

Analysis and Dispose of Converter Transformer OLTC 125°C Blocking in Series Dual Groups of Yunnan-Guangdong ±800 kV DC Transmission Project

Canxu Chen¹, Maotao Liu¹, Zhichao Zhang², Shubo Song¹

¹Guangzhou Bureau, EHV Power Transmission Company, China Southern Power Grid, Guangzhou

²EHV Power Transmission Company, China Southern Power Grid, Guangzhou
Email: chencanxu@sina.com

Received: Dec. 27th, 2012; revised: Jan. 18th, 2013; accepted: Jan. 26th, 2013

Abstract: Yunnan-Guangdong ±800 kV DC transmission project is the first project which uses vacuum on-load tap-changer in all DC transmission projects of CSG. The paper introduces the operation of vacuum on-load tap-changer firstly, then summarizes and analyzes the cause of converter transformer OLTC 125°C blocking in Yunnan-Guangdong ±800 kV DC transmission project, and analyzes its risk thoroughly, at last, some effective measures which can depress the risk of blocking both pole in Yunnan-Guangdong ±800 kV DC transmission project are given.

Keywords: UHVDC Project; OLTC of Converter Transformer; 125°C Blocking

±800 kV 云广直流输电系统串联双阀组换流变分接开关 125°C 闭锁调整分析及处理

陈灿旭¹, 刘茂涛¹, 张志朝², 宋述波¹

¹中国南方电网超高压输电公司广州局, 广州

²中国南方电网超高压输电公司, 广州

Email: chencanxu@sina.com

收稿日期: 2012 年 12 月 27 日; 修回日期: 2013 年 1 月 18 日; 录用日期: 2013 年 1 月 26 日

摘要: 南方电网所有直流输电系统中, ±800 kV 云广特高压直流首次使用了真空有载分接开关, 本文首先介绍真空有载分接开关的工作过程, 然后总结分析了云广±800 kV 直流输电工程中换流变分接开关 125°C 闭锁调整的原因, 对其存在的风险进行深入剖析, 最后提出有效的处理措施, 降低云广特高压直流输电系统闭锁的风险。

关键词: 特高压直流工程; 换流变分接开关; 125°C 闭锁调整

1. 引言

云广特高压直流系统是世界范围内第一个±800 kV 特高压直流输电系统, 每极采用双 12 脉动阀组串联运行的结构形式^[1-4], 每个阀组都由阀组控制系统独立控制, 双阀组由极控系统协调控制, 当双阀组均处于解锁状态时, 双阀组的运行工况基本相同, 阀组两端的直流电压也基本相同。但当其中一个阀组的换流

变分接开关控制故障时, 原有的平衡运行工况就会被打破, 若故障一直持续, 就会加剧双阀组间的不平衡, 严重时引起阀组跳闸。自 2009 年底投运以来, 多次出现分接开关异常情况, 较常见且风险较大的是分接开关 125°C 闭锁调整, 本文首先介绍云广特高压直流输电系统换流变分接开关的工作过程, 接着对换流变分接开关 125°C 闭锁调整功能回路进行详细分析, 然后对其存在的风险进行深入剖析, 最后提出有效处理

措施，以降低云广特高压直流输电系统闭锁风险。

2. 真空分接开关结构及工作过程

云广直流输电系统换流变电气上均为单相双绕组换流变，而高端 HY 换流变为三主柱两旁轭的铁芯绕组结构，其网侧有三个并联的分绕组，而其他换流变是两柱两旁轭的铁芯绕组结构，相应网侧有两个并联分绕组。相应的，穗东站使用 MR 公司两种参数相似的真空分接开关，其包含若干熄弧用的主触头真空泡，相比依靠油来灭弧的油浸式分接开关，真空分接开关的维护量更少，灭弧性能更优，而且不会引起油的碳化。

真空分接开关结构主要包括电动机构、分接选择器和切换开关三部分。电动机构主要是由传动机构、控制结构和电气控制设备、箱体等组成。分接选择器是能承载电流，但不接通和开断电流的装置，它由级进选择器、触头系统和转换选择器组成。真空分接开关与油浸式分接开关最大的不同就在切换开关的结构上，图 1 为从 HY 高端换流变分接开关油室内部取出来的切换开关实物图。

