

# 特高压变压器调压补偿变压器配置独立差动保护的必要性

汤会增 程朝磊 黄健金 岳雷刚 余开伟

(国网河南省电力公司检修公司 河南 郑州 450007)

**摘要:** 针对特高压变压器主体变压器与调压补偿变压器分体结构的特点,介绍了特高压变压器差动保护配置方案,通过对调压及补偿绕组内部故障的动态模拟试验,得出大差差动保护对调压补偿变内部故障灵敏度不足,说明调压补偿变压器配置独立差动保护的必要性。

**关键词:** 特高压变压器; 独立调压补偿变压器; 差动保护; 动态模拟试验

**Abstract:** For the characteristics of split structure of UHV main transformer and the regulating and compensating transformer, the configuration scheme of differential protection for UHV transformer is introduced. Through the dynamic simulation experiment of internal faults of regulating and compensating windings, it is concluded that the sensitivity of differential protection of main winding is insufficient for the internal faults of regulating and compensating transformer, which explains the necessity of independent differential protection.

**Key words:** UHV transformer; independent regulating and compensating transformer; differential protection; dynamic simulation experiment

中图分类号: TM772 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2017)01-0081-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2017.01.017

## 0 引言

特高压变压器由于制造工艺、绝缘及运输等因素的影响,采用主体变压器与调压补偿变压器分体的结构方式,两者通过外部导线进行电气连接<sup>[1]</sup>。相对于整个特高压变压器线圈,调压补偿变压器所占线圈匝数比例较低,大差差动保护不能够完全保护整个调压补偿变压器<sup>[2]</sup>,因此需要配备单独的调压补偿变压器差动保护。下面通过动模试验分析了特高压调压补偿变压器配置独立差动保护的必要性。

## 1 变压器的结构及参数

特高压变压器结构如图1所示,采用分相和分体式结构,主变压器高、中、低压侧采用YN,yn,d11的绕组接线方式,110 kV 低压侧带补偿绕组调压<sup>[3]</sup>,其主要参数如表1所示,TA主要参数如表2所示。

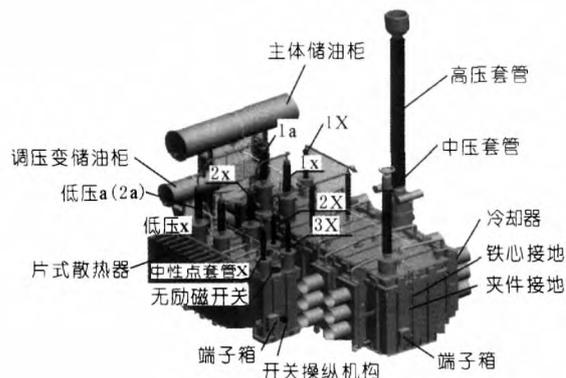


图1 特高压变压器整体示意图

表1 1 000 kV 特高压变压器及其动模模型参数

项目	原型设计参数	动模模型参数	
主变压器	额定容量(相)	1 000/1 000/334 MVA	2.5/2.5/0.83 kVA
	额定电压(相)	1 050/√3:525/√3 ± 5%/: 110 kV	1 000/√3:500/√3:100 V
	短路阻/%	$U_{H-M} = 18, U_{H-L} = 62, U_{M-L} = 40$	$U_{H-M} = 14.8, U_{H-L} = 67.8, U_{M-L} = 52.3$
调压绕组	额定容量(相)	59 MVA	147.5 VA
	额定电压及变比	110:5% × 1050/√3 kV $n = 3.63$	110:5% × 1 000/√3 V $n = 3.81$
补偿绕组	额定容量(相)	18 MVA	45 VA
	额定电压及变比	5% × 1 050/√3:5.4 kV $n = 5.61$	5% × 1 000/√3:5.4 kV $n = 5.35$

表2 特高压变压器 TA 配置表

部位	TA 位置	变比
主体变压器	高压侧开关 TA1	3000/1
	中压侧开关 TA2	5000/1
	低压侧开关 TA3	4000/1
	低压侧套管 TA4	4000/1
	公共绕组套管 TA5	2500/1
调压变压器	调压变励磁绕组套管 TA7	1000/1
补偿变压器	补偿变励磁绕组套管 TA6	1000/1

主体变压器和调压补偿变压器通过外部电气导线连接,其接线原理如图2所示。其中SV串联绕组、CV公共绕组和LV低压绕组三部分组成主体变压器,TV调压绕组和EV调压变励磁绕组组成调压变压器,LE补偿变励磁绕组、LT补偿绕组组成补偿变压器<sup>[4-5]</sup>。

