

自耦变压器零差保护二次接线正确性判断

杨晓望, 刘花菊, 王亚迎

(西安供电局, 陕西 西安 710032)

摘要: 330 kV 及以上超高压大容量自耦变压器常配有零序电流差动保护, 以提高接地故障时保护动作的灵敏性。对一座 330 kV 变电站的 360 MVA 自耦变压器在空载投运时和用中压侧开关向 110 kV 母线充电时, 微机保护记录的采样值及波形数据进行分析, 阐明了零序电流差动保护用工作电压和负荷电流检验其电流二次接线正确性的方法。该变压器保护投运至今已经受了多次区外故障的考验, 该方法具有一定的工程实用价值。

关键词: 自耦变; 零差保护; 二次接线; 判断

Judging the CT secondary circuit of zero-sequence differential current for autotransformer

YANG Xiao-wang, LIU Hua-ju, WANG Ya-ying
(Xi'an Power Supply Company, Xi'an 710032, China)

Abstract: To enhance the sensitivity of ground fault protection, 330 kV and its above EHV large capacity autotransformers are equipped with zero-sequence current differential protection. This paper analyses the sample values and wave record when autotransformer no-load operates and 110 kV bus charges. It proposes working voltage of zero-sequence differential protection and its secondary connection's testing way. This transformer has survived many external fault, which shows that the method is practical.

Key words: autotransformers; differential protection; secondary connection; judgment

中图分类号: TM77

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)08-0066-04

0 引言

电力变压器是电力系统中十分重要的电气设备, 它如果发生故障将给供电和系统的安全运行带来严重的后果。为了保证变压器的安全运行和防止事故扩大, 按变压器内部及引出线可能发生的故障, 变压器一般配置的主保护有瓦斯保护和差动保护, 其中差动保护为电气量保护。

变压器差动保护区内包含着原、副绕组的磁耦合, 所以无论按什么原理构成的差动保护都有励磁涌流和过激磁工况下防止误动的问题。励磁涌流分析十分复杂, 特征数据分散, 加上电力系统静止补偿电容器的广泛应用, 使内部短路暂态电流更难与励磁涌流区分。差动保护有可能因变压器正常空投的励磁涌流而误动。据统计, 我国变压器差动保护正确动作率仅为 60%。所以就提出了原理简单、灵敏度高、与空载合闸励磁涌流无关的零序电流差动或分相电流差动保护。

1 变压器零序电流差动保护的特点

自耦变压器与同容量的普通变压器相比具有许

多优点, 西北电网 330 kV 电压等级的大容量变压器均采用三绕组自耦变压器。对自耦变压器常配置零序电流差动保护以提高接地故障保护动作的灵敏性。

零序电流差动保护具有接地短路故障灵敏度高; 其动作电流与变压器调压分接头的调整无关; 与励磁涌流的关系仅为间接影响, 作用较小; 零序电流差动保护装置简单、可靠的优点。但变压器零序电流差动保护也有自己的缺点, 运行经验说明, 变压器零序电流差动保护用工作电压和负荷电流检验其电流二次接线的正确性较困难。由于二次接线和电流互感器极性错误而造成变压器零序电流差动保护误动作的情况较多。

现结合实际, 根据某 330 kV 变电站主变(360 MVA 自耦变压器) 零序电流差动保护电流互感器极性、电流互感器二次接线的判断及主变投运时的一些数据, 谈谈自己对变压器零差保护二次接线正确性判断的一点方法。

2 零序电流差动保护二次接线方法

2.1 三绕组自耦变压器零序电流差动保护所用电流互感器的极性确定

三绕组自耦变压器零序电流差动保护使用的是变压器高压侧、中压侧、公共绕组侧的电流互感器, 其中高压侧、中压侧电流互感器的极性为以母线侧为正变压器侧为负的极性, 电流互感器正引出。公共绕组电流互感器的极性为以大地为正变压器侧为负的极性, 电流互感器正引出。三绕组自耦变压器原理接线及各侧电流互感器极性标注如图 1 所示。

