

直接接地系統の地絡電流、故障相電圧、零相電流

KIMさんの記号を引用させて頂き、負荷側は各対称分リアクタンスの単なる並列合成なので省略して考え、地絡抵抗を R_g とすると各相インピーダンスは

$$Z_0 = jX_{0A} + jX_{TA} + 3R_g$$

$$Z_1 = jX_A + jX_{TA} + jX_{G1}$$

$$Z_1 = Z_2$$

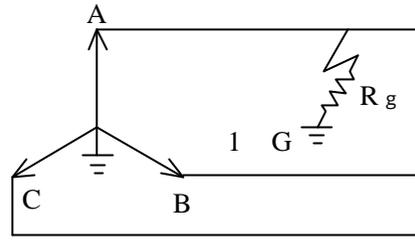


Fig1

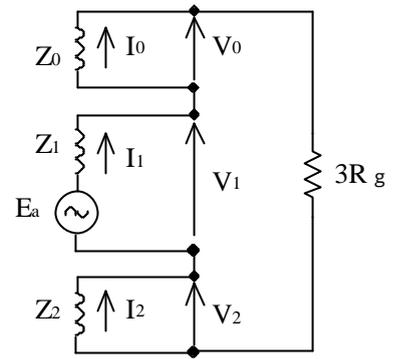


Fig2

1線地絡なのでFig2の等価回路より

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$V_0 = -Z_0 I_0 = -\frac{Z_0 E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$V_1 = E_a - Z_0 I_0 = E_a - \frac{Z_0 E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$V_2 = -Z_2 I_0 = -\frac{Z_2 E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$I_a = I_0 + I_1 + I_2 = 3 I_0 = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$V_a = R_g I_a = 3R_g I_0 = \frac{3R_g E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$R_g = 0$ 即ち完全地絡時

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$$

$$V_0 = -Z_0 I_0 = -\frac{Z_0 E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} = -\frac{E_a}{1 + (Z_1 + Z_2) / Z_0}$$

Z が変化した場合の V の変化は次のグラフとなる。

Z_0 非接地でa相完全地絡
(この場合対地静電容量の影響を考慮)

$$V_0 = -E_a$$

$Z_0 = 0$ 直接接地で零相インピーダンス0のとき
(実際にはあり得ない)

