

对变压器零序保护实现方式的探讨

陈代云, 金 蕾

(宜宾电业局设计处, 四川 宜宾 644002)

摘要: 对 110kV 以上电压等级变电站的变压器零序保护的常规实现方式提出了异议, 分析了它的存在问题, 探讨了改进后的实现方式。

关键词: 变压器; 零序保护; 实现方式

中图分类号: TM772 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2001)01-0050-04

1 引言

110kV 以上电压等级的电网, 由于绝缘配合的原因, 通常采取变压器中性点直接接地的方式, 称为大接地电流系统, 其特点是电网中单相接地时, 非故障相对地电压不升高, 但单相接地短路电流较大。电网中的零序保护(主要是 110kV 以上电压等级的线路和变电站中的主变压器)必须作用于跳闸。

大接地电流电网中, 接地电流的分布及零序电压的水平主要决定于中性点接地变压器的分布及零序网络的状况, 而不取决于电源。

本文只对变电站中主变压器零序保护的实现方式及其相关问题进行探讨。

2 变压器零序保护的常规实现方式

2.1 110kV 以上电网中零序网络的主要特点

为了使接地故障(单相接地、两相接地短路)时, 零序电流有较为合理的分布, 从而保证 110kV 以上线路及变压器的零序保护在实现过程中具有必要的选择性和灵敏性, 确定有关电网中性点接地变压器的数量及选择其合理分布是至关重要的。一个变电站如果有两台主变压器, 一般只选择将其中一台主变的 110kV (及以上电压, 下同) 中性点接地。另一台主变的 110kV 中性点不接地。

2.2 变压器的分级绝缘问题

110kV 以上电压等级的变压器大多采用分级绝缘的方式。正常运行时, 变压器 110kV 侧中性点电位为零, 为了降低造价, 靠近中性点部位采用较低电压等级的绝缘, 以变压器 110kV 侧中性点为例, 其中性点绝缘在制造时按 40kV 设计。按照国家标准, 110kV 中性点的短时工频耐受电压为 95kV。

2.3 变压器零序保护的常规实现方式

变压器的零序保护一般取用中性点接地变压器

的零序电流及中性点不接地变压器的零序电压, 保护由以上二者的与门电路组成。由于接地点零序电压最高, 零序电压对绝缘的破坏, 中性点不接地变压器受到的威胁最大, 因而作用于跳闸时, 一般采取先跳中性点不接地的变压器, 如果故障未切除, 再跳中性点接地的变压器。

变压器零序保护的电路图见图 1。

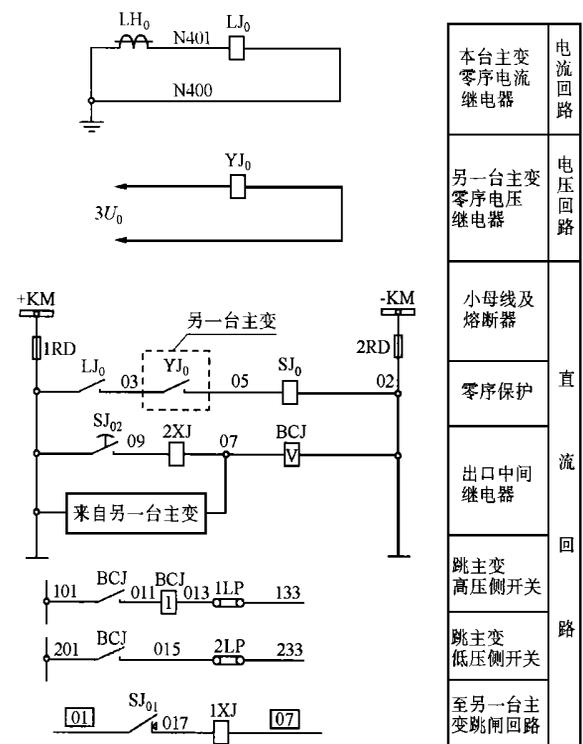


图 1 变压器零序保护回路图(常规方式)

