

超高压串联电容补偿线路上 多相补偿阻抗继电器动作特性的数字计算分析

山东工业大学电力系 王广廷 邹森

摘 要

本文采用数字计算方法，首先详细地分析了在超高压串联补偿线路上反应接地故障和反应相间故障的Ⅱ类多相补偿阻抗继电器在所用电压互感器安装位置不同时性能，然后探讨了与Ⅰ类方向阻抗继电器联合工作的可能性，最后具体指出了在区内故障时，在先振荡后短路所引起延缓动作的稀有情况。

一、前 言

为了提高输电线路的传送功率和电力系统的稳定性，不仅在330千伏线路上已装设了串联电容补偿装置，而且我国和有些国家正在规划设计中的某些500千伏线路上也考虑装设串联电容补偿装置（文献〔1〕）。文献〔2〕详细分析了负序（零序）功率方向元件在串联电容补偿线路上应用的可能性。由于多相补偿阻抗继电器具有能较好地、稳定地躲过短路弧光电阻，在系统振荡时又不会动作等一系列优点，因此本文将探讨反应接地故障和反应相间故障的多相补偿阻抗继电器在串联电容补偿线路上应用的可能性。

典型的500千伏电力系统图示于图1。当发生弧光电阻短路，串联补偿电容又发生不对称击穿时，则形成六种有代表性的复杂故障。

多相补偿阻抗继电器的特性本来就比较复杂，加上在复杂故障中由于串联补偿电容器不对称击穿引起的系统不对称振荡，用传统的解析法进行分析困难较大，本文以两口网络理论为基础，并在两口口中分别考虑弧光电阻和串补电容器不对称击穿的因素，借助TQ—16电子计算机的全面计算，准确地得到这类多相补偿阻抗继电器的具体特性。

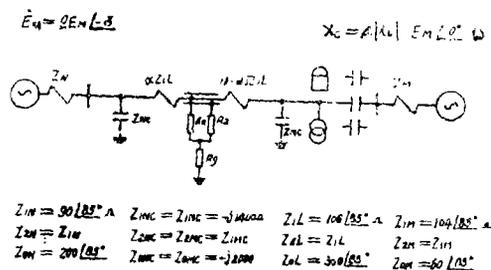


图 1 500千伏典型电力系统

二、六种复杂故障的数学模型

(一) BC两相经弧光电阻接地短路,同时串联补偿电容器 BC相击穿(简称〔K₁〕)。这种故障的复合序网示于图2。

根据图2的复合序网可以写出:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}'_{11} \\ \dot{V}'_{2(1)} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} + \frac{1}{Z} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{I}_{Y1} \\ \dot{I}_{Y2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

式中: Y参数的零序部份为:

$$Y_{110} = \frac{1}{\left[\frac{(Z_{0M} + Z)Z_{0MC}}{(Z_{0M} + Z) + Z_{0MC}} + (1 - \alpha)Z_0L \right] \left[\frac{Z_{0N}Z_{0NC}}{Z_{0N} + Z_{0NC}} + \alpha Z_0L \right] + (R_s + 3R_r)Z_0L + \frac{Z_{0N}Z_{0NC}}{Z_{0N} + Z_{0NC}} + \frac{(Z_{0M} + Z)Z_{0MC}}{Z_{0M} + Z + Z_{0MC}}} \dots\dots\dots (2)$$

$$Y_{21(0)} = Y_{12(0)} = -Y_{11(0)} \left\{ \frac{\frac{Z_{0N}Z_{0NC}}{Z_{0N} + Z_{0NC}} + \alpha Z_0L}{Z_0L + \frac{Z_{0N}Z_{0NC}}{Z_{0N} + Z_{0NC}} + \frac{(Z_{0M} + Z)Z_{0MC}}{Z_{0M} + Z + Z_{0MC}}} \right\} \times \left\{ \frac{Z_{0MC}}{Z_{0M} + Z + Z_{0MC}} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$$Y_{22(0)} = \left\{ \left[\frac{(\alpha Z_0L + \frac{Z_{0N}Z_{0NC}}{Z_{0N} + Z_{0NC}})(R_s + 3R_r)}{\alpha Z_0L + \frac{Z_{0N}Z_{0NC}}{Z_{0N} + Z_{0NC}} + R_s + 3R_r} \right] // Z_{0MC} \right\} + Z_{0M} + Z_0L \dots\dots\dots (4)$$