$$V_0 = 0$$

もし、 $Z_0 = Z_1 = Z_2$ ならば

$$V_0 = -Z_0 E_a / 3 Z_0 = -1/3 \times E_a$$

$Z_0 = Z_1 + Z_2$ ならば

$$V_0 = -1/2 \times E_a$$

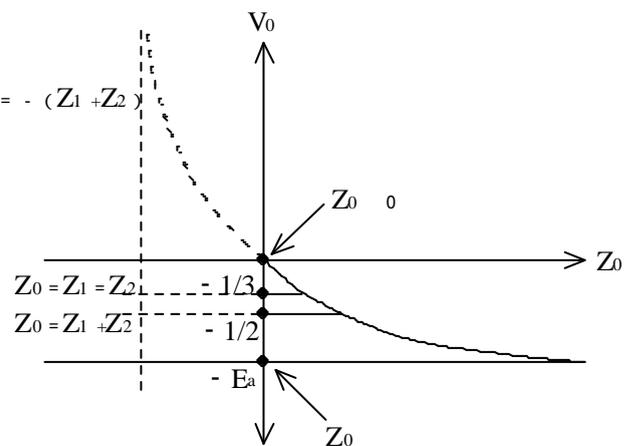


Fig3

Fig2で E_a が Z_0 、 Z_1 、 Z_2 に分割されると考え、

Z_0 と Z_1 、 Z_2 の大きさにより変化するので、KIMさんの結論にあるように各対称分インピーダンスを丁寧に計算して零相電圧を求めなければならない。

次に直接接地系の地絡抵抗 R_g で地絡した場合 (R_g を可変として) を考えてみると

一般的な有効接地系の雷害地絡は、完全地絡に近い。

故障点抵抗としてアーク抵抗と架空地線及び塔脚接地抵抗が入る。

実測及び研究結果より275kV系統で2~3

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

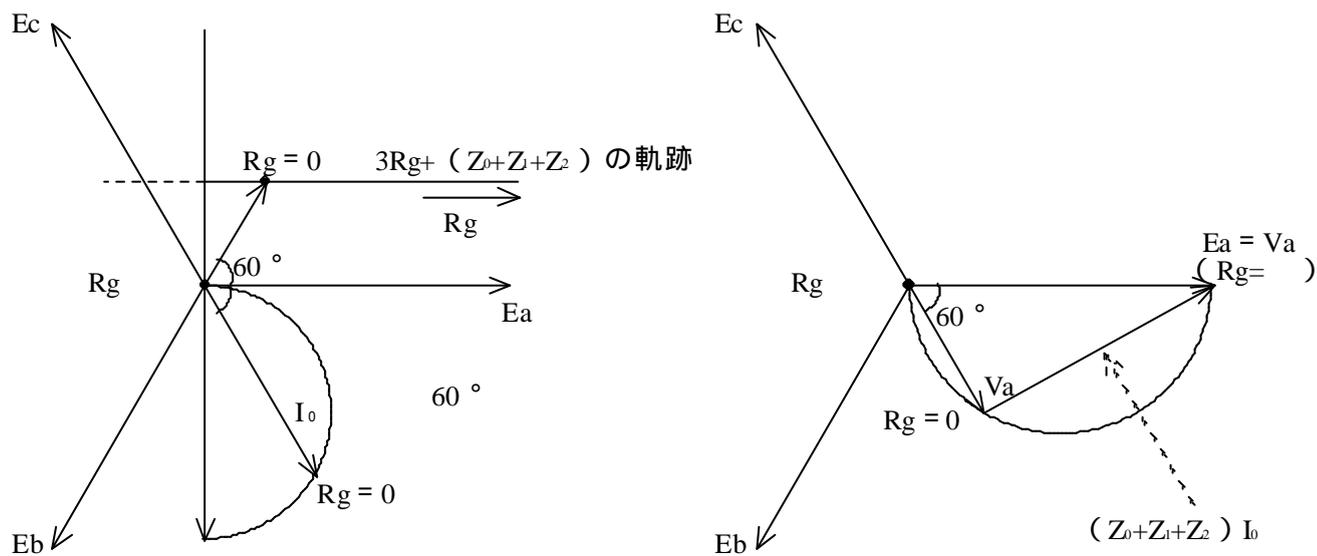
$$I_a = 3 I_0 = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$V_a = R_g I_a = 3R_g I_0 = \frac{3R_g E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$V_0 = - \frac{Z_0 E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$V_a = \frac{E_a}{1 + \frac{Z_0 + Z_1 + Z_2}{3R_g}}$$

275kV送電線のインピーダンス角は 60° 程度であるので、 Z_0 、 Z_1 、 Z_2 のインピーダンス角も同値を採用する。



直接接地系統の地絡継電器の距離測定

1線地絡事故については線路の正相インピーダンスを測定する。

一般に系統の正相インピーダンス Z_1 と零相インピーダンス Z_0 が等しくない上に、他回線の零相電流による誘導があるため距離測定が多少複雑になる。

Fig1、Fig2に1線地絡事故時の系統図及び対称分等価回路を示す。

地絡距離継電器(44G)では1線地絡事故を最も高感度に検出するために相電圧 V_a と相電流 I_a を用いて線路の正相インピーダンスを測定する。

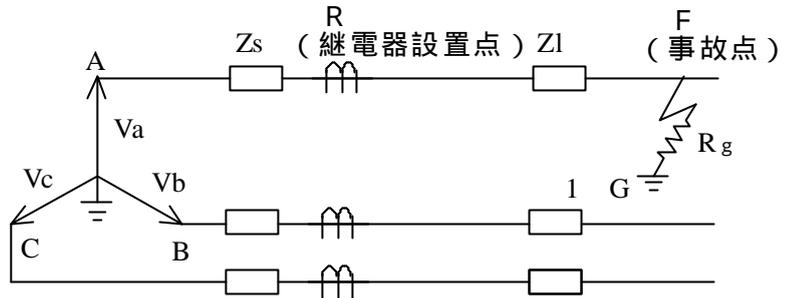


Fig1 (系統図)

