

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2017.07.032

双电源自动投切环网柜的研制与工程应用

王金方¹, 王万亭², 朱波¹, 刘华民¹

(1. 温州开元集团有限公司, 浙江 温州 325000; 2. 杭州恒信电气有限公司, 浙江 临安 311300)

摘要: 配电系统双电源自动投切环网柜就是一种能够在两路电源(常用电源与备用电源)之间进行可靠切换、以保证连续对负载供电的环网柜,当对常用电源检测到异常(欠压、过压、断相和失压等)时,双电源自动投切环网柜能自动切换到备用电源,使负载快速恢复供电。文中介绍了基于XGN15-12(F)/T630-20负荷开关柜研制的一种双电源自动投切环网柜,首先介绍了浙江省电力公司“三双”接线模式对柜内配置的要求;其次,阐述了环网柜双电源自动投切的基本接线、系统构成、电气和机械闭锁原理以及自动投切装置的工作原理和技术路线;然后,分析了实际工程应用中出现的问题并提出了改进措施。产品投运2年多,运行正常,没有出现误动现象,说明双电源自动投切环网柜可实现无人值守条件下快速的故障诊断、故障切除和备自投,提高了供电恢复速度,缩短停电时间,提高了供电可靠性。

关键词: 基于XGN15-12(F); 双电源; 自动投切; 环网柜; 工程应用; 配电自动化

Research and Application of a Dual Power Automatic Switching Ring Main Unit

WANG Jinfang¹, WANG Wanting², ZHU Bo¹, LIU Huamin¹

(1. Wenzhou Kaiyuan Group Co., Ltd., Zhejiang Wenzhou 325000, China;

2. Hangzhou Heng Xin Electric Co., Ltd., Zhejiang Lin'an 311300, China)

Abstract: The dual power automatic switching ring main unit of distribution network can switch reliably between two sources (common power and standby power) to ensure continuous power supply. When the abnormal common power is detected (undervoltage, overvoltage, phase failure and loss of voltage), the dual power automatic switching ring main unit can automatically switch to standby power to rapidly recover the power supply. This paper presents a dual power automatic switching ring main unit based on XGN15-12(F)/T630-20 load switch unit. Firstly, the configuration requirements for wiring are stated; Secondly, the wiring, configuration, principle of electrical and mechanical locking and principle of automatic switching devices are analyzed; Then, the issues and measures involved in application are discussed. Finally, the two-year operating experience show that, the double power supply automatic switching ring main unit can realize fast fault diagnosis, fault clearance and stand-by switch automatically in unattended condition, which greatly improve the power recovery rate, shorten the power outage time, improve the reliability of power supply.

Key words: based on XGN15-12(F); dual power; automatic switching; ring main unit; engineering application; distribution automation

0 引言

配电网直接面向用户,特别是城市电网,集中了大量的重要负荷。提高供电可靠性、保证供电不间断有赖于电力生产、输送的各个环节,是国民经济各领域正常运行的重要保证。目前广泛

使用的环网供电模式,发生故障时需要人工操作改变开闭点来分隔故障点,停电时间长,而双电源自动投切环网柜配合双电缆供电模式可以无需人工操作大大减少停电时间^[1-11]。因此,浙江某电气公司研制了智能双电源自动投切环网柜(型号:XGN15-12-II)及配用的智能控制装置,以实现双电源自动切换。这不仅提高了供电的连续性

和可靠性,而且还符合浙江省电力公司有关中压配电网“双电源、双线路、双接入”的“三双”接线模式。

浙江省电力公司提出的“三双”接线模式,对柜内配置的要求为:“双向负荷开关柜必需采用全绝缘全封闭 SF₆ 充气环网设备,柜内装有 2 个 SF₆ 负荷开关,这 2 个负荷开关采用一个操作机构或者 2 个有可靠互锁操作机构,实现满足二合一闭锁要求。确保不存在两路电源同时合闸可能”。另外对“采样信号”、“控制装置”、“PT 断线”、“切换时间”、“故障闭锁”、“采集及上传”、“运行方式自恢复”、“闭锁压板”等也提出了明确的要求。因此,大多数厂家研发生产的是基于 XGN43-12 型负荷开关柜的双电源自动投切环网柜,对基于 XGN15-12 型负荷开关柜的双电源自动投切环网柜研究甚少。而在实际生产运行中,XGN15-12 型的负荷开关柜使用量非常大,因而也有必要研究基于 XGN15-12 型负荷开关柜的双电源自动投切环网柜。

