

因島4号ブチルゴム絶縁海底ケーブル(その3)

挿入電話線への誘導障害

In'noshima No. 4 Butyl Rubber Insulated Submarine Cable (Part 3) Inductive Disturbance to Inserted Telephone Circuits

久保田恒雄* 高須 登* 八田 達**
Tsuneo Kubota Nobou Takasu Tohru Hatta

内容梗概

因島4号海底ケーブルを中心に、電力ケーブル内に挿入された電話線への誘導障害に関する諸問題を解析し、このケーブルの電磁誘導電圧を計算する方法を与えた。これにより、ケーブルを流れる送電電流の平衡時、不平衡時、および故障時の誘導電圧(電話線大地間)の計算が可能となり、計算値と実測値はほとんど完全に一致した。誘導電圧は鎧装鉄線の磁化により増大し、この傾向は、故障時において特に著しい。しかし、誘導電圧は因島4号海底ケーブル程度の規模では附属機器および人体に危険を及ぼすほどのものではない。電話線間に誘起される雑音電圧は著るしく小さく、ほとんど問題とならない。また、本ケーブルは各線心上には遮蔽体はなく、介在ジュートに海水を吸収させて、遮蔽機能を受けもたせているが、事実上、完全な遮蔽が行われていることが確認された。

〔I〕 緒 言

日立電線株式会社が納入した中国電力因島4号海底ケーブルは、打合せ用の電話回線が電力ケーブル内に挿入された構造となつている。電話回線を電力系統と別個に布設するのが著しく不経済となる場合、上述の構造を採用するのは格別珍しいことではなく、海底ケーブルや堅坑ケーブルなどでは好んで用いられる方式である。このようにすると布設工事が簡便となる反面、電力線と電話線とが著しく接近するため、電話線の受ける誘導障害が大きくなる不安がある。

特に送電電流による電磁誘導障害は簡単な遮蔽で取り除くことは不可能で、電話線大地間に誘起される電圧は附属機器や人体に危険を及ぼすおそれがあり、また、電話線間に現われる電圧は雑音障害の原因となる。この現象は送電電流の平衡時、不平衡時および故障時の場合に分けて考えなければならない。

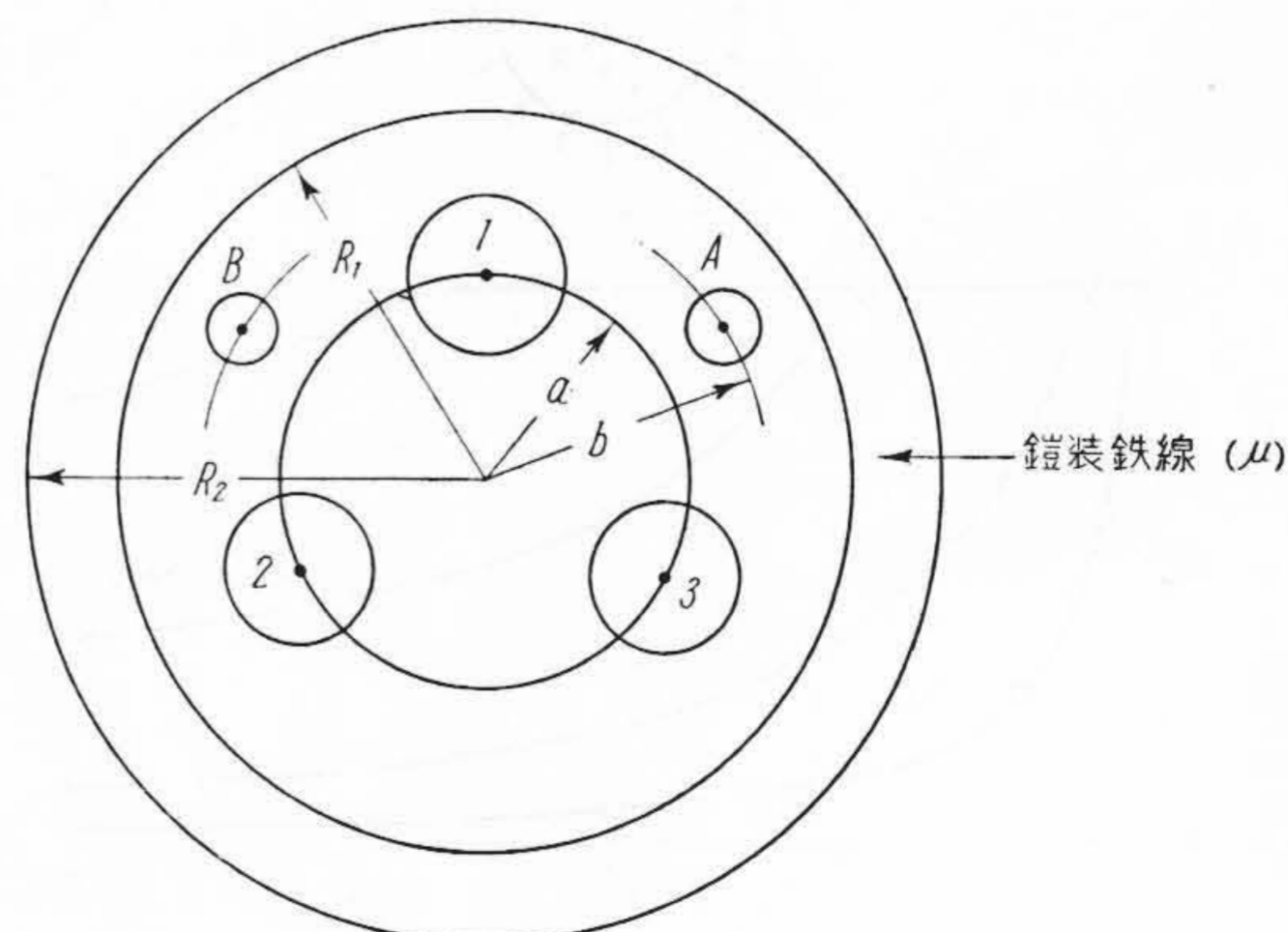
静電誘導の方は遮蔽体によつて簡単に消滅させることができるが、因島4号海底ケーブルではこれが省略されており、電力線間にジュートを介在させてこれに海水を吸収させ、これに遮蔽体としての機能を受けもたせている。このように、半導電性物質を遮蔽体として使用する場合、果して遮蔽の目的が完全に達成されるか否かは議論の余地があり、電力電話両回線の間隔が小さく、電力回線の電圧も高い(22 kV)だけに軽視できない問題を含んでいる。

