基于实时信息的区域备自投控制系统

刘育权[1,2]，刘金生[2]，王 莉[2]，董凯达[3]，陈杰明[2]，王 聪[2]

（1.华南理工大学电力学院，广东 广州 510641；2. 广州供电局有限公司，广东 广州 510620；
3.南瑞继保电气有限公司，江苏 南京 211102）

摘要：针对目前常规备自投获取信息有限无法满足不同运行方式的需求、基于能量管理系统（EMS）的区域备用电源自投系统动作时间长等问题，提出了一种基于电网实时信息的区域备自投控制系统。详细介绍了系统的整体框架、实施方案及区域备自投的适应范围与逻辑；同时根据电网运行需求的变化及站间传输信息的增多，提出了区域备自投逻辑及站间通讯技术的发展研究方向。本方案在广州荔城 110 kV 电网的实际应用提高了荔城区域电网供电可靠性，对以后区域备自投工程化推广具有积极意义。

关键词：实时; 区域备自投；控制系统；可靠性

Area ATS control system based on real-time information

LIU Yu-quan[1,2], LIU Jin-sheng[2], WANG Li[2], DONG Kai-da[3], CHEN Jie-ming[2], WANG Cong[2]

(1. School of Electric Power, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China; 2. Guangzhou Power Supply Bureau Co., Ltd., Guangzhou 510620, China; 3. NARI-Relays Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: This paper aims to solve these difficulties: the conventional ATS abtaining information is limited and can't meet the needs of different operation modes; energy management system (EMS) based regional standby power source system acts for a long time, and so on. This paper presents an area ATS based on real-time information automatic switching control system and details the overall scheme of the system, the embodiments, area ATS adaptation range and logic. According to changes in demand for power grid operation and increase in the transmission of information between substations, it proposes the research of area ATS logic and inter-station communication technology. The application in the Licheng 110 kV power grid of Guangzhou improves the Licheng regional power grid reliability. It has positive significance to area ATS engineering application in the future.

Key words: real-time; area ATS; control system; reliability

中图分类号： TM76 文献标识码：A 文章编号： 1674-3415(2014)17-0131-05

0 引言

随着社会经济发展对电力的需求越来越大，区域电网的互联使电网结构日趋复杂，因此供电可靠性要求也越来越高。备用电源自投装置在提高供电可靠性方面发挥了一定的作用，但现有常规备自投装置只能实现单一变电站的就地备用电源自动投入，当工作电源和备用电源处于不同变电站时，常规备自投无法将备用电源投入恢复电网供电；对于一些串行供电的电网，部分地区建立了基于 EMS 的区域备自投控制系统，该系统可弥补常规备自投装置的不足，也可作为其后备[1-3]。随着调度自动化系统的性能提升及电网光纤通信网络的完善，基于 EMS 的集中式备自投方案的实现条件逐步成熟，但目前还有不少问题需要解决。

1) EMS的遥信、遥测数据及保护动作信号依靠控制中心系统采集，以人工或自动方式定义区域备自投模型，采用状态估计对遥测、遥信数据进行数据预处理，并利用处理后的数据进行充电条件、放电条件判断和生成动作逻辑，再经 EMS 的电网分析模块校正后，由 SCADA 下发操作指令，以遥控操作的方式投切相关设备，实现备用电源的自动投入功能。SCADA系统完成全网数据收集需要的时间至少10 s以上，再经过分析、决策、控制命令下发和执行，所需要的时间更长。这样的备自投响应速度是不能满足实际运行要求的。

2) 保护装置的动作接点接到测控装置再上送主站系统对于复杂故障后的区域备自投，往往需要

获知同一时刻的多个节点的电压、电流信息，若要实现过负荷联切或者负荷均分，还需要获知同一时刻的断面潮流、负荷潮流。而目前的 EMS 系统收集到的 SCADA 数据没有时标，后台软件依据不同时标下的电流、电压信息来实现区域备自投逻辑，可能会造成错误的动作行为。

3) 与 EMS 系统同一平台，对安全校核机制要求高，运行操作时存在较大风险。依赖于调度通信网络，在网络故障时或数据量大时易受影响。

本文提出的基于实时信息的区域备自投控制系统能克服常规备自投和基于 EMS 的区域备自投控制系统的局限性，并在广州荔城 110 kV 电网中成功运用，该系统各站之间通过电力 SDH 通信网络 2 M 通道进行互联，主站与子站之间每两个中断进行一次数据交换，每个中断 0.833 ms，因此确保在 1.667 ms 内全系统交换一次信息和控制命令。

1 系统总体框架

基于实时信息的区域备自投控制系统按照分层分布的原则来配置整个备自投控制系统，一般设置一个区域控制主站，若干个站域控制子站。区域控制主站接收各个子站上送的信息，在区域范围内对电网运行信息进行采集和处理，根据既定的控制策略，对整个区域电网的负荷，潮流进行统一协调控制，通过对子站下发控制命令，完成整个区域电网的控制功能；站域控制子站集成了线路保护、母差保护等继电保护功能，其动作行为可用于区域备自投进行故障判别，具体逻辑功能不在此详细描述。站域控制子站通过就地采集和控制设备进行电流、电压量的采集，完成站域范围内的所有控制功能，其与区域控制主站进行互动，发送主站所需的本站内信息，接收主站的控制命令后对站域范围内的设备实施控制命令。当系统发生故障时，区域备自投根据故障点的定位情况判断是否需要动作，如果需要动作则先下发命令隔离故障，然后判断备用电源是否过载需要采取切负荷控制措施，最后合上解环点断路器恢复供电，并在预设时间内检测各线路的过载情况，保持电网的稳定运行[4-14]。

