

通信線伝送特性に及ぼす接地線の影響

井上 浩

The effect of a ground-wire to the transmission-loss of high frequency.

Hiroshi INOUE

In the low frequency a ground wire has no transmission-loss, but in the high frequency has some losses if the distance between two ground-points can compare to the wave length. In this paper the relation of transmission loss between the distance or earth point and the wave length, is given using symmetrical component method of tw ophase.

1. 緒 言

通信線に並行して建設された接地線が線路の周波数特性に及ぼす影響は少ないものとされて居るが幾何程の影響を与えるかを定量的に与える必要を生じた。高周波になると接地線は接地点の外は接地して居るとは見做されなくなり、接地点間の間隔が波長と比較し得る様な場合には特に必要となつて来る。此の様な回線の実験は種々困難があるけれども、何等かの役に立てば幸である。此の研究は電力線搬送周波数に対する鉄塔間の間隔との関係を明にする必要上行なわれたものであり、計算の概略を示すに止める。

2. 理論的考察

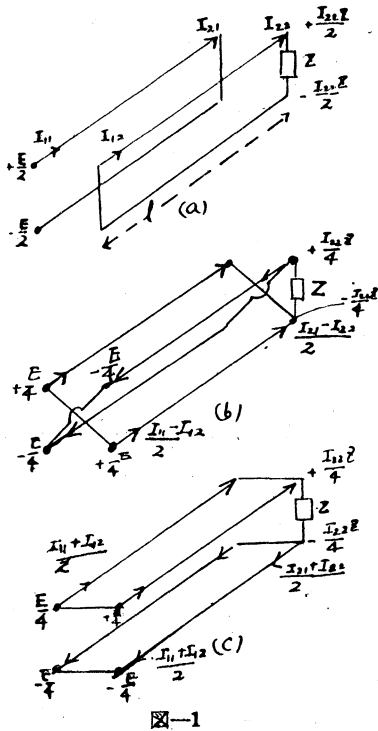


図-1

図-1(a)の如き線路の伝送特性を取扱うためには(b)(c)の如く正相系と逆相系に分けて夫々の電流を求めて加え合せる方法を取る。

正相系に対しては

$$\begin{aligned} \frac{E}{2} &= E_2 \cos ml + j I_{2a} Z_{0a} \sin ml \\ &= -\frac{I_{22} Z}{2} \cos ml + j (I_{21} - I_{22}) Z_{0a} \sin ml \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$I_{11} - I_{12} = (I_{21} - I_{22}) \cos ml - j \frac{I_{22} Z}{2 Z_{0a}} \sin ml \dots\dots\dots (2)$$

逆相系に対しては

$$\frac{E}{2} = \frac{I_{22} Z}{2} \cos m'l + j (I_{21} + I_{22}) Z_{0s} \sin m'l \dots\dots\dots (3)$$

$$I_{11} + I_{12} = (I_{21} + I_{22}) \cos m'l + j \frac{I_{22} Z}{2 Z_{0s}} \sin m'l \dots\dots\dots (4)$$

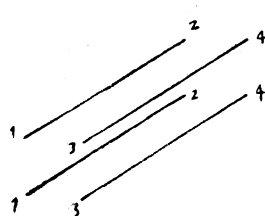


図-2

一般性を与えるため正相系と逆相系の位相常数は、大地の伝播速度が導線間の夫の0.9程度となるため、異なるものと考え、 $m \neq m'$ とした。 Z_{0a} , Z_{0s} は夫々正相系逆相系の影響インピーダンスとする。故にEなる印加電圧が与えられると、 I_{12} , I

21. I_{22} は(4)ケの方程式より求められる。最初 $m=m'$ として検討して見る。

a) 33を開放した時

22を開放して11端子に於ける送電端インピーダンス Z_f は (44を短絡とし)

$$Z_{1f} = \frac{j(t^2 - \cos^2 ml) Z_0}{\sin ml \cos ml} \dots\dots\dots (5)$$

茲に $Z_0 = \frac{Z_{0s} Z_{0a}}{Z_{0s} + Z_{0a}}$

同様に22を短絡した時の送電端インピーダンス Z_{1s} は

$$Z_{1s} = \frac{j \sin ml}{\cos ml} \dots\dots\dots (6)$$

従つて伝播常数 θ , 影像インピーダンスは

$$\tanh \theta = \sqrt{\frac{Z_{1s}}{Z_{1f}}} = \sqrt{\frac{\sin^2 ml}{t^2 - \cos^2 ml}} \dots\dots\dots (7)$$

