روش محاسباتی فرضی برای تعیین ابعاد پوشش های محافظ

ضخامت پوشش های کابل مانند روکش ها و زره معمولا بر طبق جدول پله ای (Step table) به قطرهای نامی کابل بستگی دارد.
این امر گاهی باعث بروز مشکلاتی می شود . قطرهای نامی محاسبه شده الزاماً همان مقدار واقعی بدست آمده در فرآیند تولید نیستند . در شرایط حدی ، به دلیل اختلاف اندک مقدار محاسبه شده از مقدار واقعی ،ضخامت پوشش با قطر واقعی کابل متناسب نیست ، بحث از این هم فراتر می رود . تغییرات در ابعاد هادی شکل داده شده بین تولید کنندگان و روش های مختلف محاسبه باعث ایجاد تفاوت هایی در قطر های نامی می شود و بنابراین ممکن است باعث تغییراتی در ضخامت روکش های استفاده شده در طر ح های یکسان کابل شود.
برای اجتناب از این مشکل ، از روش محاسبات فرضی باید استفاده نمود . هدف از این روش نادیده گرفتن شکل و میزان فشردگی هادی ها بوده و قطر های فرضی از رابطه ای که بر پایه سطح مقطع هادی ها ، ضخامت نامی عایق و تعداد رشته ها است ، محاسبه می شود . سپس ضخامت روکش و سایر پوشش ها بر اساس روش محاسبه قطر فرضی به دقت مشخص می شود و هیچ ابهامی در مورد ضخامت روکش بکار رفته که مستقل از تفاوت های جزئی در روش های تولید است ، بوجود نمی آید. در این روش های استاندارد شده طراحی کابل، ابتدا ضخامت ها از قبل محاسبه شده و برای هر سطح مقطع هادی مشخص می شود.

روش فرضی تنها برای تعیین ابعاد روکش ها و پوشش های کابل استفاده می شوند. این روش ، یک روش جایگزین برای محاسبه قطر های واقعی مورد نیاز جهت اهداف عملی که بایستی بطور جداگانه محاسبه شوند نمی باشد.

۱-هادی ها
قطر فرضی (d_l) یک هادی ، بدون در نظر گرفتن شکل و فشردگی هادی ، برای هر سطح مقطع نامی در جدول ۱ داده شده است.

قطر فرضی هادی – جدول ۱

سطح مقطع نامی هادی mm^2	d_l mm	سطح مقطع نامی هادی mm^2	d_l mm
۱/۵	۱/۴	۹۵	۱۱/۰
۲/۵	۱/۸	۱۲۰	۱۲/۴
۴	۲/۳	۱۵۰	۱۳/۸
۶	۲/۸	۱۸۵	۱۵/۳
۱۰	۳/۶	۲۴۰	۱۷/۵
۱۶	۴/۵	۳۰۰	۱۹/۵
۲۵	۵/۶	۴۰۰	۲۲/۶
۳۵	۶/۷	۵۰۰	۲۵/۲
۵۰	۸/۰	۶۳۰	۲۸/۳
۷۰	۹/۴	۸۰۰	۳۱/۹
		۱۰۰۰	۳۵/۷

دنیای صنعت برق

۲- رشته ها

قطر فرضی D_c هر رشته از رابطه زیر بدست می آید:

$$D_c = d_l + 2\,t_i$$

که در آن :

t_i ضخامت نامی عایق بر حسب میلی متر

۳- قطر روی رشته های تابیده

قطر فرضی روی رشته های تابیده(Df) از روابط زیر بدست می آید :

الف – در مورد کابل هایی که تمام هادی های آن دارای سطح مقطع نامی یکسان می باشند

Df = kDc

ضریب k در جدول ۲ داده شده است

ب- در مورد کابل های چهار رشته دارای یک رشته هادی با سطح مقطع کاهش یافته :

$$D_f = \frac{2.42\,(3D_{c1}+D_{c2})}{4}$$

که در آن :

D_{c1} قطر فرضی هادی فاز عایق شده بر حسب میلی متر است که شامل لایه فلزی در صورت وجود می باشد.