文中介绍的 XGN15-12(F)/T630-20-II 型箱型固定式环网高压开关设备—双电源进线柜(简称:双电源进线柜)是采用 2 台 XGN15-12(F)/T630-20 负荷开关柜及专用的电动操作机构以及机械联锁机构,采用与有关专业厂家合作研制成功的专用失压检测显示器及双电源自动切换装置。主要用于三相交流 50 Hz,额定电压 12 kV 的电力系统的环网双电源供电或双辐射供电,也可用于终端供电作为电能的控制和用电设备的保护装置。双电源进线柜不仅保持环网柜原有的功能特性,还具有无人值守和程序化操作功能。

1 环网柜双电源自动投切的基本接线

在配网自动化系统中,环网柜将两路以上的电源汇聚在一起,实现多路电源的切换、故障的隔离和网络的重构功能^[12-15]。

最为常见的两路电源、两路负载环网柜接线方式,见图 1。QL₁ 和 QL₂ 为两路电源的负荷开关,起电源转换作用。QL₃ 和 QL₄ 为环网柜的出线负荷开关,实现分支线路的控制与保护。QL₁、QL₂、QL₃、QL₄ 的操作模式有本地手动操作、调度人员远方操作和自动化系统的主站自动控制 3 种^[14]。对于工作电源消失、备用电源投入的操作,如果采取本地手动操作或调度人员远方操作,都增加了用户的停电时间,影响了供电可靠性。而自动化系统主站自动控制,则增加了主站的负担,同时信号采集传输、分析判断和指令下达一系列过程也需要一定的时间,由于

中间过程较为复杂,所以成功率较低。为了尽快地隔离故障并恢复供电,在环网柜上直接安装相关装置实现环网柜双电源的自动投切是一种较为切实可行的方法^[16-20]。

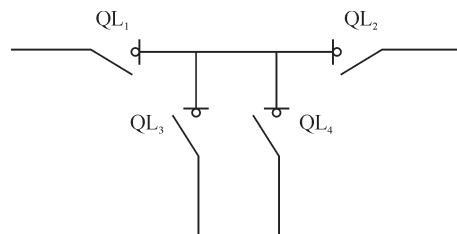


图 1 双电源、双负载环网接线图

Fig. 1 Dual power, double load ring network wiring diagram

2 系统构成

文中双电源负荷开关柜以成熟的 XGN15-12 (F)/T630-20 负荷开关柜为基础,空气绝缘,SF₆ 灭弧。内装有 2 组可相互切换的负荷开关,外装 2 台有机械、电气联锁的电动操作机构。柜内设置高压传感器而非传统 PT,柜顶仪表室装有失压检测显示器和双电源自动切换控制装置,配有 48 V 直流操作电源系统。

2.1 机械电气双重联锁功能

双电源负荷开关柜采用 2 台 XGN15-12(F)/T630-20 完整独立负荷开关本体组成,为防止两个不同电源合环,开关具有完善的机械、电气双重联锁。

2.1.1 机械联锁

1)投运时:“双电源”负荷开关处于两分位置,开关可以根据要求,任意一台合闸后,另一台保持分闸位置,既不能手动也不能电动操作;

2)切换时:“双电源”负荷开关处于一合一分位置,开关根据要求,先将处于合闸位置的开关分闸,才可将另一台处于分闸位置的开关合闸;

3)停运时:“双电源”负荷开关可以根据要求,处于两分位置;

4)检修时:当“双电源”负荷开关任意一台处于分闸位置时,即可对该台进行接地开关合闸操作;

