ماهر
MAHER

# انتخاب لوله برای سیم‌کشی

# انتخاب لوله برای سیم‌کشی

برای محافظت و هدایت سیم‌کشی برق در یک ساختمان یا سازه از لوله برق استفاده می‌شود. این لوله‌ها ممکن است از فلز یا پلاستیک ساخته شوند. بیشتر لوله‌های به کار رفته از نوع سخت هستند، اما برای برخی اهداف از لوله‌های انعطاف‌پذیر هم استفاده می‌شود. لوله‌کشی به طور کلی، توسط برق‌کارها در محل نصب تجهیزات الکتریکی انجام می‌شود. کاربرد، شکل و جزئیات نصب لوله برق اغلب توسط مقررات و استانداردهای مختلف سیم‌کشی مشخص می‌شود. در این مقاله، هدف بررسی اصول اجرای مربوط به نصب لوله برق برای سیم‌کشی الکتریکی و همچنین محاسبات آن‌ها است.

# چرا کابل‌ها یا سیم‌ها در داخل لوله برق نصب می‌شوند؟

در تأسیسات الکتریکی مدرن، استفاده از لوله‌های برق برای هدایت کابل‌ها یا سیم‌ها مزایای زیادی نسبت به نصب مستقیم آن‌ها دارد. دلایل اصلی نصب سیم‌ها درون لوله برق به شرح زیر است:

- محافظت در برابر آسیب‌های مکانیکی که خطر خطاهای الکتریکی و خرابی سیم یا کابل را کاهش می‌دهد.
- محافظت در برابر عوامل محیطی مانند رطوبت، گرد و غبار، مواد شیمیایی و نور خورشید.
- سهولت در تعمیر و نگهداری، و همچنین تعویض.
- حفاظت اضافی در برابر آتش.
- مدیریت و ساماندهی بهتر کابل یا هادی در مسیرهای مورد نظر.
- رعایت مقررات و استانداردها.
- امکان استفاده از هادی‌های تک‌رشته‌ای به جای کابل‌های چندرشته‌ای.

# نحوه محاسبه اندازه لوله برق

به طور کلی دو روش عملی برای محاسبات اندازه لوله برق وجود دارد که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود.

- روش محاسبه اول: حداقل سایز لوله برق بر اساس تعداد کابل یا سیمی که قرار است در آن کشیده شود، محاسبه می‌گردد. این روش به ویژه هنگام طراحی یک تأسیسات الکتریکی جدید مفید است.

- روش محاسبه دوم: حداکثر تعداد و سایز کابل یا سیم قابل عبور از درون یک لوله برق موجود، محاسبه می‌گردد. این روش بیشتر در مورد تأسیساتی که قبلاً اجرا شده، کاربرد دارد.

## آشنایی با ضریب فضا در داخل لوله برق

استانداردهای تأسیسات الکتریکی به‌منظور اطمینان از ایمنی و عملکرد حد مجازی را برای اشغال فضای درون لوله توسط سیم‌ها و کابل‌ها تعریف می‌کنند. برای رعایت این حد مجاز معمولاً از ضریبی به نام ضریب فضا استفاده می‌شود.

ضریب فضا در حقیقت نسبت فضای اشغال‌شده توسط کابل‌ها یا هادی‌ها به کل فضای داخل لوله برق است. رعایت یک ضریب فضای کافی، گردش هوای مناسب و تبادل حرارتی مطلوب در لوله‌ها را تضمین می‌کند. این امر باعث خنک ماندن کابل‌ها یا سیم‌ها شده و از آسیب‌دیدن آن‌ها جلوگیری به عمل می‌آورد. ضریب فضا در استانداردهای زیر، به صورت‌های اندکی متفاوت مشخص شده است :

- AS/NZS 3000 (استاندارد استرالیا و نیوزلند)
- NEC (مقررات ملی برق ایالات متحده)
- BS 7671 (بریتانیا)