$$Z_0' = Z_0 \sqrt{\frac{-(t^2 - \cos^2 ml)}{\cos^2 ml}} \dots\dots\dots (8)$$

但し式中の t は図-3の様な時には

$$t = \frac{277}{Z_0} \log \frac{D_2}{D_1} \dots\dots\dots (9)$$

で与えることが出来る。(7)式より、此の様な線路の長さとし線路構成の時には周波数の変化に対して、減衰域が存在し、遮断周数波は

$$t = \cos ml$$

最大減衰は $ml = (2n+1)\frac{\pi}{4}$ の時で其の時の減衰量は与えることが出来る。図示すれば図-4 図の如き減衰特性を示す。

b) 33端子開放, 44端子開放の時

$$Z_{1f} = -j \cot ml$$

$$Z_{1s} = j \tan ml$$

従つて

$$\tanh \theta = j \tan ml$$

$$Z_0' = Z_0$$

即ち此の場合減衰なく、全周波通過する。

c) 33端子短絡, 44端子開放の時

(a)と同様に Z_{1f} , Z_{1s} を求めると

$$Z_{1f} = \frac{(1-t^2)\cos^2 ml}{j \sin ml \cos ml} Z_0$$

$$Z_{1s} = \frac{-j(1-t^2)\sin ml \cos ml}{t^2 - \cos^2 ml} Z_0$$

故に

$$\tanh \theta = \frac{\sin ml}{\sqrt{t^2 - \cos^2 ml}}$$

$$Z_0' = \sqrt{\frac{-(1-t^2)\cos^2 ml}{t^2 - \cos^2 ml}}$$

即ち33端子と44端子を入替えた (a) と (c) とは減衰特性は変化しないが、其の影像インピーダンスは変化する。

d) 33端子短絡, 44端子短絡

此の場合にも (b) に示したと同様に全周波通過特性を示して、何等の減衰特性を示さない。

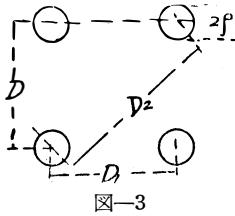


図-3

$$\tanh \theta = \frac{1}{t}$$

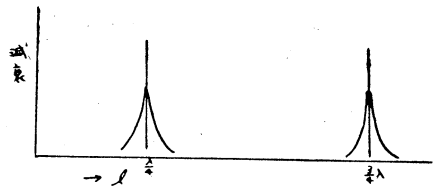


図-4

此の場合 $m \neq m'$ となるならば減衰が生ずる事は後の計算で示すこととする。

以上を総合するに、電力線搬送線に於いてもし接地線の鉄塔に於いて1ヶ所の不完全接地ある場合には、鉄塔間隔が $\frac{1}{4}$ 波長に近づくと減衰が増加し $\frac{1}{4}$ 波長の時最大の減衰を示すこととなる。

3. $m \neq m'$ の時の考察

此の場合に興味があるのは33端子短絡、44端子短絡の場合である。前に述べたと同様にして求めると

$$\cosh \theta = \frac{1 + \frac{Z_{0a}}{Z_{0s}} \frac{\tan ml}{\tan m'l}}{1 + \frac{Z_{0a}}{Z_{0s}} \frac{\sin ml}{\sin m'l}} \cos ml$$

$$Z_{0''' } = \frac{1}{\sqrt{1 + 2 \frac{Z_{0a}}{Z_{0s}} \frac{1 - \cos(m' - m)l}{\sin ml \sin m'l}} \left(1 + \frac{Z_{0a}}{Z_{0s}}\right)}$$

$Z_{0'''}$ が 0 または ∞ となる点が減衰域の遮断周波数を与えるもので、零点は $ml = \frac{1}{2}$ 波長又は $m'l = \frac{1}{2}$ 波長に相当し、 ∞ の点は分母が 0 の時で Z_{0a} 、 Z_{0s} の比にも関係する。

減衰特性は図に示す様になる。

此等の関係式に実際の値を代入すると、 $m = m'$ の時接地線が一方の鉄塔間で開放せられ、鉄塔間隔 $\frac{1}{4}$ 波長の時には、通信相に三相回線の何れを使用するかにより、3db から 8db 程度の減衰が1区間に対して与えられる。接地線が両鉄塔間で完全接地せられた時には $m \neq m'$ の時のみ減衰特性が生じて、然も鉄塔間隔が $\frac{1}{2}$ 波長程度の時に鋭い減衰を生じ、3db から 10db 程度の値となる。但し使用せる鉄塔は15万ボルト用として計算した。

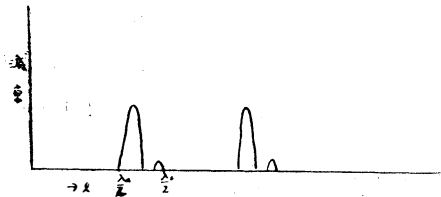


図-5

4. 結 言

以上の結果として鉄塔間隔が $\frac{1}{4}$ 波長の時には $m = m'$ の時一鉄塔に於ける接地点が不完全接地の時に線路周波数特性に減衰を生じ、鉄塔間隔が $\frac{1}{2}$ 波長の時には $m \neq m'$ の時で然も鉄塔に於いて完全接地せられた時に生ずる点を明にすることが出来た。もし搬送周波数として電力用として最高の 450KC を用いる時には其の波長は 600m 程度となるので、多少の電力損失は避けられない点が明となった。終に種々御便宜を得た、北陸電力の諸氏に厚く感謝の意を表すとともに卒業研究として助力を得た安川史郎君に謝意を表す次第である。

参考文献

- (1) 井上, 加茂, 安川, 電気三学会特合大会講演予稿 昭和30年5月
- (2) 高木, 斉藤, その他' 電力線搬送のアンテナ結合現場試験と送電線上の通信電圧分布実測結果, 電気学会誌 昭和27年12月 P757頁