

单母分段接线备自投动作方案分析及优化

陆琳

(国网镇江供电公司,江苏 镇江 212001)

摘要:110 kV 变电站单母线分段接线与内桥接线在运行方式上极为相似,但由于一次接线方式、继电保护配置等方面的不同,导致备自投动作逻辑存在差别。本文分析了备自投装置在单母线分段接线方式下存在的问题以及分段开关死区故障时备自投各类闭锁及动作情况,提出在不同运行方式下死区故障时备自投判断逻辑及动作策略,在保证安全的基础上优化现有的单母线分段备自投逻辑,使死区故障时备自投可靠隔离故障点并迅速恢复供电,提升供电恢复速度,增加供电可靠性。

关键词:单母线分段;备自投;闭锁;死区故障;优化;分段开关

中图分类号:TM645

文献标志码:B

文章编号:2096-3203(2018)02-0143-06

0 引言

110 kV 终端变电站典型接线方式有内桥接线、扩大内桥接线、外桥接线以及单母线分段接线等。随着电力系统供电可靠性要求的不断提高,备用电源自动投入装置(以下简称备自投装置)已普遍应用于110 kV 及以下各类终端变电站,作为电源失电后迅速投入备用电源供电的有效手段^[1-4]。目前,镇江地区110 kV 变电站主要接线方式为内桥、扩大内桥、单母线分段及线变组方式。近年来新上的110 kV 变电站均为单母线分段接线,与内桥接线虽然在运行方式上极为相似,但由于继电保护配置及保护范围等方面不同,备自投动作逻辑也存在差别^[5-7]。

本文分析了备自投装置在单母分段接线变电站中存在的问题,并对分段开关死区故障时备自投各类动作及闭锁情况进行研究,提出不同运行方式下死区故障备自投判断逻辑及动作策略,在保证安全的基础上最大限度优化现有的单母线分段备自投逻辑,提高供电可靠性。

1 单母线分段接线方式母线故障闭锁备自投分析

单母分段接线方式常用于110 kV 终端变电站。与内桥接线变电站备自投运行方式类似,分为进线备投方式与桥备投方式。当母线故障时,由于内桥接线母线在主变差动范围以内,因此可由主变差动保护动作切除故障并闭锁备自投^[8];而对于单母分段变电站,一般不配置独立母线保护,由于主变差动范围不包括母线,因此母线故障时,只能通过上

级变电站110 kV 出线保护切除故障^[9]。

如图1所示,7A2 进线供1、2号主变运行,898 开关热备用。当7A2 线路故障,对侧220 kV 变电站的110 kV 出线7A2 开关跳开,切除故障。终端变电站备自投检7A2 线路无压无流,备用电源898 线路有压且无外部闭锁信号后,延时5 s 跳开7A2 开关,延时1 s 后合上898 开关,恢复供电。

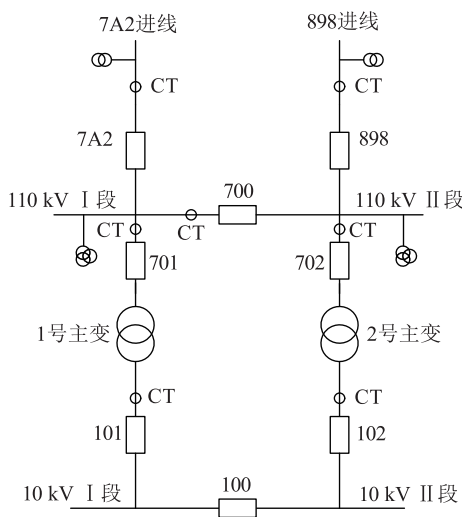


图1 单母分段接线

Fig.1 Sectionalized single-bus configuration

当110 kV I 段母线故障时,由7A2 线路电源侧距离保护II 段动作切除故障,延时5 s 后所内备自投动作跳开7A2 开关,合上898 开关,再次送电至故障点造成二次冲击,导致1、2号主变及所供负荷失电。因此110 kV 进线开关有必要装设带方向的线路保护^[10-14](保护由三段相间距离保护、三段接地距离保护、四段零序电流方向保护和三相一次重合闸组成),方向指向母线,当110 kV 线路故障时不动作,当110 kV 母线故障时动作并开入备自投装

