

بسم الله الرحمن الرحيم



طراحی مکانیکی خطوط انتقال انرژی

استاد مربوطه: جناب آقای دکتر طرفدارحق

تهیه کنندگان:

یوسف نشاطی امین طحان پور

مقدمه:

بررسی مکانیکی خطوط انتقال انرژی عبارت است از بررسی مسائلی از قبیل کشش سیم تحت شرایط مختلف جوی، فاصله پایین ترین نقطه سیم از سطح زمین، تعیین محل دکل ها، طول سیم و موارد مشابه می باشد.

منحنی سیم: {1}

منحنی سیم در طراحی خطوط انتقال انرژی از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا تغییر کوچکی در طول سیم باعث تغییر بزرگی در کشش سیم می شود بدین معنی که انقباضات و انبساطات جزئی که در اثر تغییر درجه حرارت و یا بارهای خارجی بوجود می آید تغییرات کشش زیادی را باعث می گردد. بنابراین منحنی سیم باید بصورتی باشد که تحولات فوق کشش سیم و همچنین فلش سیم را از مقدار مجاز بیشتر نکند. فلش سیم به کشش سیم بستگی دارد و تحت یک بارگذاری ثابت با افزایش کشش کاهش می یابد. فلش و کشش سیم تابع وزن سیم و یخ و نیروی باد و درجه حرارت محیط می باشد. در مورد فلش دو نکته قابل ذکر است:

1- در یک اسپن و بارگذاری ثابت، با زیاد شدن فلش ضریب اطمینان سیم در مقابل پارگی افزایش می یابد زیرا سیم کمتر کشیده شده و در نتیجه کشش سیم کاهش می یابد.

2- اضافه شدن فلش سیم، باعث افزایش ارتفاع پایه ها میشود زیرا در هر حال فاصله مجاز سیم از زمین باید رعایت شود. این عمل هزینه خط انتقال انرژی را بالا می برد، و لذا میزان فلش باید با توجه به دو نکته ی فوق تعیین گردد.

قبلا معادله منحنی سیم برای حالتی که دکل ها در یک ارتفاع باشند بدست آمده و نتایج زیر حاصل شده است:

$$y = a \cosh \frac{x}{a}$$

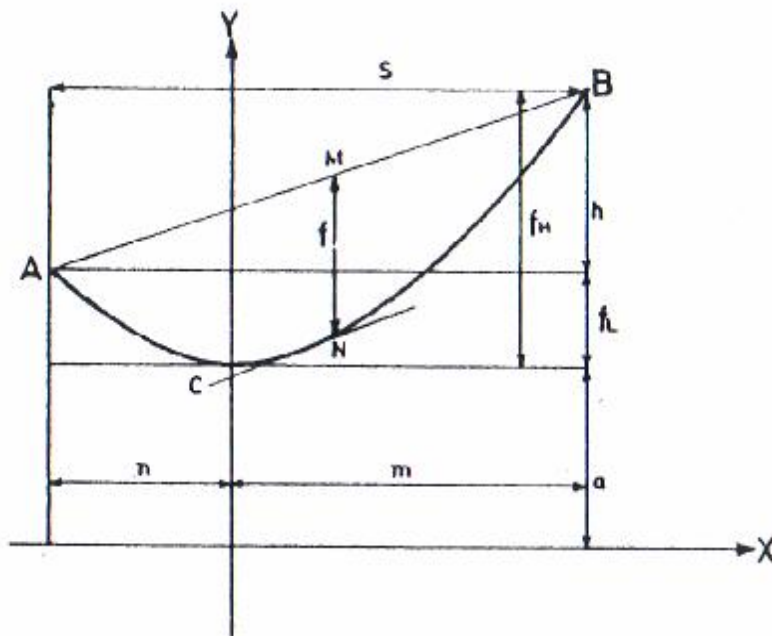
$$L = a \sinh \frac{x}{a}$$

معادله شماره (1)

$$T = wa \cosh \frac{x}{a}$$

$$f = \frac{s^2}{8a} = \frac{ws^2}{8h}$$

حال منحنی سیم را برای حالتی که دکل ها در یک ارتفاع نباشند بررسی می کنیم:



شکل 1



فرض می کنیم اختلاف ارتفاع دو نقطه نگهدارنده A و B برابر h و طول فلش MN باشد. برحسب تعریف فلش، مماس بر منحنی سیم در نقطه N موازی خط AB است. برای پیدا کردن طول فلش بایستی معادله منحنی سیم و همچنین معادله خط AB را تعیین نمود و با استفاده از آنها عرض های نقاط N و M را بدست آورد و لز آنجا به ترتیب زیر فلش را محاسبه نمود:

$$f = Y_M - Y_N \quad (2)$$

معادله خط A و B با در نظر گرفتن شیب خط (h/s) و مختصات نقطه A به ترتیب زیر خواهد بود:

$$Y = Y_A + \frac{h}{s}(X - X_A) = (a + f_L) + \frac{h}{s}(X + n) \quad (3)$$

منحنی سیم را هم اگر سهمی فرض کنیم معادله آن خواهد شد:

$$Y = a + \frac{x^2}{2a} \quad (4)$$

اگر طول نقطه N را برابر X_N بگیریم شیب خط مماس بر منحنی سیم در این نقطه

با استفاده از مشتق معادله سهمی بدست می آید:

$$Y' = \frac{x}{a} \quad (5)$$

و در نتیجه شیب خط مماس برابر $\frac{X_N}{a}$ می گردد.

