

Y<sub>0</sub>/Δ-11 变压器低阻抗保护方案及接线方式的分析赵斌<sup>1</sup>, 郭宝甫<sup>1</sup>, 姚晴林<sup>2</sup>, 蔡常群<sup>1</sup>, 唐云龙<sup>1</sup>

(1. 许继电气公司, 河南 许昌 461000; 2. 合肥工业大学, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 我国发变组的升压变压器都是 Y<sub>0</sub>/Δ-11 或 Y/Δ-11 接线, 其传统的低阻抗保护装置在主变低压侧为三个低阻抗继电器 (线电压及相电流之差的 0°接线方式) 构成“或”门延时出口。通过分析及动模试验, 认为这种传统方案是不宜采用的, 主要理由是主变高压侧两相短路时, 这三个继电器的测量阻抗都远大于短路点至保护安装点之间的阻抗, 都会拒动, 它不能保护主变高压侧的两相短路。还分析了若干种正确的 Y<sub>0</sub>/Δ-11 变压器低阻抗保护方案的特征及其优缺点。

**关键词:** 变压器; 接线方式; 低阻抗继电器; 相间短路; 动模试验

Analysis of Y<sub>0</sub>/Δ-11 transformer low impedance protection scheme and connection modeZHAO Bin<sup>1</sup>, GUO Bao-fu<sup>1</sup>, YAO Qing-lin<sup>2</sup>, CAI Chang-qun<sup>1</sup>, TANG Yun-long<sup>1</sup>

(1. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China; 2. Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** The key of transformer protection is to distinguish magnetic inrush from fault current. Effective simulations for magnetic inrush and fault current of transformer are the foundation of right division. In this paper, based on the study on the model of electrical transformer in EMTDC (Electro-Magnetic Transient in DC System), the simulations for magnetic inrush and fault current of three-phase transformer are done. And analysis is given to the simulation. The results show that EMTDC can effectively simulate the magnetic inrush and fault current of transformers under different conditions.

**Key words:** transformer; EMTDC; magnetic inrush; fault current

中图分类号: TM772 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)04-0006-05

## 0 引言

传统的发变组升压变压器低阻抗保护一直采用三个低阻抗继电器, 装在主变的低压侧作为发电机及主变相间短路的后备保护<sup>[1]</sup>。本文详细分析了装在 Y<sub>0</sub>/Δ-11 变压器低压侧的低阻抗继电器端子加不同的电压电流情况下 (即  $U_{AB}$ 、 $I_{AB}$ ,  $U_{BC}$ 、 $I_{BC}$ ,  $U_{CA}$ 、 $I_{CA}$  以及  $U_A$ 、 $I_A$ 、 $U_B$ 、 $I_B$ 、 $U_C$ 、 $I_C$ ), 在主变高低压侧不同相间短路时, 继电器测量阻抗  $Z_j$  的特征, 最后对两种合理的变压器低阻抗保护方案进行了分析。

1 Y<sub>0</sub>/Δ-11 主变低压侧或高压侧相间短路时, 主变低压侧 (即发电机机端) 测量阻抗  $Z_j$  的基本通式

以 A、B、C 表示主变低压侧的相别, 见图 1。相间短路, 只有正负序, 无零序。

低阻抗继电器装在主变低压侧, 线电压相电

流之差的 0°接线方式, 继电器测量阻抗  $Z_{j,AB}$ 、 $Z_{j,BC}$ 、 $Z_{j,CA}$  的通式为:

$$U_{AB} = U_A - U_B = (U_{A1} + U_{A2}) - (U_{B1} + U_{B2}) = U_{A1} + U_{A2} - a^2 U_{A1} - a U_{A2} = (1 - a^2) U_{A1} + (1 - a) U_{A2}$$

$$I_{AB} = I_A - I_B = (1 - a^2) I_{A1} + (1 - a) I_{A2}$$

得  $Z_{j,AB} = \frac{U_{AB}}{I_{AB}} = \frac{U_{A1} - a U_{A2}}{I_{A1} - a I_{A2}}$  (1)