5)“双电源”负荷开关通过内部联锁和外部(机构)联锁,使开关不能同时处于两合状态。

2.1.2 电气联锁

双电源负荷开关柜的电气联锁设计只能置于一合一分或二分状态(不能置于二合状态)。双电源负荷开关柜的电气联锁接线图,见图 2。

2.2 电压电流采集系统

1)电压、电流的采集。在双电源进线柜内电缆进

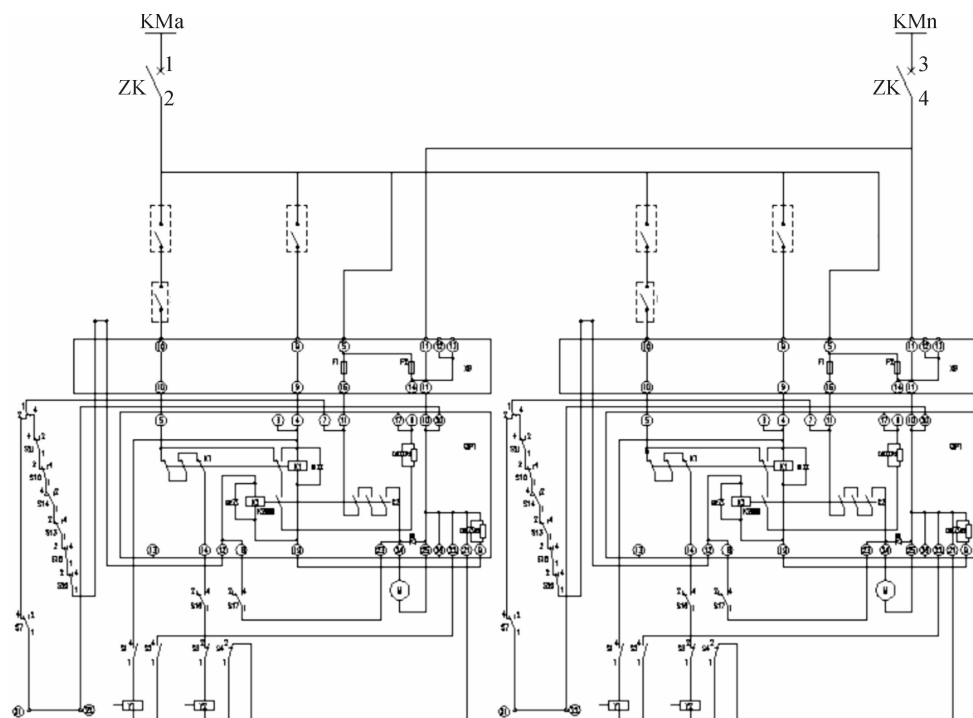


图2 双电源负荷开关柜电气联锁接线图

Fig. 2 Dual power load switchgear electrical interlock wiring diagram

线侧加装传感器,用于采集三相电压、相位。在电缆进线处安装CT以采集故障电流。

2)失压检测。失压检测显示器工作原理图见图3。电源任一相或全部低于设定值即发出失压信号,交由切换装置处理。

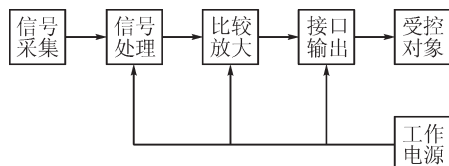


图3 失压检测显示器工作原理图

Fig. 3 Loss of voltage detection schematic diagram

2.3 自动切换装置和逻辑判断及其功能

自动切换装置集成环网中两条进线线路的负荷电流、故障电流的测量、电压监测,区内故障判断、记忆功能,并根据用户配置及完善的故障诊断算法,实现多种模式的双进线智能投切控制功能,极大地提高了环网供电的自动化程度。使用该装置的环网供电网,可实现快速的故障诊断、故障切除和备自投,极大地提高供电恢复速度,缩短停电时间,提高了供电可靠性。

2.3.1 通讯功能

自动切换装置单元支持通过以下形式与上级子站进行全数字通信。

1)支持通讯信号:RS485、以太网;

2)支持通讯协议:MODBUS。

2.3.2 故障信息诊断处理功能

1)故障类型判断:①速断(I段线路速断故障、II段线路速断故障);②定时限过流(I段定时限过流故障、II段定时限过流故障);③正常失压或缺相故障。

2)故障处理功能:①速断。当速断保护压板投入时,当任一相电流 I 大于整定值时,保护事件告警,并记录此故障的详细信息。同时根据需要,可发出故障开关量给相关设备;②定时限过流。当定时限过流保护压板投入时,当任一相电流 I 大于整定值时,保护事件告警,延迟时间到报故障信息,并记录事件;③正常失压或缺相故障时转入备自投。

2.3.3 双进线智能投切功能(备自投)

当备自投保护投入,装置便可进入双进线自动选择投切功能,选择当前可使用的正常电源。当供电系统中发生缺相或失压而无故障电流时自动投切到有电正常线路,当线路因故障原因失电则不能自动投切到有电线路。