この構造のケーブルが実用された例はすでに少なくなく、特に誘導障害のはなはだしかつた実例は今までに報告されていないようであるが、ケーブルの構造および寸

法、条長、送電容量などと、電磁誘導現象との関係を明確に取扱つた文献は見当たらない。本稿は、この問題解明のため、中国電力と日立電線が協同して行つた研究の概要を紹介したものであるが、今後のこの種の計画(特に送電容量が大きく、あるいは線路亘長の長い場合)の参考資料として意義は少くないものと信ずる。

〔II〕 電力回線と電話回線間の相互誘導係数

因島4号海底ケーブルは、陸揚部と海底部では構造および寸法に多少の差異がある。すなわち、陸揚部では各電力線心は鉛被されているが、海底部ではこれがない。このため、電磁誘導現象は二つの場合について多少の差異が現われるのは当然である。しかし、各電力線心の鉛被は非磁性体であるから、正相および逆相電流による電磁誘導は(商用周波数の場合)鉛被の存在を無視して考えてさしつかえない。しかし、零相電流が流れるときは、



第1図 海底ケーブルの模型

* 中国電力株式会社

** 日立電線株式会社電線工場

陸揚部では鉛被部分にも零相電流が分流するため、誘導電圧は鉛被がない(海底部の構造)場合よりも若干低下することが期待される。ここでは安全を見て、全線路が海底部の構造をもつものとして計算を行う。

最初に、電話線、大地(鎧装鉄線)間に誘起される電磁誘導電圧を考えよう。問題を簡略化して第1図のような海底ケーブルの模型を考え、次の仮定を設ける。

- (1) 電流は各導体を均一に流れる(表皮および近接作用は無視する)。
- (2) 電話線は対撚線の中心位置を直線状に走る導体と考える。
- (3) 鎧装鉄線部は凹凸を平坦化して中空の円筒におきかえる。
- (4) 零相電流は海中に漏洩せず、鎧装鉄線部に集中して流れる。

(1), (2)および(3)は商用周波数ではきわめて満足な仮定であり、これに基づく誤差はきわめて少ない。(4)の仮定の妥当性はいまだに確認されていないが、鉄の導電率が海水のそれに比べて著しく大きなこと、また鉄線は塗装によつて海水から絶縁され、また陸揚部で完全に接地が行われていることからみて、おおむね満足な仮定と考えられる。

さて、第1図の1, 2および3はそれぞれ電力線心、AおよびBは挿入電話線の中心位置を示す。いま、電力線1を往路、鉄線を帰路とする電流を I_1 とし、以下同様に I_2, I_3 を定義する。次に電話線Aを往路、鉄線を帰路とする電流と、電流 I_1, I_2, I_3 との相互誘導係数をそれぞれ L_{A1}, L_{A2} および L_{A3} とすれば、電話線Aと大地(鎧装鉄線)間に誘起される起電力 E_A は次式によつて計算することができる。

$$E_A = j\omega(L_{A1}I_1 + L_{A2}I_2 + L_{A3}I_3) \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 L_{A1}, L_{A2}, L_{A3} はそれぞれ次の型をとる。

$$L_{A1} = 4.605 \left\{ \log_{10} \frac{R_1}{d_{A1}} - \frac{1}{2} \alpha \log_{10} \left(1 - \frac{ab}{R_1^2} + \frac{a^2b^2}{R_1^4} \right) \right\} + 2\mu \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \left\{ 2.303 \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \log_{10} \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{4} \frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{3}{4} \right\} - 2\alpha(1-\alpha^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(n\pi/3)}{n} \times \frac{(ab/R_2^2)^n}{1-\alpha^2(R_1/R_2)^{2n}} \quad (10^{-4} \text{H/km}) \dots\dots(2)$$