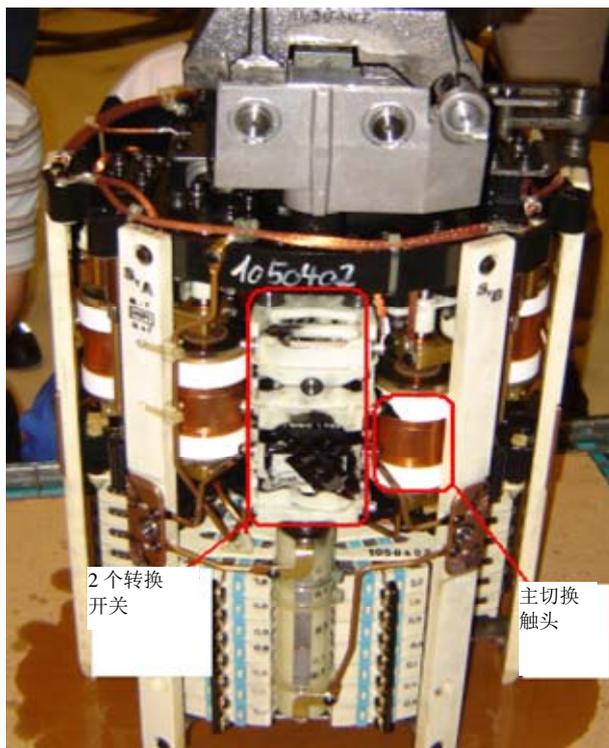


Figure 1. The physical map of switch in OLTC of HY highest potential converter transformer
图 1. HY 高端换流变分接开关切换开关实物图

图 2 中切换开关 tap n 连着分接选择器中单数组的某个奇数档位，tap n + 1 连着分接选择器中双数组的某个档位偶数档位，MC 为主回路触点，MSV、TTV 为切换回路的切换触头，MSV、TTV 实际上就是用来熄弧的两个真空泡。TTF 和 MTF 为切换回路的转换开关。

假定分接选择器的转换选择器触点位置不变，且分接头档位编号与分接选择器触头组标号一致，分接头档位要从一个奇数档位 N 上升到一个偶数档位 N + 1，其切换的初始状态是：分接选择器单数触头组在 N 档，分接选择器偶数触头组在 N + 1 档，切换开关 tap n 对应的主回路导通，转换回路(MTF、MSV)和转换回路(TTF、TTV)均连接 tap n 并导通，如图 2。其动作步骤是：

- 1) 分接选择器偶数触头组转至 N + 1 标号；
- 2) tap n 主回路上主触点 MC 断开，tap n 经 MTF、MSV 形成回路，分接头档位没有改变，如图 3；
- 3) MSV 断开，熄弧，接着 MTF 转连 tap n + 1，tap n 经 TTF、TTV 形成回路，分接头档位没有改变，如图 4；
- 4) MSV 合上，分接头 N + 1 和 N 形成了一个回路，产生一个环流 I_c ，其中 tap n + 1 与 tap n 的电位差约为 3.7 kV，此时过渡电阻会流过一个较大的电流，而分接头档位在不定义状态，如图 5；