在(2)、(3)、(4)式中,对于〔K₁〕故障, Z = 0。

同理,可写出Y参数的正序、负序部份。

(1)式中: \dot{I}_{Y1} 、 \dot{I}_{Y2} 为两口网络短路时,第一口及第二口的短路电流。

接着可求出 $\begin{bmatrix} \dot{I}'_{1(1)} \\ \dot{I}'_{2(1)} \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} \dot{I}'_{1(2)} \\ \dot{I}'_{2(2)} \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} \dot{I}'_{1(0)} \\ \dot{I}'_{2(0)} \end{bmatrix}$, 最后可求出保护安装处的各相电压

\dot{V}_{AN} 、 \dot{V}_{BN} 、 \dot{V}_{CN} 和各相电流 \dot{I}_{AN} 、 \dot{I}_{BN} 、 \dot{I}_{CN} 。

(二) BC两相经弧光电阻接地短路,同时串联补偿电容器C相击穿(简称〔K₂〕)。这种故障的复合序网示于图3。

〔注〕式(1)、(5)、(6)、(11)与文献〔2〕相应的四式实质一致。



根据图3的复合序网可以写出:

$$\begin{pmatrix} \dot{V}'_{1(1)} \\ \dot{V}'_{2(1)} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} + Z \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} n_{1(1)} \dot{I}_{Y1} \\ n_{2(1)} \dot{I}_{Y2} \end{pmatrix} \dots\dots\dots (5)$$

式中: Y参数的零序部份与式(2)、(3)、(4)相同,三式中的 $Z = -jX_c$ 。
同理,可写出Y参数的正序、负序部份。

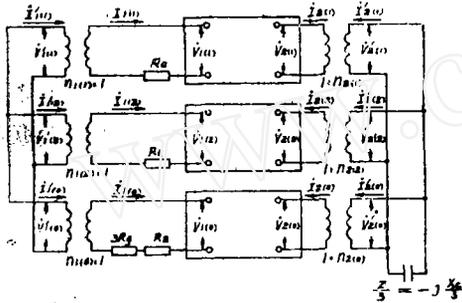


图2 两相经弧电阻接地短路,同时串补电容器两相击穿时的复合序网

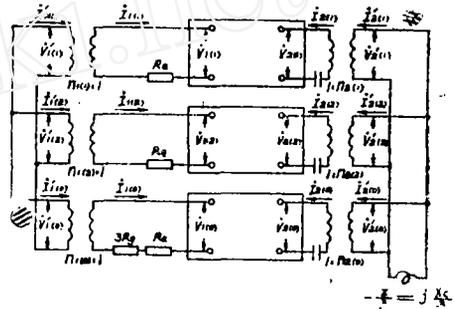


图3 两相经弧电阻接地短路,同时串补电容器一相击穿时的复合序网

(三) BC两相经弧电阻短路,同时,串联补偿电容器BC相击穿(简称〔K₃〕),这种故障的复合序网和数学模型与(一)相似,只是接地弧电阻 $R_g = \infty$ 。

(四) BC两相经弧电阻短路,同时串联补偿电容器C相击穿(简称〔K₄〕)。这种故障的复合序网和数学模型与(二)相似,只是接地弧电阻 $R_g = \infty$ 。

(五) A相经弧电阻接地短路,同时串联补偿电容器AB相击穿(简称〔K₅〕)。这种故障的复合序网与图2相似,不同的是第一口的正、负及零序三个序网,由并联改为串联,而且该口三个序网中的弧电阻均改为 R_g 。

因此可以写出:

$$\begin{pmatrix} \dot{I}'_{1(1)} \\ \dot{V}'_{2(1)} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} + Z \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} n_{1(1)} \dot{V}_{H1} \\ n_{2(1)} \dot{I}_{H2} \end{pmatrix} \dots\dots\dots (6)$$

