

DOI: 10.3969/j.issn.1006-4729.2017.06.006

10 kV 零压降零损耗深度限流装置的设计与应用

蔡根满¹, 易孝波²

(1. 广东电网有限责任公司中山供电局, 广东 中山 528401;
2. 珠海市伊特高科技有限公司, 广东 珠海 519070)

摘要: 为解决 10 kV 母线短路电流超标不能并列运行和加装限流电抗器带来的压降及损耗难题, 研究了一种零压降零损耗深度限流装置, 分析了其工作原理, 介绍了控制系统的总体构成, 并提出分相控制器的具体设计方案. 采用了故障电流快速检测技术、高速真空开关快速换流技术, 并结合高能氧化锌均能限压技术和智能相控技术, 实现了在正常状态下零损耗、零压降, 近区短路故障状态下限制短路电流的目的. 通过在 220 kV 变电站 10 kV 侧的应用, 验证了零压降零损耗深度限流装置在限制短路电流中的作用.

关键词: 零压降; 零损耗; 深度限流; 高速涡流

中图分类号:

文献标志码: A

文章编号: 1006-4729(2017)06-0540-05

Design and Application of a 10 kV Depth Current Limiting Device with Zero Voltage Drop and Zero Loss

CAI Genman¹, YI Xiaobo²

(1. Zhongshan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Corporation, Zhongshan 528401, China;
2. Zhuhai Yi Te High Technology Co., Ltd., Zhuhai 519070, China)

Abstract: To solve the problem that the 10 kV bus can't run in parallel when the short-circuit current exceeds and the voltage drop and loss caused by the current limiting reactor, the research focuses on the design and application of a depth current limiting device with zero voltage drop and zero loss. The working principle is analyzed and the structure of the control system is introduced. Based on the analysis a detailed scheme of the split phase controller is proposed. The device adopts rapid detection of fault current and rapid converter technology based on high-speed vacuum switch. And it is also combined with voltage limiting technology with high-energy zinc oxide and intelligence phase control technology. It can achieve the purpose that there has zero loss and zero voltage drop in the normal state and the purpose limiting the short circuit current in the fault state. The depth current limiting device is used in the project of 220 kV substation where the device is installed on the 10 kV side. The experiments show that the 10 kV depth current limiting device with zero voltage drop and zero loss have good effect on the limiting of short circuit current.

Key words: zero voltage drop; zero loss; depth current limiting; high speed eddy current

收稿日期: 2017-09-07

通讯作者简介: 蔡根满(1968-), 男, 助理工程师, 广东中山人. 主要研究方向为变电设备运行维护技术. E-mail: zscagenman@126.com.

随着电力系统规模的急速增长,系统中短路故障电流幅值超过断路器遮断容量的问题日渐严峻^[1].短路电流的幅值往往是额定运行电流的数倍,对电气设备造成很大的冲击,而如今普遍的真空断路器的开断能力均在40 kA以下,开断时间需要几十毫秒^[2].如果开关和断路器在短路电流超标时不能及时断开,将会导致设备损毁,事故范围扩大.一旦发生短路故障,电网将频频面临故障电流接近和达到负载真空断路器使用极限的情况.变压器抗短路电流能力设计不足、短路时设备电压水平不稳定、真空断路器遮断容量不足等问题严重威胁着电网的安全运行,因此如何有效深度限制电网短路电流已成为亟待解决的难题^[3].

当短路电流幅值超过断路器的最大遮断容量时,一般通过改变电网结构和运行方式来限制短路电流,或替换更大遮断容量的断路器和电磁解环,以及采用高阻抗变压器、电网分区运行等^[4-5],但以上措施均是以牺牲电网的安全性、可靠性和经济性为代价的.投入高阻抗变压器被许多企业用于限制系统短路电流^[6],但此方法并没有最终解决限流的深度问题,还存在功率损耗和投资成本上升的弊端.在出线断路器处串联电抗器可以在短路故障时增大短路阻抗,限制短路电流,可以满足增大断路器遮断容量的要求^[7-8].在发生短路时,电抗器分担了较大的电压,可以维持母线的电压水平,保证了非故障线路上电气设备运行的稳定性^[9].但串联电抗器也没有从根本上解决限流深度问题,同时带来了功率损耗、漏磁场等问题^[10].因此,使用零损耗、零压降的深度限制短路电流的电抗器,对电网的稳定、可靠运行意义重大.本文设计了一种10 kV零损耗深度限流装置,并通过在220 kV变电站中的应用验证了其可行性.