置,闭锁备自投。带闭锁的单母线分段备自投逻辑如图2、图3所示。当系统为一线供两变方式(图2)或两线供两变方式(图3)时,除了满足主供电源无压无流、备用电源有压、备自投充电正常等条件外,增加主供进线保护动作开入量,作为母线故障闭锁备自投条件。

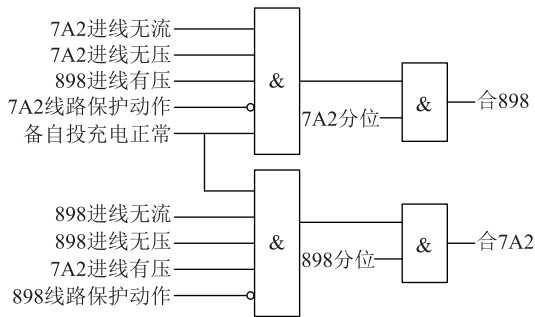


图2 带闭锁的单母线分段备自投逻辑(进线备投)
Fig.2 Logic of sectionalized single-bus automatic switchover with locking function (incoming line)

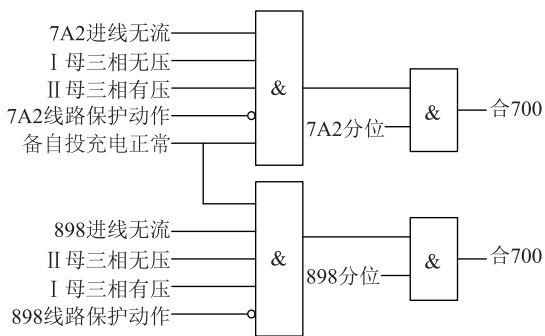


图3 带闭锁的单母线分段备自投逻辑(桥备投)
Fig.3 Logic of sectionalized single-bus automatic switchover with locking function (bridge)

2 提高供电可靠性的单母线分段备自投动作方案分析

2.1 判断故障母线提高供电可靠性

一线两变运行方式时,如图4所示,7A2进线供1、2号主变运行,898开关热备用,作为备用电源。当110 kV I段母线a点发生永久性故障后,7A2线路对侧开关距离保护动作,跳开电源侧开关,2 s后重合闸动作,重合不成,再次跳开电源侧开关,7A2线路失电。由于故障点在母线,故障电流流经7A2开关流变,故110 kV变电站的7A2开关判断出故障电流由线路流向母线,保护动作闭锁备自投,造成1、2号主变失电。

由于故障点在I段母线上,II段母线并无故障点,因此如果备自投装置能识别出故障母线,便可通过跳开分段700开关,延时合上898备用电源开关,隔离故障点后恢复对2号主变供电。低压侧负

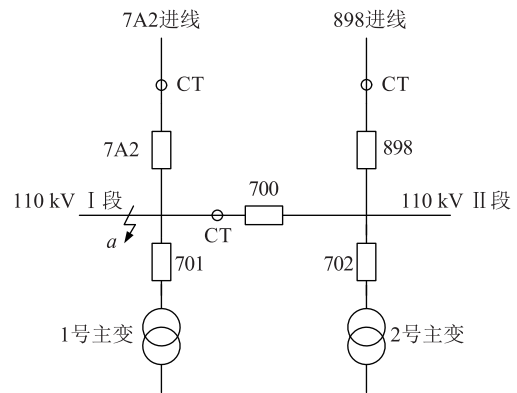


图4 单母分段接线

Fig.4 Diagram of sectionalized single-bus

荷在主变容量允许的情况下可通过低压备自投动作全部恢复供电,从而有效减少了停电设备,提高供电可靠性^[15-16]。

898进线供1、2号主变运行,7A2开关热备用运行方式下的分析同上。

2.2 过流及电流突变量判据

如图4的运行方式,若110 kV I段母线故障,则分段700流变中不会流过故障电流,若110 kV II段母线故障,则分段700流变将会流过很大的故障电流,因此可以通过分段开关流变电流状态量来判断哪一段母线发生故障。具体手段为采用过电流或电流突变量判据分析判断,硬件可借助备自投装置原有的分段保护实现。