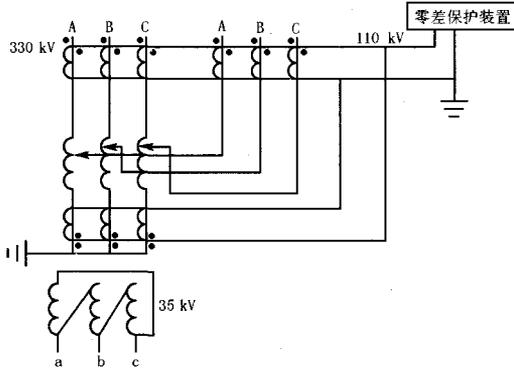


图 1 三绕组自耦变压器原理接线及各侧电流互感器极性标注示意图

Fig.1 Connection of 3-winding autotransformer and CT's polars

2.2 三绕组自耦变压器零序电流差动保护电流回路的接线方式

三绕组自耦变压器零序电流差动保护电流回路的接线方式有两种:

第一种: 将零序电流差动保护使用的高压、中压、公共绕组三侧电流互感器 A、B、C 三相在各侧的电流端子箱处合成零序回路, 并引至保护装置。如电磁式及早期的微机主变保护。

第二种: 将零序电流差动保护使用的高压、中压、公共绕组三侧电流互感器 A、B、C 三相以星型方式引至保护装置, 保护装置进行软件计算以合成零序电流。如该 330 kV 变电站使用的两种主变保护, 将差动保护和零序电流差动保护高、中压侧的电流分别使用同一组电流互感器, 并由同一端子接入保护装置, 接线简单, 并且保护采样值各侧各相电流都能显示, 比较起来也非常方便和明显。

在确保零序电流差动保护所用电流互感器极性、变比、二次接线正确的情况下, 根据空投变压器时微机保护的采样值及波形特点, 分析变压器零序电流差动保护所用电流互感器二次接线的正确性。

3 零序电流差动保护二次接线正确性的判断方法

3.1 利用主变 330 kV 高压侧开关空投试验判断

现将该 330 kV 变电站主变高压侧开关合闸冲击变压器时的一些采样数据列举出来作一分析。

RCS-978CN 3.04故障波形——零差电流

装置编号: 0978CN	通讯地址: 002	打印时间: 2005-07-21 22:57:56	
故障号: 001	启动时间: 2005-07-21 22:49:51:995		
各通道幅值(启动后0.5~1.5之间的一个周期内有效值):			
零序电流	000.01 In	零序电流后 I 侧支路零序电流	000.01 In
零序电流后 I 侧支路零序电流	000.00 In	零序电流后 II 侧支路零序电流	000.00 In
零序电流后 II 侧支路零序电流	000.00 In	零序电流后公共绕组零序电流	000.01 In
I 侧 A 相电流	000.27 A	II 侧 A 相电流	000.11 A
I 侧 B 相电流	000.28 A	II 侧 B 相电流	000.06 A
II 侧 C 相电流	000.33 A	I 侧 C 相电流	000.00 A
公共绕组 A 相电流	000.22 A	公共绕组 B 相电流	000.09 A
公共绕组 C 相电流	000.21 A		
电流标度 1(瞬时值) I:	000.21n/档		
电流标度 2(瞬时值) I:	000.33 A/档		
时间标度 T:	20 ms/档		

断路器说明:	1: I 侧开关跳闸	2: II 侧开关跳闸	3: III 侧开关跳闸	4: I 侧母联开关跳闸
	5: II 侧母联开关跳闸	6: 断路器拒跳	7: 断路器备用 1	8: 断路器备用 2

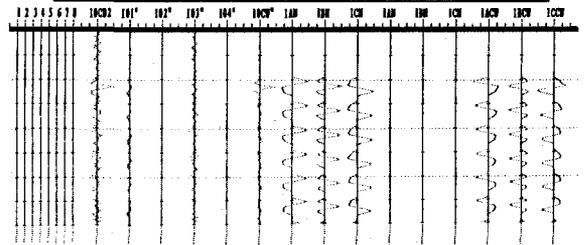


图 2 RCS-978CN 主变保护第一次冲击波形

Fig.2 First impact waveform of RCS - the 978CN main transformer protection

2005 年 7 月 21 日 22 时 49 分 50 秒 330 kV 变电站 2 号主变进行第一次冲击合闸试验, 其中 WBZ-500H 主变保护的采样数据为:

报告或故障时间: 2005-7-21 22:49:50
启动代码 QD is: 009 是突变量启动!

