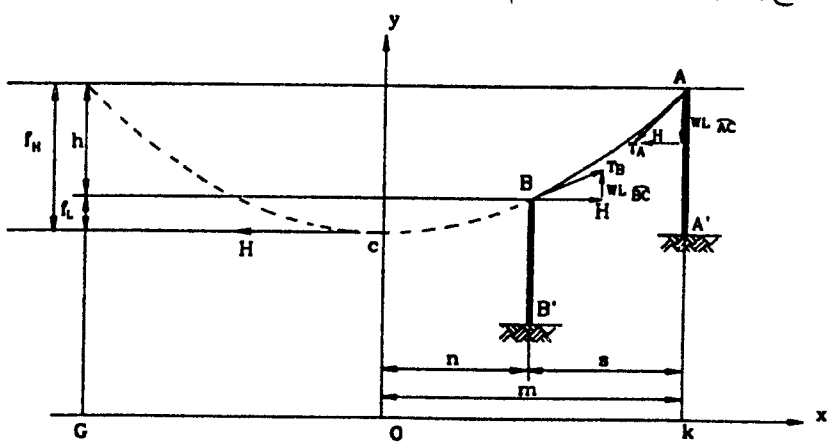
مؤلفه قائم نیروی Uplift برابر است با وزن طولی از سیم که بین پایه کوچکتر و نقطه مینیمم قرار گرفته است و مؤلفه افقی آن H می‌باشد.

$$\vec{T}_B = \vec{W}_L + \vec{H} \qquad (۳۴)$$

و مقدار عددی برایند این دو مؤلفه بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_B = H + Wf_L \qquad (۳۵)$$

$f_L$: اختلاف ارتفاع پایه پایینتر و نقطه مینیمم منحنی است که از رابطه (۱۳) محاسبه می‌شود.




*شکل (۹) نیروی بالابرنده*

## ۴-۳- معادله تغییر وضعیت

### ۴-۳-۱- تعریف معادله تغییر وضعیت:

معادله تغییر وضعیت یک معادله درجه سوم بر حسب کشش (ویا تنش) سیم است. در این معادله با معلوم بودن مشخصات سیم و طول اسپن معادل، با داشتن شرایط در یک وضعیت آب و هوایی اولیه (H, t, w) و نیز مقادیر t′ و w′ از شرایط وضعیت جدید می‌توان کشش وضعیت جدید (H′) را محاسبه کرد. (t و t′ به ترتیب دمای محیط در شرایط اولیه و وضعیت جدید هستند)

### ۴-۳-۲- هدف از معادله تغییر وضعیت:

در طراحی خطوط انتقال و توزیع انرژی باید در هیچ یک از شرایط جوی فلش و کشش سیم از حد مجاز بیشتر نشوند. بنابراین کشش در موقع نصب باید مشخص شود و مقداری انتخاب شود که در بدترین شرایط مقادیر کشش و فلش سیم از مقادیر مجاز، تجاوز ننمایند. در معادله تغییر وضعیت، یک وضعیت آب و هوایی به همراه کشش سیم در این وضعیت شرایط اولیه را تشکیل می‌دهند و با استفاده از آن می‌توان کشش را در هر وضعیت آب و هوایی دیگر محاسبه کرد. کشش سیم برای انواع رژیمهای آب و هوایی و در رژیم استقرار برای درجه حرارتهای مختلف در حوالی درجه حرارت متوسط منطقه حساب می‌شود تا در موقع سیم‌کشی از آنها استفاده شود.

### ۴-۳-۳- رابطه معادله تغییر وضعیت:

با در نظر گرفتن تغییرات طول سیم ناشی از تغییر دما و ناشی از تغییر کشش معادله تغییر وضعیت بصورت زیر بدست می‌آید:

$$H'^{۲} + \left[\frac{AES^{۲}W^{۲}}{۲۴H^{۲}} + \alpha AE\,(t' - t) - H\right] H'^{۲} - \frac{AES^{۲}W'^{۲}}{۲۴} = ۰ \qquad (۳۶)$$

H و H′ بر حسب Kgf، t و t′ بر حسب درجه سانتیگراد، W بر حسب Kgf/m ، A بر حسب $mm^{۲}$، E بر حسب $Kg/mm^{۲}$ ، S بر حسب متر و $\alpha$ بر حسب $۱/°C$ است.

### ۴-۳-۴- پیری سیم و اثرات آن در معادله تغییر وضعیت:

سیم در اثر کشش وارد بر آن، پس از گذشت زمان، اضافه طولی پیدا خواهد کرد که فلش را افزایش و کشش را کاهش می‌دهد. دخالت دادن اثرات پیری در معادله تغییر وضعیت به دو صورت ممکن است. روش اول

منظور کردن درجه حرارت معادل پیری ($\Delta t$) است، بدین نحو که مطابق استاندارد برای هر سیمی در هر شرایط جوی یک درجه حرارت معادل پیری در نظر گرفته شده و آن میزان حرارتی است که اضافه طول ناشی از آن با اضافه طول ناشی از پیری سیم برابر است. و بنابراین در هنگام سیم‌کشی درجه حرارت محیط به اندازه $\Delta t$ کمتر از درجه حرارت واقعی در نظر گرفته می‌شود.

روش دیگر استفاده از جداول فلش و کشش اولیه و فلش و کشش بعد از پیری است. بدین نحو که ابتدا با در نظر گرفتن سخت‌ترین شرایط همراه با بیشترین کشش بعنوان شرایط اولیه، نمودار فلش و کشش برای دماهای مختلف و اسپنهای مختلف رسم می‌شود. همین کار برای سیم بعد از پیری نیز انجام می‌شود و سپس نمودارهای بدست آمده کنترل می‌گردد. اگر در یک محدوده طول اسپن، کشش در یکی از شرایط از مقدار حداکثر فراتر رفته باشد در آن محدوده طول اسپن آن شرایط را شرایط اولیه در نظر گرفته و تمام مقادیر با شرایط اولیه جدید بدست آمده و رسم می‌شوند و دوباره نمودارها کنترل می‌شوند. به این ترتیب نمودار کشش و فلش صحیح کاربردی برای شرایط مختلف بدست می‌آید.

## ۵- تعیین اسپن معادل طراحی و اسپنهای کاربردی، نوع و ارتفاع پایه‌ها و مشخصات خط در زمان اجرا

### ۵-۱- تعیین اسپن معادل طراحی برای یک سکشن

برای این منظور باید مراحل زیر انجام شود.

#### ۵-۱-۱- تعیین سخت‌ترین شرایط:

برای تعیین سخت‌ترین شرایط از جداول کشش و فلش برای رژیمهای مختلف، استفاده می‌شود. برای بدست آوردن این جداول باید یک شرط اولیه ($H_1$, $t_1$, $w_1$) موجود باشد. برای این منظور، در یک رژیم دلخواه $W_1$ (نیروهای وارد بر واحد طول سیم در صفحه عمود بر سیم) و $t_1$ (درجه حرارت محیط) که مشخص هستند در نظر گرفته می‌شوند با فرض پارامترهای مختلف برای سیم در این رژیم، کشش‌های اولیه مختلف ($H_1$) بدست می‌آید. بنابراین به ازاء هر مقدار پارامتر سیم یک شرایط اولیه وجود دارد. با این شرایط اولیه بازاء طول اسپنهای مختلف و برای شرایط جوی مختلف مقادیر فلش، کشش و ضریب اطمینان محاسبه

می‌شوند. برای پارامتر و طول اسپن مقادیری قابل قبول هستند که نتایج بدست آمده از آنها در شرایط مختلف از مقادیر مجاز تجاوز نکند. در این جداول می‌توان برای اسپنهای مختلف، سخت‌ترین شرایط را استخراج کرد. در پیوست (الف) این جداول برای سیم Mink آورده شده‌اند.

**۵-۱-۲- تهیه جدول مقایسه:**

برای این منظور بازاء هر پارامتر در جدول کامپیوتری مربوط به آن محدودیتهای زیر اعمال می‌شود تا در آن پارامتر اسپنهای قابل قبول استخراج شوند.

۵-۱-۲-۱- اسپنهایی که در تمام شرایط ضریب اطمینان لازم را دارا هستند مشخص می‌شوند.

۵-۱-۲-۲- از اسپنهای مشخص شده مقادیر کمتر از حداکثر اسپن بادگیر و حداکثر اسپن وزنی مشخص می‌شوند. (این محدودیتها در بندهای ۵-۲-۱ و ۵-۲-۲ ذکر شده‌اند.)

۵-۱-۲-۳- از اسپنهای بدست آمده پس از مرحله قبل مقادیری که در شرط حداکثر اسپن الکتریکی (و یا حداکثر فلش الکتریکی) صدق می‌کنند استخراج می‌شوند (این شرط در بند ۵-۲-۴ توضیح داده شده است).

در هر یک از اسپنهایی که برای هر پارامتر تعیین شده است (از سه مرحله قبل) فلش حداکثر تعیین می‌شود.

**۵-۱-۳- تعیین فواصل مجاز:**

در این مرحله فاصله مجاز استاندارد سیم از زمین مشخص می‌شود (با استفاده از جداول فواصل مجاز). به مقدار استخراج شده از جدول ۰/۵ متر برای خطا در پروفیل و جابجایی پایه روی زمین در اثر اشتباه یا عوارض اضافه می‌کنند.

فاصله مجاز سیم از زمین = مقدار استخراج شده + ۰/۵ (۳۷)

**۵-۱-۴- تعیین ارتفاع پایه‌ها در جدول مقایسه:**

با مشخص بودن فاصله مجاز سیم از زمین و همچنین مقادیر فلش حداکثر بازاء پارامترهای مختلف می‌توان ارتفاع موردنیاز پایه‌ها ($h_s$) را تعیین نمود و در جدول وارد کرد.

پس از انجام چهار مرحله فوق جدولی بصورت جدول (۲) با ستونهای زیاد بدست می‌آید.

جدول (۲) - جدول مقایسه

| | | |
|---|---|---|
| a | | |
| S | | |
| $f_{max}$ | | |
| $h_s$ | | |

اکنون با توجه به محدوده ارتفاع نقاط نگهدارنده (کراس‌آرمها) برخی از $h_s$ های بدست آمده که در این محدوده نیستند حذف می‌شوند.

**۵-۱-۵- برآورد اقتصادی و انتخاب نهایی اسپن:**

بازاء پارامترهایی که مقادیر $h_s$ در آنها قابل قبول است، اسپنهای مختلفی وجود دارد، که هر چه اسپن بزرگتر انتخاب شود ارتفاع پایه هم بزرگتر بدست می‌آید که ممکن است اقتصادی نباشد و هر چه ارتفاع پایه کمتر گرفته شود طول اسپن نیز کمتر بدست می‌آید که باز ممکن است تعداد پایه‌ها زیاد شود و اقتصادی نباشد. بنابراین در این مرحله از کار، یک برآورد اقتصادی باید صورت بگیرد و پارامتری که اسپن حداکثر و ارتفاع پایه بهینه را می‌دهد انتخاب شود. (دقت شود که پارامتر a انتخاب شده برای شرایط اولیه در نظر گرفته شده می‌باشد و برای رژیمهای دیگر مقدار پارامتر از تقسیم مقدار کشش بر وزن واحد طول بدست می‌آید.)

**۵-۱-۶- در صورت مشخص بودن ارتفاع تیر:**

در اینصورت با توجه به فاصله مجاز سیم از زمین حداکثر فلش تعیین می‌گردد و در محدوده مجاز بدست آمده نیز می‌توان یک برآورد اقتصادی بین طول اسپن و سایز تیرها با توجه به حداکثر کشش و مقادیر استاندارد شده اندازه تیرها انجام داد.

**۵-۲- شرایط محدودکننده برای تعیین طول دقیق اسپنها و تعیین محل پایه‌ها روی پروفیل**

**۵-۲-۱- حداکثر اسپن وزنی:**

نیروی قائم وارد بر پایه‌ها از حاصلضرب طول اسپن وزنی در وزن واحد طول سیم (در صورت وجود یخ، وزن یخ هم لحاظ می‌شود) بعلاوه وزن زنجیره مقره همراه با یخ بدست می‌آید و چون هر پایه‌ای نیروی قائم قابل تحمل خاصی دارد بنابراین در هنگام پایه‌گذاری باید به این مسأله توجه داشت تا نیروی بیشتری به آن وارد نشود. محدودیت فوق حداکثر اسپن وزنی را برای پایه موردنظر مشخص می‌کند.

**۵-۲-۲- حداکثر اسپن بادگیر:**

نیروی افقی وارد بر پایه ناشی از باد روی سیم از حاصلضرب اسپن بادگیر در نیروی باد وارد بر واحد طول بدست می‌آید. مجموع این نیرو و نیروهای افقی دیگر وارد بر پایه که در بند ۴-۲-۲ به آنها اشاره شد نباید از حداکثر نیروی افقی مورد تحمل پایه بیشتر شود. این محدودیت حداکثر اسپن بادگیر را مشخص می‌کند و در هنگام پایه‌گذاری روی پروفیل باید توجه شود که هیچ اسپنی از حداکثر اسپن بادگیر بزرگتر نشود.

**۵-۲-۳- حداکثر میزان انحراف زنجیره مقره:**

چنانکه در بند ۴-۲-۲-۲ بیان شد میزان انحراف زنجیره مقره بر حسب نیروهای وارده طبق رابطه (۳۳) محاسبه می‌شود.

اگر پایه مشخص باشد باید بین نیروهای وارد بر سیم تعادلی برقرار نمودکه در رابطه (۳۳)، $\beta$از $\beta_{max}$(که برای پایه موردنظر تعیین شده است) بیشتر نشود. ($\beta_{max}$حداکثر زاویه‌ای است که در یک پایه میانی با توجه به نوع کراس آرم، مقره می‌تواند با امتداد قائم داشته باشد).

برای برقراری سه شرط فوق در صفحه مختصات ($S_V$, $S_W$) با در نظرگرفتن مقدار $S_{Vmax}$که حداکثر اسپن وزنی و $S_{Wmax}$که حداکثر اسپن بادگیر است حدود تغییرات این دو اسپن نشان داده می‌شود. همچنین با استفاده از رابطه $\beta$و مشخص بودن $\beta_{max}$یک منحنی در صفحه ($S_V$, $S_W$) بدست می‌آید که نقاط یک طرف این منحنی نقاط مجاز برای ($S_V$, $S_W$) می‌باشند. اکنون با حدود فوق یک محدوده برای انتخاب $S_W$ و $S_V$ در صفحه ($S_V$, $S_W$)بدست آمده است که نقاط داخل این محدوده مجاز و بقیه نقاط غیرمجاز می‌باشند.

**۵-۲-۴- حداکثر اسپن الکتریکی:**

طبق استاندارد VDE رابطه بین حداقل فاصله فازها (PC)، فلش در حداکثر درجه حرارت ($f_{max}$)، طول زنجیره مقره ($L_I$) و ولتاژ خط (u) بصورت زیر است:

$$PC = Ke\sqrt{f_{max} + L_I} + \frac{u}{150} \qquad (۳۸)$$

PC ، $f_{max}$ و $L_I$ بر حسب متر و u بر حسب کیلوولت است.

Ke ضریبی است که با توجه به نوع سیم و موقعیت فازها طبق جدول (۳) تعیین می‌شود. در صورت مشخص بودن کراس آرم و آرایش سیمها روی پایه، PC مشخص است پس این رابطه f را محدود می‌کند که با

معلوم بودن پارامتر سیم به محدودیت اسپن منتهی می‌شود.

**۵-۲-۵- نیروی بالا برنده:** در طول مراحل پایه‌گذاری بایستی به نیروی بالابرنده هم توجه شود (مطابق بند ۴-۲-۲-۳) در صورتیکه حذف نیروی بالابرنده ممکن نباشد باید این مقدار محاسبه و در تعیین پایه دخالت داده شود.

*جدول (۳) مقدار ضریب $K_\theta$ با توجه به سطح مقطع و جنس هادیها و موقعیت فازها*

| جنس سیم | نام سیم | سطح مقطع | ضریب $K_\theta$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | سیمهای عمودی | سیمهای افقی | سیمهای 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 |
| آلومینیم با هسته فولاد | فاکس | ۴۲/۷۷ | ۰/۸۵ | ۰/۶۵ | ۰/۷۰ |
| | مینک | ۷۳/۶۵ | ۰/۸۵ | ۰/۶۵ | ۰/۷۰ |
| | هاینا | ۱۲۶/۴۳ | ۰/۷۵ | ۰/۶۲ | ۰/۶۵ |
| | لینکس | ۲۲۶/۲ | ۰/۷۵ | ۰/۶۲ | ۰/۶۵ |

## ۵-۳- جداول نصب و منحنی‌های نصب

پس از انتخاب پارامتر سیم و طول اسپن معادل، برای نصب خط نیاز به منحنی‌های فلش و کشش در زمان نصب می‌باشد. برای تهیه منحنی‌های نصب ابتدا باید جداول نصب تهیه شود. این جداول به کمک معادله تغییر وضعیت و با در نظر گرفتن شرایط نصب بدون یخ و باد بدست می‌آیند.

از این جداول می‌توان بازاء پارامتر سیم و اسپن معادل انتخاب شده مقادیر فلش و کشش سیم را برای دماهای مختلف نصب در اسپنی بطول اسپن معادل استخراج کرد. چون در اسپنهای یک سکشن، کشش افقی برابر است بنابراین با تغییر طول یک اسپن در سکشن، کشش آن تفاوتی پیدا نمی‌کند و مقادیری که در جدول نصب برای طول اسپن معادل آورده شده‌اند برای دیگر طول اسپنهای آن سکشن نیز برقرار است.

اما با افزایش اسپن، فلش افزایش پیدا می‌کند:

$$f = \frac{WS^2}{8H}$$

$$\Rightarrow f = f_{eq}\left(\frac{S}{S_{eq}}\right)^2 \quad [m] \qquad (۳۹)$$

$$f_{eq} = \frac{WS_{eq}^2}{8H}$$

$S_{eq}$ اسپن معادل و $f_{eq}$ فلش در این اسپن است.

با در نظرگرفتن رابطه (۳۹) می‌توان نمودار فلش را بر حسب اسپن رسم کرد. چون در دماهای مختلف مقادیر $f_{eq}$ متفاوت است برای یک اسپن معادل انتخاب شده بازاء دماهای مختلف، نمودارهای مختلفی از فلش بر حسب اسپن وجود دارد.

جداول نصب برای سیم Mink در پیوست (ب) آورده شده است. در انتهای این ضمیمه یک نمونه از نمودارهای کشش و فلش در زمان نصب برای یک اسپن معادل انتخاب شده، آورده شده است.

## ۵-۴- پایه‌گذاری روی پروفیل

### ۵-۴-۱- تهیه تمپلت:

پس از تعیین اسپن معادل طراحی، پارامتر کاربردی سیم و حداقل ارتفاع پایه برای پایه‌گذاری روی پروفیل تمپلت فلش تهیه می‌شود و از آن استفاده می‌شود تمپلت از جنس پلاستیک مخصوصی بنام سولئد شفاف است که روی آن منحنی‌هایی رسم شده است. منحنی‌های مشخص شده زیر روی تمپلت رسم می‌شوند:

۵-۴-۱-۱- **منحنی گرم:** در این منحنی برای رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین حداکثر فلش ممکن در نظر گرفته می‌شود بنابراین منحنی گرم بر اساس حداکثر درجه حرارت و مدول الاستیسیته نهایی و پیری سیم رسم می‌شود.

۵-۴-۱-۲- **منحنی فاصله لازم سیم تا زمین:** این منحنی همان منحنی گرم است که باندازه h به سمت پایین آورده شده است (h فاصله لازم سیم تا زمین در حداکثر فلش است).

۵-۴-۱-۳- **منحنی سرد:** برای کنترل نیروی بالابرنده، حداقل فلش اولیه و انحراف زنجیره مقره از منحنی سرد استفاده می‌شود. این منحنی در حداقل درجه حرارت بدون یخ و باد، با در نظر گرفتن مدول الاستیسیته اولیه رسم می‌شود.

۵-۴-۱-۴- **منحنی معمولی:** این منحنی در درجه حرارت معمولی منطقه و مدول الاستیسیته نهایی و پیری

سیم رسم می‌شود.

**۵-۴-۱-۵- منحنی محل پایه استاندارد:** منحنی تعیین محل پایه استاندارد زیر منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین قرار می‌گیرد و بگونه‌ای است که طول خطوط قائم بین این منحنی و منحنی گرم در تمام نقاط منحنی برابر اولین طول پایه استاندارد است.

**۵-۴-۲- نحوه پایه‌گذاری روی پروفیل:**

در پایه‌گذاری روی پروفیل تعیین محل پایه با توجه به موقعیت زمین و طول اسپن معادل و تعیین ارتفاع پایه با توجه به اطلاعات و محدودیتهای ذکر شده به نحوی که از نظر اقتصادی بهترین حالت باشد موردنظر است. برای شروع پایه‌گذاری، اولین پایه، پایه انتهایی مناسب در نظر گرفته می‌شود و سپس برای تعیین محل پایه‌های بعدی به اندازه اسپن معادل طراحی از پایه قبلی جلو رفته اگر در این نقطه امکان نصب پایه بود پایه گذاشته می‌شود و در صورت وجود موانع باید محل پایه در جای دیگر به نحوی قرار گیرد که در چهارچوب شرایط محدودکننده قرار بگیرد و اقتصادی باشد. برای این کار و رسم منحنی سیم دو راه وجود دارد:

– اگر بدلایلی محل پایه مشخص و تغییرناپذیر باشد در آن نقطه خط قائمی رسم می‌شود و محدوده ارتفاع نقطه نگهدارنده برای پایینترین فاز روی آن مشخص می‌شود. اکنون تمپلت روی پروفیل به نحوی جابجا می‌شود که همواره خطوط متعامد پروفیل با خطوط متعامد تمپلت موازی باشند و در این حالت منحنی گرم به نحوی بین دو پایه قرار می‌گیرد که شرایط زیر را تأمین کند:

الف) از نقطه نگهدارنده پایه قبلی و از یکی از نقاط مجاز نگهدارنده پایه جدید بگذرد.

ب ) منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین بر روی تمپلت با خط زمین پروفیل مماس یا کمی بالاتر باشد.

و در این حالت منحنی سیم رسم می‌گردد.

– اگر محل پایه مشخص نباشد و امکان پایه‌گذاری در نقاط مختلفی وجود داشته باشد تمپلت آنقدر روی پروفیل (با حفظ توازی خطوط تمپلت و پروفیل) جابجا می‌شود که:

(الف) منحنی گرم از نقطه نگهدارنده سیم در پایه قبلی بگذرد،

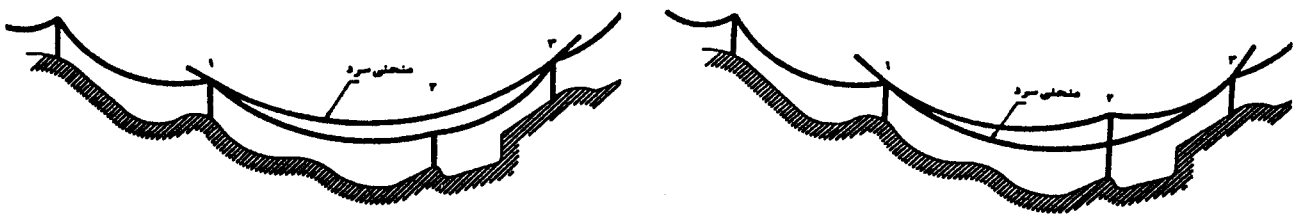
(ب) منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین با خط زمین پروفیل مماس یا کمی بالاتر از آن باشد.

در این حالت منحنی گرم مکان هندسی نقاط نگهدارنده سیم در پایه بعدی است. پس از رسم منحنی

بوسیله بقیه محدودیتها و عوارض زمین محل دقیق پایه مشخص می‌شود.

**۵-۴-۳- 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. بدین نحو که در جائیکه احتمال وجود نیروی بالابرنده می‌رود مانند اشکال (۱۰-الف) و (۱۰-ب) منحنی سرد بین دو پایه ۱ و ۳ قرار داده می‌شود.




*الف* *ب*

*شکل (۱۰)*

اگر این منحنی از نقطه نگهدارنده سیم در پایه ۲ بالاتر باشد نشاندهنده این است که در شرایط آب و هوایی سرد در پایه ۲ نیروی بالابرنده وجود خواهد داشت (شکل ۱۰-ب) و در غیر اینصورت خیر (شکل ۱۰-الف).

در صورت وجود نیروی بالابرنده موارد زیر می‌تواند صورت گیرد:

الف) به جای پایه غیرکششی از پایه کششی که بتواند نیروی بالابرنده را تحمل کند استفاده می‌شود.

ب ) در پایه‌گذاری تغییراتی داده می‌شود که پایه فوق حذف شود.

پ ) به تناسب کمبود نیروی قائم، وزنه به زیر زنجیره مقره آویزان شود.

ت ) از مهار استفاده شود.

در انتهای پایه‌گذاری در هر سکشن اگر اسپن آخر خیلی کوتاه یا خیلی بلند باشد می‌توان مقدار اضافی یا کاستی اسپن آخر را بین اسپنهای دیگر تقسیم کرد و یا از اسپن آخر بطرف عکس شروع به پایه‌گذاری دوباره و مناسب می‌شود.

در هنگام پایه‌گذاری روی پروفیل حتی اگر در طول مسیر خط زاویه‌ای وجود نداشته باشد باید با توجه به مقاومت پایه‌ها و نیروهای موجود در منطقه بعد از هر چند پایه غیرکششی یک پایه کششی بعنوان ستون خط نصب شود.

## ۶- مهار و انواع آن

### ۶-۱- موارد کاربرد:

برای حفظ پایداری مکانیکی در طول خط باید پایه به نوعی باشد که قدرت تحمل نیروهای وارد بر آن را داشته باشد. گاهی پایه‌ها قدرت تحمل نیروهای وارد بر آنها را ندارند و یا محل نصب به گونه‌ای است که قدرت تحمل پایه در برابر نیروهای وارد بر آن کم می‌شود (مثلاً زمین شیبدار، زمین باتلاق و ...). در اینگونه موارد از مهار استفاده می‌شود.

**۶-۲- محاسبه نیروی کشش مهار:** بطورکلی مهار باید اختلاف نیروی افقی وارد بر پایه و نیروی مقاومت پایه را جبران کند. نیروهای افقی وارد بر پایه عبارتند از: نیروی ناشی از زاویه‌دار بودن خط و نیز نیروی ناشی از باد که از طریق سیم و مقره و خود پایه به پایه وارد می‌شود. همانگونه که در بند ۴-۲-۲ محاسبه شد اندازه این نیروها مطابق زیر بدست می‌آید.

نیروی ناشی از باد روی سیم $= W_{H_1} = S_W \times (W_W \times \rho)$ [Kgf]

نیروی ناشی از باد روی مقره $= W_S = P_W \times (L \times d \times J)$ [Kgf]

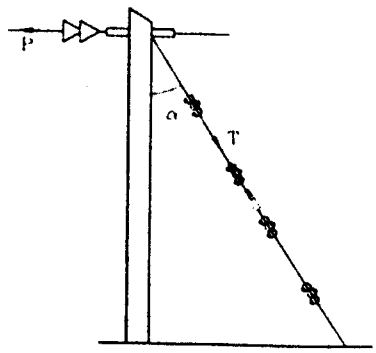
نیروی ناشی از باد روی خود پایه در مرکز ثقل پایه $= W_P = KSv^2$ [Kgf]

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 $= R\gamma = 2H\sin\frac{\gamma}{2}$ [Kgf]

با توجه به شکل (۱۱) نیروی کشش مهار (T) مطابق رابطه زیر است:

$$T = \frac{P}{\sin\alpha} \quad [Kgf] \qquad (۴۰)$$




شکل (۱۱) مهار ساده

که در رابطه (۴۰) P اختلاف برایند تمام نیروهای فوق با نیروی مقاومت پایه می‌باشد. بنابراین با محاسبه نیروهای فوق و داشتن زاویه مهار نسبت به پایه می‌توان نیروی کشش مهار را محاسبه کرد. برای محاسبه برایند نیروهای وارد بر پایه بدترین حالت که حالت همجهت بودن نیروهاست در نظر گرفته می‌شود بنابراین نیروی برایند (M) مطابق رابطه (۴۱) بدست می‌آید.

$$M = W_{H_2} + ۳ \times (W_{H_1} + W_S + R\gamma) \quad [Kgf] \qquad (۴۱)$$

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 (۴۲) بدست می‌آید.

$$T = \frac{M - Kf}{Sin\alpha} \quad [Kgf] \qquad (۴۲)$$

در رابطه (۴۲) 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 که از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$T' = \frac{h_1}{h_2} \times \frac{M - Kf}{Sin\alpha} \qquad (۴۳)$$

$h_1$ : ارتفاع محل نصب سیم از پای تیر

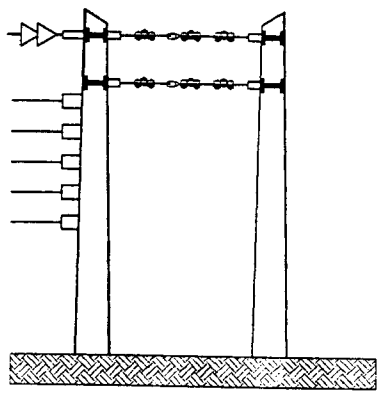
$h_2$ : ارتفاع محل نصب مهار از پای تیر

### ۶-۳- انواع مهار:

انواع مهار از نظر نحوه نصب و محل استفاده عبارتند از:

۶-۳-۱- **مهار ساده یا معمولی**: در این حالت پایه توسط سیم فولادی گالوانیزه‌ای که از یکطرف به سر پایه و از طرف دیگر به میله مهار و میله مهار به صفحه یا کنده مهار در زمین متصل می‌باشد، مهار می‌شود. این نوع مهار برای مقابله با نیروی برایند کشش سیم وارد بر پایه در ابتدا، انتها، زوایا، سرپیچها و سر انشعابات خطوط استفاده می‌شود. همچنین زمانی که 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 می‌گردد (شکل (۱۱)).

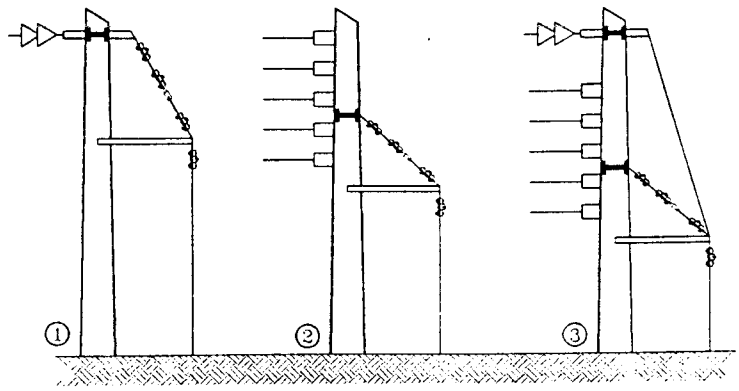
۶-۳-۲- **مهار اسپن (تیر به تیر)**: از این نوع مهار برای جاهائیکه فاصله کافی برای نصب مهار معمولی در پشت تیر موجود نمی‌باشد استفاده می‌گردد. در این حالت پایه توسط پایه دیگری که در نقطه مناسبی نصب می‌گردد مهار می‌شود. دو پایه معمولاً توسط سیم فولادی مهار به هم متصل می‌شوند ولی در جاهائیکه زیبایی محل مد نظر باشد می‌توان برای اتصال دو پایه از تعدادی نبشی استفاده کرد.



*شکل (۱۲) مهار اسپن (تیر به تیر)*

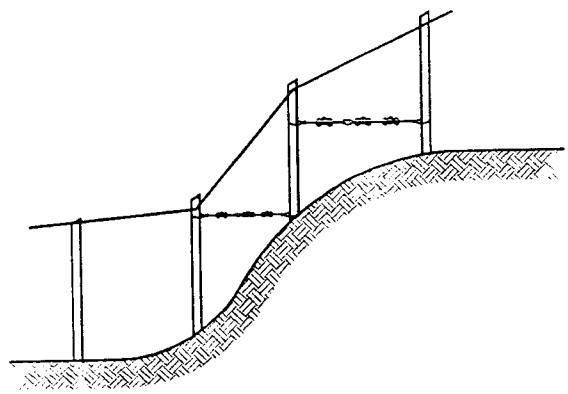
۶-۳-۳- **مهار پیاده‌رویی (زانویی)**: از این نوع مهار در جایی استفاده می‌شود که فاصله‌ای بیش از یکی دو متر در پشت تیر جهت نصب مهار موجود نباشد. نصب این مهار مطابق شکل (۱۳) است.

۶-۳-۴- **مهار مرکب**: برای استحکام بیشتر مهار می‌توان از این سیستم استفاده نمود که در واقع ترکیبی از مهار اسپن و مهار ساده می‌باشد.




*شکل (۱۳) مهار پیاده‌رویی یا زانویی*

**۶-۳-۵- مهار سر:** این نوع مهار شبیه مهار اسپن است با این تفاوت که به جای نصب تیر مهار از تیرهای خط جهت نگهداری یکدیگر استفاده می‌شود. مثلاً وقتی خط از روی تپه‌هایی با شیب تند عبور می‌کند هر تیر باید برای استحکام بیشتر و جلوگیری از بطرف پایین کشیده شدن مهار شود در این مواقع هر تیر توسط تیر دیگر و مانند شکل (۱۴) مهار می‌شود.



*شکل (۱۴) مهار سر*

۶-۴- مشخصات سیمهای مهار:

جدول (۴) 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 کنشی (Kgf) | ۱۶۳۰ | ۳۳۶۰ | ۴۹۰۰ | ۸۵۴۰ | ۷۰۰۰ | ۱۲۲۰۰ |

## ۷- فواصل مجاز خطوط هوایی

### ۷-۱- محاسبه فاصله هوایی:

فاصله هوایی که برای یک خط در نظر گرفته می‌شود از مجموع سه فاصله مبنا، الکتریکی و مکانیکی بدست می‌آید.

فاصله هوایی = فاصله مبنا + فاصله الکتریکی + فاصله مکانیکی

**۷-۱-۱- فاصله مبنا:** این فاصله فقط با در نظر گرفتن موقعیت خط و شرایط منطقه (با فرض ثابت بودن سیم و بدون برق بودن آن) سنجیده می‌شود.

**۷-۱-۲- فاصله الکتریکی:** این فاصله براساس مشخصات الکتریکی خط (ولتاژ و میدان الکتریکی ناشی از آن) بدست می‌آید.

**۷-۱-۳- فاصله مکانیکی:** این فاصله با در نظر گرفتن شرایط مکانیکی هادی (حرکت و جابجایی، تغییرات فلش و ...) بدست می‌آید.

### ۷-۲- جداول کاربردی:

در ادامه، فاصله هوایی لازم برای خطوط توزیع در شرایط مکانی مختلف در چهار بخش آورده شده است.

**۷-۲-۱- فاصله هوایی مجاز از تأسیسات:**

در جدول (ت-۱) فاصله هوایی مجاز هادیهای خط از تأسیسات مختلف آورده شده است. این مقادیر برای تأسیسات مختلف و مقادیر ولتاژ ۳۸۰V و ۱۱KV و ۲۰KV و ۳۳KV آورده شده است.

**۷-۲-۲- فاصله هوایی مجاز تجهیزات خطوط از تأسیسات:**

این مقادیر در جدول (ت-۲) برای تأسیسات مختلف و ولتاژهای ۳۸۰V و ۱۱KV و ۲۰KV و ۳۳KV آورده شده است.

**۷-۲-۳- فاصله قائم مجاز هادی از کف:**

جدول (ت-۳) فاصله قائم هادیهای خط را از سطح نشان می‌دهد. این مقادیر برای مکانهای مختلف و برای مقادیر ولتاژ ۳۸۰V و ۱۱KV و ۲۰KV و ۳۳KV آورده شده است.

**۷-۲-۴- فاصله قائم مجاز تجهیزات:**

جدول (ت-۴) فاصله قائم تجهیزات برقدار بی‌حفاظ خط از سطح را نشان می‌دهد. این مقادیر برای مکانهای مختلف و مقادیر ولتاژ ۳۸۰V و ۱۱KV و ۲۰KV و ۳۳KV آورده شده است.

**۷-۳- شرایط کاربرد جداول:**

اندازه‌هایی که بعنوان حداقل فاصله مجاز خطوط در جداول آمده است باید در شرایطی که حداکثر فلش روی خط مورد نظر وجود دارد کنترل شوند. در دو حالت زیر فلش حداکثر است.

۷-۳-۱- حالتی که محیط دارای دمای ۵۰°C (در صورتیکه دمای هادی بیشتر از ۵۰°C باشد آن دما در نظر گرفته می‌شود) و بدون باد است.

۷-۳-۲- حالتی که محیط دارای دمای ۰°C، بدون باد و همراه با حداکثر یخ موجود است.

## پیوست (الف) - جداول کشش و فلش و ضریب اطمینان برای سیم مینک

در این پیوست با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف برای سیم Mink در یک وضعیت آب و هوایی اولیه، کشش و فلش و ضریب اطمینان برای شرایط جوی مختلف و بازاء اسپنهای مختلف محاسبه شده‌اند. اولین شرایط جوی در جدول، شرایط اولیه در نظر گرفته شده است و پارامتر مورد نظر برای آن شرایط است.

جداول صفحات ۳۰ تا ۴۲ مربوط به منطقه آب و هوایی سبک و متوسط و جداول صفحات ۴۳ تا ۵۵ مربوط به منطقه آب و هوایی سنگین و فوق سنگین است.

طول اسپنها در محدوده‌ای در نظر گرفته شده است که فلش و ضریب اطمینان در حد قابل قبول معمول قرار گیرند.

a = 400 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 102 | 617.54 | 660.28 | 400.06 | 692.83 | 506.17 | 704.17 |
| | f | 0.5 | 0.29 | 0.43 | 0.3 | 0.4 | 0.45 | 0.33 |
| | n | 21.79 | 3.6 | 3.37 | 5.56 | 3.21 | 4.39 | 3.16 |
| S=45 | H | 102 | 584.77 | 649.71 | 374.5 | 677.39 | 499.38 | 678.36 |
| | f | 0.63 | 0.38 | 0.55 | 0.41 | 0.51 | 0.57 | 0.44 |
| | n | 21.79 | 3.8 | 3.42 | 5.94 | 3.28 | 4.45 | 3.28 |
| S=50 | H | 102 | 553.89 | 640.1 | 352.49 | 663.16 | 493.43 | 654.04 |
| | f | 0.78 | 0.5 | 0.69 | 0.54 | 0.65 | 0.71 | 0.56 |
| | n | 21.79 | 4.01 | 3.47 | 6.31 | 3.35 | 4.51 | 3.4 |
| S=55 | H | 102 | 525.98 | 631.51 | 334.26 | 650.35 | 488.29 | 631.84 |
| | f | 0.95 | 0.63 | 0.84 | 0.68 | 0.8 | 0.87 | 0.7 |
| | n | 21.79 | 4.23 | 3.52 | 6.65 | 3.42 | 4.55 | 3.52 |
| S=60 | H | 102 | 501.62 | 623.95 | 319.52 | 639 | 483.87 | 612.1 |
| | f | 1.12 | 0.79 | 1.01 | 0.85 | 0.97 | 1.05 | 0.86 |
| | n | 21.79 | 4.43 | 3.56 | 6.96 | 3.48 | 4.59 | 3.63 |
| S=65 | H | 102 | 480.87 | 617.33 | 307.7 | 629.05 | 480.09 | 594.86 |
| | f | 1.32 | 0.97 | 1.2 | 1.04 | 1.15 | 1.24 | 1.04 |
| | n | 21.79 | 4.62 | 3.6 | 7.22 | 3.53 | 4.63 | 3.74 |
| S=70 | H | 102 | 463.46 | 611.57 | 298.22 | 620.39 | 476.86 | 579.98 |
| | f | 1.53 | 1.16 | 1.41 | 1.24 | 1.36 | 1.45 | 1.24 |
| | n | 21.79 | 4.8 | 3.63 | 7.45 | 3.58 | 4.66 | 3.83 |
| S=75 | H | 102 | 448.96 | 606.56 | 290.57 | 612.88 | 474.09 | 567.22 |
| | f | 1.76 | 1.38 | 1.63 | 1.46 | 1.57 | 1.67 | 1.46 |
| | n | 21.79 | 4.95 | 3.66 | 7.65 | 3.63 | 4.69 | 3.92 |
| S=80 | H | 102 | 436.88 | 602.21 | 284.35 | 606.37 | 471.71 | 556.31 |
| | f | 2 | 1.61 | 1.87 | 1.7 | 1.81 | 1.91 | 1.69 |
| | n | 21.79 | 5.09 | 3.69 | 7.82 | 3.67 | 4.71 | 4 |
| S=85 | H | 102 | 426.8 | 598.42 | 279.23 | 600.71 | 469.65 | 546.97 |
| | f | 2.26 | 1.86 | 2.12 | 1.96 | 2.06 | 2.17 | 1.94 |
| | n | 21.79 | 5.21 | 3.71 | 7.96 | 3.7 | 4.73 | 4.06 |
| S=90 | H | 102 | 418.34 | 595.1 | 274.98 | 595.79 | 467.86 | 538.97 |
| | f | 2.53 | 2.13 | 2.39 | 2.23 | 2.33 | 2.44 | 2.21 |
| | n | 21.79 | 5.31 | 3.74 | 8.08 | 3.73 | 4.75 | 4.12 |
| S=95 | H | 102 | 411.2 | 592.2 | 271.42 | 591.5 | 466.31 | 532.07 |
| | f | 2.82 | 2.41 | 2.68 | 2.52 | 2.62 | 2.73 | 2.49 |
| | n | 21.79 | 5.41 | 3.75 | 8.19 | 3.76 | 4.77 | 4.18 |
| S=100 | H | 102 | 405.14 | 589.65 | 268.41 | 587.74 | 464.95 | 526.12 |
| | f | 3.12 | 2.72 | 2.98 | 2.82 | 2.92 | 3.03 | 2.79 |
| | n | 21.79 | 5.49 | 3.77 | 8.28 | 3.78 | 4.78 | 4.23 |
| S=105 | H | 102 | 399.95 | 587.4 | 265.84 | 584.44 | 463.76 | 520.94 |
| | f | 3.45 | 3.03 | 3.3 | 3.14 | 3.24 | 3.35 | 3.11 |
| | n | 21.79 | 5.56 | 3.78 | 8.36 | 3.8 | 4.79 | 4.27 |
| S=110 | H | 102 | 395.48 | 585.41 | 263.63 | 581.52 | 462.71 | 516.43 |
| | f | 3.78 | 3.37 | 3.63 | 3.47 | 3.57 | 3.68 | 3.44 |
| | n | 21.79 | 5.62 | 3.8 | 8.43 | 3.82 | 4.8 | 4.3 |
| S=115 | H | 102 | 391.6 | 583.64 | 261.71 | 578.94 | 461.78 | 512.47 |
| | f | 4.13 | 3.72 | 3.98 | 3.82 | 3.92 | 4.04 | 3.79 |
| | n | 21.79 | 5.68 | 3.81 | 8.49 | 3.84 | 4.81 | 4.34 |
| S=120 | H | 102 | 388.22 | 582.07 | 260.05 | 576.65 | 460.95 | 508.98 |
| | f | 4.5 | 4.08 | 4.35 | 4.19 | 4.28 | 4.4 | 4.15 |
| | n | 21.79 | 5.73 | 3.82 | 8.55 | 3.86 | 4.82 | 4.37 |

a = 450 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 114.75 | 670.23 | 703.62 | 446.88 | 738.87 | 544.37 | 754.75 |
| | f | 0.44 | 0.26 | 0.4 | 0.27 | 0.37 | 0.41 | 0.31 |
| | n | 19.37 | 3.32 | 3.16 | 4.97 | 3.01 | 4.08 | 2.95 |
| S=45 | H | 114.75 | 643.62 | 697.33 | 424.23 | 728.27 | 540.55 | 734.83 |
| | f | 0.56 | 0.35 | 0.51 | 0.36 | 0.48 | 0.53 | 0.4 |
| | n | 19.37 | 3.45 | 3.19 | 5.24 | 3.05 | 4.11 | 3.03 |
| S=50 | H | 114.75 | 617.47 | 691.42 | 403.39 | 718.17 | 537.09 | 715.4 |
| | f | 0.69 | 0.45 | 0.64 | 0.47 | 0.6 | 0.66 | 0.51 |
| | n | 19.37 | 3.6 | 3.22 | 5.51 | 3.1 | 4.14 | 3.11 |
| S=55 | H | 114.75 | 592.63 | 685.97 | 384.95 | 708.76 | 533.99 | 696.96 |
| | f | 0.84 | 0.56 | 0.78 | 0.59 | 0.73 | 0.8 | 0.64 |
| | n | 19.37 | 3.75 | 3.24 | 5.77 | 3.14 | 4.16 | 3.19 |
| S=60 | H | 114.75 | 569.76 | 681.01 | 369.12 | 700.13 | 531.24 | 679.86 |
| | f | 1 | 0.7 | 0.93 | 0.74 | 0.88 | 0.95 | 0.78 |
| | n | 19.37 | 3.9 | 3.26 | 6.02 | 3.18 | 4.18 | 3.27 |
| S=65 | H | 114.75 | 549.22 | 676.54 | 355.77 | 692.31 | 528.81 | 664.3 |
| | f | 1.17 | 0.85 | 1.1 | 0.9 | 1.05 | 1.13 | 0.93 |
| | n | 19.37 | 4.05 | 3.29 | 6.25 | 3.21 | 4.2 | 3.35 |
| S=70 | H | 114.75 | 531.14 | 672.53 | 344.64 | 685.28 | 526.68 | 650.34 |
| | f | 1.36 | 1.02 | 1.28 | 1.08 | 1.23 | 1.31 | 1.11 |
| | n | 19.37 | 4.19 | 3.31 | 6.45 | 3.24 | 4.22 | 3.42 |
| S=75 | H | 114.75 | 515.42 | 668.95 | 335.39 | 679.02 | 524.81 | 637.94 |
| | f | 1.56 | 1.2 | 1.48 | 1.27 | 1.42 | 1.51 | 1.29 |
| | n | 19.37 | 4.31 | 3.32 | 6.63 | 3.27 | 4.24 | 3.48 |
| S=80 | H | 114.75 | 501.87 | 665.76 | 327.68 | 673.44 | 523.17 | 627 |
| | f | 1.78 | 1.4 | 1.69 | 1.48 | 1.63 | 1.72 | 1.5 |
| | n | 19.37 | 4.43 | 3.34 | 6.78 | 3.3 | 4.25 | 3.55 |
| S=85 | H | 114.75 | 490.23 | 662.93 | 321.23 | 668.48 | 521.72 | 617.38 |
| | f | 2.01 | 1.62 | 1.92 | 1.7 | 1.85 | 1.95 | 1.72 |
| | n | 19.37 | 4.53 | 3.35 | 6.92 | 3.33 | 4.26 | 3.6 |
| S=90 | H | 114.75 | 480.23 | 660.41 | 315.81 | 664.08 | 520.45 | 608.93 |
| | f | 2.25 | 1.86 | 2.16 | 1.94 | 2.09 | 2.19 | 1.95 |
| | n | 19.37 | 4.63 | 3.37 | 7.04 | 3.35 | 4.27 | 3.65 |
| S=95 | H | 114.75 | 471.64 | 658.16 | 311.23 | 660.17 | 519.33 | 601.52 |
| | f | 2.51 | 2.11 | 2.41 | 2.19 | 2.35 | 2.45 | 2.2 |
| | n | 19.37 | 4.71 | 3.38 | 7.14 | 3.37 | 4.28 | 3.7 |
| S=100 | H | 114.75 | 464.23 | 656.16 | 307.31 | 656.7 | 518.33 | 594.99 |
| | f | 2.78 | 2.37 | 2.68 | 2.46 | 2.61 | 2.72 | 2.47 |
| | n | 19.37 | 4.79 | 3.39 | 7.23 | 3.39 | 4.29 | 3.74 |
| S=105 | H | 114.75 | 457.81 | 654.36 | 303.96 | 653.6 | 517.45 | 589.25 |
| | f | 3.06 | 2.65 | 2.96 | 2.74 | 2.89 | 3 | 2.75 |
| | n | 19.37 | 4.86 | 3.4 | 7.31 | 3.4 | 4.3 | 3.77 |
| S=110 | H | 114.75 | 452.23 | 652.76 | 301.06 | 650.83 | 516.66 | 584.17 |
| | f | 3.36 | 2.94 | 3.26 | 3.04 | 3.19 | 3.3 | 3.04 |
| | n | 19.37 | 4.92 | 3.41 | 7.38 | 3.42 | 4.3 | 3.81 |
| S=115 | H | 114.75 | 447.36 | 651.32 | 298.54 | 648.35 | 515.95 | 579.67 |
| | f | 3.67 | 3.25 | 3.57 | 3.35 | 3.5 | 3.61 | 3.35 |
| | n | 19.37 | 4.97 | 3.41 | 7.45 | 3.43 | 4.31 | 3.83 |
| S=120 | H | 114.75 | 443.08 | 650.02 | 296.34 | 646.12 | 515.32 | 575.67 |
| | f | 4 | 3.58 | 3.9 | 3.68 | 3.82 | 3.94 | 3.67 |
| | n | 19.37 | 5.02 | 3.42 | 7.5 | 3.44 | 4.31 | 3.86 |

a = 500 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 127.5 | 712.39 | 738.87 | 485.72 | 776.07 | 576.13 | 795.25 |
| | f | 0.4 | 0.25 | 0.38 | 0.25 | 0.35 | 0.39 | 0.3 |
| | n | 17.44 | 3.12 | 3.01 | 4.58 | 2.86 | 3.86 | 2.8 |
| S=45 | H | 127.5 | 691.09 | 736.22 | 466.47 | 769.55 | 575.04 | 780.27 |
| | f | 0.51 | 0.32 | 0.48 | 0.33 | 0.45 | 0.5 | 0.38 |
| | n | 17.44 | 3.22 | 3.02 | 4.77 | 2.89 | 3.87 | 2.85 |
| S=50 | H | 127.5 | 669.6 | 733.68 | 447.96 | 763.2 | 574.03 | 765.32 |
| | f | 0.63 | 0.41 | 0.6 | 0.42 | 0.56 | 0.61 | 0.48 |
| | n | 17.44 | 3.32 | 3.03 | 4.96 | 2.91 | 3.87 | 2.9 |
| S=55 | H | 127.5 | 648.54 | 731.28 | 430.78 | 757.14 | 573.1 | 750.76 |
| | f | 0.76 | 0.51 | 0.73 | 0.53 | 0.69 | 0.74 | 0.59 |
| | n | 17.44 | 3.43 | 3.04 | 5.16 | 2.94 | 3.88 | 2.96 |
| S=60 | H | 127.5 | 628.43 | 729.04 | 415.28 | 751.43 | 572.25 | 736.86 |
| | f | 0.9 | 0.63 | 0.87 | 0.66 | 0.82 | 0.89 | 0.72 |
| | n | 17.44 | 3.54 | 3.05 | 5.35 | 2.96 | 3.88 | 3.02 |
| S=65 | H | 127.5 | 609.65 | 726.97 | 401.6 | 746.14 | 571.48 | 723.83 |
| | f | 1.06 | 0.76 | 1.02 | 0.8 | 0.97 | 1.04 | 0.86 |
| | n | 17.44 | 3.65 | 3.06 | 5.54 | 2.98 | 3.89 | 3.07 |
| S=70 | H | 127.5 | 592.47 | 725.08 | 389.73 | 741.26 | 570.79 | 711.79 |
| | f | 1.23 | 0.91 | 1.19 | 0.95 | 1.13 | 1.21 | 1.01 |
| | n | 17.44 | 3.75 | 3.07 | 5.7 | 3 | 3.89 | 3.12 |
| S=75 | H | 127.5 | 576.97 | 723.35 | 379.52 | 736.8 | 570.17 | 700.77 |
| | f | 1.41 | 1.07 | 1.37 | 1.12 | 1.31 | 1.39 | 1.18 |
| | n | 17.44 | 3.85 | 3.07 | 5.86 | 3.02 | 3.9 | 3.17 |
| S=80 | H | 127.5 | 563.15 | 721.78 | 370.78 | 732.75 | 569.62 | 690.78 |
| | f | 1.6 | 1.25 | 1.56 | 1.31 | 1.5 | 1.58 | 1.36 |
| | n | 17.44 | 3.95 | 3.08 | 6 | 3.03 | 3.9 | 3.22 |
| S=85 | H | 127.5 | 550.92 | 720.36 | 363.31 | 729.07 | 569.12 | 681.77 |
| | f | 1.81 | 1.44 | 1.76 | 1.5 | 1.7 | 1.79 | 1.55 |
| | n | 17.44 | 4.04 | 3.09 | 6.12 | 3.05 | 3.91 | 3.26 |
| S=90 | H | 127.5 | 540.15 | 719.06 | 356.91 | 725.74 | 568.68 | 673.67 |
| | f | 2.02 | 1.65 | 1.98 | 1.72 | 1.92 | 2.01 | 1.76 |
| | n | 17.44 | 4.12 | 3.09 | 6.23 | 3.06 | 3.91 | 3.3 |
| S=95 | H | 127.5 | 530.68 | 717.9 | 351.42 | 722.73 | 568.28 | 666.42 |
| | f | 2.26 | 1.87 | 2.21 | 1.94 | 2.14 | 2.24 | 1.99 |
| | n | 17.44 | 4.19 | 3.1 | 6.33 | 3.08 | 3.91 | 3.34 |
| S=100 | H | 127.5 | 522.36 | 716.84 | 346.68 | 720.01 | 567.93 | 659.92 |
| | f | 2.5 | 2.11 | 2.45 | 2.18 | 2.38 | 2.48 | 2.22 |
| | n | 17.44 | 4.26 | 3.1 | 6.41 | 3.09 | 3.91 | 3.37 |
| S=105 | H | 127.5 | 515.05 | 715.88 | 342.58 | 717.55 | 567.6 | 654.11 |
| | f | 2.76 | 2.36 | 2.71 | 2.44 | 2.64 | 2.74 | 2.47 |
| | n | 17.44 | 4.32 | 3.11 | 6.49 | 3.1 | 3.92 | 3.4 |
| S=110 | H | 127.5 | 508.6 | 715.01 | 339.01 | 715.33 | 567.32 | 648.9 |
| | f | 3.02 | 2.62 | 2.98 | 2.7 | 2.9 | 3.01 | 2.74 |
| | n | 17.44 | 4.37 | 3.11 | 6.56 | 3.11 | 3.92 | 3.43 |
| S=115 | H | 127.5 | 502.91 | 714.22 | 335.89 | 713.31 | 567.05 | 644.22 |
| | f | 3.31 | 2.89 | 3.26 | 2.98 | 3.18 | 3.29 | 3.01 |
| | n | 17.44 | 4.42 | 3.11 | 6.62 | 3.12 | 3.92 | 3.45 |
| S=120 | H | 127.5 | 497.87 | 713.5 | 333.14 | 711.48 | 566.82 | 640.02 |
| | f | 3.6 | 3.18 | 3.55 | 3.27 | 3.47 | 3.58 | 3.3 |
| | n | 17.44 | 4.47 | 3.12 | 6.67 | 3.12 | 3.92 | 3.47 |

a = 550 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 140.25 | 747.21 | 768.36 | 518.5 | 807.05 | 603.15 | 828.73 |
| | f | 0.36 | 0.24 | 0.37 | 0.23 | 0.34 | 0.37 | 0.28 |
| | n | 15.85 | 2.98 | 2.89 | 4.29 | 2.75 | 3.69 | 2.68 |
| S=45 | H | 140.25 | 730.24 | 768.7 | 502.44 | 803.85 | 604.4 | 817.74 |
| | f | 0.46 | 0.31 | 0.46 | 0.3 | 0.43 | 0.47 | 0.36 |
| | n | 15.85 | 3.04 | 2.89 | 4.42 | 2.77 | 3.68 | 2.72 |
| S=50 | H | 140.25 | 712.84 | 769.03 | 486.55 | 800.69 | 605.59 | 806.61 |
| | f | 0.57 | 0.39 | 0.57 | 0.39 | 0.54 | 0.58 | 0.45 |
| | n | 15.85 | 3.12 | 2.89 | 4.57 | 2.78 | 3.67 | 2.76 |
| S=55 | H | 140.25 | 695.42 | 769.35 | 471.28 | 797.62 | 606.7 | 795.56 |
| | f | 0.69 | 0.48 | 0.69 | 0.49 | 0.65 | 0.7 | 0.56 |
| | n | 15.85 | 3.2 | 2.89 | 4.72 | 2.79 | 3.66 | 2.79 |
| S=60 | H | 140.25 | 678.37 | 769.66 | 457 | 794.67 | 607.74 | 784.81 |
| | f | 0.82 | 0.58 | 0.82 | 0.6 | 0.78 | 0.83 | 0.67 |
| | n | 15.85 | 3.28 | 2.89 | 4.86 | 2.8 | 3.66 | 2.83 |
| S=65 | H | 140.25 | 662.02 | 769.94 | 443.92 | 791.88 | 608.69 | 774.51 |
| | f | 0.96 | 0.7 | 0.96 | 0.72 | 0.92 | 0.98 | 0.8 |
| | n | 15.85 | 3.36 | 2.89 | 5.01 | 2.81 | 3.65 | 2.87 |
| S=70 | H | 140.25 | 646.61 | 770.21 | 432.16 | 789.27 | 609.57 | 764.76 |
| | f | 1.11 | 0.83 | 1.12 | 0.86 | 1.07 | 1.13 | 0.94 |
| | n | 15.85 | 3.44 | 2.89 | 5.14 | 2.82 | 3.65 | 2.91 |
| S=75 | H | 140.25 | 632.3 | 770.45 | 421.71 | 786.83 | 610.37 | 755.64 |
| | f | 1.28 | 0.98 | 1.28 | 1.01 | 1.23 | 1.3 | 1.09 |
| | n | 15.85 | 3.52 | 2.89 | 5.27 | 2.83 | 3.64 | 2.94 |
| S=80 | H | 140.25 | 619.17 | 770.68 | 412.51 | 784.58 | 611.1 | 747.19 |
| | f | 1.45 | 1.14 | 1.46 | 1.17 | 1.4 | 1.48 | 1.26 |
| | n | 15.85 | 3.59 | 2.88 | 5.39 | 2.83 | 3.64 | 2.98 |
| S=85 | H | 140.25 | 607.23 | 770.89 | 404.45 | 782.49 | 611.76 | 739.4 |
| | f | 1.64 | 1.31 | 1.65 | 1.35 | 1.58 | 1.66 | 1.43 |
| | n | 15.85 | 3.66 | 2.88 | 5.5 | 2.84 | 3.63 | 3.01 |
| S=90 | H | 140.25 | 596.46 | 771.09 | 397.41 | 780.58 | 612.36 | 732.26 |
| | f | 1.84 | 1.49 | 1.85 | 1.54 | 1.78 | 1.86 | 1.62 |
| | n | 15.85 | 3.73 | 2.88 | 5.59 | 2.85 | 3.63 | 3.04 |
| S=95 | H | 140.25 | 586.78 | 771.26 | 391.25 | 778.82 | 612.9 | 725.74 |
| | f | 2.05 | 1.69 | 2.06 | 1.75 | 1.99 | 2.07 | 1.82 |
| | n | 15.85 | 3.79 | 2.88 | 5.68 | 2.85 | 3.63 | 3.06 |
| S=100 | H | 140.25 | 578.1 | 771.43 | 385.87 | 777.21 | 613.4 | 719.8 |
| | f | 2.27 | 1.9 | 2.28 | 1.96 | 2.21 | 2.3 | 2.04 |
| | n | 15.85 | 3.85 | 2.88 | 5.76 | 2.86 | 3.62 | 3.09 |
| S=105 | H | 140.25 | 570.35 | 771.58 | 381.15 | 775.73 | 613.85 | 714.4 |
| | f | 2.51 | 2.13 | 2.51 | 2.19 | 2.44 | 2.53 | 2.26 |
| | n | 15.85 | 3.9 | 2.88 | 5.83 | 2.87 | 3.62 | 3.11 |
| S=110 | H | 140.25 | 563.41 | 771.72 | 377 | 774.37 | 614.26 | 709.49 |
| | f | 2.75 | 2.36 | 2.76 | 2.43 | 2.68 | 2.78 | 2.5 |
| | n | 15.85 | 3.95 | 2.88 | 5.9 | 2.87 | 3.62 | 3.13 |
| S=115 | H | 140.25 | 557.2 | 771.84 | 373.34 | 773.13 | 614.64 | 705.03 |
| | f | 3.01 | 2.61 | 3.01 | 2.68 | 2.94 | 3.03 | 2.75 |
| | n | 15.85 | 3.99 | 2.88 | 5.95 | 2.88 | 3.62 | 3.15 |
| S=120 | H | 140.25 | 551.63 | 771.96 | 370.11 | 771.99 | 614.98 | 700.96 |
| | f | 3.27 | 2.87 | 3.28 | 2.94 | 3.2 | 3.3 | 3.01 |
| | n | 15.85 | 4.03 | 2.88 | 6.01 | 2.88 | 3.61 | 3.17 |

a = 600 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 153 | 776.82 | 793.72 | 546.78 | 833.58 | 626.66 | 857.25 |
| | f | 0.33 | 0.23 | 0.35 | 0.22 | 0.33 | 0.36 | 0.27 |
| | n | 14.53 | 2.86 | 2.8 | 4.07 | 2.67 | 3.55 | 2.59 |
| S=45 | H | 153 | 763.35 | 796.47 | 533.5 | 833.06 | 629.85 | 849.46 |
| | f | 0.42 | 0.29 | 0.45 | 0.29 | 0.42 | 0.45 | 0.35 |
| | n | 14.53 | 2.91 | 2.79 | 4.17 | 2.67 | 3.53 | 2.62 |
| S=50 | H | 153 | 749.37 | 799.19 | 520.09 | 832.53 | 632.93 | 841.47 |
| | f | 0.52 | 0.37 | 0.55 | 0.36 | 0.52 | 0.56 | 0.44 |
| | n | 14.53 | 2.97 | 2.78 | 4.27 | 2.67 | 3.51 | 2.64 |
| S=55 | H | 153 | 735.18 | 801.83 | 506.9 | 832.02 | 635.87 | 833.45 |
| | f | 0.63 | 0.45 | 0.66 | 0.45 | 0.62 | 0.67 | 0.53 |
| | n | 14.53 | 3.02 | 2.77 | 4.39 | 2.67 | 3.5 | 2.67 |
| S=60 | H | 153 | 721.05 | 804.38 | 494.22 | 831.52 | 638.65 | 825.53 |
| | f | 0.75 | 0.55 | 0.79 | 0.55 | 0.74 | 0.79 | 0.64 |
| | n | 14.53 | 3.08 | 2.76 | 4.5 | 2.67 | 3.48 | 2.69 |
| S=65 | H | 153 | 707.23 | 806.81 | 482.28 | 831.03 | 641.24 | 817.81 |
| | f | 0.88 | 0.66 | 0.92 | 0.66 | 0.87 | 0.93 | 0.76 |
| | n | 14.53 | 3.14 | 2.76 | 4.61 | 2.67 | 3.47 | 2.72 |
| S=70 | H | 153 | 693.92 | 809.11 | 471.22 | 830.58 | 643.66 | 810.39 |
| | f | 1.02 | 0.78 | 1.06 | 0.79 | 1.01 | 1.07 | 0.89 |
| | n | 14.53 | 3.2 | 2.75 | 4.72 | 2.68 | 3.45 | 2.74 |
| S=75 | H | 153 | 681.29 | 811.28 | 461.12 | 830.14 | 645.9 | 803.33 |
| | f | 1.17 | 0.91 | 1.22 | 0.92 | 1.16 | 1.23 | 1.03 |
| | n | 14.53 | 3.26 | 2.74 | 4.82 | 2.68 | 3.44 | 2.77 |
| S=80 | H | 153 | 669.43 | 813.31 | 452 | 829.74 | 647.97 | 796.66 |
| | f | 1.33 | 1.05 | 1.38 | 1.07 | 1.32 | 1.39 | 1.18 |
| | n | 14.53 | 3.32 | 2.73 | 4.92 | 2.68 | 3.43 | 2.79 |
| S=85 | H | 153 | 658.41 | 815.2 | 443.81 | 829.35 | 649.88 | 790.41 |
| | f | 1.51 | 1.21 | 1.56 | 1.23 | 1.49 | 1.57 | 1.34 |
| | n | 14.53 | 3.38 | 2.73 | 5.01 | 2.68 | 3.42 | 2.81 |
| S=90 | H | 153 | 648.24 | 816.97 | 436.51 | 829 | 651.64 | 784.59 |
| | f | 1.69 | 1.37 | 1.74 | 1.4 | 1.68 | 1.75 | 1.51 |
| | n | 14.53 | 3.43 | 2.72 | 5.09 | 2.68 | 3.41 | 2.83 |
| S=95 | H | 153 | 638.92 | 818.61 | 430 | 828.67 | 653.25 | 779.18 |
| | f | 1.88 | 1.55 | 1.94 | 1.59 | 1.87 | 1.95 | 1.7 |
| | n | 14.53 | 3.48 | 2.72 | 5.17 | 2.68 | 3.4 | 2.85 |
| S=100 | H | 153 | 630.42 | 820.13 | 424.23 | 828.36 | 654.74 | 774.18 |
| | f | 2.08 | 1.75 | 2.14 | 1.78 | 2.07 | 2.15 | 1.9 |
| | n | 14.53 | 3.53 | 2.71 | 5.24 | 2.68 | 3.4 | 2.87 |
| S=105 | H | 153 | 622.68 | 821.55 | 419.09 | 828.07 | 656.1 | 769.56 |
| | f | 2.3 | 1.95 | 2.36 | 1.99 | 2.28 | 2.37 | 2.1 |
| | n | 14.53 | 3.57 | 2.71 | 5.3 | 2.68 | 3.39 | 2.89 |
| S=110 | H | 153 | 615.65 | 822.86 | 414.52 | 827.81 | 657.36 | 765.31 |
| | f | 2.52 | 2.16 | 2.59 | 2.21 | 2.51 | 2.59 | 2.32 |
| | n | 14.53 | 3.61 | 2.7 | 5.36 | 2.69 | 3.38 | 2.9 |
| S=115 | H | 153 | 609.27 | 824.08 | 410.45 | 827.56 | 658.52 | 761.39 |
| | f | 2.76 | 2.39 | 2.82 | 2.44 | 2.74 | 2.83 | 2.55 |
| | n | 14.53 | 3.65 | 2.7 | 5.42 | 2.69 | 3.38 | 2.92 |
| S=120 | H | 153 | 603.49 | 825.21 | 406.82 | 827.34 | 659.58 | 757.79 |
| | f | 3 | 2.63 | 3.07 | 2.68 | 2.99 | 3.08 | 2.79 |
| | n | 14.53 | 3.68 | 2.69 | 5.46 | 2.69 | 3.37 | 2.93 |

a = 650 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 165.75 | 802.67 | 816.06 | 571.7 | 856.88 | 647.57 | 882.18 |
| | f | 0.31 | 0.22 | 0.34 | 0.21 | 0.32 | 0.35 | 0.27 |
| | n | 13.41 | 2.77 | 2.72 | 3.89 | 2.59 | 3.43 | 2.52 |
| S=45 | H | 165.75 | 792.02 | 820.74 | 560.77 | 858.5 | 652.35 | 876.95 |
| | f | 0.39 | 0.28 | 0.43 | 0.27 | 0.4 | 0.44 | 0.34 |
| | n | 13.41 | 2.81 | 2.71 | 3.96 | 2.59 | 3.41 | 2.53 |
| S=50 | H | 165.75 | 780.87 | 825.42 | 549.57 | 860.14 | 657.02 | 871.55 |
| | f | 0.48 | 0.35 | 0.53 | 0.34 | 0.5 | 0.54 | 0.42 |
| | n | 13.41 | 2.85 | 2.69 | 4.04 | 2.58 | 3.38 | 2.55 |
| S=55 | H | 165.75 | 769.43 | 830.02 | 538.36 | 861.77 | 661.54 | 866.07 |
| | f | 0.58 | 0.43 | 0.64 | 0.43 | 0.6 | 0.64 | 0.51 |
| | n | 13.41 | 2.89 | 2.68 | 4.13 | 2.58 | 3.36 | 2.57 |
| S=60 | H | 165.75 | 757.9 | 834.49 | 527.38 | 863.36 | 665.85 | 860.59 |
| | f | 0.69 | 0.52 | 0.76 | 0.52 | 0.72 | 0.76 | 0.61 |
| | n | 13.41 | 2.93 | 2.66 | 4.22 | 2.57 | 3.34 | 2.58 |
| S=65 | H | 165.75 | 746.46 | 838.81 | 516.8 | 864.91 | 669.94 | 855.2 |
| | f | 0.81 | 0.62 | 0.89 | 0.62 | 0.84 | 0.89 | 0.72 |
| | n | 13.41 | 2.98 | 2.65 | 4.3 | 2.57 | 3.32 | 2.6 |
| S=70 | H | 165.75 | 735.28 | 842.94 | 506.79 | 866.41 | 673.79 | 849.95 |
| | f | 0.94 | 0.73 | 1.02 | 0.73 | 0.97 | 1.02 | 0.85 |
| | n | 13.41 | 3.02 | 2.64 | 4.39 | 2.57 | 3.3 | 2.62 |
| S=75 | H | 165.75 | 724.48 | 846.87 | 497.43 | 867.84 | 677.4 | 844.88 |
| | f | 1.08 | 0.85 | 1.17 | 0.86 | 1.11 | 1.17 | 0.98 |
| | n | 13.41 | 3.07 | 2.62 | 4.47 | 2.56 | 3.28 | 2.63 |
| S=80 | H | 165.75 | 714.16 | 850.59 | 488.78 | 869.2 | 680.78 | 840.03 |
| | f | 1.23 | 0.99 | 1.32 | 0.99 | 1.26 | 1.32 | 1.12 |
| | n | 13.41 | 3.11 | 2.61 | 4.55 | 2.56 | 3.27 | 2.65 |
| S=85 | H | 165.75 | 704.39 | 854.11 | 480.85 | 870.48 | 683.94 | 835.42 |
| | f | 1.39 | 1.13 | 1.49 | 1.14 | 1.42 | 1.49 | 1.27 |
| | n | 13.41 | 3.16 | 2.6 | 4.62 | 2.55 | 3.25 | 2.66 |
| S=90 | H | 165.75 | 695.22 | 857.42 | 473.64 | 871.7 | 686.87 | 831.06 |
| | f | 1.56 | 1.28 | 1.66 | 1.29 | 1.59 | 1.66 | 1.43 |
| | n | 13.41 | 3.2 | 2.59 | 4.69 | 2.55 | 3.24 | 2.67 |
| S=95 | H | 165.75 | 686.67 | 860.53 | 467.1 | 872.84 | 689.6 | 826.96 |
| | f | 1.74 | 1.45 | 1.84 | 1.46 | 1.77 | 1.84 | 1.6 |
| | n | 13.41 | 3.24 | 2.58 | 4.76 | 2.55 | 3.22 | 2.69 |
| S=100 | H | 165.75 | 678.74 | 863.45 | 461.2 | 873.91 | 692.14 | 823.12 |
| | f | 1.92 | 1.62 | 2.04 | 1.64 | 1.96 | 2.04 | 1.78 |
| | n | 13.41 | 3.28 | 2.57 | 4.82 | 2.54 | 3.21 | 2.7 |
| S=105 | H | 165.75 | 671.41 | 866.19 | 455.88 | 874.92 | 694.49 | 819.52 |
| | f | 2.12 | 1.81 | 2.24 | 1.83 | 2.16 | 2.24 | 1.97 |
| | n | 13.41 | 3.31 | 2.57 | 4.88 | 2.54 | 3.2 | 2.71 |
| S=110 | H | 165.75 | 664.65 | 868.75 | 451.08 | 875.86 | 696.68 | 816.17 |
| | f | 2.33 | 2 | 2.45 | 2.03 | 2.37 | 2.45 | 2.18 |
| | n | 13.41 | 3.34 | 2.56 | 4.93 | 2.54 | 3.19 | 2.72 |
| S=115 | H | 165.75 | 658.44 | 871.15 | 446.76 | 876.74 | 698.7 | 813.06 |
| | f | 2.54 | 2.21 | 2.67 | 2.24 | 2.59 | 2.67 | 2.39 |
| | n | 13.41 | 3.38 | 2.55 | 4.98 | 2.54 | 3.18 | 2.73 |
| S=120 | H | 165.75 | 652.73 | 873.4 | 442.87 | 877.57 | 700.59 | 810.16 |
| | f | 2.77 | 2.43 | 2.9 | 2.46 | 2.82 | 2.9 | 2.61 |
| | n | 13.41 | 3.41 | 2.55 | 5.02 | 2.53 | 3.17 | 2.74 |

a = 700 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 178.5 | 825.75 | 836.16 | 594.11 | 877.79 | 666.53 | 904.46 |
| | f | 0.29 | 0.21 | 0.34 | 0.2 | 0.31 | 0.34 | 0.26 |
| | n | 12.45 | 2.69 | 2.66 | 3.74 | 2.53 | 3.34 | 2.46 |
| S=45 | H | 178.5 | 817.37 | 842.39 | 585.14 | 881.13 | 672.59 | 901.3 |
| | f | 0.36 | 0.27 | 0.42 | 0.26 | 0.39 | 0.42 | 0.33 |
| | n | 12.45 | 2.72 | 2.64 | 3.8 | 2.52 | 3.31 | 2.47 |
| S=50 | H | 178.5 | 808.55 | 848.67 | 575.85 | 884.53 | 678.59 | 898 |
| | f | 0.45 | 0.34 | 0.52 | 0.33 | 0.48 | 0.52 | 0.41 |
| | n | 12.45 | 2.75 | 2.62 | 3.86 | 2.51 | 3.28 | 2.48 |
| S=55 | H | 178.5 | 799.44 | 854.89 | 566.43 | 887.94 | 684.43 | 894.64 |
| | f | 0.54 | 0.42 | 0.62 | 0.4 | 0.58 | 0.62 | 0.5 |
| | n | 12.45 | 2.78 | 2.6 | 3.92 | 2.5 | 3.25 | 2.48 |
| S=60 | H | 178.5 | 790.16 | 861 | 557.06 | 891.31 | 690.07 | 891.25 |
| | f | 0.64 | 0.5 | 0.74 | 0.49 | 0.69 | 0.74 | 0.59 |
| | n | 12.45 | 2.81 | 2.58 | 3.99 | 2.49 | 3.22 | 2.49 |
| S=65 | H | 178.5 | 780.86 | 866.93 | 547.89 | 894.62 | 695.48 | 887.88 |
| | f | 0.75 | 0.6 | 0.86 | 0.58 | 0.81 | 0.86 | 0.7 |
| | n | 12.45 | 2.85 | 2.56 | 4.06 | 2.48 | 3.2 | 2.5 |
| S=70 | H | 178.5 | 771.66 | 872.67 | 539.05 | 897.83 | 700.63 | 884.57 |
| | f | 0.88 | 0.7 | 0.99 | 0.69 | 0.94 | 0.99 | 0.81 |
| | n | 12.45 | 2.88 | 2.55 | 4.12 | 2.48 | 3.17 | 2.51 |
| S=75 | H | 178.5 | 762.65 | 878.18 | 530.64 | 900.93 | 705.5 | 881.33 |
| | f | 1 | 0.81 | 1.13 | 0.8 | 1.07 | 1.12 | 0.94 |
| | n | 12.45 | 2.91 | 2.53 | 4.19 | 2.47 | 3.15 | 2.52 |
| S=80 | H | 178.5 | 753.93 | 883.44 | 522.72 | 903.91 | 710.11 | 878.21 |
| | f | 1.14 | 0.93 | 1.27 | 0.93 | 1.21 | 1.27 | 1.07 |
| | n | 12.45 | 2.95 | 2.52 | 4.25 | 2.46 | 3.13 | 2.53 |
| S=85 | H | 178.5 | 745.56 | 888.46 | 515.33 | 906.76 | 714.45 | 875.2 |
| | f | 1.29 | 1.07 | 1.43 | 1.06 | 1.37 | 1.42 | 1.21 |
| | n | 12.45 | 2.98 | 2.5 | 4.31 | 2.45 | 3.11 | 2.54 |
| S=90 | H | 178.5 | 737.59 | 893.23 | 508.49 | 909.47 | 718.53 | 872.33 |
| | f | 1.45 | 1.21 | 1.59 | 1.21 | 1.53 | 1.59 | 1.36 |
| | n | 12.45 | 3.01 | 2.49 | 4.37 | 2.44 | 3.09 | 2.55 |
| S=95 | H | 178.5 | 730.05 | 897.74 | 502.18 | 912.04 | 722.36 | 869.59 |
| | f | 1.61 | 1.36 | 1.77 | 1.36 | 1.7 | 1.76 | 1.52 |
| | n | 12.45 | 3.04 | 2.48 | 4.43 | 2.44 | 3.08 | 2.56 |
| S=100 | H | 178.5 | 722.95 | 902.02 | 496.4 | 914.48 | 725.94 | 867.01 |
| | f | 1.79 | 1.52 | 1.95 | 1.52 | 1.88 | 1.94 | 1.69 |
| | n | 12.45 | 3.07 | 2.46 | 4.48 | 2.43 | 3.06 | 2.56 |
| S=105 | H | 178.5 | 716.3 | 906.06 | 491.12 | 916.79 | 729.3 | 864.56 |
| | f | 1.97 | 1.69 | 2.14 | 1.7 | 2.06 | 2.13 | 1.87 |
| | n | 12.45 | 3.1 | 2.45 | 4.53 | 2.42 | 3.05 | 2.57 |
| S=110 | H | 178.5 | 710.09 | 909.87 | 486.29 | 918.97 | 732.45 | 862.25 |
| | f | 2.16 | 1.87 | 2.34 | 1.88 | 2.26 | 2.33 | 2.06 |
| | n | 12.45 | 3.13 | 2.44 | 4.57 | 2.42 | 3.04 | 2.58 |
| S=115 | H | 178.5 | 704.32 | 913.47 | 481.9 | 921.03 | 735.39 | 860.08 |
| | f | 2.36 | 2.07 | 2.55 | 2.08 | 2.46 | 2.53 | 2.26 |
| | n | 12.45 | 3.16 | 2.43 | 4.61 | 2.41 | 3.02 | 2.58 |
| S=120 | H | 178.5 | 698.95 | 916.86 | 477.89 | 922.96 | 738.14 | 858.05 |
| | f | 2.57 | 2.27 | 2.76 | 2.28 | 2.68 | 2.75 | 2.46 |
| | n | 12.45 | 3.18 | 2.42 | 4.65 | 2.41 | 3.01 | 2.59 |

a = 750 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 191.25 | 846.74 | 854.57 | 614.61 | 896.9 | 684 | 924.76 |
| | f | 0.27 | 0.21 | 0.33 | 0.2 | 0.31 | 0.33 | 0.25 |
| | n | 11.62 | 2.63 | 2.6 | 3.62 | 2.48 | 3.25 | 2.4 |
| S=45 | H | 191.25 | 840.22 | 862.05 | 607.27 | 901.62 | 691.11 | 923.26 |
| | f | 0.34 | 0.27 | 0.41 | 0.25 | 0.39 | 0.41 | 0.32 |
| | n | 11.62 | 2.65 | 2.58 | 3.66 | 2.47 | 3.22 | 2.41 |
| S=50 | H | 191.25 | 833.33 | 869.63 | 599.61 | 906.47 | 698.19 | 921.7 |
| | f | 0.42 | 0.33 | 0.51 | 0.32 | 0.47 | 0.5 | 0.4 |
| | n | 11.62 | 2.67 | 2.56 | 3.71 | 2.45 | 3.18 | 2.41 |
| S=55 | H | 191.25 | 826.15 | 877.19 | 591.76 | 911.35 | 705.15 | 920.09 |
| | f | 0.5 | 0.4 | 0.61 | 0.39 | 0.57 | 0.6 | 0.48 |
| | n | 11.62 | 2.69 | 2.53 | 3.76 | 2.44 | 3.15 | 2.42 |
| S=60 | H | 191.25 | 818.81 | 884.67 | 583.86 | 916.21 | 711.92 | 918.47 |
| | f | 0.6 | 0.48 | 0.72 | 0.47 | 0.67 | 0.71 | 0.58 |
| | n | 11.62 | 2.71 | 2.51 | 3.81 | 2.43 | 3.12 | 2.42 |
| S=65 | H | 191.25 | 811.38 | 891.99 | 576.04 | 921.01 | 718.47 | 916.83 |
| | f | 0.7 | 0.57 | 0.83 | 0.55 | 0.79 | 0.83 | 0.68 |
| | n | 11.62 | 2.74 | 2.49 | 3.86 | 2.41 | 3.09 | 2.42 |
| S=70 | H | 191.25 | 803.96 | 899.11 | 568.39 | 925.71 | 724.76 | 915.22 |
| | f | 0.82 | 0.67 | 0.96 | 0.65 | 0.91 | 0.95 | 0.79 |
| | n | 11.62 | 2.77 | 2.47 | 3.91 | 2.4 | 3.07 | 2.43 |
| S=75 | H | 191.25 | 796.62 | 906 | 561 | 930.29 | 730.77 | 913.62 |
| | f | 0.94 | 0.78 | 1.09 | 0.76 | 1.04 | 1.08 | 0.9 |
| | n | 11.62 | 2.79 | 2.45 | 3.96 | 2.39 | 3.04 | 2.43 |
| S=80 | H | 191.25 | 789.44 | 912.63 | 553.94 | 934.71 | 736.49 | 912.07 |
| | f | 1.07 | 0.89 | 1.23 | 0.87 | 1.17 | 1.22 | 1.03 |
| | n | 11.62 | 2.82 | 2.44 | 4.01 | 2.38 | 3.02 | 2.44 |
| S=85 | H | 191.25 | 782.48 | 919 | 547.25 | 938.97 | 741.93 | 910.57 |
| | f | 1.2 | 1.02 | 1.38 | 1 | 1.32 | 1.37 | 1.16 |
| | n | 11.62 | 2.84 | 2.42 | 4.06 | 2.37 | 3 | 2.44 |
| S=90 | H | 191.25 | 775.76 | 925.1 | 540.96 | 943.06 | 747.08 | 909.11 |
| | f | 1.35 | 1.15 | 1.54 | 1.13 | 1.47 | 1.53 | 1.31 |
| | n | 11.62 | 2.87 | 2.4 | 4.11 | 2.36 | 2.98 | 2.45 |
| S=95 | H | 191.25 | 769.34 | 930.92 | 535.08 | 946.98 | 751.95 | 907.72 |
| | f | 1.5 | 1.29 | 1.7 | 1.28 | 1.64 | 1.69 | 1.46 |
| | n | 11.62 | 2.89 | 2.39 | 4.15 | 2.35 | 2.96 | 2.45 |
| S=100 | H | 191.25 | 763.22 | 936.47 | 529.62 | 950.72 | 756.55 | 906.39 |
| | f | 1.67 | 1.44 | 1.88 | 1.43 | 1.8 | 1.86 | 1.62 |
| | n | 11.62 | 2.91 | 2.37 | 4.2 | 2.34 | 2.94 | 2.45 |
| S=105 | H | 191.25 | 757.42 | 941.75 | 524.55 | 954.28 | 760.89 | 905.12 |
| | f | 1.84 | 1.6 | 2.06 | 1.59 | 1.98 | 2.04 | 1.79 |
| | n | 11.62 | 2.93 | 2.36 | 4.24 | 2.33 | 2.92 | 2.46 |
| S=110 | H | 191.25 | 751.94 | 946.77 | 519.88 | 957.67 | 764.98 | 903.91 |
| | f | 2.02 | 1.77 | 2.25 | 1.76 | 2.17 | 2.23 | 1.96 |
| | n | 11.62 | 2.96 | 2.35 | 4.28 | 2.32 | 2.91 | 2.46 |
| S=115 | H | 191.25 | 746.78 | 951.54 | 515.56 | 960.89 | 768.84 | 902.76 |
| | f | 2.2 | 1.95 | 2.44 | 1.94 | 2.36 | 2.42 | 2.15 |
| | n | 11.62 | 2.98 | 2.34 | 4.31 | 2.31 | 2.89 | 2.46 |
| S=120 | H | 191.25 | 741.94 | 956.06 | 511.59 | 963.95 | 772.48 | 901.68 |
| | f | 2.4 | 2.14 | 2.65 | 2.13 | 2.56 | 2.63 | 2.34 |
| | n | 11.62 | 3 | 2.33 | 4.35 | 2.31 | 2.88 | 2.47 |

a = 800 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 204 | 866.14 | 871.68 | 633.64 | 914.63 | 700.33 | 943.54 |
| | f | 0.25 | 0.2 | 0.32 | 0.19 | 0.3 | 0.32 | 0.25 |
| | n | 10.9 | 2.57 | 2.55 | 3.51 | 2.43 | 3.17 | 2.36 |
| S=45 | H | 204 | 861.15 | 880.17 | 627.66 | 920.48 | 708.28 | 943.41 |
| | f | 0.32 | 0.26 | 0.4 | 0.24 | 0.38 | 0.4 | 0.31 |
| | n | 10.9 | 2.58 | 2.53 | 3.54 | 2.42 | 3.14 | 2.36 |
| S=50 | H | 204 | 855.85 | 888.81 | 621.37 | 926.49 | 716.25 | 943.27 |
| | f | 0.39 | 0.32 | 0.49 | 0.3 | 0.46 | 0.49 | 0.39 |
| | n | 10.9 | 2.6 | 2.5 | 3.58 | 2.4 | 3.1 | 2.36 |
| S=55 | H | 204 | 850.3 | 897.48 | 614.88 | 932.59 | 724.14 | 943.12 |
| | f | 0.47 | 0.39 | 0.59 | 0.37 | 0.56 | 0.59 | 0.47 |
| | n | 10.9 | 2.61 | 2.48 | 3.62 | 2.38 | 3.07 | 2.36 |
| S=60 | H | 204 | 844.59 | 906.1 | 608.3 | 938.71 | 731.87 | 942.97 |
| | f | 0.56 | 0.47 | 0.7 | 0.45 | 0.66 | 0.69 | 0.56 |
| | n | 10.9 | 2.63 | 2.45 | 3.65 | 2.37 | 3.04 | 2.36 |
| S=65 | H | 204 | 838.78 | 914.59 | 601.7 | 944.78 | 739.4 | 942.82 |
| | f | 0.66 | 0.55 | 0.81 | 0.53 | 0.77 | 0.81 | 0.66 |
| | n | 10.9 | 2.65 | 2.43 | 3.69 | 2.35 | 3.01 | 2.36 |
| S=70 | H | 204 | 832.93 | 922.9 | 595.19 | 950.75 | 746.68 | 942.67 |
| | f | 0.77 | 0.65 | 0.93 | 0.62 | 0.88 | 0.92 | 0.76 |
| | n | 10.9 | 2.67 | 2.41 | 3.73 | 2.34 | 2.98 | 2.36 |
| S=75 | H | 204 | 827.11 | 930.98 | 588.82 | 956.61 | 753.69 | 942.53 |
| | f | 0.88 | 0.75 | 1.06 | 0.72 | 1.01 | 1.05 | 0.88 |
| | n | 10.9 | 2.69 | 2.39 | 3.78 | 2.32 | 2.95 | 2.36 |
| S=80 | H | 204 | 821.36 | 938.82 | 582.66 | 962.3 | 760.41 | 942.38 |
| | f | 1 | 0.86 | 1.2 | 0.83 | 1.14 | 1.19 | 1 |
| | n | 10.9 | 2.71 | 2.37 | 3.82 | 2.31 | 2.92 | 2.36 |
| S=85 | H | 204 | 815.73 | 946.4 | 576.75 | 967.83 | 766.84 | 942.24 |
| | f | 1.13 | 0.97 | 1.34 | 0.95 | 1.28 | 1.33 | 1.13 |
| | n | 10.9 | 2.73 | 2.35 | 3.85 | 2.3 | 2.9 | 2.36 |
| S=90 | H | 204 | 810.25 | 953.69 | 571.12 | 973.16 | 772.97 | 942.1 |
| | f | 1.27 | 1.1 | 1.49 | 1.07 | 1.43 | 1.48 | 1.26 |
| | n | 10.9 | 2.74 | 2.33 | 3.89 | 2.28 | 2.88 | 2.36 |
| S=95 | H | 204 | 804.95 | 960.69 | 565.79 | 978.31 | 778.81 | 941.97 |
| | f | 1.41 | 1.23 | 1.65 | 1.21 | 1.58 | 1.63 | 1.41 |
| | n | 10.9 | 2.76 | 2.31 | 3.93 | 2.27 | 2.85 | 2.36 |
| S=100 | H | 204 | 799.86 | 967.41 | 560.78 | 983.25 | 784.36 | 941.84 |
| | f | 1.56 | 1.38 | 1.82 | 1.35 | 1.75 | 1.8 | 1.56 |
| | n | 10.9 | 2.78 | 2.3 | 3.96 | 2.26 | 2.83 | 2.36 |
| S=105 | H | 204 | 794.99 | 973.84 | 556.08 | 987.98 | 789.64 | 941.72 |
| | f | 1.72 | 1.53 | 1.99 | 1.5 | 1.91 | 1.97 | 1.72 |
| | n | 10.9 | 2.8 | 2.28 | 4 | 2.25 | 2.82 | 2.36 |
| S=110 | H | 204 | 790.34 | 980 | 551.69 | 992.52 | 794.64 | 941.6 |
| | f | 1.89 | 1.68 | 2.17 | 1.66 | 2.09 | 2.15 | 1.89 |
| | n | 10.9 | 2.81 | 2.27 | 4.03 | 2.24 | 2.8 | 2.36 |
| S=115 | H | 204 | 785.93 | 985.87 | 547.6 | 996.86 | 799.38 | 941.48 |
| | f | 2.07 | 1.85 | 2.36 | 1.83 | 2.28 | 2.33 | 2.06 |
| | n | 10.9 | 2.83 | 2.25 | 4.06 | 2.23 | 2.78 | 2.36 |
| S=120 | H | 204 | 781.74 | 991.48 | 543.8 | 1001 | 803.88 | 941.38 |
| | f | 2.25 | 2.03 | 2.55 | 2 | 2.47 | 2.52 | 2.24 |
| | n | 10.9 | 2.84 | 2.24 | 4.09 | 2.22 | 2.77 | 2.36 |

a = 850 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 216.75 | 884.31 | 887.8 | 651.52 | 931.29 | 715.78 | 961.15 |
| | f | 0.24 | 0.2 | 0.32 | 0.19 | 0.29 | 0.31 | 0.24 |
| | n | 10.26 | 2.51 | 2.5 | 3.41 | 2.39 | 3.11 | 2.31 |
| S=45 | H | 216.75 | 880.58 | 897.09 | 646.67 | 938.05 | 724.39 | 962.13 |
| | f | 0.3 | 0.25 | 0.4 | 0.24 | 0.37 | 0.39 | 0.31 |
| | n | 10.26 | 2.52 | 2.48 | 3.44 | 2.37 | 3.07 | 2.31 |
| S=50 | H | 216.75 | 876.6 | 906.59 | 641.55 | 945.03 | 733.09 | 963.16 |
| | f | 0.37 | 0.31 | 0.48 | 0.29 | 0.45 | 0.48 | 0.38 |
| | n | 10.26 | 2.54 | 2.45 | 3.47 | 2.35 | 3.03 | 2.31 |
| S=55 | H | 216.75 | 872.43 | 916.18 | 636.23 | 952.14 | 741.75 | 964.24 |
| | f | 0.44 | 0.38 | 0.58 | 0.36 | 0.55 | 0.57 | 0.46 |
| | n | 10.26 | 2.55 | 2.43 | 3.49 | 2.33 | 3 | 2.31 |
| S=60 | H | 216.75 | 868.11 | 925.75 | 630.8 | 959.29 | 750.29 | 965.33 |
| | f | 0.53 | 0.46 | 0.68 | 0.43 | 0.64 | 0.68 | 0.55 |
| | n | 10.26 | 2.56 | 2.4 | 3.52 | 2.32 | 2.96 | 2.3 |
| S=65 | H | 216.75 | 863.69 | 935.22 | 625.31 | 966.43 | 758.65 | 966.44 |
| | f | 0.62 | 0.54 | 0.79 | 0.51 | 0.75 | 0.78 | 0.64 |
| | n | 10.26 | 2.57 | 2.38 | 3.56 | 2.3 | 2.93 | 2.3 |
| S=70 | H | 216.75 | 859.21 | 944.55 | 619.84 | 973.5 | 766.79 | 967.56 |
| | f | 0.72 | 0.63 | 0.91 | 0.6 | 0.86 | 0.9 | 0.74 |
| | n | 10.26 | 2.59 | 2.35 | 3.59 | 2.28 | 2.9 | 2.3 |
| S=75 | H | 216.75 | 854.73 | 953.67 | 614.44 | 980.46 | 774.67 | 968.67 |
| | f | 0.83 | 0.72 | 1.04 | 0.69 | 0.98 | 1.02 | 0.85 |
| | n | 10.26 | 2.6 | 2.33 | 3.62 | 2.27 | 2.87 | 2.29 |
| S=80 | H | 216.75 | 850.27 | 962.55 | 609.16 | 987.27 | 782.27 | 969.76 |
| | f | 0.94 | 0.83 | 1.17 | 0.79 | 1.11 | 1.15 | 0.97 |
| | n | 10.26 | 2.61 | 2.31 | 3.65 | 2.25 | 2.84 | 2.29 |
| S=85 | H | 216.75 | 845.87 | 971.18 | 604.05 | 993.9 | 789.59 | 970.84 |
| | f | 1.06 | 0.94 | 1.31 | 0.91 | 1.25 | 1.29 | 1.09 |
| | n | 10.26 | 2.63 | 2.29 | 3.68 | 2.24 | 2.82 | 2.29 |
| S=90 | H | 216.75 | 841.56 | 979.54 | 599.13 | 1000.35 | 796.61 | 971.89 |
| | f | 1.19 | 1.06 | 1.45 | 1.02 | 1.39 | 1.43 | 1.22 |
| | n | 10.26 | 2.64 | 2.27 | 3.71 | 2.22 | 2.79 | 2.29 |
| S=95 | H | 216.75 | 837.36 | 987.6 | 594.42 | 1006.59 | 803.33 | 972.92 |
| | f | 1.33 | 1.19 | 1.61 | 1.15 | 1.54 | 1.58 | 1.36 |
| | n | 10.26 | 2.65 | 2.25 | 3.74 | 2.21 | 2.77 | 2.28 |
| S=100 | H | 216.75 | 833.29 | 995.38 | 589.94 | 1012.63 | 809.76 | 973.91 |
| | f | 1.47 | 1.32 | 1.77 | 1.28 | 1.69 | 1.74 | 1.51 |
| | n | 10.26 | 2.67 | 2.23 | 3.77 | 2.2 | 2.75 | 2.28 |
| S=105 | H | 216.75 | 829.36 | 1002.86 | 585.7 | 1018.44 | 815.9 | 974.87 |
| | f | 1.62 | 1.46 | 1.93 | 1.42 | 1.86 | 1.9 | 1.66 |
| | n | 10.26 | 2.68 | 2.22 | 3.8 | 2.18 | 2.72 | 2.28 |
| S=110 | H | 216.75 | 825.58 | 1010.06 | 581.7 | 1024.04 | 821.76 | 975.8 |
| | f | 1.78 | 1.61 | 2.11 | 1.57 | 2.03 | 2.07 | 1.82 |
| | n | 10.26 | 2.69 | 2.2 | 3.82 | 2.17 | 2.71 | 2.28 |
| S=115 | H | 216.75 | 821.96 | 1016.96 | 577.93 | 1029.42 | 827.34 | 976.69 |
| | f | 1.94 | 1.77 | 2.29 | 1.73 | 2.2 | 2.25 | 1.99 |
| | n | 10.26 | 2.7 | 2.19 | 3.85 | 2.16 | 2.69 | 2.28 |
| S=120 | H | 216.75 | 818.5 | 1023.58 | 574.4 | 1034.59 | 832.66 | 977.55 |
| | f | 2.12 | 1.94 | 2.47 | 1.9 | 2.39 | 2.44 | 2.16 |
| | n | 10.26 | 2.72 | 2.17 | 3.87 | 2.15 | 2.67 | 2.27 |

a = 900 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 229.5 | 901.52 | 903.13 | 668.49 | 947.12 | 730.53 | 977.84 |
| | f | 0.22 | 0.2 | 0.31 | 0.18 | 0.29 | 0.31 | 0.24 |
| | n | 9.69 | 2.47 | 2.46 | 3.33 | 2.35 | 3.04 | 2.27 |
| S=45 | H | 229.5 | 898.83 | 913.07 | 664.6 | 954.61 | 739.68 | 979.74 |
| | f | 0.28 | 0.25 | 0.39 | 0.23 | 0.36 | 0.39 | 0.3 |
| | n | 9.69 | 2.47 | 2.43 | 3.34 | 2.33 | 3.01 | 2.27 |
| S=50 | H | 229.5 | 895.96 | 923.27 | 660.46 | 962.38 | 748.96 | 981.74 |
| | f | 0.35 | 0.31 | 0.48 | 0.29 | 0.45 | 0.47 | 0.37 |
| | n | 9.69 | 2.48 | 2.41 | 3.37 | 2.31 | 2.97 | 2.26 |
| S=55 | H | 229.5 | 892.94 | 933.61 | 656.15 | 970.32 | 758.26 | 983.83 |
| | f | 0.42 | 0.37 | 0.57 | 0.35 | 0.53 | 0.56 | 0.45 |
| | n | 9.69 | 2.49 | 2.38 | 3.39 | 2.29 | 2.93 | 2.26 |
| S=60 | H | 229.5 | 889.8 | 943.97 | 651.71 | 978.35 | 767.47 | 985.98 |
| | f | 0.5 | 0.45 | 0.67 | 0.42 | 0.63 | 0.66 | 0.54 |
| | n | 9.69 | 2.5 | 2.35 | 3.41 | 2.27 | 2.9 | 2.25 |
| S=65 | H | 229.5 | 886.57 | 954.28 | 647.21 | 986.39 | 776.54 | 988.16 |
| | f | 0.59 | 0.52 | 0.78 | 0.49 | 0.73 | 0.77 | 0.63 |
| | n | 9.69 | 2.51 | 2.33 | 3.43 | 2.25 | 2.86 | 2.25 |
| S=70 | H | 229.5 | 883.29 | 964.46 | 642.68 | 994.39 | 785.41 | 990.35 |
| | f | 0.68 | 0.61 | 0.89 | 0.58 | 0.85 | 0.88 | 0.73 |
| | n | 9.69 | 2.52 | 2.3 | 3.46 | 2.24 | 2.83 | 2.24 |
| S=75 | H | 229.5 | 879.99 | 974.47 | 638.18 | 1002.29 | 794.05 | 992.55 |
| | f | 0.78 | 0.7 | 1.02 | 0.67 | 0.96 | 1 | 0.83 |
| | n | 9.69 | 2.53 | 2.28 | 3.48 | 2.22 | 2.8 | 2.24 |
| S=80 | H | 229.5 | 876.68 | 984.26 | 633.74 | 1010.07 | 802.42 | 994.74 |
| | f | 0.89 | 0.8 | 1.14 | 0.76 | 1.09 | 1.12 | 0.94 |
| | n | 9.69 | 2.54 | 2.26 | 3.51 | 2.2 | 2.77 | 2.23 |
| S=85 | H | 229.5 | 873.4 | 993.81 | 629.4 | 1017.68 | 810.52 | 996.89 |
| | f | 1 | 0.91 | 1.28 | 0.87 | 1.22 | 1.26 | 1.06 |
| | n | 9.69 | 2.55 | 2.24 | 3.53 | 2.18 | 2.74 | 2.23 |
| S=90 | H | 229.5 | 870.16 | 1003.1 | 625.19 | 1025.1 | 818.33 | 999.01 |
| | f | 1.13 | 1.02 | 1.42 | 0.98 | 1.36 | 1.39 | 1.19 |
| | n | 9.69 | 2.55 | 2.22 | 3.56 | 2.17 | 2.72 | 2.23 |
| S=95 | H | 229.5 | 866.99 | 1012.11 | 621.12 | 1032.33 | 825.85 | 1001.08 |
| | f | 1.25 | 1.15 | 1.57 | 1.1 | 1.5 | 1.54 | 1.32 |
| | n | 9.69 | 2.56 | 2.2 | 3.58 | 2.15 | 2.69 | 2.22 |
| S=100 | H | 229.5 | 863.89 | 1020.83 | 617.22 | 1039.35 | 833.08 | 1003.11 |
| | f | 1.39 | 1.27 | 1.72 | 1.23 | 1.65 | 1.69 | 1.46 |
| | n | 9.69 | 2.57 | 2.18 | 3.6 | 2.14 | 2.67 | 2.22 |
| S=105 | H | 229.5 | 860.88 | 1029.27 | 613.49 | 1046.14 | 840.01 | 1005.07 |
| | f | 1.53 | 1.41 | 1.88 | 1.36 | 1.81 | 1.85 | 1.61 |
| | n | 9.69 | 2.58 | 2.16 | 3.62 | 2.12 | 2.65 | 2.21 |
| S=110 | H | 229.5 | 857.96 | 1037.41 | 609.94 | 1052.71 | 846.66 | 1006.98 |
| | f | 1.68 | 1.55 | 2.05 | 1.5 | 1.97 | 2.01 | 1.76 |
| | n | 9.69 | 2.59 | 2.14 | 3.64 | 2.11 | 2.63 | 2.21 |
| S=115 | H | 229.5 | 855.15 | 1045.26 | 606.57 | 1059.06 | 853.03 | 1008.82 |
| | f | 1.84 | 1.7 | 2.22 | 1.65 | 2.14 | 2.18 | 1.92 |
| | n | 9.69 | 2.6 | 2.13 | 3.66 | 2.1 | 2.61 | 2.2 |
| S=120 | H | 229.5 | 852.45 | 1052.82 | 603.38 | 1065.18 | 859.13 | 1010.6 |
| | f | 2 | 1.86 | 2.41 | 1.81 | 2.32 | 2.36 | 2.09 |
| | n | 9.69 | 2.61 | 2.11 | 3.68 | 2.09 | 2.59 | 2.2 |

a = 950 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 242.25 | 917.95 | 917.84 | 684.74 | 962.29 | 744.73 | 993.79 |
| | f | 0.21 | 0.19 | 0.31 | 0.18 | 0.29 | 0.3 | 0.24 |
| | n | 9.18 | 2.42 | 2.42 | 3.25 | 2.31 | 2.98 | 2.24 |
| S=45 | H | 242.25 | 916.14 | 928.3 | 681.65 | 970.38 | 754.31 | 996.45 |
| | f | 0.27 | 0.24 | 0.38 | 0.22 | 0.36 | 0.38 | 0.3 |
| | n | 9.18 | 2.43 | 2.39 | 3.26 | 2.29 | 2.95 | 2.23 |
| S=50 | H | 242.25 | 914.2 | 939.07 | 678.36 | 978.79 | 764.07 | 999.26 |
| | f | 0.33 | 0.3 | 0.47 | 0.28 | 0.44 | 0.46 | 0.37 |
| | n | 9.18 | 2.43 | 2.37 | 3.28 | 2.27 | 2.91 | 2.22 |
| S=55 | H | 242.25 | 912.16 | 950.02 | 674.9 | 987.42 | 773.88 | 1002.2 |
| | f | 0.4 | 0.36 | 0.56 | 0.34 | 0.53 | 0.55 | 0.44 |
| | n | 9.18 | 2.44 | 2.34 | 3.29 | 2.25 | 2.87 | 2.22 |
| S=60 | H | 242.25 | 910.02 | 961.04 | 671.34 | 996.17 | 783.65 | 1005.23 |
| | f | 0.47 | 0.44 | 0.66 | 0.41 | 0.62 | 0.65 | 0.53 |
| | n | 9.18 | 2.44 | 2.31 | 3.31 | 2.23 | 2.84 | 2.21 |
| S=65 | H | 242.25 | 907.82 | 972.05 | 667.69 | 1004.97 | 793.32 | 1008.32 |
| | f | 0.56 | 0.51 | 0.76 | 0.48 | 0.72 | 0.75 | 0.61 |
| | n | 9.18 | 2.45 | 2.29 | 3.33 | 2.21 | 2.8 | 2.2 |
| S=70 | H | 242.25 | 905.57 | 982.96 | 664.01 | 1013.76 | 802.81 | 1011.45 |
| | f | 0.64 | 0.6 | 0.88 | 0.56 | 0.83 | 0.86 | 0.71 |
| | n | 9.18 | 2.45 | 2.26 | 3.35 | 2.19 | 2.77 | 2.2 |
| S=75 | H | 242.25 | 903.29 | 993.72 | 660.32 | 1022.48 | 812.1 | 1014.59 |
| | f | 0.74 | 0.69 | 1 | 0.64 | 0.94 | 0.98 | 0.81 |
| | n | 9.18 | 2.46 | 2.24 | 3.37 | 2.17 | 2.74 | 2.19 |
| S=80 | H | 242.25 | 901.01 | 1004.3 | 656.66 | 1031.08 | 821.14 | 1017.72 |
| | f | 0.84 | 0.78 | 1.12 | 0.74 | 1.07 | 1.1 | 0.92 |
| | n | 9.18 | 2.47 | 2.21 | 3.39 | 2.16 | 2.71 | 2.18 |
| S=85 | H | 242.25 | 898.73 | 1014.65 | 653.06 | 1039.54 | 829.93 | 1020.82 |
| | f | 0.95 | 0.88 | 1.25 | 0.84 | 1.19 | 1.23 | 1.04 |
| | n | 9.18 | 2.47 | 2.19 | 3.4 | 2.14 | 2.68 | 2.18 |
| S=90 | H | 242.25 | 896.47 | 1024.76 | 649.53 | 1047.83 | 838.44 | 1023.89 |
| | f | 1.07 | 0.99 | 1.39 | 0.94 | 1.33 | 1.36 | 1.16 |
| | n | 9.18 | 2.48 | 2.17 | 3.42 | 2.12 | 2.65 | 2.17 |
| S=95 | H | 242.25 | 894.24 | 1034.6 | 646.1 | 1055.93 | 846.68 | 1026.9 |
| | f | 1.19 | 1.11 | 1.53 | 1.06 | 1.47 | 1.5 | 1.29 |
| | n | 9.18 | 2.49 | 2.15 | 3.44 | 2.11 | 2.63 | 2.16 |
| S=100 | H | 242.25 | 892.05 | 1044.17 | 642.78 | 1063.82 | 854.62 | 1029.85 |
| | f | 1.32 | 1.23 | 1.68 | 1.18 | 1.61 | 1.65 | 1.42 |
| | n | 9.18 | 2.49 | 2.13 | 3.46 | 2.09 | 2.6 | 2.16 |
| S=105 | H | 242.25 | 889.91 | 1053.45 | 639.58 | 1071.49 | 862.28 | 1032.73 |
| | f | 1.45 | 1.36 | 1.84 | 1.3 | 1.77 | 1.8 | 1.57 |
| | n | 9.18 | 2.5 | 2.11 | 3.48 | 2.07 | 2.58 | 2.15 |
| S=110 | H | 242.25 | 887.82 | 1062.44 | 636.52 | 1078.95 | 869.65 | 1035.54 |
| | f | 1.59 | 1.5 | 2 | 1.44 | 1.92 | 1.96 | 1.71 |
| | n | 9.18 | 2.5 | 2.09 | 3.49 | 2.06 | 2.56 | 2.15 |
| S=115 | H | 242.25 | 885.8 | 1071.15 | 633.58 | 1086.17 | 876.74 | 1038.27 |
| | f | 1.74 | 1.64 | 2.17 | 1.58 | 2.09 | 2.13 | 1.87 |
| | n | 9.18 | 2.51 | 2.08 | 3.51 | 2.05 | 2.54 | 2.14 |
| S=120 | H | 242.25 | 883.84 | 1079.57 | 630.79 | 1093.16 | 883.56 | 1040.91 |
| | f | 1.89 | 1.79 | 2.35 | 1.73 | 2.26 | 2.3 | 2.03 |
| | n | 9.18 | 2.52 | 2.06 | 3.52 | 2.03 | 2.52 | 2.14 |

a = 1000 wire : MINK

| | t (c) | 55 | -5 | 0 | 15 | -5 | 15 | -10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 6 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 |
| | W(kg/m2) | 0 | 30 | 126 | 50 | 0 | 100 | 40 |
| S=40 | H | 255 | 933.77 | 932.06 | 700.41 | 976.93 | 758.5 | 1009.16 |
| | f | 0.2 | 0.19 | 0.3 | 0.17 | 0.28 | 0.3 | 0.23 |
| | n | 8.72 | 2.38 | 2.39 | 3.17 | 2.28 | 2.93 | 2.2 |
| S=45 | H | 255 | 932.69 | 942.93 | 698 | 985.5 | 768.41 | 1012.45 |
| | f | 0.25 | 0.24 | 0.38 | 0.22 | 0.35 | 0.37 | 0.29 |
| | n | 8.72 | 2.38 | 2.36 | 3.18 | 2.26 | 2.89 | 2.2 |
| S=50 | H | 255 | 931.54 | 954.16 | 695.42 | 994.43 | 778.55 | 1015.93 |
| | f | 0.31 | 0.3 | 0.46 | 0.27 | 0.43 | 0.45 | 0.36 |
| | n | 8.72 | 2.39 | 2.33 | 3.2 | 2.24 | 2.86 | 2.19 |
| S=55 | H | 255 | 930.32 | 965.61 | 692.71 | 1003.63 | 788.78 | 1019.58 |
| | f | 0.38 | 0.36 | 0.55 | 0.33 | 0.52 | 0.54 | 0.44 |
| | n | 8.72 | 2.39 | 2.3 | 3.21 | 2.21 | 2.82 | 2.18 |
| S=60 | H | 255 | 929.04 | 977.18 | 689.89 | 1012.99 | 799.02 | 1023.36 |
| | f | 0.45 | 0.43 | 0.65 | 0.39 | 0.61 | 0.63 | 0.52 |
| | n | 8.72 | 2.39 | 2.27 | 3.22 | 2.19 | 2.78 | 2.17 |
| S=65 | H | 255 | 927.72 | 988.76 | 687 | 1022.43 | 809.18 | 1027.22 |
| | f | 0.53 | 0.5 | 0.75 | 0.47 | 0.71 | 0.74 | 0.6 |
| | n | 8.72 | 2.4 | 2.25 | 3.24 | 2.17 | 2.75 | 2.16 |
| S=70 | H | 255 | 926.36 | 1000.29 | 684.06 | 1031.89 | 819.2 | 1031.14 |
| | f | 0.61 | 0.58 | 0.86 | 0.54 | 0.81 | 0.84 | 0.7 |
| | n | 8.72 | 2.4 | 2.22 | 3.25 | 2.15 | 2.71 | 2.16 |
| S=75 | H | 255 | 924.99 | 1011.7 | 681.11 | 1041.3 | 829.05 | 1035.09 |
| | f | 0.7 | 0.67 | 0.98 | 0.62 | 0.93 | 0.96 | 0.8 |
| | n | 8.72 | 2.4 | 2.2 | 3.26 | 2.13 | 2.68 | 2.15 |
| S=80 | H | 255 | 923.6 | 1022.95 | 678.16 | 1050.62 | 838.68 | 1039.05 |
| | f | 0.8 | 0.76 | 1.1 | 0.71 | 1.05 | 1.08 | 0.9 |
| | n | 8.72 | 2.41 | 2.17 | 3.28 | 2.12 | 2.65 | 2.14 |
| S=85 | H | 255 | 922.21 | 1034 | 675.23 | 1059.82 | 848.06 | 1042.98 |
| | f | 0.9 | 0.86 | 1.23 | 0.81 | 1.17 | 1.2 | 1.02 |
| | n | 8.72 | 2.41 | 2.15 | 3.29 | 2.1 | 2.62 | 2.13 |
| S=90 | H | 255 | 920.83 | 1044.82 | 672.35 | 1068.86 | 857.2 | 1046.88 |
| | f | 1.01 | 0.97 | 1.36 | 0.91 | 1.3 | 1.33 | 1.14 |
| | n | 8.72 | 2.41 | 2.13 | 3.31 | 2.08 | 2.59 | 2.12 |
| S=95 | H | 255 | 919.46 | 1055.4 | 669.53 | 1077.73 | 866.06 | 1050.73 |
| | f | 1.13 | 1.08 | 1.5 | 1.02 | 1.44 | 1.47 | 1.26 |
| | n | 8.72 | 2.42 | 2.11 | 3.32 | 2.06 | 2.57 | 2.12 |
| S=100 | H | 255 | 918.1 | 1065.71 | 666.79 | 1086.4 | 874.64 | 1054.52 |
| | f | 1.25 | 1.2 | 1.65 | 1.13 | 1.58 | 1.61 | 1.39 |
| | n | 8.72 | 2.42 | 2.09 | 3.33 | 2.05 | 2.54 | 2.11 |
| S=105 | H | 255 | 916.77 | 1075.75 | 664.12 | 1094.85 | 882.95 | 1058.23 |
| | f | 1.38 | 1.32 | 1.8 | 1.26 | 1.73 | 1.76 | 1.53 |
| | n | 8.72 | 2.42 | 2.07 | 3.35 | 2.03 | 2.52 | 2.1 |
| S=110 | H | 255 | 915.47 | 1085.51 | 661.55 | 1103.1 | 890.98 | 1061.86 |
| | f | 1.51 | 1.45 | 1.96 | 1.38 | 1.88 | 1.91 | 1.67 |
| | n | 8.72 | 2.43 | 2.05 | 3.36 | 2.02 | 2.49 | 2.09 |
| S=115 | H | 255 | 914.2 | 1094.99 | 659.07 | 1111.11 | 898.73 | 1065.4 |
| | f | 1.65 | 1.59 | 2.12 | 1.52 | 2.04 | 2.07 | 1.82 |
| | n | 8.72 | 2.43 | 2.03 | 3.37 | 2 | 2.47 | 2.09 |
| S=120 | H | 255 | 912.97 | 1104.18 | 656.7 | 1118.9 | 906.21 | 1068.84 |
| | f | 1.8 | 1.74 | 2.29 | 1.66 | 2.21 | 2.24 | 1.98 |
| | n | 8.72 | 2.43 | 2.01 | 3.39 | 1.99 | 2.45 | 2.08 |

a = 400 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 102 | 746.21 | 829.84 | 600.89 | 639.87 | 1609.21 | 421.93 |
| | f | 0.5 | 0.46 | 0.68 | 0.08 | 0.75 | 1.12 | 0.53 |
| | n | 21.79 | 2.98 | 2.68 | 3.7 | 3.47 | 1.38 | 5.27 |
| S=45 | H | 102 | 740.19 | 854.14 | 539.01 | 666.63 | 1703.72 | 425.43 |
| | f | 0.63 | 0.59 | 0.84 | 0.12 | 0.91 | 1.34 | 0.67 |
| | n | 21.79 | 3 | 2.6 | 4.12 | 3.33 | 1.3 | 5.23 |
| S=50 | H | 102 | 734.66 | 876.27 | 472.12 | 690.67 | 1792.26 | 428.43 |
| | f | 0.78 | 0.73 | 1.01 | 0.17 | 1.09 | 1.57 | 0.82 |
| | n | 21.79 | 3.03 | 2.54 | 4.71 | 3.22 | 1.24 | 5.19 |
| S=55 | H | 102 | 729.66 | 896.37 | 402.64 | 712.28 | 1875.37 | 431 |
| | f | 0.95 | 0.89 | 1.2 | 0.24 | 1.27 | 1.81 | 0.99 |
| | n | 21.79 | 3.05 | 2.48 | 5.52 | 3.12 | 1.19 | 5.16 |
| S=60 | H | 102 | 725.19 | 914.62 | 335.04 | 731.75 | 1953.54 | 433.21 |
| | f | 1.12 | 1.06 | 1.39 | 0.34 | 1.48 | 2.07 | 1.17 |
| | n | 21.79 | 3.07 | 2.43 | 6.64 | 3.04 | 1.14 | 5.13 |
| S=65 | H | 102 | 721.23 | 931.19 | 275.87 | 749.31 | 2027.16 | 435.11 |
| | f | 1.32 | 1.25 | 1.61 | 0.49 | 1.69 | 2.34 | 1.37 |
| | n | 21.79 | 3.08 | 2.39 | 8.06 | 2.97 | 1.1 | 5.11 |
| S=70 | H | 102 | 717.73 | 946.23 | 230.44 | 765.17 | 2096.6 | 436.74 |
| | f | 1.53 | 1.46 | 1.84 | 0.68 | 1.92 | 2.63 | 1.58 |
| | n | 21.79 | 3.1 | 2.35 | 9.65 | 2.91 | 1.06 | 5.09 |
| S=75 | H | 102 | 714.64 | 959.89 | 198.78 | 779.52 | 2162.15 | 438.16 |
| | f | 1.76 | 1.69 | 2.08 | 0.9 | 2.16 | 2.93 | 1.81 |
| | n | 21.79 | 3.11 | 2.32 | 11.18 | 2.85 | 1.03 | 5.07 |
| S=80 | H | 102 | 711.91 | 972.3 | 177.32 | 792.52 | 2224.09 | 439.38 |
| | f | 2 | 1.92 | 2.33 | 1.15 | 2.42 | 3.24 | 2.05 |
| | n | 21.79 | 3.12 | 2.29 | 12.54 | 2.8 | 1 | 5.06 |
| S=85 | H | 102 | 709.51 | 983.6 | 162.48 | 804.31 | 2282.67 | 440.45 |
| | f | 2.26 | 2.18 | 2.6 | 1.42 | 2.69 | 3.56 | 2.31 |
| | n | 21.79 | 3.13 | 2.26 | 13.68 | 2.76 | 0.97 | 5.05 |
| S=90 | H | 102 | 707.39 | 993.88 | 151.87 | 815.03 | 2338.12 | 441.39 |
| | f | 2.53 | 2.45 | 2.89 | 1.7 | 2.98 | 3.9 | 2.59 |
| | n | 21.79 | 3.14 | 2.24 | 14.64 | 2.73 | 0.95 | 5.04 |
| S=95 | H | 102 | 705.51 | 1003.27 | 144 | 824.78 | 2390.64 | 442.21 |
| | f | 2.82 | 2.74 | 3.19 | 2 | 3.28 | 4.25 | 2.88 |
| | n | 21.79 | 3.15 | 2.22 | 15.44 | 2.7 | 0.93 | 5.03 |
| S=100 | H | 102 | 703.85 | 1011.83 | 137.98 | 833.68 | 2440.4 | 442.93 |
| | f | 3.12 | 3.04 | 3.5 | 2.31 | 3.6 | 4.61 | 3.18 |
| | n | 21.79 | 3.16 | 2.2 | 16.11 | 2.67 | 0.91 | 5.02 |
| S=105 | H | 102 | 702.36 | 1019.67 | 133.26 | 841.8 | 2487.59 | 443.57 |
| | f | 3.45 | 3.36 | 3.83 | 2.64 | 3.93 | 4.99 | 3.5 |
| | n | 21.79 | 3.17 | 2.18 | 16.68 | 2.64 | 0.89 | 5.01 |
| S=110 | H | 102 | 701.04 | 1026.84 | 129.47 | 849.23 | 2532.36 | 444.15 |
| | f | 3.78 | 3.7 | 4.18 | 2.98 | 4.27 | 5.38 | 3.84 |
| | n | 21.79 | 3.17 | 2.16 | 17.17 | 2.62 | 0.88 | 5.01 |
| S=115 | H | 102 | 699.86 | 1033.42 | 126.38 | 856.03 | 2574.85 | 444.65 |
| | f | 4.13 | 4.05 | 4.53 | 3.34 | 4.63 | 5.78 | 4.19 |
| | n | 21.79 | 3.18 | 2.15 | 17.59 | 2.6 | 0.86 | 5 |
| S=120 | H | 102 | 698.79 | 1039.46 | 123.81 | 862.27 | 2615.21 | 445.11 |
| | f | 4.5 | 4.41 | 4.91 | 3.71 | 5.01 | 6.19 | 4.56 |
| | n | 21.79 | 3.18 | 2.14 | 17.95 | 2.58 | 0.85 | 4.99 |

