

片回線停止送電線が近傍通信線へ及ぼす電磁誘導障害 に関する基礎的検討

森 武昭*・深江 美恵**・大矢 征*

Study on Electromagnetic Induction Interference in Nearby
Communication Line from a Power Transmission Line
of Live and De-energized Circuits.

Takeaki MORI, Mie FUKAE and Susumu OHYA

Abstract

In this paper, the electromagnetic induction voltage in a communication line from high voltage transmission line of live and de-energized circuits is considered in the aspect of the estimating calculation.

The authors propose three calculating method for obtaining the currents on overhead ground wire and de-energized circuit. It's clarified that phase arrangement and transposition have influence on the overhead ground wire currents, the de-energized circuit current and induced voltage in a communication line. From these results, it is confirmed that the induced voltage under the conditions of live and de-energized circuits is higher than that under the conditions of both live circuits (normal operating conditions).

1. ま え が き

近年，わが国では，産業の着実な発展と一般家庭の生活の向上に伴い，電力需要が増加するとともに通信網も急速に拡大されてきている。その結果，架空送電線と通信線とが近接して敷設される例が多くなってきた。この場合，架空送電線から近接する通信線への誘導障害（人体への危険・機器の破損・雑音等）が問題となることがある。

直接接地系の超高圧送電線の一線地絡事故時には，大きな大地帰路電流が流れるため，近傍通信線に異常時誘導障害が生じる。この誘導障害に対する検討や対策は従来から多く行われてきた¹⁻³⁾。一方，抵抗接地系やリアクトル接地系の一般の高圧送電線に関しては，故障電流が十分に抑制されているためほとんど問題とされなかった。ところが最近では，通信線と送電線の

離隔距離などの関係から一般の高圧送電線の常時運転時における誘導障害についての問題が指摘されるようになり，検討が進められてきた⁴⁻¹⁰⁾。

ところで，3相2回線送電線では，保守作業のため片回線を停止してもう一方の回線のみで運転することがある。この場合，停止回線は電位上昇を防ぐために両端の電気所と保守作業を行う鉄塔付近で接地する。その結果，架空地線と各相導体の離隔距離の不均衡により，電磁誘導作用によって架空地線と停止回線に電流が流れ，これら及び送電回線の電流により，近接する通信線に常時誘導障害を及ぼす恐れが指摘されている。しかし，このような片回線停止送電線による電磁誘導障害の検討はほとんど行われていない¹¹⁻¹³⁾。

そこで本研究では，3相2回線送電線の片回線停止時において，架空地線電流と停止回線電流，通信線への電磁誘導電圧の各計算方法を示すとともに，各種条件について行った計算結果から得られた知見を以下に述べる。

1994年9月12日受理

* 電気工学科

** 大学院電気工学専攻修了

2. 架空地線電流と停止回線電流の計算方法

架空送電線から通信線に生じる電磁誘導電圧を検討するには、架空地線と停止回線に流れる電流分布が重要な要素となる。そこで、これらの電流分布を求める計算方法について述べる。

2.1 非ねん架方式の場合

非ねん架方式における架空地線電流と停止回線電流の計算方法を厳密式及び近似式1, 近似式2について述べる。図1のような3相2回線の導体配置において、a, b, c相には平衡3相電流が流れているものとし、電磁誘導作用によって架空地線と停止回線の各線路に流れる電流を算出する。

(1) 厳密式

図2に示すように、架空地線と停止回線の各導体には、送電回線の各相導体との離隔距離の不平衡により、

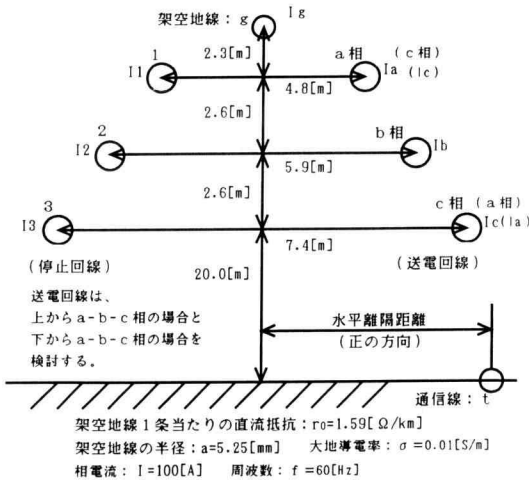


Fig. 1. Conductors configuration of 3-phase double circuit transmission line.

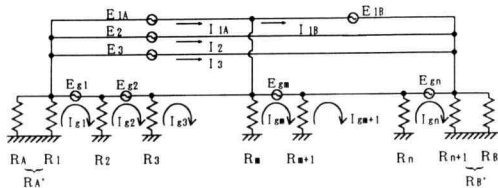


Fig. 2. Circuit diagram of overhead ground wire and de-energized circuit.

