

رهنمودهایی برای کابل کشی*

گردآوری و ترجمه: بهرام شمس، فریا گلسرخی

هدف این مقاله ارائه رهنمودهایی در خصوص چگونگی نصب کابل درون انواع کانال^۱ و یا داخل لوله^۲ است. توصیه هایی که در این مقاله ارائه شده، نتیجه تحقیقاتی است که از سوی انجمن مهندسان کابل های عایق^۳ ICEA پشتیبانی شده است. اگرچه در مواردی که کاربردهای خاص موردنظر بوده است و یا احتمال وقوع شرایط ویژه ای می رود، این رهنمودها به تنهایی کافی نبوده و لازم است از مشاوره افراد با تجربه نیز بهره گیری شود.

محاسبه حداکثر نیروی کشش مجاز کابل

برای محاسبه حداکثر نیروی کشش مجاز کابل در تمام مسیر کابل کشی، در مورد کابل هایی که توسط پیچ بیرون کشی^۴ کشیده می شوند می توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$T_M = K \times N \times CMA \quad (1)$$

که در آن:

T_M : حداکثر نیروی کشش کابل بر حسب پوند (به ضمیمه A رجوع شود).

K : ضریب ثابت که برابر است با:

۰/۰۰۸ برای هادی مسی

۰/۰۰۶ برای هادی آلومینیومی

N : تعداد هادی ها

CMA : سطح مقطع هادی بر حسب $Cmil$ به طوری که $(1mm^2 = 1cmil \times 5.7 \times 10^{-4})$

مقدار T_M حداکثر نیروی مجاز قابل اعمال به یک کابل و یا دسته ای کابل است که به طور همزمان کشیده می شوند. از آن جا که وسایل مورد استفاده در کابل کشی نیز از نظر نیروی وارده بر آن ها، دارای حد مجاز می باشند (این نیرو از طرف سازندگان اعلام

* منبع: ESSEX ELECTRICAL PRODUCTS ENGINEERING 2003

می گردد) لذا هنگام استفاده از این وسایل باید نیروی مجاز کابل یا T_m با حداکثر نیروی مجاز وسیله کشش کابل، مقایسه شده و همیشه نیروی کشش مجاز، کمتر ملاک قرار گیرد.

▪ اگر T_m کوچکتر از حداکثر نیروی مجاز وسیله کشش کابل باشد، T_m ملاک قرار گیرد.

▪ اگر T_m بزرگتر از حداکثر نیروی مجاز وسیله کشش کابل باشد، نیروی وسیله کشش، ملاک قرار گیرد.

نیروی کشش مجاز زمانی که از بست کابل^۵ استفاده شود:

زمانی که از بست کابل در کشیدن و نصب کابل های بدون غلاف سربی استفاده شود، نیروی کشش نباید از ۱۰۰۰ پوند و یا ۱۰۰۰ پوند به ازای هر کشش (در مواردی که کابل چند رشته باشد) و مقدار به دست آمده از فرمول ۱ بیشتر شود.

محاسبه کشش مجاز کابل در قسمت هایی از لوله^۲ که مستقیم است:

$$T_s = L \times W \times f \quad (2)$$

T_s : نیروی کشش مجاز در انتهای بخش مستقیم کابل بر حسب پوند.

W : وزن کابل بر حسب پوند بر فوت.

f : ضریب اصطکاک (در صورت نامعلوم بودن ضریب واقعی، از عدد ۰/۵ استفاده شود).

L : طول قسمت مستقیم کابل بر حسب فوت.

محاسبه نیروی کشش مجاز کابل در قسمت هایی از لوله^۲ که خمیده یا قوسی شکل می باشد:

$$T_b = T_s \times e^{f \cdot \alpha} \quad (3)$$

T_b : نیروی کشش در انتهای بخش خمیده یا قوسی شکل لوله بر حسب پوند.

T_s : نیروی کشش در انتهای بخش مستقیم و نزدیک به قوس لوله (فرمول ۲).

e : لگاریتم نپرین.

f : ضریب اصطکاک (در صورت نامعلوم بودن ضریب واقعی، از عدد ۰/۵ استفاده گردد).

α : زاویه خمش بر حسب رادیان.

مقادیر $f \cdot \alpha$ e برای زوایای متداول در جدول ۱ و حداقل شعاع خمش در جدول های ۲ و ۳ آمده است).

حداکثر فشار اعمال شده بر کابل درون لوله جدار ۶ در محل قوس لوله:
این فشار ناشی از دو نیرو است:

(الف) نیروی وارده بر کابل در جریان کشش که به صورت افقی تأثیرگذار است.
(ب) نیروی ناشی از وزن کابل که دارای اثر عمودی است.

