

複導体送電線の電気力による Sticking 現象 (III)

武 藤 三 郎

THE STICKING PHENOMENA OF DOUBLE CONDUCTOR-TRANSMISSION LINES BY ELECTRICAL FORCES (III)

SABURO MUTO

Abstracts.

One of the important problems arising from the use of double conductor-transmission line is the closing up of conductor under the effect of short circuits.

Report III, made some theoretical treatments about the vertical layout of double conductor.

1. 緒 言

複導体送電方式として最も関心の払われて来たのは一相の導体数 2 本を水平に配列した 2 導体方式であつた。しかしこの方式は必ずしも最適のものでなく特に短絡電流等の電気力又は風圧等による “Sticking” 現象を避けるためには 2 導体を垂直同一面内に上下に配置した垂直配列 2 導体方式の採用が考えられるのである。フランスの F. Cahen 等はこの見地より水平並びに垂直両配置の優劣を比較研究している。しかしその計算方法等の詳細は報告されていない。筆者は先に水平配置複導体方式の Sticking 現象に関して理論的取扱いをなしたが更に垂直配置の場合にはこれに所謂スリット、ジャップの理論を導入する計算方法を行つてみた。以下これ等の点につき述べる。

2. Sticking 現象に関する F. Cahen の研究

F. Cahen は複導体送電方式に関する報告の中で水平並びに垂直両配置の 2 導体方式に於ける比較を Sticking の面より行つている。Sticking 現象を誘起する原因は短絡等の故障電流による電磁力の外風圧、氷雪等も又重要である。第 1 表は F. Cahen により Sticking 及び unsticking の状態を垂直、水平両者につき比較した結果である。彼の結論は第 2 表に示す如くであつて Sticking を避ける為の spacer の数は垂直配置の方がはるかに少くて殆ど其の必要を認めない。

尙第 2 表の結果は風圧に依る Sticking に就いてもあてはまるものである。

第 1 表 水平、垂直配置の Sticking 電流比較

配 置	径 間 feet	同相線間 距 離 inches	Sticking する電流値 (Ampere)				unsticking の電流値 (Ampere)			
			計 算 値		測 定 値		計 算 値		測 定 値	
			第 1 方法	第 2 方法	最 小	最 大	第 1 方法	第 2 方法	最 小	最 大
水 平	1640	16	746	812	920	970	540	644	620	640
		24	1118	1216	1140	1280	738	882	730	770
	820	16	1492	1624	1420	1630	1680	1288	1140	1260
		24	2236	2432	1900		1476	1764	1300	
垂 直	1640	16	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大
			1520	1820	1650	1730	1100	1320	1180	1250
			1900	2270	2150	2240	1305	1560	1420	

第2表 Sticking をさける為の Spacer の最小値

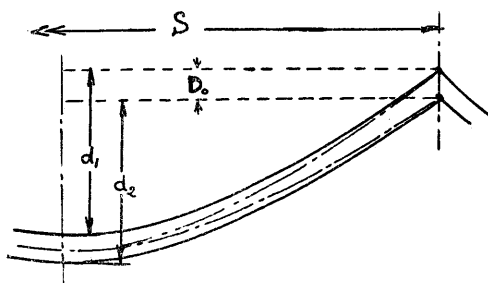
導体のスペーシング inch	複 導 体 配 列	
	水 平	垂 直
12	2 個	1 個
16	2 "	0 "
20	1 "	0 "
24	1 "	0 "

3. Thomas chart による方法

送電線の弛度計算について良く知られている Thomas-chart は P.H. Thomas 氏により考案された一種の図式解法であつてその大要を説明すると 径間長 1m, 電線に加わる荷重 1kg/m のとき水平張力 T_x の種々の値に対する弛度 d_x , 電線実長 L_x , 最大張力 F_x , は次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} d_x &= T_x \left(\cosh \frac{1}{2T_x} - 1 \right) \\ L_x &= 2T_x \sinh \frac{1}{2T_x} \\ F_x &= T_x + d_x \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