本次扰动无跳闸!

A 相差流值 $I_{da} = 0.19 A$

B 相差流值 $I_{db} = 0.19 A$

C 相差流值 $I_{dc} = 0.31 A$

各通道的基波值:

通道号

0 $I_{ah} = 0055 + j0047 = 0072 \angle 40.50^\circ (0.28A)$

1 $I_{bh} = 0017 - j0028 = 0032 \angle 301.28^\circ (0.13A)$

2 $I_{ch} = -0068 - j0020 = 0070 \angle 196.38^\circ (0.27A)$

3 $I_{an} = 0000 + j0000 = 0000 \angle 0.0^\circ (0.0A)$

4 $I_{bn} = 0000 + j0000 = 0000 \angle 0.0^\circ (0.0A)$

5 $I_{cn} = 0000 + j0000 = 0000 \angle 0.0^\circ (0.0A)$

6 $I_{a1} = 0000 + j0000 = 0000 \angle 0.0^\circ (0.0A)$

7 $I_{b1} = 0000 + j0000 = 0000 \angle 0.0^\circ (0.0A)$

8 $I_{c1} = 0000 + j0000 = 0000 \angle 0.0^\circ (0.0A)$

9 $I_{an} = -0049 - j0043 = 0065 \angle 221.26^\circ (0.25A)$

10 $I_{bn} = -0014 + j0022 = 0026 \angle 122.48^\circ (0.10A)$

11 $I_{cn}=0064+j0014=0065 \angle 12.33^\circ$ (0.25A)

RCS-978CN 主变保护采样报告是以波形的形式打印出来,其波形如图 2 所示。

由以上的采样数据及波形,我们可以明显看到高压侧和公共绕组各同名相电流的大小几乎相等,电流相位相差 180° 。这正好与空投变压器高压侧开关时,变压器内电流流向及相位关系是一致的。即电流由高压侧经公共绕组流向大地。空投高压侧开关的实验做了三次,分析三次的采样数据和波形,我们得到的结论是相同的,这就可以说明高压侧和公共绕组间电流互感器极性关系是正确的。

3.2 合上变压器高压侧开关用中压侧开关向 110 kV 母线充电

2005 年 7 月 22 日 1 时 10 分 5 秒 330 kV 变电站 2 号主变进行第四次冲击合闸试验。这次冲击的方法为:2 号主变高压侧开关在合闸状态,变压器已带电,用主变中压侧开关向中压侧(110 kV)母线充电试验。

其中 WBZ-500H 主变保护的采样数据为
报告或故障时间:2005-7-22 1:10:5
各通道的基波值:
通道号

- 0 $I_{ah}=-0034-j0017=0038 \angle 206.56^\circ$ (0.15A)
- 1 $I_{bh}=0002+j0037=0037 \angle 86.87^\circ$ (0.14A)
- 2 $I_{ch}=0030-j0022=0037 \angle 323.75^\circ$ (0.14A)
- 3 $I_{an}=0039+j0019=0043 \angle 25.97^\circ$ (0.17A)
- 4 $I_{bn}=-0003-j0045=0045 \angle 266.14^\circ$ (0.18A)
- 5 $I_{cn}=-0038+j0025=0045 \angle 146.67^\circ$ (0.18A)
- 6 $I_{a1}=0000+j0000=0000 \angle 0.0^\circ$ (0.0A)
- 7 $I_{b1}=0000+j0000=0000 \angle 0.0^\circ$ (0.0A)
- 8 $I_{c1}=0000+j0000=0000 \angle 0.0^\circ$ (0.0A)
- 9 $I_{an}=-0049-j0043=0065 \angle 221.26^\circ$ (0.25A)
- 10 $I_{bn}=-0014+j0022=0026 \angle 122.48^\circ$ (0.10A)
- 11 $I_{cn}=0064+j0014=0065 \angle 12.33^\circ$ (0.25A)