根据用户需求,该装置支持多种自动投切模式,以提高用户的供电可靠性,主要包括以下3种模式。

1)模式1:无优先线路选择。当双进线中,有一路在合闸状态时,装置没有检测到线路上发生电流故障,或者备自投保护过程没有出现故障,则可以

进行备自投逻辑。当合闸的线路没有电流电压时,另一路为有压状态,则切断失电线路,投入有压

线路供电。无优先线路选择模式的逻辑判断示意,见图4。

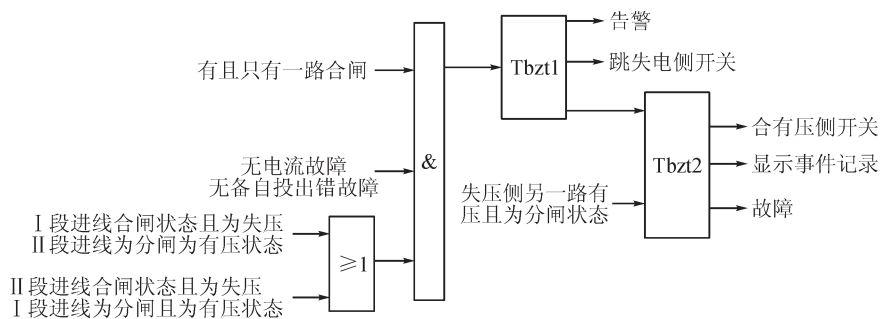


图4 无优先线路选择的逻辑示意图

Fig. 4 Logic schematic diagram of non-priority line selection

2)模式2:I段线路优先。当双进线中,有一路在合闸状态。当合闸的线路没有电流电压时,另一路为有压状态,则切断失电线路,投入有电线路供电。当两路进线都恢复为有电状态时,装置优先选择I段进线供电。I段线路优先模式的逻辑判断示意图见图5。

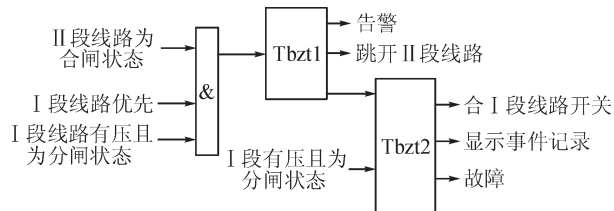


图5 I段线路优先模式的逻辑判断示意图

Fig. 5 Section I first logical judgment diagram

3)模式3:II段线路优先。当双进线中,有一路在合闸状态。当合闸的线路没有电流电压时,另一路为有压状态,则切断失电线路,投入有电线路供电。当两路进线都恢复为有电状态时,装置优先选择II段进线供电。II段线路优先模式的逻辑判断示意图见图6。

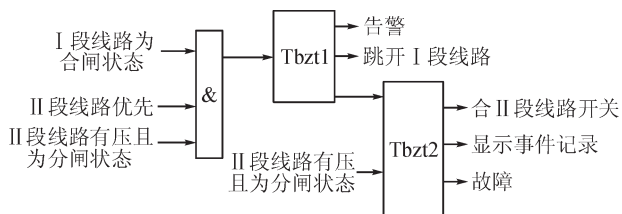


图6 II段线路优先模式的逻辑判断示意图

Fig. 6 Section II first logical judgment diagram

2.3.4 电压检测断线和切换时间

电压检测断线时要求闭锁投切功能(指有流无压情况),如无压无流(任一相)则需切换到另一侧。双电源负荷开关柜负荷开关切换满足快速合分要求,切换时间小于3s。

3 工程应用

该产品于2014年9月通过了型式试验和功能试验验证,产品外形图见图7,柜宽750mm,一次主接线见图8,主要元件配置表见表1。在2014年浙江省电力公司招投标中标80多台,先后提供给宁波鄞州某供电公司和杭州某供电公司,陆续投入使用,产品运行正常状况良好,完全实现了无人值守条件下快速的故障诊断、故障切除和备自投功能,也满足浙江省电力公司提出将中压配电网逐步改造成“双电源、双线路、双接入”的“三双”接线模式。



图7 双电源自动投切环网柜外形图

Fig. 7 Photo of dual power automatic switching ring main unit

4 问题与改进

1)内置直流电源系统在出厂后长时间储存时,因缺少管理环节易出现电池过放电失效现象。后续采取锂电池替代铅酸蓄电池并于工程安装调试期间才提供电池的方式很好地解决了问题。

