

# 高岭换流站潮流反转保护动作的分析研究

张爱玲, 黄金海, 周仁伟, 吴庆范, 杨超峰, 王彦宾  
(许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 简要介绍了直流极保护中潮流反转保护的原理, 分析了高岭换流站潮流反转保护误动作的原因。在此基础上对潮流反转保护的逻辑进行了修改, 并在 RTDS 实时数字仿真系统上做验证试验。结果显示修改过的逻辑在这种情况下不会动作, 证明了其逻辑的正确性, 之后在高岭换流站进行了实施, 运行情况良好。

**关键词:** 直流输电; 潮流反转保护; RTDS

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)06-0095-03

## Research of power reversal protection in Gaoling converter station

Zhang Ailing, Huang Jinhai, Zhou Renwei, Wu Qingfan, Yang Chaofeng, Wang Yanbin  
(XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Brief introduction power reversal protection principle in Gaoling converter station. On the basis of analysis the reason of power reversal protection action in Gaoling converter station, modification the logic of the protection. And then taken an experiment on the RTDS system. The protection doesn't act on the experiment, which protected the modified logic is exactitude. After executed on Gaoling converter station, the operation is normal.

**Key words:** HVDC transmission; power reversal protection; RTDS

东北-华北联网高岭背靠背换流站位于辽宁省绥中县高岭镇高岭开关站的西北侧, 换流站设计容量 1 500 MW, 工程于 2008 年 11 月 25 日正式投入运行, 实现了东北电网与华北电网的直流背靠背联网。高岭背靠背换流站两侧交流电压均为 500 kV, 直流侧电压为  $\pm 125$  kV, 分两个单元, 每个单元输送容量为 750 MW。控制保护系统采用 SIMADY D 平台, 其中直流保护系统采用三重化配置, 动作出口逻辑为三取二逻辑, 当三套保护系统都正常运行时, 至少有两套保护系统动作保护才会出口<sup>[1-4]</sup>。

2010 年 03 月 30 日, 高岭背靠背换流站单元 1 功率输送方向为东北到华北, 输送功率为额定功率 750 MW, 三套保护系统都处于正常运行状态。当天华北侧交流网侧发生接地故障, 高岭背靠背换流站单元 1 三套直流保护系统均报潮流反转保护跳闸, 保护出口, 导致单元 1 跳闸停运。

### 1 潮流反转保护基本原理

潮流反转保护主要用在无运行人员的控制命令的情况下, 当控制系统故障引起功率反向时, 保护系统设备。潮流反转保护测量直流电压和直流电流, 如果在设

定时间内功率改变方向, 并且超过预定参考值, 保护动作, 系统停运。

潮流反转保护的判据是直流电压超过最小预定参考值, 并在一定时间内改变极性, 并且功率水平达到设定的参考值。潮流反转保护有三个条件: (1) 时间窗口, 直流电压低于一个参考值(本工程设定为 0.2 pu), 则开放 2 s 的时间窗口; (2) 电压极性改变, 直流电压低于一个参考值时开放 2 s 的时间窗口, 同时把这个时刻的电压值送到锁存器做电压方向判断; (3) 功率水平, 实时判断功率水平是否大于参考值(本工程设定为最小功率值)。如果以上 3 个条件均满足, 则经过延时启动保护出口逻辑。

潮流反转保护的具体逻辑框图如图 1 所示, 其中:  $Ud1$  为高压侧直流电压;  $Ud2$  为低压侧直流电压;  $Id1$  为高压侧直流电流;  $Id2$  为低压侧直流电流。潮流反转保护中开放时间窗口的电压条件为: 直流电压  $Ud1$  和  $Ud2$  分别取绝对值, 然后经过平滑滤波后取最小值, 小于 0.2 pu 则开放 2 s 的时间窗口, 并同时触发锁存器。电压极性判断条件是: 直流电压  $Ud1$  和  $Ud2$  取差值经过平滑滤波送入锁存器, 当触发锁存器后把这个时刻的值锁存并与