a = 450 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 114.75 | 789 | 861.38 | 664.47 | 664.35 | 1635.07 | 451.2 |
| | f | 0.44 | 0.43 | 0.66 | 0.08 | 0.72 | 1.1 | 0.5 |
| | n | 19.37 | 2.82 | 2.58 | 3.35 | 3.35 | 1.36 | 4.93 |
| S=45 | H | 114.75 | 787.52 | 889.59 | 615.13 | 694.37 | 1733.94 | 457.02 |
| | f | 0.56 | 0.55 | 0.81 | 0.1 | 0.87 | 1.31 | 0.62 |
| | n | 19.37 | 2.82 | 2.5 | 3.61 | 3.2 | 1.28 | 4.86 |
| S=50 | H | 114.75 | 786.12 | 915.7 | 561.04 | 721.75 | 1827.18 | 462.17 |
| | f | 0.69 | 0.68 | 0.97 | 0.14 | 1.04 | 1.54 | 0.76 |
| | n | 19.37 | 2.83 | 2.43 | 3.96 | 3.08 | 1.22 | 4.81 |
| S=55 | H | 114.75 | 784.82 | 939.81 | 503.12 | 746.75 | 1915.29 | 466.7 |
| | f | 0.84 | 0.83 | 1.14 | 0.19 | 1.21 | 1.78 | 0.91 |
| | n | 19.37 | 2.83 | 2.37 | 4.42 | 2.98 | 1.16 | 4.76 |
| S=60 | H | 114.75 | 783.62 | 962.05 | 442.92 | 769.61 | 1998.73 | 470.69 |
| | f | 1 | 0.98 | 1.33 | 0.26 | 1.4 | 2.03 | 1.08 |
| | n | 19.37 | 2.84 | 2.31 | 5.02 | 2.89 | 1.11 | 4.72 |
| S=65 | H | 114.75 | 782.53 | 982.56 | 383.11 | 790.52 | 2077.86 | 474.19 |
| | f | 1.17 | 1.16 | 1.52 | 0.35 | 1.6 | 2.29 | 1.26 |
| | n | 19.37 | 2.84 | 2.26 | 5.8 | 2.81 | 1.07 | 4.69 |
| S=70 | H | 114.75 | 781.54 | 1001.46 | 327.57 | 809.68 | 2153.01 | 477.28 |
| | f | 1.36 | 1.34 | 1.73 | 0.48 | 1.81 | 2.56 | 1.45 |
| | n | 19.37 | 2.84 | 2.22 | 6.79 | 2.75 | 1.03 | 4.66 |
| S=75 | H | 114.75 | 780.65 | 1018.88 | 280.42 | 827.26 | 2224.45 | 480 |
| | f | 1.56 | 1.54 | 1.96 | 0.64 | 2.04 | 2.84 | 1.65 |
| | n | 19.37 | 2.85 | 2.18 | 7.93 | 2.69 | 1 | 4.63 |
| S=80 | H | 114.75 | 779.85 | 1034.94 | 243.77 | 843.39 | 2292.44 | 482.4 |
| | f | 1.78 | 1.76 | 2.19 | 0.84 | 2.28 | 3.14 | 1.87 |
| | n | 19.37 | 2.85 | 2.15 | 9.12 | 2.64 | 0.97 | 4.61 |
| S=85 | H | 114.75 | 779.12 | 1049.76 | 216.83 | 858.22 | 2357.2 | 484.52 |
| | f | 2.01 | 1.99 | 2.44 | 1.06 | 2.52 | 3.45 | 2.1 |
| | n | 19.37 | 2.85 | 2.12 | 10.25 | 2.59 | 0.94 | 4.59 |
| S=90 | H | 114.75 | 778.47 | 1063.44 | 197.32 | 871.87 | 2418.93 | 486.4 |
| | f | 2.25 | 2.23 | 2.7 | 1.31 | 2.79 | 3.77 | 2.35 |
| | n | 19.37 | 2.86 | 2.09 | 11.27 | 2.55 | 0.92 | 4.57 |
| S=95 | H | 114.75 | 777.88 | 1076.07 | 183.02 | 884.44 | 2477.81 | 488.08 |
| | f | 2.51 | 2.48 | 2.97 | 1.57 | 3.06 | 4.1 | 2.61 |
| | n | 19.37 | 2.86 | 2.07 | 12.15 | 2.51 | 0.9 | 4.55 |
| S=100 | H | 114.75 | 777.35 | 1087.75 | 172.3 | 896.03 | 2534 | 489.58 |
| | f | 2.78 | 2.75 | 3.26 | 1.85 | 3.35 | 4.44 | 2.88 |
| | n | 19.37 | 2.86 | 2.04 | 12.9 | 2.48 | 0.88 | 4.54 |
| S=105 | H | 114.75 | 776.88 | 1098.55 | 164.06 | 906.73 | 2587.66 | 490.91 |
| | f | 3.06 | 3.04 | 3.56 | 2.14 | 3.65 | 4.79 | 3.16 |
| | n | 19.37 | 2.86 | 2.02 | 13.55 | 2.45 | 0.86 | 4.53 |
| S=110 | H | 114.75 | 776.45 | 1108.55 | 157.59 | 916.61 | 2638.93 | 492.12 |
| | f | 3.36 | 3.34 | 3.87 | 2.45 | 3.96 | 5.16 | 3.46 |
| | n | 19.37 | 2.86 | 2.01 | 14.11 | 2.43 | 0.84 | 4.52 |
| S=115 | H | 114.75 | 776.06 | 1117.82 | 152.4 | 925.76 | 2687.93 | 493.19 |
| | f | 3.67 | 3.65 | 4.19 | 2.77 | 4.28 | 5.54 | 3.78 |
| | n | 19.37 | 2.86 | 1.99 | 14.59 | 2.4 | 0.83 | 4.51 |
| S=120 | H | 114.75 | 775.7 | 1126.42 | 148.15 | 934.23 | 2734.78 | 494.17 |
| | f | 4 | 3.97 | 4.53 | 3.1 | 4.62 | 5.92 | 4.11 |
| | n | 19.37 | 2.87 | 1.97 | 15 | 2.38 | 0.81 | 4.5 |

a = 500 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 127.5 | 823.62 | 886.95 | 713.73 | 684.43 | 1655.53 | 476.04 |
| | f | 0.4 | 0.42 | 0.64 | 0.07 | 0.7 | 1.09 | 0.47 |
| | n | 17.44 | 2.7 | 2.51 | 3.11 | 3.25 | 1.34 | 4.67 |
| S=45 | H | 127.5 | 825.87 | 918.2 | 673.64 | 717.01 | 1757.62 | 483.91 |
| | f | 0.51 | 0.52 | 0.78 | 0.1 | 0.85 | 1.3 | 0.59 |
| | n | 17.44 | 2.69 | 2.42 | 3.3 | 3.1 | 1.26 | 4.59 |
| S=50 | H | 127.5 | 828.04 | 947.47 | 629.43 | 747.07 | 1854.36 | 491.03 |
| | f | 0.63 | 0.65 | 0.94 | 0.13 | 1 | 1.52 | 0.72 |
| | n | 17.44 | 2.68 | 2.35 | 3.53 | 2.98 | 1.2 | 4.53 |
| S=55 | H | 127.5 | 830.09 | 974.83 | 581.52 | 774.83 | 1946.23 | 497.44 |
| | f | 0.76 | 0.78 | 1.1 | 0.17 | 1.17 | 1.75 | 0.86 |
| | n | 17.44 | 2.68 | 2.28 | 3.82 | 2.87 | 1.14 | 4.47 |
| S=60 | H | 127.5 | 832.01 | 1000.37 | 530.59 | 800.5 | 2033.65 | 503.2 |
| | f | 0.9 | 0.93 | 1.28 | 0.22 | 1.35 | 1.99 | 1.01 |
| | n | 17.44 | 2.67 | 2.22 | 4.19 | 2.78 | 1.09 | 4.42 |
| S=65 | H | 127.5 | 833.81 | 1024.19 | 477.74 | 824.26 | 2116.98 | 508.37 |
| | f | 1.06 | 1.08 | 1.46 | 0.28 | 1.54 | 2.25 | 1.17 |
| | n | 17.44 | 2.67 | 2.17 | 4.65 | 2.7 | 1.05 | 4.37 |
| S=70 | H | 127.5 | 835.46 | 1046.41 | 424.66 | 846.27 | 2196.52 | 512.99 |
| | f | 1.23 | 1.26 | 1.66 | 0.37 | 1.74 | 2.51 | 1.35 |
| | n | 17.44 | 2.66 | 2.12 | 5.23 | 2.63 | 1.01 | 4.33 |
| S=75 | H | 127.5 | 836.99 | 1067.12 | 373.77 | 866.68 | 2272.54 | 517.14 |
| | f | 1.41 | 1.44 | 1.87 | 0.48 | 1.95 | 2.78 | 1.53 |
| | n | 17.44 | 2.66 | 2.08 | 5.95 | 2.56 | 0.98 | 4.3 |
| S=80 | H | 127.5 | 838.39 | 1086.44 | 327.88 | 885.61 | 2345.25 | 520.85 |
| | f | 1.6 | 1.63 | 2.09 | 0.62 | 2.17 | 3.07 | 1.73 |
| | n | 17.44 | 2.65 | 2.05 | 6.78 | 2.51 | 0.95 | 4.27 |
| S=85 | H | 127.5 | 839.67 | 1104.46 | 289.25 | 903.2 | 2414.87 | 524.19 |
| | f | 1.81 | 1.84 | 2.32 | 0.8 | 2.4 | 3.37 | 1.94 |
| | n | 17.44 | 2.65 | 2.01 | 7.69 | 2.46 | 0.92 | 4.24 |
| S=90 | H | 127.5 | 840.84 | 1121.27 | 258.54 | 919.55 | 2481.59 | 527.19 |
| | f | 2.02 | 2.06 | 2.56 | 1 | 2.64 | 3.67 | 2.16 |
| | n | 17.44 | 2.64 | 1.98 | 8.6 | 2.42 | 0.9 | 4.22 |
| S=95 | H | 127.5 | 841.92 | 1136.96 | 234.96 | 934.76 | 2545.56 | 529.9 |
| | f | 2.26 | 2.3 | 2.81 | 1.22 | 2.89 | 3.99 | 2.4 |
| | n | 17.44 | 2.64 | 1.96 | 9.46 | 2.38 | 0.87 | 4.2 |
| S=100 | H | 127.5 | 842.9 | 1151.61 | 217.01 | 948.92 | 2606.94 | 532.34 |
| | f | 2.5 | 2.54 | 3.08 | 1.47 | 3.16 | 4.32 | 2.65 |
| | n | 17.44 | 2.64 | 1.93 | 10.24 | 2.34 | 0.85 | 4.18 |
| S=105 | H | 127.5 | 843.79 | 1165.3 | 203.25 | 962.11 | 2665.86 | 534.54 |
| | f | 2.76 | 2.8 | 3.35 | 1.73 | 3.44 | 4.65 | 2.91 |
| | n | 17.44 | 2.63 | 1.91 | 10.94 | 2.31 | 0.83 | 4.16 |
| S=110 | H | 127.5 | 844.62 | 1178.1 | 192.55 | 974.41 | 2722.46 | 536.54 |
| | f | 3.02 | 3.07 | 3.64 | 2 | 3.72 | 5 | 3.18 |
| | n | 17.44 | 2.63 | 1.89 | 11.55 | 2.28 | 0.82 | 4.14 |
| S=115 | H | 127.5 | 845.37 | 1190.06 | 184.07 | 985.89 | 2776.84 | 538.35 |
| | f | 3.31 | 3.35 | 3.94 | 2.29 | 4.02 | 5.36 | 3.46 |
| | n | 17.44 | 2.63 | 1.87 | 12.08 | 2.25 | 0.8 | 4.13 |
| S=120 | H | 127.5 | 846.06 | 1201.27 | 177.24 | 996.61 | 2829.11 | 540 |
| | f | 3.6 | 3.64 | 4.25 | 2.59 | 4.33 | 5.73 | 3.76 |
| | n | 17.44 | 2.63 | 1.85 | 12.54 | 2.23 | 0.79 | 4.12 |

a = 550 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 140.25 | 852.51 | 908.37 | 753.55 | 701.42 | 1672.36 | 497.54 |
| | f | 0.36 | 0.4 | 0.62 | 0.07 | 0.68 | 1.08 | 0.45 |
| | n | 15.85 | 2.61 | 2.45 | 2.95 | 3.17 | 1.33 | 4.47 |
| S=45 | H | 140.25 | 857.76 | 941.97 | 720.4 | 736 | 1776.87 | 507.14 |
| | f | 0.46 | 0.51 | 0.76 | 0.09 | 0.82 | 1.28 | 0.56 |
| | n | 15.85 | 2.59 | 2.36 | 3.09 | 3.02 | 1.25 | 4.38 |
| S=50 | H | 140.25 | 862.87 | 973.74 | 683.73 | 768.19 | 1876.26 | 515.99 |
| | f | 0.57 | 0.62 | 0.91 | 0.12 | 0.98 | 1.5 | 0.68 |
| | n | 15.85 | 2.58 | 2.28 | 3.25 | 2.89 | 1.18 | 4.31 |
| S=55 | H | 140.25 | 867.8 | 1003.7 | 643.77 | 798.2 | 1971 | 524.1 |
| | f | 0.69 | 0.75 | 1.07 | 0.15 | 1.14 | 1.73 | 0.81 |
| | n | 15.85 | 2.56 | 2.21 | 3.45 | 2.79 | 1.13 | 4.24 |
| S=60 | H | 140.25 | 872.49 | 1031.93 | 600.87 | 826.18 | 2061.49 | 531.51 |
| | f | 0.82 | 0.88 | 1.24 | 0.19 | 1.31 | 1.96 | 0.95 |
| | n | 15.85 | 2.55 | 2.15 | 3.7 | 2.69 | 1.08 | 4.18 |
| S=65 | H | 140.25 | 876.93 | 1058.51 | 555.55 | 852.31 | 2148.07 | 538.26 |
| | f | 0.96 | 1.03 | 1.41 | 0.24 | 1.49 | 2.21 | 1.11 |
| | n | 15.85 | 2.53 | 2.1 | 4 | 2.61 | 1.03 | 4.13 |
| S=70 | H | 140.25 | 881.09 | 1083.51 | 508.61 | 876.73 | 2231.04 | 544.39 |
| | f | 1.11 | 1.19 | 1.6 | 0.31 | 1.68 | 2.47 | 1.27 |
| | n | 15.85 | 2.52 | 2.05 | 4.37 | 2.54 | 1 | 4.08 |
| S=75 | H | 140.25 | 884.98 | 1107.04 | 461.2 | 899.57 | 2310.63 | 549.97 |
| | f | 1.28 | 1.36 | 1.8 | 0.39 | 1.87 | 2.74 | 1.44 |
| | n | 15.85 | 2.51 | 2.01 | 4.82 | 2.47 | 0.96 | 4.04 |
| S=80 | H | 140.25 | 888.61 | 1129.17 | 414.9 | 920.95 | 2387.06 | 555.05 |
| | f | 1.45 | 1.54 | 2.01 | 0.49 | 2.08 | 3.02 | 1.62 |
| | n | 15.85 | 2.5 | 1.97 | 5.36 | 2.41 | 0.93 | 4.01 |
| S=85 | H | 140.25 | 891.98 | 1150 | 371.61 | 940.97 | 2460.54 | 559.66 |
| | f | 1.64 | 1.73 | 2.23 | 0.62 | 2.3 | 3.3 | 1.82 |
| | n | 15.85 | 2.49 | 1.93 | 5.98 | 2.36 | 0.9 | 3.97 |
| S=90 | H | 140.25 | 895.11 | 1169.6 | 333.14 | 959.73 | 2531.23 | 563.87 |
| | f | 1.84 | 1.94 | 2.45 | 0.78 | 2.53 | 3.6 | 2.02 |
| | n | 15.85 | 2.48 | 1.9 | 6.67 | 2.32 | 0.88 | 3.94 |
| S=95 | H | 140.25 | 898 | 1188.05 | 300.61 | 977.33 | 2599.29 | 567.69 |
| | f | 2.05 | 2.15 | 2.69 | 0.96 | 2.77 | 3.91 | 2.24 |
| | n | 15.85 | 2.48 | 1.87 | 7.4 | 2.27 | 0.86 | 3.92 |
| S=100 | H | 140.25 | 900.68 | 1205.42 | 274.14 | 993.85 | 2664.85 | 571.18 |
| | f | 2.27 | 2.38 | 2.94 | 1.16 | 3.02 | 4.22 | 2.47 |
| | n | 15.85 | 2.47 | 1.84 | 8.11 | 2.24 | 0.83 | 3.89 |
| S=105 | H | 140.25 | 903.17 | 1221.78 | 253.08 | 1009.35 | 2728.05 | 574.37 |
| | f | 2.51 | 2.61 | 3.2 | 1.39 | 3.28 | 4.55 | 2.7 |
| | n | 15.85 | 2.46 | 1.82 | 8.78 | 2.2 | 0.81 | 3.87 |
| S=110 | H | 140.25 | 905.46 | 1237.2 | 236.43 | 1023.92 | 2789 | 577.29 |
| | f | 2.75 | 2.86 | 3.47 | 1.63 | 3.54 | 4.88 | 2.95 |
| | n | 15.85 | 2.46 | 1.8 | 9.4 | 2.17 | 0.8 | 3.85 |
| S=115 | H | 140.25 | 907.59 | 1251.73 | 223.2 | 1037.62 | 2847.8 | 579.95 |
| | f | 3.01 | 3.12 | 3.74 | 1.89 | 3.82 | 5.22 | 3.21 |
| | n | 15.85 | 2.45 | 1.78 | 9.96 | 2.14 | 0.78 | 3.83 |
| S=120 | H | 140.25 | 909.56 | 1265.43 | 212.59 | 1050.51 | 2904.56 | 582.4 |
| | f | 3.27 | 3.39 | 4.03 | 2.16 | 4.11 | 5.58 | 3.48 |
| | n | 15.85 | 2.44 | 1.76 | 10.46 | 2.12 | 0.77 | 3.82 |

a = 600 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 153 | 877.31 | 926.84 | 786.91 | 716.18 | 1686.66 | 516.54 |
| | f | 0.33 | 0.39 | 0.61 | 0.06 | 0.67 | 1.07 | 0.44 |
| | n | 14.53 | 2.53 | 2.4 | 2.82 | 3.1 | 1.32 | 4.3 |
| S=45 | H | 153 | 884.93 | 962.26 | 759.08 | 752.34 | 1793.03 | 527.57 |
| | f | 0.42 | 0.49 | 0.75 | 0.09 | 0.81 | 1.27 | 0.54 |
| | n | 14.53 | 2.51 | 2.31 | 2.93 | 2.95 | 1.24 | 4.21 |
| S=50 | H | 153 | 892.46 | 996 | 728.25 | 786.25 | 1894.47 | 537.89 |
| | f | 0.52 | 0.6 | 0.89 | 0.11 | 0.95 | 1.48 | 0.65 |
| | n | 14.53 | 2.49 | 2.23 | 3.05 | 2.83 | 1.17 | 4.13 |
| S=55 | H | 153 | 899.78 | 1028.06 | 694.54 | 818.06 | 1991.43 | 547.48 |
| | f | 0.63 | 0.72 | 1.04 | 0.14 | 1.11 | 1.71 | 0.78 |
| | n | 14.53 | 2.47 | 2.16 | 3.2 | 2.72 | 1.12 | 4.06 |
| S=60 | H | 153 | 906.84 | 1058.47 | 658.16 | 847.95 | 2084.32 | 556.35 |
| | f | 0.75 | 0.85 | 1.21 | 0.17 | 1.27 | 1.94 | 0.91 |
| | n | 14.53 | 2.45 | 2.1 | 3.38 | 2.62 | 1.07 | 4 |
| S=65 | H | 153 | 913.59 | 1087.31 | 619.4 | 876.05 | 2173.46 | 564.55 |
| | f | 0.88 | 0.99 | 1.38 | 0.22 | 1.45 | 2.19 | 1.05 |
| | n | 14.53 | 2.43 | 2.04 | 3.59 | 2.54 | 1.02 | 3.94 |
| S=70 | H | 153 | 920.01 | 1114.64 | 578.67 | 902.49 | 2259.12 | 572.1 |
| | f | 1.02 | 1.14 | 1.56 | 0.27 | 1.63 | 2.44 | 1.21 |
| | n | 14.53 | 2.42 | 1.99 | 3.84 | 2.46 | 0.98 | 3.89 |
| S=75 | H | 153 | 926.08 | 1140.54 | 536.57 | 927.39 | 2341.54 | 579.04 |
| | f | 1.17 | 1.3 | 1.75 | 0.33 | 1.82 | 2.7 | 1.37 |
| | n | 14.53 | 2.4 | 1.95 | 4.14 | 2.4 | 0.95 | 3.84 |
| S=80 | H | 153 | 931.81 | 1165.07 | 493.91 | 950.86 | 2420.94 | 585.44 |
| | f | 1.33 | 1.47 | 1.95 | 0.41 | 2.02 | 2.97 | 1.54 |
| | n | 14.53 | 2.39 | 1.91 | 4.5 | 2.34 | 0.92 | 3.8 |
| S=85 | H | 153 | 937.19 | 1188.31 | 451.78 | 972.99 | 2497.5 | 591.32 |
| | f | 1.51 | 1.65 | 2.15 | 0.51 | 2.23 | 3.25 | 1.72 |
| | n | 14.53 | 2.37 | 1.87 | 4.92 | 2.28 | 0.89 | 3.76 |
| S=90 | H | 153 | 942.23 | 1210.34 | 411.5 | 993.87 | 2571.39 | 596.73 |
| | f | 1.69 | 1.84 | 2.37 | 0.63 | 2.44 | 3.54 | 1.91 |
| | n | 14.53 | 2.36 | 1.84 | 5.4 | 2.24 | 0.86 | 3.73 |
| S=95 | H | 153 | 946.96 | 1231.22 | 374.4 | 1013.58 | 2642.74 | 601.71 |
| | f | 1.88 | 2.04 | 2.6 | 0.77 | 2.67 | 3.84 | 2.11 |
| | n | 14.53 | 2.35 | 1.81 | 5.94 | 2.19 | 0.84 | 3.69 |
| S=100 | H | 153 | 951.39 | 1251.01 | 341.57 | 1032.21 | 2711.7 | 606.29 |
| | f | 2.08 | 2.25 | 2.83 | 0.93 | 2.9 | 4.15 | 2.32 |
| | n | 14.53 | 2.34 | 1.78 | 6.51 | 2.15 | 0.82 | 3.67 |
| S=105 | H | 153 | 955.52 | 1269.77 | 313.55 | 1049.81 | 2778.38 | 610.52 |
| | f | 2.3 | 2.47 | 3.08 | 1.12 | 3.15 | 4.46 | 2.54 |
| | n | 14.53 | 2.33 | 1.75 | 7.09 | 2.12 | 0.8 | 3.64 |
| S=110 | H | 153 | 959.39 | 1287.57 | 290.24 | 1066.45 | 2842.89 | 614.42 |
| | f | 2.52 | 2.7 | 3.33 | 1.33 | 3.4 | 4.79 | 2.77 |
| | n | 14.53 | 2.32 | 1.73 | 7.66 | 2.08 | 0.78 | 3.62 |
| S=115 | H | 153 | 963 | 1304.46 | 271.15 | 1082.19 | 2905.34 | 618.01 |
| | f | 2.76 | 2.94 | 3.59 | 1.55 | 3.66 | 5.12 | 3.02 |
| | n | 14.53 | 2.31 | 1.7 | 8.2 | 2.05 | 0.77 | 3.6 |
| S=120 | H | 153 | 966.38 | 1320.48 | 255.59 | 1097.1 | 2965.81 | 621.34 |
| | f | 3 | 3.19 | 3.86 | 1.8 | 3.94 | 5.46 | 3.27 |
| | n | 14.53 | 2.3 | 1.68 | 8.7 | 2.03 | 0.75 | 3.58 |

a = 650 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 165.75 | 899.12 | 943.16 | 815.7 | 729.33 | 1699.15 | 533.67 |
| | f | 0.31 | 0.38 | 0.6 | 0.06 | 0.66 | 1.06 | 0.42 |
| | n | 13.41 | 2.47 | 2.36 | 2.73 | 3.05 | 1.31 | 4.17 |
| S=45 | H | 165.75 | 908.64 | 980.01 | 792.04 | 766.74 | 1806.97 | 545.86 |
| | f | 0.39 | 0.48 | 0.73 | 0.08 | 0.79 | 1.26 | 0.52 |
| | n | 13.41 | 2.45 | 2.27 | 2.81 | 2.9 | 1.23 | 4.07 |
| S=50 | H | 165.75 | 918.12 | 1015.31 | 765.79 | 802.01 | 1910.01 | 557.4 |
| | f | 0.48 | 0.58 | 0.87 | 0.1 | 0.93 | 1.47 | 0.63 |
| | n | 13.41 | 2.42 | 2.19 | 2.9 | 2.77 | 1.16 | 3.99 |
| S=55 | H | 165.75 | 927.42 | 1049.05 | 737.03 | 835.3 | 2008.74 | 568.25 |
| | f | 0.58 | 0.7 | 1.02 | 0.13 | 1.09 | 1.69 | 0.75 |
| | n | 13.41 | 2.4 | 2.12 | 3.02 | 2.66 | 1.11 | 3.91 |
| S=60 | H | 165.75 | 936.47 | 1081.24 | 705.9 | 866.74 | 2103.52 | 578.4 |
| | f | 0.69 | 0.82 | 1.18 | 0.16 | 1.25 | 1.93 | 0.88 |
| | n | 13.41 | 2.37 | 2.06 | 3.15 | 2.56 | 1.06 | 3.84 |
| S=65 | H | 165.75 | 945.21 | 1111.94 | 672.57 | 896.47 | 2194.69 | 587.87 |
| | f | 0.81 | 0.96 | 1.35 | 0.2 | 1.41 | 2.17 | 1.01 |
| | n | 13.41 | 2.35 | 2 | 3.31 | 2.48 | 1.01 | 3.78 |
| S=70 | H | 165.75 | 953.59 | 1141.19 | 637.29 | 924.61 | 2282.5 | 596.7 |
| | f | 0.94 | 1.1 | 1.52 | 0.25 | 1.59 | 2.42 | 1.16 |
| | n | 13.41 | 2.33 | 1.95 | 3.49 | 2.4 | 0.97 | 3.73 |
| S=75 | H | 165.75 | 961.59 | 1169.07 | 600.38 | 951.25 | 2367.2 | 604.9 |
| | f | 1.08 | 1.25 | 1.71 | 0.3 | 1.77 | 2.67 | 1.31 |
| | n | 13.41 | 2.31 | 1.9 | 3.7 | 2.34 | 0.94 | 3.67 |
| S=80 | H | 165.75 | 969.21 | 1195.64 | 562.3 | 976.5 | 2448.99 | 612.53 |
| | f | 1.23 | 1.41 | 1.9 | 0.36 | 1.97 | 2.94 | 1.47 |
| | n | 13.41 | 2.29 | 1.86 | 3.95 | 2.28 | 0.91 | 3.63 |
| S=85 | H | 165.75 | 976.44 | 1220.94 | 523.66 | 1000.44 | 2528.04 | 619.61 |
| | f | 1.39 | 1.58 | 2.1 | 0.44 | 2.17 | 3.22 | 1.64 |
| | n | 13.41 | 2.28 | 1.82 | 4.25 | 2.22 | 0.88 | 3.59 |
| S=90 | H | 165.75 | 983.29 | 1245.06 | 485.23 | 1023.16 | 2604.51 | 626.19 |
| | f | 1.56 | 1.76 | 2.31 | 0.53 | 2.37 | 3.5 | 1.82 |
| | n | 13.41 | 2.26 | 1.79 | 4.58 | 2.17 | 0.85 | 3.55 |
| S=95 | H | 165.75 | 989.76 | 1268.05 | 447.93 | 1044.72 | 2678.55 | 632.3 |
| | f | 1.74 | 1.95 | 2.52 | 0.64 | 2.59 | 3.79 | 2.01 |
| | n | 13.41 | 2.25 | 1.75 | 4.96 | 2.13 | 0.83 | 3.52 |
| S=100 | H | 165.75 | 995.88 | 1289.96 | 412.76 | 1065.2 | 2750.28 | 637.97 |
| | f | 1.92 | 2.15 | 2.75 | 0.77 | 2.81 | 4.09 | 2.21 |
| | n | 13.41 | 2.23 | 1.72 | 5.39 | 2.09 | 0.81 | 3.48 |
| S=105 | H | 165.75 | 1001.64 | 1310.85 | 380.62 | 1084.66 | 2819.82 | 643.24 |
| | f | 2.12 | 2.36 | 2.98 | 0.92 | 3.05 | 4.4 | 2.42 |
| | n | 13.41 | 2.22 | 1.7 | 5.84 | 2.05 | 0.79 | 3.46 |
| S=110 | H | 165.75 | 1007.07 | 1330.77 | 352.12 | 1103.17 | 2887.27 | 648.14 |
| | f | 2.33 | 2.57 | 3.22 | 1.1 | 3.29 | 4.71 | 2.63 |
| | n | 13.41 | 2.21 | 1.67 | 6.31 | 2.02 | 0.77 | 3.43 |
| S=115 | H | 165.75 | 1012.19 | 1349.77 | 327.5 | 1120.76 | 2952.72 | 652.7 |
| | f | 2.54 | 2.8 | 3.47 | 1.29 | 3.54 | 5.04 | 2.85 |
| | n | 13.41 | 2.2 | 1.65 | 6.79 | 1.98 | 0.75 | 3.41 |
| S=120 | H | 165.75 | 1017.01 | 1367.9 | 306.64 | 1137.5 | 3016.26 | 656.94 |
| | f | 2.77 | 3.03 | 3.73 | 1.5 | 3.8 | 5.37 | 3.09 |
| | n | 13.41 | 2.19 | 1.63 | 7.25 | 1.95 | 0.74 | 3.38 |

a = 700 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 178.5 | 918.74 | 957.9 | 841.17 | 741.29 | 1710.33 | 549.38 |
| | f | 0.29 | 0.37 | 0.59 | 0.06 | 0.65 | 1.05 | 0.41 |
| | n | 12.45 | 2.42 | 2.32 | 2.64 | 3 | 1.3 | 4.05 |
| S=45 | H | 178.5 | 929.77 | 995.87 | 820.83 | 779.68 | 1819.28 | 562.51 |
| | f | 0.36 | 0.47 | 0.72 | 0.08 | 0.78 | 1.25 | 0.51 |
| | n | 12.45 | 2.39 | 2.23 | 2.71 | 2.85 | 1.22 | 3.95 |
| S=50 | H | 178.5 | 940.81 | 1032.41 | 798.24 | 816.05 | 1923.6 | 575.05 |
| | f | 0.45 | 0.57 | 0.86 | 0.1 | 0.92 | 1.46 | 0.61 |
| | n | 12.45 | 2.36 | 2.15 | 2.78 | 2.72 | 1.16 | 3.87 |
| S=55 | H | 178.5 | 951.74 | 1067.5 | 773.45 | 850.54 | 2023.72 | 586.95 |
| | f | 0.54 | 0.68 | 1 | 0.12 | 1.07 | 1.68 | 0.73 |
| | n | 12.45 | 2.34 | 2.08 | 2.87 | 2.61 | 1.1 | 3.79 |
| S=60 | H | 178.5 | 962.45 | 1101.14 | 746.57 | 883.27 | 2120.03 | 598.2 |
| | f | 0.64 | 0.8 | 1.16 | 0.15 | 1.22 | 1.91 | 0.85 |
| | n | 12.45 | 2.31 | 2.02 | 2.98 | 2.52 | 1.05 | 3.72 |
| S=65 | H | 178.5 | 972.86 | 1133.36 | 717.7 | 914.35 | 2212.83 | 608.79 |
| | f | 0.75 | 0.93 | 1.32 | 0.19 | 1.39 | 2.15 | 0.98 |
| | n | 12.45 | 2.29 | 1.96 | 3.1 | 2.43 | 1 | 3.65 |
| S=70 | H | 178.5 | 982.93 | 1164.22 | 687 | 943.9 | 2302.39 | 618.74 |
| | f | 0.88 | 1.07 | 1.49 | 0.23 | 1.56 | 2.39 | 1.12 |
| | n | 12.45 | 2.26 | 1.91 | 3.24 | 2.36 | 0.97 | 3.59 |
| S=75 | H | 178.5 | 992.62 | 1193.75 | 654.68 | 972.01 | 2388.93 | 628.07 |
| | f | 1 | 1.21 | 1.67 | 0.27 | 1.74 | 2.65 | 1.26 |
| | n | 12.45 | 2.24 | 1.86 | 3.4 | 2.29 | 0.93 | 3.54 |
| S=80 | H | 178.5 | 1001.91 | 1222.03 | 621 | 998.77 | 2472.66 | 636.82 |
| | f | 1.14 | 1.37 | 1.86 | 0.33 | 1.92 | 2.91 | 1.42 |
| | n | 12.45 | 2.22 | 1.82 | 3.58 | 2.23 | 0.9 | 3.49 |
| S=85 | H | 178.5 | 1010.8 | 1249.09 | 586.32 | 1024.27 | 2553.74 | 645.01 |
| | f | 1.29 | 1.53 | 2.05 | 0.39 | 2.12 | 3.18 | 1.58 |
| | n | 12.45 | 2.2 | 1.78 | 3.79 | 2.17 | 0.87 | 3.45 |
| S=90 | H | 178.5 | 1019.28 | 1275 | 551.09 | 1048.56 | 2632.34 | 652.68 |
| | f | 1.45 | 1.7 | 2.25 | 0.47 | 2.32 | 3.46 | 1.75 |
| | n | 12.45 | 2.18 | 1.74 | 4.03 | 2.12 | 0.84 | 3.41 |
| S=95 | H | 178.5 | 1027.36 | 1299.81 | 515.89 | 1071.74 | 2708.58 | 659.86 |
| | f | 1.61 | 1.88 | 2.46 | 0.56 | 2.52 | 3.75 | 1.93 |
| | n | 12.45 | 2.16 | 1.71 | 4.31 | 2.07 | 0.82 | 3.37 |
| S=100 | H | 178.5 | 1035.05 | 1323.56 | 481.39 | 1093.84 | 2782.6 | 666.58 |
| | f | 1.79 | 2.07 | 2.68 | 0.66 | 2.74 | 4.04 | 2.11 |
| | n | 12.45 | 2.15 | 1.68 | 4.62 | 2.03 | 0.8 | 3.33 |
| S=105 | H | 178.5 | 1042.35 | 1346.31 | 448.33 | 1114.94 | 2854.5 | 672.86 |
| | f | 1.97 | 2.26 | 2.9 | 0.78 | 2.96 | 4.35 | 2.31 |
| | n | 12.45 | 2.13 | 1.65 | 4.96 | 1.99 | 0.78 | 3.3 |
| S=110 | H | 178.5 | 1049.28 | 1368.1 | 417.41 | 1135.09 | 2924.37 | 678.75 |
| | f | 2.16 | 2.47 | 3.13 | 0.92 | 3.2 | 4.65 | 2.51 |
| | n | 12.45 | 2.12 | 1.62 | 5.33 | 1.96 | 0.76 | 3.28 |
| S=115 | H | 178.5 | 1055.85 | 1388.97 | 389.22 | 1154.34 | 2992.32 | 684.26 |
| | f | 2.36 | 2.68 | 3.37 | 1.08 | 3.44 | 4.97 | 2.72 |
| | n | 12.45 | 2.11 | 1.6 | 5.71 | 1.93 | 0.74 | 3.25 |
| S=120 | H | 178.5 | 1062.08 | 1408.98 | 364.1 | 1172.74 | 3058.43 | 689.42 |
| | f | 2.57 | 2.9 | 3.62 | 1.26 | 3.68 | 5.3 | 2.94 |
| | n | 12.45 | 2.09 | 1.58 | 6.11 | 1.9 | 0.73 | 3.22 |

a = 750 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 191.25 | 936.7 | 971.46 | 864.19 | 752.34 | 1720.53 | 564.01 |
| | f | 0.27 | 0.37 | 0.58 | 0.06 | 0.64 | 1.05 | 0.4 |
| | n | 11.62 | 2.37 | 2.29 | 2.57 | 2.95 | 1.29 | 3.94 |
| S=45 | H | 191.25 | 948.92 | 1010.29 | 846.52 | 791.53 | 1830.38 | 577.88 |
| | f | 0.34 | 0.46 | 0.71 | 0.08 | 0.77 | 1.24 | 0.49 |
| | n | 11.62 | 2.34 | 2.2 | 2.63 | 2.81 | 1.21 | 3.85 |
| S=50 | H | 191.25 | 961.24 | 1047.82 | 826.89 | 828.78 | 1935.72 | 591.24 |
| | f | 0.42 | 0.56 | 0.85 | 0.1 | 0.9 | 1.45 | 0.6 |
| | n | 11.62 | 2.31 | 2.12 | 2.69 | 2.68 | 1.15 | 3.76 |
| S=55 | H | 191.25 | 973.5 | 1084 | 805.33 | 864.25 | 2036.97 | 604.02 |
| | f | 0.5 | 0.67 | 0.99 | 0.12 | 1.05 | 1.67 | 0.71 |
| | n | 11.62 | 2.28 | 2.05 | 2.76 | 2.57 | 1.09 | 3.68 |
| S=60 | H | 191.25 | 985.58 | 1118.82 | 781.92 | 898.03 | 2134.51 | 616.19 |
| | f | 0.6 | 0.78 | 1.14 | 0.15 | 1.2 | 1.9 | 0.82 |
| | n | 11.62 | 2.26 | 1.99 | 2.84 | 2.48 | 1.04 | 3.61 |
| S=65 | H | 191.25 | 997.4 | 1152.3 | 756.72 | 930.24 | 2228.64 | 627.74 |
| | f | 0.7 | 0.91 | 1.3 | 0.18 | 1.36 | 2.13 | 0.95 |
| | n | 11.62 | 2.23 | 1.93 | 2.94 | 2.39 | 1 | 3.54 |
| S=70 | H | 191.25 | 1008.9 | 1184.49 | 729.86 | 960.98 | 2319.62 | 638.68 |
| | f | 0.82 | 1.04 | 1.47 | 0.21 | 1.53 | 2.38 | 1.08 |
| | n | 11.62 | 2.2 | 1.88 | 3.05 | 2.31 | 0.96 | 3.48 |
| S=75 | H | 191.25 | 1020.05 | 1215.42 | 701.45 | 990.33 | 2407.67 | 649.01 |
| | f | 0.94 | 1.18 | 1.64 | 0.26 | 1.7 | 2.63 | 1.22 |
| | n | 11.62 | 2.18 | 1.83 | 3.17 | 2.24 | 0.92 | 3.43 |
| S=80 | H | 191.25 | 1030.8 | 1245.14 | 671.67 | 1018.38 | 2493 | 658.76 |
| | f | 1.07 | 1.33 | 1.82 | 0.3 | 1.88 | 2.89 | 1.37 |
| | n | 11.62 | 2.16 | 1.79 | 3.31 | 2.18 | 0.89 | 3.37 |
| S=85 | H | 191.25 | 1041.15 | 1273.69 | 640.75 | 1045.2 | 2575.76 | 667.96 |
| | f | 1.2 | 1.49 | 2.01 | 0.36 | 2.07 | 3.16 | 1.52 |
| | n | 11.62 | 2.14 | 1.75 | 3.47 | 2.13 | 0.86 | 3.33 |
| S=90 | H | 191.25 | 1051.09 | 1301.13 | 608.97 | 1070.86 | 2656.11 | 676.63 |
| | f | 1.35 | 1.65 | 2.21 | 0.42 | 2.27 | 3.43 | 1.69 |
| | n | 11.62 | 2.11 | 1.71 | 3.65 | 2.08 | 0.84 | 3.29 |
| S=95 | H | 191.25 | 1060.62 | 1327.5 | 576.67 | 1095.42 | 2734.18 | 684.8 |
| | f | 1.5 | 1.82 | 2.41 | 0.5 | 2.47 | 3.71 | 1.86 |
| | n | 11.62 | 2.1 | 1.67 | 3.85 | 2.03 | 0.81 | 3.25 |
| S=100 | H | 191.25 | 1069.73 | 1352.84 | 544.3 | 1118.94 | 2810.09 | 692.49 |
| | f | 1.67 | 2 | 2.62 | 0.59 | 2.68 | 4 | 2.03 |
| | n | 11.62 | 2.08 | 1.64 | 4.08 | 1.99 | 0.79 | 3.21 |
| S=105 | H | 191.25 | 1078.45 | 1377.21 | 512.36 | 1141.48 | 2883.95 | 699.74 |
| | f | 1.84 | 2.19 | 2.84 | 0.69 | 2.9 | 4.3 | 2.22 |
| | n | 11.62 | 2.06 | 1.61 | 4.34 | 1.95 | 0.77 | 3.18 |
| S=110 | H | 191.25 | 1086.77 | 1400.64 | 481.39 | 1163.08 | 2955.86 | 706.56 |
| | f | 2.02 | 2.38 | 3.06 | 0.8 | 3.12 | 4.61 | 2.41 |
| | n | 11.62 | 2.05 | 1.59 | 4.62 | 1.91 | 0.75 | 3.15 |
| S=115 | H | 191.25 | 1094.71 | 1423.17 | 451.95 | 1183.8 | 3025.9 | 712.99 |
| | f | 2.2 | 2.59 | 3.29 | 0.93 | 3.35 | 4.92 | 2.61 |
| | n | 11.62 | 2.03 | 1.56 | 4.92 | 1.88 | 0.73 | 3.12 |
| S=120 | H | 191.25 | 1102.29 | 1444.84 | 424.53 | 1203.66 | 3094.15 | 719.05 |
| | f | 2.4 | 2.8 | 3.53 | 1.08 | 3.59 | 5.24 | 2.82 |
| | n | 11.62 | 2.02 | 1.54 | 5.24 | 1.85 | 0.72 | 3.09 |

a = 800 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 204 | 953.39 | 984.11 | 885.33 | 762.73 | 1729.98 | 577.82 |
| | f | 0.25 | 0.36 | 0.58 | 0.06 | 0.63 | 1.04 | 0.39 |
| | n | 10.9 | 2.33 | 2.26 | 2.51 | 2.91 | 1.28 | 3.85 |
| S=45 | H | 204 | 966.57 | 1023.62 | 869.86 | 802.53 | 1840.55 | 592.27 |
| | f | 0.32 | 0.45 | 0.7 | 0.07 | 0.76 | 1.24 | 0.48 |
| | n | 10.9 | 2.3 | 2.17 | 2.56 | 2.77 | 1.21 | 3.75 |
| S=50 | H | 204 | 979.91 | 1061.94 | 852.66 | 840.5 | 1946.71 | 606.29 |
| | f | 0.39 | 0.55 | 0.83 | 0.09 | 0.89 | 1.44 | 0.58 |
| | n | 10.9 | 2.27 | 2.09 | 2.61 | 2.64 | 1.14 | 3.67 |
| S=55 | H | 204 | 993.26 | 1098.99 | 833.75 | 876.76 | 2048.89 | 619.8 |
| | f | 0.47 | 0.65 | 0.98 | 0.12 | 1.03 | 1.66 | 0.69 |
| | n | 10.9 | 2.24 | 2.02 | 2.67 | 2.54 | 1.08 | 3.59 |
| S=60 | H | 204 | 1006.48 | 1134.78 | 813.2 | 911.42 | 2147.43 | 632.74 |
| | f | 0.56 | 0.77 | 1.12 | 0.14 | 1.18 | 1.89 | 0.8 |
| | n | 10.9 | 2.21 | 1.96 | 2.73 | 2.44 | 1.04 | 3.51 |
| S=65 | H | 204 | 1019.48 | 1169.31 | 791.06 | 944.57 | 2242.66 | 645.11 |
| | f | 0.66 | 0.89 | 1.28 | 0.17 | 1.34 | 2.12 | 0.92 |
| | n | 10.9 | 2.18 | 1.9 | 2.81 | 2.35 | 0.99 | 3.45 |
| S=70 | H | 204 | 1032.2 | 1202.6 | 767.39 | 976.3 | 2334.81 | 656.89 |
| | f | 0.77 | 1.02 | 1.44 | 0.2 | 1.5 | 2.36 | 1.05 |
| | n | 10.9 | 2.15 | 1.85 | 2.9 | 2.28 | 0.95 | 3.38 |
| S=75 | H | 204 | 1044.58 | 1234.7 | 742.3 | 1006.7 | 2424.11 | 668.1 |
| | f | 0.88 | 1.15 | 1.61 | 0.24 | 1.68 | 2.61 | 1.19 |
| | n | 10.9 | 2.13 | 1.8 | 2.99 | 2.21 | 0.92 | 3.33 |
| S=80 | H | 204 | 1056.6 | 1265.63 | 715.9 | 1035.85 | 2510.76 | 678.74 |
| | f | 1 | 1.3 | 1.79 | 0.28 | 1.85 | 2.87 | 1.33 |
| | n | 10.9 | 2.1 | 1.76 | 3.11 | 2.15 | 0.89 | 3.28 |
| S=85 | H | 204 | 1068.23 | 1295.45 | 688.34 | 1063.8 | 2594.91 | 688.84 |
| | f | 1.13 | 1.45 | 1.98 | 0.33 | 2.04 | 3.13 | 1.48 |
| | n | 10.9 | 2.08 | 1.72 | 3.23 | 2.09 | 0.86 | 3.23 |
| S=90 | H | 204 | 1079.45 | 1324.2 | 659.8 | 1090.64 | 2676.72 | 698.41 |
| | f | 1.27 | 1.61 | 2.17 | 0.39 | 2.23 | 3.4 | 1.63 |
| | n | 10.9 | 2.06 | 1.68 | 3.37 | 2.04 | 0.83 | 3.18 |
| S=95 | H | 204 | 1090.26 | 1351.91 | 630.52 | 1116.4 | 2756.32 | 707.48 |
| | f | 1.41 | 1.77 | 2.37 | 0.46 | 2.42 | 3.68 | 1.8 |
| | n | 10.9 | 2.04 | 1.64 | 3.53 | 1.99 | 0.81 | 3.14 |
| S=100 | H | 204 | 1100.66 | 1378.64 | 600.76 | 1141.16 | 2833.82 | 716.08 |
| | f | 1.56 | 1.95 | 2.57 | 0.53 | 2.63 | 3.97 | 1.97 |
| | n | 10.9 | 2.02 | 1.61 | 3.7 | 1.95 | 0.78 | 3.1 |
| S=105 | H | 204 | 1110.66 | 1404.41 | 570.87 | 1164.95 | 2909.33 | 724.22 |
| | f | 1.72 | 2.13 | 2.78 | 0.62 | 2.84 | 4.26 | 2.15 |
| | n | 10.9 | 2 | 1.58 | 3.89 | 1.91 | 0.76 | 3.07 |
| S=110 | H | 204 | 1120.26 | 1429.26 | 541.22 | 1187.83 | 2982.94 | 731.93 |
| | f | 1.89 | 2.31 | 3 | 0.71 | 3.05 | 4.56 | 2.33 |
| | n | 10.9 | 1.98 | 1.56 | 4.11 | 1.87 | 0.75 | 3.04 |
| S=115 | H | 204 | 1129.46 | 1453.24 | 512.25 | 1209.83 | 3054.74 | 739.23 |
| | f | 2.07 | 2.51 | 3.22 | 0.82 | 3.28 | 4.87 | 2.52 |
| | n | 10.9 | 1.97 | 1.53 | 4.34 | 1.84 | 0.73 | 3.01 |
| S=120 | H | 204 | 1138.28 | 1476.38 | 484.37 | 1231.01 | 3124.81 | 746.14 |
| | f | 2.25 | 2.71 | 3.46 | 0.95 | 3.51 | 5.18 | 2.72 |
| | n | 10.9 | 1.95 | 1.51 | 4.59 | 1.81 | 0.71 | 2.98 |

a = 850 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 216.75 | 969.1 | 996.08 | 905.03 | 772.59 | 1738.86 | 590.99 |
| | f | 0.24 | 0.35 | 0.57 | 0.06 | 0.62 | 1.04 | 0.38 |
| | n | 10.26 | 2.29 | 2.23 | 2.46 | 2.88 | 1.28 | 3.76 |
| S=45 | H | 216.75 | 983.05 | 1036.11 | 891.38 | 812.88 | 1850.01 | 605.9 |
| | f | 0.3 | 0.44 | 0.69 | 0.07 | 0.75 | 1.23 | 0.47 |
| | n | 10.26 | 2.26 | 2.15 | 2.49 | 2.73 | 1.2 | 3.67 |
| S=50 | H | 216.75 | 997.22 | 1075.04 | 876.19 | 851.43 | 1956.84 | 620.44 |
| | f | 0.37 | 0.54 | 0.82 | 0.09 | 0.88 | 1.44 | 0.57 |
| | n | 10.26 | 2.23 | 2.07 | 2.54 | 2.61 | 1.14 | 3.58 |
| S=55 | H | 216.75 | 1011.45 | 1112.81 | 859.5 | 888.35 | 2059.77 | 634.54 |
| | f | 0.44 | 0.64 | 0.96 | 0.11 | 1.02 | 1.65 | 0.67 |
| | n | 10.26 | 2.2 | 2 | 2.59 | 2.5 | 1.08 | 3.5 |
| S=60 | H | 216.75 | 1025.61 | 1149.39 | 841.33 | 923.73 | 2159.15 | 648.13 |
| | f | 0.53 | 0.75 | 1.11 | 0.14 | 1.17 | 1.88 | 0.78 |
| | n | 10.26 | 2.17 | 1.93 | 2.64 | 2.41 | 1.03 | 3.43 |
| S=65 | H | 216.75 | 1039.6 | 1184.78 | 821.73 | 957.66 | 2255.27 | 661.19 |
| | f | 0.62 | 0.87 | 1.26 | 0.16 | 1.32 | 2.11 | 0.9 |
| | n | 10.26 | 2.14 | 1.88 | 2.71 | 2.32 | 0.99 | 3.36 |
| S=70 | H | 216.75 | 1053.34 | 1218.99 | 800.76 | 990.24 | 2348.4 | 673.7 |
| | f | 0.72 | 1 | 1.42 | 0.2 | 1.48 | 2.35 | 1.02 |
| | n | 10.26 | 2.11 | 1.82 | 2.78 | 2.24 | 0.95 | 3.3 |
| S=75 | H | 216.75 | 1066.79 | 1252.07 | 778.48 | 1021.53 | 2438.75 | 685.66 |
| | f | 0.83 | 1.13 | 1.59 | 0.23 | 1.65 | 2.59 | 1.16 |
| | n | 10.26 | 2.08 | 1.78 | 2.86 | 2.18 | 0.91 | 3.24 |
| S=80 | H | 216.75 | 1079.89 | 1284.04 | 754.98 | 1051.61 | 2526.5 | 697.08 |
| | f | 0.94 | 1.27 | 1.77 | 0.27 | 1.82 | 2.85 | 1.29 |
| | n | 10.26 | 2.06 | 1.73 | 2.94 | 2.11 | 0.88 | 3.19 |
| S=85 | H | 216.75 | 1092.62 | 1314.94 | 730.36 | 1080.54 | 2611.82 | 707.98 |
| | f | 1.06 | 1.42 | 1.95 | 0.32 | 2 | 3.11 | 1.44 |
| | n | 10.26 | 2.03 | 1.69 | 3.04 | 2.06 | 0.85 | 3.14 |
| S=90 | H | 216.75 | 1104.97 | 1344.8 | 704.74 | 1108.38 | 2694.86 | 718.36 |
| | f | 1.19 | 1.57 | 2.13 | 0.37 | 2.19 | 3.38 | 1.59 |
| | n | 10.26 | 2.01 | 1.65 | 3.15 | 2.01 | 0.82 | 3.09 |
| S=95 | H | 216.75 | 1116.92 | 1373.68 | 678.28 | 1135.18 | 2775.74 | 728.24 |
| | f | 1.33 | 1.73 | 2.33 | 0.42 | 2.38 | 3.66 | 1.75 |
| | n | 10.26 | 1.99 | 1.62 | 3.28 | 1.96 | 0.8 | 3.05 |
| S=100 | H | 216.75 | 1128.46 | 1401.59 | 651.17 | 1161.01 | 2854.58 | 737.66 |
| | f | 1.47 | 1.9 | 2.53 | 0.49 | 2.58 | 3.94 | 1.91 |
| | n | 10.26 | 1.97 | 1.59 | 3.41 | 1.91 | 0.78 | 3.01 |
| S=105 | H | 216.75 | 1139.6 | 1428.58 | 623.63 | 1185.9 | 2931.48 | 746.62 |
| | f | 1.62 | 2.07 | 2.73 | 0.56 | 2.79 | 4.23 | 2.08 |
| | n | 10.26 | 1.95 | 1.56 | 3.56 | 1.87 | 0.76 | 2.98 |
| S=110 | H | 216.75 | 1150.35 | 1454.68 | 595.91 | 1209.9 | 3006.54 | 755.14 |
| | f | 1.78 | 2.25 | 2.95 | 0.65 | 3 | 4.53 | 2.26 |
| | n | 10.26 | 1.93 | 1.53 | 3.73 | 1.84 | 0.74 | 2.94 |
| S=115 | H | 216.75 | 1160.7 | 1479.93 | 568.33 | 1233.04 | 3079.83 | 763.25 |
| | f | 1.94 | 2.44 | 3.17 | 0.74 | 3.22 | 4.83 | 2.44 |
| | n | 10.26 | 1.92 | 1.5 | 3.91 | 1.8 | 0.72 | 2.91 |
| S=120 | H | 216.75 | 1170.66 | 1504.35 | 541.21 | 1255.37 | 3151.44 | 770.97 |
| | f | 2.12 | 2.63 | 3.39 | 0.85 | 3.44 | 5.14 | 2.63 |
| | n | 10.26 | 1.9 | 1.48 | 4.11 | 1.77 | 0.71 | 2.88 |

a = 900 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 229.5 | 984.05 | 1007.51 | 923.6 | 782.06 | 1747.3 | 603.67 |
| | f | 0.22 | 0.35 | 0.56 | 0.06 | 0.61 | 1.03 | 0.37 |
| | n | 9.69 | 2.26 | 2.21 | 2.41 | 2.84 | 1.27 | 3.68 |
| S=45 | H | 229.5 | 998.6 | 1047.93 | 911.47 | 822.73 | 1858.91 | 618.92 |
| | f | 0.28 | 0.43 | 0.68 | 0.07 | 0.74 | 1.23 | 0.46 |
| | n | 9.69 | 2.23 | 2.12 | 2.44 | 2.7 | 1.2 | 3.59 |
| S=50 | H | 229.5 | 1013.44 | 1087.35 | 897.97 | 861.74 | 1966.28 | 633.88 |
| | f | 0.35 | 0.53 | 0.81 | 0.09 | 0.87 | 1.43 | 0.56 |
| | n | 9.69 | 2.19 | 2.04 | 2.48 | 2.58 | 1.13 | 3.51 |
| S=55 | H | 229.5 | 1028.39 | 1125.7 | 883.13 | 899.19 | 2069.83 | 648.46 |
| | f | 0.42 | 0.63 | 0.95 | 0.11 | 1.01 | 1.64 | 0.66 |
| | n | 9.69 | 2.16 | 1.97 | 2.52 | 2.47 | 1.07 | 3.43 |
| S=60 | H | 229.5 | 1043.33 | 1162.92 | 866.97 | 935.18 | 2169.9 | 662.58 |
| | f | 0.5 | 0.74 | 1.1 | 0.13 | 1.15 | 1.87 | 0.77 |
| | n | 9.69 | 2.13 | 1.91 | 2.56 | 2.38 | 1.02 | 3.36 |
| S=65 | H | 229.5 | 1058.14 | 1199.02 | 849.52 | 969.77 | 2266.78 | 676.22 |
| | f | 0.59 | 0.85 | 1.25 | 0.16 | 1.31 | 2.1 | 0.88 |
| | n | 9.69 | 2.1 | 1.85 | 2.62 | 2.29 | 0.98 | 3.29 |
| S=70 | H | 229.5 | 1072.75 | 1234.01 | 830.83 | 1003.05 | 2360.73 | 689.35 |
| | f | 0.68 | 0.98 | 1.41 | 0.19 | 1.46 | 2.34 | 1 |
| | n | 9.69 | 2.07 | 1.8 | 2.68 | 2.22 | 0.94 | 3.22 |
| S=75 | H | 229.5 | 1087.1 | 1267.92 | 810.95 | 1035.1 | 2451.95 | 701.96 |
| | f | 0.78 | 1.11 | 1.57 | 0.22 | 1.63 | 2.58 | 1.13 |
| | n | 9.69 | 2.04 | 1.75 | 2.74 | 2.15 | 0.91 | 3.17 |
| S=80 | H | 229.5 | 1101.13 | 1300.76 | 789.93 | 1065.97 | 2540.63 | 714.06 |
| | f | 0.89 | 1.24 | 1.74 | 0.26 | 1.8 | 2.83 | 1.26 |
| | n | 9.69 | 2.02 | 1.71 | 2.81 | 2.09 | 0.87 | 3.11 |
| S=85 | H | 229.5 | 1114.82 | 1332.58 | 767.86 | 1095.74 | 2626.94 | 725.66 |
| | f | 1 | 1.39 | 1.92 | 0.3 | 1.98 | 3.09 | 1.4 |
| | n | 9.69 | 1.99 | 1.67 | 2.9 | 2.03 | 0.85 | 3.06 |
| S=90 | H | 229.5 | 1128.14 | 1363.41 | 744.82 | 1124.45 | 2711.02 | 736.75 |
| | f | 1.13 | 1.54 | 2.11 | 0.35 | 2.16 | 3.36 | 1.55 |
| | n | 9.69 | 1.97 | 1.63 | 2.98 | 1.98 | 0.82 | 3.02 |
| S=95 | H | 229.5 | 1141.09 | 1393.27 | 720.91 | 1152.17 | 2792.99 | 747.37 |
| | f | 1.25 | 1.69 | 2.3 | 0.4 | 2.35 | 3.64 | 1.7 |
| | n | 9.69 | 1.95 | 1.6 | 3.08 | 1.93 | 0.8 | 2.97 |
| S=100 | H | 229.5 | 1153.64 | 1422.21 | 696.28 | 1178.92 | 2872.97 | 757.52 |
| | f | 1.39 | 1.86 | 2.49 | 0.46 | 2.54 | 3.92 | 1.86 |
| | n | 9.69 | 1.93 | 1.56 | 3.19 | 1.89 | 0.77 | 2.93 |
| S=105 | H | 229.5 | 1165.8 | 1450.26 | 671.08 | 1204.77 | 2951.05 | 767.22 |
| | f | 1.53 | 2.02 | 2.69 | 0.52 | 2.74 | 4.2 | 2.02 |
| | n | 9.69 | 1.91 | 1.53 | 3.31 | 1.85 | 0.75 | 2.9 |
| S=110 | H | 229.5 | 1177.58 | 1477.45 | 645.48 | 1229.75 | 3027.34 | 776.5 |
| | f | 1.68 | 2.2 | 2.9 | 0.6 | 2.95 | 4.5 | 2.2 |
| | n | 9.69 | 1.89 | 1.5 | 3.44 | 1.81 | 0.73 | 2.86 |
| S=115 | H | 229.5 | 1188.96 | 1503.81 | 619.69 | 1253.9 | 3101.91 | 785.36 |
| | f | 1.84 | 2.38 | 3.12 | 0.68 | 3.16 | 4.8 | 2.37 |
| | n | 9.69 | 1.87 | 1.48 | 3.59 | 1.77 | 0.72 | 2.83 |
| S=120 | H | 229.5 | 1199.96 | 1529.37 | 593.96 | 1277.25 | 3174.83 | 793.82 |
| | f | 2 | 2.57 | 3.34 | 0.77 | 3.38 | 5.1 | 2.56 |
| | n | 9.69 | 1.85 | 1.45 | 3.74 | 1.74 | 0.7 | 2.8 |

a = 950 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 242.25 | 998.4 | 1018.52 | 941.26 | 791.23 | 1755.39 | 615.97 |
| | f | 0.21 | 0.34 | 0.56 | 0.05 | 0.61 | 1.03 | 0.37 |
| | n | 9.18 | 2.23 | 2.18 | 2.36 | 2.81 | 1.27 | 3.61 |
| S=45 | H | 242.25 | 1013.42 | 1059.23 | 930.43 | 832.18 | 1867.37 | 631.47 |
| | f | 0.27 | 0.43 | 0.68 | 0.07 | 0.73 | 1.22 | 0.45 |
| | n | 9.18 | 2.19 | 2.1 | 2.39 | 2.67 | 1.19 | 3.52 |
| S=50 | H | 242.25 | 1028.79 | 1099.04 | 918.36 | 871.56 | 1975.19 | 646.75 |
| | f | 0.33 | 0.52 | 0.81 | 0.09 | 0.86 | 1.42 | 0.54 |
| | n | 9.18 | 2.16 | 2.02 | 2.42 | 2.55 | 1.13 | 3.44 |
| S=55 | H | 242.25 | 1044.33 | 1137.84 | 905.09 | 909.45 | 2079.25 | 661.71 |
| | f | 0.4 | 0.62 | 0.94 | 0.11 | 1 | 1.64 | 0.64 |
| | n | 9.18 | 2.13 | 1.95 | 2.46 | 2.44 | 1.07 | 3.36 |
| S=60 | H | 242.25 | 1059.91 | 1175.59 | 890.63 | 945.93 | 2179.89 | 676.27 |
| | f | 0.47 | 0.73 | 1.09 | 0.13 | 1.14 | 1.86 | 0.75 |
| | n | 9.18 | 2.1 | 1.89 | 2.5 | 2.35 | 1.02 | 3.29 |
| S=65 | H | 242.25 | 1075.41 | 1212.29 | 875.01 | 981.08 | 2277.41 | 690.4 |
| | f | 0.56 | 0.84 | 1.24 | 0.15 | 1.29 | 2.09 | 0.86 |
| | n | 9.18 | 2.07 | 1.83 | 2.54 | 2.27 | 0.98 | 3.22 |
| S=70 | H | 242.25 | 1090.75 | 1247.93 | 858.26 | 1014.96 | 2372.04 | 704.05 |
| | f | 0.64 | 0.96 | 1.39 | 0.18 | 1.45 | 2.32 | 0.98 |
| | n | 9.18 | 2.04 | 1.78 | 2.59 | 2.19 | 0.94 | 3.16 |
| S=75 | H | 242.25 | 1105.86 | 1282.53 | 840.43 | 1047.65 | 2464 | 717.23 |
| | f | 0.74 | 1.09 | 1.55 | 0.21 | 1.61 | 2.57 | 1.11 |
| | n | 9.18 | 2.01 | 1.73 | 2.65 | 2.12 | 0.9 | 3.1 |
| S=80 | H | 242.25 | 1120.68 | 1316.12 | 821.55 | 1079.21 | 2553.48 | 729.91 |
| | f | 0.84 | 1.22 | 1.72 | 0.25 | 1.78 | 2.82 | 1.24 |
| | n | 9.18 | 1.98 | 1.69 | 2.71 | 2.06 | 0.87 | 3.05 |
| S=85 | H | 242.25 | 1135.2 | 1348.72 | 801.68 | 1109.7 | 2640.63 | 742.12 |
| | f | 0.95 | 1.36 | 1.9 | 0.29 | 1.95 | 3.08 | 1.37 |
| | n | 9.18 | 1.96 | 1.65 | 2.77 | 2 | 0.84 | 3 |
| S=90 | H | 242.25 | 1149.37 | 1380.37 | 780.9 | 1139.17 | 2725.59 | 753.85 |
| | f | 1.07 | 1.51 | 2.08 | 0.33 | 2.13 | 3.34 | 1.51 |
| | n | 9.18 | 1.93 | 1.61 | 2.85 | 1.95 | 0.82 | 2.95 |
| S=95 | H | 242.25 | 1163.19 | 1411.09 | 759.27 | 1167.66 | 2808.49 | 765.11 |
| | f | 1.19 | 1.66 | 2.27 | 0.38 | 2.32 | 3.62 | 1.66 |
| | n | 9.18 | 1.91 | 1.58 | 2.93 | 1.9 | 0.79 | 2.91 |
| S=100 | H | 242.25 | 1176.63 | 1440.93 | 736.89 | 1195.23 | 2889.44 | 775.92 |
| | f | 1.32 | 1.82 | 2.46 | 0.43 | 2.51 | 3.89 | 1.82 |
| | n | 9.18 | 1.89 | 1.54 | 3.02 | 1.86 | 0.77 | 2.86 |
| S=105 | H | 242.25 | 1189.7 | 1469.9 | 713.88 | 1221.92 | 2968.54 | 786.3 |
| | f | 1.45 | 1.98 | 2.66 | 0.49 | 2.71 | 4.18 | 1.98 |
| | n | 9.18 | 1.87 | 1.51 | 3.11 | 1.82 | 0.75 | 2.83 |
| S=110 | H | 242.25 | 1202.39 | 1498.03 | 690.36 | 1247.76 | 3045.88 | 796.25 |
| | f | 1.59 | 2.15 | 2.86 | 0.56 | 2.91 | 4.47 | 2.14 |
| | n | 9.18 | 1.85 | 1.48 | 3.22 | 1.78 | 0.73 | 2.79 |
| S=115 | H | 242.25 | 1214.69 | 1525.36 | 666.47 | 1272.79 | 3121.54 | 805.79 |
| | f | 1.74 | 2.33 | 3.07 | 0.63 | 3.12 | 4.77 | 2.31 |
| | n | 9.18 | 1.83 | 1.46 | 3.34 | 1.75 | 0.71 | 2.76 |
| S=120 | H | 242.25 | 1226.62 | 1551.92 | 642.4 | 1297.04 | 3195.6 | 814.94 |
| | f | 1.89 | 2.51 | 3.29 | 0.71 | 3.33 | 5.07 | 2.49 |
| | n | 9.18 | 1.81 | 1.43 | 3.46 | 1.71 | 0.7 | 2.73 |

a = 1000 wire : MINK

| | t (c) | 40 | -20 | -5 | -25 | 20 | -5 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ice(mm) | 0 | 15 | 25 | 0 | 20 | 50 | 0 |
| | W(kg/m2) | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 100 |
| S=40 | H | 255 | 1012.26 | 1029.2 | 958.2 | 800.16 | 1763.19 | 627.98 |
| | f | 0.2 | 0.34 | 0.55 | 0.05 | 0.6 | 1.02 | 0.36 |
| | n | 8.72 | 2.2 | 2.16 | 2.32 | 2.78 | 1.26 | 3.54 |
| S=45 | H | 255 | 1027.65 | 1070.12 | 948.47 | 841.33 | 1875.47 | 643.64 |
| | f | 0.25 | 0.42 | 0.67 | 0.07 | 0.72 | 1.21 | 0.44 |
| | n | 8.72 | 2.16 | 2.08 | 2.34 | 2.64 | 1.19 | 3.45 |
| S=50 | H | 255 | 1043.44 | 1110.21 | 937.63 | 881 | 1983.66 | 659.17 |
| | f | 0.31 | 0.51 | 0.8 | 0.08 | 0.85 | 1.42 | 0.53 |
| | n | 8.72 | 2.13 | 2 | 2.37 | 2.52 | 1.12 | 3.37 |
| S=55 | H | 255 | 1059.47 | 1149.38 | 925.69 | 919.25 | 2088.15 | 674.43 |
| | f | 0.38 | 0.61 | 0.93 | 0.1 | 0.99 | 1.63 | 0.63 |
| | n | 8.72 | 2.1 | 1.93 | 2.4 | 2.42 | 1.06 | 3.3 |
| S=60 | H | 255 | 1075.57 | 1187.57 | 912.69 | 956.14 | 2189.27 | 689.35 |
| | f | 0.45 | 0.72 | 1.07 | 0.13 | 1.13 | 1.85 | 0.74 |
| | n | 8.72 | 2.07 | 1.87 | 2.44 | 2.32 | 1.02 | 3.22 |
| S=65 | H | 255 | 1091.64 | 1224.75 | 898.63 | 991.75 | 2287.32 | 703.87 |
| | f | 0.53 | 0.83 | 1.22 | 0.15 | 1.28 | 2.08 | 0.85 |
| | n | 8.72 | 2.04 | 1.82 | 2.47 | 2.24 | 0.97 | 3.16 |
| S=70 | H | 255 | 1107.59 | 1260.93 | 883.55 | 1026.14 | 2382.54 | 717.97 |
| | f | 0.61 | 0.95 | 1.38 | 0.18 | 1.43 | 2.31 | 0.96 |
| | n | 8.72 | 2.01 | 1.76 | 2.52 | 2.17 | 0.93 | 3.1 |
| S=75 | H | 255 | 1123.34 | 1296.12 | 867.48 | 1059.38 | 2475.13 | 731.62 |
| | f | 0.7 | 1.07 | 1.54 | 0.21 | 1.59 | 2.56 | 1.08 |
| | n | 8.72 | 1.98 | 1.72 | 2.56 | 2.1 | 0.9 | 3.04 |
| S=80 | H | 255 | 1138.85 | 1330.34 | 850.45 | 1091.52 | 2565.28 | 744.82 |
| | f | 0.8 | 1.2 | 1.7 | 0.24 | 1.76 | 2.81 | 1.21 |
| | n | 8.72 | 1.95 | 1.67 | 2.61 | 2.04 | 0.87 | 2.98 |
| S=85 | H | 255 | 1154.08 | 1363.62 | 832.5 | 1122.63 | 2653.14 | 757.55 |
| | f | 0.9 | 1.34 | 1.88 | 0.28 | 1.93 | 3.06 | 1.34 |
| | n | 8.72 | 1.93 | 1.63 | 2.67 | 1.98 | 0.84 | 2.93 |
| S=90 | H | 255 | 1168.99 | 1395.98 | 813.69 | 1152.75 | 2738.86 | 769.84 |
| | f | 1.01 | 1.48 | 2.06 | 0.32 | 2.11 | 3.33 | 1.48 |
| | n | 8.72 | 1.9 | 1.59 | 2.73 | 1.93 | 0.81 | 2.89 |
| S=95 | H | 255 | 1183.56 | 1427.45 | 794.07 | 1181.93 | 2822.56 | 781.68 |
| | f | 1.13 | 1.63 | 2.24 | 0.36 | 2.29 | 3.6 | 1.63 |
| | n | 8.72 | 1.88 | 1.56 | 2.8 | 1.88 | 0.79 | 2.84 |
| S=100 | H | 255 | 1197.79 | 1458.05 | 773.71 | 1210.21 | 2904.34 | 793.08 |
| | f | 1.25 | 1.79 | 2.43 | 0.41 | 2.48 | 3.87 | 1.78 |
| | n | 8.72 | 1.86 | 1.52 | 2.87 | 1.84 | 0.77 | 2.8 |
| S=105 | H | 255 | 1211.65 | 1487.83 | 752.7 | 1237.63 | 2984.32 | 804.05 |
| | f | 1.38 | 1.95 | 2.63 | 0.47 | 2.67 | 4.16 | 1.93 |
| | n | 8.72 | 1.83 | 1.49 | 2.95 | 1.8 | 0.74 | 2.76 |
| S=110 | H | 255 | 1225.15 | 1516.79 | 731.13 | 1264.23 | 3062.57 | 814.61 |
| | f | 1.51 | 2.11 | 2.83 | 0.53 | 2.87 | 4.44 | 2.09 |
| | n | 8.72 | 1.81 | 1.47 | 3.04 | 1.76 | 0.73 | 2.73 |
| S=115 | H | 255 | 1238.28 | 1544.98 | 709.11 | 1290.04 | 3139.18 | 824.77 |
| | f | 1.65 | 2.29 | 3.03 | 0.59 | 3.07 | 4.74 | 2.26 |
| | n | 8.72 | 1.8 | 1.44 | 3.13 | 1.72 | 0.71 | 2.7 |
| S=120 | H | 255 | 1251.05 | 1572.41 | 686.75 | 1315.09 | 3214.22 | 834.55 |
| | f | 1.8 | 2.46 | 3.25 | 0.67 | 3.28 | 5.04 | 2.43 |
| | n | 8.72 | 1.78 | 1.41 | 3.24 | 1.69 | 0.69 | 2.66 |

## پیوست (ب) - جداول نصب برای سیم مینک

در این پیوست با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف و اسپنهای معادل مختلف مقادیر کشش و فلش در دماهای مختلف نصب برای سیم مینک آورده شده است (جداول نصب). شرایط نصب بدون یخ و باد در نظر گرفته شده است. مقادیر فلش استخراج شده از هر سطر جدول در اسپنی بطول اسپن معادل انتخاب شده برقرار می‌باشند و اگر در طول سکشن طول اسپن از اسپن معادل تغییری بکند باید از نمودارهای نصب استفاده شود. مقدار کشش در یک سکشن با تغییر طول اسپن تغییر نمی‌کند و مقادیر استخراج شده از سطر مورد نظر جدول برای تمام اسپنهای سکشن قابل استفاده‌اند.

جداول نصب در دو حالت محاسبه شده‌اند. اول حالتی که پارامتر مورد نظر مربوط به منطقه آب و هوایی سبک و متوسط می‌باشد و دیگر حالتی که پارامتر مورد نظر مربوط به منطقه آب و هوایی سنگین و فوق سنگین می‌باشد.

در انتهای این پیوست بازاء پارامتر ۹۰۰ و اسپن معادل ۷۰ در منطقه آب و هوایی سبک و متوسط نمودار نصب آورده شده است.

a = 400 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 55 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 600.89 | 490.6 | 383.57 | 284.14 | 201.76 | 145.86 | 112.98 |
| | f | 0.08 | 0.1 | 0.13 | 0.18 | 0.25 | 0.35 | 0.45 |
| S=45 | H | 539.01 | 431.46 | 330.05 | 242 | 176.86 | 135.79 | 110.83 |
| | f | 0.12 | 0.15 | 0.2 | 0.27 | 0.36 | 0.48 | 0.58 |
| S=50 | H | 472.12 | 369.69 | 278.38 | 206.82 | 158.76 | 128.65 | 109.23 |
| | f | 0.17 | 0.22 | 0.29 | 0.39 | 0.5 | 0.62 | 0.73 |
| S=55 | H | 402.64 | 309.61 | 234 | 180.64 | 146.06 | 123.5 | 108.02 |
| | f | 0.24 | 0.31 | 0.41 | 0.53 | 0.66 | 0.78 | 0.89 |
| S=60 | H | 335.04 | 257.24 | 200.35 | 162.32 | 137.1 | 119.7 | 107.09 |
| | f | 0.34 | 0.45 | 0.57 | 0.71 | 0.84 | 0.96 | 1.07 |
| S=65 | H | 275.87 | 217.11 | 176.8 | 149.59 | 130.63 | 116.83 | 106.35 |
| | f | 0.49 | 0.62 | 0.76 | 0.9 | 1.03 | 1.15 | 1.27 |
| S=70 | H | 230.44 | 189.03 | 160.59 | 140.54 | 125.83 | 114.61 | 105.76 |
| | f | 0.68 | 0.83 | 0.97 | 1.11 | 1.24 | 1.36 | 1.48 |
| S=75 | H | 198.78 | 169.87 | 149.21 | 133.91 | 122.17 | 112.86 | 105.29 |
| | f | 0.9 | 1.06 | 1.2 | 1.34 | 1.47 | 1.59 | 1.7 |
| S=80 | H | 177.32 | 156.54 | 140.97 | 128.92 | 119.31 | 111.45 | 104.89 |
| | f | 1.15 | 1.3 | 1.45 | 1.58 | 1.71 | 1.83 | 1.94 |
| S=85 | H | 162.48 | 146.96 | 134.81 | 125.06 | 117.03 | 110.3 | 104.57 |
| | f | 1.42 | 1.57 | 1.71 | 1.84 | 1.97 | 2.09 | 2.2 |
| S=90 | H | 151.87 | 139.83 | 130.08 | 122 | 115.19 | 109.35 | 104.29 |
| | f | 1.7 | 1.85 | 1.98 | 2.12 | 2.24 | 2.36 | 2.48 |
| S=95 | H | 144 | 134.38 | 126.35 | 119.54 | 113.67 | 108.56 | 104.06 |
| | f | 2 | 2.14 | 2.28 | 2.41 | 2.53 | 2.65 | 2.76 |
| S=100 | H | 137.98 | 130.1 | 123.36 | 117.52 | 112.41 | 107.89 | 103.86 |
| | f | 2.31 | 2.45 | 2.58 | 2.71 | 2.84 | 2.95 | 3.07 |
| S=105 | H | 133.26 | 126.66 | 120.91 | 115.85 | 111.35 | 107.32 | 103.69 |
| | f | 2.64 | 2.77 | 2.91 | 3.03 | 3.16 | 3.27 | 3.39 |
| S=110 | H | 129.47 | 123.85 | 118.88 | 114.44 | 110.44 | 106.83 | 103.54 |
| | f | 2.98 | 3.11 | 3.24 | 3.37 | 3.49 | 3.61 | 3.73 |
| S=115 | H | 126.38 | 121.52 | 117.17 | 113.24 | 109.67 | 106.4 | 103.41 |
| | f | 3.34 | 3.47 | 3.6 | 3.72 | 3.84 | 3.96 | 4.08 |
| S=120 | H | 123.81 | 119.57 | 115.72 | 112.21 | 108.99 | 106.03 | 103.29 |
| | f | 3.71 | 3.84 | 3.97 | 4.09 | 4.21 | 4.33 | 4.44 |

a = 500 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 55 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 713.73 | 601.92 | 491.62 | 384.53 | 285.01 | 202.41 | 146.26 |
| | f | 0.07 | 0.08 | 0.1 | 0.13 | 0.18 | 0.25 | 0.35 |
| S=45 | H | 673.64 | 562.89 | 454.53 | 351.33 | 259.52 | 188.83 | 143.06 |
| | f | 0.1 | 0.11 | 0.14 | 0.18 | 0.25 | 0.34 | 0.45 |
| S=50 | H | 629.43 | 520.28 | 414.95 | 317.65 | 236.17 | 177.73 | 140.52 |
| | f | 0.13 | 0.15 | 0.19 | 0.25 | 0.34 | 0.45 | 0.57 |
| S=55 | H | 581.52 | 474.87 | 374.22 | 285.44 | 216.17 | 168.94 | 138.52 |
| | f | 0.17 | 0.2 | 0.26 | 0.34 | 0.45 | 0.57 | 0.7 |
| S=60 | H | 530.59 | 427.84 | 334.25 | 256.63 | 199.93 | 162.05 | 136.92 |
| | f | 0.22 | 0.27 | 0.34 | 0.45 | 0.57 | 0.71 | 0.84 |
| S=65 | H | 477.74 | 380.99 | 297.31 | 232.49 | 187.17 | 156.64 | 135.63 |
| | f | 0.28 | 0.35 | 0.45 | 0.58 | 0.72 | 0.86 | 0.99 |
| S=70 | H | 424.66 | 336.71 | 265.4 | 213.23 | 177.24 | 152.36 | 134.58 |
| | f | 0.37 | 0.46 | 0.59 | 0.73 | 0.88 | 1.03 | 1.16 |
| S=75 | H | 373.77 | 297.51 | 239.45 | 198.27 | 169.5 | 148.95 | 133.71 |
| | f | 0.48 | 0.6 | 0.75 | 0.9 | 1.06 | 1.2 | 1.34 |
| S=80 | H | 327.88 | 265.03 | 219.18 | 186.7 | 163.41 | 146.18 | 132.99 |
| | f | 0.62 | 0.77 | 0.93 | 1.09 | 1.25 | 1.4 | 1.53 |
| S=85 | H | 289.25 | 239.44 | 203.59 | 177.7 | 158.55 | 143.91 | 132.39 |
| | f | 0.8 | 0.96 | 1.13 | 1.3 | 1.45 | 1.6 | 1.74 |
| S=90 | H | 258.54 | 219.79 | 191.57 | 170.62 | 154.62 | 142.03 | 131.88 |
| | f | 1 | 1.17 | 1.35 | 1.51 | 1.67 | 1.82 | 1.96 |
| S=95 | H | 234.96 | 204.75 | 182.22 | 164.97 | 151.4 | 140.46 | 131.44 |
| | f | 1.22 | 1.4 | 1.58 | 1.74 | 1.9 | 2.05 | 2.19 |
| S=100 | H | 217.01 | 193.14 | 174.82 | 160.38 | 148.73 | 139.13 | 131.07 |
| | f | 1.47 | 1.65 | 1.82 | 1.99 | 2.14 | 2.29 | 2.43 |
| S=105 | H | 203.25 | 184.05 | 168.88 | 156.61 | 146.5 | 138 | 130.74 |
| | f | 1.73 | 1.91 | 2.08 | 2.24 | 2.4 | 2.55 | 2.69 |
| S=110 | H | 192.55 | 176.79 | 164.03 | 153.48 | 144.6 | 137.02 | 130.46 |
| | f | 2 | 2.18 | 2.35 | 2.51 | 2.67 | 2.81 | 2.96 |
| S=115 | H | 184.07 | 170.92 | 160.03 | 150.84 | 142.98 | 136.18 | 130.21 |
| | f | 2.29 | 2.47 | 2.63 | 2.79 | 2.95 | 3.1 | 3.24 |
| S=120 | H | 177.24 | 166.09 | 156.67 | 148.6 | 141.59 | 135.44 | 130 |
| | f | 2.59 | 2.76 | 2.93 | 3.09 | 3.24 | 3.39 | 3.53 |

a = 600 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 55 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 786.91 6 | 490.6 | 383.57 | 284.14 | 201.76 | 145.86 | 112.98 |
| | f | 0.06 0. | 0.1 | 0.13 | 0.18 | 0.25 | 0.35 | 0.45 |
| S=45 | H | 759.08 6 | 431.46 | 330.05 | 242 | 176.86 | 135.79 | 110.83 |
| | f | 0.09 0. | 0.15 | 0.2 | 0.27 | 0.36 | 0.48 | 0.58 |
| S=50 | H | 728.25 6 | 369.69 | 278.38 | 206.82 | 158.76 | 128.65 | 109.23 |
| | f | 0.11 0. | 0.22 | 0.29 | 0.39 | 0.5 | 0.62 | 0.73 |
| S=55 | H | 694.54 5 | 309.61 | 234 | 180.64 | 146.06 | 123.5 | 108.02 |
| | f | 0.14 0. | 0.31 | 0.41 | 0.53 | 0.66 | 0.78 | 0.89 |
| S=60 | H | 658.16 5 | 257.24 | 200.35 | 162.32 | 137.1 | 119.7 | 107.09 |
| | f | 0.17 0. | 0.45 | 0.57 | 0.71 | 0.84 | 0.96 | 1.07 |
| S=65 | H | 619.40 5 | 217.11 | 176.8 | 149.59 | 130.63 | 116.83 | 106.35 |
| | f | 0.22 0. | 0.62 | 0.76 | 0.9 | 1.03 | 1.15 | 1.27 |
| S=70 | H | 578.67 4 | 189.03 | 160.59 | 140.54 | 125.83 | 114.61 | 105.76 |
| | f | 0.27 0. | 0.83 | 0.97 | 1.11 | 1.24 | 1.36 | 1.48 |
| S=75 | H | 536.57 4 | 169.87 | 149.21 | 133.91 | 122.17 | 112.86 | 105.29 |
| | f | 0.33 0. | 1.06 | 1.2 | 1.34 | 1.47 | 1.59 | 1.7 |
| S=80 | H | 493.91 4 | 156.54 | 140.97 | 128.92 | 119.31 | 111.45 | 104.89 |
| | f | 0.41 0. | 1.3 | 1.45 | 1.58 | 1.71 | 1.83 | 1.94 |
| S=85 | H | 451.78 3 | 146.96 | 134.81 | 125.06 | 117.03 | 110.3 | 104.57 |
| | f | 0.51 0. | 1.57 | 1.71 | 1.84 | 1.97 | 2.09 | 2.2 |
| S=90 | H | 411.50 3 | 139.83 | 130.08 | 122 | 115.19 | 109.35 | 104.29 |
| | f | 0.63 0. | 1.85 | 1.98 | 2.12 | 2.24 | 2.36 | 2.48 |
| S=95 | H | 374.40 3 | 134.38 | 126.35 | 119.54 | 113.67 | 108.56 | 104.06 |
| | f | 0.77 0. | 2.14 | 2.28 | 2.41 | 2.53 | 2.65 | 2.76 |
| S=100 | H | 341.57 2 | 130.1 | 123.36 | 117.52 | 112.41 | 107.89 | 103.86 |
| | f | 0.93 1. | 2.45 | 2.58 | 2.71 | 2.84 | 2.95 | 3.07 |
| S=105 | H | 313.55 2 | 126.66 | 120.91 | 115.85 | 111.35 | 107.32 | 103.69 |
| | f | 1.12 1. | 2.77 | 2.91 | 3.03 | 3.16 | 3.27 | 3.39 |
| S=110 | H | 290.24 2 | 123.85 | 118.88 | 114.44 | 110.44 | 106.83 | 103.54 |
| | f | 1.33 1. | 3.11 | 3.24 | 3.37 | 3.49 | 3.61 | 3.73 |
| S=115 | H | 271.15 2 | 121.52 | 117.17 | 113.24 | 109.67 | 106.4 | 103.41 |
| | f | 1.55 1. | 3.47 | 3.6 | 3.72 | 3.84 | 3.96 | 4.08 |
| S=120 | H | 255.59 2 | 119.57 | 115.72 | 112.21 | 108.99 | 106.03 | 103.29 |
| | f | 1.80 2. | 3.84 | 3.97 | 4.09 | 4.21 | 4.33 | 4.44 |

a = 700 [ in : fce = 0 , Wind = 0 ,t = 55 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 841.17 | 728.53 | 616.59 | 506.02 | 398.34 | 297.41 | 211.89 |
| | f | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.1 | 0.13 | 0.17 | 0.24 |
| S=45 | H | 820.83 | 708.62 | 597.41 | 488.11 | 382.83 | 286.49 | 208.22 |
| | f | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.23 | 0.31 |
| S=50 | H | 798.24 | 686.6 | 576.32 | 468.68 | 366.49 | 275.69 | 204.89 |
| | f | 0.1 | 0.12 | 0.14 | 0.17 | 0.22 | 0.29 | 0.39 |
| S=55 | H | 773.45 | 662.55 | 553.5 | 448.03 | 349.76 | 265.35 | 201.92 |
| | f | 0.12 | 0.15 | 0.17 | 0.22 | 0.28 | 0.36 | 0.48 |
| S=60 | H | 746.57 | 636.62 | 529.17 | 426.5 | 333.08 | 255.72 | 199.31 |
| | f | 0.15 | 0.18 | 0.22 | 0.27 | 0.34 | 0.45 | 0.58 |
| S=65 | H | 717.7 | 608.99 | 503.62 | 404.55 | 316.93 | 246.99 | 197.03 |
| | f | 0.19 | 0.22 | 0.27 | 0.33 | 0.42 | 0.55 | 0.68 |
| S=70 | H | 687 | 579.9 | 477.25 | 382.68 | 301.71 | 239.21 | 195.06 |
| | f | 0.23 | 0.27 | 0.33 | 0.41 | 0.52 | 0.65 | 0.8 |
| S=75 | H | 654.68 | 549.68 | 450.51 | 361.43 | 287.75 | 232.39 | 193.34 |
| | f | 0.27 | 0.33 | 0.4 | 0.5 | 0.62 | 0.77 | 0.93 |
| S=80 | H | 621 | 518.74 | 423.97 | 341.32 | 275.21 | 226.45 | 191.85 |
| | f | 0.33 | 0.39 | 0.48 | 0.6 | 0.74 | 0.9 | 1.06 |
| S=85 | H | 586.32 | 487.59 | 398.23 | 322.78 | 264.15 | 221.31 | 190.56 |
| | f | 0.39 | 0.47 | 0.58 | 0.71 | 0.87 | 1.04 | 1.21 |
| S=90 | H | 551.09 | 456.84 | 373.88 | 306.07 | 254.52 | 216.87 | 189.43 |
| | f | 0.47 | 0.57 | 0.69 | 0.84 | 1.01 | 1.19 | 1.36 |
| S=95 | H | 515.89 | 427.15 | 351.42 | 291.3 | 246.18 | 213.02 | 188.44 |
| | f | 0.56 | 0.67 | 0.82 | 0.99 | 1.17 | 1.35 | 1.53 |
| S=100 | H | 481.39 | 399.19 | 331.2 | 278.44 | 239 | 209.69 | 187.57 |
| | f | 0.66 | 0.8 | 0.96 | 1.14 | 1.33 | 1.52 | 1.7 |
| S=105 | H | 448.33 | 373.51 | 313.36 | 267.32 | 232.81 | 206.8 | 186.81 |
| | f | 0.78 | 0.94 | 1.12 | 1.31 | 1.51 | 1.7 | 1.88 |
| S=110 | H | 417.41 | 350.48 | 297.83 | 257.77 | 227.47 | 204.27 | 186.14 |
| | f | 0.92 | 1.1 | 1.29 | 1.5 | 1.7 | 1.89 | 2.07 |
| S=115 | H | 389.22 | 330.23 | 284.46 | 249.57 | 222.85 | 202.06 | 185.54 |
| | f | 1.08 | 1.28 | 1.48 | 1.69 | 1.89 | 2.09 | 2.27 |
| S=120 | H | 364.1 | 312.68 | 273 | 242.51 | 218.84 | 200.12 | 185 |
| | f | 1.26 | 1.47 | 1.68 | 1.89 | 2.1 | 2.29 | 2.48 |

a = 800 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 55 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 885.33 | 772.5 | 660.23 | 549.01 | 439.92 | 335.64 | 242.71 |
| | f | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.15 | 0.21 |
| S=45 | H | 869.86 | 757.37 | 645.65 | 535.35 | 427.93 | 326.83 | 239.41 |
| | f | 0.07 | 0.09 | 0.1 | 0.12 | 0.15 | 0.2 | 0.27 |
| S=50 | H | 852.66 | 740.6 | 629.56 | 520.41 | 415.07 | 317.76 | 236.25 |
| | f | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.19 | 0.25 | 0.34 |
| S=55 | H | 833.75 | 722.23 | 612.04 | 504.33 | 401.56 | 308.67 | 233.3 |
| | f | 0.12 | 0.13 | 0.16 | 0.19 | 0.24 | 0.31 | 0.41 |
| S=60 | H | 813.2 | 702.33 | 593.2 | 487.3 | 387.64 | 299.78 | 230.58 |
| | f | 0.14 | 0.16 | 0.19 | 0.24 | 0.3 | 0.38 | 0.5 |
| S=65 | H | 791.06 | 681 | 573.19 | 469.51 | 373.58 | 291.26 | 228.11 |
| | f | 0.17 | 0.2 | 0.23 | 0.29 | 0.36 | 0.46 | 0.59 |
| S=70 | H | 767.39 | 658.35 | 552.18 | 451.22 | 359.67 | 283.26 | 225.88 |
| | f | 0.2 | 0.24 | 0.28 | 0.35 | 0.43 | 0.55 | 0.69 |
| S=75 | H | 742.3 | 634.51 | 530.38 | 432.73 | 346.17 | 275.87 | 223.88 |
| | f | 0.24 | 0.28 | 0.34 | 0.41 | 0.52 | 0.65 | 0.8 |
| S=80 | H | 715.9 | 609.68 | 508.05 | 414.35 | 333.31 | 269.13 | 222.1 |
| | f | 0.28 | 0.33 | 0.4 | 0.49 | 0.61 | 0.76 | 0.92 |
| S=85 | H | 688.34 | 584.06 | 485.49 | 396.39 | 321.29 | 263.04 | 220.51 |
| | f | 0.33 | 0.39 | 0.47 | 0.58 | 0.72 | 0.88 | 1.04 |
| S=90 | H | 659.8 | 557.92 | 463.04 | 379.16 | 310.23 | 257.59 | 219.1 |
| | f | 0.39 | 0.46 | 0.56 | 0.68 | 0.83 | 1 | 1.18 |
| S=95 | H | 630.52 | 531.57 | 441.05 | 362.92 | 300.17 | 252.73 | 217.84 |
| | f | 0.46 | 0.54 | 0.65 | 0.79 | 0.96 | 1.14 | 1.32 |
| S=100 | H | 600.76 | 505.38 | 419.89 | 347.88 | 291.12 | 248.42 | 216.72 |
| | f | 0.53 | 0.63 | 0.76 | 0.92 | 1.09 | 1.28 | 1.47 |
| S=105 | H | 570.87 | 479.73 | 399.87 | 334.13 | 283.04 | 244.58 | 215.72 |
| | f | 0.62 | 0.73 | 0.88 | 1.05 | 1.24 | 1.44 | 1.63 |
| S=110 | H | 541.22 | 455.03 | 381.24 | 321.72 | 275.86 | 241.18 | 214.82 |
| | f | 0.71 | 0.85 | 1.01 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 |
| S=115 | H | 512.25 | 431.63 | 364.17 | 310.63 | 269.49 | 238.15 | 214.02 |
| | f | 0.82 | 0.98 | 1.16 | 1.36 | 1.56 | 1.77 | 1.97 |
| S=120 | H | 484.37 | 409.84 | 348.74 | 300.76 | 263.86 | 235.45 | 213.29 |
| | f | 0.95 | 1.12 | 1.32 | 1.53 | 1.74 | 1.95 | 2.15 |

a = 900 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 55 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 923.6 | 810.63 | 698.14 | 586.48 | 476.48 | 370.1 | 272.24 |
| | f | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.14 | 0.19 |
| S=45 | H | 911.47 | 798.79 | 686.74 | 575.8 | 467.06 | 363.02 | 269.4 |
| | f | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.14 | 0.18 | 0.24 |
| S=50 | H | 897.97 | 785.64 | 674.12 | 564.06 | 456.85 | 355.57 | 266.59 |
| | f | 0.09 | 0.1 | 0.12 | 0.14 | 0.17 | 0.22 | 0.3 |
| S=55 | H | 883.13 | 771.21 | 660.34 | 551.34 | 445.97 | 347.9 | 263.85 |
| | f | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.22 | 0.28 | 0.37 |
| S=60 | H | 866.97 | 755.55 | 645.46 | 537.74 | 434.56 | 340.16 | 261.24 |
| | f | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.21 | 0.26 | 0.34 | 0.44 |
| S=65 | H | 849.52 | 738.71 | 629.55 | 523.38 | 422.78 | 332.47 | 258.78 |
| | f | 0.16 | 0.18 | 0.21 | 0.26 | 0.32 | 0.41 | 0.52 |
| S=70 | H | 830.83 | 720.74 | 612.71 | 508.39 | 410.8 | 324.98 | 256.48 |
| | f | 0.19 | 0.22 | 0.25 | 0.31 | 0.38 | 0.48 | 0.61 |
| S=75 | H | 810.95 | 701.72 | 595.06 | 492.93 | 398.8 | 317.77 | 254.36 |
| | f | 0.22 | 0.26 | 0.3 | 0.36 | 0.45 | 0.56 | 0.7 |
| S=80 | H | 789.93 | 681.74 | 576.71 | 477.17 | 386.94 | 310.95 | 252.42 |
| | f | 0.26 | 0.3 | 0.35 | 0.43 | 0.53 | 0.66 | 0.81 |
| S=85 | H | 767.86 | 660.92 | 557.84 | 461.31 | 375.41 | 304.55 | 250.64 |
| | f | 0.3 | 0.35 | 0.41 | 0.5 | 0.61 | 0.76 | 0.92 |
| S=90 | H | 744.82 | 639.37 | 538.6 | 445.54 | 364.33 | 298.62 | 249.02 |
| | f | 0.35 | 0.4 | 0.48 | 0.58 | 0.71 | 0.86 | 1.04 |
| S=95 | H | 720.91 | 617.26 | 519.21 | 430.08 | 353.83 | 293.16 | 247.55 |
| | f | 0.4 | 0.47 | 0.55 | 0.67 | 0.81 | 0.98 | 1.16 |
| S=100 | H | 696.28 | 594.76 | 499.87 | 415.1 | 344 | 288.16 | 246.21 |
| | f | 0.46 | 0.54 | 0.64 | 0.77 | 0.93 | 1.11 | 1.29 |
| S=105 | H | 671.08 | 572.08 | 480.83 | 400.79 | 334.87 | 283.6 | 245 |
| | f | 0.52 | 0.61 | 0.73 | 0.88 | 1.05 | 1.24 | 1.43 |
| S=110 | H | 645.48 | 549.44 | 462.29 | 387.28 | 326.47 | 279.47 | 243.9 |
| | f | 0.6 | 0.7 | 0.83 | 1 | 1.18 | 1.38 | 1.58 |
| S=115 | H | 619.69 | 527.09 | 444.46 | 374.65 | 318.79 | 275.72 | 242.91 |
| | f | 0.68 | 0.8 | 0.95 | 1.13 | 1.32 | 1.53 | 1.74 |
| S=120 | H | 593.96 | 505.27 | 427.54 | 362.97 | 311.8 | 272.33 | 242 |
| | f | 0.77 | 0.91 | 1.07 | 1.26 | 1.47 | 1.69 | 1.9 |

a = 400 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 40 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 436.5 | 332.45 | 240.05 | 170.37 | 127.2 | 102 | 86.35 |
| | f | 0.12 | 0.15 | 0.21 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.59 |
| S=45 | H | 379.65 | 283.72 | 206.17 | 153.74 | 121.84 | 102 | 88.78 |
| | f | 0.17 | 0.23 | 0.31 | 0.42 | 0.53 | 0.63 | 0.73 |
| S=50 | H | 322.12 | 239.65 | 180.04 | 141.97 | 117.96 | 102 | 90.71 |
| | f | 0.25 | 0.33 | 0.44 | 0.56 | 0.68 | 0.78 | 0.88 |
| S=55 | H | 269.15 | 204.58 | 161.44 | 133.65 | 115.09 | 102 | 92.28 |
| | f | 0.36 | 0.47 | 0.6 | 0.72 | 0.84 | 0.95 | 1.04 |
| S=60 | H | 226.14 | 179.35 | 148.47 | 127.66 | 112.93 | 102 | 93.56 |
| | f | 0.51 | 0.64 | 0.77 | 0.9 | 1.02 | 1.12 | 1.23 |
| S=65 | H | 194.95 | 161.9 | 139.31 | 123.23 | 111.26 | 102 | 94.61 |
| | f | 0.69 | 0.83 | 0.97 | 1.09 | 1.21 | 1.32 | 1.42 |
| S=70 | H | 173.51 | 149.74 | 132.65 | 119.87 | 109.94 | 102 | 95.48 |
| | f | 0.9 | 1.04 | 1.18 | 1.3 | 1.42 | 1.53 | 1.64 |
| S=75 | H | 158.72 | 141.02 | 127.68 | 117.26 | 108.89 | 102 | 96.22 |
| | f | 1.13 | 1.27 | 1.4 | 1.53 | 1.65 | 1.76 | 1.86 |
| S=80 | H | 148.23 | 134.58 | 123.86 | 115.19 | 108.03 | 102 | 96.84 |
| | f | 1.38 | 1.52 | 1.65 | 1.77 | 1.89 | 2 | 2.11 |
| S=85 | H | 140.53 | 129.68 | 120.86 | 113.53 | 107.32 | 102 | 97.37 |
| | f | 1.64 | 1.78 | 1.91 | 2.03 | 2.15 | 2.26 | 2.37 |
| S=90 | H | 134.72 | 125.86 | 118.46 | 112.16 | 106.74 | 102 | 97.82 |
| | f | 1.92 | 2.05 | 2.18 | 2.3 | 2.42 | 2.53 | 2.64 |
| S=95 | H | 130.19 | 122.81 | 116.5 | 111.03 | 106.24 | 102 | 98.21 |
| | f | 2.21 | 2.34 | 2.47 | 2.59 | 2.71 | 2.82 | 2.93 |
| S=100 | H | 126.6 | 120.34 | 114.89 | 110.08 | 105.82 | 102 | 98.56 |
| | f | 2.52 | 2.65 | 2.77 | 2.9 | 3.01 | 3.12 | 3.23 |
| S=105 | H | 123.69 | 118.3 | 113.53 | 109.28 | 105.46 | 102 | 98.85 |
| | f | 2.84 | 2.97 | 3.1 | 3.22 | 3.33 | 3.45 | 3.55 |
| S=110 | H | 121.29 | 116.6 | 112.39 | 108.59 | 105.15 | 102 | 99.11 |
| | f | 3.18 | 3.31 | 3.43 | 3.55 | 3.67 | 3.78 | 3.89 |
| S=115 | H | 119.29 | 115.16 | 111.41 | 108 | 104.87 | 102 | 99.34 |
| | f | 3.53 | 3.66 | 3.78 | 3.9 | 4.02 | 4.13 | 4.24 |
| S=120 | H | 117.6 | 113.93 | 110.57 | 107.48 | 104.64 | 102 | 99.55 |
| | f | 3.9 | 4.03 | 4.15 | 4.27 | 4.39 | 4.5 | 4.61 |

a = 500 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 40 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 546.51 | 437.49 | 333.38 | 240.82 | 170.89 | 127.5 | 102.18 |
| | f | 0.09 | 0.12 | 0.15 | 0.21 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
| S=45 | H | 508.29 | 402 | 303.42 | 221 | 163.11 | 127.5 | 105.62 |
| | f | 0.13 | 0.16 | 0.21 | 0.29 | 0.4 | 0.51 | 0.61 |
| S=50 | H | 466.95 | 364.89 | 274.35 | 203.93 | 156.93 | 127.5 | 108.47 |
| | f | 0.17 | 0.22 | 0.29 | 0.39 | 0.51 | 0.63 | 0.73 |
| S=55 | H | 423.51 | 327.86 | 247.99 | 190.01 | 152.07 | 127.5 | 110.83 |
| | f | 0.23 | 0.29 | 0.39 | 0.51 | 0.63 | 0.76 | 0.87 |
| S=60 | H | 379.51 | 293 | 225.63 | 179.01 | 148.25 | 127.5 | 112.82 |
| | f | 0.3 | 0.39 | 0.51 | 0.64 | 0.77 | 0.9 | 1.02 |
| S=65 | H | 337.09 | 262.33 | 207.62 | 170.42 | 145.21 | 127.5 | 114.49 |
| | f | 0.4 | 0.51 | 0.65 | 0.79 | 0.93 | 1.06 | 1.18 |
| S=70 | H | 298.68 | 237 | 193.54 | 163.7 | 142.77 | 127.5 | 115.91 |
| | f | 0.52 | 0.66 | 0.81 | 0.95 | 1.09 | 1.23 | 1.35 |
| S=75 | H | 266.17 | 217 | 182.62 | 158.41 | 140.8 | 127.5 | 117.12 |
| | f | 0.67 | 0.83 | 0.98 | 1.13 | 1.27 | 1.41 | 1.53 |
| S=80 | H | 240.16 | 201.55 | 174.13 | 154.18 | 139.17 | 127.5 | 118.16 |
| | f | 0.85 | 1.01 | 1.17 | 1.32 | 1.47 | 1.6 | 1.73 |
| S=85 | H | 220.02 | 189.63 | 167.45 | 150.77 | 137.83 | 127.5 | 119.06 |
| | f | 1.05 | 1.21 | 1.38 | 1.53 | 1.67 | 1.81 | 1.93 |
| S=90 | H | 204.59 | 180.36 | 162.11 | 147.97 | 136.7 | 127.5 | 119.84 |
| | f | 1.26 | 1.43 | 1.59 | 1.74 | 1.89 | 2.02 | 2.15 |
| S=95 | H | 192.7 | 173.05 | 157.8 | 145.65 | 135.74 | 127.5 | 120.52 |
| | f | 1.49 | 1.66 | 1.82 | 1.98 | 2.12 | 2.26 | 2.39 |
| S=100 | H | 183.41 | 167.19 | 154.26 | 143.71 | 134.93 | 127.5 | 121.12 |
| | f | 1.74 | 1.91 | 2.07 | 2.22 | 2.36 | 2.5 | 2.63 |
| S=105 | H | 176.04 | 162.44 | 151.32 | 142.07 | 134.23 | 127.5 | 121.64 |
| | f | 2 | 2.16 | 2.32 | 2.47 | 2.62 | 2.76 | 2.89 |
| S=110 | H | 170.09 | 158.52 | 148.86 | 140.67 | 133.63 | 127.5 | 122.11 |
| | f | 2.27 | 2.43 | 2.59 | 2.74 | 2.89 | 3.02 | 3.16 |
| S=115 | H | 165.23 | 155.25 | 146.77 | 139.46 | 133.1 | 127.5 | 122.52 |
| | f | 2.55 | 2.72 | 2.87 | 3.02 | 3.17 | 3.31 | 3.44 |
| S=120 | H | 161.19 | 152.49 | 144.97 | 138.42 | 132.64 | 127.5 | 122.89 |
| | f | 2.85 | 3.01 | 3.17 | 3.32 | 3.46 | 3.6 | 3.73 |

a = 600 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 40 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 618.68 | 508.08 | 400.33 | 299.2 | 213.28 | 153 | 117.12 |
| | f | 0.08 | 0.1 | 0.13 | 0.17 | 0.24 | 0.33 | 0.44 |
| S=45 | H | 591.94 | 482.77 | 377.79 | 282.11 | 204.98 | 153 | 121.39 |
| | f | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.23 | 0.31 | 0.42 | 0.53 |
| S=50 | H | 562.59 | 455.43 | 354.27 | 265.51 | 197.69 | 153 | 125.01 |
| | f | 0.14 | 0.17 | 0.22 | 0.3 | 0.4 | 0.52 | 0.64 |
| S=55 | H | 530.94 | 426.59 | 330.58 | 250.11 | 191.45 | 153 | 128.11 |
| | f | 0.18 | 0.23 | 0.29 | 0.39 | 0.5 | 0.63 | 0.75 |
| S=60 | H | 497.43 | 396.97 | 307.64 | 236.39 | 186.19 | 153 | 130.77 |
| | f | 0.23 | 0.29 | 0.37 | 0.49 | 0.62 | 0.75 | 0.88 |
| S=65 | H | 462.69 | 367.48 | 286.32 | 224.55 | 181.81 | 153 | 133.06 |
| | f | 0.29 | 0.37 | 0.47 | 0.6 | 0.74 | 0.88 | 1.01 |
| S=70 | H | 427.53 | 339.17 | 267.28 | 214.56 | 178.15 | 153 | 135.04 |
| | f | 0.37 | 0.46 | 0.58 | 0.73 | 0.88 | 1.02 | 1.16 |
| S=75 | H | 393.03 | 313.05 | 250.86 | 206.23 | 175.09 | 153 | 136.76 |
| | f | 0.46 | 0.57 | 0.71 | 0.87 | 1.02 | 1.17 | 1.31 |
| S=80 | H | 360.34 | 289.88 | 237.02 | 199.32 | 172.53 | 153 | 138.27 |
| | f | 0.57 | 0.7 | 0.86 | 1.02 | 1.18 | 1.33 | 1.48 |
| S=85 | H | 330.59 | 270.01 | 225.52 | 193.59 | 170.37 | 153 | 139.58 |
| | f | 0.7 | 0.85 | 1.02 | 1.19 | 1.35 | 1.51 | 1.65 |
| S=90 | H | 304.52 | 253.37 | 216.03 | 188.81 | 168.54 | 153 | 140.74 |
| | f | 0.85 | 1.02 | 1.2 | 1.37 | 1.53 | 1.69 | 1.83 |
| S=95 | H | 282.4 | 239.62 | 208.19 | 184.81 | 166.98 | 153 | 141.76 |
| | f | 1.02 | 1.2 | 1.38 | 1.56 | 1.72 | 1.88 | 2.03 |
| S=100 | H | 264.03 | 228.32 | 201.69 | 181.43 | 165.63 | 153 | 142.67 |
| | f | 1.21 | 1.4 | 1.58 | 1.76 | 1.92 | 2.08 | 2.23 |
| S=105 | H | 248.95 | 219.01 | 196.25 | 178.56 | 164.47 | 153 | 143.48 |
| | f | 1.41 | 1.6 | 1.79 | 1.97 | 2.14 | 2.3 | 2.45 |
| S=110 | H | 236.59 | 211.3 | 191.67 | 176.1 | 163.46 | 153 | 144.2 |
| | f | 1.63 | 1.83 | 2.01 | 2.19 | 2.36 | 2.52 | 2.67 |
| S=115 | H | 226.43 | 204.87 | 187.79 | 173.97 | 162.57 | 153 | 144.84 |
| | f | 1.86 | 2.06 | 2.24 | 2.42 | 2.59 | 2.76 | 2.91 |
| S=120 | H | 218.03 | 199.47 | 184.47 | 172.13 | 161.79 | 153 | 145.42 |
| | f | 2.11 | 2.3 | 2.49 | 2.67 | 2.84 | 3 | 3.16 |

a = 700 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 40 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 672.44 | 561.07 | 451.66 | 346.63 | 251.96 | 178.5 | 131.95 |
| | f | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.15 | 0.2 | 0.29 | 0.39 |
| S=45 | H | 652.85 | 542.43 | 434.75 | 333.06 | 244.45 | 178.5 | 136.79 |
| | f | 0.1 | 0.12 | 0.15 | 0.19 | 0.26 | 0.36 | 0.47 |
| S=50 | H | 631.23 | 522.05 | 416.63 | 319.14 | 237.33 | 178.5 | 141 |
| | f | 0.13 | 0.15 | 0.19 | 0.25 | 0.34 | 0.45 | 0.57 |
| S=55 | H | 607.71 | 500.15 | 397.65 | 305.3 | 230.77 | 178.5 | 144.69 |
| | f | 0.16 | 0.19 | 0.24 | 0.32 | 0.42 | 0.54 | 0.67 |
| S=60 | H | 582.47 | 477.02 | 378.24 | 291.95 | 224.87 | 178.5 | 147.91 |
| | f | 0.2 | 0.24 | 0.3 | 0.39 | 0.51 | 0.64 | 0.78 |
| S=65 | H | 555.75 | 453.03 | 358.9 | 279.44 | 219.64 | 178.5 | 150.75 |
| | f | 0.24 | 0.3 | 0.38 | 0.48 | 0.61 | 0.75 | 0.89 |
| S=70 | H | 527.84 | 428.64 | 340.12 | 268.01 | 215.07 | 178.5 | 153.25 |
| | f | 0.3 | 0.36 | 0.46 | 0.58 | 0.73 | 0.88 | 1.02 |
| S=75 | H | 499.15 | 404.38 | 322.37 | 257.79 | 211.1 | 178.5 | 155.45 |
| | f | 0.36 | 0.44 | 0.56 | 0.7 | 0.85 | 1 | 1.15 |
| S=80 | H | 470.16 | 380.81 | 306.03 | 248.8 | 207.66 | 178.5 | 157.41 |
| | f | 0.43 | 0.54 | 0.67 | 0.82 | 0.98 | 1.14 | 1.3 |
| S=85 | H | 441.45 | 358.5 | 291.33 | 240.96 | 204.68 | 178.5 | 159.14 |
| | f | 0.52 | 0.64 | 0.79 | 0.96 | 1.13 | 1.29 | 1.45 |
| S=90 | H | 413.67 | 337.92 | 278.35 | 234.18 | 202.09 | 178.5 | 160.69 |
| | f | 0.62 | 0.76 | 0.93 | 1.1 | 1.28 | 1.45 | 1.61 |
| S=95 | H | 387.43 | 319.37 | 267.03 | 228.33 | 199.85 | 178.5 | 162.07 |
| | f | 0.74 | 0.9 | 1.08 | 1.26 | 1.44 | 1.61 | 1.77 |
| S=100 | H | 363.28 | 302.98 | 257.24 | 223.28 | 197.89 | 178.5 | 163.31 |
| | f | 0.88 | 1.05 | 1.24 | 1.43 | 1.61 | 1.79 | 1.95 |
| S=105 | H | 341.57 | 288.71 | 248.82 | 218.92 | 196.18 | 178.5 | 164.42 |
| | f | 1.03 | 1.22 | 1.41 | 1.61 | 1.79 | 1.97 | 2.14 |
| S=110 | H | 322.43 | 276.4 | 241.58 | 215.13 | 194.67 | 178.5 | 165.43 |
| | f | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.79 | 1.98 | 2.16 | 2.33 |
| S=115 | H | 305.81 | 265.83 | 235.34 | 211.83 | 193.35 | 178.5 | 166.33 |
| | f | 1.38 | 1.59 | 1.79 | 1.99 | 2.18 | 2.36 | 2.53 |
| S=120 | H | 291.52 | 256.77 | 229.96 | 208.95 | 192.17 | 178.5 | 167.15 |
| | f | 1.57 | 1.79 | 2 | 2.2 | 2.39 | 2.57 | 2.75 |

a = 800 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 40 ] wire : MINK

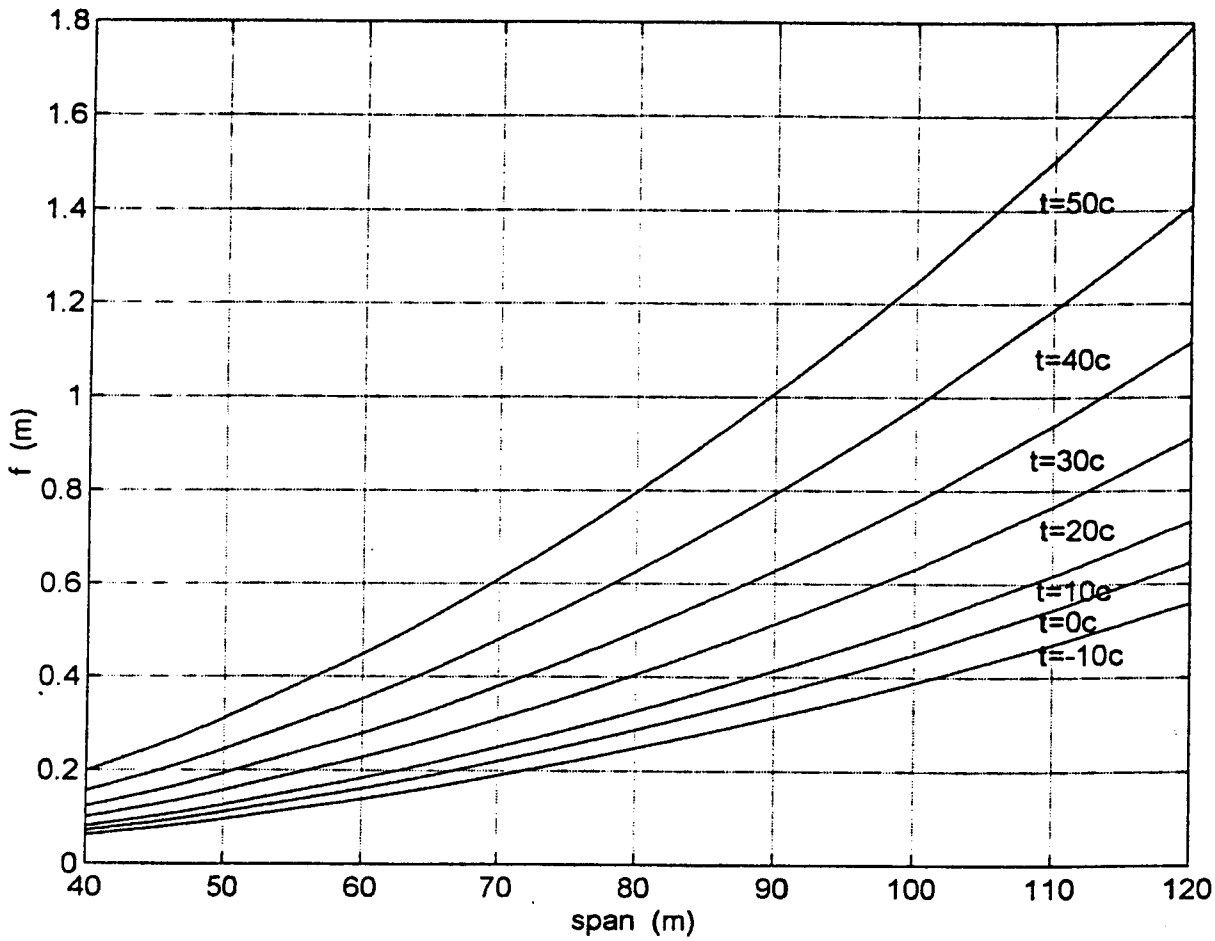
| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 716.27 | 604.44 | 494.09 | 386.9 | 287.12 | 204 | 147.24 |
| | f | 0.07 | 0.08 | 0.1 | 0.13 | 0.18 | 0.25 | 0.35 |
| S=45 | H | 701.39 | 590.26 | 481.13 | 376.24 | 280.76 | 204 | 152.39 |
| | f | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.23 | 0.32 | 0.42 |
| S=50 | H | 684.91 | 574.66 | 467.08 | 365.01 | 274.45 | 204 | 156.98 |
| | f | 0.12 | 0.14 | 0.17 | 0.22 | 0.29 | 0.39 | 0.51 |
| S=55 | H | 666.91 | 557.76 | 452.1 | 353.44 | 268.32 | 204 | 161.07 |
| | f | 0.14 | 0.17 | 0.21 | 0.27 | 0.36 | 0.47 | 0.6 |
| S=60 | H | 647.48 | 539.7 | 436.41 | 341.79 | 262.52 | 204 | 164.72 |
| | f | 0.18 | 0.21 | 0.26 | 0.34 | 0.44 | 0.56 | 0.7 |
| S=65 | H | 626.72 | 520.66 | 420.26 | 330.3 | 257.11 | 204 | 167.98 |
| | f | 0.21 | 0.26 | 0.32 | 0.41 | 0.52 | 0.66 | 0.8 |
| S=70 | H | 604.79 | 500.84 | 403.93 | 319.22 | 252.16 | 204 | 170.91 |
| | f | 0.26 | 0.31 | 0.39 | 0.49 | 0.62 | 0.77 | 0.91 |
| S=75 | H | 581.85 | 480.5 | 387.72 | 308.73 | 247.67 | 204 | 173.53 |
| | f | 0.31 | 0.37 | 0.46 | 0.58 | 0.72 | 0.88 | 1.03 |
| S=80 | H | 558.12 | 459.93 | 371.93 | 298.98 | 243.63 | 204 | 175.89 |
| | f | 0.37 | 0.44 | 0.55 | 0.68 | 0.84 | 1 | 1.16 |
| S=85 | H | 533.86 | 439.47 | 356.83 | 290.04 | 240.02 | 204 | 178.01 |
| | f | 0.43 | 0.52 | 0.65 | 0.79 | 0.96 | 1.13 | 1.29 |
| S=90 | H | 509.38 | 419.45 | 342.65 | 281.94 | 236.8 | 204 | 179.92 |
| | f | 0.51 | 0.62 | 0.75 | 0.92 | 1.09 | 1.27 | 1.44 |
| S=95 | H | 485.02 | 400.2 | 329.55 | 274.67 | 233.94 | 204 | 181.65 |
| | f | 0.59 | 0.72 | 0.87 | 1.05 | 1.23 | 1.41 | 1.58 |
| S=100 | H | 461.16 | 382.02 | 317.6 | 268.18 | 231.4 | 204 | 183.21 |
| | f | 0.69 | 0.83 | 1 | 1.19 | 1.38 | 1.56 | 1.74 |
| S=105 | H | 438.18 | 365.13 | 306.84 | 262.42 | 229.14 | 204 | 184.63 |
| | f | 0.8 | 0.96 | 1.15 | 1.34 | 1.53 | 1.72 | 1.9 |
| S=110 | H | 416.41 | 349.68 | 297.21 | 257.3 | 227.12 | 204 | 185.92 |
| | f | 0.93 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.89 | 2.07 |
| S=115 | H | 396.15 | 335.71 | 288.66 | 252.77 | 225.32 | 204 | 187.09 |
| | f | 1.06 | 1.26 | 1.46 | 1.67 | 1.87 | 2.07 | 2.25 |
| S=120 | H | 377.58 | 323.21 | 281.09 | 248.74 | 223.71 | 204 | 188.16 |
| | f | 1.22 | 1.42 | 1.63 | 1.85 | 2.05 | 2.25 | 2.44 |

a = 900 [ in : ice = 0 , Wind = 0 ,t = 40 ] wire : MINK

| | t (c) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S=40 | H | 754.31 | 642.17 | 531.19 | 422.63 | 319.6 | 229.5 | 163.38 |
| | f | 0.07 | 0.08 | 0.1 | 0.12 | 0.16 | 0.22 | 0.31 |
| S=45 | H | 742.66 | 631.08 | 521.05 | 414.2 | 314.36 | 229.5 | 168.6 |
| | f | 0.09 | 0.1 | 0.12 | 0.16 | 0.21 | 0.28 | 0.38 |
| S=50 | H | 729.75 | 618.84 | 509.96 | 405.16 | 308.99 | 229.5 | 173.35 |
| | f | 0.11 | 0.13 | 0.16 | 0.2 | 0.26 | 0.35 | 0.46 |
| S=55 | H | 715.61 | 605.53 | 498.03 | 395.68 | 303.61 | 229.5 | 177.66 |
| | f | 0.13 | 0.16 | 0.19 | 0.24 | 0.32 | 0.42 | 0.54 |
| S=60 | H | 700.29 | 591.2 | 485.38 | 385.88 | 298.31 | 229.5 | 181.58 |
| | f | 0.16 | 0.19 | 0.24 | 0.3 | 0.38 | 0.5 | 0.63 |
| S=65 | H | 683.86 | 575.97 | 472.15 | 375.95 | 293.19 | 229.5 | 185.15 |
| | f | 0.2 | 0.23 | 0.29 | 0.36 | 0.46 | 0.59 | 0.73 |
| S=70 | H | 666.39 | 559.94 | 458.48 | 366.04 | 288.31 | 229.5 | 188.38 |
| | f | 0.23 | 0.28 | 0.34 | 0.43 | 0.54 | 0.68 | 0.83 |
| S=75 | H | 647.97 | 543.25 | 444.57 | 356.3 | 283.73 | 229.5 | 191.33 |
| | f | 0.28 | 0.33 | 0.4 | 0.5 | 0.63 | 0.78 | 0.94 |
| S=80 | H | 628.72 | 526.05 | 430.59 | 346.88 | 279.46 | 229.5 | 194.01 |
| | f | 0.32 | 0.39 | 0.47 | 0.59 | 0.73 | 0.89 | 1.05 |
| S=85 | H | 608.76 | 508.53 | 416.73 | 337.89 | 275.53 | 229.5 | 196.45 |
| | f | 0.38 | 0.45 | 0.55 | 0.68 | 0.84 | 1 | 1.17 |
| S=90 | H | 588.24 | 490.87 | 403.18 | 329.41 | 271.92 | 229.5 | 198.68 |
| | f | 0.44 | 0.53 | 0.64 | 0.78 | 0.95 | 1.13 | 1.3 |
| S=95 | H | 567.35 | 473.28 | 390.12 | 321.5 | 268.62 | 229.5 | 200.71 |
| | f | 0.51 | 0.61 | 0.74 | 0.89 | 1.07 | 1.25 | 1.43 |
| S=100 | H | 546.29 | 455.98 | 377.67 | 314.19 | 265.63 | 229.5 | 202.57 |
| | f | 0.58 | 0.7 | 0.84 | 1.01 | 1.2 | 1.39 | 1.57 |
| S=105 | H | 525.27 | 439.19 | 365.96 | 307.48 | 262.91 | 229.5 | 204.28 |
| | f | 0.67 | 0.8 | 0.96 | 1.14 | 1.34 | 1.53 | 1.72 |
| S=110 | H | 504.54 | 423.08 | 355.06 | 301.36 | 260.44 | 229.5 | 205.84 |
| | f | 0.76 | 0.91 | 1.09 | 1.28 | 1.48 | 1.68 | 1.87 |
| S=115 | H | 484.33 | 407.83 | 345 | 295.8 | 258.2 | 229.5 | 207.27 |
| | f | 0.87 | 1.03 | 1.22 | 1.43 | 1.63 | 1.84 | 2.03 |
| S=120 | H | 464.86 | 393.54 | 335.79 | 290.76 | 256.18 | 229.5 | 208.59 |
| | f | 0.99 | 1.17 | 1.37 | 1.58 | 1.79 | 2 | 2.2 |

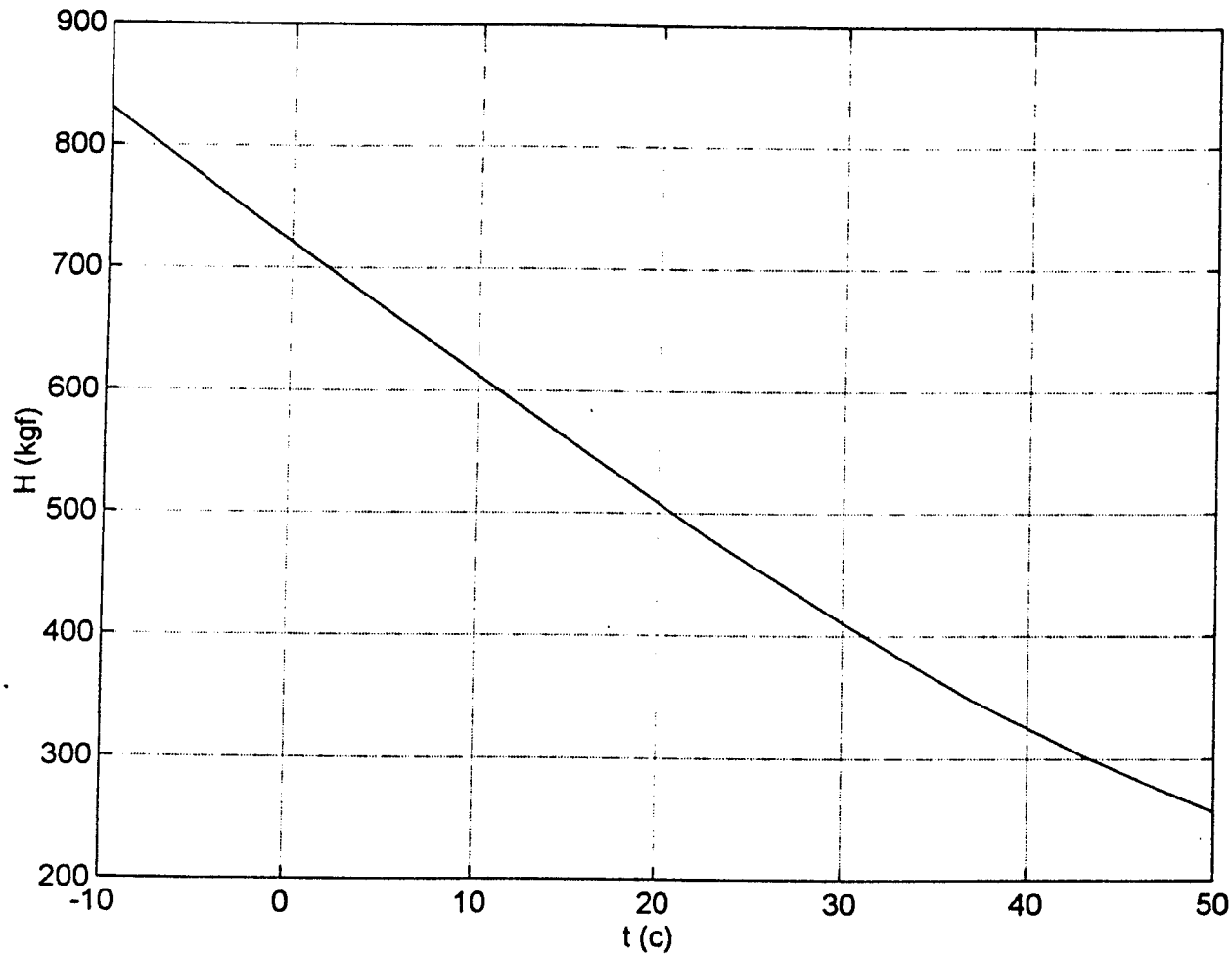
**منحنیهای تغییر فلش با تغییر اسپن در یک سکشن مشخص در دماهای مختلف**

**(اسپن معادل = ۷۰ متر، پارامتر سیم = ۹۰۰ ، نوع منطقه: سبک و متوسط)**



منحنی تغییر کشش با تغییر دما در یک سکشن مشخص

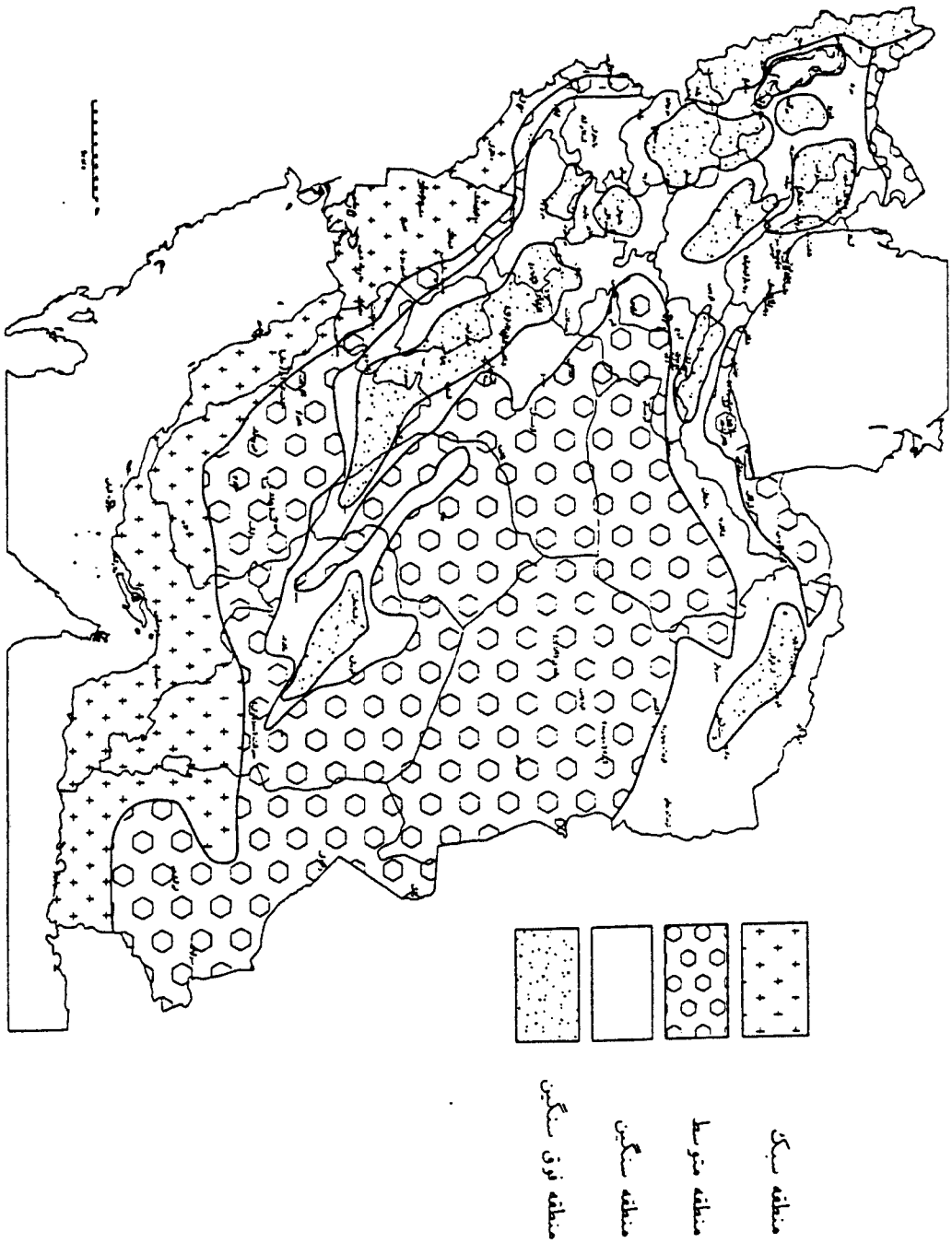
(اسپن معادل = ۷۰ متر، پارامتر سیم = ۹۰۰ ، نوع منطقه : سبک و متوسط)




| | | |
|---|---|---|
| شماره استاندارد ۱ ـ ۵۱ | عنوان فرعی: جلد اول ـ مبانی طراحی و جداول کاربردی | تاریخ: فروردین ۱۳۷۸ |
| معاونت تحقیقات وتکنولوژی | عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی | صفحه: ۷۰ |

## پیوست (پ) - شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور[1]

۱. مرجع این پیوست "استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال نیروی ایران، نقشهٔ پهنه بندی مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور" از انتشارات دفتر استانداردهای وزارت نیرو می‌باشد.




