

# تأسیسات الکتریکی

مدرس: کاظم وارثی (kzm.varesi@gmail.com)  
هم‌نیاز: -

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

هدف: آشنایی با مهندسی روشنایی و تأسیسات الکتریکی

- روشنایی: تعریف و ماهیت نور، اشعه مادون قرمز و ماوراء بنفش، کمیت‌های نورسنجی، استانداردهای روشنایی، محاسبات روشنایی داخلی و خارجی.
  - ساختمان و راه‌اندازی لامپ‌ها: رشته‌ای، فلورسنت، جیوه‌ای، سدیم، کم‌مصرف.
  - ایمنی و حفاظت در تأسیسات الکتریکی.
  - محاسبات سطح مقطع سیم و کابل و سیم‌کشی هوایی.
  - فیوز و محاسبات آن.
  - طراحی تابلو.
  - برآورد بار و تقاضا برای بارهای صنعتی و تجاری.
  - زمین کردن (الکتریکی و حفاظتی)، اندازه‌گیری مقاومت زمین، رله‌های زمین و سایر ادوات و رله‌های مرتبط.
- انواع سیستم‌های توزیع برق.
  - سیستم‌های اضطراری.
  - آشنایی با آسانسور و پله‌های برقی
  - تصحیح ضریب قدرت در کارخانجات.
  - سیستم‌های هشدار دهنده.
  - سیستم‌های جریان ضعیف شامل آنتن و سیستم تلفن.
  - آشنایی با نرم‌افزارهای مربوطه.
  - پروژه

# تأسیسات الکتریکی

□ مراجع

- [۱] مهندسی تأسیسات الکتریکی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و چهارم، ۱۳۹۵.
- [۲] مهندسی روشنایی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و هشتم، ۱۳۹۵.
- [۳] لامپها و محاسبات روشنایی فنی، محمدمهدی موحدی، چاپ چهارم، ۱۳۷۵.
- [۴] روشنایی فنی (شاخه: کاردانش، گروه تحصیلی: برق، زیرگروه: الکتروتکنیک، رشته‌های مهارتی: برق ساختمان)، محمدحسن اسلامی، شهرام خدادادی و علیرضا حجرگشت، ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ سوم، ۱۳۹۴.

[5] Mechanical and Electrical Equipment for Buildings [12th Edition], by: Walter T. Grondzik & Alison G. Kwok. Wiley, 2014.

[6] Electrical Installations Hand Book, Siemens I, II, III.

[7] The Lighting Handbook, Zumtobel Lighting GmbH, 5th edition, revised and updated: July 2017.

# تأسیسات الکتریکی

سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

برای برق‌رسانی به نقاط مختلف از سیم‌ها و کابل‌ها استفاده می‌شود که در ساختمان آنها فلزات هادی جهت حمل جریان برق به نقاط مورد نظر و عایق‌های مناسب به منظور جلوگیری از نشت جریان به نقاط دیگر به کار گرفته می‌شود. یک هادی با روکش عایق ، سیم روکش‌دار یا سیم عایق‌دار نامیده می‌شود و در صورتی که چند هادی عایق‌بندی شده در داخل یک غلاف مشترک قرار گیرند، این مجموعه کابل نامیده می‌شود. در برق‌رسانی هوایی از سیم‌های بدون روکش استفاده می‌شود که سیم لخت نامیده می‌شوند. در این فصل به شرح ساختمان سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها می‌پردازیم.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ هادی‌های مورد استفاده در سیم‌ها و کابل‌ها

#### ۴-۱- هادیهای مورد استفاده در سیم‌ها و کابل‌ها

از بین فلزاتی که به عنوان هادی در ساختمان سیم‌ها و کابل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند مس از همه معمولتر است و معمولاً از مس با درجه خلوص بالاتر از ۹۹/۵ درصد استفاده می‌شود تا از فعل و انفعالات شیمیایی ناخالصیها جلوگیری به عمل آید. مس در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد مقاومت ویژه  $1.68 \times 10^{-8}$  اهم در متر در مقابل جریان مستقیم از خود نشان می‌دهد. علاوه بر داشتن مقاومت الکتریکی کم، مس در مقابل اثرات جوی مقاوم است و دارای استحکام مکانیکی مطلوب می‌باشد و به سهولت می‌توان آن را به اشکال دلخواه درآورد. فلز دیگری که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد آلومینیوم است که مقاومت مخصوص آن ۱/۶۵ برابر مس است و وزن مخصوص آن سه برابر کمتر از مس می‌باشد و قیمت آن نیز کمتر است، لیکن عوامل جوی بخصوص رطوبت روی آن تاثیرات سوء نظیر خوردگی می‌گذارد و در اثر اکسیده شدن آن اکسید آلومینیوم حاصل می‌شود که جسمی عایق است. استحکام مکانیکی آلومینیوم و نرم شدن آن برای قبول اشکال دلخواه به خوبی مس نیست و به این دلایل آلومینیوم کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. لیکن در سالهای اخیر به علت افزایش سریع قیمت مس، آلومینیوم بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. در خطوط انتقال هوایی به علت وزن و قیمت کمتر، آلومینیوم مورد استفاده قرار می‌گیرد و جهت استحکام مکانیکی این سیم‌ها به دور سیم‌های فولادی پیچیده می‌شود و یا آلیاژی از آلومینیوم و فولاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سالهای اخیر برای رفع مشکلات ناشی از حساسیت آلومینیومی نسبت به عوامل جوی مانند رطوبت، سیم‌های آلومینیومی را به جدار نازکی تر مس مجهز می‌کنند. ۵