式中: H参数的正(负)序部份为:

$$H_{11(1)} = \frac{\left[\frac{(Z_{1M} + Z)Z_{1MC} + (1 - \alpha)Z_1L}{Z_{1M} + Z + Z_{1MC}} \right] \left[\frac{Z_{1N} \cdot Z_{1NC} + \alpha Z_1L}{Z_{1N} + Z_{1NC}} \right] + R_g}{Z_1L + \frac{Z_{1N}Z_{1NC}}{Z_{1N} + Z_{1NC}} + \frac{(Z_{1M} + Z)Z_{1MC}}{Z_{1M} + Z + Z_{1MC}}} \dots\dots\dots (7)$$

$$H_{21(1)} = - \left[\frac{\left(\frac{Z_{1N} \cdot Z_{1NC}}{Z_{1N} + Z_{1NC}} \right) + \alpha Z_1L}{Z_1L + \frac{Z_{1N}Z_{1NC}}{Z_{1N} + Z_{1NC}} + \frac{(Z_{1M} + Z)Z_{1MC}}{Z_{1M} + Z + Z_{1MC}}} \right] \left[\frac{Z_{1MC}}{Z_{1M} + Z + Z_{1MC}} \right] \dots\dots (8)$$

$$H_{12 \ 1} = -H_{21 \ 1} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$H_{22 \ 1} = \frac{1}{\frac{Z_{1MC} (Z_{1N} \cdot Z_{1NC} + Z_1 L (Z_{1N} + Z_{1NC}))}{Z_{1NC} (Z_{1N} + Z_1 L + Z_{1MC}) + Z_{1N} (Z_1 L + Z_{1MC})} + Z_{1M} + Z} \quad \dots\dots\dots (10)$$

在式(7)、(8)、(10)中,对于(K₅)故障, Z = 0
同理,可以写出H参数的零序部份。

(6)式中: \dot{V}_{H1} 、 \dot{I}_{H2} 为正序网络第一口开路,第二口短路情况下,第一口的开路电压和第二口的短路电流。

(六) A相经弧光电阻接地短路,同时串联电容补偿器A相击穿(简称(K₆))。这种故障的复合序网与图3相似,不同的是第一口的正、负及零序三个序网也由并联改为串联,而且该口三个序网中的弧光电阻也均改为R_g。因此可以写出:

$$\begin{pmatrix} \dot{I}_{1 \ 1} \\ \dot{V}'_{2 \ 1} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} - \frac{3}{Z} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} n_{1 \ 1} \dot{V}_{H1} \\ n_{2 \ 1} \dot{I}_{H2} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中, H参数的正(负)序部份与(7)、(8)、(9)、(10)相同,四式中的 Z = -jx_C。

同理,可写出H参数的零序部份。

三、反应接地故障和反应相间故障的多相补偿阻抗继电器及方向阻抗继电器动作判据

本文探讨的反应接地故障的多相补偿阻抗继电器有四个输入量,它们是:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{AR} &= V_{AN} - (I_{AN} + K I_{ON}) Z_Y \\ \dot{V}_{BR} &= \dot{V}_{BN} - (\dot{I}_{BN} + K I_{ON}) Z_Y \\ \dot{V}_{CR} &= \dot{V}_{CN} - (I_{CN} + K I_{ON}) Z_Y \\ -\dot{I}_{OR} &= -\dot{I}_{ON} \end{aligned}$$

继电器的动作条件是四个输入量同极性。令φ₁、φ₂、φ₃和φ₄分别是四个输入量的相角,而且相角数值的大小次序为φ₁ > φ₂ > φ₃ > φ₄,则该继电器的动作判据是:

$$\begin{aligned} \varphi_1 - \varphi_2 &\geq 180^\circ \\ \text{或 } \varphi_2 - \varphi_3 &\geq 180^\circ \\ \text{或 } \varphi_3 - \varphi_4 &\geq 180^\circ \\ \text{或 } \varphi_1 - \varphi_4 &\leq 180^\circ \end{aligned}$$

