

基于实际录波换流器桥臂短路故障机理仿真分析

阀短路故障作为高压、超高压直流输电系统最常见、最恶劣故障之一，研究分析其故障机理，对系统运行过程中类似故障处理具有重要意义。分析了容易引起阀短路故障类型及阀短路故障后对两侧交流系统产生的影响。以PSCAD为仿真分析工具，仿真模拟分析换流器两侧交直流相互关系，提出阀短路故障检测原理及故障判据。通过引入现场实际阀短路故障类型为例进行实际分析，并在PSCAD仿真工具上进行仿真模拟重现现场故障。最后对研究工作作出总结。

何晶晶/绵阳职业技术学院信息工程系



何晶晶/讲师

高压直流输电系统、超高压直流输电系统以其输送容量大、输电距离远和能量损耗低等优点，在我国西电东送、三峡电力外送和电网互联等领域发挥重要作用。换流器作为高压直流输电系统、超高压直流输电系统核心设备，承担交直流系统能量转换功能。在系统送端，换流器主要用来完成将交流电能转换为直流电能，通过直流输电线路，送往受端换流站；在系统受端，换流器主要用来完成将直流电能转换为交流电能，输送到受端交流电网，完成由送端到受端能量传输过程。

换流器桥臂短路故障为换流器常见故障，发生换流器桥臂短路故障后，交流系统将交替发生交流两相短路、三相短路。对换流器送端而言，造成交流系统功率无法通过直流线路传输到受端换流站，受端电网无法正常接收直流功率，对两侧交流系统均产生严重影响，是直流输电系统最严重故障之一。开展换流器阀短路相关机理研究，通过仿真模拟，研究交流电流与直流电流相互关

系，对类似故障快速处理具有重要意义。

图1为12脉动换流器常见阀短路故障点配置图，对图中故障点分析可知，阀短路故障总体可分为交流侧区域阀短路故障、直流侧区域阀短路故障。具体交流侧阀短路故障主要指阀侧相间绝缘降低引起的相间短路故障；具体直流侧阀短路故障包括单个桥臂阀短路故障、单相阀短路故障以及极母线与中性母线间短路故障。

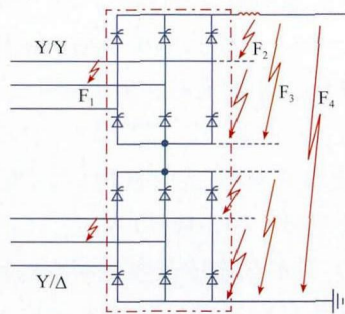


图1 换流器阀短路故障点配置

换流器交直流相互关系仿真分析

换流器作为直流输电系统交直流功率转换纽带，在高压直流输电系统中占据核心地位。图2为两端直流输电系统。为便于分析换流器两端交直流电流相互关系，以图2为例进行分析。该系统为一单极大地回线系统，具体由两个典型6脉动换流器连接而成，极母线通过直流线路连接，两侧中性母线通过接地极接地。换流器两端交流系统均采用Y/Y接线方式。图2中红线标注所示为某时刻系统中电流流向，对图2中所标电流流向分析可知，通过控制晶闸管触发脉冲，不考

关键词/Keywords

直流输电 ·
阀短路 ·
阀侧电流 ·
直流电流 ·
PSCAD仿真 ·

虑换流时刻的影响,任何时刻送端交流系统与受端交流系统存在唯一能力传输通道,将送端交流系统与受端交流系统连接起来。又由于串联回路任何节点电流相等,因此可以推断,稳态正常工况下,交流侧电流与直流侧电流相等。

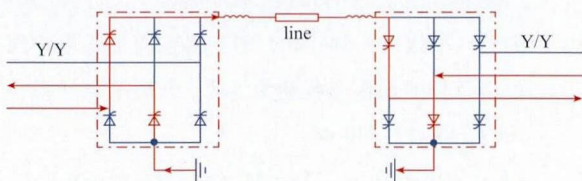


图2 典型6脉动换流器电流流向

阀短路故障判别方式

由上述分析可知,正常稳态运行工况下,换流变压器阀侧绕组电流整流值与直流侧极母线电流相等;当换流器区域出现短路或接地故障时(见图1),将间接造成交流系统短路。该情况下,换流器无法正常完成交直流功率转换,短路故障相的电流增大。直流电流降低,阀侧电流整流值与直流侧电流的差值也会增大,验证影响直流系统稳定运行以及换流设备安全运行,需要紧急停运直流输电系统,进行故障处理。对该类型故障,一般可以通过实时比较阀侧电流整流值与直流电流差值完成。其详细计算过程为:直流保护系统实时监测换流变阀侧三相电流值以及直流极母线电流值,并取阀侧三相电流最大值与直流极母线电流差值比较。

现场阀短路故障分析及仿真模拟

下面将以现场实际阀短路故障为例进行分析。如图3所示,某换流站换流变压器进线A相电压发生闪络故障,瞬时接地后,引起阀侧电流波动,导致保护动作,闭锁直流系统相关监视参量录波。对录波进行分析可知,故障发生前,阀侧电流峰值与直流电流基本相等,录波波形与PSCAD仿真结果基本相同。故障发生后,交流电流急剧增加,直流母线电压下降。阀侧电流最高达到2 940 A,而直流电流大小为1 172 A,达到阀短路动作定值,保护出口动作闭锁直流系统。