## ضریب فضا در AS/NZS 3000 standard

بخش 6C - 2018 در ضمیمه C استاندارد AS/NZS 3000 ضرایب فضایی را که باید به کار گرفته شوند را به شرح زیر ذکر می‌کند :

- برای یک کابل در داخل لوله برق، ضریب فضا = ۰.۵
- برای دو کابل در داخل لوله برق، ضریب فضا = ۰.۳۳
- برای سه کابل یا بیشتر در داخل لوله، ضریب فضا = ۰.۴

## ضریب فضا در استاندارد NEC

جدول ۱ در فصل ۹ استاندارد NEC اینکه چه مقدار از سطح مقطع داخلی یک لوله برق می‌تواند با سیم یا کابل پر شود،  ارائه می‌دهد.

جدول ۱: درصد سطح مقطع داخلی قابل استفاده برای یک لوله برق بر اساس **NEC**

| درصد سطح مقطع داخلی قابل استفاده برای یک لوله | تعداد کابل |
|---|---|
| ۵۳ | ۱ |
| ۳۱ | ۲ |
| ۴۰ | بیشتر از ۲ |

- جدول ۱ از فصل ۹ بر اساس شرایط متداول کابل‌کشی و مکان‌های رایج است. برای شرایط خاص، ممکن است استفاده از لوله بزرگ‌تری ضرورت یابد یا لوله کمتر پر شود.
- برای سه هادی یا بیشتر، اگر نسبت قطر داخلی لوله به قطر خارجی سیم یا کابل بین ۸/۲ و ۲/۳ باشد، احتمال‌گیر کردن در داخل لوله برق وجود دارد. برای نسبتهای بزرگتر از ۲/۳ احتمال بروز مشکل کم است.
- حداکثر میزان خم مجاز در هر لوله برق به ۳۶۰ درجه محدود می‌شود.

## ضریب فضا در استاندارد BS 7671

استاندارد BS 7671:2018 ضرایب لازم را برای هادی‌های تک‌رشته‌ای با عایق ترموپلاستیک و طول لوله کمتر و بیشتر از ۳ متر ارائه می‌دهد. در این حالت ضریب هر یک از این هادی‌های که قرار است در یک لوله برق قرار گیرند با هم جمع شده و با ضریب لوله مقایسه می‌شود.

به عنوان مثال، برای گذاشتن ۴ کابل با سطح مقطع ۱۰ میلی‌مترمربع به طول ۳ متر، با استفاده از جدول ۲ نتیجه می‌شود که:

مجموع ضرایب کابل = ۱۴۶×۴ = ۵۸۴

از جدول ۳، می‌توان دریافت که ضریب لوله‌ای که بزرگتر از مجموع ضریب کابل باشد، برابر با ۸۰۰ است. بنابراین، حداقل اندازه لوله ۲۵ میلی‌متر خواهد بود. استاندارد BS، همچنین ضرایب کابل را برای طول‌های بیش از ۳ متر یا برای کابل‌هایی که دارای خم هستند، به صورت جدول ۴ ارائه می‌دهد.

جدول ۲: ضرایب کابل برای استفاده در لوله برق برای مسیرهای مستقیم کوتاه

| ضریب کابل | سطح مقطع هادی ($mm^2$) | نوع هادی |
|---|---|---|
| ۲۲ | ۱ | مفتولی |
| ۲۷ | ۱.۵ | |
| ۳۹ | ۲.۵ | |
| ۳۱ | ۱.۵ | رشته‌ای |
| ۴۳ | ۲.۵ | |
| ۵۸ | ۴ | |
| ۸۸ | ۶ | |
| ۱۴۶ | ۱۰ | |
| ۲۰۲ | ۱۶ | |
| ۳۸۵ | ۲۵ | |