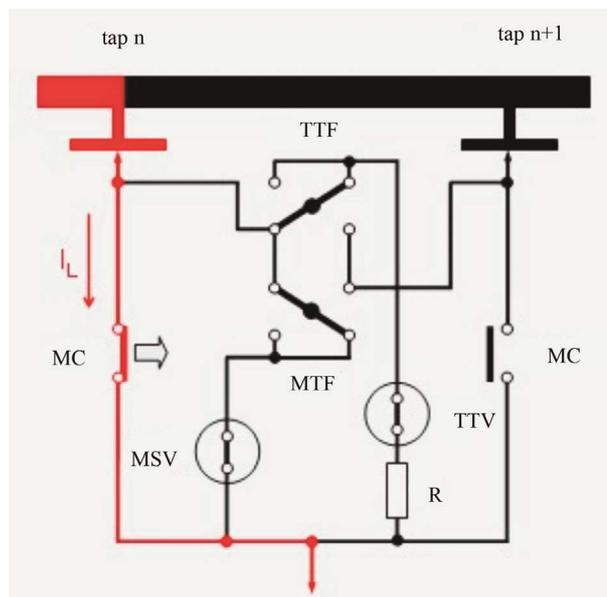


Figure 2. Gear switch process diagram
图 2. 档位开关切换过程图

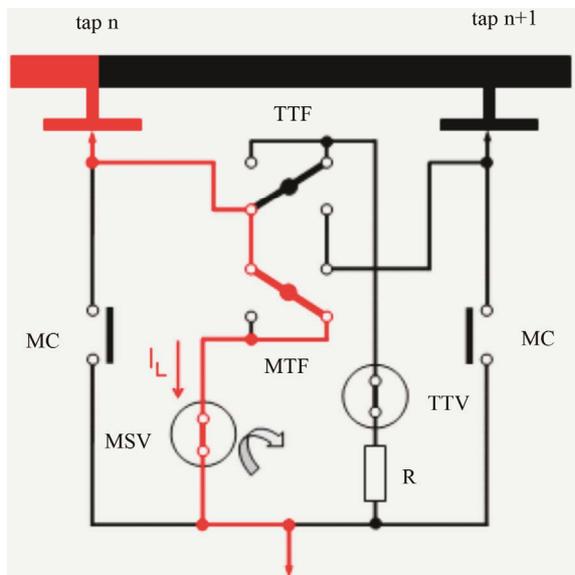


Figure 3. Gear switch process diagram
图 3. 档位开关切换过程图

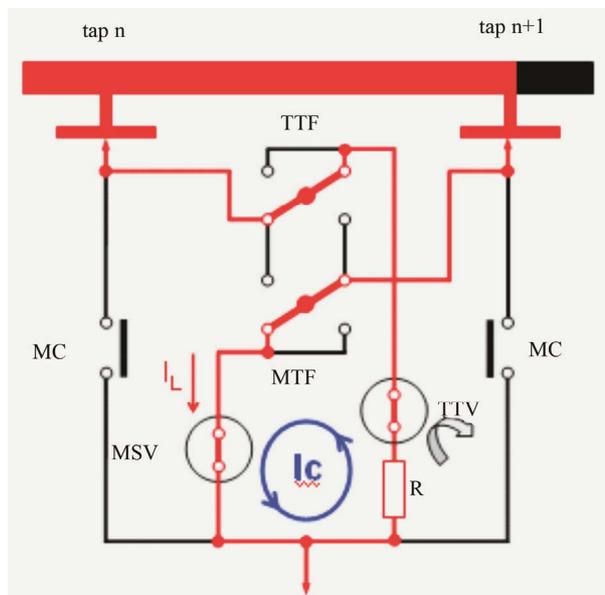


Figure 5. Gear switch process diagram
图 5. 档位开关切换过程图

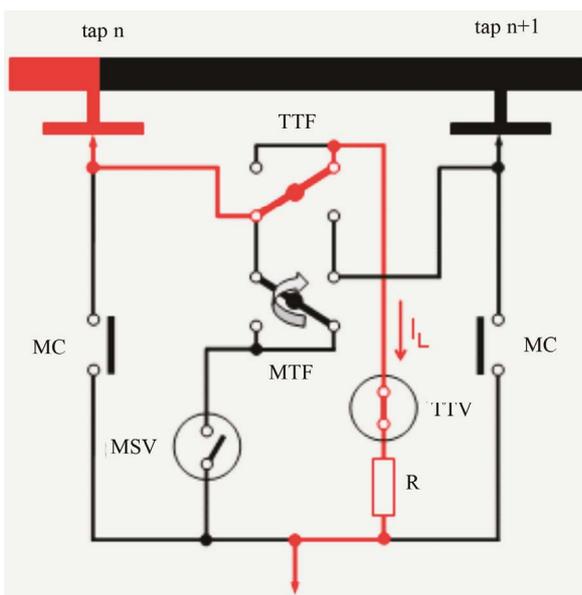


Figure 4. Gear switch process diagram
图 4. 档位开关切换过程图

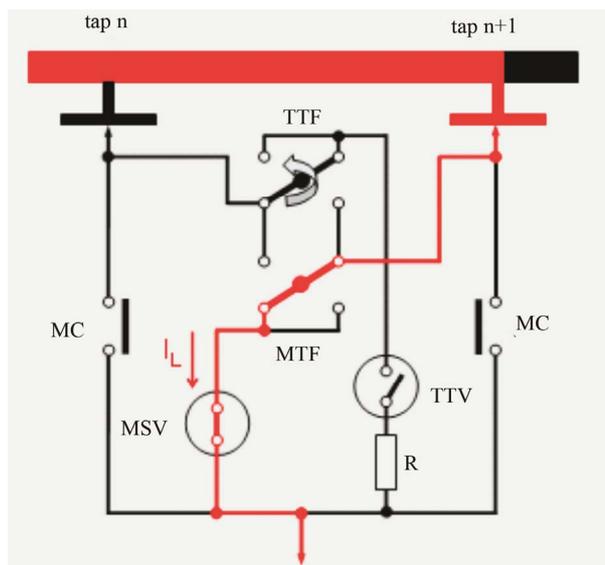


Figure 6. Gear switch process diagram
图 6. 档位开关切换过程图

5) TTV 断开, 熄弧, 环流消失, tap n + 1 经 MTF、MSV 形成回路, 分接头档位转至 N + 1 档, 如图 6;

6) TTF 转连 tap n + 1, TTV 合上, tap n + 1 回路主触点 MC 合上, 主回路导通, 档位切换完毕, 如图 7。

3. 换流变分接开关 125℃闭锁调整功能回路分析

云广直流输电工程采用了真空有载调压开关, 其

具有绝缘强度高、熄弧时间短等优点, 由于在换流变压器有载分接开关运行试验过程中, 部分换流变分接开关发生过闪络放电, 油室破裂, 分接开关传动移位的异常情况, 厂家采取加装温控装置等一系列措施后, 解决了上述异常情况。如图 8 所示, 温控装置由装设于分接开关油室的温度传感器(PT100)测量分接开关的油温, PT100 是利用导体本身电阻随温度变化而变化的特性来测量温度的, 即在已知电阻和温度的关系前提下, 利用测量电阻的方法来推算出温度,

