

110 kV 备自投动作行为分析

王 辉, 王传能, 张永丰
(国网盐城供电公司, 江苏 盐城 224005)

摘要:文中详细介绍了110 kV备自投的常见运行方式及动作条件,着重分析备自投的充放电条件及动作过程,结合若干事故案例,阐述备自投误动、拒动的原因及不当动作给电网和设备造成的严重后果,并给出了具体的解决方案及措施,为调度运行人员在今后工作中处理类似情况提供参考。

关键词:备自投;误动或拒动;过流闭锁

中图分类号:TM73

文献标志码:B

文章编号:2096-3203(2017)02-0127-06

0 引言

随着国家经济的飞速发展、科学技术的不断提升以及居民用电需求的快速增长,用户对供电质量和供电可靠性的要求日益提高,加装备用电源自动投入装置AAT(以下简称备自投)作为保证配电系统连续可靠供电的重要措施之一^[1],具有改造成本低、难度小、见效明显的优点,因此,中低压系统变电站的备自投功能已成为其基本功能之一。目前,盐城地区110 kV变电站已普遍装设了备自投装置。

备自投装置是一种自动控制装置,即当主供电电源因故障被断开后,能自动迅速地将备用电源或者备用设备投入工作,使原来的工作电源、被断开的用户能够迅速恢复供电。文献[2]提出了一种新的备自投自适应建模的方法。文献[3]对具备快速合解环功能的备自投进行了分析。文献[4]基于IEC 61850网络通信标准,提出了一种面向智能变电站的广域备自投系统;文献[5]研究了区域网络备自投技术的基本原理和步骤,并且对其关键点进行了分析;调度运行人员在值班过程中遇到备自投不正确动作的情况较少^[6-14],有的情况下,虽能正确动作但给设备带来严重的危害,分析备自投不正确动作及动作不当的原因时经验不足。本文将详细介绍备自投的常见运行方式、备自投的动作条件及备自投的动作过程,结合大量的实际事故案例,为调度运行人员处理此类事故时提供参考。

1 备自投方式及动作条件

1.1 备用电源自投的方式

备自投主要用于中、低压配电系统中。根据备用电源的不同,备自投主要有2种方式,如图1所示。

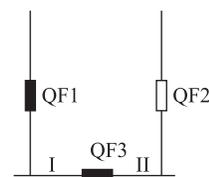


图1 备自投示意图

Fig.1 Structure of AAT

(1) QF1开关、QF3开关在运行,QF2开关热备用,此方式称为左进线备投;或者QF2开关、QF3开关在运行,QF1开关热备用,此方式称为右进线备投;这2种备投方式统称为进线备投,也称为“明备投”。

(2) QF1开关、QF2开关在运行,QF3开关热备用,这种方式称为桥备投或者母联备投,也称为“暗备投”。

1.2 备自投动作条件

备自投工作时的基本要求^[15-18]:主供电电源确实断开后,备用电源才允许投入;备自投只允许动作一次;备自投动作投入备用电源断路器必须经过延时,延时时限应大于最长的外部故障切除时间;手动跳开主供电电源时,应闭锁备自投;应具有闭锁备自投装置的逻辑功能,以防止备用电源投到故障元件上,造成事故扩大的严重后果;工作母线失压时还必须检查工作电源无流,才能启动备自投,以防电压二次回路断线造成误动等。

(1) 内桥接线进线备投如图2所示。且分析进线备投和桥备投的充放电条件及动作逻辑(以内桥接线为例,单母分段接线与其类似)。

充电条件:① I母、II母均有压,2线路有压;② QF1,QF3在合位状态,QF2在分位状态。同时满足以上条件,经10~15 s后充电完成。

放电条件:① 2线路失压;② 手合QF2或手跳QF1或QF3;③ 外部闭锁开入;④ QF1,QF2,QF3的位置继电器异常等。

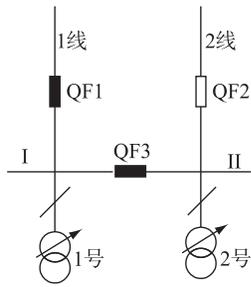


图2 内桥接线进线备投

Fig.2 Line connection AAT

备自投动作过程:充电完成后,若 I 母、II 母均无压,1 线路无流,2 线路有压,则备自投动作,经延时发令跳 QF1、确认 QF1 在分位,发令合 QF2。进线备投的充/放电条件及动作逻辑如图 3 所示。