1 限流装置的工作原理

零损耗深度限流装置(Zero Lossing Current Limiting Breaker Equipment ZLB)主要由换流器和限流电抗器并联构成,其中换流器由电流互感器(Current Transformer, CT)、高速真空断路器、电容器、压敏电阻、分相控制器等组成.换流器核心部件为高速涡流驱动开关,其一次原理如图1所示.

当系统发生短路时,电流幅值大于设定值,分

相控制器模块快速地计算出每一相电流过零点的准确时间,并在每相电流过零之前发出信号.高速涡流开关快速进行分闸,此时短路电流由换流器引入限流电抗器回路,短路电流降至幅值的50%以下,因此系统及线路相关设备所受到的短路冲击大大降低,同时真空断路器的遮断电流也会降低,保证了系统的安全、稳定运行.故障切除后,分相控制器模块将检测母线电压,待电压回升后,迅速给高速涡流开关发出合闸信息,电抗器退出,系统即可恢复正常运行.总之,正常运行时,真空断路器在合闸状态,电抗器被断路器短路;事故瞬间,高速涡流真空断路器跳闸,电抗器接入,承受短路电流.

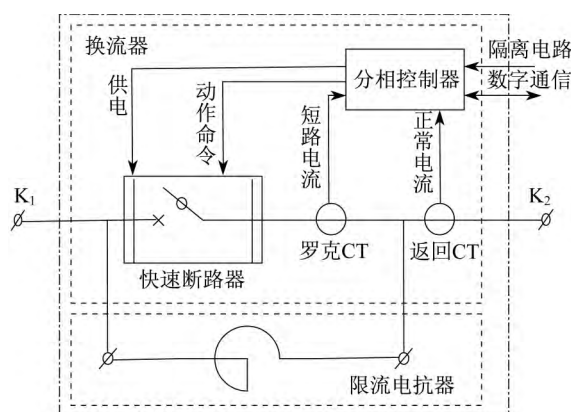


图1 零压降零损耗深度限流装置的一次原理

2 深度限流装置控制系统

2.1 控制逻辑

深度限流装置中,使用罗克CT采集电路系统正常工作时的母线电流信号,以控制深度限流装置的开关分闸动作;返回CT采集限流电抗器上的电流信号,以控制深度限流装置的开关合闸时间.若在2 s内短路故障消除,则根据返回CT采集的电流信号判断合闸时间;若在2 s内短路故障仍然存在,则开关自动合闸,保护限流电抗器.

2.2 控制系统结构

深度限流装置的控制系统包括中继控制器和3个分相控制器,其中中继控制器置于现场操作柜中,分相控制器分别内置于各快速断路器中.分

相控制器独立控制各相快速断路器单元, 中继控制器通过光纤与各分相控制器联结, 显示各相快速断路器的状态信息, 并维护定值, 还可提供数据接口和信号节点与中控室计算机管理系统进行通讯. 图 2 为零损耗深度限流装置控制系统的结构示意图.