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

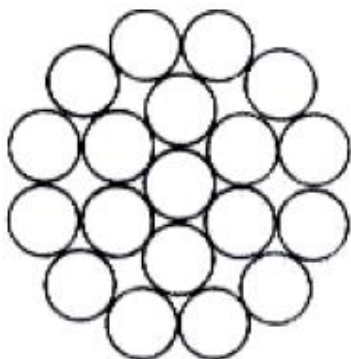
### ❖ ساختمان هادی در سیم‌ها و کابل‌ها

#### ۴-۲- ساختمان هادی در سیم‌ها و کابل‌ها

برای اینکه سیم‌های عایق‌دار یا کابل‌ها دارای قابلیت انعطاف برای حمل و نقل و نصب باشند، هادی را از تعدادی رشته‌های یکنواخت که به صورت مارپیچ دور هم تابیده می‌شوند می‌سازند. در این نوع ساختمان معمولاً یک سیم در وسط قرار می‌گیرد و شش سیم به دور آن تابیده می‌شود و در طبقه بعدی ۱۲ سیم مطابق شکل ۴-۱ (a) پیچیده می‌شود. بدیهی است که در این ساختمان تعداد رشته‌های هر طبقه ۶ عدد بیشتر از عدد سیم‌های طبقه قبلی است و یا به صورت کلی تعداد رشته‌ها چنین می‌شود:

$$N = 3n(n+1) + 1 \quad (1-4)$$

در معادله بالا  $n$  تعداد طبقات است و دقت کنید که سیم وسط طبقه صفر محسوب می‌شود. با عددگذاری در رابطه بالا ملاحظه می‌کنید که تعداد رشته‌ها به ترتیب ۱ و ۷ و ۱۹ و ۳۷ و ۶۱ و غیره می‌شود.



(a)

شکل ۴-۱: نمایش دو نوع سیم رشته‌ای

(a) یک رشته در وسط (b) سه رشته در وسط

# تأسیسات الکتریکی

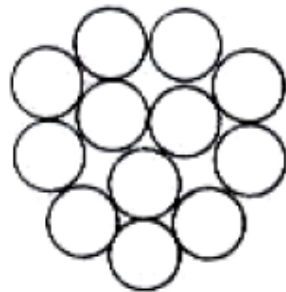
## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان هادی در سیم‌ها و کابل‌ها

در ساختمان دیگری مطابق شکل ۴-۱ (b) سه رشته در وسط اختیار می‌شود و تعداد رشته‌ها در این ساختمان از این قرار می‌شود:

$$N = 3n(n+2) + 3 \quad (۲-۴)$$

ملاحظه می‌کنید که در این ساختمان تعداد رشته‌های ممکنه به ترتیب ۳ و ۱۲ و ۲۷ و غیره خواهد بود. در برخی سیم‌های عایق‌دار با مقاطع کوچک که قابلیت انعطاف خیلی زیاد لازم است از تعداد خیلی زیادی رشته‌های بسیار نازک استفاده می‌کنند و آنها را به هم می‌تابند. در این نوع ساختمان تعداد رشته‌ها مطابق روابط (۴-۱) یا (۴-۲) نمی‌باشند. دقت کنید در این سیم‌های رشته‌ای یا افشان طول حقیقی رشته‌ها به استثنای رشته یا رشته‌های وسط از طول سیم عایق‌دار بیشتر است و به این دلیل مقاومت سیم معمولاً چند درصد از مقاومتی که بر اساس طول سیم محاسبه می‌کنیم بیشتر است.