D_{c2} قطر فرضی هادی با سطح مقطع کاهش یافته بر حسب میلی متر است که شامل عایق یا پوشش در صورت وجود می باشد.

دنیای صنعت برق

جدول ۲ - ضریب K برای رشته های تابیده شده

تعداد رشته ها	ضریب K	تعداد رشته ها	ضریب K
۲	۲/۰۰	۲۴	۶/۰۰
۳	۲/۱۶	۲۵	۶/۰۰
۴	۲/۴۲	۲۶	۶/۰۰
۵	۲/۷۰	۲۷	۶/۱۵
۶	۳/۰۰	۲۸	۶/۴۱
۷	۳/۰۰	۲۹	۶/۴۱
a۷	۳/۳۵	۳۰	۶/۴۱
۸	۳/۴۵	۳۱	۶/۷۰
a۸	۳/۶۶	۳۲	۶/۷۰
۹	۳/۸۰	۳۳	۶/۷۰
a۹	۴/۰۰	۳۴	۷/۰۰
۱۰	۴/۰۰	۳۵	۷/۰۰
a۱۰	۴/۴۰	۳۶	۷/۰۰
۱۱	۴/۰۰	۳۷	۷/۰۰
۱۲	۴/۱۶	۳۸	۷/۳۳
۱۲	۵/۰۰	۳۹	۷/۳۳
۱۳	۴/۴۱	۴۰	۷/۳۳
۱۴	۴/۴۱	۴۱	۷/۶۷
۱۵	۴/۷۰	۴۲	۷/۶۷
۱۶	۴/۷۰	۴۳	۷/۶۷
۱۷	۵/۰۰	۴۴	۸/۰۰
۱۸	۵/۰۰	۴۵	۸/۰۰
a ۱۸	۷/۰۰	۴۶	۸/۰۰
۱۹	۵/۰۰	۴۷	۸/۰۰
۲۰	۵/۳۳	۴۸	۸/۱۵
۲۱	۵/۳۳	۵۲	۸/۴۱
۲۲	۵/۶۷	۶۱	۹/۰۰
۲۳	۵/۶۷		

a رشته ها در یک لایه تابیده شده اند.

دنیای صنعت برق

۴- پوشش میانی

قطر فرضی روی پوشش های میانی(D_B) از رابطه زیر بدست می آید :

$$D_B = D_f + 2t_B$$

که در آن:

t_B برابر ۰/۴ mm برای قطر های فرضی روی رشته های تابیده شده (D_f) تاوخود ۴۰ mm .

t_B برابر ۰/۶ mm برای قطر های فرضی روی رشته های تابیده شده (D_f) بیش از ۴۰ mm .

این مقادیر فرضی t_B در مورد کابل های زیر اعمال می شود:

الف کابل های چندرشته:

- اگرچه پوشش میانی داخلی به کار رفته باشد یا پوشش میانی به کار نرفته باشد؛
- اگرچه پوشش میانی چه به صورت اکسترود شده یا به صورت نوارپیچ باشد؛

ب-کابل های تک رشته:

هرگاه پوشش میانی به صورت اکسترود شده یا نوارپیچ به کار رود.

هادی های هم مرکز و حفاظ های فلزی

میزران افزایش قطر به دلیل هادی هم مرکز یا حفاظ فلزی در جدول ۳ داده شده است.

جدول ۳ – افزایش قطر به دلیل هادی هم مرکز یا حفاظ فلزی

سطح مقطع نامی هادی هم مرکز یا حفاظ فلزی mm^2	افزایش در قطر mm	سطح مقطع نامی هادی هم مرکز یا حفاظ فلزی mm^2	افزایش در قطر mm
۱/۵	۰/۵	۵۰	۱/۷
۲/۵	۰/۵	۷۰	۲/۰
۴	۰/۵	۹۵	۲/۴
۶	۰/۶	۱۲۰	۲/۷
۱۰	۰/۸	۱۵۰	۳/۰
۱۶	۱/۱	۱۸۵	۴/۰
۲۵	۱/۲	۲۴۰	۵/۰
۳۵	۱/۴	۳۰۰	۶/۰

دنیای صنعت برق

اگر سطح مقطع هادی هم مرکز یا حفاظ فلزی، بین دو مقدار داده شده در جدول بالا باشد، افزایش قطر بر اساس مقدار بزرگتر سطح مقطع در نظر گرفته می شود.