Fig2の等価回路より

$$V_a = V_1 + V_2 + V_3$$

継電器設置点では

$$\text{正相 } V_1 = Z_{l1} \cdot I_1 + V_{1F}$$

$$\text{逆相 } V_2 = Z_{l2} \cdot I_2 + V_{2F} = Z_{l1} \cdot I_2 + V_{2F}$$

$$\text{零相 } V_0 = Z_{l0} \cdot I_0 + V_{0F}$$

さらに零相電圧については他回線からの誘導を考慮すれば

$$V_0 = Z_{l0} \cdot I_0 + V_{0F} + Z_m \cdot I_0'$$

ここで Z_m は他回線と自回線の相互インピーダンス、 I_0' は他回線の零相電流を示す。

以上より

$$V_a = (Z_{l1} \cdot I_1 + V_{1F}) + (Z_{l1} \cdot I_2 + V_{2F}) + (Z_{l0} \cdot I_0 + V_{0F} + Z_m \cdot I_0')$$

$$= (Z_{l1} \cdot I_1 + Z_{l1} \cdot I_2 + Z_{l0} \cdot I_0 + Z_m \cdot I_0') + (V_{1F} + V_{2F} + V_{0F})$$

$$= Z_{l1} \left[(I_1 + I_2 + I_0) + \frac{(Z_{l0} - Z_{l1})}{Z_{l1}} I_0 + \frac{Z_m}{Z_{l1}} I_0' \right]$$

$$Z_{l1} = \frac{V_a}{I_a + \frac{(Z_{l0} - Z_{l1})}{Z_{l1}} I_0 + \frac{Z_m}{Z_{l1}} I_0'}$$

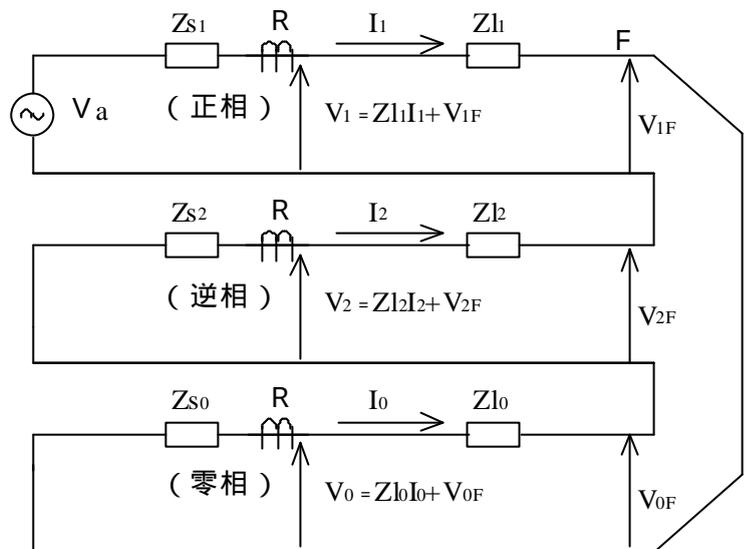


Fig2 (1線地絡事故a相)

上式より明らかなように零相インピーダンス Z_{l0} が正相インピーダンス Z_{l1} と等しくない上に、他回線からの誘導を受けるために、一般には抑制電圧 V_a と動作電流 I_a だけでは正確な正相インピーダンス Z_{l1} を測定できない。

このため地絡距離継電器(44G)では零相補償CTを使用して自回線の零相電流及び他回線の零相電流を導入して補償をかけ動作電流を

$$I_a + \frac{(Z_{l0} - Z_{l1})}{Z_{l1}} I_0 + \frac{Z_m}{Z_{l1}} I_0'$$

(自回線補償) (他回線補償)

として正確な正相インピーダンスの測定が出来るよう考慮されている。

しかしモー特性の距離継電器のように後備保護や方向比較搬送保護(キャリア)の方向要素として使用される場合で、正確な距離測定をしない場合は零相補償をかけないことが多い。

地絡継電器 (44 G) の零相補償

