U.D.C. 621.315.213: 621.315.242: 621.3.013.72

セルフサポーティングケーブルにおける吊線の静電遮蔽作用

The Electrostatic Shielding Effect of a Support Wire of the Self-Supporting Communication Cable, against the Electrostatic Induction from High Voltage Distribution Lines.

八 田 達*

内 容 梗 概

セルフサポーティングケーブルとは、ヒョウタン型通信ケーブルまたは R.D. ケーブル (Rural Distribution Wire) のように、吊線と伝送系とを一体化した構造をもつケーブルの総称であるが、この形 式のケーブルの特長の一つとして高圧線より受ける誘導障碍 に 対して極めて安定 なことが 知られてい る。すなわち、このケーブルを配電線添架電話線として使用する場合、吊線を接地することによつて伝 送系の対地アドミタンスを大きく取ることができ、これによつて誘導電圧は著るしく軽減することがで きる。このとき吊線は単にケーブルの支持体として作用しているばかりでなく、静電遮蔽体としての機 能をも果しているのである。本稿では吊線の静電遮蔽効果に関して定量的な取扱いを試み、このケーブ ルの設計の基礎を与えた。この遮蔽効果はケーブルの構造ばかりでなく、架線の状態によつても変化す ることがわかつた。また、普通の構造のセルフサポーティングケーブルでも、吊線を接地することによ つて伝送系にかかる電圧を 5~10% 程度に軽減することができ、実用上危険のない状態が得られること が確かめられた。

〔I〕緒 言

架空裸線を用いた通信方式が次第に廃止されケーブル 化されてゆく傾向に伴つて, 各種のセルフサポーティン グケーブル (Self-Supporting Cable, メッセンジャー ワイヤ付通信ケーブルとも呼ばれている)が考案され実 用化されている。たとえば日立製作所で開発されたヒヨ ウタン型通信ケーブル^{(1).(2)},米国の Bell System で考 案され本邦でも注目を集めている R.D. ケーブル⁽³⁾ (Rural Distribution Wire) 等はその代表的な例であつ て、いずれも抗張力の高い鋼線(吊線, Support Wire) に伝送系を固定し,両者を一体化した構造になつている。 このようにすると架線の工事は簡単となり機械的原因に よる事故は著るしく減少して工事費保守費等が節約され る利点があり⁽⁴⁾,ハンガー(Hanger)を用いてケーブル を吊線 (Support Wire, または Messenger Wire) に 吊り下げる従来の方式に代つて次第にひろく普及しつつ ある。

高圧線からの誘導障碍は電磁誘導及び静電誘導に大別 され、配電線添架の場合特に問題となるのは静電誘導で あることは今更いうまでもないが, 添架電話線大地間お よび電話線間には相当の静電誘導電圧が発生して感電の 危険雑音電圧の発生等の原因となつている。この障害は ケーブルを静電的に遮蔽することによつて容易に排除す ることができるが,一方ケーブルが高価となり,特に小 対ケーブルの場合は 減衰が 甚だしく増大することがあ る。しかし, 伝送系の対地アドミタンスを適当に増大さ せてやればこれにかかる静電誘導電圧は事実上問題にな らない程度に軽減することができるはずで、これは伝送 系と吊線とが極めて接近しているセルフサポーティング ケーブルを用いその吊線を接地してやることによつて極 めて簡単に実現することができる。この際吊線は単にケ ーブルの支持体 (Tension Member) として作用するば かりでなく外界よりの静電誘導を遮蔽する機能をも果し ているのであつて,この事実は日立製作所協力のもとに 行われた東京電力株式会社の現地試験によつて確認され ている。 吊線の遮蔽作用は伝送系と吊線との間隔を小さくする 程効果的となることは定性的にも容易に予想されるとこ ろではあるが、その他の実用特性とも絡み合わせてこの ケーブルの設計を合理的かつ経済的に行うためには、こ の現象を定量的に把握することが必要である。吊線の遮 蔽作用は単に静電誘導ばかりでなく電磁誘導に対しても ある程度の効果を示すことが知られているが,本稿で は取り敢えず静電誘導の場合に 議論を限定し,以下順 を追つてこの問題を 定量的に 解析して行くことにした 10

