# فصل پنجم

# یراق‌آلات خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

## ۵ـ۱ ـ مقدمه

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

---

1– galvanized steel

2– Aluminum Alloy

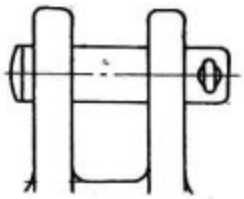
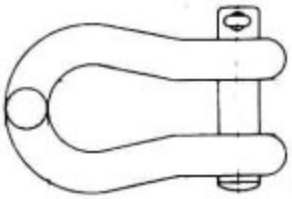
3– Malleable Iron

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

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

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

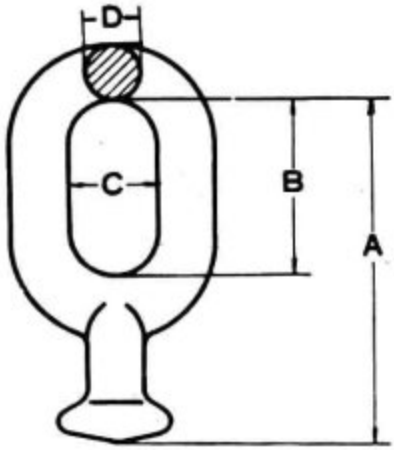
جدول (۱ـ۵): خلاصه نامگذاری اتصالات زنجیره مقره‌ها

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

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

## ۵ـ۲ ـ رابط چشمی (Ball–Eye)

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

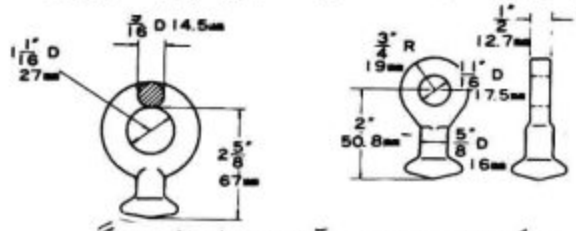



شکل (۱ـ۵): بال‌آی یا رابط چشمی

جدول (۲ـ۵): رابط چشمی یا گیرندهٔ رکاب

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

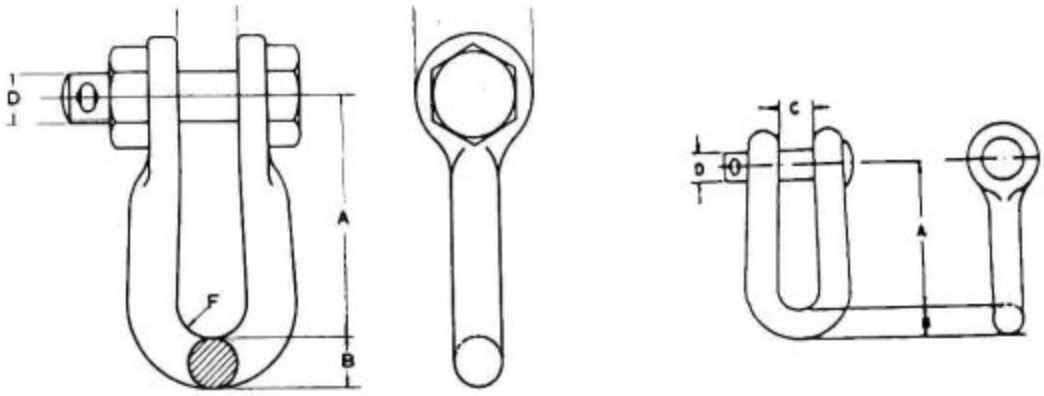
* نام‌های دیگر رابط چشمی گیرندهٔ رکاب ـ نر ـ توپی چشمی گالوانیزه ـ آی‌بال ـ بال چشمی ـ رابط گوشتکوبی بال آی است که در شبکهٔ توزیع ایران براساس استاندارد I.E.C نمرهٔ ۱۶ میلی‌متری به‌کار می‌رود.




شکل (۲ـ۵): بال ـ آی مورد استفاده دیگر

## ۵ـ۳ـ رکاب گیرنده Shackle, Chain (Bolt Type)

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




شکل (۳ـ۵): رکاب گیرندهٔ مستقیم ـ شَکِل

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

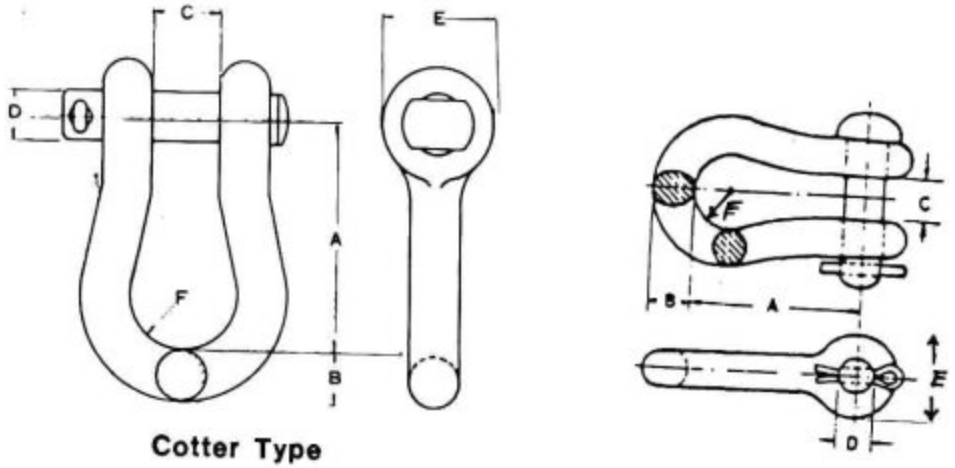
| | |
|---|---|
| اندازه A (طول رکاب) ـ (میلی‌متر) | ۵۰ |
| اندازه B (قطر رکاب) ـ (میلی‌متر) | ۱۲/۷ |
| اندازه C (دهانه رکاب) ـ (میلی‌متر) | ۱۹ |
| اندازه D (قطر میله رکاب) ـ (میلی‌متر) | ۱۶ |
| مشابه یا یکسان با NGK | ـ |
| شمارهٔ استاندارد توزیع | ـ |
| کمترین قدرت مکانیکی (کیلوگرم) | ۱۱۴۰۰ |

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

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

## ۵ـ۴ رکاب انتهایی (Shackle, Anchor)

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




شکل (۴ـ۵): رکاب انتهایی یا زنجیر

جدول (۴ـ۵): اطلاعات رکاب انتهایی یا شیکل

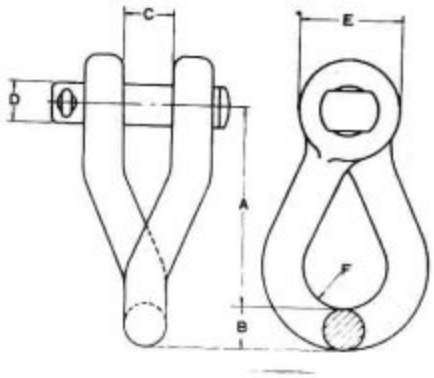
| اندازه A (طول رکاب) (میلی‌متر) | ۷۲ | ۷۶ | ۷۲ |
|---|---|---|---|
| اندازه B (قطر رکاب انتهایی)** ـ (میلیمتر) | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ |
| اندازه C (دهانه رکاب انتهایی) ـ (میلی‌متر) | ۲۲ | ۱۹ | ۱۹ |
| اندازه D (قطر میله رکاب) ـ (میلی‌متر) | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ |
| اندازه F (شعاع زنجیر) ـ (میلی‌متر) | ۱۶ | ۱۱ | ۱۷ |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