$$U_{BC} = U_B - U_C = (U_{B1} + U_{B2}) - (U_{C1} + U_{C2}) = a^2 U_{A1} + a U_{A2} - a U_{A1} - a^2 U_{A2} = (a^2 - a)(U_{A1} - U_{A2})$$

$$I_{BC} = I_B - I_C = (a^2 - a)(I_{A1} - I_{A2})$$

得  $Z_{j,BC} = \frac{U_{BC}}{I_{BC}} = \frac{U_{A1} - U_{A2}}{I_{A1} - I_{A2}}$  (2)

$$U_{CA} = U_C - U_A = (U_{C1} + U_{C2}) - (U_{A1} + U_{A2}) = aU_{A1} + a^2U_{A2} - U_{A1} - U_{A2} = (a-1)U_{A1} + (a^2-1)U_{A2}$$

$$I_{CA} = I_C - I_A = (a-1)I_{A1} + (a^2-1)I_{A2}$$

$$\text{得 } Z_{J,CA} = \frac{U_{CA}}{I_{CA}} = \frac{U_{A1} - a^2U_{A2}}{I_{A1} - a^2I_{A2}} \quad (3)$$

低阻抗继电器装在主变低压侧, 相电压相电流的  $0^\circ$  接线方式, 继电器测量阻抗  $Z_{J,A}$ 、 $Z_{J,B}$ 、 $Z_{J,C}$  的通式为:

$$Z_{J,A} = \frac{U_A}{I_A} = \frac{U_{A1} + U_{A2}}{I_{A1} + I_{A2}} \quad (4)$$

$$Z_{J,B} = \frac{U_B}{I_B} = \frac{U_{A1} + a^2U_{A2}}{I_{A1} + a^2I_{A2}} \quad (5)$$

$$Z_{J,C} = \frac{U_C}{I_C} = \frac{U_{A1} + aU_{A2}}{I_{A1} + aI_{A2}} \quad (6)$$

## 2 低阻抗继电器装在主变低压侧, 继电器安装点相间短路, 继电器测量阻抗 $Z_J$ 的值

### 2.1 主变低压侧继电器安装点 B、C 两相短路 系统图及复合序网见图 1 (a)、(b)。

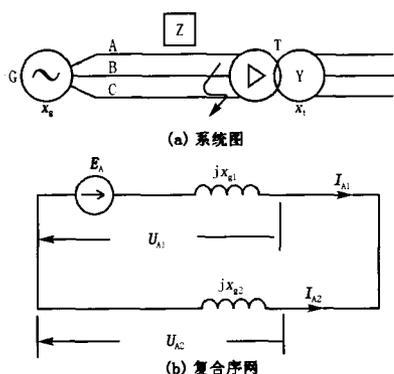


图 1 主变低压侧继电器安装点 B、C 两相短路

Fig.1 Two-phase fault of fixed B、C in main transformer low voltage side

$$\begin{cases} I_{A1} = -I_{A2} = \frac{E_A}{j(x_{g1} + x_{g2})} \\ U_{A1} = U_{A2} = jx_{g2}I_{A1} \end{cases} \quad (7)$$

式中:  $x_{g1}$ 、 $x_{g2}$  为发电机正序负序电抗<sup>[2]</sup>。将式(7)代入到式(1)~式(6)中, 得

$$Z_{J,AB} = \frac{U_{A1} - aU_{A2}}{I_{A1} - aI_{A2}} = \sqrt{3}x_{g2} \quad (8)$$

$$Z_{J,BC} = \frac{U_{A1} - U_{A2}}{I_{A1} - I_{A2}} = \frac{0}{2I_{A1}} = 0 \quad (9)$$

$$Z_{J,CA} = \frac{U_{A1} - a^2U_{A2}}{I_{A1} - a^2I_{A2}} = -\sqrt{3}x_{g2} \quad (10)$$

$$Z_{J,A} = \frac{U_{A1} + U_{A2}}{I_{A1} + I_{A2}} = \frac{j2x_{g2}I_{A1}}{0} = \infty \quad (11)$$

$$Z_{J,B} = \frac{U_{A1} + a^2U_{A2}}{I_{A1} + a^2I_{A2}} = \frac{x_{g2}}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

$$Z_{J,C} = \frac{U_{A1} + aU_{A2}}{I_{A1} + aI_{A2}} = -\frac{x_{g2}}{\sqrt{3}} \quad (13)$$