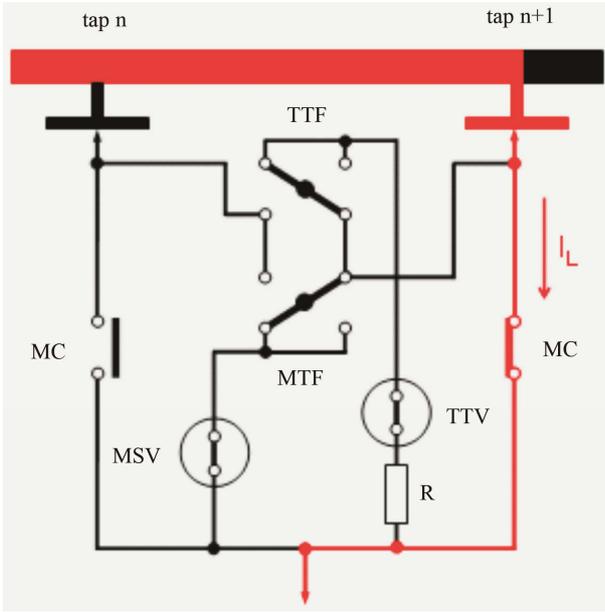


Figure 7. Gear switch process diagram
图 7. 档位开关切换过程图

再将测得的温度送至 B7 温度控制器，B7 温度控制器除了能显示分接开关的温度，还能判断分接开关的温度有没有达到告警值和闭锁值。当油温达到 115℃时，

B7 使得 K16 励磁，通过换流变接口屏上传分接开关 115℃告警信号到组控系统。当油温达到 125℃时，B7 使得 K17 励磁，一方面也上传换流变分接开关 125℃闭锁信号，另一方面它可以直接作用于分接开关控制电源，中断该台换流变的调档过程。

组控系统在从现场总线接收到换流变分接开关 125℃闭锁信号后，会判断该台换流变分接开关“Ready”不成立，继而判断该阀组六台换流变分接开关都“Ready”不成立，从而闭锁组控系统发出升档或降档的命令。也就是说，若一个阀组的某台换流变发出 125℃闭锁的信号，是可以闭锁组控系统发出档位调整的命令的，如果是在发出调整命令后发出 125℃闭锁的信号，那么就不会影响该阀组其它相换流变的调档，这样就会出现档位失步的故障。2011 年 8 月 13 日，穗东换流站就曾出现此情况，当时极 2 高端阀组发出分接开关由 2 档调整至 3 档的命令后，极 2 高端换流变角接 A 相发分接开关 125℃闭锁的信号，接着发极 2 高端换流变分接开关档位不同步的信号，现场检查发现极 2 高端换流变其它各相已调整至 3 档，而极 2 高端换流变角接 A 相依然停留在 2 档。