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

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

## ۵ـ۵ـ رکاب پیچیده (Shackle, Twisted)

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



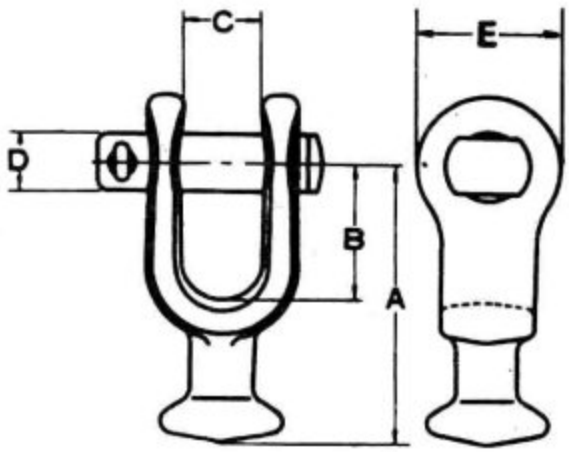

شکل (۵ـ۵): رکاب پیچیده

جدول (۵ـ۵): اطلاعات رکاب پیچیده

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

## ۵ـ۶ـ رکاب گوشتکوبی (Ball-Clevis)

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




شکل (۶ـ۵): کلویس یا رکاب گوشتکوبی

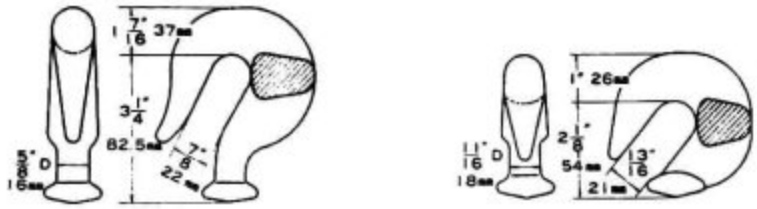
جدول (۶ـ۵): اطلاعات رکاب گوشتکوبی یا بال کلویس

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

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

## ۵ـ۷ـ قلاب گوشتکوبی (Ball-Hook)

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




شکل (۵ـ۷): قلاب

جدول (۵ـ۷): اطلاعات قلاب گوشتکوبی

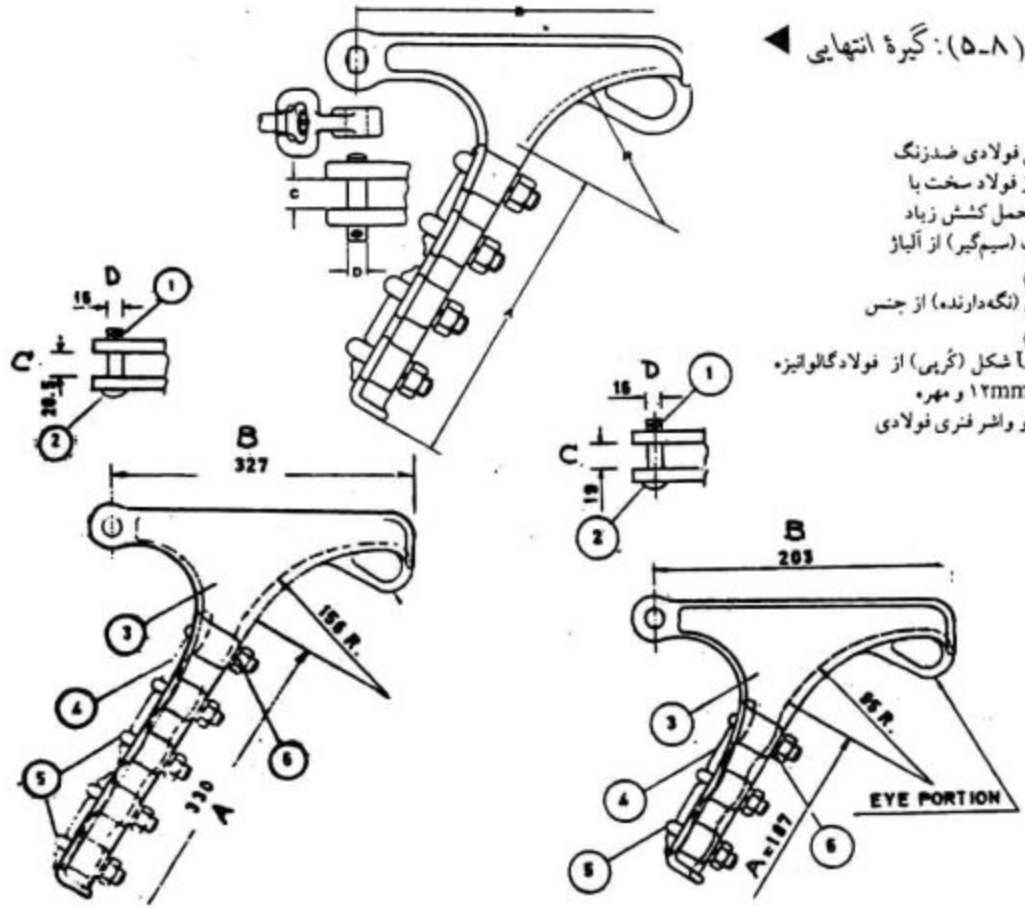
| | | | |
|---|---|---|---|
| اندازه A بلندی قلاب | (میلی‌متر) | ۸۲/۵ | ٥٤ |
| اندازه B و دهانه قلاب | (میلیمتر) | ۳۷ | ۲٦ |
| اندازه C قطر گوشتکوبی | (میلی‌متر) | ۱٦ | ۱۸ |
| اندازه گوشتکوب (Ball) | | ASA نوع B (۱٦mm) | ASA نوع J (۱۸mm) |
| مشابه یا یکسان با NGK | | 5H-15131 G | 5H-139 N |
| شمارهٔ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

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

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

شکل (۸ـ۵): گیرهٔ انتهایی ◄

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




جدول (۸ـ۵): اطلاعات گیرهٔ انتهایی

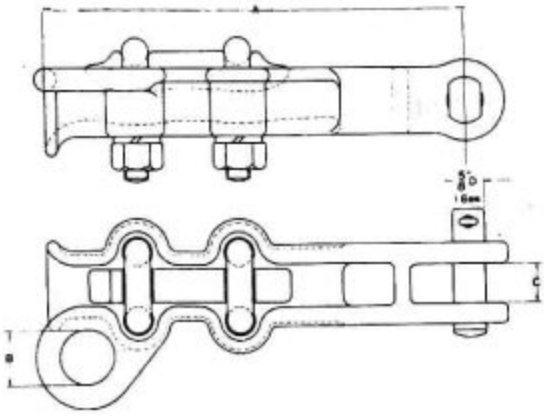
| تعداد کُرپیها | دو پیچه | چهار پیچه | سه پیچه | پنج پیچه |
|---|---|---|---|---|
| کمترین قطر سیم (میلی‌متر) | ۵/۱ | ۷/۶ | ۷ | ۱۴/۵ |
| بیشترین قطر سیم (میلی‌متر) | ۱۱/۹ | ۱۸/۵ | ۱۰/۹ | ۱۸ |
| اندازه A (میلی‌متر) | ۱۰۲ | ۲۳۸ | ۱۸۷ | ۳۳۰ |
| اندازه B (میلی‌متر) | ۱۴۹ | ۲۶۰ | ۲۰۳ | ۲۲۷ |
| اندازه C (میلی‌متر)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

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

## ۵ـ۹ـ گیره انتهایی مستقیم سیم آلومینیوم و آلومینیوم ـ فولاد
## (Clamp, Stright Line (Dead End)-ASCR & AI)

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

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



شکل (۹ـ۵): گیرهٔ انتهایی مستقیم

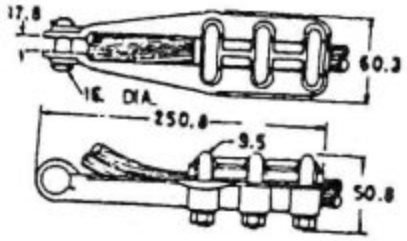
جدول (۹ـ۵): اطلاعات گیرهٔ انتهایی مستقیم برای سیم آلومینیوم و آلومینیوم ـ فولاد