由式(8)~式(13)可见, 主变低压侧继电器安装点 B、C 两相短路时, 继电器的测量阻抗只有  $Z_{J,BC} = 0$ , 能正确反映短路点至继电器安装点之间的阻抗, 而其他测量阻抗 ( $Z_{J,AB}$ 、 $Z_{J,CA}$ 、 $Z_{J,A}$ 、 $Z_{J,B}$ 、 $Z_{J,C}$ ) 的模值均大于零即远大于短路点至继电器安装点之间的阻抗。

同理, 当主变低压侧继电器安装点 A、B 两相短路时, 只有  $Z_{J,AB} = 0$ , 能正确反映短路点至继电器安装点之间的阻抗; 当主变低压侧继电器安装点 C、A 两相短路时, 只有  $Z_{J,CA} = 0$ , 能正确反映短路点至继电器安装点之间的阻抗。

### 2.2 主变低压侧继电器安装点三相短路

三相短路只有正序, 无负序无零序,  $U_{A2} = 0$ ; 又三相短路点就是继电器的安装点, 则  $U_{A1} = 0$ , 而  $I_{A1} \neq 0$ 。将  $U_{A1} = U_{A2} = 0$  代入式(1)~式(6), 得

$$Z_{J,AB} = Z_{J,BC} = Z_{J,CA} = Z_{J,A} = Z_{J,B} = Z_{J,C} = 0$$

这 6 个继电器的测量阻抗都能正确反映短路点至继电器安装点之间的阻抗。

## 3 低阻抗继电器装在 $Y_0/\Delta-11$ 主变低压侧, 主变高压侧相间短路继电器测量阻抗 $Z_J$ 的特性

$Y_0/\Delta-11$  主变  $\Delta$  侧的正序电压 (或电流) 超前于 Y 侧的正序电压 (或电流)  $30^\circ$ , 而  $\Delta$  侧的负序电压 (或电流) 滞后于 Y 侧的负序电压 (或电流)  $30^\circ$ 。

在以下的分析中  $U_{A1}$ 、 $I_{A1}$  及  $U_{A2}$ 、 $I_{A2}$  仍表示主变  $\Delta$  侧 (即发电机机端) 的 A 相实际正序电压电流及负序电压电流。把  $U_{A1}$ 、 $I_{A1}$  大小不变地顺时针 (即向后) 转  $30^\circ$  而成的相量以  $U_{a1}$ 、 $I_{a1}$  表示,

把  $U_{A2}$ 、 $I_{A2}$  大小不变地反时针（即向前）转  $30^\circ$  而成的相量以  $U_{a2}$ 、 $I_{a2}$  表示，即

$$\begin{cases} U_{A1} = U_{a1} e^{j30^\circ} = -jaU_{a1} \\ I_{A1} = I_{a1} e^{j30^\circ} = -jI_{a1} \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} U_{A2} = U_{a2} e^{-j30^\circ} = ja^2U_{a2} \\ I_{A2} = I_{a2} e^{-j30^\circ} = ja^2I_{a2} \end{cases} \quad (15)$$

可见，相量  $U_{a1}$ 、 $I_{a1}$ 、 $U_{a2}$ 、 $I_{a2}$  的大小与主变  $\Delta$  侧（即发电机机端）实际值的大小相等，但它们的相位却与主变 Y 侧实际值的相位相同。若在复合序网图中（见图 2）发电机机端的正序电压电流以  $U_{a1}$ 、 $I_{a1}$  表示，负序电压电流以  $U_{a2}$ 、 $I_{a2}$  表示，电源电势  $E_a = E_A e^{-j30^\circ}$  表示，则主变压器本身就可以只用一个电抗  $jx_t$  表达了；也就是说在这个复合序网图中不再考虑主变高低压侧正负序电压（或电流）相差  $30^\circ$  的问题了。以这样的复合序网图很容易求出当主变高压侧相间短路时  $U_{a1}$ 、 $I_{a1}$ 、 $U_{a2}$ 、 $I_{a2}$  的值，再以式（14）及式（15）的关系求出发电机机端电压电流的实际值  $U_{A1}$ 、 $I_{A1}$ 、 $U_{A2}$ 、 $I_{A2}$ ，进而可得机端测量阻抗  $Z_j$  的值。即：

