

# 一起直流分压器故障导致直流系统闭锁事故分析

胡翔

(四川电力调度中心 四川 成都 610041)

**摘要:**介绍了德宝直流输电系统一起由于高压直流分压器的体系结构设计不足引起的直流系统闭锁事故,通过对事故的原因进行剖析,找出直流分压器的体系结构设计的不足,并提出了相应的解决措施,为高压直流输电系统的运行提供了借鉴经验。

**关键词:**直流;闭锁;分压器;冗余度

**Abstract:** A DC system blocking failure caused by the imperfection of architectural design of high-voltage DC voltage divider in DeBao DC transmission system is introduced. By analyzing the causes of the accident, the weaknesses of architecture design of DC voltage divider are found, and the corresponding resolutions are proposed, which provides an experience reference for the operation of high-voltage DC transmission system.

**Key words:** direct current; blocking; voltage divider; redundancy

中图分类号: TM711 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2011)04-0059-02

控制保护系统的正常运行是直流输电系统正常运行的必备条件。控制保护系统的正常运行不仅取决于系统自身的软件设计,同时与现场一次设备如DCCT、直流分压器以及传输通道等多种因素密切相关,其中任意一个环节出现异常,都可能导致整个直流控制保护系统的异常。因此,在测量装置正常的条件下,如何采取合理的系统体系结构,使直流控保系统最大程度地保持正常稳定运行是一个摆在面前的重要课题。直流分压器作为直流输电系统电压的监测设备,对于整个直流系统的正常运行意义重大,由于直流分压器的闪络及设备原因导致的直流系统故障近几年在中国已多次出现<sup>[1-4]</sup>,但由于直流电压采集、监测系统的设计不合理而导致的直流输电系统闭锁还不多见。这里对德宝直流系统的一次由于直流分压器系统体系结构设计不合理导致的直流输电系统闭锁故障进行了分析并提出改进措施,为中国直流输电运行提供了一些经验及借鉴。

## 1 故障现象及处理情况

2010年2月26日,德宝直流系统极I全压、金属回线1250 MW运行,功率方向为宝鸡送德阳;500 kV交流系统谭德一、二线运行正常,500 kV 1、2号母线运行正常;站用电系统1、2、3号站用变压器运行正

常,控制保护系统运行正常。

2010年2月26日20时59分,极I直流系统检测到系统扰动,接收到“来自对站请求降压运行”信号,进行一次降压再启动成功。21时26分,极I直流系统再次检测到系统扰动,接收到“对站发出保护闭锁指令”信号,“德宝”直流极I闭锁。22时25分,德阳站按调度命令进行带线路开路(OLT)试验,22时47分,该站带线路开路(OLT)试验成功,最高电压501 kV。

## 2 故障原因分析

### 2.1 直流电压测量系统结构

德宝工程现用直流电压互感器为Schmiewindt产品,用于双极直流系统极母线、中性母线电压测量。其中,500 kV直流电压互感器安装于直流场,50 kV直流电压互感器安装于阀厅。直流分压器由高压部分和低压部分组成。

高压部分是一些电阻和电容先并联,然后再串联在一起组成,低压部分的设计原理与高压部分相似,并配有保护放电间隙。两者的共同特征是取同一时间常数。低压并联部分的电压作为直流感应器的输入电压信号,经过放大后取得与直流电压成比例的电压输出,通过光纤送至控制保护屏柜内。