نقشه تقسیم‌بندی مناطق مختلف ایران براساس شرایط آب و هوایی

| | | |
|---|---|---|
| شماره استاندارد ۱ ـ ۵۱ | ***عنوان فرعی:*** جلد اول ـ مبانی طراحی و جداول کاربردی | ***تاریخ:*** فروردین ۱۳۷۸ |
| ***معاونت تحقیقات وتکنولوژی*** | ***عنوان اصلی:*** استاندارد خطوط هوایی | ***صفحه:*** ۷۲ |

## 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سبک(۱) | بارگذاری متعادل | استاندارد | یخ و باد متوسط | ۱۵ | — | ۲۸(۵۰) | — |
| | | | NESC-LIGHT (۱) | -۱ | — | ۲۶/۵(۴۴) | ۰/۰۷ |
| | | حدی | باد شدید | ۰ | — | ۴۵(۱۲۶) | — |
| | | | یخ سنگین | -۵ | ۶ | ۲۲(۳۰) | — |
| | بارگذاری غیرمتعادل | | بارطولی‌نامتعادل-پارگی‌سیم‌دربادشدید | ۰ | — | ۴۵(۱۲۶) | — |
| | | | بار طولی متعادل: - یخ و باد در یکطرف اسپن - باد بدون‌یخ در طرف دیگر | -۵ | ۶-۰ | ۲۲(۳۰) | — |
| | شرایط EDS (۲) | | | ۲۵ | — | — | — |
| | حداقل درجه حرارت | | | -۵۰ | — | — | — |
| | حداکثر درجه حرارت | | | ۵۰-۵۵* | — | — | — |
| 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 | | بارطولی‌نامتعادل-پارگی‌سیم‌دریخ‌سنگین | -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 | — | — | — |

(۱) *National Electrical Safety Code*

(۲) *Every Day Steress*

* درجه حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد برای جزایر جنوبی و حاشیه خلیج فارس درنظر گرفته می‌شود.

ادامه

| نوع منطقه | نوع بارگذاری | | | درجه حرارت (°c) | یخ (ضخامت شعاعی) (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 | | بارطولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین | -۵ | *۲۰-۲۵ | — | — |
| | | | بار طولی متعادل:<br>- یخ و باد در یکطرف اسپن<br>- باد بدون یخ درطرف دیگر | -۲۰ | ۰-۱۵ | ۲۰(۲۵) | — |
| | شرایط EDS | | | ۱۸ | — | — | — |
| | حداقل درجه حرارت | | | -۲۵ | — | — | — |
| | حداکثر درجه حرارت | | | ۴۰ | — | — | — |
| فوق سنگین (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 | | بارطولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین | -۵ | **۳۰-۵۰ | — | — |
| | | | بار طولی متعادل:<br>- یخ و باد در یکطرف اسپن<br>- باد بدون یخ 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

## پیوست (ت) - فواصل هوایی مجاز خطوط و تجهیزات خط از زمین

در این پیوست فواصل هوایی مجاز خطوط و تجهیزات خط از زمین و تأسیسات دیگر برای ولتاژهای استاندارد توزیع آورده شده است.

*جدول (ت - ۱) فاصله 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 لب جدول خیابان | | ۰/۱۵ | | ۰/۱۵ | |
| فاصله افقی از سازه‌های نگهدارنده خط دیگر، علائم، چراغهای راهنمایی و ... | ۱/۱ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | این مقادیر برای شرایط وجود باد (باد ۲۹۰Pa و دمای ۱۵°C) است. و برای حالت بدون باد برای ولتاژهای کمتر از ۵۰KV (فاز) حداقل فاصله ۱/۵m می‌باشد. |
| فاصله قائم از سازه‌های نگهدارنده خط دیگر، علائم، چراغهای راهنمایی و ... | ۱/۴ | ۱/۷ | ۱/۷. | ۱/۷ | |
| فاصله افقی از علائم، آنتنها، دودکشها و ... | | ۲/۳ | ۲/۳ | | |
| فاصله قائم از علائم، آنتنها، دودکشها و ... | | ۲/۴۵ | ۲/۴۵ | | |
| فاصله‌هوایی‌ازسطح‌آب (مناطق‌قابل‌شنا) | | 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. |
| فاصله‌ازسیمهای‌مهارواسپن‌وسیمهای‌زمین | ۰/۶ | ۲/۰ | ۲/۰ | | |
| فاصله از سیمهای ۷۵۰V-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 پائینترین سیم در تقاطع با لوله‌های گاز | | | ۸ | | |

## جدول (ت - ۲) فاصله هوایی تجهیزات خطوط از تأسیسات (متر)

| | ۳۸۰V | ۱۱KV | ۲۰KV | ۳۳KV | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| فاصله پایه خطوط از جدار لوله‌های گاز | ۰/۵ | | ۲ | | |
| فاصله‌پایه‌دکل‌ازجدارلوله‌های‌گاز(مسیر مشترک < ۵Km) | | | ۲۰ | | |
| فاصله‌پایه‌دکل‌ازجدارلوله‌های‌گاز(مسیر مشترک > ۵Km) | | | ۳۰ | | |
| فاصله افقی تیر از محور ریل | | ۱۷ | ۱۷ | ۱۷ | |
| فاصله هوایی قسمتهای برقدار بدون حفاظ تجهیزات | * | * | * | * | * این مقادیر نباید کمتر از مقادیر موردنیاز برای هادیهای خطوط باشند. |

## جدول (ت - ۳) فاصله مجاز قائم 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 | | |
| بموازات‌جاده‌هادرمناطق‌روستایی(در تقاطعهای فرعی) | ۴/۶ | ۵/۵ | ۶/۱ | | |
| آبها (با سطح کمتر از ۸ هکتار) | | ۶/۲ | ۶/۲ | | |

## جدول (ت - ۴) فاصله مجاز قائم تجهیزات از سطح (متر)

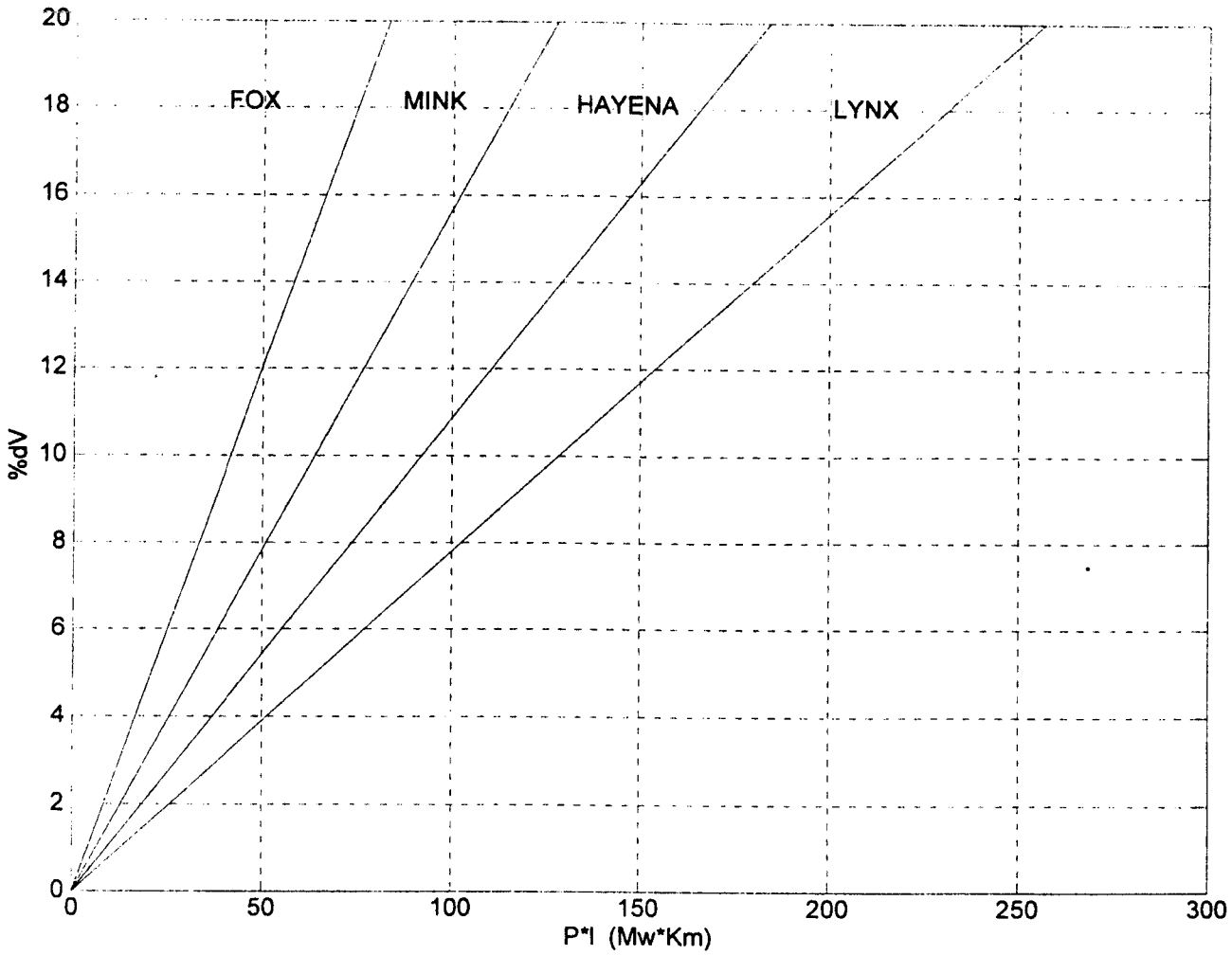
| | ۳۸۰V | ۱۱KV | ۲۰KV | ۳۳KV | تجهیزات زمین‌شده | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| خیابان اصلی | ۴/۹ | ۵/۵ | ۵/۵ | | ۴/۶ | |
| کوچه | ۴/۹ | ۵/۵ | ۵/۵ | | ۴/۶ | |
| پیاده‌رو | ۳/۶ | ۴/۳ | ۴/۳ | | ۳/۴ | فاصله‌قائم‌لامپ‌روشنایی‌اززمین۴/۷۵متراست |
| عبور از جاده‌های اصلی | ۴/۹ | ۵/۵ | ۵/۵ | | ۴/۶ | |
| بموازات جاده‌ها در مناطق روستایی (در تقاطعهای فرعی) | ۴/۳ | ۴/۹ | ۴/۹ | | ۴ | |

## پیوست (ث) - منحنی‌های افت ولتاژ برای سیمهای توزیع

در این پیوست برای هر یک از سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع (فاکس، مینک، هاینا و لینکس) و در هر یک از ولتاژهای استاندارد شده این خطوط (۲۰kv و ۳۳kv) نمودارهای تغییرات درصد افت ولتاژ با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان (P×l) آورده شده است. برای خطوط ۲۰KV کراس آرم ۱/۵ متری و پایه ۱۲ متری و برای خطوط ۳۳Kv کراس آرم ۲ متری و پایه ۱۲ متری در نظر گرفته شده است. $Cos\varphi$ برابر ۰/۹ فرض شده است.

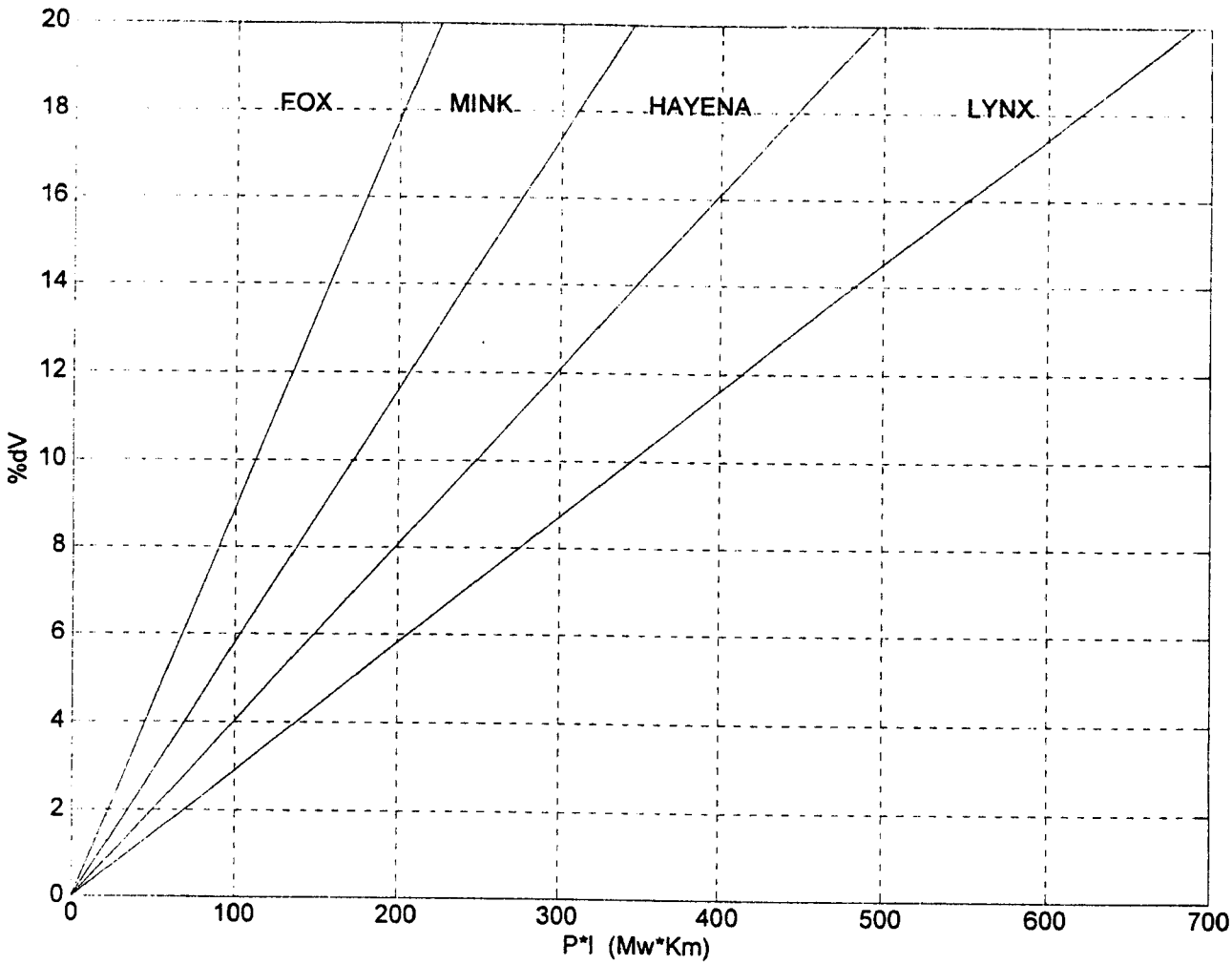
**تغییرات درصد افت ولتاژ با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان**

**(ولتاژ = ۲۰kV ، کراس آرم ۱/۵ متری، پایه ۱۲ متری، ۰/۹ = Cosφ)**



**تغییرات درصد افت ولتاژ با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان**

**(ولتاژ = ۳۳kV، کراس آرم ۲ متری، پایه ۱۲ متری، $Cos\varphi$ =۰/۹)**

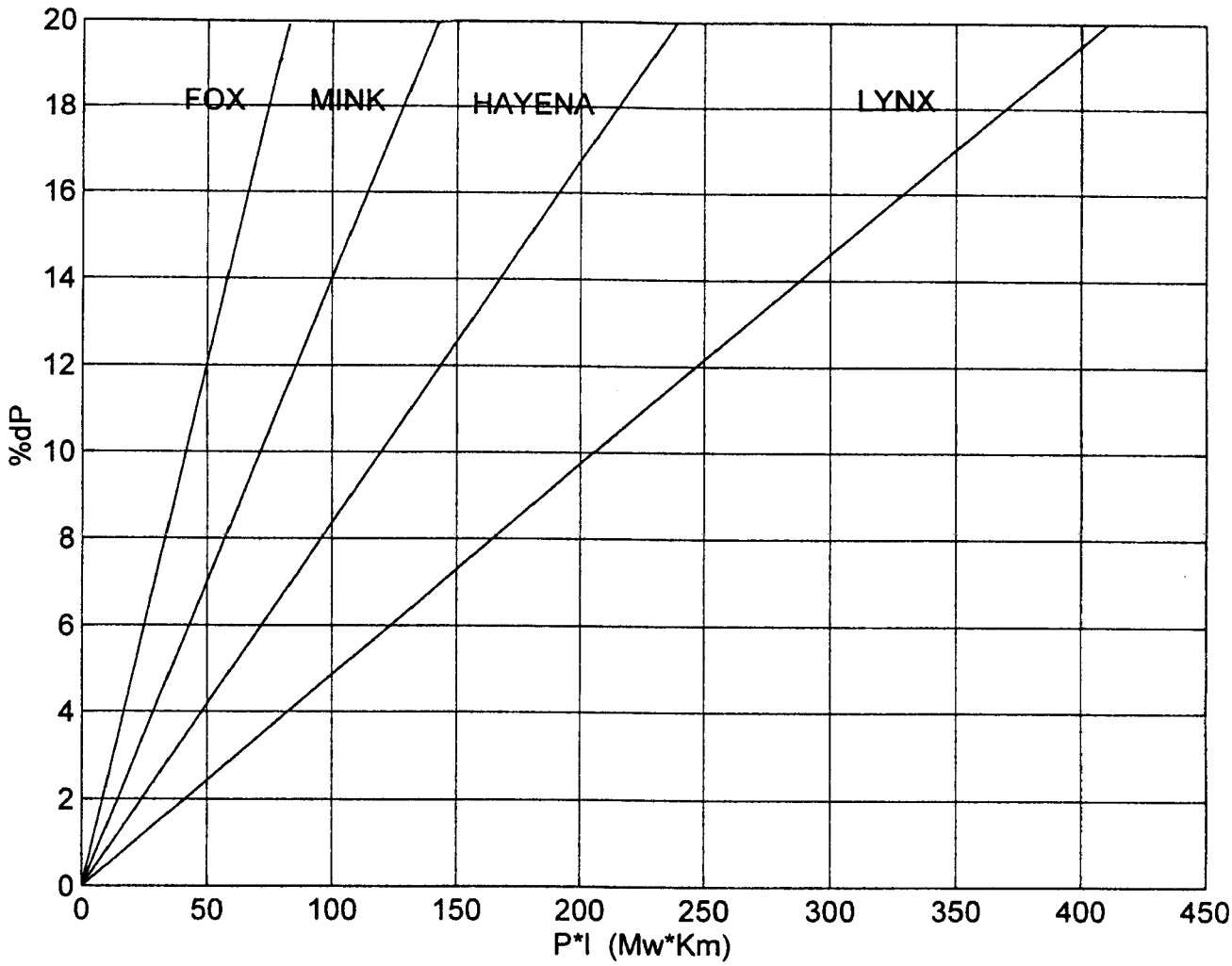


## پیوست (ج) - منحنی‌های افت توان برای سیمهای توزیع

در این پیوست برای هر یک از سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع (فاکس، مینک، هاینا و لینکس) و در هر یک از ولتاژهای استاندارد شده این خطوط (۲۰kv و ۳۳kv) نمودارهای تغییرات درصد افت توان با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان (P×ℓ) آورده شده است. برای خطوط ۲۰KV کراس آرم ۱/۵ متری و پایه ۱۲ متری و برای خطوط ۳۳Kv کراس آرم ۲ متری و پایه ۱۲ متری در نظر گرفته شده است. $Cos\varphi$ برابر ۰/۹ فرض شده است.

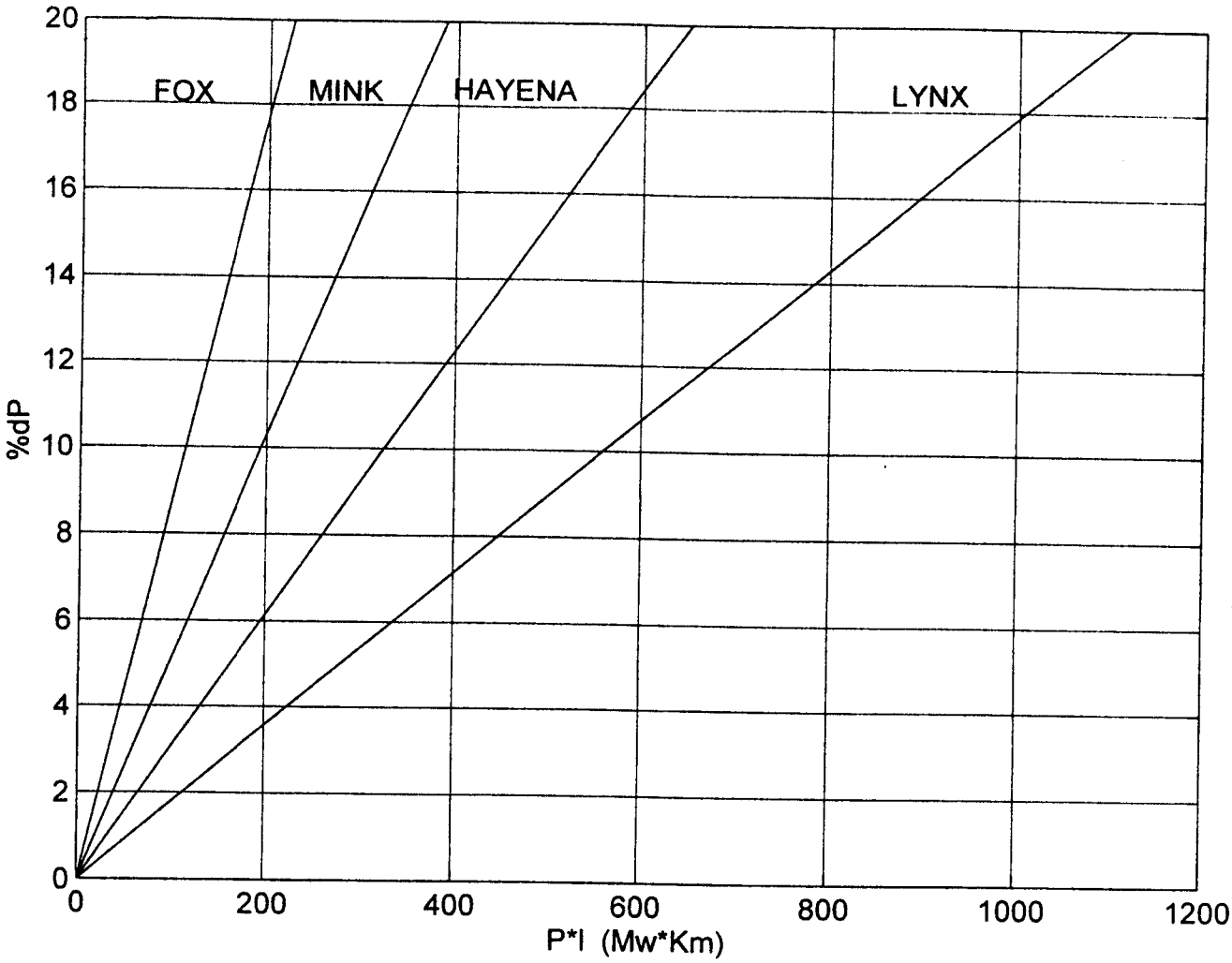
**تغییرات درصد افت توان با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان**

**(ولتاژ = ۲۰kV، کراس آرم ۱/۵ متری، پایه ۱۲ متری، $Cos\varphi$ = ۰/۹)**



تغییرات درصد افت توان با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان

(ولتاژ = ۳۳kV، کراس آرم ۲ متری، پایه ۱۲ متری، $Cos\varphi = ۰/۹$)




| | | |
|---|---|---|
| شماره استاندارد ۱ ـ ۵۱ | عنوان فرعی: جلد اول ـ مبانی طراحی و جداول کاربردی | تاریخ: فروردین ۱۳۷۸ |
| معاونت تحقیقات وتکنولوژی | عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی | صفحه: ۸۲ |

## پیوست (چ) - منحنی‌های جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای توزیع

در این پیوست نمودارهای جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع (مسی و ACSR) بر حسب زمان عبور این جریان رسم شده است. $T_n$ دمای هادی در کارکرد عادی و $T_{max}$ حداکثر دمای مجاز هادی در حین اتصال کوتاه است.

حداکثر جریان اتصال کوتاه برای هادی از یک جنس از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I = \sqrt{۴/۱۸۴ \times \frac{A^۲ WC}{\alpha \rho_{(T_n)} \times t \times ۱۰^{-۶}} Ln\left[۱ + \alpha (T_{max} - T_n)\right]}$$

I : حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز در زمان t [KA]

t : زمان عبور جریان اتصال کوتاه [S] ،

A : سطح مقطع [$mm^۲$]

W : چگالی وزنی [$g/cm^۳$]

C : ضریب حرارتی ویژه [cal/gr°C]

$\alpha$ : ضریب حرارتی مقاومت الکتریکی [$\frac{۱}{°C}$]

$\rho_{(Tn)}$ : مقاومت ویژه در دمای $T_n$ [$\frac{\Omega.mm^۲}{m}$]

$T_n$ : دمای اولیه هادی [°C]

$T_{max}$ : دمای ماکزیمم [°C]

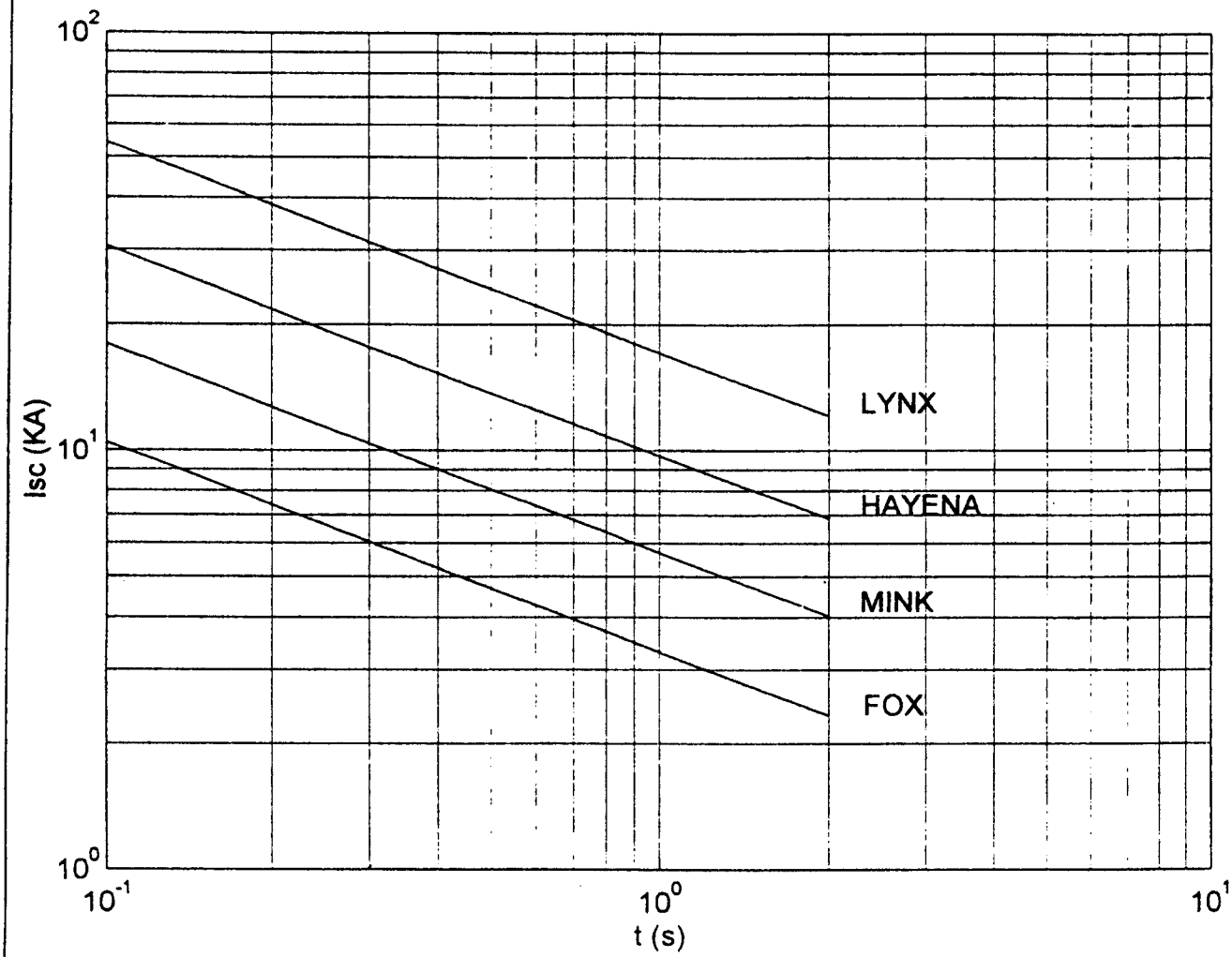
در مورد هادی ACSR حداکثر جریان اتصال کوتاه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I = \sqrt{۴/۱۸۴ \times \frac{A_۱^۲ W_۱ C_۱ + A_۱ A_۲ W_۲ C_۲}{t \times ۱۰^{-۶} \times \alpha_۱ \rho_{۱(T_n)}} \times Ln\left[۱ + \alpha_۱ (T_{max} - T_n)\right]}$$

مقادیر با اندیس ۱ مربوط به مس و مقادیر با اندیس ۲ مربوط به فولاد است.

*حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای ACSR توزیع بر حسب زمان عبور این جریان*

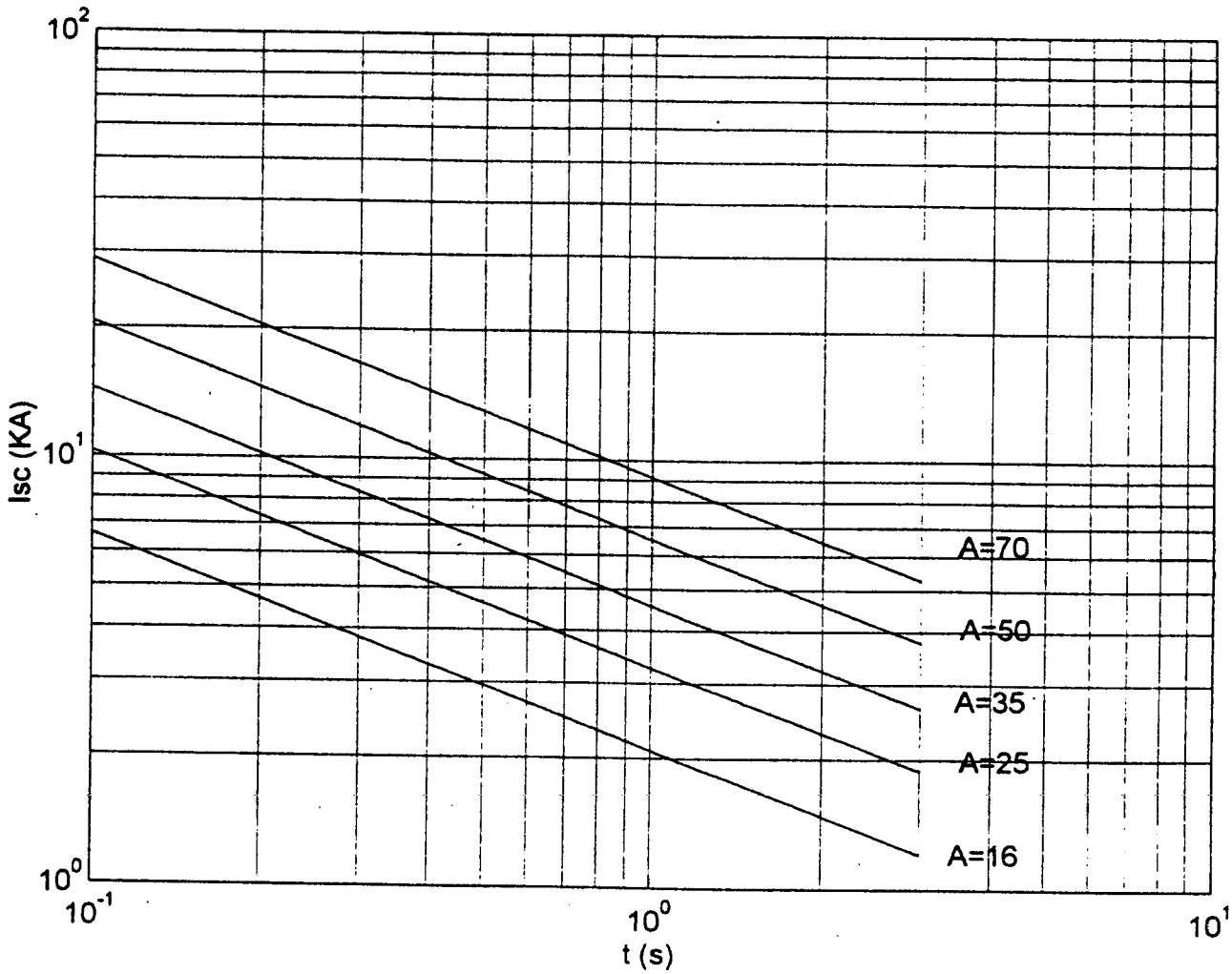
$(T_{max} = ۱۸۰°C$ و $T_n = ۷۰°C)$




| | | |
|---|---|---|
| شماره استاندارد ۱ ـ ۵۱ | ***عنوان فرعی***: جلد اول ـ مبانی طراحی و جداول کاربردی | ***تاریخ***: فروردین ۱۳۷۸ |
| ***معاونت تحقیقات وتکنولوژی*** | ***عنوان اصلی***: استاندارد خطوط هوایی | ***صفحه***: ۸۴ |

## حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای مسی توزیع بر حسب زمان عبور این جریان

($T_{max}$ = ۲۰۰°C و $T_n$ = ۷۰°C)



## پیوست (ح) - مراحل طراحی و اجرای یک خط هوایی توزیع انرژی الکتریکی

مراحل طراحی و اجرای یک خط هوایی مطابق این استاندارد بصورت زیر است:

۱- مسیریابی

۲- محاسبات الکتریکی

۲-۱- در نظر گرفتن حداکثر افت ولتاژ و حداکثر افت توان و سطح اتصال کوتاه لازم

۲-۲- استخراج هادیها و سطح ولتاژهای قابل قبول در شرایط بند ۲-۱

۲-۳- بررسی اقتصادی

۲-۴- انتخاب هادی و سطح ولتاژ بهینه

۳- محاسبات مکانیکی

۳-۱- استخراج جداول کشش و فلش و ضریب اطمینان رژیمهای مختلف و همچنین جداول نصب با توجه به نوع منطقه و هادی مورد نظر

۳-۲- محاسبه حداکثر فلش الکتریکی با توجه به نوع کراس آرم

۳-۳- استخراج سطرهایی از جدول که شرط ضریب اطمینان و حداکثر فلش الکتریکی را برآورده سازد.

۳-۴- تهیه جدول مقایسه

۳-۵- حذف ستونهای فاقد شرایط حداکثر اسپن وزنی و حداکثر اسپن بادگیر از جدول مقایسه

۳-۶- برآورد اقتصادی و انتخاب نهایی اسپن

۳-۷- استخراج سطر مربوط به اسپن معادل و پارامتر انتخاب شده از جدول نصب

۳-۸- تهیه نمودارهای فلش و کشش نصب

۳-۹- پایه‌گذاری روی پروفیل

۳-۱۰- کنترل مقاومت پایه‌ها و نیروی بالابرنده و در صورت لزوم استفاده از مهار

۴- نصب و تنظیم سیم با استفاده از منحنیهای فلش و کشش نصب

## پیوست (خ) - یک نمونه مثال عملی

در این پیوست مشخصات یک نمونه عملی خط توزیع آورده شده است و سپس طراحی الکتریکی و مکانیکی آن مطابق این استاندارد صورت گرفته است. مشخصات خط و منطقه بصورت زیر است.

- نوع منطقه : سبک و متوسط
- طول خط : ۱۰ کیلومتر
- قدرت انتقالی : ۵/۵ مگاولت آمپر ($Cos\varphi$ = ۰/۹)
- افت ولتاژ مجاز : ۵ درصد
- سطح اتصال کوتاه لازم : ۷ کیلو آمپر در مدت زمان ۰/۵ ثانیه
- پروفیل منطقه (برای تعیین طول دقیق اسپنها و محل پایه‌های گوشه‌ای)
- ضریب اطمینان لازم در طراحی مکانیکی : ۲/۵

مراحل اجرای خط پس از مسیریابی بترتیب زیر است.

### ۱- طراحی الکتریکی

در طراحی الکتریکی با در نظر گرفتن افت ولتاژ و سطح اتصال کوتاه، هدف تعیین سطح ولتاژ و نوع و سایز هادی است. با توجه به منحنیهای افت ولتاژ مجاز در پیوست (ث) و با توجه به اینکه طول خط 5km و قدرت انتقالی 5/5MVA و $Cos\varphi$ = ۰/۹ است و افت ولتاژ مجاز ۵ درصد در نظر گرفته شده است، دیده می‌شود که سیم مینک با ولتاژ ۲۰KV و سیم فاکس با ولتاژ ۳۳KV جوابگو هستند. اگر به سطح اتصال کوتاه لازم در خط نیز توجه شود (۷ کیلو آمپر در مدت ۰/۵ ثانیه) با استفاده از نمودارهای پیوست (چ) می‌توان نتیجه گرفت که بین دو سیم مینک و فاکس فقط سیم مینک جوابگو می‌باشد. بنابراین هادی سیم مینک و سطح ولتاژ ۲۰KV انتخاب می‌شود.

### ۲- محاسبات مکانیکی

#### ۲-۱- تهیه جداول شرایط مختلف آب و هوایی برای سیم انتخاب شده

در این جداول با فرض پارامترهای مختلف سیم در وضعیتهای مختلف آب و هوایی منطقه، مقادیر فلش و

کشش و ضریب اطمینان محاسبه می‌شوند. این جداول برای سیم مینک در منطقه آب و هوایی مثال مذکور (سبک و متوسط) در پیوست (الف) آورده شده است.

**۲-۲- انتخاب پارامتر سیم و اسپن معادل طراحی و ارتفاع پایه‌ها**

با توجه به اینکه ضریب اطمینان لازم برای مقاومت مکانیکی سیمها ۲/۵ در نظر گرفته شده است و با توجه به حداکثر فلش الکتریکی که در زیر حساب شده است اسپنهای مجاز مشخص می‌شوند.

$$Pc = Kc\sqrt{f_{max} + L_1} + \frac{U}{150} \xrightarrow{\text{(مقره سوزنی)}} 1/2 = 0/85\sqrt{f_{max} + 0} + \frac{20}{150} \Rightarrow f_{max} = 1/57\text{۴m}$$

برای تعیین ارتفاع پایه‌ها باید حریم مجاز خط مشخص شود در این مثال:

حریم مجاز هادیها از زمین = ۶/۲ + ۰/۵ = ۶/۷m

با استفاده از مطالب فوق جدول مقایسه تشکیل می‌شود. در سطر آخر جدول مقایسه حداکثر نیروی افقی وارد بر پایه‌های مماسی محاسبه و نوشته می‌شود. این نیرو از شرایط حداکثر باد حاصل می‌شود. برای پایه ۱۲ متری و اسپن ۸۰ متری این نیرو برابر است با:

$$\text{قدرت لازم پایه مماسی} = \frac{h}{h_1} \times KSV^2 + 3\times(S \times W_w)$$

$$\left(h = \frac{b - \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}}}{b - a} \times G\right)$$

$$= \frac{5/2}{12-0/6} \times [0/0812 \times (0/3 \times 12) \times (16 \times 126)] + 3\times[80 \times (126 \times 10/98 \times 10^{-3})]$$

$$= 600\text{Kgf}$$

| a | ۶۵۰ | ۶۵۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۵۵۰ | ۵۵۰ | ۵۰۰ | ۵۰۰ | ۴۵۰ | ۴۵۰ | ۴۰۰ | ۴۰۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S (m) | ۸۵ | ۷۵ | ۸۵ | ۷۵ | ۸۰ | ۷۵ | ۷۵ | ۷۰ | ۷۵ | ۶۵ | ۷۰ | ۶۰ |
| $f_{max}$ (m) | ۱/۴۹ | ۱/۱۷ | ۱/۵۷ | ۱/۲۳ | ۱/۴۸ | ۱/۳ | ۱/۴۱ | ۱/۲۳ | ۱/۵۶ | ۱/۱۷ | ۱/۵۳ | ۱/۱۲ |
| ضریب اطمینان | ۲/۵۵ | ۲/۵۶ | ۲/۶۸ | ۲/۶۸ | ۲/۸۳ | ۲/۸۳ | ۳/۰۲ | ۳ | ۳/۲۷ | ۳/۲۱ | ۳/۵۸ | ۳/۴۸ |
| (m) ارتفاع محل نصب سیم از زمین | ۸/۱۹ | ۷/۸۷ | ۸/۲۷ | ۷/۹۳ | ۸/۱۷ | ۸ | ۸/۱۱ | ۷/۹۳ | ۸/۲۶ | ۷/۸۷ | ۸/۲۳ | ۷/۸۲ |
| (m) ارتفاع پایه | ۹/۸۹ | ۹/۵۷ | ۹/۹۷ | ۹/۶۳ | ۹/۸۷ | ۹/۷ | ۹/۸۱ | ۹/۶۳ | ۹/۹۶ | ۹/۵۷ | ۹/۹۳ | ۹/۵۲ |
| (m) ارتفاع نرم‌شده | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |
| (Kgf)قدرت لازم برای پایه | ۶۲۱ | ۴۸۲ | ۶۲۱ | ۵۸۰ | ۶۰۰ | ۵۸۰ | ۵۸۰ | ۵۶۰ | ۵۸۰ | ۴۴۰ | ۵۶۰ | ۴۲۰ |

چون طول اسپن در تمام موارد ۱۲m محاسبه شده است، برآورد اقتصادی بین طول اسپن و قدرت لازم پایه

صورت می‌گیرد. برای این منظور با در نظر گرفتن طول اسپن و قدرت لازم پایه در هر پارامتر اقتصادی‌ترین طول اسپن و قدرت پایه انتخاب می‌شوند و پارامتر مربوطه بعنوان پارامتر نهایی انتخاب می‌شود.

پس از بررسی اقتصادی بین مقاومت پایه‌ها و طول اسپن، اسپن معادل ۸۵m، پارامتر سیم ۶۵۰ و ارتفاع پایه ۱۲ متر انتخاب گردید یعنی:

ارتفاع پایه = ۱۲m و a = ۶۵۰ و $S_{eq}$ = ۸۵m

**۲-۳- تهیه تمپلت**

طبق آنچه در بخش ۵-۴-۱ بیان شد منحنیهای سرد و گرم و معمولی و فاصله مجاز سیم تا زمین و نیز منحنی محل پایه استاندارد رسم می‌شود و بر اساس آنها تمپلت تهیه می‌شود و سپس روی پروفیل (با توجه به عوارض و شکل زمین) پایه‌گذاری صورت می‌گیرد و محل دقیق پایه‌های مماسی و گوشه‌ای و زاویه پایه‌های گوشه‌ای مشخص می‌شود.

**۲-۴- قدرت پایه‌های گوشه‌ای:**

در این مرحله می‌توان قدرت لازم برای پایه‌های گوشه‌ای را محاسبه کرد.

برایند افقی نیروی کشش سیم در دو طرف + نیروی باد بر سیم + نیروی باد بر پایه - مجموع نیروهای وارد بر پایه گوشه‌ای

بعنوان مثال اگر در نقطه‌ای خط باندازه ۳۰° تغییر مسیر داده باشد:

$$\text{قدرت پایه} = \frac{h}{h_1}(KSv^2) + 3\times[S_w \times W_w \times \text{Cos}\frac{\gamma}{2} + 2H\ \text{Sin}\frac{\gamma}{2}]$$

$$= \frac{5/2}{12-0/6} \times [0/0812 \times (0/3 \times 12) \times (16 \times 126)] + 3 \times [85 \times (126 \times 10/98 \times 10^{-3}) \times$$

$$\text{Cos}15^\circ + 2 \times 870/48 \times \text{Sin}15^\circ] = 268/8 + 3 \times (113/6 + 450/6) = 1961\text{Kgf}$$

بنابراین نیاز به دو پایه با قدرت نرم شده ۱۲۰۰Kgf و یا یک پایه ۱۲۰۰Kgf و مهار می‌باشد.

**۲-۵- استفاده از مهار در صورت لزوم**

اگر در جایی از مسیر خط، پایه توان مقاومت کامل در برابر نیروهای وارد بر آن را نداشته باشد به تناسب موقعیت ممکن است از یکی از انواع مهار استفاده شود. بنابراین باید نیروی وارد بر پایه‌ها کنترل نهایی شود. همچنین نیروی uplift باید کنترل شود و در صورت لزوم برای مقابله با آن از مهار استفاده شود.

در مثال فوق اگر در نقطه مذکور از یک پایه ۱۲۰۰Kgf و مهار استفاده شود نیروی مقاومت مهار بصورت زیر

محاسبه می‌شود. (فاصله محل نصب سیمها از زمین $h_1 = 11/4m$ و مهار ساده در فاصله $h_2 = 8m$ از سطح زمین به پایه متصل می‌شود. همچنین فرض می‌شود نقطه اتصال سیم مهار به زمین بگونه‌ای است که زاویه $\alpha$ برابر $60°$ می‌باشد.)

$$T' = \frac{h}{h_2} \times \frac{M - KI'}{Sin\alpha} = \frac{11/4}{8} \times \frac{1961 - 1 \times 1200}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 1252kgf$$

**۲-۶- جدول نصب و منحنیهای نصب**

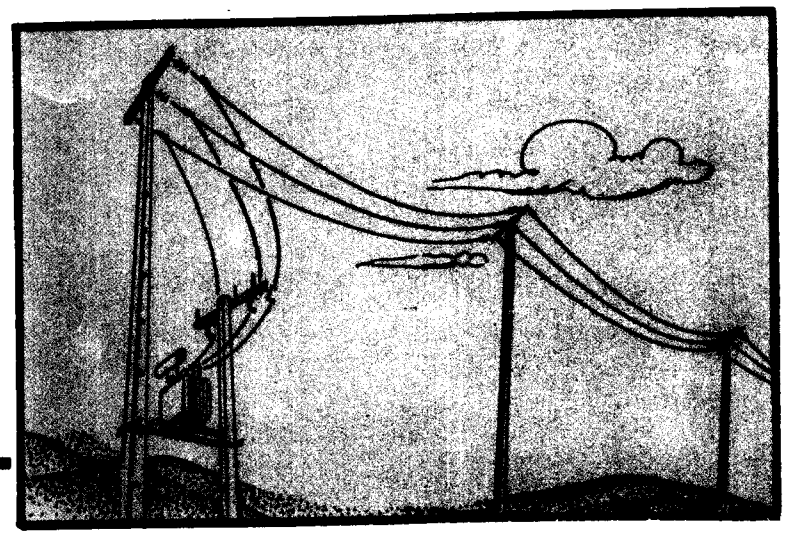
برای پارامتر بدست آمده جدول نصب تهیه می‌شود و سطر مربوط از جدول استخراج می‌شود. برای سیم مینک و در منطقه آب و هوایی سبک و متوسط این جداول در پیوست (ب) آورده شده است. در جدول مربوط به پارامتر ۶۵۰ سطر مربوط به اسپن معادل ۸۵m استخراج می‌شود و منحنیهای کشش و فلش نصب تهیه می‌شود. (این منحنیها برای پارامتر ۹۰۰ و اسپن معادل ۷۰ در منطقه آب و هوایی سبک و متوسط در پیوست (ب) آورده شده است). با استفاده از منحنیهای نصب بدست آمده نصب خط صورت می‌گیرد و کنترل میزان کشیده شدن سیم از طریق منحنی فلش در یک اسپن مشخص و یا از طریق منحنی کشش در هر اسپن دلخواه صورت می‌گیرد.

۲-۷- در حین اجرای خط همواره باید رعایت فاصله هوایی مدنظر باشد.

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

امور برق



# استاندارد خطوط هوایی توزیع

## جلد دوم : استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش تنیده

تحقیقات و تکنولوژی

استانداردها

تدوین کننده : گروه مطالعات توزیع ـ بخش برق ـ مرکز تحقیقات نیرو (متن)

مردادماه ۱۳۷۶

## بنام خدا

## پیشگفتار

پس از تدوین هر استاندارد و استفاده از آن به مرور نیازها و مشکلات مرتبط با آن شناخته شده و تکمیل و تجدیدنظر در آن امری لازم و ضروری می‌باشد، ازآنجائیکه استاندارد ساختمان شبکه‌های توزیع نیرو، سالها پیش تدوین شده و اقدامی جهت تکمیل و تجدیدنظر در آن صورت نگرفته بود، به دلایل زیر تصمیم به بازنگری در آن گرفته شد:

- باتوجه‌به گذشت چند سالی از تدوین استاندارد قدیم بایستی تحقیقات و بررسیهای لازم جهت استاندارد نمودن محصولات جدید و منسوخ نمودن محصولات قدیم صورت پذیرد.
- قیمت زیاد تجهیزات، دقت در امر خرید را طلب می‌کند و باتوجه‌به گستردگی و پیچیدگی تجهیزات، دقت در مشخصات فنی وسایل امکان مقایسه فنی محصولات سازندگان مختلف و مقید کردن آنها به رعایت موازین استاندارد را فراهم می‌سازد.

باتوجه‌به افزایش کادر فنی متخصص امکان محاسبه و طراحی به‌صورت خاص و باتوجه‌به شرایط هر منطقه می‌باشد لذا ایجاد یکنواختی باید تنها در مجموعه‌ها یا تجهیزاتی که تابع شرایط خاص محیطی نباشنغ صورت گیرد بنابراین بجای استفاده از طرحهای نمونه با تنوع کم، معیارها و استانداردهای طراحی مطرح و در کنار آن در موارد خاص از طرحهای نمونه با تنوع زیاد استفاده شود.

باتوجه‌به اولویتها و نیازهای فعلی شبکه‌های توزیع، استانداردهای زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

الف- استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

ب - استاندارد خازنهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

پ - استاندارد راکتورهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

ت - استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

ث - استاندارد روشنایی معابر

ج - استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع

چ - استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع

ح - استاندارد انشعابات شبکه‌های توزیع

خ - استاندارد خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

جزوه حاضر جلد دوم استاندارد خطوط هوایی توزیع از سری استانداردهای شبکه‌های توزیع می‌باشد. پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی در تاریخ ۱۴ و ۱۵ شهریور سال ۱۳۷۴ مورد بررسی نمایندگان شرکتهای توزیع قرار گرفت، مطابق نظرات عنوان‌شده توسط دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی و جلسه فوق‌الذکر، تصمیم گرفته شد که این استاندارد باتوجه‌به مباحث مطرح‌شده در قالب جلدهای جداگانه زیر تهیه گردد:

**جلد اول: معیارهای طراحی و جدولهای کاربردی**

**جلد دوم: تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده**

**جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس‌آرمهای چوبی به‌کاررفته در شبکه توزیع**

**جلد چهارم: مقره‌های به‌کاررفته در شبکه توزیع**

**جلد پنجم: هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع**

**جلد ششم: کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های به‌کاررفته در شبکه توزیع**

در تهیه این استاندارد سعی شده است که امکانات و مهارتهای موجود و قابلیتهای شرکتهای توزیع برق درنظر گرفته شود. در تهیه این استاندارد منابع زیر مورد استفاده قرار گرفته است:


[۱] وزارت نیرو-امور برق-پایه بتنی مسلح-راهنمای ساخت و استاندارد-۱۳۶۰.

[۲] شرکت برق منطقه‌ای تهران- لوازم خطوط هوایی-۱۳۵۱.

[۳] وزارت مسکن و شهرسازی، *"مقررات ملی ساختمانی"*

مبحث پنجم-مصالح و فرآورده‌های ساختمانی

[۴] وزارت مسکن و شهرسازی، *"مقررات ملی ساختمانی"*
مبحث نهم-طرح و اجرای ساختمانهای بتن‌آرمه

[۵] آئین‌نامه سازه‌های بتن‌آرمه (۹۲)۸۹-۳۱۸ ACI و تفسیر مترجم: مهندس مجید ضانقیه

[۶] رمضانیانپور، علی‌اکبر، *"توصیه‌ها و پیشنهادهای پایه‌های بتن در سواحل و جزایر جنوبی کشور"*
مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۱.

[7] American Society of Civil Engineering, *"Guide for the Design and Use of Concrete pole"*, April 1987.

[8] ASCE, Manual and Reports on Engineering Practice No. 72, *"Design of Steel Transmission Pole Structures"*, 1990.

[9] Abeles P. W & I Bardhom B. K., *"Prestressed Concrete Designer's Handbook"*, Third Edition, 1981.

[10] British Standard (BS 5649, Part 9, 1982), Lighting Columns.
*"Specification of Special Requirements for Reinforced and Prestressed Concrete Lighting Columns"*.

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| مقدمه | ۱ |
| هدف و دامنه کاربرد | ۲ |
| تعاریف و اصطلاحات | ۲ |
| شکل ظاهری | ۴ |
| علامتگذاری | ۷ |
| مشخصات مصالح | ۸ |
| بتن | ۱۲ |
| ارزیابی مقاومت و پذیرش بتن | ۱۵ |
| بارهای پیش‌تنیدگی | ۱۵ |
| فونداسیون | ۱۶ |
| هادی اتصال زمین | ۱۷ |
| حمل تیرها | ۱۸ |
| گزارشات | ۱۹ |
| بازرسی | ۱۹ |
| پذیرش | ۲۰ |
| آزمون تیرهای بتنی | ۲۱ |
| تقسیم‌بندی تیرهای استاندارد | ۲۶ |
| مشخصات فنی | ۲۸ |

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
| --- | --- |
| پیوست الف- جایگاه آزمایش پایه‌های بتنی | ۴۹ |
| پیوست ب- عمل آوردن بتن | ۵۶ |

## مقدمه

تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده سازه‌هایی با رفتار طره‌ای بوده که در مقیاس وسیع خطوط توزیع از آنها استفاده می‌شود. این تیرها در مراحل بارگذاری-تحلیل-طراحی و ساخت و اجرا نیازمند دقت و نظارت کافی هستند لذا لازم است در طراحی و ساخت این سازه‌ها حتما" از مشاورینی که در زمینه سازه‌های خط دارای تجربه هستند استفاده شده و از هرگونه ساخت و اجرای تیرهای خطوط توزیع بدون نظارت دقیق مشاور خودداری گردد.

یادآوری می‌شود این استاندارد حداقل مقررات و ضوابط را برای طراحی و اجرای این تیرها ارائه می‌کند و فاقد اهداف آموزشی است. مشخصات فنی ارائه‌شده در انتهای این استاندارد فقط نمونه‌های طراحی‌شده‌ای از این تیرها هستند و منحصر به فرد نمی‌باشند. لازم است طراح خط متناسب با شرایط هر پروژه نسبت به یک طراحی بهینه اقدام نماید.

## ۱- هدف و دامنه کاربرد

### ۱-۱- کلیات

این استاندارد حداقل مقررات و ضوابط برای طراحی و اجرای تیرهای بتن مسلح و پیش‌تنیده را فراهم می‌آورد. ضوابط آئین‌نامه‌های عمومی سازه‌های بتن مسلح نیز در اینجا صادق است. در مواردی که بین ضوابط و استاندارد و آئین‌نامه‌های عمومی تناقض باشد، این ضوابط حاکم بر مسائل است.

اجرا و ساخت تیرهای بتنی باید در تمام مراحل مختلف آن توسط یک مهندس خبره نظارت شود. ناظر باید تطابق کارها یا نقشه‌های طرح و مشخصات تیر را بررسی کند و موارد زیر را تحت نظارت داشته باشد.

۱- کیفیت و نسبت اختلاط بتن

۲- چگونگی اجرا و برداشت قالبها

۳- مخلوط کردن، ریختن و عمل آوردن بتن

۴- کشیدن تندانهای پیش‌تنیدگی

۵- تست پایه

بطور کلی مقاومت مشخصه برمبنای نتایج آزمایشها و با استفاده از روشهای اماری تعیین می‌شود. مهندس ناظر می‌تواند علاوه‌بر آنچه که در مدارك مربوط به مشخصات فنی اجرایی پیش‌بینی شده است، انجام آزمایشهای دیگری را برای هر یک از مصالح مصرفی در ساخت بتن درخواست کند تا از تطابق کیفیت این مصالح با ویژگیهای فنی مقرر اطمینان یابد.

## ۲- تعاریف و اصطلاحات

### ۲-۱- بتن مسلح

به بتنی اطلاق می‌گردد که در داخل آن میلگردهای فولادی (آرماتور) جهت افزایش استحکام بتن،

به‌کار رفته باشد. میلگردهای فولادی به‌صورت اسکلت فولادی در قالب قرار می‌گیرد و پس از بتن‌ریزی در قالب و رسیدن مقاومت بتن به حد کافی قالبها برداشته می‌شود.

**۲-۲- بتن پیش‌تنیده**

به بتنی اطلاق می‌گردد که میله یا سیمهای فولادی (تندان) پیش از ریختن بتن روی آنها، با نیروی معینی کشیده شده باشند و پس از اینکه بتن روی آنها ریخته شد و قدرت کافی را برای نگهداشتن سیمهای تحت کشش پیدا کرد نیروی کشش از روی سیمها برداشته می‌شود.

**۲-۳- تندان**[1]

به سیمهای فولادی که قدرت تحمل نیروی کشش زیادی داشته و در ساختمان تیرهای پیش‌تنیده جهت انتقال پیش‌تنش به بتن به‌کار می‌روند اطلاق می‌شود.

**۲-۴- خاموت**

سیمهای فولادی هستند که در فواصل معینی از یکدیگر به دور میلگردها پیچیده می‌شوند و جهت مقاومت در برابر برش، نگهداری میلگردها و تشکیل اسکلت اصلی به‌کار می‌روند.

**۲-۵- مقاومت نرمال**

میزان باری است که تیر بطور دائم، بدون آنکه در آن ترکی مشاهده گردد، بتواند تحمل کند. به این بار قدرت نامی تیر نیز گفته می‌شود.

---

1- Tendon

**۲-۶- مقاومت ارتجاعی**

میزان باری است که دراثر وارد شدن آن به تیر، تیر حالت ارتجاعی خود را ازدست می‌دهد و در آن تغییر شکلهای دائمی ایجاد می‌شود.

**۲-۷- مقاومت نهایی**

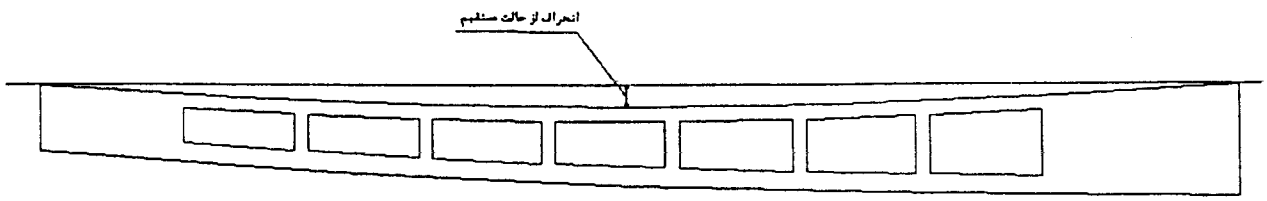
میزان باری است که دراثر وارد شدن، تیر شکسته می‌شود.

**۲-۸- ضریب بار**

حاصل تقسیم مقاومت نهایی بر مقاومت نرمال را ضریب بار گویند.

**۲-۹- انحراف از حالت مستقیم**

حداکثر فاصله عمودی بین سطح یک وجه تیر با خط فرضی که مرکز لبه فوقانی همان وجه را به لبه زیرین همان وجه وصل کند را انحراف از فاصله عمودی گویند.




**شکل (۱) انحراف از حالت مستقیم**

## ۳- شکل ظاهری

۳-۱- مقطع عرضی تیر باید بطور یکنواخت از پایین به بالا باریک شود. میزان باریک شدن تقریبا" برابر ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر به‌ازای هرمتر می‌باشد. درهرصورت باید میزان شیب تیر برای پایه‌ها باارتفاع مختلف ثابت باشد.

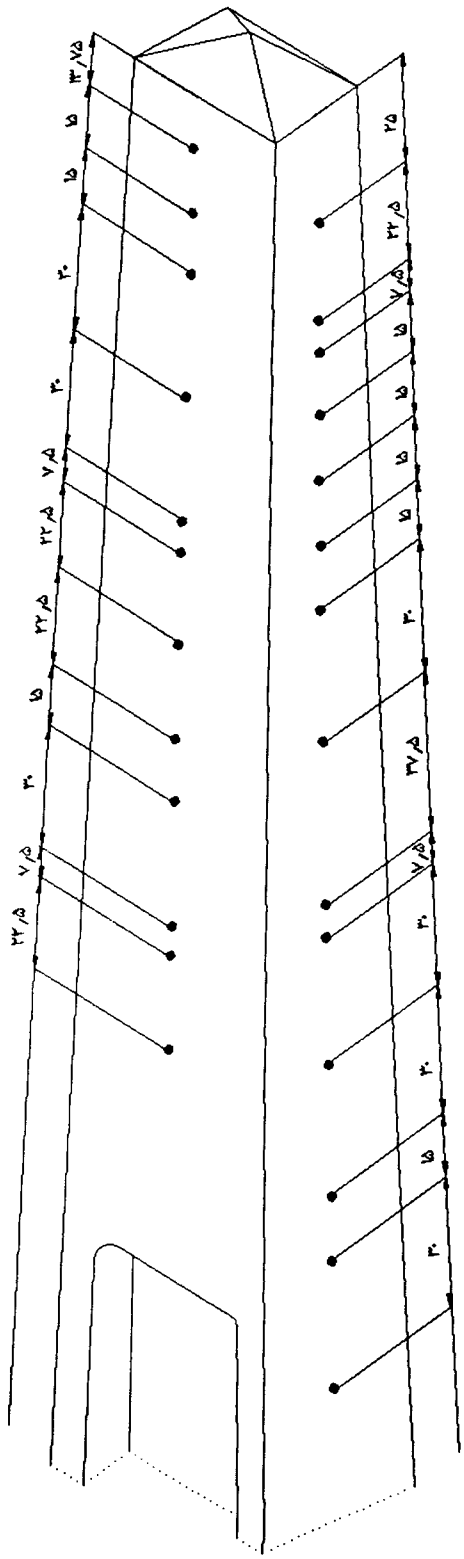
### ۳-۲- سطح خارجی تیر

این سطح باید صاف و عاری از هرگونه ترك‌خوردگی باشد. بلافاصله پس از برداشتن قالب باید ملات و آب اضافی سطح تیر برداشته شده و رویه فوقانی و لبه‌های تیر بوسیله ماله صاف و هموار شود. ماله‌کشی باید به‌گونه‌ای باشد که کلیه برآمدگیها و فرورفتگیها و ناهمواریها ازبین رفته و سطح تیر هموار و صاف گردد. همچنین باید با استفاده از ابزار و روش مناسب (مثلا" با تغییر در شکل قالبها) زوایای چهارگوش به‌صورت گرد با شعاع ۲۰ میلیمتر، درآورده شوند و کلیه منافذ و حفره‌های کوچک (حفره‌هایی که قطر آنها کمتر از ۱۲ میلیمتر و عمق آنها کمتر از ۶ میلیمتر می‌باشد) تمیز شده و پس از خیس شدن با آب توسط ملات پر شوند.

***یادآوری:*** تیرهایی که در روی آنها حفره‌هایی با قطر بیش از ۱۲ میلیمتر و عمق بیش از ۶ میلیمتر باشد غیرقابل قبول می‌باشند.

### ۳-۳- سوراخها

تیر باید دارای سوراخهایی جهت نصب لوازم خطوط هوایی و نصب لوازمی جهت بالا رفتن (برای تیرهای پیش‌تنیده و کلا" پایه‌هایی که سطح صافی دارند) باشد. این سوراخها باید عمود بر محور طولی باشند. قطر سوراخها باید برابر ۲۰ میلیمتر بوده و کلیه سوراخها باید عاری از بتن باشند به‌گونه‌ای که میله‌ای به قطر ۱۸ میلیمتر به‌راحتی از آنها عبور نماید. برای تیرهای بتنی مسلح چهارگوش سوراخها در هر دو وجه تیر تعبیه می‌شوند و درصورتی که در بدنه تیر فرورفتگیها جهت بالا رفتن از پایه موجود باشد سوراخها در وجه کم‌عرض تیر تا شروع اولین فرورفتگی یعنی حدود ۲۷۵ سانتیمتری از سر تیر ادامه پیدا می‌کنند. برای تیرهای پیش‌تنیده باید سوراخها را در یک وجه تا فاصله ۰/۸۶ طول تیر، از سر تیر ادامه داد. فاصله سوراخها باید مطابق شکل (۲) باشد.




*توجه: قطر کلیه سوراخها ۲ سانتیمتر می‌باشد.*

** برای تیر بتنی پیش‌تنیده تا فاصله ۰/۸۶ طول تیر، از سر تیر ادامه می‌یابد.*

**شکل (۲) فاصله سوراخهای روی تیر بتنی**

| | |
|---|---|
| **عنوان کل:** استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء:** جلد دوم: استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده |
| **معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **صفحه:** ۶ |

۳-۴- حد مجاز برای ارتفاع

طول پایه از مقدار نامی آن نباید به میزان ۱۵ ± میلیمتر متفاوت باشد.

۳-۵- انحراف از حالت مستقیم

این مقدار به ازای هر ۳ متر از طول تیر نباید از ۱۰ میلیمتر تجاوز کند. در جدول (۱) مقادیر حداکثر انحراف برای ارتفاعهای استاندارد بیان شده است.

جدول (۱) حداکثر انحراف از حالت مستقیم

| طول پایه (متر) | حداکثر انحراف (میلیمتر) |
|---|---|
| ۹ | ۳۰ |
| ۱۲ | ۴۰ |
| ۱۵ | ۵۰ |

## ۴- علامتگذاری

مشخصات زیر باید به‌روشنی و بطور مقاوم بر روی تیر درحین ساخت و یا پس از آن به‌گونه‌ای که فاصله آخرین خط از انتهای تیر ۳ متر باشد بر روی یک وجه تیر حک گردد.

سطـر اول: علامت اختصاری یا نام شرکت توزیع یا برق منطقه‌ای مربوطه

سطـر دوم: طول تیر به متر و مقاومت نرمال تیر برحسب کیلوگرم‌نیرو

سطـر سوم: نام کارخانه سازنده پایه

سطر چهارم: تاریخ ساخت (روز-ماه-سال)

عمق نوشته‌ها باید حداقل ۳ میلیمتر بوده و تناسب حروف و اعداد باید به‌گونه‌ای باشد که حداقل ارتفاع حرف الف (۱) برابر ۲۵ میلیمتر و پهنای آن در عریض‌ترین قسمت ۳ میلیمتر باشد.

همچنین باتوجه‌به بند (۱۱-۲) علامتی جهت تعیین مرکز ثقل تیر جهت حمل تیر لازم می‌باشد. این علامت باید با رنگی ثابت و مقاوم در برابر اثرات مخربی چون انبار کردن و رطوبت، ایجاد شود.

## ۵- مشخصات مصالح

### ۵-۱- سیمان مصرفی

سیمان مصرفی باید سیمان نوع یک یا دو و مطابق ویژگیهای مندرج در استانداردهای شماره ۳۸۹ تا ۳۹۴ و ۱۶۹۲ تا ۱۶۹۵ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران باشد. به‌کار بردن انواع دیگر سیمان به‌جز با تائید خریدار ممنوع است. سیمان نوع ۵ (سیمان ضدسولفات) در محیطهایی که علاوه‌بر سولفاتها به املاح کلر هم آلوده باشد (مثل حاشیه جنوبی کشور) ازنظر حفاظت میلگردها نامناسب است و باعث خوردگی آنها می‌شود. در این شرایط استفاده از سیمان نوع دو با مقدار بیشتری از سه کلسیم آلومینات[۱] بجای سیمان ضدسولفات مناسبتر است. استفاده از سیمان سفت و فاسد مجاز نمی‌باشد. درصورت عدم‌اطمینان از صحت سیمان باید آن را مطابق استاندارد شماره ۳۹۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران آزمایش کرد.

انبار کردن سیمان در فصول گرم به‌مدت بیش از ۶ ماه و در فصل سرد به‌مدت بیش از ۳ ماه مجاز نمی‌باشد. اگر سیمان به‌مدت زیاد (ولی کمتر از مدتهای قیدشده) انبار شود به‌صورت کلوخه خواهد شد، در این صورت می‌توان با غلتاندن پاکتهای سیمان به روی زمین سیمان را اصلاح کرد، درصورتی که کلوخه‌ها با بیش از یک بار غلتاندن پودر شوند، آزمایش سیمان الزامی است.

---

۱- با ترکیب $3CaO.Al_2O_3$ و علامت اختصاری $C_3A$

### ۵-۲- سنگدانه

سنگدانه مصرفی در بتن شامل مصالح درشت‌دانه (شکسته‌شده یا طبیعی) و ریزدانه (شن و ماسه) و مخلوطی از آنها باید تمیز، سخت و عاری از مواد شیمیایی و پوششهای گچی، رسی و مواد ریز دیگر که بر چسبندگی آنها با خمیر سیمان اثر می‌گذارد، باشد. سنگدانه‌ها باید مطابق مشخصات عنوان‌شده در استانداردهای ۳۰۰ و ۳۰۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران باشند. همچنین سنگدانه مصرفی باید با مشخصات و تعاریف عنوان‌شده در مبحث پنجم از مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان *"مصالح و فرآورده‌های ساختمانی"* مطابقت داشته باشد. در این مبحث، مشخصات شن و ماسه و اندازه دانه‌های هر کدام داده شده است.

حداکثر خاك رس و ناخالصی موجود در سنگدانه‌ها به‌میزان ۵٪ می‌باشد. مقادیر مجاز سایر مواد زیان‌آور موجود در سنگدانه‌ها از مقادیر حداکثر ذکرشده در جداول (۹-۱-۵-۴-۴) (الف) و (ب) از مبحث نهم مقررات ملی ساختمانی ایران تحت عنوان *"طرح و اجرای ساختمانهای بتن‌آرمه"* نباید بیشتر باشد.

بزرگترین قطر دانه شن مصرفی نباید از یک‌چهارم حداقل ضخامت بتن و سه‌چهارم حداقل فواصل بین دو آرماتور یا تندان بیشتر باشد. در هر صورت قطر بزرگترین دانه شن نباید بیش از ۱۸ میلیمتر باشد. شن و ماسه را باید به‌نحوی انبار کرد که مواد خارجی و زیان‌آور، آنها را آلوده نکنند. شن و ماسه را باید برحسب اندازه دانه‌های آنها در محلهای مختلف انبار کرد.

### ۵-۳- آب

آب مورد استفاده در بتن بطور کلی بایستی صاف، روشن و عاری از مواد آلی باشد. استفاده از آبهای شور به‌هیچوجه مجاز نمی‌باشد، تقریبا" هر نوع آب قابل آشامیدن بدون مزه و بوی خاص را می‌توان به‌عنوان آب اختلاط بتن به‌کار برد. آبهایی که سابقه عملکرد ناشناخته‌ای دارند تنها درصورتی می‌توانند در ساخت بتن مورد استفاده باشند که نمونه‌های مکعبی ملات ساخته‌شده آنها مقاومت ۷روزه و ۲۸روزه‌ای حداقل

برابر با ۹۰٪ نمونه‌های ساخته‌شده با آب مقطر داشته باشند. مقادیر مواد زیان‌آور در آب مصرفی بتن نباید از مقادیر مجاز داده‌شده در جدول (۹-۱-۵-۵-۱) از مبحث نهم مقررات ملی ساختمانی ایران تحت عنوان *"طرح و اجرای ساختمانهای بتن‌آرمه"* بیشتر شود. روش آزمایش برای هر نوع ماده زیان‌آور باید مطابق جدول مذکور باشد.

خلاصه‌ای از این جدول در جدول (۲) آمده است.

**جدول (۲)**

| مواد زیان‌آور | حداکثر غلظت مجاز (قسمت در میلیون) | |
|---|---|---|
| | بتن درشرایط محیطی شدید و بتن پیش‌تنیده | بتن درشرایط محیطی‌ملایم |
| ذرات معلق جامد | ۱۰۰۰ | ۲۰۰۰ |
| مواد محلول | ۱۰۰۰ | ۲۰۰۰ |
| کلرید ($cl^-$) | ۵۰۰ | ۱۰۰۰ |
| سولفات ($SO_4$) | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ |
| قلیاییها | ۶۰۰ | ۶۰۰ |

مقدار PH مصرفی در بتن نباید از ۴/۵ کمتر و از ۸/۵ بیشتر باشد. استفاده از آب دریا در ساخت بتن‌آرمه ممنوع است. میزان آب مصرفی در بتن باید بطور دقیق کنترل و از ریختن آب اضافی در بتن جلوگیری شود.

**۵-۴- میلگرد**

میلگردها (آرماتورها) یا سیمهای فولادی (خاموت) بایستی عاری از زنگ‌زدگی برآمده، پوسته، چربی و روغن بوده و میلگردهای طولی باید حتماً" آجدار باشند. حتی‌الامکان آرماتورهایی که در طول تیر نصب می‌شوند یکپارچه باشند ولی به‌شرط مراعات نکات زیر می‌توان از دو میلگرد استفاده

کرد:

۵-۴-۱- نقاط اتصال در آرماتورهای مجاور در یک تراز قرار نگیرند (نسبت به یکدیگر به حالت زیگزاگ واقع شوند).

۵-۴-۲- دو میلگرد باید به‌طول چهل برابر قطر میلگرد کوچکتر بر روی همدیگر بسته شوند.

۵-۴-۳- درصورتی که از جوش دادن برای اتصال میلگردها استفاده می‌شود باید میزان همپوشانی میلگردها حداقل ده برابر قطر میلگرد کوچکتر باشد و سرتاسر آن از دو طرف جوش داده شود. استحکام جوش نباید از استحکام میله فولادی کوچکتر، کمتر باشد.

در حالتی که میلگردها به‌صورت سربه‌سر قرار داده شوند میلگرد کوتاهی در نقطه اتصال قرار داده می‌شود و دو میلگرد اصلی به آن جوش داده می‌شود، قطر میله باید حداقل ۱۵ میلیمتر و طول آن حداقل ۲۰ برابر قطر میلگرد اصلی باشد.

آرماتورهای طولی بایستی آجدار و حداقل از نوع A-II با مقاومت جاری شدن ۳۰۰۰کیلوگرم‌برسانتیمترمربع و مقاومت نهایی ۵۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع باشند.

خاموتهای هر مقطع نیز باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که جوابگوی نیروی برشی در همان مقطع باشند ولی در هر صورت قطر خاموتها نباید از ۴ میلیمتر کمتر باشد.

تندانهای به‌کاررفته برای آرماتورهای پیش‌تنیدگی باید با یکی از مشخصات زیر مطابقت داشته باشد:

- سیم[1] مطابق با استاندارد ASTM-A۴۲۱
- سیم با وادادگی کم مطابق ضمیمه ASTM-A۴۲۱
- رشته[2] مطابق با استاندارد ASTM-A۴۱۶
- رشته هفت‌سیم با وادادگی کم مطابق ASTM-A۴۱۶

---

1- Wire

2- Strand

- میلگرد مطابق ASTM-A۷۲۲

می‌توان از سیمها، رشته‌ها و یا میلگردهایی که بطور صریح در ASTM-A۷۲۲ یا ۴۲۱ و یا ۴۱۶ ذکر شده‌اند استفاده کرد به‌شرط آن که حداقل ضوابط استاندارد را رعایت کرده و خواص ذکرشده در استاندارد را کاملا" برآورد.

عملیات اصلاحی یا جوشکاری در مجاورت تندانها باید به‌دقت انجام شود، به‌گونه‌ای که تندانها درمعرض حرارتهای زیاد، جرقه‌های جوشکاری یا جریانهای اتصال به زمین قرار نگیرند. نیروی پیش‌تنیدگی بوسیله دو روش زیر تعیین شود:

**الف**- اندازه‌گیری ازدیاد طول تندانها

ب - مشاهده نیروی جک به گیج کالیبره‌شده

علت هرگونه اختلاف بیش از ۵ درصد در اندازه‌گیری پیش‌تنیدگی بین روش (الف) و (ب) باید بررسی و تصحیح گردد.

## ۶- بتن

نسبت آب به سیمان در بتن در شرایط بسیار خورنده نباید از ۰/۴ بیشتر باشد. در سایر موارد این نسبت برابر ۰/۵ است. برای تامین کارآیی لازم می‌توان از روان‌کننده‌ها استفاده کرد. برای تراکم بیشتر و کاهش تخلخل و نفوذپذیری لازم است بتن لرزانده شود. مقدار سیمان در بتن نباید از ۳۵۰کیلوگرم در مترمکعب کمتر باشد.

هنگام بتن‌ریزی دمای محیط بایستی بین ۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد باشد. درجه حرارت باید تا رسیدن بتن به مقاومت فشاری مشخص خود بالای ۵ درجه سانتیگراد باشد. این شرایط را می‌توان با گرم کردن سنگدانه‌ها، آب، یا قالبها تامین کرد. هنگامی که دمای محیط از صفر درجه کمتر باشد بتن‌ریزی باید متوقف گردد. در مناطق گرمسیری رعایت دستورالعمل خاص بتن‌ریزی که شامل موارد زیر می‌شود،

الزامی است: خنک کردن آب و مصالح سنگی با کمک یخ، استفاده از آب سرد، ساخت بتن در ساعات خنک روز، نگهداری مصالح در مکان مسقف و دور از تابش مستقیم آفتاب، بتن‌ریزی زیر سقف، خنک کردن قالبها، جلوگیری از تاخیر و وقفه در ساخت تا ریختن بتن و عمل آوردن مناسب.

**۶-۱- ریختن بتن**

۶-۱-۱- ارتفاع تیرها و طراحی تیرها به‌گونه‌ای می‌باشد که بااستفاده از یک قالب بتوان تیرها با کشش معین را با طولهای مختلف تهیه کرد. به‌عنوان مثال با حذف قطعه ۳ متری انتهای قالب ۱۵ متری بتوان قالب تیر ۱۲ متری را تهیه کرد.

۶-۱-۲- بتن بایستی بلافاصله پس از تهیه مصرف شود، بتنی که بیش از یک ساعت از تهیه آن گذشته باشد به هیچوجه نباید استفاده شود و باید از ساخت بتن با دست خودداری گردد، بتن باید با ماشین و بتونیر ، ماشین مخلوط‌کن ساخته شود.

۶-۱-۳- پر کردن قالبها باید یک مرتبه و به‌طور یکنواخت صورت گیرد و هنگام ریختن باید با ویبراتور مناسب ویبره شود و درانتها باید سطح رویه تیر صاف شود.

۶-۱-۴- پس از ریختن بتن در داخل قالبها، باید توجه نمود تا قالبها حرکت نکرده و روی آن آب جریان نیابد یا جمع نشود و از اثرات نور آفتاب، بادهای خشک‌کننده و سرما مصون باشد.

۶-۱-۵- باید دقت نمود که بتن حداقل به مدت یک هفته مرطوب بماند. درصورتی که سازنده بخواهد بتن را با بخار عمل آورد این مدت به ۴ روز تقلیل خواهد یافت. (پیوست-ب)

۶-۱-۶- اگر عمل بتن‌ریزی در هوای خیلی سرد صورت می‌گیرد باید دمای بتن حداقل ۴ درجه سانتیگراد باشد و تا زمانی که کاملا" محکم نشده باید دراین دما نگهداری شود و به هیچوجه نباید از مصالح و قالبهای یخ‌بسته استفاده شود، همچنین استفاده از بتنی که دراثر سرما آسیب دیده باشد به هیچوجه مجاز نمی‌باشد.

۶-۱-۷- فاصله بین میلگردها و تندانهای مجاور باید از بزرگترین مقدار، موارد زیر بیشتر باشد.

الف - چهارسوم قطر بزرگترین شن

ب - قطر میلگرد مربوطه

ج - ۱/۵ سانتیمتر

فاصله آزاد بین تندانهای پیش‌کشیدگی در انتهای هر عضو نباید از چهار برابر قطر سیم یا ۳ برابر قطر رشته کمتر باشد. بطورکلی فاصله آزاد مساوی یک و یک‌سوم برابر اندازه سنگدانه‌های درشت و حداقل برابر ۲/۵ سانتیمتر مناسب است.

۶-۱-۸- کلیه میلگردهای طولی در تیرهای بتنی مسلح باید حداقل به ضخامت ۲۵ میلیمتر از بتن پوشیده شده باشند.

در تیرهای بتنی پیش‌تنیده تندانها باید با بتنی به ضخامت حداقل ۰/۱۶ سانتیمتر بعلاوه قطر بزرگترین سنگدانه پوشیده شوند. درصورتی که تیر توخالی باشد این مقدار نباید از ۱۹ میلیمتر کمتر باشد. هنگامی که برای تیرریزی از قوه گریز از مرکز استفاده شود این مقدار نباید از ۱۲ میلیمتر کمتر باشد.

۶-۱-۹- حداکثر فاصله دو خاموت متوالی باید برابر فاصله بین آرماتورهای یک ضلع با ضلع روبرو باشد (فاصله آرماتورهای کششی و فشاری).

۶-۱-۱۰- دو انتهای خاموت و همچنین محل تماس خاموت با آرماتورها بایستی با سیم فولادی به قطر یک تا یک و نیم میلیمتر به یکدیگر بسته شوند.

در محیطهای خورنده یا شرایط سخت دیگر مقدار پوشش محافظ بتنی باید بطور مناسبی افزایش یابد و باید به درجه تراکم و متخلخل نبودن بتن محافظ توجه شود. چنانچه بتن در شرایط بهره‌برداری درمعرض منابع خارجی کلریدها مثل نمکهای یخزدا یا تحت ترشحات این منابع قرار گیرد، بتن را باید به‌گونه‌ای طراحی کرد که شرایط فصل چهارم آئین‌نامه (۸۹)-ACI-۳۱۸ برآورده شود. این شرایط شامل مقادیر حداکثر مقدار هوا، حداکثر نسبت آب به سیمان (یا حداقل مقاومت برای بتن سبک)، حداکثر یون کلرید موجود در بتن و نوع سیمان است. بطورکلی برای حفاظت در برابر خوردگی و برای اعضایی که تحت شرایط کنترل‌شده

کارخانه‌ای تولید می‌شوند حداقل پوششی برابر ۵ سانتیمتر پیشنهاد می‌شود.

## ۷- ارزیابی مقاومت و پذیرش بتن

مقاومت فشاری بتن براساس آزمایشهای نمونه‌های استوانه‌ای ۲۸روزه تعیین می‌شود. نسبت اختلاط بتن باید چنان تعیین و بتن باید طوری ساخته شود که مقاومت فشاری موردنظر طراح را داشته باشد. بتن باید کارآیی و روانی کافی داشته باشد تا بتواند به‌سهولت در قالبها ریخته شود، به‌خوبی میلگردها را دربرگرفته و گوشه‌ها و زوایای قالب را پر کند بدون اینکه جدایی دانه‌ها و آب انداختن زیاد رخ دهد.

پذیرش بتن در کارگاه براساس نتایج آزمایش فشاری نمونه‌های برداشت‌شده صورت می‌گیرد.

مقصود از نمونه‌برداری بتن تهیه دو نمونه آزمایشی از آن است که آزمایش فشاری آنها در سن ۲۸روزه (یا هر سن مقرر دیگر) انجام می‌پذیرد و مقاومت متوسط نمونه‌ها به‌عنوان نتیجه نهایی آزمایش منظور می‌شود. نمونه‌ها باید از محل نهایی مصرف برداشت شوند. برای تیرها باید از هر ۱۰۰ متر طول بتن‌ریزی یک نمونه برداشت شود. مشخصات بتن درصورتی غیرقابل قبول است که متوسط مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه کمتر باشد یا کوچکترین مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه به میزان ۴۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع کمتر باشد.

## ۸- بارهای پیش‌تنیدگی

### ۸-۱- فولاد

در تیرهای پیش‌تنیده تنشهای مجاز هنگام کشیدن تندانهای پیش‌تنیدگی و بلافاصله پس از انتقال پیش‌تنش به بتن باید موردتوجه قرار گیرد. تنش در این تندانها هنگام کشش اولیه آنها نباید از ۰/۹۴ Fpy بیشتر شود و در عین حال باید از ۰/۸۵ Fpu کمتر باشد. Fpy و Fpu به‌ترتیب مقاومت جاری شدن و مقاومت نهایی تندانها هستند. پس از انتقال پیش‌تنش به بتن حداکثر مجاز تنشها در

تندانهـا عبارت از Fpy ۰/۸۲ (ولی نه بیشتر از Fpu۰/۷۴) می‌باشد.

۸-۲- بتن

بلافاصله پس از انتقال تنش (و قبل از بوجود آمدن اتلاف در پیش‌تنیدگی) تنشها در بتن نباید از $0/6f'_{ci}$ تجاوز کند که در آن $f'_{ci}$ مقاومت فشاری بتن است. می‌توان از این مقدار تجاوز کرد به‌شرطی که بوسیله آزمایش یا تحلیل دقیق نشان داده شود به عملکرد سازه آسیبی وارد نخواهد آمد.

در محاسبه اتلاف در پیش‌تنیدگی باید تغییر شکلهای ارتجاعی تیر، وادادگی تندانها، خزش و آب‌رفتگی بتن ، درنظر گرفته شود.

## ۹- فونداسیون

معمول‌ترین فونداسیون برای تیرهای بتن مسلح دفن مستقیم آنها در خاك است. تجربه خطوط اجراشده نشان‌دهنده عملکرد خوب این نوع فونداسیون همراه با هزینه کم آن است. طولی از تیر که در خاك قرار می‌گیرد براساس مقاومت جانبی خاك بدست می‌آید و تابعی است از خاك محل و مصالحی که گودال فونداسیون را پر می‌کند، به‌عنوان یک قانون تجربی می‌توان عمق فونداسیون را برابر ۱۰٪ طول تیر به‌علاوه ۶۰ سانتیمتر درنظر گرفت. توجه شود کیفیت مصالح پرکننده و درجه تراکم آن قویا" در مقاومت فونداسیون تاثیر می‌گذارد.

برای پر کردن گودال اطراف تیر می‌توان از خاك محل، خاکهای درشت دانه و سنگهای شکسته‌شده و قلوه‌سنگ و حتی بتن استفاده کرد. استفاده از بتن نسبت به خاکهای درشت دانه‌ای که خوب کوبیده شده باشد دارای مزیت قابل توجهی نیست. البته پر کردن با بتن دارای این مزیت است که نیازی به کوبیدن ندارد ولی باید به این نکته توجه داشت که علاوه‌بر گرانتر بودن بتن، استفاده از نگهدارنده‌های موقتی تا زمان گیرش نهایی بتن نیز مستلزم صرف هزینه‌های اضافی است.

هنگام طراحی تیر باید به این نکته توجه داشت که به‌دلیل رفتار شمع مانند این نوع فونداسیون، حداکثر لنگر خمشی بجای سطح زمین، در نقطه‌ای پایین‌تر از سطح زمین رخ می‌دهد به این دلیل که اغلب تیرها دارای مقطع متغیر هستند (از بالا به سمت پایین مقطع بزرگتر می‌شود) افزایش در سطح مقطع تیر می‌تواند جبران‌کننده باشد لذا منظور کردن لنگر خمشی تیر در تراز زمین غیرایمن نخواهد بود.

توجه شود در تیرهای پیش‌تنیده (که دارای مقطع توخالی هستند) هنگامی که از مهار استفاده می‌شود نیروی محوری زیادی در تیر بوجود می‌آید لذا باید به چگونگی انتقال این نیرو به زمین در کف تیر توجه ویژه‌ای شود برای مقابله با تنشهای لهیدگی در این ناحیه می‌توان صفحات بزرگتری در زیر تیر تعبیه نمود. این موضوع علی‌الخصوص در خاکهای ضعیف باید موردتوجه قرار گیرد.

## ۱۰- هادی اتصال زمین[۱]

درصورت درخواست خریدار و ارائه طرح مناسب، قرار دادن هادی اتصال زمین در تیر بتنی با هادیهای مشخص‌شده زیر بلامانع است.

۱۰-۱- قرار دادن یک هادی مسی رشته‌ای لخت به سطح مقطع حداقل ۳۰ میلیمترمربع در طول تیر و در داخل بتن، مقداری که هادی باید از بالای تیر و از پایین آن بیرون باشد باتوجه‌به طریقه زمین کردن و اتصال به هادی خنثی خط توسط خریدار باید تعیین شود.

۱۰-۲- در مواردی که آرماتورهای اصلی از ابتدا در تمام طول تیر به‌طور ممتد قرار گرفته و یا به همدیگر جوش خورده باشند و سطح مقطع هر کدام از آرماتورها حداقل برابر ۲۵۰ میلیمترمربع باشد، می‌توان از آنها به‌عنوان هادی زمین استفاده نمود. دراین صورت جهت اتصال هادی زمین با الکترود زمین در پایین تیر و

---

۱- برای تکمیل اطلاعات به استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع مراجعه شود.

هادی خنثی در بالای تیر، باید دو تکه به طول مناسب از جنس سیم مسی مشابه بند (۱۰-۱) به دو انتهای آرماتورها اتصال داده شود.

۱۰-۳- پیش‌بینی امکاناتی که خریدار ازطریق آنها بتواند یک هادی مسی لخت به سطح مقطع حداقل ۱۶ میلیمترمربع به تیر اضافه نماید.

*یادآوری ۱* : طرح ارائه‌شده نبایستی مشخصات فنی تیر را جهت تاثیر قرار دهد.

*یادآوری ۲* : توصیه می‌گردد از این هادی برای سیستم زمین فشارمتوسط استفاده نگردد.

## ۱۱- حمل تیرها

۱۱-۱- تیرها پس از سپری شدن مدت زمانهای زیر پس از تاریخ بتن‌ریزی قابل حمل به خارج از کارگاه خواهند بود:

۱۱-۱-۱- برای تیرهایی که با سیمان پرتلند معمولی به حالت عادی عمل آورده شده باشند ۲۸ روز.

۱۱-۱-۲- برای تیرهایی که با سیمان پرتلند معمولی با بخار عمل آورده شده باشند حداقل ۱۴ روز.

۱۱-۲- نصب حلقه یا آرماتور در طرفین تیر به‌منظور حمل و نقل و بلند کردن مجاز نمی‌باشد. اگر سازنده تدبیری جهت حمل نیاندیشیده باشد باید بااستفاده از رنگی مقاوم مرکز ثقل تیر را مشخص نماید. می‌توان برای حمل تیرهای پیش‌تنیده از تسمه برزنتی و برای حمل تیرهای بتن مسلح از چنگک استفاده کرد.

## ۱۲- گزارشها

سازنده پایه بایستی گزارشها ذیل را همراه هر محموله تیر ارسال نماید:

الف - گزارش آزمایش بتن

ب - گزارش آزمایش فولاد (میل‌گردها یا تندانها)

پ - گزارش آزمایش تیر

## ۱۳- بازرسی

۱۳-۱- خریدار یا نماینده وی می‌تواند در زمان تهیه مقدمات کار و یا در زمان پیشرفت کار از کارها بازرسی نماید. سازنده نیز موظف است تسهیلات لازم را از این نظر برای خریدار فراهم نماید.

۱۳-۲- تمام مصالح در محل ساخت تیر بازرسی می‌شوند، مصالح را می‌توان پس از انجام اولین بازرسی یا هر موقعی که نقص و عیبی به هنگام ساخت یا احداث آنها مشاهده شد، رد نمود.

۱۳-۳- عدم بازرسیهای لازم توسط خریدار، مسئولیت سازنده را در مورد تحویل کالا بطوری که با شرایط این مشخصات مطابقت داشته باشد سلب ننموده و هرگونه اقامه دعوی را که خریدار ممکن است به‌علت معیوب بودن مصالح و یا رضایتبخش نبودن ساخت بنماید منقضی نمی‌نماید.

۱۳-۴- عدم رعایت هر قسمت از نقشه‌ها و مشخصات بوسیله سازنده جهت عدم پذیرش تمام مصالح و یا قسمتی از آن دلیل کافی تلقی خواهد گردید.

۱۳-۵- سازنده باید تمام مصالح پذیرفته‌نشده از طرف خریدار و یا نماینده مجاز او را تعویض و یا

طوری اصلاح نماید که با نقشه‌ها و مشخصات مربوطه مطابقت نماید.

۱۳-۶- درصورتی که از نظر پیشبرد برنامه‌ها، طبق تشخیص خریدار ضرورت ایجاب کند، خریدار می‌تواند مصالح معیوب را به خرج سازنده تعویض یا اصلاح نماید و سازنده حق هیچگونه اعتراضی را نخواهد داشت.

۱۳-۷- کلیه تیرهای ساخته‌شده قبل از حمل از کارگاه به‌دقت مورد بررسی قرار گرفته و بایستی اطمینان حاصل شود که مصالح و ساخت آنها با شرایط این مشخصات تطبیق نماید.

## ۱۴- پذیرش

۱۴-۱- علاوه‌بر بازرسیهای عادی که خریدار یا نماینده او درحین ساخت به‌عمل می‌آورند تحویل نهایی پس از ارزشیابی بازرسیهایی که درحین ساخت به‌عمل آمده (نتیجه آزمایش مصالح، آزمایش تیرهای نمونه و بازدید عینی ابعاد و خصوصیات دیگری که در مشخصات ذکر گردیده است) صورت خواهد گرفت.

۱۴-۲- سازنده موظف است که ۱ درصد از هر محموله تیر را که می‌سازد مجانا" و بدون تعهدی ازطرف خریدار و در حضور نماینده خریدار در محل کارخانه خود مورد آزمایش مکانیکی مطابق با مندرجات این استاندارد قرار دهد. اختیار انتخاب کردن نمونه‌های آزمایشی بعهده خریدار خواهد بود.

۱۴-۳- محموله تیر عبارت است از تعداد تیری که خریدار در یک زمان تحویل می‌گیرد، چنانچه این محموله کمتر از ۱۰۰ اصله باشد یک اصله تیر آزمایش خواهد شد.

۱۴-۴- درصورتی که تیر نمونه یک محموله کاملا" با مشخصات مطابقت نداشت سازنده بدون دریافت وجه یا تعهدی از جانب خریدار سه نمونه دیگر را که بطور تصادفی انتخاب می‌شوند مورد آزمایش قرار خواهد داد، درصورتی که حتی یکی از این سه نمونه جدید که مورد آزمایش و بررسی قرار می‌گیرند کاملا" با مشخصات تطبیق نداشت تمام آن محموله مردود تلقی خواهد شد.

۱۴-۵- سازنده تیر بایستی حداقل ۱۰ روز قبل از موعد آزمایش نمونه‌های انتخابی یک محموله، خریدار را آگاه سازد تا نماینده مجاز او بتواند در جریان آزمایش حضور یابد.

۱۴-۶- عدم حضور خریدار یا نماینده او در جریان آزمایش فقط به‌عنوان صرفنظر نمودن از حضور در جریان آزمایش تلقی خواهد گردید و در هر حال نتیجه آزمایش بایستی ظرف مدت ۵ روز دراختیار خریدار گذارده شود.

۱۴-۷- درصورتی که یک محموله تیر پس از ارزشیابی مورد قبول خریدار واقع گردید مهر پذیرش که بوسیله خریدار بدین جهت تخصیص داده شده روی تمام تیرهای آن محموله زده می‌شود.

*یادآوری* : پیمانکاران خطوط هوایی در کارهای اجرایی خود فقط حق دارند از تیرهایی که دارای این مهر پذیرش هستند استفاده کنند.

## ۱۵- آزمون تیرهای بتنی

آزمونهای تیرهای بتنی به دو گروه تقسیم می‌شود:

- آزمونهایی که روی نمونه‌های تصادفی انجام می‌شود.
- آزمونی که روی تک‌تک تیرها صورت می‌پذیرد.

**۱۵-۱- آزمونهایی که روی نمونه‌های تصادفی انجام می‌شود**

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

**۱۵-۱-۱- کارهای مقدماتی برای شروع آزمایش**

الف- ابتدا آن قسمت از پایه که در موقع 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 که پایه درآن نصب می‌گردد ممکن است مختصری تغییر داده شود).

ب - پایه بطور افقی در بستر آزمایش قرار می‌گیرد بطوری که تا قسمت علامتگذاری‌شده آن بین دو دیواره بتنی قرار گیرد (پایه موازی جهتی خوابانده می‌شود که نیروی کششی عمل می‌نماید).

ج - بااستفاده از الوارهای چوبی و چند جک قسمت انتهایی پایه بین دو دیواره کاملا" محکم بسته می‌شود.

د - برای اینکه قسمت آزاد پایه بتواند بطور آزاد در جهت افقی حرکت نماید در فاصله ۳ متری سر پایه دو عدد لوله به قطر حدود دو اینچ و به طول نیم متر در طرفین پایه گذاشته می‌شود و با قرار دادن لوله دیگری در زیر پایه و در روی لوله‌های طرفین، سطح لغزنده و قابل تحرکی برای حرکت افقی پایه ایجاد می‌گردد.

هـ - محل وارد نمودن نیرو به سر تیر در روی پایه علامتگذاری شود.

(این نقطه طبق استاندارد معمول آزمایش تیرها در فاصله ۶۰ سانتیمتری سر پایه می‌باشد)

و - سیم بکسل ۲۰-۱۶ میلیمتری به این پایه بسته شده و پس از قرار گرفتن دستگاه اندازه‌گیری نیرو (دینامومتر) و یک دستگاه کشش (تیرفور یا راچت) ۵ تنی بطور متوالی در مسیر سر دیگر سیم بکسل، به محل ثابتی که در نقشه پیش‌بینی و قبلا" آماده گردیده محکم بسته شود.

طرز قرار گرفتن سیم بکسل طوری است که پس از آغاز کشش پایه بایستی دقیقا" بر امتداد آزاد

پایه عمود باشد.

۱۵-۱-۲- آزمایش مقاومت نرمال

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

ب - نیرویی برابر ۲۵ درصد مقاومت نرمال تیر، به‌آرامی به آن وارد شود و پس از آن مقدار تغییر مکان راس تیر و ترکهای موئین که احیانا" در بدنه تیر ظاهر خواهد شد به‌دقت یادداشت شود.

ج - مجددا" ۲۵٪ دیگر از مقاومت نرمال پایه به نیروهای وارده اضافه شود و سپس تغییر مکان راس تیر و سایر عوارض دقیقا" یادداشت شود.

د - متعاقبا" ۲۵٪ سوم مقاومت نرمال اضافه و تغییر مکان راس تیر و سایر عوارض اندازه‌گیری و یادداشت می‌شود.

ه - بالاخره درمرحله بعد ۲۵٪ آخر مقاومت نرمال نیز اضافه شده و همچنین تغییر مکان راس تیر و سایر عوارض یادداشت می‌گردد.

و - در پایان بایستی به‌آرامی نیروهای وارده بر پایه برداشته شود و با آزاد کردن کامل پایه مقدار تغییر مکان راس تیر و سایر عوارض در روی تیر پس از قطع نیرو دقیقا" یادداشت شود.

تیر درصورتی آزمایش را با موفقیت به پایان رسانیده که:

الف- در هیچ کدام از مراحل فوق ترکی در پایه مشاهده نگردد.

ب - تغییر مکان راس تیر در هر چهار مرحله متناسب و یکنواخت باشد.

ج - پس از حذف نیروی مجاز، راس تیر تقریبا" به حالت اول بازگردد و بجز ترکهای مویی هیچگونه ترکی مشاهده نگردد.

**نتیجه** : هرگونه عدم‌تطابق با شرایط ذکرشده در فوق به‌علت ضعف پایه خواهد بود و پایه سالم تشخیص داده نخواهد شد و این ضعف در آزمایشهای بعدی آشکارتر خواهد گردید.

**۱۵-۱-۳- آزمایش مقاومت درمرحله‌ارتجاعی**

الف - نخست نیرو به‌آرامی از صفر تا مقاومت نرمال افزایش داده می‌شود. پس از آن باید تغییر مکان راس پایه و عوارض دقیقا" یادداشت شود.

ب - به اندازه ۲۵٪ مقاومت نرمال بر نیرو افزوده می‌شود. تغییر مکان و ترکهای ایجادشده با ذکر دقیق محل هر یک از ترکها یادداشت شود.

ج - دراین مرحله نیروی ۲۵٪ اضافه‌شده به‌آرامی کسر می‌شود تا نیروی وارده مجددا" در حد مقاومت نرمال برسد. پس از این کار تغییر مکان راس تیر و ترکهای باقیمانده دقیقا" یادداشت شود.

د - در مرحله بعدی مقدار کشش به اندازه ۵۰٪ مقاومت نرمال به‌آرامی افزایش داده می‌شود که کلا" نیروی وارده به تیر ۱/۵ برابر مقاومت نرمال پایه خواهد بود. باز هم تغییر مکان راس پایه و محل ترکها و تعداد آنها دقیقا" یادداشت شود.

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

هـ - بالاخره در پایان این آزمایش نیروی وارده تا میزان مقاومت نرمال تقلیل داده می‌شود و میزان تغییر مکان راس پایه و ترکهای باقیمانده دقیقا" یادداشت می‌گردد.

تیر درصورتی آزمایش را با موفقیت به پایان رسانده که:

الف - درصورت ایجاد ترك در مقابل ازدیاد نیرو، این ترکها در موقع بازگشت نیرو تا حد مقاومت نرمال کاملا" بسته شوند.

ب - تغییر مکان راس پایه در مراحل فوق تا حدودی متناسب با نیروی وارده باشد.

لازم به ذکر است که ترکهای مورب احتمالی ناشی از کمبود خاموتها بوده و دلیل ضعف پایه

محسوب می‌گردد.

ج - تغییر مکان باقیمانده راس تیر پس از حذف کلیه نیروها نسبت به حالت تحمل ۱/۵ برابر مقاومت نرمال تیر، نباید از ۱۰٪ بیشتر باشد.

**نتیجه**: عدم تطبیق با هر یک از شرایط فوق دلیل ضعیف و سالم نبودن تیر خواهد بود و درصورت انهدام پایه در مراحل آزمایشات فوق الذکر، تیر مطلقا" مردود است.

**۱۵-۱-۴- آزمایش مقاومت نهایی**

دراین آزمایش نیروی وارده در هر مرحله با اضافه کردن ۲۵٪ از مقاومت نرمال قبلی به تیر وارد می‌شود و در هر نوبت تغییر محل مکان راس 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 و به‌عبارت دیگر به حد گسیختگی برسد.

