

# RET670 主变保护与 RET521 保护装置的比较分析

蒋一泉<sup>1</sup>, 袁宇波<sup>2</sup>, 李辰龙<sup>1</sup>, 黄浩声<sup>2</sup>

(1.江苏方天电力技术有限公司,江苏 南京 211102;2.江苏省电力公司电力科学研究院,江苏 南京 211103)

**摘要:**介绍了区外故障时由于未消除零序引起的变压器差动保护误动原因,分析了 ABB 公司 RET670 与 RET521 变压器差动保护在消除零序原理上的异同点以及两种差动保护原理的优缺点,并给出了 RET670 差动保护调试中启动值计算方法。分析结果表明,抗励磁涌流上 RET670 宜采用交叉闭锁原理,且 RET670 可提高区内单相接地故障的灵敏度,但对于相间故障,其灵敏度较 RET521 有所降低。

**关键词:**主变保护;消除零序;交叉闭锁原理;灵敏度

**中图分类号:**TM772

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2011)06-0017-03

电力变压器是电力系统中极其重要的设备,作为变压器主保护的差动保护也因此备受重视<sup>[1,2]</sup>。长期以来,由于变压器差动保护不同于发电机差动保护,在进行差动保护判别之前,需要对电流进行幅值相位校正<sup>[3-5]</sup>,人们从不同的角度深入研究变压器差动保护,使得原本简单的差动保护衍生出多种不同的形式,很容易给现场运行造成一定的困惑。目前国内主流的两种差动保护转角原理,一种是相间电流差动保护原理( $i_A-i_B$ );还有一种是减零序差动保护原理( $i_A-i_0$ )<sup>[6-8]</sup>。RET521 属于前者,而 RET670 属于后者,因此 ABB 这两种保护的区别主要就是原理上的区别。

## 1 两种保护的原理区别

由于变压器各侧的额定电流、相位在正常运行时不一致,因此在形成差动电流之前,一般要进行幅值相位校正。以 Y/△接线变压器为例,在区外故障时,区外故障的零序电流通过三角形绕组和地构成通路,而一般来说△侧的电流互感器(TA)都是接在环外,△侧感受不到区外故障的零序电流,而 Y0 的 TA 能够感受到故障零序电流,因此如果不消除 Y0 侧的零序电流,很有可能会引起差动保护的误动。如图 1 所示,某电厂在发生区外故障时,2 台启备变保护由于在定值中没有设置 Zsub=off,导致在区外故障时,2 台启备变差动保护误动。

由图 1 可知目前差动保护一般要消除零序电流的原因。如果不消除零序构成差动保护,就需要将 TA 安装在△环里面,这在一些三相分体的高压变压器上是可行的。通常在数字保护中可通过软件来校正,TA 一次侧统一接成 Y 形。以 Y0/Y0/△-11 变压器为例,A 相差动电流的计算方法有 2 种。

(1) RET670 的计算方法:

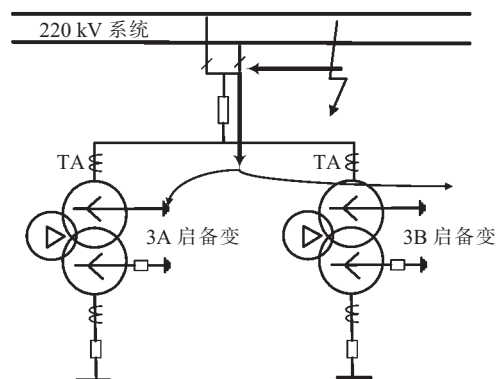


图 1 区外故障未消除零序引起的差动保护误动

$$I_{\text{Diff}_A} = \left| (i_{AH} - i_{H0}) + (i_{AM} - i_{M0}) \frac{U_M}{U_H} + \frac{(i_{AL} - i_{CL})}{\sqrt{3}} \frac{U_L}{U_H} \right| \quad (1)$$

式(1)中: $I_{\text{Diff}_A}$ 为 A 相差动电流; $i_{AH}$ 为高压侧 A 相电流; $i_{H0}$ 为高压侧零序电流; $i_{AM}$ 为中压侧 A 相电流; $i_{M0}$ 为中压侧零序电流; $i_{AL}$ 为低压侧 A 相电流; $i_{CL}$ 为低压侧 C 相电流; $U_H, U_M, U_L$ 分别为高、中、低压侧的额定电压。该原理是以 500 kV 高压侧为参考侧计算的。