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

## ۵ـ۱۰ـ گیرهٔ انتهایی مستقیم سیم مسی
## (Clamp, Straight Line (Dead End)-Copper)

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

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



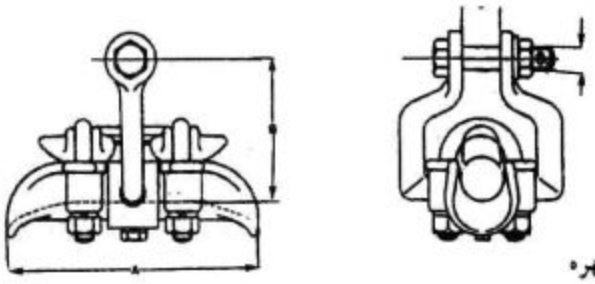

شکل (۱۰-۵): سیم‌گیر مسی ـ انتهایی مستقیم

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

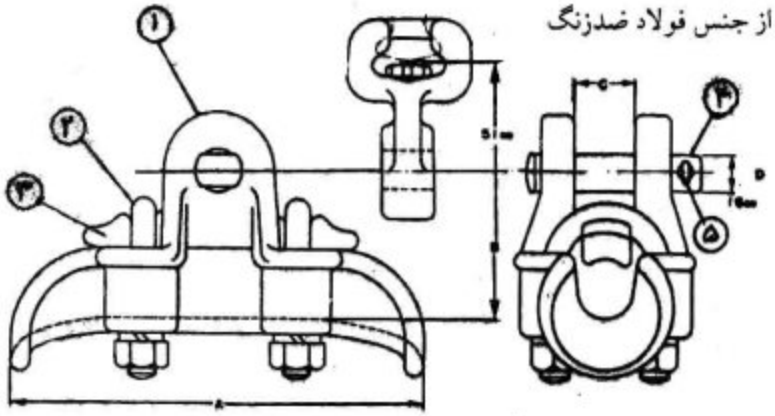
| اندازه سیم | ۱ تا ۴ رشته |
|---|---|
| قطر سیم (میلی‌متر) | ۴۸/۳۶-۶۵/۸ |
| مشابه یا یکسان با NGK | - |

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

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



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




شکل (۱۱ـ۵): کلمپ آویزی

جدول (۱۱ـ۵): اطلاعات گیره آویزی

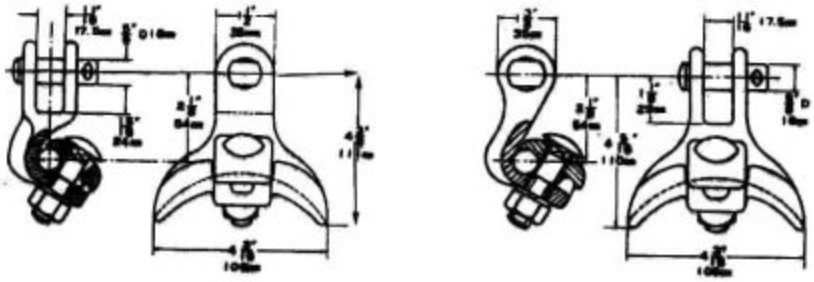
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| حداقل قطر سیم | (میلی‌متر) | ۷/۶ | ۸ | ۱۳ | ۱۷/۸ | ۱۹ |
| حداکثر قطر سیم | (میلی‌متر) | ۱۹ | ۱۶ | ۲۰ | ۲۹/۷ | ۲۹ |
| اندازه A | (میلی‌متر) | ۱۷۸ | ۱۸۰ | ۱۹۰ | ۲۰۳ | ۲۰۰ |
| اندازه B | (میلی‌متر) | ۶۰ | ۶۰ | ٦٤ | ۷۰ | ۷۰ |
| اندازه C | (میلی‌متر) | ۲۱ | ۱۹ | ۲۲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

$d_{Dog}$=۱۴/۱۵mm $d_{Mink}$=۱۰/۹۸mm $d_{fox}$=۸/۳۷mm

$d_{lynx}$=۱۹/۵۳mm$^{۲}$ $d_{partridge}$=۱۶/۲۸

## ۵ـ۱۲ ـ گیرهٔ آویز زاویه‌ای (Clamp Angle)

گیرهٔ آویز زاویه‌ای نوع رکابی، مخصوص شبکه‌های توزیع بوده و از فولادی با مشخصات C-1038SQB ساخته شده که طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM، گالوانیزه گرم گردیده است. در این نوع گیره، سیم با یک نگه‌دارندهٔ پیچ T شکل گرفته می‌شود و با توجه به زاویهٔ موجود در محل پایه، تحت کشش مناسبی قرار گرفته که از بریدگی سیم نیز جلوگیری می‌نماید. در شکل (۱۲ـ۵)، نمای گیره‌آویز زاویه‌ای و در جدول (۱۲ـ۵)، اطلاعات آن آمده است.



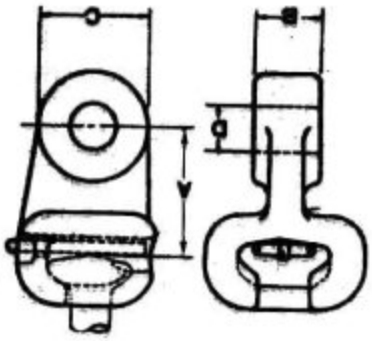
شکل (۱۲ـ۵): گیرهٔ آویز زاویه‌ای

جدول (۱۲ـ۵): اطلاعات گیره‌آویز زاویه‌ای

| قطر سیم (میلی‌متر) | ۴/۱-۱۵/۲ | ۴۸-۱۵/۲ |
|---|---|---|
| مشابه یا یکسان با NGK | 1H-686AU | 1H-1049AU |
| بیشترین قدرت (کیلوگرم) | ۳۲۰۰ | ۳۲۰۰ |

## ۵ـ۱۳ ـ مادگی چشمی (Socket-Eye)

مادگی چشمی همان «رابط گیره آویزی» یا «رابط معمولی گیره انتهایی» مقره بشقابی است که از چدن مالیبل (نرم) ساخته شده و طبق مشخصات ASTM-A153، به صورت گرم گالوانیزه گردیده است. در شکل (۱۳ـ۵) نمای مادگی چشمی و جدول (۱۳ـ۵) اطلاعات رابط گیره به دو صورت آویزی و انتهایی آورده شده است. این قطعه به علت کاربرد در انتهای (سمت هادی) زنجیرهٔ مقره و اتصال به میله توپی شکل (نر) مقره‌ها، شرایط را برای دیگر اتصالات از جمله کلمپ آویز و یا سیم‌گیر انتهایی و یا میله جلوبر فراهم می‌نماید.



شکل (۱۳ـ۵):
رابط گیره‌آویزی یا
رابط معمولی گیرهٔ انتهایی
یا سوکت چشمی

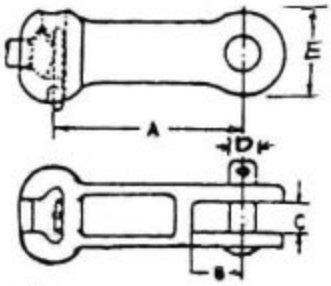
جدول (۱۳ـ۵): اطلاعات مادگی چشمی

| نوع گیره | آویزی‌ومعمولی‌انتهایی | آویزی | آویزی | معمولی انتهایی |
|---|---|---|---|---|
| اندازه A (میلی‌متر) | ۵۱ | ۵۱ | ۵۱ | ۵۱ |
| اندازه B (میلی‌متر) | ۱۶<br>«الف» | ۱۹<br>«ب» | ۲۹<br>«ج» | ۲۵ |
| اندازه C (میلی‌متر) | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۴۵~۴۴ |
| اندازه D (میلی‌متر) | ۱۸~۱۷/۵ | ۱۸~۱۷/۵ | ۱۸~۱۷/۵ | ۱۸~۱۷/۵ |
| اندازه مادگی (Sockat) | ASA<br>نوع B (۱۶ mm) | ASA<br>نوع B (۱۶ mm) | ASA<br>نوع B (۱۶ mm) | ASA<br>نوع B (۱۶ mm) |
| مشابه یا یکسان با NGK | 4H-20493C | 4H-20801U | 4H-20493R | 4H-20707Q |
| شمارهٔ استاندارد توزیع: | ل.م.۲۴.و۲۷.<br>نوع «الف»/سه‌پیچه | ل.م.۲۵.<br>نوع «ب» | ل.م.۲۶.<br>نوع «ج» | ل.م.۲۸.<br>پنج پیچه |
| بیشترین قدرت مکانیکی (کیلوگرم) | ۷۰۰۰ | ۷۰۰۰ | ۷۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ |

* دیگر اسامی: رابط گیره‌آویزی ـ رابط معمولی گیرهٔ انتهایی ـ سوکت چشمی ـ کله گاوی ـ چُپُقی

## ۱۴ـ۵ ـ مادگی رکابی (Socket-Clevis)

مادگی رکابی از فولاد ساخته شده و طبق مشخصات A-153 مربوط به ASTM، به صورت گرم گالوانیزه گردیده است. این رکاب، دارای میلهٔ گالوانیزهٔ فولادی مطابق SAE 1054 HDG و اشپیل می‌باشد. در شکل (۱۴ـ۵)، نمای مادگی رکابی و در جدول (۱۴ـ۵)، اطلاعات آن مشاهده می‌شود.