$$L_{A2} = 4.605 \left\{ \log_{10} \frac{R_1}{d_{A2}} - \alpha \log_{10} \left(1 + \frac{ab}{R_1^2} \right) \right\} + 2\mu \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \left\{ 2.303 \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \log_{10} \frac{R_2}{R_1} \right.$$

$$\left. + \frac{1}{4} \frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{3}{4} \right\} + 2\alpha(1-\alpha^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} \times \frac{(ab/R_2^2)^n}{1-\alpha^2(R_1/R_2)^{2n}} \quad (10^{-4} \text{H/km}) \dots(3)$$

$$L_{A3} = L_{A1} \dots\dots\dots(4)$$

ここで、

$$\alpha \equiv \frac{\mu-1}{\mu+1}$$

- μ : 鉄線の比導磁率
- a : ケーブル中心より電力線中心までの距離
- b : ケーブル中心より電話線中心までの距離
- R_1 : 鎧装鉄線部の凹凸を平坦化した実効的円筒の内半径
- R_2 : 同上外半径

d_{A1} : 電話線Aと電力線1との中心間隔

d_{A2} : 電話線Aと電力線2との中心間隔

(2)および(3)誘導過程は相当に複雑となるので、ここではその結果だけを記載するにとどめ、その詳細は機会を改めて報告することとしたい。

また

$$R_2 - R_1 \ll R_1 \dots\dots\dots(5)$$

の条件が満足される場合には、(2)および(3)の第2項は実用上十分の精度をもつて

$$2\mu \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \left\{ 2.303 \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \log_{10} \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{4} \frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{3}{4} \right\} \simeq \mu \frac{2}{3} \frac{R_2 - R_1}{R_1} \quad (10^{-4} \text{H/Km}) \dots\dots\dots(6)$$

また(2), (3)の第3項は、 $\mu \gg 1$ の場合(実際上おおむね満足される)はきわめて小さく、これを無視しても大きな誤差とはならない。

次に、 I_1, I_2, I_3 を正相、逆相および零相成分(それぞれ I_p, I_n および I_o) に分離する。

$$I_1 = I_p + I_n + I_o$$

$$I_2 = e^{j\frac{2\pi}{3}} I_p + e^{-j\frac{2\pi}{3}} I_n + I_o \dots\dots\dots(7)$$

$$I_3 = e^{-j\frac{2\pi}{3}} I_p + e^{j\frac{2\pi}{3}} I_n + I_o$$

ここで E_A を I_p, I_n および I_o で表示すれば

$$E_A = j\omega(L_{Ap}I_p + L_{An}I_n + L_{Ao}I_o) \dots\dots\dots(8)$$

(8) の L_{Ap}, L_{An} および L_{Ao} はそれぞれ電話線Aと正相、逆相および零相電流との相互誘導係数を意味し、次式によつて与えられる。

$$L_{Ap} = L_{A1} + e^{j\frac{2\pi}{3}} L_{A2} + e^{-j\frac{2\pi}{3}} L_{A3}$$

$$L_{An} = L_{A1} + e^{-j\frac{2\pi}{3}} L_{A2} + e^{j\frac{2\pi}{3}} L_{A3} \dots\dots(9)$$

$$L_{A0} = L_{A1} + L_{A2} + L_{A3}$$

(2)~(4)および(9)から次の関係が導かれる

$$L_{Ap} = e^{-j\frac{\pi}{3}} \left\{ 4.605 \left\{ \log_{10} \frac{d_{A2}}{d_{A1}} + \alpha \log_{10} \frac{1 + (ab/R_1^2)}{\sqrt{1 - (ab/R_1^2) + (ab/R_1^2)^2}} \right\} - 2\alpha(1-\alpha^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left\{ \cos \frac{n\pi}{3} + (-1)^{n+1} \right\} \times \frac{(ab/R_2^2)^n}{1 - \alpha^2(R_1/R_2)^{2n}} \right\} (10^{-4} \text{ H/Km}) \dots\dots\dots (10)$$

$$L_{An} = L_{Ap}^* \dots\dots\dots (11)$$

$$L_{A0} = 4.605 \left\{ \log_{10} \frac{R_1^3}{d_{A1}^2 d_{A2}} - \alpha \log_{10} \left(1 - \frac{ab}{R_1^2} + \frac{a^2 b^2}{R_1^4} \right) \left(1 + \frac{ab}{R_1^2} \right) \right\} + 6 \mu \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \left\{ 2.303 \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \log_{10} \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{4} \frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{3}{4} \right\} + 2\alpha(1-\alpha^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left\{ (-1)^{n+1} - 2 \cos \frac{n\pi}{3} \right\} \frac{(ab/R_2^2)^n}{1 - \alpha^2(R_1/R_2)^{2n}} (10^{-4} \text{ H/km}) \dots\dots\dots (12)$$