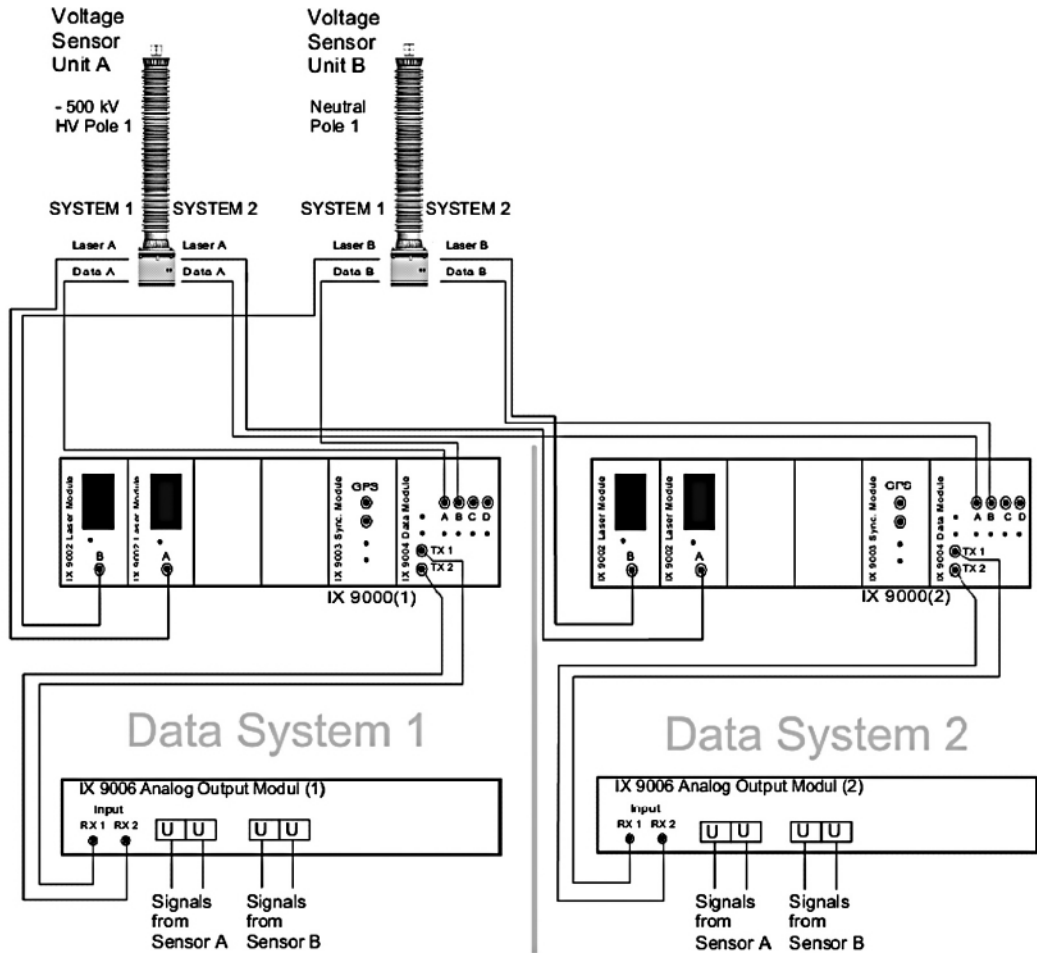


图1 直流电压测量系统体系结构图

Schniewindt 直流分压器电压采集传输由 IX 9000 - G2 OPDL 系统完成。该系统由三个模块组成,即远端模块、本地系统和模拟输出模块。系统结构如图 1 所示。

远端模块(9001)安装在直流分压器结构上,负责现场数据采集,包括电源转换器和相关的电源调节电路、三个装有前置放大器和滤波器的 16 位模拟 - 数字信号转换器(ADC)、数字控制电路以及用于回传数据通信的 LED。

本地模块(9000)包括激光模块、同步模块和数据模块。激光模块向其所连接的远端模块 9001 提供光电源及时钟信息;同步模块用于提供时钟,以保证所有远端模块输入同时开始采样。这些脉冲通过后面板传输给激光模块。

模拟输出模块(9006)把本地模块输出的光信号转换为模拟量信号,提供给极保护 PPR、极控制 PCP 和故障录波。

## 2.2 故障分析

由图 1 可见,直流分压器接口屏送至极保护 PPR

保护启动和保护出口程序的信号均来自同一个远端模块 9001 传输过来的电压信号,只要这一套远端模块 9001、本地模块 9000 和模拟输出模块 9006 中的某个环节出现异常,极保护 PPR 就会动作。

在直流输电系统故障后,德阳站成功进行带线路开路(OLT)试验,说明直流线路无故障。通过对故障录波数据进行分析,发现极母线和中性母线电压波动较大,直流分压器送至 PCP 和 PPR 的电压信号存在突变现象。

综上所述,在直流分压器送至保护的信号不冗余的条件下,由于极保护 PPR 上的保护启动和保护出口程序共用同一个远端模块 9001 传输过来的电压信号,当电压测量回路上的任何一个环节出现异常,尤其是直流分压器电压信号突变的情况下,直流保护启动回路及出口程序都将判断系统故障,并启动闭锁直流系统。因此,直流分压器送至保护的信号不冗余及直流分压器电压信号的突变,是导致直流系统闭锁的直接原因。

(下转第 90 页)

报, 2009(20): 176.