过电流判据:当110 kV I段母线故障时,分段流变流过的电流几乎为0,当II段母线故障时,分段流变流过的电流比负荷电流大得多,通过整定分段流变过流定值大于最大负荷电流,从而确定哪段母线发生故障。

电流突变量判据:当110 kV I段母线故障时,分段流变电流突变量为正常情况时2号主变所供负荷,而II段母线故障时,电流突变量为故障电流突变量,因此可通过突变量变化来判断哪段母线故障。

3 死区故障时的解决方案

3.1 死区故障备自投动作分析

所谓死区,即指连接分段开关与流变之间的小段母线。因分段开关将I、II段母线进行了物理性分割,而判别流过分段开关电流的分段流变则装在靠近开关的某侧,所以分段流变有无电流或电流的突变并不能完全区分故障点在哪段母线。

如图5所示,7A2线供1、2号主变运行,898开关热备用方式。当永久性故障发生在分段开关700与流变CT1之间的b点时(图5中I区),CT1流过

故障电流,分段开关流变电流状态量判断为Ⅱ段母线故障(实际为Ⅰ段母线侧),闭锁自备投。

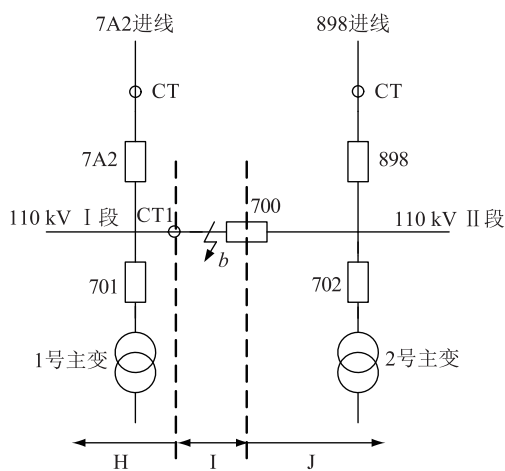


图5 死区故障示意图

Fig.5 Schematic diagram of dead-zone fault

898线供1、2号主变运行,7A2开关热备用方式。当永久性故障发生在图5中I区,CT1未流过故障电流,自备投判断为Ⅱ段母线故障,跳开分段700开关,延时合进线7A2开关,对故障点造成了二次冲击,1、2号主变失电。由于分段700开关跳开后,故障点并未被隔离,因此分段开关与流变之间的区域为自备投动作判断的死区。在一线供两变方式下,自备投故障母线选择时需进行死区判别。

当7A2线、898线分别供1、2号主变运行,分段700开关热备用时,故障发生在死区I区间,分段开关流变CT1流经故障电流,故障发生在H、J区间时,CT1无故障电流流过。无论故障点在哪个区间,只要进线保护动作均闭锁自备投,防止分段开关合于故障点造成二次冲击。

3.2 解决方案

3.2.1 增加一组分段流变

(1) 实现方式分析。通过不同位置故障时两组流变流过电流情况进行逻辑判断。

如图6所示,在分段700开关Ⅱ段母线侧增加一组流变CT2,将110 kV母线及分段设备分为4个区域。分别为:

H:110 kV I段母线(包括与母线相连的刀闸及母线设备)至分段700开关CT1流变;

I:110 kV分段700开关I段母线侧CT1流变至700开关;

J:110 kV分段700开关至110 kV II段母线侧CT2流变;