φ表示继电器四个输入量所占据的角度,当180° ≥ φ ≥ 0时,继电器动作;当

$360^\circ \geq \varphi \geq 180^\circ$ 时，继电器不动作。

本文探讨的反应相间故障的多相补偿阻抗继电器用幅值比较原理时，可写成，

$$\dot{V}'_2 = \dot{V}_2 - \dot{I}_{2N} Z_Y$$

$$\dot{V}'_1 = \dot{V}_1 - \dot{I}_{1N} Z_Y$$

继电器的动作判据为：

$$|\dot{V}'_2| \geq |\dot{V}'_1|$$

至于相位比较方向阻抗继电器（极化电压无记忆电路时）的动作判据则为，
反应接地故障：

$$270^\circ \geq \arg \frac{\dot{V}_{AN}}{\dot{V}_{AN} - (\dot{I}_{AN} + K \dot{I}_{ON}) Z_Y} \geq 90^\circ$$

反应相间故障：

$$270^\circ \geq \arg \frac{\dot{V}_{BCN}}{\dot{V}_{BCN} - (\dot{I}_{BN} - \dot{I}_{CN}) Z_Y} \geq 90^\circ$$

四、两种多相补偿阻抗继电器所用电压互感器接在串补电容器线路侧或母线侧的讨论

对于方向阻抗继电器所用电压互感器装设的位置是比较容易确定的，但对于多相补偿阻抗继电器所用电压互感器装设位置的确定还是比较复杂的。本文采用电子计算机对比计算的方法来确定。反应接地故障的多相补偿阻抗继电器计算结果示于图4，图中实线曲线表示电压互感器接于串补电容器线路侧时继电器的特性；虚线曲线则表示互感器接于母线侧时继电器的特性。图4(a)和(c)表示 $\{K_1\}$ 和 $\{K_5\}$ 故障，都是指串补电容器两相击穿的情况，因此对于同一个 δ 角的 $\varphi = f(R_g)$ 实线和虚线曲线十分相近；而图4(b)和(d)表示 $\{K_2\}$ 和 $\{K_6\}$ 故障，都是指串补电容器一相击穿的情况，因此对于同一个 δ 角的 $\varphi = f(R_g)$ 实线和虚线曲线相差较大。当电压互感器接在串补电容器线路侧，在 $\delta = 160^\circ \sim 200^\circ$ 时，才出现超越现象。当电压互感器接在串补电容器

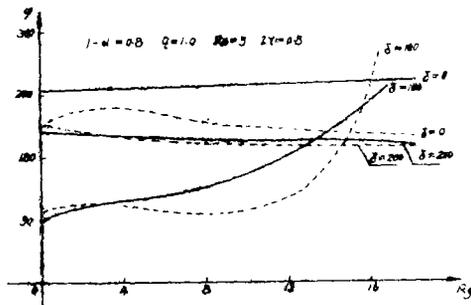


图4(a)

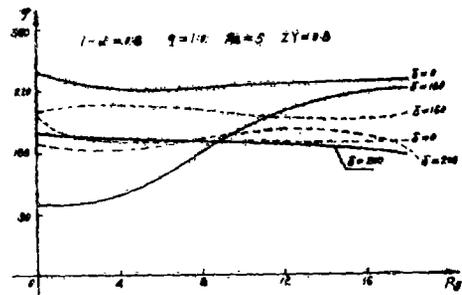


图4(b)

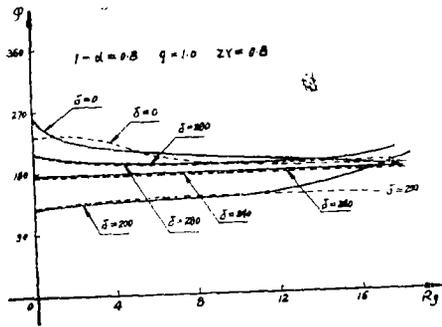


图 4 (c)