در یک پایه سالم که برابر مشخصات فنی تهیه شده باشد حداکثر نیرویی که پایه تحمل خواهد کرد برای تیرهای با قدرت ۴۰۰ کیلوگرم‌نیرو و کمتر باید بالاتر از سه برابر و برای تیرهای با قدرت بیش از ۴۰۰ کیلوگرم‌نیرو باید بالاتر از ۲/۵ برابر نیروی مجاز تیر باشد.

**۱۵-۱-۵- جمع‌بندی**

بطور کلی آزمایشهای اول و دوم در حدود مقاومت نرمال و مقاومت مرحله ارتجاعی تکلیف پایه را بخوبی معلوم خواهد کرد و درحقیقت آزمایش سوم تائیدی بر آزمایشهای قبلی خواهد بود که پایه از هر نظر سالم یا معیوب می‌باشد و درنتیجه پذیرفتنی یا مردود است.

**۱۵-۲- آزمونی که روی تک‌تک تیرها صورت می‌پذیرد**

علاوه‌بر آزمایشها و کنترلهایی که در بخش پنجم این استاندارد در مورد مصالح آورده شد، کلیه تیرها ازنظر ظاهری بررسی می‌شوند و در هنگام بازدید ظاهری موارد زیر باید مدنظر باشد:

- سطح تیر صاف و فاقد حفره‌های بزرگ مطابق با تعریف بند (۳-۲) باشد.

- گوشه‌های تیر کاملا" گردشده باشند.

- حصول اطمینان از عدم‌گرفتگی سوراخها.

## ۱۶- تقسیم‌بندی تیرهای استاندارد

به‌منظور تنوع‌زدایی، تیرها از نظر طول و قدرت به دسته‌هایی مطابق با جدول (۳-الف) و (۳-ب) تقسیم می‌شوند.

**جدول (۳-الف) اطلاعات تیرهای بتنی مسلح**

| طول تیر (متر) | قدرت اسمی (کیلوگرم‌نیرو) | مقاومت در مرحله ارتجاعی (کیلوگرم‌نیرو) | مقاومت نهایی (کیلوگرم‌نیرو) |
|---|---|---|---|
| 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 |

جدول (۳-ب) اطلاعات تیرهای پیش‌تنیده

| طول تیر (متر) | قدرت اسمی (کیلوگرم‌نیرو) | مقاومت در مرحله ارتجاعی (کیلوگرم‌نیرو) | مقاومت نهایی (کیلوگرم‌نیرو) |
|---|---|---|---|
| ۸ | ۱۰۰ | ۱۵۰ | ۳۰۰ |
| ۸ | ۱۵۰ | ۲۲۵ | ۴۵۰ |
| ۸ | ۲۰۰ | ۳۰۰ | ۶۰۰ |
| ۹ | ۲۰۰ | ۳۰۰ | ۶۰۰ |
| ۹ | ۴۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ |
| ۹ | ۶۰۰ | ۹۰۰ | ۱۵۰۰ |
| ۹ | ۸۰۰ | ۱۲۰۰ | ۲۰۰۰ |
| ۹ | ۱۰۰۰ | ۱۵۰۰ | ۲۵۰۰ |
| ۱۰/۵ | ۲۰۰ | ۳۰۰ | ۶۰۰ |
| ۱۰/۵ | ۴۰۰ | ۶۰۰ | ۱۲۰۰ |
| 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 | ۱۰۰۰ | ۱۵۰۰ | ۲۵۰۰ |

## ۱۷- مشخصات فنی

### ۱۷-۱- مشخصات فنی تیرهای بتنی مسلح

باتوجه‌به تقسیم‌بندی به‌عمل‌آمده در بند ۱۶، طرحهای نمونه و مشخصات فنی مربوطه در این قسمت باتوجه‌به توضیحات زیر آورده شده است:

**الف**- در ساخت این تیرها باید از بتن مسلح با حداقل مقاومت $Kg/cm^2$ ۳۰۰ و از آرماتور نوع A-II آجدار و با مقاومت کششی $Kg/cm^2$ ۳۰۰۰ استفاده شود.

ب - فرم قالبها طوری درنظر گرفته شده که با داشتن قالب ۱۲متری و حذف ۳ متر پایین آن بتوان برای ساخت پایه ۹متری اقدام کرد. نیروی کششی در این حالت برای هر دو پایه که با یک قالب ساخته می‌شوند، به غیر از موارد زیر یکسان است:

ب-۱- برای ساخت پایه ۱۵متری با کشش ۴۰۰ کیلوگرم‌نیرو از قالب پایه ۱۲متری با کشش ۲۰۰ کیلوگرم‌نیرو استفاده می‌شود (اضافه کردن ۳ متر به انتهای پایه ۱۲متری)

ب-۲- برای ساخت پایه ۱۵متری با کشش ۶۰۰ کیلوگرم‌نیرو از قالب پایه ۱۲متری با کشش ۸۰۰ کیلوگرم‌نیرو استفاده می‌گردد.

ب-۳- برای ساخت پایه ۱۵متری با کشش ۸۰۰ کیلوگرم‌نیرو از قالب پایه ۱۲متری با کشش ۱۲۰۰ کیلوگرم‌نیرو استفاده می‌شود.

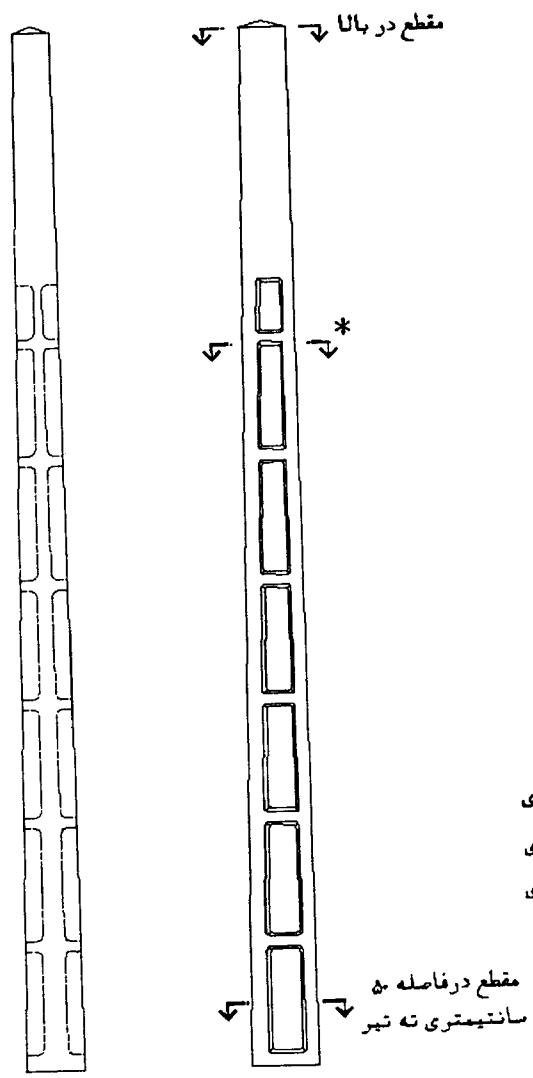
ب-۴- پایه ۱۵متری با کشش ۱۲۰۰ کیلوگرم‌نیرو از قالب ۱۲متری با کشش ۱۲۰۰ کیلوگرم‌نیرو استفاده می‌گردد.

ج - فاصله پله‌ها ۱ متر است که درصورت درخواست خریدار می‌توان فاصله آنها را تا ۷۵ سانتیمتر کاهش داد.

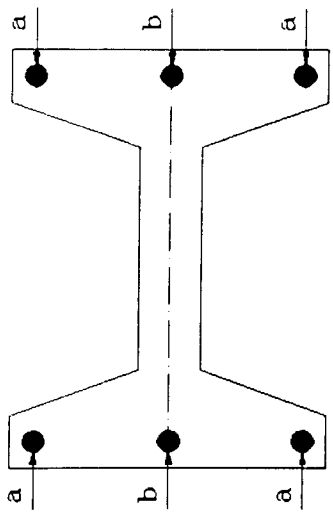
د - فاصله بین خاموتها، برابر فاصله بین آرماتورهای یک وجه یا وجه مقابل و حداکثر برابر ۲۵ سانتیمتر است.

هـ - در انتهای خاموتها و محل اتصال آنها، میلگرد طولی باید با سیم فولادی به قطر ۱ یا ۱/۵ میلیمتر بسته شود.

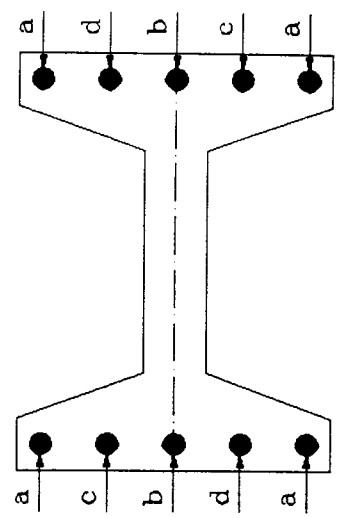
شمای کلی تیرهای بتنی مسلح در شکل شماره (۳) و چگونگی استقرار آرماتورها نسبت به یکدیگر به یکی از چهار حالت مشخص‌شده در شکل (۴) درنظر گرفته شده است.



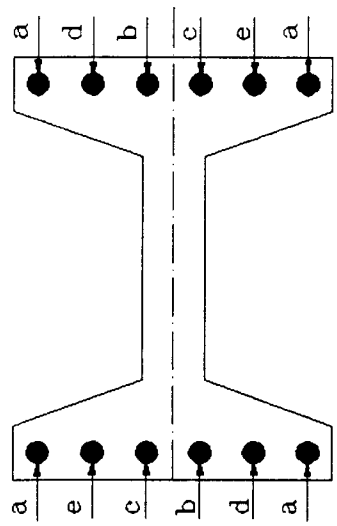

شکل (۳) شمای کلی تیر بتنی مسلح



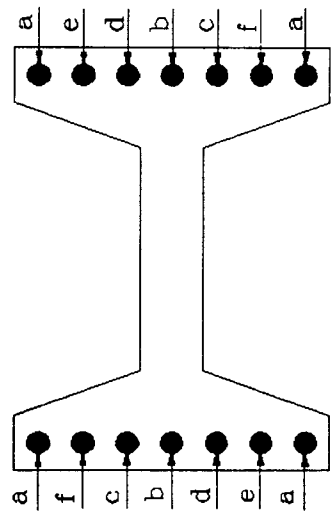

(الف)




(ب)




(ج)




(د)

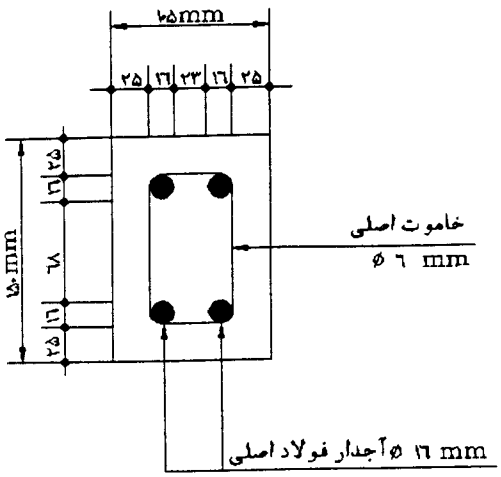
**شکل (۴) طرز استقرار آرماتورها نسبت به یکدیگر**

## ۱۷-۱-۱- تیرهای بتنی مسلح ۹متری

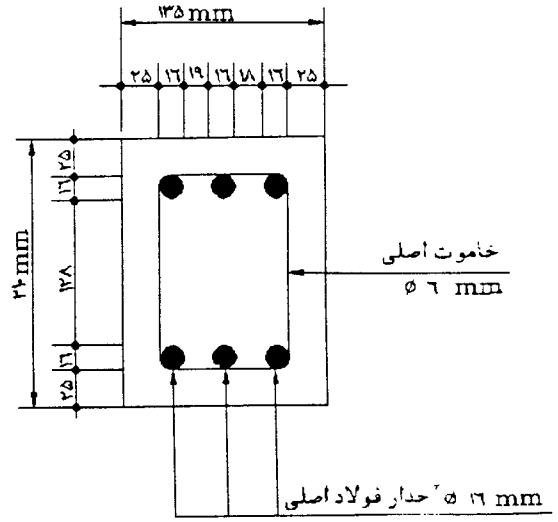
مشخصات تیرهای بتنی مسلح ۹متری مطابق جدول (۴) و شکلهای (۵) تا (۸) می‌باشند.

### جدول (۴) مشخصات فنی تیر ۹متری

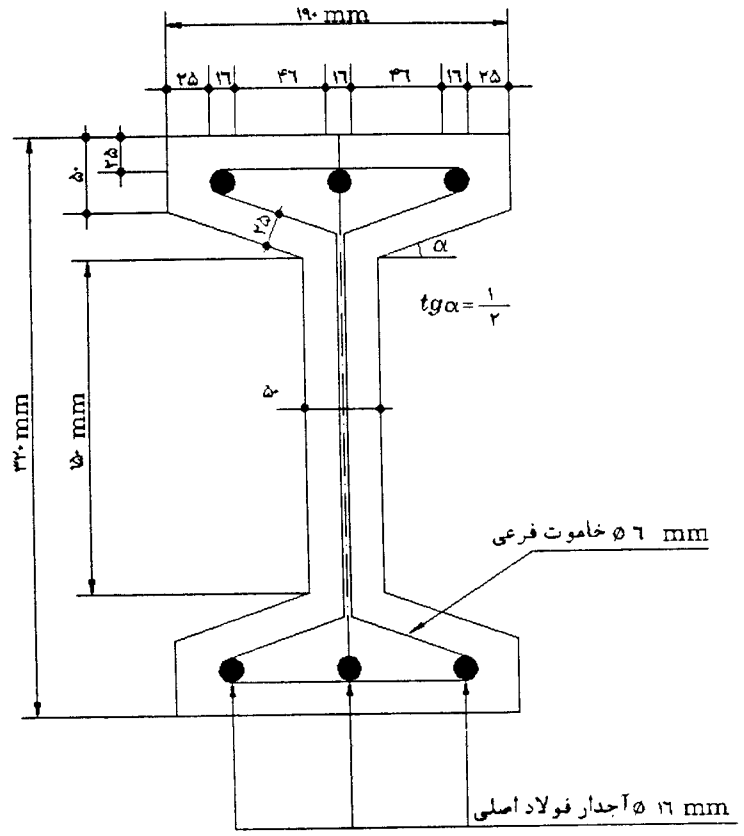
| قدرت اسمی | ابعاد بالا | ابعاد پایین | آرماتورها | a | | b | | c | | d | | e | | الگوی آرماتورگذاری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kgf | cm | cm | | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | |
| ۲۰۰ | ۱۵×۱۰/۵ | ۳۳×۱۹/۵ | ۶ϕ۱۶ | ۱۶ | ۹۰۰ | ۱۶ | ۶۰۰ | | | | | | | الف |
| ۴۰۰ | ۲۲×۱۹ | ۴۰×۲۸ | ۱۰ϕ۱۴ | ۱۴ | ۹۰۰ | ۱۴ | ۶۰۰ | ۱۴ | ۵۰۰ | ۱۴ | ۴۰۰ | | | ب |
| ۶۰۰ | ۲۵×۱۹ | ۴۷/۵×۳۲/۵ | ۶ϕ۱۶<br>۶ϕ۱۴ | ۱۶ | ۹۰۰ | ۱۶ | ۶۰۰ | ۱۴ | ۵۰۰ | ۱۴ | ۴۰۰ | ۱۴ | ۳۰۰ | ج |
| ۸۰۰ | ۳۰×۲۳ | ۵۳/۵×۳۶/۵ | ۸ϕ۱۶<br>۴ϕ۱۴ | ۱۴ | ۹۰۰ | ۱۶ | ۶۰۰ | ۱۶ | ۵۰۰ | ۱۶ | ۴۰۰ | ۱۶ | ۳۰۰ | ج |




مقطع سر تیر

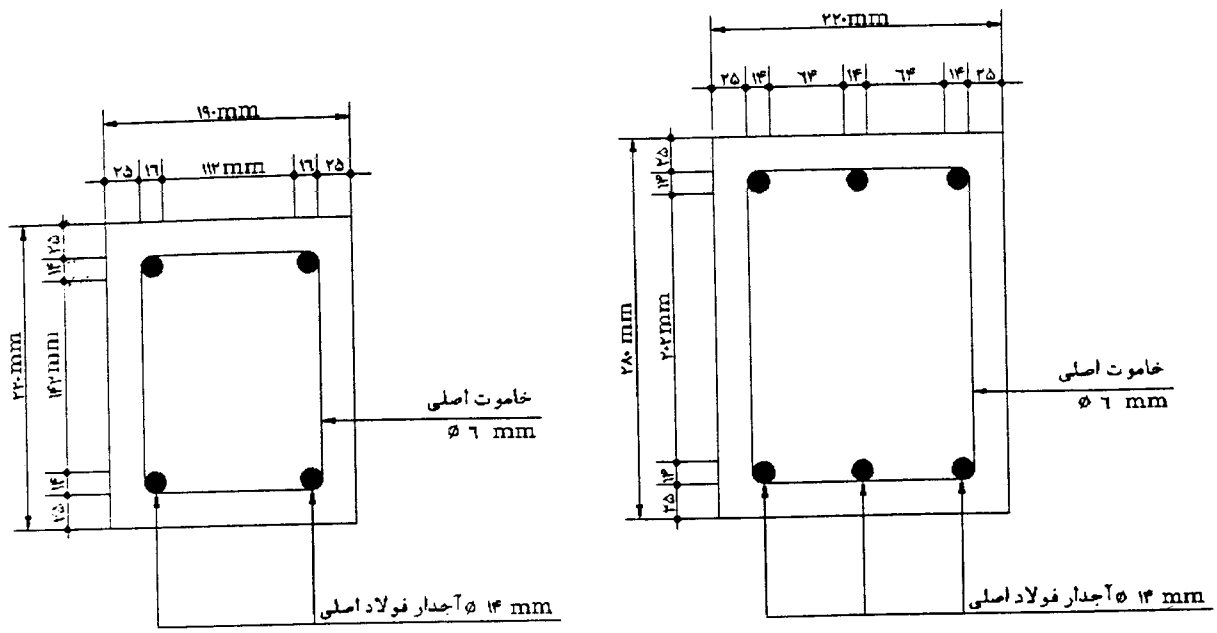



مقطع در فاصله ۶ متری



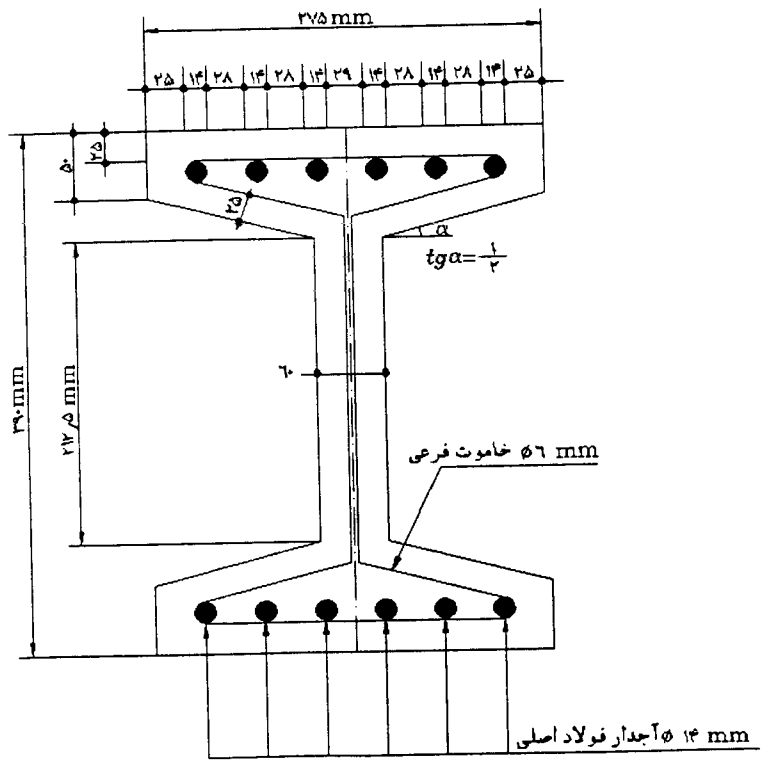

مقطع در فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

**شکل (۵) نقشه آرایش آرماتورهای پایه ۹/۲۰۰**



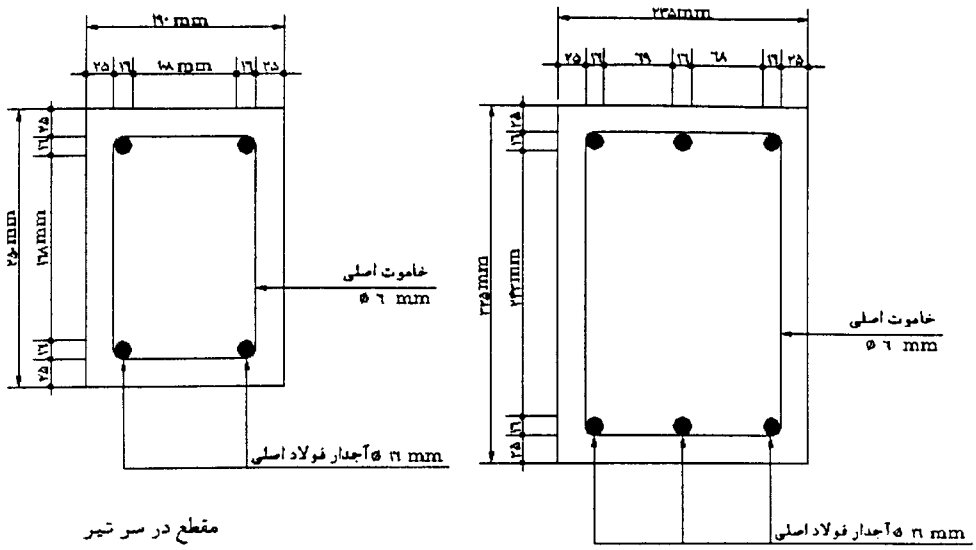

مقطع در فاصله ۶ متری از ته تیر

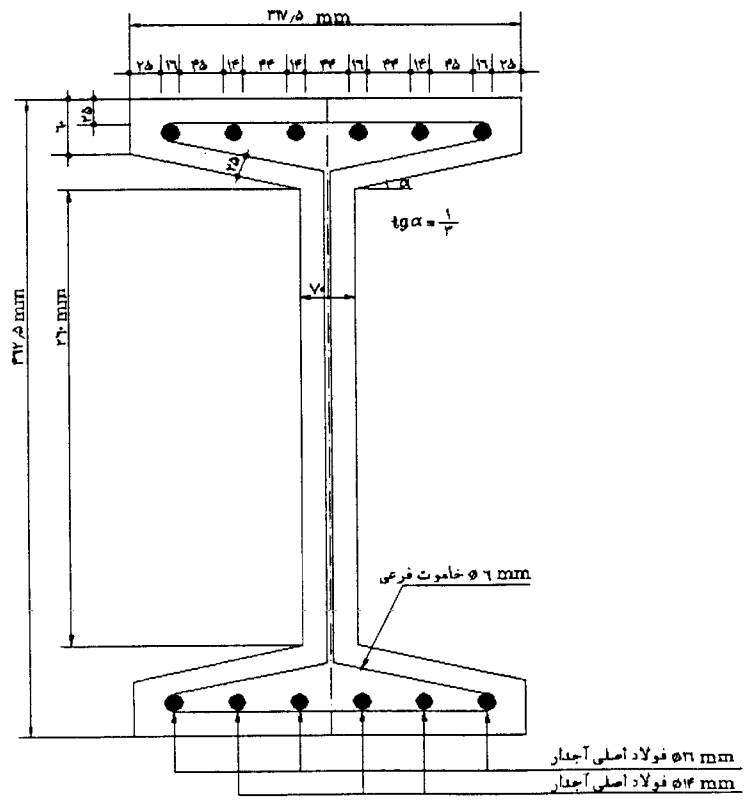
مقطع سر تیر



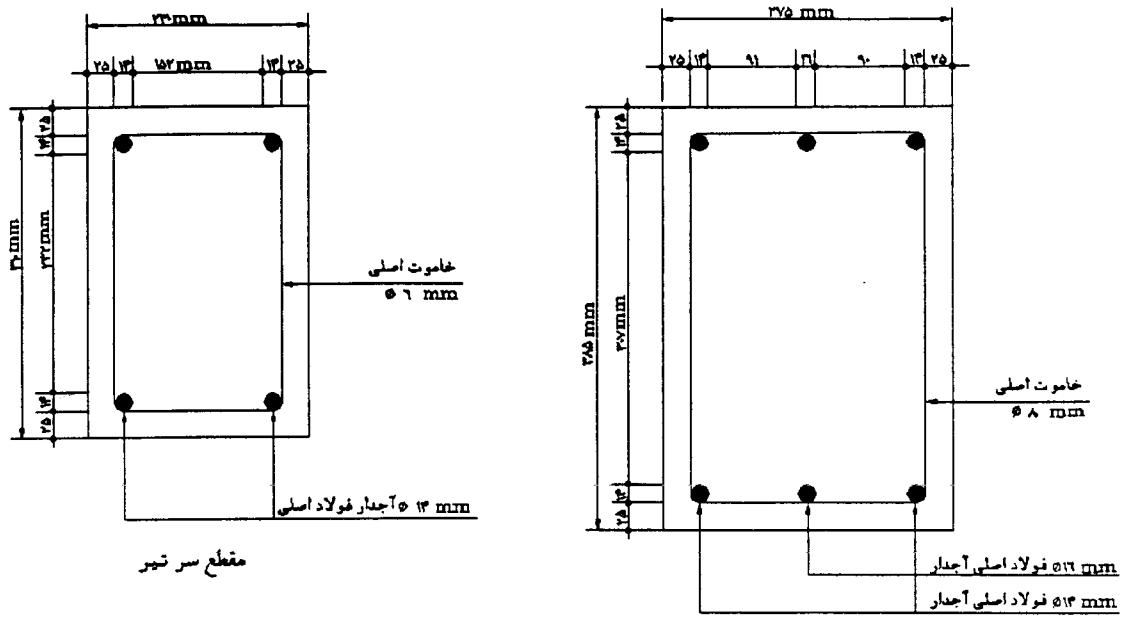

مقطع تیر به فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

**شکل (۶) نقشه آرایش آرماتورهای پایه ۹/۴۰۰**



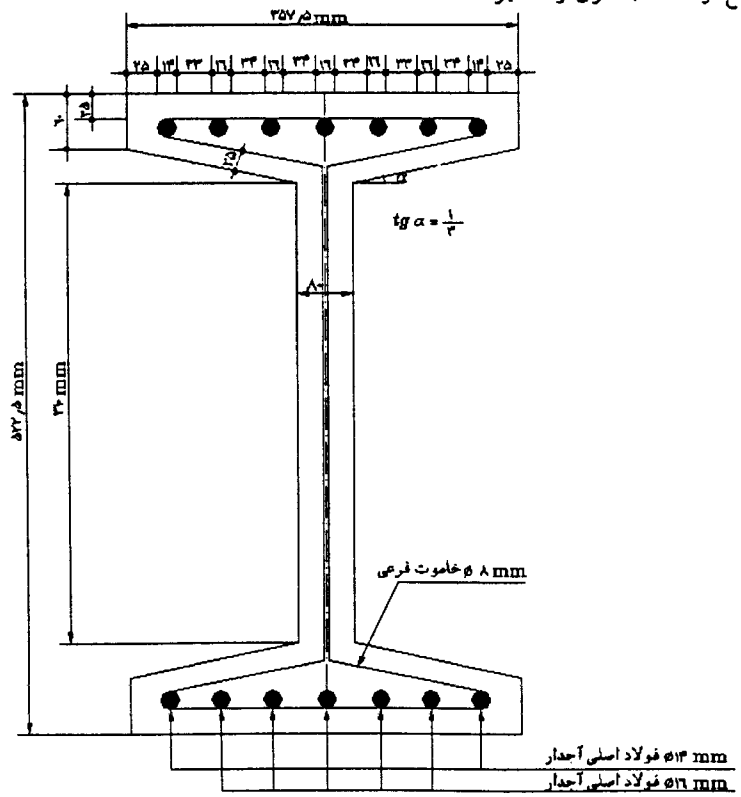




**شکل (۷) نقشه آرایش آرماتورهای پایه ۹/۶۰۰**




مقطع سر تیر

مقطع در فاصله ۶ متری از ته تیر




مقطع در فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

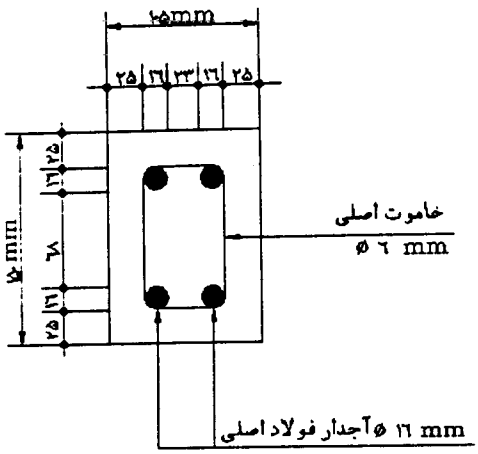
**شکل (۸) نقشه آرایش آرماتورهای پایه ۹/۸۰۰**

## ۱۷-۱-۲ تیر بتنی مسلح ۱۲متری

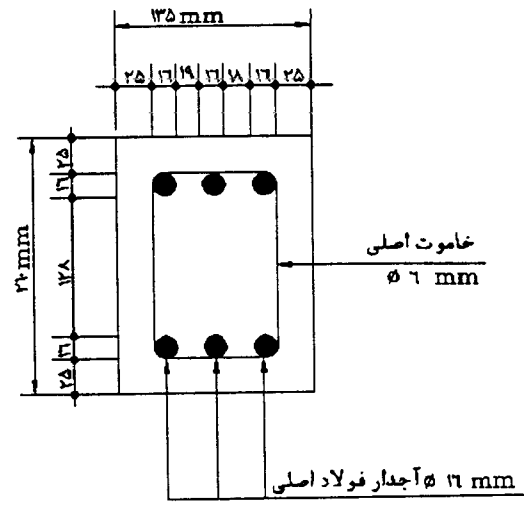
مشخصات تیرهای بتنی مسلح ۱۲متری مطابق جدول (۵) و شکلهای (۹) تا (۱۳) می‌باشند.

### جدول (۵) مشخصات فنی تیر ۱۲متری

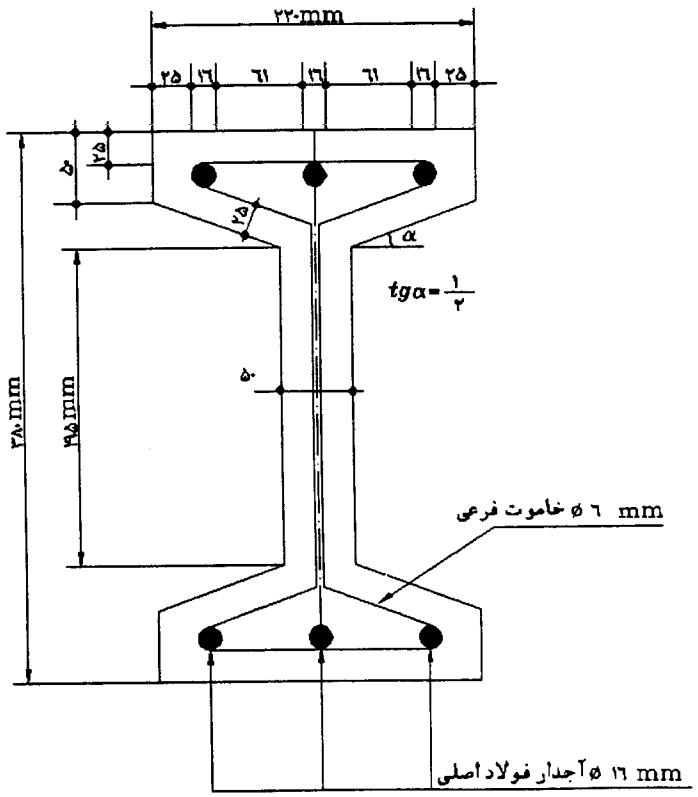
| قدرت اسمی | ابعاد بالا | ابعاد پایین | آرماتور | a | | b | | c | | d | | c | | f | | الگوی آرماتور گذاری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kgf | cm | cm | | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | |
| ۲۰۰ | ۱۵×۱۰/۵ | ۳۹×۲۲/۵ | ۶ϕ ۱۶ | ۱۶ | ۱۲۰۰ | ۱۶ | ۹۰۰ | | | | | | | | | الف |
| ۴۰۰ | ۲۲×۱۹ | ۴۶×۳۱ | ۱۲ϕ ۱۴ | ۱۴ | ۱۲۰۰ | ۱۴ | ۹۰۰ | ۱۴ | ۸۰۰ | ۱۴ | ۷۰۰ | ۱۴ | ۴۰۰ | | | ج |
| ۶۰۰ | ۲۵×۱۹ | ۵۵×۳۷ | ۶ϕ ۱۶<br>۶ϕ ۱۴ | ۱۶ | ۱۲۰۰ | ۱۶ | ۹۰۰ | ۱۴ | ۸۰۰ | ۱۴ | ۷۰۰ | ۱۴ | ۶۰۰ | | | ج |
| ۸۰۰ | ۳۱×۲۳ | ۶۱×۴۱ | ۱ϕ ۱۶<br>۴ϕ ۱۴ | ۱۴ | ۱۲۰۰ | ۱۶ | ۹۰۰ | ۱۶ | ۸۰۰ | ۱۶ | ۷۰۰ | ۱۶ | ۶۰۰ | ۱۶ | ۵۰۰ | د |
| ۱۲۰۰ | ۴۰×۲۴ | ۷۰×۴۲ | ۴ϕ ۱۸<br>۱ϕ ۲۰ | ۱۸ | ۱۲۰۰ | ۲۰ | ۸۰۰ | ۲۰ | ۷۰۰ | ۲۰ | ۶۰۰ | ۲۰ | ۵۰۰ | ۲۰ | ۴۰۰ | د |




مقطع سر تیر

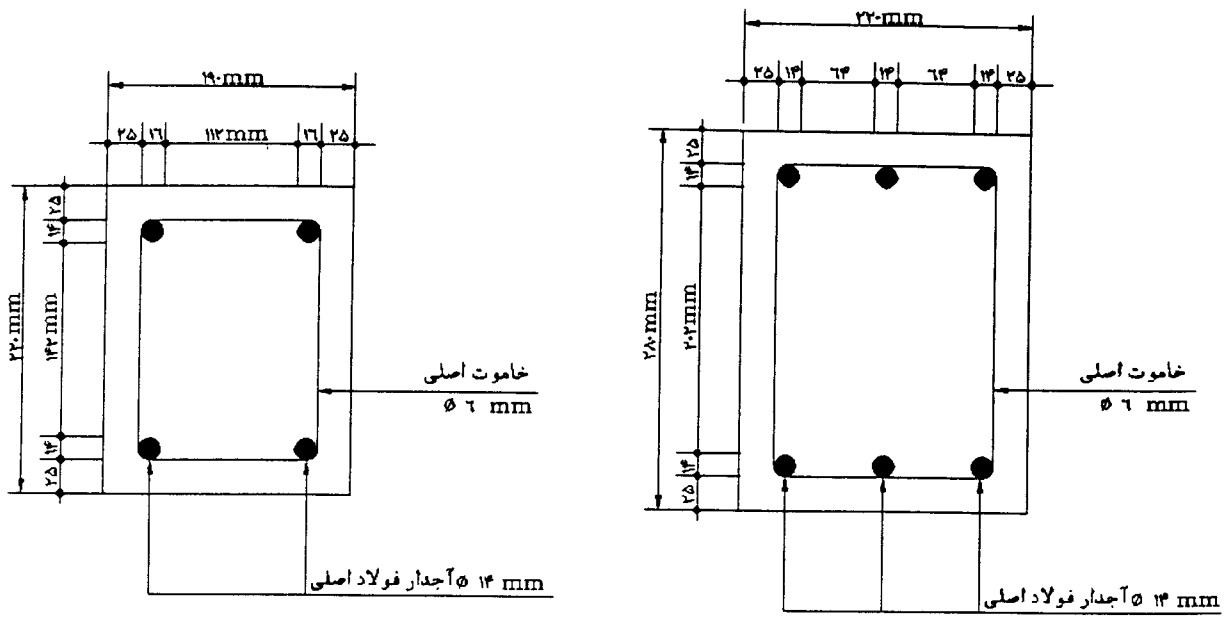



مقطع در فاصله ۹ متری ته تیر



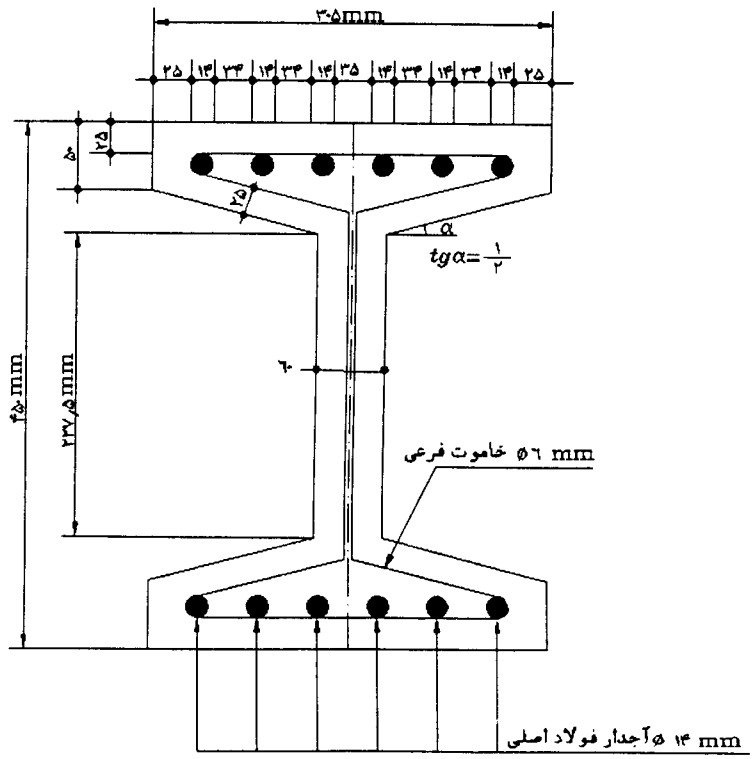

مقطع در فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

**شکل (۹) نقشه آرایش آرماتورهای پایه (۱۲/۲۰۰)**




مقطع به فاصله ۹ متری از ته تیر

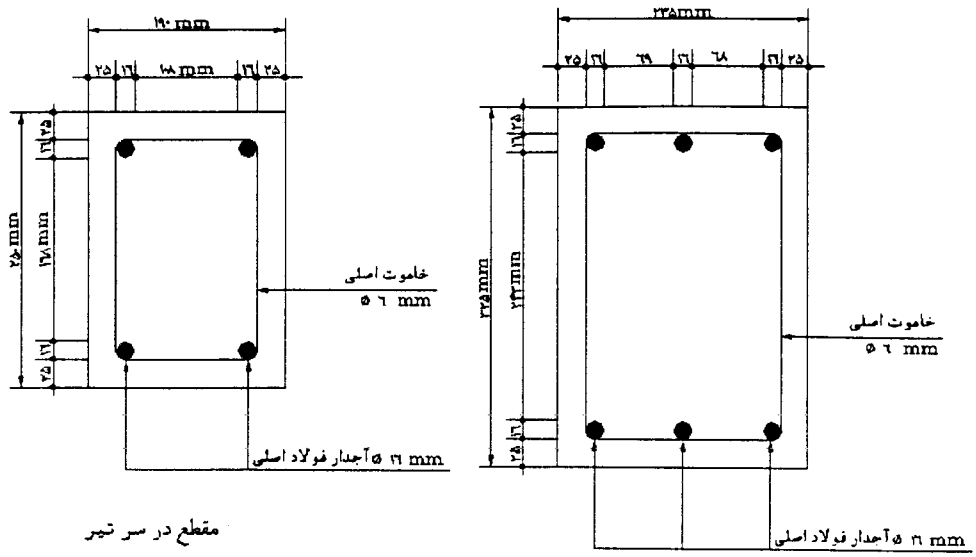
مقطع سر تیر




مقطع تیر به فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

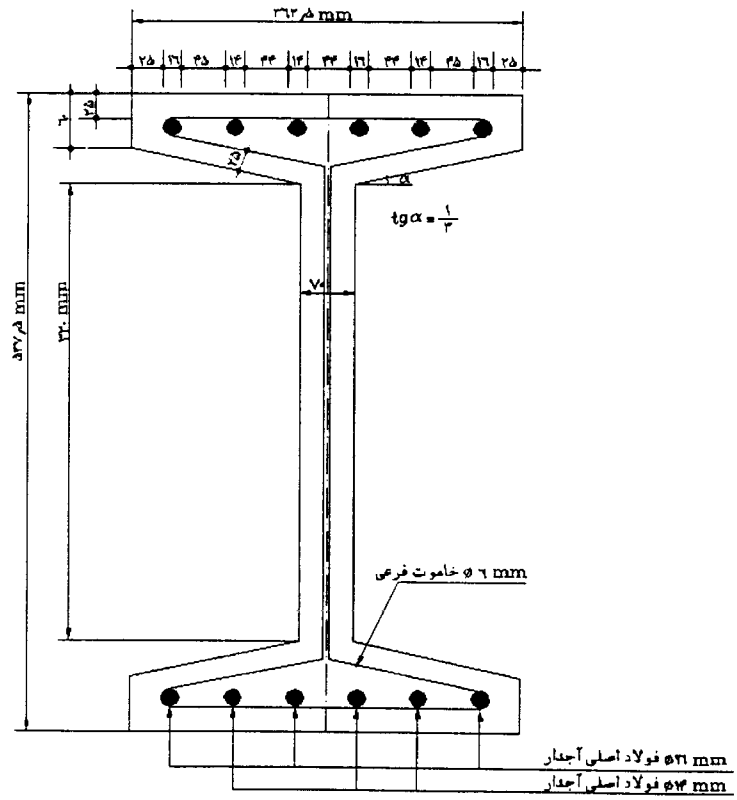
**شکل (۱۰) نقشه آرایش آرماتورهای پایه ۱۲/۴۰۰**

| | |
|---|---|
| عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء: جلد دوم: استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده |
| معاونت تحقیقات و تکنولوژی | صفحه: ۳۸ |



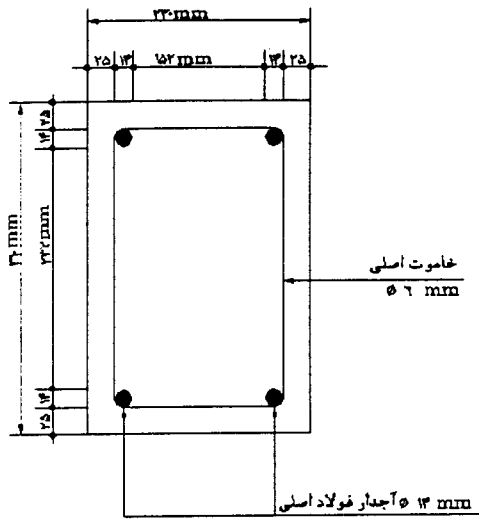

مقطع در سر تیر

مقطع در فاصله ۹ متری از ته تیر

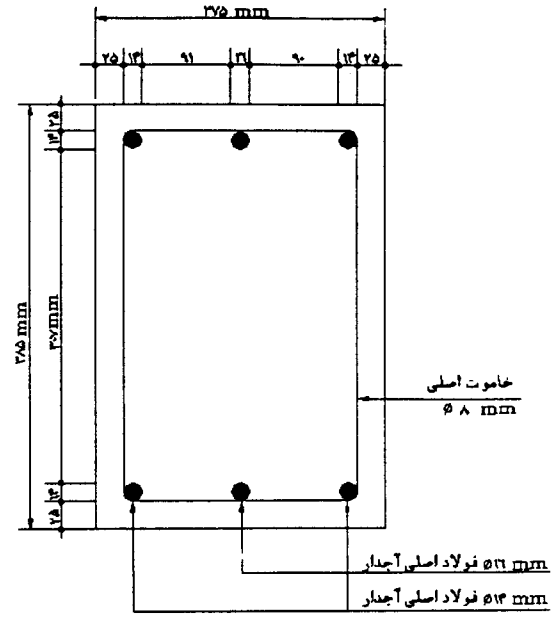



مقطع در فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

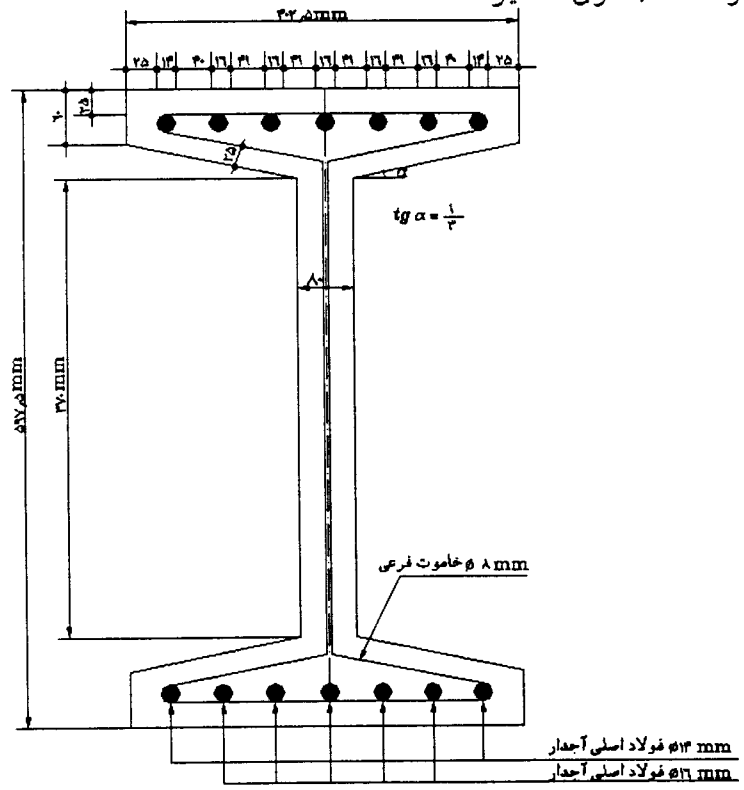
**شکل (۱۱) نقشه آرایش آرماتورهای پایه ۱۲/۶۰۰**




مقطع سر تیر

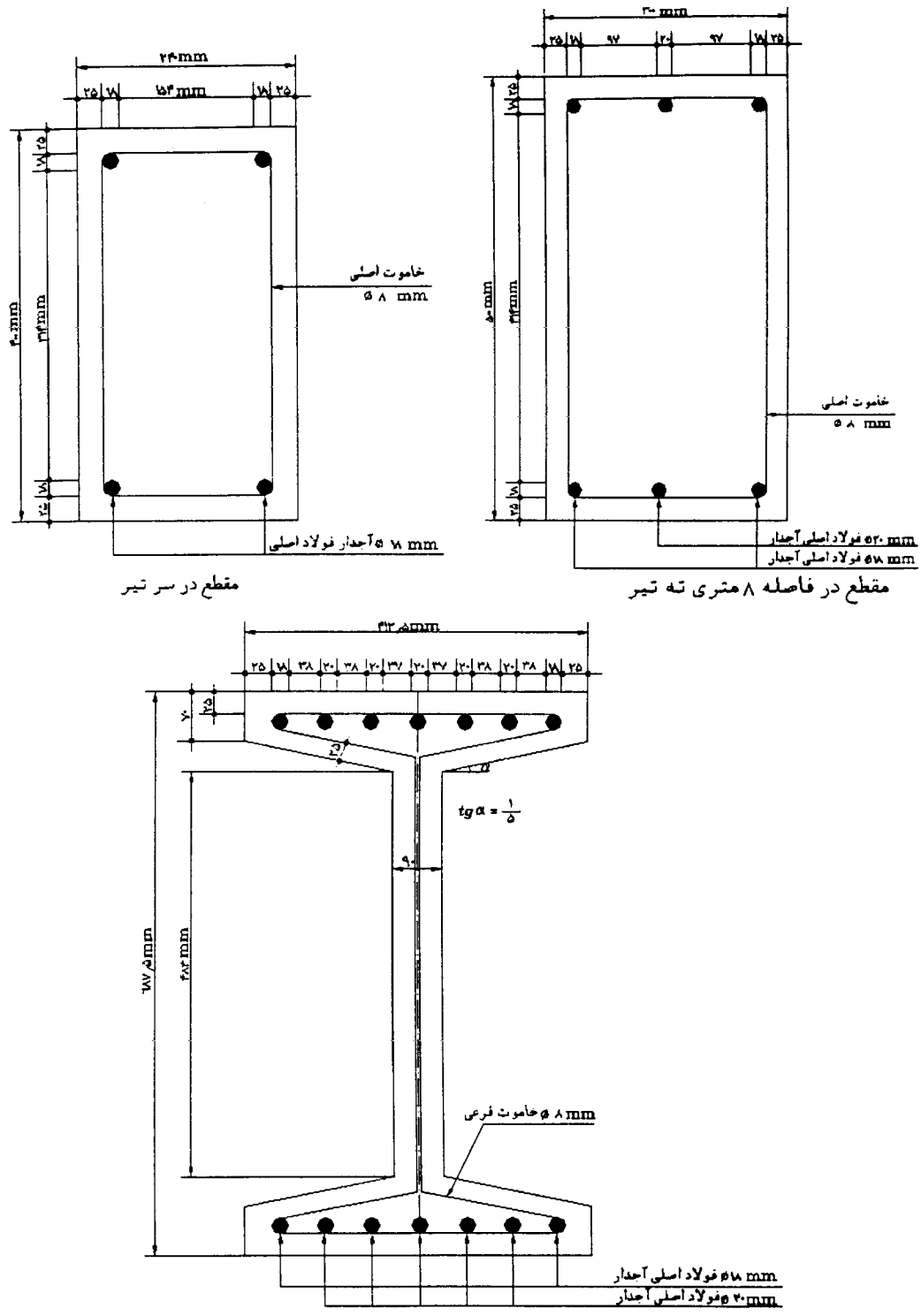



مقطع در فاصله ۹متری ته تیر




مقطع در فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

**شکل (۱۲) نقشه آرایش آرماتورهای پایه ۱۲/۸۰۰**




**شکل (۱۳) نقشه آرایش آرماتورهای پایه ۱۲/۱۲۰۰)**

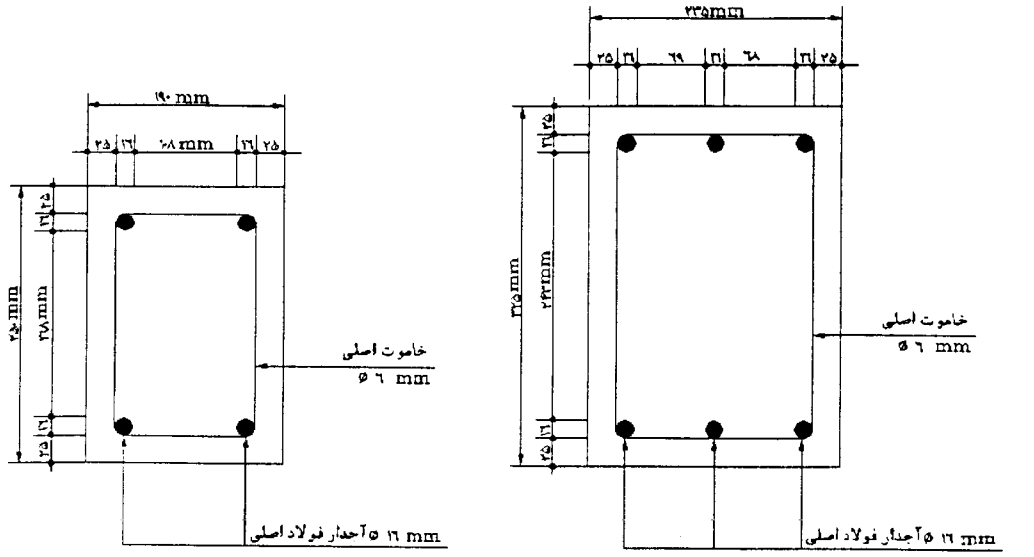
| | |
|---|---|
| **عنوان کل:** استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء:** جلد دوم: استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده |
| **معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | صفحه: ۴۱ |

## ۱۷-۱-۲- تیر بتنی مسلح ۱۵متری

مشخصات تیرهای بتنی ۱۵متری مطابق جدول (۶) و شکلهای (۱۴) تا (۱۷) می‌باشد.

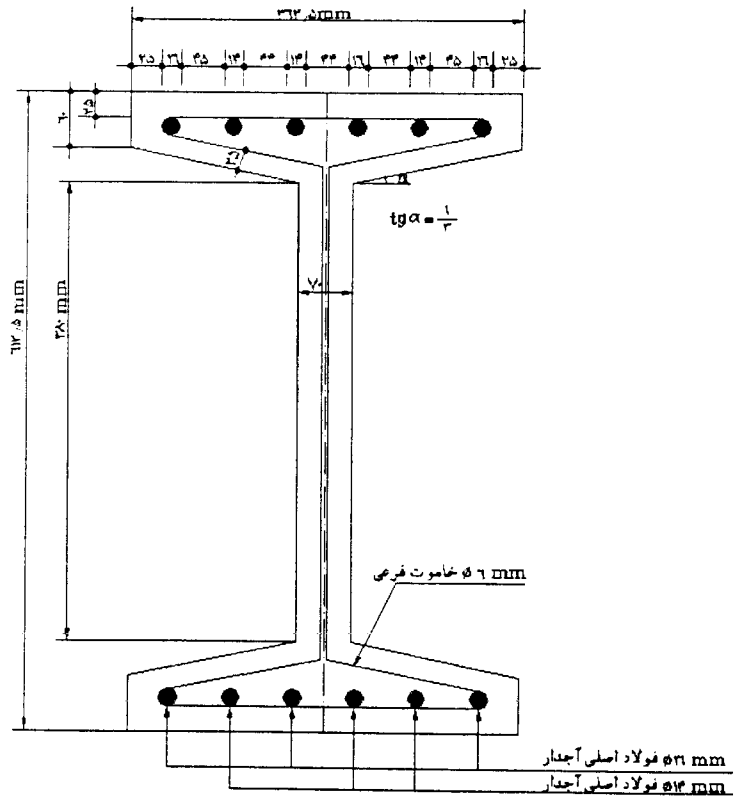
### جدول (۶) مشخصات فنی تیر ۱۵متری

| قدرت اسمی | ابعاد بالا | ابعاد پایین | آرماتور | a | | b | | c | | d | | c | | f | | الگوی آرماتور گذاری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kgf | cm | cm | | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | ϕ | طول | |
| ۴۰۰ | ۲۵×۱۹ | ۶۲/۵×۴۱/۵ | ۶ϕ ۱۶<br>۶ϕ ۱۴ | ۱۶ | ۱۵۰۰ | ۱۶ | ۱۲۰۰ | ۱۴ | ۱۱۰۰ | ۱۴ | ۱۰۰۰ | ۱۴ | ۸۰۰ | | | ج |
| ۶۰۰ | ۳۱×۲۳ | ۶۸/۵×۴۵/۵ | ۸ϕ ۱۶<br>۴ϕ ۱۴ | ۱۶ | ۱۵۰۰ | ۱۶ | ۱۲۰۰ | ۱۶ | ۱۱۰۰ | ۱۴ | ۱۰۰۰ | ۱۴ | ۸۰۰ | | | ج |
| ۸۰۰ | ۴۰×۲۴ | ۷۷/۵×۴۶/۵ | ۱ϕ ۱۶<br>۴ϕ ۱۴ | ۱۶ | ۱۵۰۰ | ۱۶ | ۱۲۰۰ | ۱۶ | ۱۱۰۰ | ۱۶ | ۱۰۰۰ | ۱۴ | ۸۰۰ | ۱۴ | ۷۰۰ | د |
| ۱۲۰۰ | ۴۰×۲۴ | ۷۷/۵×۴۶/۵ | ۴ϕ ۱۸<br>۱ϕ ۲۰ | ۱۸ | ۱۵۰۰ | ۲۰ | ۱۲۰۰ | ۲۰ | ۱۱۰۰ | ۲۰ | ۱۰۰۰ | ۲۰ | ۸۰۰ | ۲۰ | ۷۰۰ | د |



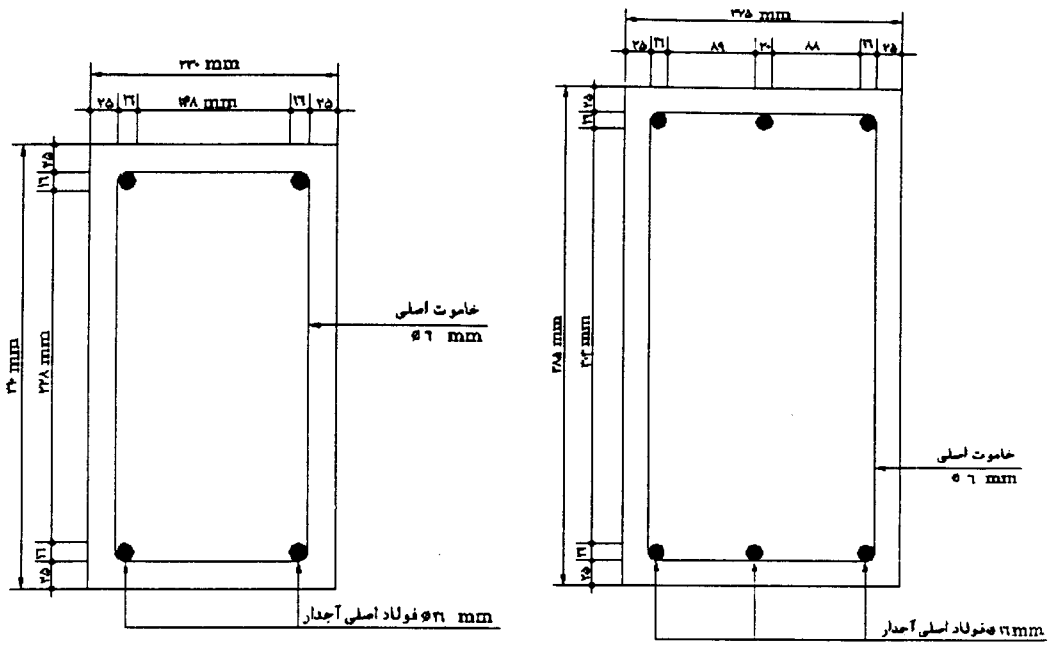

مقطع در سر تیر

مقطع تیر درفاصله ۱۲ متری ته تیر



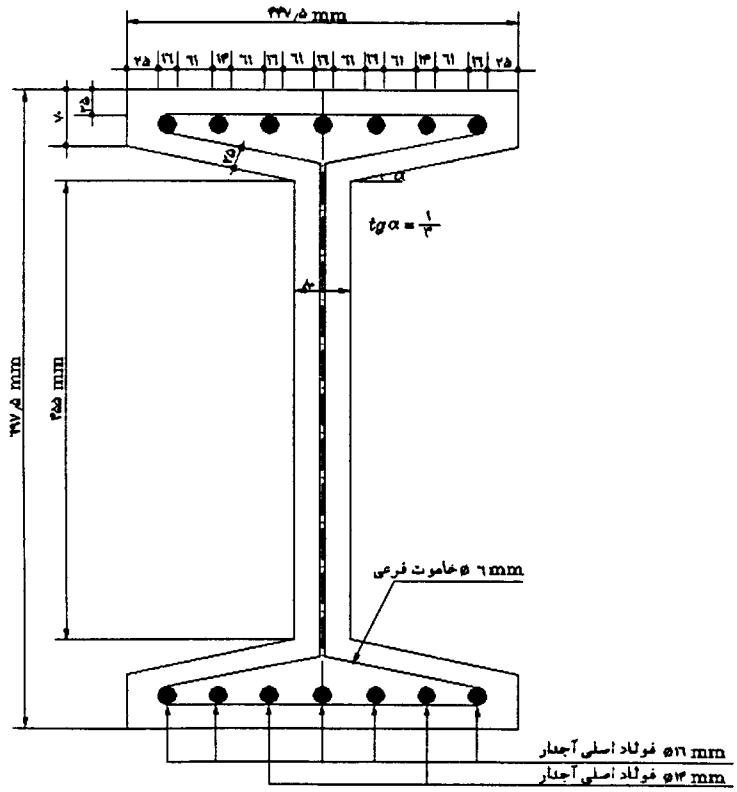

مقطع در فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

**شکل (۱۴) نقشه آرماتورهای پایه ۱۵/۴۰۰**



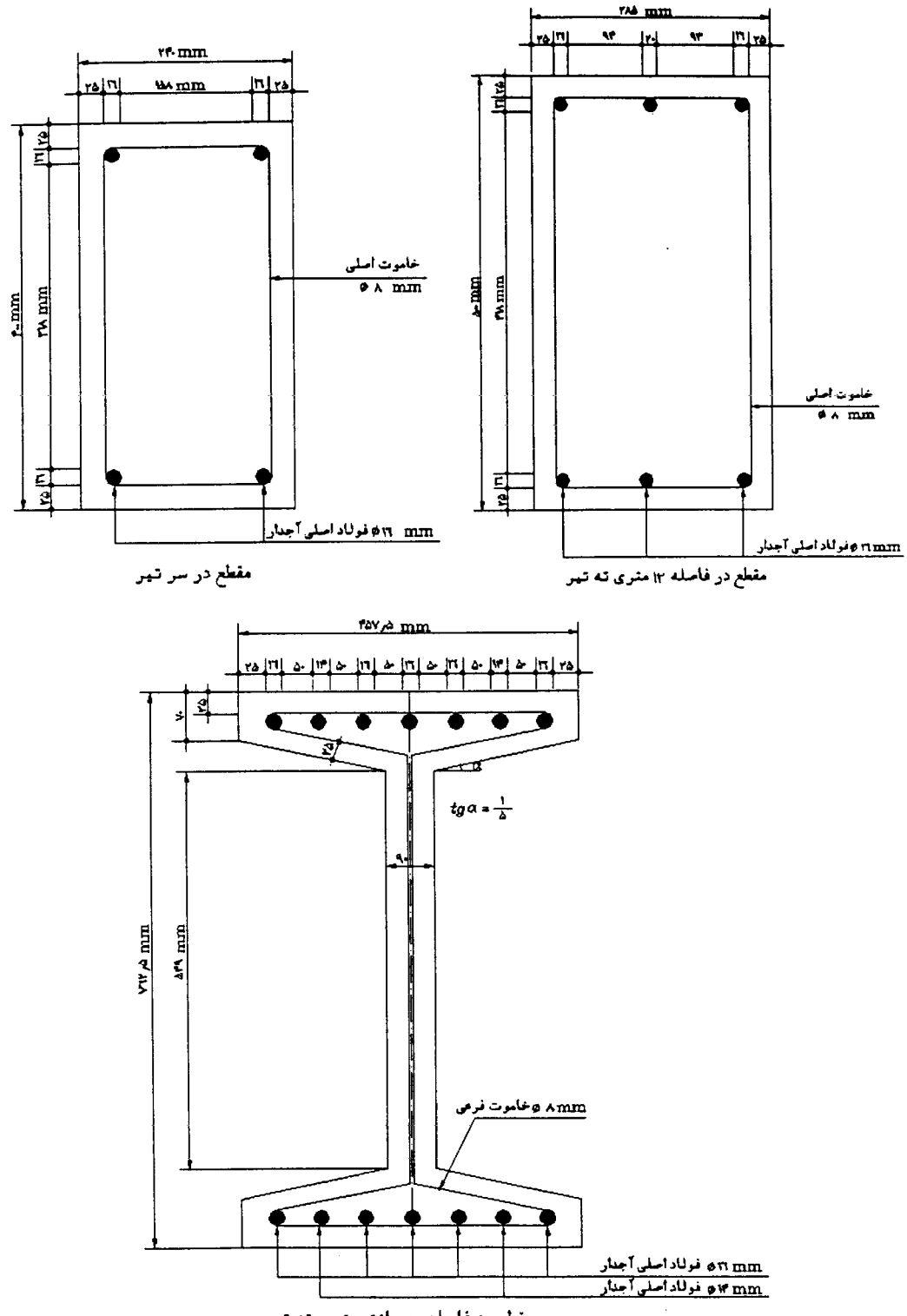

مقطع در فاصله ۱۲ متری ته تیر

مقطع در سر تیر




مقطع به فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

**شکل (۱۵) نقشه آرماتورهای پایه ۱۵/۶۰۰**



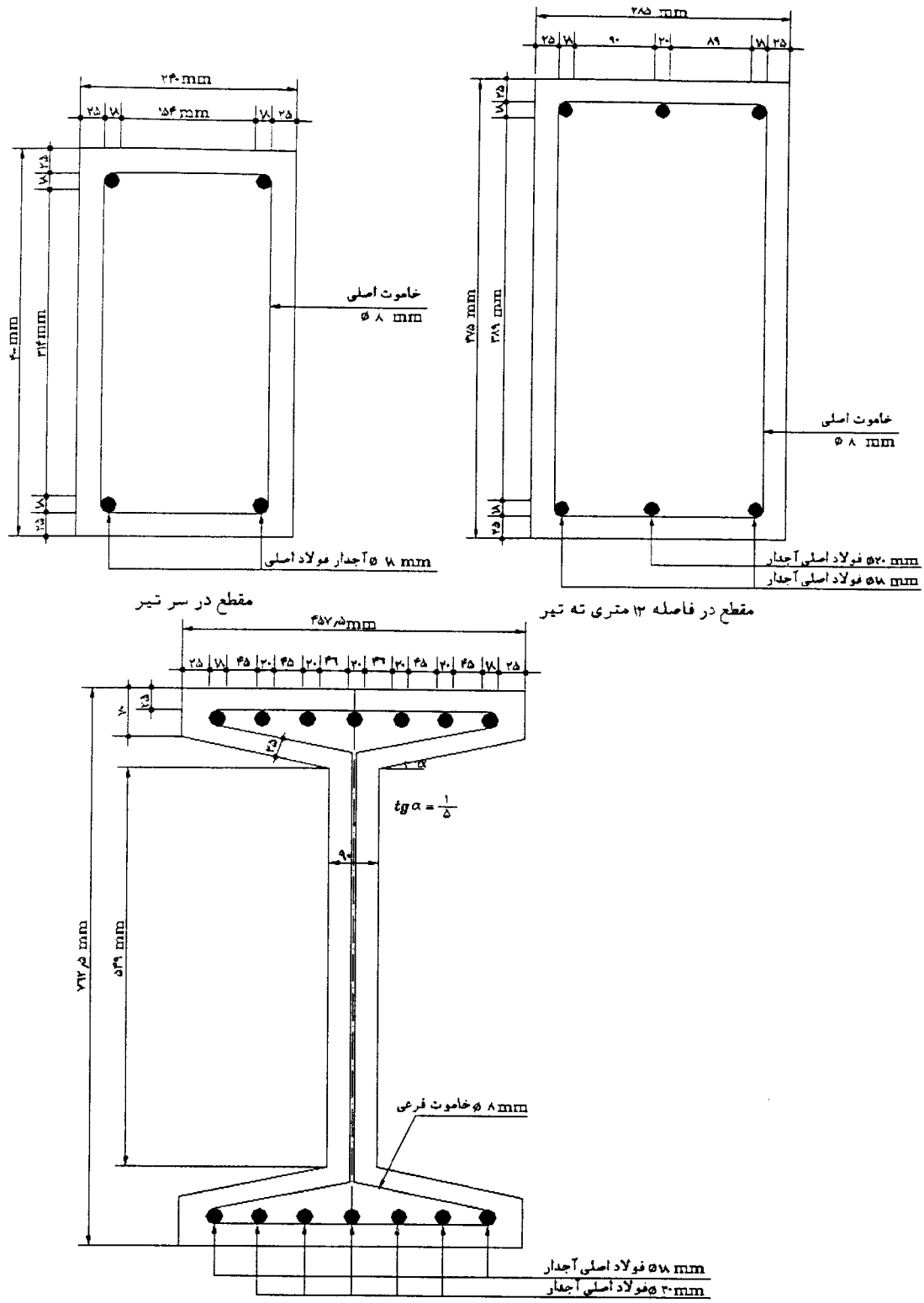

مقطع در سر تیر

مقطع در فاصله ۱۲ متری ته تیر

مقطع به فاصله ۵۰ سانتیمتری ته تیر

**شکل (۱۶) نقشه آرماتورهای پایه ۱۵/۸۰۰**

| | |
|---|---|
| عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء: جلد دوم: استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده |
| معاونت تحقیقات و تکنولوژی | صفحه: ۴۵ |



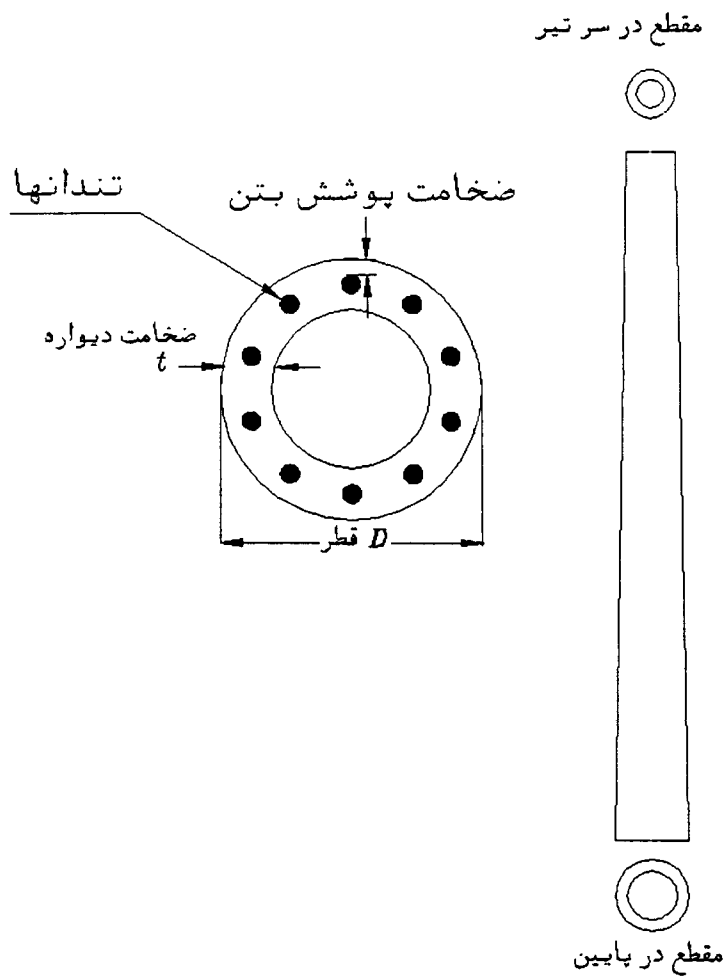

**شکل (۱۷) نقشه آرماتورهای پایه ۱۵/۱۲۰۰**

| | |
|---|---|
| **عنوان کل:** استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء:** جلد دوم: استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده |
| **معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **صفحه:** ۴۶ |

**۱۷-۲- مشخصات فنی تیرهای بتنی پیش‌تنیده**

باتوجه‌به تقسیم‌بندی بند ۱۶ و مشخصات نمونه‌ای تیرهای بتنی پیش‌تنیده با درنظر گرفتن شکل (۱۸) به‌صورت جدول (۷) می‌باشد.

لازم به ذکر است که طراحی تیرها، با بتن مقاومت بالا (حداقل $Kg/cm^2$ ۵۰۰) انجام شده است. سیمهای به‌کاررفته در پیش‌تنیدگی این تیرها سیم مقاومت بالا و با حداقل مقاومت جاری شدن $Kg/cm^2$ ۱۵۰۰۰ می‌باشد.




**شکل (۱۸) شمای کلی تیر بتنی پیش‌تنیده**

## جدول (۷) مشخصات فنی تیرهای بتنی پیش‌تنیده

| L | P | $D_t$ | $D_B$ | t | ϕ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| طول‌تیر m | قدرت‌اسمی Kgf | قطرتیردربالا cm | قطرتیردرپایین cm | ضخامت‌دیواره cm | قطر سیم عرضی mm | تعدادسیم‌عرضی مصرفی |
| ۸ | ۱۰۰ | ۱۲ | ۲۴ | ۵ | ۵ | ۴ |
| ۸ | ۱۵۰ | ۱۲ | ۲۴ | ۵ | ۵ | ۸ |
| ۸ | ۲۰۰ | ۱۲ | ۲۴ | ۵ | ۵ | ۱۲ |
| ۹ | ۲۰۰ | ۱۳ | ۲۶/۵ | ۵ | ۷/۵ | ۶ |
| ۹ | ۴۰۰ | ۱۶/۵ | ۳۰ | ۶ | ۷/۵ | ۸ |
| ۹ | ۶۰۰ | ۱۸/۵ | ۳۲ | ۶ | ۷/۵ | ۱۲ |
| ۹ | ۸۰۰ | ۲۳/۵ | ۳۷ | ۷ | ۷/۵ | ۱۴ |
| ۹ | ۱۰۰۰ | ۲۳/۵ | ۳۷ | ۷ | ۷/۵ | ۱۸ |
| ۱۰/۵ | ۲۰۰ | ۱۳ | ۲۱ | ۶ | ۷/۵ | ۶ |
| ۱۰/۵ | ۴۰۰ | ۱۶/۵ | ۳۲/۵ | ۷ | ۷/۵ | ۸ |
| ۱۲ | ۲۰۰ | ۱۳ | ۳۱ | ۶ | ۷/۵ | ۶ |
| ۱۲ | ۴۰۰ | ۱۶/۵ | ۳۴/۵ | ۷ | ۷/۵ | ۸ |
| ۱۲ | ۶۰۰ | ۲۰ | ۳۸ | ۷ | ۷/۵ | ۱۲ |
| ۱۲ | ۸۰۰ | ۳۰ | ۴۸ | ۸ | ۷/۵ | ۱۴ |
| ۱۲ | ۱۲۰۰ | ۳۰ | ۴۸ | ۹ | ۷/۵ | ۱۸ |
| ۱۵ | ۴۰۰ | ۲۰ | ۴۲/۵ | ۷ | ۷/۵ | ۱۲ |
| ۱۵ | ۶۰۰ | ۳۰ | ۵۲/۵ | ۸ | ۷/۵ | ۱۴ |
| ۱۵ | ۸۰۰ | ۳۰ | ۵۲/۵ | ۹ | ۷/۵ | ۱۸ |
| ۱۵ | ۱۰۰۰ | ۳۵ | ۵۷/۵ | ۹ | ۷/۵ | ۲۰ |

# پیوست الف

## جایگاه آزمایش تیرهای بتنی

## مقدمـــه

جهت آزمایش تیرهای بتنی (پیش‌تنیده و مسلح) نیاز به سکو و جایگاهی جهت آزمایش است. این سکو باید قابلیت تحمل نیروهایی را که حین آزمایش به آن وارد می‌شود، داشته باشد. دراینجا طرحی پیشنهادی جهت ساخت این سکو مطرح می‌شود.

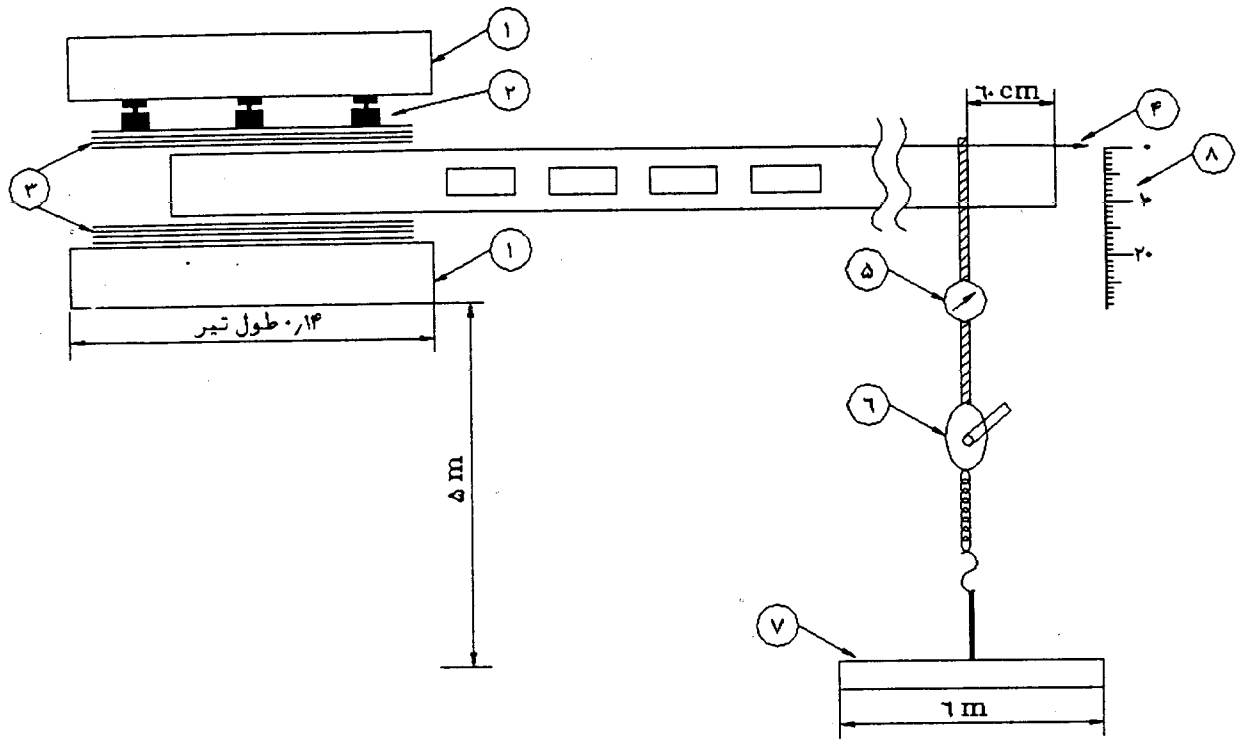
این مجموعه دارای دو قسمت عمده، سکو و پایه، است. در شکل (الف-۱) این مجموعه آمده است.

### الف-۱- سکـو

این سکو جهت ثابت نگهداشتن انتهای تیر درحین آزمایش می‌باشد و از دو دیواره بتنی تشکیل شده است. مشخصات دیواره و آرماتورها در شکلهای (الف-۱) و (الف-۲) رسم شده است.

### الف-۲- پایـه ثابـت

این پایـه جهـت اتصـال دستگـاه تیرفور به آن می‌باشد و مشخصات آن در شکل (الف-۶) رسم شده است.




۱- دیواره سکوی بتنی

۲- جک هیدرولیک

۳- الوار

۴- عقربه اندازه‌گیری انحراف

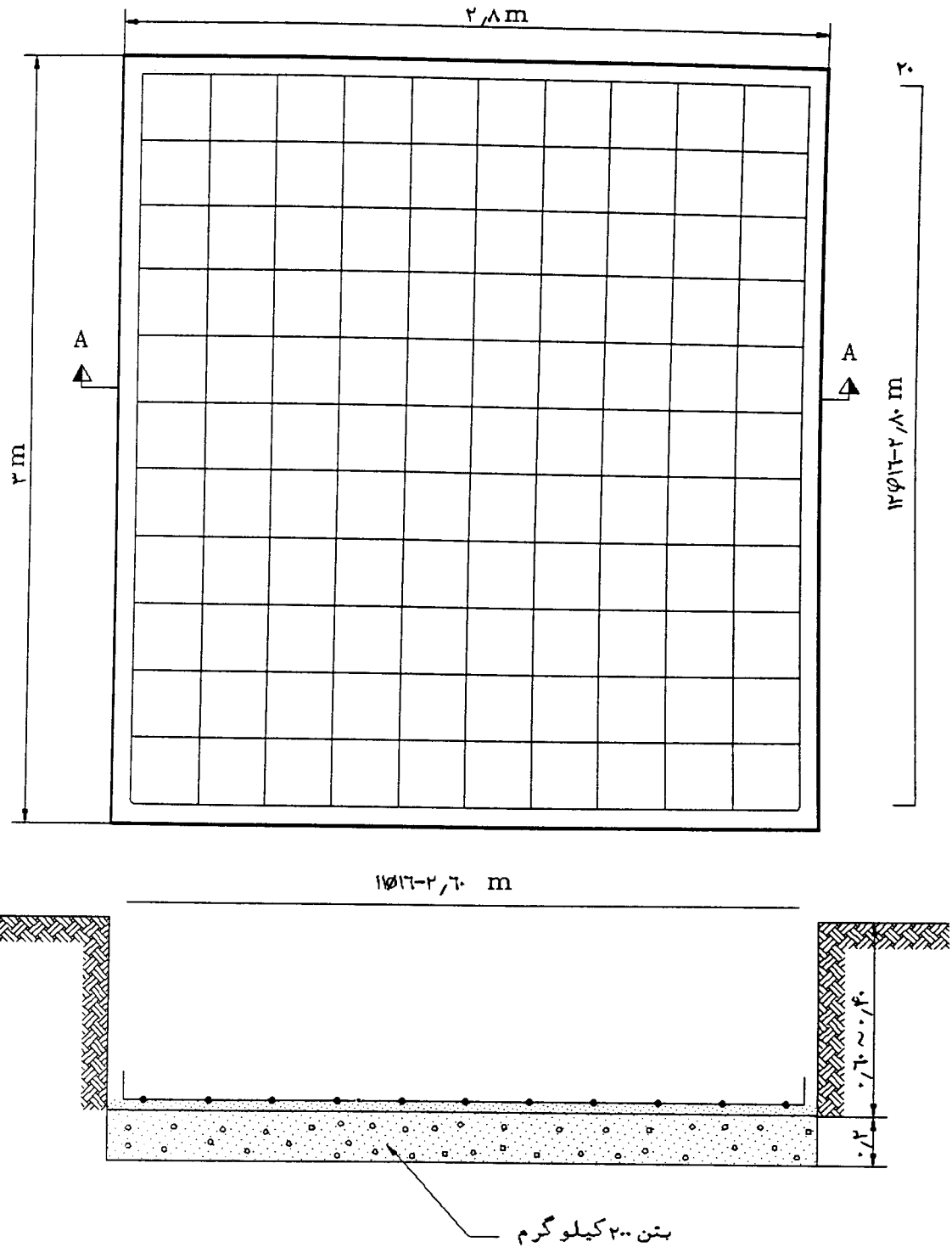
۵- دینامومتر

۶- تیرفور به قدرت ۳ الی ۵ تن

۷- پایه ثابت

۸- خط‌کش

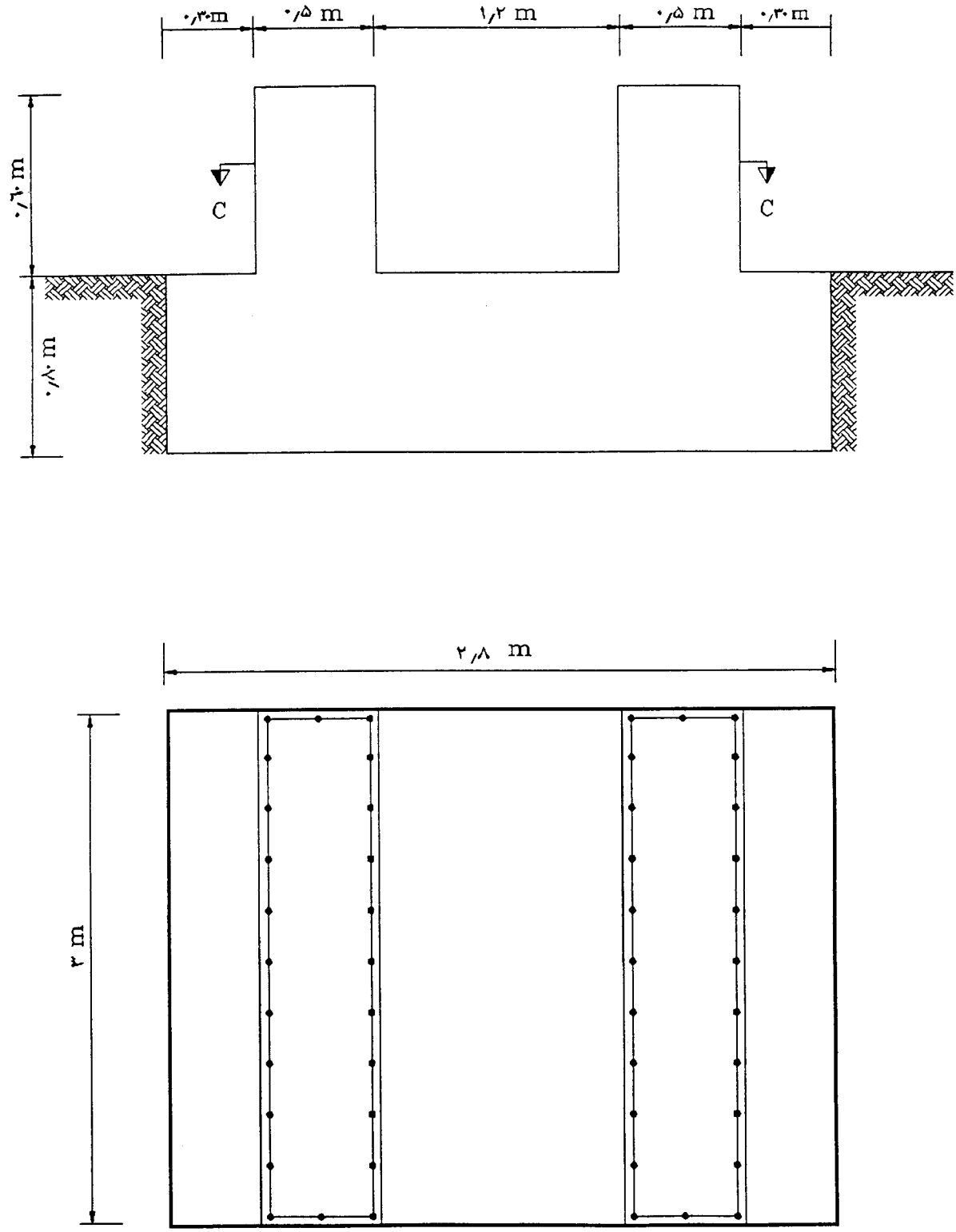
**شکل (الف-۱) جایگاه آزمایش تیر**




A–A

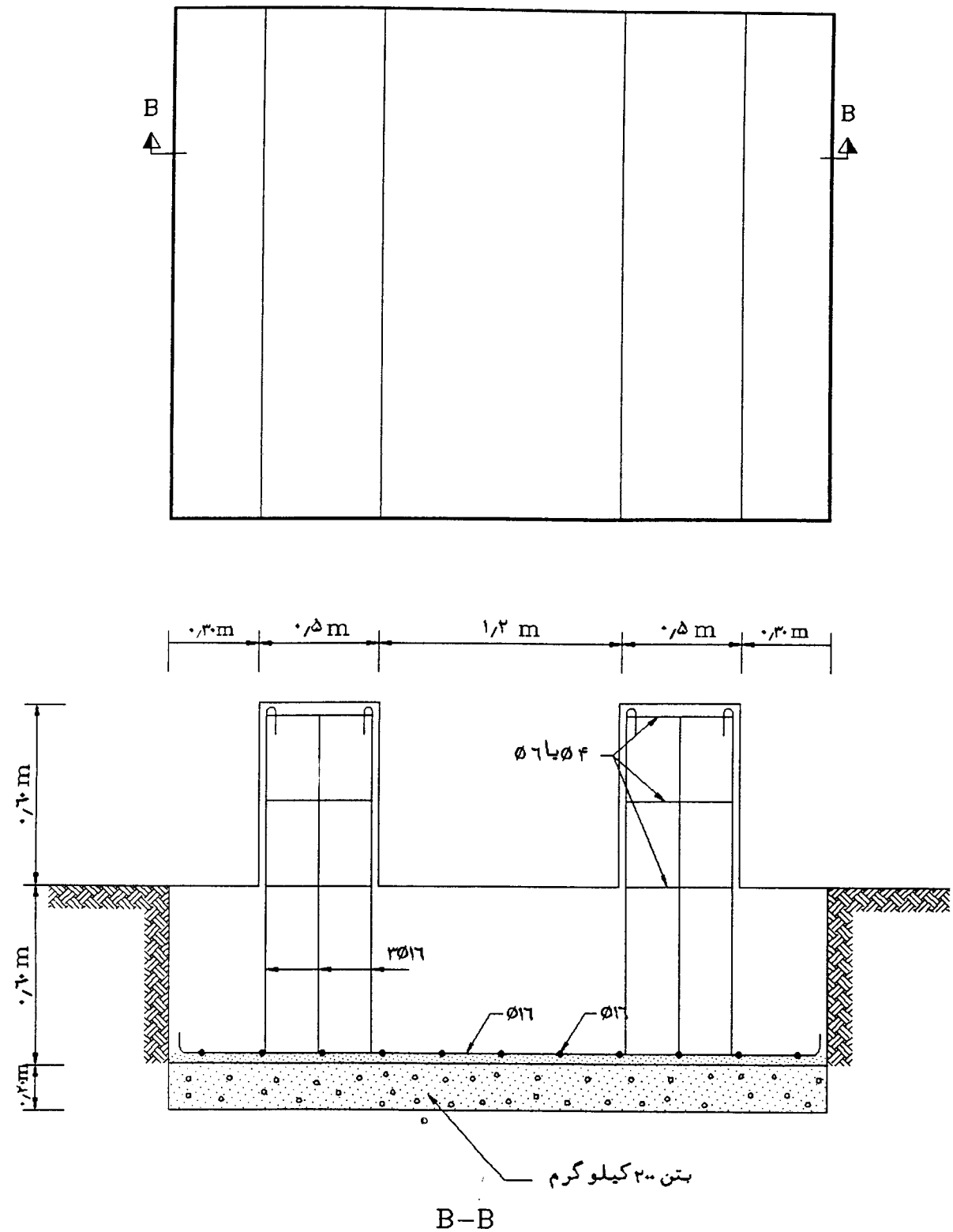
* *انتخاب عمق پی از ۰/۶ متر تا ۰/۸ متر به‌سختی و یا نرمی خاك بستگی دارد*

**شکل (الف-۲) پی‌کنی آرماتوربندی و بتون‌ریزی سکو**



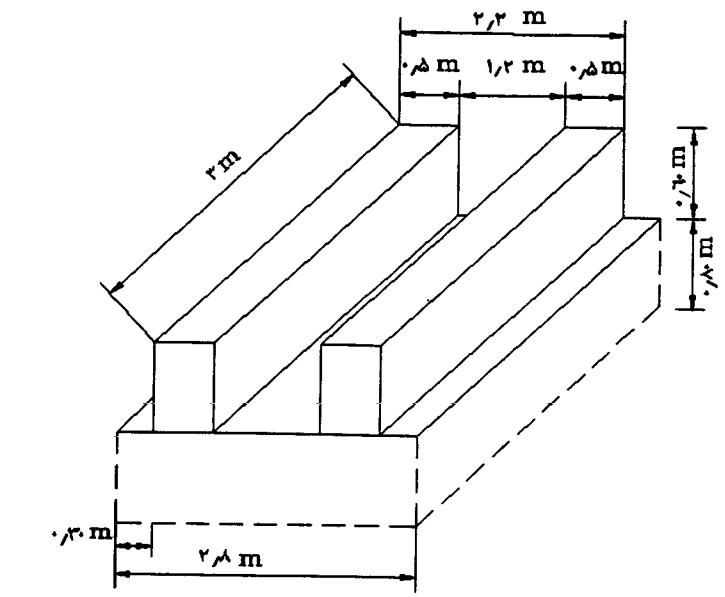

C–C

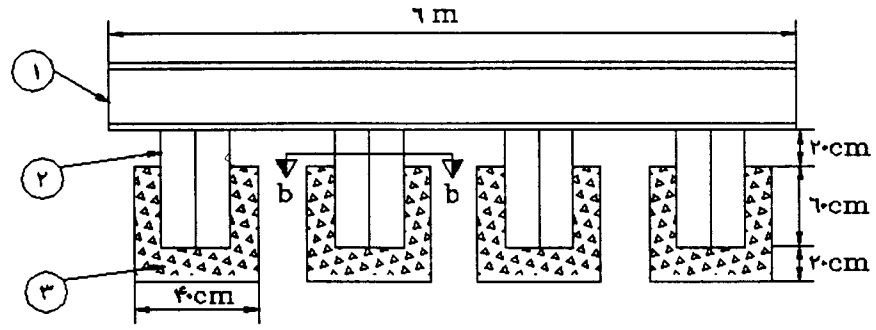
**شکل (الف-۳) برش افقی فونداسیون سکو**

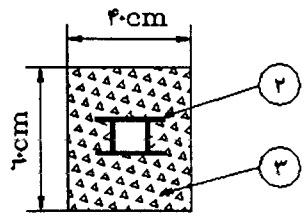



**شکل (الف-۴) برش عمودی فونداسیون سکو**

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل:** استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء:** جلد دوم: استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده | |
| **معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | | **صفحه:** ۵۴ |




برش b–b

۱- تیرآهن *INP20*

۲- دو عدد تیرآهن *INP14*

۳- بتن ۲۰۰ کیلوگرم

**شکل (الف-۵) نمای روبرو و برش فونداسیون و مشخصات تیرآهنهای پایه ثابت**

# پیوست ب

## عمل آوردن بتن

**ب-۱- عمل آوردن بتن**

عمل آوردن بتن فرآیندی است که طی آن از افت رطوبت بتن جلوگیری به‌عمل می‌آید و دمای بتن در حد رضایتبخشی حفظ می‌شود. عمل آوردن باید بلافاصله پس از تراکم بتن آغاز گردد. مدت عمل آوردن به نوع سیمان، شرایط محیطی و دمای بتن بستگی دارد و درطی آن دمای هیچ قسمت از سطح بتن نباید از ۵ درجه سانتیگراد کمتر باشد.

مدت زمان عمل آوردن برای بتن با سیمان پوزولانی بیشتر است و به‌علت دیرگیری اینگونه بتنها لازم است عمل‌آوری با دقت خاصی دنبال شود. افت در مقاومت بتن ناشی از عمل آوردن نامناسب همیشه محسوس است. آب مصرفی برای عمل آوردن باید کیفیتی مشابه آب مصرفی برای اختلاط بتن داشته باشد. از ریختن آب سرد به روی بتنهای داغ که ایجاد شوك حرارتی می‌نماید خودداری گردد.

باید دقت شود بتن حداقل به مدت یک هفته مرطوب بماند. درصورتی که سازنده بخواهد بتن را با بخار عمل آورد این مدت به ۴ روز تقلیل می‌یابد.

روشهای عمل آوردن به میزان وسیعی با شرایط موجود در کارگاه و اندازه و شکل عضو به‌سختی متغیر است. در زیر به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود:

**ب-۱-۱- عمل آوردن بدون بخار**

می‌توان به‌وسیله روغن‌مالی و خیس کردن قالبها قبل از بتن‌ریزی، به عمل آوردن بتن کمک کرد. پس از بتن‌ریزی و سفت شدن بتن می‌توان سطح آن را با حصیر، گونی، برزنت و . . . پوشاند و با آب‌پاشی متناوب رطوبت کافی برای عمل‌آوری را فراهم نمود. برای جلوگیری از تبخیر آب می‌توان از پوششهایی نظیر ماسه نم‌دار یا خاك‌اره خیس استفاده کرد. همچنین می‌توان قطعه را در آب غوطه‌ور نمود.

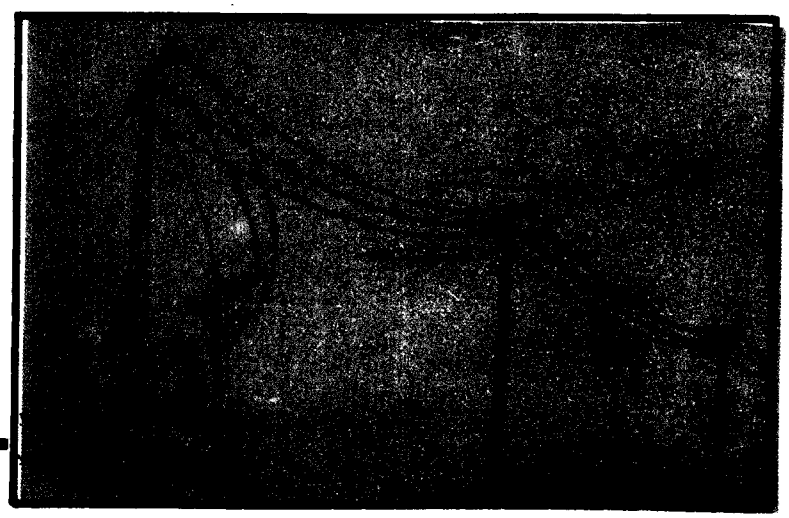
**ب-۱-۲- عمل آوردن با بخار**

افزایش درجه حرارت باعث تسریع در روند توسعه مقاومت بتن می‌شود لذا می‌توان با عمل آوردن

بتن در بخار کسب مقاومت را سرعت بخشید. عمل آوردن در بخار و فشار اتمسفر (یعنی درجه حرارت حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد بجز برای سیمان برقی (پرآلومین) یک روش بسیار کارا است. معمولا" عمل آوردن در بخار با فشار کم را در اطاقهای مخصوص یا تونلهایی که از میان آن قطعات بتنی حرکت می‌کنند انجام می‌دهند یا اینکه می‌توان جعبه‌ها یا پوششهای پلاستیکی را روی قطعه قرار داد و بخار را توسط لوله‌های خرطومی به زیر آنها فرستاد. نباید اجازه داد درجه حرارت قطعه بتنی خیلی سریع بالا برود زیرا اثر نامساعدی بر مقاومت بتن دارد، لذا بایستی در مراحل اولیه عمل آوردن با بخار تاخیر ایجاد کرد.

علاوه‌بر روشهای فوق می‌توان قطعات بتنی را با بخار فشار زیاد عمل آورد (اتوکلاو) در این حالت قطعات در داخل مخزن تحت فشار قرار می‌گیرند و بخار به داخل آن تزریق می‌شود. لازم است در فضای داخل مخزن آب اضافی پاشیده شود تا از تماس بخار داغ با بتن جلوگیری شود.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
امور برق



# استاندارد خطوط هوایی توزیع

## جلد سوم : تیرهای چوبی

## و مشخصات کراس آرمهای چوبی به کار رفته در شبکه توزیع

تحقیقات و تکنولوژی
استانداردها

تدوین کننده : گروه مطالعات توزیع - بخش برق - مرکز تحقیقات نیرو (متن)

اردیبهشت ۱۳۷۶

## ۱- دامنه کاربرد

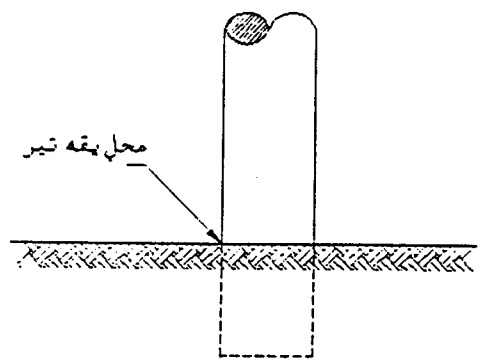
این استاندارد شامل مشخصات تیرهای چوبی که در صنایع برق (و مخابرات) به‌کار می‌روند است. این استاندارد برای تیرهایی که از نوع ساده و با یک اتکا بوده و فقط متحمل نیروهای افقی می‌شوند (این نیروها حداکثر تنش را در قسمتی از تیر که همسطح زمین است ایجاد می‌کند) وضع شده است.

## ۲- تعاریف

در این استاندارد از اصطلاحاتی استفاده شده است که تعریف آنها در این قسمت.می‌آید.

### ۲-۱- یقه تیر

فصل مشترك بین تیر چوبی و سطح زمین، یقه تیر نام دارد (شکل (۱)).



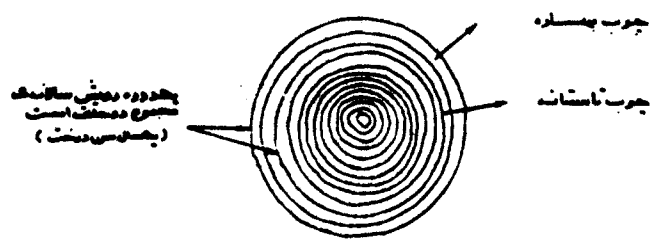

**شکل (۱) محل یقه تیر**

### ۲-۲- محیط سینه تیر

محیط آن قسمت از تیر که در ارتفاع ۱۸۳ سانتیمتری از ته تیر قرار گرفته است محیط سینه تیر نام دارد.

۲-۳- دوره (یا دوایر) رویش سالانه

دوره رویش سالانه درخت عموما" در فصل بهار آغاز و در اواخر تابستان پایان می‌یابد. دوره رویش سالانه شامل یک حلقه چوب روشن رنگ بهاره و یک حلقه چوب تیره رنگ تابستانی است که مجموع این دو حلقه، دایره رویش سالانه نام دارد (حلقه‌ها در مقطع تیر مشخص می‌باشند). هر دوره رویش سالانه نشان‌دهنده یک سال برای سن درخت است (شکل (۲)).




شکل (۲) حلقه‌های مربوط به دوره رویش سالانه

۲-۴- ترک

به‌هنگام خشک کردن چوب، تنشهای داخلی ایجادشده موجب ظهور شیارهایی سطحی به موازات محور طولی تیر می‌گردد. این شیارها ترک نامیده می‌شوند که بطور معمول در امتداد شعاع دوایر رویش سالانه و محور طولی تیر توسعه می‌یابند.

۲-۵- شکاف

حالت عمیق ترک که ممکن است تا مرکز تیر امتداد یابد شکاف نامیده می‌شود.

۲-۶- شکست عرضی و مورب

شکست عرضی و مورب، دراثر جدا شدن الیاف چوب حاصل می‌شود و بطور معمول در جهت

عمود بر محور طولی و یا مورب می‌باشد. نیروهای خارجی واردشده به تیر و یا نامتعادل بودن تنشهای داخلی عامل این شکست هستند. باید توجه داشت چوبهایی که دارای این نوع شکست هستند نباید در ساخت پایه‌های چوبی به‌کار روند.

### ۲-۷- پوسیدگی

پوسیدگی براثر تجزیه بافت چوب توسط قارچهای مخرب ایجاد می‌شود. پوسیدگی ابتدا به‌صورت مقدماتی است. در مرحله مقدماتی به‌سختی چوب لطمه‌ای وارد نمی‌شود (چوب نرم نمی‌شود). از علائم پوسیدگی مقدماتی تغییر رنگ مختصری است که در چوب ایجاد می‌شود.

درصورت ادامه روند پوسیدگی پس از مرحله مقدماتی، پوسیدگی پیشرفته ایجاد می‌شود که به‌علت آثار تخریبی، به‌سهولت تشخیص داده می‌شود. در این مرحله از پوسیدگی، چوب نرم و مجوف و شکننده شده و الیاف و دوایر رویشی آن پیوستگی خود را ازدست می‌دهند.

### ۲-۸- مغز چوب

قسمت نرم و مرکزی تنه و شاخه درخت که محل ذخیره مواد غذایی و دفع مواد غیرضروری است مغز چوب نامیده می‌شود.

### ۲-۹- مغز پوك چوب

درصورتی که براثر حمله حشرات یا آفات نباتی قسمتی از مغز چوب دچار پوسیدگی شود و این پوسیدگی در سراسر مغز چوب یا قسمتی از آن سرایت کند، مغز چوب پوك خواهد شد.

### ۲-۱۰- قسمت برون چوب

قسمتی از درخت که وظیفه حفظ انجام اعمال فیزیولوژیکی و همچنین حفظ استقامت بدنه درخت را به‌عهده دارد، برون چوب نامیده می‌شود.

### ۲-۱۱- قسمت درون چوب

قسمتی از درخت که وظیفه حفظ استقامت ساقه را به‌عهده دارد و در مجاورت مغز قرار گرفته، درون چوب نامیده می‌شود. این قسمت در انجام اعمال فیزیولوژیکی نقشی ندارد.

### ۲-۱۲- گره

اثری که محل اتصال شاخه به تنه در تنه درخت باقی می‌گذارد گره نام دارد.

### ۲-۱۳- گره مرده

هنگامی که شاخه درخت دراثر بریدن و یا سایر عوامل می‌میرد ارتباط بافت چوبی ساقه و شاخه قطع شده و درنتیجه گره مرده بوجود می‌آید.

### ۲-۱۴- چوب فشاری و چوب کششی

گاهی مشاهده می‌شود که پس از قطع تنه درخت دوایر رویشی سالانه در یک سمت مقطع پهنای بیشتری دارد. بنابراین بنظر می‌رسد مغز چوب بجای مرکز در یک گوشه مقطع قرار گرفته است و چوب تابستانه در آن به نسبت زیادتری وجود دارد (شکل (۳)). رنگ این قسمت از مقطع اغلب تیره (قرمز) می‌باشد.

**شکل (۳) مقطع چوب فشاری و کششی**

این نوع چوب در درختان سوزنی برگ چوب فشاری و در درختان پهن‌برگ، چوب کششی نامیده می‌شود. چوب فشاری پس از خشک شدن خمیده می‌شود و در چوب کششی مقاومت در مقابل فشار و مدول الاستیسیته کم است.

### ۲-۱۵- جای زخم

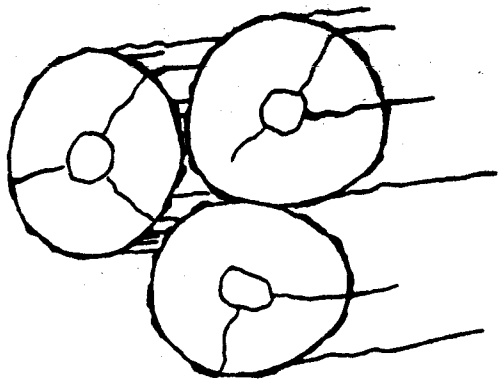
جای زخم ناشی از فرورفتگی سطح چوب براثر زخمی شدن می‌باشد که ترمیم آن به‌صورت طبیعی انجام نشده است.

### ۲-۱۶- رگه مرده

به‌دلیل آسیب رساندن حشرات و یا سایر صدمات خارجی، سلولهای رویشی چوب و پوست در قسمتی از درخت دچار ضایعه می‌گردند. ازآنجاکه سلولهای رویشی در قسمتهای سالم درخت به رشد خود ادامه می‌دهند لذا بخش صدمه‌دیده درخت پس از مدتی به‌صورت یک شیار خالی بر روی درخت ظاهر می‌شود. به این شیار رگه مرده گفته می‌شود. ظاهر رگه‌های مرده، کهنه و رنگ آنها دستخوش تغییر می‌گردد. درصورتی که چوب دارای رگه مرده باشد باید باتوجه‌به احتمال صدمه دیدن آن براثر زخم، فرورفتگی و پوسیدگی، استفاده از آن برای ساخت پایه با احتیاط لازم همراه باشد.

**۲-۱۷- تکان‌خوردگی (گردگسیختگی)**

**تکان‌خوردگی** عبارت است از **انفصال** دوایر رویش سالانه که در داخل ساقه و به شکل یک حلقه **می‌باشد (شکل (۴)).**



**شکل (۴) تکان‌خوردگی در چوب**

**۲-۱۸- الیاف مارپیچی**

**در اغلب چوبهای طبیعی، امتداد الیاف تقریبا"** موازی با محور ساقه است. در بعضی مواقع جهت **الیاف با محور درخت حالت مارپیچی پیدا می‌کنند به‌صورتی که الیاف** ممکن است سمت راست یا چپ محور **پیچیده** باشند. **مارپیچی بودن الیاف موجب** کاهش مقاومت چوب در مقابل نیروهای کششی می‌شود.

**۲-۱۹- ضایعات ناشی از حشرات**

**ضایعات ناشی از حشرات (یا نوزاد کرمی‌شکل آنها)** منجربه بروز خراشهای سطحی، **شیارهای کوتاه و یا سوراخهای کوچک بر روی چوب می‌شود. این ضایعه** درنهایت با ایجاد سوراخهای عمقی در داخل **چوب تکمیل می‌گردد.**

**۲-۲۰- قرمزی داخل چوب (درون قرمزی)**

**یک نوع انگل قارچی بنام Fomes Pini**، پدیده درون‌قرمزی را موجب می‌شود. در مراحل اولیه

آلودگی قارچی، درون چوب درخت زنده به رنگ قرمز یا قهوه‌ای درمی‌آید. در ادامه، چوب درخت زنده تجزیه و فاسد شده و در نقاط کوچک (ولی مشخص و آشکار) پوسیده و به شکل حفره‌هایی که دور آنها به توسط خطوط سفید احاطه شده است درمی‌آید.

**۲-۲۱- رنگ‌باختگی**

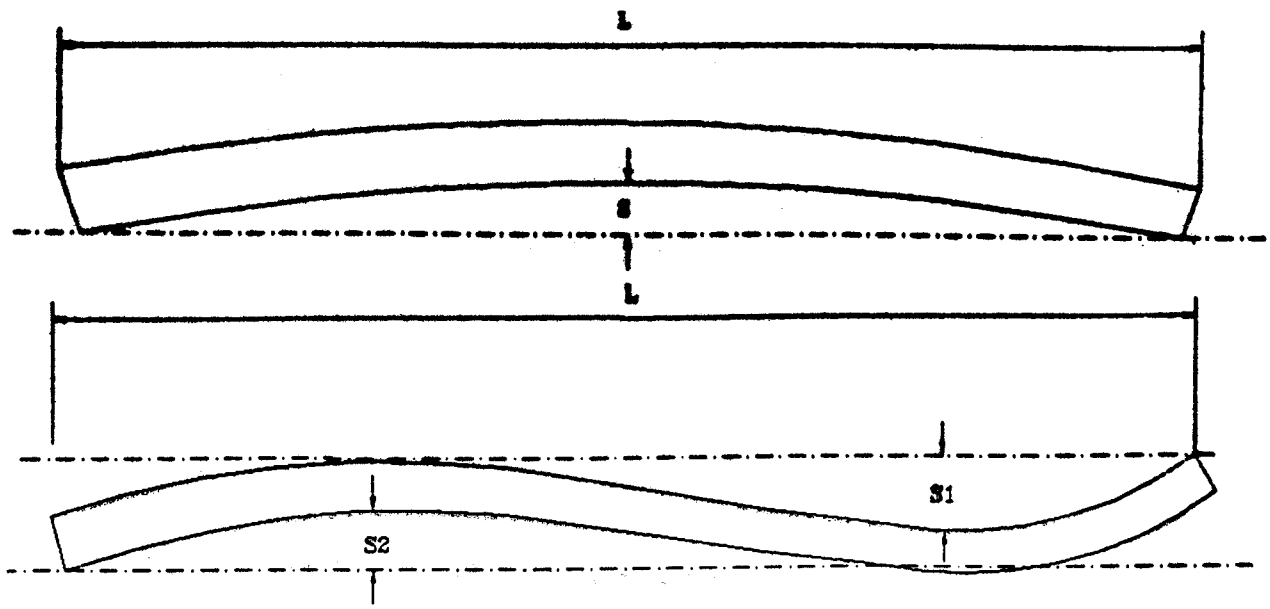
رنگ‌باختگی عبارت است از تغییر رنگ قسمت خارجی و زیر پوست درخت که بوسیله انگلهای قارچی و فعالیت سایر عوامل خارجی بوجود می‌آید ولی باعث تخریب و نرم شدن پوست درخت نمی‌شود.

**۲-۲۲- ته تیر معیوب**

بهنگام قطع درخت و یا تبدیل آن به تیر چوبی ممکن است قسمتی از انتهای تیر کنده شده و درنتیجه فضای خالی ایجاد شود. به این شکل ته تیر معیوب خواهد بود.

**۲-۲۳- انحنا یا خمیدگی در تیر چوبی**

انحراف قامت تیر از امتداد مستقیم، انحنا نام دارد (شکل (۵)).

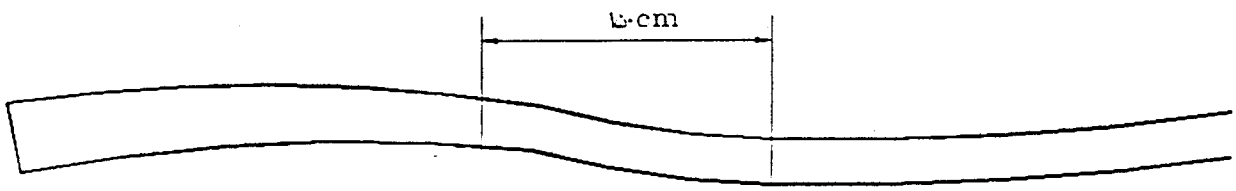



*انحراف تیر از امتداد مستقیم = $S_2$، $S_1$ و $S$ و طول تیر = $L$*

شکل (۵) انحنای تیر

۲-۲۴- پیچ یا خم کوتاه

پیچ یا خم کوتاه عبارت است از خمیدگی کوتاه موضعی تیر بطوری که فاصله دو سر خمیدگی حداکثر ۱۵۰ سانتیمتر باشد (شکل (۶)).




شکل (۶) خم کوتاه در تیر

۲-۲۵- نمای ظاهری تیر

تصویر تیر بر روی صفحه‌ای به موازات محور طولی تیر، نمای ظاهری تیر نامیده می‌شود.

۲-۲۶- قسمت مماس با زمین

آن قسمت از تیر که بین ۳۰ سانتیمتر بالاتر و ۶۰ سانتیمتر پایین‌تر از سطح زمین واقع شده است قسمت مماس با زمین نام دارد.

۲-۲۷- قطر گره

قطر گره روی تنه چوب و در جهت عمود بر محور طولی تیر اندازه‌گیری می‌شود. قسمت خارجی گره (زیر پوست و دارای شیره) و قسمت داخلی و سخت آن باید در اندازه‌گیری درنظر گرفته شود.

## ۲-۲۸- کلاس پایه‌های چوبی

کلاس هر پایه عددی است که مشخص‌کننده حداقل محیط سر تیر، حداقل قطر سر تیر، تغییرات مجاز قطر تیر و نیروی شکست تیر می‌باشد. پایه‌های قابل استفاده در شبکه برق به ۷ کلاس تقسیم می‌شوند. قویترین پایه‌ها که محیط آنها بیشترین مقدار را دارد در کلاس یک قرار می‌گیرد. با افزایش کلاس، از مقاومت پایه کاسته شده و محیط سینه (و درنتیجه قطر سینه) آن نیز کم می‌شود[1].

## ۲-۲۹- علامت‌گذاری روی پایه‌های چوبی

هر پایه باید دارای یک علامت (نشان) به طول حداقل ۵۰ میلیمتر، عرض حداقل ۵ میلیمتر و عمق حداقل ۳ میلیمتر در فاصله ۳ متری از انتهای آن باشد. در بالا و پایین این نشان مشخصاتی که ذکر خواهد شد باید حک شوند.

حروف به‌کار گرفته‌شده برای درج مشخصات باید دارای ارتفاع حداقل ۲۵ میلیمتر، عرض حداقل ۵ میلیمتر و عمق حداقل ۳ میلیمتر باشند. فاصله بین درج مشخصات مختلف باید بین ۲۰ تا ۳۰ میلیمتر باشد.

مشخصات زیر باید در بالای نشان حک شوند:

۱- طول پایه (برحسب متر)،

۲- کلاس پایه یا قطر پایه در فاصله ۱/۵ متری از انتهای آن (برحسب میلیمتر).

مشخصات زیر باید در زیر نشان درج گردد:

۱- کد نوع چوب،

۲- کشور تولیدکننده چوب،

۳- دو رقم آخر سال تولید چوب.

---

۱- پایه‌های کلاس یک برای شبکه فشارقوی، کلاسهای ۲، ۳ و ۴ برای شبکه فشارمتوسط و کلاسهای ۵، ۶ و ۷ برای شبکه فشارضعیف مناسب هستند.

پایه‌هایی که اشباع آنها با کرئوزوت[1] نباشد باید نحوه اشباع آنها بر روی پایه حک شود.

مشخصات زیر باید در انتهای پایه حک گردند:

۱- طول پایه (برحسب متر)،

۲- کلاس پایه یا قطر پایه در فاصله ۱/۵ متری از انتهای آن (برحسب میلیمتر).

شکل (۷) نمونه‌ای از مشخصات درج‌شده روی پایه را نشان می‌دهد.

مشخصات مذکور باید بر روی یک صفحه فلزی مناسب حک گردد و با میخ (و یا هر وسیله دیگر به‌نحوی که به استحکام پایه صدمه وارد نشود) در محلی که پیشتر ذکر شد به پایه متصل شود.

**۲-۲۹-۱- کد چوبهای مختلف**

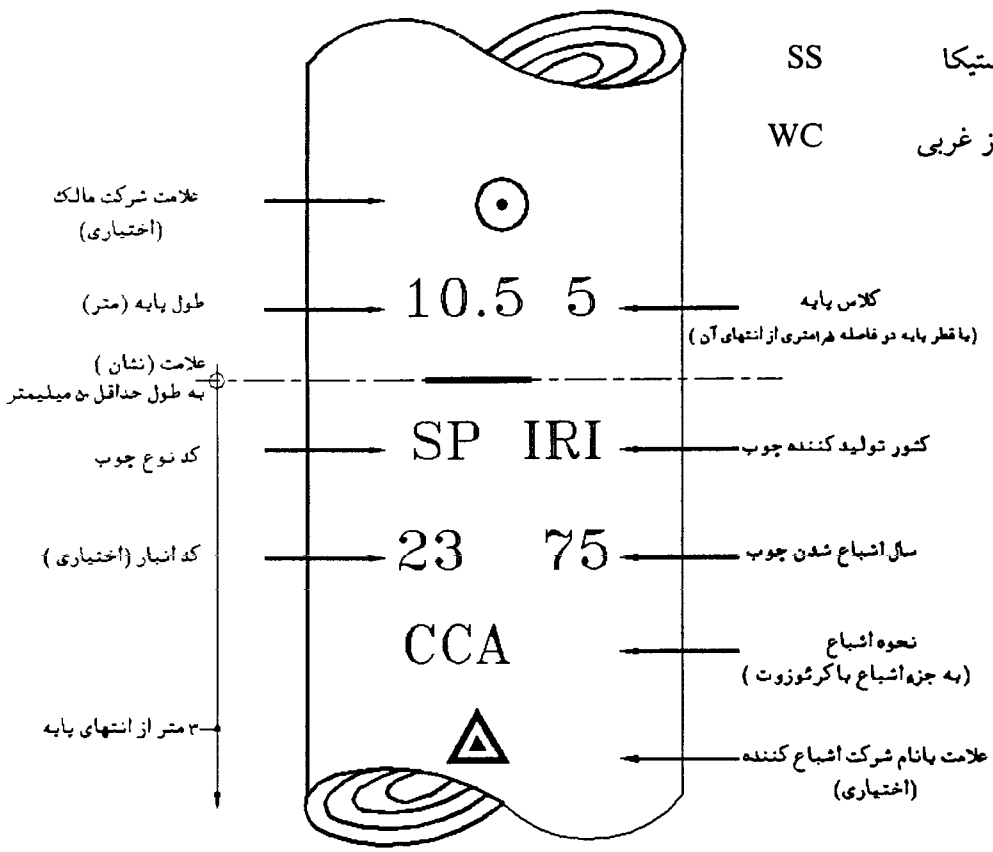
باتوجه‌به انواع چوبهای برای به‌کارگیری در ساخت پایه‌های چوبی، اعم از تولید در داخل یا خارج از کشور، علائم زیر به‌عنوان کدهای مشخص‌کننده نوع چوب به‌کار می‌روند.