3 对变压器零序保护实现方式的探讨

3.1 变压器零序保护常规实现方式存在的主要问题

变压器零序保护的常规实现方式(以下简称“常规方式”), 采用接地变的零序电流及不接地变的零序电压的与门电路组成, 而在作用于跳闸时首先跳中性

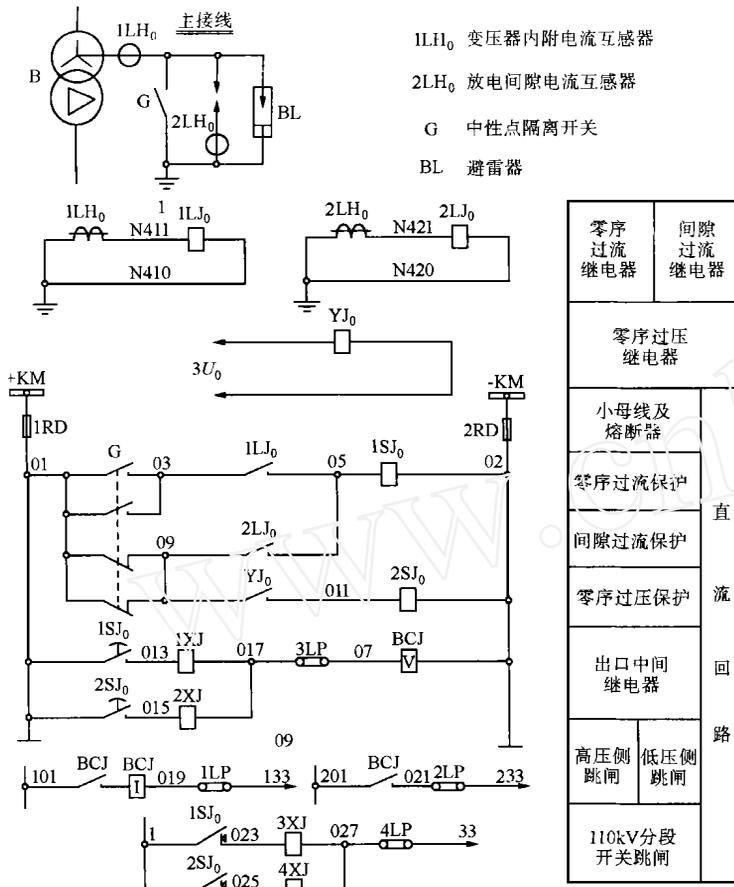


图2 变压器零序保护回路图(改进方式)
 点不接地的变压器,如果接地故障点确在中性点不接地变压器一侧,故障切除后另一台变压器可以继续运行。这种跳闸方式可能是一种非选择性跳闸,即当接地故障点在中性点接地变压器一侧时,在中性点不接地变压器被切除后,接地故障点仍然存在,尚需切除中性点接地的变压器,这就导致该变电站全站停电,造成很大的经济损失,其中包括电力用户停电后所导致的重复经济损失。

基于以上原因,对“常规方式”很有必要进行改进。

3.2 改进变压器零序保护的实现方式

本文提出一种改进后的变压器零序保护实现方式(以下简称“改进方式”),这种方式的要点是分别设置变压器的零序过流、零序过压保护(以上两者由变压器中性点隔离开关辅助触点的切换实现自动投停),及中性点间隙过流保护(中性点接地时,放电间隙被自动短接,该保护退出工作)。以上保护设置两级时限,第一时限跳 110kV 母线分段开关,第二时限跳故障侧的主变压器高低

压侧开关。保护装置的接线见图 2。

3.3 “改进方式”的实施细节

为了论证变压器零序保护实施中的相关问题,本文假定了以下的模拟电网,为了简化计算,电网中的变压器都按双绕组变压器(110/10.5kV)设置,电网为 110kV 环形供电网络。模拟电网的主接线见图 3。