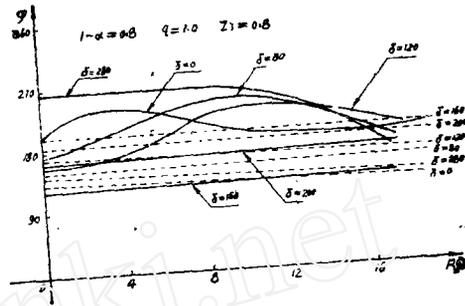


图 4 (d)

图 4 反应接地故障的多相补偿阻抗继电器的 $\varphi = f(R_g)$ 曲线

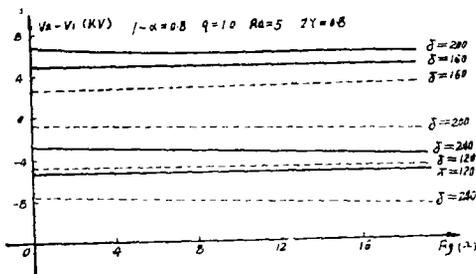


图 5 (a)

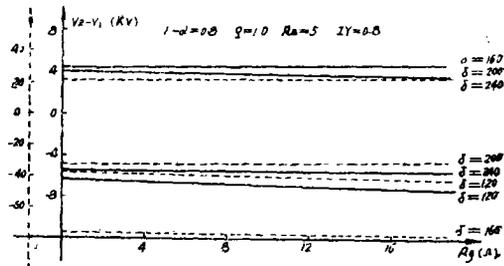


图 5 (b)

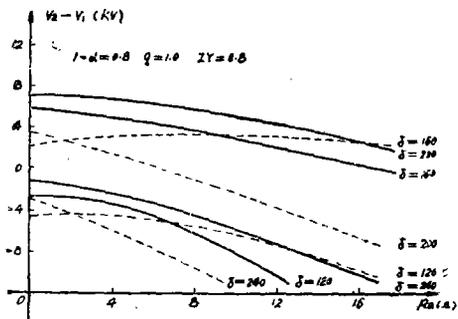


图 5 (c)

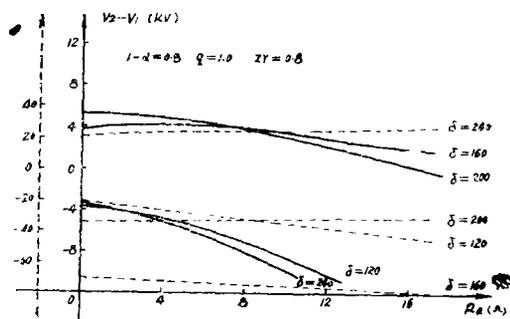


图 5 (d)

图 5 反应相间故障的多相补偿阻抗继电器的 $V = f(R_g)$ 曲线

母线侧，在 δ 角很小时，甚至 $\delta = 0^\circ$ 时也出现超越现象。

反应相间故障的多相补偿阻抗继电器计算结果示于图5，图5(a)、(b)、(c)、(d)中的四组曲线所表示的特性规律与图4相同。

根据图4和图5的八组曲线，我们确定电压互感器接于串补电容器的线路侧，这样当先短路后振荡时，继电器不会发生超越现象；当先振荡后短路时，只有在 δ 角摆大时才会出现超越现象。

五、两种多相补偿阻抗继电器整定值 Z_r 的确定

由于电压互感器装在串补电容器的线路侧，可取 $Z_Y = 0.8 Z_1 L$ 。两种多相补偿阻抗继电器动作情况分别示于表一和表二。两表中“+”表示继电器超越，“-”表示拒动，“空白”表示动作正常。两表中 $\{K_1\}$ 、 $\{K_2\}$ 故障时， $R_a = 5$ 欧， $R_g = 4$ 欧； $\{K_3\}$ 、 $\{K_4\}$ 故障时， $R_a = 6$ 欧； $\{K_5\}$ 、 $\{K_6\}$ 故障时， $R_g = 4$ 欧。从两表中可以看出，在振荡、弧光短路和串补电容器不对称击穿三者同时发生时，当区外故障 $(1 - \alpha) = 1$ ，有超越现象；当区内故障 $(1 - \alpha) = 0.6$ ，有拒动(即延缓动作)现象。