RCS-978CN 主变保护的采样报告是以波形的形式打印出来,其波形如图 3 所示。

由以上的采样数据及波形可以看出:当变压器高压侧开关在合闸状态,去合变压器中压侧开关冲击中压侧母线时,各同名相高压侧和公共绕组电流相位相同,而与中压侧电流相位相差 180° 。在已知保护装置各侧电流比例系数的情况下,我们还可以计算出三侧各同名相电流的相量和为零。这也与自耦变压器只合高、中压侧开关时,变压器内电流之间的流向及相量关系是一致的。即高压侧电流由高压侧流向中压侧,公共绕组电流由大地也流向中压侧。我们再分析第五次合变压器中压侧开关冲击

中压侧母线时的采样数据和波形,会得出以上同样的结论。

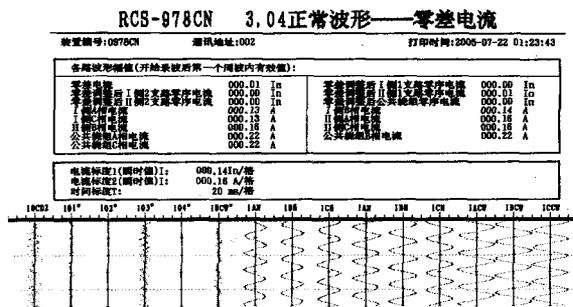


图 3 RCS-978CN 主变保护第四次冲击波形
Fig.3 The fourth impact waveform RCS - the 978CN main transformer protection

通过变压器这五次冲击试验,结合微机保护的采样值及波形特点,就可以很好的判断出三绕组自耦变压器零序电流差动保护所用电流互感器极性、电流互感器二次接线的正确性了。此时如果中压侧带负荷,用相位表测量主变高压侧、中压侧及公共绕组各相电流的六角图关系,也会得出以上相同的结论。

3.3 主变带负荷测试

如果三绕组自耦变低压侧再带上了负荷,其高压侧、中压侧及公共绕组各相电流之间的相位关系就不是那么明显。2005 年 7 月 22 日 13 时 32 分 51 秒 330 kV 变电站 2 号主变三侧开关均合闸带负荷,其中 WBZ-500H 主变保护的带负荷采样数据为:

正常采样值
报告或故障时间:2005-7-22 13:32:51
各通道的基波值:
通道号

- 0 $I_{an}=-0049-j0019=0052 \angle 201.18^\circ$ (0.20A)
- 1 $I_{bh}=0008+j0051=0051 \angle 81.07^\circ$ (0.20A)
- 2 $I_{ch}=0039-j0034=0051 \angle 318.93^\circ$ (0.20A)
- 3 $I_{an}=0062+j0001=0062 \angle 0.92^\circ$ (0.24A)
- 4 $I_{bn}=-0031-j0057=0064 \angle 241.45^\circ$ (0.25A)
- 5 $I_{cn}=-0033+j0054=0063 \angle 121.44^\circ$ (0.25A)
- 6 $I_{a1}=-0101+j0099=0141 \angle 135.59^\circ$ (0.55A)
- 7 $I_{b1}=0136+j0036=0140 \angle 14.82^\circ$ (0.55A)
- 8 $I_{c1}=-0035-j0138=0142 \angle 255.75^\circ$ (0.55A)
- 9 $I_{an}=-0089+j0010=0089 \angle 173.60^\circ$ (0.35A)
- 10 $I_{bn}=0054+j0070=0088 \angle 52.34^\circ$ (0.34A)
- 11 $I_{cn}=0033-j0084=0090 \angle 291.46^\circ$ (0.35A)

A 相差流值 $I_{da}=0.0 A$

- B 相差流值 $I_{db}=0.01 \text{ A}$
- C 相差流值 $I_{dc}=0.0 \text{ A}$
- 分差 A 相差流值 $I_{dFa}=0.03 \text{ A}$
- 分差 B 相差流值 $I_{dFb}=0.02 \text{ A}$
- 分差 C 相差流值 $I_{dFc}=0.02 \text{ A}$
- A 相二次谐波值 $I_{d2}=0.0 \text{ A}$
- B 相二次谐波值 $I_{d2}=0.0 \text{ A}$
- C 相二次谐波值 $I_{d2}=0.0 \text{ A}$