(11)の*は共軛複素量を示す記号である。

(1)~(4)および(8)~(11)は表現の型式が異なるだけで、内容においてはまったく同一である。そのいずれを用いるかは与えられた問題に応じて都合のよい方に決めればよい。たとえば、電力線に平衡した三相交流が流れる場合は

$$I_n = I_o = 0, \quad I_p \neq 0$$

として(8)を用いるのがよい。

また、電力線1が地絡して地絡電流が流れ、これによる誘導電圧が問題となる場合は

$$I_2 = I_3 = 0, \quad I_1 \neq 0$$

として(1)を用いるのが便利である。

いま、鎧装鉄線がない場合、または外被が非磁性体の場合は(10)は簡単となつて

$$L_{Ap} = e^{-j\frac{\pi}{3}} 4.605 \log_{10} \frac{d_{A2}}{d_{A1}} (10^{-4} \text{ H/km}) \dots\dots\dots (13)$$

また、

$$L_{A0} = 4.605 \log_{10} \frac{R_1^3}{d_{A1}^2 d_{A2}} + 6 \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \times \left\{ 2.303 \frac{R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \log_{10} \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{4} \frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{3}{4} \right\} (10^{-4} \text{ H/km}) \dots\dots (14)$$

(10)~(12)を(13)~(14)と比較して見ればあきらかなとおり、このケーブルの電磁誘導現象は鉄線の磁化によって増加する。たとえば(10)の α を含む項に鉄線内部に生ずる電流の磁氣的影像による誘導係数の増加量を与え、このため L_p の大きさは(13)に比べて約30~40%程度増加する。また、(12)の第2項は零相電流が鉄線(高磁性体)内を流れるために生ずるもので、このため(12)は(14)に比べて著しく大きくなる。

〔III〕 正相電流による電磁誘導

次に、因島4号海底ケーブルの相互誘導係数の数値計算を行つてみる。

$$\begin{aligned} \mu &= 70, \quad a = 21.7 \text{ mm}, \quad b = 30.7 \text{ mm} \\ R_1 &= 45 \text{ mm}, \quad R_2 = 51.3 \text{ mm} \\ d_{A1} &= 28 \text{ mm}, \quad d_{A2} = 53 \text{ mm} \end{aligned}$$

の数値を用いて(2)~(4)の数値計算を行うと

$$\begin{aligned} L_{A1} &= L_{A3} = 8.01 \times 10^{-4} \text{ H/km} \\ L_{A2} &= 7.72 \times 10^{-4} \text{ H/km} \dots\dots\dots (15) \end{aligned}$$

また、(10)~(12)からは

$$\begin{aligned} L_{Ap} &= 1.96 e^{-j\frac{\pi}{3}} \times 10^{-4} \text{ H/km} \\ L_{An} &= 1.96 e^{j\frac{\pi}{3}} \times 10^{-4} \text{ H/km} \dots\dots\dots (16) \\ L_{A0} &= 23.7 \times 10^{-4} \text{ H/km} \end{aligned}$$

が得られる。

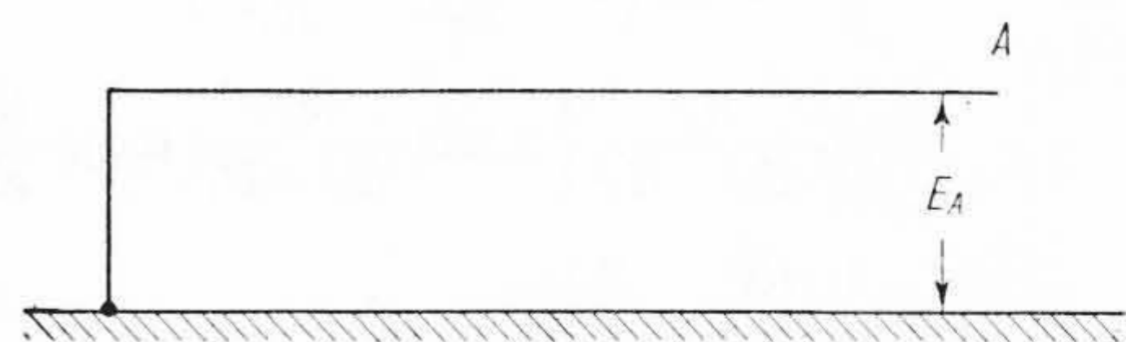
いま、周波数を60 c/sとし、最大負荷電流(正相電流)250 Aを通じたときの誘起電圧を(15)および(8)を用いて計算すれば