本文对模拟电网中各种情况下的单相接地短路电流的计算结果以列表的方式提供,略去全部计算过程。计算中的复合序网电路见图 4。

对设定的单相接地故障点的说明:设定的故障点实际上代表其附近的区域,例如图中 a_1 点在 A 站 110kV I 段母线上,实际上代表其附近的区域,包括: $X_{1,2}$ 线路上靠近母线的部位或 101 开关至变压器 B1 之间。

电网中的阻抗参数计算如下:
 发电机电抗

$$X_F = \frac{U_F^2}{S} X_d = \frac{115^2}{100} \times 0.125 = 16.5$$

变压器零序电抗按下式计算:

$$X_{B.O} = X_B = \frac{L^2}{S} \times U_K \%$$

$$X_{B1.O} = X_{B2.O} = X_{B3.O} = X_{B4.O} =$$

$$\frac{110^2}{40} \times 0.105 = 32$$

线路电抗:

$$X_1 = X_2 = L \cdot Z_1$$

$$X_0 = 3.5 X_1$$

L —线路长度, km

Z_1 —线路单位正序阻抗,取 0.4 / km。

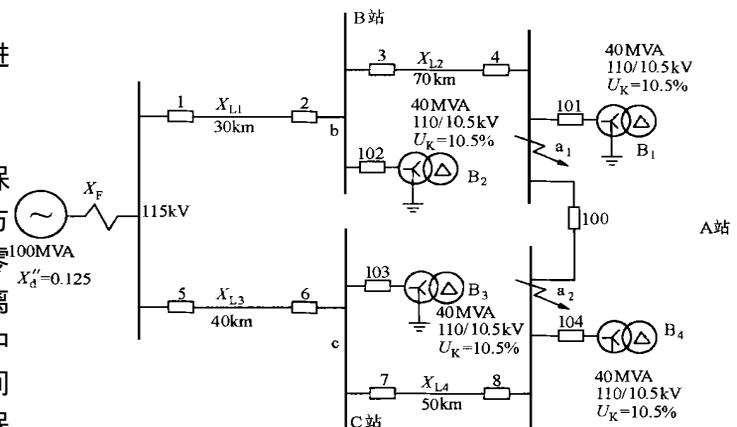


图3 模拟电网主接线图

线路阻抗计算见表1。

表1

线路	X_{L1}	X_{L2}	X_{L3}	X_{L4}	X_{L10}	X_{L20}	X_{L30}	X_{L40}
阻抗()	12	28	16	20	42	98	56	70
线路组合	$X_{L1} + X_{L2}$		$X_{L3} + X_{L4}$		$(X_{L1} + X_{L2}) // (X_{L3} + X_{L4})$			
阻抗()	40		36		19			

a_1 点(或 a_2 点)单相接地,100开关断开前的情况(情况1):

正序、负序及零序网络见图5(a)、(b)、(c),此例中零序网络尚需进行“-Y”变换的计算。

$$X_{abo} = X_{L20} = 98$$

$$X_{bco} = X_{L10} + X_{L30} = 42 + 56 = 98$$

$$X_{aco} = X_{L40} = 70$$

$$X_{abo} + X_{bco} + X_{aco} = 98 + 98 + 70 = 266$$

$$X_{a0} = \frac{X_{abo} X_{aco}}{X_{abo} + X_{bco} + X_{aco}} = \frac{98 \times 70}{266} = 25.8$$

$$X_{b0} = \frac{X_{abo} X_{bco}}{X_{abo} + X_{bco} + X_{aco}} = \frac{98 \times 98}{266} = 36.1$$

$$X_{c0} = \frac{X_{bco} X_{aco}}{X_{abo} + X_{bco} + X_{aco}} = \frac{98 \times 70}{266} = 25.8$$