(2) RET521 的计算方法:

$$I_{\text{Diff}_A} = \left| (i_{AH} - i_{BH}) \frac{U_H}{\sqrt{3} U_L} + (i_{AM} - i_{BM}) \frac{U_M}{\sqrt{3} U_L} + i_{AL} \right| \quad (2)$$

式(2)中: $i_{BH}$ 为高压侧 B 相电流; $i_{BM}$ 为中压侧 B 相电流,其余与式(1)中一样。该原理是以 35 kV 低压侧为参考侧计算的。

## 2 变压器差动保护的基本原理

差动保护原理可以用 KCL 电流定律来描述,如图 2 所示。

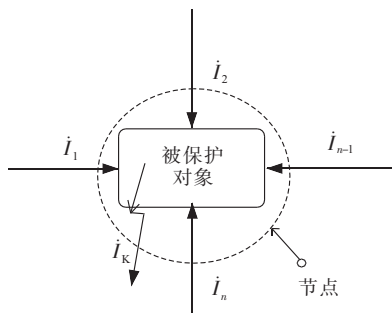


图 2 差动保护的原理

对于任何一个 KCL 节点,任何流进去的电流等于流出来的电流。

对于变压器来说,任何同一个铁心绕组上的电流是相同属性的。为分析问题方便起见,以 Y/Δ-11 点接线的变压器为例来说明问题, $i_A^Y$  为 Y 侧电流, $i_{a1}$  为 Δ 侧的套管电流,当主变正常运行 / 区外故障时,可以用以下天平类比差动方程的平衡,Δ 侧采用套管 TA 的电流,类似于发电机差动保护。



图 3 绕组差动保护的原理

由于变压器存在 Y/Δ 接线方式,如图 5 所示,正常时 Y 侧和 Δ 侧就存在角度差,在正常运行时,Y 侧和 Δ 侧就有 30° 的角差。解决问题的方法就是通过 Δ 侧电流来移相,如图 4 所示。

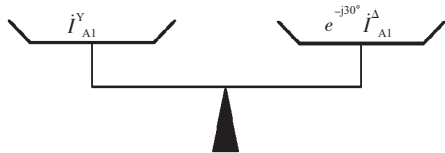


图 4 通过移相来转角的方法

但图 4 所示的方法是不可行的,因为在区外故障时,并不一定平衡,反而可能会误动。可以按照组成成分相同的原理来讨论变压器差动保护,如图 5 所示,Y 侧和 Δ 侧的电流如图 6 所示。因为 Δ 侧的线电流其实是由 a 相的绕组电流减去 b 相的绕组电流构成的。因此为了使得 Y 侧的臂电流和 Δ 侧对应,Y 侧应将 A 相电流减去 B 相电流,与 Δ 侧平衡。这就是相间差动的原理,RET521 采用的就是这种原理,这与国内常见的 PST1200 相同。

同样按照组分相等的原理,也可以在 Δ 侧进行转角,将 Δ 侧线电流中的 a 相减去 c 相,这样通过运算得到 Δ 侧的电流为 a 相的绕组电流减去环流  $i_D$ ,而此环流在区外故障的时候恰恰又等于 Y 侧的零

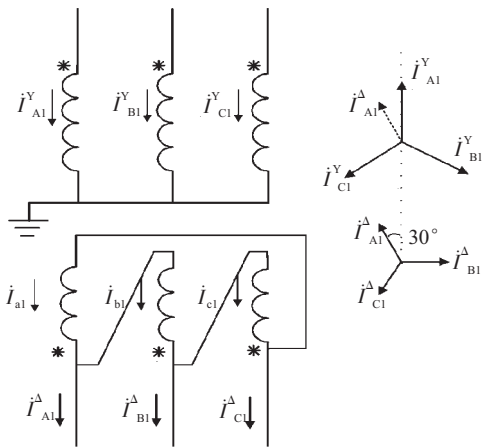


图 5 差动保护的接线



图 6 相间电流差动原理

序电流,因此要达到平衡,必须要将 Y 侧的线电流减去 Y 侧的零序电流,以防止区外故障不误动。如图 7 所示。ABB 的 RET670 采用的就是这种原理,与国产的南瑞 RCS978 保护相类似<sup>[2]</sup>。