شکل (۱۴ـ۵): مادگی رکابی

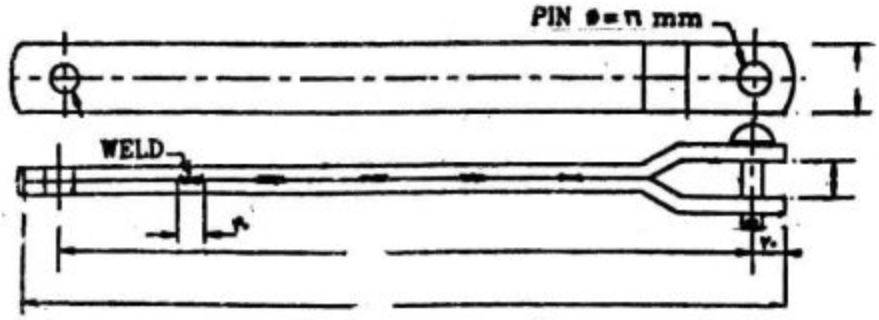
جدول (۱۴ـ۵): اطلاعات مادگی رکابی

| | | |
|---|---|---|
| اندازه A (میلی‌متر) | ۴۸ | ۶۴ |
| اندازه B (میلی‌متر) | ۳۰ | ۴۶ |
| اندازه C (میلی‌متر) | ۲۱ | ۲۱ |
| اندازه D (میلی‌متر) | ۱۶ | ۱۶ |
| اندازه E (میلی‌متر) | ۳۸ | ۵۱ |
| اندازه مادگی (Socket) | ANSI Type BJ<br>IEC 16mmA | ANSI Type BJ<br>IEC 16mmA |
| مشابه یا یکسان با NGK | 4H-20491N | 4H-204491E |
| شمارهٔ استاندارد توزیع | - | - |
| بیشترین قدرت (Kg) | ۸۲۰۰ | ۱۳۶۰۰ |

نمونه دیگری از مادگی رکابی به صورت رکاب باز وجود دارد که در آن زاویهٔ بین رکاب‌ها، ۶۵° می‌باشد. البته در خطوط انتقال نیز گونه‌هایی با طول بلندتر (A=114,105,64) وجود دارند.

## ۱۵ـ۵ ـ میله جلوبر مقره (لینک کششی) (Extension Link)

دو شاخه یا بازوی جلوبر مقره، از تسمه فولادی گالوانیزه ساخته شده و دارای یک پین فولادی گالوانیزه و یا یک پیچ برنجی می‌باشد. طول آن، براساس تقاضای طراحی قابل انتخاب بوده و در شبکه‌های توزیع در طول‌های ۴۵ ، ۲۵ و ۱۶ سانتی‌متر (با قدرت تحمل نیروی مکانیکی به دو دسته ۷۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ کیلوگرم نیرویی) استفاده شده‌اند. از این وسیله، برای جلو آوردن فازها[1] در پایهٔ کششی (Deed-End) و پایه زاویه ۲۰ کیلوولت استفاده می‌شود که بتوان سیم جمپر آن را بهتر مانور داده تا به کراس‌آرم و یراق‌آلات مقره نزدیک نشود؛ به‌خصوص اگر تیر در زاویه باشد. شکل (۱۵ـ۵) نمای یک میله جلوبر و جزییات ساخت آن را نشان می‌دهد.




شکل (۱۵ـ۵): میله جلوبر مقره

جدول (۱۵ـ۵): اطلاعات میله جلوبر مقره یا دو شاخه

| | | | |
|---|---|---|---|
| اندازه A (میلی‌متر) | ۵۱ | ۳۸ | ۳۲ |
| اندازه B (میلی‌متر) | ۱۶ | ۱۸(۱۲۰۰۰) | ۱۶ |
| اندازه C (میلی‌متر) | ۴۵۰ | ۲۵۰** | ۱۶۰ |
| اندازه D (میلی‌متر) | ۲۲ | ۱۹ | ۱۹ |
| شمارهٔ استاندارد توزیع | ل.م. ۳۹ نوع «ب» | ل.م. ۳۸ نوع «الف» | .. |
| کمترین قدرت مکانیکی (Kg) | ۱۲۴۰۰ | ۹۱۰۰(۷۰۰۰***) | ۷۰۰۰ |

* نام دیگر رابط دو شاخه Strop Clevis می‌باشد.

** اندازه طول از ۴۵۰ به ۲۵۰ سانتی‌متر اصلاح شده است.

*** در استاندارد شبکه‌های توزیع ایران، ضخامت به B=12 میلی‌متر کاهش و قدرت مکانیکی متناسب آن، ۷۰۰۰ کیلوگرم نیرو شده است.

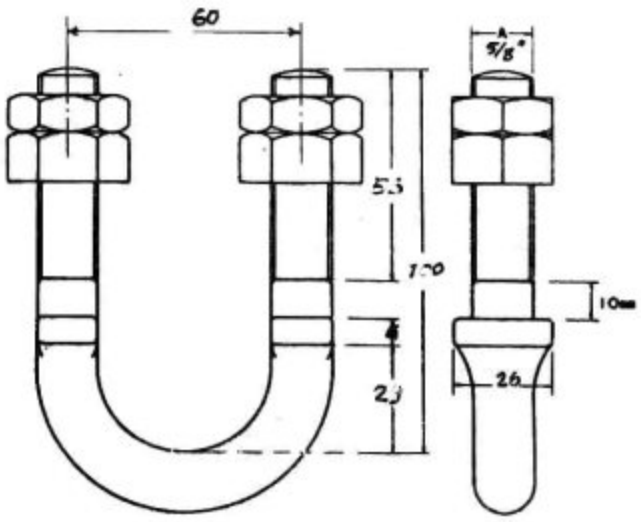
---

۱ – در پایه انتهایی کششی با کراس‌آرم ۲/۴۴ متری برای فاز وسط آورده شده است.

جلوبر مقرهٔ رکابی از دو تسمهٔ فولاد آهنگری به ابعاد ۸ میلی‌متر و طول ۴۵، ۲۵ یا ۱۶ سانتی‌متر تشکیل شده که در وسط به‌هم جوش خورده‌اند. این تسمه، در یک انتها به شکل زبانه است که در آن سوراخی به قطر ۱۸ میلی‌متر ایجاد شده است. فولاد آن با مشخصات A7 مربوط به ASTM و گالوانیزاسیون آن با مشخصات A-153 مربوط به ASTM مطابقت دارد. این قطعه، بین رابط گیرهٔ معمولی انتهایی و گیره انتهایی (سیم‌گیر) به‌کار می‌رود و در طراحی شبکه نیز برای کار به صورت خط گرم (Hot Line) قبل از زنجیره مقره و در بین کنسول و مقره‌ها کاربرد دارد.

## ۱۶ـ۵ ـ پیچ U شکل (Bolt "U")

پیچ U شکل به قطر ۱۶ ($\frac{5}{8}$ اینچ) و طول ۱۰۰ میلی‌متر ($3\frac{15}{16}$ اینچ) که فاصلهٔ بین دو پایه آن ۶۰ میلی‌متر ($2\frac{3}{8}$ اینچ) است، از فولاد گالوانیزه با قدرت ۴۲۲۵ تا ۵۰۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ساخته می‌شود. این پیچ دارای چهار مهرهٔ شش گوش است. فولاد آن با مشخصات A7 مربوط به ASTM تطبیق دارد و بر اساس مشخصات A-153 مربوط به ASTM گالوانیزه می‌شود. این قطعه برای ایجاد یک محل اتصال زنجیره مقره، روی کنسول یا سازه‌های فلزی به‌کار می‌رود.




