

考虑山区小水电的智能型备自投装置的研究

陈志峰, 吴勇, 金滇黔

(韶关供电局, 广东 韶关 512026)

摘要: 针对小水电地区传统备自投存在的不足之处: 长时间等待母线失压, 以解列所有小电源为代价, 恢复供电需要很长时间, 在研究自动捕捉准同期、高周切机等原理基础上, 提出了一种适用于小电源地区的智能型备自投方案, 即在枯水期选择快速联切水电的备自投模式; 在丰水期则选择为高频逐轮切机、准同期合闸的备自投模式, 以达到快速恢复地区供电的目的。该方案已在备自投装置中实现, 并利用近几年的故障录波数据以及电网运行参数对装置进行了模拟实验。实验证明, 这种智能型备自投的使用能有效地提高电网安全性和供电可靠性。

关键词: 小水电; 智能; 准同期; 备自投

Research on intelligent automatic bus transfer equipment suitable for the small hydroelectric power system in mountainous area

CHEN Zhi-feng, WU Yong, JIN Dian-qian
(Shaoguan Power Supply Bureau, Shaoguan 512026, China)

Abstract: In small hydroelectric power system, conventional automatic bus transfer equipment has the defects of needing more time to detect bus non-voltage, at the cost of islanding all the small hydroelectric power and taking a long time to restore power supply. Based on the theory of automatic synchronous capture and high-frequency generation shedding, an intelligent automatic switching scheme suitable for tie-line in small power source area is put forward. According to this method, automatic bus transfer mode of islanding the small hydroelectric power quickly is selected in low water period, while automatic bus transfer mode of high frequency generator tripping round by round and automatic synchronous capture reclosure in high flow period, which enables regional power supply to restore quickly. This method has been used in automatic bus transfer equipment. Furthermore, simulated experiment using fault recorded data in recently years and parameters of power system has been made. Experiments proved that the new method can improve the stability of the grid and the reliability of power supply.

Key words: small hydroelectric power system; intelligent; quasi-synchronous; automatic bus transfer equipment

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)08-0120-03

0 引言

韶关电网地处粤北山区, 水电资源丰富, 各县级电网中大部分 110 kV 变电站均有小水电上网。丰水期间, 当主供线路跳闸后, 由于小水电的存在使得变电站孤网运行或缓慢失压, 而目前常规的备自投装置, 动作条件为母线失压, 需要等待该地区所有的小水电解列后才能动作, 等待时间长达数十秒甚至数分钟, 影响了地区供电可靠性。同时, 孤网运行期间电压、频率极不稳定, 导致地区电能质量低下, 甚至损坏用户设备^[1]。因此, 很有必要研究一种智能型线路备自投装置, 当变电站主供电源跳闸后能采用最合理的方式迅速恢复供电, 以增强电

网的安全性以及供电可靠性。

1 智能型备自投的相关原理

1.1 智能型备自投的主要功能及特点

本文研究的智能型备自投不但具备常规备自投的基本功能(如图1), 而且针对常规备自投的不

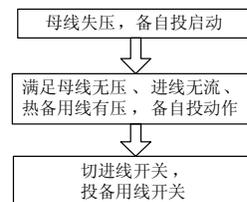


图1 常规备自投逻辑

Fig.1 Logic diagram of conventional automatic bus transfer equipment

基金项目: 广东电网公司 2009 年科技项目

足, 根据小水电网络高频(丰水期)、低频(枯水期)以及正常频率(平水期)的不同特点, 增加了频率波动启动备自投、高频逐轮切机、准同期合闸、快速联切水电等功能(如图 2 所示), 使备自投更能符合电网的实际需求^[2]。