将式（14）、式（15）代入到式（1）～式（6）中，当主变高压侧任一点相间短路时，可得主变低压侧阻抗继电器的测量阻抗  $Z_{J,AB}$ 、 $Z_{J,BC}$ 、 $Z_{J,CA}$ 、 $Z_{J,A}$ 、 $Z_{J,B}$ 、 $Z_{J,C}$  的通式为

$$Z_{J,AB} = \frac{U_{A1} - aU_{A2}}{I_{A1} - aI_{A2}} = \frac{U_{a1} + a^2U_{a2}}{I_{a1} + a^2I_{a2}} \quad (16)$$

$$Z_{J,BC} = \frac{U_{A1} - U_{A2}}{I_{A1} - I_{A2}} = \frac{U_{a1} + aU_{a2}}{I_{a1} + aI_{a2}} \quad (17)$$

$$Z_{J,CA} = \frac{U_{A1} - a^2U_{A2}}{I_{A1} - a^2I_{A2}} = \frac{U_{a1} + U_{a2}}{I_{a1} + I_{a2}} \quad (18)$$

$$Z_{J,A} = \frac{U_{A1} + U_{A2}}{I_{A1} + I_{A2}} = \frac{U_{a1} - aU_{a2}}{I_{a1} - aI_{a2}} \quad (19)$$

$$Z_{J,B} = \frac{U_{A1} + a^2U_{A2}}{I_{A1} + a^2I_{A2}} = \frac{U_{a1} - U_{a2}}{I_{a1} - I_{a2}} \quad (20)$$

$$Z_{J,C} = \frac{U_{A1} + aU_{A2}}{I_{A1} + aI_{A2}} = \frac{U_{a1} - a^2U_{a2}}{I_{a1} - a^2I_{a2}} \quad (21)$$

3.1  $Y_0/\Delta-11$  主变高压侧出口 B、C 两相短路，  
低压侧阻抗继电器测量阻抗  $Z_j$  的值  
系统网络及复合序网见图 2（a）、（b）。

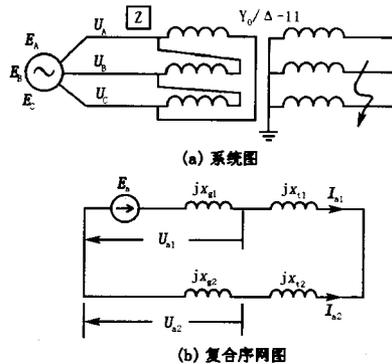


图 2 主变高压侧出口 B、C 两相短路

Fig.2 B and C phase short circuit of main transformer high voltage side

$$\begin{cases} I_{a1} = -I_{a2} = \frac{E_a}{j(x_{g1} + x_{g2} + 2x_t)} \\ U_{a1} = j(x_{g2} + 2x_t)I_{a1} \\ U_{a2} = jx_{g2}I_{a1} \end{cases} \quad (22)$$

式中： $x_{g1}$ 、 $x_{g2}$  为发电机正序、负序电抗； $x_{t1}$ 、 $x_{t2}$  为主变正序、负序电抗， $x_{t1} = x_{t2} = x_t^{[2]}$ 。

将式（22）分别代入式（16）～式（21）中，可得  $Y_0/\Delta-11$  主变高压侧出口 B、C 两相短路时低压侧继电器测量阻抗  $Z_{J,AB}$ 、 $Z_{J,BC}$ 、 $Z_{J,CA}$ 、 $Z_{J,A}$ 、 $Z_{J,B}$ 、 $Z_{J,C}$  的值为

$$Z_{J,AB} = \frac{U_{a1} + a^2U_{a2}}{I_{a1} + a^2I_{a2}} = \frac{jI_{a1}(x_{g2} + 2x_t) + ja^2I_{a1}x_{g2}}{I_{a1} - a^2I_{a1}} =$$