به طور کلی این فشار نباید از ۳۰۰ پوند بر فوت شعاع فراتر رود. به عبارت دیگر، نیروی وارد بر کابل، درست در انتهای قوس، نباید بیش از ۳۰۰ برابر شعاع خمش، بر حسب فوت باشد.

در ادامه، روابطی جهت محاسبه حداکثر نیروی مجاز وارد بر کابل در محل قوس و نیز محاسبه مقدار واقعی فشار اعمال شده بر کابل ۶ جدار ارائه شده است.

* ضمناً شعاع خمش هنگام قرار دادن کابل در وضعیت نهایی (شرایطی که هیچ نیرویی به کابل وارد نشود) در جدول های ۲ و ۳ نشان داده شده است. با این وجود هیچ رابطه مدونی جهت محاسبه شعاع خمش کابل، هنگام کشیدن آن وجود ندارد. در این مقاله دو برابر کردن مقادیر مربوط به حداقل شعاع خمش های ارائه شده در جدول های ۲ و ۳ برای مواردی که کابل درون لوله ۲ کشیده می شود، توصیه می گردد:

$$T_{bm} = 300 r \quad (۴)$$

T_{bm} : حداکثر نیروی کشش مجاز در محل قوس لوله بر حسب پوند.

r : شعاع خمش بر حسب فوت.

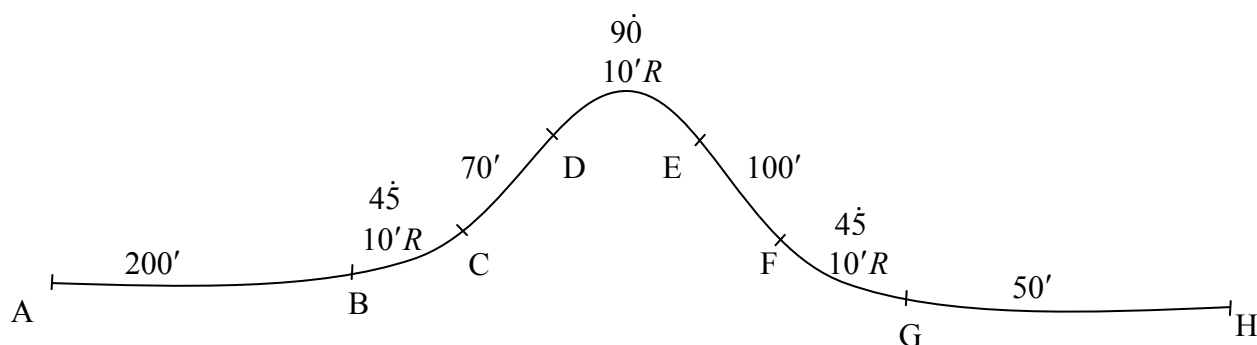
$$P = \frac{T_b}{r} \quad (۵)$$

P : فشار جانبی وارده به کابل بر حسب پوند بر فوت.

T_b : نیروی کشش در محل قوس بر حسب پوند.

r : شعاع خمش بر حسب فوت.

مثال: کابل 1/0 AWG معادل با (50mm^2) نوع THHN و با وزن 0.37 پوند بر فوت مطابق شکل زیر کشیده می شود:



لذا حداکثر نیروی کشش، T_m طبق فرمول ۱ برابر است با:

$$T_m = 0.008 \times 1 \times 105600 = 846 \text{ پوند}$$

محاسبه نیروی کشش هنگامی که کابل از نقطه H کشیده شود (شروع کابل کشی از نقطه A می باشد):

طبق فرمول های ۲ و ۳ خواهیم داشت:

$$A \text{ در نقطه } = 0 \text{ تنش}$$

$$B \text{ در نقطه } (T_{S1}) = 200 \times 0.37 \times 0.5 = 37 \text{ پوند}$$

$$C \text{ در نقطه } (T_{b1}) = 37 \times 1.48 = 55 \text{ پوند}$$

$$P_{B-C} = \frac{55}{10} = 5.5 \text{ فوت بر فوت}$$

$$D \text{ در نقطه } (T_{S2}) = 55 + [70 \times 0.37 \times 0.5] = 68 \text{ پوند}$$

$$E \text{ در نقطه } (T_{b2}) = 68 \times 2.19 = 149 \text{ پوند}$$

$$P_{D-E} = \frac{149}{10} = 14.9 \text{ فوت بر فوت}$$

$$F \text{ در نقطه } (T_{S3}) = 149 + [100 \times 0.37 \times 0.5] = 168 \text{ پوند}$$

$$G \text{ در نقطه } (T_{b3}) = 168 \times 1.48 = 249 \text{ پوند}$$

$$P_{F-G} = \frac{249}{10} = 24.9 \text{ فوت بر فوت}$$

$$H \text{ در نقطه } (T_{S4}) = 249 + [50 \times 0.37 \times 0.5] = 258 \text{ پوند}$$