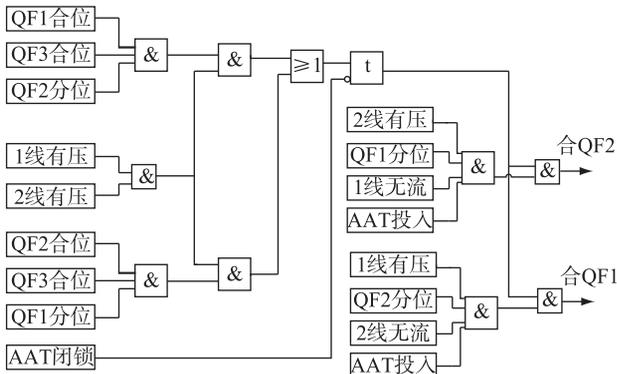


图3 进线备投充/放电及动作逻辑

Fig.3 Charging/discharging and logic of line connection AAT

图 2 中,当 1 号主变差动范围内发生故障时,主变差动保护动作跳开 QF1, QF3 开关,不闭锁备自投,此时备自投动作,确认 QF1 开关在分位,合上 QF2 开关;若 2 号主变发生故障时,主变差动保护动作跳开 QF3,备自投不动作,因不满足备自投动作条件。主变高后备动作时与其类似。

(2) 对于桥备投接线,如图 4 所示。

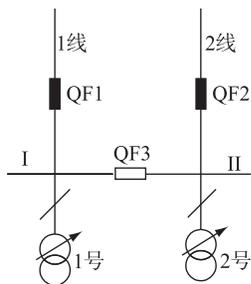


图4 内桥接线桥备投

Fig.4 Bridge connection AAT

充电条件:① I 母、II 母均有压;② QF1, QF2 在合位状态, QF3 在分位状态。同时满足以上条件,经 10~15 s 后充电完成。

放电条件:① 手合 QF3 或手分 QF1 或 QF2;② 外部闭锁开入;③ I 母、II 母均无压延时 15 s 放电;④ QF1, QF2, QF3 的位置继电器异常等。

备自投动作过程:充电完成后,若 I 母无压、1 线路无流, II 母有压,则备自投启动,经延时发令跳 QF1、确认 QF1 在分位,发令合 QF3;类似地对 II 母亦是如此。桥备投的充/放电条件及动作逻辑如图 5 所示。