از طرف دیگر چون خط مماس بر منحنی سیم در نقطه N موازی خط AB است پس باید شیب هر دو خط مساوی

باشند یعنی :

$$\frac{X_N}{a} = \frac{h}{s} \quad (6)$$

و از اینجا خواهیم داشت:

$$x_N = \frac{ah}{s} \quad (7)$$

بدین ترتیب طول نقاط M و N بدست می‌آید و با استفاده از معادلات خط AB و سهمی میتوان عرض نقاط M و N را محاسبه نمود:

$$\begin{aligned} Y_M &= (a + f_l) + \frac{h}{s} \left(\frac{ah}{s} + n \right) \\ Y_N &= a + \frac{1}{2a} \left(\frac{ah}{s} \right)^2 = a + \frac{ah^2}{2s^2} \end{aligned} \quad (8)$$

حال بترتیب زیر میتوان فلش را محاسبه نمود:

$$f = Y_M - Y_N = f_L + \frac{ah^2}{2s^2} + \frac{nh}{s} \quad (9)$$

در رابطه فوق پارامترهای f_l و n نامعلوم بوده و لذا آنها را برحسب پارامترهای a و h و s محاسبه مینماییم:

f_l فلش سیم در اسپنی است که $2n$ طول داشته و نقاط نگهدارنده سیم اختلاف ارتفاعی نداشته باشند و همچنین f_H فلش سیم در اسپنی است که $2m$ طول داشته و نقاط نگاهدارنده سیم هم ارتفاع باشند. بنابراین طبق رابطه (1) برای فلش میتوان نوشت:

$$f_L = \frac{(2n)^2}{8a} \quad (10)$$

$$f_H = \frac{(2m)^2}{8a}$$

از طرف دیگر با توجه به شکل (1) میتوان نوشت:

$$m + n = s \quad (11)$$

و همچنین:

$$h = f_H - f_l = \frac{(2m)^2}{8a} - \frac{(2n)^2}{8a} = \frac{1}{2a} (m^2 - n^2) = \frac{1}{2a} (m+n)(m-n) \quad (12)$$

اگر بجای $(m+n)$ از رابطه (11) قرار دهیم خواهیم داشت:

$$h = \frac{s}{2a}(m-n) \quad (13) \quad \text{و یا:}$$

$$m-n = \frac{2ah}{s}$$

از حل معادلات (11) و (13) پارمترهای m و n بدست میآید:

$$\begin{aligned} m &= \frac{s}{2} + \frac{ah}{s} \\ n &= \frac{s}{2} - \frac{ah}{s} \end{aligned} \quad (14)$$

حال اگر در رابطه (9) بجای f_L و n روابط (10) و (14) را قرار دهیم مقدار فلش بترتیب زیر بدست خواهد آمد:

$$f = \frac{s^2}{8a} \quad (15)$$

ملاحظه میشود که در این حالت هم فلش با حالتی که دو نقطه نگاهدارنده اختلاف ارتفاعی نداشته باشند یکی است.

حال دونکته دیگر را روشن میکنیم یکی اینکه نقطه N در وسط اسپن قرار دارد و دیگر اینکه فاصله MN بیشترین فاصله بین منحنی سیم و خط AB است.

با استفاده از رابطه (7) میتوان نوشت:

$$X_N - X_A = \frac{ah}{s} - (-n) = \frac{ah}{s} + n \quad (16)$$

و اگر بجای N از رابطه (14) قرار دهیم:

$$X_N - X_A = \frac{S}{2} \quad (17)$$

پس N در وسط اسپن است.

همچنین در یک نقطه نامعین بطول X فاصله عمودی AB از منحنی سیم با کم کردن رابطه (4) از رابطه (3) بصورت زیر بدست میآید:

$$f_i + \frac{h}{s}(n+x) - \frac{x^2}{2a} = \text{فاصله عمودی خط از منحنی سیم} \quad (18)$$

این فاصله که تابعی از x است در نقطه ای که مشتق آن برابر صفر شود مقدار ماکزیمم خود را پیدا مینماید. بنابراین اگر از رابطه فوق مشتق گرفته مساوی صفر قرار دهیم طول نقطه ای که فاصله بین خط منحنی در آن ماکزیمم است بدست می آید یعنی:

$$X_{MAX} = \frac{ah}{s} \quad (19)$$

که اگر با رابطه (7) مقایسه شود معلوم میشود که نقطه مزبور همان نقطه N است. با استفاده از روابط (10) و (11) و همچنین روابط (14) میتوان f_H و f_L را برترتیب زیر f و h نوشت:

$$f_H = \frac{1}{8a}(2m)^2 = \frac{1}{8a}\left(s + \frac{2ah}{s}\right)^2 = \frac{s^2}{8a} + \frac{h}{2} + \frac{ah^2}{2s^2} \quad (20)$$

و یا:

$$f_H = \frac{S^2}{8A} + \frac{h}{2} + \frac{h^2}{16\left(\frac{s^2}{8a}\right)} \quad (21)$$

و با استفاده از رابطه (15) مقدار f_H خواهد شد:

$$f_H = f + \frac{h}{2} + \frac{h^2}{16f} = f\left(1 + \frac{h}{2f} + \frac{h^2}{16f^2}\right) \quad (22)$$

و یا:

$$f_H = f\left(1 + \frac{h}{4f}\right)^2 \quad (23)$$

و بهمین ترتیب:

$$f_L = f\left(1 - \frac{h}{4f}\right)^2 \quad (24)$$

از روابط (23) و (24) برای اندازه گیری فلش در عمل استفاده می کنند.