RCS-978CN 主变保护的带负荷采样波形如图 4 所示。

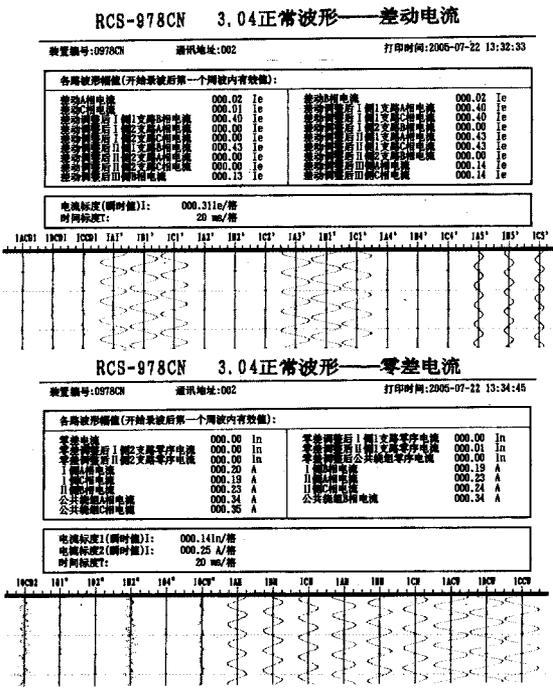


图 4 RCS-978CN 主变保护带负荷采样波形

Fig.4 On-load sample waveform of RCS - the 978CN main transform protection

由以上的采样数据及波形可以看出, 如果三绕组自耦变压器三侧开关均带上负荷, 其高压侧、中压侧及公共绕组各相电流之间的相位关系就不是那么明显。所以在测三绕组自耦变压器零序电流差动保护的六角图关系, 判断零序电流差动保护所用互感器极性及二次接线是否正确时, 最好在主变低压侧还未带负荷这种状态之前进行测量、判断。

4 结论

本文结合具体工程, 即 330 kV 一台 360 MVA 自耦变压器在利用高压侧开关空载投运; 变压器高压侧带电用中压侧开关冲击中压侧 (110 kV) 母线及变压器带负荷等方法, 两种微机保护分别记录的采样值和录波数据进行分析, 判断出零差保护二次回路接线的正确性。该变压器从 2005 年 6 月投运至今已受了多次区外故障的考验。由此说明上述多种判断方法对保证保护二次回路正确性、保护的正確动作率, 保证电网的安全、可靠、稳定运行起到了很好的作用。在实际工作中具有一定的理论意义和工程参考价值。

参考文献

- [1] 国家电力调度通讯中心. 电力系统继电保护实用技术问答(第 2 版)[M]. 北京:中国电力出版社, 2002. State Electric Power Dispatching and Communication Center. Power System Relay Protection Practical Technique, Second Edition[M]. Beijing:China Electric Power Press, 2002.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用(第 2 版)[M]. 北京:中国电力出版社, 2002. WANG Wei-jian. Principle and Application of Electric Equipment Protection, Second Edition[M]. Beijing:China Electric power Press, 2002.
- [3] 国电南自 WBZ-500H 微机变压器保护装置说明书[Z]. Guodian Nanjing Automation WBZ-500H Computer Transformer Protection Devices Brochures[Z].
- [4] 南京南瑞继保公司 RCS-978 系列变压器成套保护装置技术说明书[Z]. Nari-relays Electric Co. RCS-978 Transformer Protection Devices Brochures[Z].

收稿日期: 2006-08-24; 修回日期: 2006-11-30

作者简介:

杨晓望 (1977 -), 男, 大专, 现从事电力系统继电保护运行工作; E-mail:wangyyangxw@163.com

刘花莉 (1942 -), 女, 高级工程师, 现从事电力系统继电保护管理工作;

王亚迎 (1977 -), 女, 本科, 现从事计算机应用、版面设计工作。