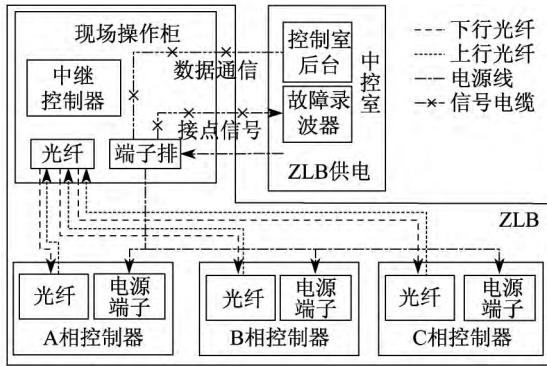


图 2 零损耗深度限流装置控制系统的结构示意图

2.3 分相控制器结构

分相控制器子站的整体结构如图 3 所示. 它包含 A 相、B 相、C 相 3 个分相控制器, 每个分相控制器通过检测罗克 CT 和返回 CT 的电流信号, 独立控制各相的快速断路器单元. 子站通过 RS485 通信接口和光纤与外界进行通信.

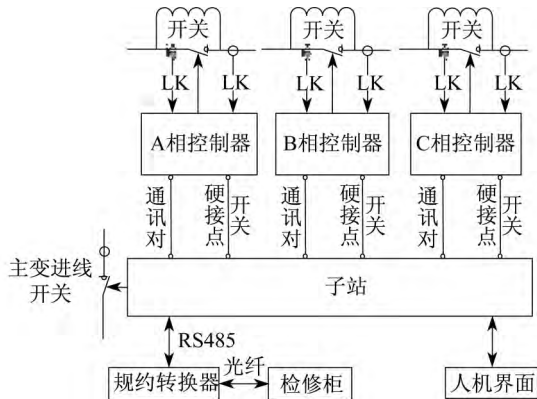


图 3 分相控制器子站整体结构

为了实现控制器中罗克 CT 感应电流的处理和相应的控制功能, 本文采用 FPGA 芯片和 DSP 芯片相结合的方案. 每个分相控制器采集到的罗克电流信号经隔离、放大和 AD 处理后, 由 FPGA 芯片完成采集, 再发送至 DSP 芯片进行后续的数据处理. 经 DSP 芯片处理后的结果将再返回 FPGA 芯片进行控制, 最终实现断路器

的开关动作. 同时, FPGA 芯片需将监控控制器的数据发送至 DSP 芯片, 由后者将数据送至后台子站.

3 10 kV 零压降零损耗深度限流装置的应用

为验证本文所设计的零损耗深度限流装置的功能, 以 220 kV 同益变电站为例, 在同益站 3 台主变压器(以下简称“主变”)的 10 kV 侧加装 10 kV 零压降零损耗深度限流装置, 并分析其限流效果.

3.1 变电站实施前概况

在加装零压降零损耗深度限流装置前, 220 kV 同益站 3 台主变的 10 kV 侧已经安装了 10%, 4 000 A 的限流电抗器. 220 kV 同益站的 10 kV 母线分列运行, 1#主变供 10 kV 1 M 负荷, 2#主变供 10 kV 2 AM 2 BM 母线负荷, 3#主变供 10 kV 3 M 母线负荷, 10 kV 1#分段 5012 开关、2#分段 5023 开热备用.

10 kV 线路开关额定遮断电流为 31.5 kA. 分列运行时短路电流为 26.17 kA, 并列运行时的短路电流数据如表 1 所示.

表 1 不同并列运行方式的短路电流数据

并列方式	短路电流 / kA	与额定遮断电流百分比 / %
3 台并	48.13	160.40
1#2# 变并	39.86	132.87
2#3# 变并	39.86	132.86

由表 1 可知, 当系统 3 台主变并列运行时, 10 kV 母线的短路电流达到 48.13 kA, 为开关额定遮断电流的 160.40%, 此时原系统中串联的电抗器的限流效果不足以使开关安全运行并可可靠开断. 在变换运行方式时, 母线需要停电, 否则短路电流将超过开关的遮断容量, 造成开关无法分段.

3.2 工程实施

将 10 kV 零压降零损耗深度限流装置安装在 220 kV 同益站 1#、2#、3#主变 10 kV 侧限流电抗室内, 安装位置为 10 kV 变低侧和变低开关之间的原限流电抗器处, 主接线图如图 4 所示.

其主要实现的功能如下.