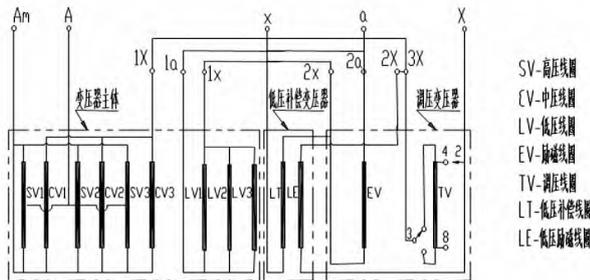


图2 主体变压器与调压补偿变压器接线原理图

## 2 变压器差动保护配置方案

特高压变压器配备的差动保护如图3所示。大差差动保护为主保护,基本能够反映变压器内部所有的故障,但对部分内部轻微匝间故障的反应灵敏度不足,因此需要配置故障分量差动保护用来提高主变压器在负荷较大的情况下发生内部轻微匝间故障的灵敏度;配置分相差动保护可以用来提高主绕组内部匝间轻微故障时的灵敏度;配置零序差动保护可以用来提高发生单相接地故障时差动保护的灵敏度;分侧差动保护则可以躲开励磁涌流和过励磁危害,同时还能提高相间短路故障的灵敏度。由于调压绕组和补偿绕组的匝数相对于主变压器绕组匝数比例较低,且与主绕组不在同一个铁心上,为了提高调压变压器和补偿变压器发生匝间故障时的灵敏度,专门设置了独立的调压变压器和补偿变压器差动保护。

## 3 调压补偿变压器故障动态模拟试验

为验证特高压变压器调压变压器和补偿变压器配置独立差动保护的必要性,根据特高压交流试验

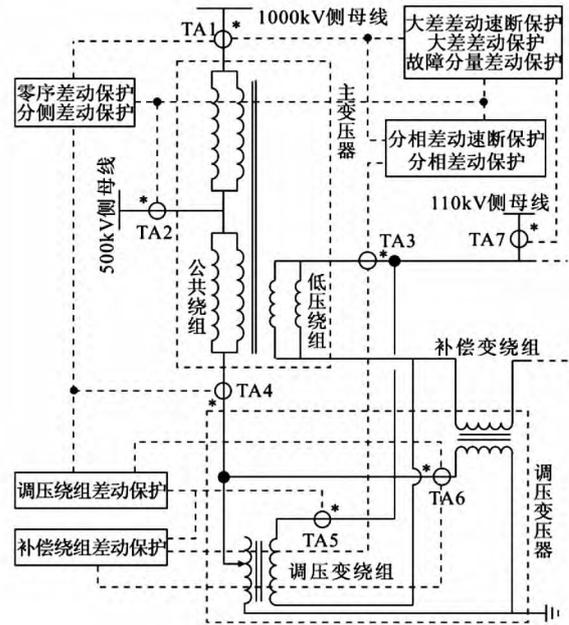


图3 主变压器差动保护配置图

示范工程的系统参数设置动模试验模型,变压器模型主要参数如表1所示,试验接线如图4所示。

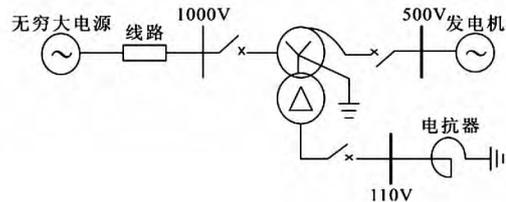


图4 特高压交流变压器动模试验模型示意图

### 3.1 调压变压器绕组内部故障

分别模拟调压变压器高压侧绕组不同百分比匝间故障,可得主体变压器和调压变压器差动保护动作情况如表3所示。

表3 调压变压器高压绕组匝间短路差动动作统计

故障情况	差动动作情况				
	3%	5%	10%	15%	18%
主体变压器差动情况	未动作	未动作	未动作	动作	动作
调压变压器差动情况	动作	动作	动作	动作	动作

图5所示为调压绕组C相高压侧10%匝间故障时(A、B相正常)差动电流幅值。图中C相大差差动保护的二次侧差动电流的幅值 $I_1$ 低于门槛值,不能动作于故障。而调压绕组差动保护的C相差动电流的幅值 $I_m$ 达到3A,可以快速正确动作。