- کاج تدا TP
- کاج تهران HP
- کاج زربین ZP
- راش RA
- ممرز BB
- تبریزی PO
- صنوبر SP
- افزا MA
- اکالیپتوس OC
- انجیلی EN

---

۱- کرئوزوت ماده‌ای است که از پالایش قطران زغال سنگ و یا قطران چوب بدست می‌آید و نقش ضدعفونی‌کننده چوب (اشباع چوب) را دارد.

- کاج Corsican CF
- کاج Douglas DF
- سیاه کاج پیوندی LX
- سیاه کاج اروپایی LX
- سیاه کاج ژاپنی LX
- صنوبر اروپایی NS
- کاج Lodgepole LP
- صنوبر استیکا SS
- سرو قرمز غربی WC




*حداقل ارتفاع، عرض و عمق حروف باید به‌ترتیب ۲۵ ، ۵ و ۳ میلیمتر باشند.*

**شکل (۷) نحوه علامت‌گذاری روی پایه**

## ۳- استاندارد پایه‌های چوبی و مشخصات فنی پایه‌ها و کراس‌آرمهای چوبی

### ۳-۱- مشخصات فنی و استاندارد پایه‌های چوبی

#### ۳-۱-۱- چوبهای مناسب برای ساخت پایه‌های چوبی

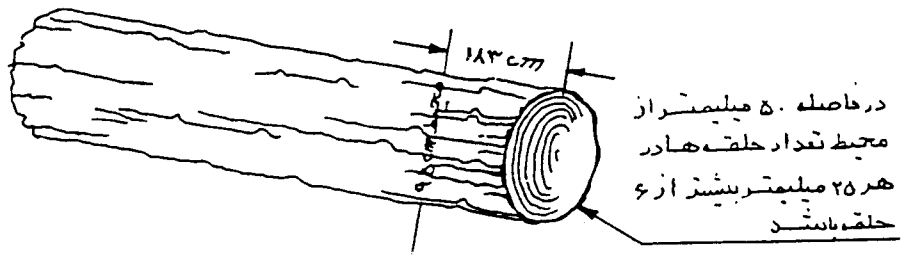
باتوجه‌به آزمایشهای انجام‌شده بر روی گونه‌های مختلف درختان پهن‌برگ و سوزنی‌برگ کشور، استفاده از درختان زیر برای تهیه پایه‌های چوبی مناسب است:

*سوزنی‌برگان شامل کاج تدا، کاج تهران و کاج زربین.*

*پهن‌برگان شامل راش، ممرز، تبریزی، صنوبر، افرا، اکالیپتوس و انجیلی.*

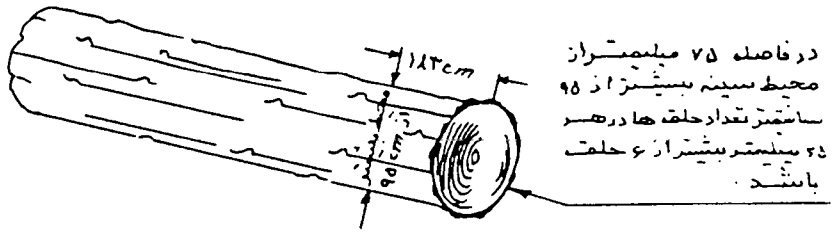
رشد درختانی که برای تهیه پایه‌های چوبی به‌کار می‌روند باید دارای شرایطی به‌صورت زیر باشد:

الف- تعداد حلقه‌های رویش سالانه در طول ۲/۵ سانتیمتر و فاصله ۵ سانتیمتری از محیط مقطع عرضی درختانی که محیط سینه آنها از ۹۵ سانتیمتر کمتر است باید بیش از ۶ باشد (شکل (۸)).




**شکل (۸) محدودیت تعداد حلقه‌های رویش سالانه**

ب - تعداد حلقه‌های رویش سالانه در طول ۲/۵ سانتیمتر و فاصله ۷/۵ سانتیمتر از محیط مقطع عرضی درختانی که محیط سینه آنها بیش از ۹۵ سانتیمتر است باید بیش از ۶ باشد (شکل (۹)).



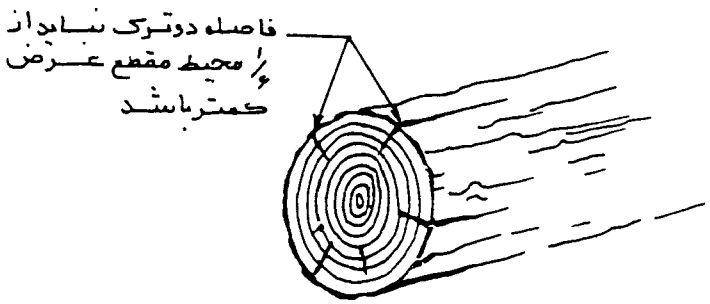

**شکل (۹) محدودیت تعداد حلقه‌های رویش سالانه**

۳-۱-۲- لکه در قسمت خارجی و زیر پوست درخت

تغییر رنگی که در قسمت خارجی و زیر پوست درخت به توسط انگلهای قارچی و خزه‌ای ایجاد می‌شود ولی منجربه فساد و نرمی چوب نمی‌گردد مجاز است.

۳-۱-۳- ترك

طول ترکهای ظاهرشده در سر پایه حداکثر می‌تواند ۳۰ سانتیمتر باشد. این مقدار در قسمت پایین پایه می‌تواند تا ۶۰ سانتیمتر باشد. در عین حال فاصله دو ترك نزدیک به‌هم که منتهی به مقطع عرضی سر یا ته می‌شوند نباید از یک ششم محیط مقطع عرضی کمتر باشد (شکل (۱۰)).




شکل (۱۰) محدودیت فاصله بین دو ترك

درصورتی که سایر ترکهای موجود در طول تیر خارج از معیارهای مذکور باشند، انتخاب و استفاده از تیر مجاز است.

۳-۱-۴- شکاف

طول شکافهایی که در سر تیر ظاهر می‌شوند نباید بیش از ۳۰ سانتیمتر باشد. این مقدار در ته تیر می‌تواند تا ۶۰ سانتیمتر ادامه یابد. البته اگر طول سایر شکافهای موجود در امتداد تیر بیشتر از مقادیر ذکرشده باشد می‌توان از پایه استفاده کرد. فاصله دو شکاف نزدیک به‌هم که منتهی به مقطع عرضی سر یا ته گردند نباید کمتر از یک ششم محیط مقطع مربوطه باشد.

۳-۱-۵- پوسیدگی

وجود پوسیدگی مقدماتی در چوب مانع استفاده از آن برای ساخت پایه نیست ولی چوبهای دارای پوسیدگی پیشرفته برای ساخت پایه مناسب نمی‌باشند.

### ۳-۱-۶- مغز پوك چوب

استفاده از چوبهایی که مغز آنها پوك شده است برای تهیه پایه‌های چوبی مجاز نیست.

### ۳-۱-۷- گره مرده

اگر عمق گره‌های مرده تا ۵ سانتیمتر از سطح چوب ادامه داشته باشد می‌توان از چوب برای ساخت پایه استفاده کرد. در غیر این صورت احتمال ایجاد پوسیدگی داخلی چوب وجود دارد و لذا استفاده از چوب برای ساخت پایه مجاز نیست.

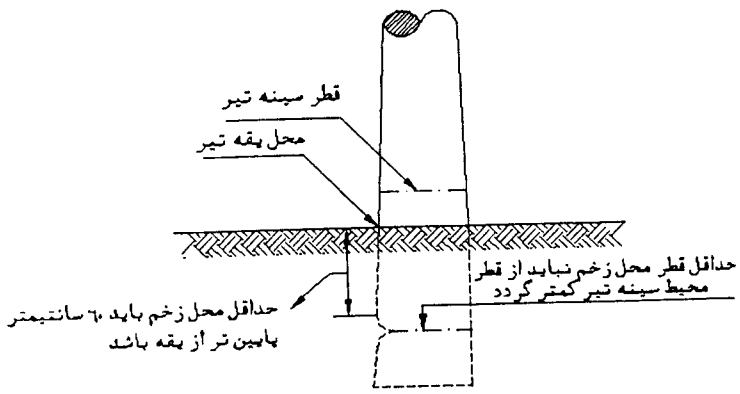
### ۳-۱-۸- چوب فشاری و چوب کششی

استفاده از چوبهایی که دارای علائم چوب فشاری (یا کششی) در فاصله ۲۵ میلیمتری از محیط قطع‌شده در ابتدا یا انتهای چوب هستند، برای ساخت پایه مجاز نیست.

### ۳-۱-۹- جای زخم

در انتخاب تیرهای چوبی باید توجه داشت که سطح تیر تا ارتفاع ۶۰ سانتیمتر بالاتر از محل یقه باید فاقد جای زخم باشد. در سایر قسمتهای تیر آثار زخم درصورتی جای اشکال ندارد که بتوان با تراشی مختصر آنها را ترمیم نمود و در عین حال شرایط زیر را نیز باید درنظر گرفت:

الف- قطر مقطع عرضی تیر در محل زخم ترمیم‌شده واقع در ۶۰ سانتیمتری پایین‌تر از محل یقه، نباید کمتر از قطر مقطع محیط سینه تیر گردد (شکل (۱۱)).




**شکل (۱۱) محدودیت اثر زخم**

ب - اگر قطر تیر در محل اثر زخم ۲۵ سانتیمتر یا کمتر باشد، عمق زخم ترمیم‌شده نباید از ۵ سانتیمتر تجاوز کند. چنانچه قطر تیر در محل زخم ترمیم‌شده، بیش از ۲۵ سانتیمتر باشد عمق اثر زخم نباید بیش از یک پنجم قطر تیر در محل زخم ترمیمی باشد.

**۳-۱-۱۰- فرورفتگیها در روی درخت**

درختانی که عمق فرورفتگیهای روی آنها کمتر از ۵ سانتیمتر باشد (اندازه‌گیری عمق از روی پوست انجام می‌شود) برای ساخت پایه‌های چوبی مجاز هستند.

**۳-۱-۱۱- رگه مرده**

با رعایت محدودیتهای ذکرشده در مورد پوسیدگی، اثر زخم و فرورفتگی، می‌توان از چوبهای دارای رگه مرده برای ساخت پایه استفاده کرد.

**۳-۱-۱۲- تکان‌خوردگی**

تکان‌خوردگی در انتهای پایه درصورتی که فاصله آن تا محیط مقطع انتهای پایه بیش از ۵ سانتیمتر باشد و ضمنا" تکان‌خوردگی تا یقه تیر ادامه نداشته باشد مجاز است. برای تکان‌خوردگی در سر تیر دو محدودیت زیر لازم است رعایت شود:

**الف**- اگر قطر دایره تکان‌خوردگی بیش از نصف قطر سر تیر باشد نمی‌توان از پایه استفاده کرد زیرا تکان‌خوردگی موجب می‌شود پایه استحکام خود را ازدست بدهد.

ب - باتوجه‌به اینکه از محل تکان‌خوردگی سر تیر ممکن است حشرات و قارچها به داخل تیر نفوذ کرده و موجب پوسیدگی آن شوند، درصورتی که تمام تیر آغشته به مایع اشباع گردد خطر ضایعات حشرات و قارچها منتفی شده و اگر قطر دایره تکان‌خوردگی بیش از یک دوم قطر سر تیر نباشد استفاده از پایه مجاز است.

اگر فقط قسمت پایین تیر که در زمین قرار می‌گیرد اشباع شده باشد، هیچگونه تکان‌خوردگی در سر پایه مجاز نیست.

۳-۱-۱۳- الیاف مارپیچی

استفاده از درختان دارای الیاف مارپیچی جهت ساخت پایه تحت شرایط زیر مجاز است:

| طول تیر | حداکثر پیچش مجاز |
|---|---|
| ۹ متر و کمتر | یک دور کامل در هر ۳ متر |
| ۱۰ تا ۱۴ متر | یک دور کامل در هر ۵ متر |
| بیش از ۱۵ متر | یک دور کامل در هر ۶ متر |

۳-۱-۱۴- ضایعات ناشی از حشرات

استفاده از درخت برای تهیه پایه درصورتی مجاز است که قطر سوراخهای بوجودآمده توسط حشرات حداکثر یک سانتیمتر باشد. درصورت وجود ضایعات دیگر ناشی از حشرات، استفاده از درخت مجاز نیست.

۳-۱-۱۵- قرمزی داخل چوب

استفاده از چوبهایی که قرمزی داخل آن همراه با پوسیدگی و فساد است برای ساخت پایه مجاز نمی‌باشد.

۳-۱-۱۶- رنگ‌باختگی

رنگ‌باختگی قسمت خارج چوب درصورتی که همراه با فساد داخلی نباشد مجاز است.

۳-۱-۱۷- ته تیر معیوب

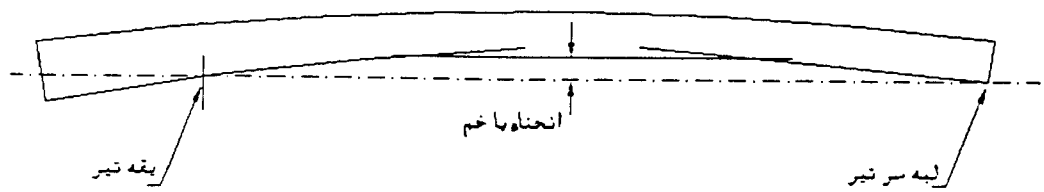
درصورتی که سطح فضای خالی ایجادشده در ته تیر بیش از ۱۰ درصد سطح مقطع عرضی تیر باشد استفاده از تیر مجاز نیست.

۳-۱-۱۸- انحنای تیر

با درنظر گرفتن شرایط زیر، تیر می‌تواند دارای انحنا باشد:

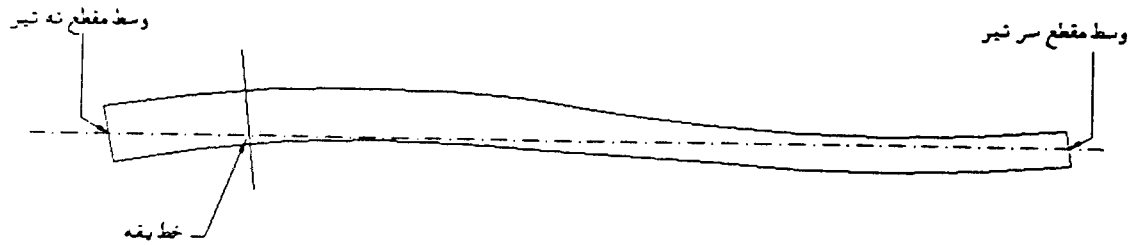
الف- انحنا در یک جهت: برای تیرهای با ارتفاع حداکثر ۱۵ متر که در یک جهت خمیدگی دارند، برای اندازه‌گیری خمیدگی آنها به این صورت اقدام می‌شود که ابتدا در طول تیر خمیده،

قطعات ۳ متری از محل یقه به بالا انتخاب و علامت‌گذاری می‌شوند، سپس یک نخ در ابتدا و انتهای هر قطعه ۳ متری به‌صورت کشیده و مستقیم نگهداشته می‌شود. در این حالت هیچ نقطه‌ای از تیر در قسمت خمیدگی واقع در قطعه ۳ متری، نباید فاصله‌ای بیش از ۲/۵ سانتیمتر با نخ داشته باشد (شکل (۱۲)).




**شکل (۱۲) انحنای تیر در یک جهت**

ب - **انحنا در دو جهت**: خط مستقیمی که از وسط سر و ته تیر می‌گذرد باید در فاصله این دو نقطه در محلهای انحنا حداقل مماس با سطح تیر باشد (شکل (۱۳)).



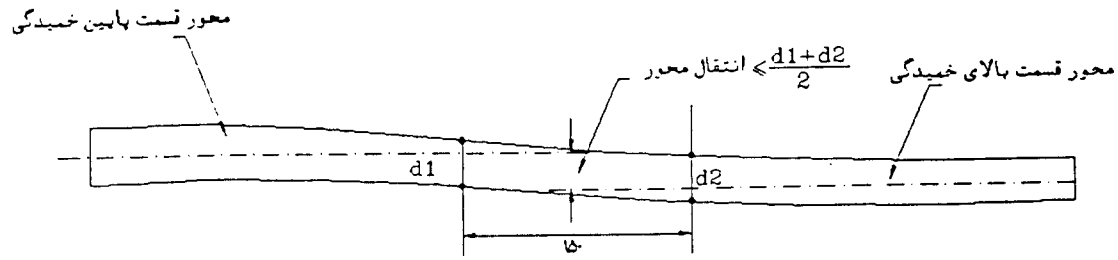

**شکل (۱۳) انحنای تیر در دو جهت**

**۳-۱-۱۹- خمیدگی کوتاه تیر**

تیر باید فاقد خمیدگیهای کوتاه باشد. برای اندازه‌گیری خمیدگیهای کوتاه ۱۵۰ سانتیمتری یا کمتر به‌شرح زیر عمل می‌شود:

حالت ۱- درصورتی که محورهای مبنا با هم تقریبا" موازی باشند فاصله دو محور، نباید از متوسط قطر بالا و پایین خمیدگی، بیشتر باشد (شکل (۱۴)).

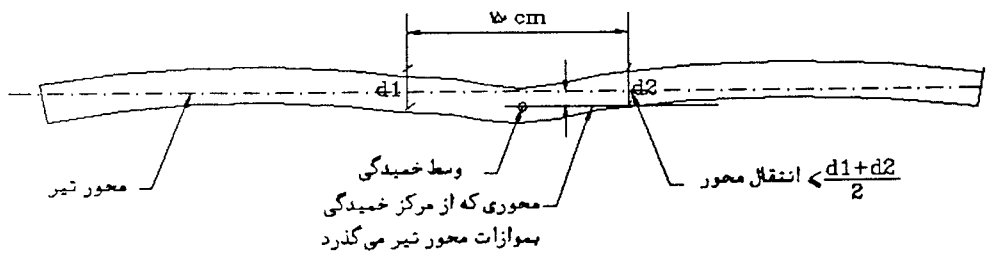
$$\text{فاصله دو محور} \leq \frac{d_1 + d_2}{2}$$




**شکل (۱۴) خمیدگی کوتاه تیر، حالت ۱**

**حالت ۲-** درصورتی که محور بالا و پایین خمیدگی کوتاه، برهم منطبق باشند فاصله محور تیر از محوری که از مرکز قسمت خمیدگی به موازات محور تیر می‌گذرد، نباید از متوسط قطر بالا و پایین خمیدگی بیشتر باشد (شکل (۱۵)).

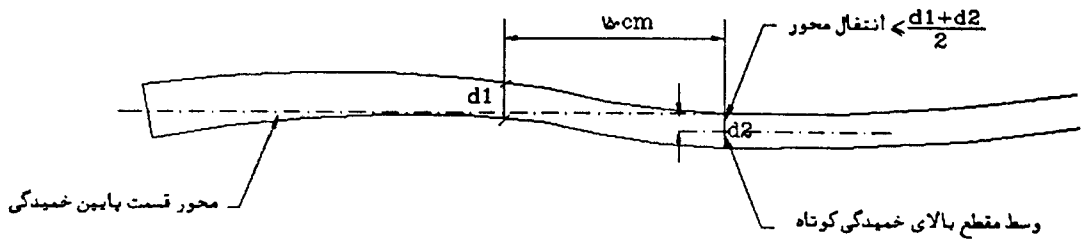
$$\text{فاصله دو محور} \leq \frac{d_1 + d_2}{2}$$




**شکل (۱۵) خمیدگی کوتاه تیر، حالت ۲**

**حالت ۳-** درصورتی که محور بالا و پایین قسمت خمیدگی برهم منطبق نبوده و موازی نیز نباشند فاصله محور پایین تیر و خطی که از مرکز مقطع عرضی بالای خمیدگی و موازی پایین کشیده شده نباید بیشتر از متوسط قطر بالا و پایین خمیدگی باشد (شکل (۱۶)).

$$\frac{d_1 + d_2}{2} \leq \text{فاصله محور پایین و مرکز بالای خمیدگی}$$




**شکل (۱۶) خمیدگی کوتاه تیر، حالت ۳**

**۳-۱-۲۰- تغییرات طول تیر**

طول تیرهایی که درازای اسمی آنها کمتر از ۱۵ متر است، نباید کمتر از ۸ و بیشتر از ۱۵ سانتیمتر با طول اسمی، اختلاف داشته باشند. در تیرهای بلندتر از ۱۵ متر، مقادیر مذکور به‌ترتیب ۱۵ و ۳۰ سانتیمتر هستند.

**۳-۱-۲۱- محدودیت قطر گره در چوب**

به‌هنگام انتخاب درخت برای تهیه پایه چوبی و یا خرید پایه باید توجه شود قطر هر گره و مجموع قطر گره‌های موجود در یک فاصله ۳۰ سانتیمتری در طول پایه نباید از حدود جدول (۱) تجاوز کند:

**جدول (۱)**

| طول تیر | محل گره‌ها | کلاس ۱، ۲ و ۳ | کلاس ۴، ۵، ۶ و ۷ |
|---|---|---|---|
| ۸ تا ۱۵ متر | نیمه اول از ته تیر | قطر هر گره، ۷/۵ سانتیمتر<br>مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر | قطر هر گره، ۵ سانتیمتر<br>مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر |
| ۸ تا ۱۵ متر | نیمه دوم از ته تیر | قطر هر گره، ۱۲/۵ سانتیمتر<br>مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر | قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر<br>مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر |
| بیش‌از۱۵متر | نیمه اول از ته تیر | قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر<br>مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر | قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر<br>مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر |
| بیش‌از۱۵متر | نیمه دوم از ته تیر | قطر هر گره ۱۵ سانتیمتر<br>مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر | قطر هر گره، ۱۵ سانتیمتر<br>مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر |

### ۳-۱-۲۲- حداقل تنش خمشی

باتوجه‌به نتایج آزمایشهای انجام‌شده بر روی پایه‌های چوبی وارداتی، حداقل تنش خمشی پایه‌های مذکور برابر ۵۶۰ کیلوگرم‌برسانتیمترمربع می‌باشد. ازطرف دیگر ممکن است حداقل تنش خمشی چوبهایی که در داخل کشور به‌عمل آورده می‌شوند از ۵۶۰ کمتر باشد ولی بتوان با تغییر سطح مقطع و طول تیر (در حدودی که در استاندارد پیش‌بینی شده است و از لحاظ ساخت و همچنین زیبایی، اشکالی ایجاد نکند) به نتایج قابل قبول از دید آزمایشهای بارگذاری دست یافت. بنابراین چنانچه حداقل تنش خمشی پایه‌ای کمتر از ۵۶۰ کیلوگرم‌برسانتیمترمربع باشد نمی‌توان رای به عدم‌استفاده از آن داد مگراینکه تغییر طول و یا سطح مقطع در چارچوب مجاز به نتایج قابل قبول ازنظر بارگذاری منتهی نشود.

### ۳-۱-۲۳- حداقل محیط سر تیر

حداقل محیط سر تیر برای پایه‌های چوبی با طول بین ۸ تا ۱۸ متر در هر کلاس عدد ثابتی است که در جدول (۲) نشان داده شده است.

**جدول (۲) حداقل محیط سر تیر برای کلاسهای مختلف**

| کلاس | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداقل محیط سر تیر (سانتیمتر) | ۶۸ | ۶۳ | ۵۸ | ۵۳ | ۴۸ | ۴۳ | ۳۸ |

### ۳-۱-۲۴- حداقل قطر سر تیر

حداقل قطر سر تیر در کلاسهای مختلف عددی ثابت است. بنابراین با افزایش طول پایه، قطر سینه آن نیز افزایش می‌یابد. در جدول (۳) حداقل قطر سر تیر برای کلاسهای مختلف آورده شده است.

**جدول (۳) حداقل قطر سر تیر برای کلاسهای مختلف**

| کلاس | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداقل قطر سر تیر (سانتیمتر) | ۲۲ | ۲۰ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۴ | ۱۲ |

**۳-۱-۲۵- تغییرات مجاز قطر سر تیر**

ازآنجاکه به‌هنگام انتخاب درختان برای تهیه پایه‌های چوبی شاید بتوان به قطر تعیین‌شده برای سر تیر دست یافت، تغییرات مجازی برابر ۲+ سانتیمتر برای قطر سر تیر در تمام کلاسها درنظر گرفته می‌شود.

**۳-۱-۲۶- نیروی شکست**

نیروی شکست پایه در کلاسهای مختلف در جدول (۴) آورده شده است. روش آزمایش به‌منظور محاسبه این نیرو در پیوست (الف) ذکر شده است.

**جدول (۴) نیروی شکست پایه برای کلاسهای مختلف**

| کلاس | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نیروی شکست (کیلوگرم‌نیرو) | ۲۰۰۰ | ۱۷۰۰ | ۱۳۵۰ | ۱۱۰۰ | ۹۰۰ | ۷۰۰ | ۵۵۰ |

**۳-۱-۲۷- طول پایه‌های چوبی**

بطور معمول طول پایه‌های چوبی به‌کار گرفته‌شده در شبکه برق بین ۸ تا ۱۸ متر می‌باشد. در محدوده مذکور، عموما" اعداد ۸، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۷ و ۱۸ متر به‌عنوان طول پایه درنظر گرفته می‌شوند.

**۳-۱-۲۸- حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر**

در جدول (۵) حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتیمتری انتهای تیر به‌ازای طولها و کلاسهای مختلف تیرها داده شده است.

**۳-۱-۲۹- رطوبت پایه‌ها**

عملیات اشباع انواع چوب (بجز صنوبر) تا زمانی که رطوبت متوسط هر دسته از پایه‌ها به حداکثر ۲۸ درصد کاهش نیابد نمی‌تواند شروع شود. در این شرایط رطوبت هیچیک از پایه‌های یک دسته، نباید بیش از ۳۰ درصد باشد. رطوبت پایه‌ها بیش از شروع عملیات اشباع را می‌توان با استفاده از رطوبت‌سنج و یا آزمایشی که در پیوست (ب) توضیح داده شده است به‌دست آورد. درصورت استفاده از رطوبت‌سنج، اگر

رطوبت بیش از ۲۵ درصد نشان داده شود باید به‌کمک آزمایش مذکور نتیجه را تائید نمود. پایه‌هایی که قرار است اشباع شوند باید تحت باران شدید و پیوسته قرار نگیرند. زمانی که لازم است پایه‌های چوبی رطوبت خود را ازدست بدهند بین ۶ تا ۱۲ ماه است.

ازآنجاکه زمان لازم برای آن که چوب رطوبت خود را به‌صورت طبیعی ازدست بدهد زیاد است می‌توان از روش مصنوعی برای خشک کردن چوب استفاده کرد. روش کار به این صورت است که چوبها در اتاقهای سرپوشیده بزرگی که لوله‌های حاوی بخار گرم در آنها پیش‌بینی شده است قرار می‌گیرند. دمای اتاقها در حدود ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد است و به این ترتیب چوبها در طی زمانی در حدود ۲۴ ساعت یا بیشتر رطوبت اضافی خود را ازدست داده آماده اشباع می‌شوند.

**جدول (۵) حداقل محیط سینه در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر**

| کلاس | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طول تیر (متر) | حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر (سانتیمتر) | | | | | | |
| ۸ | ۸۵ | ۸۰ | ۷۵ | ۷۰ | ۶۵ | ۵۸/۵ | ۵۵ |
| ۹ | ۹۰ | ۸۶ | ۸۱ | ۷۳/۵ | ۷۰ | ۶۲ | ۵۸/۵ |
| ۱۱ | ۹۶/۵ | ۹۰ | ۸۴ | ۷۸/۵ | ۷۳/۵ | ۶۷ | ۶۲ |
| ۱۲ | ۱۰۱/۵ | ۹۵ | ۹۱/۵ | ۸۲/۵ | ۷۷/۵ | ۷۱ | ۶۶ |
| ۱۴ | ۱۰۷ | ۱۰۳ | ۹۳ | ۸۶ | ۸۲/۵ | ۷۳/۵ | ۶۸/۵ |
| ۱۵ | ۱۱۲ | ۱۰۷ | ۹۵ | ۹۰ | ۸۶ | ۷۷/۵ | ۷۲ |
| ۱۷ | ۱۱۵ | ۱۱۱ | ۱۰۱/۵ | ۹۶/۵ | ۸۹ | ۸۰ | — |
| ۱۸ | ۱۱۹ | ۱۱۴ | ۱۰۴ | ۹۹ | ۹۱/۵ | ۸۴ | — |

### ۳-۱-۳۰- اشباع پایه‌های چوبی

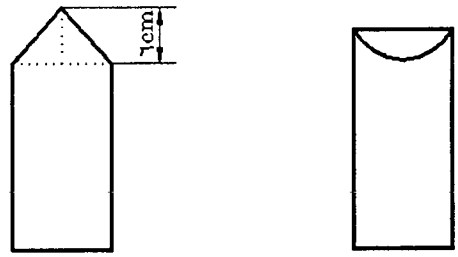
به‌منظور افزایش عمر مفید چوب و جلوگیری از نفوذ حشرات و قارچها در چوب، پایه‌های چوبی

باید اشباع شوند. بطور عمده از کرئوزوت، روغنهای آلی قابل حل در حلالهای نفتی و مواد معدنی قابل حل در آب، جهت اشباع چوب استفاده می‌شود.

پیش از شروع عملیات اشباع می‌باید پوست‌کنی چوب، خراطی و صافکاری، تنظیم طول تیر و برش سر آن و سوراخکاری، رطوبت‌گیری و توزین پایه انجام شوند. تعیین میزان نفوذ مواد اشباع‌کننده در پایه در پیوست (ج) توضیح داده شده است.

**۳-۱-۳۱- برش سر تیر**

به‌منظور حفاظت تیر از آثار نامناسب باقی ماندن برف و باران و ایجاد یخ‌زدگی در سر تیر که موجب ترکیدن پایه در راس آن می‌شود، سر تیر در دو جهت به‌صورت مورب باید برش داده شود. ارتفاع مثلث حاصله از برش بین ۶ تا ۱۰ سانتیمتر است (شکل (۱۷)).




**شکل (۱۷) برش سر تیر**

**۳-۱-۳۲- آزمایشهای لازم جهت اجرا بر روی پایه‌های چوبی**

آزمایشهایی که لازم است بر روی پایه‌های چوبی انجام شوند عبارتند از آزمایش تعیین نیروی شکست، آزمایش فشاری (محاسبه ضریب ارتجاعی) و محاسبه حداکثر تنش فشاری، آزمایش خمشی، آزمایش مقاومت در مقابل ضربه و محاسبه وزن ویژه. مجموعه تجهیزات لازم برای آزمایش در پیوست (الف) توضیح داده شده‌اند.

**۳-۲- مشخصات فنی کراس‌آرمهای چوبی**

**۳-۲-۱- نوع چوب**

کراس‌آرمهای چوبی در شبکه فشار متوسط به‌کار می‌روند و قابل نصب بر روی پایه‌های چوبی و بتنی

هستند. باتوجه‌به نیروهای وارده ازطرف سیمها، وزن یخ و برف و فشار باد لازم است کراس‌آرمها از بهترین نوع چوب ساخته شوند. درصورت استفاده از چوب درختان پهن‌برگ برای ساخت کراس‌آرم، چوب درختان راش، ممرز، افرا، خرمندی، انجیلی و گز ایرانی برای این منظور مناسب هستند و از درختان سوزنی‌برگ، کاج پنیوسیلویریس (در خارج از کشور کشت می‌شود) مناسب می‌باشند.

**۳-۲-۲- شرایط ساخت**

چوبهای کراس‌آرم باید از چهار طرف تراش خورده و صاف شوند. کناره لبه‌های فوقانی آنها به اندازه ۱ سانتیمتر باید پخ شود.

**۳-۲-۳- رطوبت چوب در موقع اشباع**

رطوبت در کراس‌آرم در موقع اشباع نباید از ۲۲ درصد بیشتر باشد.

**۳-۲-۴- شرایط انتخاب چوب برای تهیه کراس‌آرم**

باتوجه‌به اینکه نیرو در جهات مختلف به کراس‌آرم وارد می‌شود به‌هنگام انتخاب چوب کراس‌آرم شرایط زیر باید رعایت شود:

**۳-۲-۴-۱- ترك بر روی سطح فوقانی کراس‌آرم**

حداکثر مجاز طول، عرض و عمق ترك بر روی سطح فوقانی کراس‌آرم به‌ترتیب ۱۵، ۰/۱۶ و ۰/۳ سانتیمتر است. قرار گرفتن سوراخ میله مقره بر روی ترکهای مجاز و یا در کنار آنها بلامانع است.

**۳-۲-۴-۲- ترك بر روی سایر سطوح**

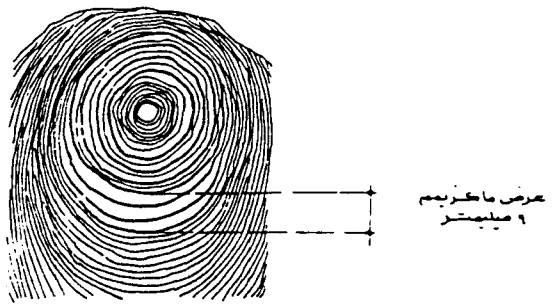
حداکثر مجاز طول، عرض و عمق ترك بر روی سایر سطوح کراس‌آرم به‌ترتیب یک سوم طول کراس‌آرم، ۰/۳ سانتیمتر و ۰/۳ سانتیمتر می‌باشد.

**۳-۲-۴-۳- شکاف**

هیچ نوع شکافی بر روی کراس‌آرم مجاز نیست.

**۳-۲-۴-۴- چوب فشار و چوب کششی در کراس‌آرم**

بطور کلی وجود هیچ نوع چوب فشاری و کششی بر روی سطوح کراس‌آرم مجاز نیست. درصورتی که در دو سر انتهایی کراس‌آرم، چوب فشاری یا کششی مشاهده گردد به‌نحوی که تمام آن در داخل کراس‌آرم قرار گرفته و از سطوح دیگر قابل رویت نباشد آنگاه چوب فشاری یا کششی باید کمتر از ۶ حلقه رشد سالانه داشته باشد و عرض آن از ۹ میلیمتر تجاوز ننماید (شکل (۱۸)).




**شکل (۱۸) عرض مجاز چوب فشاری یا کششی در کراس‌آرم چوبی**

**۳-۲-۴-۵- پوسیدگی**

هیچ نوع پوسیدگی در کراس‌آرم مجاز نیست.

**۳-۲-۴-۶- الیاف مارپیچ یا مورب**

انحراف الیاف چوب از راستای محور طولی در امتداد کراس‌آرم نباید از ۲ سانتیمتر در طول کراس‌آرم تجاوز کند (انحراف الیاف در اطراف گره مستثنی است).

**۳-۲-۴-۷- گره**

وجود گره در قسمتهای مرکزی و فوقانی کراس‌آرم درصورتی که قطر آن از ۲ سانتیمتر تجاوز نکند بلامانع است. درصورت وجود گره در قسمتهای مرکزی سایر سطوح، حداکثر قطر آن می‌تواند ۴ سانتیمتر باشد.

**۳-۲-۴-۸- حفره‌های جای گره**

حفره‌های جای گره در سطح فوقانی بلامانع است. درصورتی که حداکثر قطر و عمق آن به‌ترتیب

۲ و ۱ سانتیمتر باشد. در سطوح دیگر، حداکثر مجاز قطر و عمق حفره‌ها ۲ سانتیمتر است.

**۳-۲-۴-۹- گره‌های نمایان از دورو**

برای اندازه‌گیری مجاز گره‌های روی سطوح کراس‌آرم که از دورو دیده می‌شوند باید متوسط قطر آن گره‌ها را محاسبه نمود و سپس شرایط لازم برای گره را تحقیق نمود.

**۳-۲-۴-۱۰- حداکثر قطرگره و مجموع قطر گره‌ها در کراس‌آرم**

حداکثر اندازه مجاز قطر گره و مجموع قطر گره‌ها در کراس‌آرم وابسته به محل گره است و مطابق شرایط جدول (۶) تعیین می‌شود.

**جدول (۶)**

| محل گره | اطراف‌مرکز، نیمه‌بالا | اطراف‌مرکز، نیمه‌پایین | اطراف‌نیمه‌انتهایی |
|---|---|---|---|
| - قطر گره (میلیمتر) | ۲۵ | ۳۰ | ۴۰ |
| - مجموع قطر گره‌ها (میلیمتر) | ۵۰ | ۶۰ | ۷۵ |
| - قطر گره‌هایی که عرض سوراخهای میله مقره را قطع می‌کنند (میلیمتر) | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ |
| - فاصله‌گره و حفره‌های جای گره با قطر بیش از ۲۰ میلیمتر باسوراخهای جای میله مقره (میلیمتر) | ۱۸ | ۹ | ۹ |

**۳-۲-۴-۱۱- تکان‌خوردگی**

تکان‌خوردگی در کراس‌آرم مجاز نیست.

**۳-۲-۴-۱۲- درون‌قرمزی**

درون‌قرمزی در چوب کراس‌آرم مجاز نیست.

**۳-۲-۴-۱۳- انحنای مقعر**

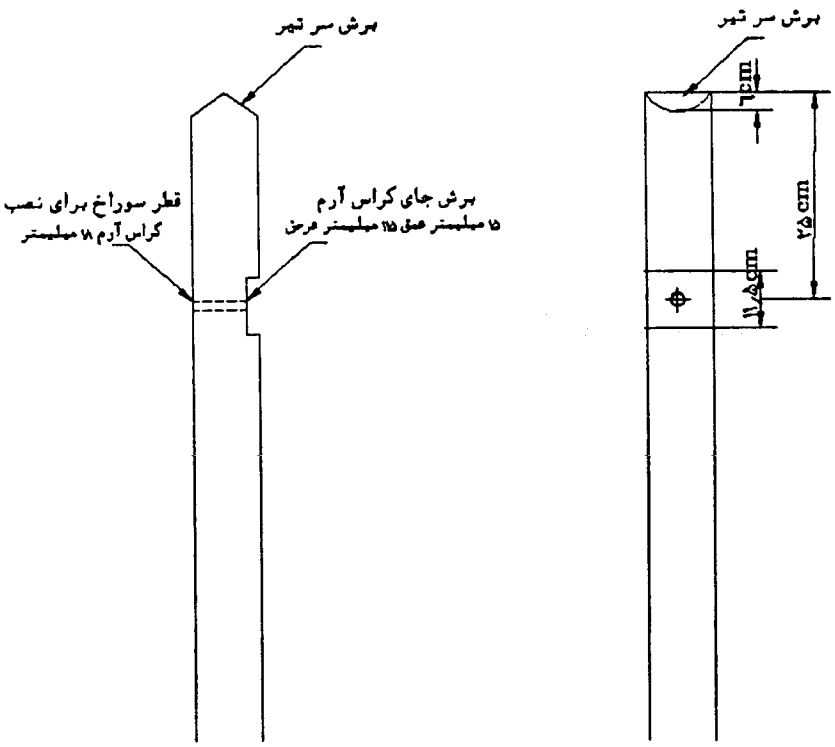
بعضی مواقع به‌علت وجود انحنا در چوب درخت، بر روی کراس‌آرم یا کناره‌های آن تقعر ایجاد

می‌شود که حدود مجاز آن در قسمتهای مختلف کراس‌آرم به‌صورت زیر است:

- سطح بالای کراس‌آرم با دوانحنا، هر یک ۳ میلیمتر عمق و ۱۰۰ میلیمتر طول،
- سطح زیرین کراس‌آرم با سه‌انحنا، هر یک ۳ میلیمتر عمق و ۲۰۰ میلیمتر طول،
- سطوح جانبی کراس‌آرم با سه‌انحنا، هر یک ۳ میلیمتر عمق و ۲۰۰ میلیمتر طول.
- وجود قسمتهای مقعر کوچکتر و کوتاهتر از مقادیر ذکرشده در سطوح کراس‌آرم قابل قبول است.

**۳-۲-۴-۱۴- نصب کراس‌آرم بر روی پایه**

در شکل (۱۹) محل نصب کراس‌آرم بر روی پایه نشان داده شده است.




**شکل (۱۹) محل نصب کراس‌آرم بر روی پایه**

## ۴- نگهداری، حمل و نصب پایه‌های چوبی

### ۴-۱- مقدمه

بدنه تیرهای چوبی نباید با سطح زمین تماس داشته باشد زیرا بتدریج رطوبت زمین را جذب می‌کند. بنابراین بخشی از چوب، مرطوب شده و بخشی دیگر که درمعرض هوای آزاد یا نور خورشید قرار دارد رطوبت خود را ازدست می‌دهد. اختلاف رطوبت بین دو قسمت پایه سبب ایجاد تنش و گسیختگی سلولهای چوب شده و درنتیجه ترك و شکافهای عمیق بوجود می‌آید که پایه را غیرقابل استفاده می‌سازند. ازطرف دیگر نامنظم قرار گرفتن پایه‌ها بر روی یکدیگر و وارد آمدن فشار بر یک تیر براثر سنگینی پایه‌های روی آن که منجربه متمرکز شدن نیرو در یک نقطه می‌گردد موجب پیدایش انحنا و خمیدگی غیرمجاز می‌شود. بنابراین صدمات غیرقابل جبران و احتمالا" شکستن پایه بوجود خواهد آمد.

برای نگهداری پایه‌های چوبی در انبارها به‌مدت طولانی، لازم است موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

### ۴-۲- محل انبار

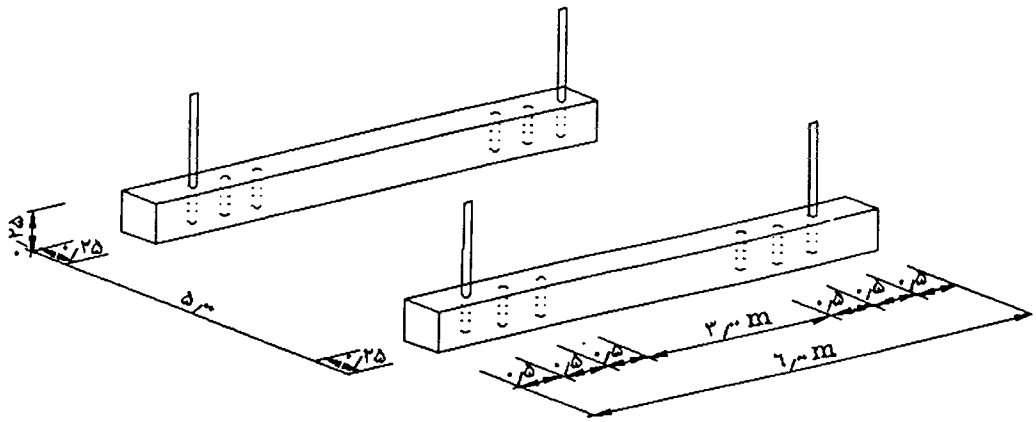
مناسبترین محل برای نگهداری پایه‌های چوبی انبارهای تمام‌بسته است تا به‌این صورت پایه‌ها از آسیب عوامل جوی و همچنین آتش‌سوزی مصون باشند. درصورت عدم‌امکان تهیه چنین مکانهایی می‌توان با نصب ایرانیت در محل استقرار پایه‌ها، آن محل را مسقف نمود. در انبار فضای کافی برای حرکت کامیون و مانور جرثقیل باید پیش‌بینی شود. به‌منظور سهولت استفاده از پایه‌های با کلاسهای مختلف، لازم است یک سکوی اختصاصی برای هر کلاس پایه، در انبار درنظر گرفته شود.

### ۴-۳- سکوی استقرار تیر (بالشتک)

بالا نگهداشتن بدنه پایه از زمین و ممانعت از تماس مستقیم آن با کف انبار و ایجاد تهویه لازم در قسمت زیرین پایه‌ها ازطریق ایجاد سکوها انجام می‌شود. سکوها می‌توانند فلزی یا بتنی باشند. فاصله دو سکوی تیرهای با کلاسهای مختلف از یکدیگر باید ۵ متر و ارتفاع سکوها از کف انبار ۲۵ سانتیمتر باشد.

در سکوهای فلزی که بطور معمول از تیرآهن و یا ناودانی شماره ۲۶ به طول ۶ متر ساخته می‌شود گیره‌هایی تعبیه شده که می‌توان برحسب تعداد تیر انبارشده، محل گیره را بر روی سکو تغییر داد. در سکوهای بتنی که دارای ابعاد ۲۵×۲۵ سانتیمتر و طول ۶ متر هستند می‌توان در هر ۰/۵ متر با تعبیه لوله‌ای به قطر سه‌چهارم اینچ و بلندی ۲۵ سانتیمتر در داخل بتن، سوراخهایی در سراسر سکو تعبیه نمود تا با قرار دادن یک میله در داخل آن از غلطیدن پایه بر روی سکو ممانعت شود (شکل (۲۰)). محل نصب میله را می‌توان برحسب تعداد تیر انبارشده بر روی سکو انتخاب نمود.

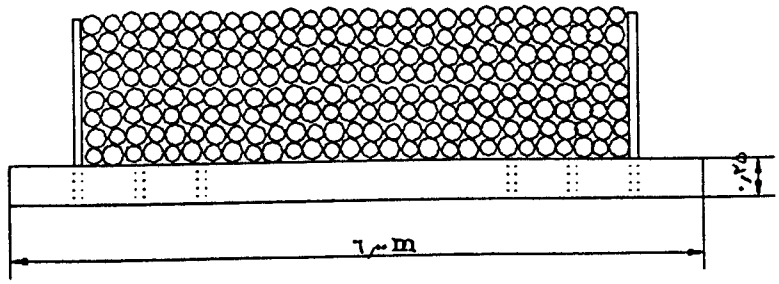
برای تهیه سکوهای موقت در کارگاهها می‌توان از تراورسهای چوبی با ابعاد ۲۶۰×۲۵×۱۵ سانتیمتر استفاده کرد.




**شکل (۲۰) نمونه سکوی بتنی**

### ۴-۴- نحوه قرار گرفتن پایه‌ها بر روی سکو

به‌منظور قرار دادن پایه‌ها بر روی سکو به این شکل عمل می‌شود که اولین ردیف تیرها به‌صورت معکوس کنار یکدیگر قرار می‌گیرند (سر و ته دو پایه مجاور، در کنار یکدیگر قرار می‌گیرد)، ردیفهای بالایی نیز به‌همین ترتیب قرار می‌گیرند و بعلاوه سر و ته دو پایه از دو ردیف متوالی، روی هم قرار می‌گیرد (شکل (۲۱)).




**شکل (۲۱) قرار گرفتن پایه‌ها بر روی سکو**

**۴-۵- حمل و جابجایی پایه‌ها**

لازم است موارد زیر به‌هنگام حمل و جابجایی پایه‌ها رعایت شوند:

الف- طول وسیله حمل و نقل متناسب با طول تیر باشد.

ب - نحوه قرار گرفتن پایه‌ها در داخل کامیون همانند نحوه استقرار آنها روی سکوها است تا به این صورت از تجمع سر یا ته پایه‌ها در یک قسمت که موجب ریزش آنها هنگام حرکت کامیون، براثر لغزش روی یکدیگر می‌گردد جلوگیری شود.

پ - برای پایین آوردن پایه از داخل کامیون از جرثقیل استفاده شود. درصورت دراختیار نبودن جرثقیل، با قرار دادن دو پایه در کنار کامیون و سپس لغزاندن پایه بر روی سراشیبی ایجادشده توسط پایه‌های مزبور و کنترل حرکت تیر به‌کمک دو طناب که در سر و ته تیر بسته می‌شود از انداختن تیر به پایین ممانعت به‌عمل آید.

همواره باید توجه داشت که به‌هنگام تخلیه پایه‌ها، از وارد آمدن ضربه به آنها جلوگیری شود زیرا اعمال ضربه می‌تواند ترکهای کوچک در پایه ایجاد کند که این ترکها به مرور زمان تبدیل به شکاف می‌شوند و پایه را بلااستفاده می‌کنند.

۴-۶- حداقل عمق دفن پایه

عمق دفن پایه‌های چوبی بستگی به طول و نوع پایه (ازنظر وزن) و نوع زمین محل دفن آن دارد. این ارتباط در جدول (۷) نشان داده شده است.

جدول (۷) حداقل عمق دفن پایه‌های چوبی

| سنگ‌دار | | | خوب | | | سست | | | معمولی | | | نوع خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سنگین | معمولی | سبک | سنگین | معمولی | سبک | سنگین | معمولی | سبک | سنگین | معمولی | سبک | شرایط آب و هوایی / نوع پایه (متر) |
| ۱/۲ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۲/۰ | ۱/۹ | ۱/۶ | ۱/۷ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۸ |
| ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۲/۱ | ۱/۹ | ۱/۷ | ۱/۸ | ۱/۷ | ۱/۵ | ۹ |
| ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۲/۲ | ۲/۰ | ۱/۸ | ۱/۸ | ۱/۷ | ۱/۵ | ۱۰ |
| ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۲/۲ | ۲/۱ | ۱/۸ | ۱/۹ | ۱/۷ | ۱/۶ | ۱۱ |
| ۱/۴ | ۱/۳ | — | ۱/۷ | ۱/۶ | — | ۲/۳ | ۲/۱ | — | ۱/۹ | ۱/۷ | — | ۱۲ |
| ۱/۴ | ۱/۳ | — | ۱/۷ | ۱/۶ | — | ۲/۴ | ۲/۲ | — | ۲/۰ | ۱/۸ | — | ۱۳ |
| ۱/۵ | ۱/۴ | — | ۱/۷ | ۱/۷ | — | ۲/۴ | ۲/۳ | — | ۲/۱ | ۱/۹ | — | ۱۴ |
| ۱/۵ | — | — | ۱/۸ | — | — | ۲/۵ | — | — | ۲/۱ | — | — | ۱۵ |
| ۱/۶ | — | — | ۱/۸ | — | — | — | — | — | — | — | — | ۱۶ |
| ۱/۶ | — | — | ۱/۹ | — | — | — | — | — | — | — | — | ۱۷ |
| ۱/۷ | — | — | ۱/۹ | — | — | — | — | — | — | — | — | ۱۸ |
| ۱/۷ | — | — | ۲/۰ | — | — | — | — | — | — | — | — | ۱۹ |

مشخصات انواع مختلف خاک که در جدول مشخص شده‌اند به‌شرح زیر است:

**خاک معمولی**: عبارت است از گل خشک و سفت، شنزار خشک و سفت و شن به‌هم‌فشرده و سفت.

**خاک سست**: عبارت است از گل نرم و تر و شن نرم و تر، گل خشک مخلوط با ماسه نرم و طبقات گل و ماسه.

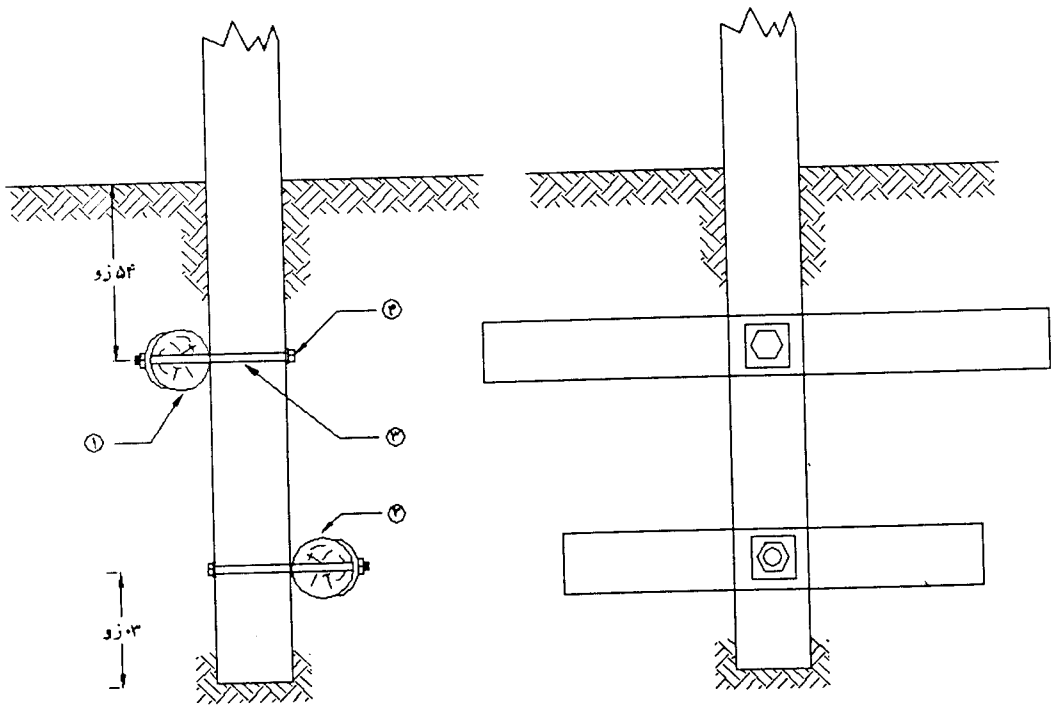
**خاک خوب**: عبارت است از شن درشت به‌هم‌فشرده، سنگ و گل طبقه‌طبقه‌شده، سنگ سست و شن و ماسه که خوب پهن شده باشد.

**خاک سنگ‌دار**: عبارت است از خاکی که محتوی سنگهای با حجم متوسط و سخت باشد.

۴-۷- نصب پایه‌های چوبی

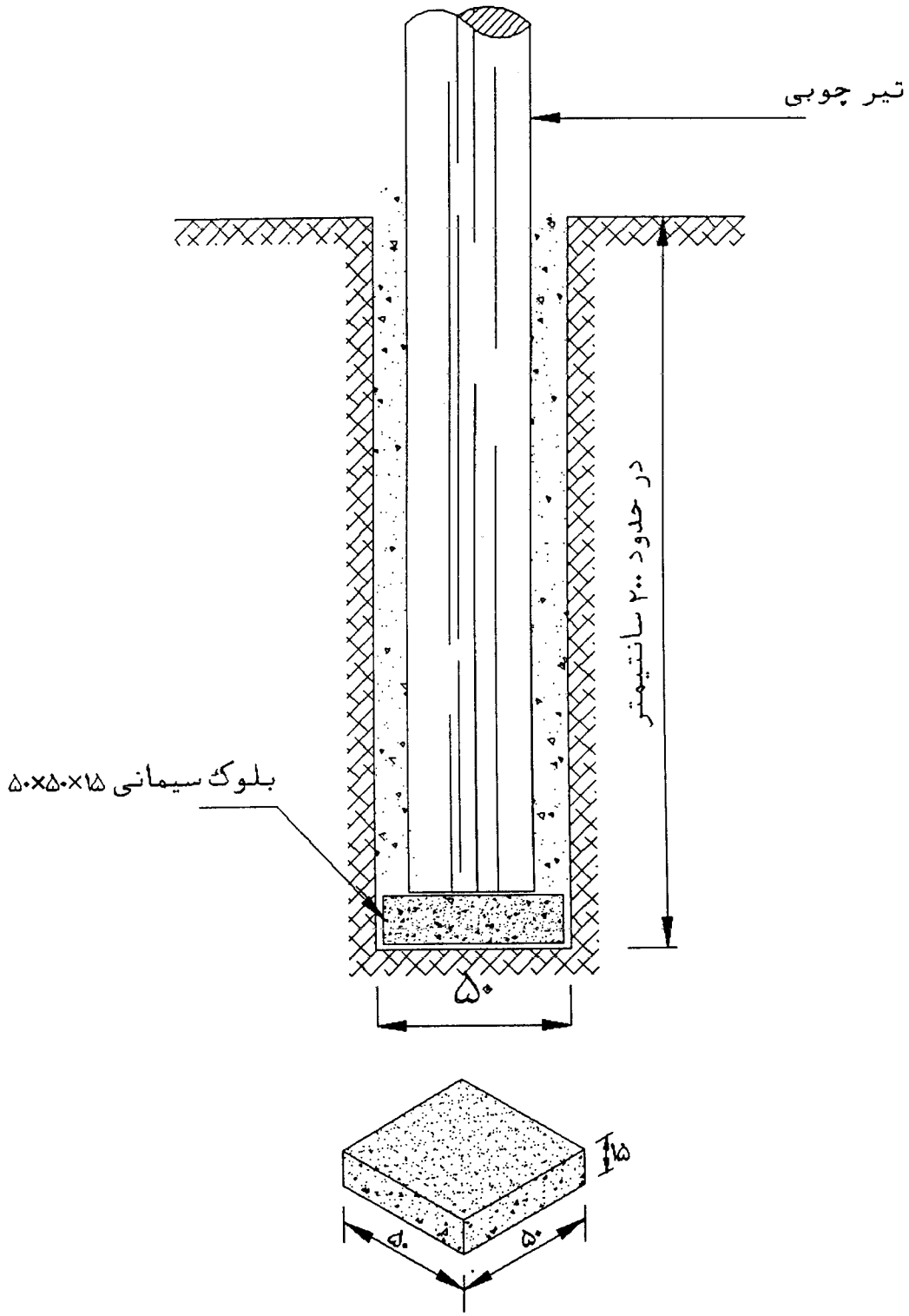
۴-۷-۱- در شرایطی که زمین محل دفن پایه سست بوده و یا به دلایلی نتوان عمق دفن پایه را به‌اندازه لازم پیش‌بینی کرد، برای مستحکم نمودن، پایه آن را داخل زمین کلاف‌بندی می‌نماییم. شکل (۲۲) جزئیات کار و مشخصات تجهیزات موردنیاز را نشان می‌دهد.

۴-۷-۲- درصورتی که زمین محل دفن پایه سست باشد می‌توان با استفاده از بلوك سیمانی در گودال دفن پایه، استحکام لازم برای پایه را تامین نمود. جزئیات این روش در شکل (۲۳) نشان داده شده است.




① کنده چوبی کروئوزت دار به طول ۱٫۵ متر و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر
② کنده چوب کروئوزوت دار به طول ۱ متر و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر
③ پیچ و مهره به قطر ۲ میلیمتر و طول ۶۰ سانتیمتر
④ واشر مربع خم شده به طول وعرض ۱۰۰ میلیمتر، قطر سوراخ ۲۲ میلیمتر

**شکل (۲۲) جزئیات نصب پایه در زمین سست**




**شکل (۲۳) نصب پایه در زمین سست با استفاده از بلوک سیمانی**

## پیوست الف- دستگاههای لازم جهت انجام آزمایش روی پایه‌های چوبی

برای تعیین نیروی شکست پایه‌های چوبی و آزمایش فشاری می‌توان از مجموعه دستگاهی که مشابه آزمایش پایه‌های بتنی است استفاده کرد.

**الف -۱- جایگاه آزمایش**

**جایگاه** آزمایش پایه‌های چوبی مطابق شکل (الف-۱) است. قسمتی از انتهای پایه که در داخل زمین قرار می‌گیرد در داخل دستگاه توسط الوار و جک ثابت نگهداشته شده و پایه در فاصله ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتری از راس آن تحت نیروی کشش قرار می‌گیرد.

بخشهای مختلف دستگاه آزمایش در ادامه شرح داده می‌شود.

**الف -۱-۱- سکوی بتنی**

این سکو شامل دو دیواره است که از بتن مسلح و به ارتفاع ۰/۶، طول ۲ و ضخامت ۰/۴ متر و به‌صورت یکپارچه با فونداسیون ساخته شده است.

**الف -۱-۲- پایه ثابت**

پایه ثابت به‌صورت نقطه اتکایی برای کشیدن سرتیر به‌کار می‌رود.

**الف -۱-۳- دستگاه اندازه‌گیری نیرو (دینامومتر)**

با این دستگاه نیروی کششی واردشده به تیر اندازه‌گیری می‌شود و در هر لحظه می‌توان تغییرات نیرو را ثبت نمود.

**الف -۱-۴- سیم بکسل**

قطر سیم بکسلی که برای آزمایش به‌کار می‌رود بین ۱۶ تا ۲۰ میلیمتر است. باید توجه داشت به‌هنگام آغاز کشش پایه، سیم بکسل بر امتداد آزاد پایه عمود باشد.

**الف -۱-۵- الوارهای چوبی**

ابعاد سطح مقطع الوارهای چوبی در حدود ۱۵×۲۵ سانتیمتر و طول آنها در حدود یک متر است.

از الوارهـای چوبـی برای محکم نگهداشتن انتهـای پایـه و جلوگیری از اعمـال فشـار بیش از حد به قسمـت تحتانـی تیـر استفاده می‌شود. همچنین آنها موجب می‌شوند انتهـای پایـه محکمتر در دستگـاه نگهداشته شود (شکل (الف-۲)).

**الف -۱-۶- جکهای روغنی**

قدرت این جکها بین ۱۵ تا ۱۰ تن است و برای محکمتر بستن و بهتر نگهداشتن انتهای پایه در دستگاه به‌کار می‌روند. تعداد این جکها سه عدد است.

**الف -۱-۷- خط‌کش مدرج**

این خط‌کش نشان‌دهنده میزان انحراف تیر براثر نیروی کشش وارد بر آن در طول آزمایش است.

**الف -۱-۸- تیرفور**

وسیله‌ای است که با استفاده از آن می‌توان نیروی کشش واردشده به تیر را تغییر داد. قدرت انواع مختلف این وسیله بین ۲ تا ۵ تن است.

**الف -۱-۹- مقدمات اولیه اجرای آزمایش**

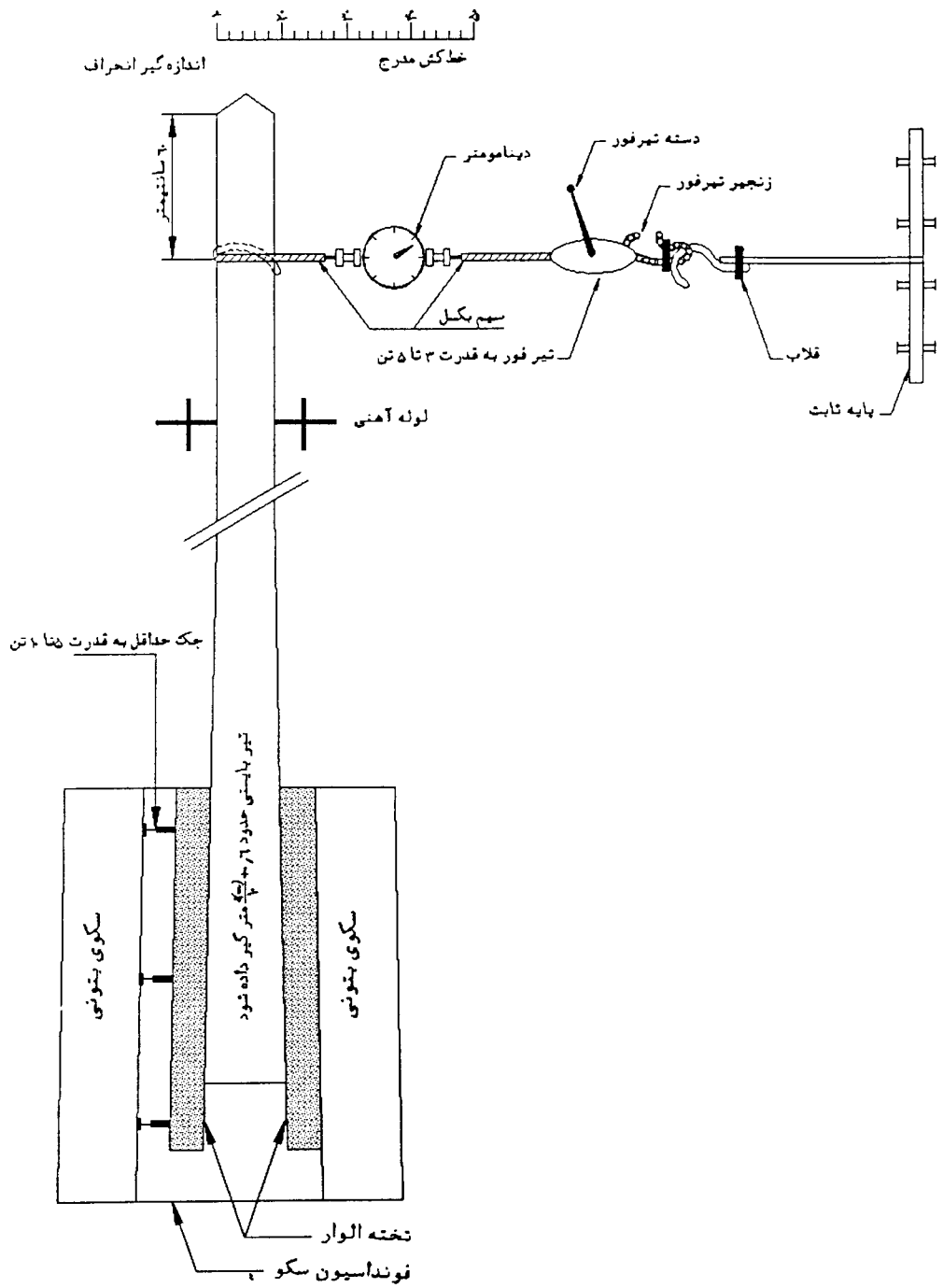
پیش از آغاز آزمایش، موارد زیر باید انجام شوند:

الف- قسمتی از پایه که در داخل زمین قرار می‌گیرد مشخص شده و علامت‌گذاری شود.

ب - پایه به‌صورت افقی به‌نحوی در بستر آزمایش قرار گیرد که قمستی از آن که در داخل زمین قرار دارد بین دو دیواره بتنی واقع شود.

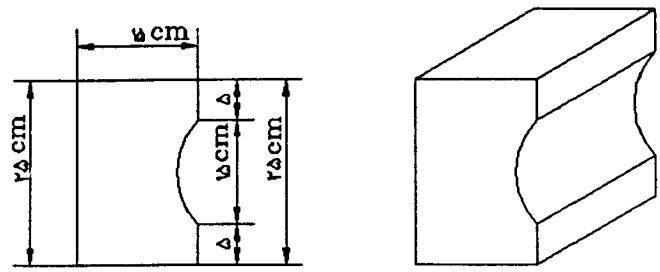
پ - قسمت انتهایی پایه با استفاده از الوارهای چوبی و جکهای روغنی بین دو دیواره بتنی کاملا" محکم شود.

ت - برای آنکه قسمت آزاد پایه بتواند در جهت نیروی کششی واردشده به آن حرکت کند، در فاصله ۳ متری از سرتیر، دو لوله آهنی به قطر ۵ تا ۱۰ سانتیمتر، در طرفین پایه قرار داده و لوله دیگری روی آنها و زیر پایه به‌نحوی قرار داده شود که سطحی لغزنده برای حرکت پایه ایجاد گردد.




**شکل (الف-۱) دستگاه آزمایش پایه‌های چوبی**

| | |
|---|---|
| عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء: جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس‌آرمهای چوبی |
| معاونت تحقیقات و تکنولوژی | صفحه: ۳۶ |




**شکل (الف-۲) الوارهای چوبی**

**الف -۲- بار**

بار باید به نقطه‌ای در فاصله ۶۰ سانتیمتری از سرتیر توسط تیرفور اعمال گردد. خط کشش بین نقطه مربوطه بر روی تیر و تیرفور باید ثابت باشد. کشش پایه تا زمان شکسته شدن آن باید ادامه یابد. سرعت اعمال کشش باید به‌صورتی باشد که موجب انحراف پایه در نقطه کشش به حدی که از رابطه زیر به‌دست می‌آید شود:

$$N = \frac{2\ \pi\ Z\ L^2}{3\ C_g}$$

N: نرخ انحراف (میلیمتر بر دقیقه)،

Z: نرخ کرنش تار انتهایی[1] که برابر ۰/۰۰۱ درنظر گرفته می‌شود[2]،

L: فاصله نقطه اعمال نیرو تا دستگاه نگهدارنده (میلیمتر)

$C_g$: محیط پایه در نقطه متناظر با سطح زمین (میلیمتر).

**الف -۳- محل تیرفور**

چنانچه تیرفور به اندازه کافی از پایه فاصله داشته باشد به‌صورتی که زاویه بین محل ابتدایی و انتهایی خط کشش کوچک باشد، فرض عمود بودن خط کشش بر محور پایه با دقت بسیار خوبی قابل قبول خواهد

---

1- Fiber Strain

2- ASTM-D 198

بود. محل تیرفور در جدول (الف-۱) نشان داده شده است.

جدول (الف-۱)

| طول پایه (متر) | فاصله از محور پایه (متر) | فاصله از سطح زمین (متر) |
|---|---|---|
| ۸ | ۳۸/۱ | ۵/۳ |
| ۹ | ۴۵/۷ | ۶/۷ |
| ۱۱ | ۵۳/۳ | ۸/۱ |
| ۱۲ | ۶۱ | ۹/۴ |
| ۱۴ | ۶۸/۶ | ۱۰/۸ |
| ۱۵ | ۷۶/۲ | ۱۲/۲ |
| ۱۷ | ۸۳/۸ | ۱۳/۶ |
| ۱۸ | ۹۱/۴ | ۱۴/۹ |

**الف -۳- اندازه‌گیری نیرو**

نیرو باید توسط ابزار مناسبی که به‌صورت سری با خط کشش (اعمال نیرو) باشد اندازه گرفته شود. اندازه‌گیری می‌تواند با دینامومتر انجام شود. در این صورت باید ظرفیت آن مناسب و دارای درجه‌بندی ۲۰۰ نیوتنی (مدرج‌شده براساس ۲۰۰ نیوتن) باشد. در فواصل زمانی معین بین آزمایشها، کالیبراسیون دینامومتر باید تحقیق گردد.

**الف -۴- انحرافات**

اندازه‌گیری انحراف و نیروی اعمالی باید حداقل ۱۵ بار انجام شود و مناسبتر است که دفعات اندازه‌گیری، ۲۵ تا ۴۰ بار باشد. اندازه‌گیری انحراف باید در جهت عمود بر محور پایه انجام شود. میزان نزدیک شدن نقطه وارد کردن نیرو به انتهای پایه (براثر انحراف پایه) باید همزمان با افزایش نیرو اندازه‌گیری شود.

مقدار انحراف نقطه متناظر با سطح زمین باید اندازه‌گیری شود.

الف -۵- روش آزمایش

قبل از اعمال نیرو به پایه، صفحات نشانگر میزان انحراف در قسمتهای مختلف پایه، باید صفر را نشان دهند. همچنین اندازه‌گیری زیر نیز باید انجام و نتایج آن یادداشت شوند:

- فاصله انتهای پایه تا نقطه متناظر با سطح زمین،
- فاصله نقطه متناظر با سطح زمین تا نقطه اعمال نیرو،
- محیط پایه در نقطه متناظر با سطح زمین و نقطه اعمال نیرو،
- نوع چوب پایه،
- محل اصلی تهیه چوب پایه،
- نحوه اشباع چوب،
- شماره آزمایش.

پس از اندازه‌گیریهای اولیه، نیرو باید با افزایش یکنواخت و پیوسته به پایه اعمال گردد تا پایه بشکند. پس از هر بار افزایش در مقدار نیرو، مقدار انحراف متناظر با آن باید قرائت و ثبت شود. حداکثر بار که موجب ازبین بردن مقاومت پایه شده است باید با قرائت دینامومتر یادداشت شود. پس از شکسته شدن پایه، نقطه‌ای که شکستگی در آن اتفاق افتاده باید تعیین شود (به‌صورت تقریبی) و فاصله آن از محل اعمال نیرو اندازه‌گیری و یادداشت شود.

پس از انجام آزمایش منحنی انحراف پایه براساس نیروی اعمال‌شده به آن باید ترسیم گردد.

## پیوست ب- محاسبه رطوبت پایه با آزمایش کوره

### ب -۱- نمونه‌گیری

نمونه‌ای از پایه به طولی برابر عمق دفن پایه یا ۷۵ میلیمتر (هرکدام که بزرگتر است)، می‌باید از پایه جدا شود. نمونه باید از قسمتی خارج از فاصله ۱/۵ متری از هر دو طرف پایه جدا شود. پس از جدا نمودن نمونه به‌کمک مته ترخالی و دستگاه خارج‌کننده[1]، دو قسمت پایه باید به‌دقت توسط قطعه‌ای ممرز اشباع‌شده به یکدیگر جفت شود.

### ب -۲- نحوه آزمایش

نمونه بلافاصله پس از جدا شدن، وزن می‌شود ($m_1$). سپس در کوره‌ای که دمای آن ۲±۱۰۳ درجه سانتیگراد است قرار داده شده و خشک کردن تا زمانی که وزن آن ثابت بماند انجام می‌شود. نمونه پس از خارج شدن از کوره، بلافاصله وزن می‌شود ($m_2$). درصد رطوبت موجود در پایه ($\omega$) طبق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

(پ -۱)

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

1- Extractor

## پیوست ج- تعیین میزان نفوذ مواد اشباع‌کننده در پایه

### ج -۱- نمونه‌گیری

از یک مجموعه ساخته‌شده باید تعداد ۱۰ عدد یا ۱۰ درصد کل پایه‌ها، هر یک که بزرگتر است، انتخاب شود. باید توجه داشت که کسری از یک پایه را باید یک پایه به‌حساب آورد. پایه‌های نمونه باید پیش از اشباع انتخاب و علامت‌گذاری شوند و یا به‌صورت تصادفی پس از عملیات اشباع انتخاب شوند.

### ج -۲- روش کار

پس از انجام اشباع، به‌کمک دستگاه نمونه‌گیر[1] تکه‌ای که در فاصله ۱/۵ متری از دو سر پایه قرار نداشته باشد از هر یک از پایه‌های نمونه جدا می‌شود. پس از جدا شدن تکه‌ها باید دو قسمت باقیمانده به یکدیگر جفت شوند. درصورت استفاده از کرئوزوت برای اشباع، میزان نفوذ به‌صورت چشمی می‌تواند تشخیص داده شود. درصورت استفاده از CCA[2] برای اشباع باید مطابق با استاندارد شماره ۵۶۶۶ BS، قسمت دوم، عمل شود.

چنانچه تکه‌های جداشده از نمونه‌ها نشان‌دهنده نفوذ کامل ماده اشباع در سطح و زیر پوست در پایه‌های نمونه باشند، کلیه پایه‌ها ازنظر اشباع شدن تائید می‌شوند. درصورتی که یک یا تعدادی از پایه‌های نمونه، کاملا" اشباع نشده باشند، عمل اشباع برای آنها باید مجددا" انجام شود. اگر تعداد کل پایه‌ها به‌اندازه کافی باشد، مجموعه نمونه دیگری که تعداد نمونه‌های آن برابر تعداد نمونه‌های مجموعه اول باشد انتخاب می‌شود. اگر پس از انجام عملیات اشباع روی نمونه‌های دوم، کلیه نمونه‌ها نشان‌دهنده نفوذ کامل ماده اشباع در سطح و زیر پوست پایه‌های نمونه باشند، کلیه پایه‌های باقیمانده ازنظر اشباع شدن تائید می‌گردند. درصورتی که در نمونه دوم، یک یا تعدادی از پایه‌های نمونه اشباع نشده باشند، اشباع آنها مجددا" انجام

---

1- Test Borer

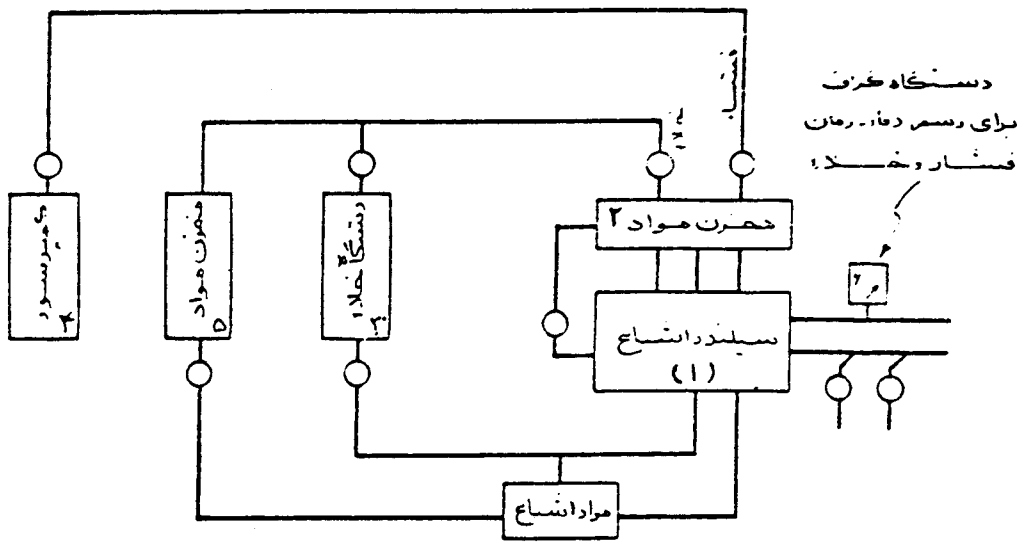
2- Cupper / Chrome / Arsenic Mixture

می‌شود. عمل نمونه‌گیری تا زمانی که مجموعه نمونه‌ای که در آن کلیه پایه‌ها اشباع شده باشند به‌دست آید و یا تا زمانی که کلیه پایه‌های مجموعه اصلی نمونه‌گیری شده باشند ادامه می‌یابد.

همانگونه که ذکر شد به‌منظور ارزیابی چگونگی اشباع پایه‌ها می‌توان سطح مقطع نمونه‌هایی که از پایه گرفته می‌شوند را مشاهده نمود و میزان و یکنواختی نفوذ مایع اشباع در چوب را بررسی کرد. در این مورد می‌توان از یک معیار کمی نیز استفاده کرد به این صورت که میزان جذب مایع اشباع (کرئوزوت) باید حداقل ۱۱۲ گرم به‌ازای هردسی مترمکعب چوب باشد. به آن ترتیب باتوجه‌به وزن کرئوزوت قبل و بعد از اشباع و حجم پایه می‌توان در مورد میزان اشباع شدن پایه قضاوت کرد.

## پیوست د- اشباع پایه‌های چوبی

مرسوم‌ترین و رایج‌ترین روش اشباع پایه‌های چوبی، روش ظروف سربسته می‌باشد. در این روش، پایه‌ها در مخازن غیرقابل نفوذ و ایزوله قرار داده شده و سپس مایع اشباع تحت فشار وارد مخزن شده و چوب را اشباع می‌نماید. ساختمان این سیستم مطابق شکل (د-۱) است.




**شکل (د-۱) قسمتهای اصلی سیستم اشباع پایه‌های چوبی**

قسمتهای اصلی سیستم مذکور عبارتند از:

۱- مخزن اصلی استوانه‌ای شکل که پایه‌ها در آن قرار می‌گیرند،

۲- ظرف ذخیره مایع اشباع که مایع از آن وارد مخزن اصلی می‌گردد،

۳- دستگاه خلاءساز،

۴- کمپرسور هوا برای افزایش فشار داخل مخزن اصلی،

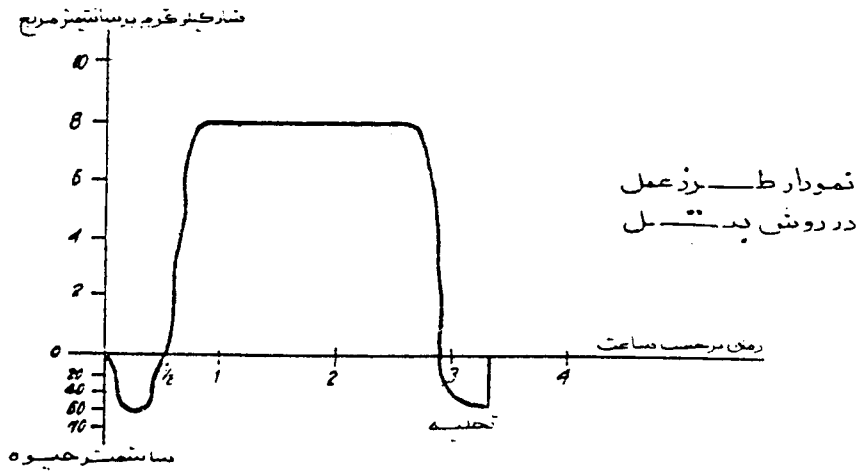
۵- ظرف مخصوص گرم کردن مایع اشباع،

۶- دستگاههای ثبات فشار، دما، زمان و مقدار خلاء.

اشباع پایه‌های چوبی در ظروف سربسته به دو طریق انجام می‌گیرد که در ادامه ذکر می‌شوند.

### د-۱- روش بتل[1]

چگونگی اشباع در این روش به این صورت است که ابتدا پایه‌هایی که برای اشباع آماده شده‌اند در مخزن اصلی قرار گرفته و به‌مدت ۳۰ دقیقه در فشاری به‌اندازه ۰/۴ اتمسفر که باید در داخل مخزن ایجاد شود باقی می‌مانند. سپس مایع اشباع که معمولاً" کرئوزوت است و باید به دمایی در حدود ۹۰ درجه سانتیگراد رسانده شده باشد وارد مخزن شده و در این حال فشار مخزن تا حدود ۷ اتمسفر افزایش داده شده و به‌مدت ۲ ساعت ثابت نگهداشته می‌شود. سپس فشار کاهش داده می‌شود و کرئوزوت باقیمانده در مخزن تخلیه می‌گردد. با ایجاد خلاء در مخزن اصلی، کرئوزوت اضافی پایه نیز خارج می‌شود. منحنی عملیات اشباع در این روش در شکل (د-۲) نشان داده شده است.




**شکل (د-۲) منحنی عملیات اشباع به روش بتل**

در این روش، پس از ایجاد خلاء اولیه هوای داخل حفره‌های چوب خارج می‌شود و بنابراین کرئوزوت با فشار بالا به‌راحتی در چوب نفوذ می‌کند.

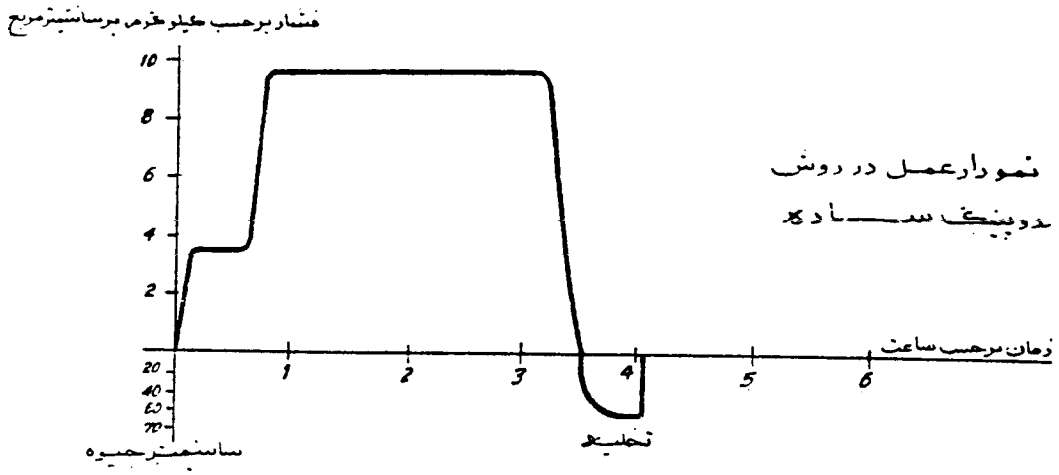
---

1- Bettel

## د-۲- روش روپینگ[1]

### د-۲-۱- روش روپینگ ساده

از این روش معمولا" برای اشباع پایه‌هایی که چوب آنها از نوع سوزنی‌برگان است استفاده می‌شود. چگونگی اشباع در این روش به این صورت است که ابتدا پس از قرار گرفتن پایه‌ها در مخزن اصلی، حدود ۱۵ تا ۳۰ دقیقه فشار مخزن تا حد ۱۳ اتمسفر افزایش داده می‌شود تا هوا کاملا" در داخل چوب نفوذ نماید. سپس مایع اشباع که معمولا" کرئوزوت است و تا حدود ۱۱۰ درجه سانتیگراد گرم شده است وارد مخزن شده و در این حال فشار به ۹ اتمسفر رسانده شده و به‌مدت ۲ تا ۳ ساعت ثابت نگهداشته می‌شود. به این صورت که کرئوزوت وارد خلل و فرج چوب شده و هوای داخل آنها را متراکم می‌کند. سپس فشار مخزن یکباره کاهش داده می‌شود و به این ترتیب هوای متراکم در چوب منبسط شده و کرئوزوت اضافی در چوب را خارج می‌کند. در انتها خلائی به میزان ۰/۴ اتمسفر در مخزن ایجاد شده تا باقیمانده کرئوزوت تخلیه گردد. منحنی عملیات اشباع در این روش در شکل (د-۳) نشان داده شده است.



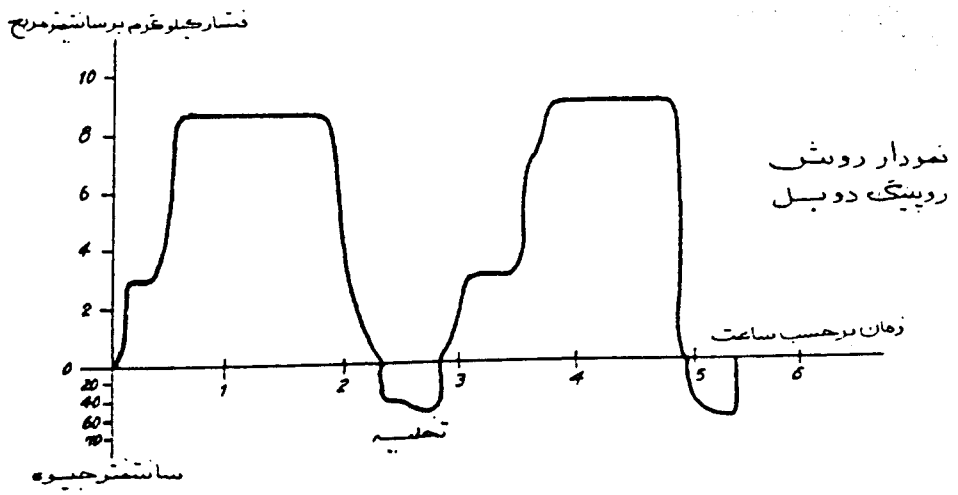

**شکل (د-۳) منحنی عملیات اشباع به روش روپینگ ساده**

### د-۲-۲- روش روپینگ دوبل

از این روش برای اشباع چوبهای سوزنی برگی که به‌خوبی اشباع‌پذیر نیستند و چوبهای پهن‌برگان

1- Rupping

(به‌ویژه راش) استفاده می‌شود. چگونگی اشباع در این روش به این صورت است که ابتدا پس از قرار گرفتن پایه‌ها در مخزن اصلی، فشار آن به‌مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه به مقدار ۱۳ اتمسفر تنظیم می‌گردد. سپس مایع اشباع که معمولاً" کرئوزوت است و تا دمای حدود ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد گرم شده وارد مخزن می‌شود. سپس فشار تا ۹ اتمسفر بالا برده شده و به‌مدت حدود ۹۰ دقیقه نگهداشته می‌شود و به‌دنبال آن فشار به‌طور ناگهانی کاهش داده شده و کرئوزوت اضافی از مخزن تخلیه می‌گردد. سپس خلائی به‌میزان ۰/۴ - اتمسفر به‌مدت ۳۰ دقیقه در مخزن اتمسفر تنظیم می‌گردد و سپس کرئوزوت با دمای حدود ۱۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد وارد مخزن می‌شود. به‌دنبال آن فشار مخزن به‌مدت یک ساعت در حد ۹ اتمسفر ثابت نگهداشته شده و پس از این زمان فشار به‌صورت ناگهانی کاهش داده می‌شود و کرئوزوت اضافی تخلیه می‌گردد. در انتها به‌مدت ۳۰ دقیقه در مخزن خلاء ایجاد می‌شود. منحنی عملیات اشباع در این روش در شکل (د-۴) نشان داده شده است.




**شکل (د-۴) منحنی عملیات اشباع به روش روپینگ دوبل**

**د-۳- مواد قابل استفاده برای اشباع چوب**

موادی که به‌طور عمده برای اشباع پایه‌های چوبی به‌کار می‌روند، عبارتند از: کرئوزوت، روغنهای آلی قابل حل در حلالهای نفتی و مواد معدنی قابل حل در آب. توصیه می‌شود از کرئوزوت

خالص برای اشباع پایه‌های چوبی استفاده شود.

مهمترین مشخصات کرئوزوت که برای اشباع استفاده می‌شود به‌شرح زیر است:

۱- کرئوزوت بطور انحصاری از قطران زغال سنگ تهیه شده باشد.

۲- خالص باشد.

۳- وزن مخصوص آن در دمای ۳۸ درجه سانتیگراد از ۱/۱۳۵ گرم بر سانتیمترمکعب بیشتر و از ۱/۰۲۵ گرم بر سانتیمترمکعب کمتر نباشد.

۴- درصد غلظت اسید موجود در آن بین ۵ تا ۹ باشد.

۵- در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد، مواد موجود در آن نباید به‌صورت جامد رسوب کنند.

۶- محتوای حجمی آب آن کمتر از یک درصد باشد.

باتوجه‌به سمی بودن کرئوزوت باید از دستکش به‌هنگام کار با آن استفاده شود.

روغنهای آلی قابل حل در حلالهای نفتی که به‌عنوان مایع اشباع به‌کار می‌روند معمولا" پنتاکروفنل و نفتانات دوکوئیور هستند. ازسوی دیگر باید توجه داشت حتی‌الامکان از مواد معدنی قابل حل در آب به‌عنوان ماده اشباع‌کننده استفاده نشود و استفاده از آن به‌خصوص برای پایه‌هایی که در زمینهای مرطوب نصب می‌شوند مناسب نیست. انواع مهم نمکهای معدنی که به‌عنوان ماده اشباع به‌کار می‌روند عبارتند از: نمک ولمن[1] (تانالیت)، نمک بولیدن، نفتالین کلره، ددت و آلدرین.

1- Wollman

## پیوســـت هـ- محاسبه نیروی شکست پایه و حداکثر تنش خمشی پایه در نقطه متناظر با سطح زمین

### هـ-۱- نیروی شکست

نیروی شکست پایه چوبی برای تیرهای بدون مهار (F) براساس تئوری خمش و با محاسبه تنش در مقاطع بحرانی پایه تعیین می‌شود.

مقاطع بحرانی عبارتند از:

۱- سطح زمین،

۲- نقطه‌ای در پایه که قطر آن معادل ۱/۵ برابر قطر نقطه اعمال نیرو است، با این فرض که این نقطه در بالای سطح زمین واقع شده باشد.

نیروی شکست مطابق رابطه (هـ-۱) و برحسب نیوتن بر میلیمترمربع بدست می‌آید:

(هـ-۱)

$$F = \frac{F Z}{I_c}$$

در رابطه فوق داریم:

F: تنش خمشی نهایی (نیوتن بر میلیمترمربع)،

$I_c$: فاصله بین مقطع بحرانی و نقطه اعمال نیرو (میلیمتر)،

Z: مدول مقطع در مقطع بحرانی به قطر dc که برابر است با $\pi dc^3/32$ (میلیمترمکعب).

### هـ-۲- حداکثر تنش خمشی در سطح زمین

برای محاسبه حداکثر تنش در نقطه متناظر با سطح زمین، پایه را مطابق شکل (هـ-۱) بین دو نگهدارنده قرار می‌دهیم. نیرویی را به نقطه متناظر با سطح زمین به‌صورت پیوسته به‌نحوی اعمال می‌کنیم که شکست پایه طی زمانی برابر ۳۰۰±۹۰۰ ثانیه رخ دهد. نرخ تغییر نیرو باید به‌صورتی باشد که برای نقطه اعمال نیرو، انحرافی که توسط رابطه (هـ-۲) تعیین می‌شود را ایجاد نماید (برحسب میلیمتر بر دقیقه):

(هـ-۲)

$$N = \frac{2\pi\ a\ b\ Z}{3C_t}$$

N: نرخ انحراف نقطه اعمال نیرو (میلیمتر بر دقیقه)،

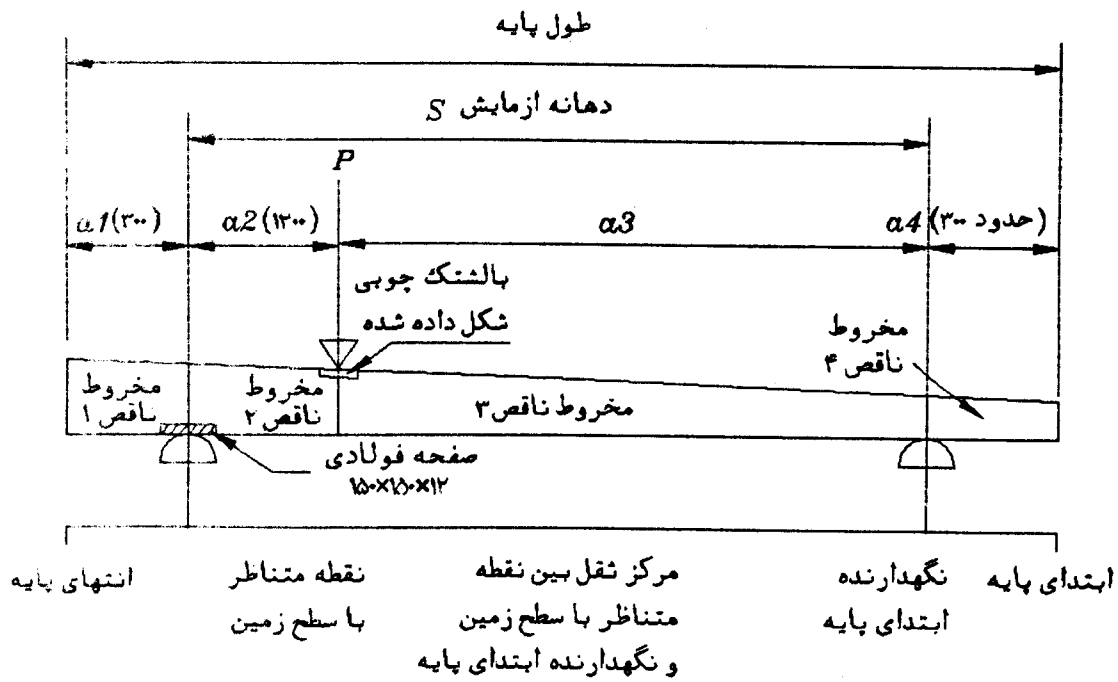
Z: نرخ کرنش تار انتهایی که براساس استاندارد ASTM-D۱۹۸ برابر ۰/۰۰۱ درنظر گرفته می‌شود (میلیمتر بر میلیمتر دقیقه mm/mm.min)،

a: فاصله نقطه اعمال نیرو از نگهدارنده سر پایه،

b: فاصله نقطه اعمال نیرو از نگهدارنده پایه،

$C_t$: محیط پایه در نقطه اعمال نیرو (میلیمتر).

باتوجه‌به پارامترهای مشخص‌شده روی شکل، محاسبات را مطابق روابط زیر انجام می‌دهیم




تمامی ابعاد به میلیمتر میباشند

شکل (هـ-۱)

حداکثر تنش در سطح زمین برحسب نیوتن بر میلیمترمربع از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_g = \frac{32}{\pi\ d^3\ (R_t\ a_3 - W_3\ g_3 - W_4\ (a_3 + g_4) + \frac{P_{a_2\ a_3}}{S})} \qquad (هـ-۳)$$

در رابطه فوق داریم:

d: قطر پایه در نقطه اعمال نیرو (میلیمتر)،

$a_2$: فاصله نقطه اعمال نیرو از نگهدارنده انتهای پایه (میلیمتر)،

$a_3$: فاصله نقطه اعمال نیرو از نگهدارنده سر پایه (میلیمتر)،

S: فاصله بین نگهدارنده سر و ته پایه (میلیمتر)،

$g_2$: فاصله بین نقطه اعمال نیرو و مرکز ثقل آن قسمت از پایه که بین نقطه اعمال نیرو و نگهدارنده سرتیر واقع شده است (میلیمتر)،

$g_3$: فاصله بین نگهدارنده سر پایه و مرکز ثقل قسمت پیش‌آمدگی پایه در سر پایه (میلیمتر)،

$W_2$: نیروی عمودی (وزن) قسمتی از پایه که بین نقطه اعمال نیرو و نگهدارنده سر پایه واقع شده است (نیوتن)،

$W_3$: نیروی عمودی (وزن) پیش‌آمدگی پایه در قسمت سر آن (نیوتن)،

P: حداکثر نیروی اعمالی (نیوتن)،

$R_t$: نیروی عکس‌العمل در نگهدارنده سر پایه براثر وزن پایه (نیوتن). این نیرو از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$R_t = \frac{1}{S\ (W_2\ g_2 + (a_2 + g_3)\ W_3 + W_4\ (a_2 + a_3 + g_4) - W_1\ (a_1 - g_1))} \qquad (هـ-۴)$$

در رابطه (هـ-۴) داریم:

$W_1$: نیروی عمودی (وزن) پیش‌آمدگی پایه در قسمت انتهای آن (نیوتن)،

$W_2$: نیروی عمودی (وزن) قسمتی از پایه که بین نقطه اعمال نیرو و نگهدارنده انتهای پایه واقع است (نیوتن)،

$g_1$: فاصله انتهای پایه از مرکز ثقل پیش‌آمدگی پایه در قسمت انتهای آن (میلیمتر)،

$g_2$: فاصله نگهدارنده انتهای پایه از مرکز ثقل قسمتی از پایه که بین نگهدارنده انتهایی و نقطه اعمال نیرو واقع است (میلیمتر)،

$a_1$: فاصله انتهای پایه از نگهدارنده انتهای پایه (میلیمتر).

فاصله مرکز ثقل یک مخروط ناقص از یک مخروط (g)، از قاعده مخروط ناقص، توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

(هـ-۵)

$$g = \frac{h}{4} \frac{(d_b^2 + 3d_t^2 + 2d_b\, d_t)}{(d_b^2 + d_t^2 + d_b\, d_t)}$$

$d_b$: قطر قاعده (میلیمتر)،

$d_t$: قطر قسمت بالا (میلیمتر)،

h: ارتفاع مخروط ناقص مناسب (میلیمتر).

بسمه‌تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

# شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

# (توانیر)

# معاونت تحقیقات و تکنولوژی

## دفتر استانداردها

# استانـدارد خطـوط هوایـی توزیـع

## جلد چهارم: مقره‌های به‌کاررفته در شبکه توزیع

تدوین کننده : گروه مطالعات توزیع - بخش برق - مرکز تحقیقات نیرو (متـن) نگارش : اول شهریور ۱۳۷۸

---

*آدرس: تهران - میدان ونک - خیابان شهید عباسپور - ساختمان مرکزی*
*صندوق پستی ۶۴۶۷ - ۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس ۸۰۱۷۷۴۰*

به نام خدا

## پیشگفتار

پس از تدوین هر استاندارد و استفاده از آن به مرور نیازها و مشکلات مرتبط با آن شناخته شده و تکمیل و تجدیدنظر در آن امری لازم و ضروری می‌باشد، ازآنجائیکه استاندارد ساختمان شبکه‌های توزیع نیرو، سالها پیش تدوین شده و اقدامی جهت تکمیل و تجدیدنظر در آن صورت نگرفته بود، به دلایل زیر تصمیم به بازنگری در آن گرفته شد:

- باتوجه‌به گذشت چند سالی از تدوین استاندارد قدیم بایستی تحقیقات و بررسیهای لازم جهت استاندارد نمودن محصولات جدید و منسوخ نمودن محصولات قدیم صورت پذیرد.
- قیمت زیاد تجهیزات، دقت در امر خرید را طلب می‌کند و باتوجه‌به گستردگی و پیچیدگی تجهیزات، دقت در مشخصات فنی وسایل امکان مقایسه فنی محصولات سازندگان مختلف و مقید کردن آنها به رعایت موازین استاندارد را فراهم می‌سازد.
- باتوجه‌به افزایش کادر فنی متخصص امکان محاسبه و طراحی به‌صورت خاص و باتوجه‌به شرایط هر منطقه می‌باشد لذا ایجاد یکنواختی باید تنها در مجموعه‌ها یا تجهیزاتی که تابع شرایط خاص محیطی نباشند صورت گیرد بنابراین بجای استفاده از طرحهای نمونه با تنوع کم، معیارها و استانداردهای طراحی مطرح و در کنار آن در موارد خاص از طرحهای نمونه با تنوع زیاد استفاده شود.

باتوجه‌به اولویتها و نیازهای فعلی شبکه‌های توزیع، استانداردهای زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

الف- استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

ب - استاندارد خازنهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

پ - استاندارد راکتورهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

ت - استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

ث - استاندارد روشنایی معابر

ج - استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع

چ - استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع

ح - استاندارد انشعابات شبکه‌های توزیع

خ - استاندارد خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

جزوه حاضر جلد چهارم از استاندارد خطوط هوایی توزیع از سری استانداردهای شبکه‌های توزیع می‌باشد. پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی در تاریخ ۱۴ و ۱۵ شهریور سال ۱۳۷۴ مورد بررسی نمایندگان شرکتهای توزیع قرار گرفت، مطابق نظرات عنوانشده توسط دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی و جلسه فوق‌الذکر، تصمیم گرفته شد که این استاندارد باتوجه‌به مباحث مطرح‌شده در قالب جلدهای جداگانه زیر تهیه گردد:

**جلد اول: معیارهای طراحی و جداول کاربردی**

**جلد دوم: تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده**

**جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس‌آرمهای چوبی به‌کاررفته در شبکه توزیع**

**جلد چهارم : مقره‌های به‌کاررفته در شبکه توزیع**

**جلد پنجم : هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع**

**جلد ششم : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های به‌کاررفته در شبکه توزیع**

در تهیه این استاندارد سعی شده است که امکانات و مهارتهای موجود و قابلیتهای شرکتهای توزیع برق درنظر گرفته شود. در تهیه این استاندارد منابع زیر مورد استفاده قرار گرفته است:


[۱] استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق، وزارت نیرو، چاپ پنجم، شهریور ۱۳۶۴.

[۲] لوازم خطوط هوایی، شرکت برق منطقه‌ای تهران.

[3] IEC 815, Guide for the selection of insulator in respect of polluted conditions.

[4] IEC 383, insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V.

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| مقدمه | ۱ |
| هدف و دامنه کاربرد | ۲ |
| تعاریف و مفاهیم | ۲ |
| خواص عمومی و مواد مصرفی در ساختمان مقره‌ها | ۶ |
| انواع مقره‌ها و مشخصات آنها | ۸ |
| آزمون روی مقره‌ها | ۱۱ |
| انتخاب مقره‌ها | ۱۵ |
| پیوست الف- یراق‌آلات مقره‌ها | ۱۹ |
| پیوست ب - عوامل هندسی موثر در کاربرد مقره‌ها | ۳۲ |
| پیوست پ - اطلاعات نمونه‌ای مقره‌ها | ۳۷ |

## مقدمه

مقره‌ها وسایلی هستند که در شبکه‌های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی برای نگاه داشتن هادیهای الکتریکی دارای ولتاژ و جداسازی آنها از بازوهای نگاهدارنده مقره‌ها و یا پایه دکلها (یا تیرها) و در مورد خاص در مسیر سیمهای مهار پایه‌های خطوط جهت ایمنی افراد به‌کار می‌روند. به‌عبارتی مقره‌ها دارای دو کارکرد مکانیکی و الکتریکی می‌باشند. ازنظر مکانیکی مقره‌ها باید استقامت مکانیکی لازم برای نگاه داشتن سیم هوایی و تحمل نیروهای وارده از طرف آن را داشته باشند و ازنظر الکتریکی از نشت جریان الکتریکی از خط به سمت پایه‌ها جلوگیری نمایند.

## ۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از ارائه این استاندارد بیان مشخصات فنی لازم برای مقره‌های به‌کاررفته در شبکه‌های توزیع شامل مقره‌های فشار ضعیف و مقره‌های فشار متوسط (۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت) و نیز یراق‌آلات مربوطه و ارائه روش مناسب برای انتخاب مقره می‌باشد.

## ۲- تعاریف و مفاهیم

### ۲-۱- واحد مقره زنجیری[1]

مقره‌ای که دربردارنده ماده عایق همراه با قطعات فلزی جانبی برای اتصال با دیگر واحدهای زنجیره مقره باشد. واحد مقره زنجیری مشتمل‌بر دو نوع است، مقره‌های ستونی و مقره‌های بشقابی که چون در توزیع از مقره‌های ستونی استفاده نمی‌شود، منظور از واحد مقره زنجیری در این استاندارد مقره بشقابی می‌باشد.

### ۲-۲- زنجیر مقره[2]

یک زنجیر مقره از یک یا چند واحد مقره زنجیری متصل به‌هم تشکیل شده به‌نحوی که نگهدارنده انعطاف‌پذیری برای هادی خطوط هوایی می‌باشد. تعداد مقره‌ها به سطح ولتاژ موردنیاز بستگی دارد.

### ۲-۳- مقره یکپارچه[3]

مقره یکپارچه، یک واحد کامل و مستقل مقره است که هادی خطوط هوایی را به‌صورت ثابت و غیرقابل انعطاف نگه می‌دارد و درمعرض تنش خمشی و فشار بار ناشی از هادی قرار دارد. دو نوع اصلی مقره‌های یکپارچه، مقره‌های سوزنی و مقره‌های اتکایی می‌باشند.

---

1- String Insulator Unit
2- Insulator String
3- Rigid Insulator

۲-۴- شکست سطحی[1]

تخلیه الکتریکی مخرب در مجاورت سطح خارجی مقره که در مسیر متصل‌کننده دوقسمتی که معمولا" ولتاژ عملکرد بین آنها اعمال می‌شود برقرار می‌گردد.

۲-۵- سوراخ شدن[2]

تخلیه الکتریکی مخرب که از درون ماده عایق مقره بگذرد.

۲-۶- ولتاژ ایستادگی در برابر ضربه صاعقه در حالت خشک[3]

ولتاژ ضربه‌ای که مقره در حالت خشک و تحت شرایط معین آزمایش در مقابل آن استقامت می‌کند (دچار تخلیه الکتریکی نمی‌گردد).

۲-۷- ولتاژ شکست ضربه ۵۰٪ در حالت خشک[4]

مقدار ولتاژ ضربه‌ای که تحت شرایط معین آزمایش به احتمال ۵۰٪ روی مقره خشک ایجاد جرقه می‌نماید.

۲-۸- ولتاژ ایستادگی فرکانس صنعتی در حالت تر[5]

ولتاژ با فرکانس صنعتی که مقره در حالت تر تحت شرایط معین آزمایش در مقابل آن استقامت می‌کند.

---

1- Flashover
2- Puncture
3- Dry Lighting Impulse Withstand Voltage
4- 50% Dry Lighting Impulse Flashover Voltage
5- Wet Power-Frequency Withstand Voltage

**۲-۹- ولتاژ شکست سطحی فرکانس صنعتی در حالت تر[1]**

میانگین حداقل ولتاژهایی (با فرکانس صنعتی) که باعث بروز جرقه در مقره تحت شرایط معین آزمایش می‌گردد.

**۲-۱۰- حداکثر قدرت الکترومکانیکی[2]**

حداکثر بار مکانیکی که یک واحد مقره زنجیری تحت شرایط معین آزمایش و همراه با اعمال ولتاژ می‌تواند تحمل کند.

**۲-۱۱- حداکثر قدرت مکانیکی[3]**

حداکثر بار مکانیکی که یک واحد مقره زنجیری یا یک مقره یکپارچه تحت شرایط معین آزمایش می‌تواند تحمل کند.

**۲-۱۲- ولتاژ سوراخ شدن مقره[4]**

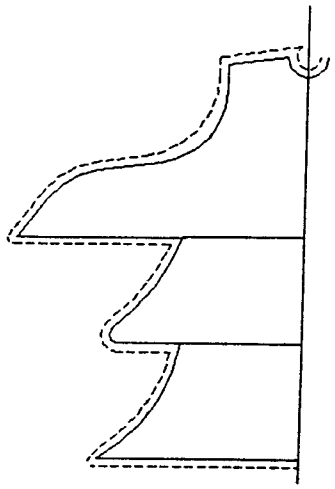
حداقل ولتاژی که باعث بروز تخلیه مخرب در عایق مقره می‌گردد به‌نحوی که مسیر تخلیه خواص عایقی خود را ازدست می‌دهد.

**۲-۱۳- فاصله خزشی مقره[5]**

عبارتست از طول منحنی فصل مشترك عایق و هوا، که در شکل (۱) به‌صورت خط‌چین نمایش داده شده است.

---

1- Wet Power-Frequency Flashover Voltage
2- Electromechanical Failing Load
3- Mechanical Failing Load
4- Puncture Voltage
5- Creeping Distance of an Insulator



**شکل (۱) فاصله خزشی مقره**

**۲-۱۴- نیروی مقاومت نهایی**

نیرویی است که اگر درحین آزمایش استقامت مکانیکی به مقره وارد شود باعث شکست آن می‌گردد.

**۲-۱۵- گروه‌بندی مقره‌ها جهت انجام آزمایشها**

مقره‌های خطوط هوایی براساس شکل ساختمان به دو گروه A و B تقسیم‌بندی می‌شوند:

**۲-۱۵-۱- گروه A**

مقره‌هایی که در آنها طول کوتاهترین مسیر تخلیه از درون ماده عایق جامد حداقل برابر نصف طول کوتاهترین مسیر جرقه در مجاورت سطح خارجی مقره باشد.

**۲-۱۵-۲- گروه B**

مقره‌هایی 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.

## ۳- خواص عمومی و مواد مصرفی در ساختمان مقره‌ها

همانگونه که ذکرشد قابلیت مقره‌ها ازنظر الکتریکی و مکانیکی باید رضایتبخش باشد: ازنظر مکانیکی، مقره باید قابلیت تحمل وزن و کشش سیم و یخ احتمالی روی آن و همچنین کلیه نیروهای ناشی از فشار باد و حرکات و نوسانات مکانیکی سیم را که به آن منتقل می‌شود داشته باشد. ازنظر الکتریکی مقره باید علاوه‌بر تحمل ولتاژ کار خط، نسبت به اضافه ولتاژهای موقت یا گذرای ایجادشده در خط نیز مقاوم باشد. شکل و وضعیت ظاهری مقره باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند طولانی‌ترین مسیر را برای ایجاد یا عبور قوس الکتریکی ایجاد نماید. البته شیارهای ایجادشده در سطح بیرونی مقره جهت طولانی بودن مسیر شکست یا فاصله خزشی نباید به اندازه‌ای باشد که موجب کثیف شدن مقره و جمع‌آوری گرد و خاك گردد (که باعث افزایش جریان خزشی می‌شود) و یا باعث فشردگی خطوط نیروی میدان الکتریکی و درنتیجه افزایش گرادیان ولتاژ در آن نقطه شود.

همچنین ضخامت قسمتی از مقره که قطعات فلزی را ازهم جدا می‌کند باید به اندازه کافی زیاد باشد تا دراثر موجهای ضربه‌ای خیلی تند ناشی از صاعقه نیز سوراخ نگردد. در طرح ظاهری مقره، توزیع یکنواخت اختلاف پتانسیل در سطح آن حتی‌المقدور باید درنظر گرفته شود.

سطح بیرونی مقره‌ها باید حتی‌الامکان صیقلی و صاف باشد تا از نشستن گرد و خاك و دیگر ذرات معلق در هوا حتی‌الامکان جلوگیری به‌عمل آید، درضمن نفوذ رطوبت در آن نیز کمترین امکان را داشته باشد.

جنس مقره‌های به‌کاررفته در شبکه توزیع معمولا" چینی[1] و یا شیشه[2] می‌باشد.

### ۳-۱- مقره‌های چینی

چینی به‌کاررفته در ساختمان مقره‌ها ترکیبی است از کائولین و رس یا سیلیکات آلومینیوم هیدراته،

---

1- Porcelain

2- Glass

کوارتز و فلدسپات که بایستی به یک نسبت معین آنها را ترکیب نمود. ازآنجائیکه بسیار ضروری است که یک مقره بدون هرگونه حفره هوا و یا ناخالصی باشد، روش و مراحل ساخت آن از دقت و حساسیت خاصی برخوردار است.

استقامت عایقی چینی در حدود KV/mm ۲۸-۱۲ می‌باشد. از معایب چینی این است که در مقره‌هایی از این جنس در برخی از مواقع ترکهای ریزی به‌وجود می‌آید و این مسئله باعث کاهش مقاومت در مقابل ولتاژ ضربه می‌گردد. در مواردی قبل از ایجاد جرقه در سطح خارجی مقره‌ها، ولتاژ ضربه باعث سوراخ شدن آنها می‌شود.

### ۳-۲- مقره‌های شیشه‌ای

نوع دیگری از مقره‌ها، مقره‌هایی است که از شیشه سخت‌شده[1] ساخته شده‌اند. شیشه از ذوب مواد متشکله شامل سیلیس یا شن، سود و سنگ آهک و منیزیم در درجه حرارت حدود ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد بدست می‌آید که پس از قالب‌ریزی دوباره پخته و کنترل می‌شود و سپس آن را سرد می‌کنند. پوسته خارجی در حالت فشردگی بوده و در مقابل لب‌پریدگی و قوس الکتریکی نسبت به چینی مقاومتر است. مزیت دیگر آن این است که اگر بدون ازهم‌پاشیدگی بشکند از روی زمین قابل مشاهده است. استقامت عایقی شیشه بیشتر از چینی است و ممکن است به KV/mm ۱۲۰ برسد. اما در مقابل موج ضربه‌ای با پیشانی تیز تقریبا" دارای استقامت الکتریکی یکسانی می‌باشند. شیشه تحت فشار مقاومتر از چینی بوده و در مقابل کشش استقامتی معادل چینی دارد، اما در مقابل ضربات مکانیکی شکننده‌تر است. جذب آلودگی در مقره‌های شیشه‌ای بیشتر از مقره‌های چینی (که دارای سطح خارجی لعاب‌دار هستند) می‌باشد و بدین لحاظ برای استفاده در مناطق با آلودگی کم پیشنهاد می‌شود. ازنظر قیمت، مقره‌های شیشه‌ای ارزانتر از مقره‌های چینی می‌باشند.

---

1- Toughened Glass

## ۴- انواع مقره‌ها و مشخصات آنها

برای رعایت ملاحظات مختلف مکانیکی و الکتریکی و . . . سازنده‌های مختلف مقره سعی می‌کنند مناسبترین، مرغوبترین و درعین حال اقتصادی‌ترین نوع مقره را برای استفاده در شبکه‌ها و کاربردهای مختلف تولید نمایند.

انواع مختلف مقره‌ها در خطوط انتقال و یا دیگر تاسیسات باز یا سرپوشیده (OUTDOOR & INDOOR) مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در اینجا مقره‌های مناسب برای استفاده در خطوط هوایی ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت و همچنین فشار ضعیف مورد بررسی واقع شده و مشخصات فنی آنها ارائه می‌گردد.

مقره‌های موردنظر عبارتنداز: مقره‌های‌سوزنی‌یامیخی، بشقابی، مقره‌ثابت، مقره‌چرخی و مقره‌مهار.

### ۴-۱- مقره‌های سوزنی (یا میخی)[1]

مقره‌های سوزنی (یا میخی) جزء قدیمیترین طرحهای مقره می‌باشند و طی سالها کاربرد از نقطه‌نظر الکتریکی و مکانیکی تحولات و پیشرفتهایی در طراحی آنها صورت پذیرفته است. از این مقره‌ها در پایه‌های میانی (غیرانتهایی) خطوط هوایی استفاده می‌شود[2]. مقره‌های سوزنی مورد استفاده تا میزان ۱۱ کیلوولت معمولا" از یک قسمت یا قطعه تشکیل یافته‌اند، اما در سطح ولتاژهای بالاتر این مقره‌ها از دو یا سه قطعه تشکیل می‌گردند که توسط سیمان مخصوص به همدیگر چسبیده می‌شوند. تکیه‌گاه و یا ارتباط‌دهنده این مقره‌ها به کراس‌آرمها، میله‌های فلزی می‌باشند که درواقع پایه مقره‌های سوزنی[3] محسوب می‌گردند که باید دارای مشخصات ویژه باشد. در مجموع مقره‌های سوزنی امروزی قابل اطمینان بوده و به‌ندرت در طول عمر مفیدشان ترکهای شدید در آنها مشاهده می‌شود.

---

1- Pin Type Insulators

۲- در پایه‌های میانی توصیه می‌شود از مقره‌های تک‌شیاره استفاده گردد.

3- Insulator Spindle or Pin

در قسمت (پ-۱) از پیوست-پ اطلاعات نمونه‌ای این مقره‌ها آمده است.

### ۴-۱-۱- مقره با لایه گرافیتی (مقره‌های سوزنی سر گرافیتی)[1]

مقره‌ای سوزنی است که روی سر آن تا سطحی مشخص از قشر سیاه گرافیت پوشیده شده که این قشر میدان الکتریکی را بطور یکنواخت در سطح مقره توزیع نموده و از تمرکز آن در نزدیکی محل اتصال هادی به مقره ممانعت می‌نماید. بدین ترتیب با جلوگیری از تخلیه جزئی اولا" تولید پارازیتهای مزاحم فرکانسهای رادیویی منتفی شده و ثانیا" خورده شدن سطح مقره به‌وقوع نمی‌پیوندد. این مقره‌ها در مناطقی که خطوط در ایستگاههای مخابراتی و رادیو و تلویزیون مستقر می‌باشد مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### ۴-۲- مقره‌های بشقابی[2]

این نوع مقره‌ها در خطوط انتقال فشار قوی و فوق توزیع و ولتاژ متوسط به‌کار می‌روند. در خطوط ولتاژ متوسط در مواردی که به هر علتی نیروی استقامت مکانیکی مقره باید بالاتر از حدود نرمال و متعارف باشد (در پایه‌های کششی یا انتهایی، زاویه‌ای، اسپنهای بزرگ و یا استفاده از سیمهای سنگین) این نوع مقره‌ها مورد استفاده واقع می‌شوند. این مقره‌ها از کراس‌آرم آویزان شده یا در امتداد هادی قرار می‌گیرند.