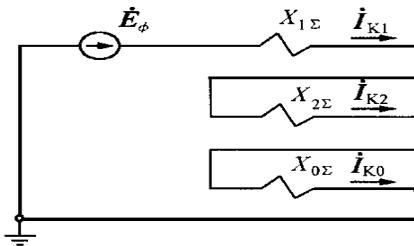


图4 单相接地短路时的复合相序网络

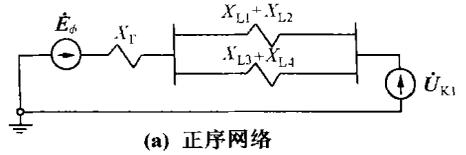
简化后的零序网络见图5(d)

计算出 X_1 、 X_2 、 X_0 数值如下(略去计算过程):

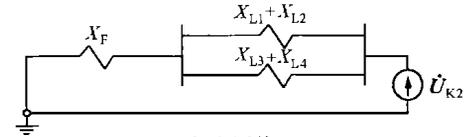
$$X_1 = X_2 = X_F + (X_{L1} + X_{L2}) // (X_{L3} + X_{L4}) = 16.5 + 19 = 35.5$$

$$X_0 = 20.5$$

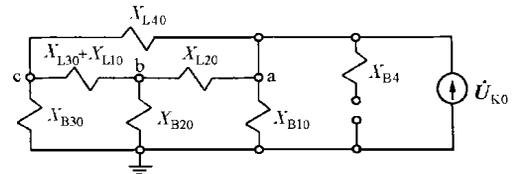
$$I_{K1} = I_{K2} = I_{K0} = \frac{U_P}{\sqrt{3}(X_1 + X_2 + X_0)} = \frac{115}{\sqrt{3}(2 \times 35.5 + 20.5)} = 0.726 \text{kA}$$



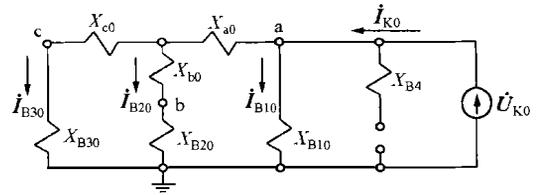
(a) 正序网络



(b) 负序网络



(c) 零序网络



(d) 简化零序网络

图5 情况1的相序网络图

以下各种情况不再绘制正序及负序网络电路,按情况归类列表如表2。

表2

情况序号	电网中状况
1	a_1 (或 a_2)点单相接地,100开关未断开
2	a_1 点单相接地,100开关断开
3	a_2 点单相接地,100开关断开
4	B_1 接地改为 B_4 接地, a_1 点单相接地,100开关断开
5	B_1 接地改为 B_4 接地, a_2 点单相接地,100开关断开

情况2~5的零序网络见图6(a)、(b)、(c)、(d),各种情况的电抗值见表3。

表3

情况序号	$X_1 = X_2$ ()	X_0 ()
1	$X_F + (X_{L1} + X_{L2}) // (X_{L3} + X_{L4}) = 35.5$	20.5
2	$X_F + (X_{L1} + X_{L2}) = 56.5$	25.4
3	$X_F + (X_{L3} + X_{L4}) = 52.5$	95.4
4	$X_F + (X_{L1} + X_{L2}) = 56.5$	123.4
5	$X_F + (X_{L3} + X_{L4}) = 52.5$	24

零序电流、零序电压计算结果见表4。
不接地变压器中性点零序电压的计算：

在情况1、3、4中为： $3U_0 = 3I_{K0} X_0$

在情况2中为： $3U_{B40} = 3I_{B30} X_{B30}$

在情况5中为： $3U_{B10} = 3I_{B20} X_{B20}$

表4

情况序号	零序电流(kA)					中性点零序电压	
	I_{K0}	I_{B10}	I_{B20}	I_{B30}	I_{B40}	$3U_{B10}$	$3U_{B40}$
1	0.726	0.46	0.122	0.144	0	0	44.66
2	0.48	0.38	0.08	0.02	0	0	1.92
3	0.33	0.013	0.055	0.262	0	0	94.4
4	0.28	0	0.222	0.044	0.014	103.66	0
5	0.514	0	0.025	0.104	0.385	2.4	0