平衡了  $\surd$

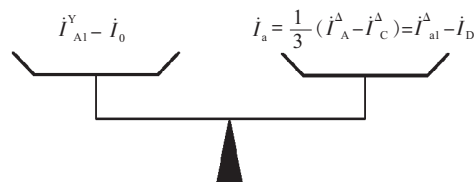


图 7 相电流减零序差动原理

如图 8 所示,将 Y 侧故障分量中的零序电流消除后,区外故障时,差动保护才不能误动。

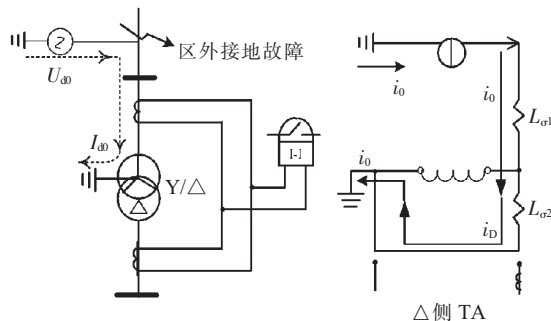


图 8 区外故障引起的误动电路

从励磁涌流的角度,从文献[1]可知,相电流减零序的差动存在一定的涌流误动风险,从国内外的保护误动案例情况来看,这种原理不能采用分相闭锁的原理,否则在空载合闸的瞬间可能会误动作<sup>[9]</sup>。建议 RET670 采用交叉闭锁的原理,但同样也会增加空投变压器内部故障,主变保护延时段的问题。

从文献[2]可知,灵敏度的角度比较分析,两种

原理的灵敏度 RET521 对于相间故障的灵敏度较高。RET670 对于接地故障的灵敏度较高,两种保护的原理灵敏度分析如表 1 所示。其中  $I_F$  为故障点电流的大小。

表 1 两种保护的原理灵敏度分析

类别	RET521	RET670
单相接地	$\frac{\sqrt{3}}{3} i_F$	$\frac{2}{3} i_F$
相间短路	$\frac{2\sqrt{3}}{3} i_F$	$i_F$
三相短路	$i_F$	$i_F$

### 3 测试方法与分析

RET670 主变保护的差动电流一次计算公式:

$$I_{\text{Diff\_A}} = \left| (i_{\text{AH}} - i_{\text{H0}}) + (i_{\text{AM}} - i_{\text{M0}}) \frac{U_{\text{M}}}{U_{\text{H}}} + \frac{(i_{\text{AL}} - i_{\text{CL}})}{\sqrt{3}} \frac{U_{\text{L}}}{U_{\text{H}}} \right| \quad (3)$$

$$I_{\text{Diff\_B}} = \left| (i_{\text{BH}} - i_{\text{H0}}) + (i_{\text{BM}} - i_{\text{M0}}) \frac{U_{\text{M}}}{U_{\text{H}}} + \frac{(i_{\text{BL}} - i_{\text{CL}})}{\sqrt{3}} \frac{U_{\text{L}}}{U_{\text{H}}} \right| \quad (4)$$

$$I_{\text{Diff\_C}} = \left| (i_{\text{CH}} - i_{\text{H0}}) + (i_{\text{CM}} - i_{\text{M0}}) \frac{U_{\text{M}}}{U_{\text{H}}} + \frac{(i_{\text{CL}} - i_{\text{AL}})}{\sqrt{3}} \frac{U_{\text{L}}}{U_{\text{H}}} \right| \quad (5)$$