架空地線の各径間当たり及び停止回線にはそれぞれ電磁誘導起電力 $E_{g1} \sim E_{gn}$ 及び E_{1A}, E_{1B}, E_2, E_3 が生じ、架空地線の各径間及び停止回線にはそれぞれ電流 $I_{g1} \sim I_{gn}$ 及び I_{1A}, I_{1B}, I_2, I_3 が流れる。そこで、各鉄塔の接地抵抗 $R_1 \sim R_{n+1}$ のばらつきを考慮すると各径間ごとに連立方程式(1), (2)が成り立つ。なお、図2では、停止回線におけるNo.1で示した線路の第 m 番目の鉄塔が接地されているものとして扱っている。

① 架空地線について

$$E_{g1} = (R_A' + Z_g + R_2)I_{g1} - R_2I_{g2} + (R_A' + Z_{g1})I_{1A} + (R_A' + Z_{g2})I_2 + (R_A' + Z_{g3})I_3$$

$$E_{g2} = (R_2 + Z_g + R_3)I_{g2} - R_2I_{g1} - R_3I_{g3} + Z_{g1}I_{1A} + Z_{g2}I_2 + Z_{g3}I_3$$

$$\dots\dots\dots$$

$$E_{gm-1} = (R_{m-1} + Z_g + R_m)I_{gm-1} - R_mI_{gm} - R_{m-1}I_{gm-2} + (R_m + Z_{g1})I_{1A} + (R_m + Z_{g2})I_2 + (R_m + Z_{g3})I_3 - R_mI_{1B}$$

$$E_{gm} = (R_m + Z_g + R_{m+1})I_{gm} - R_mI_{gm-1} - R_{m+1}I_{gm+1} - R_mI_{1A} + (R_m + Z_{g1})I_{1B} + Z_{g2}I_2 + Z_{g3}I_3$$

$$\dots\dots\dots$$

$$E_{gn} = (R_n + Z_g + R_B')I_{gn} - R_nI_{gn-1} + (R_B' + Z_{g1})I_{1B} + (R_B' + Z_{g2})I_2 + (R_B' + Z_{g3})I_3 \tag{1}$$

② 停止回線について

$$E_{1A} = (Z_{g1} + R_A')I_{g1} + Z_{g1}I_{g2} + \dots\dots + (Z_{g1} + R_m)I_{gm-1} - R_mI_{gm} + (R_A' + Z_1 + R_m)I_{1A} + (R_A' + Z_{12})I_2 + (R_A' + Z_{13})I_3 - R_mI_{1B}$$

$$E_{1B} = (Z_{g1} + R_m)I_{gm} + Z_{g1}I_{gm+1} + \dots\dots + (Z_{g1} + R_B')I_{gn} - R_mI_{gm-1} - R_mI_{1A} + (R_m + Z_1 + R_B')I_{1B} + (Z_{12} + R_B')I_2 + (Z_{13} + R_B')I_3$$

$$E_2 = (Z_{g2} + R_A')I_{g1} + Z_{g2}I_{g2} + \dots\dots + (R_B' + Z_{g2})I_{gn} + (R_A' + Z_{12})I_{1A} + (R_A' + Z_2 + R_B')I_2 + (R_A' + Z_{23} + R_B')I_3 + (Z_{12} + R_B')I_{1B}$$

$$E_3 = (Z_{g3} + R_A')I_{g1} + Z_{g3}I_{g2} + \dots\dots + (R_B' + Z_{g3})I_{gn} + (R_A' + Z_{13})I_{1A} + (R_A' + Z_{23} + R_B')I_2 + (R_A' + Z_3 + R_B')I_3 + (Z_{13} + R_B')I_{1B}$$

(2)

ここで

$$R_A' = \frac{R_A R_1}{R_A + R_1} [\Omega], R_B' = \frac{R_B R_{n+1}}{R_B + R_{n+1}} [\Omega]$$

R_A, R_B : 両端電気所の接地抵抗 [Ω]

Z は架空地線各相導体間 (添字が対応) の各径間当たりの大地帰路自己または相互インピーダンス [Ω] を示す。なお、式 (1) と式 (2) では、各径間長はすべて等しいものとして、インピーダンス Z の式を表している。そして各径間ごとに、単位 km 当たりのインピーダンスに各径間長を乗じた値を用いることによって、この厳密式は径間長のばらつきを考慮することができる。なお、この連立方程式を解くには非常に煩雑なため、行列で表示してクラウト法¹⁴⁾を用いて解く。