- [2] 韦红斌. 浅谈防止误操作的对策[J]. 湖州师范学院学报, 2009(S1).
- [3] 张健, 朱永利, 李东. 操作票专家系统的研究现状及其前景[J]. 电力情报, 2002(1): 61-64.
- [4] 张健, 朱永利, 杨子强等. 适用于变电站操作票推理的面向对象知识表示法[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(1): 63-65, 81.
- [5] 翟学明, 谢萍, 戚宇林等. 电网调度操作票专家系统中的知识表示方法[J]. 华北电力大学学报, 1998, 25(3): 98-102.
- [6] 张永生. 变电站智能操作票专家系统的开发应用[J]. 华东电力, 2000, 28(9): 23-25.
- [7] 李焕中. 电厂可视化操作票及PDA防误操作系统的设计[J]. 科技资讯, 2009(28): 25-26.
- [8] 邢晓敏, 赵东, 王兴奇. 通用型电气倒闸综合防误系统的研发[J]. 科技资讯, 2007(28): 8.
- [9] 邢晓敏, 王兴奇. 新型防误闭锁装置在智能操作票专家

系统中的应用[J]. 科技资讯, 2006(14): 8-9.

- [10] 马文建. 变电站仿真培训系统中操作票专家系统开发与实现[D]. 华北电力大学(河北), 2009.

作者简介:

袁贵川(1977) 毕业于浙江大学, 硕士, 长期从事电力系统调度运行工作。

庞晓艳(1968) 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力系统运行、电网稳定管理等方面研究工作。

张宏图(1973) 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力系统运行管理等方面研究工作。

王超(1976) 男, 工程师, 硕士, 主要从事电网调度运行、电力市场等方面研究工作。

肖志强(1978) 男, 工程师, 硕士, 主要从事电网调度运行、智能防误等方面研究工作。

陈登科(1981) 男, 江苏宁波人, 工学学士, 主要从事电力系统高软设计工作。

(收稿日期: 2011-05-10)

(上接第60页)

### 3 解决措施

针对此次事故暴露的问题, 故障的根本原因在于直流分压器送至保护的信号不冗余, 因此, 若直流系统保护的启动与保护出口单独各自使用相应的传输系统时, 即使个别元件异常, 也不会导致保护启动与保护出口程序的同时出口, 从而导致直流系统的闭锁, 最多也只是引起相应PPR系统退出备用, 而冗余的PPR系统仍然能够保证在真正故障出现时及时切除故障, 保障直流输电系统设备的安全。

按照上述思路对德宝直流系统的直流分压器进行相应的冗余改造, 系统结构如图2所示。

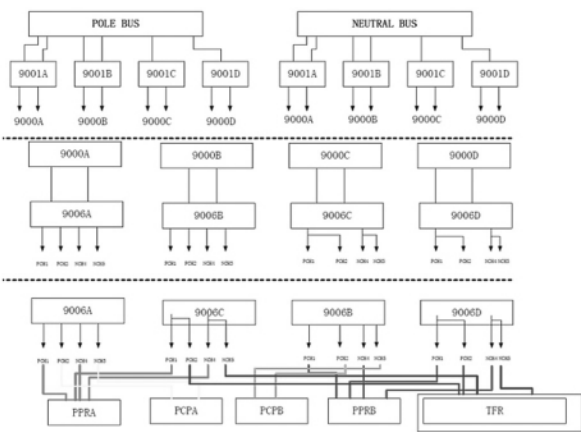


图2 冗余结构改造方案

由图2可见, 通过在每极直流分压器的两个接口柜上各增加一套IX.9000-G2 OPDL系统, 即极母线

直流分压器增加两个远端模块9001, 中性母线直流分压器增加两个远端模块9001, 直流分压器接口柜A和直流分压器接口柜B上分别增加一套本地模块9000和模拟输出模块9006, 极保护PPR上的保护启动和保护出口程序不再使用同一个远端模块9001传输过来的电压信号, 这样能够有效避免一个远端模块采集信号的波动造成极保护的启动程序和出口程序同时满足跳闸条件, 增加了系统运行的稳定性。

### 4 结语

根据德宝直流输电系统由于直流分压器导致的系统闭锁情况分析, 结合直流输电系统在电网稳定中的枢纽地位, 建议在有条件的情况下慎重考虑直流控制保护系统中各个监测量的冗余策略, 必要时可采取增加冗余度的方法, 确保直流输电系统运行的可靠性。

#### 参考文献

- [1] 吴泽辉, 张鹏, 左干清. 高电压直流系统电压波动的分析与处理[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(5): 104-107.
- [2] 郭树永, 郝江涛. 天生桥换流站高压直流分压器雨闪事故分析[J]. 四川电力技术, 2008, 31(2): 36-37.
- [3] 陕华平. ±500 kV 龙泉换流站极I极母线直流分压器故障导致直流系统闭锁原因分析[J]. 华中电力, 2010, 23(2): 42-44.
- [4] 饶洪林, 姚其新, 饶磊. 龙泉、江陵换流站直流分压器闪络原因分析及对策[J]. 华中电力, 2010, 23(1): 55-57.

作者简介:

胡翔(1976) 毕业于四川大学, 硕士, 长期从事电力系统调度运行工作。

(收稿日期: 2011-05-09)