محاسبه نیروی کشش هنگامی که کابل از نقطه A کشیده شود (شروع کابل کشی از نقطه H می باشد):

طبق فرمول های ۲ و ۳ خواهیم داشت:

H = 0 تنش در نقطه

G تنش در نقطه $(T_{S1}) = 50 \times 0.37 \times 0.5 = 9$ پوند

F تنش در نقطه $(T_{b1}) = 9 \times 1.48 = 13$ پوند

$$P_{G-H} = \frac{13}{10} = 1.3 \text{ پوند بر فوت}$$

E تنش در نقطه $(T_{S2}) = 13 + [100 \times 0.37 \times 0.5] = 32$ پوند

D تنش در نقطه $(T_{b2}) = 32 \times 2.19 = 70$ پوند

$$P_{E-D} = \frac{70}{10} = 7 \text{ پوند بر فوت}$$

C تنش در نقطه $(T_{S3}) = 70 + [70 \times 0.37 \times 0.5] = 83$ پوند

B تنش در نقطه $(T_{b3}) = 83 \times 1.48 = 123$ پوند

$$P_{C-B} = \frac{123}{10} = 12.3 \text{ پوند بر فوت}$$

A تنش در نقطه $(T_{S4}) = 123 + [200 \times 0.37 \times 0.5] = 160$ پوند

با توجه به مقادیر به دست آمده طی دو رابطه فوق، کشیدن کابل (کابل کشی) از هر دو طرف A و H بلامانع است، زیرا در هیچ یک از این دو نقطه نیروی کشش و فشار اعمال شده به کابل از مقادیر مجاز محاسبه شده جهت T_m یعنی ۸۴۶ پوند و ۳۰۰ پوند بر فوت فراتر نمی رود. با این وجود اگر کابل کشی از طرف "A" (وقتی شروع کابل کشی از H باشد) انجام شود، نیروی وارد بر کابل حدود ۴۰٪ کاهش می یابد، از این رو توصیه می شود که عملیات کابل کشی از نقطه "A" صورت گیرد.

دستورالعمل های کابل کشی

۱- آماده سازی

۱-۱ جهت کشش را با توجه به مقادیر مجاز به دست آمده از محاسبات مربوط به نیروی کشش و فشار جانبی به کابل تعیین نمایید.

۱-۲ اندازه مناسبی از تجهیزات کابل کشی γ انتخاب نمایید.

۱-۳ قرقره های کابل ورودی و خروجی را به گونه ای قرار دهید که تنش در نقطه شروع کابل کشی به حداقل برسد.

۱-۴ از تجهیزاتی جهت کابل کشی استفاده کنید که امکان کنترل یکنواخت سرعت فراهم گردد.

۱-۵ از طنابی جهت کابل کشی استفاده کنید که نیروی پارگی، استحکام کششی مورد نیاز را داشته باشد.

۶-۱ پیش از شروع عملیات کابل کشی، از تمیز بودن لوله ها نسبت به هر گونه آلودگی آب، رسوب و ... اطمینان حاصل نمایید.

۷-۱ در مواردی که کابل سنگین بوده و یا مسیر کابل کشی طولانی می باشد، به خصوص هنگامی که از PVC استفاده می کنید، لوله و همچنین طناب ها را روغنی کنید.

۸-۱ یک دینامومتر نصب نمایید.

۲- کشش کابل

۲-۱ در جریان نصب کابل از روغن های مخصوص کابل کشی و ترکیبات آن ها استفاده نمایید.

۲-۲ در صورت امکان و به ویژه در مواردی که مسیر کابل کشی طولانی است، از ارتباطی دوطرفه در هر دو انتهای کابل استفاده کنید.

۲-۳ سرعت کابل کشی را به آرامی و به طور یکنواخت افزایش دهید تا جایی که به سرعت ثابت و مناسبی برسد.

۲-۴ هنگام کابل کشی از توقف آن در نیمه راه خودداری کنید، زیرا کشش مجدد کابل در این شرایط، به میزان زیادی باعث افزایش اصطکاک خواهد شد.

۳- پس از انجام عملیات کابل کشی

۳-۱ دو سر کابل را در پوش بگذارید تا از ورود رطوبت به درون کابل جلوگیری شود.