(b)

شکل ۴ - ۱ : نمایش دو نوع سیم رشته‌ای  
(a) یک رشته در وسط (b) سه رشته در وسط

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ مقاومت الکتریکی سیم‌ها و کابل‌ها

#### ۳-۴ مقاومت الکتریکی سیم‌ها و کابل‌ها

به طوری که گفته شد مقاومت ویژه مس خالص برای برق مستقیم در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد برابر  $1.724 \times 10^{-8}$  اهم متر است. هرچه درجه حرارت افزایش یابد مقاومت ویژه مس نیز بیشتر می‌شود. مقاومت ویژه مس برای جریان مستقیم در  $t$  درجه سانتیگراد از این قرار است:

$$\rho(T) = 1.724 \times 10^{-8} + 0.68 \times 10^{-10} (T - 20) \quad (3-4)$$



# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ مقاومت الکتریکی سیم‌ها و کابل‌ها

در برق متناوب مقاومت سیم به علت خاصیت خود القایی و تقسیم غیر یکنواخت جریان در سطح مقطع سیم از مقدار آن برای برق مستقیم قدری بیشتر است. میزان افزایش مقاومت بستگی به فرکانس و ساختمان و اندازه سیم دارد. در فرکانس ۵۰ سیکل ضریب افزایش مقاومت برای سیم یک رشته ای  $1/0.2$  است که برای سیم‌های افشان با تعداد رشته‌های زیاد تا  $1/0.5$  افزایش می‌یابد. این ضریب را با  $K_1$  نشان می‌دهیم.

به طوری که می‌دانیم در سیم‌های افشان، رشته‌ها به طور مارپیچ به هم تابیده می‌شوند و لذا طول رشته به استثناء رشته‌ای که در وسط قرار می‌گیرد از طول کابل با سیم عایق‌دار بیشتر است. نظر به اینکه مقاومت را بر اساس طول سیم عایق‌دار یا کابل محاسبه می‌کنیم برای محاسبه مقاومت واقعی استفاده از ضریبی برابر یک برای سیم‌های یک رشته‌ای تا  $1/0.4$  برای سیم‌های افشان با رشته‌های زیاد ضروری است. این ضریب را با  $K_2$  نشان می‌دهیم.

**اثر پوستی** پدیده‌ای است که در خطوط انتقال برق جریان متناوب رخ داده و منجر به کاهش چگالی جریان در مرکز سیم و افزایش آن در لایه‌های بیرونی یا پوسته سیم می‌شود. زمانی که جریان متناوب از یک سیم عبور می‌کند، یک میدان مغناطیسی در دور سیم ایجاد می‌گردد. با تغییر جهت جریان متناوب، جهت میدان ایجاد شده نیز تغییر می‌کند. در این زمان طبق قانون لنز جریانی در جهت مخالف جریان عادی، در سیم ایجاد می‌شود تا با تغییر میدان مخالفت کند. جریان ایجاد شده در لایه‌های مرکزی سیم بیشتر و در لایه‌های بیرونی کمتر است. به شکلی که گاهی جریان خالص در مرکز سیم برابر صفر شده و در لایه‌های بیرونی یا پوسته تمرکز بیشتری پیدا می‌کند. به همین سبب به آن **اثر پوستی** یا **Skin Effect** گفته می‌شود.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ مقاومت الکتریکی سیم‌ها و کابل‌ها

در مورد کابل‌های چند سیمی چون سیم‌ها به طور ماریچ به هم تابیده می‌شوند طول حقیقی هر سیم از طول کابل بیشتر است لذا استفاده از ضریبی برابر یک برای کابل یک سیمی تا  $1/0.4$  برای کابل‌های چند سیمی ضروری است که با  $K_3$  نشان داده می‌شود. با توجه به مطلب فوق محاسبه مقاومت موثر هر سیم یک کابل چند سیمی در واحد طول در درجه حرارت کار  $T$  با استفاده از فرمول زیر انجام می‌شود.

$$R(T) = \frac{K_1 K_2 K_3 \rho(T)}{n \times \frac{\pi}{4} (d)^2} \quad (4-4)$$

در معادله بالا ضرایب  $K_1 K_2 K_3$  قبلاً تعریف شده اند  $\rho(T)$  مقاومت ویژه مس بر حسب اهم متر برای برق مستقیم در درجه حرارت کار سیم است.  $n$  تعداد رشته‌ها و  $d$  قطر هر رشته بر حسب متر است.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ مقاومت الکتریکی سیم‌ها و کابل‌ها

به طوری که گفته شد در سالهای اخیر آلومینیوم بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. چون مقاومت ویژه آلومینیوم در حرارت کار ۷۰ درجه ۱/۶۵ برابر مقاومت ویژه مس است، مقاومت سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های آلومینیومی ۱/۶۵ برابر سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های هم‌اندازه مسی می‌باشد.