分别模拟调压变压器低压侧绕组不同百分比匝间故障,可得主体变压器和调压变压器差动保护动作情况如表4所示。

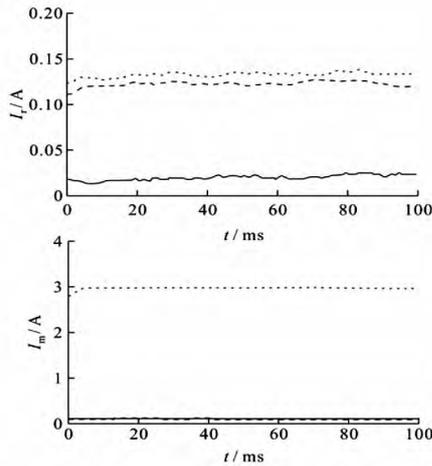


图5 调压线圈匝间故障试验差动电流分析

表4 调压变压器低压绕组匝间短路差动电流动作统计

故障情况	差动动作情况				
	5%	15%	25%	35%	50%
主体变压器差动情况	未动作	未动作	未动作	动作	动作
调压变压器差动情况	动作	动作	动作	动作	动作

由上可知,大差差动保护不能够反应调压变压器高压线圈发生匝间15%以下故障和低压线圈发生35%以下匝间故障;而各种故障下调压变差动保护均可以快速正确动作。

### 3.2 补偿绕组内部故障试验

分别模拟补偿变压器高压侧绕组不同百分比匝间故障,主体变压器和补偿变压器差动保护的動作情况见表5。

表5 补偿变压器高压绕组匝间短路差动动作统计

故障情况	差动动作情况				
	5%	10%	15%	20%	40%
主体变压器差动情况	未动作	未动作	未动作	未动作	未动作
补偿变压器差动情况	动作	动作	动作	动作	动作

图6所示为补偿绕组C相高压侧40%匝间故障时(A、B相正常)差动电流幅值。图中C相大差差动保护的二次侧差动电流的幅值 $I_r$ 低于门槛值,不能动作于故障。而补偿绕组差动保护的C相差动电流的幅值 $I_m$ 达到0.8A,可以快速正确动作。

由上可知,大差差动保护不能够反应补偿绕组高压线圈发生匝间40%及以下故障,而配置的补偿变压器差动保护可快速正确动作于匝间发生5%轻微故障。

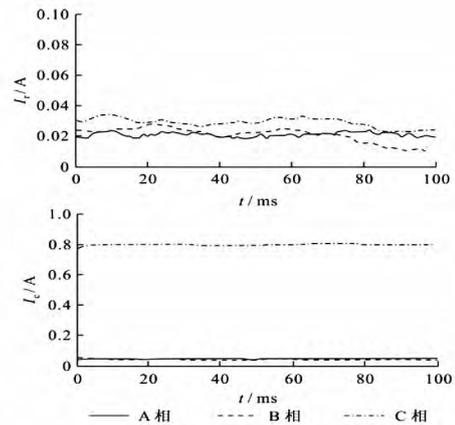


图6 补偿线圈匝间故障试验差动电流分析

## 4 结论

针对特高压变压器的结构特点,研究了特高压变压器差动保护配置方案,通过动模试验分析了调压补偿变压器配置独立差动保护的必要性。动模试验结果表明,调压变压器高压线圈发生匝间15%以下故障、调压变压器低压线圈发生35%以下匝间故障及补偿绕组高压线圈发生匝间40%及以下故障时,大差差动保护均不能够反应,灵敏度明显不足,而调压补偿变压器的差动保护均快速正确动作。因此,需要配置独立的调压变压器和补偿变压器差动保护,用来提高其内部匝间故障的灵敏度。

### 参考文献

- [1] 邓茂军,孙振文,马和科,等. 1000 kV 特高压变压器保护方案[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(10): 168-173.
- [2] 文继锋,程晓,张晓宇,等. 特高压变压器差动保护研究[J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(22): 58-62.
- [3] 郑涛,张婕,高旭. 一起特高压变压器的差动保护误动分析及防范措施[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(18): 92-97.
- [4] 邵德军,尹项根,张哲,等. 特高压变压器差动保护动态模拟试验研究[J]. 高电压技术, 2009, 35(2): 20-36.
- [5] 南瑞1000 kV RCS-978 变压器保护说明书[Z].
- [6] 特高压交流工程二次设备动模试验研究试验报告[R].

作者简介:

汤会增(1982),硕士、工程师,从事超特高压变电运维检修工作;

程朝磊(1983),工程师,从事超特高压变电运维工作。

(收稿日期:2016-09-16)