RET670 主变保护的差动电流二次计算公式:

$$I_{\text{Diff\_A}} = \left| (i_{\text{AH}} - i_{\text{H0}}) \frac{1}{n_{\text{H}}} + (i_{\text{AM}} - i_{\text{M0}}) \frac{U_{\text{M}}}{U_{\text{H}}} \frac{n_{\text{M}}}{n_{\text{H}}} + \frac{(i_{\text{AL}} - i_{\text{CL}})}{\sqrt{3}} \frac{U_{\text{L}}}{U_{\text{H}}} \frac{n_{\text{L}}}{n_{\text{H}}} \right| \quad (6)$$

$$I_{\text{Diff\_B}} = \left| (i_{\text{BH}} - i_{\text{H0}}) \frac{1}{n_{\text{H}}} + (i_{\text{BM}} - i_{\text{M0}}) \frac{U_{\text{M}}}{U_{\text{H}}} \frac{n_{\text{M}}}{n_{\text{H}}} + \frac{(i_{\text{BL}} - i_{\text{CL}})}{\sqrt{3}} \frac{U_{\text{L}}}{U_{\text{H}}} \frac{n_{\text{L}}}{n_{\text{H}}} \right| \quad (7)$$

$$I_{\text{Diff\_C}} = \left| (i_{\text{CH}} - i_{\text{H0}}) \frac{1}{n_{\text{H}}} + (i_{\text{CM}} - i_{\text{M0}}) \frac{U_{\text{M}}}{U_{\text{H}}} \frac{n_{\text{M}}}{n_{\text{H}}} + \frac{(i_{\text{CL}} - i_{\text{AL}})}{\sqrt{3}} \frac{U_{\text{L}}}{U_{\text{H}}} \frac{n_{\text{L}}}{n_{\text{H}}} \right| \quad (8)$$

式(3—8)中: $n_{\text{H}}, n_{\text{M}}, n_{\text{L}}$ 分别为高、中、低压侧 TA 的变比。

通过差动电流的计算公式可以推导得到(测试过程先考虑不消除零序,比较容易做试验):以 Y0/Y0/△的变压器为例,变压器的变比为 505/230/36,主变容量为 1 000 MV·A,高压侧、中压侧 TA 变比为 4 000/1,低压侧 TA 变比为 5 000/1。设差动保

护动作的启动值为 0.3 p.u.,由此推算在装置二次各侧加的试验电流。

高压侧动作电流:

$$I_{\text{d}} = 30\% \times 1\,143/4\,000 = 0.085\,7\,\text{A}$$

中压侧动作电流:

$$I_{\text{d}} = 30\% \times 1\,143 \times 505/230/4\,000 = 0.188\,\text{A}$$

低压侧动作电流:

$$I_{\text{d}} = 30\% \times 1\,143 \times 505/36 \times \sqrt{3}/5\,000 = 1.666\,3\,\text{A}$$

### 4 结束语

总体分析 RET670 与 RET521 变压器差动保护,从差动原理上看变化较大,前者采用的是相电流减零序差动,后者采用的是相间电流差动。两者在原理上,抗励磁涌流上 RET670 由于空投时某一相的差流中二次谐波含量等于 0,导致差动保护误动,因此建议不采用分相制动原理,而采用交叉闭锁原理;在灵敏度上,RET670 可提高区内单相接地故障的灵敏度,但对于相间故障,较 RET521 有所降低。

参考文献:

- [1] 袁宇波,陆于平,李澄,等.三相涌流波形特征分析及差动保护中采用二次谐波相位制动的原理[J].中国电机工程学报,2006,26(19):23-28.
- [2] 袁宇波,周栋骥,陆于平,等.基于不同转角方式的变压器差动保护灵敏度分析[J].电力系统自动化,2006,30(24):27-32.
- [3] 王维俭,侯炳蕴.大型机组继电保护理论基础[M].北京:水利电力出版社,1989.
- [4] 史世文.大机组继电保护[M].北京:水利电力出版社,1987.
- [5] 陈增田.电力变压器保护(第2版)[M].北京:水利电力出版社,1989.
- [6] 邓祥力,刘世明.变压器保护两种转角方式的比较[J].继电器,2004,32(16):20-24.
- [7] 陈松林,李海英,乔勇,等.RCS-978 变压器成套保护装置[J].电力系统自动化,2000,24(22):52-56.
- [8] 丁网林,骆健,刘强.零序电流对数字变压器差动保护 Y,d 矢量变换的影响及对策[J].电力系统自动化,2004,28(5):56-58.
- [9] 吴奕.主变空载合闸涌流造成微机差动保护跳闸的分析与建议[J].江苏电机工程,2004(6):61-63.