現在最も頻繁に用いられているケーブルは,上記のヒ ヨウタン型ケーブルや R.D.ケーブルのように,伝送系 を無遮蔽のまま吊線に沿わせる形式のものが多いが,こ のケーブルのもつ重要な特長の一つとして高圧線から受 ける誘導障碍に対して極めて安定なことを挙げなければ ならない。すなわち,電力会社で使用されている電話線 路では,高圧線に電話線を添架して使用する場合が多く, 高圧線から受ける誘導障碍は何時も厄介な問題となつて いるが,特に最近は配電々圧の上昇に伴つてこの問題は 大きく取り挙げられ,その対策が急がれている。

* 日立製作所日立電線工場

----- 79 -----

〔II〕 基礎方程式の誘導

問題を一般化してN箇の高圧導体系が大地に平行して 架設されていると考える。(第1図)いま導体1,2,3,.. ..Nの電位および単位長当りの電荷をそれぞれ V_1 , V_2 , V_3 ,..., V_N ; Q_1 , Q_2 , Q_3 ,..., Q_N とすれば,静電気学 の基本法則より次の1次的関係が誘導される。

 $p_{11} Q_1 + p_{12} Q_2 + \ldots + p_{1N} Q_N = V_1$

 $p_{21} Q_1 + p_{22} Q_2 + \ldots + p_{2N} Q_N = V_2$

·····(1)

 $p_{N_1} Q_1 + p_{N_2} Q_2 + \ldots + p_{NN} Q_N = V_N$

単位: MKS 合理化単位系

これをマトリクスの型で表示すれば

[*p*][*Q*]=[*V*](2) となる。ここで[*Q*] および[*V*] は列マトリクスで

$$\begin{bmatrix} Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_N \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_N \end{bmatrix} \dots \dots (3)$$

また〔**p**〕は対称な正方マトリクスで

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1N} \end{bmatrix}$$





第1図 大地に平行して架設された高 圧配電線 Fig. 1. High Voltage Distribution Lines Installed in Parallel with the Ground





であらわされ,マトリクス要素の間には

pmn=pnm(5)
 の関係がある。いま [*p*]の逆マトリクスを [*q*] とす
 れば,(4)の関係より

[Q]=[q][V](6) [q] もまた [p] と同様対称マトリクスで

	$\neg q_{11}$	$q_{12} \ldots q_{1N}$	
	q_{21}	q_{22} q_{2N}	
[q] =		***************	(7)
	• • • •	• • • • • • • • • • • • • • • •	
	q_{N1}	$q_{N_2} \ldots q_{NN_{-}}$	

と記される。

したがつて逆マトリクス [q] が求められれば,(6) の関係より任意の電圧 [V] に対して各導体上の電荷分 布 [Q] が誘導され,これより高圧導体系近傍の静電誘 導電圧が以下述べるようにして計算できる。

〔III〕 マトリクス要素の計算

実際の場合,第1図の導体径は各導体の相互間隔に比べて極めて小さい場合が多く,したがつて各導体上の電荷を線電荷とみなす近似が十分に許容され, 取扱いは著

第2図 大地に平行した線電荷とその影像 Fig. 2. Line Charges in Parallel with a Conducting Plane and Their Electrostatical Images

るしく簡略化される。第2図に示すように, nの位置に 単位長当り Qn の線電荷が大地に平行した場合, 任意の 点Pにおけるポテンシャルの値は影像法を用いて次のよ うに計算される。

$$\phi_n = \frac{Q_n}{2\pi\varepsilon_0} \log \frac{D}{d} \quad (\varepsilon_0 \equiv 8.86 p \,\mathrm{F/m}) \dots (8)$$

この関係を用いれば [**p**] のマトリクス要素は容易に 計算され

— 80 ——

セルフサポーテイングケーブルにおける吊線の静電遮蔽作用

 $p_{mn} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \log \frac{D_{mn}}{d_{mn}} \quad (非対角線要素) \dots (10)$ で与えられる。ここで pn は導体 n の半径, hn はこの導 体の地上よりの高さとする。第2図を見れば、(10)は (5)の関係を満していることが明らかである。