مقاومت سیم‌های آلومینیوم با جدار مسی که در برخی کشورها نظیر انگلستان استاندارد شده است به علت کوچکی ضخامت روکش مسی مانند سیم‌های آلومینیومی محاسبه می‌شود.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ عایق‌های مورد استفاده در سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های فشار ضعیف

#### ۴-۴ عایق‌های مورد استفاده در سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها فشار ضعیف

برای عایق کردن سیم‌ها و کابل‌ها از کاغذ آغشته به روغن، لاستیک طبیعی، لاستیک مصنوعی، و پلاستیک استفاده می‌شده است. کاغذ که از چوب‌های جنگلی کشورهای اسکاندیناویا ساخته می‌شود اولین عایق بود که مورد استفاده قرار گرفت و به علت خصوصیات بسیار خوبی که دارد امروزه نیز جزء لاینفک کابل‌های فشار قوی می‌باشد لیکن در فشار ضعیف به علل اقتصادی کمتر دیده می‌شود. لاستیک طبیعی که از شیر درختی که در مناطق استوایی می‌روید استفاده قرار می‌گرفته است، لیکن به علت برخی معایب امروزه کمتر معمول است. لاستیک به سهولت می‌سوزد، در نور آفتاب و در گرما ترک می‌خورد و به سهولت رطوبت جذب می‌کند که خواص عایقی آن را از بین می‌برد. در سال‌های اخیر پلاستیک‌های متعددی برای عایق بندی مورد استفاده قرار گرفته که اهم آنها کلرورپلی وینیل است که به نام تجاری PVC معروف شده است. PVC دارای استحکام مکانیکی خوب و قابلیت انعطاف بوده، به سهولت نمی‌سوزد و رطوبت جذب نمی‌کند، لیکن در درجه حرارت نسبتاً کمی ذوب می‌شود. نظر به اینکه PVC در درجه حرارت‌های بالا ارزش عایقی خود را از دست می‌دهد آنها را صورتی مورد استفاده قرار می‌دهیم که درجه حرارت آنها در حین کار از ۷۰ درجه متجاوز نگردد. عایق‌های PVC در سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های فشار ضعیف امروزه بسیار مورد استفاده هستند و در فشارهای متوسط حدود ۱۱ کیلو ولت نیز دیده می‌شوند، لیکن در ولتاژهای بالاتر به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

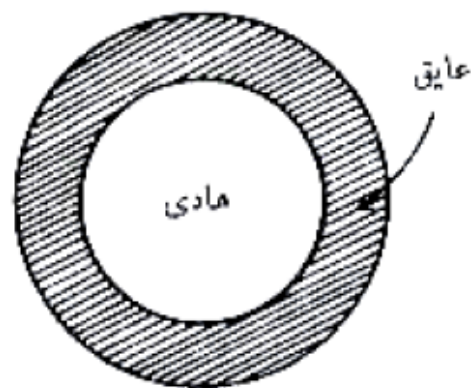
# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان سیم‌های عایق‌دار و اندازه‌های استاندارد

#### ۴-۵- ساختمان سیم‌های عایق‌دار و اندازه‌های استاندارد

ولتاژ مورد استفاده در برق‌رسانی که مورد نظر ماست ۲۲۰ ولت تک فاز و ۳۸۰ ولت سه فاز است که به فشار ضعیف معروف است. سیم‌های عایق‌دار فشار ضعیف، ساختمان ساده‌ای مطابق شکل ۲-۴ دارند. هادی از رشته‌های به هم تابیده تشکیل شده و روی آن عایق PVC قرار می‌گیرد. سطح مقطع هادی طوری انتخاب می‌شود که بتواند جریان لازم را بدون افزایش درجه حرارت از حد مجاز عبور دهد و ضخامت PVC طوری انتخاب می‌شود که بتواند ولتاژ موجود را تحمل کند و همچنین دارای استحکام مکانیکی کافی باشد.



شکل ۲-۴: مقطع سیم عایق‌دار

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان سیم‌های عایق‌دار و اندازه‌های استاندارد

مشخصات برخی سیم‌های عایق‌دار معمول در ایران که مطابق استانداردهای اروپایی توسط شرکت کابل‌سازی آیکو در تهران ساخته می‌شوند در جدول ۱-۴ و ۲-۴ آمده است. در جدول ۱-۴ برخی سیم‌های عایق‌دار خیلی قابل انعطاف در مقاطع کوچک آمده است و در جدول ۲-۴ کلیه اندازه‌های استاندارد داده شده است و در ستون اول سمت راست سطح مقطع هادی بر حسب میلی‌متر مربع آمده است که در محیط کار و بازار مشخصه سیم‌های عایق‌دار محسوب می‌شوند. ستون دوم تعداد رشته‌ها و قطر هر رشته را بر حسب میلی‌متر معین می‌کند. ستون سوم ضخامت عایق PVC را بر حسب میلی‌متر به دست می‌دهد و سه ستون بعدی قطر خارجی، وزن و مقاومت الکتریکی سیم را برای هر کیلومتر مشخص می‌کند. ملاحظه می‌کنید که تعداد رشته‌های در جدول ۱-۴ با معادلات (۱-۴) و (۲-۴) تطبیق ندارد، لیکن در جدول ۲-۴ این مطابقت موجود است. این سیم‌های عایق‌دار برای سیم‌کشی عمومی نظیر نصب در لوله‌ها، روکار یا توکار مناسب هستند.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان سیم‌های عایق‌دار و اندازه‌های استاندارد