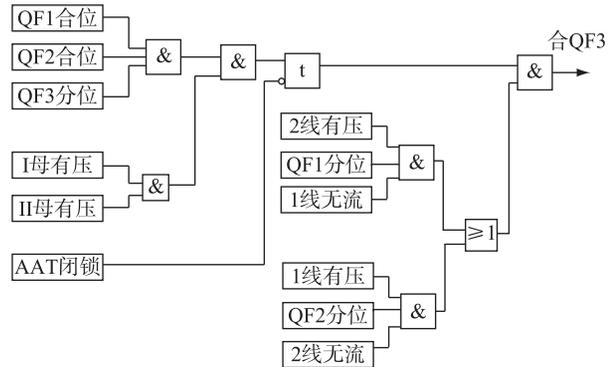


图5 桥备投充/放电及动作逻辑

Fig.5 Charging/discharging and logic of bridge connection AAT

图 4 中,当 1 号主变差动范围内发生故障时,主变差动保护动作跳开 QF1 开关,此时闭锁桥备投,对于 2 号主变亦是如此。主变高后备动作时同样也闭锁桥备投。

2 案例分析

2.1 查找直流接地导致备自投误动

2.1.1 备自投误动分析

110 kV C 站正常运行方式为 743 线、853 线分供 2 台主变, 710 开关热备用, 桥备投启用, 如图 3 所示。

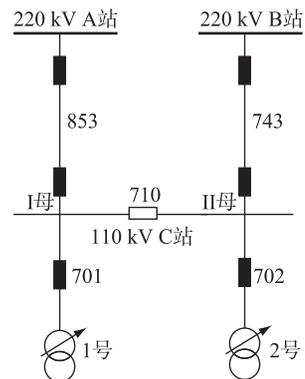


图6 110 kV C 站正常运行方式

Fig.6 Normal operation mode of 110 kV C substation

某日 C 站发现“直流绝缘异常”动作,现场经拉路查找后确定为 C 站 853 开关端子箱内湿度大,用

加热器除湿后,信号复归。调度员在调取 C 站 D5000 系统图时发现 853 开关、710 开关处于运行状态,743 开关处热备用状态。经核实,C 站确有备自投动作信号,且 743 线路处充电状态,此时已可断定 C 站 110 kV 备自投装置发生误动作。

根据备自投动作的条件,可分析得出 C 站备自投动作的原因可能有 2 种。(1) C 站 743 开关偷跳,导致 110 kV 母联备自投动作;(2) 检修人员在拉路查找直流接地过程中,造成 II 段母线二次电压回路失电。同时由于 2 号主变空载,743 线路无流,I 段母线正常运行(有压),满足桥备自投动作条件,导致 110 kV 母联备自投动作。

事后经排查分析,二次人员现场消缺直流系统接地缺陷时,拉路查找直流馈线分支,使 110 kV 电压并列装置短时失电。110 kV I 段母线电压切换采用母线刀闸辅助触点,110 kV II 段母线电压切换采用 110 kV 电压并列装置重动继电器触点,由于该型号(DSA2304A)电压并列装置重动继电器触点不能自保持,装置失电切断 110 kV II 段母线电压回路。造成备自投装置 II 段母线电压失电,同时 II 段母线无负载,备自投有流闭锁开放,备自投满足条件动作,造成 C 站 110 kV 备自投误动。

2.1.2 改进措施

检修人员在采用拉路查找直流接地时,充分了解本站的接线方式及设备的运行特点,停电前应采取必要的措施,以防止直流失电可能引起保护及自动装置的误动作。

2.2 逻辑回路错误导致备自投拒动

2.2.1 备自投拒动分析

220 kV W 站通过双线 873 线/874 线供 110 kV Y 站,110 kV Z 风电场通过 7E8 线并网,1 号主变运行于 I 段母线,2 号主变运行于 II 段母线,873 线、874 线、7E8 线配置分相电流差动保护作为线路主保护,874 线、7E8 线线路两侧分相电流差动保护接跳闸,873 线 W 站侧分差接跳闸,Y 站侧接信号。110 kV Y 站母线配置了母差保护,分段 710 开关热备用,桥备投启用。如图 7 所示。

某日,874 线路分相电流差动保护动作跳开线路两侧开关,同时联切 Y 站 7E8 开关,110 kV Z 风电场与系统解列。W 站 874 开关重合闸动作,重合成功,Y 站备自投未动作,2 号主变失电。据前文所述的备自投动作逻辑,此时 Y 站备自投应动而未动。事后分析 110 kV Y 站备自投装置的型号为 DSA2361 型,其备自投动作逻辑设计为仅 873 开关、874 开关在合位、710 开关在分位时检测母线无压线