اگر حفاظ فلزی به کار رود، سطح مقطع حفاظ فلزی مندرج در جدول بالا به روش زیر محاسبه می شود :

الف- حفاظ نواری

سطح مقطع = $n_t \times t_t \times w_t$

که در آن :

n_t : تعداد نوار ها

t_t : ضخامت نامی هر نوار بر حسب میلی متر است .

w_t : پهنای نامی هر نوار بر حسب میلی متر است .

اگر ضخامت کلی حفاظ کمتر از ۰/۱۵ میلی متر باشد، افزایش قطر باید صفر در نظر گرفته شود.

برای حفاظ فلزی پیچیده شده که از یک نوار یا دو نوار همپوشان تشکیل شده است ، ضخامت کلی ، دو برابر ضخامت یک نوار در نظر گرفته می شود.

-برای حفاظ فلزی به کار رفته به صورت طولی

- اگر هم پوشانی کمتر از ۳۰ درصد باشد ، ضخامت کلی، دو برابر ضخامت نوار است.
- اگر هم پوشانی بزرگتر یا برابر با ۳۰ درصد باشد ، ضخامت کلی، دو برابر ضخامت نوار است.

ب – حفاظ سیمی ((به همراه نوار مارپیچ باز، در صورت وجود)) :

$$\text{سطح مقطع} = \frac{n_w \times d_w^2 \times \pi}{4} + t_h \times n_h \times w_h$$

که در آن

n_w : تعداد سیم ها

d_w : قطر هر رشته سیم بر حسب میلی متر

n_h : تعداد نوار مارپیچ باز

t_h : ضخامت نوار مارپیچ بر حسب میلی متر اگر بزرگتر از ۰/۳ میلی متر باشد.

w_h : پهنای نوار مارپیچ باز بر حسب میلی متر

روکش سربی

قطر فرض روی روکش سربی (D_{pb}) از رابطه زیر بدست می آید.

$D_{pb} = D_g + ۲\ t_{pb}$

که در آن :

D_g قطر فرضی زیر روکش سربی بر حسب میلی مار

t_{pb} ضخامت محاسبه شده مطابق فرمول زیر :

ضخامت نامی روکش باید از رابطه زیر محاسبه شود:

$t_{pb} = 0/03\ D_g + 0.7$

که در آن:

t_{pb} ضخامت نامی روکش سربی بر حسب میلی متر است

D_g قطر فرضی زیر روکش سربی بر حسب میلی متر(گرد شده با یک رقم)

در تمامی حالات کوچکترین ضخامت نامی باید ۱/۹ mm باشد . مقادیر محاسبه شده باید با یک رقم اعشار گرد شود.

روکش جدا کننده

قطر فرضی روی روکش جدا کننده (D_s) از رابطه زیر بدست می آید :

$D_s = D_u + 2t_s$

که در آن:

D_u قطر فرضی زیر روکش جداکننده بر حسب میلی متر

t_s ضخامت محاسبه شده مطابق زیر :

دنیای صنعت برق

ضخامت نامی روکش جداکننده Ts که بر حسب میلی متر بیان می شود ، باید از رابطه زیر محاسبه شود.

$$T_s = 0.02\ D_u + 0.6$$

که در آن :

Du قطر فرضی زیر روکش برحسب میلی متراست.

مقدار بدست آمده برحسب میلی متر باید با یک رقم اعشار گرد شود.