$$\frac{x_{g2}}{\sqrt{3}} + \frac{2x_t}{\sqrt{3}} e^{j60^\circ} \quad (23)$$

$$Z_{J,BC} = \frac{U_{a1} + aU_{a2}}{I_{a1} + aI_{a2}} = \frac{jI_{a1}(x_{g2} + 2x_t) + jaI_{a1}x_{g2}}{I_{a1} - aI_{a1}} =$$

$$\frac{x_{g2}}{\sqrt{3}} + \frac{2x_t}{\sqrt{3}} e^{j120^\circ} \quad (24)$$

$$Z_{J,CA} = \frac{U_{a1} + U_{a2}}{I_{a1} + I_{a2}} = \infty \quad (25)$$

$$Z_{J,A} = \frac{U_{a1} - aU_{a2}}{I_{a1} - aI_{a2}} = \frac{jI_{a1}(x_{g2} + 2x_t) - jaI_{a1}x_{g2}}{I_{a1} + aI_{a1}} =$$

$$\sqrt{3}x_{g2} + 2x_t e^{j30^\circ} \quad (26)$$

$$Z_{J,B} = \frac{U_{a1} - U_{a2}}{I_{a1} - I_{a2}} = jx_t \quad (27)$$

$$Z_{J.C} = \frac{U_{a1} - a^2 U_{a2}}{I_{a1} - a^2 I_{a2}} = \frac{jI_{a1}(x_{g2} + 2x_t) - ja^2 I_{a1} x_{g2}}{I_{a1} + a^2 I_{a1}} = -\sqrt{3}x_{g2} + 2x_t e^{j150^\circ} \quad (28)$$

由式(23)~式(28)可见,  $Y_0/\Delta-11$  主变高压侧出口 B、C 两相短路时, 低压侧继电器测量阻抗中, 只有  $Z_{J.B} = jx_t$ , 能正确反映短路点至保护安装点之间的阻抗, 而其他的测量阻抗 ( $Z_{J.AB}$ 、 $Z_{J.BC}$ 、 $Z_{J.CA}$ 、 $Z_{J.A}$ 、 $Z_{J.B}$ 、 $Z_{J.C}$ ) 的模值均远大于短路点至保护安装点之间的阻抗。同理类推, 当主变高压侧出口 A、B 两相短路时只有  $Z_{J.A} = jx_t$ , 当主变高压侧出口 C、A 两相短路时, 只有  $Z_{J.C} = jx_t$ , 能正确反映短路点至保护安装点之间的阻抗, 其他测量阻抗均远大于短路点至保护安装点之间的阻抗。

### 3.2 $Y_0/\Delta-11$ 主变高压侧出口三相短路, 低压侧阻抗继电器测量阻抗 $Z_J$ 的值

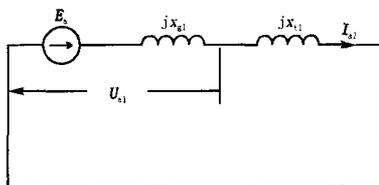


图3 主变高压侧出口三相短路序网图  
Fig.3 Three-phase fault of main transformer high voltage side

$U_{a1} = jx_{t1} I_{a1}$ ,  $U_{a2} = 0$ ,  $I_{a2} = 0$  代入式(16)~式(21)得

$$Z_{J.AB} = Z_{J.BC} = Z_{J.CA} = Z_{J.A} = Z_{J.B} = Z_{J.C} = \frac{U_{a1}}{I_{a1}} = jx_{t1} = jx_t \quad (29)$$

6 个继电器的测量阻抗都能正确反映短路点至保护安装点之间的阻抗。

## 4 $Y_0/\Delta-11$ 主变传统的低阻抗保护方案不宜采用的理由

$Y_0/\Delta-11$  主变传统的低阻抗保护装在主变低压侧, 保护端子电流取自发电机机端的电流互感器, 3 个低阻抗继电器为线电压相电流之差的接线方式, 它们的测量阻抗分别为  $Z_{J.AB} = U_{AB}/I_{AB}$ 、 $Z_{J.BC} = U_{BC}/I_{BC}$ 、 $Z_{J.CA} = U_{CA}/I_{CA}$  在  $R-X$  平面上的动作特性为全阻抗圆, 3 个继电器构成“或”门延时出口<sup>[1]</sup>。全阻抗圆的半径按躲开主变高压侧输电线路距离保护第一段保护范围中的最短者的末端短路为原则来整定。希望全阻抗动作圆的第一象限能保护主变低压侧引出线、主变本身、