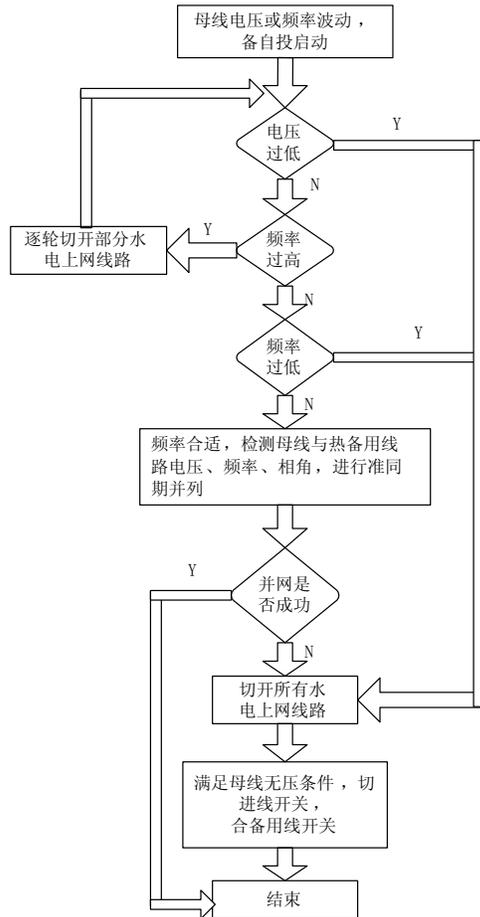


图 2 智能型备自投逻辑

Fig.2 Logic diagram of intelligent automatic bus transfer equipment

1.2 自动准同期并网的原理

捕捉准同期方式的合闸属于差频并网, 有三个条件, 即压差、频差和相角差均需满足要求。压差和频差的存在将导致并网瞬间, 并列点两侧会出现一定的无功功率和有功功率的交换。电网和发电设备, 一般都具有承受一定功率交换的能力。相比而言, 相角差的存在会给断路器两侧带来更多的伤害, 严重时甚至会诱发次同步谐振。同期装置应确保在相角差为零时完成并网。同时, 为加速并网过程, 没有必要对压差和频差的整定限制太严^[3-4]。因此, 同期合闸的条件为:

- 1) 待并侧与参考侧两侧电压均大于定值;
- 2) 两侧的压差和频差均小于定值;
- 3) 滑差小于定值。

在以上条件均满足的情况下, 装置将根据当前的角差、频差、滑差及合闸导前时间来计算该时刻发合闸令后开关合闸时的角差, 其计算公式为:

$$\left| \Delta\delta - (360 \cdot \Delta f \cdot T_{dq} + 180 \cdot \frac{d\Delta f}{dt} \cdot T_{dq}^2) \right| \quad (1)$$

其中: $\Delta\delta$ 为两侧电压角度差; Δf 为两侧电压频率差; $d\Delta f/dt$ 为频差变化率; T_{dq} 为导前时间(装置出口继电器动作到断路器合闸所需的时间)。如果在捕捉同期的时间范围(可通过定值整定)内, 捕捉到预期合闸到 0° 合闸角度的时机, 则执行合闸命令向断路器发合闸脉冲。

1.3 小电网高频控制措施

丰水期间, 主供线路跳闸后, 小水电地区孤网运行, 由于小水电大量上网且频率调节能力很差, 造成地区频率过高, 常规备自投不能满足动作条件。如果采用人工切除小水电的方式来调节频率, 实施难度很大, 控制过程缓慢且效果不理想, 往往错失了同期并网的时机。智能型备自投采用了频率过高判据, 可以根据频率下降程度来逐轮切除小水电, 使地区电网频率迅速达到检同期并网的条件^[5-6]。

1.4 快速联切水电控制措施

传统的备自投装置需在母线失压后才能动作, 而从线路跳闸到母线失压这一过渡过程时间较长。如果采用线路跳闸联切小水电的“一刀切”方式, 可加快备自投动作时间, 但是放弃了丰水期同期并网的机会, 以母线失压为代价, 降低了供电可靠性。智能型备自投由于采用了频率、电压波动为启动条件, 频率过高或合适时优先采取准同期并网的措施; 否则快速联切水电, 使变电站加速失压, 因此能有效地提高供电可靠性^[7-8]。

2 智能型备自投的实现

开发的智能型备自投兼容性很强, 可以在现有的进线备自投硬件装置的基础上, 借用原装置少量的备用开入及开出触点, 进行软件升级即可, 具体如下。

2.1 备自投的软件逻辑

备自投模块的逻辑设计如图 3、4 所示(以 I 备用 II 运行为例), 其中图 3 为备自投的充电逻辑, 跟常规备自投类似; 图 4 为备自投动作逻辑, 增加了检测备用进线电压与母线电压是否满足差频检同期(准同期)的条件, 满足则备自投动作。

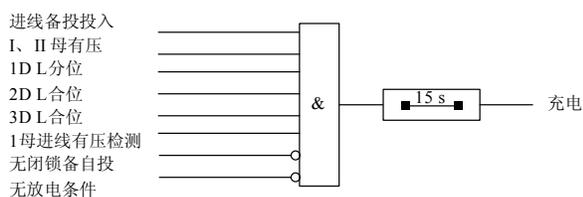


图3 进线备自投充电逻辑

Fig.3 Preparation condition logic diagram of incoming line standby automatic protective system

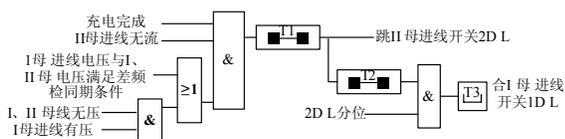


图4 进线备自投动作逻辑

Fig.4 Action logic diagram of incoming line standby automatic protective system

2.2 硬件输入、输出需求

智能型备自投的输入量如表1所示，出口回路包括进线1的跳合闸触点、进线2的跳合闸触点、备自投动作闭锁线路保护重合闸触点以及联切小水电触点。与常规备自投相比，增加了联切小水电触点，亦可借用常规备自投装置的备用跳闸接点实现。