K:110 kV II段母线(包括与母线相连的刀闸及母线设备)至分段700开关CT2流变。

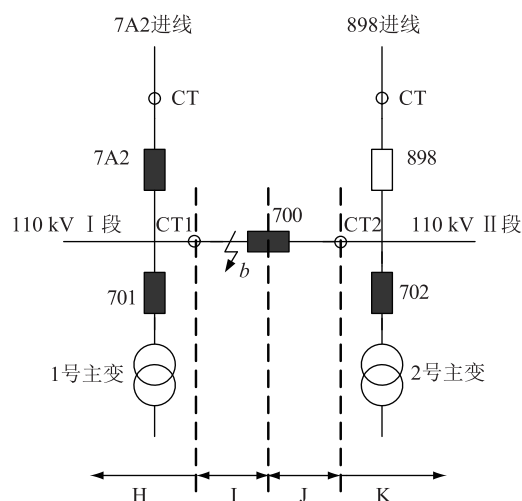


图6 增加一组流变进行逻辑判断示意图

Fig.6 Schematic diagram of adding a set of current transformer for logical decision

以7A2进线供1、2号主变运行,898开关热备用运行方式为例进行逻辑判断分析。

① 故障点在H区间时,CT1、CT2均未流过故障电流,可以判断为110 kV I段母线故障,自备投跳开分段700开关,延时合898开关,恢复2号主变供电,低压侧自备投延时动作,恢复低压侧全部负荷;

② 故障点在K区间时,CT1、CT2均流过故障电流,可以判断为110 kV II段母线故障,闭锁自备投;

③ 故障点在I区间时,CT1流过故障电流,CT2中无负荷电流,判断故障点在CT1与CT2之间。跳开分段700开关,CT1仍然流过故障电流,可判断故障点在区间I,确认分段开关跳开后合上898开关,恢复2号主变供电,低压侧自备投延时动作,恢复低压侧全部负荷;

④ 故障点在J区间时,CT1流过故障电流,CT2中无负荷电流,判断故障点在CT1与CT2之间。跳开分段700开关,CT1无故障电流,可判断故障点在区间J,闭锁自备投。

判断逻辑如图7所示。

898进线供1、2号主变运行,7A2开关热备用运行方式与上述运行方式均属于进线自备投方式,分析方法类似,这里不再赘述。

对于7A2、898线分别供1、2号主变运行的桥自备投方式,无论故障点在H、K区间还是I、J区间,只要线路保护动作,均应闭锁自备投,避免再次送电至故障点,因此无需进行CT1、CT2故障区间选择。