بستر نواری هم پوشان

قطر فرضی روی بستر نواری هم پوشان از رابطه زیر بدست می آید :

$$D_{lb} = D_{ulb} + 2\ t_{lb}$$

که در آن :

D_{ulb} : قطر فرضی زیر بستر نواری هم پوشان بر حسب میلی متر

t_{lb} : ضخامت نوار بستر نواری هم پوشان

بستر تکمیلی برای کابلهای با زره نواری (که بر روی پوشش میانی قرار می گیرد)

قطر فرضی زیر بستر تکمیلی		افزایش قطر برای بستر تکمیلی mm
بالاتر mm	تاو خود mm	
-	۲۹	۱/۰
۲۹	-	۱/۶

زره

قطر فرضی روی زره (D_X) از رابطه زیر بدست می آید :

الف – زره سیمی گرد یا تخت

$$D_X = D_A + 2\ t_A + 2t_w$$

که در آن :

D_A قطر زیر زره بر حسب میلی متر
t_A ضخامت با قطر سیم زره بر حسب میلی متر

t_w ضخامت نوار مارپیچ باز در صورت وجود بر حسب میلی متر اگر بزرگتر از ۰/۳ mm باشد.

ب –زره نواری دو تایی

$D_x = D_A + ۲t_A$

که در آن :

D_A قطر زیر زره بر حسب میلی متر
t_A ضخامت با قطر سیم زره بر حسب میلی متر است

مثال۱ : ضخامت نامی کابل 2×6 مفتولی با عایق pvc را از طریق قطر فرضی محاسبه کنید؟
ابتدا بایستی از فرمول $\boldsymbol{D_c = d_l + 2\,t_i}$ **قطر فرضی هر رشته را محاسبه کنیم.**

d_l قطر فرض هادی برای مقطع ۶ مطابق جدول ۱ برابر ۲/۸ و ضخامت متوسط عایق برای سایز ۶ با عایق از جنس pvc برابر ۱ می باشد.

بنابراین خواهیم داشت :

$$\boldsymbol{D_c = 2.8 + 2(1) = 4.8\ mm^2}$$

سپس با داشتن قطر فرضی رشته ها می توانیم قطر روی رشته های تابیده D_f را بدست آورد.
مقدار ضریب K از جدول ۲ برای دو رشته برابر ۲ می باشد

$Df = kDc$

$$\boldsymbol{D_f = 2 \times 4.8 = 9.6\ mm^2}$$

سپس بایستی قطر فرضی روی پوشش میانی(D_B) از رابطه زیر بدست می آید :

t_B برابر ۰/۴ mm برای قطر های فرضی روی رشته های تابیده شده (D_f) تاوخود ۴۰ mm .

$$D_B = D_f + 2t_B$$

$$\boldsymbol{D_B = 9.6 + 2\,(0.4) = 10.4\,mm^2}$$

سپس با توجه به بند ۱۳-۳ استاندارد ۱-۳۵۶۹ ضخامت نامی روکش t_s بر حسب میلی متر از رابطه زیر بدست می آید.

$$t_s = 0.035D + 1$$

D قطر فرضی زیر روکش برحسب میلی متر است.

$$t_s = 0.035(10.4) + 1 \cong 1.4$$

حال با توجه به اینکه در متن استاندارد ۱-۳۵۶۹ آمده :

در کابل های تک رشته ضخامت نامی نباید کمتر از ۱/۴ mm شود و برای کابل های چند رشته نباید کمتر از ۱/۸ mm شود.

بنابراین ضخامت نامی روکش برابر ۱/۸ می باشد، ولی با توجه به صورتجلسه ۹۴/۲/۲۲ که با حضور کارشناسان اداره استاندارد و انجمن صنفی کارفرمایی سیم و کابل انجام گرفت در مبحث ضخامت روکش فقط ضخامت حداقل روکش مورد نظر می باشد که مبنای محاسبه آن ضخامت نامی روکش می باشد که از طریق قطر فرضی بدست می آید.

مثال ۲ : ضخامت نامی روکش کابل سکتور $3 \times 50 + 25$ را با استفاده از قطر فرضی برای عایق پی وی سی که دارای پوشش میانی نیز میب اشد با استاندارد ۱-۳۵۶۹ محاسبه کنید.