طول سیم:

طول سیم اندازگی شده بصورت زیر بدست میآید.

$$L = a \sinh \frac{x}{a} \quad (25)$$

اگر نقاط نگاهدارنده سیم اختلاف ارتفاعی نداشته باشند طول سیم برابر است با:

$$L_0 = 2a \sinh \frac{s}{2a}$$

ویا با بسط $\sinh \frac{s}{2a}$ میتوان نوشت:

$$L_0 = s + \frac{s^3}{24a^2} \quad (26)$$

رابطه فوق را بصورت زیر هم میتوان نوشت:

$$L_0 = s \left(1 + \frac{s^2}{24a^2} \right) = s \left(1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{s} \right)^2 \right) \quad (27)$$

اگر دو نقطه نگاهدارنده اختلاف ارتفاع داشته باشند با توجه به شکل 1 طول سیم را بدست می آوریم:

فرض می کنیم L_a برابر طول کمان AC و L_b برابر طول کمان CB باشد از بسط رابطه L خواهیم داشت:

$$L = a \sinh \frac{x}{a} = a \left[\frac{x}{a} + \frac{1}{6} \left(\frac{x}{a} \right)^3 + \dots \right] = x + \frac{x^3}{6a^2} + \dots \quad (28)$$

و بنابراین L_a و L_b بترتیب زیر بدست می آیند:

$$L_a = n + \frac{n^3}{6a^2} \quad (29)$$

$$L_b = m + \frac{m^3}{6a^2}$$

و اگر طول کل سیم را در این حالت L_h نشان دهیم خواهیم داشت:

$$L_h = L_a + L_b = m + n + \frac{1}{6a^2} (m^3 + n^3) \quad (30)$$

رابطه فوق را بصورت زیر می توان نوشت:

$$L_h = (m+n) \left\{ 1 + \frac{1}{6a^2} [(m+n)^2 - 3mn] \right\} \quad (31)$$

و اگر بجای m و n مقادیرشان را از روابط 14 قرار دهیم رابطه زیر بدست میآید:

$$L_h = s + \frac{s^3}{24a^2} + \frac{h^2}{2s} \quad (32)$$

و یا:

$$L_h = L_0 + \frac{h^2}{2s} \quad (33)$$

که L_0 طول سیم است در صورتیکه پایه یا هم ارتفاع باشند.

فلش سیم محافظ: {3}



چون سیم محافظ نسبت به سیم اصلی (هادی) وزن واحد طول کمتر و ماکزیمم مقاومت کششی بیشتری دارد فلش آن تحت بارگذاری یکسان کمتر خواهد شد و چون فلش کم است در هوای سرد که سیم انقباض پیدا می کند. در مناطق کوهستانی ممکن است نیروی بالابرنده ایجاد شود بنابراین سیم محافظ را معمولا شل تر می کشند با اینکار مسئله نیروی بالابرنده تقریبا حل می شود و در طراحی راحت تر می توانیم محل پایه ها را روی پروفیل انتخاب کنیم چون اگر فلش کم باشد و در بیشتر نقاط نیروی بالابرنده داشته باشیم باید اسپن ها را کوتاهتر و پایه ها را بلندتر انتخاب کنیم تا نیروی بالابرنده نداشته باشیم و همچنین با شل تر گرفتن سیم محافظ نیروی کشش کمتر می شود و می توانیم قسمت هایی از پایه را که سیم محافظ به آنها وصل می شود ضعیفتر طرح کنیم. البته باید متذکر شد فلش کم دارای مزیتی هم هست چون حفاظت از سیم اصلی را بهتر می کند و سیم های اصلی در مقابل رعد و برق مصونیت بیشتری دارند. از طرفی باید مسئله گالوانینگ (جدا شدن بصورت یکجا از روی سیم اصلی یا سیم محافظ و در نتیجه ایجاد نوسانهای عمودی) را نیز در نظر گرفت و فاصله سیم اصلی و سیم محافظ را در حد مجاز نگه داشت. با توجه به موارد فوق معمولا مقدار فلش سیم محافظ را در شرایط هوای سرد 80 درصد فلش سیم اصلی در نظر میگیرند.

اسپن معادل طراحی (roulling span): {1و2}

برای تعیین اسپن معادل پارامتر و ارتفاع پایه اولاً باید سیم در سخت ترین شرایط دارای ضریب اطمینان کافی باشد ثانياً باید در شرایط یخ زیاد یا حد اکثر درجه حرارت منطقه فاصله سیم تا زمین رعایت شده باشد و شرط دوم اقتصادی بودن است.

به عنوان مثال زمانی که طول اسپن ها زیاد انتخاب شوند با توجه به فاصله مجاز سیم تا زمین ارتفاع دکل ها باید زیاد باشد و با کوتاه بودن طول اسپن ها تعداد دکل ها زیاد خواهد شد که هر دو حالت غیر اقتصادی خواهد بود .

می توان به طور خلاصه عنوان کرد که اسپنی که می خواهیم انتخاب کنیم :

1. باید تمام پارامترها و اسپن هایی که در سختترین شرایط ضریب اطمینان لازم را دارند مشخص شوند

2. برای ارتفاع های مختلف پایه با توجه به قیمت های پایه فونداسیون مقرها و دیگر تجهیزات خط بزرسی اقتصادی صورت گیرد و پایه و اسپن اقتصادی معین گردد. و با توجه به این دو مورد اسپن معادل طراحی بدست می آید و اقتصادی بودن ضریب اطمینان لازم را در سختترین شرایط داشته باشد.

اسپن معادل بعد از پایه گذاری روی پروفیل: {1}

اسپن معادل در یک سکشن عبارت است از اسپنی که تغییرات کشش افقی سیم در آن اسپن با تغییرات کشش افقی سیم در اسپن های مختلف آن سکشن در شرایط مختلف بار گذاری مساوی باشد کشش افقی سیمها در یک سکشن در موقع نصب خط انتقال ثابت است و بعد از بستن سیمها به کلمپ در شرایط مختلف جوی، کشش باید در فواصل نامساوی متفاوت باشد ولی به علت قابل حرکت بودن مقره ها در امتداد خط کشش افقی در فواصل مجاور یکسان خواهد شد البته در این تساوی زنجیر مقره هم دخالت دارد و زنجیر مقره ی کج شده نیرویی به سیم وارد می کند که مولفه افقی آن با اختلاف کشش افقی در دو اسپن معادل برابر است.

برای بدست آوردن اسپن معادل اختلاف طول سیم به عوامل موثر در شرایط اولیه و ثانویه بدست آورده و به کمک آن

مقدار انحراف زنجیر و مقره و یا مقدار تغییر طول اسپن را برای هر اسپن محاسبه می‌کنیم.