表1 智能型备自投的输入量列表

Tab.1 Input of intelligent automatic bus transfer equipment

输入量		用途
交 流 量	I、II母各三相： U_{a1} 、 U_{b1} 、 U_{c1} 和 U_{a2} 、 U_{b2} 、 U_{c2}	母线有压/无压判断，以及检同期
	两条进线各一相电压： U_{L1} 和 U_{L2}	进线有压判断，以及检同期
	两条进线各一个相电流： I_{a1} 和 I_{a2}	进线无流判断
开 入 量	BZT投退切换把手	BZT就地手动投退控制
	1DL、2DL、3DL的跳位	相应断路器位置判断
	1DL、2DL、3DL的合后	人工跳开工作断路器时闭锁BZT
	加速BZT1和加速BZT2	分别加速进线1和进线2备用BZT动作
	闭锁BZT	强行闭锁BZT

3 智能型备自投的效果

目前，已经开发出智能型备自投，并利用近几

年110 kV官回线和110 kV翁回线（如图5，其中回龙站将需用到智能备自投）的故障录波数据以及电网运行参数对保护装置进行模拟实验，表2是实验对比数据。

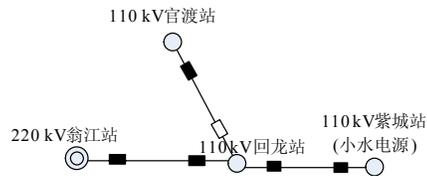


图5 回龙站一次接线图

Fig.5 Primary wiring of Huilong substation

表2 回龙站采用智能型备自投前后效果

Tab.2 Comparative effects of using intelligent automatic bus transfer equipment in Huilong substation

气候	恢复供电时间		母线是否短暂失压	
	常规型	智能型	常规型	智能型
枯水期	快速	快速	是	是
平水期	较慢	快速	是	否
丰水期	慢	快速	是	否

根据表2对比可以发现，在枯水期方式，常规备自投的效果与智能型备自投一致；在平水期，常规备自投因需等待母线失压，恢复供电的时间较慢；在丰水期方式，智能型备自投仍然保持迅速恢复供电，而常规备自投由于有大量小水电上网，母线电压甚至需要数分钟才能满足备自投条件，恢复供电过程缓慢。而且在平水期和丰水期，常规备自投由于从线路跳闸到母线失压的过程较长，电压极不稳定，易对用户的设备造成损坏。韶关电网的运行经验表明，大部分线路故障均发生在丰水期的雷雨天气，更是突出了智能型备自投的优势。

4 结论

结合山区小水电的实际运行情况，针对带小水电地区的常规备自投方式存在的不足之处，提出了开发智能型备自投解决方案，发挥其自动准同期自投、快速联切水电后自投等功能。该方案解决了以往备自投方式下带来的电能质量低下以及电网恢复慢等问题，实现了山区电源联络线故障后的快速恢复，满足了山区电网实际运行的需要，提高了电网的安全稳定性和供电可靠性。

参考文献

[1] 卢颖先, 肖永辉. 带小电源的变电站全站失压解决方案[J]. 广东电力, 2007, 20(9): 20-22.

(下转第127页 continued on page 127)