## 应用奇葩

Example of Application

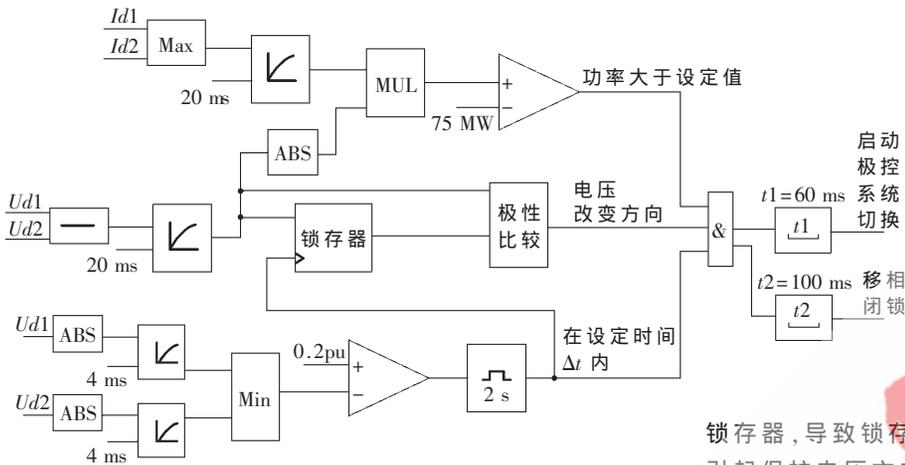


图1 潮流反转保护逻辑框图

设定的参考值进行比较,将比较的结果送到异或逻辑输出。功率水平判断的实现方式为:直流电压  $U_{d1}$  和  $U_{d2}$  取差值,然后经过平滑滤波取绝对值与直流电流相乘,计算功率,再与设定好的最小功率值相比较。

## 2 潮流反转保护动作的分析

在实验室 RTDS 系统平台上,用故障回放的方法来做分析。RTDS 系统由实时数字仿真器和一套直流控制保护装置两部分构成,实时数字仿真器用于模拟电网(包括直流系统)一次部分,并与直流控制保护装置连接构成实时闭环仿真系统。RTDS 与直流保护装置之间采用  $\pm 10$  V 的电信号进行接口。RTDS 按照高岭直流工程建模,控制保护系统使用与高岭工程中相同的软件。故障回放方法就是利用现场故障滤波的波形通过 RTDS 送入直流保护装置,以此模拟现场直流保护的动作情况。图 2 就是利用此方法得到的保护系统中潮流反转保护的各个量滤波图。其中各个故障波形的含义为:UDC1 为原始故障直流电压 1;UDC2 为原始故障直流电压 2;IDC1 为原始故障直流电流;AO1 为绝对值并平滑滤波后的直流电压 1;AO2 为绝对值并平滑滤波后的直流电压 2;AO3 为直流电压 1 和直流电压 2 取差后平滑滤波值;AO4 为锁存器输出的电压值;AO\_5 为绝对值并平滑滤波后的直流电压 1 和直流电压 2 的最小值;UDLOW 为启动时间窗口并触发锁存器;UDREV 为电压极性反向;SS 为启动极控系统切换(保护出口);REDESOF 为移相闭锁(保护出口)。

下面对图 2 进行分析,直流电压  $U_{d1}$  与直流电压  $U_{d2}$  的最小值小于 0.2 pu 时,启动时间窗口并触发锁存器,直流电压  $U_{d1}$  与直流电压  $U_{d2}$  的差值作为判定电压极性的输入,从故障波形上可以看出,直流电压  $U_{d1}$  与直流电压  $U_{d2}$  的最小值小于 0.2 pu 时(AO\_5),锁存器输出的电压是 -0.15 pu (AO4),小于 0.05 pu,后面的比较模块输出“0”。而实时的电压很快上升到 0.05 pu 以上(AO3),导致直接接在其后的比较模块输出“1”,接到这两个比较模块上的异或逻辑模块输出“1”,判定为直流

电压发生反向,这时功率水平大于 75 MW,导致潮流反转保护动作。

从原始故障波形上看出,直流电压  $U_{d1}$  比直流电压  $U_{d2}$  下降得更快。保护中对直流电压  $U_{d1}$  和直流电压  $U_{d2}$  分别采取平滑滤波,原始直流电压  $U_{d1}$  下降到 0.2 pu 以下并快速返回,由于平滑滤波的作用,平滑滤波后的直流电压  $U_{d1}$  并未下降到 0.2 pu 以下(AO1),而是由直流电压  $U_{d2}$  下降到 0.2 pu 时(AO2)触发锁存器,导致锁存器收到错误的直流电压值(-0.15 pu),引起保护电压方向判断错误。