مجموع تغییرات طول اسپن‌ها در یک سکشن که بین دو پایه کششی قرار دارد برابر صفر است.

اگر مجموعه مذکور را برابر صفر قرار دهیم رابطه ای نتیجه می‌شود که با استفاده از رابطه تغییر وضعیت می‌توان اسپن

معادل را بدست آورد.

در حالت کلی:

$$SR = \frac{\sum_1^n \frac{c_n^2}{s_n^2}}{\sum_1^n \frac{c_n^2}{s_n}} \sqrt{\frac{\sum_1^n s_n^2}{\sum_1^n \frac{c_n^2}{s_n}}} \quad (34)$$

که در آن C فاصله سر دکل‌ها می‌باشد.

رابطه اسپن معادل بعد از پایه‌گذاری در حالتی که دو نقطه نگهدارنده سیم اختلاف ارتفاعی ندارند:

$$SR = \frac{\sqrt{\sum_1^n s_n^3}}{\sum_1^n s_n} \quad (35)$$

Creep یا خزش طولی: {1و2}

در محاسبات مکانیکی خط انتقال انرژی اطلاعات وسیعی در مورد فلش و کشش سیم در درجه حرارت ها، بارگذاریها و اسپین های مختلف مورد نیاز است تا بتوان ماکزیمم کشش در سخت ترین شرایط و همچنین ارتفاع پایه ها را برای رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین در ماکزیمم فلش تعیین نمود.

عوامل موثر در تغییر فلش و کشش سیم درجه حرارت، نیروی یخ و باد و خزش طولی می باشد. این پدیده ناشی از دو عامل می باشد:

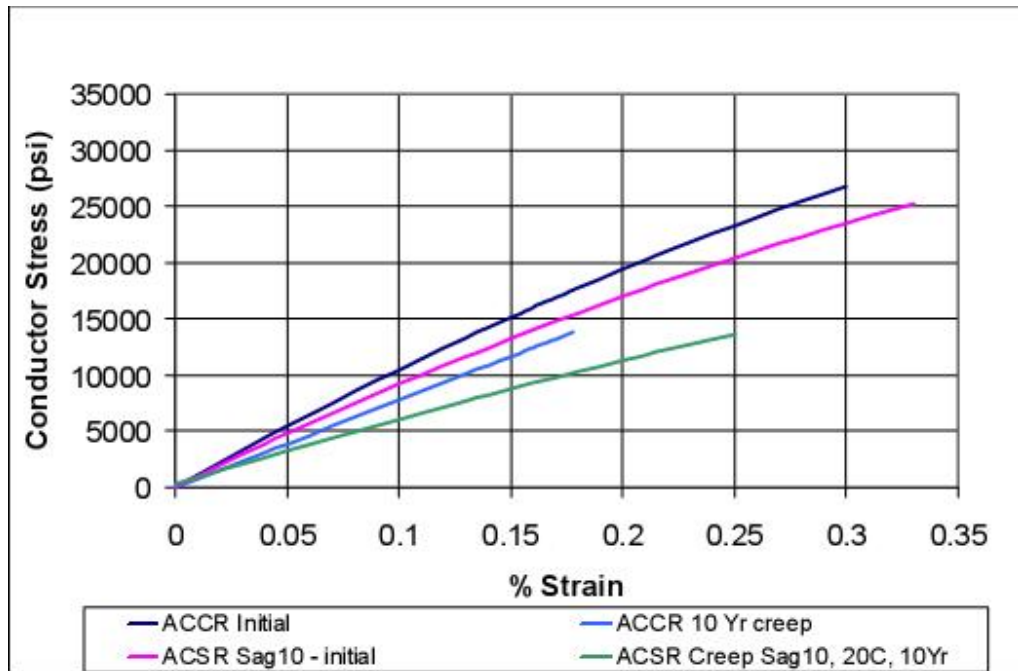
1- ناشی از بارگذاریهای سنگین و افزایش درجه حرارت به طوری که اضافه شدن درجه حرارت نسبت به درجه حرارت زمان سیم کشی باعث افزایش فلش و کاهش کشش سیم می شود و وارد شدن نیروی یخ و باد روی سیم باعث افزایش فلش و کشش می شود. به طوری که می دانیم منحنی سیم به طور تقریبی سهمی می باشد با وارد شدن این عوامل سیم بیشتر کشیده شده و شکل سیم تغییر می کند. با رفع شدن این عوامل سیم به حالت اولیه (شرایط نصب) بر نمی گردد و اضافه طول پیدا می کند.

2- اضافه طول ناشی از هر مرحله کشیدگی به طوری که هر سیم وزنی داشته و نیرویی تحت این وزن به سیم وارد می شود و با توجه به مقاومت کششی سیم اضافه طول پیدا خواهد کرد.

با توجه به مقاومت کششی سیم ها در هادی های آلومینیومی این افزایش طولی قابل توجه بوده و به صورت جداول و نمودارها برای دوره های مختلف زمانی رسم شده ولی برای سیم های مسی و فولادی قابل صرف نظر می باشد.

این عامل یعنی خزش طولی را می توان به دو صورت در معادلات و محاسبات دخالت داد. روش اول در نظر گرفتن درجه حرارت معادل پیری می باشد به طوری که این درجه حرارت را از درجه حرارت محاسباتی قبلی کم کرده و محاسبات را در این درجه حرارت انجام می دهیم تا نقش خزش طولی را نیز در نظر گرفته باشیم. در این حالت ماحاسبات خود را در دمای پایین تری انجام داده و بعد از وارد شدن عامل افزایش طول محاسبات به حالت عادی بر می گردد.

روش دوم استفاده از منحنی ها و جداول اولیه و بعد از پیری سیم می باشد که در شرایط مختلف جوی رسم شده است.