جدول ۳: ضرایب لوله برق برای استفاده در مسیرهای مستقیم کوتاه

| ضریب لوله | قطر لوله (میلی‌متر) |
|---|---|
| ۲۹۰ | ۱۶ |
| ۴۶۰ | ۲۰ |
| ۸۰۰ | ۲۵ |
| ۱۴۰۰ | ۳۲ |
| ۱۹۰۰ | ۳۸ |
| ۳۵۰۰ | ۵۰ |

| | |
|---|---|
| ۵۶۰۰ | ۶۳ |

جدول ۴: ضرایب کابل برای استفاده در مسیرهای مستقیم طولانی بیش از ۳ متر یا مسیرهای با هر طولی که دارای خمیدگی هستند

| ضریب کابل | سطح مقطع هادی (2mm) | نوع هادی |
|---|---|---|
| ۱۶ | ۱ | مفتولی یا رشته‌ای |
| ۲۲ | ۱.۵ | |
| ۳۰ | ۲.۵ | |
| ۴۳ | ۴ | |
| ۵۸ | ۶ | |
| ۱۰۵ | ۱۰ | |
| ۱۴۵ | ۱۶ | |
| ۲۱۷ | ۲۵ | |

## محاسبات اندازه لوله

به طور کلی، دو روش برای این منظور وجود دارد:

- تعیین اندازه لوله مورد نیاز برای تعداد مشخصی کابل.
- تعیین حداکثر تعداد کابل‌هایی که می‌توان در لوله با اندازه خاص نصب کرد.

## تعیین اندازه لوله برای تعداد مشخصی کابل

وقتی تعداد کابل‌ها و مساحت یک کابل مشخص است (با فرض اینکه همه کابل‌ها از یک نوع باشند)، حداقل قطر لوله برق را می‌توان با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A \times n}{\pi \times sf}}$$

که در آن D حداقل قطر داخلی لوله مورد نیاز بر حسب میلی‌متر، n تعداد کابل، sf ضریب فضا و A مساحت هر کابل بر حسب میلی متر مربع است.

## تعیین حداکثر تعداد کابلی که می‌توان در یک لوله معین نصب کرد

وقتی اندازه قطر داخلی لوله برق و مساحت کابل مورد استفاده مشخص باشد، حداکثر تعداد کابل‌ها (با فرض اینکه همه کابل‌ها از یک نوع هستند) را می‌توان با فرمول زیر محاسبه کرد:

$$n = \frac{\pi \times D^2 \times sf}{4 \times A}$$

## محاسبات نمونه

در این بخش، دو مثال را با کمک فرمول‌های بیان شده و براساس سناریوهای زیر حل می‌کنیم.

- مثال اول - تعداد کابل‌ها مشخص است
- مثال دوم - اندازه لوله مشخص است

## مثال اول - تعداد کابل‌ها مشخص است

اندازه لوله مورد نیاز برای نصب دو کابل مسی تک‌رشته‌ای ۷۰ میلی‌مترمربع از نوع XLPE 0.6/1kV را تعیین کنید. ضریب فضا بر اساس الزامات AS/NZS 3000 در نظر گرفته می‌شود. برای انجام این مثال دنبال کردن مراحل زیر لازم است:

- مرحله اول - محاسبه مساحت یک کابل

قطر لوله از برگه اطلاعات سازنده 14.7 میلی متر است. مساحت کابل برابر است با:

$$A = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{14.7}{2}\right)^2 = 169.71$$

از این رو سطح مقطع کابل برابر با ۱۶۹.۷۱ میلی‌مترمربع است.

- مرحله دوم - تعیین ضریب فضا

از قسمت بالا، ضریب فضا برای دو رشته کابل ۰.۳۳ بدست می‌آید.

- مرحله سوم - محاسبه حداقل قطر داخلی لوله برق

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A \times n}{\pi \times sf}} = \sqrt{\frac{4 \times 169.71 \times 2}{\pi \times 0.33}} = 36.188$$

لوله استاندارد با قطر داخلی ۴۰ میلی‌متر انتخاب می‌شود. حداقل اندازه لوله مورد نیاز برای نصب دو کابل ۷۰ میلی‌مترمربع است.