(1) 在电网运行方式发生变化、电源点数目增加、系统短路电流增大并超标的情况下,故障发生时,无需再担心断路器无法开断超标的短路电流,造成事故的发生和扩大。深度限流装置可以使运行方式变得更加灵活,避免受到短路电流超标对运行方式的限制。例如,两台主变 10 kV 侧负荷转由一台主变供电时,需要两台主变 10 kV 侧短时并列运行,并列后最大短路电流超标,通过加装零压降、零损耗深度限流装置,可以在故障发生的瞬间将短路电流限制在开关开断容量范围内。因此,在转变供电方式的过程中,就无需对其中一段 10 kV 开关进行短时停电,确保了供电的连续性和可靠性。

(2) 对于短路阻抗偏低的变压器,如果存在单台主变分列运行时短路电流也超标的情况,按照目前的常规做法,需要在变低侧加装限流电抗器以限制短路电流。加装零压降、零损耗深度限流装置后,可以取消常规限流电抗器,解决了加装固定限流电抗器后,长期运行带来的系统压降、功率损耗、电磁污染、系统动态稳定降低等问题。

(3) 加装零压降、零损耗深度限流装置,可以显著降低因短路事故对电网设备造成的累计冲击,有效地提高设备的使用寿命,提高设备运行的

可靠性,保持设备的健康水平,有利于设备的全生命周期管理。

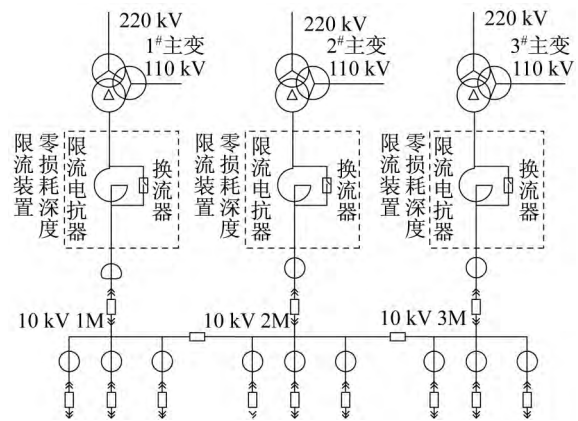


图 4 深度限流装置安装位置接线示意

3.3 录波数据分析

图 5 是同益站 10 kV 710 线路近区两相短路故障的录波数据。图 5 中,实线为投入限流装置之前的电流峰值,虚线为限流装置投入后的电流峰值,对比投入限流装置前后的电流峰值数据可以看出:限前电流最大峰值约 28 kA,而限后电流最大峰值约 13.5 kA。由此可见,采用 10 kV 零压降零损耗深度限流装置后,两相故障电流降低了 51.79%。

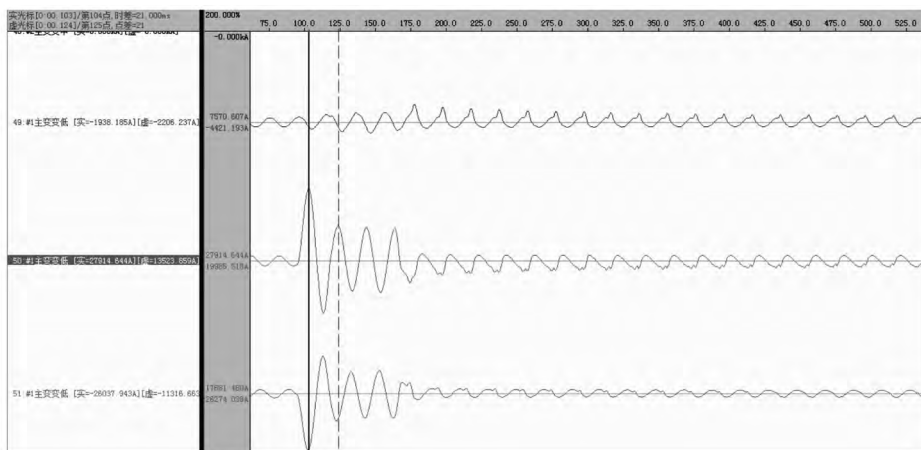


图 5 710 线路短路投入限流装置前后的录波情况

图 6 是同益站 10 kV 727 线路近区三相短路故障的录波数据。图 6 中,实线为投入限流装置之前的电流峰值,虚线为限流装置投入后的电流峰值。对比投入限流装置前后的电流峰值数据可以