(1)式より d_x , L_x , に対する F_x の曲線を求めておきこれに依り任意の径間, 水平張力に於ける弛度を算定するのがこの Thomas chart の方法である。今垂直2導体が第1図に示す如き位置で Sticking する場合 Thomas-chart によつてその条件を求めてみる。尚 No-1 (上側) 導体と No-2 (下側) 導体は無負荷, 無荷垂に於いては唯位置が上下に D_0 だけずれている以外は全く区別し得ない様な理想的に同一条件で張られているものとする。この場合の両線の張力, 水平張力, 線間距離, 及び実長をそれぞれ, T_0 , H_0 , D_0 , 及び L_0 とする。しかる時は第2図 Thomas-chart 上に於いて L_s , D_s , なる曲線は上述の如くして予め求められてあるとすれば全く応用が無い時の実長を L_{00} とすれば \overline{OA} , \overline{OD} に関して次式が成立する。



第1図 垂直配置複導体

$$\left. \begin{aligned} \overline{OA} &= \frac{H_0}{W_0 S} \\ L &= L \left(1 + \frac{H_0}{AE} \right) \\ \frac{L_{00}}{S} &= \overline{OD} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

従つて D 点が定まる。両線が Sticking する条件としては導体 No-1 に単位長当たり ξ なる荷重がかかり又導体 No-2 の重量が単位長当たり ξ だけ急に減少したとき両線の弛度差が丁度 D_0 に等しくなるとしてこの様な ξ を求め得れば逆に Sticking する電流の大きさが算定出来る。従つて第2図に於いて

$$\left. \begin{aligned} \overline{DE_1} &= \frac{W_0 + \xi}{W_0} \cdot \overline{DB'} \\ \overline{DE_2} &= \frac{W_0 - \xi}{W_0} \cdot \overline{DB'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

を満足する様に E_1, E_2 両点を求めたとすれば No-1 導体は $C'K_1'$ だけ弛度を増加し No-2 は $C'K_2'$ だけ弛度を減少した事を意味する。従つて,

$$\overline{K_1'K_2'} = D \dots\dots\dots (4)$$

(4)を満足する様にカットアンドトライアルの方法で $\overline{K_1'K_2'}$ が選び得るならばその場合は Sticking の条件を満足する事になるからこの場合の ξ より Sticking を誘起する臨界荷重電流値を求め得る。

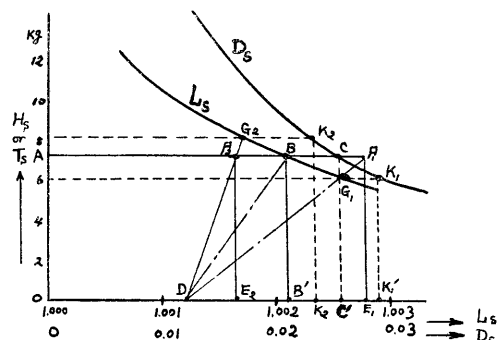
4. 拋物線近似による計算法

第1図に於いて両線無負荷, 無荷重の場合の両線の弛度は相等しく d_0 であるとする。又正に Sticking せんとする場合の導体 No-1 の弛度を d_1 , No-2 のそれを d_2 , とすると次式が成立する。

$$d_1 - d_2 = D \dots\dots\dots (6)$$

$$d_1 = \frac{(W_0 + \xi)S^2}{8T_1} \dots\dots\dots (7)$$

$$d_2 = \frac{(W_0 - \xi)S^2}{8T_2} \dots\dots\dots (8)$$



第2図 Thomas-chart により Sticking 表示

今 No-1, 又 No-2, 各導体が Sticking している状態に於いて各々の電線実長を L_1, L_2 , とすれば次式が成立する。

$$L_1 = S \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{d_1}{S} \right)^2 \right\} = L_0 - \left(\frac{T_0 - T_1}{E \cdot A} \right) \dots (9)$$

$$L_2 = S \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{d_2}{S} \right)^2 \right\} = L_0 - \left(\frac{T_0 - T_2}{E \cdot A} \right) \dots (10)$$