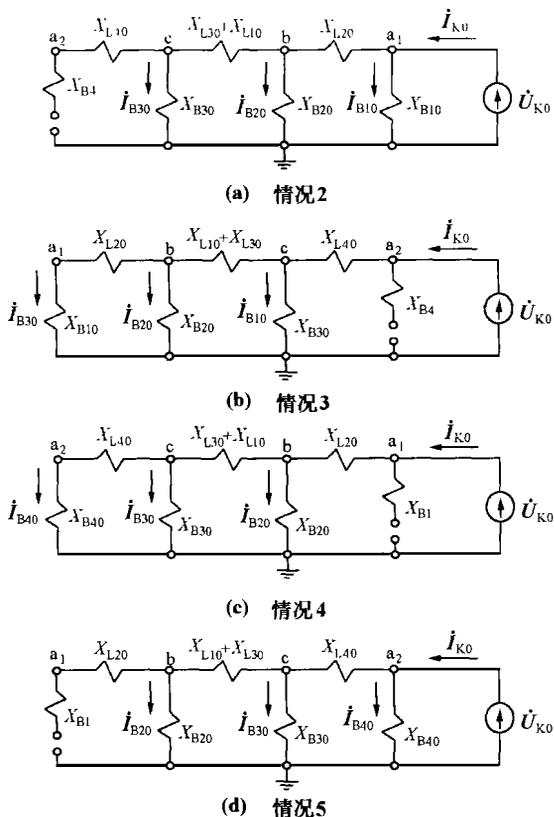


图6 情况2~5的零序网络图

根据以上计算结果得出以下的结论：

(1) a_1 (或 a_2) 点单相接地, 在100开关断开前, 不接地变的中性点电压略高于40kV, 但小于中性点短时工频耐受电压95kV。

(2) 接地故障点在中性点接地变一侧时(情况2、5), 100开关断开后, 不接地变处的中性点电压 < 40kV, 不构成对不接地变绝缘的威胁。

(3) 接地故障点在中性点不接地变一侧时(情况3、4), 100开关断开后, 该不接地变的中性点要出

现较高的零序电压, 对于本例而言, 以选择变压器 B_1 接地较为合理。因为不接地变处的零序电压：

$$95\text{kV} > 3U_{B40} = 94.4\text{kV} > 40\text{kV}$$

在100开关跳开后, 若故障点在101开关与 B_1 之间, 可以经零序保护第二时限跳开 B_1 高、低压侧开关切除故障; 如果故障点在110kV段母线上, 可以由 X_{L2} 线路3DL断路器的零序段动作切除故障; 如果故障点在 X_{L2} 线路上, 则应由 X_{L2} 线路两侧断路器的零序段(或零序段)动作切除故障。

(4) 零序保护的时限配合：

变压器零序保护第一、第二时限：

$$t_{01} = 0.3\text{s}$$

跳110kV母线分段开关

$$t_{02} = 0.5\text{s}$$

跳故障侧变压器高、低压侧

开关

线路保护零序段

$$t_{L0} = 0.6\text{s}$$

跳相关的线路开关

按此时限特性配合可获得对零序保护良好的选择性, 应注意选用高精度时间继电器

(5) 在本文中不讨论变压器零序保护及相关线路零序保护的整定计算。且作为一种示例, 对两相接地短路的情况未作计算。

(6) 对具体的电网而言, 可能出现100开关断开后, 不接地变压器的零序电压 $3U_0$ 大于95kV(中性点短时耐受电压), 且差值较大的情况, 由于设置了放电间隙, 可由间隙零序过流保护动作切除该故障变压器。如果考虑到间隙零序过流保护整定较为困难, 及间隙保护存在的不可靠因素, 不排除在此类特殊情况下按“常规方式”配备变压器零序保护。