شکل (2)

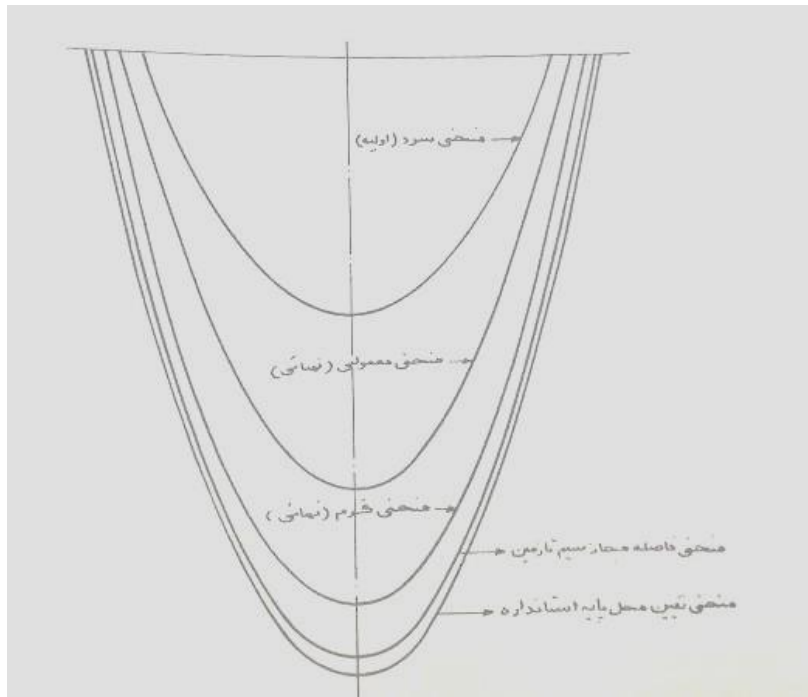
تمپلت فلش: {1}

برای درست بودن فلش، کشش و فاصله مجاز سیم تا زمین در حالت مختلف شرایط جوی، تمپلت فلش تهیه شده و برای پایه گذاری روی پروفیل از آن استفاده می شود.

منحنی های موجود در تمپلت:

- منحنی گرم
- منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین
- منحنی سرد
- منحنی معمولی

- منحنی محل پایه استاندارد



شکل (3)

از پنج منحنی فوق معمولاً 3 منحنی اول را که مهمتر هستند رسم می کنند. حال توضیح مختصری در مورد هر یک می دهیم.

1- منحنی گرم

معمولاً حداکثر فلش ممکن را برای رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین در نظر می گیریم. از این رو در رسم منحنی گرم حداکثر درجه و مدول الاستیسیته نهایی و همچنین پیری سیم را اساس عمل خویش قرار می دهیم. به این وسیله منحنی سیم روی پروفیل و نزدیکترین موقعیت آن نسبت به زمین مشخص می شود.

درجه حرارت سیم تابع عوامل زیر است:

- درجه حرارت محیط
- تابش خورشید روی سیم
- تشعشع سیم در اثر عبور جریان
- توان انتقالی از سیم
- ضریبی از جریان اتصال کوتاه

در اکثر پروژه های ایران منحنی گرم در حرارت 55°C تا 85°C بدون یخ و بادوبا توجه به مدول الاستیسیته نهایی و پیری سیم رسم شده است.

2- منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین

این منحنی برای رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین در حداکثر فلش، زیر منحنی گرم رسم می شود دو نقطه واقع در خط عمودی که این منحنی و منحنی گرم را قطع می کند، در تمام قسمت های منحنی، از هم به یک فاصله اند. معمولا فاصله مجاز سیم تا زمین در حدود 30 تا 50 سانتیمتر بیشتر از مقدار لازم میگیریم.

3- منحنی سرد

هدف از رسم این منحنی کنترل نیروی بالابرنده، حداقل فلش اولیه و انحراف زنجیره مقرر است که در حداقل درجه حرارت بدون یخ و باد و در نظر گرفتن مدول الاستیسیته اولیه رسم آن را انجام می دهیم. منحنی سرد بالای منحنی گرم قرار می گیرد چون که کشش در این حالات کم بوده و پارامتر منحنی سیم نسبت به حالت گرم مقادیر بیشتری را داراست، در نتیجه فلش کمتر است و منحنی بالاتراز منحنی گرم است در پروژه های ایران معمولا این منحنی در 20°C بدون یخ و بار رسم شده است.

4- منحنی معمولی:

برای کنترل موقعیت سیم در بیشترین مدت سال، منحنی معمولی با توجه به درجه حرارت معمولی منطقه و مدول الاستیسیته نهایی و پیری سیم رسم می شود. در پروژه های ایران منحنی در 15°C رسم شده است (بدون یخ و

(باد)

5- منحنی محل پایه استاندارد:

این منحنی که در زیر منحنی فاصله مجاز هادی تا زمین رسم می شود، آنچنان است که طول خطوط قائم بین این منحنی و منحنی گرم برابر طول پایه استاندارد می باشد. در نتیجه محل تلاقی این منحنی با سطح زمین، در روی نقشه پروفیل، محل پایه استاندارد می باشد. در نتیجه محل تلاقی این منحنی با سطح زمین، در روی نقشه پروفیل، محل پایه استاندارد را مشخص میکند.

این منحنی ها بصورت شکل (2) بر روی تمپلت که از جنس پلاستیک مخصوصی به نام سولند شفاف با ضخامت نسبی 1mm است، رسم می شود. در تمپلت، زیر منحنی سیم، شیار کوچکی وجود دارد که در هنگام رسم منحنی روی پروفیل آن نقطه کاملاً مشخص بوده، برای تعیین اسپن وزنی به کار می رود. نکته مهم این است که مقیاس عمودی و افقی تمپلت و پروفیل باید یکی باشد.