$$|E_A| = 18.5 \text{ V/km} \dots\dots\dots (17)$$

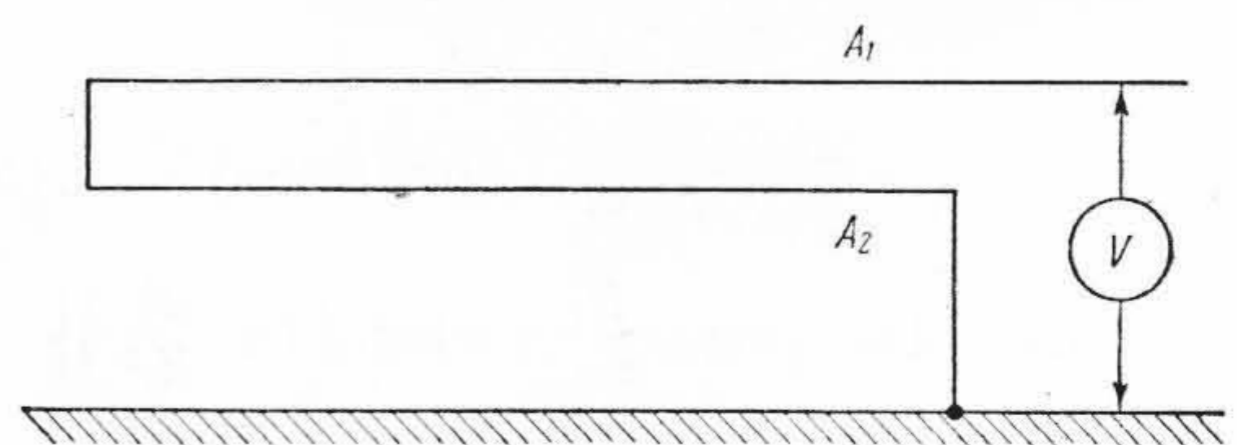
したがつて、ケーブル亘長2.65 kmの誘起電圧は、

$$|E_A| = 49 \text{ V}/2.65 \text{ km} \dots\dots\dots (18)$$

となる。しかし、電話線は全長にわたつて均一に大地から絶縁されているものと考えると、実際に電話線にかかる電圧は、(18)の値の1/2と考えて大過あるまい。すなわち、人体および附属機器に危険を及ぼすほどの電圧ではない。



第2図 電話線大地間に誘起される起電力の測定



第3図 電話回線の線間に誘起される起電力の測定

さて、(18)で与えられる E_A を実測する場合は、第2図に示されるとおり、電話線Aを遠端で接地しなければならない。この結線では、電磁誘導以外に静電誘導のある場合でも、後者を大地に落してしまう効果があり、電磁誘導による誘起電力だけをそのままとりだすことができる。

なお、本ケーブルによる送電開始後に行われた現地実験では、負荷電流132Aのとき E_A の実測値26V、これに対して計算値は25.9Vであつて、両者はほとんど完全に一致した。

次に、電話線間に誘起される雑音の問題がある。この現象は電話線を構成する二つの線の電力線に対する相対位置の不平衡に起因するもので、電話線の撚程を縮め、片撚れを極力防止して平衡度を高めるほかにこれを消す方法がない。中国電力側の要求は負荷電流250A通電時の雑音電圧を通話レベルの30db以下におさえることであつた。いま0dbを0.775V(600Ω終端1mW)にとれば、雑音電圧は0.026V以下におさえなければならないわけである。2線間に誘起される起電力を測定するためには第3図に見られるとおりに、遠端を短絡し、近端の1線を接地した状態で(静電誘導を殺すために)線間の電圧を測定すればよい。

現地試験の結果によれば、130A通電時における電話線間の起電力は0.02Vであつた。実際には電話線の両端は成端して使用するのであるから、実際の雑音電圧は誘起電力の1/2と考えてよい。したがつて、250A通電時においても、雑音レベルは前記の規格値以下に保たれることが明らかとなつた。

[IV] 故障電流による電磁誘導

因島二次送電系は、その中間部に因島4号海底ケーブルがあり、送電側(尾道側)および受電側(因島側)は架空送電線となつている。また、送電側はリアクトル接地となつている。いま、受電側の送電線に地絡事故が生じた場合は地絡電流がケーブル内を流れ、電話線にかかる電磁誘導電圧は上昇する。

1線地絡がおきた場合、遮断器が動作するまで約0.3秒間の地絡電流 I_e は付録(A.1)より

$$I_e = 65.2 + j14.7 \text{ (A)} \dots\dots\dots (19)$$

第1表 地絡電流による電話線Aと大地間の誘起電力(L=2.65km)

1線地絡の種類	遮断器動作前		遮断器動作後	
電力線1または3の系が地絡したとき	22.2 V/km	53.6 V/L	4.4 V/km	11.8 V/L
電力線2の系が地絡したとき	19.4 V/km	51.5 V/L	4.3 V/km	11.3 V/L

遮断器動作後は(A.2)より

$$I_e = j14.7 \text{ (A)} \dots\dots\dots (20)$$

となる。(19)および(20)の位相は故障した相の対地電圧を基準にとつている。

故障電流による電話線A、大地間の誘起電力の大きさを(19)、(20)、(1)を用いて計算してみると、第1表のようになる。

実際には、上記計算値に、前節で計算された負荷電流による誘起電力が重畳される。負荷電流最大(250A)のときに1線地絡が生じた場合を考えてみよう。電力線1の系に地絡がおきたとき、遮断器動作前電話線A、大地間に誘起される起電力は全ケーブル亘長(2.65km)について

$$E_A = j\omega \{250 L_{Ap} + (65.2 + j14.7) L_{A1}\} \times 2.65$$

したがつて

$$|E_A| = 82.6 \text{ V}$$

電力線2の系に地絡がおきた場合は

$$E_A = j\omega \{250 L_{Ap} + e^{j\frac{2\pi}{3}} (65.2 + j14.7) L_{A2}\} \times 2.65$$

したがつて

$$|E_A| = 12.3 \text{ V}$$

また、電力線3の系に地絡がおきた場合は

$$E_A = j\omega \{250 L_{Ap} + e^{-j\frac{2\pi}{3}} (65.2 + j14.7) L_{A3}\} \times 2.65$$