つぎの問題は [p] の逆マトリクス [q] を求めるこ とである。この演算は原理的には何の困難もなく, 機械 的な計算に過ぎないが,実用的に見易い型を誘導するの は案外に難かしい。これには行列式を用いて解くのが最 も正統的な方法とされているが、マトリクスの次数が増 加するにつれてその手数が急速に厄介となる。この困難 を回避するために、本稿では [p] の対角線要素が非対 角線要素に比べて比較的大きな事実に着目して遂次近似 を行う(5)。すなわち各導体間の相互作用を無視して0近 似の解を求め,遂次にこれを顧慮しながら補正を行つて ゆく方法である。逆マトリクスの定義から明らかな通 り,この演算における基本的関係は

$$\sum_{\nu=1}^{N} q_{m\nu} p_{\nu n} = \delta_{mn}$$

である。ここで δ_{mn} は Kronecker の記号で

$$\delta_{mn} = 0 \quad (m \neq n)$$
$$= 1 \quad (m = n)$$

を意味している。





(11), (12) に加算される µ 次の補正項は

$$q_{mn}^{(\mu)} = -q_{mm}^{(\mu)} \frac{p_{mn}}{p_{nn}} - \frac{1}{p_{nn}} \sum_{\nu \neq m, n} q_{m\nu}^{(\mu-1)} p_{\nu n} \dots \dots (14)$$

$$(\mu = 1, 2, 3, \dots, \dots)$$

(13), (14) $\mathcal{C} \sum_{\nu \neq m} f' \lambda \mathcal{L} \mathcal{C} \sum_{\nu \neq m, n} f' \lambda \mathcal{L} \mathcal{L} \mathcal{L} \mathcal{L} = m \lambda$ よび v=m,nの項は除外することを意味している。正確 な pmm および pmn の値は

$$q_{mm} = \sum_{\mu=0}^{\infty} q_{mm}^{(\mu)}$$
$$q_{mn} = \sum_{\mu=0}^{\infty} q_{mn}^{(\mu)}$$

で与えられる。[q]は[III]で述べたように対称マト リクスであるが,上述の方法による低位の近似計算にお いては必ずしも対称とはならない。この方法によつて pmm および pmn を第1近似まで求めてみると,

この遂次近似操作の収斂はあまり迅速とはいえず,最 低第1近似までは取つた方がよい。さらに高位の近似を 希望する場合は、(15)、(16)のような解析的表示を希 望するのは適当ではなく寧ろ直接数値計算を行う方がよ い。またN=3位の場合は遂次近似を行うまでもなく, 行列式を用いる方が得策である。

裸電話線にかかる静電誘導電圧 [IV]

第3図の A, B は高圧線に添架された裸電話線であ る。A,Bとも浮かせてあり、しかも交叉が行われていな いものとすれば、その上には線電荷は現われず双極電荷 しか発生しない。したがつて, 導体径が導体相互の間隔 に比べて十分に小さい事実に着目すれば裸線の高圧線に およぼす反作用は無視することができ,導体 A, Bの電位 はこれらを取り除いたときのその位置における空間の電 位に等しいと考えて差支えない。これら導体の電位をそ れぞれ V_A および V_B とすれば, (6)の関係を利用して

---- 81 -----







- 第4図 ヒヨウタン型ケーブルの断 面図
- Fig. 4. Cross Section of Gourdshaped Cable
- 第5図 R.D. ケーブルの断面図 Fig. 5. Cross Section View of the Rural Distribution Wire

第6図 誘電物質で取巻かれた円 筒導体

Fig. 6. A Cylindrical Conductor Surrounded by Dielectric Material

で与えられる。*p*_{Am} は(10)と同様

で定義され, dAm, DAm はそれぞれ導体 A から Mまで

着目し、この電荷による導体 S の電位を Vss とすれば $V_{ss} = p_{ss}Q_s \ldots (21)$

$$p_{SS} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \left(\log \frac{2h_S}{\rho_S} - \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \log \frac{-\rho\varepsilon}{\rho_S} \right) (22)$$