(9) (10) 両式に次の (11) (12) 式の関係代入すれば (13) (14) 両式を得る。

$$T_1 = \frac{(W_0 + \xi)}{8d_1} \cdot S^2 \dots (11)$$

$$T_2 = \frac{(W_0 + \xi)}{8(d_1 - D)} \cdot S^2 \dots (12)$$

$$S \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{d_1}{S} \right)^2 \right\} = L_0 - \frac{T_0}{EA} + \frac{S}{EA} \frac{(W_0 + \xi)}{8d_1} S^2 \dots (13)$$

$$S \left\{ 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{d_1 - D}{S} \right)^2 \right\} = L_0 - \frac{T_0}{EA} + \frac{S}{EA} \frac{(W_0 + \xi)}{8(d_1 - D)} S^2 \dots (14)$$

今ここで

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{S} \left\{ L_0 - \frac{T_0}{EA} \right\} &= \alpha \\ \frac{S^2}{8EA} &= \beta \end{aligned} \right\} \dots (15)$$

とおけば (12) (1) 両式より

$$W_0 + \xi = d_1 \left[\left\{ 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{d_1}{S} \right)^2 \right\} - \alpha \right] / \beta \dots (16)$$

$$W_0 - \xi = (d_1 - D) \left[\left\{ 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{d_1 - D}{S} \right)^2 \right\} - \alpha \right] / \beta \dots (17)$$

両式より ξ を消去すれば d_1 に関して次の 3 次方程式を得る。

$$ad_1^3 + bd_1^2 + cd_1 + f = 0 \dots (18)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{16}{3S^2} \\ b &= \frac{8}{S^2} D \\ c &= \frac{8D^2}{S^2} - 2\alpha + 2 \\ f &= \frac{8D^3}{3S^2} + \alpha D - D \end{aligned} \right\} \dots (19)$$

(18) 式を解き d_1 を求め (16) 又は (17) 式より ξ を求めれば先に述べた Thomas-chart と同様にして Sticking を誘起する負荷電流を計算し得るのである。しかし実際には上の計算が非常に手数がかりすぎるので大略の値を知る為には上側並びに下側が $D_0/2$ だけ各々弛度を増減した状態で Sticking するとして取扱つてみると次の様にして ξ は簡単に求められる。即ち弛度設計式より次式を得る。

$$\left(\frac{T_1}{A} \right)^2 \left(\frac{T_1}{A} - K \right) = M_1 = \frac{(W_0 + \xi)^2 E}{24A^2} \cdot S^2 \dots (20)$$

$$d_1 = d_0 + \frac{D_0}{2} = \frac{(W_0 + \xi) S^2}{8T_1} \dots (21)$$

上式より T_1 を消去して直ちに ξ を求められる。

$$\xi = \left\{ \frac{8E(d_0 + \frac{D_0}{2})^2}{3S^2} + K \right\} \left\{ \frac{8A(d_0 + \frac{D_0}{2})}{S^2} \right\} - W_0 \dots (22)$$

ここに

$$K = \frac{T_0}{A} - \frac{W_0^2 E S^2}{24T_0^3} \dots (23)$$

(22) 式より ξ を計算する事が出来るが (18) 式に比較すればやや不正確の結果しか望み得ない。

5. 結 言

複導体送電方式として垂直配置と水平配置との Sticking 現象に関する F. Cahen の研究並びに筆者に依る Sticking 臨界電流を算出する 2 方法を述べたが垂直配列方式については未だ研究報告が少く未解決の問題が多い。我国の如く積雪の多い地点に於いては複導体方式の垂直、水平何れが適当しているかは更にスリットジャンプ等の諸点より検討を要する問題である。

文 献

- (1) 武藤 電学誌 74 686 (昭29)
- (2) F. cahen A. I. E. E. Trans. 67 1118 (1948)
- (3) 例えば 庄田 OHM. 39. 615 (昭27.7)
- (4) 竹下 架空送電線の弛度 (電力社) p. 43