از مزایای این نوع مقره‌ها این است که چنانچه مقره دچار شکست الکتریکی شود، اجزاء چینی هادی را رها نمی‌کنند و سیم هادی به زمین نمی‌افتد. بدین جهت در اسپنهای عبوری از جاده‌ها و نقاط حساس توصیه می‌شود که از این نوع مقره‌ها استفاده گردد.

در قسمت (پ-۲) از پیوست-پ اطلاعات نمونه‌ای این نوع مقره‌ها و شکل کلی یک زنجیر مقره آمده است.

مقره‌های نوع مهی[3] در مناطق با آلودگی بالا جهت استفاده توصیه می‌شود.

---

1- Radio Freed

2- Suspension or Strain Type Insulator

3- Fog Type

### ۴-۳- مقره‌های اتکایی[1]

این مقره‌ها به‌صورت عمودی یا افقی نصب می‌گردند و نیاز به کراس‌آرم و بریس[2] ندارند. آنها به شکل استوانه چینی توپر یا توخالی ساخته می‌شوند. نوع توخالی آن به شکل استوانه‌ای است که در یک انتهایش یک حفره دارد که قبل از اینکه قاعده مقره به کلاهک فلزی چسبانده شود پوشانده می‌گردد. ازآنجائیکه مقاومت مکانیکی مقره‌های اتکایی توپر دراثر افزایش قطر کاهش می‌یابد، لذا برای تحمل نیروهای مکانیکی بزرگ نمی‌توان از مقره اتکایی توپر استفاده نمود. بنابراین استفاده از مقره‌های توخالی معمولتر می‌باشد. این مقره‌ها معمولا" در محلهایی که به فاصله خزشی زیاد نیاز می‌باشد، استفاده می‌گردد، کاربرد این مقره‌ها هم‌اکنون در شبکه توزیع بسیار محدود می‌باشد. این مقره‌ها باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۱۶۸ تحت آزمون قرار گیرد. چند نمونه از این نوع مقره‌ها در قسمت (پ-۳) از پیوست-پ آمده است.

### ۴-۴- مقره‌های چرخی یا قرقره‌ای[3]

این مقره‌ها در خطوط توزیع فشار ضعیف هوایی کاربرد دارد و جهت عبور سیم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل و اطلاعات نمونه‌ای این مقره‌ها در قسمت (پ-۴) از پیوست-پ آمده است.

### ۴-۵- مقره مهار[4]

این مقره‌ها در مسیر سیمهای مهار پایه‌های خطوط مورد استفاده قرار می‌گیرند و قسمت پایین سیم مهار را از قسمت بالایی آن عایق می‌کنند تا ایمنی جان افراد در پای مهار به‌خطر نیفتد. همچنین با عایق نمودن قسمت بالایی سیم مهار از زمین ایمنی جان سیمبان را در هنگام کار روی تیر تامین می‌نمایند. این

---

1- Line Post Insulator
2- Brace
3- Spool Type Insulator
4- Guy Insulator

مقره‌ها به‌گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند که درصورت شکست، سیم مهار رها نمی‌گردد و بر روی زمین نمی‌افتد. در قسمت (پ-۵) از پیوست-پ دو نوع از این مقره‌ها آمده است.

## ۵- آزمون روی مقره‌ها

بر روی مقره‌ها بایستی آزمونهای زیر مطابق استاندارد IEC-۳۸۳ صورت گیرد.

### ۵-۱- گروه اول- آزمایشهای نوعی[1]

هدف از انجام این آزمایشها بررسی مشخصات الکتریکی یک مقره است که عمدتا" بستگی به شکل و اندازه آن دارد و برای هر طرح جدید فقط یک بار انجام می‌گردد. آزمایشهای نوعی عبارتند از:

#### ۵-۱-۱- آزمایش ولتاژ ایستادگی در برابر ضربه در حالت خشک[2]

در این آزمایش مطابق بند ۱۳ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ موج ولتاژ ضربه ۱/۲-۵۰ µs بر مقره اعمال می‌شود.

#### ۵-۱-۲- آزمایش ولتاژ ایستادگی فرکانس صنعتی در حالت تر[3]

این آزمایشها برای هر یک از انواع مقره‌های یکپارچه و واحدهای مقره زنجیری روی سه نمونه انجام می‌شود و برای زنجیر مقره آزمایش روی یک نمونه کافی است. این آزمون مطابق بند ۱۴ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ انجام می‌شود.

### ۵-۲- گروه دوم- آزمایشهای نمونه[4]

هدف از انجام این آزمایشها بررسی سایر مشخصات یک مقره و کیفیت مواد مورد استفاده می‌باشد.

---

1- Type Tests
2- Dry Lighting Impulse Withstand Voltage Test
3- Wet Power-Frequency Withstand Voltage Test
4- Sample Tests

تعداد مقره‌هایی که برای این آزمایشها به‌صورت تصادفی از میان n مقره موردنظر انتخاب می‌شوند بدین صورت تعیین می‌گردد:

- برای تعداد کل مقره‌ها کمتر از ۵۰۰ عدد بسته به توافق خریدار و سازنده.

- برای تعداد کل مقره‌ها (n) بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰۰ برابر با $\frac{۱/۵\ n}{۱۰۰۰} + ۴$

- برای تعداد کل مقره‌ها (n) بیش از ۲۰۰۰۰ برابر با $\frac{۰/۷۵\ n}{۱۰۰۰} + ۱۹$

برای مواردی که نتیجه هر یک از دو رابطه فوق عدد صحیح نباشد، نزدیکترین عدد صحیح بزرگتر درنظر گرفته می‌شود.

مقره‌های انتخاب‌شده ابتدا باید آزمایشهای گروه سوم را پشت‌سر گذارده سپس تحت گروه دوم آزمایشها به‌ترتیب زیر قرار گیرند:

### ۵-۲-۱- بررسی سیستم قفل[1]

این مورد مختص مقره‌های بشقابی[2] می‌باشد و باتوجه‌به بند ۲۲ استاندارد IEC ۳۸۳-۱ بایستی نیازهای مشخص‌شده در استاندارد IEC ۳۷۲ را برآورد.

### ۵-۲-۲- بررسی ابعاد[3]

ابعاد مقره بایستی باتوجه‌به رواداریهای مجاز مطابق بند ۱۷ از IEC ۳۸۳-۱ کنترل شود.

---

1- Verification of the Locking System

2- String Insulator Units with Ball and Socket Couplings

3- Verification of Dimension

### ۵-۲-۳- آزمایش چرخه دما[1]

این آزمایش روی مقره‌های چینی یا شیشه سخت همراه با قسمتهای جانبی فلزی انجام می‌شود و شامل سه دور گرم و سردسازی آنها در آب می‌شود که مطابق با بند ۲۳ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ صورت می‌گیرد.

### ۵-۲-۴- آزمایش حداکثر قدرت الکترومکانیکی[2]

فقط روی واحد مقره زنجیری گروه B مطابق بند ۱۸ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ انجام می‌پذیرد.

### ۵-۲-۵- آزمایش حداکثر قدرت مکانیکی[3]

روی واحد مقره زنجیری گروه A و مواردی از گروه B که امکان آزمایش قبلی را ندارند و نیز مقره‌های یکپارچه از هر دو گروه مطابق بند ۱۹ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ انجام می‌گیرد.

### ۵-۲-۶- آزمایش شوك حرارتی[4]

فقط روی مقره‌های از جنس شیشه سخت مطابق بند ۲۴ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ انجام می‌شود.

### ۵-۲-۷- آزمایش سوراخ شدن[5]

فقط برای مقره‌های گروه B و مطابق بند ۱۵ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ انجام می‌شود.

### ۵-۲-۸- آزمایش خلل و فرج[6]

فقط روی مقره‌های سرامیکی مطابق بند ۲۵ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ انجام می‌شود.

---

1- Temprature Cycle Test
2- Electromechanical Failing Load Test
3- Mechanical Failing Load Test
4- Thermal Shock Test
5- Puncture Test
6- Porosity Test

### ۵-۲-۹- آزمایش گالوانیزاسیون[1]

این آزمون مطابق بند ۲۶ از استاندارد IEC ۳۸۳-۱ انجام می‌شود.

نمونه‌های انتخاب‌شده مقره‌ها باید به سه دسته حتی‌الامکان مساوی تقسیم شوند و مطابق جدول (۱) تحت آزمایش قرار گیرند:

جدول (۱)

| | واحدهای مقره زنجیری | | مقره‌های یکپارچه | |
|---|---|---|---|---|
| | گروه A | گروه B | گروه A | گروه B |
| دسته اول و دوم<br>دسته سوم | ۵-۲-۱، ۵-۲-۲، ۵-۲-۳، ۵-۲-۵*، ۵-۲-۸<br>۵-۲-۱، ۵-۲-۲، ۵-۲-۳، ۵-۲-۵**، ۵-۲-۶، ۵-۲-۹ | ۵-۲-۲، ۵-۲-۳، ۵-۲-۴، ۵-۲-۵*، ۵-۲-۸<br>۵-۲-۱، ۵-۲-۲، ۵-۲-۳، ۵-۲-۵**، ۵-۲-۶، ۵-۲-۷، ۵-۲-۹ | ۵-۲-۲، ۵-۲-۳، ۵-۲-۵*، ۵-۲-۸<br>۵-۲-۲، ۵-۲-۳، ۵-۲-۵**، ۵-۲-۶، ۵-۲-۹ | ۵-۲-۲، ۵-۲-۳، ۵-۲-۵*، ۵-۲-۸<br>۵-۲-۲، ۵-۲-۳، ۵-۲-۵**، ۵-۲-۶، ۵-۲-۷، ۵-۲-۹ |

*یادآوری :* آزمایش شماره (۵-۲-۸) فقط برای مقره‌های سرامیک و آزمایش شماره (۵-۲-۶) فقط برای مقره‌های از جنس شیشه سخت انجام می‌شود.

درصورتی که یک مقره در آزمایشهای نمونه رد شود، آزمایش مجدد مطابق IEC ۳۸۳ انجام می‌پذیرد.

مقره‌هایی که آزمایشهای نمونه بر روی آنها انجام شده نباید در خطوط شبکه مورد استفاده قرار گیرند.

### ۵-۳- گروه سوم- آزمایشهای معمول[2]

آزمایشهایی هستند که بر روی همه مقره‌های موردنظر باید به‌ترتیب زیر انجام پذیرند. برای جزئیات بیشتر از این آزمایشها به IEC ۳۸۳ مراجعه شود.

---

1- Galvanizing Test

2- Routine Tests

۵-۳-۱- آزمایش معمول شوك حرارتی[1]

این آزمایش مختص مقره‌های از جنس شیشه سخت می‌باشد.

۵-۳-۲- بررسی ظاهری[2]

۵-۳-۳- آزمایش معمول مکانیکی[3]

این آزمایش فقط روی واحد مقره زنجیری انجام می‌شود.

۵-۳-۴- آزمایش معمول الکتریکی[4]

این آزمایش روی مقره‌های یکپارچه و واحدهای مقره زنجیری از گروه B با جنس سرامیکی انجام می‌گردد.

## ۶- انتخاب مقره‌ها

طراحی و انتخاب مقره از لحاظ الکتریکی و مکانیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد:

### ۶-۱- انتخاب مقره از نظر الکتریکی

#### ۶-۱-۱- سطح عایقی شبکه

برای طراحی و انتخاب مقره مهمترین پارامتر سطح عایقی شبکه می‌باشد که باتوجه‌به استاندارد IEC ۷۱ برای سطوح ولتاژ مختلف شبکه بدست می‌آید، درضمن باتوجه‌به این که معمولا" در شرایط جوی، استاندارد سطح عایقی داده می‌شود، بطور غیرمستقیم، ارتفاع از سطح دریا، دما و . . . نیز در انتخاب مقره دخالت دارد.

---

1- Thermal shock Routine Test
2- Visual Examination
3- Mechanical Routine Test
4- Electrical Routine Test

۶-۱-۲- ازدیاد ولتاژ ناشی از صاعقه

۶-۱-۳- کرونا

سطح مجاز سیگنال به نویز منطقه موردنظر در انتخاب مقره اهمیت دارد.

۶-۲- انتخاب مقره از نظر استقامت مکانیکی

مقره خطوط بایستی چنان باشد که بتواند نیروهای وارد بر زنجیر مقره در شرایط طبیعی، ازجمله وزن هادی، نیروی وارد بر مقره دراثر زاویه‌دار بودن خط، فشار باد و نیروی ناشی از وزن یخ و برف را به‌راحتی تحمل کند و همچنین تحمل نیروهای غیرطبیعی ناشی از تخلیه ناگهانی برف و یخ از روی هادی، پارگی سیم و . . . را داشته باشد. برای مقره‌های آویزی که می‌تواند در امتداد مسیر خط حرکت داشته باشد نیروی افقی در جهت خط انتقال درنظر گرفته نمی‌شود و نیروی مزبور برای مقره‌های بدون حرکت ازجمله مقره سوزنی درنظر گرفته می‌شود.

۶-۳- انتخاب مقره باتوجه‌به آلودگی

چهار درجه آلودگی به‌منظور دسته‌بندی شرایط محیطی کاربرد مقره در جدول (۲) مشخص گردیده است. در این جدول شرایط نمونه بوجودآورنده هر یک از درجات آلودگی بیان گردیده‌اند.

۶-۳-۱- انتخاب مقره باتوجه‌به آلودگی

آلودگی محیط بر روی سطح مقره اثر گذاشته و استقامت الکتریکی آنها را کاهش می‌دهد.

## جدول (۲) دسته‌بندی درجات آلودگی

| درجه آلودگی | مثالهایی از شرایط محیطی |
|---|---|
| ۱- سبک | - ناحیه بدون کارخانه با تراکم پایین منازل مسکونی که دارای لوازم گرمازا می‌باشند.<br>- ناحیه‌های با تراکم کم صنایع یا خانه‌ها که درمعرض وزش باد و یا بارندگی تقریبا" دائمی می‌باشند.<br>- نواحی کشاورزی که در آنها توزیع کود به شکل اسپری و یا سوزاندن تفاله‌های محصولات کشاورزی انجام نشود.<br>- نواحی کوهستانی<br>* تمامی نواحی فوق باید دارای حداقل فاصله‌ای برابر با ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر از دریا باشند و درمعرض وزش مستقیم باد ازطرف دریا نباشند. مقدار دقیق فاصله مذکور بستگی به شرایط جغرافیایی منطقه ساحلی و شدت وزش باد دارد. |
| ۲- متوسط | - مناطقی که دارای صنایع با دود آلوده‌کننده نبوده و تراکم خانه‌های با لوازم گرمازا در آنها حداکثر در حد متوسط باشد.<br>- مناطقی با تراکم زیاد خانه‌ها و یا صنایع که درمعرض وزش مداوم باد و یا بارندگی باشند.<br>- مناطقی که درمعرض وزش باد ازطرف دریا هستند اما چندین کیلومتر از دریا فاصله دارند. مقدار دقیق فاصله به شرایط جغرافیایی منطقه ساحلی و شدت وزش باد بستگی دارد. |
| ۳- سنگین | - مناطقی با تراکم زیاد کارخانه‌ها و شهرهای بزرگ باحومه و با تراکم زیاد لوازم گرمازای آلوده‌کننده.<br>- مناطق نزدیک به دریا و یا مناطقی که در همه حال درمعرض وزش نسبتا" شدید باد ازطرف دریا باشند. مقدار دقیق فاصله به شرایط جغرافیایی منطقه ساحلی و شدت وزش باد بستگی دارد. |
| ۴- خیلی سنگین | - ناحیه‌های با وسعت محدود با گرد و غبارهای محلی و دود کارخانجات صنعتی که موجب نشست ذرات دارای بار الکتریکی در منطقه می‌گردند.<br>- مناطقی با وسعت محدود، خیلی نزدیک به دریا و درمعرض قطرات ریز معلق آب و یا بادهای بسیار شدید ازطرف دریا.<br>- نواحی خشک و تقریبا" بدون باران که درمعرض بادهای شدید حامل شن و نمک قرار دارند. |

### ۶-۳-۲- حداقل فاصله خزشی باتوجه‌به درجه آلودگی

در جدول (۳) برای هر یک از درجات آلودگی مقدار حداقل فاصله خزشی ویژه لازم برحسب میلیمتر برای هر کیلوولت (فازبه‌فاز) از بیشترین ولتاژ اعمالی به مقره مشخص گردیده است. این مقدار عبارت از نسبت فاصله خزشی بین فاز و زمین به مقدار موثر بیشترین ولتاژ خط اعمالی به مقره می‌باشد. بنابراین مقدار حداقل فاصله خزشی نامی یک زنجیره مقره بین فاز و زمین با رابطه زیر مشخص می‌شود.

بیشترین ولتاژ خط اعمالی به مقره × حداقل فاصله خزشی ویژه = حداقل فاصله خزشی نامی

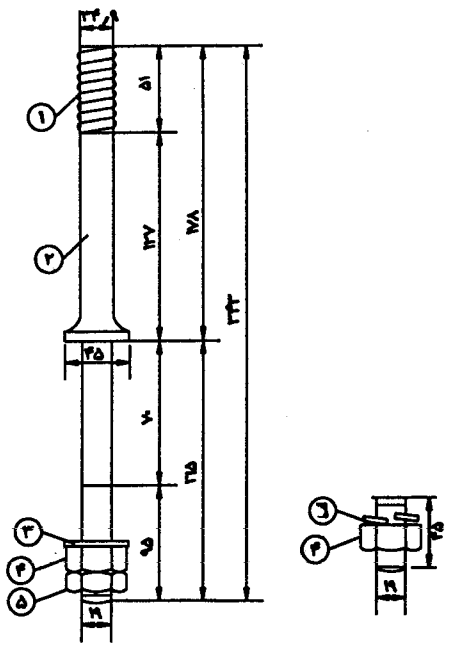
**جدول (۳) حداقل فاصله خزشی ویژه برای درجات آلودگی**

| درجه آلودگی | حداقل فاصله خزشی ویژه (mm/KV) | ملاحظـات |
|---|---|---|
| ۱- سبک | ۱۶ | در مناطق با آلودگی بسیار ناچیز، بسته به سوابق کارکرد مقادیر کمتری برای حداقل فاصله خزشی ویژه (تاحداقل۱۲mm/KV) می‌تواند به‌کار رود. |
| ۲- متوسط | ۲۰ | |
| ۳- سنگین | ۲۵ | |
| ۴- خیلی سنگین | ۳۱ | در شرایط آلودگی بسیار شدید ممکن است مقدار حداقل فاصله خزشی ویژه بیشتری درنظر گرفته شود. |

## پیوست الف- یراق‌آلات مقره‌ها

### الف-۱- میل مقره[1] برای مقره سوزنی با پیچ سربی برای شبکه ۲۰ کیلوولتی

#### الف-۱-۱- کشش مکانیکی[2] ۶۸۰ Kg




شکل (الف-۱)

*۱- پیچ سربی مناسب برای سوراخ ۳۴/۹ میلیمتر*
*۲- فولاد نورجدشده با گالوانیزه گرم*
*۳- واشر مربعی فولادی با حداقل ضخامت ۴/۷۵ میلیمتر*
*۴- مهره*
*۵- قفل مهره*
*۶- واشر فنری*

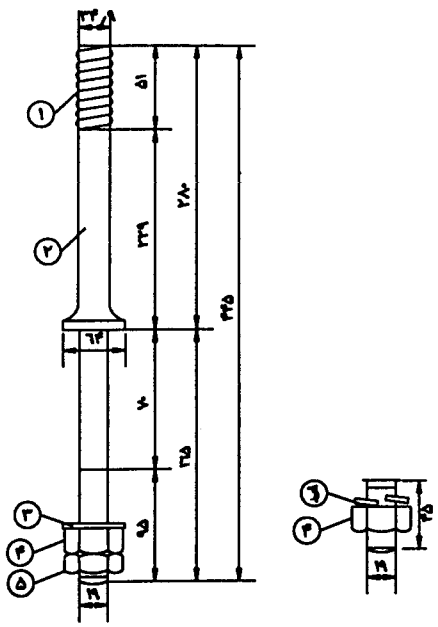
---

1- Insulator Pin

۲- کشش مکانیکی، مطابق تعریف، باری است که درصورت اعمال بر سر میله به هنگامی که میله را محکم کرده‌ایم، باعث کج شدن آن به میزان ۱۰ درجه می‌گردد.

## الف-۲- میل مقره برای مقره سوزنی با پیچ سربی برای شبکه ۳۳ کیلوولتی

### الف-۲-۱- کشش مکانیکی ۹۰۰ Kg

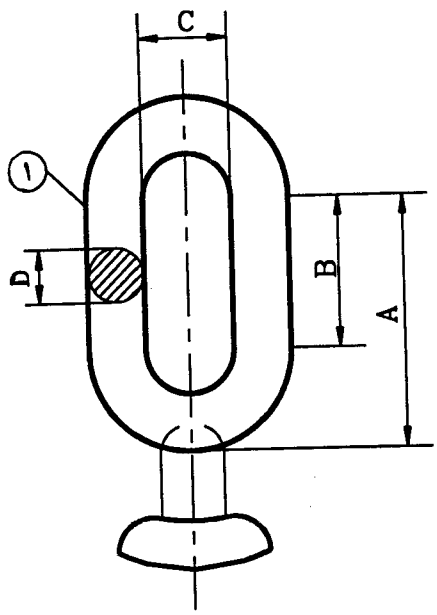



شکل (الف-۲)

*۱- پیچ سربی مناسب برای سوراخ ۳۴/۹ میلیمتر*
*۲- فولاد فورجدشده با گالوانیزه گرم*
*۳- واشر مربعی فولادی با حداقل ضخامت ۴/۷۵ میلیمتر*
*۴- مهره*
*۵- قفل مهره*
*۶- واشر فنری*

## الف-۳- رابط چشمی[1]

این وسیله بایستی از فولاد ساخته شده و مطابق استاندارد ASTM A-۱۵۳ به‌صورت گرم گالوانیزه گردد. شمای این وسیله در شکل (الف-۳) و مشخصات دو نوع از آنها در جدول (الف-۱) آمده است.




شکل (الف-۳)

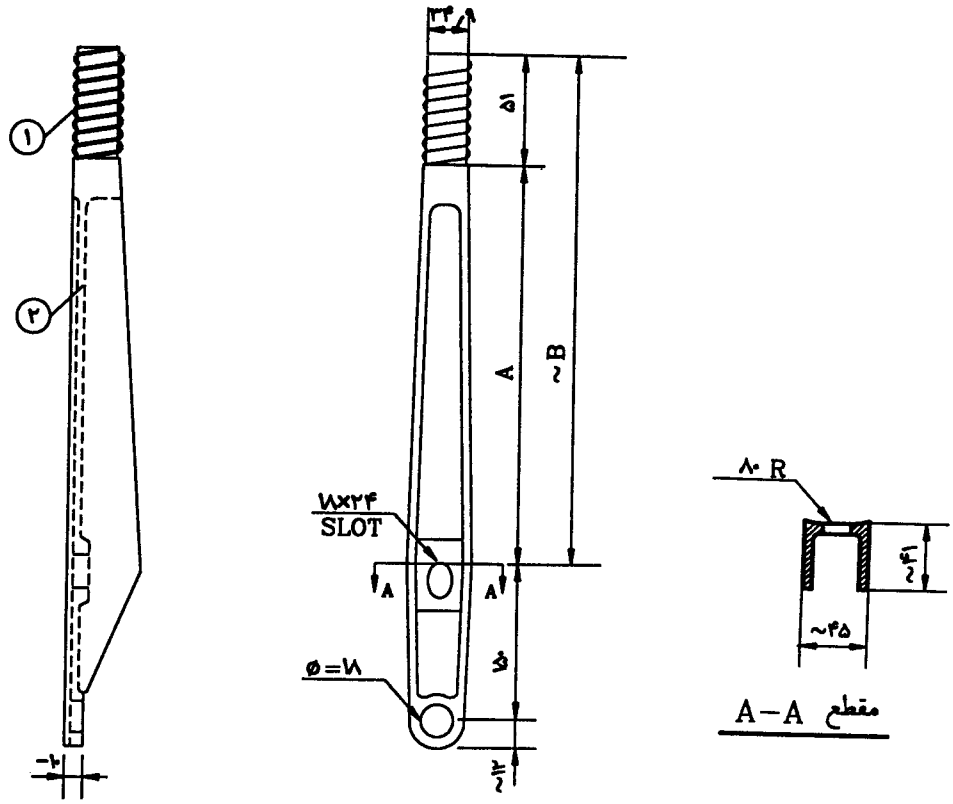
جدول (الف-۱) اطلاعات رابط چشمی

| | | |
|---|---|---|
| اندازه A (میلیمتر) | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| اندازه B (میلیمتر) | ۵۰ | ۵۰ |
| اندازه C (میلیمتر) | ۱۸ | ۲۹ |
| اندازه D (میلیمتر) | ۱۲/۷ | ۱۶ |
| حداکثر قدرت (کیلوگرم) | ۷۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ |

1- Ball-Eye

## الف-۴- پایه مقره راس تیر[1]

اندازه و شکل این نوع پایه مقره در شکل (الف-۴) و جدول (الف-۲) آمده است، کشش مکانیکی میله بایستی بر روی وسیله و در محل قابل دید حک شود.




شکل (الف-۴)

*۱- پیچ سربی مناسب برای سوراخ به قطر ۳۴/۹ میلیمتر*
*۲- میله فولادی فورجدشده با گالوانیزه گرم*

### جدول (الف-۲) اطلاعات پایه مقره راس تیر

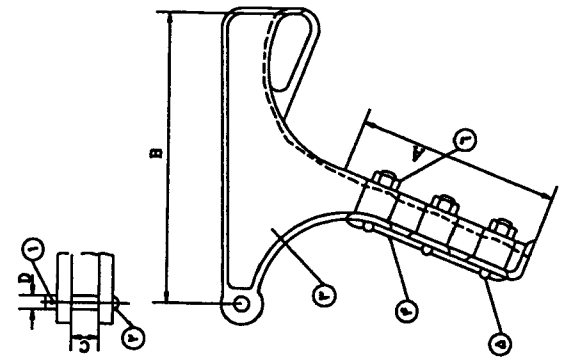
| ولتاژ شبکه (KV) | حداکثر کشش مکانیکی (Kg) | a (mm) | b (mm) |
|---|---|---|---|
| ۲۰ | ۶۸۰ | ۲۷۷ | ۴۹۰ |
| ۳۳ | ۹۰۰ | ۳۵۳ | ۵۶۶ |

1- Pole Top Pin

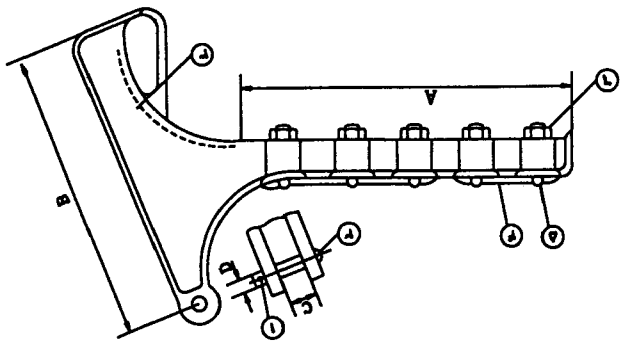
## الف-۵- گیره انتهایی[1] ۳ و ۵پیچه

گیره انتهایی نوع رکابی، برای هادیهای ACSR و آلومینیومی به‌کار برده می‌شود. شکل گیره انتهایی ۳پیچه و ۵پیچه به‌ترتیب در شکلهای (الف-۵-۱) و (الف-۵-۲) و مشخصات آنها در جدول (الف-۳) آمده است.

تمام قسمتهای فلزی بجز قسمتهای مادگی و قسمت ۱ بایستی گالوانیزه شوند.



شکل (الف-۵-۱)



شکل (الف-۵-۲)

*۱- پین از جنس فولاد ضدزنگ*
*۲- پین فولادی با قدرت تحمل کشش زیاد*
*۳- کلمپ از جنس آلیاژ آلومینیوم*
*۴- نگهدارنده از جنس آلیاژ آلومینیوم*
*۵- پیچ و مهره فولادی، به‌قطر ۱۲ میلیمتر*
*۶- واشر فنری فولادی*

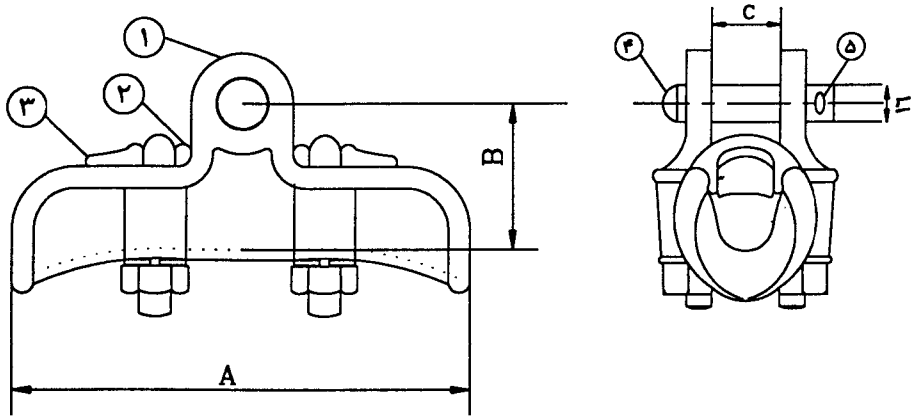
**جدول (الف-۳) اطلاعات گیره انتهایی**

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

1- Clamp Dead End

## الف-۶- گیره آویزی[1]

گیره آویزی از آلیاژ آلومینیوم برای هادی ACSR و آلومینیومی به‌کار می‌رود. شمای این وسیله در شکل (الف-۶) و مشخصات سه نمونه از این وسیله در جدول (الف-۴) آمده است.




**شکل (الف-۶)**

*۱- کلمپ زین شکل از جنس آلیاژ آلومینیوم*
*۲- پیچ با دو مهره و واشر که همگی گالوانیزه گرم شده‌اند*
*۳- نگهدارنده هادی از جنس آلیاژ آلومینیوم*
*۴- پین از فولاد گالوانیزه*
*۵- پین شکاف‌دار از جنس فولاد ضدزنگ*

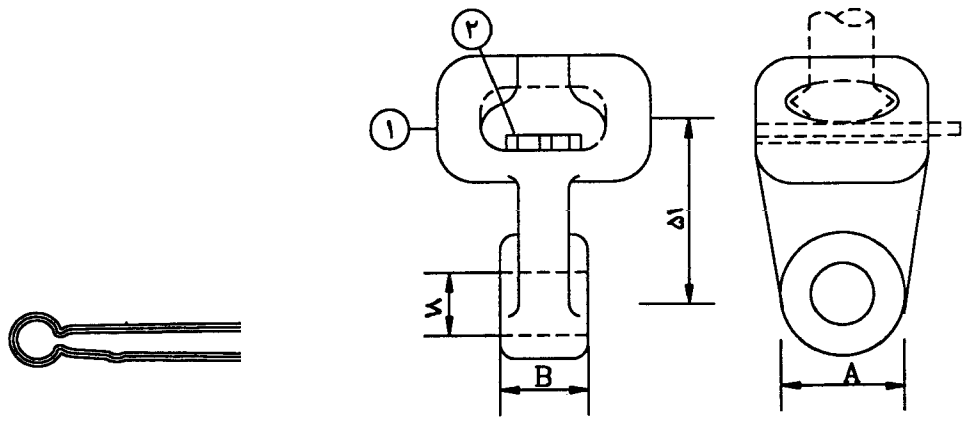
**جدول (الف-۴) مشخصات سه نوع از گیره‌های آویزی**

| حداکثر کشش (Kg) | حداکثر قطر هادی مجاز (mm) | حداقل قطر هادی مجاز (mm) | اندازه A (mm) | اندازه B (mm) | اندازه C (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۴۵۰۰ | ۱۸ | ۸ | ۱۸۰ | ۶۰ | ۱۹ |
| ۶۸۰۰ | ۲۰ | ۱۳ | ۱۹۰ | ۶۴ | ۵۲ |
| ۶۸۰۰ | ۲۹ | ۱۹ | ۲۰۰ | ۷۰ | ۳۲ |

1- Suspension Clamp-Clevis Type

## الف-۷- رابط گیره آویزی[1]

رابط گیره آویزی (بست ارتباط مقره‌های بشقابی) از چدن مالیبل[2] ساخته شده و طبق مشخصات استاندارد ASTM-A۱۵۳ به‌صورت گرم گالوانیزه شده است. شمای این وسیله در شکل (الف-۷) و مشخصات دو نوع از آن در جدول (الف-۵) آمده است.




شکل (الف-۷)

*۱- چدن مالیبل یا گالوانیزه گرم*
*۲- وسیله قفل‌کننده از جنس برنج*

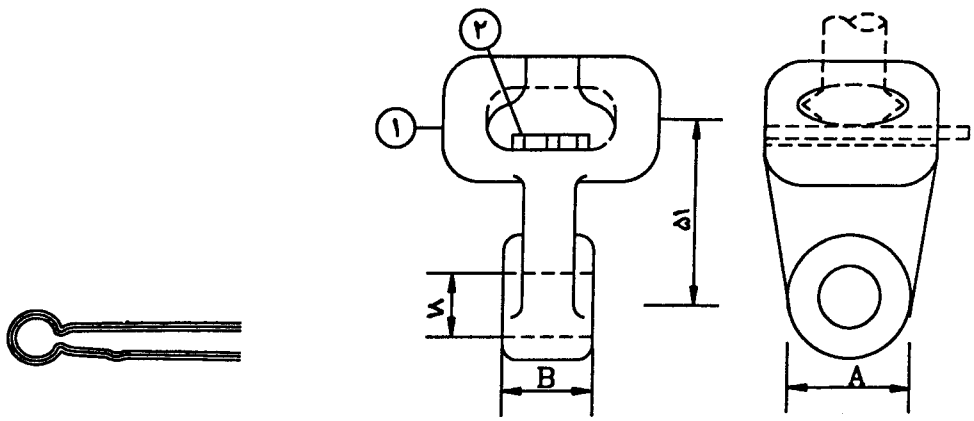
### جدول (الف-۵) مشخصات رابط گیره آویزی

| | | | |
|---|---|---|---|
| حداکثر کشش (Kg) | ۷۰۰۰ | ۷۰۰۰ | ۷۰۰۰ |
| اندازه A (mm) | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ |
| اندازه B (mm) | ۱۶ | ۱۹ | ۲۹ |

1-Socket-eye
2- Malleable Iron

**الف-۸- رابط معمولی گیره انتهایی**

این وسیله از چدن مالیبل ساخته شده و مطابق مشخصات استاندارد ASTM-A۱۵۳ به‌صورت گرم گالوانیزه شده است. مشخصات و شکل این وسیله در زیر آمده است.



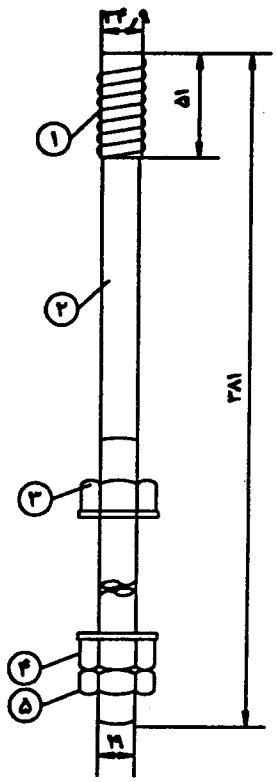

شکل (الف-۸)

*۱- چدن مالیبل با گالوانیزه گرم*
*۲- وسیله قفل‌کننده از جنس برنج*

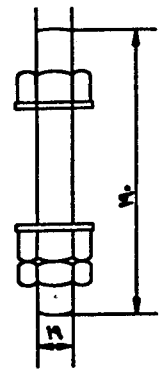
**جدول (الف-۶) مشخصات دو نمونه از رابط معمولی گیره انتهایی**

| | رابط گیره انتهایی ۳پیچی | رابط گیره انتهایی ۵پیچی |
|---|---|---|
| حداکثر کشش مکانیکی (Kg) | ۷۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ |
| اندازه A (mm) | ۳۸ | ۴۵ |
| اندازه B (mm) | ۱۶ | ۲۵ |

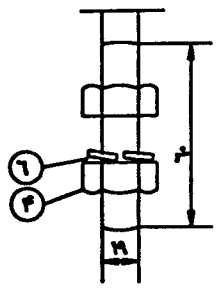
## الف-۹- پایه حائل مقره[1]




برای کراس‌آرم چوبی یا بتنی




برای کراس‌آرم چوبی




برای کراس‌آرم فلزی

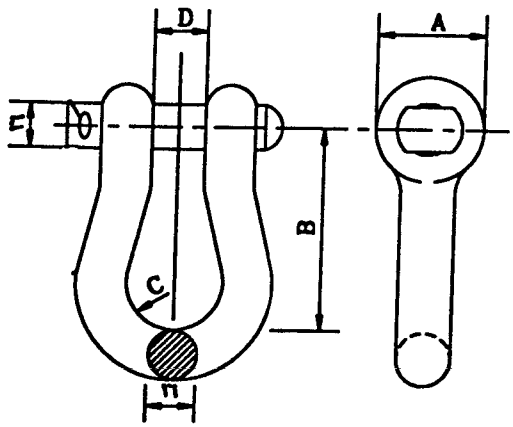
شکل (الف-۷)

۱- پیچ سربی مناسب برای سوراخ به قطر ۳۴/۹ میلیمتر
۲- فولاد فورجدشده با پوشش گالوانیزه گرم (بجز قسمت مادگی)
۳- واشر مربعی فولادی با حداقل ضخامت ۴/۷۵ میلیمتر
۴- مهره شش‌گوش از جنس فولاد گالوانیزه
۵- مهره شش‌گوش از جنس فولاد گالوانیزه برای قفل کردن
۶- واشر فنری از جنس فولاد گالوانیزه (قطر سوراخ ۱۹ میلیمتر)

1- Pilot Pin

الف-۱۰- رکاب انتهایی[1]

رکـاب انتهایـی از فـولاد ساخته شده و دارای میلـه فـولادی و اشپیـل برنجـی می‌باشد، فـولاد بایستی مطابق با استاندارد ASTM-A۷ ساخته شده و مطابق استاندارد ASTM-A۱۵۳ گالوانیزه گردد. در شکل (الف-۱۰) رکاب انتهایی و در جدول (الف-۷) اطلاعات آن مشاهده می‌شود.




شکل (الف-۱۰)

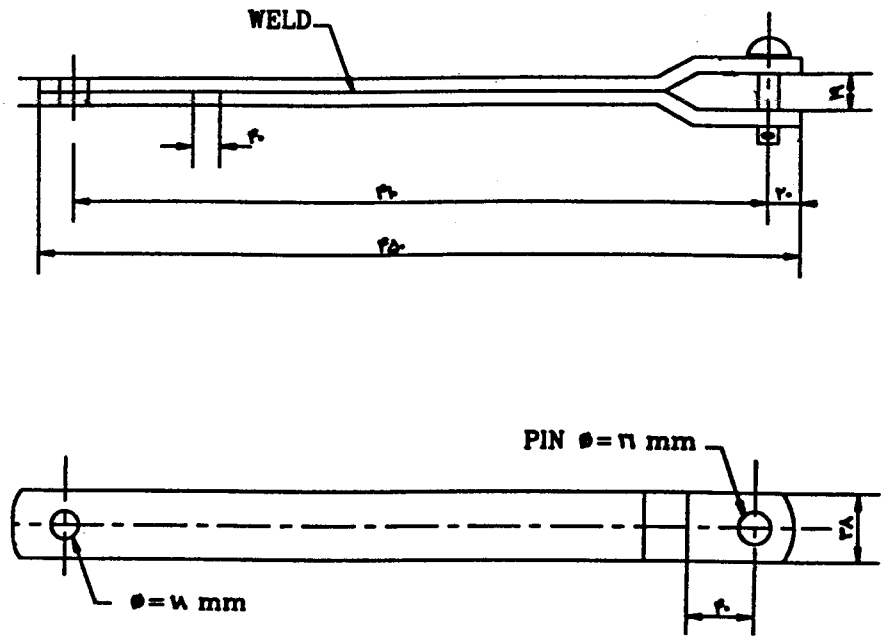
جدول (الف-۷) اطلاعات رکاب انتهایی

| حداقل کشش مکانیکی (Kg) | ۷۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ |
|---|---|---|
| اندازه A (mm) | ۳۸ | ۳۵ |
| اندازه B (mm) | ۷۶ | ۷۲ |
| اندازه C (mm) | ۱۱ | ۱۶ |
| اندازه D (mm) | ۱۹ | ۲۲ |

1- Anchor Shackle

الف-۱۱- میله جلوبر مقره[1]

جنس میله و متعلقات از فولاد فورجدشده با گالوانیزه گرم و جنس اشپیل از برنج می‌باشد، شمای میله جلوبر مقره در شکل (الف-۱۱) و اطلاعات دو نوع از این وسیله در جدول (الف-۸) آمده است.




شکل (الف-۱۱)

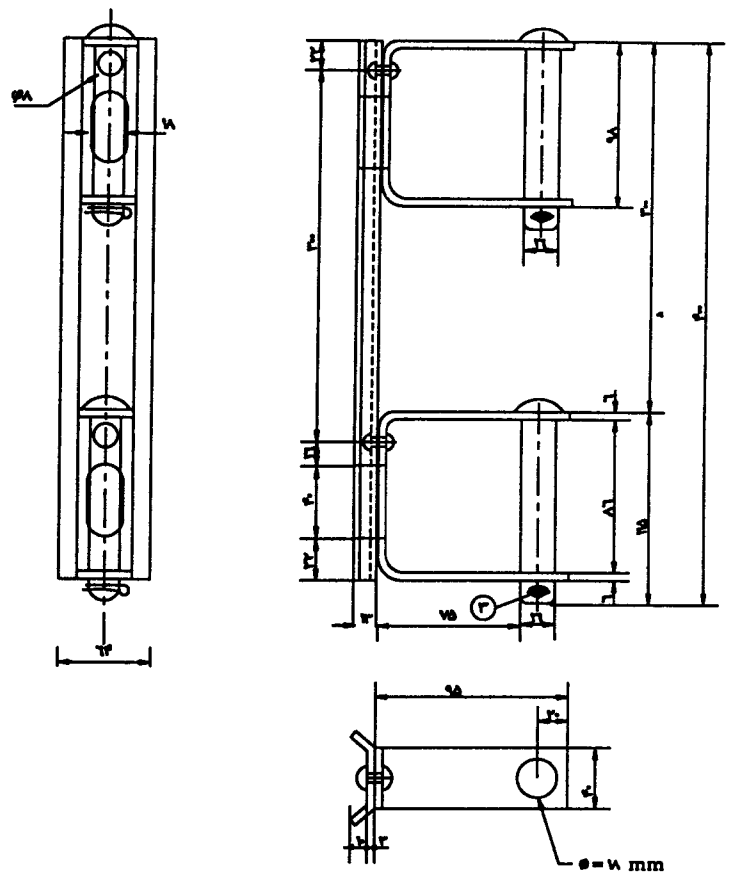
جدول (الف-۸) اطلاعات میله جلوبر مقره

| | | |
|---|---|---|
| حداقل کشش مکانیکی (Kg) | ۷۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ |
| اندازه A (mm) | ۳۸ | ۵۱ |

1- Extension Link

## الف-۱۲- راك دوتایی[1]

شکل این نوع راك در زیر آمده است.



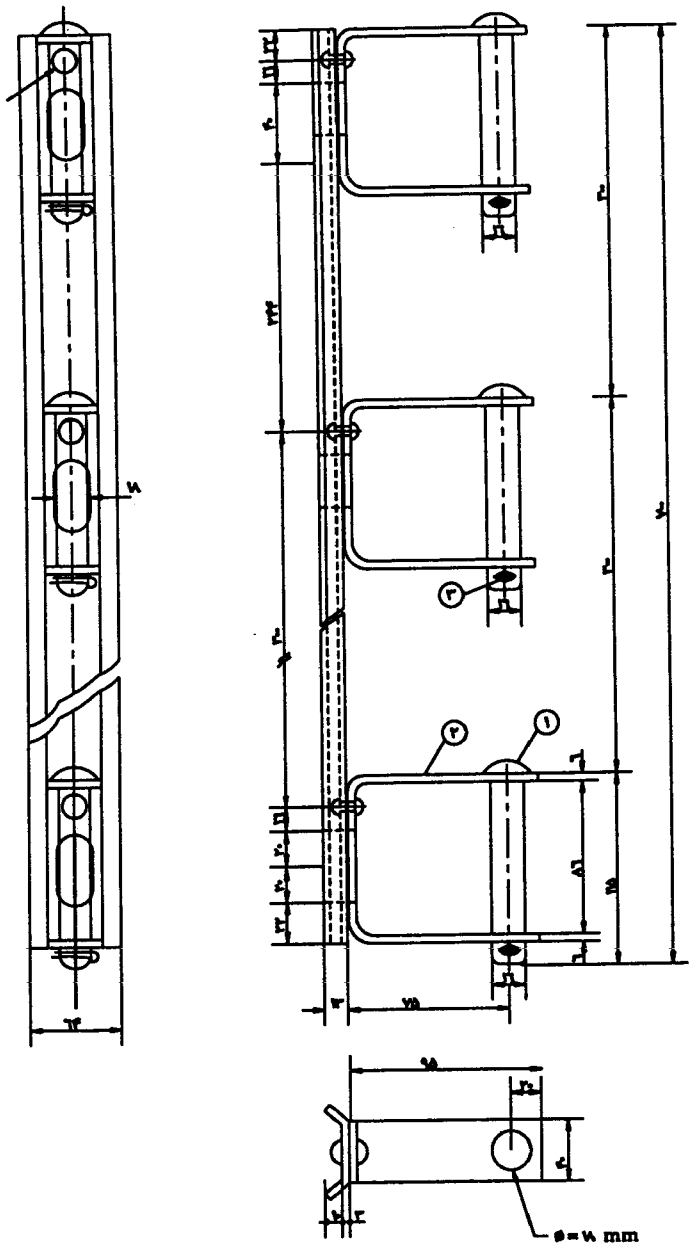

شکل (الف-۱۲)

*۱- دو عدد میل مخصوص مقره چرخی از فولاد با گالوانیزه گرم*
*۲- دو عدد راك از فولاد با گالوانیزه گرم*
*۳- دو عدد اشپل از جنس برنج*

1- Two Clevis Secondary Rack

## الف-۱۳- راك سه‌تایی[1]

شکل این نوع راك در زیر آمده است.




شکل (الف-۱۳)

*۱- سه عدد میل مخصوص مقره چرخی از جنس فولاد با گالوانیزه گرم*
*۲- سه عدد راك از جنس فولاد با گالوانیزه گرم*
*۳- سه عدد اشپیل از جنس برنج*

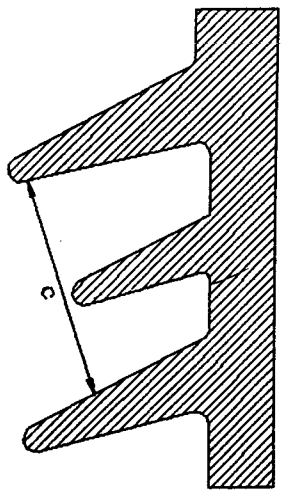
1- Three Clevis Secondary Rack

## پیوست ب- عوامل هندسی موثر در کاربردمقره‌ها

همراه با کاربرد مفهوم فاصله خزشی ویژه، پارامترهای هندسی معینی باید درنظر گرفته شود که عبارتند از:

### ب-۱- حداقل فاصله بین چترهای[1] مقره (c)

این مقدار بین چترهای با قطر یکسان تعریف می‌شود که با رسم یک عمود از پایین‌ترین نقطه چتر بالایی به چتر زیرین با همان قطر بدست می‌آید. این فاصله در شرایط بارندگی از برقراری یک ارتباط مستقیم بین دو چتر متوالی جلوگیری می‌کند و برای مقره‌های خطوط هوایی توزیع مقدار ۲۰ میلیمتر کافی است. لازم به ذکر است که مقدار c برای مقره‌های سوزنی و ثابت قابل استفاده نیست. در شکل (ب-۱) نمونه این پارامتر مشخص گردیده است.




**شکل (ب-۱) حداقل فاصله c بین چترهای یکسان مقره**

### ب-۲- نسبت s/p

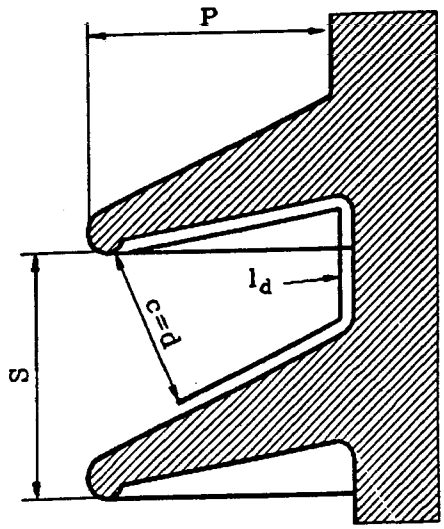
s عبارت است از فاصله عمودی بین دو نقطه مشابه چترهای متوالی[2] و در شکل (ب-۲) نمونه آن قابل مشاهده است.

---

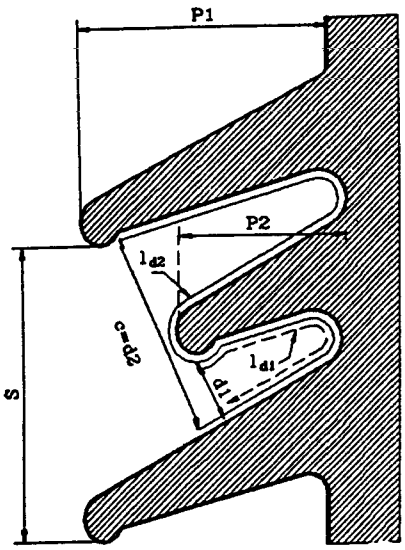
1- Shed

2- Spacing

p عبارت است از حداکثر میزان برآمدگی چتر مقره. در شکل (ب-۲) مقدار p و در شکل (ب-۳) مقدار $p_i$ برابر این پارامتر است.




شکل (ب-۲) چترهای معمولی




شکل (ب-۳) چترهای غیرهمسان

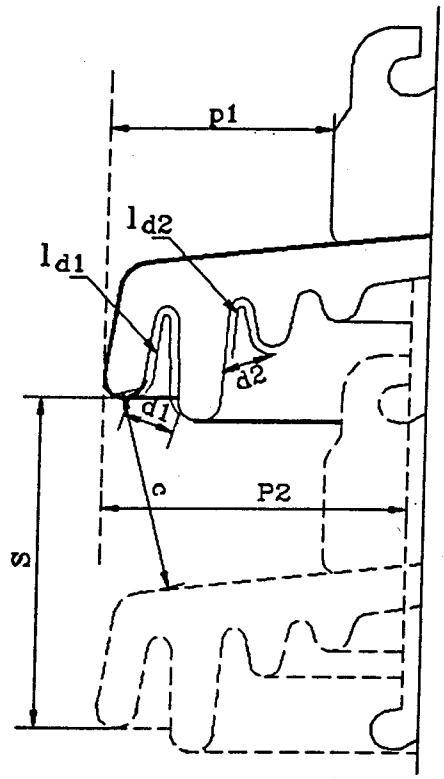
نسبت s/p برای خاصیت خودپاک‌کنندگی[1] مقره مهم است و افزایش مقدار فاصله خزشی را چه با بزرگ کردن برآمدگی چتر p یا افزایش تعداد چترها محدود می‌نماید و مقدار ۰/۸ یا بیشتر برای آن مناسب است.

### ب-۳- نسبت $l_d/d$

d عبارتست از فاصله مستقیم هوایی بین دو نقطه روی قسمت عایق یا بین نقطه‌ای از قسمت عایق و نقطه‌ای از قسمت فلزی و $l_d$ قسمتی از فاصله خزشی است که بین همان دو نقطه وجود دارد. این نسبت برای هر دو نقطه‌ای که درنظر گرفته شود باید کمتر از ۵ باشد. درواقع این شرایط باید برای بدترین حالت (حالتهایی که این نسبت به مقدار ۵ نزدیک شده و ممکن است بیشتر شود) در هر قسمتی مثل قسمت زیرین

1- Self Cleaning Property

چتر مقره مهی آزمایش شود. نمونه این پارامترها در شکلهای (ب-۳) و (ب-۴) مشاهده می‌شود.




شکل (ب-۴)

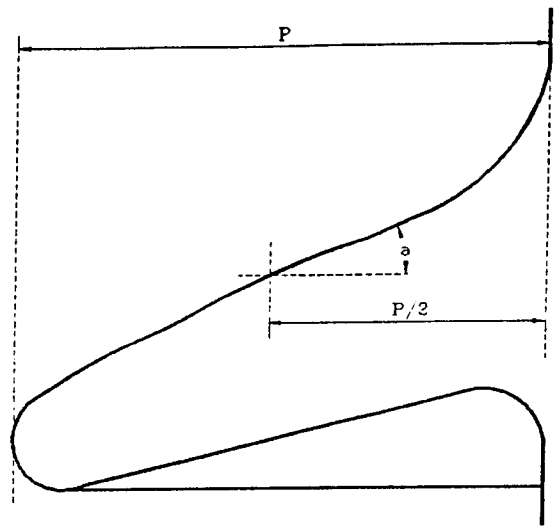
## ب-۴- چترهای غیرهمسان[1]

نمونه این چترها در شکل (ب-۳) قابل مشاهده است. تفاضل بین برآمدگیهای دو چتر متوالی ناهمسان ($p_1$-$p_2$) عامل مهمی در شرایط بارندگی است. عموما" این مقدار باید بزرگتر یا مساوی ۱۵ میلیمتر باشد تا از برقراری یک ارتباط مستقیم بین آنها هنگام بارندگی جلوگیری شود.

## ب-۵- شیب چترها

مقدار این شیب در میزان خودپاک‌کنندگی مقره موثر است. برای بالاترین نقطه چتر شیب (a) باید حداقل ۵ درجه باشد. نمونه در شکل (ب-۵) آمده است.

1- Alternating Sheds

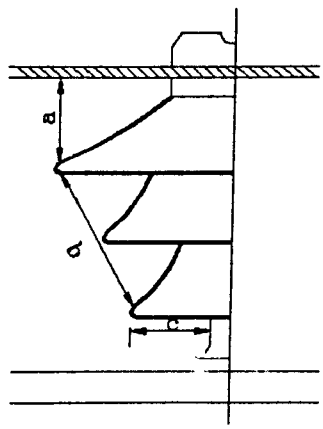



شکل (ب-۵) شیب چترها

## ب-۶- ضریب خزش[1]

برابر است با $l_t/s_t$ که $l_t$ فاصله خزشی کل مقره و $s_t$ فاصله جرقه است که برابر با کوتاهترین فاصله هوایی در سطح خارجی مقره بین دو نقطه فلزی است که معمولا" ولتاژ بر آنها اعمال می‌شود.

در شکل (ب-۶) یک نمونه دیده می‌شود. فاصله جرقه در این شکل برابر با a+b+c می‌باشد.




شکل (ب-۶) ضریب خزش

1- Creepage Factor (C.F.)

توصیه می‌شود برای درجات آلودگی سبک و متوسط C.F. ≤ ۳/۵ و برای درجات آلودگی سنگین و خیلی سنگین C.F. ≤ ۴ باشد. البته درصورتی که در مقره‌ای مقدار این ضریب از محدوده مذکور بیشتر بوده ولی عملا" مشکلی در آزمایش یا کارکرد پیش نیاید، می‌توان از مقره استفاده نمود.

### ب-۷- ضریب پروفیل[1]

عبارتست از نسبت فاصله خزشی ساده‌شده به فاصله خزشی واقعی بین دو نقطه‌ای که s را تعیین می‌کنند.

در شکل (ب-۲) فاصله خزشی ساده‌شده برابر است با 2p+s و در شکل (ب-۳) این مقدار برابر است با $2p_1+2p_2+s$. $p$، $p_1$، $p_2$ و s قبلا" تعریف شده‌اند. بنابراین برای شکلهای (ب-۲) و (ب-۳) P.F. به‌ترتیب مساوی است با $\frac{2p+s}{l}$ و $\frac{2p_1+2p_2+s}{l}$.

l فاصله خزشی مسیر نشتی بین دو نقطه‌ای است که s را تعیین می‌کنند.

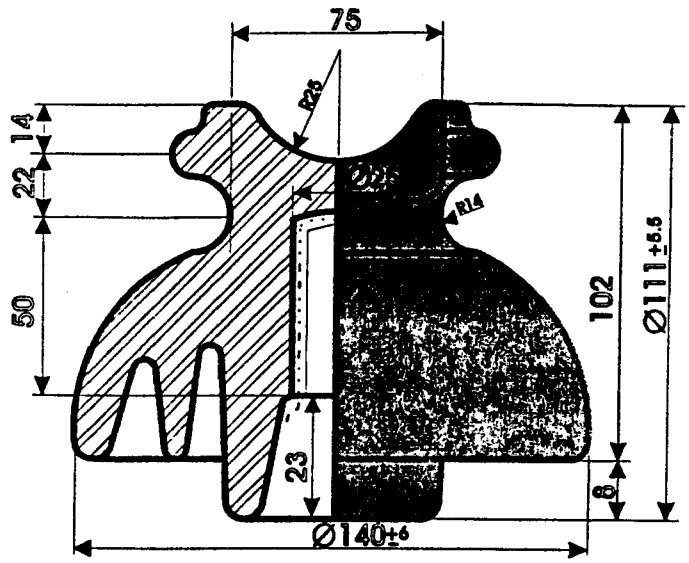
توصیه می‌شود برای درجات آلودگی سبک و متوسط P.F. مقره بالاتر از ۰/۸ و برای درجات آلودگی سنگین و خیلی سنگین بالاتر از ۰/۷ باشد. البته درصورتی که در مقره‌ای مقدار این ضریب کمتر از حد مذکور باشد و عملا" در آزمایش یا کارکرد مشکلی پیش نیاید می‌توان از آن مقره استفاده کرد.

1- Profile Factor (P.F.)

## پیوست پ- اطلاعات نمونه‌ای مقره‌ها

### پ-۱- شکل و اطلاعات نمونه‌ای مقره‌های سوزنی

#### پ-۱-۱- مقره سوزنی ۱۱کیلوولتی



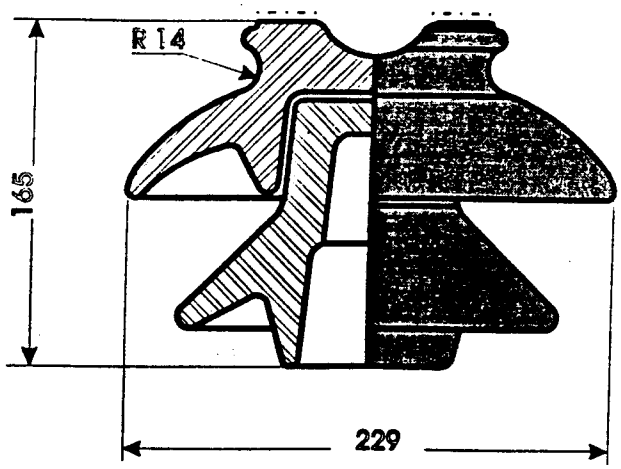

شکل (پ-۱) مقره سوزنی ۱۱کیلوولتی

##### پ-۱-۱-۱- مشخصات فنی

| | |
|---|---|
| الف- ولتاژ نامی | ۱۳/۲ KV |
| ب- ولتاژ شکست سطحی در حالت خشک (فرکانس صنعتی) | ۷۰ KV |
| پ- ولتاژ شکست سطحی در حالت تر (فرکانس صنعتی) | ۴۰ KV |
| ت- ولتاژ سوراخ شدن (فرکانس صنعتی) | ۹۵ KV |
| ث- اطلاعات ولتاژ تداخل رادیویی: | |
| ث-۱- آزمون ولتاژ به زمین | ۱۰ KV |
| ث-۲- حداکثر RIV در ۱۰۰۰ KHZ/μV | ۵۵۰۰ μV |
| ج- فاصله خزشی | ۲۳۰ mm |
| چ- فاصله جرقه‌زنی در شرایط خشک[1] | ۱۲۷ mm |
| ح- استقامت کششی | ۱۳/۶۰ KN |

1- Dry Arcing Distance

## پ-۱-۲- مقره سوزنی ۲۰کیلوولتی

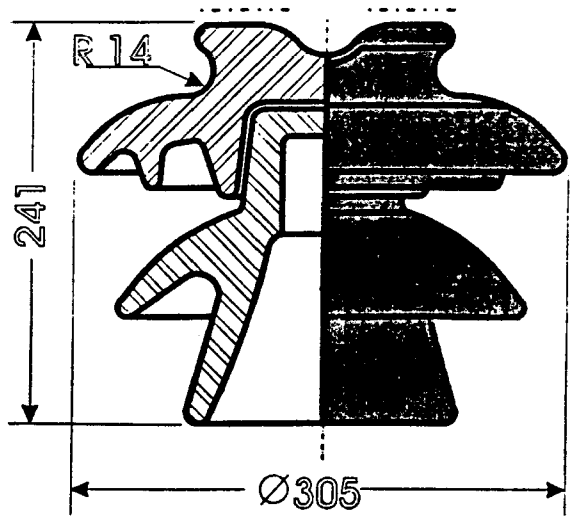



**شکل (پ-۲) مقره سوزنی ۲۰کیلوولتی**

### پ-۱-۲-۱- مشخصات فنی

| | |
|---|---|
| الف- ولتاژ نامی | ۲۳ KV |
| ب- متوسط ولتاژ شکست سطحی: | |
| ب-۱- در حالت خشک (فرکانس صنعتی) | ۱۱۰ KV |
| ب-۲- در حالت تر (فرکانس صنعتی) | ۷۰ KV |
| پ- ولتاژ سوراخ شدن (فرکانس صنعتی) | ۱۴۵ KV |
| ت- اطلاعات ولتاژ تداخل رادیویی: | |
| ت-۱- آزمون ولتاژ به زمین | ۲۲ KV |
| ت-۲- حداکثر RIV در ۱۰۰۰ KHZ/μ V | ۱۰۰ μ V |
| ث- فاصله خزشی | ۴۳۲ mm |
| ج- فاصله جرقه‌زنی در حالت خشک | ۲۱۰ mm |
| چ- استقامت کششی | ۱۳/۶ KN |

## پ-۱-۳- مقره سوزنی ۳۳کیلوولتی



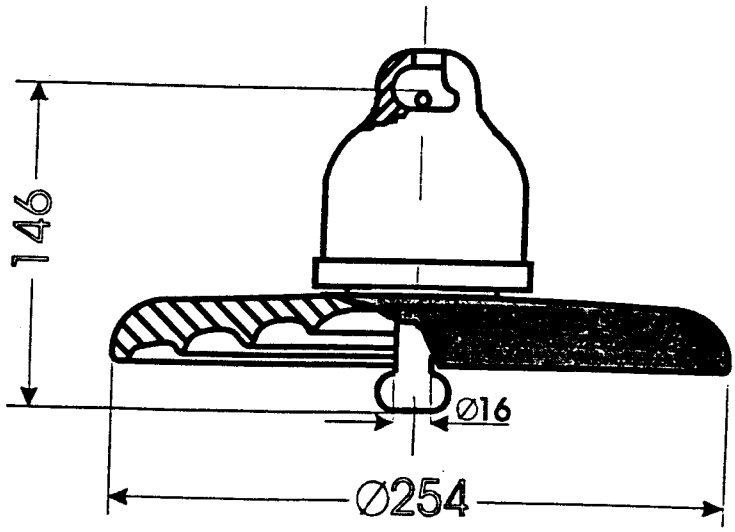

**شکل (پ-۳) مقره سوزنی ۳۳کیلوولتی**

### پ-۱-۳-۱- مشخصات فنی

| | |
|---|---|
| الف- ولتاژ نامی | ۴۶ KV |
| ب- متوسط ولتاژ شکست سطحی: | |
| ب-۱- در حالت خشک (فرکانس صنعتی) | ۱۴۰ KV |
| ب-۲- در حالت تر (فرکانس صنعتی) | ۹۵ KV |
| پ- ولتاژ سوراخ شدن (فرکانس صنعتی) | ۱۸۵ KV |
| ت- اطلاعات ولتاژ تداخل رادیویی: | |
| ت-۱- آزمون ولتاژ به زمین | ۳۰ KV |
| ت-۲- حداکثر RIV در ۱۰۰۰ KHZ/μ V | ۲۰۰ μ V |
| ث- فاصله خزشی | ۶۸۶ mm |
| ج- فاصله جرقه‌زنی در حالت خشک | ۲۸۶ mm |
| چ- استقامت کششی | ۱۳/۶ KV |

## پ-۲- شکل و اطلاعات نمونه‌ای مقره‌های بشقابی

### پ-۲-۱- مقره بشقابی معمولی




شکل (پ-۴) مقره بشقابی معمولی

#### پ-۲-۱-۱- مشخصات فنی (۱۵۰۰۰ پوند و ۲۵۰۰۰ پوند)

الف- حداقل ولتاژ شکست سطحی:

الف-۱- ولتاژ شکست سطحی خشک (فرکانس صنعتی) ۷۸ KV

الف-۲- ولتاژ شکست سطحی تر (فرکانس صنعتی) ۴۵ KV

ب- ولتاژ سوراخ شدن (فرکانس صنعتی) ۱۱۰ KV

پ- فاصله خزشی ۲۹۲ mm

ت- حداکثر قدرت الکترومکانیکی:

ت-۱- برای مقره ۱۵۰۰۰ پوند ۷۰ KN

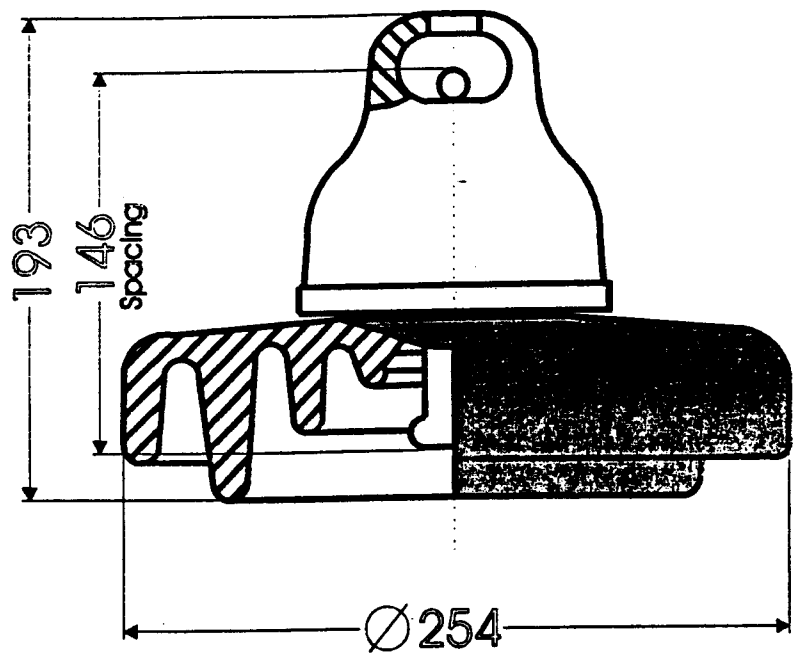
ت-۲- برای مقره ۲۵۰۰۰ پوند ۱۲۰ KN

ث- ولتاژ ایستادگی فرکانس صنعتی:

ث-۱- در حالت خشک ۷۰ KV

ث-۲- در حالت تر ۴۰ KV

## پ-۲-۲- مقره بشقابی مهی




**شکل (پ-۵) مقره بشقابی مهی**

### پ-۲-۱-۲- مشخصات فنی

الف- حداقل ولتاژ شکست سطحی:

| | |
|---|---|
| الف-۱- ولتاژ شکست سطحی خشک (فرکانس صنعتی) | ۹۵ KV |
| الف-۲- ولتاژ شکست سطحی تر (فرکانس صنعتی) | ۵۰ KV |
| ب- ولتاژ سوراخ شدن (فرکانس صنعتی) | ۱۳۰ KV |
| پ- فاصله خزشی | ۴۳۲ mm |

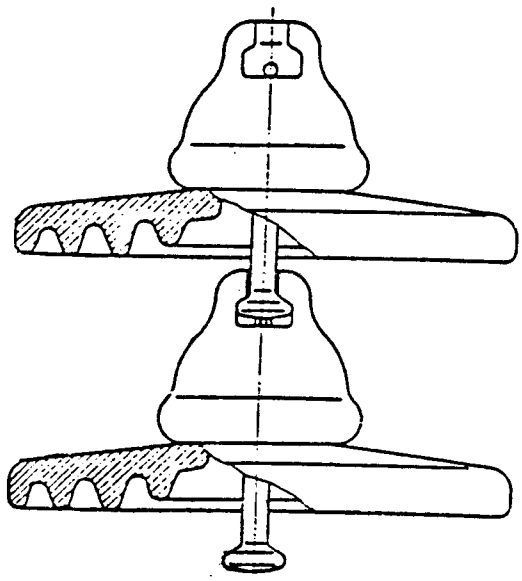
ت- حداکثر قدرت الکترومکانیکی:

| | |
|---|---|
| ت-۱- برای مقره ۱۸۰۰۰ پوند | ۸۰ KN |
| ت-۲- برای مقره ۲۵۰۰۰ پوند | ۱۲۰ KN |

ث- ولتاژ ایستادگی فرکانس صنعتی:

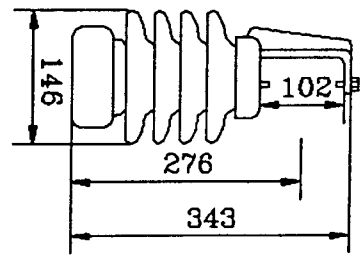
| | |
|---|---|
| ث-۱- در حالت خشک | ۸۵ KV |
| ث-۲- در حالت تر | ۴۵ KV |

## پ-۲-۳- شکل کلی یک زنجیر مقره

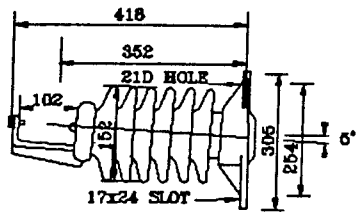


شکل (پ-۶) شکل کلی یک زنجیر مقره

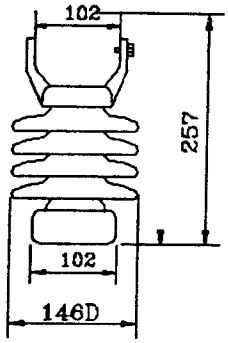
## پ-۳- شکل و اطلاعات نمونه‌ای مقره‌های اتکایی




شکل (پ-۷) مقره اتکایی افقی



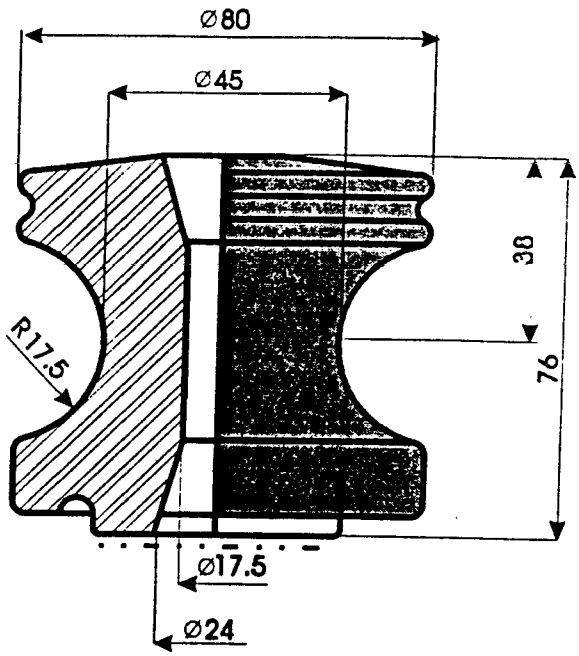

شکل (پ-۸) مقره اتکایی افقی




شکل (پ-۹) مقره اتکایی عمودی

## پ-۴- شکل و اطلاعات نمونه‌ای مقره‌های چرخی یا قرقره‌ای

### پ-۴-۱- مقره چرخی تک‌شیاره فشارضعیف نوع (I)




شکل (پ-۱۰) مقره چرخی تک‌شیاره فشارضعیف نوع (I)

#### پ-۴-۱-۱- مشخصات فنی نمونه‌ای

| | |
|---|---|
| الف- ولتاژ شکست در حالت خشک | ۲۵ KV |
| ب- ولتاژ شکست در حالت تر: | |
| ب-۱- در حالت عمودی | ۱۲ KV |
| ب-۲- در حالت افقی | ۱۵ KV |
| پ- کشش | ۱۳۵۰ Kg |

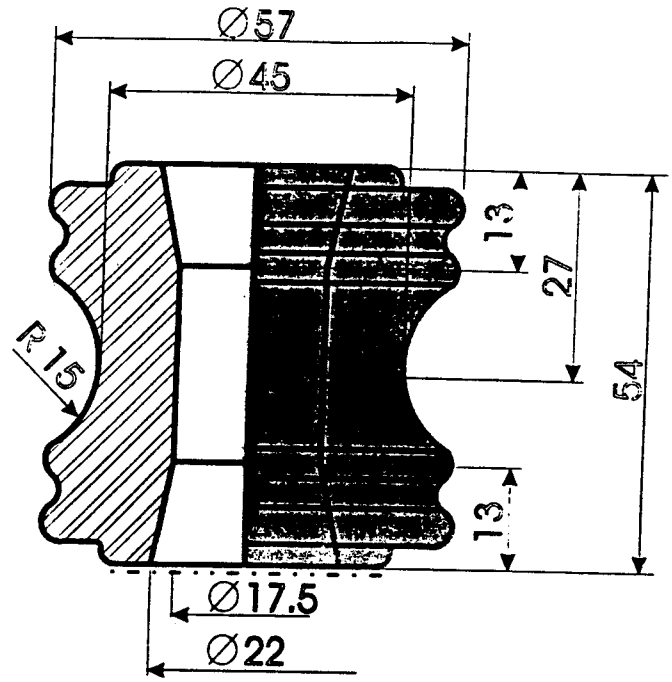
ت- توضیحات:

ت-۱- تمام سطوح قابل دید پرسلین، دارای لعاب می‌باشد

ت-۲- وزن تقریبی ۵۵۰ گرم می‌باشد

ت-۳- شیار برای سیم به قطر حدود ۲۱ میلیمتر مناسب است

## پ-۴-۲- مقره چرخی تک‌شیاره فشارضعیف نوع (II)




**شکل (پ-۱۱) مقره تک‌چرخی تک‌شیاره فشارضعیف نوع (II)**

### پ-۴-۲-۱- مشخصات فنی نمونه‌ای

| | |
|---|---|
| الف- ولتاژ شکست در حالت خشک | ۲۰ KV |
| ب- ولتاژ شکست در حالت تر: | |
| ب-۱- در حالت عمودی | ۸ KV |
| ب-۲- در حالت افقی | ۱۰ KV |
| پ- کشش | ۸۹۰ Kg |

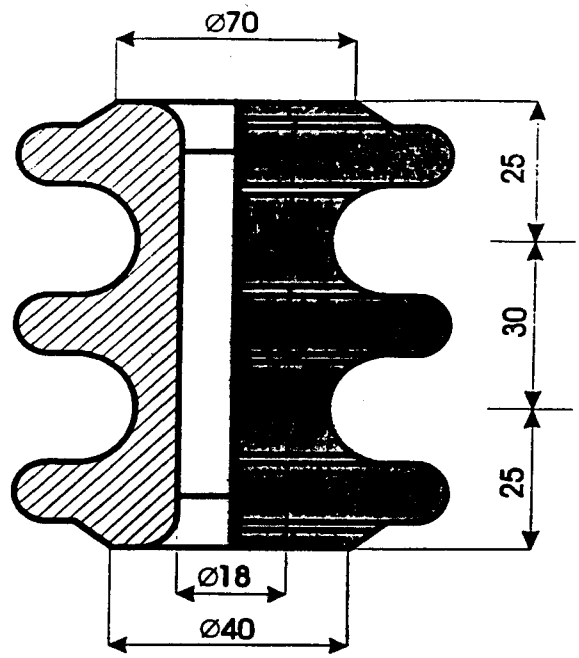
ت- توضیحات:

ت-۱- تمام سطوح قابل دید پرسلین، دارای لعاب می‌باشد.

ت-۲- وزن تقریبی ۲۳۰ گرم می‌باشد.

ت-۳- شیار برای سیم به قطر حدود ۲۱ میلیمتر مناسب است.

## پ-۴-۳- مقره چرخی دوشیاره فشارضعیف




**شکل (پ-۱۲) مقره چرخی دوشیاره فشارضعیف**

### پ-۴-۳-۱- مشخصات نمونه‌ای

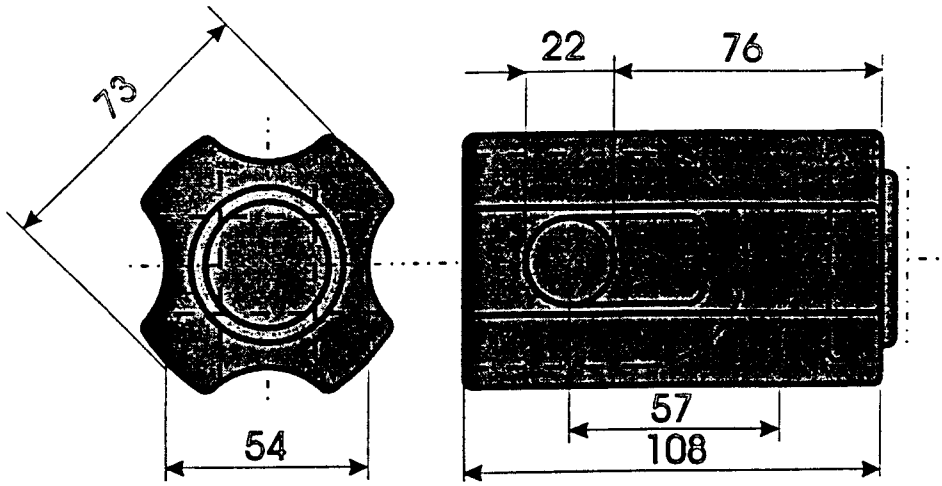
| | |
|---|---|
| الف- ولتاژ شکست در حالت خشک | ۲۵ KV |
| ب- ولتاژ شکست در حالت تر: | |
| ب-۱- در حالت عمودی | ۱۲ KV |
| ب-۲- در حالت افقی | ۱۵ KV |
| پ- کشش | ۱۳۵۰ Kg |

ت- توضیحات:

ت-۱- تمام سطوح قابل دید پرسلین، دارای لعاب می‌باشد.

## پ-۵- مقره مهار

نمونه‌ای از مقره مهار مورد استفاده در شبکه‌های توزیع به‌صورت زیر می‌باشد:




**شکل (پ-۱۳) مقره مهار**

### پ-۵-۱- مشخصات نمونه‌ای

| | |
|---|---|
| الف- ولتاژ شکست در حالت خشک | ۳۰ KV |
| ب- ولتاژ شکست در حالت تر | ۱۵ KV |
| پ- فاصله خزشی | ۴۸ mm |
| ت- کشش | ۵۴ KN |

بسمه‌تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

# شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

# (توانیر)

## معاونت تحقیقات و تکنولوژی

## دفتر استانداردها

# استاندارد خطوط هوایی توزیع

## جلد پنجم : هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع

تهیه کننده : گروه مطالعات توزیع ـ بخش برق ـ مرکز تحقیقات نیرو (متن) شهریورماه ۱۳۷۶

---

آدرس : تهران ـ میدان ونک ـ خیابان شهید عباسپور ـ ساختمان مرکزی
صندوق پستی ۶۴۶۷ ـ ۱۴۱۵۵ تلفن : ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس : ۸۷۹۷۷۶۷

## بنام خدا

## پیشگفتار

پس از تدوین هر استاندارد و استفاده از آن به مرور نیازها و مشکلات مرتبط با آن شناخته شده و تکمیل و تجدیدنظر در آن امری لازم و ضروری می‌باشد، ازآنجائیکه استاندارد ساختمان شبکه‌های توزیع نیرو، سالها پیش تدوین شده و اقدامی جهت تکمیل و تجدیدنظر در آن صورت نگرفته بود، به دلایل زیر تصمیم به بازنگری در آن گرفته شد:

- باتوجه‌به گذشت چند سالی از تدوین استاندارد قدیم بایستی تحقیقات و بررسیهای لازم جهت استاندارد نمودن محصولات جدید و منسوخ نمودن محصولات قدیم صورت پذیرد.
- قیمت زیاد تجهیزات، دقت در امر خرید را طلب می‌کند و باتوجه‌به گستردگی و پیچیدگی تجهیزات، دقت در مشخصات فنی وسایل امکان مقایسه فنی محصولات سازندگان مختلف و مقید کردن آنها به رعایت موازین استاندارد را فراهم می‌سازد.
- باتوجه‌به افزایش کادر فنی متخصص امکان محاسبه و طراحی به‌صورت خاص و باتوجه‌به شرایط هر منطقه می‌باشد لذا ایجاد یکنواختی باید تنها در مجموعه‌ها یا تجهیزاتی که تابع شرایط خاص محیطی نباشند صورت گیرد بنابراین بجای استفاده از طرحهای نمونه با تنوع کم، معیارها و استانداردهای طراحی مطرح و در کنار آن در موارد خاص از طرحهای نمونه با تنوع زیاد استفاده شود.

باتوجه‌به اولویتها و نیازهای فعلی شبکه‌های توزیع، استانداردهای زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

الف- استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

ب - استاندارد خازنهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

پ - استاندارد راکتورهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

ت - استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

ث - استاندارد روشنایی معابر

ج - استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع

چ - استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع

ح - استاندارد انشعابات شبکه‌های توزیع

خ - استاندارد خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

جزوه حاضر جلد پنجم از پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی توزیع از سری استانداردهای شبکه‌های توزیع می‌باشد. پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی در تاریخ ۱۴ و ۱۵ شهریور سال ۱۳۷۴ مورد بررسی نمایندگان شرکتهای توزیع قرار گرفت، مطابق نظرات عنوانشده توسط دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی و جلسه فوق‌الذکر، تصمیم گرفته شد که این استاندارد باتوجه‌به مباحث مطرح‌شده در قالب جلدهای جداگانه زیر تهیه گردد:

**جلد اول: معیارهای طراحی و جدولهای کاربردی**

**جلد دوم: تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده**

**جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس‌آرمهای چوبی به‌کاررفته در شبکه توزیع**

**جلد چهارم: مقره‌های به‌کاررفته در شبکه توزیع**

**جلد پنجم: هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع**

**جلد ششم: کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های به‌کاررفته در شبکه توزیع**

در تهیه این استاندارد سعی شده است که امکانات و مهارتهای موجود و قابلیتهای شرکتهای توزیع برق درنظر گرفته شود. در تهیه این استاندارد منابع زیر مورد استفاده قرار گرفته است:


[۱] استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق، چاپ پنجم، شهریور ۱۳۶۴.

[2] DIN 48201 Part 1, Copper Stranded Conductors (1965).

[3] DIN 48202 Part 1, Wires and Stranded Conductors of Copper and Bronze for Lines, Technical Terms of Delivery (1966).

[4] BS 215, Hard-drawn Copper and Copper-Cadmium Conductors for Overhead Power Transmission Purposes 1970.

[5] BS 215, Part 2, Aluminium Conductor, Steel-Reinforced 1970.

[6] IEC 1089, Round wire Concentric Lay Overhead Electrical Conductors, 1991.

[7] Distribution and Transmission Line Standard Drawing U.S. Department of Interior.

[8] IEC 888, Zinc-Coated Steel Wires for Stranded Conductors.

[9] IEC 889, Hard-Drawn Aluminium Wire for Overhead Line Conductors.

[10] ASTM B 193-87 Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials.

[11] ASTM B 49-90 Standard Specification for Hot-Rolled Copper Redraw Rod for Electrical Purposes.

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| دامنه کاربرد | ۱ |
| تعاریف | ۱ |
| هادیها و مفتولهای خطوط هوایی فشارمتوسط | ۳ |
| جنس مواد و مشخصات آنها | ۳ |
| قطر مفتولها | ۵ |
| اتصالات در مفتولها | ۶ |
| بافتن مفتولها | ۸ |
| هادیهای آلومینیوم-فولاد | ۸ |
| آزمونها | ۹ |
| بسته‌بندی | ۱۳ |
| مفتولهای آلومینیومی مورد استفاده برای اصلی کردن | ۱۴ |
| جنس مفتول اصلی | ۱۴ |
| سطح مقطع مفتولهای اصلی | ۱۴ |
| وزن در واحد طول | ۱۵ |
| بسته‌بندی | ۱۵ |
| آرموراد | ۱۶ |
| گره‌بندی سیمهای آلومینیوم فولاد | ۱۶ |
| هادیها و مفتولهای خطوط فشارضعیف | ۱۶ |

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| نوع مس | ۱۶ |
| مفتولها | ۱۷ |
| بافتن مفتولها | ۱۸ |
| اتصالات | ۱۹ |
| مشخصات هادیها | ۱۹ |
| آزمونها | ۲۱ |
| بسته‌بندی | ۲۴ |
| مفتولهای مسی مورد استفاده برای اصلی کردن | ۲۴ |
| جنس مفتول اصلی | ۲۴ |
| سطح مقطع مفتولهای اصلی | ۲۴ |
| وزن در واحد طول | ۲۵ |
| بسته‌بندی | ۲۵ |
| گروه‌بندی سیم مسی فشارضعیف | ۲۶ |
| پیوست الف- روش آزمون اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی هادیها | ۲۷ |
| پیوست ب- گروه‌بندی (اصلی کردن) هادیهای به‌کاررفته در شبکه توزیع | ۳۱ |
| پیوست پ- ظرفیت جریان‌دهی هادیهای آلومینیوم فولاد | ۳۶ |

## ۱- دامنه کاربرد

این استاندارد مشخصات الکتریکی و مکانیکی هادیهای آلومینیوم-فولاد مورد استفاده در خطوط هوایی فشارمتوسط توزیع و هادیهای مسی مورد استفاده در خطوط هوایی فشارضعیف و همچنین سیمهای مورد استفاده برای بستن این هادیها را به مقره‌های سوزنی دربر می‌گیرد.

## ۲- تعاریف

### ۲-۱- مفتول

به هادی با یک رشته به مقطع دایره گفته می‌شود.

### ۲-۲- هادی چندرشته

هادی چندرشته‌ای متشکل از چند مفتول که در لایه‌های مختلف به دور یکدیگر پیچیده شده‌اند را هادی چندرشته گویند که از این پس جهت اختصار با لفظ هادی بیان خواهد شد.

### ۲-۳- هادی آلومینیوم-فولاد

به هادی با تعدادی مفتول از جنس آلومینیوم به‌همراه مفتول یا مفتولهای فولادی در مرکز، گفته می‌شود.

### ۲-۴- قطر

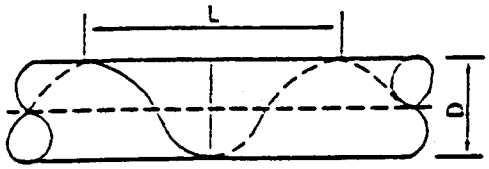
از متوسط دو اندازه‌گیری از مقطع هادی با برش عمودی بدست می‌آید.

### ۲-۵- جهت لایه

جهت قرارگیری لایه‌ها را روی یکدیگر گویند و به دو حالت راست‌گرد و چپ‌گرد تقسیم می‌شود، هنگامی که هادی را به‌صورت عمودی نگه داشته و به آن نگاه شود، در حالت راست‌گرد جهت چرخش مفتولها در جهت عقربه‌های ساعت و در حالت چپ‌گرد در خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت، است.

### ۲-۶- نسبت لایه[1]

نسبت طول محوری یک دور کامل مارپیچی که توسط یک مفتول مشخص ایجاد می‌شود، به قطر خارجی مارپیچ مذکور را نسبت لایه گویند. در شکل (۱)، L طول محوری و D قطر خارجی مارپیچ است. کوچک بودن نسبت لایه نشانگر قابلیت خمش بیشتر سیم است.




**شکل (۱) نسبت لایه در یک مفتول از هادی**

### ۲-۷- طول لایه

به طول محوری یک مفتول که دور مارپیچی آن کامل شده اطلاق می‌شود.

### ۲-۸- نیروی گسیختگی

مقدار نیروی لازم جهت گسیختگی مفتول یا هادی را گویند.

---

1- Lay Ratio

۲-۹- اصلی کردن هادی

بستن هادی به مقره توسط مفتول را اصلی کردن هادی گویند و به دو صورت زیر انجام می‌شود:

اصلی کردن هادی به بالای مقره

اصلی کردن هادی به کنار مقره

۲-۱۰- مفتول اصلی

مفتولی است که جهت بستن هادی به مقره به‌کار می‌رود.

## ۳- هادیها و مفتولهای خطوط هوایی فشارمتوسط

۳-۱- جنس مواد و مشخصات آنها

۳-۱-۱- مفتولهای آلومینیومی

این مفتولها باید از نوع سخت مشابه G1E مطابق با استاندارد BS۲۶۲۷ (شرایط H9) بوده و مشخصات آن باید به‌گونه‌ای باشد که شرایط مندرج در این استاندارد را برآورده کند.

۳-۱-۱-۱- مقاومت مخصوص الکتریکی

مقاومت مخصوص الکتریکی آلومینیوم تابع درجه خلوص و شرایط فیزیکی آن است در هر صورت مقاومت مخصوص الکتریکی مفتولهای آلومینیومی موردنظر این استاندارد در ۲۰ درجه سانتیگراد نباید از ۰/۰۲۸۲۶۴ اهم میلیمترمربع بر متر بیشتر باشد.

۳-۱-۱-۲- ضریب حرارتی مقاومت الکتریکی DC (در جرم ثابت)

این ضریب که با $\alpha$ نشان داده شده می‌شود برای مفتولهای آلومینیومی در ۲۰ درجه سانتیگراد و جرم ثابت برابر ۰/۰۰۴۰۳ به ازای هر درجه سانتیگراد است. درحین آزمایش دو نقطه اتصال جهت اندازه‌گیری ولتاژ باید محکم به مفتول تحت آزمایش متصل باشند.

*یادآوری ۱ :* جهت محاسبه مقاومت الکتریکی هادی در دمای t درجه سانتیگراد ($R_t$) از رابطه (۱) استفاده می‌کنیم.

$$R_t = R_{۲۰} (۱+ \alpha(t-۲۰)) \qquad (۱)$$

که در این رابطه $R_{۲۰}$ مقاومت هادی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد است.

*یادآوری ۲ :* ضریب $\alpha$ برای محدوده ۱۰ تا ۳۰ درجه صادق است ولی می‌توان برای دماهای بالاتر با تقریب قابل قبول برای محاسبات مهندسی از آن استفاده کرد.

**۳-۱-۱-۳- جرم مخصوص**

جرم مخصوص مفتولهای آلومینیومی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد باید برابر ۲/۷۰۳ کیلوگرم بر دسیمترمکعب باشد.

**۳-۱-۱-۴- ضریب انبساط طولی**

این ضریب برای رشته‌های مذکور برابر $۲۳\times۱۰^{-۶}$ به ازای هر درجه سانتیگراد درنظر گرفته می‌شود.

**۳-۱-۱-۵- نیروی گسیختگی مفتولهای آلومینیوم**

مقادیر نیروی گسیختگی برای مقاطع مختلف مفتولها متفاوت می‌باشد که حداقل این نیروها در جدول (۱) مشخص شده‌اند. ازآنجائیکه دراثر بافته شدن مفتولها میزان نیروی گسیختگی آنها کاسته می‌شود لذا در این جدول مقادیر حداقل نیروی گسیختگی، پیش و پس از بافته شدن برای هر مفتول، بیان شده است.

**۳-۱-۲- مفتولهای فولادی**

مفتولهای فولادی باید دارای روکش روی بوده و مشخصات آنها باید به‌گونه‌ای باشد که شرایط مندرج در این استاندارد را برآورده کنند.

۳-۱-۲-۱- جرم مخصوص

جرم مخصوص مفتولهای فولادی موردنظر این استاندارد در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر ۷/۸ کیلوگرم بر دسیمترمکعب درنظر گرفته می‌شود.

۳-۱-۲-۲- ضریب انبساط حرارتی

این ضریب برای مفتولهای فولادی برابر $۱۱/۵\times۱۰^{-۶}$ به ازای هر درجه سانتیگراد می‌باشد.

۳-۱-۲-۳- نیروی گسیختگی مفتولهای فولادی

مقادیر نیروی گسیختگی برای مقاطع مختلف و در حالتهای پیش و پس از بافته شدن متفاوت می‌باشد. حداقل مقادیر مجاز نیروی گسیختگی در حالتهای مختلف در جدول (۲) درج شده است.

۳-۱-۲-۴- پوشش روی[۱]

مفتولهای فولادی جهت جلوگیری از زنگ‌زدگی باید دارای پوشش روی باشند. ایجاد روکش روی بر روی مفتولهای فولادی هم از طریق گرم و هم از طریق الکترولیت امکان‌پذیر است.

وزن روی برای هر مترمربع از مفتول فولادی برای مقاطع مختلف متفاوت است و مقدار آن نباید از مقادیر عنوان‌شده در جدول (۲) کمتر باشد.

۳-۲- قطر مفتولها

۳-۲-۱- مفتولهای آلومینیومی

قطر مفتولهای آلومینیومی موردنظر این استاندارد باید مطابق جدول (۱) بوده و محدوده تغییرات مجاز آنها برابر ۱ ± درصد باشد.

---

۱- در مناطق آلوده و مرطوب که خوردگی زیاد وجود دارد می‌توان از هادی آلومینیوم به‌همراه سیم فولادی با روکش آلومینیوم ACSR(AW) استفاده نمود. این هادیها علاوه‌بر خاصیت مقاومت در برابر خوردگی، دارای وزن کم و کاهش تلفات نیز می‌باشند. تفاوت این نوع هادی با هادیهای ACSR معمولی در هادی فولاد گالوانیزه آن است که بجای آن از فولاد با روکش آلومینیوم استفاده شده است.

## جدول (۱) مشخصات مفتولهای آلومینیومی

| مقاومت الکتریکی در $20^{\circ}c$ (اهم بر کیلومتر) | حداقل نیروی گسیختگی (نیوتن) | | وزن (کیلوگرم‌برکیلومتر) | سطح‌مقطع‌استاندارد (میلیمترمربع) | قطر استاندارد (میلیمتر) |
|---|---|---|---|---|---|
| | پس‌ازبافته‌شدن | پیش‌ازبافته‌شدن | | | |
| ۴/۶۲۳ | ۹۷۷ | ۱۰۳۰ | ۱۶/۵۳ | ۶/۱۱۴ | ۲/۷۹ |
| ۲/۶۸۷ | ۱۶۱۹ | ۱۷۰۱ | ۲۸/۴۴ | ۱۰/۵۲۱ | ۳/۶۶ |
| ۱/۸۷۵ | ۲۲۸۴ | ۲۴۰۳ | ۴۰/۹۰ | ۱۵/۱۳۶ | ۴/۳۹ |

### ۳-۲-۲- مفتولهای فولادی

قطر مفتولهای فولادی باید مطابق جدول (۲) بوده و میزان محدوده مجاز تغییرات قطر آنها برای مفتولهای کمتر از ۲ میلیمتر برابر ۰/۰۴ ± میلیمتر و برای مفتولهای با قطر بیش از ۲ میلیمتر برابر ۲ ±٪ باشد.

## جدول (۲) مشخصات مفتولهای فولادی

| حداقل‌وزن‌روی (گرم‌برمترمربع) | ضخامت‌روی گالوانیزه‌شده (میکرون) | حداقل‌نیروی‌گسیختگی (نیوتن) | | حداقل نیرو[1] (نیوتن) | وزن (کیلوگرم‌برکیلومتر) | سطح‌مقطع‌استاندارد (میلیمترمربع) | قطر استاندارد (میلیمتر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | پس‌ازبافته‌شدن | پیش‌ازبافته‌شدن | | | | |
| ۲۱۴ | ۳۰ | ۳۶۳۹ | ۳۸۳۱ | ۳۴۲۷ | ۲۲/۸۲ | ۲/۹۲۶ | ۱/۹۳ |
| ۲۴۴ | ۳۴ | ۷۶۰۳ | ۸۰۰۵ | ۶۹۵۰ | ۴۷/۶۹ | ۶/۱۱۴ | ۲/۷۹ |
| ۲۵۹ | ۳۶ | ۱۳۰۸۴ | ۱۳۷۷۵ | ۱۱۵۹۹ | ۸۲/۰۶ | ۱۰/۵۲۱ | ۳/۶۶ |

### ۳-۳- اتصالات در مفتولها

### ۳-۳-۱- مفتولهای آلومینیومی

به‌علت گسیختگیهای غیرقابل پیش‌بینی هنگام ساخت و به‌منظور استفاده از طولهای کوتاه مفتول، به اتصال مفتولهای آلومینیوم نیاز می‌باشد. در این مفتولها، مستقل از تعداد مفتولها در هر

---

۱- برای ایجاد ۱٪ افزایش طول نسبی

هـادی، اتصـال مفتولهـای آلومینیـومی باید از طریق جـوش سـربه‌سـر الکتریکـی[1]، جـوش سـربه‌سـر فشـاری سـرد[2] یا هر طریق مورد تائید دیگر صورت پذیرد و نیازی نیست که مفتول در نقطه اتصال، مشخصات مکانیکی یک مفتول یکسره و بدون اتصال را کاملا" دارا باشد و تنها کافی است اتصالاتی که با استفاده از جوش سربه‌سر الکتریکی انجام شده‌اند تنشی به میزان حداقل ۷۵ نیوتن بر میلیمترمربع و اتصالاتی که از طریق جوش سربه‌سر فشاری سرد انجام شده‌اند، تنشی به میزان ۱۳۰ نیوتن بر میلیمترمربع را تحمل کنند. فاصله دو اتصال در یک هادی نباید کمتر از ۱۵ متر باشد و در اتصالاتی که از طریق جوش سربه‌سر الکتریکی ایجاد شده‌اند باید پس از جوشکاری در محدوده‌ای به طول ۲۵۰ میلیمتر در هر دو طرف نقطه اتصال، تنش پسماند به طریق عملیات حرارتی[3] ازبین برود. لازم به ذکر است منظور از اتصال در این بند اتصالاتی که پیش از آخرین مرحله کشش سیمها ایجاد می‌شوند نبوده و این اتصالات مشمول مقررات این بند نمی‌باشند.

**۳-۳-۲- مفتولهای فولادی**

هیچ اتصالی، از هیچ نوع در طول مفتولهای فولادی مجاز نمی‌باشد. تنها اتصالات مجاز، اتصالات با جوش سربه‌سر الکتریکی و در مراحل پیش از کشش می‌باشد.

درصورتی که هادی دارای هفت مفتول فولادی باشد وجود اتصالاتی که پس از مرحله نهایی کشش ایجاد می‌شوند نیز، به‌شرطی که فاصله دو اتصال در یک هادی بیش از ۱۵ متر باشد، بلامانع است. در این صورت این اتصال باید از طریق جوش سربه‌سر الکتریکی انجام پذیرد و در مقابل خوردگی به‌نحو مطلوبی محافظت شود.

---

1- Electric Butt-Welding

2- Cold-Pressure Butt-Welding

3- Annealing

**۳-۴- بافتن مفتولها**

**۳-۴-۱-** مفتولها پیش از بافته شدن باید کلیه شرایط مربوط به خود را که در این استاندارد بیان شده، داشته باشد.

**۳-۴-۲-** نسبت لایه‌ها برای لایه‌های آلومینیومی باید حداقل برابر ۱۰ و حداکثر برابر ۱۴ باشد و برای هادیهای با دو لایه فولاد (یک مفتول مرکزی و شش مفتول در اطراف مفتول مرکزی) باید حداقل برابر ۱۶ و حداکثر برابر ۲۶ باشد.

**۳-۴-۳-** جهت چرخش لایه‌های پی‌درپی باید مخالف یکدیگر بوده و لایه آخر باید راست‌گرد باشد.

**۳-۵- هادیهای آلومینیوم-فولاد**

**۳-۵-۱- تعداد و قطر مفتولها**

هادیهای مورد استفاده در شبکه فشارمتوسط توزیع از نظر تعداد و قطر مفتولهای آلومینیوم و فولاد به چهار دسته، مطابق جدول (۳) و از نظر طرز قرار گرفتن مفتولها مطابق شکل (۲) تقسیم می‌شوند.

**۳-۵-۲- قطر نهایی**

قطر نهایی این هادیها باید مطابق با جدول (۳) بوده و محدوده مجاز تغییرات قطر نهایی هادی، برای هادی ردیف یک در جدول (۳) برابر ۰/۱ ± میلیمتر و برای سه هادی دیگر برابر ۱ ± درصد می‌باشد.

**۳-۵-۳- جرم در واحد طول**

جرم در واحد طول هادیها در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد باید مطابق جدول (۳) باشد. دراثر بافته شدن لایه‌ها وزن هادی به‌علت پیچش، کمی بیشتر از مجموع وزن مفتولهای تشکیل‌دهنده هادی، با طول یکسان بوده که این افزایش وزن باتوجه‌به نسبت لایه برای هادیها، می‌تواند متفاوت باشد.

**۳-۵-۴- گریس‌کاری**

کلیه لایه‌های فولادی و آلومینیومی می‌باید توسط گریس مخصوص پوشیده شوند. وزن گریس

برای هادیهای مختلف در جدول (۳) درج شده است. این مقادیر تقریبی بوده و برای گریسی با جرم مخصوص ۸۷ گرم بر دسیمترمکعب می‌باشد. گرانروی گریس باید به‌گونه‌ای باشد که در دمای کار سیم، از لایه‌های سیم جاری نشود.

نسبت حجم گریس به حجم فضای خالی لایه‌ها که به‌صورت تئوری محاسبه می‌شوند نباید از ۰/۷ کمتر باشد.

**۳-۵-۵- نیروی گسیختگی**

نیروی گسیختگی هادیها نباید از مقادیر درج‌شده در جدول (۳) کمتر باشد. مقدار این نیرو از نیروی گسیختگی لایه‌های آلومینیوم (حاصلضرب نیروی گسیختگی هر مفتول آلومینیوم در تعداد مفتولهای آلومینیوم) به‌علاوه نیروی لازم برای یک درصد افزایش طول نسبی برای لایه‌های فولاد بدست می‌آید.

**۳-۵-۶- مقاومت الکتریکی DC**

مقاومت الکتریکی هادیها در ۲۰ درجه سانتیگراد و جریان مستقیم، نباید از مقادیر عنوان‌شده در جدول (۳) بیشتر شود. به‌علت پیچش مفتولهای آلومینیوم، میزان این مقاومت کمی بیش از مقداری است که از حاصل تقسیم مقاومت مخصوص بر سطح مقطع آلومینیوم بدست می‌آید.

**۳-۵-۷- ظرفیت جریان‌دهی سیمهای آلومینیوم-فولاد**

جریان نامی هادیهای آلومینیوم فولاد باتوجه‌به تغییرات دما مطابق پیوست (پ) می‌باشد.

**۳-۶- آزمونها**

**۳-۶-۱- آزمونهای نوعی**

آزمونهای نوعی جهت حصول اطمینان از تحقق مشخصات و عملکرد یک هادی که برای اولین بار طراحی شده است، می‌باشند و تنها یک بار برای یک طراحی جدید انجام می‌شوند. آزمونهای نوعی بر روی هادی، باید مطابق با آخرین نشریه استاندارد IEC۱۰۸۹ انجام شود. این آزمونها به‌شرح

زیر می‌باشند:

- اتصالات در مفتولهای آلومینیوم
- منحنی تنش-کرنش
- نیروی گسیختگی

**۳-۶-۲- آزمونهای نمونه‌ای**

این آزمونها جهت اطمینان از تطابق مشخصات یک هادی با آنچه در این استاندارد عنوان شده است، می‌باشند. این آزمونها علاوه‌بر هادی برای مفتولهای تشکیل‌دهنده هادی نیز انجام می‌شوند. آزمونهایی که بر روی مفتولهای آلومینیومی صورت می‌پذیرد، باید مطابق آخرین نشریه استاندارد IEC۸۸۹ بوده و آزمونهایی که برای مفتولهای فولادی انجام می‌شود باید مطابق با آخرین نشریه استاندارد IEC۸۸۸ باشند. آزمونهایی که بر روی هادی صورت می‌پذیرد باید مطابق با آخرین نشریه استاندارد IEC۱۰۸۹ باشند. این آزمونها شامل موارد زیر می‌باشند:

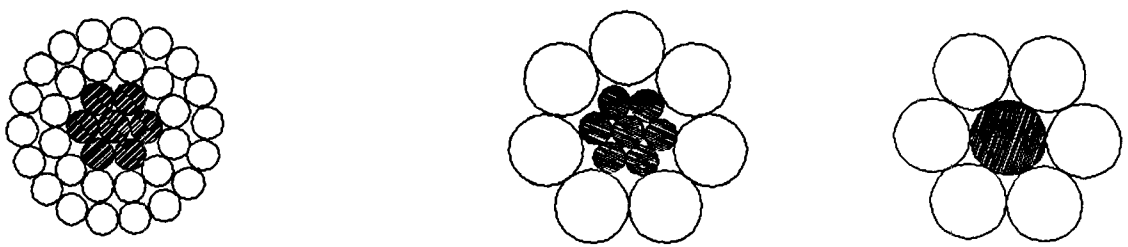
- سطح مقطع
- قطر نهایی
- وزن در واحد طول
- وضعیت سطح هادی
- نسبت لایه و جهت لایه

**۳-۶-۳- نمونه‌برداری**

نمونه‌برداری از هادی به‌صورت اتفاقی و از ۱۰٪ آخر قرقره هادی انجام می‌شود. درصورتی که مفتولها پس از بافته شدن مورد آزمایش قرار گیرند باید یک تکه ۱/۵ متری از هادی جدا شود.

## جدول (۳) مشخصات هادیهای آلومینیوم-فولاد استاندارد شبکه‌های توزیع (فشارمتوسط)

| راکتانس (اهم‌برکیلومتر) | نیروی گسیختگی (نیوتن) | مقاومت[1] DC (اهم‌برکیلومتر) | وزن (کیلوگرم بر کیلومتر) | | | | سطح مقطع (میلیمترمربع) | | | قطرنهایی (میلیمتر) | قطر مفتول (میلیمتر) | | تعداد مفتول | | نام‌تجاری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | گریس[2] | 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 | مینک |
| ۰/۲۴۶۴ | ۳۹۹۷۷ | ۰/۲۷۱۲ | ۲۱ | ۴۵۰ | ۱۶۰ | ۲۹۰ | ۱۲۶/۴۳ | ۲۰/۴۸ | ۱۰۵/۹۵ | ۱۴/۵۷ | ۴/۳۹ | ۱/۹۳ | ۷ | ۷ | هاینا |
| ۰/۲۲۷۷ | ۷۹۸۰۰ | ۰/۱۵۷۶ | ۴۴/۷ | ۸۴۲ | ۳۳۵ | ۵۰۷ | ۲۲۶/۲ | ۴۲/۷۷ | ۱۸۳/۴ | ۱۹/۵۳ | ۲/۷۹ | ۲/۷۹ | ۷ | ۳۰ | لینکس |



(الف) (ب) (پ)

*الف- سیم فاکس و مینک*

*ب- سیم هاینا*

*پ- سیم لینکس*

## شکل (۲) طرز قرار گرفتن مفتولهای آلومینیوم و فولاد

---

۱- در ۲۰ درجه سانتیگراد

۲- وزن گریس با فرض اینکه گریس تمام هادی همچنین لایه خارجی آن را پوشانده است محاسبه شده و در شرایطی که گریس فقط قسمتی از هادی را دربر گیرد محاسبات بایستی مطابق پیوست C از استاندارد IEC۱۰۸۹ تکرار گردد.

### ۳-۶-۴- اندازه‌گیری سطح مقطع

سطح مقطع از طریق اندازه‌گیری قطر مفتولها به طریق زیر و جمع سطح مقطع کلیه مفتولها، محاسبه می‌شود. اندازه‌گیری قطر مفتولها با احتساب روکش (برای مفتولهای فولادی) انجام شده و برای اندازه‌گیری باید از میکرومتری با فکهای صاف استفاده نمود و اندازه‌گیری هر نمونه در سه قسمت (ابتدا، انتها و وسط) مفتول انجام می‌شود و نتیجه متوسط سه مقدار می‌باشد.

محدوده تغییرات سطح مقطع محاسبه‌شده برابر ۲/۰± درصد نسبت به سطح مقطع نامی می‌باشد.

اندازه‌گیری سطح مقطع در چهار نقطه به فاصله حداقل ۲۰ سانتیمتر از یکدیگر انجام می‌شود و متوسط نتیجه چهار اندازه‌گیری نباید به میزان ۱/۵٪ با میزان نامی تفاوت داشته باشد.

### ۳-۶-۵- اندازه‌گیری قطر هادی

اندازه‌گیری قطر در میانه ماشین بافت انجام می‌شود. این کار توسط وسیله‌ای با دقت ۰/۰۱ میلیمتر، دو بار در یک نقطه انجام می‌گیرد. نتیجه اندازه‌گیری متوسط دو عدد می‌باشد که تا دو رقم اعشار برحسب میلیمتر گرد شده است.

محدوده تغییرات مجاز قطر به‌شرح زیر می‌باشد:

- برای هادی با قطر نامی بزرگتر یا مساوی ۱۰ میلیمتر: ۱± میلیمتر
- برای هادی با قطر نامی کوچکتر از ۱۰ میلیمتر: ۰/۱± میلیمتر

### ۳-۶-۶- اندازه‌گیری وزن در واحد طول

وزن هادی در واحد طول باید توسط ترازویی با دقت ۰/۱ درصد انجام شود.

وزن هادی در واحد طول بدون احتساب وزن گریس نباید بیش از ۲± درصد با مقدار مشخص‌شده در جدول (۳)، متفاوت باشد.

وزن گریس در واحد طول از طریق دو بار توزین هادی در حالتهای بدون گریس و با گریس محاسبه می‌شود و مقدار آن نباید از مقدار عنوان‌شده در جدول (۳) کمتر باشد.

### ۳-۶-۷- اندازه‌گیری نیروی گسیختگی

این اندازه‌گیری را می‌توان در مورد مفتولها، پیش یا پس از بافته شدن انجام داد. درصورتی که آزمایش در مورد مفتولها پس از بافته شدن انجام شود باید قطعه مورد آزمایش از هادی جدا شده و بدون اعمال کشش بیش از حد، صاف شود و سپس مطابق بند (۳-۶-۴) سطح مقطع مفتول، تعیین و به دستگاه کشش بسته شود. کشش باید بطور تدریجی انجام شده و سرعت حرکت فکهای دستگاه کشش نباید از ۲۵ میلیمتر در دقیقه کمتر و از ۱۰۰ میلیمتر در دقیقه بیشتر باشد.

مقدار نیروی گسیختگی که از آزمایش بدست می‌آید نباید از مقادیر مندرج در جدولهای (۱) و (۲) کمتر باشد.

### ۳-۶-۸- اندازه‌گیری نسبت لایه و جهت لایه

این نسبت برای هر لایه اندازه‌گیری می‌شود و از حاصل قسمت طول اندازه‌گیری‌شده بر قطر خارجی لایه مذکور بدست می‌آید. جهت لایه‌های پی‌درپی باید مخالف یکدیگر و لایه آخر باید راست‌گرد باشد.

### ۳-۶-۹- وضعیت سطح هادی

سطح هادی باید یکنواخت و فاقد هر نوع زدگی که با چشم غیرمسلح دیده شود، باشند. رفع عیوب با استفاده از هر روشی غیرقابل قبول می‌باشد.

## ۳-۷- بسته‌بندی

سازنده باید هادیها را با استفاده از قرقره‌ای مقاوم در مقابل رطوبت هوا و صدمات مکانیکی، بسته‌بندی نماید.

موارد زیر باید با استفاده از برچسب ضدرطوبت بر روی قرقره و در داخل آن درج شده باشد:

الف- نام کالا

ب- نام سازنده

پ- شماره سریال کارخانه

ت- شماره سفارش

ث- مقصد

ج- وزن ناخالص

چ- وزن خالص

ح- وزن قرقره

خ- شرایط نگهداری

د- تاریخ ساخت

ذ- نوع هادی

ر- متراژ سیم

ز- فلش روی قرقره (به‌منظور مشخص کردن جهت و سوی باز کردن قرقره)

## ۴- مفتولهای آلومینیومی مورد استفاده برای اصلی کردن

### ۴-۱- جنس مفتول اصلی

مفتول اصلی باید از جنس آلومینیوم نرم بوده و فاقد روکش باشد.

*یادآوری:* از مفتولهای استفاده‌شده و کهنه نباید استفاده کرد.

### ۴-۲- سطح مقطع مفتولهای اصلی

سطح مقطع این مفتولها متناسب با قطر نهایی هادی مطابق با جدول (۴) انتخاب می‌شود.

جدول (۴) مفتولهای اصلی

| هادی خط هوایی | سطح مقطع مفتول اصلی (میلیمترمربع) | وزن در واحد طول[1] (گرم بر متر) |
|---|---|---|
| فاکس | ۱۶ | ۴۳ |
| مینک | ۲۵ | ۶۸ |
| هاینا | ۲۵ | ۶۸ |
| لینکس | ۲۵ | ۶۸ |

۴-۳- وزن در واحد طول

وزن مفتولهای مورد استفاده باید مطابق با مقادیر مشخص‌شده در جدول (۴) باشد. (مقادیر مذکور تقریبی می‌باشند).

۴-۴- بسته‌بندی

سازنده باید مفتولها را با استفاده از قرقره‌ای مقاوم در مقابل رطوبت هوا و صدمات مکانیکی بسته‌بندی نماید. موارد زیر با استفاده از برچسب ضدرطوبت بر روی قرقره و در داخل آن درج شده باشد:

الف- نام کالا

ب- نام سازنده

پ- شماره سریال کارخانه

ت- شماره سفارش

ث- مقصد

ج- وزن ناخالص

---

۱- در ۲۰ درجه سانتیگراد

چ- وزن خالص

ح- وزن قرقره

خ- شرایط نگهداری

همچنین باید دو برچسب دیگر از نوع برچسب فوق‌الذکر، به ابعادی که جلب نظر نماید و به مضمون *"توجه: فقط برای اصلی کردن استفاده شود"* ، در داخل و روی قرقره نصب گردد.

### ۴-۵- آرموراد[1]

جهت جلوگیری از تخریب و پارگی مفتولها در محل اتصال به کلمپ یا مقره‌ها و نیز جلوگیری از سایش مفتول و حذف بار فشاری نامطلوب، می‌توان از آرموراد در محل اتصال هادیهای ACSR به کلمپ یا مقره‌ها استفاده نمود.

### ۴-۶- گره‌بندی سیمهای آلومینیوم فولاد

گره‌بندی سیمهای آلومینیوم فولاد به مقره‌ها مطابق پیوست (ب) می‌باشد.

## ۵- هادیها و مفتولهای خطوط فشارضعیف

### ۵-۱- نوع مس

هادیهای مسی موردنظر این استاندارد باید از نوع سخت بوده و مس مورد استفاده در ساختن آنها باید مطابق با آخرین نشریه استاندارد DIN۰۲۰۱ باشد. مشخصات فیزیکی مس مورد استفاده باید به قرار زیر باشد.

1- Armor Rod

۵-۱-۱- جرم مخصوص

جرم مخصوص مس تشکیل‌دهنده هادیهای این استاندارد در ۲۰ درجه سانتیگراد باید برابر ۸/۹ کیلوگرم بر دسیمترمکعب باشد.

۵-۱-۲- مقاومت مخصوص الکتریکی

مقاومت مخصوص الکتریکی، مس موردنظر این استاندارد در ۲۰ درجه سانتیگراد باید حداکثر برابر ۰/۰۱۷۸۶ اهم میلیمترمربع بر متر باشد.

۵-۱-۳- ضریب حرارتی مقاومت الکتریکی

ضریب حرارتی مقاومت الکتریکی مس موردنظر این استاندارد برای ۲۰ درجه سانتیگراد باید برابر ۰/۰۰۳۸ به ازای هر درجه سانتیگراد باشد. این مقدار در محدوده دمایی ۱ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد قابل استفاده است. مقادیر دقیق ضریب حرارتی برای درجه حرارتهای بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد در جدول (۸) بیان شده است.

۵-۱-۴- درجه خلوص مس

درجه خلوص مس باید بیش از ۹۹/۹ درصد باشد.

۵-۲- مفتولها

مفتولهای تشکیل‌دهنده هادیهای موردنظر این استاندارد باید از مشخصات زیر برخوردار باشند.

۵-۲-۱- قطر مفتولها

قطرهای استاندارد موردنظر این استاندارد باید مطابق جدول (۵) باشد. میزان تغییرات مجاز قطر مفتولها از قطر استاندارد برابر ۱٪± است.

۵-۲-۲- سطح مقطع مفتولها

مقادیر استاندارد سطح مقطع مفتولها مطابق با جدول (۵) بوده و میزان تغییرات مجاز سطح مقطع

مفتولها از حالت گرد برابر ۲٪ می‌باشد.

### ۵-۲-۳- حداکثر مقاومت الکتریکی DC

حداکثر مقاومت الکتریکی مفتولها در جریان مستقیم و دمای ۲۰ درجه سانتیگراد باید مطابق جدول (۵) باشد. این میزان به‌واسطه کاهش مجاز قطر به میزان ۱٪، می‌تواند به میزان ۲٪ افزایش پیدا کند.