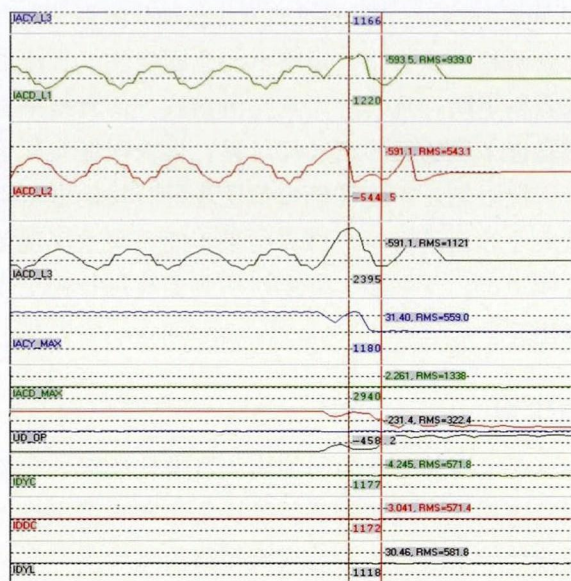


图3 换流站阀短路故障典型录波

因此,由以上分析可知,此次阀短路保护动作闭锁直流系统是由于换流变压器进线A相电压发生瞬时接地故障,间接造成阀短路故障,使阀侧电流急剧增大,远高于直流极母线电流,达到阀短路保护定值,闭锁直流系统。

图4、图5为采用PSCAD模拟阀短路故障后阀侧电流、直流电流录波。具体模拟换流变压器进线A相线路发生瞬时接地故障,故障时间为

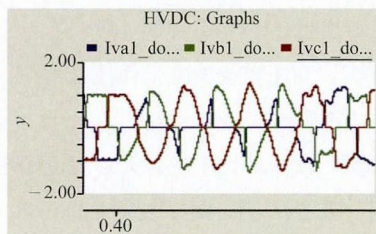


图4 PSCAD仿真模拟阀短路故障后阀侧电流录波

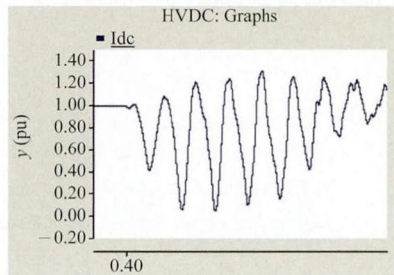


图5 PSCAD仿真模拟阀短路故障后直流电流录波

50 ms。由图4、图5可见,发生接地故障后,发生交流两相电压短路,短路电流急剧变化,直流电流急剧下跌,且含有大量交流谐波。仿真结果间接验证了现场阀短路故障过程,但受现场实际运行工况限制,不能准确模拟现场瞬时接地电阻阻值大小等因素影响,仿真结果不能完整重现现场故障工况,下一步,需要对仿真参数进行进一步优化。

结束语

阀短路故障作为一种换流器常见故障,交流侧线路接地、换流阀桥臂模块击穿和直流出口母线接地等故障均容易造成阀短路故障发生。本文以换流站常见同时故障后果最严重故障之一阀短路故障为分析点,在PSCAD模型搭建6脉动直流输电系统,仿真模拟稳态运行工况下交直流相互关系并进行理论分析,以及阀短路故障检测原理。以现场实际阀短路故障为例,对阀短路故障后交直流电流形态进行分析,并进行仿真模拟验证。仿真结果表明,对研究阀短路故障机理具有实际指导意义。

参考文献

- [1] 浙江大学直流输电组. 直流输电 [M]. 北京: 电力工业出版社, 1982: 155-168.
- [2] 赵婉君. 高压直流输电工程技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 469.
- [3] 朱韬析, 欧开健, 王超. 天广直流输电系统控制策略改进建议 [J]. 南方电网技术, 2009, 3 (1): 27-31.
- [4] 沈志刚, 张海燕. 南桥换流站阀侧套管故障录波分析及阀短路故障保护改进建议 [J]. 高电压技术, 2010, 46 (6): 98-102.
- [5] 姬大潜, 刘泽洪, 邓桃, 等. 特高压直流输电系统稳态运行时高端阀厅内部的电场分析 [J]. 高电压技术, 2013, 39 (12): 3000-3008.
- [6] 梅念, 李银红, 刘登峰, 等. 高压直流输电中阀短路保护的動作方程研究 [J]. 电机工程学报, 2009, 29 (1): 40-48.
- [7] Zhou Peihong, Dai Ming, He Huiwen. Overvoltage and insulation coordination for valve winding of ± 800 kV UHVDC converter transformer [J]. High Voltage Engineering, 2012, 38 (12): 3146-3155.
- [8] 许钊, 周会高, 刘朴, 等. ± 1100 kV特高压直流输电晶闸管阀运行试验系统设计 [J]. 高电压技术, 2012, 38 (2): 400-406.
- [9] 查鲲鹏, 王高勇, 周军川, 等. HVDC换流阀非周期触发试验方法 [J]. 高电压技术, 2012, 38 (11): 3074-3079.
- [10] 张颖, 邵能灵. 高压直流输电系统阀短路保护动作特性分析 [J]. 电力系统自动化, 2011, 34 (2): 97-104.
- [11] 曾宪刚, 王志滨, 吕伟权. 交直流混合系统中交流故障对直流的影响分析 [J]. 高电压技术, 2006, 35 (8): 29-32.
- [12] 胡涛, 朱艺颖. 含多回物理直流仿真装置的大电网数模混合仿真建模研究 [J]. 中国电机工程学报, 2012, 32 (7): 68-75.

(收稿日期: 2015-03-12) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告