(2) 近似式 1

径間長と鉄塔の接地抵抗を一定とみなし、分布定数線路として取り扱おうと架空地線電流は次のような式で表される。

$$\begin{aligned} V_{gAx} &= Ae^{-rx} + Be^{rx} \\ V_{gBx} &= Ce^{-rx} + De^{rx} \\ I_{gAx} &= \frac{1}{Z_0}(Ae^{-rx} + Be^{rx}) \\ &\quad - \frac{1}{Z_g}(Z_{1g}I_{1A} + Z_{2g}I_2 + Z_{3g}I_3 + E_g) \\ I_{gBx} &= \frac{1}{Z_0}(Ce^{-rx} + De^{rx}) \\ &\quad - \frac{1}{Z_g}(Z_{1g}I_{1B} + Z_{2g}I_2 + Z_{3g}I_3 + E_g) \end{aligned} \tag{3}$$

この式 (3) における未知数 (積分定数 $A \sim D$ と停止回線電流 I_{1A}, I_{1B}, I_2, I_3) は、停止回線における回路方程式と境界条件より求めることができる。

① 停止回線の回路方程式

$$\begin{aligned} E_3 - V_{gA} + V_{gB} + z_3LI_3 + z_{32}LI_2 \\ + z_{31}\{l_mI_{1A} + (L - l_m)I_{1B}\} \\ + z_{g3}\left\{\int_0^l I_{gAx}dx + \int_l^L I_{gBx}dx\right\} &= 0 \\ E_2 - V_{gA} + V_{gB} + z_2LI_2 + z_{23}LI_3 \\ + z_{21}\{l_mI_{1A} + (L - l_m)I_{1B}\} \\ + z_{g2}\left\{\int_0^l I_{gAx}dx + \int_l^L I_{gBx}dx\right\} &= 0 \\ E_{1A} - V_{gA} + V_{gB} + z_1l_mI_{1A} + z_{31}l_mI_3 \\ + z_{21}l_mI_2 + z_{g1}\int_0^l I_{gAx}dx &= 0 \\ E_{1B} - V_{gB} + V_{gA} + z_1(L - l_m)I_{1B} + z_{31}(L - l_m)I_3 \\ + z_{21}(L - l_m)I_2 + z_{g1}\int_l^L I_{gBx}dx &= 0 \end{aligned} \tag{4}$$

② 境界条件

$$\begin{aligned} x=0 \text{ で } V_{gA(x=0)} &= -R_A'(I_{gA(x=0)} + I_{1A} + I_2 + I_3 + I_a + I_b \\ &\quad + I_c) \\ x=l_m \text{ で } V_{gA(x=l_m)} &= V_{gB(x=l_m)} = R_g(I_{gA(x=l_m)} - I_{gB(x=l_m)} \\ &\quad + I_{1A} - I_{1B}) \\ x=L \text{ で } V_{gB(x=L)} &= R_B'(I_{gB(x=L)} + I_{1B} + I_2 + I_3 + I_a + I_b \\ &\quad + I_c) \end{aligned}$$

ここで、

V : 大地に対する電位 [V] l_m : 保守鉄塔までの距離 [km] L : こう長 [km]

$$Z_0 = \sqrt{R_g D_L \frac{Z_g}{D_L}} = \sqrt{R_g Z_g} \text{ } [\Omega] \quad (Z_0: \text{特性インピーダンス})$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{Z_g}{D_L} \frac{1}{R_g D_L}} = \frac{1}{D_L} \sqrt{\frac{Z_g}{R_g}} \text{ } [1/\text{km}] \quad (\gamma: \text{伝搬定数})$$

Z_g : 架空地線の 1 径間当たりの大地帰路自己インピーダンス [Ω]

D_L : 径間長 [km] R_g : 鉄塔の接地抵抗 [Ω]

z_1, z_2, z_3 : 停止回線の各導体の単位 km 当たりの大地帰路自己インピーダンス [Ω/km]

z_{12}, z_{23}, z_{31} : 停止回線の導体間の単位 km 当たりの大地帰路相互インピーダンス [Ω/km]

以上により、停止回線電流 I_{1A}, I_{1B}, I_2, I_3 と架空地線の電位分布 V_{gAx}, V_{gBx} 及び電流分布 I_{gAx}, I_{gBx} を算出することができる。