**جدول (۵) مشخصات مفتولهای مسی**

| حداقل نیروی گسیختگی (نیوتن) | حداکثر مقاومت DC در ۲۰ درجه سانتیگراد (اهم در کیلومتر) | وزن (کیلوگرم در کیلومتر) | سطح مقطع استاندارد (میلیمترمربع) | قطر استاندارد (میلیمتر) |
|---|---|---|---|---|
| ۹۵۷ | ۷/۸۷۹ | ۲۰/۲ | ۲/۲۷ | ۱/۷ |
| ۱۰۷۴ | ۷/۰۱۸ | ۲۲/۶۰ | ۲/۵۴ | ۱/۸ |
| ۱۴۶۱ | ۵/۱۵۶ | ۳۰/۷۹ | ۳/۴۶ | ۲/۱ |
| ۲۰۷۰ | ۳/۶۳۸ | ۴۳/۶۴ | ۴/۹۱ | ۲/۵ |
| ۲۹۷۵ | ۲/۵۲۷ | ۶۲/۸۴ | ۷/۰۷ | ۳/۰۰ |

### ۵-۲-۴- حداقل نیروی گسیختگی

حداقل مقادیر نیروی گسیختگی باید برابر اعداد مندرج در جدول (۵) باشد. به‌علت کاهش مجاز قطر به میزان یک درصد، این مقادیر نیز می‌توانند به میزان ۲ درصد کاهش یابند.

### ۵-۳- بافتن مفتولها

ضرورت دارد مفتولهایی که برای بافتن استفاده می‌شوند مطابق مشخصات مندرج در این استاندارد بوده، جهت لایه‌های متوالی مخالف یکدیگر و لایه آخر (سطح خارجی) راست‌گرد باشد.

نسبت لایه متناسب با تعداد مفتول باید در محدوده مندرج در جدول (۶) باشد.

جدول (۶) نسبت لایه در هادیهای مسی

| نسبت لایه | | | | تعداد مفتولها |
|---|---|---|---|---|
| لایه‌های دوازده مفتولی | | لایه‌های شش مفتولی | | |
| حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | |
| — | — | ۱۴ | ۱۰ | ۷ |
| ۱۴ | ۱۰ | ۱۶ | ۱۰ | ۱۹ |

۵-۴- اتصالات

به‌علت گسیختگی مفتولها در هنگام کشش و یا به‌منظور استفاده از طولهای کوتاه مفتول، از اتصال دادن مفتولها استفاده می‌شود.

استفاده از اتصالات مفتولها پیش از مرحله بافتن آنها مجاز بوده ولی هنگام بافت مفتولها، اتصالات برای هادیهای با هفت مفتول و کمتر مجاز نمی‌باشد. برای هادیهای با بیش از هفت مفتول وجود اتصالات در هنگام کشش مجاز می‌باشد. در این حالت برای لایه خارجی، فاصله دو اتصال در یک هادی باید بیش از ۲۰۰ متر و برای لایه‌های داخلی بیش از ۱۵ متر باشد. اتصال باید از طریق لحیم‌کاری سخت و یا جوشکاری انجام شود و پس از لحیم‌کاری، تنش پسماند مفتول لحیم‌کاری‌شده باید به طول ۲۰۰ میلیمتر از دو طرف محل اتصال توسط عملیات حرارتی ازبین برود.

۵-۵- مشخصات هادیها

۵-۵-۱- سطح مقطع نامی

سطح مقطع نامی هادیهای موردنظر این استاندارد باید مطابق با مقادیر مندرج در جدول (۷) بوده و سطح مقطع حقیقی هادیها نباید از مقادیر مشخص‌شده در جدول (۷) کمتر باشد.

### ۵-۵-۲- تعداد مفتولها

تعداد مفتولهای تشکیل‌دهنده هر هادی باید مطابق با جدول (۷) باشد.

**جدول (۷) مشخصات هادیها**

| ظرفیت جریانی[1] (A) | مقاومت DC در ۲۰درجه‌سانتیگراد (Ω/Km) | نیروی گسیختگی (N) | وزن‌تقریبی (Kg/Km) | قطر نهایی (mm) | مفتولها | | سطح‌مقطع حقیقی ($mm^2$) | سطح‌مقطع نامی ($mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | قطر (mm) | تعداد | | |
| ۱۲۵ | ۱/۱۳۹ | ۶۳۷۰ | ۱۴۳ | ۵/۱ | ۱/۷ | ۷ | ۱۵/۸۹ | ۱۶[2] |
| ۱۶۰ | ۰/۷۴۶ | 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 | ۵۰ |
| ۳۱۰ | ۰/۲۷۹ | ۲۶۳۸۰ | ۵۹۷ | ۱۰/۵ | ۲/۱ | ۱۹ | ۶۵/۸۲ | ۷۰ |

### ۵-۵-۳- نیروی گسیختگی

مقدار این نیرو می‌تواند از مجموع نیروهای گسیختگی مفتولها تا میزان ۹۵ درصد کمتر باشد و در هر صورت حداقل مقدار آن برای هادیهای مختلف نباید ۹۵درصد از مقادیر مندرج در جدول (۷) کمتر باشد.

### ۵-۵-۴- مقاومت الکتریکی DC

مقاومت الکتریکی هادیهای موردنظر این استاندارد در ۲۰ درجه سانتیگراد و جریان مستقیم، نباید از مقادیر عنوان‌شده در جدول (۷) بیشتر باشد. به‌علت پیچش مفتولها مقادیر مندرج در جدول (۷) کمی بیشتر از مقداری است که از حاصل تقسیم مقاومت مخصوص مس بر مجموع سطح مقطع مفتولهای سیم بدست

۱- برای هادی با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در محیطی با دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و سرعت باد ۰/۶ متر بر ثانیه، در بار دائم.
۲- برای روشنایی معابر توصیه می‌شود.

می‌آید.

۵-۵-۵- ظرفیت جریانی

ظرفیت جریانی هادیهای موردنظر این استاندارد نباید از مقادیر عنوان‌شده در جدول (۷) کمتر باشد. این مقادیر برای شرایط محیطی عنوان‌شده در پایین جدول می‌باشد درصورت ساکن درنظر گرفتن هوا این مقادیر به میزان ۳۰ درصد کاهش می‌یابند.

۵-۶- آزمونها

آزمونها باید مطابق DIN۴۸۲۰۲ و BS۱۲۵ انجام شوند، این آزمایشها به‌شرح زیر می‌باشند.

۵-۶-۱- آزمون کشش مفتولها

این آزمون باید بر روی مفتولها قبل از بافته شدن انجام شود. دستگاه کشش باید نیروی یکنواختی وارد کند و نباید سرعتی کمتر از ۲۵ و بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر در دقیقه داشته باشد. هنگامی آزمایش صحیح است که دو طرف محل گسیختگی به‌صورت مخروطی شده باشد. در حالتی که امکان آزمایش بر روی مفتولها، پیش از بافته شدن نباشد می‌توان از مفتولهای تشکیل‌دهنده هادی استفاده کرد در این حالت نیروی گسیختگی باید در حدود ۹۲/۵ درصد مقادیر مندرج در جدول (۵) باشد.

۵-۶-۲- آزمون پیچش

مفتول تشکیل‌دهنده هادی به دور هادی هم‌قطر خود، به تعداد هشت دور (بدون فاصله بین دورهای متوالی) پیچیده شده سپس شش دور از آن باز شده و دوباره به همان طریق و در همان جهت به دور مفتول مرکزی پیچیده می‌شود. در این حالت مفتول مورد آزمایش نباید شکسته شود.

۵-۶-۳- اندازه‌گیری قطر مفتول

قطر مفتولها توسط دستگاه اندازه‌گیری با دقت ۰/۰۱ میلیمتر انجام می‌شود. اندازه‌گیری دو بار در یک قطعه از مفتول انجام پذیرفته و نتیجه اندازه‌گیری متوسط دو عدد می‌باشد. قطر مفتولها باید مطابق با

جدول (۵) بوده و محدوده تغییرات مجاز آن ۱٪± است.

**۵-۶-۴- آزمون کشش هادی**

این آزمون بر روی هادی توسط دستگاه کشش بر روی قطعه‌ای از هادی به طول ۵ متر انجام می‌شود. هنگامی نتیجه آزمون مثبت خواهد بود که گسیختگی حداقل در ۹۵ درصد نیروی گسیختگی مندرج در جدول (۷) اتفاق بیفتد.

**۵-۶-۵- اندازه‌گیری وزن هادی در واحد طول**

وزن هادی در واحد طول باید توسط ترازویی با دقت یک دهم گرم اندازه‌گیری شود و مقدار آن نباید بیش از ۲ درصد از مقادیر مندرج در جدول (۷) بیشتر باشد.

**۵-۶-۶- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی در واحد طول**

مقاومت الکتریکی هادی و مفتول در واحد طول توسط وسایل اندازه‌گیری با دقت ده‌هزارم اهم در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و توسط جریان مستقیم اندازه‌گیری می‌گردد. مقدار بدست‌آمده نباید از مقادیر مندرج در جدول (۵) و (۷) بیشتر باشد. در حالتی که آزمایش در محیطهای با دمای متفاوت با ۲۰ درجه سانتیگراد صورت پذیرد می‌توان از جدول (۸) ضریب تصحیح متناسب را بدست آورد و با ضرب آن در حاصل آزمایش، مقدار مقاومت در واحد طول را در ۲۰ درجه سانتیگراد بدست آورد.

**۵-۶-۷- آزمون سطح خارجی**

سطح خارجی هادی باید یکنواخت و فاقد هر نوع زدگی که با چشم غیرمسلح دیده شود، باشد. رفع عیوب با استفاده از هر روشی غیرقابل قبول است.

**۵-۶-۸- اندازه‌گیری نسبت لایه و جهت لایه**

این نسبت باید برای هر لایه اندازه‌گیری شود و از حاصل قسمت طول اندازه‌گیری‌شده بر قطر لایه مذکور بدست آید، این مقدار باید در محدوده‌های عنوان‌شده در جدول (۶) باشد.

جهت لایه‌ها نیز باید بررسی گردد، جهت لایه‌های پی‌درپی باید مخالف یکدیگر بوده و لایه آخر باید

راست‌گرد باشد.

## جدول (۸) ضریب تصحیح مقاومت الکتریکی

| ضریب تصحیح | دمای محیط آزمایش (درجه سانتیگراد) | ضریب تصحیح | دمای محیط آزمایش (درجه سانتیگراد) |
|---|---|---|---|
| ۰/۹۸۸۶ | ۲۳ | ۱/۰۱۹۴ | ۱۵ |
| ۰/۹۸۶۸ | ۲۳/۵ | ۱/۰۱۷۴ | ۱۵/۵ |
| ۰/۹۸۵۰ | ۲۴ | ۱/۰۱۵۵ | ۱۶ |
| ۰/۹۸۳۱ | ۲۴/۵ | ۱/۰۱۳۵ | ۱۶/۵ |
| ۰/۹۸۱۳ | ۲۵ | ۱/۰۱۱۶ | ۱۷ |
| ۰/۹۷۹۵ | ۲۵/۵ | ۱/۰۰۹۶ | ۱۷/۵ |
| ۰/۹۷۷۷ | ۲۶ | ۱/۰۰۷۷ | ۱۸ |
| ۰/۹۷۵۸ | ۲۶/۵ | ۱/۰۰۵۷ | ۱۸/۵ |
| ۰/۹۷۴۰ | ۲۷ | ۱/۰۰۳۸ | ۱۹ |
| ۰/۹۷۲۲ | ۲۷/۵ | ۱/۰۰۱۹ | ۱۹/۵ |
| ۰/۹۷۰۴ | ۲۸ | ۱/۰۰۰۰ | ۲۰ |
| ۰/۹۶۸۶ | ۲۸/۵ | ۰/۹۹۸۱ | ۲۰/۵ |
| ۰/۹۶۶۸ | ۲۹ | ۰/۹۹۶۲ | ۲۱ |
| ۰/۹۶۵۱ | ۲۹/۵ | ۰/۹۹۴۳ | ۲۱/۵ |
| ۰/۹۶۳۳ | ۳۰ | ۰/۹۹۲۴ | ۲۲ |
| | | ۰/۹۹۰۶ | ۲۲/۵ |

۵-۷- بسته‌بندی

سازنده باید هادیها را با استفاده از قرقره‌ای مقاوم در مقابل رطوبت هوا و صدمات مکانیکی، بسته‌بندی نماید.

موارد زیر باید با استفاده از برچسب ضدرطوبت بر روی قرقره و در داخل آن درج شده باشد:

الف- نام کالا

ب- نام سازنده

پ- شماره سریال کارخانه

ت- شماره سفارش

ث- مقصد

ج- وزن ناخالص

چ- وزن خالص

ح- وزن قرقره

خ- شرایط نگهداری

د- تاریخ ساخت

ذ- نوع هادی

ر- متراژ

ز- فلش روی قرقره (به‌منظور مشخص کردن جهت و سوی باز کردن قرقره)

## ۶- مفتولهای مسی مورد استفاده برای اصلی کردن

### ۶-۱- جنس مفتول اصلی

مفتول اصلی باید از جنس مس نرم بوده و فاقد روکش باشد.

***یادآوری:*** از مفتولهای استفاده‌شده و کهنه نباید استفاده کرد.

### ۶-۲- سطح مقطع مفتولهای اصلی

سطح مقطع این مفتولها متناسب با قطر نهایی هادی مربوطه، مطابق با جدول (۹) انتخاب گردد.

**جدول (۹) مفتولهای اصلی**

| وزن در واحدطول (گرم بر متر) | سطح‌مقطع مفتول‌اصلی (میلیمترمربع) | سطح‌مقطع هادی خط‌هوایی (میلیمترمربع) |
|---|---|---|
| ۸۹ | ۱۰ | ۱۶ |
| ۸۹ | ۱۰ | ۲۵ |
| ۸۹ | ۱۰ | ۳۵ |
| ۱۴۲ | ۱۶ | ۵۰ |
| ۱۴۲ | ۱۶ | ۷۰ |

### ۶-۳- وزن در واحد طول

وزن مفتولهای مورد استفاده باید مطابق با مقادیر مشخص‌شده در جدول (۹) باشد. (مقادیر مذکور تقریبی می‌باشند).

### ۶-۴- بسته‌بندی

سازنده باید مفتولها را با استفاده از قرقره‌ای مقاوم در مقابل رطوبت هوا و صدمات مکانیکی بسته‌بندی نماید. موارد زیر باید با استفاده از برچسب ضدرطوبت بر روی قرقره و در داخل آن درج شده باشد:

**الف-** نام کالا

ب- نام سازنده

پ- شماره سریال کارخانه

ت- شماره سفارش

ث- مقصد

ج- وزن ناخالص

چ- وزن خالص

ح- وزن قرقره

خ- شرایط نگهداری

همچنین باید دو برچسب دیگر از نوع برچسب فوق‌الذکر، به ابعادی که جلب نظر نماید و به مضمون *"توجه: فقط برای اصلی کردن استفاده گردد"*، بر روی قرقره و در داخل آن نصب شود.

۶-۵- گره‌بندی سیم مسی فشارضعیف

گره‌بندی سیم مسی فشارضعیف به مقره‌ها مطابق پیوست (ب) می‌باشد.

## پیوست الف- روش آزمون اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی هادیها

الف-۱- روش مشخص‌شده در این پیوست برای اندازه‌گیری مقاومت هادیهای فلزی با دقت ۰/۳ ± درصد و برای هادیهای با مقاومت ۰/۰۰۰۰۱ اهم (۱۰ میکرزواهم) یا بیشتر می‌باشد.

### الف-۲- وسایل اندازه‌گیری

مقاومت توسط پل دوبل نوع کلوین اندازه‌گیری می‌شود، درصورت کمتر بودن مقاومت از یک اهم، از پتانسیومتر استفاده می‌شود، در حالتی که مقدار مقاومت از یک اهم بیشتر باشد، ممکن است از پل وتستون استفاده گردد.

### الف-۳- نمونه مورد آزمون

الف-۳-۱- نمونه می‌تواند به‌صورت یک سیم، نوار، میله، شمش و یا به‌صورت قالب باشد، نمونه باید دارای سطح مقطع یکنواخت بوده و مقدار انحراف سطح مقطع در امتداد طول آن بیش از ۰/۷۵ ± درصد نباشد، درصورت امکان سطح مقطع کاملا" نمایان باشد.

الف-۳-۲- نمونه تحت آزمون باید دارای این مشخصات باشد:

الف-۳-۲-۱- بین کتاکتهای دارای پتانسیل حداقل مقاومت ۰/۰۰۰۰۱ اهم یا ۱۰ میکرواهم موجود باشد.

الف-۳-۲-۲- طول قطعه مورد آزمون حداقل ۳۰ سانتیمتر باشد.

الف-۳-۲-۳- قطر، ضخامت، پهنا یا سایر ابعاد نمونه مناسب و باتوجه به محدودیتهای وسیله تشخیص مقاومت باشد.

الف-۳-۲-۴- سطح نمونه باید عاری از هرگونه ترك و فرسودگی که قابل تشخیص با چشم است، باشد و سطح آن اکسیدشده، کثیف یا دارای گریس نباشد.

الف-۳-۲-۵- هیچ اتصال و مفصلی در آن وجود نداشته باشد.

الف-۴- رویه مورد آزمایش

الف-۴-۱- وزن و ابعاد قطعه مورد آزمون با وسایلی با دقت ۰/۰۵ ± درصد اندازه‌گیری شود، به هنگام استفاده از پتانسیومتر یا پل کلوین، بخاطر اطمینان از اندازه‌گیری طول بین کنتاکتهای تحت ولتاژ سطوح در تماس با نمونه بایستی تیز باشد.

الف-۴-۲- ابعادِ سطح مقطع نمونه توسط میکرومتر اندازه‌گیری شود. تعداد اندازه‌گیریها باید کافی بوده تا سطح مقطع متوسط با دقت ۰/۱ ± درصد بدست آید. درصورتی که ابعاد نمونه از ۲/۵ میلیمتر کمتر باشد و توسط وسایل اندازه‌گیری نتوان با دقت لازم سطح مقطع را مشخص کرد، سطح مقطع از وزن، چگالی و طول نمونه محاسبه می‌گردد.

الف-۴-۳- هنگامی که چگالی نمونه، مشخص نباشد، ابتدا نمونه در هوا توزین شده و سپس آن را در یک مایع با چگالی مشخص در دمای محیط قرار داده و از معادله زیر برای بدست آوردن چگالی استفاده می‌نمایند. (دقت شود که حبابهای اطراف نمونه به هنگام وزن کردن نمونه در مایع وجود نداشته باشد):

$$\delta = (W_a \times d) / (W_a - W_l) \qquad \text{(الف-۱)}$$

که در معادله فوق:

$\delta$: چگالی نمونه برحسب $g/cm^3$

$W_a$: وزن نمونه در هوا برحسب گرم

$W_l$: وزن نمونه در مایع برحسب گرم

d: چگالی مایع در شرایط آزمون برحسب $g/cm^3$

الف-۴-۴- اطمینان حاصل شود که مقاومت رابط بین نمونه و مقاومت استاندارد از مقاومت استاندارد یا نمونه بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر باشد در غیر این صورت باید از یک روش جبران‌کننده مناسب استفاده

گردد.

الف-۴-۵- مقاومت با دقت ۰/۱۵ ± درصد اندازه‌گیری شود، برای حصول اطمینان از دقت در خواندن، اجازه داده شود تا دمای مقاومت استاندارد و مرجع و مقاومت نمونه به مقدار مساوی و برابر متوسط دمای محیط برسد. ازآنجائیکه افزایش دما باعث گرم شدن رابطها شده لذا سعی شود که آزمایش در زمان کوتاه و با جریان کم صورت گیرد تا تغییر مقاومتها باعث خطای گالوانومتر نگردد. برای کم کردن خطا عمل خواندن دو بار، یک بار بطور مستقیم و بار دیگر با معکوس کردن جریان و بطور غیرمستقیم انجام شود، سپس آزمایش با تعویض سرهای نمونه تکرار گردد، برای داشتن جریان مناسب در نقاط اتصال لازم است که سطح نمونه کاملا" تمیز باشد.

الف-۴-۶- تصحیح دما

هنگامی که اندازه‌گیری در دمایی بجز دمای مرجع انجام گیرد، مقاومت توسط فرمول زیر تصحیح می‌گردد:

$$R_T = \frac{R_t}{1 + \alpha_T (t - T)}$$

$R_T$: مقاومت در دمای مرجع T

$R_t$: مقاومت در دمای t

$\alpha_T$: ضریب مقاومت نمونه در دمای T

T: دمای مرجع

t: دمایی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌شود.

توجه: $\alpha_T$ در معادله فوق با هدایت و دما تغییر می‌کند، برای مس با هدایت ۱۰۰ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتیگراد مقدار آن برابر ۰/۰۰۳۹۳ می‌باشد، مقادیر در سایر دماها و سایر هدایتها از کتب مرجع بدست می‌آید.

الف-۴-۷- گزارش

الف-۴-۷-۱- برای قضاوت در مورد آزمونها، اطلاعات زیر باید گزارش شود:

الف-۴-۷-۱-۱- مشخصات نمونه مورد آزمون

الف-۴-۷-۱-۲- نوع ماده

الف-۴-۷-۱-۳- دمای مورد آزمون

الف-۴-۷-۱-۴- طول نمونه مورد آزمون

الف-۴-۷-۱-۵- روش بدست آوردن سطح مقطع:

الف-۴-۷-۱-۵-۱- درصورت استفاده از ریزسنج توسط قطر قرائت‌شده

الف-۴-۷-۱-۵-۲- با وزن کردن (ثبت طول، وزن، چگالی و محاسبه سطح مقطع)

الف-۴-۷-۱-۶- وزن درصورت استفاده

الف-۴-۷-۱-۷- روش اندازه‌گیری مقاومت

الف-۴-۷-۱-۸- مقدار مقاومت

الف-۴-۷-۱-۹- دمای مرجع

الف-۴-۷-۱-۱۰- محاسبه هدایت در دمای مرجع

الف-۴-۷-۱-۱۱- رفتار گرمایی و مکانیکی (هنگامی که هدایت ماده به آن بستگی داشته باشد).

## پیوست ب- گره‌بندی (اصلی کردن) هادیهای به‌کاررفته در شبکه توزیع

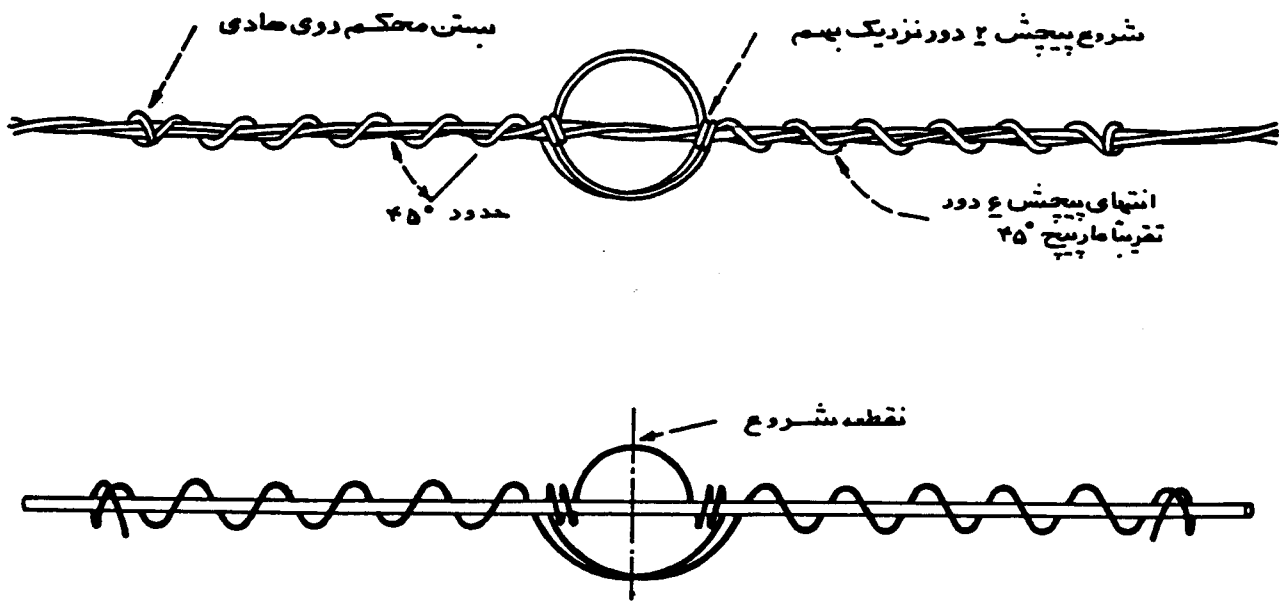
بستن هادیها به مقره به دو صورت زیر انجام می‌شود:

- بستن هادی بر روی مقره

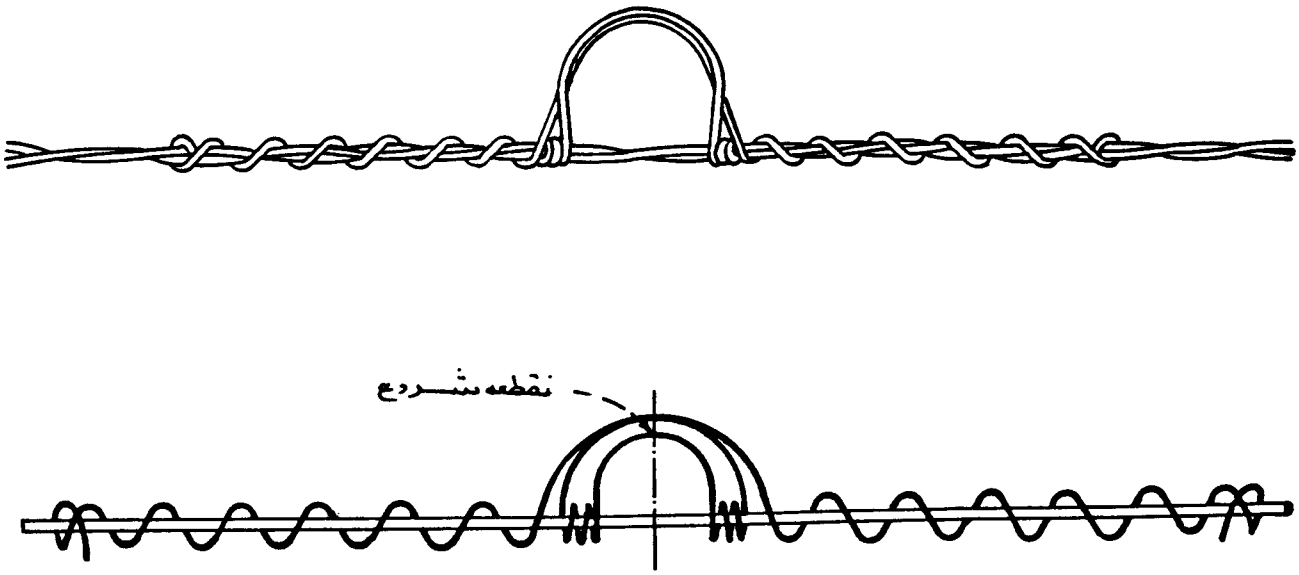
- بستن هادی به کنار مقره

### ب-۱- گره‌بندی هادیهای فاقد آرموراد

روش بستن هادی بر روی مقره مطابق شکل (ب-۱) و چگونگی بستن هادی به کنار مقره مطابق شکل (ب-۲) می‌باشد.

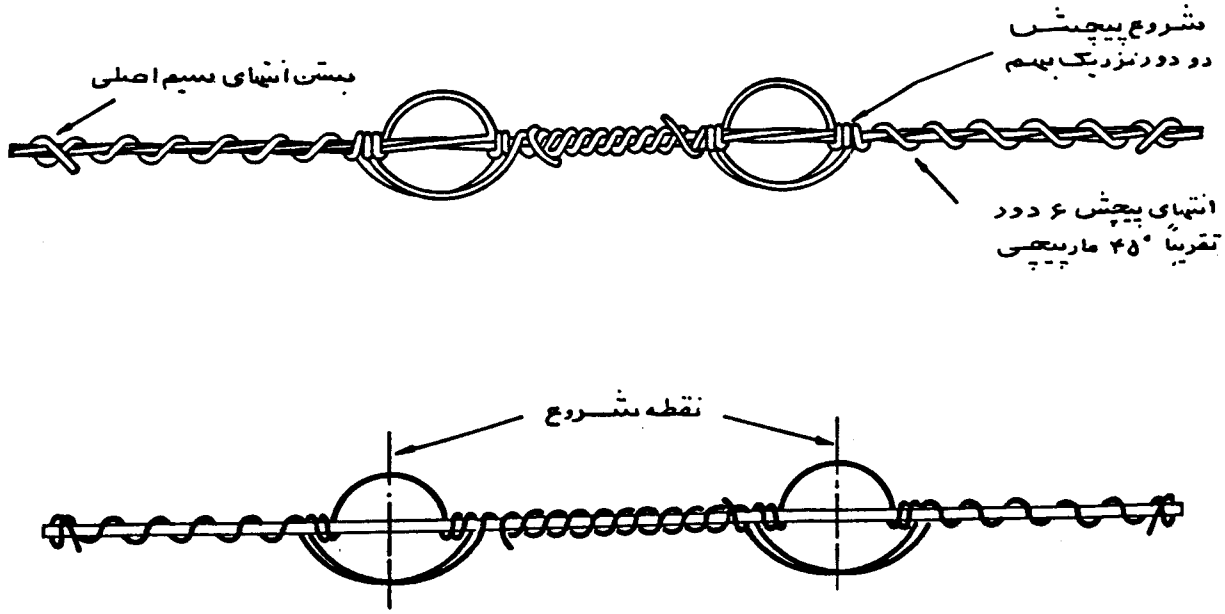



شکل (ب-۱) چگونگی بستن هادی بر روی مقره سوزنی



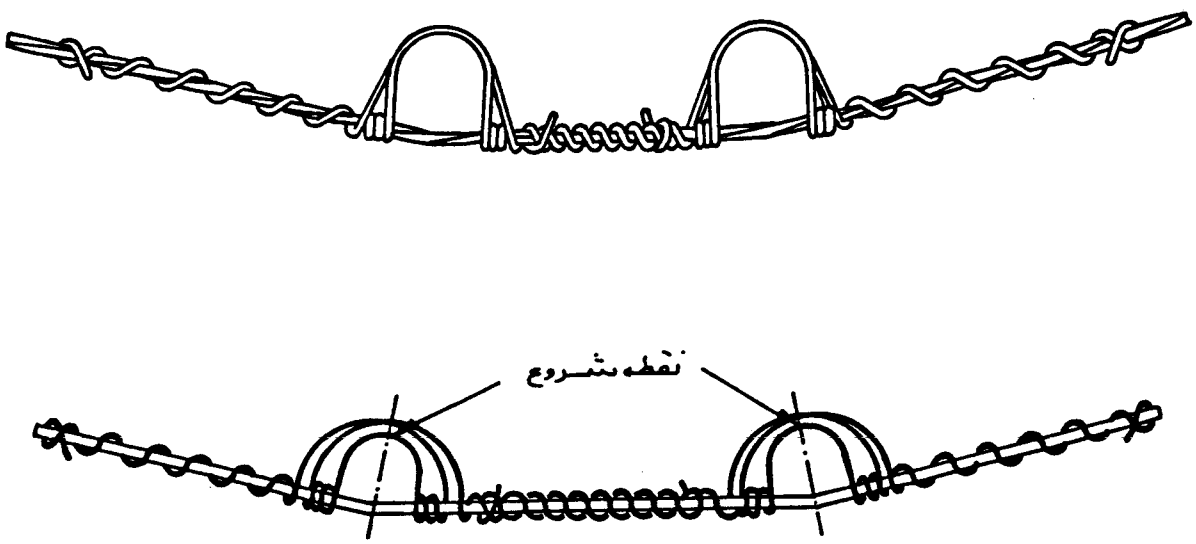

شکل (ب-۲) چگونگی بستن هادی به کنار مقره سوزنی

درصورت وجود دومقره‌سوزنی روش بستن هادی به‌مقره مطابق‌شکلهای (ب-۳)و(ب-۴) می‌باشد.




شکل (ب-۳) چگونگی بستن هادی بر روی دو مقره سوزنی

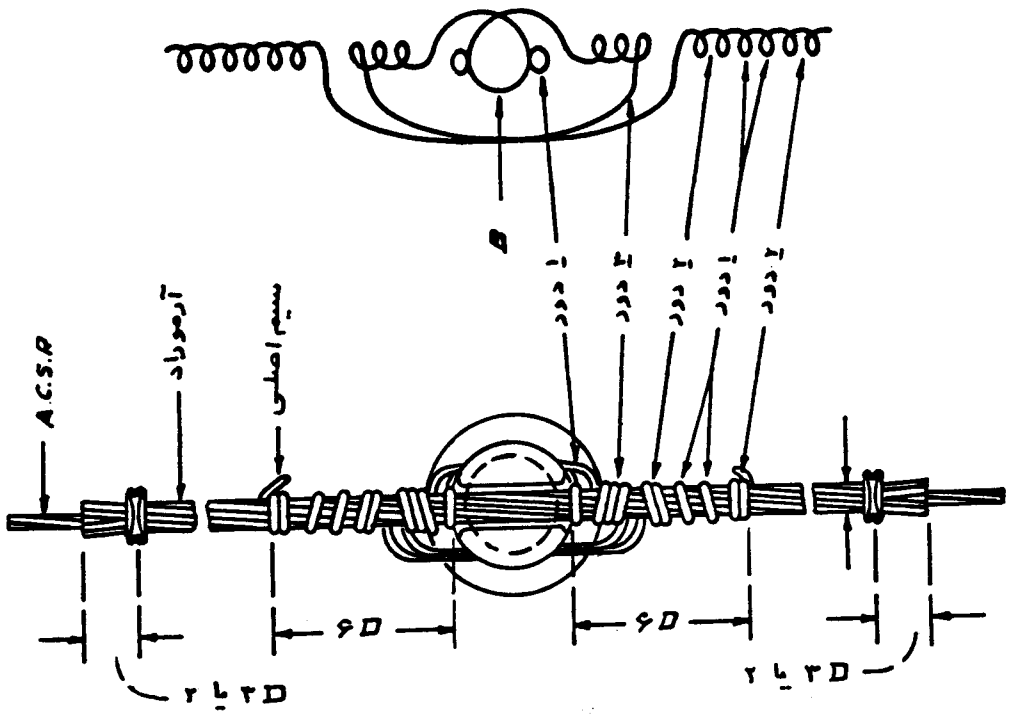
| | | |
|---|---|---|
| عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء: جلد پنجم: هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع | |
| معاونت تحقیقات و تکنولوژی | تاریخ: ۱۳۷۶ | صفحه: ۳۲ |



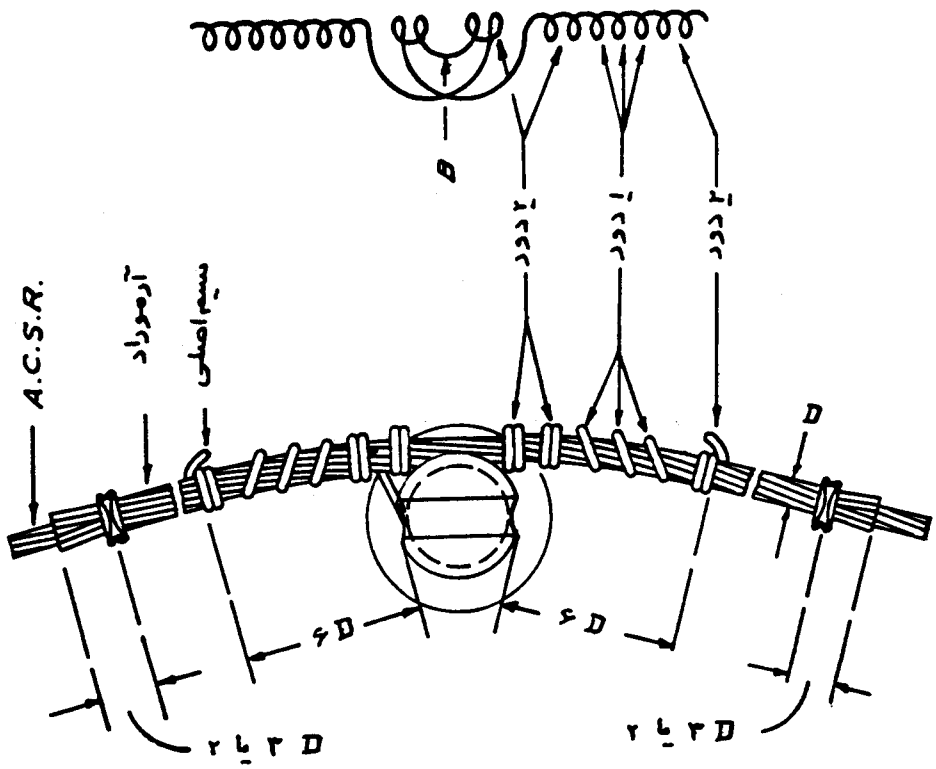

**شکل (ب-۴) چگونگی بستن هادی به کنار دو مقره سوزنی**

**ب-۲- گره‌بندی هادیهای آرموراددار**

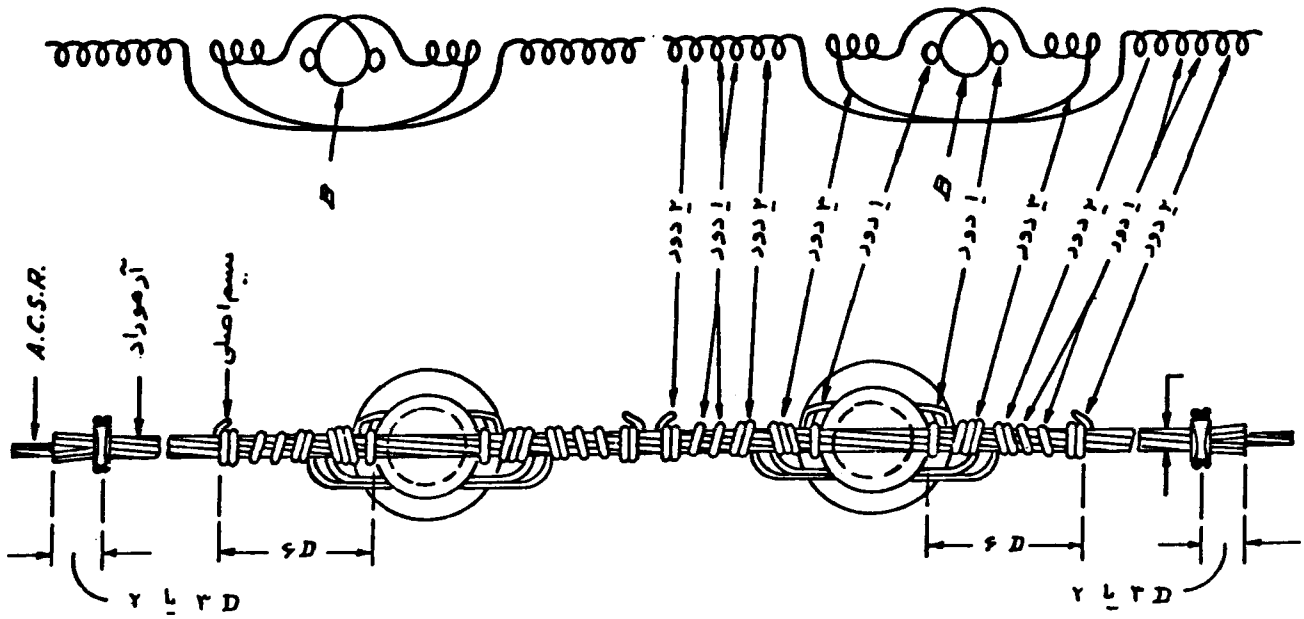
درصورت استفاده از آرموراد چگونگی بستن هادیها به مقره مطابق شکلهای (ب-۵) تا (ب-۸) می‌باشد.



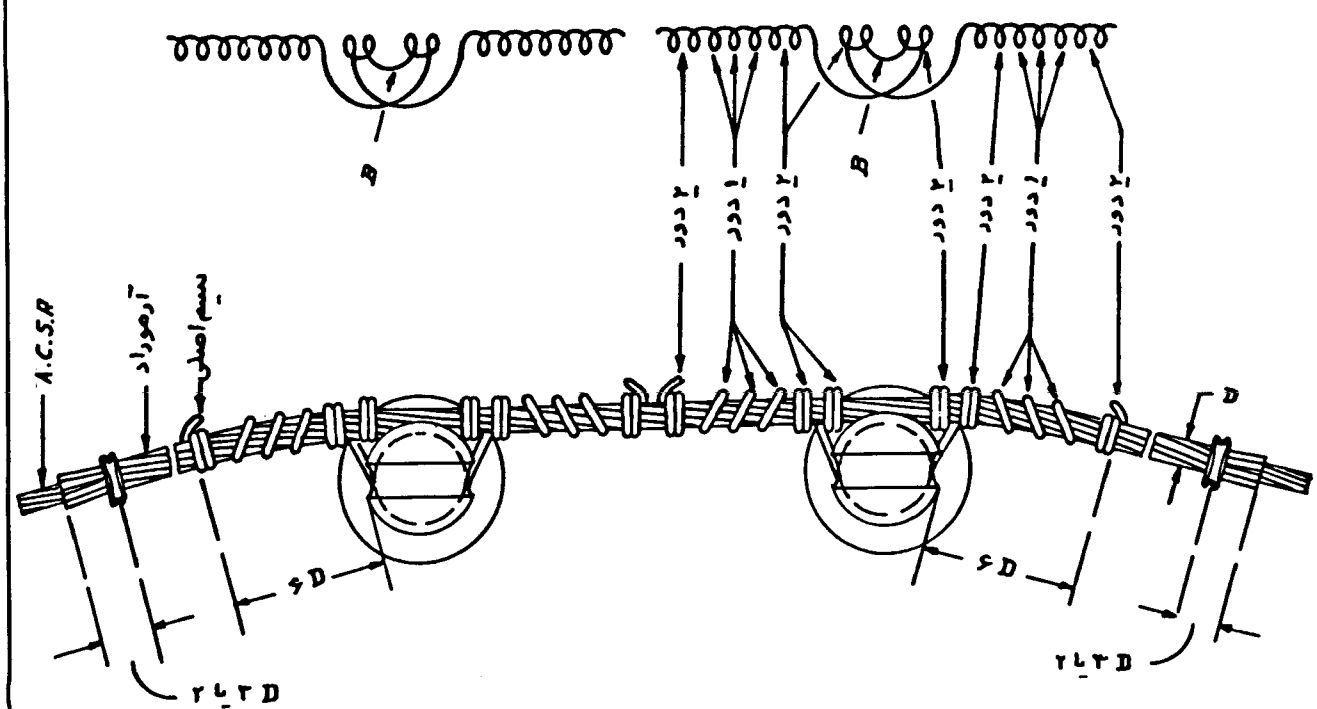

شکل (ب-۵) چگونگی بستن هادی بر روی مقره سوزنی با وجود آرموراد




شکل (ب-۶) چگونگی بستن هادی به کنار مقره سوزنی با وجود آرموراد




شکل (ب-۷) چگونگی بستن هادی بر روی دو مقره سوزنی با وجود آرمورد




شکل (ب-۸) چگونگی بستن هادی به کنار دو مقره سوزنی با وجود آرمورد

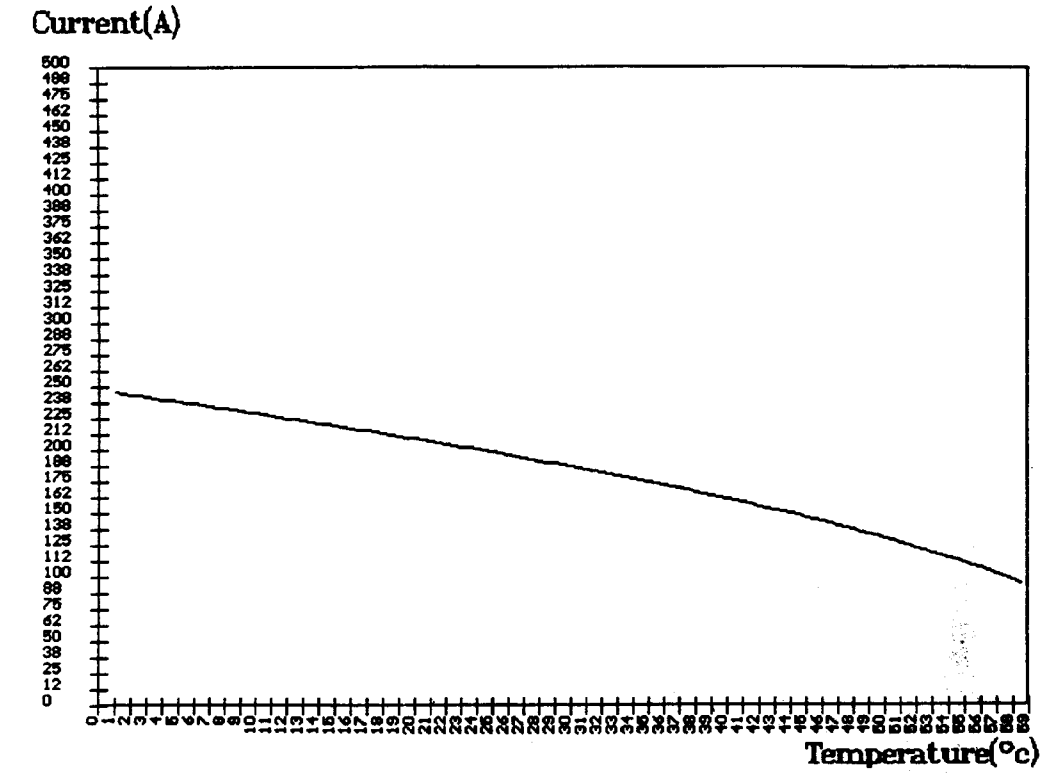
## پیوست پ- ظرفیت جریان‌دهی هادیهای آلومینیوم فولاد

میزان حداکثر جریان مجاز عبوری از یک هادی باتوجه‌به حد حرارتی هادی تعیین می‌گردد. حرارت ایجادشده در یک هادی خط هوایی به دو عامل بستگی دارد، عامل اول جذب حرارت توسط آفتاب و عامل دوم تلف حرارتی $RI^2$ می‌باشد، حرارت جذب‌شده توسط آفتاب به ضریب تشعشع خورشیدی و قطر هادی و نیز ضریب دیگری که غلظت تشعشع را برحسب وات بر واحد سطح نشان می‌دهد، بستگی دارد. حرارت ایجادشده در هادی توسط دو روش کنوکسیون و روش تشعشع از سطح هادی به محیط اطراف انتقال می‌یابد. در انتقال حرارت از روش کنوکسیون، فشار هوا، سرعت باد، قطر هادی و درجه حرارت متوسط هادی و هوا عامل تعیین‌کننده می‌باشند و در انتقال حرارت از روش تشعشع، درجه حرارت محیط و درجه حرارت هادی و ضریب صدور نسبی هادی از عوامل مهم می‌باشند.

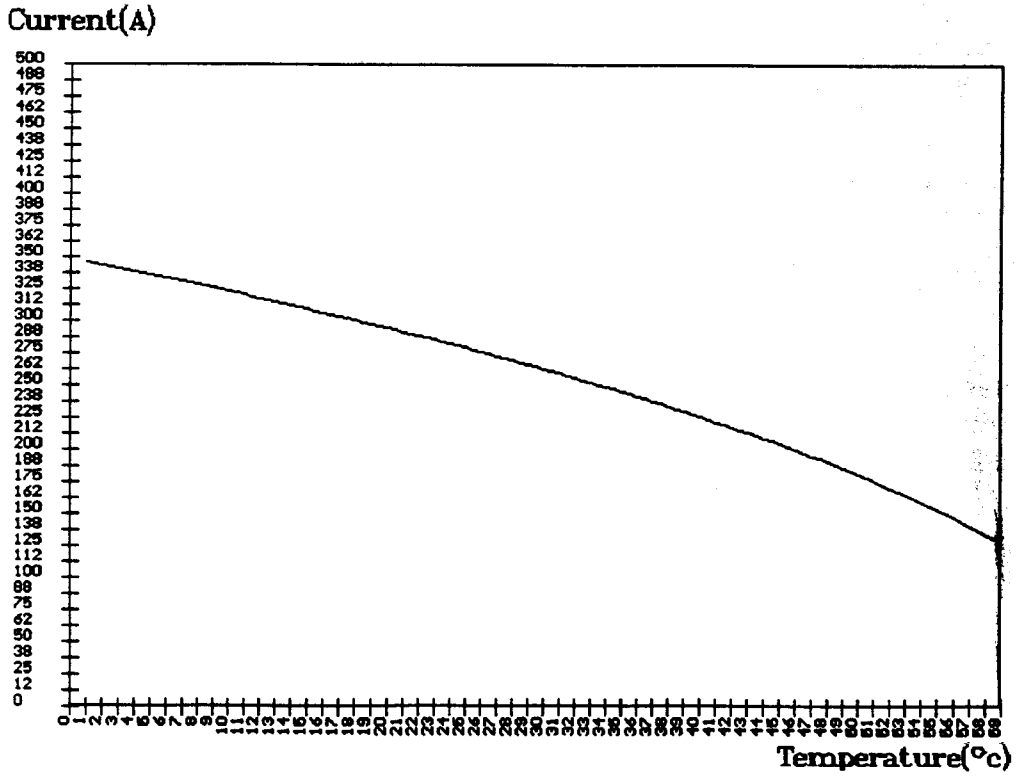
باتوجه‌به مقدمه فوق برای تغییرات دمای محیط از صفر تا ۶۰ درجه سانتیگراد حداکثر جریان مجاز هادی باتوجه‌به شرایط زیر برای هادیهای ACSR محاسبه شده است.

- حداکثر دمای مجاز هادی ۷۵ درجه سانتیگراد
- فشار هوا ۰/۹۵ اتمسفر
- سرعت باد ۶۰ سانتیمتر بر ثانیه
- مقاومت و قطر هادی براساس جدول (۳)

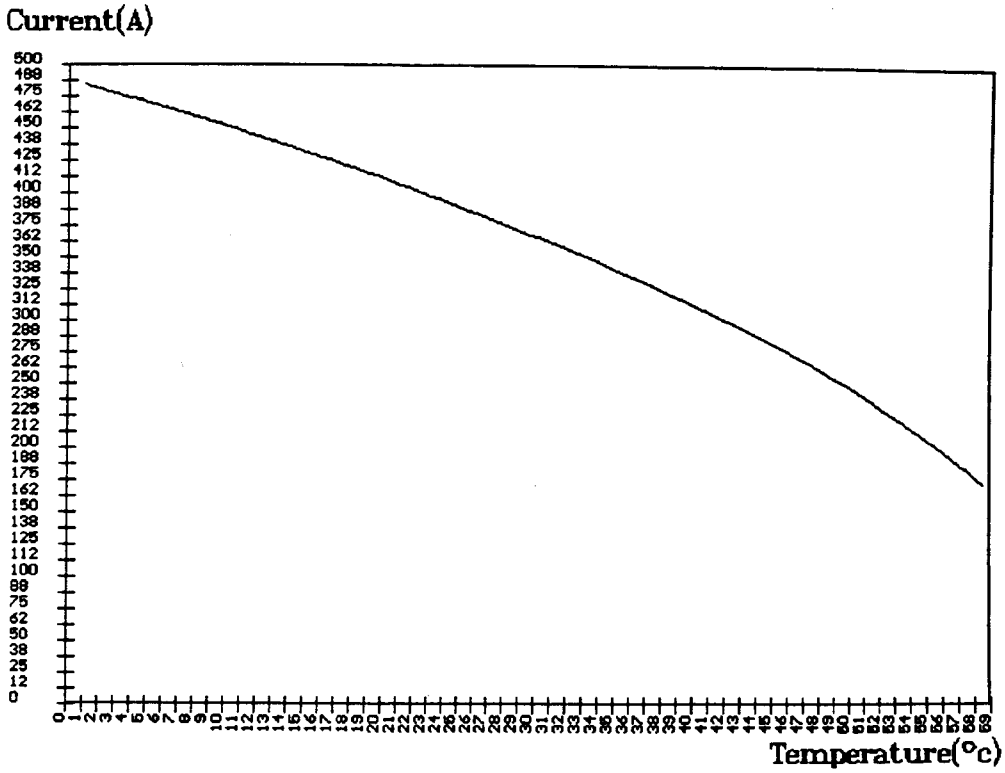
نتایج محاسبات به‌صورت منحنیهایی در شکلهای (پ-۱) تا (پ-۴) آمده است.



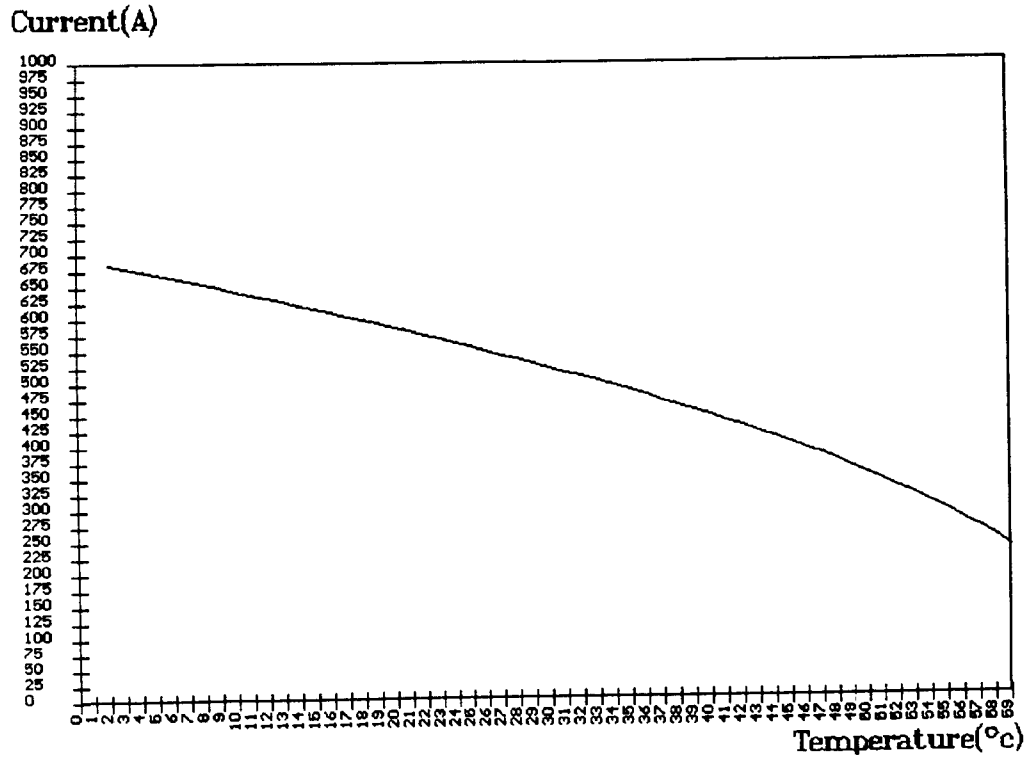

شکل (پ-۱) منحنی تغییرات جریان مجاز هادی فاکس نسبت به تغییرات دمای محیط




شکل (پ-۲) منحنی تغییرات جریان مجاز هادی مینک نسبت به تغییرات دمای محیط




شکل (پ-۳) منحنی تغییرات جریان مجاز هادی هاینا نسبت به تغییرات دمای محیط




شکل (پ-۴) منحنی تغییرات جریان مجاز هادی لینکس نسبت به تغییرات دمای محیط

بسمه تعالی

*جمهوری اسلامی ایران*

*وزارت نیرو*

# شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

*( توانیر )*

*معاونت تحقیقات وفن آوری*

**دفتر استانداردها**

# استاندارد خطوط هوایی توزیع

**شماره استاندارد : ٦-٥١**

**کراس آرمها و آرایش پایه های بکار رفته در شبکه توزیع ( جلد ششم )**

تدوین کننده : ***پژوهشگاه نیرو- پژوهشکده برق***

---

آدرس : تهران – میدان ونک – خیابان شهید عباسپور – ساختمان مرکزی

صندوق پستی ۶۴۶۷-۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ دورنگار : ۸۷۹۷۷۶۷

## پیشگفتار

پس از تدوین هر استاندارد و استفاده از آن به مرور نیازها و مشکلات مرتبط با آن شناخته شده و تکمیل و تجدیدنظر در آن امری لازم و ضروری می‌باشد، از آنجائیکه استاندارد ساختمان شبکه‌های توزیع نیرو، سالها پیش تدوین شده و اقدامی جهت تکمیل و تجدیدنظر در آن صورت نگرفته بود، به دلایل زیر تصمیم به بازنگری در آن گرفته شد:

- با توجه به گذشت چند سالی از تدوین استاندارد قدیم بایستی تحقیقات و بررسیهای لازم جهت استاندارد نمودن محصولات جدید و منسوخ نمودن محصولات قدیم صورت پذیرد.
- قیمت زیاد تجهیزات، دقت در امر خرید را طلب می‌کند و با توجه به گستردگی و پیچیدگی تجهیزات، دقت در مشخصات فنی وسایل، امکان مقایسه فنی محصولات سازندگان مختلف و مقید کردن آنها به رعایت موازین استاندارد را فراهم می‌سازد.
- با توجه به افزایش کادر فنی متخصص امکان محاسبه و طراحی به صورت خاص و با توجه به شرایط هر منطقه می‌باشد لذا ایجاد یکنواختی باید تنها در مجموعه‌ها یا تجهیزاتی که تابع شرایط خاص محیطی نباشد صورت گیرد بنابراین بجای استفاده از طرحهای نمونه با تنوع کم، معیارها و استانداردهای طراحی مطرح و در کنار آن در موارد خاص از طرحهای نمونه با تنوع زیاد استفاده شود.

با توجه به اولویتها ونیازهای فعلی شبکه‌های توزیع، استانداردهای زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

الف- استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

ب - استاندارد خازنهای به کار رفته در شبکه‌های توزیع

پ - استاندارد راکتورهای به کار رفته در شبکه توزیع

ت - استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای به کار رفته در شبکه توزیع

ث - استاندارد روشنایی معابر

ج - استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع

چ - استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع

ح - استاندارد انشعابات شبکه‌های توزیع

خ - استاندارد خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

جزوه حاضر جلد ششم از استاندارد خطوط هوایی توزیع از سری استانداردهای شبکه‌های توزیع می‌باشد. پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی در تاریخ ۱۴ و ۱۵ شهریور سال ۱۳۷۴ مورد بررسی نمایندگان شرکتهای توزیع قرار گرفت، مطابق نظرات عنوان شده توسط دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی و جلسه فوق‌الذکر، تصمیم گرفته شد که این استاندارد با توجه به مباحث مطرح شده در قالب جلدهای جداگانه زیر تهیه گردد:

جلد اول: معیارهای طراحی و جداول کاربردی

جلد دوم: تیرهای بتنی مسلح و پیش تنیده

جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس‌آرمهای چوبی به کار رفته در شبکه توزیع

جلد چهارم: مقره‌های به کار رفته در شبکه توزیع

جلد پنجم: هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع

جلد ششم: کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های به کار رفته در شبکه توزیع

در تهیه این استاندارد سعی شده است که امکانات و مهارتهای موجود و قابلیتهای شرکتهای توزیع برق در نظر گرفته شود. در تهیه این استاندارد منابع زیر مورد استفاده قرار گرفته است:

[۱]استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق، وزارت نیرو، چاپ پنجم، شهریور ۱۳۶۴.

[۲]استاندارد هادیهای خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۳]آئین‌نامه و استاندارد بارگذاری خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۴]فواصل مجاز از خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۵]طراحی خطوط انتقال، علی محمد رنجبر و امیرمنصور قاضی زاهدی، چاپ اول، ۱۳۶۳.

[6] National Electrical Safety Code - 1984 Edition.

[7] American Institute of Steel Construction.

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| ۱- هدف و دامنه کاربرد | ۱ |
| ۲- معیارهای طراحی کراس آرم | ۱ |
| ۲-۱- معیارهای الکتریکی | ۱ |
| ۲-۲- معیارهای مکانیکی | ۳ |
| ۲-۳- نکات تجربی طراحی | ۴ |
| ۳- انتخاب کراس آرم جهت استفاده | ۷ |
| ۳-۱- کراس آرم ۱/۵ متری | ۸ |
| ۳-۲- کراس آرم ۱/۵ متری با مقره سوزنی ۳۳KV | ۱۰ |
| ۳-۳- کراس آرم ۱/۵ متری دو مداره | ۱۲ |
| ۳-۴- کراس آرم جناقی | ۱۴ |
| ۳-۵- کراس آرم دو متری | ۱۶ |
| ۳-۶- کراس آرم ۱/۵ و ۲ متری دو مداره | ۱۸ |
| ۳-۷- کراس آرم پرچمی | ۲۰ |
| ۳-۸- کراس آرم ۲ متری L شکل | ۲۲ |
| ۳-۹- کراس آرم ۲ متری L شکل با یک مقره آویزی | ۲۴ |
| ۳-۱۰- کراس آرم L شکل با دو بازوی ۱/۵ و ۲ متری | ۲۶ |
| ۳-۱۱- یک نمونه از خط ترانسپوزه | ۲۸ |
| ۳-۱۲- جداول انتخاب نبشی | ۳۱ |
| ۴- سکوی ترانسفورماتور | ۴۶ |
| ۴-۱- مشخصات فنی | ۴۶ |

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| **پیوست** | |
| (الف) شرایط تعیین کراس آرم با استفاده از استاندارد AISC | |
| (ب) شرایط تعیین ناودانی‌های سکوی ترانسفورماتور با استفاده از استاندارد AISC | |
| (پ) مشخصات فنی نبشی | |
| (ت) مشخصات فنی ناودانی | |
| (ث) مشخصات ترانسفورماتورهای ۲۰ KV و ۳۳ KV | |
| (ج) شکل پایه بتونی | |
| (چ) شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور | |

## ۱- هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد شامل معیارهای طراحی الکتریکی و مکانیکی کراس آرم در خطوط توزیع و همچنین کراس آرمهای مناسب برای شرایط آب و هوایی و هادیهای مختلف می‌باشد. با توجه به حجم بالای خطوط هوایی استفاده شده در شبکه‌های توزیع و شرایط مختلف آب و هوایی کشور و به منظور انتخاب مناسب کراس آرم و نیز تنوع‌زدایی، کراس آرمهای مناسب محاسبه و ارائه شده‌اند.

## ۲- معیارهای طراحی کراس آرم

### ۲-۱- معیارهای الکتریکی:

شامل دو فاصله است که باید در طراحی در نظر گرفته شوند.

#### ۲-۱-۱- فاصله هادی از پایه:

حداقل فاصله هادی از پایه و ملحقات آن از نظر الکتریکی طبق رابطه زیر تعیین می‌شود. [۶]

$$l_{min} = ۱۲۵ + ۵ \times (u - ۸/۷) \qquad (۱)$$

$l_{min}$ : حداقل فاصله هادی از پایه و ملحقات آن (mm)

u : ولتاژ خط (KV)

طبق این رابطه حداقل فاصله هادی خط ۲۰KV از پایه و ملحقات آن ۱۸۱/۵ میلیمتر بدست می‌آید. این فاصله برای خط ۳۳KV برابر ۲۴۶/۵ میلیمتر است. اما فاصله هادی از پایه را مسائل دیگری نیز محدود می‌کند که محدودیت فوق را تحت شعاع قرار می‌دهد. این محدودیتها در بند ۲-۳ ذکر شده است.

#### ۲-۱-۲- فاصله فازها از یکدیگر:

حداقل فاصله فازها از یکدیگر با استفاده از رابطه (۲) بدست می‌آید. [۵]

$$PC = K_e \sqrt{l_{max}} + L_l + \frac{U}{۱۵۰} \qquad (۲)$$

PC[1] : حداقل فاصله فازها از یکدیگر (m)

f : فلش خط (m)

$L_1$ : طول زنجیره مقره (m) (اگر مقره سوزنی باشد $L_1 = 0$ است)

u : ولتاژ خط (KV)

$K_e$ : ضریبی است که با توجه به نوع سیم و موقعیت فازها طبق جدول (۱) تعیین می‌شود.

***جدول (۱) مقدار ضریب $K_e$ با توجه به سطح مقطع و جنس هادیها و موقعیت فازها***

| جنس سیم | نام سیم | سطح مقطع ($mm^2$) | ضریب $K_e$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | سیمهای عمودی | سیمهای افقی | سیمهای 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 |
| آلومینیم با هسته فولاد | فاکس | ۴۲/۷۷ | ۰/۸۵ | ۰/۶۵ | ۰/۷۰ |
| | مینک | ۷۳/۶۵ | ۰/۸۵ | ۰/۶۵ | ۰/۷۰ |
| | هاینا | ۱۲۶/۴۳ | ۰/۷۵ | ۰/۶۲ | ۰/۶۵ |
| | لینکس | ۲۲۶/۲ | ۰/۷۵ | ۰/۶۲ | ۰/۶۵ |

با توجه به اینکه حداکثر فلش روی اسپن معمولاً از ۲ متر تجاوز نمی‌کند بنابراین با توجه به رابطه (۲) و برای بزرگترین هادی در حالت عمودی، نیازی به PC های بزرگتر از ۱/۳ متر نمی‌باشد بنابراین در طرحهای پیشنهادی PC حداکثر ۱/۳ متر در نظرگرفته شده است و در طرحهای با فاصله فازهای کم محدودیت فلش به عنوان عامل محدودکننده ذکر شده است.

برای PC یک مقدار حداقل وجود دارد این مقدار اندازه‌ای است که اگر PC از این مقدار کاهش یابد محدودیت ناشی از آن روی فلش سبب می‌شود طراحی خط از نظر اقتصادی مناسب نباشد.

**تذکر:** حداکثر اسپن با توجه به رابطهٔ زیر برحسب فلش ماکزیمم بدست می‌آید و در تمامی حالات، اسپن مورد استفاده باید کوچکتر از اسپن بدست آمده باشد.

W، نیروی قائم وارد بر سیم و H کشش سیم می‌باشد. [۵]

$$S = \frac{2H}{W} \cosh^{-1}\left(\frac{fw}{H} + 1\right) \qquad (۳)$$

(۱) Phase Clearance

## ۲-۲- معیارهای مکانیکی

معیارهای مکانیکی شامل محدودیت روی نیروهایی است که به کراس آرم وارد می‌شوند. نیروهایی که به کراس آرم وارد می‌شوند بطورکلی به دو دسته نیروهای افقی و نیروهای قائم تقسیم می‌شوند.

### ۲-۲-۱- نیروی قائم

نیروی قائم وارد برکراس آرم از طرف هر سیم برابر است با وزن واحد طول سیم (با در نظرگرفتن یخ و برف در صورت وجود) ضربدر طول اسپن وزنی که مطابق رابطه (۴) قابل محاسبه است. [۵]

$$T_v = [W_w + ۰/۹۱۳ \times \pi \times i \times (i + d) \times ۱۰^{-۳}] \times S_v \qquad (۴)$$

$T_v$ : نیروی قائم وارد برکراس آرم از طرف هر سیم (Kg)

$W_w$ : وزن واحد طول سیم (Kg/m)

i : ضخامت یخ دور سیم (mm)

d : قطر سیم (mm)

$S_v$ : اسپن وزنی (m)

### ۲-۲-۲- نیروهای افقی

نیروی افقی وارد برکراس آرم از طرف هر سیم در پایه‌های میانی و گوشه‌ای متفاوت است.

در پایه‌های میانی این نیرو همان نیروی باد وارد بر سیم است که به پایه منتقل می‌شود و از حاصلضرب اسپن بادگیر در نیروی باد مطابق رابطه (۵) می‌آید. [۵]

$$T_{t_1} = (P_w \times d \times ۱۰^{-۳}) \times S_w \qquad (۵)$$

$T_{t_1}$ : نیروی افقی وارد برکراس آرم در پایه‌های میانی از طرف هر سیم (Kg)

$P_w$ : فشار باد ($Kg/m^۲$)

d : قطر سیم (mm)

$S_w$ : اسپن بادگیر (m)

در پایه‌های گوشه‌ای علاوه بر نیروی باد نیروی ناشی از زاویه‌دار بودن خط هم به کراس آرم نیرو وارد می‌کند. در اینصورت نیروی افقی کل از رابطه (۶) محاسبه می‌شود. |۵|

$$T_{t_2} = 2H \sin\frac{\gamma}{2} + (P_w \times d \times 10^{-3}) \times S_w \qquad (۶)$$

$T_{t_2}$: نیروی افقی وارد بر کراس آرم در پایه‌های گوشه‌ای از طرف هر سیم (Kg)

H: کشش افقی سیم (Kg)

$\gamma$: زاویه انحراف خط

توجه به این نکته لازم است که همواره نیروی افقی وارد بر کراس‌آرم در امتداد محور کراس آرم است.

در پایه‌های انتهایی نیروی افقی وارد بر سیم در دو مسیر عمود بر هم وزش باد و امتداد سیم وجود دارد.

در نتیجه اندازه نیروی افقی وارد بر کراس آرم در پایه‌های انتهایی از رابطه (۷) بدست می‌آید: |۵|

$$T_{t2} = \sqrt{H^2 + \left((P_w \times d \times 10^{-3}) \times \frac{S_w}{2}\right)^2} \qquad (۷)$$

با استفاده از روابط موجود در پیوست (الف) این شرایط مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به نیروهای قائم و افقی که در شرایط مختلف و با هادیهای مختلف وجود دارد برای یک شرایط مورد نظر از نظر مکانیکی کراس آرمی مناسب است که توان تحمل نیروهای افقی و قائم وارد بر آن را داشته باشد.

## ۲-۳- نکات تجربی طراحی

علاوه بر معیارهای الکتریکی و مکانیکی که در بالا ذکر شد نکات تجربی دیگری نیز در طراحی کراس آرمها در نظر گرفته شده است.

**۲-۳-۱-** عاملی که حداقل فاصله افقی سیم از پایه را معین می‌کند احتمال برقراری اتصال بین هادی و پایه در اثر قرارگرفتن پرندگان بین آن دو می‌باشد. این فاصله باید به اندازه‌ای باشد که قرارگرفتن پرندگان موجود در منطقه با بال باز بین هادی و پایه اتصال برقرار نکند.

برای این منظور معمولاً فاصله افقی فاز تا پایه ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر مناسب است.

۲-۳-۲- فاصله سیم از پایه بگونه‌ای در نظر گرفته شده است که امکان دسترسی کارگر به آن وجود داشته باشد و تعمیرکار بتواند به راحتی عمل تعمیر و یا تعویض را انجام دهد.

۲-۳-۳- برای مناطقی که مشکل حریم وجود دارد کراس آرمهای مناسب با بازوهای کوتاه در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۴- کراس آرم‌ها به گونه‌ای طراحی شده اند که امکان تعویض سیم به راحتی وجود داشته باشد. مثلاً سیم داخل یک حلقه قرار نگیرد.

۲-۳-۵- در خطهای دو مداره کراس آرم بگونه‌ای طراحی شده است که با قطع یک مدار، مدار دیگر منهدم نشود و کل شبکه بی برق نشود.

۲-۳-۶- امکان انشعاب گرفتن از خط نیز در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۷- در پایه‌های گوشه‌ای و انتهایی که نیاز به مقره آویزی می‌باشد توجه شده است که انحراف مقره سبب کاهش بیش از حد مجاز فاصله هادیها از هم یا هادی از پایه نشود.

۲-۳-۸- بازوهای کراس آرم بگونه‌ای طراحی شده‌اند که بعلت داشتن شیب سبب جمع شدن یخ در یک نقطه و عدم تعادل کراس آرم نشوند.

۲-۳-۹- امکان استقرار ترانسفورماتور و نصب کات اوت فیوز نیز در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۱۰- در صورت لزوم می‌توان با کراس آرمهای پیشنهادی امکان عبور خط فشار ضعیف از زیر خط

فشار متوسط با رعایت فاصله لازم را فراهم کرد.

۲-۳-۱۱- امکان ترانسپوزه کردن خطوط در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۱۲- در طراحی کراس آرمها سعی شده است توازن بین نیروهای عمودی طرفین رعایت شود.

## ۳- انتخاب کراس آرم جهت استفاده

به منظور انتخاب یکی از کراس آرمهای ارائه شده در این استاندارد به مشخصات و شرایط آن رجوع شود. در صفحهٔ مشخصات، مقادیر حداکثر فلش مجاز، نبشی‌هایی که امکان استفاده از آنها بعنوان کراس آرم وجود دارد در هر شرایط آب و هوایی برای هادی‌های استاندارد خطوط توزیع [۱] در اسپن‌های مختلف از ۶۰ متر تا ۱۰۰ متر و فاصله مجاز در کراس آرمهای مخصوص مناطق دارای مشکل حریم، ارائه شده است. بدین ترتیب برای هر حالت می‌توان بهترین کراس آرم را انتخاب نمود.

لازم به تذکر است که استاندارد تعیین کراس آرم برای پایه‌های ارائه شده با توجه به محاسبهٔ نیروی مکانیکی وارد بر کراس آرم در شرایط مختلف است که همانطور که قبلاً نیز بیان شد در پیوست (الف) روابط مربوط به تعیین نوع نبشی مجاز آورده شده است.

همچنین در این کراس آرمها با در نظر گرفتن اسپن‌های مختلف در پایه‌های مختلف با توجه به شرایط هر کدام نیروهای وارد بر مقره‌ها از نیروهای مجاز وارد بر آن کمتر می‌باشند.

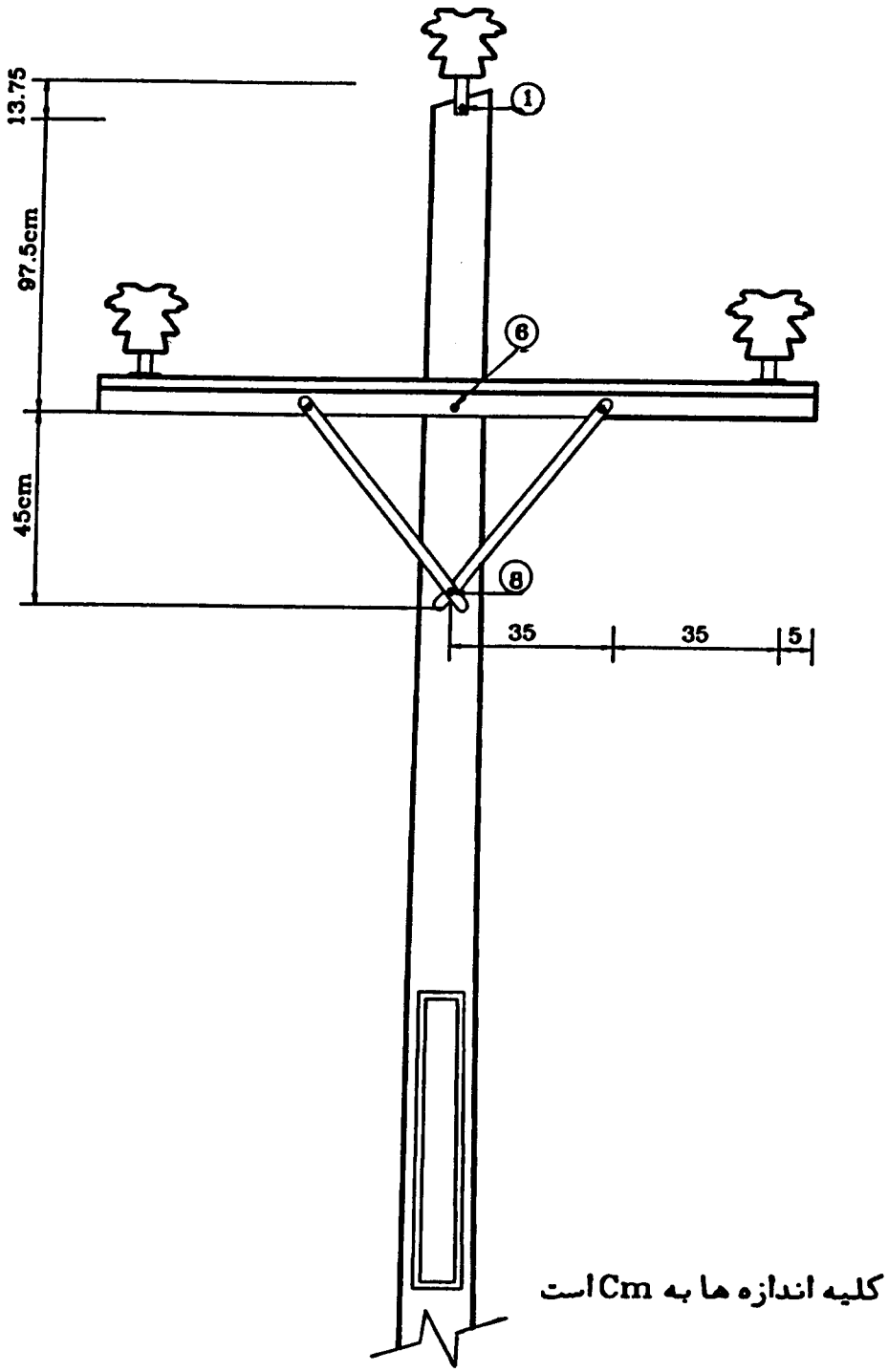
با توجه به محاسبات انجام شده، تسمه های مورد نیاز دارای عرض ۵۰ و ضخامت ۵ میلیمتر و طول داده شده در هر مورد می‌باشند.

در محل اتصال نبشی به پایه، تسمه به نبشی و نبشی به نبشی از پیچ شماره M12 از نوع A490 استفاده می‌گردد.

---

(۱) جلد پنجم استاندارد خطوط هوایی توزیع با عنوان: هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع

## طرح شماره (۱) : کراس آرم ۱/۵ متری




شکل (۱): کراس آرم ۱/۵ متری

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل** :استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء** : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| **دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **تاریخ:** تیر ماه ۱۳۷۷ | **صفحه:** ۸ |

۳-۱-۱- مشخصات فنی

۳-۱-۱-۱- هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۵ متر، یک عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)

۳-۱-۱-۲- حائل تسمه‌ای گالوانیزه بطول ۰/۶۲ متر، دو عدد

۳-۱-۱-۳- مقره سوزنی سه عدد

۳-۱-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۱/۲۷ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۲) محدود می‌شود.

جدول (۲) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر

| ولتاژ خط / نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۲/۳۲ | ۱/۹۶ |
| هاینا و لینکس | ۲/۷ | ۲/۲۷ |

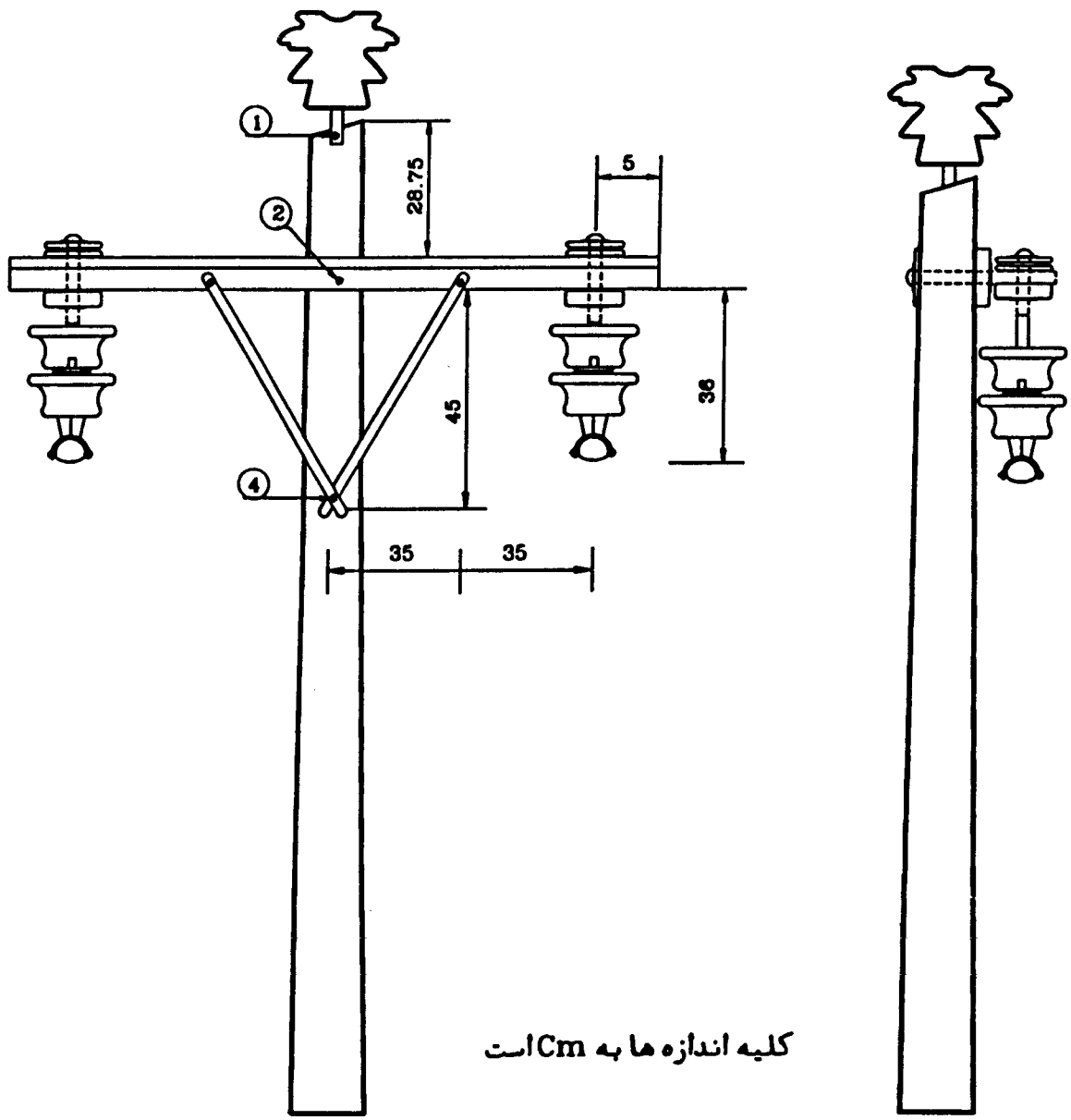
۳-۱-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:

با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جداول (۱۲و۱۳و۱۴) استفاده نمود. در این جدولها نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی، گوشه‌ای و انتهایی آورده شده است.

۳-۱-۴- کاربرد:

با توجه به اینکه این کراس آرم از قابلیت تحمل فلش زیاد و همچنین اسپنهای بالایی برخوردار است از آن می‌توان در مسیرهای مستقیم طولانی که مشکل حریم وجود ندارد استفاده کرد. همچنین در جدولهای (۱۸و۱۹و۲۰) نبشی‌های مجاز بعنوان کراس آرم برای این شکل پایه در اسپن‌های بزرگ از ۱۵۰m تا ۲۵۰m آورده شده است.

## طرح شماره (۲) کراس آرم ۱/۵ متری با مقره سوزنی ۳۳kv




کلیه اندازه ها به Cm است

شکل (۲): کراس آرم ۱/۵ متری با مقره سوزنی ۳۳kv

| | | |
|---|---|---|
| عنوان کل :استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی | تاریخ: تیر ماه ۱۳۷۷ | صفحه: ۱۰ |

۳-۲-۱- مشخصات فنی:

۳-۲-۱-۱- هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۵ متر، یک عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)

۳-۲-۱-۲- حائل تسمه‌ای گالوانیزه بطول ۶۲ سانتیمتر، دو عدد

۳-۲-۱-۳- مقره سوزنی ۳۳KV یک عدد

۳-۲-۱-۴-مقره بشقابی دو عدد

۳-۲-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۱/۲۳m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۳) محدود می‌شود.

جدول (۳) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر

| ولتاژ خط / نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۲/۰۹ | ۱/۷۲ |
| هاینا و لینکس | ۲/۴۹ | ۲/۰۵ |

۳-۲-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:

با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جداول (۱۲و۱۳و۱۴) استفاده نمود.

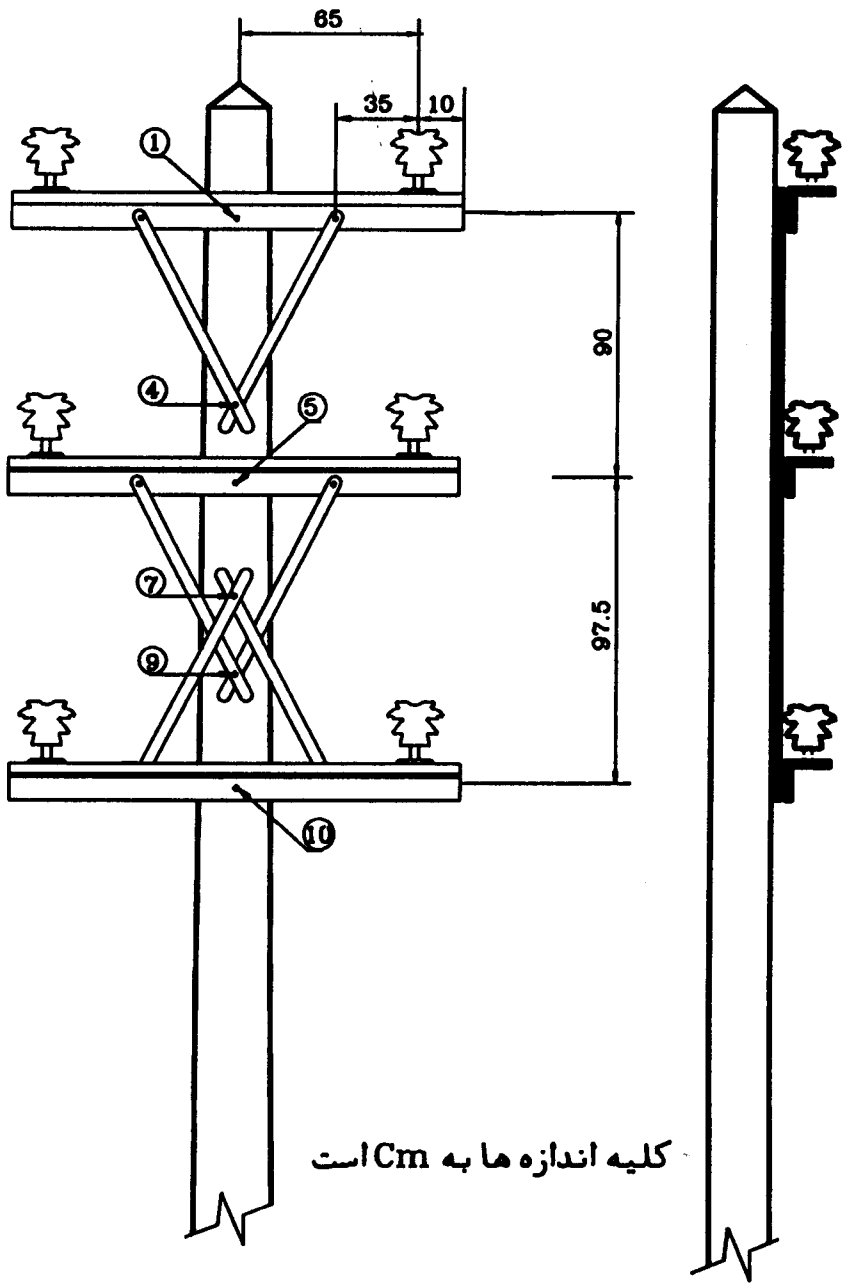
در این جدولها نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی، گوشه‌ای و انتهایی آورده شده است.

۳-۲-۴- کاربرد:

این کراس آرم برای مناطقی که مشکل آلودگی هوا و یا یخبندان دارد در مسیرهای مستقیم طولانی که مشکل حریم ندارند مناسب است.

همچنین در جدولهای (۱۸و۱۹و۲۰) نبشی‌های مجاز بعنوان کراس آرم برای این شکل پایه در اسپن‌های بزرگ از ۱۵۰m تا ۲۵۰m آورده شده است. ولی از این شکل پایه بهتر است تا اسپن ۲۰۰m برای هادیهای سنگین استفاده شود.

## طرح شماره (۳) کراس آرم ۱/۵ متری دو مداره




شکل (۳): کراس آرم ۱/۵ متری دو مداره

| | | |
|---|---|---|
| عنوان کل :استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی | تاریخ: تیر ماه ۱۳۷۷ | صفحه: ۱۲ |

۳-۳-۱- مشخصات فنی

۳-۳-۱-۱- هر کدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۵ متر، سه عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)

۳-۳-۱-۲- حائل تسمه‌ای گالوانیزه بطول ۷۵ سانتیمتر ۶ عدد

۳-۳-۱-۳- مقره سوزنی شش عدد

۳-۳-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۰/۹ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۴) محدود می‌شود.

جدول (۴) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر

| ولتاژ خط / نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۰/۸۱ | ۰/۶۴ |
| هاینا و لینکس | ۱/۰۴ | ۰/۸۲ |

۳-۳-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:

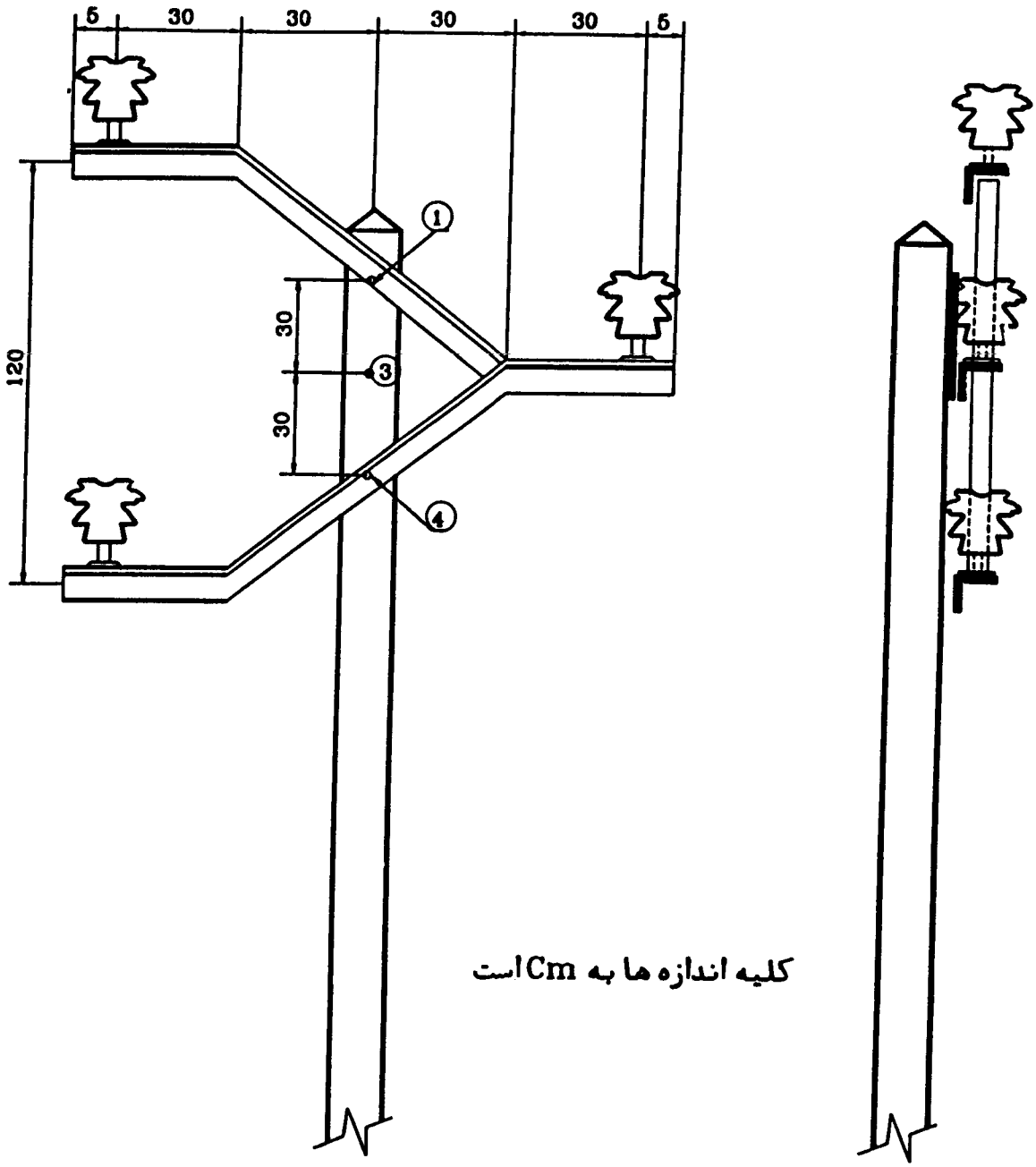
با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جداول (۱۲و۱۳و۱۴) استفاده نمود. با توجه به این نکته که شرایط فوق سنگین برای این شکل پایه قابل استفاده نمی‌باشد و شرایط سنگین تنها برای هادی قوی صدق می‌کند و بهتر است از هادی فاکس استفاده نشود.

در این جدولها نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی، گوشه‌ای و انتهایی آورده شده است.

۳-۳-۴- کاربرد:

این کراس آرم برای خطوط دوبل در مسیرهای مستقیم طولانی مناسب است. این کراس آرم از نظر مشکل حریم از کراس آرم سه صلیبی ۱/۵ و ۲ متری مناسب‌تر است.

## طرح شماره (۴) کراس آرم جناقی




**کلیه اندازه ها به Cm است**

شکل (۴): کراس آرم جناقی

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل** :استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء** : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| **دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **تاریخ**: تیر ماه ۱۳۷۷ | **صفحه**: ۱۴ |

**۳-۴-۱- مشخصات فنی**

**۳-۴-۱-۱-** هر کدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۵ متر، دو عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)

**۳-۴-۱-۲-** مقره سوزنی سه عدد

**۳-۴-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:**

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۱/۲ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۵) محدود می‌شود.

**جدول (۵) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر**

| ولتاژ خط / نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۱/۵۷ | ۱/۳۳ |
| هاینا و لینکس | ۲/۰۲ | ۱/۷۱ |

**۳-۴-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:**

با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جداول (۱۲و۱۳و۱۴) استفاده نمود. برای این شکل پایه بهتر است از هادی فاکس بجز در شرایط سبک استفاده نشود.

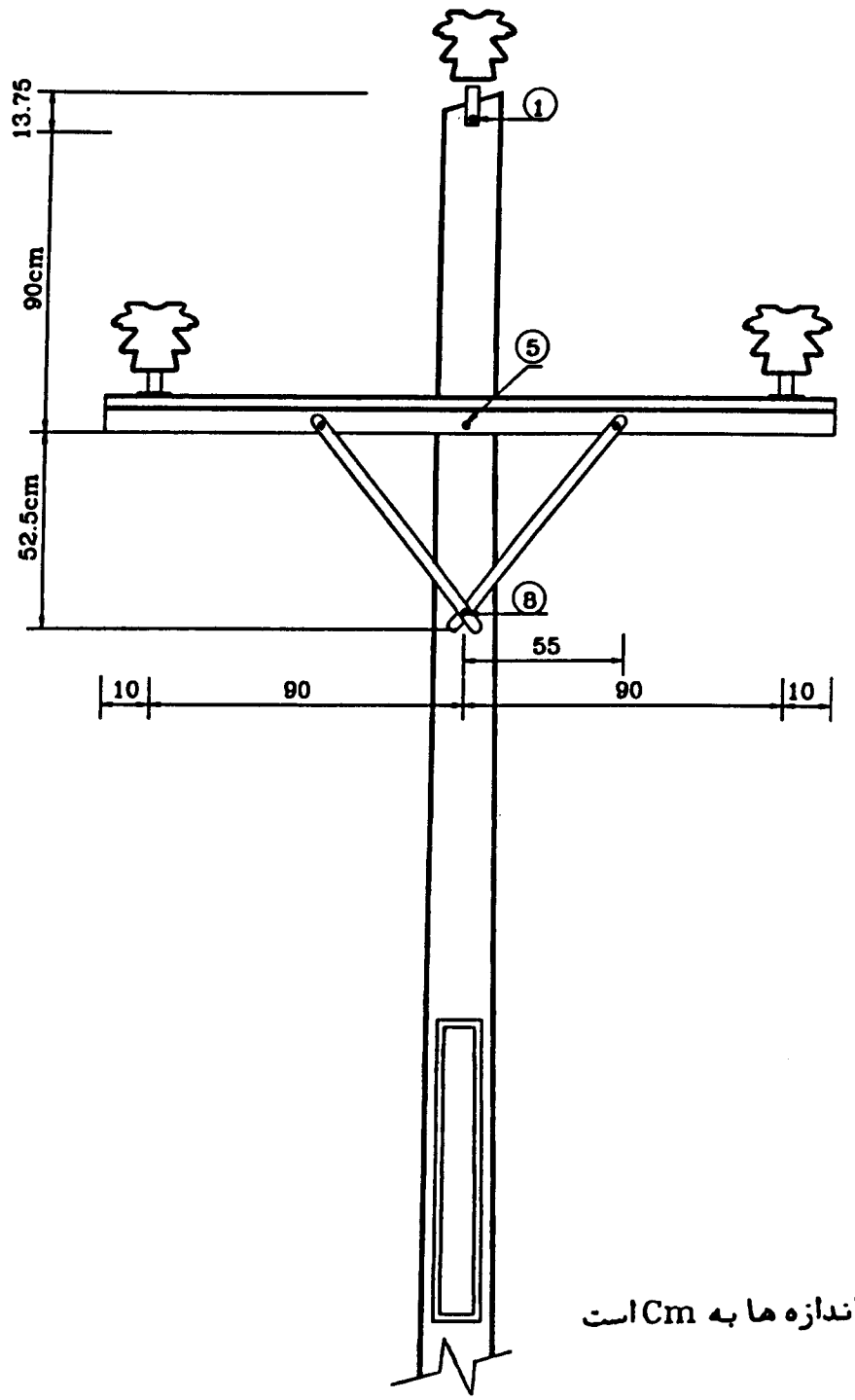
در این جدولها نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی، گوشه‌ای و انتهایی آورده شده است.

**۳-۴-۴- کاربرد:**

این کراس آرم نسبت به کراس آرم ۱/۵ متری فلش الکتریکی بیشتری را می‌تواند تحمل کند و همچنین از نظر مشکل حریم مناسب‌تر است. اما از نظر مکانیکی اسپن‌های کوتاهتری را می‌تواند تحمل کند.

همچنین در جدولهای (۱۸و۱۹و۲۰) نبشی‌های مجاز بعنوان کراس آرم برای این شکل پایه در اسپن‌های بزرگ از ۱۵۰m تا ۲۵۰m آورده شده است. بهتر است در صورت لزوم از این شکل پایه تا اسپن ۲۰۰ m با هادی سنگین استفاده شود.

## طرح شماره (۵) کراس آرم ۲ متری




شکل (۵): کراس آرم ۲ متری

| | | |
|---|---|---|
| عنوان کل :استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی | تاریخ: تیر ماه ۱۳۷۷ | صفحه: ۱۶ |

**۳-۵-۱- مشخصات فنی**

**۳-۵-۱-۱-** هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۲ متر، یک عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)

۳- حائل تسمه‌ای گالوانیزه بطول ۰/۸ متر، دو عدد

۴- مقره سوزنی سه عدد

**۳-۵-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:**

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۱/۲۷ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۶) محدود می‌شود.

**جدول (۶) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر**

| ولتاژ خط<br>نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۲/۶۴ | ۲/۲۵ |
| هاینا و لینکس | ۳/۰۶ | ۲/۶ |

**۳-۵-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:**

با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جداول (۱۵و۱۶و۱۷) استفاده نمود.

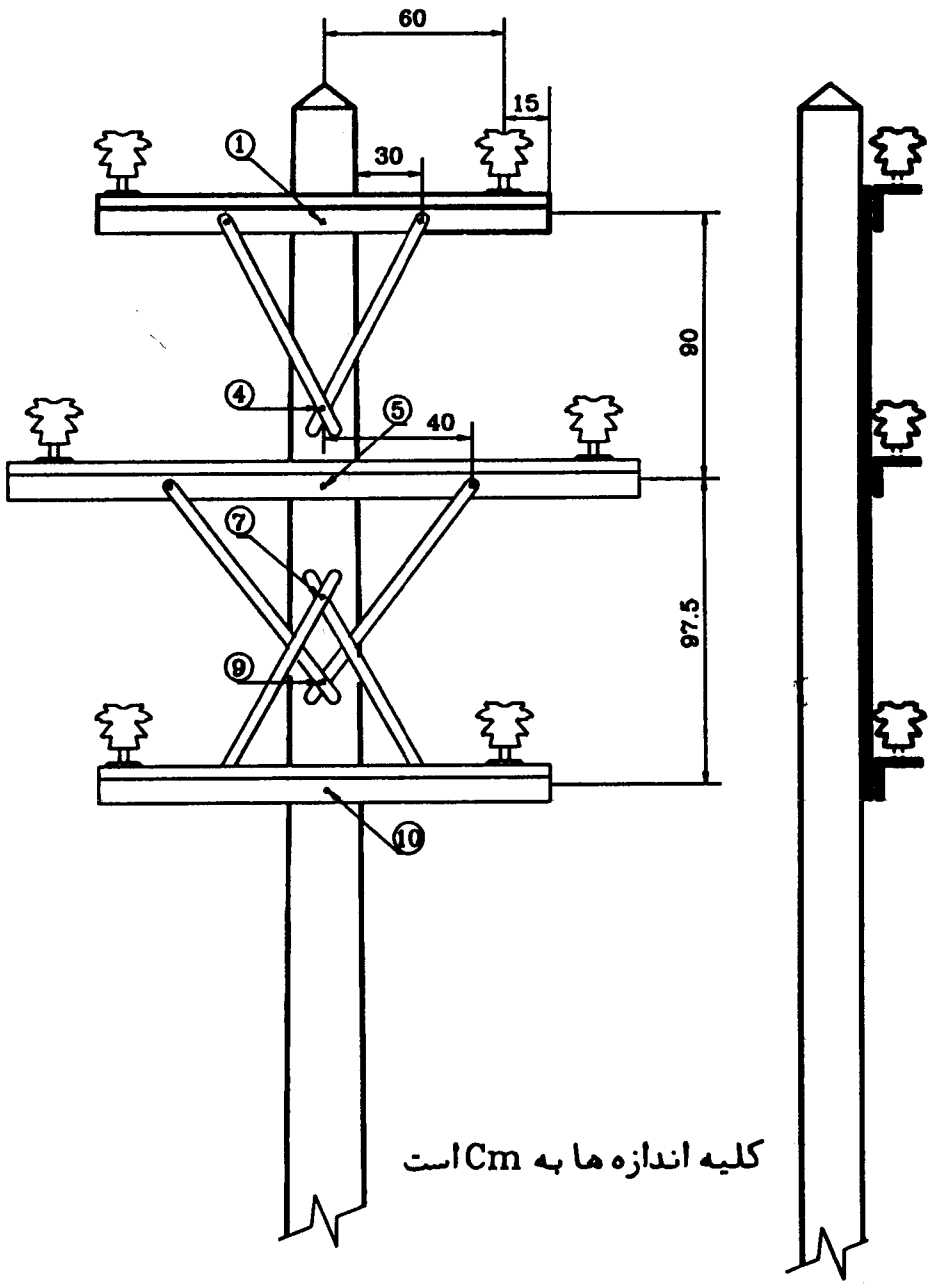
در این جدولها نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی، گوشه‌ای و انتهایی آورده شده است.

**۳-۵-۴- کاربرد:**

با توجه به اینکه این کراس آرم از قابلیت تحمل فلش زیاد و همچنین اسپن‌های بالایی برخوردار است از آن می‌توان در مسیرهای مستقیم طولانی که مشکل حریم وجود ندارد استفاده کرد.

همچنین در جدولهای (۲۱و۲۲و۲۳) نبشی‌های مجاز بعنوان کراس آرم برای این شکل پایه در اسپن‌های بزرگ از ۱۵۰m تا ۲۵۰m آورده شده است.

## طرح شماره (۶) کراس آرم ۱/۵ و ۲ متری دو مداره




شکل (۶): کراس آرم ۱/۵ و ۲ متری دو مداره

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل** :استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء** : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| **دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **تاریخ:** تیر ماه ۱۳۷۷ | **صفحه:** ۱۸ |

**۳-۶-۱- مشخصات فنی**

**۳-۶-۱-۱- هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۲ متر، یک عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)**

**۳-۶-۱-۲- هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۵ متر، دو عدد**

**۳-۶-۱-۳- حائل تسمه‌ای گالوانیزه بطول ۰/۸ متر، دو عدد**

**۳-۶-۱-۴- حائل تسمه‌ای گالوانیزه بطول ۰/۷۵ متر، چهار عدد**

**۳-۶-۱-۵- مقره سوزنی شش عدد**

**۳-۶-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:**

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۰/۹۴ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۷) محدود می‌شود.

**جدول (۷) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر**

| ولتاژ خط<br>نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۰/۹۲ | ۰/۷۴ |
| هاینا و لینکس | ۱/۱۸ | ۰/۹۵ |

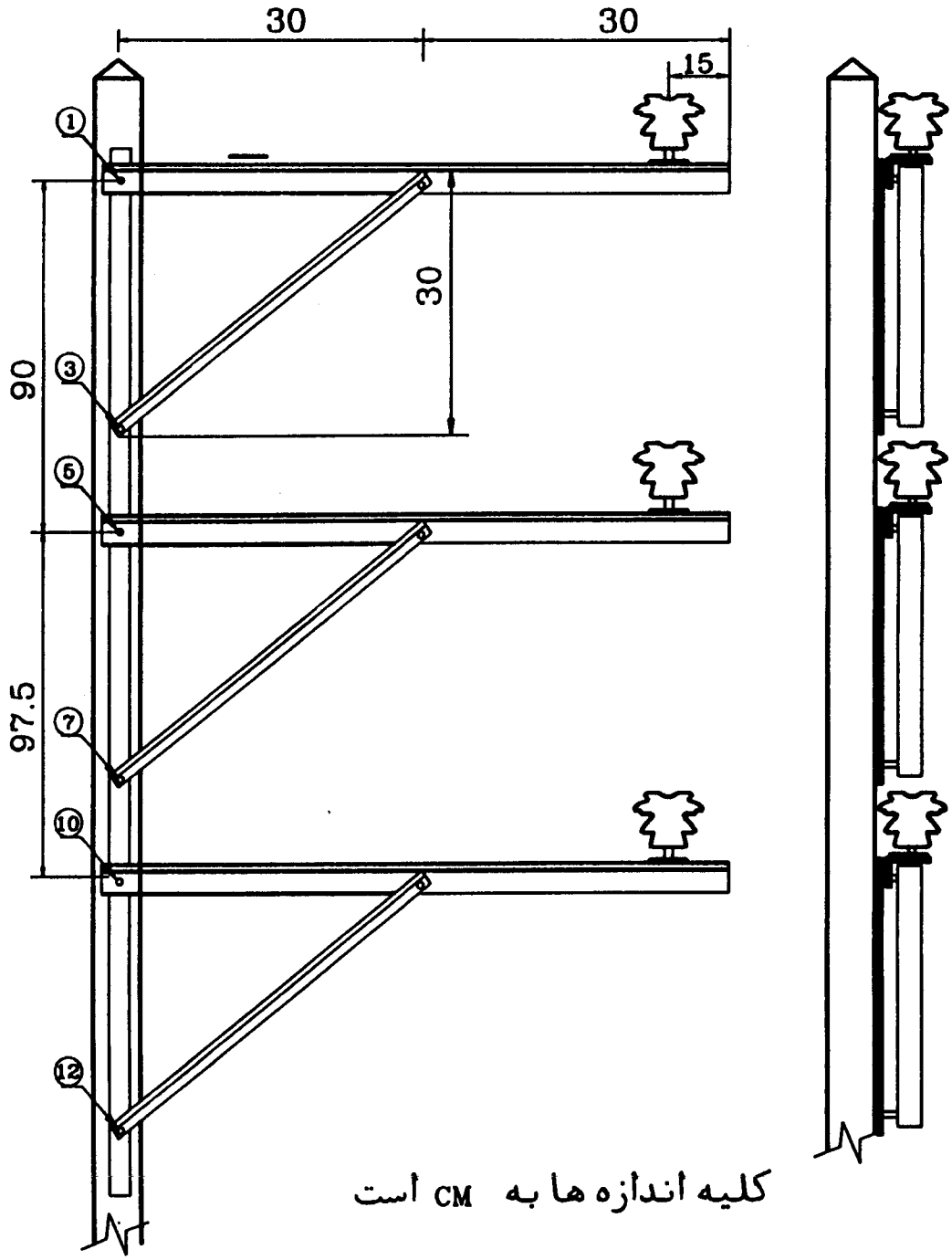
**۳-۶-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:**

با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جداول (۱۵و۱۶و۱۷) استفاده نمود. در این جدولها نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی، گوشه‌ای و انتهایی آورده شده است. همچنین در این شکل پایه بهتر است از هادی فاکس استفاده نشود.

**۳-۶-۴- کاربرد:**

این کراس آرم برای خطوط دوبل در مسیرهای مستقیم طولانی که مشکل حریم ندارند مناسب است.

## طرح شماره (۷) کراس آرم پرچمی




کلیه اندازه ها به CM است

شکل (۷): کراس آرم پرچمی

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل** :استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء** : کراس‌آرمهاو آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| **دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **تاریخ**: تیر ماه ۱۳۷۷ | صفحه: ۲۰ |

**۳-۷-۱- مشخصات فنی**

**۳-۷-۱-۱-** هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۲ متر، سه عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)

**۳-۷-۱-۲-** هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۶۷ سانتی متر، سه عدد

**۳-۷-۱-۳-** مقره سوزنی سه عدد

**۳-۷-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:**

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۰/۹ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۸) محدود می‌شود.

**جدول (۸) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر**

| ولتاژ خط<br>نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳ کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۰/۸۱ | ۰/۶۴ |
| هاینا و لینکس | ۱/۰۴ | ۰/۸۲ |

**۳-۷-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:**

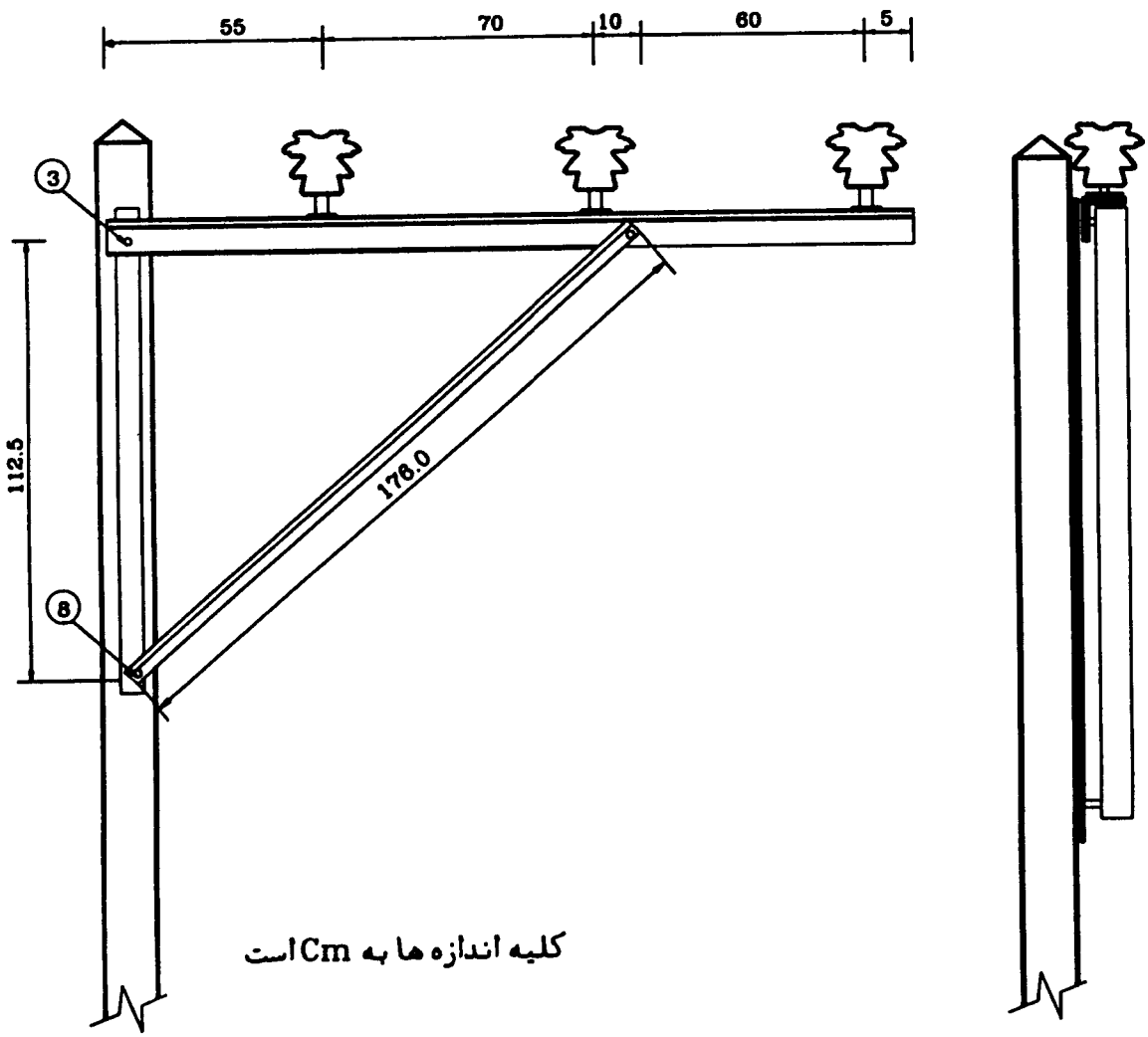
با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جدول (۲۴) استفاده نمود.

در این جدول نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی، گوشه‌ای و انتهایی آورده شده است. محاسبات مربوط به انتخاب نبشی با استفاده از نرم‌افزار SAP 90 انجام گرفته است.

**۳-۷-۴- کاربرد:**

این کراس آرم برای مناطقی که مشکل حریم دارند مناسب است، با رعایت فاصله مجاز محور تیر تا دیوار این کراس آرم نسبت به کراس آرمهای دو متری L شکل قابلیت تحمل فلش الکتریکی بیشتری را دارد.

# طرح شماره (۸) کراس آرم ۲ متری L شکل




**کلیه اندازه ها به Cm است**

شکل (۸): کراس آرم ۲ متری L شکل

**۳-۸-۱- مشخصات فنی**

**۳-۸-۱-۱-** هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۲ متر، یک عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)

**۳-۸-۱-۲-** هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱۷۶ متر، یک عدد

**۳-۸-۱-۳-** حائل تسمه‌ای گالوانیزه به طول ۱۱۲/۵ سانتی‌متر، یک عدد

**۳-۸-۱-۴-** مقره سوزنی سه عدد

**۳-۸-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:**

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۰/۷ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۹) محدود می‌شود.

**جدول (۹) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر**

| ولتاژ خط<br>نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۰/۷۶ | ۰/۵۴ |
| هاینا و لینکس | ۰/۸۳ | ۰/۶ |

**۳-۸-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:**

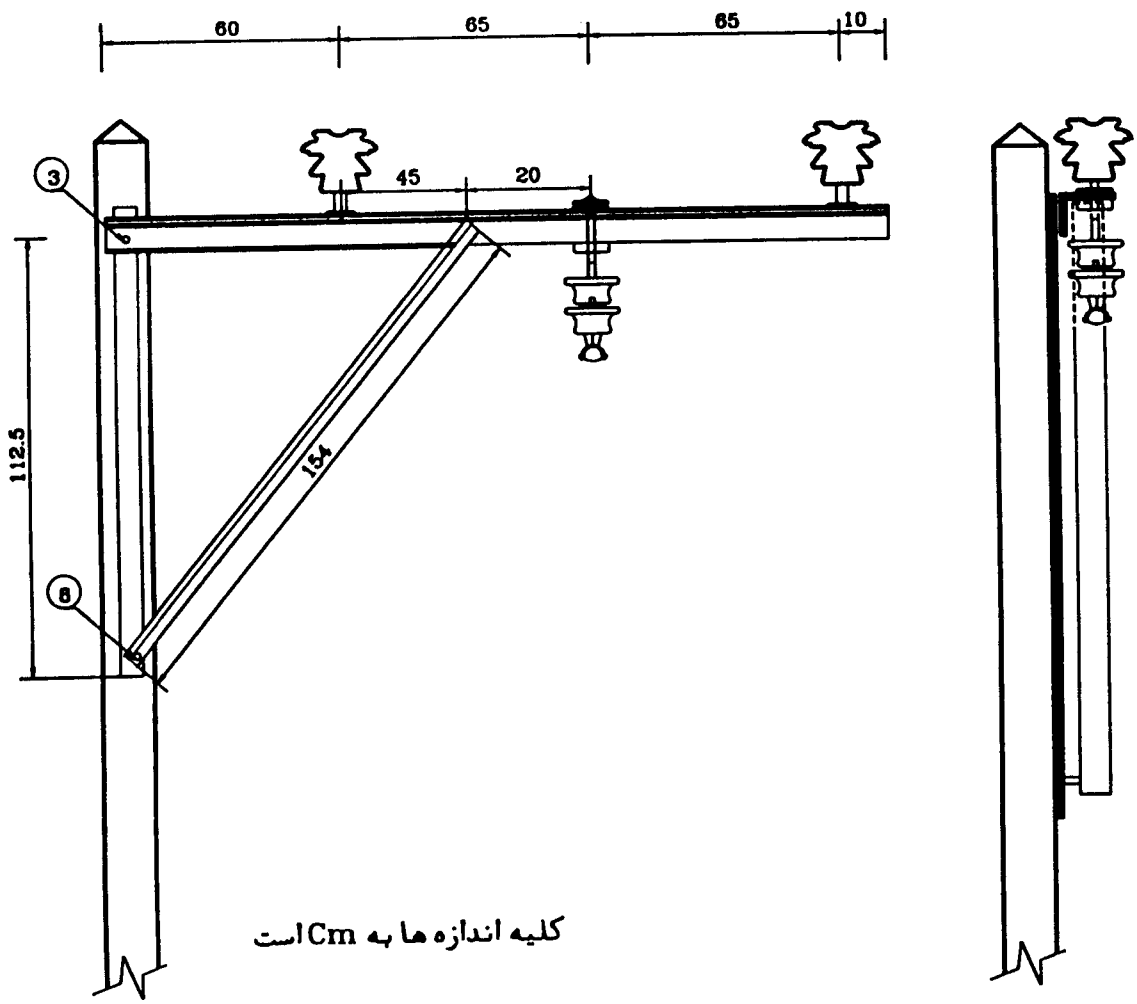
با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جدول (۲۵) استفاده نمود.