表一 反应相间故障的多相补偿阻抗继电器动作情况

| 1- α | Z_r | δ | $\{K_1\}$ | | | | | $\{K_2\}$ | | | | | $\{K_3\}$ | | | | | $\{K_4\}$ | | | | |
|-------------|-------|----------|-----------|-----|-----|------|------|-----------|-----|-----|------|------|-----------|-----|-----|------|------|-----------|-----|-----|------|------|
| | | | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| 1.0 | 0.6 | | | | ++ | | | | | ++ | + | | | | | +++ | + | | | | | +++ |
| | 0.7 | | | | ++ | | | | | +++ | | | | | +++ | + | | | | | | +++ |
| | 0.8 | | | | ++ | | | | | +++ | | | | | +++ | + | | | | | | +++ |
| 0.6 | 0.6 | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0.7 | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0.8 | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.1 | 0.6 | | | | | | | | | | | | | | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0.7 | | | | | | | | | | | | | | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

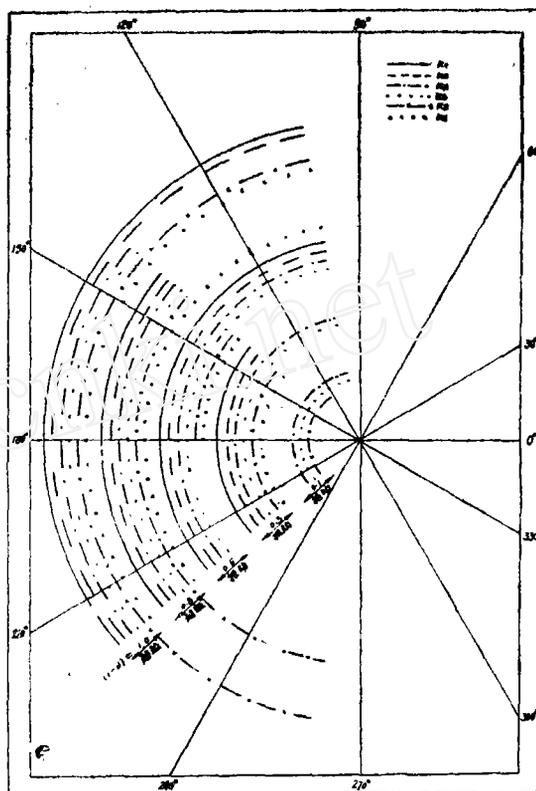
表二 反应相间故障的多相补偿阻抗继电器动作情况

| 1- α | Z_r | δ | $\{K_1\}$ | | | | | $\{K_2\}$ | | | | | $\{K_3\}$ | | | | | $\{K_4\}$ | | | | |
|-------------|-------|----------|-----------|-----|-----|------|------|-----------|-----|-----|------|------|-----------|-----|-----|------|------|-----------|-----|-----|------|------|
| | | | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| 1.0 | 0.6 | | | | ++ | | | | | ++ | | | | | | ++ | | | | | | ++ |
| | 0.7 | | | | ++ | | | | | ++ | | | | | ++ | | | | | | | ++ |
| | 0.8 | | | | ++ | | | | | ++ | | | | | ++ | | | | | | | ++ |
| 0.6 | 0.6 | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0.7 | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0.8 | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.1 | 0.6 | | | | | | | | | | | | | | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0.7 | | | | | | | | | | | | | | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

如果将 Z_Y 改为 $0.7 Z_1 L$ 、 $0.6 Z_1 L$ ，超越现象并无明显好转，而区内故障的拒动现象则明显增加。

两种多相补偿阻抗继电器同时运行时， $Z_Y = 0.8 Z_1 L$ ， $q = 0.6 \sim 1.4$ ，在系统发生先振荡后短路时，继电器超越现象和拒动(即延缓动作)现象示于图6。应该指出，上述延缓动作都是在 δ 角很大时即线路上各点电压低时发生短路造成的，实际上发生的可能性极小。

图6 反应接地故障和反应相间故障的两种多相补偿阻抗继电器同时运行时, $Z_r = 0.8 Z_1 L$, $q = 0.6 \sim 1.4$, 在系统发生先振荡后短路时, 继电器超越现象和拒动现象