看出:限前电流最大峰值约 18.2 kA,而限后电流最大峰值约 15.9 kA,三相故障电流幅值降低了 12.63%。由此可见,限流装置有效降低了最大短路电流。

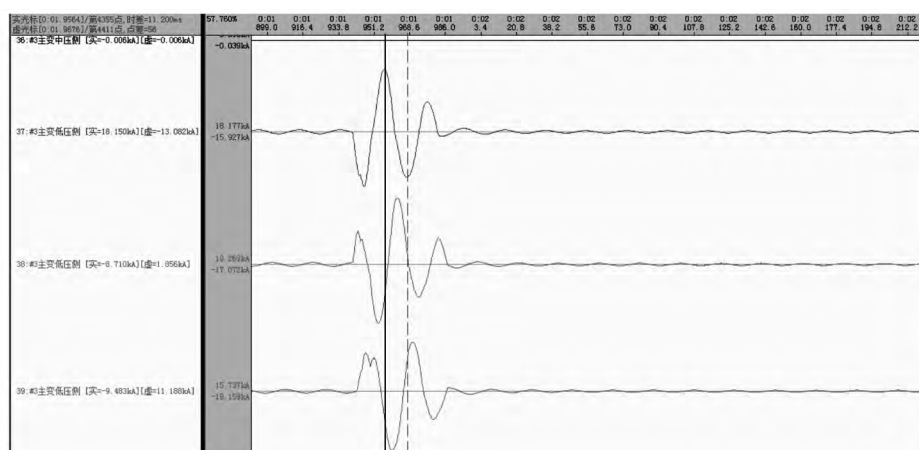


图6 727 线路短路投入限流装置前后的录波情况

4 结 语

本文研制了一种 10 kV 零压降、零损耗故障限流装置,降低了短路电流对电气设备的冲击,同时提高了断路器的开断容量裕度,增加了开关及断路器的可靠性,延长了其使用寿命。通过该装置在 220 kV 同益变电站 10 kV 侧的成功应用,证明了其对保障系统的安全稳定运行具有显著的效果。

参考文献:

- [1] 王惠波,李建明,程思远,等. 电力系统故障电流限制技术的研究综述[J]. 电气应用, 2011(17): 80-85.
- [2] 唐宗华. 面向高压电网的经济型故障限流器的关键技术研究[D]. 济南: 山东大学, 2013.
- [3] 王杰. 主变低压侧加装限流电抗器的方案研究[J]. 冶金动

力, 2017(3): 38-40.

- [4] 张方军, 吴子云. 电力系统短路限流技术的应用现状及发展[J]. 广东电力, 2009, 22(2): 11-14.
- [5] 艾绍贵, 高峰, 黄永宁, 等. 断路器型零损耗故障限流装置的研制及试验[J]. 南方电网技术, 2015, 9(4): 103-108.
- [6] 周宏云, 张乐中. 大容量高速开关与限流电抗器并联运行应用分析[J]. 湖南电力, 2008, 28(5): 51-53.
- [7] 李晔, 叶德意. 主变低压侧限流设计研究[J]. 通讯世界, 2014(11): 95-96.
- [8] 付文秀, 范春菊, 邓孟华. 新型故障限流器限流性能的仿真研究[J]. 华东电力, 2013, 41(7): 1496-1499.
- [9] 钱红健. 240 MVA 主变低压侧限流方案分析[J]. 中国新技术新产品, 2016(15): 88-89.
- [10] 蒋观平. 超高压大容量限流电抗器设计研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2016.

(编辑 白林雪)