شکل (۱۶ـ۵): پیچ U شکل

جدول (۱۶ـ۵): اطلاعات پیچ U شکل

| | | | |
|---|---|---|---|
| اندازه A (قطر پیچ) | میلی‌متر | ۱۶ | ۱۶ |
| اندازه B (دهانه) | میلی‌متر | ۶۰ | ۷۵ |
| اندازه C (طول) | میلی‌متر | ۱۰۰ | ۱۲۰ |
| اندازه D (طول رزوه) | میلی‌متر | ۵۵ | ۶۵ |
| اندازه E | میلی‌متر | ۲۹ | ۳۹ |
| اندازه F | میلی‌متر | ۲۶ | ۲۷ |
| اندازه G | میلی‌متر | ۶ | ۶ |
| مشابه با یکسان با NGK | | 4H-1805BU | 4H-2096AU |
| شمارهٔ استاندارد توزیع | | - | - |
| کمترین قدرت (Kg) | | ۱۲۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ |

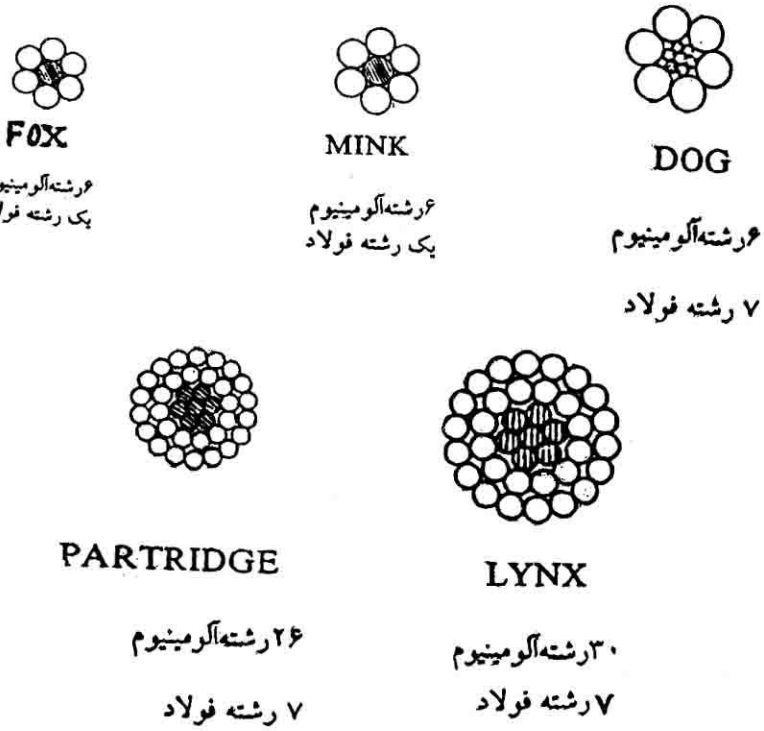
انتخاب شود ولی وزن مخصوص آلومینیوم در حدود یک سوم مس می‌باشد. بنابراین برای قابلیت هدایت برابر، وزن هادی آلومینیوم فقط نصف وزن مس خواهد بود که البته در این حالت، قطر هادی آلومینیومی مقداری بزرگتر از قطر هادی مسی خواهد بود. در جدول (۱-۲) مقایسهٔ خواص مربوط به دو هادی آلومینیوم نسبت به مس ارایه شده است.

جدول (۱-۲): مقایسه هادی‌ها

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

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

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




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

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

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

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

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

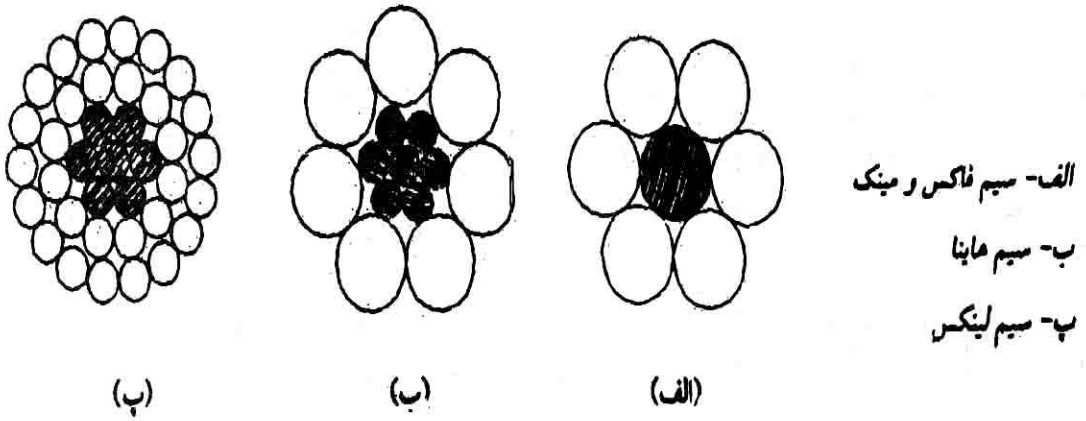
2- American Wire Guage

* مثال:

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

## ۲ـ۵ـ۲ـ هادی‌های آلومینیوم فولاد استاندارد شبکهٔ توزیع - ایران

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




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

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

## ۲ـ۵ـ۳ ـ مشخصات سیم‌های هوایی آلومینیوم فولاد

این سیم‌ها را می‌توان با مشخصات زیر شناسایی کرد:

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

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

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

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

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

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

شکل (۶ـ۲): نمایش رشته‌ها

### ۲ـ۵ـ۳ـ۲ ـ قطر هادی چند رشته‌ای

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

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

1- Overa Diameter

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

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

جدول (۱-۳): کلاس تیرهای چوبی

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

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

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

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

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

جدول (۷ـ۳): اطلاعات تیرهای بتنی مسلح

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

← ادامه پاورقی صفحه قبل

تحقیقات و تکنولوژی استانداردها ـ مراجعه فرمایید.

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

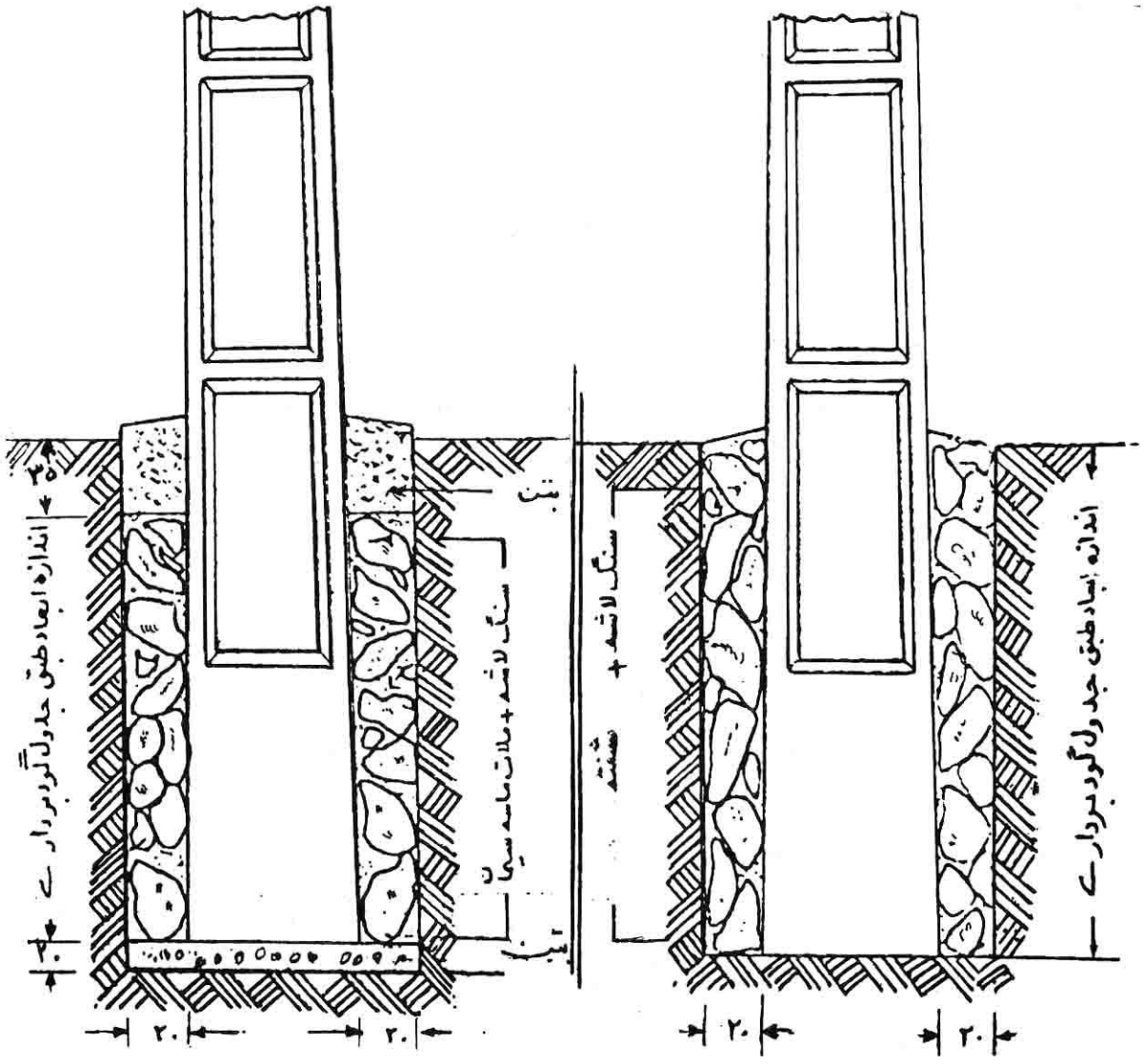
جدول (۱۰ـ۳): ابعاد گودبرداری تیرهای بتنی در زمین‌های متفاوت