の関係が成立する。これは[III]の(9)に相当するも のであるが, 導体外周の誘電体の影響を受けて多少修正 された型を取つている。

つぎに Qs による空間内の電位を計算するには第2図

の距離および A から m の鏡像までの距離を意味してい る。 pBm に関してもまた同様である。 導体 A, B 間に 誘起される電圧は

で与えられ,通話の際の雑音電圧の原因となるものであ る。

吊線の静電遮蔽作用 $[\mathbf{V}]$

緒言でも触れておいたように, セルフサポーテイング ケーブルは吊線の外周にプラスチック絶縁の伝送系が固 定された構造になつており, このプラスチックの誘電率 は静電誘導の 遮蔽効果にかなり大きな 意味 をもつてい る。たとえば第4図および第5図はヒョウタン型ケーブ ルおよび R.D. ケーブルの断面図を示しているが,いま 簡単のためこの構造を第6図に示すように同心円筒状に 誘電物質で包囲された導体におきかえてみる。 ps は吊 線の半径, ε はこの誘電体 (プラスチック)の実効誘電 率, p: はその半径であるが, あとの2つは等価的に仮定 するほかない。このような模型は R.D.ケーブルの場合 はきわめて合理的な模型となるが, ヒョウタン型ケーブ ルの場合は未だ検討の余地がある。いま第6図に示す構 造の導体を大地に平行して架設し、これに番号Sを与え (第3図),この導体の電位,電荷および地上高にそれぞ れ V_s , Q_s および h_s の記号を与える。いま電荷 Q_s に

のnをSにおきかえて考えればよく、この電荷による高 圧導体mの中心位置の電位は

$$p_{mS} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \log \frac{D_{mS}}{d_{mS}} = p_{Sm} \quad \dots \dots \quad (24)$$

となり、[III]の(10)の型をそのまま修正せずに応用 できることがわかる。

さて吊線上の電荷を0としてこれを大地から浮かせた 場合,この導体にかかる静電誘導電圧を特に Vs(0)とす れば、Vs⁽⁰⁾の値は(17)、(18)と同様に

より計算される。ついで吊線を接地すればこの電位は0 となるが吊線の上には線電荷が現われる。いま簡単のた め高圧線側の電荷分布がこれによつて影響されないもの とすれば、このときのS上の電荷は0近似としてつぎの ように与えられる。

実際には Q₅(0)の影響を受けて高圧線側には新らたに 電荷が現われる。Qs⁽⁰⁾による電位は高圧導体nの中心 位置において

 $V_{ns}(0) = p_{ns}Q_s(0)$ (27) これを打消すために高圧導体mにあらわれる電荷は



セルフサポーテイングケーブルにおける吊線の静電遮蔽作用

高圧導体系の反作用界は吊線の中心位置において

$$V_{s}(1) = \sum_{m=1}^{N} p_{sm} Q_{m}(1)$$

= $-\sum_{m=1}^{N} \sum_{n=1}^{N} p_{sm} q_{mn} p_{ns} \cdot Q_{s}(0) \dots (29)$
これを打消すために吊線上に再び現われる電荷は,
 $Q_{s}(1) = \frac{1}{p_{ss}} \sum_{m=1}^{N} \sum_{n=1}^{N} p_{sm} q_{mn} p_{ns} \cdot Q_{s}(0) \dots (30)$

となる。以上の操作を繰り返えしてゆけば Qs は最終的に

であたえられる。(31)の級数は2項定理の応用によつ て閉じた型に書き直したものである。

いま導体Sの中心より ρ だけ離れた位置にこれと平行 して伝送系の心線が走つていると考える。心線は浮かせ



第7図 2 φ 3 W 式 配 電 線 と 通 信 線 路 (単位:m)