(3) 近似式 2⁵⁾

架空送電線を送電線路がある程度長く架空地線を無限長と見なせると仮定すると、各鉄塔の接地抵抗及び電気所の接地抵抗の影響を無視することができる。そして各導体の記号を添え字として電圧 V 、電流 I 、単位 km 当たりのインピーダンス z の行列を用いると式 (5) のようになる。

$$\begin{aligned} [z_{AB}]_{4,3} &= \begin{bmatrix} z_{1a} & z_{2a} & z_{3a} \\ z_{1b} & z_{2b} & z_{3b} \\ z_{1c} & z_{2c} & z_{3c} \\ z_{1g} & z_{2g} & z_{3g} \end{bmatrix} & [z_{BB}]_{4,4} &= \begin{bmatrix} z_{11} & z_{21} & z_{31} & z_{g1} \\ z_{12} & z_{22} & z_{32} & z_{g2} \\ z_{13} & z_{23} & z_{33} & z_{g3} \\ z_{1g} & z_{2g} & z_{3g} & z_{gg} \end{bmatrix} \\ [I_A]_{3,1} &= \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} & [I_B]_{4,1} &= \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_g \end{bmatrix} & [V_B]_{4,1} &= \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_g \end{bmatrix} \\ L[z_{AB}]_{4,3}[I_A]_{3,1} + L[z_{BB}]_{4,4}[I_B]_{4,1} &= [V_B]_{4,1} \end{aligned} \tag{5}$$

停止回線と架空地線は接地されており、送電線路を無限長とみなせる場合には接地抵抗による電位上昇を無

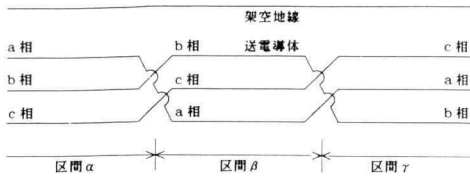


Fig. 3. Transposed transmission line.

視できるので,

$$[V_B]_{4,1} = [0]_{4,1} \quad (6)$$

として扱うことができる。従って,

$$[I_B]_{4,1} = -[z_{BB}]_{4,4}^{-1} [z_{AB}]_{4,3} [I_A]_{3,1} \quad (7)$$

となり, $[I_A]_{3,1}$ は平衡3相電流として与えられているので, $[I_B]_{4,1}$ の架空地線と停止回線に流れる電流を算出することができる。

2.2 ねん架方式の場合

次に, 図3に示したようなねん架を設けた場合の架空地線と停止回線に流れる電流の計算方法に関して厳密式及び近似式1について述べる。ねん架方式では, 架空地線及び停止回線に生じる起電力は, 各区間で各々異なった値となる点に留意すれば, 非ねん架方式と同様に扱うことができる。

厳密式では, α, β, γ の各区間ごとに, 架空地線と停止回線に関して, 式(1)(2)に対応した連立方程式を求め, これらを解くことにより各電流の値を得ることができる。

次に, 近似式1は, 径間長や鉄塔の接地抵抗を一定とし, 架空地線電流は, α, β, γ の各区間毎に分布定数回路として取り扱い, 電気所及びねん架を設けた鉄塔における境界条件を考慮して各区間における電流分布を求める。また, 停止回線電流は, 各区間の起電力のフェーザ和を考慮して, 電気所での境界条件より, その値を算出することができる。

Table 1. Current values of de-energized circuit.

停止回線		I_1 [A]	I_2 [A]	I_3 [A]
R A*	[Ω]	0.1	10	0.1
非接地		5.08	4.93	1.32
3相接地		1.12	1.12	1.12
	A側	5.07	4.72	1.31
	B側	5.08	4.99	1.33
上相接地		1.16	1.16	1.16
	A側	5.06	4.47	1.32
	B側	5.08	5.06	1.14
中相接地		3.48	3.48	3.48
	A側	5.08	4.93	1.29
	B側	1.33	1.21	0.97
下相接地		3.48	3.48	3.48
	A側	5.08	4.93	1.32
	B側	1.14	3.49	3.99
			3.18	3.48

3. 架空地線電流と停止回線電流の計算結果及び考察

3.1 非ねん架方式

(1) 保守のために設ける接地の影響

最初に, 保守のために停止回線の作業鉄塔に設ける接地の影響について厳密式で検討した。接地の条件としては, 3相接地, 1相接地 (上相, 中相, 下相), 非接地について検討した。

表1は, 各接地における停止回線の各導体電流 I_1, I_2, I_3 の値を示している。これらの結果より, 各接地における計算結果は, 非接地における値の数%以内となっている。一方, 架空地線電流も, 電気所のごく近傍を除いて一定の値となる部分 (図4参照) では, 接地の状態に関係なく, その値が一致している。従って, 電磁誘導の観点からすると, 保守のための作業鉄塔の影響はほとんど無視できることが明らかとなった。

(2) 計算方法の妥当性

次に, 各計算方法の妥当性とその特徴について検討する。表2は, 架空地線電流と停止回線電流の値を厳密解と2つの近似解で比較したものである。同表において, 分布定数線路から求めた近似解1は, 接地抵抗, 径間長などのばらつきを考慮できる厳密解に比して誤差1%であり, よく一致していることがわかる。また, 送電線路がある程度長く架空地線を無限長とみなした近似解2は, 架空地線電流が一定となる部分では, 厳密解に対して3%程度である。これらの結果から, 電気所のごく近傍を除いては, 電磁誘導予測計算を行う

Table 2. Current values obtained by each calculating method.