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

*توضیحات:*

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

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




مشخصات گود و دورچینی تیر بتنی میانی

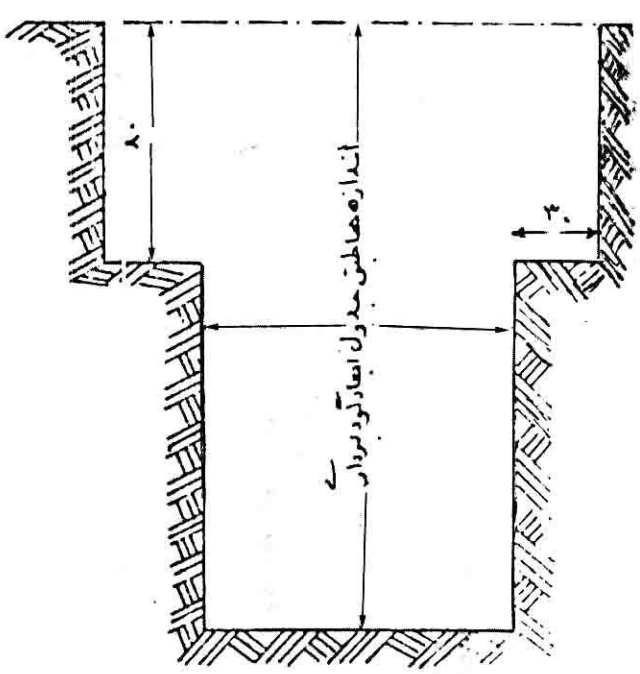
۱- برای دورچینی تیرهای بتنی میانی در زمین‌های معمولی و سخت و سنگی، از سنگ لاشه و دوغاب ملات سیمان استفاده و سنگ‌لاشه‌ها به‌خوبی کوبیده شود.
۲- برای دورچینی تیرهای بتنی میانی در زمین‌های شست و مرطوب، از سنگ لاشه و شفتهٔ بتن به معیار ۲۵۰ کیلوگرم در مترمکعب استفاده شود.

مشخصات گود و دورچینی تیرهای انتهایی و زوایا

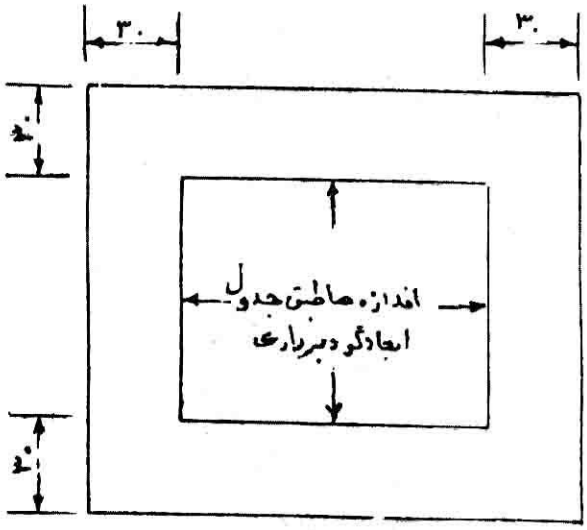
۱- برای دورچینی تیرهای بتنی انتهایی و زوایا و ترانس در زمین‌های مختلف، از سنگ لاشه و ملات ماسه و سیمان و بتن (نوع ۲) به معیار ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب استفاده شود.
۲- پس از سنگ‌چینی، هر لایه سنگ توسط دیلم کوبیده شده توسط دوغاب سیمان به‌خوبی پر می‌شود.

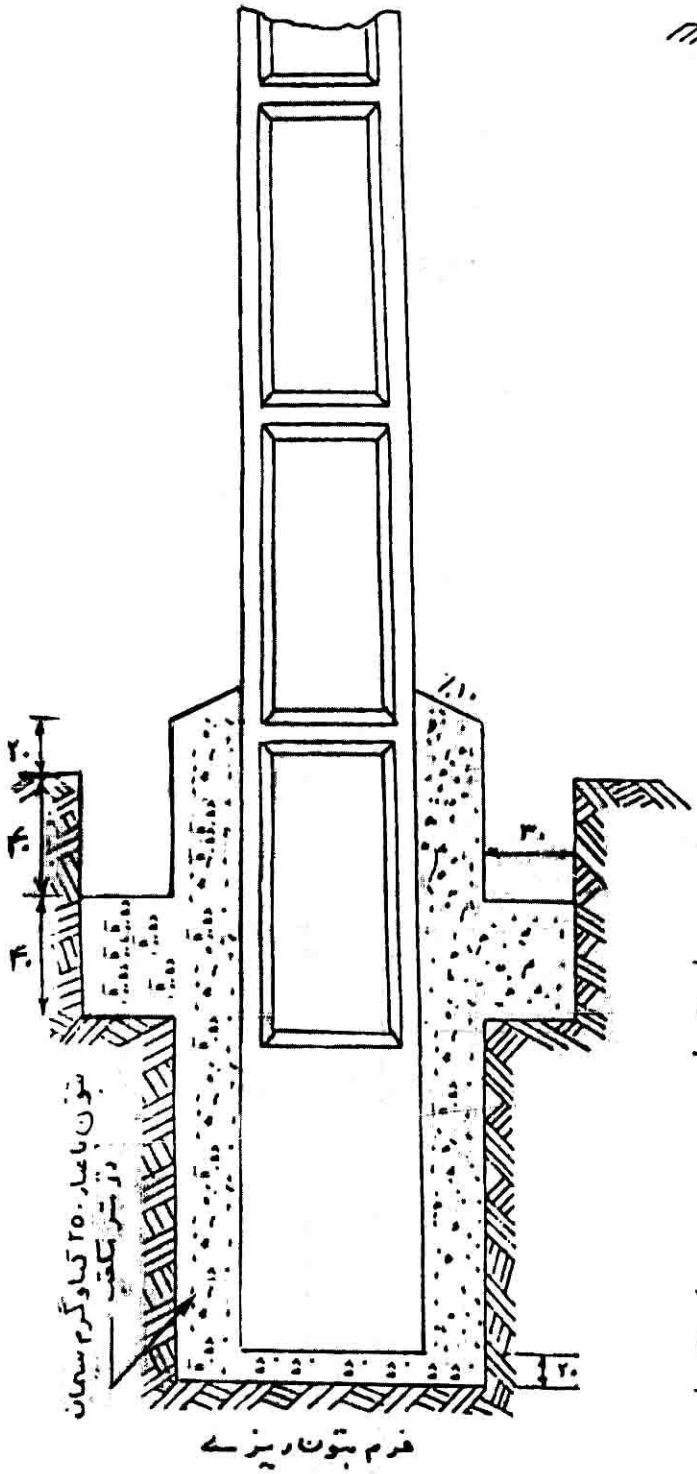
شکل (۲۳-۳): اجرای فونداسیون پایه‌های بتنی