در این جدول نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی آورده شده است. محاسبات مربوط به انتخاب نبشی با استفاده از نرم‌افزار SAP 90 انجام گرفته است.

**۳-۸-۴- کاربرد:**

این کراس آرم برای مناطقی که مشکل حریم وجود دارد مناسب است. با رعایت اینکه فاصله محور تیر تا دیوار نباید از ۱/۵ متر کمتر شود.

## طرح شماره (۹) کراس آرم ۲ متری L شکل با یک مقره آویزی




کلیه اندازه ها به Cm است

شکل (۹): کراس آرم ۲ متری L شکل با یک مقره آویزی

**۳-۹-۱- مشخصات فنی**

**۳-۹-۱-۱- هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۲ متر، یک عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)**

**۳-۹-۱-۲- هرکدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۵۴ متر، یک عدد**

**۳-۹-۱-۳- حائل تسمه‌ای گالوانیزه به طول ۱۱۲/۵ سانتی‌متر، یک عدد**

**۳-۹-۱-۴- مقره سوزنی دو عدد**

**۳-۹-۱-۵- مقره بشقابی یک عدد**

**۳-۹-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:**

**با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۰/۹۷ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۱۰) محدود می‌شود.**

**جدول (۱۰) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر**

| ولتاژ خط<br>نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۱/۱ | ۰/۸ |
| هاینا و لینکس | ۱/۳۱ | ۱ |

**۳-۹-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:**

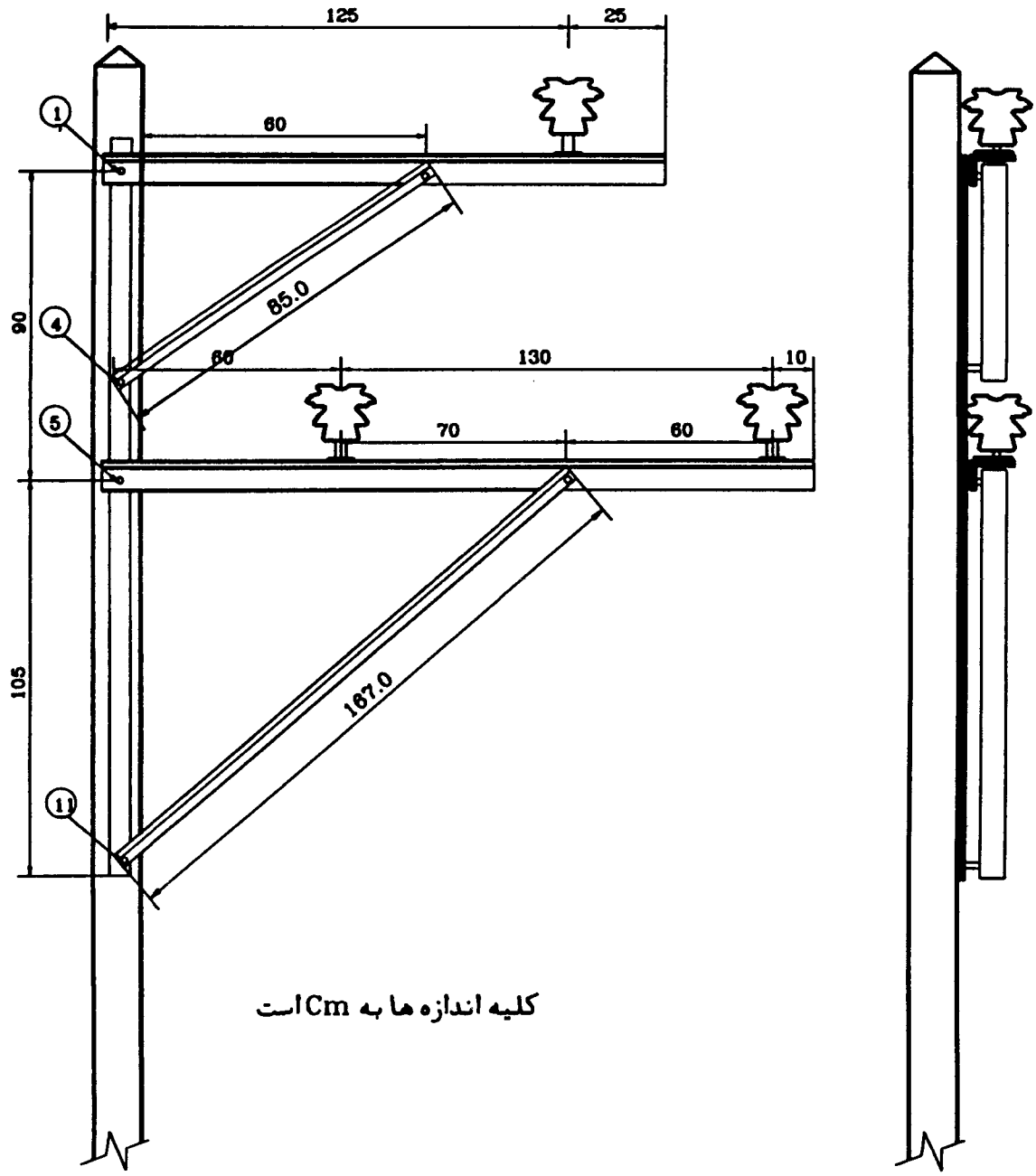
**با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جدول (۲۶) استفاده نمود.**

**در این جدول نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی آورده شده است. محاسبات مربوط به انتخاب نبشی با استفاده از نرم‌افزار SAP 90 انجام گرفته است.**

**۳-۹-۴- کاربرد:**

**این کراس آرم برای مناطقی که مشکل حریم وجود دارد مناسب است. با رعایت اینکه فاصله محور تیر تا دیوار نباید از ۱/۵ متر کمتر شود.**

# طرح شماره (۱۰) کراس آرم L شکل با دو بازوی ۱/۵ و ۲ متری




کلیه اندازه ها به Cm است

شکل (۱۰): کراس آرم L شکل با دو بازوی ۱/۵ و ۲ متری

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل** :استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء** : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| **دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **تاریخ:** تیر ماه ۱۳۷۷ | **صفحه:** ۲۶ |

**۳-۱۰-۱- مشخصات فنی**

۳-۱۰-۱-۱- هر کدام از نبشی‌های مجاز به طول ۲ متر، یک عدد (مشخصات مربوط به نبشی‌ها در پیوست (پ) آورده شده است.)

۳-۱۰-۱-۲- هر کدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۵ متر، یک عدد

۳-۱۰-۱-۳- هر کدام از نبشی‌های مجاز به طول ۱/۶۷ متر، یک عدد

۳-۱۰-۱-۴- هر کدام از نبشی‌های مجاز به طول ۰/۸۵ متر، یک عدد

۳-۱۰-۱-۵- حائل تسمه‌ای گالوانیزه به طول ۱/۶۵ متر، یک عدد

۳-۱۰-۱-۶- مقره سوزنی سه عدد

**۳-۱۰-۲- محدودیتهای الکتریکی بهره‌برداری:**

با توجه به شکل پایه فاصله دو فاز (PC) برابر ۱/۰۸ m است که در نتیجه حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بصورت جدول (۱۱) محدود می‌شود.

**جدول (۱۱) مقادیر حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط بر حسب متر**

| ولتاژ خط<br>نوع هادی | ۲۰ کیلوولت | ۳۳کیلوولت |
|---|---|---|
| فاکس و مینک | ۱/۸۳ | ۱/۵۱ |
| هاینا و لینکس | ۲/۱۲ | ۱/۷۵ |

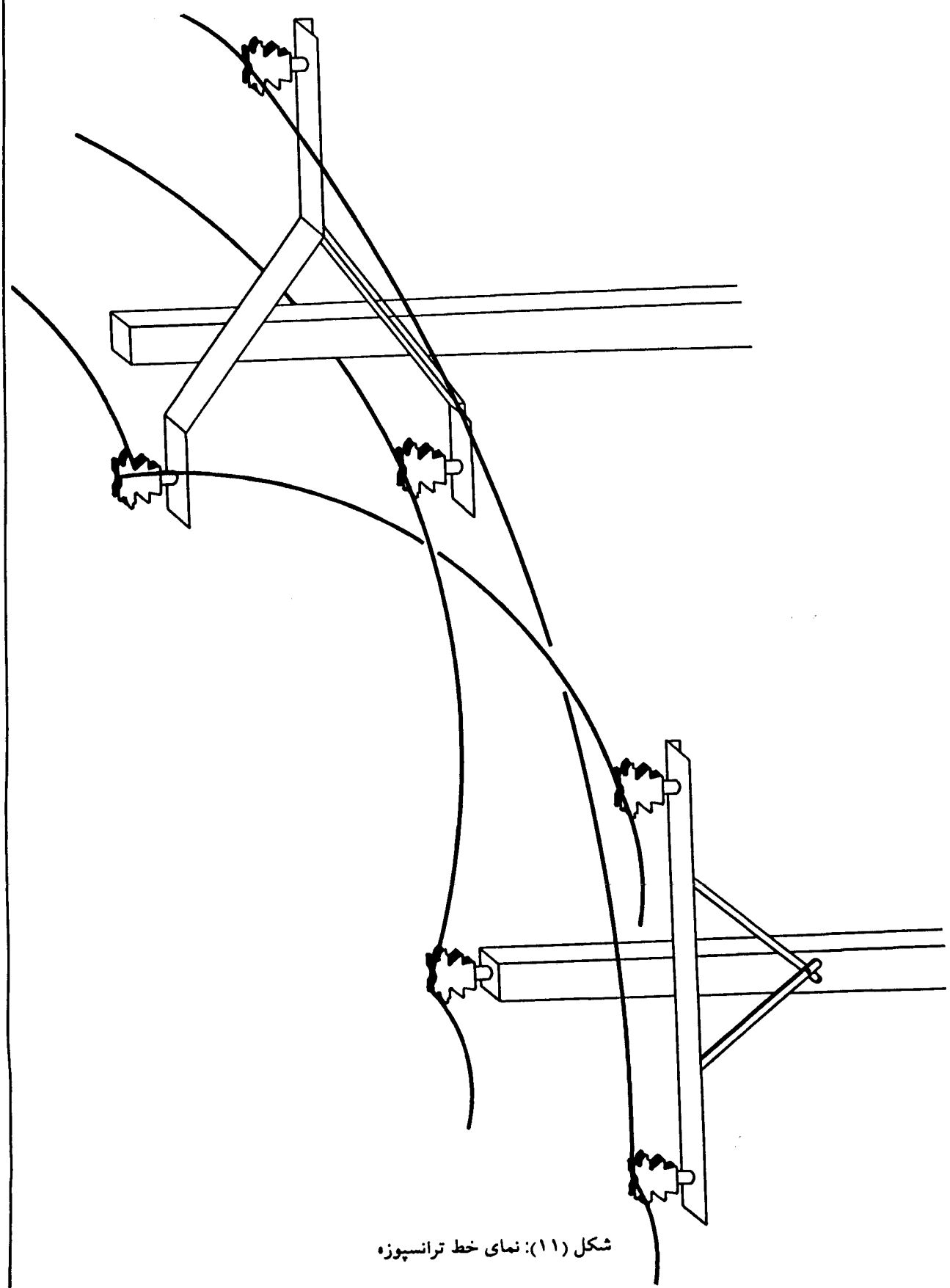
**۳۲-۱۰-۳- محدودیتهای مکانیکی بهره‌برداری:**

با توجه به شرایط مکانیکی و در محدودهٔ اسپن تعیین شده می‌توان از نبشی‌های ذکر شده در جدول (۲۷) استفاده نمود.

در این جدول نبشی‌های مجاز برای پایه‌های میانی آورده شده است. محاسبات مربوط به انتخاب نبشی با استفاده از نرم‌افزار SAP 90 انجام گرفته است.

**۳-۱۰-۴- کاربرد:**

این کراس آرم برای مناطقی که مشکل حریم وجود دارد مناسب است. با رعایت اینکه فاصله محور تیر تا دیوار نباید از ۱/۵ متر کمتر شود.



شکل (۱۱): نمای خط ترانسپوزه

### ۳-۱۱- یک نمونه از خط ترانسپوزه

همانطورکه در شکل (۱۱) دیده می‌شود نمونه‌ای از ترانسپوزکردن خط نمایش داده شده است. در این حالت اسپن خط از یک مقدار معین نباید تجاوزکند، زیرا باعث نقض حداقل فاصله مجاز فازها با یکدیگر می‌شود. با در نظرگرفتن شرایط زیر اسپن مجاز برای خط ترانسپوز شده بدست می‌آید:

۱- فاصلهٔ فازها، کمترین فاصله‌ای که در پایه‌ها وجود دارد، در نظرگرفته می‌شود.

۲- $f_{max}$ برای کمترین فاصله فاز براساس $K_c$ برای حالت عمودی محاسبه می‌شود.

۳- برای بدست آوردن اسپن از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود:

$$S = ۲\frac{H}{W}\ cosh^{-۱}\left(\frac{fW}{H} + ۱\right)$$ رابطه (۷)

۴- در رابطه (۷)، W بصورت زیر قرار داده می‌شود:

$$W = \sqrt{W_{i+c}^{۲} + W_{w}^{۲}}$$

$W_{i+c}$: وزن هادی بعلاوه وزن یخ در حالت بحرانی قطر یخ

$W_w$: نیروی باد در حالت بحرانی فشار باد

۵- در رابطه (۷) مقدار H برابر حالت بحرانی قرار داده می‌شود.

با در نظرگرفتن شرایط فوق اسپن مجاز بدست می‌آید.

برای شکل (۱۱) اسپن مجاز به ترتیب زیر محاسبه می‌شود.

با در نظرگرفتن فرضیات زیر:

$i=۵۰mm$

$P=۱۲۶\ Kg/m$

$K_c=۰/۸۵$

$PC=۱/۲m$

ابتدا مقدار $f_{max}$ برابر مقادیر زیر است:

برای خطوط ۲۰ کیلوولت ($f_{max}=۱/۵۷m$)

برای خطوط ۳۳کیلوولت ($f_{max}$=۱/۳۳m)

نیروی وزن نیز برای هادی مینک که دارای $K_c$ عمودی بیشتری است، محاسبه می‌شود.

$$W_i = ۰/۹۱۳\times \pi \times i \times (d+i) \times ۱۰^{-۳} = ۰/۹۱۳ \pi \times ۵۰ \times (۱۰/۹۸ + ۵۰) \times ۱۰^{-۳} = ۸/۷۴۵۴$$

$$W_w = P_w \times d \times ۱۰^{-۳} = ۱۲۶ \times ۱۰/۹۸ \times ۱۰^{-۳} = ۱/۳۸۳۵$$

$$W = \sqrt{(۸/۷۴۵۴ + ۰/۲۵۵)^۲ + ۱/۳۸۳۵^۲} = ۹/۱۰۶ \quad Kg$$

نیروی کشش افقی نیز برابر مقدار زیر است:

$$H = \frac{UTS}{۲/۵} = \frac{\frac{۲۱۳۱۳}{۹/۸}}{۲/۵} = ۸۶۹/۹۱۸ \quad Kg$$

در حالت ۲۰کیلو ولت:

$$S = ۲ \times \frac{۸۶۹/۹۱۸}{۹/۱۰۶} \times cosh^{-۱}\left(\frac{۱/۵۷ \times ۹/۱۰۶}{۸۶۹/۹۱۸} + ۱\right) = ۳۴/۵۹ \simeq ۳۴/۶ \quad m$$

در حالت ۳۳کیلو ولت :

$$S = ۲ \times \frac{۸۶۹/۹۱۸}{۹/۱۰۶} \times cosh^{-۱}\left(\frac{۱/۳۳ \times ۹/۱۰۶}{۸۶۹/۹۱۸} + ۱\right) = ۳۱/۸ \simeq ۳۲ \quad m$$

### ۳-۱۲- جداول انتخاب نبشی

انتخاب نبشی برای شکل پایه‌هایی که دارای تقارن هستند، براساس روابط ارائه شده در پیوست (الف) صورت گرفته است. ولی برای شکل پایه‌هایی که دارای تقارن نیستند به منظور قابلیت اطمینان بیشتر براساس محاسبه نیروهای وارد بر کراس آرم در جهات مختلف و با استفاده از نرم‌افزار SAP 90 نبشی مناسب انتخاب شده و بصورت جداولی در ادامه آورده شده است.

همچنین برای شکل پایه هایی که قابلیت کاربرد در اسپن‌های بزرگ را دارند، نبشی مناسب انتخاب شده است.

**جدول (۱۲) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن از ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KVبرای شکل پایه‌های (۱و۲و۳و۴)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس تا ۶۰ متر | ۴۰×۴ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۵۰×۵ | ۸۰×۸ | – | – |
| مینک تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | – | – |
| هاینا تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | – |
| لینکس تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۱۲۰×۱۲ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | – |

**جدول (۱۳) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن از ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه گوشه‌ای در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه‌های (۱و۲و۳و۴)**

| شرایط آب و هوایی | سبک | | | متوسط | | | سنگین | | | فوق سنگین | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نوع هادی / زاویهٔ هادی | ۳۰° | ۶۰° | ۹۰° | ۳۰° | ۶۰° | ۹۰° | ۳۰° | ۶۰° | ۹۰° | ۳۰° | ۶۰° | ۹۰° |
| فاکس تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | – | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | – | – | – | – | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – | – | – | – | – |
| مینک تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | – | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – | – | – | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – | – | – | – | – |
| هاینا تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | – | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۹۰×۹ | ۹۰×۹ | – | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۹۰×۹ | ۹۰×۹ | – | – | – |
| لینکس تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۲۰×۱۲ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۹۰×۹ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۰×۱۰۰دوبل | ۱۰×۱۰۰دوبل | ۱۰×۱۰۰دوبل |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۸۰×۸ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۱۰×۱۰۰×۱۰ | ۱۰×۱۰۰×۱۰ | ۱۰×۱۰۰×۱۰ | – | – | – |

**جدول (۱۴) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن از ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه انتهایی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه‌های (۱و۲و۳و۴)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – |
| مینک تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – |
| هاینا تا ۶۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۸۰×۸ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | – |
| لینکس تا ۶۰ متر | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۹۰×۹ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۱۰۰×۱۰دوبل |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۹۰×۹ | ۹۰×۹ | ۱۰۰×۱۰ | – |

**جدول (۱۵) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن از ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه‌های (۵و۶)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس تا ۶۰ متر | ۴۰×۴ | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | – | ۷۰×۷ | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | – | ۷۰×۷ | – | – |
| مینک تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | – | – |
| هاینا تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۱۲۰×۱۲ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | – |
| لینکس تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۰۰×۱۰ | – |

**جدول (۱۶) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن از ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه گوشه‌ای در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه‌های (۵و۶)**

| شرایط آب و هوایی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| نوع هادی / زاویهٔ هادی | ۳۰° ۶۰° ۹۰° | ۳۰° ۶۰° ۹۰° | ۳۰° ۶۰° ۹۰° | ۳۰° ۶۰° ۹۰° |
| فاکس تا ۶۰ متر | ۵×۵۰ ۵×۵۰ ۵×۵۰ | ۶×۶۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | ۸×۸۰ ۸×۸۰ ۸×۸۰ | – – – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶×۶۰ ۶×۶۰ ۶×۶۰ | ۷×۷۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | – – – | – – – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۶×۶۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | ۷×۷۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | – – – | – – – |
| مینک تا ۶۰ متر | ۵×۵۰ ۶×۶۰ ۶×۶۰ | ۷×۷۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | ۸×۸۰ ۸×۸۰ ۸×۸۰ | – – – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶×۶۰ ۶×۶۰ ۷×۷۰ | ۷×۸۰ ۸×۸۰ ۸×۸۰ | ۹×۹۰ ۹×۹۰ ۹×۹۰ | – – – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۶×۶۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | ۸×۸۰ ۸×۸۰ ۸×۸۰ | – – – | – – – |
| هاینا تا ۶۰ متر | ۶×۶۰ ۶×۶۰ ۷×۷۰ | ۷×۷۰ ۷×۷۰ ۸×۸۰ | ۹×۹۰ ۹×۹۰ ۹×۹۰ | ۱۲×۱۲۰ ۱۲×۱۲۰ ۱۲×۱۲۰ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۷×۷۰ ۷×۷۰ ۶×۶۰ | ۸×۸۰ ۸×۸۰ ۸×۸۰ | ۹×۹۰ ۹×۹۰ ۹×۹۰ | – – – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۷×۷۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | ۸×۸۰ ۸×۸۰ ۸×۸۰ | ۱۰×۱۰۰ ۱۰×۱۰۰ ۱۰×۱۰۰ | – – – |
| لینکس تا ۶۰ متر | ۷×۸۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | ۸×۸۰ ۸×۸۰ ۸×۸۰ | ۹×۹۰ ۹×۹۰ ۹×۹۰ | ۱۲×۱۲۰ ۱۰دوبل ۱۰دوبل |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۷×۸۰ ۷×۷۰ ۷×۷۰ | ۸×۸۰ ۹×۹۰ ۹×۹۰ | ۱۰×۱۰۰ ۱۰×۱۰۰ ۱۰×۱۰۰ | ۱۲×۱۲۰دوبل ۱۲×۱۲۰دوبل ۱۲×۱۲۰دوبل |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۷×۸۰ ۸×۸۰ ۷×۸۰ | ۹×۹۰ ۹×۹۰ ۹×۹۰ | ۱۲×۱۲۰ ۱۲×۱۲۰ ۱۲×۱۲۰ | – – – |

**جدول (۱۷) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن از ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه انتهایی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه‌های (۵و۶)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس تا ۶۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – |
| مینک تا ۶۰ متر | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | – | – |
| هاینا تا ۶۰ متر | ۸۰×۸ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۸۰×۸ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۹۰×۹ | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | – |
| لینکس تا ۶۰ متر | ۹۰×۹ | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۱۰۰×۱۰دوبل |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۱۰۰×۱۰ | ۹۰×۹ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| " ۸۰ تا ۱۰۰ متر | ۱۰۰×۱۰ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | – |

جدول (۱۸) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن بزرگ ۱۵۰ متری برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف و پایه‌های میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۱و۲و۴)

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| مینک | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| هاینا | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| لینکس | ۸۰×۸ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۲۰×۱۲دوبل |

جدول (۱۹) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن بزرگ ۲۰۰ متری برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف و پایه‌های میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۱و۲و۴)

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| مینک | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| هاینا | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| لینکس | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲ | – |

**جدول (۲۰) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن بزرگ ۲۵۰ متری برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف و پایه‌های میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۱و۲و۴)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس | ۶۰×۶ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| مینک | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| هاینا | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| لینکس | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۰۰×۱۰دوبل | – |

**جدول (۲۱) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن بزرگ ۱۵۰ متری برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف و پایه‌های میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۵)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| مینک | ۶۰×۶ | ۸۰×۸ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۲۰×۱۲دوبل |
| هاینا | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| لینکس | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲ | – |

**جدول (۲۲) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن بزرگ ۲۰۰ متری برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف و پایه‌های میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۵)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس | ۶۰×۶ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| مینک | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| هاینا | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| لینکس | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۰۰×۱۰دوبل | – |

**جدول (۲۳) شماره نبشی مورد استفاده در اسپن بزرگ ۲۵۰ متری برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف و پایه‌های میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۵)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | متوسط | سنگین | فوق‌سنگین |
|---|---|---|---|---|
| فاکس | ۷۰×۷ | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | – |
| مینک | ۸۰×۸ | ۱۰۰×۱۰ | ۱۰۰×۱۰دوبل | – |
| هاینا | ۹۰×۹ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۲۰×۱۲دوبل | – |
| لینکس | ۱۰۰×۱۰ | ۱۲۰×۱۲ | ۱۲۰×۱۲دوبل | – |

**جدول (۲۴) شماره نبشی مورد استفاده برای بازوهای افقی و مایل کراس آرم در اسپن از ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۷)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | | متوسط | | سنگین | | فوق‌سنگین | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل |
| فاکس تا ۴۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | – | – |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | – | – | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | – | – | – | – | – | – | – | – |
| مینک تا ۴۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | – | – |
| هاینا تا ۴۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۸۰×۸ | ۵۰×۵ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | – | – |
| لینکس تا ۴۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۸۰×۸ | ۵۰×۵ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۱۰۰×۱۰ | ۵۰×۵ |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | – | – |

**جدول (۲۵) شماره نبشی مورد استفاده برای بازوهای افقی و مایل کراس آرم در اسپن از ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۸)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | | متوسط | | سنگین | | فوق‌سنگین | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل |
| فاکس تا ۴۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | – | – |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | – | – | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | – | – | – | – | – | – | – | – |
| مینک تا ۴۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۸۰x۸ ۷۰x۷ | |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۷۰x۷ ۷۰x۷ | | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۷۰x۷ ۷۰x۷ | | – | – |
| هاینا تا ۴۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۸۰x۸ ۷۰x۷ | |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۷۰x۷ ۷۰x۷ | | ۱۰۰x۱۰ ۷۰x۷ | |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۷۰x۷ ۷۰x۷ | | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۷۰x۷ ۷۰x۷ | | – | – |
| لینکس تا ۴۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۱۰۰x۱۰ ۷۰x۷ | |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۷۰x۷ ۷۰x۷ | | ۱۰۰x۱۰ ۷۰x۷ | |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۷۰x۷ ۷۰x۷ | | ۸۰x۸ ۷۰x۷ | | ۱۲۰x۱۲ ۷۰x۷ | |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۶۰x۶ ۷۰x۷ | | ۷۰x۷ ۷۰x۷ | | ۸۰x۸ ۷۰x۷ | | – | – |

**جدول (۲۶) شماره نبشی مورد استفاده برای بازوهای افقی و مایل کراس آرم در اسپن از ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۹)**

| شرایط آب و هوایی / نوع هادی | سبک | | متوسط | | سنگین | | فوق‌سنگین | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل |
| فاکس تا ۴۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | – | – |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | – – | | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | – | – | – | – | – – | | – | – |
| مینک تا ۴۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۰۰×۱۰ ۷۰×۷ | |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۰۰×۱۰ ۷۰×۷ | | – | – |
| هاینا تا ۴۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۰۰×۱۰ ۷۰×۷ | |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۲۰×۱۲ ۷۰×۷ | |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | – | – | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۰۰×۱۰ ۷۰×۷ | | – | – |
| لینکس تا ۴۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۰۰×۱۰ ۷۰×۷ | |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۲۰×۱۲ ۷۰×۷ | |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۰۰×۱۰ ۷۰×۷ | | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۸۰×۸ ۷۰×۷ | | ۱۰۰×۱۰ ۷۰×۷ | | – | – |

**جدول (۲۷) شماره نبشی مورد استفاده برای بازوهای افقی و مایل کراس آرم در اسپن از ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادیهای مختلف در شرایط آب و هوایی مختلف بصورت پایه میانی در ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV برای شکل پایه (۱۰)**

| شرایط آب و هوایی | سبک | | | | متوسط | | | | سنگین | | | | فوق‌سنگین | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | بازوی ۱/۵m بازوی ۲m | | | | بازوی ۱/۵m بازوی ۲m | | | | بازوی ۱/۵m بازوی ۲m | | | | بازوی ۱/۵m بازوی ۲m | | | |
| نوع هادی | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل | افقی | مایل |
| فاکس تا ۴۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | – | – | – | – |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | – | – | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | – | – | – | – | – | – | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| مینک تا ۴۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۵۰×۵ | ۸۰×۸ | ۷۰×۷ |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | – | – | – | – |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | – | – | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۵۰×۵ | ۸۰×۸ | ۷۰×۷ | – | – | – | – |
| هاینا تا ۴۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۵۰×۵ | ۸۰×۸ | ۷۰×۷ |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۱۰×۱۰۰ | ۵۰×۵ | ۱۰×۱۰۰ | ۷۰×۷ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | – | – | – | – |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۵۰×۵ | ۸۰×۸ | ۷۰×۷ | – | – | – | – |
| لینکس تا ۴۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۲۰×۲ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۱۰×۱۰۰ | ۵۰×۵ | ۱۰×۱۰۰ | ۷۰×۷ |
| " ۴۰ تا ۶۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۱۰×۱۰۰ | ۵۰×۵ | ۱۰×۱۰۰ | ۷۰×۷ |
| " ۶۰ تا ۸۰ متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۸۰×۸ | ۵۰×۵ | ۸۰×۸ | ۷۰×۷ | ۱۲×۱۲۰ | ۵۰×۵ | ۱۲×۱۲۰ | ۷۰×۷ |
| " ۸۰ تا ۱۰۰متر | ۶۰×۶ | ۵۰×۵ | ۶۰×۶ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۵۰×۵ | ۷۰×۷ | ۷۰×۷ | ۱۰×۱۰۰ | ۵۰×۵ | ۱۰×۱۰۰ | ۷۰×۷ | – | – | – | – |

## ۴- سکوی ترانسفورماتور

در صفحات بعدی طرح ارائه شده برای سکوی ترانسفورماتورهای هوایی از قدرت ۲۵ KVA تا ۴۰۰KVA برای ولتاژهای ۲۰KV و ۳۳KV بر اساس مشخصات ترانسفورماتورهایی که در پیوست (ث) آورده است، بیان شده‌اند.

با توجه به وزن و ابعاد ترانسفورماتورهای مختلف، طرح سکوی ترانسفورماتور، ابعاد و مشخصات لازمی را خواهد داشت که این مشخصات براساس محاسبهٔ مقاومت مکانیکی بدست آمده‌اند محاسبات مربوطه بعلاوه روش تعیین طول ناودانی‌ها در پیوست (ب) آورده شده است.

در جداول (۲۸و۲۹) ابعاد و مشخصات سکوی ترانسفورماتور بیان گردیده است.

محل سکوی ترانسفورماتور بر روی پایه با توجه به فاصلهٔ مناسب ترانسفورماتور از خط جهت نصب کات اوت فیوز و برقگیر و نیز فاصله مناسب ترانسفورماتور از زمین و همچنین محاسبات مکانیکی ناشی از بارگذاری ترانسفورماتور بر روی پایه بدست می‌آید که این موارد کلاً باید در مبحث "استاندارد طراحی پستهای توزیع هوایی" مورد بررسی قرار گیرند.

### ۴-۱- مشخصات فنی

۴-۱-۱- ناودانی از نوع A بطول $l_1$ متر دو عدد

۴-۱-۲- ناودانی از نوع B بطول $l_2$ متر دو عدد

۴-۱-۳- حائل تسمه‌ای گالوانیزه بطول $l_3$ متر، عرض ۵۰ وضخامت ۵ میلیمتر چهار عدد

۴-۱-۴- پیچ شماره M12 از نوع A490 برای اتصالات

جدول (۲۸) مشخصات و ابعاد سکوی ترانسفورماتور برای ترانسفورماتورهای تا قدرت (KVA) ۴۰۰ با ولتاژ (KV) ۲۰

| قدرت ترانسفورماتور | A | B | $l_1$ (m) | $l_2$ (m) | $l_3$ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲۵-۲۰۰ (KVA) | a | a | ۱/۸ | ۰/۷۰ | ۰/۷۰ |
| ۲۵۰ (KVA) | b | a | ۱/۹۱ | ۰/۹۰ | ۰/۷۰ |
| ۳۱۵-۴۰۰(KVA) | c | a | ۲/۱۲ | ۰/۹۰ | ۰/۷۵ |

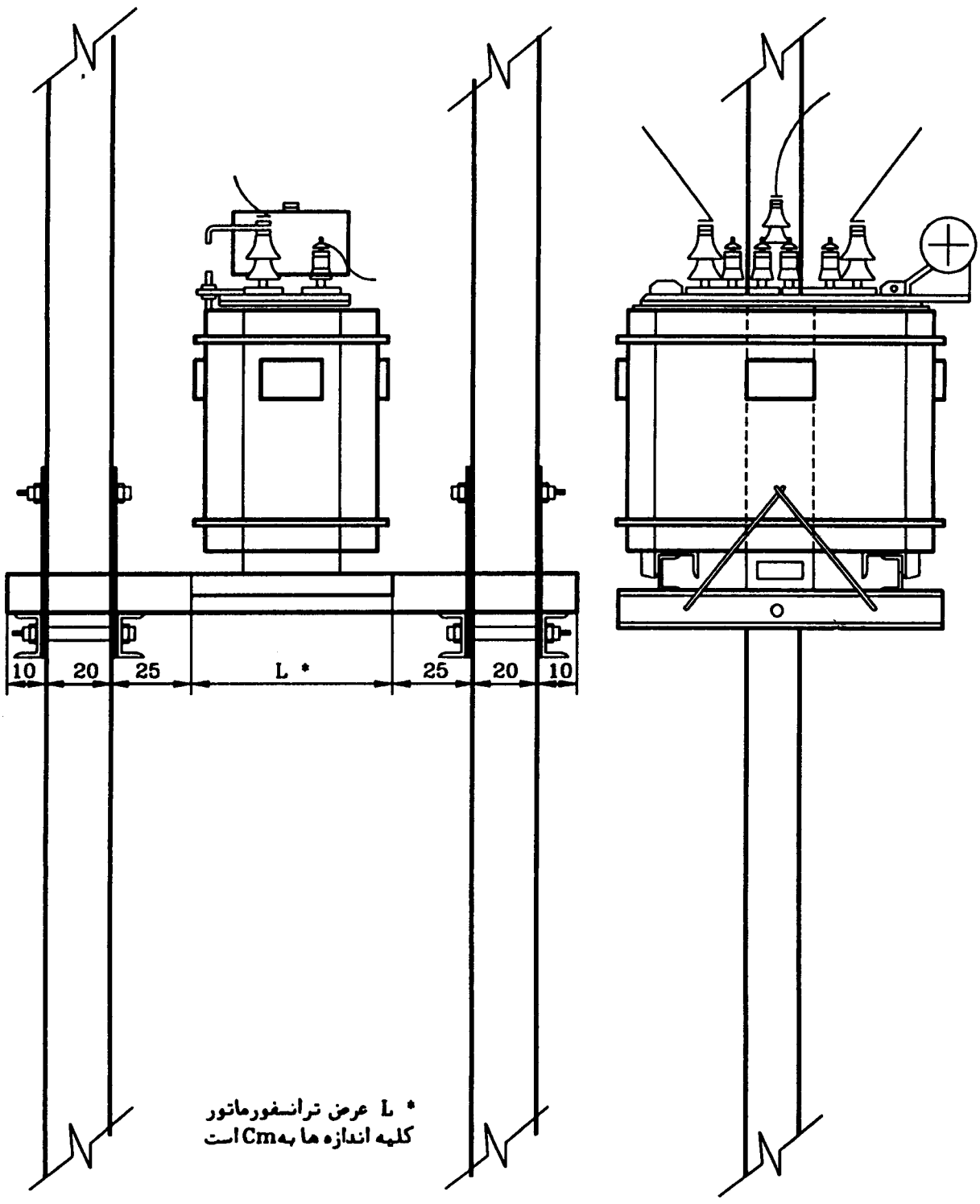
جدول (۲۹) مشخصات و ابعاد سکوی ترانسفورماتور برای ترانسفورماتورهای تا قدرت (KVA) ۴۰۰ با ولتاژ (KV) ۳۳

| قدرت ترانسفورماتور | A | B | $l_1$ (m) | $l_2$ (m) | $l_3$ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲۵-۲۰۰(KVA) | a | a | ۱/۸۲ | ۰/۷۰ | ۰/۷۰ |
| ۲۵۰ (KVA) | b | a | ۱/۸۴ | ۰/۹۰ | ۰/۷۰ |
| ۳۱۵-۴۰۰(KVA) | c | a | ۲/۰۳ | ۰/۹۰ | ۰/۷۵ |

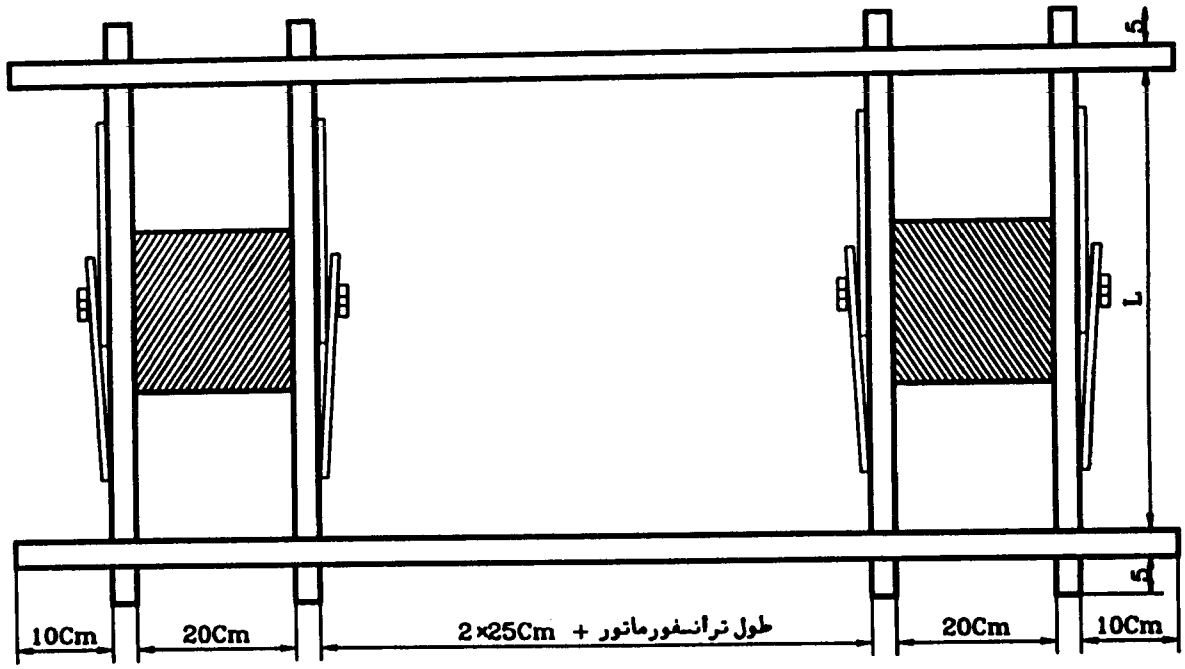
منظور از ناودانی نوع a، ناودانی با شمارهٔ ۸۰ است.

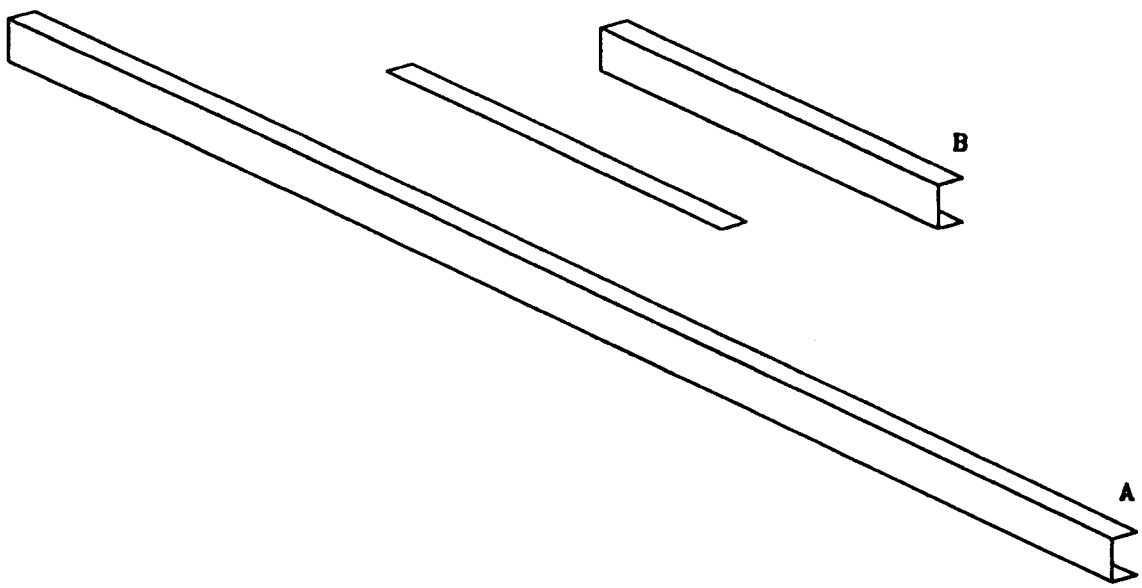
منظور از ناودانی نوع b، ناودانی با شمارهٔ ۱۰۰ است.

منظور از ناودانی نوع c، ناودانی با شمارهٔ ۱۰۰ است.




شکل (۱۲) نمای یک ترانسفورماتور بر روی سکوی ترانسفورماتور




**شکل (۱۳) دید از بالای سکوی ترانسفورماتور ارائه شده و شکل قطعات آن**

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل** :استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء** : کراس‌آرمهاو آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| **دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **تاریخ**: تیر ماه ۱۳۷۷ | **صفحه**: ۴۹ |

**پیوست (الف) شرایط تعیین کراس آرم با توجه به استاندارد AISC**

- مشخصات مورد نیاز نبشی:

F= سطح مقطع ($cm^2$)

$W_x$= مدول مقطع ($cm^3$)

مشخصات مربوط به نبشی در پیوست (پ) آمده است.

- تنش‌های موجود:

تنش پیچشی( $T_t$ نیروی افقی بر حسب مورد است.)

$$f_a = \frac{T_t}{F}$$

تنش خمشی

$$f_b = \frac{T_v \, l}{W_x}$$

l: فاصله تکیه گاه تا محل وارد آمدن نیرو

مقادیر ثابت

$$F_y = ۲۴۰۰ \ kg/cm^2$$

$$F_b = ۰/۶ \ F_y = ۱۴۴۰ \ Kg/cm^2$$

$$c_m = ۰/۸۵$$

$F_a$ برای هر شماره نبشی متفاوت است و مقدار آن براساس جدول (۱۲) که در انتهای این پیوست قرار دارد بدست می‌آید، معیار انتخاب عدد $\frac{Kl}{r}$ است که K ضریب ثابت (اینجا برابر ۲ قرار داده می‌شود)، l فاصله تکیه گاه تا محل وارد آمدن نیرو و r شعاع حداقل ژیراسیون است که در جدول نبشی‌ها با $r_\eta$ نمایش داده می‌شود. همچنین مقدار ثابت دیگر $F'_e$ است که از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$r_x$: شعاع در امتداد محور xx

$$F'_e = \frac{۱/۰۵ \times ۱۰^{۷}}{(Kl/r_x)^{۲}} \quad Kg/cm^{۲}$$

شروط انتخاب نبشی:

اگر $\frac{f_a}{F_a} > ۰/۱۵$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \cdot \frac{C_m}{(۱-\frac{f_a}{F'_e})} \leq ۱$$

و

اگر $\frac{f_a}{F_a} < ۰/۱۵$

$$\frac{f_a + f_b}{F_b} \leq ۱$$

* همچنین برای انتخاب کراس آرم دوبل با در نظرگرفتن مقداری تقریب، $f_a$ و $f_b$ تقسیم بر دو می‌شوند.

روش انتخاب نبشی برای پایه‌های انتهایی کمی متفاوت با پایه‌های میانی وگوشه‌ای است، زیرا در پایه‌های انتهایی همانطورکه قبلاً گفته شد نیروهای وارد برکراس آرم در سه امتداد وجود دارند که مقادیر آن عبارتند از:

$$T_{tc} = H \qquad (Kg)$$

$$T_{tw} = P_W \times d \times s \times ۱۰^{-۳} \qquad (Kg)$$

براساس این نیروها تنش پیچشی و تنش‌های خمشی بصورت زیر هستند.

$$f_{\dot{a}} = \frac{T_{tw}}{A}$$

$$f_{bx} = \frac{T_v \, l}{2W_x}$$

$$f_{by} = \frac{Ttc\ l}{W_y}$$

و مانند حالتهای قبل باید شرایط زیر صادق باشند:

اگر $\frac{f_a}{F_a} > ۰/۱۵$

$$\frac{f_a}{F_a} + \left(\frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}}\right) \times \frac{cm}{\left(۱ - \frac{f_a}{F'_e}\right)} \leq ۱$$

$$F_{bx} \cong F_{by} = F_b$$

$$\frac{f_a + f_{bx} + f_{by}}{F_b} \leq ۱$$

اگر $\frac{f_a}{F_a} < ۰/۱۵$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{f_b} + \frac{f_{by}}{F_b} \leq ۱$$

## انتخاب $\frac{Kl}{r}$ براساس $F_a$

| اعضای فرعی | | | | اعضای اصلی | | | | اعضای فرعی و اصلی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{KL}{r}$ | $F_a$ | $\frac{KL}{r}$ | $F_a$ | $\frac{KL}{r}$ | $F_a$ | $\frac{KL}{r}$ | $F_a$ | $\frac{KL}{r}$ | $F_a$ | $\frac{KL}{r}$ | $F_a$ | $\frac{KL}{r}$ | $F_a$ |
| ۱۲۱ | ۶۹۹ | ۱۶۱ | ۵۱۱ | ۱۲۱ | ۶۹۵ | ۱۶۱ | ۴۰۶ | ۸۱ | ۱۰۲۶ | ۴۱ | ۱۲۷۸ | ۱ | ۱۴۳۷ |
| ۱۲۲ | ۶۹۳ | ۱۶۲ | ۵۰۷ | ۱۲۲ | ۶۸۶ | ۱۶۲ | ۴۰۱ | ۸۲ | ۱۰۱۹ | ۴۲ | ۱۲۷۲ | ۲۰ | ۱۴۳۵ |
| ۱۲۳ | ۶۸۷ | ۱۶۳ | ۵۰۴ | ۱۲۳ | ۶۷۷ | ۱۶۳ | ۳۹۶ | ۸۳ | ۱۰۱۲ | ۴۳ | ۱۲۶۷ | ۳ | ۱۴۳۲ |
| ۱۲۴ | ۶۸۱ | ۱۶۴ | ۵۰۲ | ۱۲۴ | ۶۶۷ | ۱۶۴ | ۳۹۱ | ۸۴ | ۱۰۰۴ | ۴۴ | ۱۲۶۲ | ۴ | ۱۴۲۹ |
| ۱۲۵ | ۶۷۴ | ۱۶۵ | ۴۹۹ | ۱۲۵ | ۶۵۸ | ۱۶۵ | ۳۸۶ | ۸۵ | ۹۹۷ | ۴۵ | ۱۲۵۶ | ۵ | ۱۴۲۶ |
| ۱۲۶ | ۶۶۸ | ۱۶۶ | ۴۹۶ | ۱۲۶ | ۶۴۸ | ۱۶۶ | ۳۸۲ | ۸۶ | ۹۸۹ | ۴۶ | ۱۲۵۱ | ۶ | ۱۴۲۳ |
| ۱۲۷ | ۶۶۱ | ۱۶۷ | ۴۹۳ | ۱۲۷ | ۶۳۸ | ۱۶۷ | ۳۷۷ | ۸۷ | ۹۸۲ | ۴۷ | ۱۲۴۵ | ۷ | ۱۴۲۰ |
| ۱۲۸ | ۶۵۵ | ۱۶۸ | ۴۹۱ | ۱۲۸ | ۶۲۹ | ۱۶۸ | ۳۷۳ | ۸۸ | ۹۷۴ | ۴۸ | ۱۲۴۰ | ۸ | ۱۴۱۷ |
| ۱۲۹ | ۶۶۲ | ۱۶۹ | ۴۸۸ | ۱۲۹ | ۶۳۲ | ۱۶۹ | ۳۶۸ | ۸۹ | ۹۶۷ | ۴۹ | ۱۲۳۴ | ۹ | ۱۴۱۴ |
| ۱۳۰ | ۶۵۵ | ۱۷۰ | ۴۸۵ | ۱۳۰ | ۶۲۳ | ۱۷۰ | ۳۶۴ | ۹۰ | ۹۵۹ | ۵۰ | ۱۲۲۸ | ۱۰ | ۱۴۱۱ |
| ۱۳۱ | ۶۴۹ | ۱۷۱ | ۴۸۳ | ۱۳۱ | ۶۱۳ | ۱۷۱ | ۳۶۰ | ۹۱ | ۹۵۱ | ۵۱ | ۱۲۲۳ | ۱۱ | ۱۴۰۸ |
| ۱۳۲ | ۶۴۲ | ۱۷۲ | ۴۸۱ | ۱۳۲ | ۶۰۴ | ۱۷۲ | ۳۵۶ | ۹۲ | ۹۴۳ | ۵۲ | ۱۲۱۷ | ۱۲ | ۱۴۰۴ |
| ۱۳۳ | ۶۳۶ | ۱۷۳ | ۴۷۸ | ۱۳۳ | ۵۹۵ | ۱۷۳ | ۳۵۲ | ۹۳ | ۹۳۶ | ۵۳ | ۱۲۱۱ | ۱۳ | ۱۴۰۱ |
| ۱۳۴ | ۶۳۰ | ۱۷۴ | ۴۷۶ | ۱۳۴ | ۵۸۶ | ۱۷۴ | ۳۴۸ | ۹۴ | ۹۲۸ | ۵۴ | ۱۲۰۵ | ۱۴ | ۱۳۹۷ |
| ۱۳۵ | ۶۲۴ | ۱۷۵ | ۴۷۴ | ۱۳۵ | ۵۷۷ | ۱۷۵ | ۳۴۴ | ۹۵ | ۹۲۰ | ۵۵ | ۱۱۹۹ | ۱۵ | ۱۳۹۴ |
| ۱۳۶ | ۶۱۸ | ۱۷۶ | ۴۷۲ | ۱۳۶ | ۵۶۹ | ۱۷۶ | ۳۴۰ | ۹۶ | ۹۱۲ | ۵۶ | ۱۱۹۳ | ۱۶ | ۱۳۹۰ |
| ۱۳۷ | ۶۱۳ | ۱۷۷ | ۴۷۰ | ۱۳۷ | ۵۶۱ | ۱۷۷ | ۳۳۶ | ۹۷ | ۹۰۴ | ۵۷ | ۱۱۸۷ | ۱۷ | ۱۳۸۶ |
| ۱۳۸ | ۶۰۷ | ۱۷۸ | ۴۶۸ | ۱۳۸ | ۵۵۳ | ۱۷۸ | ۳۳۲ | ۹۸ | ۸۹۶ | ۵۸ | ۱۱۸۱ | ۱۸ | ۱۳۸۲ |
| ۱۳۹ | ۶۰۲ | ۱۷۹ | ۴۶۶ | ۱۳۹ | ۵۴۵ | ۱۷۹ | ۳۲۸ | ۹۹ | ۸۸۷ | ۵۹ | ۱۱۷۵ | ۱۹ | ۱۳۷۹ |
| ۱۴۰ | ۵۹۶ | ۱۸۰ | ۴۶۴ | ۱۴۰ | ۵۳۷ | ۱۸۰ | ۳۲۵ | ۱۰۰ | ۸۷۹ | ۶۰ | ۱۱۶۸ | ۲۰ | ۱۳۷۵ |
| ۱۴۱ | ۵۹۱ | ۱۸۱ | ۴۶۲ | ۱۴۱ | ۵۲۹ | ۱۸۱ | ۳۲۱ | ۱۰۱ | ۸۷۱ | ۶۱ | ۱۱۶۲ | ۲۱ | ۱۳۷۱ |
| ۱۴۲ | ۵۸۶ | ۱۸۲ | ۴۶۰ | ۱۴۲ | ۵۲۲ | ۱۸۲ | ۳۱۸ | ۱۰۲ | ۸۶۳ | ۶۲ | ۱۱۵۶ | ۲۲ | ۱۳۶۷ |
| ۱۴۳ | ۵۸۱ | ۱۸۳ | ۴۵۹ | ۱۴۳ | ۵۱۵ | ۱۸۳ | ۳۱۴ | ۱۰۳ | ۸۵۵ | ۶۳ | ۱۱۴۹ | ۲۳ | ۱۳۶۲ |
| ۱۴۴ | ۵۷۷ | ۱۸۴ | ۴۵۷ | ۱۴۴ | ۵۰۷ | ۱۸۴ | ۳۱۱ | ۱۰۴ | ۸۴۶ | ۶۴ | ۱۱۴۳ | ۲۴ | ۱۳۵۸ |
| ۱۴۵ | ۵۷۲ | ۱۸۵ | ۴۵۵ | ۱۴۵ | ۵۰۰ | ۱۸۵ | ۳۰۷ | ۱۰۵ | ۸۳۸ | ۶۵ | ۱۱۳۷ | ۲۵ | ۱۳۵۴ |
| ۱۴۶ | ۵۶۷ | ۱۸۶ | ۴۵۳ | ۱۴۶ | ۴۹۴ | ۱۸۶ | ۳۰۴ | ۱۰۶ | ۸۲۹ | ۶۶ | ۱۱۳۰ | ۲۶ | ۱۳۵۰ |
| ۱۴۷ | ۵۶۳ | ۱۸۷ | ۴۵۲ | ۱۴۷ | ۴۸۷ | ۱۸۷ | ۳۰۱ | ۱۰۷ | ۸۲۱ | ۶۷ | ۱۱۲۳ | ۲۷ | ۱۳۴۵ |
| ۱۴۸ | ۵۵۸ | ۱۸۸ | ۴۵۱ | ۱۴۸ | ۴۸۰ | ۱۸۸ | ۲۹۸ | ۱۰۸ | ۸۱۲ | ۶۸ | ۱۱۱۷ | ۲۸ | ۱۳۴۱ |
| ۱۴۹ | ۵۵۴ | ۱۸۹ | ۴۵۰ | ۱۴۹ | ۴۷۴ | ۱۸۹ | ۲۹۵ | ۱۰۹ | ۸۰۳ | ۶۹ | ۱۱۱۰ | ۲۹ | ۱۳۳۶ |
| ۱۵۰ | ۵۵۰ | ۱۹۰ | ۴۴۸ | ۱۵۰ | ۴۶۸ | ۱۹۰ | ۲۹۱ | ۱۱۰ | ۷۹۵ | ۷۰ | ۱۱۰۳ | ۳۰ | ۱۳۳۲ |
| ۱۵۱ | ۵۴۶ | ۱۹۱ | ۴۴۷ | ۱۵۱ | ۴۶۱ | ۱۹۱ | ۲۸۸ | ۱۱۱ | ۷۸۶ | ۷۱ | ۱۰۹۷ | ۳۱ | ۱۳۲۷ |
| ۱۵۲ | ۵۴۲ | ۱۹۲ | ۴۴۶ | ۱۵۲ | ۴۵۵ | ۱۹۲ | ۲۸۵ | ۱۱۲ | ۷۷۷ | ۷۲ | ۱۰۹۰ | ۳۲ | ۱۳۲۲ |
| ۱۵۳ | ۵۳۸ | ۱۹۳ | ۴۴۵ | ۱۵۳ | ۴۴۹ | ۱۹۳ | ۲۸۳ | ۱۱۳ | ۷۶۸ | ۷۳ | ۱۰۸۳ | ۳۳ | ۱۳۱۸ |
| ۱۵۴ | ۵۳۴ | ۱۹۴ | ۴۴۴ | ۱۵۴ | ۴۴۳ | ۱۹۴ | ۲۸۰ | ۱۱۴ | ۷۵۹ | ۷۴ | ۱۰۷۶ | ۳۴ | ۱۳۱۳ |
| ۱۵۵ | ۵۳۱ | ۱۹۵ | ۴۴۳ | ۱۵۵ | ۴۳۸ | ۱۹۵ | ۲۷۷ | ۱۱۵ | ۷۵۰ | ۷۵ | ۱۰۶۹ | ۳۵ | ۱۳۰۸ |
| ۱۵۶ | ۵۲۷ | ۱۹۶ | ۴۴۲ | ۱۵۶ | ۴۳۲ | ۱۹۶ | ۲۷۴ | ۱۱۶ | ۷۴۱ | ۷۶ | ۱۰۶۲ | ۳۶ | ۱۳۰۳ |
| ۱۵۷ | ۵۲۴ | ۱۹۷ | ۴۴۱ | ۱۵۷ | ۴۲۷ | ۱۹۷ | ۲۷۱ | ۱۱۷ | ۷۳۲ | ۷۷ | ۱۰۵۵ | ۳۷ | ۱۲۹۸ |
| ۱۵۸ | ۵۲۰ | ۱۹۸ | ۴۴۰ | ۱۵۸ | ۴۲۲ | ۱۹۸ | ۲۶۸ | ۱۱۸ | ۷۲۳ | ۷۸ | ۱۰۴۸ | ۳۸ | ۱۲۹۳ |
| ۱۵۹ | ۵۱۷ | ۱۹۹ | ۴۳۹ | ۱۵۹ | ۴۱۶ | ۱۹۹ | ۲۶۶ | ۱۱۹ | ۷۱۴ | ۷۹ | ۱۰۴۱ | ۳۹ | ۱۲۸۸ |
| ۱۶۰ | ۵۱۴ | ۲۰۰ | ۴۳۸ | ۱۶۰ | ۴۱۱ | ۲۰۰ | ۲۶۳ | ۱۲۰ | ۷۰۵ | ۸۰ | ۱۰۳۴ | ۴۰ | ۱۲۸۳ |

L= طول آزاد عضو

r= شعاع ژیراسیون حداقل

k= ضریب طول موثر ( برای اعضای فرعی مساوی واحد در نظر گرفته می‌شود)

$F_a$= تنش فشاری مجاز برحسب کیلوگرم برسانتیمتر مربع

| | | |
|---|---|---|
| عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء : کراس‌آرمهاو آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی | تاریخ:تیرماه ۱۳۷۷ | صفحه: الف -۴ |

## پیوست (ب) شرایط تعیین ناودانی‌های سکوی ترانسفورماتور با توجه به استاندارد AISC

- مشخصات مورد نیاز ناودانی:

$W_x$= مدول مقطع ($cm^3$)

$W_y$= مدول مقطع ($cm^3$)

$X_m$= فاصله مرکز انحراف (cm)

s= ضخامت جان (mm)

t= ضخامت بال (mm)

h= ارتفاع (mm)

b= عرض بال (mm)

مشخصات مربوط به ناودانی در پیوست (ت) آمده است.

- تنش‌های موجود برای ناودانی A:

تنش خمشی

$$f_b = \frac{F_w\, l}{8\, W_x} + \frac{F_{t1}\, H}{8\, W_x}$$

$F_W$ : وزن ترانسفورماتور که نیروی قائم وارد بر ناودانی است (Kg)

l: دهانهٔ ناودانی (فاصله بین دو تکیه گاه ناودانی) (cm)

H :ارتفاع ترانسفورماتور (cm)

$F_{t1}$: نیروی افقی در امتداد طول محور ناودانی A (Kg)

تنش برشی

$$\tau_{max} = \frac{0/75\,(F_W\ X_m + F_{t2} H)}{(2(b-s)t^2 + hs^2) \times 10^{-3}} + \frac{0/75\ F_W\ (4b+h)}{2h\ s\ (6b+h) \times 10^{-2}}$$

| عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء : کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
|---|---|---|
| دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی | تاریخ:تیرماه ۱۳۷۷ | صفحه: ب -۱ |

$F_{t2}$ : نیروی افقی در امتداد عمود بر $F_{t1}$ (Kg)

مقادیر مجاز تنش‌های خمشی و برشی

$$F_b = ۰/۶ \quad F_y = ۱۴۴۰ \; Kg/cm^۲$$

$$F_V = ۰/۴ \quad F_y = ۹۶۰ \; Kg/cm^۲$$

- شروط انتخاب ناودانی A :

$$f_b \le F_b$$

$$\tau_{max} \le F_V$$

پس از برقراری شروط فوق طول ناودانی از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$l_1$ = طول ترانسفورماتور + (فاصله بدنه ترانسفورماتور از پایه‌های بتونی + عرض پایه بتونی + فاصله ناودانی از لبه) × ۲

$$l_1 = b_1 + (۲۵(cm) + ۲۰(cm) + ۱۰(cm)) \times ۲$$

$$l_1 = b_1 + ۱۰۰(cm)$$

- تنش‌های موجود برای ناودانی B :

تنش خمشی

$$f_b = \frac{F_W \; D}{۱۶ \; W_x} + \frac{F_{t1} \; D}{۱۶ \; W_y}$$

D : فاصله بین دو تکیه گاه در ناودانی B

$$\tau_{max} = \frac{۱/۵ \times \left(\frac{F_W \; X_m}{A} + \frac{F_{t1} \; h_A}{I_x}\right)}{(۲(b-s)\,t^۲ + h s^۲) \times ۱۰^{-۳}} + \frac{۳ \; f_W}{۱۶ \; h \; s}$$

$h_A$ : h ناودانی A که انتخاب شده است.

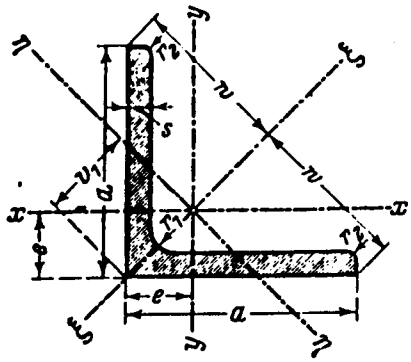
- شروط انتخاب ناودانی B:

$f_b \leq F_b$

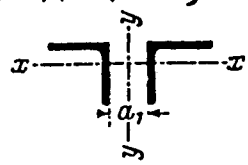
$\tau_{max} \leq F_v$

پس از برقراری شروط فوق طول ناودانی از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

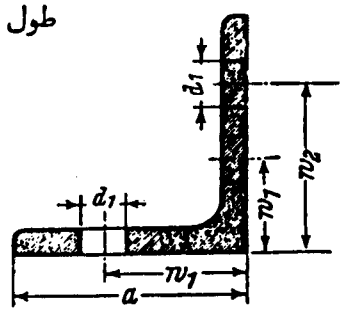
$l_2$ = (عرض ترانسفورماتور : L) + فاصله ناودانی از لبه



طول استاندارد ۶ تا ۱۲ متر



برای هرفاصله $a_1$ گشتاور ماند اصلی نسبت به محور $y-y$ بزرگ‌ترازگشتاور اصلی نسبت به محور $x-x$ میشود.



| اندازه بمیلیمتر | | | | | | فاصله محورها | | | برای محور خمش | | | | | | | | | سوراخ‌های لبه طبق دین ۹۹۷ (*) انتشار اکتبر ۱۹۷۰ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | $x-x=y-y$ | | | $\xi-\xi$ | | $\eta-\eta$ | | | | | |
| a | s | $r_1$ | $r_2$ | F | G | $e_x$ | w | $v_1$ | $J_x=J_y$ | $W_x=W_y$ | $i_x=i_y$ | $J_\xi$ | $i_\xi$ | $J_\eta$ | $W_\eta$ | $i_\eta$ | | $d_1$ | $w_1$ |
| انتخاری | بلاس | | | cm² | kg/m | cm | cm | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | | mm | mm |
| ℓ | | نبشی دو طرف مساوی گوشه گرد (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۸ انتشار اکتبر ۱۹۶۳ × نرم اروپائی ۶۵ – ۵۶ قسمتی از این ۱۰۲۸ منحرف میشود | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 x 3 | | 3,5 | 2 | 1,12 | 0,88 | 0,60 | 1,41 | 0,85 | 0,39 | 0,28 | 0,59 | 0,62 | 0,74 | 0,15 | 0,18 | 0,37 | | 4,3 | 12 |
| 4 | | | | 1,45 | 1,14 | 0,64 | | 0,90 | 0,48 | 0,35 | 0,58 | 0,77 | 0,73 | 0,19 | 0,21 | 0,36 | | | |
| 25 x 3 | | 3,5 | 2 | 1,42 | 1,12 | 0,73 | 1,77 | 1,03 | 0,79 | 0,45 | 0,75 | 1,27 | 0,95 | 0,31 | 0,30 | 0,47 | | 6,4 | 15 |
| 4 | | | | 1,85 | 1,45 | 0,76 | | 1,08 | 1,01 | 0,58 | 0,74 | 1,61 | 0,93 | 0,40 | 0,37 | 0,47 | | | |
| 5 | | | | 2,26 | 1,77 | 0,80 | | 1,13 | 1,18 | 0,69 | 0,72 | 1,87 | 0,91 | 0,50 | 0,44 | 0,47 | | | |
| 30 x 3 | | 5 | 2,5 | 1,74 | 1,36 | 0,84 | 2,12 | 1,18 | 1,41 | 0,65 | 0,90 | 2,24 | 1,14 | 0,57 | 0,48 | 0,57 | | 8,4 | 17 |
| 4 | | | | 2,27 | 1,78 | 0,89 | | 1,24 | 1,81 | 0,86 | 0,89 | 2,85 | 1,12 | 0,76 | 0,61 | 0,58 | | | |
| 5 | | | | 2,78 | 2,18 | 0,92 | | 1,30 | 2,16 | 1,04 | 0,88 | 3,41 | 1,11 | 0,91 | 0,70 | 0,57 | | | |
| 35 x 3 | | 5 | 2,5 | 2,04 | 1,60 | 0,96 | 2,47 | 1,36 | 2,29 | 0,90 | 1,06 | 3,63 | 1,34 | 0,95 | 0,70 | 0,68 | | 11 | 18 |
| 4 | | | | 2,67 | 2,10 | 1,00 | | 1,41 | 2,96 | 1,18 | 1,05 | 4,68 | 1,33 | 1,24 | 0,88 | 0,68 | | | |
| 5 | | | | 3,28 | 2,57 | 1,04 | | 1,47 | 3,56 | 1,45 | 1,04 | 5,63 | 1,31 | 1,49 | 1,01 | 0,67 | | | |
| 6 | | | | 3,87 | 3,04 | 1,08 | | 1,53 | 4,14 | 1,71 | 1,04 | 6,50 | 1,30 | 1,77 | 1,16 | 0,68 | | 11 | 8,4 |
| 40 x 3 | | 6 | 3 | 2,35 | 1,84 | 1,07 | 2,83 | 1,52 | 3,45 | 1,18 | 1,21 | 5,45 | 1,52 | 1,44 | 0,95 | 0,78 | | 11 | 22 |
| 4 | | | | 3,08 | 2,42 | 1,12 | | 1,58 | 4,48 | 1,56 | 1,21 | 7,09 | 1,52 | 1,86 | 1,18 | 0,78 | | | |
| 5 | | | | 3,79 | 2,97 | 1,16 | | 1,64 | 5,43 | 1,91 | 1,20 | 8,64 | 1,51 | 2,22 | 1,35 | 0,77 | | | |
| 6 | | | | 4,48 | 3,52 | 1,20 | | 1,70 | 6,33 | 2,26 | 1,19 | 9,98 | 1,49 | 2,67 | 1,57 | 0,77 | | | |
| 45 x 4 | | 7 | 3,5 | 3,49 | 2,74 | 1,23 | 3,18 | 1,75 | 6,43 | 1,97 | 1,36 | 10,2 | 1,71 | 2,68 | 1,53 | 0,88 | | 13 | 25 |
| 5 | | | | 4,30 | 3,38 | 1,28 | | 1,81 | 7,83 | 2,43 | 1,35 | 12,4 | 1,70 | 3,25 | 1,80 | 0,87 | | | |
| 6 | | | | 5,09 | 4,00 | 1,32 | | 1,87 | 9,16 | 2,88 | 1,34 | 14,5 | 1,69 | 3,83 | 2,05 | 0,87 | | | |
| 7 | | | | 5,86 | 4,60 | 1,36 | | 1,92 | 10,4 | 3,31 | 1,33 | 16,4 | 1,67 | 4,39 | 2,29 | 0,87 | | 13**) | |
| 50 x 4 | | 7 | 3,5 | 3,89 | 3,06 | 1,36 | 3,54 | 1,92 | 8,97 | 2,46 | 1,52 | 14,2 | 1,91 | 3,73 | 1,94 | 0,98 | | 13 | 30 |
| 5 | | | | 4,80 | 3,77 | 1,40 | | 1,98 | 11,0 | 3,05 | 1,51 | 17,4 | 1,90 | 4,59 | 2,32 | 0,98 | | | |
| 6 | | | | 5,69 | 4,47 | 1,45 | | 2,04 | 12,8 | 3,61 | 1,50 | 20,4 | 1,89 | 5,24 | 2,57 | 0,96 | | | |
| 7 | | | | 6,56 | 5,15 | 1,49 | | 2,11 | 14,6 | 4,15 | 1,49 | 23,1 | 1,88 | 6,02 | 2,85 | 0,96 | | | |
| 8 | | | | 7,41 | 5,82 | 1,52 | | 2,16 | 16,3 | 4,68 | 1,48 | 25,7 | 1,86 | 6,87 | 3,19 | 0,96 | | | |
| 9 | | | | 8,24 | 6,47 | 1,56 | | 2,21 | 17,9 | 5,20 | 1,47 | 28,1 | 1,85 | 7,67 | 3,47 | 0,97 | | | |
| 55 x 5 | | 8 | 4 | 5,32 | 4,18 | 1,52 | 3,89 | 2,15 | 14,7 | 3,70 | 1,66 | 23,3 | 2,09 | 6,11 | 2,84 | 1,07 | | 17 | 30 |
| 6 | | | | 6,31 | 4,95 | 1,56 | | 2,21 | 17,3 | 4,40 | 1,66 | 27,4 | 2,08 | 7,24 | 3,28 | 1,07 | | | |
| 8 | | | | 8,23 | 6,46 | 1,64 | | 2,32 | 22,1 | 5,72 | 1,64 | 34,8 | 2,06 | 9,35 | 4,03 | 1,07 | | 17 | 13 |
| 10 | | | | 10,1 | 7,90 | 1,72 | | 2,43 | 26,3 | 6,97 | 1,62 | 41,4 | 2,02 | 11,3 | 4,65 | 1,06 | | | 13• |
| 60 x 5 | | 8 | 4 | 5,82 | 4,57 | 1,64 | 4,24 | 2,32 | 19,4 | 4,45 | 1,82 | 30,7 | 2,30 | 8,03 | 3,46 | 1,17 | | 17 | 35 |
| 6 | | | | 6,91 | 5,42 | 1,69 | | 2,39 | 22,8 | 5,29 | 1,82 | 36,1 | 2,29 | 9,43 | 3,95 | 1,17 | | | |
| 8 | | | | 9,03 | 7,09 | 1,77 | | 2,50 | 29,1 | 6,88 | 1,80 | 46,1 | 2,26 | 12,1 | 4,84 | 1,16 | | | |
| 10 | | | | 11,1 | 8,69 | 1,85 | | 2,62 | 34,9 | 8,41 | 1,78 | 55,1 | 2,23 | 14,6 | 5,57 | 1,15 | | | |

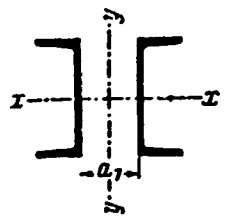
**فواصل سوراخ‌ها در آهن نبشی دو طرف مساوی: طبق دین ۹۹۹ انتشار اکتبر ۱۹۷۰.**

***) چنانچه برای $d_1$ یا $w_1$ اندازه‌های زیادتری داده شده باشد باید توضیح مربوطه در صفحه ۳ مراعات شود.**

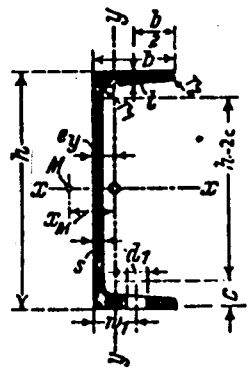
****) پیچ‌های استاندارد شده برای اتصال‌های HV در اینجا بکار نمیروند.**

| اندازه میلیمتر | | | F | G | فاصله برای محورها | | | برای محور خمش | | | | | | | | سوراخ‌های لبه طبق دین ۹۹۷ انتشار اکتبر ۱۹۷۰ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | x—x=y—y | | | ξ—ξ | | η—η | | | | | |
| علامت اختصاری | s | $r_2$ | $cm^2$ | kg/m | e cm | w cm | $v_1$ cm | $I_x=I_y$ $cm^4$ | $W_x=W_y$ $cm^3$ | $i_x=i_y$ cm | $I_\xi$ $cm^4$ | $i_\xi$ cm | $I_\eta$ $cm^4$ | $W_\eta$ $cm^3$ | $i_\eta$ cm | $d_1$ mm | $w_1$ mm | $w_2$ mm |
| L | نبشی گوشه گرد دو طرف مساوی (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۸ انتشار اکتبر ۱۹۶۳ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 x 6 | 9 | 4,5 | 7,53 | 5,91 | 1,80 | 4,60 | 2,55 | 29,2 | 6,21 | 1,97 | 46,3 | 2,48 | 12,1 | 4,74 | 1,27 | 21 | 35 | - |
| 7 | | | 8,70 | 6,83 | 1,85 | | 2,62 | 33,4 | 7,18 | 1,96 | 53,0 | 2,47 | 13,8 | 5,27 | 1,26 | | | |
| 8 | | | 9,85 | 7,73 | 1,89 | | 2,67 | 37,5 | 8,13 | 1,95 | 59,4 | 2,46 | 15,6 | 5,84 | 1,26 | | | |
| 9 | | | 11,0 | 8,62 | 1,93 | | 2,73 | 41,3 | 9,04 | 1,94 | 65,4 | 2,44 | 17,2 | 6,30 | 1,25 | 21 \| 17 | | |
| 11 | | | 13,2 | 10,3 | 2,00 | | 2,83 | 48,8 | 10,8 | 1,91 | 76,8 | 2,42 | 20,7 | 7,31 | 1,25 | | | |
| 70 x 6 | 9 | 4,5 | 8,13 | 6,38 | 1,93 | 4,95 | 2,73 | 36,9 | 7,27 | 2,13 | 58,5 | 2,68 | 15,3 | 5,60 | 1,37 | 21 | 40 | - |
| 7 | | | 9,40 | 7,38 | 1,97 | | 2,79 | 42,4 | 8,43 | 2,12 | 67,1 | 2,67 | 17,6 | 6,31 | 1,37 | | | |
| 9 | | | 11,9 | 9,34 | 2,05 | | 2,90 | 52,6 | 10,6 | 2,10 | 83,1 | 2,64 | 22,0 | 7,59 | 1,36 | | | |
| 11 | | | 14,3 | 11,2 | 2,13 | | 3,01 | 61,8 | 12,7 | 2,08 | 97,6 | 2,61 | 26,0 | 8,64 | 1,35 | | | |
| 75 x 6 | 10 | 5 | 8,75 | 6,87 | 2,04 | 5,30 | 2,89 | 45,6 | 8,35 | 2,28 | 72,2 | 2,87 | 18,9 | 6,54 | 1,47 | 23 | 40 | - |
| 7 | | | 10,1 | 7,94 | 2,09 | | 2,95 | 52,4 | 9,67 | 2,28 | 83,6 | 2,88 | 21,1 | 7,15 | 1,45 | | | |
| 8 | | | 11,5 | 9,03 | 2,13 | | 3,01 | 58,9 | 11,0 | 2,26 | 93,3 | 2,85 | 24,4 | 8,11 | 1,46 | | | |
| 10 | | | 14,1 | 11,1 | 2,21 | | 3,12 | 71,4 | 13,5 | 2,25 | 113 | 2,83 | 29,8 | 9,55 | 1,45 | 23 \| 21 | | |
| 12 | | | 16,7 | 13,1 | 2,29 | | 3,24 | 82,4 | 15,8 | 2,22 | 130 | 2,79 | 34,7 | 10,7 | 1,44 | | | |
| 80 x 7 | 10 | 5 | 10,8 | 8,49 | 2,21 | 5,66 | 3,13 | 64,2 | 11,1 | 2,44 | 102 | 3,07 | 26,5 | 8,48 | 1,57 | 23 | 45 | - |
| 8 | | | 12,3 | 9,66 | 2,26 | | 3,20 | 72,3 | 12,6 | 2,42 | 115 | 3,06 | 29,6 | 9,25 | 1,55 | | | |
| 10 | | | 15,1 | 11,9 | 2,34 | | 3,31 | 87,5 | 15,5 | 2,41 | 139 | 3,03 | 35,9 | 10,9 | 1,54 | | | |
| 12 | | | 17,9 | 14,1 | 2,41 | | 3,41 | 102 | 18,2 | 2,39 | 161 | 3,00 | 43,0 | 12,6 | 1,53 | | | |
| 14 | | | 20,6 | 16,1 | 2,48 | | 3,51 | 115 | 20,8 | 2,36 | 181 | 2,96 | 48,6 | 13,9 | 1,54 | | | |
| 90 x 8 | 11 | 5,5 | 13,9 | 10,9 | 2,50 | 6,36 | 3,53 | 104 | 16,1 | 2,74 | 165 | 3,45 | 43,5 | 12,3 | 1,77 | 25 | 50 | - |
| 9 | | | 15,5 | 12,2 | 2,54 | | 3,59 | 116 | 18,0 | 2,74 | 184 | 3,45 | 47,8 | 13,3 | 1,76 | | | |
| 11 | | | 18,7 | 14,7 | 2,62 | | 3,70 | 138 | 21,6 | 2,72 | 218 | 3,41 | 57,1 | 15,4 | 1,75 | | | |
| 13 | | | 21,8 | 17,1 | 2,70 | | 3,81 | 158 | 25,1 | 2,69 | 250 | 3,39 | 65,9 | 17,3 | 1,74 | | | |
| 16 | | | 26,4 | 20,7 | 2,81 | | 3,97 | 186 | 30,1 | 2,66 | 294 | 3,34 | 79,1 | 19,9 | 1,73 | | | |
| 100 x 8 | 12 | 6 | 15,5 | 12,2 | 2,74 | 7,07 | 3,87 | 145 | 19,9 | 3,06 | 230 | 3,85 | 59,9 | 15,5 | 1,96 | 25 | 55 | - |
| 10 | | | 19,2 | 15,1 | 2,82 | | 3,99 | 177 | 24,7 | 3,04 | 280 | 3,82 | 73,3 | 18,4 | 1,95 | | | |
| 12 | | | 22,7 | 17,8 | 2,90 | | 4,10 | 207 | 29,2 | 3,02 | 328 | 3,80 | 86,2 | 21,0 | 1,95 | | | |
| 14 | | | 26,2 | 20,6 | 2,98 | | 4,21 | 235 | 33,5 | 3,00 | 372 | 3,77 | 98,3 | 23,4 | 1,94 | | | |
| 16 | | | 29,6 | 23,2 | 3,06 | | 4,32 | 262 | 37,7 | 2,97 | 413 | 3,74 | 111 | 25,6 | 1,93 | | | |
| 20 | | | 36,2 | 28,4 | 3,20 | | 4,53 | 311 | 45,7 | 2,93 | 487 | 3,67 | 135 | 29,8 | 1,93 | | | |
| 110 x 10 | 12 | 6 | 21,2 | 16,6 | 3,07 | 7,78 | 4,34 | 239 | 30,1 | 3,36 | 379 | 4,23 | 98,6 | 22,7 | 2,16 | 25 | 45 \| 45 \| 50 | 70 |
| 12 | | | 25,1 | 19,7 | 3,15 | | 4,45 | 280 | 35,7 | 3,34 | 444 | 4,21 | 116 | 26,1 | 2,15 | | | |
| 14 | | | 29,0 | 22,8 | 3,21 | | 4,54 | 319 | 41,0 | 3,32 | 505 | 4,18 | 133 | 29,3 | 2,14 | | | |
| 120 x 11 | 13 | 6,5 | 25,4 | 19,9 | 3,36 | 8,49 | 4,75 | 341 | 39,5 | 3,66 | 541 | 4,62 | 140 | 29,5 | 2,35 | 25 | 50 | 80 |
| 12 | | | 27,5 | 21,6 | 3,40 | | 4,80 | 368 | 42,7 | 3,65 | 584 | 4,60 | 152 | 31,6 | 2,35 | | | |
| 13 | | | 29,7 | 23,3 | 3,44 | | 4,86 | 394 | 46,0 | 3,64 | 625 | 4,59 | 162 | 33,3 | 2,34 | | | |
| 15 | | | 33,9 | 26,6 | 3,51 | | 4,96 | 446 | 52,5 | 3,63 | 705 | 4,56 | 186 | 37,5 | 2,34 | | | |
| 130 x 12 | 14 | 7 | 30,0 | 23,6 | 3,64 | 9,19 | 5,15 | 472 | 50,4 | 3,97 | 750 | 5,00 | 194 | 37,7 | 2,54 | 25 | 50 \| 50 \| 55 | 90 |
| 14 | | | 34,7 | 27,2 | 3,72 | | 5,26 | 540 | 58,2 | 3,94 | 857 | 4,97 | 223 | 42,4 | 2,53 | | | |
| 16 | | | 39,3 | 30,9 | 3,80 | | 5,37 | 605 | 65,8 | 3,92 | 959 | 4,94 | 251 | 46,7 | 2,52 | | | |
| 140 x 13 | 15 | 7,5 | 35,0 | 27,5 | 3,92 | 9,90 | 5,54 | 638 | 63,3 | 4,27 | 1010 | 5,38 | 262 | 47,3 | 2,74 | 28 | 55 | 95 |
| 15 | | | 40,0 | 31,4 | 4,00 | | 5,66 | 723 | 72,3 | 4,25 | 1150 | 5,36 | 298 | 52,7 | 2,73 | | | |
| 150 x 12 | 16 | 8 | 34,8 | 27,3 | 4,12 | 10,6 | 5,83 | 737 | 67,7 | 4,60 | 1170 | 5,80 | 303 | 52,0 | 2,95 | 28 | 60 | 105 |
| 14 | | | 40,3 | 31,6 | 4,21 | | 5,95 | 845 | 78,2 | 4,58 | 1340 | 5,77 | 347 | 58,3 | 2,94 | | | |
| 15 | | | 43,0 | 33,8 | 4,25 | | 6,01 | 898 | 83,5 | 4,57 | 1430 | 5,76 | 370 | 61,6 | 2,93 | | | |
| 16 | | | 45,7 | 35,9 | 4,29 | | 6,07 | 949 | 88,7 | 4,56 | 1510 | 5,74 | 391 | 64,4 | 2,93 | | | |
| 18 | | | 51,0 | 40,1 | 4,36 | | 6,17 | 1050 | 99,3 | 4,54 | 1670 | 5,70 | 438 | 71,0 | 2,93 | | | |
| 20 | | | 56,3 | 44,2 | 4,44 | | 6,28 | 1150 | 109 | 4,51 | 1820 | 5,68 | 477 | 76,0 | 2,91 | | 60 \| 65 | |
| 160 x 15 | 17 | 8,5 | 46,1 | 36,2 | 4,49 | 11,3 | 6,35 | 1100 | 95,6 | 4,88 | 1750 | 6,15 | 453 | 71,3 | 3,14 | 28 | 60 | 115 |
| 17 | | | 51,8 | 40,7 | 4,57 | | 6,46 | 1230 | 108 | 4,86 | 1950 | 6,13 | 506 | 78,3 | 3,13 | | 60 \| 65 | |
| 18 | | | 57,5 | 45,1 | 4,65 | | 6,58 | 1350 | 118 | 4,84 | 2140 | 6,10 | 558 | 84,8 | 3,12 | | | |
| 180 x 16 | 18 | 9 | 55,4 | 43,5 | 5,02 | 12,7 | 7,11 | 1680 | 130 | 5,51 | 2690 | 6,96 | 679 | 95,5 | 3,50 | 28 | 60 \| 60 \| 65 | 135 |
| 18 | | | 61,9 | 48,6 | 5,10 | | 7,22 | 1870 | 145 | 5,49 | 2970 | 6,93 | 757 | 105 | 3,49 | | | |
| 20 | | | 68,4 | 53,7 | 5,18 | | 7,33 | 2040 | 160 | 5,47 | 3260 | 6,90 | 830 | 113 | 3,49 | | | |
| 22 | | | 74,7 | 58,6 | 5,26 | | 7,44 | 2210 | 174 | 5,44 | 3510 | 6,86 | 918 | 123 | 3,50 | | | |
| 200 x 16 | 18 | 9 | 61,8 | 48,5 | 5,52 | 14,1 | 7,80 | 2340 | 162 | 6,15 | 3740 | 7,78 | 943 | 121 | 3,91 | 28 | 65 \| 65 \| 70 \| 70 \| 75 | 150 |
| 18 | | | 69,1 | 54,3 | 5,60 | | 7,92 | 2600 | 181 | 6,13 | 4150 | 7,75 | 1050 | 133 | 3,90 | | | |
| 20 | | | 76,4 | 59,9 | 5,68 | | 8,04 | 2850 | 199 | 6,11 | 4540 | 7,72 | 1160 | 144 | 3,89 | | | |
| 24 | | | 90,6 | 71,1 | 5,84 | | 8,26 | 3330 | 235 | 6,06 | 5280 | 7,64 | 1380 | 167 | 3,90 | | | |
| 28 | | | 105 | 82,0 | 5,99 | | 8,47 | 3780 | 270 | 6,02 | 5990 | 7,57 | 1580 | 186 | 3,89 | | | |
| L | نبشی گوشه گرد دو طرف مساوی (گرم غلطک خورده) استاندارد نشده | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 250 x 18 | 20 | 10 | 87,2 | 68,4 | 6,84 | 17,7 | 9,67 | 5210 | 287 | 7,73 | 7350 | 9,17 | 2130 | 220 | 4,94 | 28 | 70 | 200 |
| 20 | | | 96,4 | 75,7 | 6,92 | | 9,79 | 5730 | 317 | 7,70 | 8080 | 9,15 | 2340 | 240 | 4,93 | | | |
| 22 | | | 106 | 82,9 | 7,00 | | 9,90 | 6240 | 347 | 7,68 | 8780 | 9,12 | 2560 | 258 | 4,91 | | | |
| 24 | | | 115 | 90,0 | 7,08 | | 10,0 | 6730 | 376 | 7,66 | 9490 | 9,09 | 2760 | 276 | 4,90 | | | |

طول استاندارد
پروفیل‌هائی بارتفاع کمتر از ۳۰۰ میلیمتر ۸ تا ۱۶ متر
از ۳۰۰ میلیمتر به بالا ۸ تا ۱۸ متر



$e_1$ = فاصله بین دو ناودانی بطوری که هردو گشتاور ماند مساوی‌هم و معادل $2I_x$ شوند



شیب داخلی لبه‌ها
۸% برای پروفیل‌های $h \leq 300$
۵% برای پروفیل‌های $h > 300$

$e_y$ ـ فاصله محور ثقل $y-y$
$x_M$ ـ فاصله مرکز انحراف (برش‌یاقیچی‌شدن)

| علامت اختصاری | اندازه میلیمتر برای | | | | | | | F | G | برای محور خمش | | | | | | $e_y$ | $x_M$ | $e_1$ | سوراخ‌های لبه طبق دین ۱۹۷ انتشاراکتبر۱۹۷۰ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | x-x | | | y-y | | | | | | | |
| | h | b | s | $t=r_1$ *) | $r_2$ | c | h-2c | $cm^2$ | kg/m | $J_x$ $cm^4$ | $W_x$ $cm^3$ | $i_x$ cm | $J_y$ $cm^4$ | $W_y$ $cm^3$ | $i_y$ cm | cm | cm | mm | $d_1$ mm | $w_1$ mm |
| ⊔ | آهن ناودانی گوشه گرد (گرم غلطک خورده) طبق دین ۱۰۲۶ انتشار اکتبر ۱۹۶۳ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 x 15 | 30 | 15 | 4 | 4,5 | 2 | 9 | 12 | 2,21 | 1,74 | 2,53 | 1,69 | 1,07 | 0,38 | 0,39 | 0,42 | 0,52 | 0,74 | – | 4,3 | 10 |
| 30 | 30 | 33 | 5 | 7 | 3,5 | 14,5 | 1 | 5,44 | 4,27 | 6,39 | 4,26 | 1,08 | 5,33 | 2,68 | 0,99 | 1,31 | 2,22 | – | 6,4 | 20 |
| 40 x 20 | 40 | 20 | 5 | 5,5 | 2,5 | 11 | 18 | 3,66 | 2,87 | 7,58 | 3,79 | 1,44 | 1,14 | 0,86 | 0,56 | 0,67 | 1,01 | – | 6,4 | 11 |
| 40 | 40 | 35 | 5 | 7 | 3,5 | 14,5 | 11 | 6,21 | 4,87 | 14,1 | 7,05 | 1,50 | 6,66 | 3,06 | 1,04 | 1,33 | 2,32 | – | 8,4 | 20 |
| 50 x 25 | 50 | 25 | 5 | 6 | 3 | 12,5 | 25 | 4,92 | 3,86 | 16,8 | 6,73 | 1,85 | 2,49 | 1,48 | 0,71 | 0,81 | 1,34 | – | 8,4 | 16 |
| 50 | 50 | 38 | 5 | 7 | 3,5 | 15 | 20 | 7,12 | 5,59 | 26,4 | 10,6 | 1,92 | 9,12 | 3,75 | 1,13 | 1,37 | 2,47 | 4 | 11 | 20 |
| 60 | 60 | 30 | 6 | 6 | 3 | 12,5 | 35 | 6,46 | 5,07 | 31,6 | 10,5 | 2,21 | 4,51 | 2,16 | 0,84 | 0,91 | 1,50 | – | 8,4 | 18 |
| 65 | 65 | 42 | 5,5 | 7,5 | 4 | 16 | 33 | 9,03 | 7,09 | 57,5 | 17,7 | 2,52 | 14,1 | 5,07 | 1,25 | 1,42 | 2,60 | 16 | 11 | 25 |
| 80 | 80 | 45 | 6 | 8 | 4 | 17 | 47 | 11,0 | 8,64 | 106 | 26,5 | 3,10 | 19,4 | 6,36 | 1,33 | 1,45 | 2,67 | 28 | 13**) | 25 |
| 100 | 100 | 50 | 6 | 8,5 | 4,5 | 18 | 64 | 13,5 | 10,6 | 206 | 41,2 | 3,91 | 29,3 | 8,49 | 1,47 | 1,55 | 2,93 | 42 | 13 | 30 |
| 120 | 120 | 55 | 7 | 9 | 4,5 | 19 | 82 | 17,0 | 13,4 | 364 | 60,7 | 4,62 | 43,2 | 11,1 | 1,59 | 1,60 | 3,03 | 56 | 17 I 13 | 30 |
| 140 | 140 | 60 | 7 | 10 | 5 | 21 | 97 | 20,4 | 16,0 | 605 | 86,4 | 5,45 | 62,7 | 14,8 | 1,75 | 1,75 | 3,37 | 70 | 17 | 35 |
| 160 | 160 | 65 | 7,5 | 10,5 | 5,5 | 22,5 | 115 | 24,0 | 18,8 | 925 | 116 | 6,21 | 85,3 | 18,3 | 1,89 | 1,84 | 3,56 | 82 | 21 I 17 | 35 |
| 180 | 180 | 70 | 8 | 11 | 5,5 | 23,5 | 133 | 28,0 | 22,0 | 1 350 | 150 | 6,95 | 114 | 22,4 | 2,02 | 1,92 | 3,75 | 96 | 21 | 40 |
| 200 | 200 | 75 | 8,5 | 11,5 | 6 | 24,5 | 151 | 32,2 | 25,3 | 1 910 | 191 | 7,70 | 148 | 27,0 | 2,14 | 2,01 | 3,94 | 108 | 23 I 21 | 40 |
| 220 | 220 | 80 | 9 | 12,5 | 6,5 | 26,5 | 169 | 37,4 | 29,4 | 2 690 | 245 | 8,48 | 197 | 33,6 | 2,30 | 2,14 | 4,20 | 122 | 23 | 45 |
| 240 | 240 | 85 | 9,5 | 13 | 6,5 | 28 | 185 | 42,3 | 33,2 | 3 600 | 300 | 9,22 | 248 | 39,6 | 2,42 | 2,23 | 4,39 | 134 | 25 I 23 | 45 |
| 260 | 260 | 90 | 10 | 14 | 7 | 30 | 201 | 48,3 | 37,9 | 4 820 | 371 | 9,99 | 317 | 47,7 | 2,56 | 2,36 | 4,66 | 146 | 25 | 50 |
| 280 | 280 | 95 | 10 | 15 | 7,5 | 32 | 216 | 53,3 | 41,8 | 6 280 | 448 | 10,9 | 399 | 57,2 | 2,74 | 2,53 | 5,02 | 160 | 25 | 50 |
| 300 | 300 | 100 | 10 | 16 | 8 | 34 | 232 | 58,8 | 46,2 | 8 030 | 535 | 11,7 | 495 | 67,8 | 2,90 | 2,70 | 5,41 | 174 | 28 | 55 |
| 320 | 320 | 100 | 14 | 17,5 | 8,75 | 37 | 247 | 75,8 | 59,5 | 10 870 | 679 | 12,1 | 597 | 80,6 | 2,81 | 2,60 | 4,82 | 182 | 28 | 58 |
| 350 | 350 | 100 | 14 | 16 | 8 | 34 | 283 | 77,3 | 60,6 | 12 840 | 734 | 12,9 | 570 | 75,0 | 2,72 | 2,40 | 4,45 | 204 | 28 | 58 |
| 380 | 380 | 102 | 13,5 | 16 | 8 | 33,5 | 313 | 80,4 | 63,1 | 15 760 | 829 | 14,0 | 615 | 78,7 | 2,77 | 2,38 | 4,58 | 227 | 28 | 60 |
| 400 | 400 | 110 | 14 | 18 | 9 | 38 | 326 | 91,5 | 71,8 | 20 360 | 1020 | 14,9 | 846 | 102 | 3,04 | 2,66 | 5,11 | 240 | 28 | 60 |

چنانچه برای $d_1$ اندازه‌های زیادتری داده شده باشد باید توضیح مربوطه در صفحه ۳۰ مراعات شود. *) در ⊔ ۴۰ × ۲۰ $r_1 = 5$ر۵ میلیمتر، $r_2 = 5$ میلیمتر است.
**) پیچ‌های استاندارد شده برای اتصال‌های HV در اینجا بکار نمیروند.

| | | |
|---|---|---|
| عنوان کل: استاندارد خطوط هوایی توزیع | عنوان جزء: کراس‌آرمهاو آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی | تاریخ: تیر ماه ۱۳۷۷ | صفحه: ت- ۱ |

## پیوست (ث) مشخصات ترانسفورماتورهای ۲۰ KV و ۳۳ KV

### Technical Specification of Standard 20 KV Transformers

| Type | | TS5544C | TS5444C | TS5344B | TS5244B | TS5144B | TS5044B | TS4744B | TS4444B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rated power | KVA | 315 | 250 | 200 | 160 | 125 | 100 | 50 | 25 |
| Rated Voltage Sec. | V | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 |
| Primary Taps | % | ±5 | ±5 | ±4 | ±4 | ±4 | ±4 | ±4 | ±4 |
| Rated Frequency | Hz | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Vector Group | | Dyn 5 | Dyn 5 | Yzn 5 | Yzn 5 | Yzn 5 | Yzn 5 | Yzn 5 | Yzn 5 |
| Short Circuit Voltage | % | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Admissible ambient temperature | °C | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Altitude above sea level (Max.) | m | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Cooling Method | | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN |
| Rated Current Prim. | A | 9.09 | 7.22 | 5.77 | 4.62 | 3.61 | 2.89 | 1.44 | 0.72 |
| Rated Current Sec. | A | 455.0 | 360.6 | 289.0 | 231.0 | 180.4 | 144.3 | 72.2 | 36.1 |
| N0-Load Losses | W | 720 | 610 | 570 | 480 | 400 | 340 | 210 | 150 |
| No-Load Current | % | 2.0 | 2.1 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.8 | 4.3 |
| Short Circuit Losses (75°C) | W | 5400 | 4450 | 3600 | 3100 | 2500 | 2150 | 1250 | 750 |
| Applied Test Voltage | kV | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 |
| Total Weight (approx.) | kg | 1220 | 1040 | 845 | 760 | 665 | 590 | 510 | 300 |
| Weight of oil (approx) | kg | 306 | 263 | 217 | 205 | 184 | 169 | 126 | 96 |
| Weight of Removable Part | kg | 610 | 535 | 485 | 420 | 360 | 310 | 220 | 150 |
| Weight of Copper & Copper alloys | kg | 185.3 | 158.2 | 159.2 | 123.9 | 108.9 | 93.3 | 53.5 | 33 |

### Technical Specification of Standard 20 KV Transformers

| Type | | TS6244C | TS6144C | TS6044C | TS5944C | TS5844C | TS5744C | TS5644C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rated power | KVA | 1600 | 1250 | 1000 | 800 | 630 | 500 | 400 |
| Rated Voltage Sec. | V | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 |
| Primary Taps | % | ±5 | ±5 | ±5 | ±5 | ±5 | ±5 | ±5 |
| Rated Frequency | Hz | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Vector Group | | Dyn 5 | Dyn 5 | Dyn 5 | Dyn 5 | Dyn 5 | Dyn 5 | Dyn 5 |
| Short Circuit Voltage | % | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Admissible ambient temperature | °C | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Altitude above sea level (Max.) | m | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Cooling Method | | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN |
| Rated Current Prim. | A | 46.2 | 36.1 | 28.87 | 23.10 | 18.19 | 14.43 | 11.55 |
| Rated Current Sec. | A | 2309 | 1804 | 1443.0 | 1155 | 909.0 | 722 | 577 |
| N0-Load Losses | W | 2550 | 2100 | 1750 | 1450 | 1200 | 1000 | 850 |
| No-Load Current | % | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 |
| Short Circuit Losses (75°C) | W | 19800 | 16400 | 13500 | 11000 | 9300 | 7800 | 6450 |
| Applied Test Voltage | kV | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 | 50/2.5 |
| Total Weight (approx.) | kg | 4500 | 3700 | 3010 | 2430 | 2037 | 1780 | 1485 |
| Weight of oil (approx) | kg | 1127 | 1005 | 767 | 628 | 525 | 463 | 385 |
| Weight of Removable Part | kg | 2230 | 1680 | 1420 | 1220 | 1015 | 860 | 720 |
| Weight of Copper & Copper alloys | kg | 586.1 | 483.3 | 455 | 397.0 | 321.0 | 277.9 | 227.2 |

## Technical Specification of Standard 33 KV Transformers

| Type | | TS5546C | TS5446C | TS5346C | TS5246C | TS5146C | TS5046C | TS4746C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rated power | KVA | 315 | 250 | 200 | 160 | 125 | 100 | 50 |
| Rated Voltage Sec. | V | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 |
| Primary Taps | % | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 |
| Rated Frequency | Hz | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Vector Group | | Dyn 1 | Dyn 1 | Yzn 5 | Yzn 5 | Yzn 5 | Yzn 5 | Yzn 5 |
| Short Circuit Voltage | % | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Admissible ambient temperature | °C | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Altitude above sea level (Max.) | m | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Cooling Method | | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN |
| Rated Current Prim. | A | 5.51 | 4.37 | 3.50 | 2.80 | 2.19 | 1.75 | 0.87 |
| Rated Current Sec. | A | 455 | 361.0 | 289.0 | 231.0 | 180.4 | 144.3 | 72.2 |
| NO-Load Losses | W | 760 | 650 | 550 | 480 | 420 | 380 | 250 |
| No-Load Current | % | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.8 |
| Short Circuit Losses (75°C) | W | 5400 | 4450 | 3800 | 3200 | 2700 | 2300 | 1300 |
| Applied Test Voltage | kV | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 |
| Total Weight (approx.) | kg | 1290 | 1110 | 995 | 910 | 785 | 675 | 585 |
| Weight of oil (approx) | kg | 360 | 335 | 305 | 299 | 249 | 220 | 230 |
| Weight of Removable Part | kg | 655 | 580 | 515 | 470 | 390 | 330 | 230 |
| Weight of Copper & Copper alloys | kg | 180.9 | 169.6 | 163.3 | 138.19 | 123.1 | 110.8 | 70.04 |

## Technical Specification of Standard 33 KV Transformers

| Type | | TS6246C | TS6146C | TS6046C | TS5946C | TS5846C | TS5746C | TS5646C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rated power | KVA | 1600 | 1250 | 1000 | 800 | 630 | 500 | 400 |
| Rated Voltage Sec. | V | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 | 400/231 |
| Primary Taps | % | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 | ±2x2.5 |
| Rated Frequency | Hz | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Vector Group | | Dyn 1 | Dyn 1 | Dyn 1 | Dyn 1 | Dyn 1 | Dyn 1 | Dyn 1 |
| Short Circuit Voltage | % | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Admissible ambient temperature | °C | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Altitude above sea level (Max.) | m | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Cooling Method | | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN | ONAN |
| Rated Current Prim. | A | 28 | 21.87 | 17.50 | 14.00 | 11.00 | 8.75 | 7.00 |
| Rated Current Sec. | A | 2309.0 | 1804.0 | 1443.0 | 1155.0 | 909.0 | 722 | 577.0 |
| NO-Load Losses | W | 2600 | 2150 | 1800 | 1520 | 1260 | 1050 | 900 |
| No-Load Current | % | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 2 |
| Short Circuit Losses (75°C) | W | 19800 | 16400 | 13500 | 11000 | 9300 | 7800 | 6450 |
| Applied Test Voltage | kV | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 | 70/2.5 |
| Total Weight (approx.) | kg | 4290 | 3560 | 3025 | 2575 | 2060 | 1860 | 1510 |
| Weight of oil (approx) | kg | 1186 | 917 | 790 | 687 | 523 | 473 | 446 |
| Weight of Removable Part | kg | 2010 | 1705 | 1425 | 1260 | 1040 | 935 | 780 |
| Weight of Copper & Copper alloys | kg | 630.8 | 517.1 | 457.3 | 400.3 | 312.5 | 267.1 | 221.5 |

Dimensions in mm

| Rating KVA | HV. KV | Type | Standard DIN | Fig. Nr. | $a_1$ | $b_1$ | $h_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $b_2$ | $h_2$ | k | i | m | n | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 11 | TS 4441B | 42503 | 1 | 844 | 634 | 1120 | – | 696 | 424 | 630 | 100 | 100 | 620 | 163 | 310 |
| | 20 | TS 4444B | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| 50 | 11 | TS 4741B | 42503 | 2 | 830 | 690 | 1393 | – | 765 | 531 | 863 | 110 | 105 | 500 | 200 | 310 |
| | 20 | TS 4744B | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 4746C | 42511 | 5 | 913 | 690 | 1587 | – | 913 | 431 | 947 | 233 | 105 | 720 | 200 | 497 |
| 100 | 11 | TS 5041B | 42503 | 3 | 961 | 690 | 1522 | – | 906 | 466 | 992 | 110 | 115 | 720 | 200 | 310 |
| | 20 | TS 5044B | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5046C | 42511 | 5 | 1148 | 690 | 1667 | – | 1148 | 488 | 958 | 258 | 130 | 620 | 250 | 497 |
| 125 | 11 | TS 5141B | 42503 | 3 | 1036 | 690 | 1557 | – | 1036 | 466 | 1027 | 110 | 115 | 720 | 200 | 310 |
| | 20 | TS 5144B | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5146C | 42511 | 5 | 1082 | 714 | 1658 | – | 1082 | 602 | 1008 | 263 | 135 | 620 | 250 | 497 |
| 160 | 11 | TS 5241B | 42503 | 3 | 966 | 690 | 1622 | – | 966 | 576 | 1052 | 115 | 120 | 500 | 250 | 310 |
| | 20 | TS 5244B | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5246C | 42511 | 5 | 1166 | 690 | 1704 | – | 1166 | 545 | 1054 | 293 | 165 | 720 | 250 | 497 |
| 200 | 11 | TS 5341B | 42503 | 3 | 996 | 690 | 1652 | – | 996 | 576 | 1082 | 115 | 100 | 620 | 250 | 310 |
| | 20 | TS 5344B | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5346C | 42511 | 5 | 1162 | 709 | 1718 | – | 1162 | 632 | 1068 | 278 | 130 | 820 | 250 | 497 |
| 250 | 11 | TS 5441C | 42511 | 3 | 1386 | 806 | 1577 | – | 1386 | 806 | 1007 | 130 | 115 | 720 | 250 | 310 |
| | 20 | TS 5444C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5446C | 42511 | 5 | 1296 | 734 | 1723 | – | 1296 | 692 | 1073 | 283 | 135 | 820 | 250 | 497 |
| 315 | 11 | TS 5541C | 42511 | 4 | 1440 | 1013 | 1626 | 775 | 1330 | 810 | 1075 | 135 | 160 | 820 | 250 | 310 |
| | 20 | TS 5544C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5546C | 42511 | 5 | 1410 | 930 | 1798 | – | 1410 | 760 | 1112 | 283 | 135 | 820 | 315 | 497 |

Dimensions in mm

| Rating KVA | HV. KV | Type | Standard DIN | Fig. Nr. | $a_1$ | $b_1$ | $h_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $b_2$ | $h_2$ | k | i | m | n | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 400 | 11 | TS 5641C | 42511 | 4 | 1613 | 954 | 1733 | 833 | 1560 | 954 | 1117 | 150 | 135 | 620 | 315 | 310 |
| | 20 | TS 5644C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5646C | 42511 | 5 | 1386 | 978 | 1918 | – | 1386 | 866 | 1232 | 293 | 145 | 820 | 315 | 497 |
| 500 | 11 | TS 5741C | 42511 | 4 | 1638 | 970 | 1858 | 843 | 1590 | 970 | 1242 | 160 | 135 | 720 | 315 | 310 |
| | 20 | TS 5744C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5746C | 42511 | 5 | 1636 | 1028 | 1943 | – | 1636 | 966 | 1257 | 298 | 145 | 820 | 315 | 497 |
| 630 | 11 | TS 5841C | 42511 | 4 | 1692 | 1013 | 1923 | 843 | 1692 | 986 | 1297 | 160 | 140 | 820 | 315 | 310 |
| | 20 | TS 5844C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5846C | 42511 | 5 | 1562 | 1066 | 1983 | – | 1562 | 1032 | 1297 | 298 | 145 | 820 | 315 | 497 |
| 800 | 11 | TS 5941C | 42511 | 4 | 1816 | 1089 | 2118 | 945 | 1742 | 1062 | 1407 | 175 | 140 | 820 | 400 | 310 |
| | 20 | TS 5944C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 5946C | 42511 | 6 | 2005 | 1162 | 2143 | 1094 | 1822 | 1162 | 1372 | 190 | 155 | 820 | 400 | 485 |
| 1000 | 11 | TS 6041C | 42511 | 4 | 1952 | 1152 | 2285 | 960 | 1952 | 1152 | 1574 | 185 | 150 | 820 | 400 | 310 |
| | 20 | TS 6044C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 6046C | 42511 | 6 | 2047 | 1166 | 2340 | 1094 | 1906 | 1166 | 1569 | 200 | 175 | 820 | 400 | 485 |
| 1250 | 11 | TS 6141C | 42511 | 4 | 2077 | 1267 | 2392 | 945 | 2077 | 1267 | 1681 | 200 | 165 | 920 | 400 | 310 |
| | 20 | TS 6144C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 6146C | 42511 | 6 | 2127 | 1256 | 2455 | 1114 | 2026 | 1256 | 1684 | 200 | 175 | 820 | 400 | 485 |
| 1600 | 11 | TS 6241C | 42511 | 4 | 2312 | 1314 | 2605 | 1105 | 2312 | 1272 | 1894 | 205 | 170 | 1120 | 400 | 310 |
| | 20 | TS 6244C | | | | | | | | | | | | | | 385 |
| | 33 | TS 6246C | 42511 | 6 | 2167 | 1308 | 2572 | 1140 | 2054 | 1308 | 1801 | 205 | 170 | 1120 | 400 | 485 |

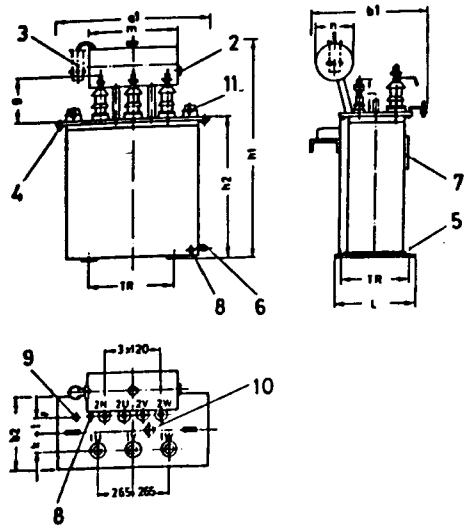


Fig No. 1

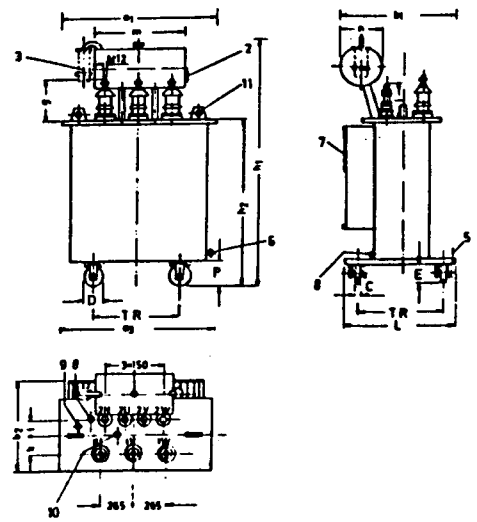


Fig No. 2

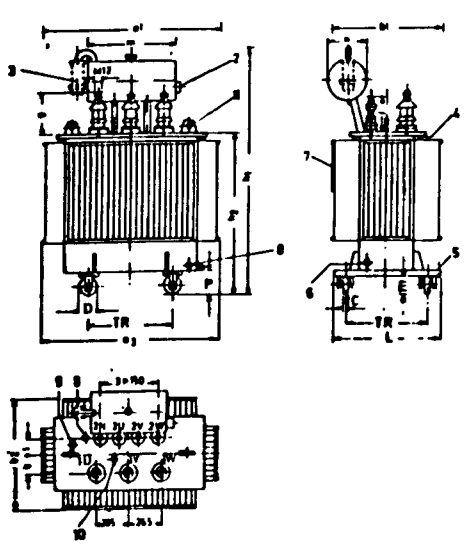


Fig No. 3

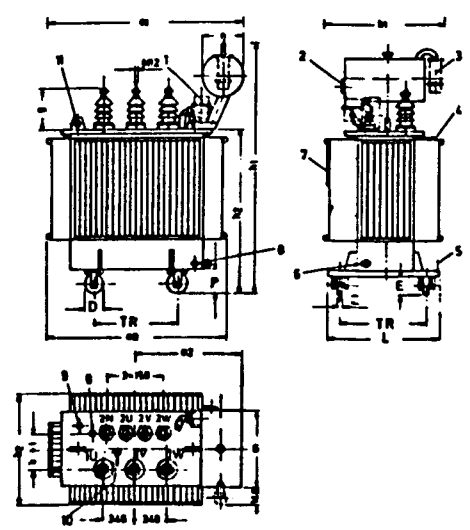


Fig No. 4

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل:** استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء :** کراس‌آرمهاو آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| **دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **تاریخ:** تیر ماه ۱۳۷۷ | **صفحه:** ث- ۴ |

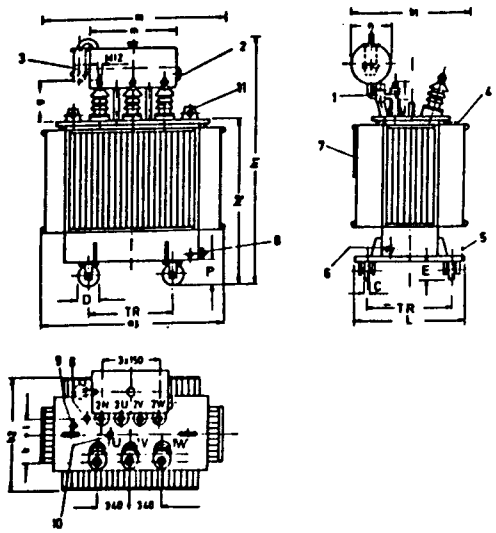


Fig No. 5

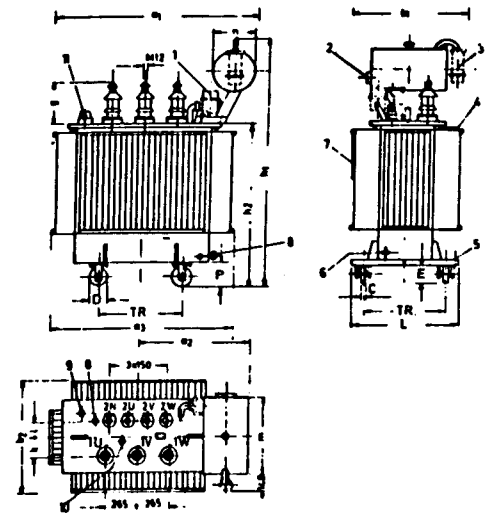
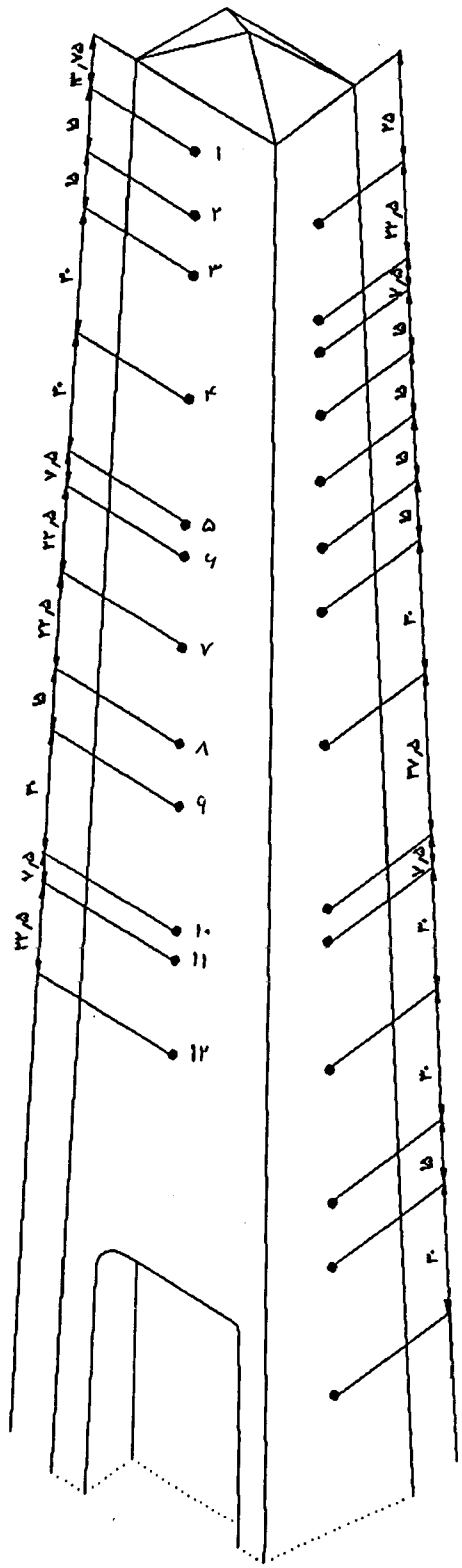


Fig No. 6

1– BUCHHOLZ RELAY
2– OIL LEVEL GAUGE
3– DEHYDRATING BREATHER
4– LASHING LUG
5– PULLING LUG
6– OIL DRAIN PLUG
7– RATING PLATE
8– EARTHING TERMINAL
9– THERMOMETER POCKET
10–TAP CHANGER OPERATING HANDLE
11–TOWING LUG
12–BIDIRECTIONAL WHEELS

| KVA | 25 | 50 to 250 | 315 to 800 | 1000 to 1600 |
|---|---|---|---|---|
| TR | 385 | 520 | 670 | 820 |
| L | 435 | 690 | 840 | 1030 |
| D | | 150 | 150 | 200 |
| C | | 50 | 50 | 68 |
| E | | 136 | 136 | 157 |
| P | | 176 | 176 | 232 |

## پیوست (ج) شکل پایه بتونی




*توجه: قطر کلیه سوراخها ۲ سانتیمتر می‌باشد.*

| | | |
|---|---|---|
| **عنوان کل:** استاندارد خطوط هوایی توزیع | **عنوان جزء:** کراس‌آرمهاو آرایش پایه‌های بکاررفته در شبکه توزیع | |
| **دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی** | **تاریخ:** تیر ماه ۱۳۷۷ | **صفحه:** ج - ۱ |

## 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سبک(۱) | بارگذاری متعادل | استاندارد | یخ و باد متوسط | ۱۵ | — | ۲۸(۵۰) | — |
| | | | NESC-LIGHT(۱) | -۱ | — | ۲۶/۵(۴۴) | ۰/۰۷ |
| | | حدی | باد شدید | ۰ | — | ۴۵(۱۲۶) | — |
| | | | یخ سنگین | -۵ | ۶ | ۲۲(۳۰) | — |
| | بارگذاری غیرمتعادل | | بارطولی‌نامتعادل-بارگی‌سیم‌دربادشدید | ۰ | — | ۴۵(۱۲۶) | — |
| | | | بار طولی متعادل:<br>- یخ و باد در یکطرف اسپن<br>- باد بدون‌یخ در طرف دیگر | -۵ | ۶-۰ | ۲۲(۳۰) | — |
| | شرایط EDS(۲) | | | ۲۵ | — | — | — |
| | حداقل درجه حرارت | | | -۵۰ | — | — | — |
| | حداکثر درجه حرارت | | | ۵۰-۵۵* | — | — | — |
| 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 | | بارطولی‌نامتعادل-بارگی‌سیم‌دریخ‌سنگین | -۵ | ۱۵ | — | — |
| | | | بار طولی متعادل:<br>- یخ و باد در یکطرف اسپن<br>- بادبدون یخ در طرف دیگر | -۱۰ | ۷-۰ | ۲۵(۴۰) | — |
| | شرایط EDS | | | ۲۰ | — | — | — |
| | حداقل درجه حرارت | | | -۲۰ | — | — | — |
| | حداکثر درجه حرارت | | | ۴۵ | — | — | — |

(۱) *National Electrical Safety Code*

(۲) *Every Day Stress*

* درجه حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد برای جزایر جنوبی و حاشیه خلیج فارس درنظر گرفته می‌شود.

ادامه

| نوع منطقه | نوع بارگذاری | | | درجه حرارت (°c) | یخ (ضخامت شعاعی) (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 | | بارطولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین | -۵ | *۲۰-۲۵ | — | — |
| | | | بار طولی متعادل :<br>- یخ و باد در یکطرف اسپن<br>- باد بدون یخ درطرف دیگر | -۲۰ | ۰-۱۵ | ۲۰(۲۵) | — |
| | شرایط EDS | | | ۱۸ | — | — | — |
| | حداقل درجه حرارت | | | -۲۵ | — | — | — |
| | حداکثر درجه حرارت | | | ۴۰ | — | — | — |
| فوق سنگین (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 | | بارطولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین | -۵ | **۳۰-۵۰ | — | — |
| | | | بار طولی متعادل :<br>- یخ و باد در یکطرف اسپن<br>- باد بدون یخ 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