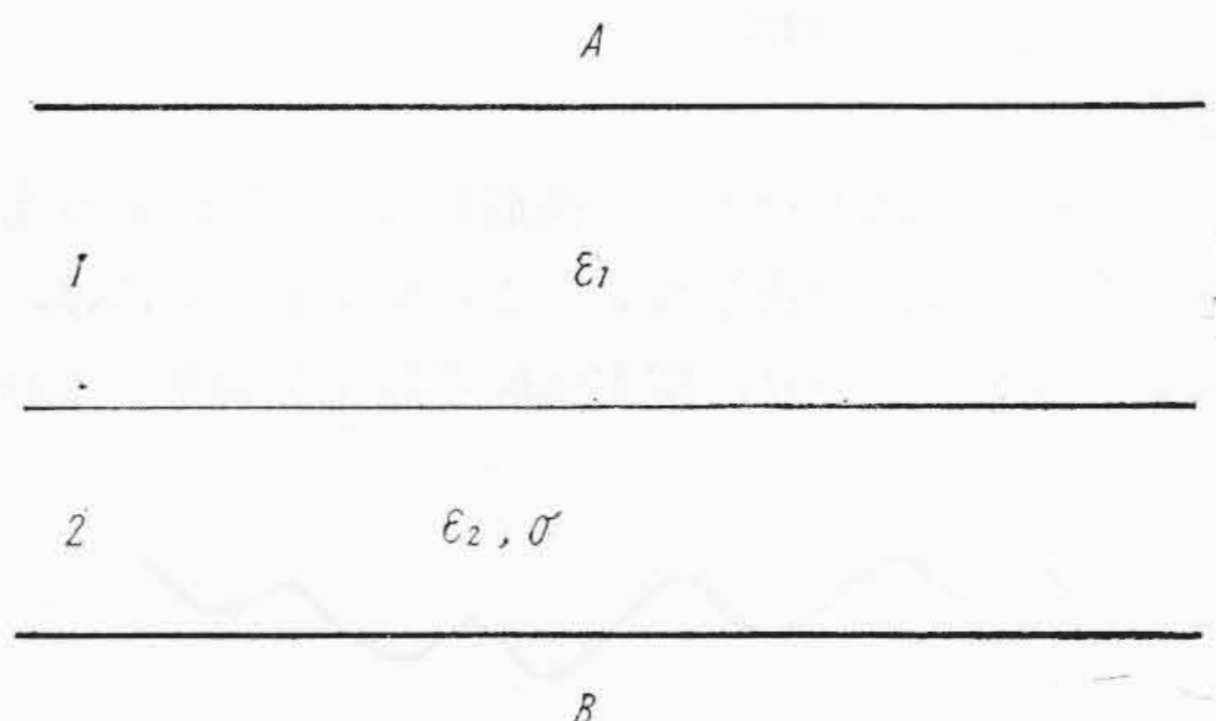
したがつて

$$|E_A| = 93.9 \text{ V}$$

となる。遮断器動作後の故障電流は僅少であるから、改めて取りあげる必要はあるまい。前節で述べたように、電話線にかかる電圧は上記計算値の約1/2と考えて大過ないと考えられる。しかもこの電圧のかかる時間が0.3秒程度であるから、危険を及ぼすほどのものではない。

[V] 静電誘導

先述したとおり、本ケーブルは電力線電話線とも遮蔽体がなく、電力線電話線間に介在するジュートに海水を



第4図 層状に重ねられた絶縁層と半導電層

吸収させ、これに遮蔽体としての機能を受けもたせている。ここで問題となるのは、両回線の距離が近く送電電圧がきわめて高いのに、この構造で果して満足な遮蔽が行い得るかという点で、計画の当初は色々と懸念されたものである。

しかし、商用周波数では、この構造でも実用上ほとんど完全な静電遮蔽が達成されることが明らかとなった。この現象を定性的に概略説明すれば次のとおりである。第4図は層状に重なった絶縁層1と半導電層2を示し、A、Bに電極をおいてこの間に電圧を印加する。いま

E_1, E_2 : それぞれ1および2の電界

ϵ_1, ϵ_2 : それぞれ1および2の比誘電率

σ : 2の導電率

ω : 印加電圧の周波数

ϵ_0 : 8.86 pF/m

の記号を定めれば

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{j\omega\epsilon_0\epsilon_1}{j\omega\epsilon_0\epsilon_2 + \sigma} \dots\dots\dots (21)$$

$$\sigma \gg \omega\epsilon_0\epsilon_2$$

の条件が満足される場合には

$$\left| \frac{E_2}{E_1} \right| = \frac{\omega\epsilon_0\epsilon_1}{\sigma} \dots\dots\dots (22)$$

いま

$\epsilon_1 = 3.5$ (電力回線のブチルゴム誘電率)

$\sigma = 10^{-3} \text{ } \Omega/\text{m}$ (吸水したジュートの導電率)

$\omega = 2\pi \times 60$ (c/s)

(22)を評価してみると

$$\left| \frac{E_2}{E_1} \right| \approx 10^{-5} \dots\dots\dots (23)$$

となる。ここで問題となるのは σ の値のとり方であるが、ジュートは鎧装鉄線により固く締めつけられているため、海水の浸入は相当程度制限され、その導電率は海水に比べてかなり小さくなるものと推定される。