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




فرم گود برداری




فرم بتون ریزی

اندازه ها به سانتیمتر است

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

## انواع آرایش های هادیهابه صورت افقی دردیتیلهای سرتیر

| سمبل | نمای مرجی | شـــــرح | دیتیل | صفحه |
|---|---|---|---|---|
| | 2.44m | آرایش پایه میانی(TANGENT)با کراس آرم ۲٫۴۴ متری و سه عدد مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت | TCL | 224 |
| | 2m | آرایش پایه میانی (زوایای ۶الی ۱۰درجه )با کراس آرم های۲متری و سه عددمقره سوزنی ۲۰ کیلوولت | TC | 225 |
| | | آرایش پایه میانی (زوایای ۶الی ۳۰درجه)با کراس آرم آهنی دوبل ازنبشی نمره ۷ به طول ۲٫۴۴ ومقره های سوزنی دوبل 20KV | T2C | 226 |
| | | آرایش پایه کششی(DEAD-END)باکراس آرم آهنی دوبل ازنبشی نمره۷به طول۲٫۴۴متر با ۶ سری زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی | DC | 227 |
| | | آرایش پایه میانی ساید آرم یکطرفه (افقی)باکنسول Lشکل (۱٫۵متری)نصب شده دروجه تیر با مقره سوزنی 20KV | LS | 228 |
| | | آرایش پایه میانی ساید آرم یکطرفه (افقی)با کنسول Lشکل ۱٫۵ متری نصب شده دررأس تیر با سه مقره سوزنی | LT | 229 |
| | | آرایش پایه انتهائی(END-POLE) باکراس آرم ۲٫۴۴متری دوبل ازنبشی نمره ۷ با ۳ سری زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) نوع لینک کششی | E | 230 |
| | | آرایش کنسول تاجی شکل (افقی)جهت تقاطع خطوط ۲۰ کیلوولت وافزایش ارتفاع هادیها | T | 231 |
| | | آرایش پایه دوبل کششی با کراس آرم های دوبل (۴متری) ناودانی نمره ۸ و۶ زنجیره مقره بشقابی ۲ تائی کششی | DH | 232 |
| | | آرایش پایه های سه تائی کششی با کراس آرام ۶ متری از ناودانی نمره ۱۲ | 3DH | 233 |
| | | آرایش پایه دوبل میانی (تیپ H) از کراس آرم ناودانی نمره ۸ به طول ۴ متر | TH | 234 |
| | | آرایش پایه میانی کراس آرم یکطرفه ۲متری نصب شده بصورت متقاطع | LC | 235 |

## انواع آرایش های هادیهابه صورت عمودی دردیتیلهای سرتیر

| سمبل | نمای مرجی | شـــــرح | دیتیل | صفحه |
|---|---|---|---|---|
| | | آرایش پایه میانی با کنسول پرچمی(یکطرفه قائم) و۳ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت | SP | 236 |
| | | آرایش پایه میانی با کنسول دوبل (یکطرفه قائم) و۶ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت | S2P | 237 |
| | | آرایش پایه کششی باکنسول پرچمی دوبل(یکطرفه قائم) و۶زنجیرمقره بشقابی ۲تائی لینک کششی | SD | 238 |
| | | آرایش پایه کششی قائم (عمودی )بدون کراس آرم وبا پیچهای دوسررزوه برروی تیرشامل ۶زنجیرمقره - سبشقابی۲تایی (کششی) | DS | 239 |
| | | آرایش پایه میانی یکطرفه قائم نوع آویزی با کنسول پرچمی و۳زنجیرمقره بشقابی | ST | 240 |
| | | آرایش پایه میانی باکنسول یکطرفه (۶۰درجه) ازنبشی نمره ۷ و۳ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت | SF | 241 |

## انواع آرایش های هادیهابه صورت مثلثی دردیتیلهای سرتیر

| سمبل | نمای مرجی | شـــــرح | دیتیل | صفحه |
|---|---|---|---|---|
| | | آرایش پایه میانی(توخطی)باکراس آرم ۱٫۵متری وسه عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت | TCO | 242 |
| | | آرایش پایه میانی(توخطی)باکراس آرم ۲متری وسه عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت | TCM | 243 |
| | | آرایش صلیبی(پایه‌های میانی)باکراس آرم ۲متری(یا۱٫۵متری)شامل یک مقره سوزنی رأس تیرودوزنجیره مقره بشقابی(دوتائی)درطرفین | TM | 244 |
| | | آرایش پایه میانی یکطرفه با ۲عدد کراس آرم L شکل بطول ۱٫۵ و۲متری و ۳ عدد مقره سوزنی ۲۰کیلوولت | F | 245 |

## انواع آرایش های هادیبابه صورت مثلثی در دیتیلهای سرتیر

| سمبل | نمای عرضی | شرح | دیتیل | صفحه |
|---|---|---|---|---|
| | | آرایش پایه میانی با کنسول جناقی شکل با ۳ عدد مقره سوزنی | TY | 246 |
| | | آرایش پایه میانی - باکنسول V شکل و۳زنجیره مقره بشقابی آویز بامتعلقات کامل نگهدارنده | TV | 247 |
| | | آرایش پایه کششی - باکنسول V شکل دوبل و۶زنجیره مقره بشقابی ۳تائی ومتعلقات کامل کششی (سیم گیر)وجلوبرمقره | DV | 248 |
| | | آرایش پایه میانی - با کنسول گنبدی (تاجی شکل ) با ۳زنجیر مقره بشقابی ۲ تایی آویز و متعلقات کامل نگهدارنده سیم | TA | 249 |
| | | آرایش‌پایه میانی-یکطرفه باکراس آرم ۲متری L شکل ودومقره سوزنی درطرفین ویک زنجیرمقره بشقابی آویزی دروسط | TL | 250 |
| | | آرایش پایه کششی با کراس آرم ۱٫۵متری (از نبشی نمره ۶ ) و۶زنجیره مقره بشقابی۲تایی و متعلقات کامل کششی (سیم گیر) و یک مقره سوزنی راس تیر | DCO | 251 |

## انواع آرایش های هادیبابه صورت دومداره در دیتیلهای سرتیر

| سمبل | نمای عرضی | شرح | دیتیل | صفحه |
|---|---|---|---|---|
| | | آرایش پایه میانی دومداره - با کراس آرم های ۱٫۵و۲ متری و ۶ زنجیره مقره بشقابی دوتائی آویز | $2T_2$ | 252 |
| | | آرایش پایه میانی دومداره - با کراس آرم های ۱٫۶ و۱٫۹ متری (۲عدد۶ زنجیره مقره بشقابی دوتائی آویز | $2T_1$ | 253 |
| | | آرایش پایه میانی دومداره با کراس آرم های ۱٫۵ و۲ متری و ۶مقره سوزنی بایین‌طرفین | 2TC | 254 |
| | | آرایش پایه میانی دومداره با کنسول پرچمی (یکطرفه قائم - نوع آویز) ۶زنجیره مقره بشقابی (دوتائی)آویز | 2ST | 255 |
| | | آرایش پایه میانی دومداره با کنسول پرچمی (یکطرفه قائم - نوع سوزنی) و ۶مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت وبین مربوطه | $2SP_{1.5}$ | 256 |

## انواع آرایش های هادیبابه صورت دومداره در دیتیلهای سرتیر

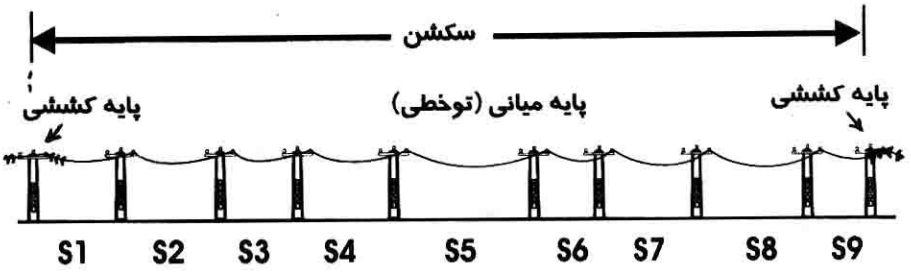
| سمبل | نمای عرضی | شرح | دیتیل | صفحه |
|---|---|---|---|---|
| | | آرایش پایه میانی دومداره - با ۳ کراس آرم ۱٫۵متری و۶ مقره سوزنی ۲۰کیلوولت و بین مربوطه | 2TC | 257 |
| | | آرایش پایه دومداره کششی با کراس آرم های دوبل ۱٫۵و۲متری و ۱۲ زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی | 2D | 258 |
| | | آرایش پایه دومداره انتهائی با کراس آرم های دوبل ۱٫۵و۲متری و ۶زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی | 2E | 259 |
| | | آرایش پایه دوبل دومداره میانی (تیپ H)از کراس آرم ناودانی نمره ۸ بطول ۴متر و ۶ زنجیره مقره بشقابی (دوتائی)آویز | 2TH | 260 |
| | | آرایش پایه دوبل دومداره کششی (تیپ H)از کراس آرم ناودانی نمره ۱۲ بطول ۴متر و۱۲ زنجیره مقره بشقابی (۲تائی) لینک کششی | 2DH | 261 |