	I_g [A]		I_1 [A]		I_2 [A]		I_3 [A]	
R A, R B	0.1 [Ω]	10 [Ω]	0.1 [Ω]	10 [Ω]	0.1 [Ω]	10 [Ω]	0.1 [Ω]	10 [Ω]
厳密式	2.78	2.81	5.08	4.93	1.32	1.12	3.48	3.58
近似式1	2.78	2.77	5.08	5.02	1.33	1.17	3.48	3.49
近似式2	2.70		5.00		1.30		3.40	

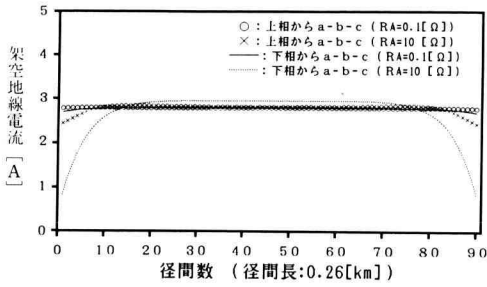


Fig. 4. Distribution of overhead ground wire current.

Table 3. Current values of de-energized circuit. (un-transposition)

導体記列	a-b-c(上相から)	a-b-c(下相から)	a-b-c(上相から)	a-b-c(下相から)
R A, R B	0.1[Ω]	10[Ω]	0.1[Ω]	10[Ω]
I 1[A]	5.08	4.93	4.80	4.50
I 2[A]	1.32	1.12	0.16	0.66
I 3[A]	3.48	3.58	3.58	3.87

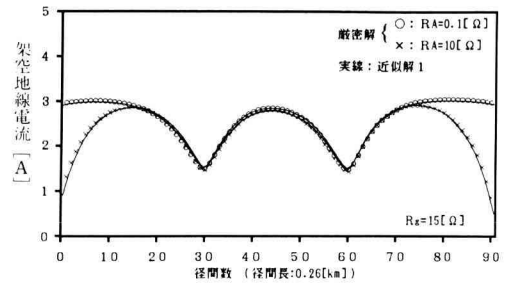
場合には、近似式2が有効であることが明らかになった。

(3) 相配列による影響

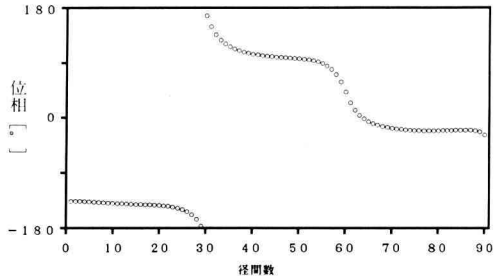
図4は、図1の条件で送電回線の相配列を考慮した計算結果である。架空地線電流の分布は、電気所の接地抵抗が $R_A=0.1[\Omega]$ では全区間にわたってほぼ一定であるのに対して、 $R_A=10[\Omega]$ では、電気所から10鉄塔程度離れると一定となる。この一定となった値は、電気所の電位上昇の影響を受けるため、電気所の接地抵抗を無視して計算した近似解2に比して誤差数%程度となる。従って、同図から架空地線電流分布は、電気所付近では送電回線の相配列の影響を受けるが、一定となる部分の値は相配列の影響を受けないことが明らかとなった。そして、この一定となった値は2回線定常運転時¹⁰⁾の同相配列に比して約50%小さくなるが、逆相配列と比べると約70%大きくなる。一方、停止回線電流に関しては表3に示したように、送電回線の相配列による位相の影響で、 I_1, I_3 よりも I_2 が極端に小さくなっており、各電流の値も相配列方式によってかなり異なっている。従って、電磁誘導予測計算に際しては、停止回線電流の値が送電回線の相配列の影響を受けるので注意する必要がある。

3.2 ねん架方式

同相配列の架空送電線では、ねん架方式が幅広く用い



(a) 大きさ



(b) 位相

Fig. 5. Overhead ground wire current.