قطر فرضی رشته ۵۰ = قطر فرضی هادی + ۲ (ضخامت متوسط عایق)= $8 \times 2(1.4) = 10.8$

قطر فرضی رشته ۲۵ = قطر فرضی هادی + ۲ (ضخامت متوسط عایق)= $5.6 \times 2(1.2) = 8$

چون کابل چهار رشته و یک رشته با سطح مقطع کاهش یافته است بنابراین بایستی از رابطه ب محاسبه قطر رشته های تابیده استفاده کرد :

$$D_f = \frac{2.42\,(3\times10.8+8)}{4} = 24.44$$

قطر فرضی روی پوشش میانی(D_B) از رابطه زیر بدست می آید :

$$\boldsymbol{D_B = 24.44 + 2\,(0.4) = 25.24}$$

ضخامت نامی روکشts :

$$t_s = 0.035(25.24) + 1 = 1.88 \cong 1.9$$

ما می توانیم ضخامت را کمتر از ۱/۹ در نظر بگیریم چون در روکش استاندارد ۱-۳۵۶۹ فقط ضخامت حداقل است که مورد نظر است ولی مبنای محاسبه ضخامت حداقل، ضخامت نامی بدست آمده با استفاده از قطر فرضی است.

رابطه محاسبه حداقل ضخامت روکش در استاندارد ۱-۳۵۶۹ :

$$\text{حداقل ضخامت نقطه ای روکش} \geq \mathbf{0.8}(t_s) - \mathbf{0.2}$$

$$\text{حداقل ضخامت نقطه ای روکش} \geq \mathbf{0.8}(1.9) - \mathbf{0.2} = \mathbf{1.32}$$

بنابراین ما می توانیم (اجازه داریم)ضخامت متوسط را تا ۱/۳۲ کم کنیم، البته این در صورتی امکان پذیر خواهد بود که سنتر یا وسط بودن کابل بسیار دقیق باشد که این امر امکان پذیر نبوده و ممکن است در بعضی نقاط ضخامت کمتر از ۱/۳۲ شده و باعث مردود شدن محصول گردد پس باید طوری ضخامت متوسط را انتخاب کرد تا حاشیه اطمینان خوبی برای حداقل ضخامت داشته باشیم.

حال یک مثال کلی تر که تمام روابط بالا را پوشش دهد بررسی می کنیم :

مثال ۳ : محاسبات بالا را برای کابل $\mathbf{1.5} \times \mathbf{3}$ با غلاف سربی کابل مسلح انجام دهید.

قطر فرضی هادی از روی جدول ۱ و ضخامت عایق ۱/۵ برابر ۰/۸ می باشد. $\boldsymbol{d_l}$

برای پیدا کردن ضخامت ، به جدول ۵ استاندارد ۱-۳۵۶۹ به آدرس زیر در قسمت استاندارد ها از سایت دنیای صنعت برق مراجعه نمایید:

http://sbargh.ir/wp-content/uploads/2018/09/3569-1.pdf

قطر سیم با عایق pvc $\boldsymbol{D_c = d_l + 2\,t_i = 1.4 + 2(0.8) = 3}$

Df = kDc

$\boldsymbol{D_f = 2.16 \times 3 = 6.48\ mm^2}$ قطر سیم تابیده شده

$D_B = D_f + 2t_B$

$D_B = 6.48 + 2(0.4) = 7.28$ قطر روکش میانی

$D_{pb} = D_g + ۲\ t_{pb}$

$t_{pb} = 0/03\ D_g + 0.7 = 0.03 \times 7.28 + 0.7 = 0.92$

$D_{pb} = 7.28 + 2 \times 0.92 = 9.12$ قطر تمام شده غلاف سربی

$T_s = 0.02\ D_u + 0.6 = 0.02(9.12) + 0.6 = 0.78$

$D_s = D_u + ۲t_s = 9.12 + 2(0.78) = 10.68$ قطر روکش جدا کننده

$D_x = D_A + 4t_A$

$t_A = 1.25$ از روی جدول شماره ۹ استاندارد ۱-۳۵۶۹

$D_x = 10.68 + 4(1.25) = 15.68$

$t_s = 0.035D_x + 1 = 0.035 \times 15.68 + 1 = 1.55$

چون چند رشته است بایستی ۱/۸ در نظر گرفته شود.