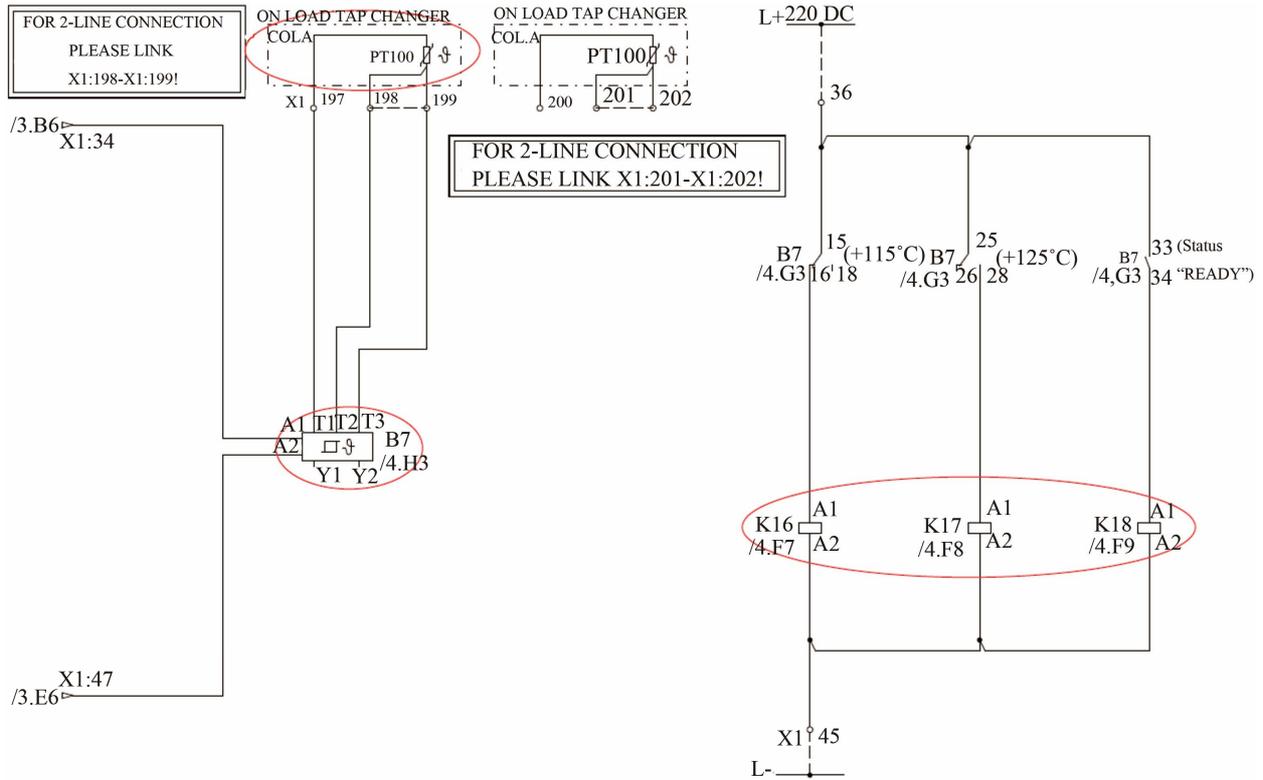


Figure 8. The principle of temperature control in OLTC
图 8. 分接开关温度控制原理图

4. 换流变分接开关 125℃闭锁调整风险分析

±800 kV 云广特高压直流系统采用双阀组串联的结构形式，每个阀组都由阀组控制系统独立控制，双阀组由极控系统协调控制。当其中一个阀组的换流变分接开关控制故障时，原有的平衡运行工况就会被打破，若故障一直持续，就会加剧双阀组间直流电压的不平衡，严重时引起直流过电压保护(59/37 DC)动作，导致阀组跳闸^[5]。具体有以下两种情况：如果在阀组发出调整分接开关档位的命令后发出 125℃闭锁调整，将造成本阀组分接开关失步，为防止该阀组换流变分接开关的进一步失步，失步信号会阻止分接开关的进一步操作，此时自动调整和远方手动调整的命令都被闭锁，自动和手动控制模式的转换也会被闭锁，若该故障延续下去，将导致极内双阀组电压不平衡，有可能导致过压保护动作；如果是在调整前出现 125℃闭锁调整故障，将造成整个阀组分接开关没调整，导致极内双阀组不平衡，也有可能导致过压保护动作。因此研究恰当的处理方法，对确保云广直流乃至整个南网系统稳定运行具有重要作用。