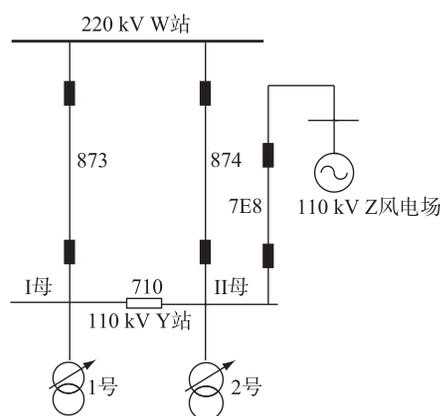


图 7 110 kV Y 站正常运行方式

Fig.7 Normal operation mode of 110 kV Y substation

路无流后动作,而事故发生时因 874 线分相电流差动保护动作,致使 874 开关在分位时,110 kV 备自投放电回路立即接通开始放电(放电条件中不检测母线电压,873 开关或 874 开关在分位时即接通放电回路),备自投装置因此不动作。

2.2.2 改进措施

(1) 对有风机、光伏并网的变电站的并网通道,并网线路两侧均装检无压重合闸,一侧检线路无压,一侧检母线无压,比如 W 站 874 开关装有检线路无压重合闸,Y 站 874 开关装检母线无压重合闸。当线路发生故障后,先由线路两侧重合闸动作,若重合不成,再由备自投动作。

(2) 对本地区装有此类型号的备自投装置的逻辑回路进行整改。

2.3 110 kV 母线故障备自投动作导致反复冲击

2.3.1 单母分段接线 110 kV 变电站

110 kV G 站由 795 线路主供,722 线路备供。备自投配置情况:母线无压,备用线路有压,主供线路无流,满足条件后 3.6 s,跳 G 站 795 开关,合上 722 开关;E 站 795 开关、F 站 722 开关保护及重合闸启用,G 站 795 开关、722 开关保护及重合闸停用。事故前运行方式如图 8 所示。

某日 E 站 795 线路保护动作跳闸,重合不成,G 站备自投动作成功,跳开 795 开关,合上 722 开关,随后 F 站 722 开关距离、零序二段保护动作跳闸,重合不成。G 站全所失电。根据保护、自动装置的动作情况,可判定故障点在 G 站 110 kV 母线上,且应为永久性故障。目前采用这种接线方式的 110 kV 变电所非常多,如何减小此类故障的影响时间和范围,对调度运行工作有深远的实际意义。

2.3.2 改进措施

加装进线开关过流闭锁备自投装置。当前方式

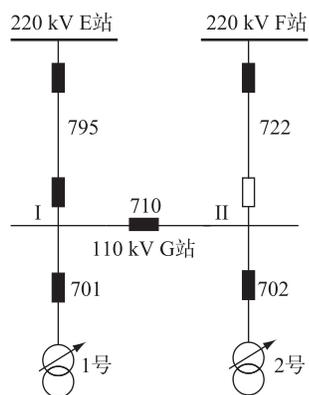


图8 正常运行方式

Fig.8 Normal operation mode

下,单母分段接线方式变电站母线发生故障时,主供线路进线开关均会有过流出现,可考虑在备自投逻辑中的闭锁环节增设一进线开关过流延时闭锁条件,即在母线发生故障时,备自投被闭锁。线路故障时,进线开关无过流出现,备自投正常动作。母线瞬时故障时,由重合闸补救,因此该闭锁条件不影响母线瞬时故障的正常供电。目前其他地区已有不少110 kV 变电站采取该种方案。该方案缺点:(1) 故障发生在主供线路开关与电流互感器之间时,导致闭锁备自投,母线失电;(2) 若110 kV 变电站无其他辅助保护信息上传,调度员第一时间无法判断是母线故障还是备自投未动作,采用试送方式依然会对故障点再次冲击。

2.3.3 内桥接线110 kV 变电站

110 kV J站由220 kV I站933线路主供,936线路备供,备自投配置情况:母线无压,备用线路有压,主供线路无流,满足条件后3.6 s,跳开J站933开关,合上936开关;I站933开关、936开关保护及重合闸启用,J站933开关、936开关保护及重合闸停用,110 kV J站母线为GIS设备。事故前运行方式如图9所示。