Table 4. Current values of de-energized circuit. (transposition)

導体記列	a-b-c(上相から)	a-b-c(下相から)	a-b-c(上相から)	a-b-c(下相から)
R A, R B	0.1[Ω]	10[Ω]	0.1[Ω]	10[Ω]
I 1[A]	2.85	2.75	2.87	2.77
I 2[A]	2.88	3.00	2.87	3.01
I 3[A]	2.86	2.87	2.85	2.84

られている。ここでは、ねん架方式における架空地線電流と停止回線電流について検討する。

図5(a)は、ねん架方式における架空地線電流分布を厳密解と近似解1について示したものであり、表4はそのときの停止回線電流の値を示している。同図において、ねん架の各区間を分布定数線路で扱った近似式1の計算結果と厳密式の計算結果を比較すると非常によく一致していることが明らかとなっている。またこの分布は、電気所付近では非ねん架方式の場合と同様な分布となるが、ねん架を設けた鉄塔(図3における区間の変わる所)付近(約10鉄塔)でも、同じように電流は小さくなっている。これは、図5(b)に示されるように両区間の電流の位相が異なっているためである。さらに径間数が多くなり、こう長が長くなると、電気所とねん架鉄塔からある程度離れたところ(約2.6

[km]では、電流の値が一定となる。そしてこの値は、非ねん架方式における値と一致する。ところが停止回線電流に関しては、非ねん架方式の場合とは異なり、各導体電流 (I_1, I_2, I_3) の差は数%以内であり、ほぼ等しい値となることが明らかとなった(表4参照)。そして、位相差は約 120° となっており、これらのフェーザ和は非常に小さくなる。

4. 架空送電線から通信線に生じる電磁誘導電圧

送電線から近接する通信線に生じる電磁誘導電圧を検討する際には、電磁環境が最も厳しくなる条件(電気所の接地抵抗の影響がなく、架空地線電流が一定となる部分)を考慮するので、架空地線電流と停止回線電流は、近似式2の結果を用いた。

4.1 架空送電線から通信線に生じる電磁誘導電圧の計算方法

図1において、送電線から通信線への誘導電圧は、架空地線電流と各相導体電流による誘導電圧のフェーザ和で求めることができる。従って、送電線と平行して存在する通信線へ生じる単位 km 当たりの電磁誘導電圧 V_i は、式(8)で求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} V_{p1} &= z_{1t}I_1 + z_{2t}I_2 + z_{3t}I_3 \\ V_{p2} &= z_{at}I_a + z_{bt}I_b + z_{ct}I_c \\ V_g &= z_{gt}I_g \\ V_i &= V_{p1} + V_{p2} + V_g \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

V_i : 送電線から通信線 t への電磁誘導電圧 [V/km]

V_{p1} : 停止回線電流による誘導電圧 [V/km]

V_{p2} : 送電回線電流による誘導電圧 [V/km]

V_g : 架空地線電流による誘導電圧 [V/km]

z は通信線 t と各相導体または架空地線との間(添え字が対応)の単位 km 当たりの大地帰路インピーダンス [Ω/km]を示している。ところで、送電線から通信線 t への電磁誘導が実際に問題となるのは、両線路の水平離隔距離が数百 m 程度までなので、送電線直下を基準として $-500[\text{m}] \sim +500[\text{m}]$ の範囲について計算した。

4.2 架空送電線から通信線に生じる電磁誘導電圧の計算結果及び考察

片回線停止時の非ねん架方式(送電回線の相配列を考慮する)とねん架方式では、停止回線の影響により、通信線に及ぼす電磁誘導電圧が異なる。ここでは、式(8)を用いて架空地線電流、停止回線電流、送電回線電流による通信線への誘導電圧の計算結果を示す。

図6は、送電回線を上相から a-b-c とした配列の V_{p1}, V_{p2}, V_g, V_i の分布を示す。 V_i の分布は、左右非対称となり、全体にわたって V_g, V_{p1} による影響が大きく、 V_g の値は V_{p1} の約 90% である。また、 V_{p2} による影響は、送電線のごく近傍に限られ、その範囲は水平離隔距離が $-60 \sim +110[\text{m}]$ 程度までである。

次に、図7は、送電回線を下相から a-b-c とした配列の誘導電圧の分布を示す。全体としては図6と同じ傾向を示しているが、 V_i の分布は V_g による影響が大きく、 V_{p1} の値は V_g の約 40% である。また、 V_{p1} による影響も、上相から a-b-c とした配列よりも約 65%

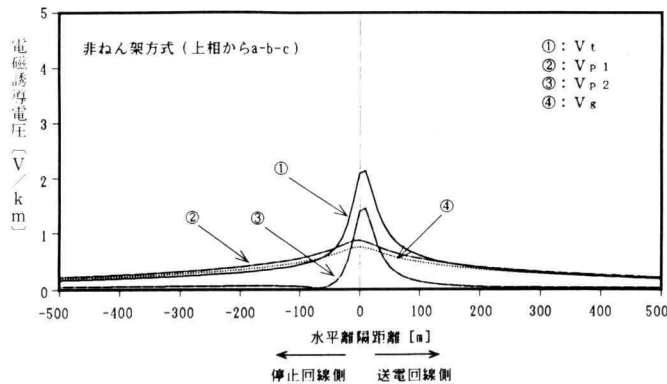


Fig. 6. Induced voltage in a communication line from a high voltage transmission line. (un-transposition)