## انواع آرایش های هادیبابه صورت خاص در دیتیلهای سرتیر

| سمبل | نمای عرضی | شرح | دیتیل | صفحه |
|---|---|---|---|---|
| | | طرح تیربتونی انتهائی زوج 20KV درگوشه (۹۰درجه) آرایش پایه دوبل انتهائی با کراس آرم های متقاطع درزوایای ۹۰ درجه (گوشه) | EX2 | 262 |
| | | آرایش پایه با طرح انشعاب گیری از راس تیر | C | 263 |
| | | طرح انشعاب گیری از زیر خط باسیستم کات اوت فیوز | GU | 264 |
| | | آرایش پایه اتصال سیستم 20KV هوائی به سیستم کابل زمین | A | 265 |
| | | آرایش پایه انتهائی اتصال سیستم کابل زمینی (فیدر خروجی )به شبکه 20KV هوائی | E&A | 266 |
| | | آرایش پایه دوبل انتهائی دوفیدره با ۳ کراس آرم های ۲٫۴۴متری و سیستم اتصال به شبکه کابل ۲۰ کیلوولت زیرزمین | 2E&F | 267 |

**۹ـ۲ـ۳ ـ سکشن :** "Section"

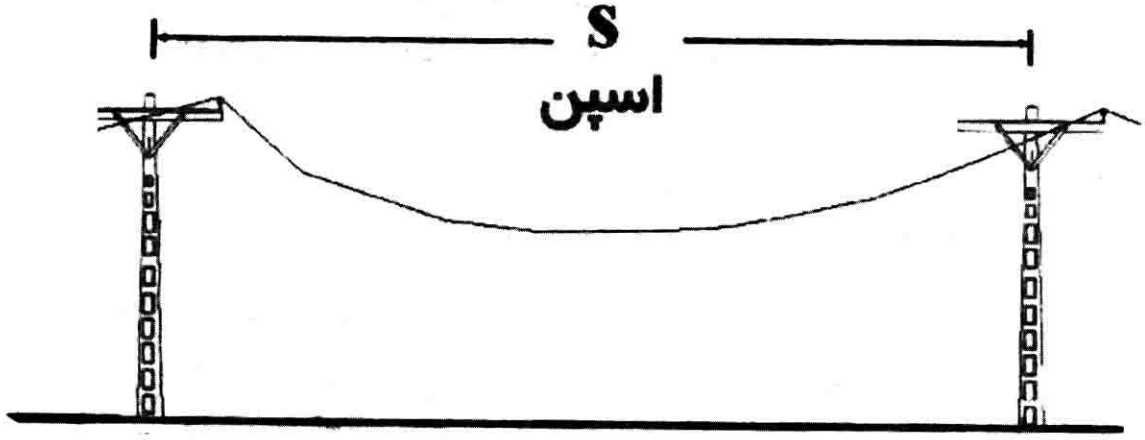
به قسمتی از خط، که بین دو پایهٔ کششی (انتهایی) و یا زاویه قرارگرفته باشد، یک سکشن گفته می‌شود[1]. کشش افقی سیم در طول یک سکشن به طور تقریب یکسان است. به عبارت دیگر نیروی کشش سیم، در دو طرف پایه‌های میانی (تو خطی) برابر می‌باشد.




شکل (۲ـ ۹): سکشن مکانیکی در خط هوایی

**۹ـ۲ـ۴ ـ انواع اسپن‌ها [S]:** "Span"

فاصلهٔ افقی بین دو پایهٔ مجاور را اسپن می‌گویند. طول اسپن، در محاسبات مکانیکی که مربوط به خطوط هوایی توزیع است، نقش مهمی دارد. هر چه طول اسپن بیشتر باشد، نیروهای مکانیکی و کشش بیشتر خواهد بود و باید هادی، پایه و المان‌های خط با مشخصات مکانیکی مناسب‌تری به کار برده شود.




شکل (۳ـ ۹): اسپن

۱ـ از نظر الکتریکی «سکشن» فاصله بین «دو گره» در خط هوایی توزیع می‌باشد، بنابراین فاقد هر گونه تغییر امپدانس در حد فاصل این دو گره است. به عنوان مثال گره عبارتند از: نقاط انشعاب، محل ترانس، تغییر سطح مقطع، محل سر کابل‌ها و ...

در صورتی‌که کشش هادی‌های خط بیش از حد مجاز باشد، ضریب اطمینان خط کاهش می‌یابد و عمر مکانیکیِ هادی کم می‌شود و از طرف دیگر، استفاده از هادی‌های با کشش کم نیز، از نظر اقتصادی و کلیرانس مجاز، مقرون به صرفه نخواهد بود.

هادی باید بتوانند نیروهای کششی و بارهای اضافی ناشی از عوامل جوّی را، در شرایط مختلف تحمل نمایند و کشش آن‌ها از محدودهٔ مجاز، که باعث تغییر شکل سیم و خارج شدن آن از حد الاستیک می‌شود، تجاوز ننماید. در صورتی‌که در طراحی خط هواییِ فشار متوسط، با مناطق خاص با احتمال افزایش بیش از حد نیروی کشش، مواجه شویم، با یک پیشنهاد دیگر، می‌توان هادی با مقاومت مکانیکی (حد نیروی گسیختگی) بالاتر (به‌دلیل زیاد بودن نسبت سطح مقطع فولاد) انتخاب کرده و استفاده نمود. در مناطق سردسیر، به‌علت تشکیل حجم قابل ملاحظهٔ یخ و برف روی هادی‌ها، از هادی آلومینیوم فولاد (A.C.S.R) با مقطع فولاد بیشتر استفاده می‌شود. به‌طور کلی در هادی‌های متعارف نسبت آلومینیوم به فولاد برابر (8:1) و در شرایط دشوار و صعب‌العبور (6:1) و در مناطق سردسیر، با حجم قابل ملاحظهٔ یخ نزدیک به (4:1) می‌باشد.

*** مثال (۱۰ـ۹):**

در یک اسپن ۷۵ متری، فلش اندازه‌گیری شده در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، برابر ۱ متر می‌باشد. کشش در حالت یخ با ضخامت ۱۵ mm و فشار باد ۲۵ $Kg/m^2$ و درجه حرارت ۵ـ را محاسبه نمایید. مشخصات هادی نوع MINK عبارت است از:

$Wc = ۰/۲۵۵ \ Kg/m$

$E = ۸۱۰۰ \quad [Kg/mm^2]$

$\alpha = ۱۹/۱ \times ۱۰^{-۶} \quad [1/^oC]$

$d = ۱۰۹۸ \ [mm]$

$U.T.S = ۲۲۲۳ \ [kg]$

$A = ۷/۶ \ [mm^2]$

وزن هادی ناشی از بارگذاری تحت شرایط بالا

$$W_i = ۹۱۳\pi \times ۱۵(۱۰/۹۸ + ۱۵) \times ۱۰^{-۶} = ۱/۱۱۸ \ Kg/m$$

$$W_w = P_w \ (d+۲i) \times ۱۰^{-۳} = ۲۵ \times ۴۰/۹۸ \times ۱۰^{-۳} = ۱/۰۲۴۵ \ Kg/m$$

$$W_T = \sqrt{(W_c + W_i)^2 + Ww^2} = \sqrt{(۰/۲۵۵+ ۱/۱۱۸)^2 + ۱/۰۴۵^2}$$

$$W_T = ۱/۷۱۳ \ [Kg/m]$$

$$f = w \times s^2 / ۸H \ \Rightarrow \ H = ۰/۱۵۵ \times ۷۵^2 / ۸ \times ۱ = ۱۷۹ \ Kg$$