主变高压侧引出线及高压母线的相间短路, 保护范围可伸入到输电线路的一部分; 希望全阻抗动作圆的第三象限能保护发电机定子绕组内部的相间短路。其实, 以上两种希望的绝大部分达不到, 分析如下:

1) 根据式(1)~式(29)的分析,  $Y_0/\Delta-11$  主变高压侧引出线、高压母线、低压引出线三相短路时, 低压侧 3 个继电器测量阻抗  $Z_{J.AB}$ 、 $Z_{J.BC}$ 、 $Z_{J.CA}$  都等于短路点至保护安装点的阻抗, 保护能正确动作。主变低压侧引出线 AB、BC、CA 两相短路时, 低压侧 3 个测量阻抗  $Z_{J.AB}$ 、 $Z_{J.BC}$ 、 $Z_{J.CA}$  中相应只有一个等于短路点至保护安装点的阻抗, 另两个远大于短路点至保护安装点的阻抗, 保护能正确动作。但是, 主变高压侧引出线、高压母线不管是 AB 或 BC 或 CA 两相短路时, 低压侧 3 个测量阻抗  $Z_{J.AB}$ 、 $Z_{J.BC}$ 、 $Z_{J.CA}$  都远大于短路点到保护安装点的阻抗, 因此保护都会拒动, 这是传统保护方案的致命缺点。这种特性已由动模试验证实。

2) 变压器绕组内部相间短路, 低阻抗保护的测量阻抗很复杂, 不像变压器出口以外引线上的相间短路那样简单, 至今未看到文献上经得起实践考验的数学精确描述。有人做过试验, 变压器高低压绕组内部相间短路时, 低阻抗保护有时动作有时不动作, 其动作的可靠性不很高。

3) 作者通过动模试验发现: 将发电机机端的全阻抗动作圆的半径整定为  $1.2x_d$  ( $x_d$  为发电机同步电抗,  $x_d = 1.8$ ), 此圆很大, 不管低阻抗保护采用线电压相电流之差的  $0^\circ$  接线方式或相电压相电流的接线方式, 当发电机定子绕组内部相间短路时, 动模试验结果低阻抗保护都拒动。这表明机端测量阻抗非常大, 必大于  $1.2x_d$ 。今年国内有篇论文认为发电机定子绕组内部相间短路时机端测量阻抗理论上为  $x'_d$ , 这种看法显然不妥。发电机为旋转电源, 有电势, 不像输电线路那样仅为阻抗, 定子绕组内部相间短路时机端测量阻抗非常复杂, 并不是按  $x_d$  或  $x'_d$  或其他什么阻抗规律变化的, 因素很多。因此低阻抗保护不适宜保护发电机, 即发电机无低阻抗保护。

可见,  $Y_0/\Delta-11$  主变传统的低阻抗保护方案不宜采用。

## 5 $Y_0/\Delta-11$ 主变几种较合理的低阻抗保护方案分析

### 5.1 方案一

3 个低阻抗继电器装在  $Y_0/\Delta-11$  主变的高压

侧, 构成“或”门经短延时出口, 线电压相电流之差的 $0^\circ$ 接线方式, 动作特性为偏移阻抗圆, 第一象限动作阻抗的整定值按躲开高压侧输电线路距离保护第一段保护范围中最短者的末端短路来整定。该方案能保护主变高压侧引出线及高压母线的三相短路及一切类型的两相短路, 其保护范围可伸入到高压输电线路的一部分。该方案的偏移阻抗动作圆很小, 受振荡的影响小, 以短延时 $0.5\sim 1\text{ s}$ 就能躲开系统振荡; 保护出口延时短、动作快是本方案的最大优点。该保护方案本质上是高压母线的保护, 多数发变组的高压母线因联接的元件少未装设母差保护, 则这种方案的低阻抗保护就是高压母线相间短路时切断该发变组电源的主保护了。