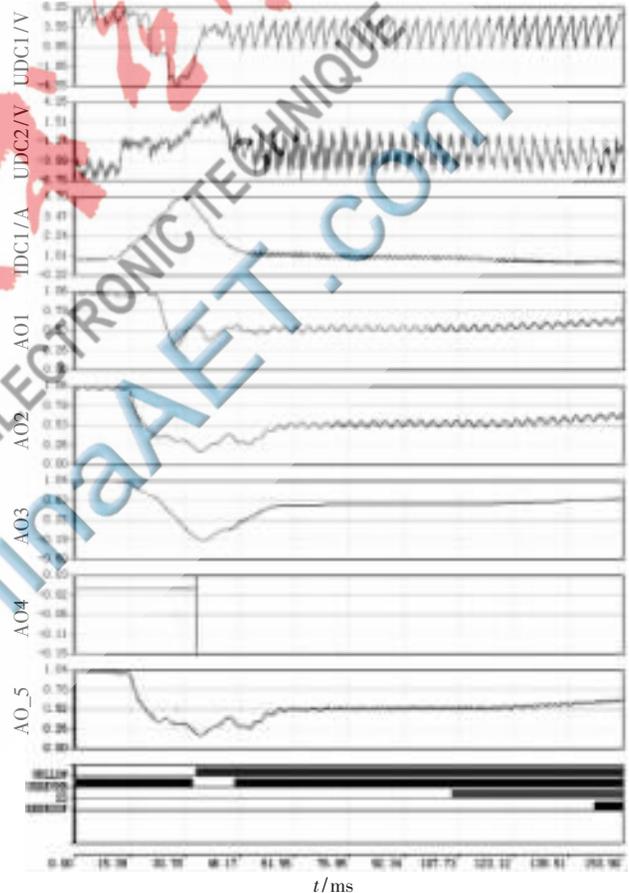


图2 故障回放波形

## 3 潮流反转保护逻辑的改进和验证

潮流反转保护中采用直流电压  $U_{d1}$  与直流电压  $U_{d2}$  中的小值作为低电压触发锁存器的条件,而电压极性判断采用直流电压  $U_{d1}$  与直流电压  $U_{d2}$  的差值作为判断条件;所以,直流电压不一致有可能引起潮流反转保护的不正确动作。

通过以上分析可知,如果采用直流电压  $U_{d1}$  与直流电压  $U_{d2}$  的差值代替直流电压  $U_{d1}$  与直流电压  $U_{d2}$  中的小值作为低电压触发锁存器的条件,就可以保证低电压时刻的电压值正确地送到软件中的锁存器中,以此来

## 应用奇葩

Example of Application

判定电压的方向。用修改过的程序做故障回放实验,得到图3的波形。从波形图可以看出,在做相同的故障回放时,由于低电压门槛条件和电压极性判断采用相同的直流电压  $U_{d1}$  与直流电压  $U_{d2}$  的差值作为判断条件,正确地判定了电压的方向,潮流反转保护没有动作。