۳-۲ توصیه می گردد قبل و بعد از کابل کشی و نصب، آزمون ولتاژ زیاد بر روی کابل صورت پذیرد.

پاورقی: فشار جانبی: فشار وارده به کابل در داخل یک لوله یا تیوب بر روی خم.

پانویس ها:

- 1- Raceway and Duct
- 2- Conduit
- 3- Insulated Cable Engineers Association
- 4- Pulling edge, Pulling bolt
- 5- Cable Grip
- 6- Sidewall
- 7- Grip, Bolt, Pulling

حداکثر نیروی کشش مجاز

اندازه	تک رشته	سه رشته	چهار رشته
۱۸	۱۳	۳۹	۵۲
۱۶	۲۱	۶۲	۸۳
۱۴	۳۳	۹۹	۱۳۲
۱۲	۵۲	۱۵۷	۲۰۹
۱۰	۸۳	۲۴۹	۳۳۲
۸	۱۳۲	۳۶۹	۵۲۸
۶	۲۱۰	۶۳۰	۸۴۰
۴	۳۳۴	۱۰۰۲	۱۳۳۶
۳	۴۲۱	۱۲۶۳	۱۶۸۴
۲	۵۳۱	۱۵۹۳	۲۱۲۴
۱	۶۷۰	۲۰۰۹	۲۶۷۸
۱/۰	۸۴۶	۲۵۳۹	۳۳۸۶
۲/۰	۱۰۶۵	۳۱۹۴	۴۲۵۹
۳/۰	۱۳۴۲	۴۰۲۷	۵۳۷۰
۴/۰	۱۶۹۳	۵۰۷۸	۶۷۷۱
۲۵۰	۲۰۰۰	۶۰۰۰	۸۰۰۰
۳۰۰	۲۴۰۰	۷۲۰۰	۹۶۰۰
۳۵۰	۲۸۰۰	۸۴۰۰	۱۱۲۰۰
۴۰۰	۳۲۰۰	۹۶۰۰	۱۲۸۰۰
۴۵۰	۳۶۰۰	۱۰۸۰۰	۱۴۴۰۰
۵۰۰	۴۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۶۰۰۰
۶۰۰	۴۸۰۰	۱۴۴۰۰	۱۹۲۰۰
۷۵۰	۶۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۴۰۰۰
۱۰۰۰	۸۰۰۰	۲۴۰۰۰	۳۲۰۰۰

جدول ۱
مقادیر مربوط به e^{fa} جهت زوایای متعارف

زاویه خمش (°)	e^{fa}					
	$f=0.7$	$f=0.6$	$f=0.5$	$f=0.4$	$f=0.3$	$f=0.15$
۱۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۱	۱/۰۸	۱/۰۴
۳۰	۱/۴۴	۱/۳۷	۱/۳۰	۱/۲۳	۱/۱۷	۱/۰۸
۴۵	۱/۷۳	۱/۶۰	۱/۴۸	۱/۳۷	۱/۲۷	۱/۱۳
۶۰	۲/۰۸	۱/۸۷	۱/۶۸	۱/۵۲	۱/۳۷	۱/۱۷
۷۵	۲/۵۰	۲/۱۹	۱/۹۲	۱/۶۹	۱/۴۸	۱/۲۲
۹۰	۳/۰۰	۲/۵۷	۲/۱۹	۱/۸۷	۱/۶۰	۱/۲۷

جدول ۲
حداقل شعاع خمش کابل های برق بدون شیلد و بدون آرمور

ضخامت عایق (اینچ)	قطر کلی کابل (اینچ)		
	۱/۰۰۰ تا ۰	۲/۰۰۰ تا ۱/۰۰۱	۲/۰۰۱ و بزرگ تر
	حداقل نسبت های مربوطه به شعاع خمش به صورت ضریبی از قطر کابل		
۰ تا ۰/۱۶۹	۴	۵	۶
۰/۱۶۹ و بزرگ تر	۵	۶	۷

جدول ۳

حداقل شعاع خمش پیشنهاد شده جهت کابل های روکش دار متحرک

نوع کابل	حداقل شعاع خمش به صورت ضریبی از قطر کابل
کابل های با روکش گرماسخت (ترموست) ۰-۵ کیلوولت	۶
کابل های با روکش گرماسخت (ترموست) بیش از ۵ کیلوولت	۸
کابل های کنترل هفت رشته به بالا	۲۰
سیم های ساختمانی	کوچک ترین قطر کلی کابل را به عنوان حداقل شعاع خمش در نظر می گیرند