六、两种多相补偿阻抗继电器超越现象和反向故障误动的消除方法

众所周知, 第 I 类方向阻抗继电器 (指 $\frac{V_{\Delta}}{I_{\Delta}}$ 和 $\frac{V_Y}{V_Y + K' 3 I_0}$ 接线) 在一般电力系统中振荡时可能误动, 但是在振荡与短路同时发生时, 故障相继电器能正确测量。具有中等补偿度的超高压线路上, 根据计算机计算, $\frac{V_Y}{V_Y + K' 3 I_0}$ 接线无记忆电路的方向阻抗继电器的性能与一般电力系统的情况相似, 因此两类继电器协同工作就能很好地消除超越现象。至于 $\frac{V_{\Delta}}{I_{\Delta}}$ 接线无记忆电路的方向阻抗继电器也可以用来消除第 II 类继电器的超越现象, 只是在两相短路发生在 $0.8 > (1 - \alpha) > 0.6$ 时, 在个别情况下会发生拒动现象, (见表三、四、五)。〔表中“-”为继电器拒动(两侧电势角 δ 摆开大时即为延缓动作); “空白”为继电器动作正常。〕

在串补线路中防止继电器反向误动的方法, 可以利用一个测量电压相位在故障前后变化的继电器来闭锁保护。〔文献 5〕

七、结 论

1. 反应接地故障和反应相间故障的第Ⅱ类多相补偿阻抗继电器与相应的第Ⅰ类方向阻抗继电器联合工作时,可考虑作为超高压中等补偿($\beta \approx 0.25$)线路上的后备保护,缺点是在两相短路时,在极个别情况下会发生拒动现象。

2. 一般情况下,建议继电器所用电压互感器应接在串补电容器的线路侧,此时继电器整定值 Z_Y 可取 $0.8 Z_1 L$ 最为有利。

(应届毕业生陈建伟、许捷两同学参加本文数据整理工作。)

参 考 文 献

1. Development And Testing of 500kV Series Capacitor K. Murotani

(IEEE VO1. PAS-101 NO. 7 July 1982)

2. 串联电容补偿线路上负序(零序)功率方向元件动作行为分析

王广延 邹森 《继电器》1983 No. 3

3. Вопросы Релейной Защиты Электропередачи Спродольно Эмкостной Компенсаций Г.И.Атабеков «Электричество» 1953, No.8

4. 电力系统故障分析 [美] P.M.安德逊著

5. 超高压输电线路的高频保护和微波保护原理与应用(5—3) 葛耀中

表三: 两种方向阻抗继电器在两相短路时动作情况

| 故障类型 | 继电器 | (K1) | | | | | | (K2) | | | | | | | |
|---------|------|---------|----|----|-----|-----|-----|------|----|----|-----|-----|-----|--|--|
| | | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | | |
| I-II 两相 | REb | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | REc | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | REbc | 0.5~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-9 | | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | REb | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | REc | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-7 | REbc | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-6 | REbc | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | REc | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | REbc | 0.5~1.4 | | | | | | | | | | | | | |

表四: 方向阻抗继电器在两相短路时动作情况

| 故障类型 | 继电器 | (K3) | | | | | | (K4) | | | | | | | |
|---------|------|---------|----|----|-----|-----|-----|------|----|----|-----|-----|-----|--|--|
| | | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | | |
| I-II 两相 | REbc | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-9 | | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-7 | REbc | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-6 | REbc | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |

表五: 方向阻抗继电器在单相短路时动作情况

| 故障类型 | 继电器 | (K5) | | | | | | (K6) | | | | | | | |
|---------|-----|---------|----|----|-----|-----|-----|------|----|----|-----|-----|-----|--|--|
| | | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | | |
| I-II 单相 | REa | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-9 | | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-7 | REa | 0.6~1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| 0-6 | | 0.6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |

继电器名称:

REa, REb, REc —— 反应接地故障的三个方向阻抗继电器(故障相)。

REbc —— 反应相间故障的方向阻抗继电器(故障相)。