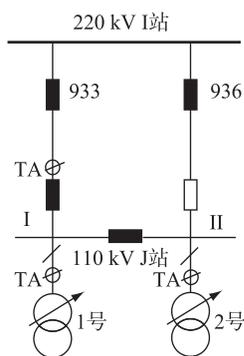


图9 事故前正常运行方式

Fig.9 Normal operation mode

故障点在I段母线上,保护、重合闸及备自投的动作行为同单母分段,事故造成J站GIS设备遭受

多次冲击,事后检修人员对G站110 kV I段母线(GIS设备)解体后发现管母内绝缘子、波纹环损坏。调规要求,GIS设备发生故障时必须查清并修复故障或隔离故障点后方可试送。进一步分析J站为内桥接线,故障发生在母线上应由主变的差动保护动作,跳开J站933开关、710开关;110 kV侧备自投动作,合上936开关,J站不会全站失电同时也避免了对GIS设备的多次冲击。事后了解到J站主变差动保护高压侧电流取自主变套管电流互感器,而非外附电流互感器,是造成此次110 kV J站全停的直接原因。

2.3.4 改进措施

有条件的内桥接线的主变差动保护高压侧电流取自外附电流互感器,特别是GIS等封闭电气设备的主变差动保护高压侧电流应取自外附电流互感器,特殊情况下不能满足主变差动保护“绕组数+1”的配置原则除外。

上述2个备自投动作导致设备受到多次冲击的案例中,备用线路的重合闸均启用,目前有的地区采用了这样的方案,考虑的出发点:(1) 当备用线路发生瞬时性故障时,失去了备用线路;(2) 当主供线路发生永久性故障时,备自投动作调由备用线路供电,但重合闸需现场启用,增加操作。根据调度规程第372条第5项规定,空载线路重合闸停用,而且当主供线路重合不成,备自投动作调由备用线路供电时,此时备用线路跳闸后再重合的意义不大,且对故障母线多冲击一次,对系统也多一次扰动。综合利弊,建议空载线路重合闸应停用。

3 结语

本文详细介绍了备自投的常见运行方式、备自投的动作条件及动作过程、主变保护闭锁相关备自投情况,结合大量的实际事故案例,对备自投的各种动作行为进行了分析。

(1) 在处理直流接地故障时,应充分了解变电站的接线方式及设备特点,必要时可停用保护及备自投等设备,以防止直流失电可能引起的误动。

(2) 由于大量风电场、光伏电站通过110 kV变电站并网,导致110 kV变电站配置的保护、备自投及重合闸的方式发生了很大的变化,调度运行人员在处理事故时应充分掌握一次接线方式、保护及安全装置配置情况。

(3) 110 kV变电站几乎都装设了110 kV备自投,当母线上发生故障时,导致设备受到多次冲击,提出了相应的解决方案并对其优缺点进行了分析;

对于内桥接线的 110 kV 变电站,有条件的建议主变高压侧电流应取自外附电流互感器,对于备用的空充线路,建议空充线路重合闸停用。

参考文献:

- [1] 高 亮. 电力系统微机继电保护[M]. 中国电力出版社,北京:2007:71-77.
GAO Liang. Power system microcomputer relay protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007:71-77.
- [2] 刘延乐,刘文颖,王传起,等. 电网备自投自适应建模方法研究[J]. 电力系统保护与控制,2012,40(6):40-45.
LIU Yanle, LIU Wenyong, WANG Chuanqi, et al. Research of self-adapted modeling methods for the BATS[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(6):40-45.
- [3] 张 勇,姚建光,俞晓荣,等. 具有快速合解环功能的备自投分析[J]. 江苏电机工程,2012,31(1):61-63.
ZHANG Yong, YAO Jianguang, YU Xiaorong, et al. Analysis and operation an automatic transfer relay with function of quick close and open loop[J]. Jiangsu Electric Engineering, 2012, 31(1):61-63.
- [4] 于同伟,蔡玉明,金 世. 一种面向智能变电站的广域备自投系统的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(9):129-135.
YU Tongwei, CAI Yuming, JIN Shi. An application for smart substation-oriented wide-area backup automatic switch [J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(9): 129-135.
- [5] 周伊琳,孙建伟,陈炯聪. 区域网络备自投及其测试关键技术[J]. 电力系统自动化,2012,36(23):109-113.
ZHOU Yilin, SUN Jianwei, CHEN Jiongcong. Spare power automatic switchover for area network and its key test technology [J]. Automation of Electric Power System, 2012, 36(23): 109-113.
- [6] 叶 婷. 一起备自投不正确动作的案例分析及改进[J]. 江苏电机工程, 2016,35(1):87-88.
YE Ting. A case study on BATS's incorrect action and its improvement[J]. Jiangsu Electric Engineering, 2016, 35(1): 87-88.
- [7] 陈晓彬,孙玉彤,谢惠藩,等. 一起新能源接入条件下线路保护与备自投装置误动的原因分析与改进措施[J]. 广东电力,2015,28(12):80-84.
CHEN Xiaobin, SUN Yutong, XIE Huifan, et al. Reason analysis on malfunction of line protection and spare power automatic switching devices under new energy access condition and improvement measures [J]. Guangdong Electric Power, 2015, 28(12):80-84.
- [8] 汪祺航,袁明哲,马彦伟,等. 110 kV 内桥接线智能变电站的站域备自投装置设计[J]. 电力系统自动化,2013,37(24):72-75.
WANG Qihang, YUAN Mingzhe, MA Yanwei, et al. Design of substation area automatic switchover device used in internal bridge connection based on smart substation[J]. Automation of Electric Power System, 2013, 37(24):72-75.
- [9] 余国雄,尹星光. 一起 10 kV 备自投拒动的事故分析[J]. 继电器,2007,35(5):75-77.
YU Guoxiong, YIN Xingguang. Analysis of a 10 kV step-feed automatic back-up power supply device failure to operate [J]. Relay, 2007, 35(5):75-77.
- [10] 杨宏智. 110 kV 备自投装置及重合闸未动作的原因分析[J]. 贵州电力技术, 2013,16(8):33-34.
YANG Hongzhi. Analysis of the failure in 110 kV automatic bus transfer equipment and reclosure [J]. Guizhou Electric technology, 2013, 16(8):33-34.
- [11] 潘凯凯,谭大帅,赵 勇,等. 地区电网计及备自投的 $N-1$ 静态安全分析快速计算方法[J]. 电力系统自动化,2015,39(24):122-128.
PAN Kaiyan, TAN Dashuai, ZHAO Yong, et al. A fast computing method of $N-1$ in static analysis considering BATS in regional power grid[J]. Automation of Electric Power System, 2015, 39(24):122-128.
- [12] 姜惠兰,薛静玮,李天鹏,等. 含风电场电网的备用电源快速投切方式及其整定方法[J]. 高电压技术,2016,42(9):2768-2774.
JIANG Huilan, XUE Jingwei, LI Tianpeng, et al. Fast transfer mode and its tuning method for emergency power supply of grid connected with wind turbine [J]. High Voltage Engineering, 2016, 42(9):2768-2774.
- [13] 刘丛洲,黄 治,汤大海,等. 110 kV 变电所单母线分段接线保护闭锁备自投分析[J]. 江苏电机工程,2013,32(5):49-51.
LIU Congzhou, HUANG Zhi, TANG Dahai, et al. Analysis on blocking automatic switchover for sectionalized single-bus protection in 110 kV substation [J]. Jiangsu Electric Engineering, 2013, 32(5):49-51.
- [14] 叶 婷. 110 kV 三圈变变电站备自投过负荷闭锁逻辑分析及改进[J]. 江苏电机工程, 2013,32(4):35-37.
YE Ting. Analysis and improvement on the overload blocking logic of automatic bus transfer in 110 kV substation with three winding transformer [J]. Jiangsu Electric Engineering, 2013, 32(4):35-37.
- [15] 国家电网公司人力资源部. 二次回路[M]. 北京:中国电力出版社,2010:194-198.
State Grid Corporation of China Human Resources. Secondary Circuit [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2010:194-198.
- [16] 何永华. 发电厂及变电站的二次回路[M]. 北京:中国电力出版社,2011:42-43.
HE Yonghua. Secondary circuit of power station and substation [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2011:42-43.
- [17] 许正亚. 电力系统安全自动装置[M]. 北京:中国电力出版社,2004:22-27.
XU Zhengya. Power system automatic safety device [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004:22-27.