2)自动切换装置简易化,新增液晶模拟状态显

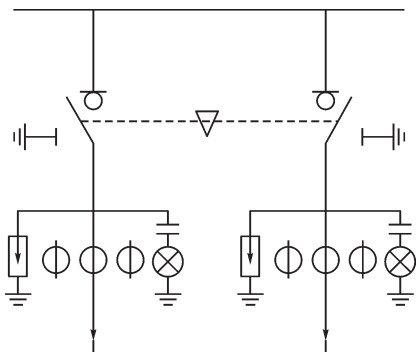


图8 一次主接线图

Fig. 8 Primary diagram of dual power automatic switching ring main unit

表1 产品中主要元件配置表

Table 1 Numbers of major elements

元件名称	数量/个
负荷开关 FLN36-12D	2
电动操作机构 DC48V	2
电流互感器	6(LMZK-12)
失压检测显示器	2
双电源自动切换装置	1

示屏和三位锁开关;三位锁开关指向“遥控”位置时,可通过上位机对设备进行分、合闸操作;指向“本地”位置时为本地操作状态,此时可进行本地分、合闸操作;指向“设置”位置时,为设置状态,此时可对该功能单元参数定值等信息进行修改。

3)为了满足不同用户特殊需要,通过改进失压检测显示器与不同容量传感器匹配,增加电压显示和一拖二功能(自动切换控制装置和电磁锁)。

5 结语

双电源自动投切环网柜可实现无人值守条件下快速的故障诊断、故障切除和备自投,极大地提高供电恢复速度,缩短停电时间,提高了供电可靠性。产品投运2年多来,运行正常,没有出现误动现象、效果良好。

参考文献:

- [1] 董晓宁,李方方. 探讨配电系统双电源自动投切装置的选型[J]. 科技风,2015,8(14):43.
DONG Xiaoning,LI Fangfang. Discussion on the selection of automatic switching device for power supply system[J]. Technology Wind,2015,8(14):43.
- [2] 赏星耀,项新建. 双电源智能自动切换系统的研究[J]. 机电工程,2006,13(7):18-20.
SHANG Xingyao,XIANG Xinjian. Research on automatic intelligent switching-over double power supply system[J].

Journal of Mechanical and Electrical Engineering 2006,13(7):18-20.

- [3] 任红,罗洁,韩全胜,等. 双电源转换开关电器的选择及应用[J]. 电气应用,2005,25(08):2-9.
REN Hong,LUO Jie,HAN Quansheng,et al. Selection and application of double power transfer switch[J]. Electro Technical Application,2005,25(8):2-9.
- [4] 邹积岩,孙福杰,王劲松,等. 配电网自动化方案的选择与实例[J]. 高压电器,1999,35(5):33-36.
ZOU Jiyang,SUN Fujie,WANG Jinsong,et al. Selection and example of distribution network automation[J]. High Voltage Apparatus,1999,35(5):33-36.
- [5] 张钊,陆贤锋,陈昊,等. 面向最小配电块的配网可靠性通用矩阵评估算法[J]. 高压电器,2009,45(3):44-48.
ZHANG Zhao,LU Xianfeng,CHEN Hao,et al. A generalized matrix algorithm for reliability evaluation of distribution network orienting the least distribution sections[J]. High Voltage Apparatus,2009,45(3):44-48.
- [6] 吴日昇,张勇军,何毅思,等. 配电网增设分支线保护的方法研究[J]. 高压电器,2006,42(4):281-283.
WU Risheng,ZHANG Yongjun,HE Yisi,et al. Study on sub-feeder protection installation in distribution systems[J]. High Voltage Apparatus,2006,42(4):281-283.
- [7] 艾绍贵,李秀广,黎炜,等. 配电网快速开关型消除弧光接地故障技术研究[J]. 高压电器,2017,53(3):178-184.
AI Shaogui,LI Xiuguang,LI Wei,et al. Arc suppression technology based on fast wwitch for distribution network[J]. High Voltage Apparatus,2017,53(3):178-184.
- [8] 程红丽,唐开成,刘健,等. 配电自动化条件下配电系统供电可靠性评估[J]. 高电压技术,2007,42(7):166-172.
CHENG Hongli,TANG Kaicheng,LIU Jian,et al. Reliability evaluation for distribution systems with automation[J]. High Voltage Engineering,2007,42(7):166-172.
- [9] 兰剑,王承玉,李庆余,等. 中国配电开关应关注的发展热点[J]. 高压电器,2015,51(10):217-220.
LAN Jian,WANG Chengyu,LI Qingyu,et al. Development focuses of distribution switchgears in China[J]. High Voltage Apparatus,2015,51(10):217-220.
- [10] HJORT L,KARLSSON T. Smart ring main unit reduces outages to a minimum[J]. 22nd International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 2013), 2013,22(22):1-3.
- [11] LEEUWERKE R P,BRAYFORD A L,ROBINSON A,et al. Developments in ring main unit design for improved MV network performance[J]. Power Engineering Journal,2000,14(6):270-277.
- [12] 杨连武. 10 kV 户外箱式环网柜在电缆线路改造中的应用[J]. 高压电器,2005,41(2):148-149.
YANG Lianwu. Application of 10 kV outdoor ring main unit in cable transmission line renovation[J]. High Voltage