به طور مثال مشخصات تمپلت را در پروژه 230 کیلوولت تبریز-ارومیه بیان می کنیم:

منحنی گرم در 75 بدون یخ و باد با پارامتر 1156.15 متر

منحنی سرد در 20- بدون یخ و باد با پارامتر 1759.52 متر

فاصله مجاز سیم تا زمین 8 متر

اسپن معادل طراحی 300 متر

اطلاعات مورد نیاز برای پایه گذاری روی پروفیل:

1- مشخصات پایه های کششی و غیر کششی از قبیل ارتفاع، حداکثر زاویه مجاز انحراف خط و منحنی های اسپن وزنی و بادگیر.

2- اسپن معادل طراحی

3- حداکثر اسپن الکتریکی

4- حداکثر و حداقل اسپن مکانیکی جهت کنترل نیروهای طولی و انحراف زنجیر مقرر در امتداد خط

5- فاصله مجاز سیم از جاده ها، ساختمانها و دیگر مناطق طبیعی و غیر طبیعی.



بعنوان مثال در یک پروژه 60 کیلو ولتی با اسپن معادل طراحی 250 متر فواصل مجاز را بصورت زیر داریم:

تقاطع با خطوط مخابراتی 3 متر

تقاطع با خطوط فشار ضعیف 2.5 متر

جاده ها و راه آهن 7 متر

نحوه ی پایه گذاری روی پروفیل:

در پایه گذاری روی پروفیل تعیین محل پایه و تعیین ارتفاع پایه با توجه به اطلاعات و محدودیت های داده شده مورد نظر بوده و باید آنها را بصورتی تعیین کنیم که وضعیت اپتیمم اقتصادی حاصل شود در شروع پایه گذاری باید

اولین پایه بعد از پست را پایه ی انتهایی در نظر بگیریم. زیرا:

1- ممکن است زاویه ای در محل ورود خط به پست داشته باشیم

2- نوسانات خط به پست منتقل نشود

3- کشش سیم بین پست و پایه انتهایی را به خاطر ضعیف بودن آن کمتر از کشش در طرف دیگر پایه انتهایی در نظر بگیریم.

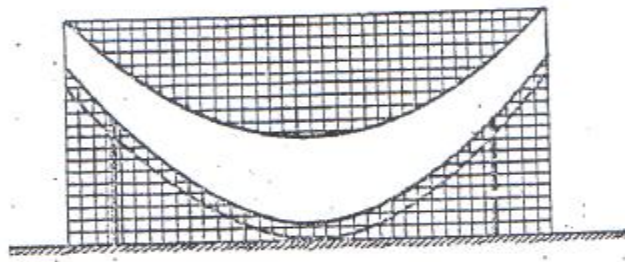
ارتفاع پایه انتهایی را با توجه به پارامترهایی چون فاصله از پست، مقدار نیروی مجاز وارد بر آن و محدودیت های ناشی از خود پایه ترمینال میتوان تعیین کرد.

در انتخاب پایه بعد از پایه انتهایی و مکان یابی آن شرط اول اسپن معادل طراحی است چون هم اقتصادی است و هم در شرایط جوی مختلف از ضریب اطمینان خوبی برخوردار است. انتخاب این اسپن در سطوح بدون مانع و مسطح آسان و بدون دردسر است. اما در مکانهای باموانع طبیعی یا باید مانع را از بین برد و یا محل پایه را عوض کرد. حتی الامکان باید از اسپن معادل طراحی استفاده کنیم و پایه استاندارد باشد. ولی اگر این امر ممکن نباشد باید با توجه به محدودیت های در نظر گرفته شده اسپن و ارتفاع پایه را به گونه ای انتخاب کرد که اقتصادی باشد

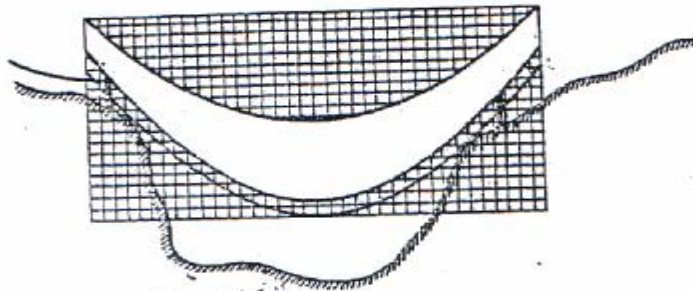
در نقاط با شیب زیاد باید از قرار دادن پایه خودداری کرد و در صورت اجبار باید قسمتی از زمین بریده شود تا سطح زمین در محل نصب کاملا مسطح و یا با شیب کم باشد بعد از تعیین محل پایه خط قائمی در محل آن رسم

و ارتفاعهای مختلف نقاط نگهدارنده سیم برای پایین ترین فاز روی آن علامت گذاری می شود سپس تمپلت را پروفیل قرار می دهیم بگونه ای که خطوط متعامد آن با خطوط متعامد پروفیل موازی باشد و با تغییر مکان افقی و عمودی سعی می کنیم تمپلت منحنی سیم بین دو پایه به نحوی نصب شود که از نقطه ی نگهدارنده ی سیم در پایه قبلی و یکی از نقاط مجاز پایه فعلی بگذرد و منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین با خط زمین پروفیل مماس یا کمی بالاتر باشد.

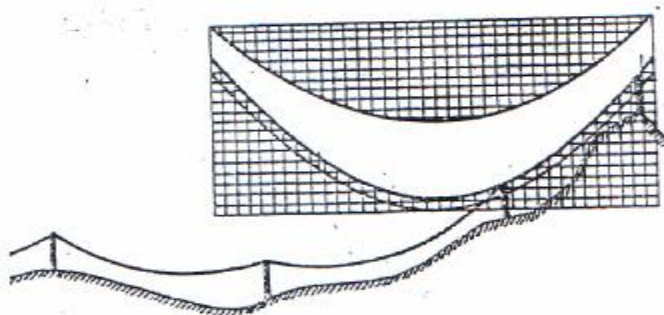
اما روش دیگری نیز وجود دارد و آن اینکه تمپلت را روی پروفیل گذاشته و آن بطور افقی و عمودی آنقدر جابجا می کنیم تا نقطه نگهدارنده سیم در پایه قبلی روی منحنی گرم قرار گرفته و منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین با خط پروفیل مماس یا کمی بالاتر باشد. در این حالت منحنی گرم با مداد رسم و این منحنی مکان هندسی نقطه نگهدارنده سیم در پایه بعدی در نظر گرفته می شود و میتوان بوسیله بقیه محدودیتها و عوارض زمین محل پایه را مشخص کرد. البته همانطور که گفته شده باید برای مسیرهای مسطح طول اسپن در حدود اسپن معادل طراحی می باشد.