作者简介:

蒋一泉(1978-),男,江苏盐城人,工程师,从事继电保护相关的调试管理和研究工作;

袁宇波(1975-),男,江苏丹阳人,高级工程师,从事继电保护相关的调试和研究工作;

李辰龙(1980-),男,辽宁沈阳人,工程师,从事继电保护相关的调试和研究工作;

黄浩声(1979-),男,浙江台州人,工程师,从事继电保护相关的调试和研究工作。

(下转第 22 页)

表 4 反时限过电压保护测试结果

过电压比值	理论计算时间 /s	实际动作时间 /s	相对误差 /%
1.15	1 431.08	1 347.42	6.21
1.20	252.98	243.76	3.78
1.30	44.72	44.22	1.12
1.40	16.23	16.03	1.25
1.50	7.91	7.82	1.15
1.60	4.53	4.48	1.12
1.70	2.87	2.85	0.70
1.80	1.95	1.94	0.52
1.90	1.40	1.39	0.72
2.00	1.04	1.04	0.00
2.10	0.80	0.80	0.00
2.20	0.63	0.63	0.00

作时间和电容器组设备裕度利用这两者之间的合理协调问题,在现场运行过程中取得了较好的效果,得到了用户的认可。

4 结束语

本文在分析了电容器组定时限过电压保护动作时间和电容器组设备裕度利用两者之间存在的矛盾,同时基于电容器组相关标准中的数据,借助

Matlab 数学软件进行曲线方程拟合,在拟合出方程上考虑一定的裕度,得到可应用于实际的反时限过电压保护的 特性方程。在 RCS-9631C 电容器保护测控装置实现了基于该特性方程的反时限过电压保护,并且应用到实际工程中,很好地解决了过电压保护动作时间和电容器组设备裕度利用这两者之间的合理协调问题,取得了较好的效果。

参考文献:

[1] DL/T 584—2007,3 kV~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].  
[2] GB 50227—2008,并联电容器装置设计规范[S].  
[3] DL/T 840—2003,高压并联电容器使用技术条件[S].  
[4] GB/T 11024—2001,标称电压 1 kV 以上交流电力系统用并联电容器[S].

作者简介:

施静辉(1976-),男,江苏启东人,工程师,研究方向为电力系统继电保护;  
寇英刚(1974-),男,天津人,工程师,从事电力营销的研究和管理工作;  
许庆强(1976-),男,江苏武进人,高级工程师,研究方向为电力系统继电保护;  
张 琦(1982-),男,安徽安庆人,助理工程师,从事电力系统继电保护工作。

Implementation of the Inverse Time Overvoltage Protection of Capacitor Bank

SHI Jing-hui<sup>1</sup>, KOU Ying-gang<sup>2</sup>, XU Qing-qiang<sup>2</sup>, ZHANG Qi<sup>1</sup>

(1. Nanjing NARI-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China;  
2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

**Abstract:** When overvoltage situation appears in capacitor bank, the traditional definite time overvoltage protection will cut off the capacitor bank in an appointed time delay, which makes the equipment margin of capacitor bank not be fully utilized. This paper gets the inverse time characteristic equation of overvoltage protection by curve fitting on the basis of the data from relevant standards. The inverse time overvoltage protection of capacitor bank is realized in a microprocessor-based protection device according to this characteristic equation, and it has achieved better results in practical application.

**Key words:** capacitor bank; overvoltage protection; inverse time

(上接第 19 页)

Comparative Analysis of the Transformer Protection RET670 and RET521

JIANG Yi-quan<sup>1</sup>, YUAN Yu-bo<sup>2</sup>, LI Chen-long<sup>1</sup>, HUANG Hao-sheng<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Frontier Electric Technologies Co. Ltd., Nanjing 211102, China;  
2. Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** The paper analyzes the reasons for malfunction of transformer differential protection in external fault, which caused by zero-sequence current. Based on the differences between RET670 and RET521 of ABB in eliminating zero-sequence current, a method of start value calculation for RET670 in differential protection debugging is established. Finally, results show that, RET670 should apply the cross blocking scheme in restraining inrush current, and it can improve the sensitivity in single phase to ground internal fault. However, compared with RET521, RET670 has relatively low sensitivity in phase to phase fault.

**Key words:** transformer protection; eliminating zero-sequence current; cross blocking scheme; sensitivity