جدول ۴-۱: مشخصات سیم‌های عایق‌دار خیلی قابل انعطاف استاندارد ایران

مقاومت در $70^{\circ}$ (اهم در کیلومتر)	وزن سیم (کیلوگرم در کیلومتر)	قطر خارجی سیم (میلی‌متر)	ضخامت عایق (میلی‌متر)	تعداد و قطر رشته‌ها (میلی‌متر)	سطح مقطع (میلی‌متر مربع)
۴۴/۴	۹	۲/۲	۰/۶	۱۶×۰/۲۰	۰/۱۵
۲۹/۴	۱۱	۲/۳	۰/۶	۲۴×۰/۲۰	۰/۷۵
۲۲/۴	۱۴	۲/۵	۰/۶	۳۲×۰/۲۰	۱
۱۵/۴	۱۹	۳	۰/۷	۳۰×۰/۲۵	۱/۵
۹/۴	۳۱	۳/۲	۰/۸	۵۱×۰/۲۵	۲/۵
۵/۴	۴۷	۴/۲	۰/۸	۵۶×۰/۳۰	۴
۳/۴	۷۰	۵/۲	۰/۸	۸۴×۰/۳۰	۶

جدول ۴-۲: مشخصات سیم های عایق دار استاندارد ایران

مقاومت در $70^{\circ}$ (اهم در کیلومتر)	وزن سیم (کیلوگرم در کیلومتر)	قطر خارجی سیم (میلیمتر)	ضخامت عایق (میلیمتر)	تعداد و قطر رشته ها (میلیمتر)	سطح مقطع (میلیمتر مربع)
۲۱/۲	۱۶	۲/۷	۰/۸	۱ × ۱/۱۳	۱
۱۴/۲	۲۱	۳	۰/۸	۱ × ۱/۳۸	۱/۵
۱۵/۹	۲۱	۳/۱	۰/۸	۷ × ۰/۵۰	۱/۵
۸/۵۴	۳۱	۳/۴	۰/۸	۱ × ۱/۷۸	۲/۵
۸/۷۰	۳۳	۳/۶	۰/۸	۷ × ۰/۶۷	۲/۵
۵/۴۱	۴۹	۴/۲	۰/۸	۷ × ۰/۸۵	۴
۳/۶۱	۶۹	۴/۷	۰/۸	۷ × ۱/۰۴	۶
۲/۱۴	۱۱۶	۶/۱	۱	۷ × ۱/۳۵	۱۰
۱/۳۵	۱۷۶	۷/۱	۱	۷ × ۱/۷۰	۱۶
۰/۸۵۲	۲۷۶	۸/۸	۱/۲	۷ × ۲/۱۴	۲۵
۰/۶۱۵	۳۶۸	۱۰	۱/۲	۱۹ × ۱/۵۳	۳۵
۰/۴۵۳	۵۰۰	۱۱/۷	۱/۴	۱۹ × ۱/۷۸	۵۰
۰/۳۱۳	۷۰۶	۱۳/۵	۱/۴	۱۹ × ۲/۱۴	۷۰
۰/۲۲۶	۹۷۵	۱۵/۸	۱/۶	۱۹ × ۲/۵۲	۹۵
۰/۱۷۹	۱۲۱۰	۱۷/۴	۱/۶	۳۷ × ۲/۰۳	۱۲۰
۰/۱۴۶	۱۴۸۹	۱۹/۴	۱/۸	۳۷ × ۲/۲۵	۱۵۰
۰/۱۱۶	۱۸۶۶	۲۱/۶	۲	۳۷ × ۲/۵۲	۱۸۵
۰/۰۸۸۵	۲۴۳۶	۲۴/۷	۲/۲	۶۱ × ۲/۲۵	۲۴۰
۰/۰۷۰۶	۳۰۴۸	۲۷/۵	۲/۴	۶۱ × ۲/۵۲	۳۰۰
۰/۰۵۵۲	۳۸۸۳	۳۰/۹	۲/۶	۶۱ × ۲/۸۵	۴۰۰
۰/۰۳۶۶	۴۸۷۷	۳۴/۴	۲/۸	۶۱ × ۳/۲۰	۵۰۰
۰/۰۳۳۹	۶۲۷۶	۳۸/۴	۲/۸	۱۲۷ × ۲/۵۲	۶۳۰