いま

$$E_1 = 10 \text{ kV/cm}$$

としてみると

$$E_2 = 0.1 \text{ V/cm}$$

の程度になる。

静電誘導現象はケーブルの構造によつて定まるもので、その条長には関係しない。これを測定するには、電話線を大地から浮かせ、電力回線の電流を切り、これに



第5図 電話線にかかる静電誘導電圧の波型 (電話線大地間)

電圧のみを印加した状態で、誘導電圧を測定しなければならない。現地実験の結果では、送電電圧 22 kV のとき、電話線の1線大地間の静電誘導電圧は 0.2V であつて、上記の推定値と同程度のものであつた。このほか、電話線間に現れる電圧は著しく小さく、かろうじて検出できる範囲であつた。

1線大地間の誘導電圧の波型は第5図に示すとおり、高調波含有のきわめて多い波型であるが、これは(22)で見られるとおり、周波数の上昇とともに吸水ジュートの遮蔽作用が低下するためと考えてよからう。また、この測定では電力回線を通るわずかな充電電流の電磁誘導電圧が測定値に介入してこないかという不安があるが、概算の結果その影響は無視してよいことがわかつた。また、吸水ジュートの導電率 σ の値は年月とともに多少の増加があると想像されるから、今後も定期的に静電誘導電圧を測定してみることが望ましい。いずれにせよ、このケーブルの静電誘導電圧は電磁誘導電圧に比べれば著しく小さく、完全に無視できることが確認された。

[VI] 結 言

以上、中国電力因島4号海底ケーブルを中心に、電力ケーブル内に挿入された電話線への誘導障害の問題について定量的な考察を行い、送電規模と誘導電圧の関係を明らかにしたが、因島4号海底ケーブル程度の規模(海底電力ケーブルとしてはかなり大きな部に属する)では、電話線にかかる誘導電圧は人体および附属機器に危険を及ぼすほどのものではないことが明らかとなった。

また、海底ケーブルの構造や寸法比などは、電磁現象の観点からみれば大同小異のものであるから、相互誘導係数の計算値(15)、(16)はほかのケーブルに応用しても、概略の数値を把握することができる。

最後に、本稿の論旨は次のように要約することができる。

(1) 鎧装鉄線を有する電力ケーブル内に挿入された電話線にかかる電磁誘導電圧を計算する方法を与えた。これによつて、送電電流の平衡時、不平衡時および故障時の誘導電圧を計算することができる。

(2) 電磁誘導電圧は鎧装鉄線の磁化によつて上昇する。特に故障電流(零相電流)が流れる場合、この傾向が著しい。

(3) しかし、因島2次送電系ではリアクトル接地が採用されているため、故障電流は抑制され、誘起電圧は比較的少ない。

(4) 現地試験の結果、計算値と実測値はほとんど完全に一致することが確かめられた。

(5) また、電話線間に誘起される雑音電圧はきわめて小さく、最大電流通電時においても通話レベルの30db

以下であることが確かめられた。

(6) 本ケーブルは電力線、電話線心上には遮蔽体がなく、海水を吸収したジュートにこの機能を受けもたせているが、遮蔽の目的は事実上完全に達成されていることが、確認された。

擱筆に当り、本問題を提示され、終始御懇切な御指導を賜った中国電力株式会社本店ならびに広島支店の関係者各位、現地実験に全面的御協力をいただいた同尾道営業所田中所長ほか関係者各位に衷心より御礼申し上げます。また、本研究の取りまとめに御協力いただいた日立電線株式会社電線工場設計課今泉氏、第1研究課野原氏ほか関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