三类运行方式下自备投动作逻辑分析如表1所示。

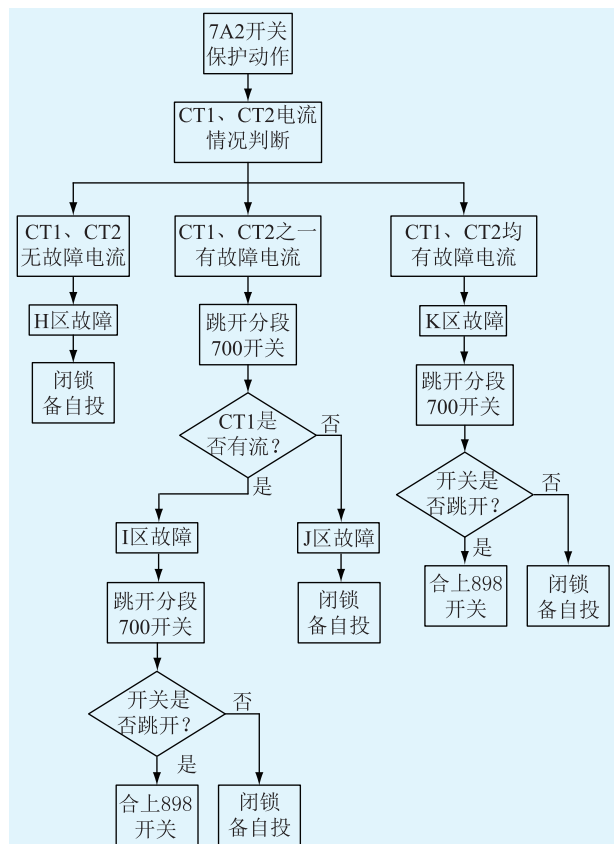


图7 逻辑判断流程

Fig.7 Flowchart of logical decision

装设一组分段开关流变的方式可以很好的解决线备投方式时死区故障备自投可靠隔离故障点并迅速恢复供电的问题,提高了供电恢复速度。但一定程度增加了一次设备采购安装费用及二次接线的复杂性。

(2) 经济效益分析。上述方案虽然增加了变电站建设投资及二次接线复杂性,但能有效判断死区故障,结合分段开关电流状态量判据,能迅速恢复供电。

以图6中某110 kV变电站为例,1号、2号主变容量均为50 000 kV·A,主变负载率为40%,功率因数为0.92,平均销售电价为每千瓦时0.66元。在一线供两变方式下,母线故障时有50%的概率隔离故障点后继续供电。按故障处理恢复送电3 h计算,则恢复单台主变负荷经济效益计算如下:

$$Y = S\eta t M \cos\varphi \quad (1)$$

式中:Y为经济效益(元);S为主变容量(kV·A);cosφ为功率因数;η为主变负载率;t为跳闸至恢复送电时间(h);M为平均销售电价(元)。

上述方案能够恢复1号、2号主变所供全部负荷,总经济效益为:

$$Y' = Y_1 + Y_2 \quad (2)$$

式中:Y'为总经济效益(元);Y₁、Y₂分别为1号、2号主变恢复供电经济效益(元)。将数据带入公式(1)和(2),可计算得Y'为72 864元。

此计算结果仅表示迅速恢复供电所减少的失去电量经济值,其迅速恢复供电所带来的对工业生产及居民生活带来的潜在效益远不止计算值,而110 kV流变每只价格约3万元,增加一组流变成本仅需不到10万元,从以上的粗略估计可以看出对一次停电的迅速恢复所带来的经济效益和社会效益远大于设备的初期投入。

表1 三类运行方式下备自投动作逻辑分析

Tab.1 Analysis table of action logic for automatic switchover on three types of operation mode

系统运行方式	故障点在H区	故障点在I区	故障点在J区	故障点在K区
7A2、898线分别供1、2号主变运行,700开关热备用(桥备投方式)	7A2开关保护动作→ 闭锁备自投	7A2开关保护动作→ 闭锁备自投	898开关保护动作→ 闭锁备自投	898开关保护动作→ 闭锁备自投
7A2线供1、2号主变运行,898开关热备用(进线备投方式1)	7A2开关保护动作→ !CT1&!CT2=1→ 700开关分→ 延时合898开关→ 低压侧备自投动作, 恢复供电	7A2开关保护动作→ CT1*CT2=1→ 跳开分段700开关→ CT1=1,CT2=0→ 确认700开关确已跳开→ 延时合898开关→ 低压侧备自投动作, 恢复供电	7A2开关保护动作→ CT1*CT2=1→ 跳开分段700开关→ CT1=0,CT2=0→ 闭锁备自投	7A2开关保护动作→ CT1&CT2=1→ 闭锁备自投
898线供1、2号主变运行,7A2开关热备用(进线备投方式2)	898开关保护动作→ CT1&CT2=1→ 闭锁备自投	898开关保护动作→ CT1*CT2=1→ 跳开分段700开关→ CT1=0,CT2=0→ 闭锁备自投	898开关保护动作→ CT1*CT2=1→ 跳开分段700开关→ CT1=0,CT2=1→ 确认700开关确已跳开→ 延时合7A2开关→ 低压侧备自投动作, 恢复供电	898开关保护动作→ !CT1&!CT2=1→ 700开关分→ 延时合7A2开关→ 低压侧备自投动作, 恢复供电