Fig. 7. 2ϕ 3W Distribution Lines and

てあつてその径は十分に小さいものと考えれば,この心線の電位はこれを取り除いたときのその位置における空間の電位に等しいと考えて大過ない。実際は心線は螺旋状によられており、したがつて心線と吊線との間隔は厳密な意味で一定ではないが、一先ずこの事実は無視して考える。 *p* が各導体の相互間隔に較べて十分に小さい事実に着目すれば、この心線にかかる電圧 *Va* は

と考えてよい。(32) に(31)の関係を代入すれば

1

$$V_{d} = \frac{\log \frac{-\rho}{\rho_{S}}}{\varepsilon \left(\log \frac{2h_{S}}{\rho_{S}} - \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \log \frac{-\rho_{\varepsilon}}{\rho_{S}}\right)} \times \frac{1}{1 - \frac{1}{\rho_{SS}} \sum_{m=1}^{N} \sum_{n=1}^{N} \frac{p_{Sm}q_{mn}p_{nS}}{p_{Sm}q_{mn}p_{nS}}}$$
(33)

が得られる。いま吊線の静電遮蔽係数 ηs を、ケーブル の心線にかかる電圧 V_a と同一位置に架設された裸線に かかる電圧 $V_s(0)$ の比で定めることにすれば,



Telephone Lines. (Length in Meters)

となる。遮蔽係数は使用上設計上に最も重視されるもの であるが、(34)から明らかな通り、ケーブルの構造ば かりでなく架線の状態によつても影響されることがわか る。(34)の表示でケーブル構造によつて敏感に変化す るのはその第1因子で、p/psに関してほぼ対数的に変化 し€にはほぼ反比例していることが注目される。精度に 対する要求を緩和すれば(34)の第1因子だけに注目して

$$\eta_{S} \approx \frac{\log \frac{-\rho}{\rho_{S}}}{\varepsilon \left(\log \frac{2h_{S}}{\rho_{S}} - \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \log \frac{-\rho_{\varepsilon}}{\rho_{S}}\right)} \dots (35)$$

と近似しても大略の数値を知ることができ,これは吊線の高圧線に対する反作用を無視したことに対応している。(35)の近似の妥当性に関しては次節でも言及するが, h_s が h_1 , h_2 ,..., h_N に比べて小さい程良い近似となる。

〔VI〕 2相3線式配電線の誘導障碍とその対策

配電線添架の裸電話線の静電誘導障碍として,現在各所で問題となつているのは2相3線(2ø3W)式の6kV 配電線の場合である。この配線方式は第7図に例を示す ように中心に中性線を張り,この左右に3相式のうちの 2相の線を架設したものであるが,この配置から見ても

— 83 —

838 昭和31年6月

日 立 評 論

第38卷第6号

明らかな通り本質的な不平衡系であつて外部におよぼす 誘導障害もそれだけに甚しいことは容易に予想すること ができる。これに関する対策として,東京電力株式会社 から,ヒョウタン型通信ケーブルを用いてこの障害を回 避することが早くから提案され,日立製作所協力のもと にこの問題に関する大がかりな現地試験が行われた。こ れに関する詳細は追つて東京電力株式会社より発表され るはずであるが,本節ではその際の試験結果の一部を実 測値として引用させて頂くこととしたい。

さてこの場合,各高圧導体の地上高,半径等はいずれ も相等しく,それぞれ等間隔に配置されており,その数 も少ない (N=3)ので数値計算の手数は著るしく軽減 される。いま

 $h_1 = h_2 = h_3 \equiv h_D$

 $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 \equiv \rho_D$

の記号を定め,

 $d_{12}=d_{23}$, $D_{12}=D_{23}$ の事実に着目すれば、この系のマトリクス [p] は

$$\begin{bmatrix} p \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} \log_{10} \frac{2h_D}{\rho_D} & \log_{10} \frac{D_{12}}{d_{12}} & \log_{10} \frac{D_{13}}{d_{13}} \end{bmatrix}$$
$$\log_{10} \frac{D_{12}}{d_{12}} & \log_{10} \frac{2h_D}{\rho_D} & \log_{10} \frac{D_{12}}{d_{12}} \\ \log_{10} \frac{D_{13}}{d_{12}} & \log_{10} \frac{D_{12}}{\rho_D} & \log_{10} \frac{2h_D}{d_{12}} \end{bmatrix}$$



第8図 吊線の静電遮蔽係数とhsとの関係 Fig. 8. Numerical Values of the Electrostatical Shielding Coefficient of the Support Wire as Functions of h_s .

