

# 和应涌流对变压器差动保护影响的试验研究

王怀智,孙显初,常林

(宁夏大坝发电厂,宁夏 青铜峡 751607)

**摘要:** 大坝发电厂1号发变组差动保护,在2号主变反送电空投时往往引起误动作。为此,作了2号主变反送电空投试验,试验发现:空投2号主变时,在1号主变中产生和应涌流,分析研究了和应涌流对变压器差动保护的影响,得出了和应涌流是变压器差动保护误动的原因之一结论。并提出了变压器差动保护防止和应涌流误动的技术措施。

**关键词:** 和应涌流; 变压器; 差动保护; 试验; 研究

**中图分类号:** TM772      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1003-4897(2001)07-0052-03

电网中并联运行的变压器,一般都能满足变压器并联运行的基本条件,达到在空载时并联的线圈间没有循环电流流过,带负载时各变压器的负荷容量按比例地分配,为电网的经济运行带来极大的方便。但是并联运行中变压器的和应涌流对变压器的差动保护存在有一定的影响,目前还没有引起人们的关注,因此有必要进行分析研究。

## 1 问题的提出

大坝发电厂目前总装机容量为4×300MW,发电机组采用单元接线。1、2号主变的高压侧均接入同一220kV系统,发电机型号为QFS-300,额定容量为353MVA;主变型号为SFP7-360000/220,额定容量为360MVA;厂高变型号为SFPF7-40000/18,额定容量为40/2×20MVA。当由220kV母线向2号主变反送充电时,往往引起1号发变组差动保护误动作,为了寻找保护误动的原因,做了2号主变反送电空投试验,根据试验结果分析研究得出,和应涌流是引起1号发变组差动保护误动的主要原因。因此,应该认为在并联运行变压器中,和应涌流也是变压器差动保护误动的原因之一。在保护的构成和运行当中应加以防御。

## 2 变压器空投合闸试验

### 2.1 试验目的

结合大坝发电厂2号主变反送电空投时,引起1号发变组差动保护误动的情况,对2号主变进行空投合闸试验,以寻求和应涌流对1号发变组差动保护的影响。

### 2.2 空投方式

为了模拟真实情况,试验前将2号主变与发电机的连线打开,2号主变带2号厂高变空载,1号发

电机满负荷正常运行,由220kV母线通过主断路器向2号主变反充电。

### 2.3 录取量

用磁带机及十六线示波器录取了以下各量:

- 1) 2号主变高压侧的三相电流(即激磁涌流);
- 2) 1号主变高压侧的三相电流(其中包括和应涌流),1号发电机的三相电流;
- 3) 1号发变组差动保护差动继电器的三相差动电流;
- 4) 一个电压基准量。

### 2.4 录取量的分析

用磁带机录取的各电气量通过专用数据处理系统分析,计算某些时间段内各电流的成份、大小及变化规律。数据表明:

#### 1) 涌流倍数及变化

激磁涌流的大小与合闸时外加电压的相位,铁芯中剩磁的大小和方向,以及铁芯的特征有关。若正好在电压为最大值时合闸,则不会出现激磁涌流,而只有正常时的激磁电流。但是对于三相变压器,由于三相电压的相位不同,因此无论在任何瞬间合闸,至少有两相会出现不同程度的激磁涌流。其值一般为变压器额定电流的5~10倍,大型变压器激磁涌流的衰减时间一般为2~3s。

试验时,由于被空投的变压器为大型变压器,并且实际上带 / - 联接的厂高变,所以激磁涌流倍数不会很大,两次试验涌流的最大倍数为4.0倍左右,具体数据如下表1所示。

试验表明一:激磁涌流的一个重要特征是衰减快。一个周波后,最大电流那一相的电流将衰减到初始值的2/3。

#### 2) 涌流中的二次谐波含量

涌流中的谐波成份很多,含量最大的是直流分

量、基波分量和二次谐波分量。试验表明二:涌流中的二次谐波分量三相不相同,在合闸初期,最高可达80%以上(以基波分量为基准),最低的为17%。在第一次空投变压器时,在合闸后的第二个周波至第三个周波的40ms期间,A相激磁涌流中的二次谐波含量为18%左右,到第四个周波才增加到20%。因此,涌流中的二次谐波含量的变化特点是,随涌流的衰减其二次谐波分量却增大。