# تأسیسات الکتریکی

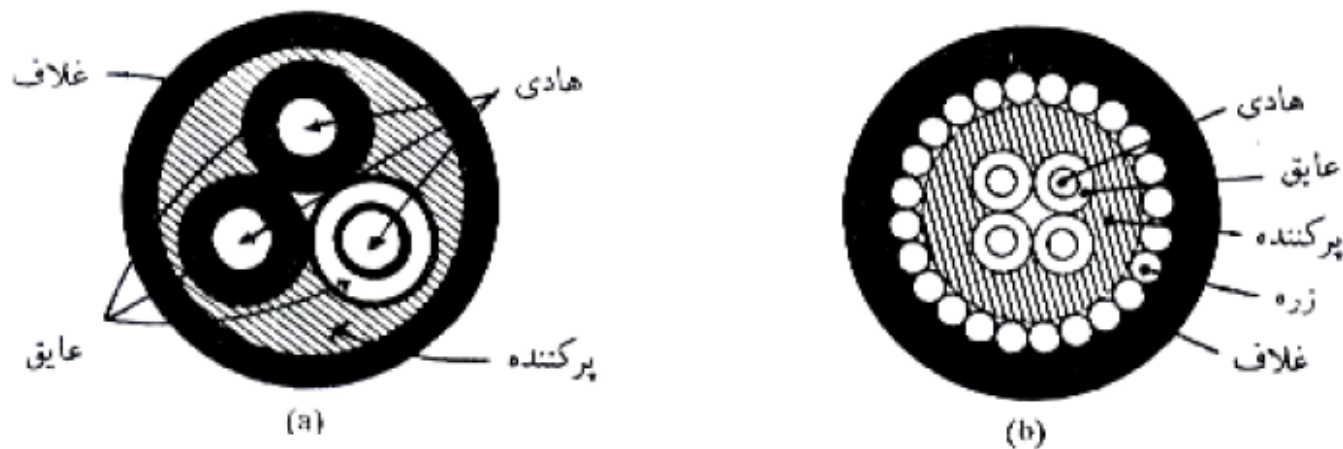
## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های برق‌رسانی

#### ۴-۶- ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و اندازه‌های استاندارد

کابل‌های فشار ضعیف (تا ۱۰۰۰ ولت) امروزه کلاً با استفاده از هادی مس و عایق PVC ساخته می‌شوند. در محیط‌هایی که خطر ضربات مکانیکی کم باشد از کابل بدون زره استفاده می‌شود و در محل‌هایی که خطر صدمات مکانیکی موجود باشد از کابل دارای زره محافظ استفاده می‌شود.

مقاطع دو کابل از این دو نوع در شکل ۳-۴ نشان داده شده‌اند.

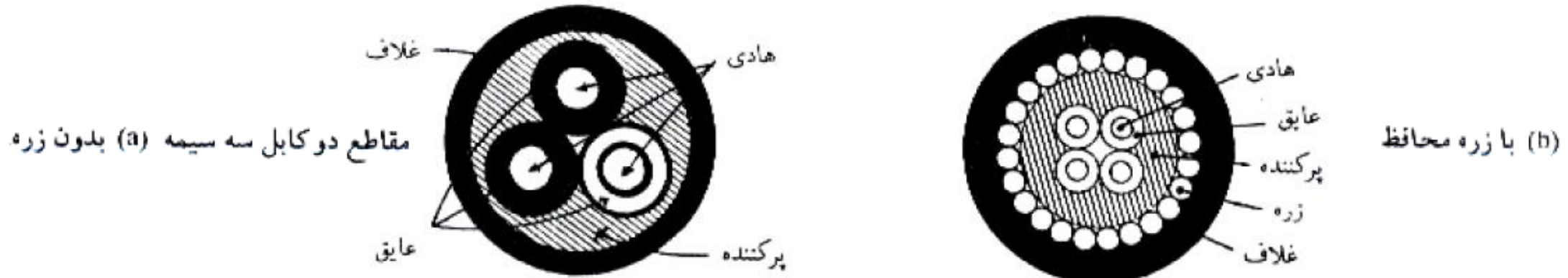


شکل ۳-۴: مقاطع دو کابل سه سیمه (a) بدون زره، (b) با زره محافظ

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برقرسانی

### ❖ ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های برقرسانی



به طوری که در شکل ملاحظه می‌کنید هر یک از هادیها ابتدا از عایق PVC پوشانده می‌شود در شکل هادیها با مقاطع دایره ای نشان داده شده اند لیکن در بسیاری موارد آنها را تقریبا به شکل قطاعی از دایره می‌سازند که رأس آن در مرکز و قاعده آن به موازات سطح خارجی قرار می‌گیرد. هادیهای عایق شده به هم تابیده می‌شوند و در صورتی که مطابق شکل دایره شکل باشند با استفاده از پرکننده PVC شکل مجموعه را به صورت دایره در می‌آورند. در صورتی که هادیها قطاعی اختیار شده باشند مجموعه خود به خود تقریبا دایره شکل می‌گردد و در این صورت به جای پرکننده آنها را در نوار پلاستیک می‌پیچند. در کابل بدون زره با کشیدن غلاف PVC به روی کابل کار خاتمه می‌یابد لیکن در کابل دارای زره محافظ، به منظور افزایش استحکام مکانیکی زرهی از سیم فولاد گالوانیزه به دور کابل تابیده می‌شود و سپس غلاف PVC روی آن کشیده می‌شود. غلاف علاوه بر ایجاد استحکام مکانیکی از نفوذ آب به داخل کابل و از اثرات فعل و انفعالات شیمیایی بر روی کابل جلوگیری می‌کند. در کابل با عایق کاغذی که نسبت به رطوبت بسیار حساس است از غلاف فلزی از جنس سرب یا آلومینیوم استفاده به عمل می‌آید.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های برق‌رسانی