	-3.716	1.2851	0.9859
$[\not p] = K$	1.2851	3.716	1.2851
	_0.9859	1.2851	3.716
	- 0.3143	-0.0907	-0.0520^{-1}



 $K = 4.139 \times 10^7 (V \text{ km/Coul})$ であたえられる。このとき (36)の逆マトリクス [q] は容易に計算されてつぎのようになる。

$$\begin{bmatrix} q \end{bmatrix} = \frac{1}{K} \begin{bmatrix} \Delta_{11}/\Delta & \Delta_{12}/\Delta & \Delta_{13}/\Delta \\ \Delta_{21}/\Delta & \Delta_{22}/\Delta & \Delta_{23}/\Delta \\ \Delta_{31}/\Delta & \Delta_{32}/\Delta & \Delta_{33}/\Delta \end{bmatrix} \dots (37)$$

ここで

$$\begin{split} & \Delta \equiv (1 + 2\alpha^{2}\beta - 2\alpha^{2} - \beta^{2}) \cdot \log_{10} 2h_{D} / \rho_{D} \\ & \Delta_{11} = \Delta_{33} \equiv 1 - \alpha^{2}, \quad \Delta_{22} \equiv 1 - \beta^{2} \\ & \Delta_{12} = \Delta_{21} = \Delta_{23} = \Delta_{32} \equiv -\alpha(1 - \beta) \\ & \Delta_{31} = \Delta_{13} \equiv -(\beta - \alpha^{2}) \\ & \alpha \equiv \log_{10} \frac{D_{12}}{d_{12}} / \log_{10} \frac{2h_{D}}{\rho_{D}}, \\ & \beta \equiv \log_{10} \frac{D_{13}}{d_{13}} / \log_{10} \frac{2h_{D}}{\rho_{D}}, \end{split}$$

このとき (17), (18) (24) 等に現われる *pAm*, *pBm*, *pSm* 等はそれぞれ

$$p_{Am} = K \log_{10} \frac{D_{Am}}{d_{Am}}, \quad p_{Bm} = K \log_{10} \frac{D_{Bm}}{d_{Bm}}$$

$$p_{Sm} = K \log_{10} \frac{D_{Sm}}{d_{Sm}}$$

と書きかえておくと都合がよい。

いま第7図の配置において [*p*] および [*q*] を数値 計算によつて求めてみると, (*pp*=2.5 mm)

$$\begin{bmatrix} q \end{bmatrix} = \frac{1}{K} \begin{bmatrix} -0.0907 & 0.3318 & -0.0907 \\ -0.0520 & -0.0907 & 0.3143 \end{bmatrix}$$

となる。いま導体2を中性線として, 1, 2, 3 の電圧分 配をそれぞれ

$$V_1 = E, V_2 = 0, V_3 = -\left(\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)E$$

とすれば

 $V_A = (0.0664 - j0.1253)E,$ $V_B = (0.0417 - j0.1375)E$ $V_{AB} = (0.0247 + j0.0122)E$

となるが,ここでは配電線及び裸電話線の交叉の影響を 無視しているから,誘導電圧はやや過大に評価されてい る。いま

$$E = 3.3 \,\mathrm{kV}$$

とすれば

 $|V_A| = 468 \text{ V} |V_B| = 474 \text{ V}$

 $\mid V_{AB} \mid$ =93 V

となる。このとき、高圧導体1、3間の電圧は

$$|V_1 - V_3| = 3.3 \times \sqrt{3} \,\mathrm{kV}$$

$= 5.72 \, kV$

となるわけであるが、通称この配電方式は 2ϕ 3 W 式 6 kV 配電線と呼ばれている。

一方, 実測値は

 $|V_A| \approx |V_B| = 220 \text{ V}, |V_{AB}| = 22 \text{ V}$ であつて、計算値に比べてかなり低い値であるが、これ