附 録

海底ケーブルと連結した送電線の因島変電所側で1線地絡が生じた場合の零相回路は第6図のようになり、故障点からみた零相インピーダンス Z_0 は次式より与えられる。

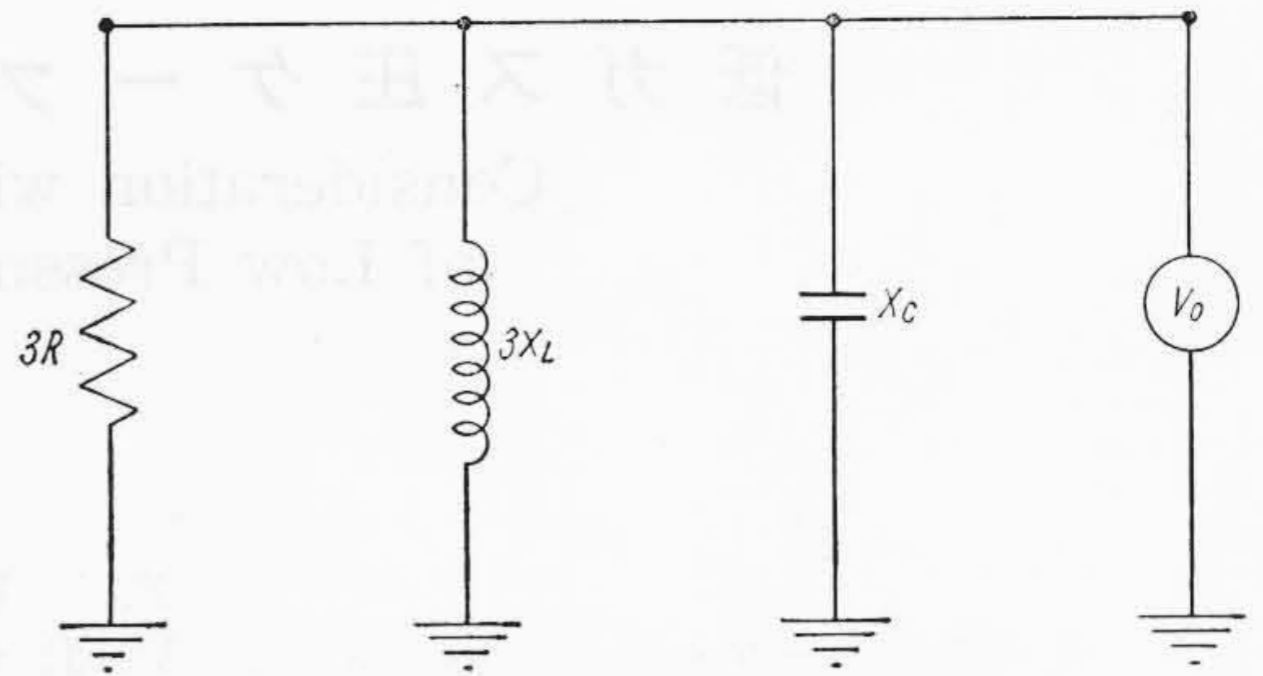
$$\frac{1}{Z_0} = \frac{1}{X_C} + \frac{1}{3X_L} + \frac{1}{3R}$$

X_C : ケーブルのキャパシタンス

X_L : 消弧リアクトルのリアクタンス

R : 接地抵抗

$$X_C = -j695 \Omega, X_L = j316 \Omega, R = 195 \Omega$$



第6図 故障電流の計算

の値を代入すれば

$$Z_0 = (555 - j125) \Omega$$

線路およびトランスのインピーダンスを無視し、さらに、正相および逆相インピーダンスは最悪の場合を考えて0とする。

このときの地絡電流 I_e は

$$I_e = 3 \times \frac{22,000}{\sqrt{3}} / Z_0 = 65.2 + j14.7 \text{ (A)} \dots \dots \dots \text{(A.1)}$$

また、地絡後0.3秒のとき、遮断器が動作して抵抗は大地からはずれ、(A,1)の実数部は消滅して

$$I_e = j14.7 \text{ (A)} \dots \dots \dots \text{(A.2)}$$

となる。

日立電線関係の論文紹介(その1)

日立電線(株式会社)は昭和31年10月1日より日立製作所より電線ケーブル伸銅製品の製造販売業務を承継して分離独立し新発足した会社である。

ここには日立電線関係の著者が最近執筆した論文をACSR、電力ケーブル、絶縁電線(ゴム、樹脂)、伸線加工、金属などに大別して集録紹介した。

なお整理にあたり参考のためにUDC(国際十進分類法, Universal Decimal Classification)標数を付記するとともに最近の文献には内容梗概をつけておいた、これらの論文の内容について御関心をお持ちの節は御質疑御討論(または別刷の請求)など日立評論社を通してお申越しいただきたい。

(日立電線 久本 方)

[I] ACSR 関係

- (1) 621. 315. 555. 027. 8: [669. 71]: 620. 172
岩田寿郎, 山本三郎, 岡 光美: 超高压送電用 610 mm², 590 mm² ACSR (鋼心アルミ撚線) の鋼線およびアルミ線の伸び, 日立評論 別冊7号 141 (昭 29-7)
- (2) 621. 315. 555: 669. 71
山本三郎, 福田重穂: 240 mm² ACSR (鋼心アルミ撚線) の低温特性, 日立評論 別冊9号 117 (昭 30-3)
- (3) 621. 315. 1. 027. 7: 621. 315. 555: 620. 172
山本三郎, 岡 光美, 福田重穂: 最近の超高压送電線(ACSR)の機械的諸問題に関する研究(総合報告), 日立評論 37 (4) 661 (昭 30-4)
- (4) 621. 315. 177. 052
山本三郎, 岡 光美, 福田重穂: 超高压送電線の

- 架線用釣車の考察, 日立評論 37 (7) 1079 (昭 30-7)
- (5) 621. 315. 1. 027. 7: 621. 315. 555: 620. 172
S. Yamamoto, K. Oka, S. Fukuda: Researches on Mechanical Problems of ACSR Extra High Voltage Transmission Line (Summarization), Hitachi Rev. No. 11. 17 (Dec. 1955)
- (6) 534. 63: 621. 315. 555
小堀与一, 小形猛美: 鋼心アルミ撚線の振動特性, 日立評論 38 (2) 365 (昭 31-2)
- (7) 543. 63: 621. 315. 555
Y. Kobori, T. Ogata: Vibration Characteristics of the ACSR (Aluminum Cable Steel Reinforced), Hitachi Rev. No. 15. 30 (Oct. 1956)

(第31頁へ続く)