نحوه استفاده از تمپلت فلش در سطح صاف



در یک دره



در یک شیب تند

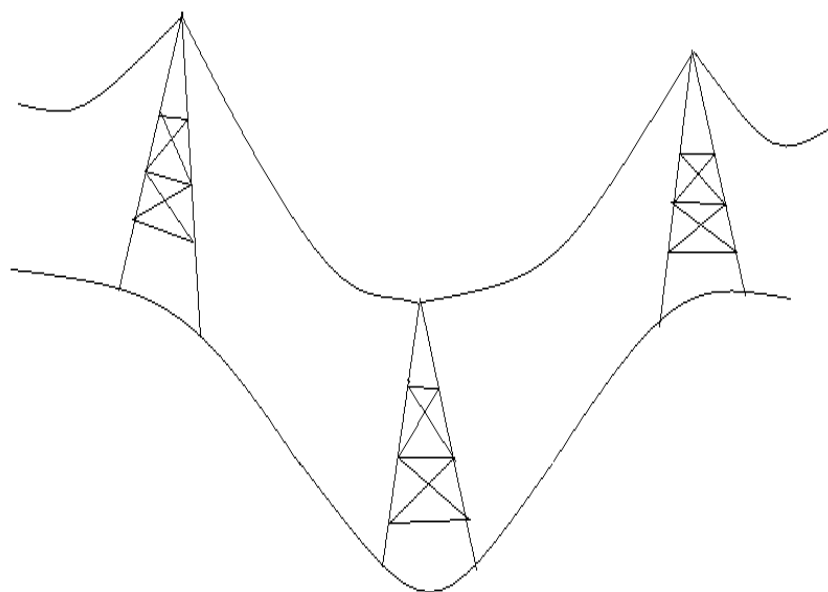
شکل (4) طرز بکارگیری تمپلت فلش در سه حالت مختلف

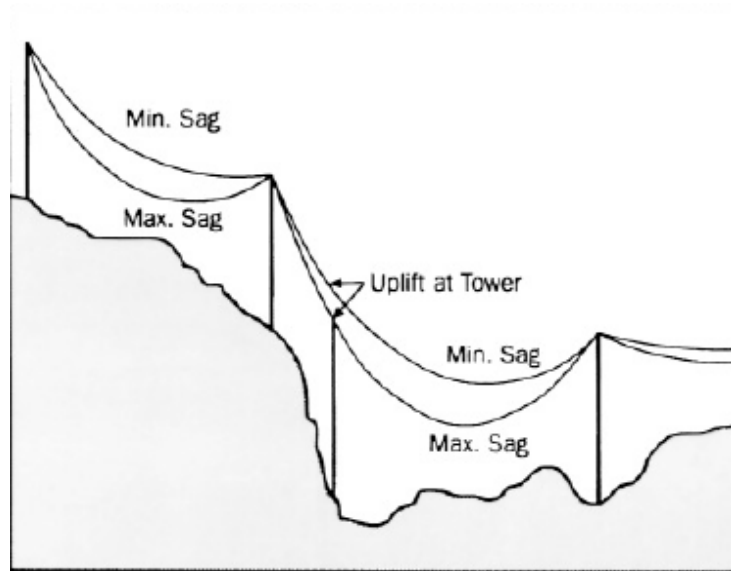
شکل 4 طرز عمل به این روش را نشان می دهد.

اما در مناطق کوهستانی ممکن است اختلاف ارتفاع نقاط اتصال هادی خیلی زیاد می باشد و چون منحنی گرم دارای فلش بیشتری است در رژیم تابستان اشکالی پیش نمی آید اما در زمستان چون فلش کاهش می یابد و حتی ممکن است ایزولاتورهای آویزی به طرف بالا متمایل گشته و موجب اتصال شوند و یا در برج نیرویی در جهت بالا به برج و فونداسیون وارد گردد. پس لازم است ضمن تعیین محل برج، منحنی تعادل و فلش در نقاط مشکوک توسط منحنی سرد کنترل شود.

Uplift: {2و1}

هر دکل تحت تاثیر نیروهای وزنی می باشد که از طرف سیم های وصل شده به دکل بر آن وارد می شود در صورتی که دکل ها در یک ارتفاع باشند نصف نیروی وزن از هر اسپن مجاور بر دکل وارد می شود و همواره نیروی وارد بر آن به طرف پایین می باشد ولی در حالتی که دکل ها در یک ارتفاع نباشند هر چه نقطه مینیمم سیم به یک دکل نزدیک می شود به دکل دیگری نیروی وزن بیشتری وارد می شود و نیروی وزن سیم موجود در اسپن به طور مساوی تقسیم نمی شود برای محاسبه نیروی وارد بر دکل نیروهای وارد از طرف دو اسپن را با هم جمع کرده و در صورتی که مجموع نیروها به سمت پایین باشد پایه غیر اِپلیفت و در حالتی که مجموع نیروها به سمت بالا باشد پایه اِپلیفت می باشد.