## مثال دوم - اندازه لوله مشخص است

تعداد کابل مسی تک‌رشته‌ای XLPE با مقطع ۵۰۰ میلی‌مترمربع که می‌توان در لوله‌ای به قطر

۱۲۵ میلی‌متری نصب کرد، تعیین کنید. ضریب فضا را بر اساس الزامات AS/NZS 3000 قرار دهید. برای انجام این مثال، دنبال کردن مراحل زیر لازم است:

- مرحله اول - محاسبه مساحت یک کابل

قطر لوله از برگه اطلاعات سازنده ۱۴.۷ میلی‌متر است. مساحت کابل برابر است با:

$$A = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \qquad = \pi \times \left(\frac{37}{2}\right)^2 = 1075.21$$

از این رو سطح مقطع کابل برابر با ۱۰۷۵.۲۱ میلی‌مترمربع است.

- مرحله دوم - تعیین ضریب فضا

با فرض اینکه بیش از سه کابل در داخل کانال نصب می‌شود، ضریب فضا ۰.۴ بدست می‌آید.

- مرحله سوم - محاسبه حداکثر تعداد کابل‌ها

$$n = \frac{\pi \times D^2 \times sf}{4 \times A} = \frac{\pi \times 125^2 \times 0.4}{4 \times 1075.21} = 4.5653 = 4$$

از این رو حداکثر تعداد کابل‌های نمره ۵۰۰ که می‌توان در لوله ۱۲۵ میلی‌متری نصب کرد، ۴ عدد است.

## جمع‌بندی

در این مقاله، به بررسی محاسبات اندازه لوله مورد نیاز در سیم‌کشی یا کابل‌کشی‌های الکتریکی براساس استانداردهای NEC، AS/NZS 3000 و BS 7671 پرداخته شد. انتخاب دقیق لوله برای ایمنی، کارایی و رعایت استاندارد در تاسیسات الکتریکی مدرن ضروری است. انتخاب ضریب فضای مناسب به هنگام تعیین اندازه لوله باعث جریان یافتن هوا، خنک شدن کابل و جلوگیری از آسیب در حین عملیات کابل کشی می‌شود.

## سوالات متداول

۱ - ضریب فضا چیست و چه کاربردی دارد؟

ضریب فضا در حقیقت نسبت فضای اشغال شده توسط کابل‌ها یا هادی‌ها به کل فضای داخل لوله است. ضریب فضای کافی جریان هوای مناسب را در لوله‌ها تضمین می‌کند که این امر باعث خنک ماندن

کابل‌ها یا سیم‌ها شده و از آسیب‌دیدن آنها در حین انجام عملیات جایگذاری جلوگیری به عمل می‌آورد. ضریب فضا برای محاسبه فضای خالی مورد نیاز در لوله‌ها استفاده می‌شود.

۲ - در مورد کابل‌های مخابراتی رعایت چه نکته‌ای الزامی است؟

در مورد کابل‌های مخابراتی که غلاف‌ها از کابل ضعیف‌تر هستند، برخی از تولیدکنندگان توصیه می‌کنند که ضریب پرشدن لوله‌ها به ازای هر خم‌شدن اضافی روی دو خم ۱۵ درصد کاهش پیدا کند.

## مراجع


https://elek.com/articles/conduit-sizing-requirements-with-example-calculations/#:~:text=BS%207671%20Standard,-IEE%20On%2Dsite&text=The%20conduit%20size%20that%20corresponds,from%20Table%202.

https://professional-electrician.com/technical/appropriate-methods-for-determining-the-diameter-of-conduit-for-the-installation-of-conductors-niceic/

https://www.pvcconduitmanufacturer.com/how-to-choose-the-conduit-size-for-electrical-installations/

https://www.essentracomponents.com/en-us/news/solutions/wire-cable/how-to-size-conduit-for-cable?srsltid=AfmBOoo0ZXWsvio6xldzroUnp74xTlfr3B_5ys1mLGrqw4XuPa7H4x3T

https://www.ledestube.com/how-to-size-conduit-for-cables-and-wires-2024/

https://www.pvcconduitmanufacturer.com/how-to-determine-the-right-size-of-electrical-conduit/