注:CT1、CT2流过故障电流,CT1=1,CT2=1;CT1、CT2未流过故障电流,CT1=0,CT2=0

3.2.2 加装 110 kV 分段式母差保护

采用母差保护可靠闭锁备自投装置^[17]。如图 5 所示,7A2、898 线分别供 1、2 号变运行,分段 700 开关热备用, I、II 段母线分裂运行,分段流变 CT1 已被封闭,无论故障点在 I 母、II 母还是死区,大差保护及相应的小差保护均能动作跳开与故障母线相连的开关,同时差动出口继电器开入闭锁备自投。

7A2 线供 1、2 号变运行,898 开关热备用,当故障点 b 在死区内时,大差动作,同时 II 母小差动作,跳开分段 700、2 号主变 702 开关,延时 50 ms 后封锁分段流变 CT1, I 母小差动作,跳开 7A2 及 1 号主变 701 开关,闭锁备自投,1、2 号主变同时失电。

可见,在一线供两变方式下,母差保护并不能有效隔离死区故障,恢复正常设备供电。

对于 110 kV 单母分段变电站 110 kV 部分既有进线又有出线的情况,虽然增加了变电站设备投资及维护费用,但当 110 kV 出线或变电站主变高压侧故障时,不会误动闭锁备自投,使保护闭锁备自投的配合性能达到最佳。

4 结语

本文针对单母线分段接线方式下母线故障提出了备自投动作优化方案,重点针对死区故障,提出了增加一组流变进行故障区域选择,并进行判断逻辑分析,在保证有效隔离故障点的前提下,进一步提高了供电可靠性。

参考文献:

- [1] 杨浚文,吴文传,孙宏斌,等.一种基于 EMS 的广域备自投控制系统[J].电力系统自动化,2010,34(11):61-66.
YANG Junwei, WU Wenchuan, SUN Hongbin, et al. A wide-area automatic switchover system based on EMS[J]. Automation of Electric Power System, 2010, 34(11):61-66.
- [2] 吴金玉,高金伟,张 帅.常规备用电源自投装置适应双母线接线的措施[J].电力系统自动化,2012,36(5):112-115.
WU Jinyu, GAO Jinwei, ZHANG Shuai. Measures of conventional backup power switchover unit adapted to double-bus scheme[J]. Automation of Electric Power System, 2012, 36(5):112-115.
- [3] 邹德虎,王仲达,徐柳飞,等.网络备自投系统在地调 EMS 中的应用[J].电力系统自动化,2013,37(17):106-111.
ZOU Dehu, WANG Zhongda, XU Liufei, et al. Application of a power network automatic switchover system in the EMS of regional dispatch center [J]. Automation of Electric Power System, 2013, 37(17):106-111.
- [4] 蒋道乾,余荣强,李 君.变电站内桥接线方式下备自投动作的可靠性探讨[J].南方电网技术,2014,8(4):77-81.
JIANG Daoqian, YU Rongqiang, LI Jun. Discussion on the reliability of backup power automatic switch in substation of inner-

bridge connection mode[J]. Southern Power System Technology, 2014, 8(4):77-81.