5. 处理换流变分接开关 125℃闭锁调整功能的有效措施

云广直流输电系统作为南方电网西电东送主通道，其运行状况关系到整个南方电网系统能否安全稳定运行，对于运行过程中出现的分接开关闭锁调整的故障且调度部门不允许立刻紧急停运直流系统的问题，需要运行人员现场紧急处理，首先应向调度部门申请暂停直流系统功率调整，再视情况对故障进行处理。

对于分接头调整闭锁信号瞬时复归的且出现失步现象时，应该是油温传感器(PT100)扰动引起的，可以尝试将出现故障的换流变分接开关控制地点切换至“就地”后，手动将其调整到跟其它相相同档位，判断信号是否复归，再视情况进行功率调整。对于此种情况，应该更换工作状态稳定的油温传感器(PT100)。

对于分接头调整闭锁信号未能复归且出现失步现象时，处理方法归纳起来有以下三种：

一是将出现分接开关故障的阀组所在极的换流变有载分接开关调整至相同档位后，一般通过手动将

其他非故障相有载分接开关调整至与故障开关同一档位，再断开分接开关控制电源，继续调整直流功率；

二是仅将出现分接开关故障的阀组有载分接开关固定，此时也是通过手动将其他非故障相有载分接开关调整至与故障开关同一档位，再断开分接开关控制电源，然后继续调整直流功率；

三是在方法一的基础上，再将出现故障的分接开关所在极设为定电流模式，非故障极仍为定功率模式，继续调整功率，此时将通过调整非故障极的传输功率来调整整个系统直流系统的功率。

对于以上三种处理方法，存在以下利弊：

1) 不管是固定一个阀组分接开关档位还是固定同极双阀组分接开关档位，前两种方法对于直流功率的继续调整都是存在风险的。当任一阀组因分接开关无法调整，继续调整功率时，都会进入定 γ 角控制模式^[6]， γ 角增大可能烧坏阀片，且其调整功率的范围是有限的，具体功率调整范围有待仿真实验验证；

2) 对于思路一，将双阀组分接开关档位固定后，该极双阀组进入定 γ 角控制模式，这样可以避免因双阀组直流电压不平衡导致过电压保护动作；

3) 对于思路二，仅固定该极出现分接开关故障阀组的分接开关档位，将导致同极双阀组控制模式不同，该极另一阀组分接开关档位可以正常调整，但因与该极分接开关存在故障的阀组档位不同将导致同极双阀组直流电压不平衡，有直流过电压保护动作及损坏阀厅设备的风险，云广直流输电工程调试过程中曾出现过类似情况；

4) 对于方法三，虽然没有过电压保护动作的风险，但是存在入地电流较大问题，且调整功率范围也有待考证，其可行性有待考证。

6. 总结

本文对真空有载分接开关的工作过程进行介绍，并总结分析了云广±800 kV 直流输电工程中换流变分接开关 125℃闭锁调整的原因，对其存在的风险进行深入剖析，最后针对实际情况提出两类处理风险的措施，并对第二类处理措施的三种方法利弊进行权衡。

参考文献 (References)

- [1] 袁清云. 特高压直流输电技术现状及在我国的应用前景[J].

±800 kV 云广直流输电系统串联双阀组换流变分接开关 125℃闭锁调整分析及处理

- 电网技术, 2005, 29(14): 1-3.
- [2] 陈潜, 张尧, 钟庆等. ±800 kV 特高压直流输电系统运行方式的仿真研究[J]. 继电器, 2007, 35(16): 27-32.
- [3] 吴俊, 周剑, 苏寅生等. 云广±800 kV 直流双极运行模式研究[J]. 南方电网技术, 2010, 4(4): 28-31.
- [4] 张爱玲, 刘涛, 李少华. 云广特高压工程紧急停运及旁路开关操作控制策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(13): 121-125.
- [5] 王瑶. 特高压直流输电控制与保护技术的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(15): 53-58.
- [6] 浙江大学直流输电科研组. 直流输电[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985: 120-135.