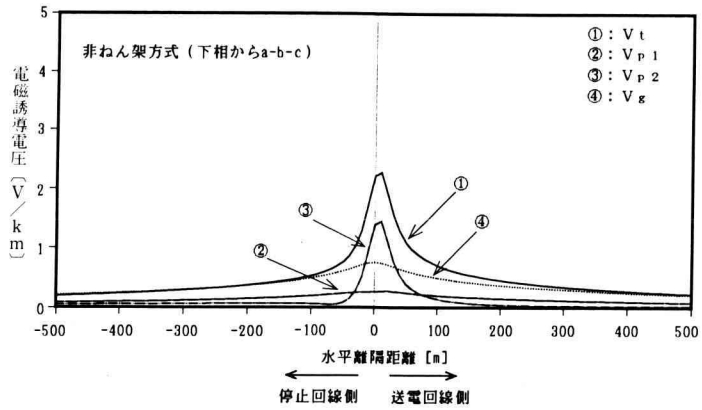


Fig. 7. Induced voltage in a communication line from a high voltage transmission line. (un-transposition)

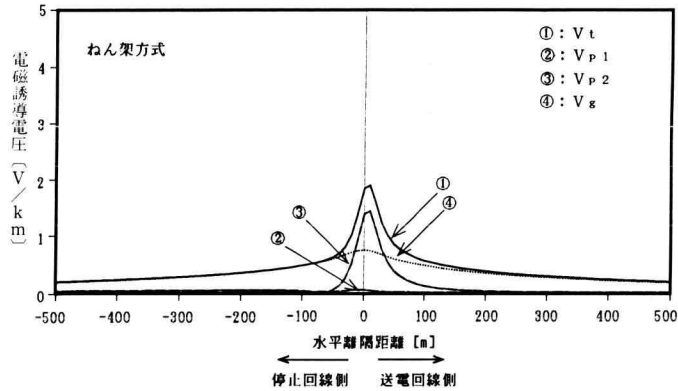


Fig. 8. Induced voltage in a communication line from a high voltage transmission line. (transposition)

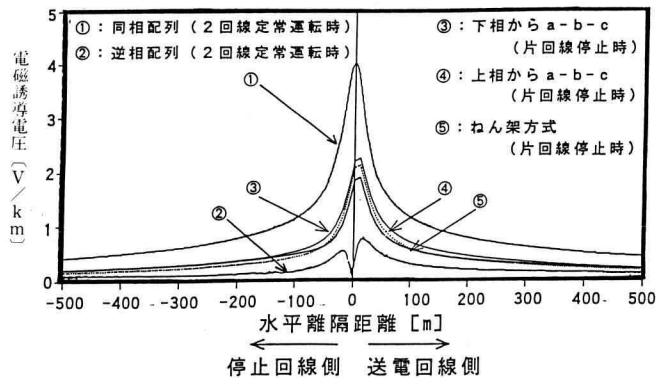


Fig. 9. Induced voltage in a communication line from a high voltage transmission line.

小さくなっている。

図8は、ねん架方式における誘導電圧の分布を示す。 V_{p2} の影響は非常に小さく無視することができる(4.2節参照)。

以上の結果から、非ねん架方式における通信線の誘導電圧 V_i は、架空地線電流 I_g と停止回線電流 I_1, I_2, I_3 による影響が大きく、ねん架方式では I_g による影響は大きいが I_1, I_2, I_3 の影響はほとんどないことが明らかとなった。そして送電回線は、送電線のごく近傍に通信線がある場合のみ影響する。

また、電磁誘導電圧は、送電線直下を中心として、若干左右非対称となるので、送電線及び通信線の新增設などの誘導予測計算を行う際は、2通りの相配列を検討し、誘導電圧が高い方を考慮することが必要である。

図9は、片回線停止時と2回線定常運転時¹⁰⁾の高圧送電線から通信線に生じる誘導電圧の計算結果を示す。同図から次のことが明らかになった。

- (1) 片回線停止時に関して、導体配列の影響は、送電回線を下相からa-b-cとした配列に対して、上相からa-b-cとした配列の方が約10%程度小さくなる。また、ねん架方式における誘導電圧は、 V_{p1} の影響がほとんどなくなるため約17%小さくなる。
- (2) 送電回線を下相からa-b-cとした配列は、2回線定常運転時の逆相配列と比較すると、位相が打ち消し合う効果がなくなるため、約70%大きくなる。また、2回線定常運転時の同相配列よりも約50%小さくなる。