- WU Tao, LI Hua-wei. Making Analog Test System for Automation Safety Device Using RTDS[J]. North China Electric Power, 2002(8): 4-6.
- [2] 李保福, 李莹. RTDS应用于线路保护装置的动模试验[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(7): 69-70.
LI Bao-fu, LI Ying. Comprehensive Test of Protective Relays on Different Ends of Long Transmission Line by RTDS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(7): 69-70.
- [3] 王学强, 黄立滨, 崔伟. 纵差线路保护装置RTDS实验方案设计[J]. 继电器, 2003, 31(9): 26-30.
WANG Xue-qiang, HUANG Li-bin, CUI Wei. Test Scheme of Line Differential Relay by RTDS[J]. Relay, 2003, 31(9): 26-30.
- [4] 毛鹏, 杨立璠, 杜肖功. 基于RTDS的超高压线路保护装置的试验研究[J]. 继电器, 2004, 32(3): 55-59.
MAO Peng, YANG Li-fan, DU Xiao-gong. Research on Extra-high-voltage Line Protection Based on RTDS[J]. Relay, 2004, 32(3): 55-59.
- [5] 张延鹏, 阎振宏, 宋卓然. 基于RTDS母差保护装置的数字动模试验研究[J]. 东北电力技术, 2007, 28(10): 1-3.
ZHANG Yan-peng, YAN Zhen-hong, SONG Zhuo-ran. Digital Dynamic Simulation Test Research on Based on RTDS Differential Bus Protection Device[J]. Northeast Electric Power Technology, 2007, 28(10): 1-3.
- [6] 古斌, 谭建成. 电力变压器励磁涌流和内部故障识别新方法[J]. 继电器, 2007, 35(2): 6-10.
GU Bin, TAN Jian-cheng. A New Approach to the Discrimination between Inrush-current and Internal Fault Current of Transformers[J]. Relay, 2007, 35(2): 6-10.
- [7] 崔艳, 杜景远. 备自投装置在电网中的应用分析[J]. 继电器, 2005, 33(22): 76-78.
CUI Yan, DU Jing-yuan. Application and Analysis of Reserved Auto-switch-on Device based on Power Network[J]. Relay, 2005, 33(22): 76-78.
- [8] 余国雄, 尹星光. 一起10 kV分段备自投拒动事故的分析[J]. 继电器, 2007, 35(5): 75-77.
YU Guo-xiong, YIN Xing-guang. Analysis of a 10 kV Step-feed Automatic Back-up Power Supply Device Failure to Operate[J]. Relay, 2007, 35(5): 75-77.
- [9] DL/T871-2004, 电力系统继电保护产品动模试验[S].
- [10] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护规定汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
State Electric Power Dispatching Center of China. Compilation of Power System Relay Protection Regulation[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.

收稿日期: 2009-04-22; 修回日期: 2009-08-25

作者简介:

刘涛(1980-), 男, 工程师, 硕士研究生, 主要从事电力系统仿真及继电保护试验工作; E-mail: net_liutao@126.com

杜明(1984-), 男, 助理工程师, 主要从事继电保护试验工作;

时燕新(1972-), 男, 高级工程师, 主要从事继电保护及高压试验工作。

(上接第 122 页 continued from page 122)

- LU Ying-xian, XIAO Yong-hui. Solutions to Loss of Voltage in Entire Substation with Small Power Source[J]. Guangdong Electric Power, 2007, 20(9): 20-22.
- [2] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992.
CHEN De-shu. Principle and Technology of Protection Based on Computer [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1992.
- [3] 李继晟, 郑蔚, 叶艳军. 一种新型的综合测控装置中同期功能的设计实现[J]. 继电器, 2005, 33(5): 56-61.
LI Ji-sheng, ZHENG Wei, YE Yan-jun. Design and Realization of Synchronization Function of Integrated Measuring and Control Device [J]. Relay, 2005, 33(5): 56-61.
- [4] 戴列峰, 俞波, 姚吉文. 基于合闸角选择的智能重合闸在保护装置中的应用[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(4): 15-18.
DAI Lie-feng, YU Bo, YAO Ji-wen. Application of an Intelligent Recloser Based on the Choice of Initial Fault Current Angle in Protection Devices[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(4): 15-18.
- [5] 刘继安, 王书杰, 江舰. 电网备自投稳控装置在电网中的研发应用[J]. 继电器, 2007, 35(19): 21-24.
LIU Ji-an, WANG Shu-jie, JIANG Jian. Research and Application of Stand-by Power Auto-switch-on Control Device[J]. Relay, 2007, 35(19): 21-24.
- [6] 崔艳, 杜景远. 备自投装置在电网中的应用分析[J]. 继电器, 2005, 33(22): 12-16.
CUI Yan, DU Jing-yuan. Application and Analysis of Reserved Auto-switch-on Device Based on Power Network[J]. Relay, 2005, 33(22): 12-16.
- [7] 潘书燕, 吕良君, 周洪涛. 一种适用于安全稳定控制系统的备用电源自投装置[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(2): 25-27.
PAN Shu-yan, Lü Liang-jun, ZHOU Hong-tao. Automatic Bus Transfer Equipment under Safety and Stability Control System[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(2): 25-27.
- [8] 贾向恩. 微机备自投装置应用中相关问题的分析与探讨[J]. 继电器, 2004, 32(14): 22-24.
JIA Xiang-en. Analysis of the Related Problems in the Application of a Microprocessor Based Reserved Auto-switch-on Device[J]. Relay, 2004, 32(14): 22-24.

收稿日期: 2009-05-27; 修回日期: 2009-07-12

作者简介:

陈志峰(1976-), 男, 工程师, 硕士研究生, 从事继电保护运行与整定研究; E-mail: dekywoo@yahoo.com.cn

吴勇(1978-), 男, 工程师, 硕士研究生, 从事继电保护研究;

金滇黔(1974-), 男, 工程师, 硕士研究生, 从事继电保护研究。