در کابل‌های چهار سیمی که در شبکه‌های توزیع سه فاز (سه فاز و نوترال) مورد استفاده قرار می‌گیرند نظر به اینکه جریان سیم نوترال معمولاً از جریان فازها خیلی کمتر است سیم نوترال را با مقطعی در حدود نصف مقطع سیم فازها در نظر می‌گیرند (توجه داشته باشید که در سیستم‌های سه فاز کاملاً متعادل هیچ جریانی از سیم نوترال نمی‌گذرد).

در جدول ۳-۴ مشخصات برخی کابل‌های سه سیمی یا چهار سیمی بدون زره ساخت شرکت آیکو آمده است که برای کابل کشی در داخل یا خارج ساختمان و در رو یا زیرزمین در اماکنی که خطر ضربات مکانیکی موجود نباشد مناسب هستند. در جدول ۴-۴ مشخصات برخی کابل‌های چهار سیمی مسلح به زرهی از سیم‌های فولادی گالوانیزه با غلاف PVC آمده است که برای مصارف زیرزمینی در اماکنی که احتمال وجود ضربات مکانیکی زیاد است مناسبند.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برقرسانی

### ❖ ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های برقرسانی

در ستون اول این جداول تعداد سیم‌ها و مقطع هر یک از آنها داده شده است. در مورد کابل‌های چهار سیمی که مقطع سیم چهارم کمتر از سه سیم دیگر است مقطع سیم چهارم بعد از علامت ممیز آمده است. برای مثال  $3 \times 35/16$  مشخص کننده یک کابل چهار سیمی است که سه سیم آن مقطع ۳۵ میلی‌متر مربع و سیم چهارم آن مقطع ۱۶ میلی‌متر مربع دارد. شکل هادیها مورد استفاده در کابل‌ها نیز در این ستون مشخص شده است. در ستون دوم تعداد و قطر رشته‌های سیم‌های اصلی کابل داده شده است. در مورد کابل‌های چهار سیمی که سیم چهارم آنها کوچکتر است این ستون مربوط به سیم چهارم نمی‌شود. در ستون‌های بعدی ضخامت عایق سیم‌های اصلی، ضخامت غلاف، قطر خارجی کابل و وزن کابل در کیلومتر طول و مقاومت هر یک از سیم‌های اصلی در کیلومتر آمده است.

در مقایسه کابل‌های یک اندازه ملاحظه می‌کنید که کابل‌هایی که از هادی‌های دایره‌ای ساخته شده‌اند دارای قطر و وزن بیشتر هستند که در نتیجه گرانت‌تر می‌باشند.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های برق‌رسانی

جدول ۳-۴: مشخصات کابل‌های سه سیمی یا چهار سیمی بدون زره استاندارد ایران

مقاومت در $70^{\circ}$ (اهم در کیلومتر)	وزن کابل (کیلوگرم در کیلومتر)	قطر خارجی (میلی‌متر)	ضخامت غلاف (میلی‌متر)	ضخامت عایق (میلی‌متر)	تعداد و قطر رشته‌ها (میلی‌متر)	سطح مقطع (میلی‌متر مربع)
						هادی دایره‌ای
۲/۱۶	۶۳۸	۱۸/۲	۱/۸	۱	۱ × ۱/۳۵	۳ × ۱۰
۱/۳۶	۹۲۵	۲۱/۳	۱/۸	۱	۱ × ۱/۷۰	۳ × ۱۶

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برقرسانی

### ❖ ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های برقرسانی

جدول ۳-۴: مشخصات کابل‌های سه سیمی یا چهار سیمی بدون زره استاندارد ایران

مقاومت در $70^{\circ}$ (اهم در کیلومتر)	وزن کابل (کیلوگرم در کیلومتر)	قطر خارجی (میلیمتر)	ضخامت غلاف (میلیمتر)	ضخامت عایق (میلیمتر)	تعداد و قطر رشته‌ها (میلیمتر)	سطح مقطع (میلیمتر مربع)
						هادی قطاعی
۰/۸۶۳	۱۰۲۹	۲۰/۹	۱/۸	۱/۲	۱۹ × ۱/۳۷	۳ × ۲۵
۰/۶۲۷	۱۳۴۲	۲۲/۹	۱/۸	۱/۲	۱۹ × ۱/۵۸	۳ × ۳۵
۰/۴۶۳	۱۷۷۰	۲۶/۳	۱/۸	۱/۴	۱۹ × ۱/۸۶	۳ × ۵۰
۰/۳۲۱	۲۴۸۲	۲۹/۴	۱/۹	۱/۴	۱۹ × ۲/۲۶	۳ × ۷۰
۰/۲۳۲	۳۳۱۵	۳۴	۲/۱	۱/۶	۳۷ × ۱/۸۶	۳ × ۹۵
۰/۱۸۴	۴۱۲۶	۳۶/۹	۲/۲	۱/۶	۳۷ × ۲/۰۸	۳ × ۱۲۰