表1 2号主变的过电流倍数表

相别	最大电流(A)		过电流倍数	
	第一次	第二次	第一次	第二次
A	2177	3431	2.53	4
B	1420	2163	1.65	2.45
C	1064	1788	1.24	2.1

### 3) 1号发电机和1号主变中的电流

试验表明三:空投2号主变时,1号发电机的基波电流变化不大;而直流分量、二次谐波分量显著增大,三次谐波分量亦有明显增加。直流分量与二次谐波分量是同步衰减,而三次谐波分量衰减很慢。

同时可以看出,1号主变的基波电流变化不大,其直流分量和二次谐波分量明显增大,三次谐波分量与发电机电流相似。与发电机电流不同的是,变压器的二次谐波分量衰减的很慢。

### 4) 1号发变组差动保护继电器中的差流

试验还发现:在第一次空充电时,在分析所取的第10和第11点中(即在合闸后约0.8~1.6s之间),差动电流的有效值约为1A,其二次谐波分量约为13%~18%。

在第二次空充电时,在分析所取的第7点、第8点和第9点约1s的时间内,其C相差流基波电流的有效值约为1.4A,其二次谐波分量只有5%~14%~20%。如果差流值再大,就有使差动继电器误动的可能。

因此得出:在空投2号主变时,1号发变组差动保护的差流回路中产生较大的差流,其中基波电流最大达3A左右。并且,由于变压器两侧的二次谐波电流衰减快慢不一,可能出现下列情况:差流中的基波电流较大(大于2A),二次谐波分量很小(小于5%),此时,二次谐波制动比小于10%,比例制动又不起作用。因此,1号发变组差动保护有误动的可能。

## 3 和应涌流的分析研究

当变压器空投合闸时,会产生激磁涌流。与此

同时,并联运行的变压器也会出现浪涌电流,后者称谓和应涌流。和应涌流应该认为是变压器差动保护误动的重要因素。因为上述试验表明,和应涌流有可能造成差动保护误动作。

试验还表明:充电变压器空投合闸而产生的激磁涌流中含有直流(或非周期)分量,该直流分量经运行变压器的激磁电抗,使其铁芯趋向饱和,将产生相应的和应涌流,这个涌流有如下特点:

1) 相对充电变压器的激磁涌流而言,运行变压器的和应涌流为负值(反相),即当充电变压器空投而铁芯正相饱和时,并联运行变压器的铁芯趋向反相饱和。

2) 充电变压器由初始的不饱和状态逐渐过度到饱和状态,和应涌流将由小到大逐步增大。

3) 当充电变压器激磁涌流处于峰值附近时,母线电压的瞬时值较低,该时不产生和应涌流;当激磁涌流处于间断期间,运行变压器在激磁涌流的直流励磁和高电压的共同作用下,将产生和应涌流。因此激磁涌流和和应涌流是正负交替产生的。

4) 大容量变压器合闸的暂态过程持续期间长,和应涌流缓慢增长,运行变压器的差动保护可能在充电变压器空投合闸较长时间之后,由于和应涌流造成误动作。

## 4 和应涌流对变压器差动保护影响的分析

和应涌流和变压器的激磁涌流一样,只流过变压器一侧。在变压器空投合闸或切除外部短路的电压恢复过程中,全部激磁涌流都将流入差动回路,势必造成变压器差动保护的误动作。且在一台变压器产生激磁涌流的同时,与其并联运行的变压器中还会产生和应涌流,和应涌流也将全部流入差动回路,造成变压器差动保护误动作。

目前从理论分析的结果来看,只要有激磁涌流的存在,其中就有二次及高次谐波的存在,而且经电流互感器传变后,二次涌流中二次谐波成份还会有所增加。因此,对于激磁涌流可以采用二次谐波制动的办法予以解决。但是对于和应涌流则不同,上述试验说明,和应涌流中的二次谐波成份并不是在和应涌流最大时最大,而且随着和应涌流的衰减而增大,所以采用二次谐波制动的保护,是不能防止和应涌流造成误动的。大坝发电厂1号发变组差动保护的经常误动更说明这一点。