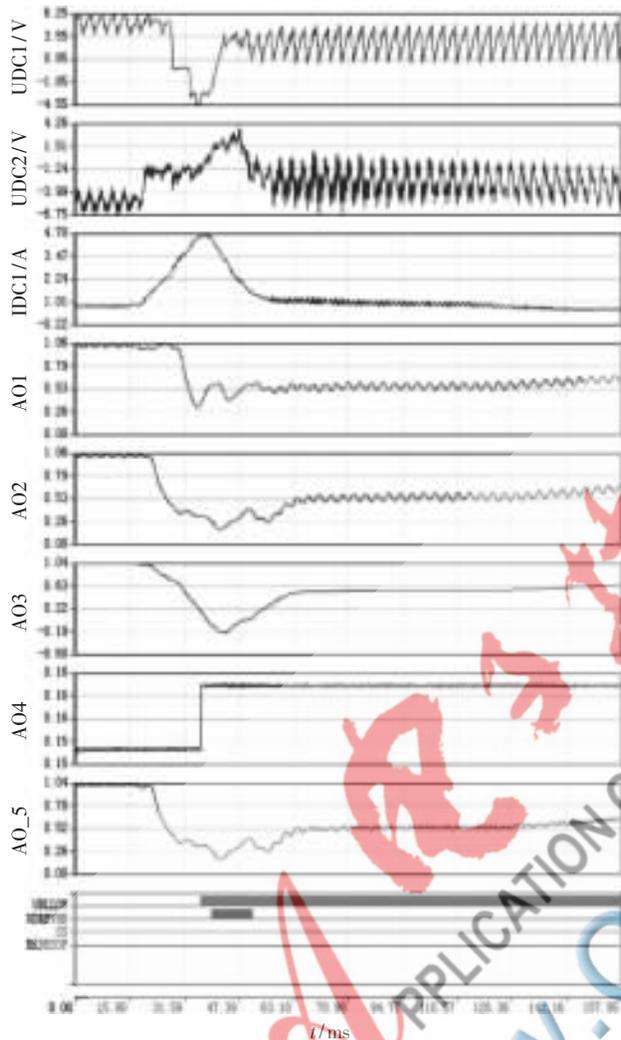


图3 修改程序后故障回放波形

**模拟交流网侧接地故障:** 在 RTDS 试验系统中,两侧交流电压均设为 500 kV,功率传输方向设为东北到华北,单元 1 解锁到额定功率运行状态,即直流侧电压为  $\pm 125$  kV,电流为 3 000 A,功率为 750 MW,在 RTDS 模型中模拟华北侧交流网侧金属性接地故障,得到如图 4 所示的故障波形。可以看出波形与修改程序后的故障回放波形基本相似,潮流反转保护没有动作,验证了程序修改的正确性。

本文介绍了直流极保护中潮流反转保护的原理,详细分析了高岭换流站潮流反转保护误动作的原因,在此基础上提出了修改意见,并通过故障回放和模拟交流网侧故障的方法验证了修改后的程序的正确性和可行性。修改后的程序在高岭换流站进行了实施,在运行的过程中没有出现问题,运行良好。

100

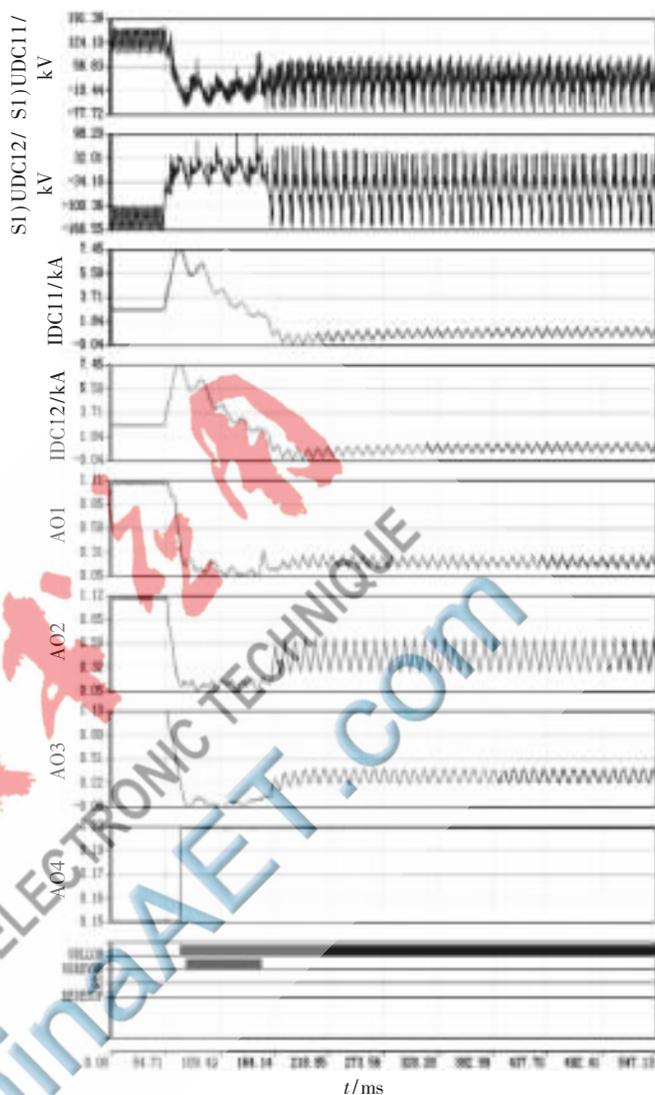


图4 额定功率交流网侧接地故障波形

## 参考文献

- [1] 赵婉君.高压直流输电工程技术[M].北京:中国电力出版社,2004.
- [2] 戴熙杰.直流输电基础[M].北京:水利电力出版社,1990.
- [3] 张望,黄利军,郝俊芳,等.高压直流输电控制保护系统的冗余设计[J].电力系统保护与控制,2009,37(13):88-90.
- [4] 李延龙,杨亚璞,李楠.高压直流输电控制保护系统的冗余可靠性研究[J].电力系统保护与控制,2009,37(16):59-62.

(收稿日期:2012-11-22)

## 作者简介:

张爱玲,女,1968年生,高级工程师,主要研究方向:高压直流输电控制保护系统的设备开发和工程。

黄金海,男,1975年生,工程师,主要研究方向:高压直流输电系统。

周仁伟,男,1980年生,工程师,主要研究方向:高压直流输电保护系统。

《微型机与应用》2013年第32卷第6期