- [5] 宋国堂,于海鹏,赵文静,等.备用电源自动投入装置应用中的误动问题分析及应对措施[J].电力自动化设备,2010,30(7):147-150.
SONG Guotang, YU Haipeng, ZHAO Wenjing, et al. Misoperations of automatic bus changeover equipment and countermeasures[J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(7):147-150.
- [6] 吕 浩,何胜利,龚志辉.备自投组在 110 kV 扩大外桥和 10 kV 单母 IV 分段主接线变电站中的应用[J].电力系统保护与控制,2009,37(5):81-83.
LV Hao, HE Shengli, GONG Zhihui. Application of back-up switching equipments in 110 kV enlarged external bridge and 10 kV single busbar with IV segments connection substation[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(5):81-83.
- [7] 刘东红,郭玉萍.110 kV 内桥接线变电所 110 kV 系统 BZT 运行方式的探讨[J].电力系统保护与控制,2010,38(9):134-135.
LIU Donghong, GUO Yuping. Discussion on the operation mode of the automatic switching-on device of reserve power source in 110 kV inner-bridge-connection substation [J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(9):134-135.
- [8] 阮爱民,李 民,汤大海.保护闭锁备自投的运用[J].江苏电机工程,2003,22(4):41-42.
RUAN Aimin, LI Min, TANG Dahai. Application of automatic crossing with protective blocking[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2003, 22(4):41-42.
- [9] 王德全.110 kV 备自投与保护装置配合问题的分析和探讨[J].江苏电机工程,2010,29(4):41-44.
WANG Dequan. Analysis and discussion of coordination problem of 100 kV auto transfer and protection devices [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2010, 29(4):41-44.
- [10] 王世祥.110 kV 变电站电源备自投装置缺陷分析及对策[J].陕西电力,2012,40(6):56-58.
WANG Shixiang. Defects analysis and counter measures of automatic backup power device in 110 kV substation[J]. Shanxi Electric Power, 2012, 40(6):56-58.
- [11] 刘佐华.110 kV 变电站备自投动作不成功原因分析及补救措施[J].电力系统保护与控制,2009,37(2):91-92.
LIU Zuohua. Analysis and remedial measures of the unsuccessful causes of the automatic backup power in 110 kV transformer substation[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(2):91-92.
- [12] 刘丛州,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 Electrical Engineering, 2013, 32(5):49-51.
- [13] GB/T 14285—2006 继电保护和安全自动装置技术规程

- [S].
GB/T 14285—2006 Technical code for relaying protection and security automatic equipment[S].
- [14] DL/T 584—2007 3~110 kV 电网继电保护运行整定规程[S].
DL/T 584—2007 Operational and setting code for relay protection of 3~110 kV electrical power networks[S].
- [15] 杨启洪,赵伟杰,陈善文,等. 备自投装置动作引起过负荷的解决方案[J]. 电力系统保护与控制,2015,43(12):145-149.
YANG Qihong,ZHAO Weijie,CHEN Shanwen,et al. Solution to overload caused by automatic bus transfer device action[J]. Power System Protection and Control,2015,43(12):145-149.
- [16] 叶 婷. 110 kV 三圈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 Electrical Engineering,2013,32(4):35-37.
- [17] 梅笑华. BP-2B 型母线保护在不同母线接线形式上的应用分析[D]. 北京:华北电力大学,2011.
MEI Xiaohua. Application analysis of BP-2B bus protection in different bus wiring form [D]. Beijing:North China Electric Power University,2011.

作者简介:



陆 琳

陆 琳(1984—),男,硕士,工程师,从事电力生产变电运维及电气设备故障诊断(E-mail:lulinzhenjiang@163.com)。

Analysis and Optimization on Automatic Switchover Action Program of Sectionalized Single-bus Scheme

LU Lin

(State Grid Zhenjiang Power Supply Company, Zhenjiang 212000, China)

Abstract: The operation mode of sectionalized single-bus is similar to that of internal bridge scheme in 110 kV substation. Due to different primary connecting modes, protection configuration and other aspects, there are differences in operation logic of automatic switchover. The problem in automatic switchover of sectionalized single-bus scheme and different blocking and action situations of backup automatic switch with dead-zone fault of section switch are analyzed in this paper. Dead-zone fault judgment logic and action strategy in different operation modes is proposed. On the basis of ensuring safety, the action logic for automatic switchover of sectionalized single-bus scheme is optimized, which makes automatic switchover isolate the fault section reliably and restore power supply quickly when dead-zone fault occurs, and improve the recovery rate of power supply and power supply reliability.

Key words: single-bus section; automatic switchover; blocking; dead-zone fault; optimization; section switch

(编辑 陈 娜)