セルフサポーテイングケーブルにおける吊線の静電遮蔽作用

は前述したように交叉を無視したためと思われる。さら に計算値と実測値との差を大きくする原因として,架線 状態の長さ方向の不均一,漏洩の影響等が考えられる。

つぎに第7図のSに示す位置に日立製作所製のヒョウ タン型通信ケーブルを架設してその吊線を接地し,その 地上高を5m(hs=5m)としてこの伝送系にかかる電圧 を測定してみた。ケーブルの心線と大地間の電圧は

 $V_d = 15 \text{ V}$

で、同一位置に架設された裸線にかかる電圧 220V の約7% であつて、事実上全く危険がない程度である。

いま

敞

 $\rho_s = 2.3 \text{ mm}, \rho = 8.0 \text{ mm}, \rho_{\epsilon} = 10 \text{ mm}, \epsilon = 3$ として (ρ_{ϵ} および ϵ は推定値), (33) を用いて η_s を計 算してみると

となる。吊線の遮蔽係数は交叉の有無によつてほとんど 影響されない事実を考えると(それに関する詳細は続報 に譲る),(38)の計算結果は実測の値と対比してみて極 めて合理的な値ということができよう。

第8図の実線は、(34) で与えられた $\eta s \ge hs \ge 0$ の関係を示し、また破線は(35) で与えられる $\eta s = 0$ 近似値($\eta s^{(0)} \ge 1$ ま号する)を示している。 $\eta s^{(0)} \ge \eta s = 0$ hs に対する増減の傾向は相反しているが、これは $\eta s^{(0)} = 0$ 誘導では高圧線の反作用を無視したためである。すなわち、吊線の誘導遮蔽の現象を考える場合高圧線よりの反作用を無視するのは厳密な意味では正しくなく、特に吊線高圧線の間隔の小さい程、その誤差は大きくなるが、ある程度離れるとこれでもかなり良い近似となることがわかる。



第9図 裸線にかかる静電誘導電圧と高さと の関係

Fig. 9. Relation between Electrostatically Induced Voltage in an Open Wire and Its Height

〔VII〕 結 言

839

第9回は、ヒョウタン型ケーブルと同一位置に架設された裸線にかかる電圧((25)で計算される $V_{S}^{(0)}$) とE との比を h_{S} の函数として図示している。

このほか,ケーブルの対内に誘起される電圧は著るし く小さく,ほとんど測定できない程であつたが,これは ケーブルの構造から見て当然期待される所である。裸線 の場合も,中継線輪の応用によつて感電の危険は一応阻 止できるが,線間に誘起される雑音電圧を根絶すること は如何に巧妙な交差を行つても先ず不可能に近いから, この点セルフサポーティングケーブルを用いる方が遥る かに有利となることは今更いうまでもない。このほか, セルフサポーティングケーブルの吊線を送受両端で接地 してやれば,吊線大地を循環する電流は外部磁束を打消 す方向に流れるから,電磁誘導障碍も相当に軽減するこ とができるが,これに関する記述は省略し機会を改めて 論及することとしたい。 [VI] でも述べた通り, この導体系に交叉が行われて いる場合は上述のような単純な2次元的解析は成立せ ず,ある程度の補正を加える必要がある。またケーブル の心線が螺旋状によられている事実は無視されている が,これについても定量的に検討を加える必要がある。 これらの問題については機会を改めて論及することとし たいが,吊線の遮蔽係数を問題にする限り,いずれも致 命的な因子ではなく,本稿の解析によつてこのケーブル の設計の基礎は一応明らかにされたということができ る。

[III]で述べた遂次近似による逆マトリクスの誘導方 法は実際の問題として数値計算が厄介となる場合が多 く,必ずしも最良の方法ではない。もともと逆マトリク スの数値的誘導は線型問題の解析には何時も付随して来 る厄介な問題で,この演算を簡略化する方法も色々提案 されてはいるが,いずれも一長一短で決定的な方法は未 だに見当らない。筆者は静電界と電流界との類似性に着 目して,この逆マトリクスを求める簡単な計量的方法を 考えているが,これに関しても追つて報告したいと考え ている。