## 5.2 方案二

6个低阻抗继电器装在 $Y_0/\Delta-11$ 主变低压侧, 其端子电流取自发电机机端电流互感器, 构成“或”门经延时出口。6个继电器的测量阻抗分别为 $Z_{J,AB}$ 、 $Z_{J,BC}$ 、 $Z_{J,CA}$ 、 $Z_{J,A}$ 、 $Z_{J,B}$ 、 $Z_{J,C}$ 。动作特性为偏移阻抗圆, 第一象限动作阻抗的整定值按躲开高压侧输电线路距离保护第一段保护范围中最短者的末端短路来整定。

主变高压侧引出线、高压母线及低压侧引出线三相短路时, 低压侧的6个继电器都动作, 保护出口动作。主变高压侧引出线、高压母线AB两相短路时只 $Z_{J,A}$ 动作, 保护出口动作; 主变高压侧引出线、高压母线BC两相短路时只 $Z_{J,B}$ 动作, 保护出口动作; 主变高压侧引出线、高压母线CA两相短路时只 $Z_{J,C}$ 动作, 保护出口动作。主变低压侧引出线AB两相短路时只 $Z_{J,AB}$ 动作, 保护出口动作; 主变低压侧引出线BC两相短路时只 $Z_{J,BC}$ 动作, 保护出口动作; 主变低压侧引出线CA两相短路时只 $Z_{J,CA}$ 动作, 保护出口动作。主变内部绕组相间短路时, 保护出口也可能动作, 虽然动作的可靠性不是很高。

方案二与方案一比较, 方案二的优点是保护

范围大, 在发电机出口至主变间的引线较长的场合, 方案二更有优越性。方案二的动作阻抗整定值中多了主变电抗及低压侧引出线电抗, 所以方案二的偏移特性动作阻抗圆比方案一大, 为了躲开系统振荡, 方案二的出口延时比方案一的延时稍长些, 这是方案二的缺点。

## 6 结论

通过上述分析及试验证明,  $Y_0/\Delta-11$ 主变传统的低阻抗保护方案在发生主变高压侧相间短路、变压器绕组内部相间短路、发电机定子绕组内部相间短路时都会拒动, 不宜采用。宜采用装在主变高压侧的3个低阻抗继电器保护方案或者装在主变低压侧的6个低阻抗继电器保护方案。

## 参考文献

- [1] 姚晴林, 张学深, 杨智德, 等. 发电机变压器低阻抗保护研究[A]. 中国电机工程学会主设备继电保护学术会议论文集[C]. 2000:海口.  
YAO Qing-lin, ZHANG Xue-shen, YANG Zhi-de. The Study of Low Impedance Protection for Generator and Transformer[A]. In: Proceedings of Main Equipment Relay Protection, Chinese Society for Electrical Engineering[C]. Haikou: 2000.
- [2] 华北电力学院. 电力系统故障分析[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.  
North China Electric Power University. The Power System Fault Analysis[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1985.

收稿日期: 2006-09-03; 修回日期: 2006-01-10

作者简介:

赵斌(1973-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力系统主设备保护研究工作;

郭宝甫(1973-), 男, 大学本科, 工程师, 主要从事继电保护装置研究与开发; E-mail: baofug@xjgc.com

姚晴林(1931-), 男, 教授, 主要从事电力系统继电保护领域的研究。

## 许继变压器公司两项新产品通过省级鉴定

2007年1月7日, 许继变压器公司研制开发的限流电抗器、滤波电抗器两项新产品在郑州通过省级鉴定。省科技厅、信息产业厅、省电力公司等单位领导、国内知名专家参加了鉴定会。

鉴定委员会专家听取了样机的试制总结及试验大纲的汇报, 查阅了样机图样、技术文件及样机试验报告。专家一致认为: 许继变压器公司研制的两项新产品设计新颖、安全环保, 主要技术性能指标先进, 达到了国内先进水平。

为培育新的经济增长点, 许继变压器公司不断加大电抗器产品的研发投入力度及销售队伍建设, 电抗器产品的销售收入增长速度显著, 2006年销售收入同比增长一倍以上。