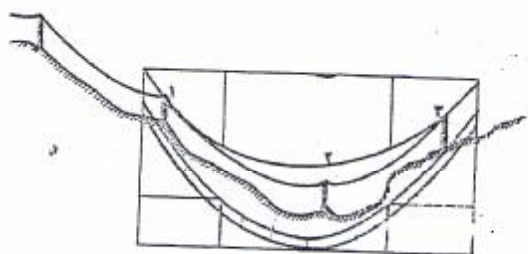
شکل 5

بنابراین سه حالت ممکن است:

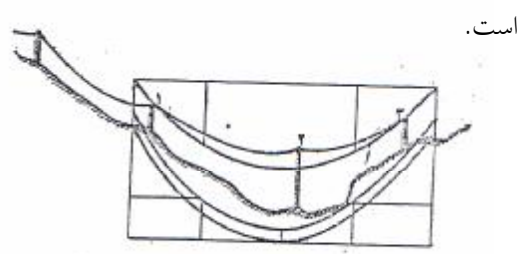
- 1- نیروی قائم سیم به طرف پایین باشد در این صورت نقطه \min بین دو پایه است و بار قائم روی پایه پایین است. در این حالت گویند پایه غیر آپلیفت است.
- 2- اگر نقطه \min درست روی لبه پایین بوده و بار قائم روی لبه پایینی صفر باشد در این حالت این پایه در مرز آپلیفت قرار دارد.
- 3- نقطه \min خارج از فاصله دو پایه قرار گیرد و بار قائم بطرف بالا اثر کند. در این حالت پایه در آپلیفت قرار دارد.

7,6 نمایش داده شده

اما نحوه کنترل به کمک منحنی سرد بدین گونه است که در شکل



شکل (6): کنترل با منحنی سرد، با نیروی آپلیفت



شکل (7): کنترل با منحنی سرد، بدون نیروی آپلیفت

منحنی سرد را بین دو پایه قرار می دهیم، اگر منحنی فوق بالاتر از نقطه نگهدارنده سیم در پایه 2 باشد نشان دهنده آن است که در شرایط هوایی سرد نیرویی بالابرنده برای پایه 2 وجود دارد و در صورتیکه منحنی فوق پایین تر از نقطه مذکور باشد، در شرایط هوایی سرد، نیروی بالابرنده وجود نخواهد داشت.

احداث خطوط انتقال:

روش احداث:

بعد از انجام عملیات مهندسی و تهیه نقشه های لازم برای مسیر خط، محل احداث برج، جداول فلش تنظیم هادی و... احداث خطوط طبق مراحل زیر صورت میگیرد:

1. پیاده نمودن مسیر و تعیین محل دقیق برج ها با استفاده از پروفیل مسیر خط

2. آماده نمودن فونداسیون ها

3. نصب برج ها بر روی فونداسیون ها

4. نصب زنجیرهای مقرر و قرقره های هدایت هادی در انتهای آنها

5. نصب طناب بر روی قرقره ها، اتصال آنها به هادی و کشش طناب توسط دستگاه winch

6. تنظیم فلش مناسب هادی بر روی برج و اتصال هادی به مقرر ها و نصب jumper ها

توضیح مراحل احداث:

در برج های اتکایی نوع اسکلت فلزی تعداد 4 فونداسیون جداگانه برای 4 پایه آماده میشود.
به منظور اتصال برج ها به فونداسیون در هر یک از فونداسیون ها یک نبشی که به نبشی stub معروفند قرار داده میشود.

برای سهولت نصب برج ها، گوشواره و قسمت های دیگر برج جداگانه بر روی برج سوار میشوند.
برای نصب پایه ها و مونتاز بدنه ی برج از جرثقیل های موقت بنام BOOM استفاده میشود که بر روی بدنه ی برج جداگانه نصب شده است.

1. دستگاه کشش یا winch:

موتوری برای کشیدن هادی ها است.

طناب pilot line به این دستگاه بسته میشود و توسط این طناب سیم هادی کشیده میشود.

2. قرقره یا pully:

این قرقره بر روی مقره ها قرار میگیرد و سیم های هادی و pilot line از داخل این قرقره رد میشوند.

3. قرقره هادی ها:

سیم های هادی بر روی این قرقره ها پیچیده میشوند.

4. لوازم اتصال هادی ها:

- گیره ها یا grips :

هر گاه در طول عملیات نیاز به کشش سیم باشد این گیره به انتهای سیم وصل میشود و توسط قلاب مخصوص کشیده میشود

- مفصل ها یا swivels :

از این مفصل ها در محل اتصال 2 هادی بهم یا اتصال هادی به pilot line استفاده میشود.

مراحل نصب:

- پس از نصب برج ها، زنجیرهای مقرر در برج های تانزانانت نصب میشوند، همراه با نصب زنجیرمقره ها در انتهای آنها قرقره یا pully نصب میشود.

- بعد از این کار طناب pilot line از شیار قرقره ها عبور داده شده واز یک انتها به دستگاه winch واز انتهای دیگر به هادی پیچیده شده روی قرقره متصل میگردد.

- دستگاه winch با نیروی کافی طناب را کشیده و طناب کلیه قرقره ها را طی میکند و همراه خود هادی ها را بر روی قرقره ها قرار میدهد.

- پس از رسیدن هادی به برج انتهایی و دستگاه کشش، دستگاه winch متوقف شده و هادی از طناب جدا شده و بطور موقت به پایه ی انتهایی وصل میشود.

- سپس هادی ها را از pully باز کرده و بعد از تنظیم فلش دلخواه به انتهای گیره ی زنجیرمقره وصل میکنیم.

- دستگاه tension meter:

دستگاهی است که در مجاورت دستگاه winch نصب میشود که کشش طناب pilot را اندازه میگیرد.

- دستگاه ترمز:

دستگاهی است که در مجاورت قرقره هادی ها نصب میشود تا با فرمان **tension motor** از بازشدن هادی ها جلوگیری کند.



منابع:

1- خطوط انتقال انرژی – دکتر رنجبر-انتشارات وزارت نیرو

2-

Karady, George G. “Transmission System”
The Electric Power Engineering Handbook

3-طراحی خطوط انتقال انرژی-مهندس شاهرخشاهی

4-راهنمای تجهیزات شرکت MORPAC

5-کتاب طراحی خطوط انتقال انرژی محسن پور رفیع عربانی