以上, セルフサポーティングケーブルにおける吊線の 静電遮蔽作用に関し定量的な考察を行つて来たが, その 論旨はつぎのように要約することができる。

1. 高圧線に添架された裸電話線にかかる静電誘導現象を定量的に解析し、電話線々間および電話線大地間に

---- 85 -----

かかる誘導電圧を計算した。

2. 同一位置に架設されたセルフサポーティングケー ブルの心線にかかる誘導電圧を求めた。

3. このケーブルの心線にかかる電圧と,同一位置に 架設された裸線にかかる電圧の比によつて,吊線の静電 遮蔽係数を定義し,この量の近似式を求めた。

4. 静電遮蔽係数はケーブル構造のほか,架線の状態 によつても影響される。また吊線を取り巻くプラスチ ックの誘電率にほぼ反比例し,心線吊線の間隔に対して は対数的に変化する。心線径には無関係と見ても大過な い。

5. 普通の構造のセルフサポーティングケーブルでは、吊線の静電遮蔽係数は5~10%程度であつて、このケーブルを高圧配電線に添架しても伝送系にかかる電圧は事実上問題にならない程度に軽減することができる。

6. ケーブルの対内に誘起される電圧は測定できない

程小さい。

終りに臨み, ヒョウタン型通信ケーブルの現地試験に おいて御懇切な御指導を賜つた茨城大学工学部本多教 授,東京電力株式会社通信課相木,岡両氏ほか関係者各 位,本研究に有益な御討論を頂いた日立製作所中央研究 所関口主任,絶えず御指導御激励を惜まれなかつた日立 電線工場久本試作課長,取纒めに多大の御手数を患わし た試作課野原君に対し,深甚の謝意を表する。

参考文献

- (1) 八田: 日立評論 37 847 (昭 30-5)
 (2) 八田: 日立評論 37 1187 (昭 30-8)
- (3) C.C. Lawson: Bell. Lab. Rec., 32 167 (1954)
- (4) J.A. Carr: Bell. Lab. Rec., 19 273 (1941)
 信邦外誌: 101 610 (昭 16-8)
- (5) 例えば 野邑,八田: 信学誌 36 560(昭 28-10)



液 圧 調 整 型 操 作 弁

この操作弁は液圧調整用の逃し弁を 備えたもので液圧スルースバルブの操 作用として好適なものである。

液圧スルースバルブを開くときは, ハンドルを「開」の位置に動かす。す ると給送穴が導穴 H'に,導穴 H が排 出穴に連通し,一定圧の液は給送管か ら給送穴,導穴 H'を経て液圧スルー スバルブのシリンダの下部に送られ る。液圧スルースバルブのシリンダの 上部の逃げ液は導穴H,排出穴を経て 逃し管から排出される。このとき圧液 は逃し弁の閉鎖方向に作用するから,

逃し口は閉じられたまゝになつている。したがつて,液 Eスルースバルブの開弁は強力に行われる。

液圧スルースバルブを閉じるときは、ハンドルを「閉」 の位置に動かす。このときは X—X 断面図に示すよう に給送穴が導穴Hに連通する。この状態では導穴 H' お よび排出穴側は逃げ液となるから圧力は零に近く、導穴 H側は一定圧液が通ろうとする。しかし、あらかじめ調 整されたバネの力でおさえられた逃し弁は直ちに逃し口



X-X断面

の弁座から離され,高圧液を排出穴側へ逃がす。そして 調整圧力にまで低下した導穴H側の圧液が,液圧スルー スバルブのシリンダの上部に送られる。したがつて,液 圧スルースバルブは適当な弁座密着を行つて閉弁動作を 完了する。

上に述べたように、この操作弁によれば開弁時と閉弁 時との液圧を自動的に変えて液圧スルースバルブの操作 を適切に行うことができる。 (富田)



--- 86 ----