4 结束语

我们对改进变压器零序保护实现方式的尝试, 在我局110kV以上电网中已实施多年, 运行经验证明“改进方式”的运行效果良好。由于变压器零序保护属变压器的重要保护之一, 我们的尝试仅是在我局有限电网的范围内进行的, 而全国各地大电网的情况相当复杂, 相应的零序网络也可能很复杂, 因而我们的尝试只是“抛砖引玉”, 谨供电力行业的同行们参考。

收稿日期：2000-06-06

作者简介：陈代云(1943-), 男, 大学, 高级工程师, 从事继电保护的设计研究; 金蕾(1975-), 女, 大专, 工程师, 从事继电保护的设计研究。

某种母差保护判据分析

穆利晓

(襄樊供电局调通分局,湖北襄樊 441002)

摘要: 在工作中发现某型母差保护装置因判据不能满足而在某些情况下可能拒动,并对此情况作一分析介绍。

关键词: 母差; 故障; 缺陷

中图分类号: TM773 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2001)01-0054-03

母线是发电厂和变电所的重要组成部分。在母线上连接着发电厂和变电所的发电机、变压器、输电线路、配电线路等电力设备,母线工作的可靠性将直接影响发电厂和变电所工作的可靠性。此外,变电所的高压母线也是电力系统的中枢部分,如果母线的短路故障不能迅速地被切除,将会引起事故扩大,甚至破坏电力系统的稳定运行,造成电力系统的瓦解事故。所以母线保护作为电力系统的重要元件保护,对保障系统安全运行起着举足轻重的作用。

在工作中接触到某型母差保护装置,该母差保护有两种不同原理的动作行为:母联电流比相式和电压比较式。母联电流比相式的动作原理为:当母联开关运行时,母线发生故障,母线会通过母联开关向母线提供短路电流,通过比较母联开关处的电流与其他运行开关的总差动电流之相位差来确定故障母线,从而正确地切除故障母线,缩小停电范围。母联电流比相式母差保护能正确区分正常与故障母线的必要条件之一是母联开关必须处于运行位置。电压比较式母差保护的原理是通过比较正常运行母线与故障母线正序、负序电压之差以确定故障母线,该原理的动作行为基于两个判据:

- a. $U_2 = 1U_2 - 2U_2, 1U_2, 2U_2$ 分别为、母负序(相)电压;
当 $U_2 \geq 8/3V$ 时选母,当 $U_2 < 8/3V$ 时选母;

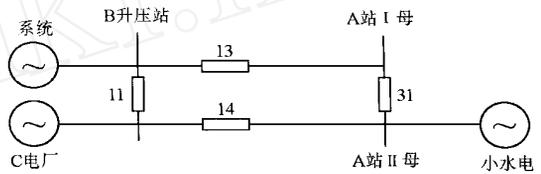


图1 一次接线图



图2 正序阻抗图

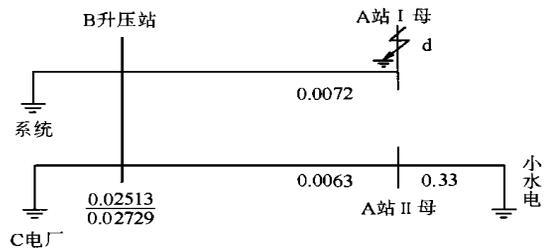


图3 零序阻抗图

- b. $U_1 = 1U_1 - 2U_1$, 即比较、母的正序(相)电压;
当 $U_1 \geq 5V$ 时选母,当 $U_1 < 5V$ 时选母。

Discussion on implementation of zero - sequence protection for transformer

CHEN Dai - yun , JIN Lei

(Yibin Electric Power Bureau , Yibin 644002 , China)

Abstract : Some problems to the traditional implementations of zero - sequence protection for transformer in substation at above 110kV volt age grades are pointed out in this paper. The improved implementations are discussed as well.

Keywords : transformer ; zero - sequence protection ; implementations