- [18] 金鑫锋. 变电站备用投动作条件分析及改进[D]. 北京: 华北电力大学, 2015.

JIN Xinfeng. Analysis and improvement of the backup power switchover unit's starting in the substation. Beijing: North China Electric Power University, 2015.

作者简介:



王 辉

王 辉(1986—), 男, 江苏阜宁人, 工程师, 从事电网调度运行工作;

王传能(1987—), 男, 江苏响水人, 工程师, 从事电网调度运行工作;

张永丰(1974—), 男, 江苏盐城人, 高级工程师, 从事电网调度运行工作。

Analysis of 110 kV Automatic Bus Transfer Equipment Action

WANG Hui, WANG Chuanneng, ZHANG Yongfeng

(State Grid Yancheng Power Supply Company, Yancheng 224005, China)

Abstract: This paper introduces the mode and tripping condition of 110 kV automatic bus transfer equipment in detail, and puts emphasis on analysis of automatic bus transfer equipment in charging/discharging condition and action process. It also elaborates the cause of malfunctions of automatic bus transfer equipment and the serious consequences of the improper action to power grid and equipment, with putting forward the corresponding solutions and measures, and provides a reference for dispatching operators to deal with similar situations in future work.

Key words: automatic bus transfer equipment; malfunctions; overcurrent blocking

(编辑 徐林菊)

(上接第 103 页)

Research on $2N+1$ Level Modulation Method of Modular Multilevel Converter

TAN Fenglei

(State Grid Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

Abstract: A $2N+1$ level modulation method of modular multilevel converter (MMC) is studied in this paper. The $N+1$ level modulation is analyzed. The realization principle of $2N+1$ level modulation method is deduced on the basis of fully understanding the working principle of MMC, and the specific implementation process is given according to the situation of odd and even. Simulation results show that comparing with the $N+1$ level modulation mode, $2N+1$ level modulation mode can achieve $2N+1$ level output with more waveform levels and low harmonic content, but the cost is the increase of bridge arm circulation and inductance drop. The feasibility and validity of the $2N+1$ level modulation method are verified.

Key words: modular multilevel converter; $N+1$ level; $2N+1$ level; simulation

(编辑 刘晓燕)

(上接第 120 页)

Research on DSSC Cost Allocation Using Electrical Dissecting Informating in Paths between Sources and Flows in Power Grid

ZHANG Renanqi¹, ZHANG Feng²

(1. School of Business, Hubei University, Wuhan 430000, China;

2. State Grid Xinjiang Electric Power Company, Urumqi 830000, China)

Abstract: As a new type of D-FACTS equipment, DSSC can be utilized to eliminate the transmission network congestion. In order to study the cost allocation of DSSC after installed, a cost allocation method based on electrical dissection method is proposed. Responsibility factors of generators and loads are determined quantitatively by the results of electrical dissection, and the cost of the DSSC is distributed to each generator and load according to the congestion responsibility factor respectively. Finally, the simulation results based on the IEEE 39-bus system show that the proposed method can recover the DSSC equipment cost from the generator and load effectively and fairly.

Key words: distributed static series compensator; electrical dissection; cost allocation

(编辑 刘晓燕)