- Apparatus, 2005, 41(2):148-149.
- [13] 杨艳红,裴 玮,邓 卫,等. 计及换流站运行方式的交直流混合配电系统潮流计算方法[J]. 高电压技术, 2016, 51(7):2149-2157.
- YANG Yanhong, PEI Wei, DENG Wei, et al. Method for calculating power flow of hybrid AC/DC power distribution system with converter station operation mode[J]. High Voltage Engineering, 2016, 51(7):2149-2157.
- [14] 郭育红,何俊佳. 配电系统二线短路时故障电流抑制效果的模拟[J]. 高压电器, 2000, 36(2):7-11.
- GUO Yuhong, HE Junjia. Simulation of fault current suppression effect in line-to-line short circuit of distribution system[J]. High Voltage Apparatus, 2000, 36(2):7-11.
- [15] 胡秋野,杨世春,欧景茹,等. 论环网柜在城市电网中的应用[J]. 高电压技术, 2004, 30(5):8-9.
- HU Qiuye, YANG Shichun, OU Jingru, et al. Discussion on application of ring main unit in urban distribution system[J]. High Voltage Engineering, 2004, 30(5):8-9.
- [16] 刘书骏. 高压负荷开关—熔断器组合电器的设计要点[J]. 高压电器, 1996, 32(3):49-52.
- LIU Shujun. Design essentials of high voltage load switch-fuse combination[J]. High Voltage Apparatus, 1996, 32(3):49-52.
- [17] 沙声强,王 岩,于学新. 利用 FTU 实现环网柜备用电源自动投切方案[J]. 农村电工, 2005, 12(8):31.
- SHA Shengqiang, WANG Yan, YU Xuexin. Using FTU to realize automatic switching scheme of ring power supply[J]. Rural Electrician, 2005, 12(8):31.
- [18] 李继华. 一种适用于 10 kV 环网柜的备用电源自动投切装置[J]. 电工技术, 2006, 26(3):35-36.
- LI Jihua. A standby power automatic switching device for 10 kV ring main unit[J]. Electric Engineering, 2006, 26(3):35-36.
- [19] 刘秀玲,肖 波,崔华睿. PLC 在双电源自动投切系统中的应用[J]. 黑龙江电力, 2003, 22(5):398.
- LIU Xiuling, XIAO Bo, CUI Huarui. Application of PLC in dual power automatic switching system[J]. Heilongjiang Electric Power, 2003, 22(5):398.
- [20] 游雪峰. 简单可靠的双电源备用自投技术方案应用[J]. 供电企业管理, 2007, 21(3):30-31.
- YOU Xuefeng. Simple and reliable dual power backup technology application[J]. Power Supply Enterprise Management, 2007, 21(3):30-31.
- 王金方(1964—),男,工程师,主要研究方向为高压开关和成套设备。
- 王万亭(1967—),男,高级工程师,研究方向为电气设备智能化。
- 朱 波(1977—),男,工程师,主要研究方向为高压开关和成套设备。
- 刘华民(1968—),男,工程师,主要研究方向为高压开关和成套设备。

(上接第 198 页)

- XJ Group, 2011.
- [21] 张 望,郝俊芳,曹 森,等. 直流输电换流站无功功率控制功能设计[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(14):73-76.
- ZHANG Wang, HAO Junfang, CAO Sen, et al. Design of reactive power control for HVDC converter station[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(14):73-76.
- [22] 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局. ± 800 kV 普侨直流输电系统普洱换流站运行规程[M]. 昆明: 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局, 2013.
- Kunming Bureau of CSG EHV Transmission Company. Pu'er converter station operation procedure for Nuozhadu ± 800 kV HVDC transmission project[M]. Kunming: Kunming Bureau of CSG EHV Transmission Company, 2013.
- 袁虎强(1988—),男,工学学士,从事特高压交直流并联系统运行维护工作。
- 程建登(1980—),男,工程师,工程硕士,从事特高压交直流并联系统生产管理工作。
- 毛文俊(1988—),男,工程师,工学学士,从事特高压交直流并联系统运行维护工作。