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های برق‌رسانی

جدول ۳-۴: مشخصات کابل‌های چهار سیمی زره دار استاندارد ایران

مقاومت در $70^{\circ}$ (اهم در کیلومتر)	وزن کابل (کیلوگرم در کیلومتر)	قطر خارجی (میلیمتر)	ضخامت غلاف (میلیمتر)	ضخامت عایق (میلیمتر)	تعداد و قطر رشته‌ها (میلیمتر)	سطح مقطع (میلیمتر مربع)
						هادی دایره ای
۰/۱۸۶۳	۶۳۸	۳۰/۱	۱/۸	۱/۲	۷ × ۱/۳۵	۳ × ۲۵/۱۶
۰/۱۶۲۷	۹۲۵	۳۳/۱	۱/۸	۱/۲	۱۹ × ۱/۷۰	۳ × ۳۵/۱۶

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ ساختمان کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های برق‌رسانی

جدول ۳-۴: مشخصات کابل‌های چهار سیمی زره دار استاندارد ایران

مقاومت در $70^{\circ}$ (اهم در کیلومتر)	وزن کابل (کیلوگرم در کیلومتر)	قطر خارجی (میلیمتر)	ضخامت غلاف (میلیمتر)	ضخامت عایق (میلیمتر)	تعداد و قطر رشته‌ها (میلیمتر)	سطح مقطع (میلیمتر مربع)
						هادی مثلثی
۰/۸۶۳	۱۹۵۴	۲۶/۸	۱/۸	۱/۲	۱۹ × ۱/۳۷	۳ × ۲۵/۱۶
۰/۶۲۷	۲۳۶۱	۲۹/۳	۱/۹	۱/۲	۱۹ × ۱/۵۸	۳ × ۳۵/۱۶
۰/۴۶۴	۳۰۱۹	۳۲/۲	۱/۹	۱/۴	۱۹ × ۱/۸۶	۳ × ۵۰/۲۵
۰/۳۲۲	۴۱۹۹	۳۷/۴	۲	۱/۴	۱۹ × ۲/۲۶	۳ × ۷۰/۳۵
۰/۲۳۳	۵۳۶۱	۴۲/۴	۲/۲	۱/۶	۳۷ × ۱/۸۶	۳ × ۹۵/۵۰
۰/۱۸۵	۶۹۰۱	۴۹/۵	۲/۳	۱/۶	۳۷ × ۲/۰۸	۳ × ۱۲۰/۷۰



# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ علائم مشخصه کابل‌ها

#### ۴-۷- علائم مشخصه کابلها

در استاندارد آلمانی که در ایران معمول شده است ساختمان کابلها با حروف الفبا مشخص می‌شود. در این روش حرف اول جنس هادی را مشخص می‌کند. N علامت مس و NA علامت آمومینیوم است. حرف دوم عایق سیمها رو مشخص می‌کند. Y علامت پلاستیک و G علامت لاستیک است و در صورتی که حرفی وجود نداشته باشد عایق کاغذی مورد نظر است. قسمت بعد معین کننده نوع غلاف است. Y غلاف پلاستیکی، K غلاف سربی و KL غلاف آلومینیومی است. قسمت بعد مشخص کننده نوع زره است. B مشخص کننده سیمهای فولادی و Gb معین کننده سیم فولاد گالوانیزه است. بالاخره قسمت آخر جنس روپوش خارجی را مشخص می‌کند و در آن A معین کننده الیاف گیاهی (جوت) می‌باشد. در ذیل علائم چند کابل ولتاژ ضعیف که در برق رسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند آماده است.

# تأسیسات الکتریکی

## ✓ سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های برق‌رسانی

### ❖ علائم مشخصه کابل‌ها

- NYY کابل با هادی مس، عایق و غلاف پلاستیک
- NAYY کابل با هادی آلومینیوم، عایق و غلاف پلاستیک
- NGG کابل با هادی مس، عایق و غلاف لاستیک
- NAGG کابل با هادی آلومینیوم، عایق و غلاف لاستیک
- NYKB کابل با هادی مس، عایق پلاستیک، غلاف سرب و زره فولادی
- NYYGb کابل با هادی مس، عایق و غلاف پلاستیک و زره فولاد گاوآینه
- NKBA کابل با هادی مس، عایق کاغذ، غلاف سرب، زره فولاد و روپوش خارجی الیاف گیاهی

کابل‌های ولتاژ بالا دارای ساختمان مفصلتری هستند و توضیح آنها در اینجا مورد نظر ما نمی باشد.