従って、片回線停止送電線では電磁誘導電圧の観点からすると、停止回線の影響により、ねん架方式よりも非ねん架方式の方が誘導電圧が厳しくなることが明らかとなった。また、2回線定常運転時の同相配列よりも低くなるが、逆相配列よりは高くなることが明らかとなった。

5. 結 論

本研究で得られた成果を要約すると次の通りである。

架空地線電流は、電気所とねん架方式におけるねん架鉄塔のごく近傍を除いては一定の値となり、その値は式(5)で示した近似式から得られた結果と一致することが明らかとなった。非ねん架方式、ねん架方式とも架空地線電流が一定となる部分の値は一致し、2回

線定常運転時の同相配列に比して約50%小さくなるが、逆相配列と比べると約70%大きくなる。また、ねん架方式の場合、停止回線電流 I_1, I_2, I_3 の大きさは、非ねん架方式とは異なりほぼ等しい値となる上に、位相差が約120°であり、これらのフェーザ和は非常に小さく、電磁誘導電圧の観点からは無視できることが明らかとなった。

通信線の電磁誘導電圧に関して、非ねん架方式については、架空地線電流による影響が最も大きく、停止回線の影響は、その約40%となっている。さらに送電線のごく近傍では、送電回線電流の影響も大きい。一方ねん架方式では、架空地線電流による影響が大きいものに対して停止回線の影響はほとんどない。また、片回線停止時の電磁誘導電圧は、前述の架空地線電流の関係から、2回線定常運転時の同相配列に比して約50%小さくなるのに対して、逆相配列と比べると位相が打ち消し合う効果がなくなるため約70%大きくなる。

以上の結果より、片回線停止送電線では電磁誘導電圧の観点からすると、ねん架方式よりも非ねん架方式の方が厳しくなることが明らかとなった。また、誘導電圧は2回線定常運転時の同相配列よりは低くなるが逆相配列よりは高くなることが明らかとなった。

文 献

- 1) 電気学会・電子通信学会誘導調査特別委員会編：「電磁誘導に関する最新の動向と課題」電気学会出版(昭54-3)。
- 2) 電気学会・電子通信学会誘導調査特別委員会編：「情報化社会と省エネルギー時代の電磁誘導対策問題」電気学会出版(昭58-7)。
- 3) 電気学会・電子情報通信学会誘導調査特別委員会編：「電磁誘導対策の考え方とその最新技術」電気学会出版(昭62-9)。
- 4) 電気学会・電子情報通信学会誘導調査特別委員会編：「電力および通信技術の進歩と電磁誘導対策への展開」電気学会出版(平5-11)。
- 5) 森, 大矢：「架空送電線から通信線に生じる常時誘導電圧の予測計算法に関する基礎的検討」電気学会論文誌, B-109巻, 7号, p. 291~298 (平元-7)。
- 6) 森, 大作, 大矢：「架空送電線の相電流の不均衡を考慮したときの架空地線電流と大地帰路電流に関する検討」電気学会電力・エネルギー部門大会 No. 158 (平2-7)。

- 7) 森, 大作, 大矢: 「相電流の回線間不平衡時の架空地線電流と大地帰路電流に関する検討」電気学会全国大会 No. 1307 (平 3-3).
- 8) 森, 大作, 大矢: 「架空送電線の回線間不平衡を考慮したときの近傍通信線への電磁誘導電圧に関する検討」電気学会電力・エネルギー部門大会 No. 287 (平 3-7).
- 9) 森, 大作, 大矢, 板子: 「定常運転時の高圧送電線から通信線に生じる電磁誘導電圧に関する検討」電気学会全国大会 No. 1248 (平 4-3).
- 10) 大作: 「架空送電線の定常運転時における架空地線電流と近傍通信線への電磁誘導電圧の予測計算」(神奈川工科大学平成 3 年度 修士論文).
- 11) 森, 深江, 大矢: 「片回線停止送電線が近傍通信線へ及ぼす電磁誘導障害に関する検討 (非ねん架方式)」電気学会電力・エネルギー部門大会 No. 618 (平 5-7).
- 12) 森, 深江, 大矢: 「片回線停止送電線が近傍通信線へ及ぼす電磁誘導障害に関する基礎的検討 (ねん架方式の場合)」電気学会全国大会 No. 1287 (平 6-3).
- 13) 吉岡, 北村: 「100 万 V 送電線路の作業用現場接地に関する考察と検証 (その 2. 電磁誘導とその防護)」電気学会論文誌, B-111 巻, 2 号, p. 188~196 (平 3-2).
- 14) 富士通: 「FACOM FORTRAN SSL2 使用手引書」, p. 245~246.