由二次谐波制动原理构成的变压器差动保护,对于防止激磁涌流引起的误动,无论是从原理分析,

还是多年来的运行实践都是无可非议的。但是对于和应涌流它却不尽其然,因此,由二次谐波制动原理构成的保护,还有它的不足之处。为了消除和应涌流造成的误动,可采用三相“或”二次谐波制动方式,但是这种“或”门闭锁方式在带有匝间短路的变压器空载合闸时,差动保护因非故障相的激磁涌流而闭锁,造成变压器匝间短路的延时切除,特别是大型变压器,涌流衰减很慢,将会引起变压器的严重烧坏。也可采用其它原理构成的变压器差动保护,来弥补二次谐波对和应涌流不能制动的不足。

另外,运行中还多次发生当系统中某台变压器空投合闸时,正在运行的变压器由零序过流保护误动而跳闸,当某一变压器进行空投操作时,运行变压器被切除,原因是空投变压器的激磁涌流中的零序电流流过运行变压器的中性点,引起运行变压器零序电流保护误动作。为此,应正确估算各种系统运行方式下,其它变压器空投时,和应涌流在本变压器中性点流过的最大零序电流。

## 5 结论

5.1 空投变压器时,三相激磁涌流的大小不一样,所含的二次分量也不相同。在合闸后的2~3个周波内,有可能一相激磁涌流中的二次谐波分量小于20%。随着电流的衰减,涌流中的二次谐波成比例增加。

5.2 变压器充电时,对与其并联运行的变压器影响是,使并联运行变压器电流中直流分量与二次谐波分量显著增大,最大为10%以上,三次谐波电流也有增大。

5.3 在并联运行变压器中,由于和应涌流的影响,及变压器两侧电流中二次谐波分量衰减特性不一,故使变压器差动保护的差流回路中出现电流。差流

中二次谐波的含量有时很小(小于10%),所以变压器差动保护有误动的可能。

5.4 由于和应涌流是通过两台变压器的中性点构成回路,且存在有较大的零序涌流,因此变压器的零序保护也有误动的可能。

## 6 对策

6.1 解决和应涌流引起变压器差动保护误动的最根本的办法是,首先解决二次谐波电流不能可靠制动和应涌流的问题。这样就对二次谐波制动原理构成的变压器差动保护提出了新的课题,还需要继续研究讨论,以寻求最佳的解决办法。

6.2 和应涌流是通过两台并联变压器的中性点构成回路的,因此在向一台变压器充电时,可将运行中的变压器中性点拉开,以消除和应涌流的通道。防止保护的误动作。

6.3 在满足选择性的前提下,适当提高变压器差动保护的定值,也是防止和应涌流引起保护误动的办法之一。大坝发电厂就是采取了提高定值的办法,多年来再未发生过误动或拒动情况。

## 参考文献:

- [1] 王维俭,候炳蕴.大型机组继电保护理论基础.北京:中国电力出版社,1996.
- [2] 王怀智.大坝发电厂1号机组大差保护误动原因的分析研究.第六届全国继电保护学术研讨会论文集.深圳:中国电机工程学会继电保护专业委员会,1996.

收稿日期: 2000-12-11

作者简介: 王怀智(1958-),男,中专,工程师,从事继电保护应用工作; 孙显初(1972-),男,助工,学士,从事继电保护应用工作; 常林(1966-),男,大专,助工,从事继电保护应用工作。

## Test and study on the effect of surge current on differential protection for transformer

WANG Huai-zhi, SUN Xian-chu, CHANGLin  
(Ningxia Daba Power Plant, Qingtongxia751607, China)

**Abstract:** For the differential protection for #1 generator - transformer set in Daba power plant, it has maloperations several times as #2 main transformer operating without load during power inverse transmission. Therefore, a test on #2 main transformer in such conditions is done and it is found that when the #2 main transformer operating without load, a surge current is produced in #1 main transformer. After analyzing the effect of the surge current on the differential protection for transformer, it shows that the surge current is something to bring the maloperation of the differential protection for transformer. Thus the solutions to above problems are proposed.

**Keywords:** surge current; transformer; differential protection; test; study