2 区域备自投控制系统方案

2.1 区域备自投控制系统的构成

整个系统由区域控制主站、多个站域控制子站、就地采集控制设备、通信网关设备等组成，在每个变电站布置站域控制子站,在任意一个变电站布置区域控制主站，主站与子站之间通过区域过程层 2 M 通道相互连通，协调完成某一区域电网内的备自投控制功能[15]。其详配置图如图 1 所示。

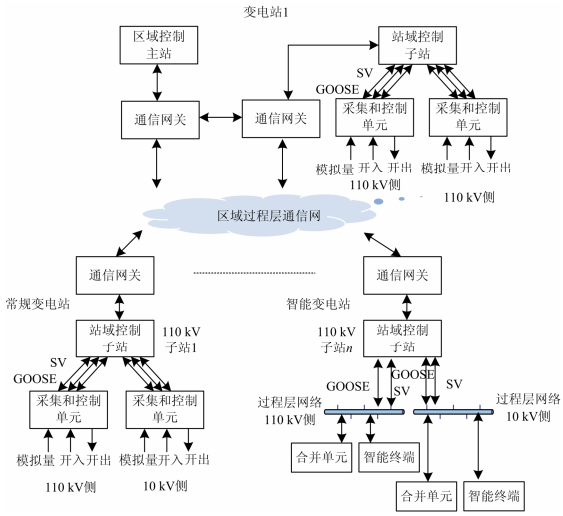

图 1 区域备自投控制系统详细配置图

Fig. 1 Wide-area ATS control system detailed configuration diagram

2.2 区域备自投控制策略

1）区域备自投最大的特点就是在多级串供的链式结构电网中运用，区域控制主站结合站域控制子站上送的电流电压信息，利用断路器位置变化、故障电流流经途径及继电保护的动作行为，进行综合逻辑判断，隔离故障，合开环点断路器，恢复供电[16]。

图 2 为一链式结构串供接线图,开环点在 124 断路器。

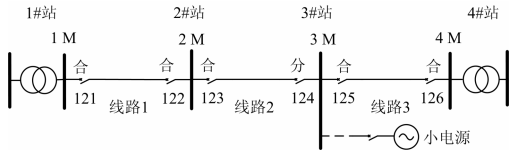

图 2 链式结构串供接线图

Fig. 2 Chain structure collusion wiring diagram

常规备自投只有在线路 3 故障或偷跳时,启动跳开 3#站的 125 断路器,并合上 124 断路器,恢复 3#变电站供电。

而区域备自投不仅能完成线路 3 故障或偷跳后的自投过程。还可以在线路 1 故障或偷跳时,启动跳开 2#站的 122 断路器,并合上 3#站 124 断路器,恢复 2#变电站供电。

2）区域备自投逻辑

以图 2 为例，介绍一下区域备自投的充放电及动作逻辑。

充电条件：

① 1#站、2#站、3#站、4#站母线三相电压均

有压；

② 该串供电线路上有且只有一个断路器处于分位，其他串供断路器均在合位，所有断路器位置没有位置异常报警；

③ 区域备自投功能控制字和压板均投入。

同时满足以上条件，经延时后充电成功。

放电条件：

① 开环点断路器合位或区域备自投发出合闸命令后经短延时放电；

② 遥跳、手跳该串上任一串供断路器；

③ #1 站或#4 站母线无压，延时 15 s 放电；

④ 区域备自投发出跳闸、合闸命令后相应的串供断路器拒动；

⑤ 区域备自投发出跳闸命令后，开环点两侧变电站都不满足母线无压条件，延时 50 s 放电；

⑥ 当某个串供回路的断路器检修时就地投入对应的检修硬压板，则该串自动放电。

满足以上任一条件，装置经各自不同延时放电[17]。

动作逻辑：

① 当线路 1 故障时，区域备自投识别出来后，区域备自投主站发令跳#2 站断路器 122，确认断路器 122 跳开后检测到#2 站母线无压，合开环点断路器 124；

② 当#1 站上级电源失电或母差保护动作，导致线路 1 失电，区域备自投应当动作，此时应跳开#1 站线路 1 的 121 断路器，此举可以挽救线路 1 上 T 接站的负荷，其他与线路 1 发生故障时的动作逻辑相同；

③ 当在#2 站、#3 站母线或线路 2 发生故障时，根据各站域控制子站的继电保护动作情况直接闭锁区域备自投。

线路 3 及#4 站发生故障类似①、②，在此不再阐述。

2.3 区域备自投主供电源的故障定位

区域备自投中最关键的是主供电源的故障点如何定位，从常规备自投的经验简单总结我们可知如果串供线路非解环点断路器分位，线路无流，则判定为该线路发生故障或断路器偷跳；实际情况并非如此简单,当链式结构的串供线路发生故障，如果线路主保护由于某种原因没有动作，线路后备保护可能越级跳闸。此时，区域备自投的故障点定位会发生误判，无法隔离故障。如图 3 所示：125 断路器为解环点，K1 点故障，121 断路器越级跳闸。原有判据会将故障定位于 121 断路器与 122 断路器之间，备自投装置将跳开 122 断路器，合 125 断路器，由于 K1 点故障没能隔离，备用电源合于故障跳闸，备自投动作失败。

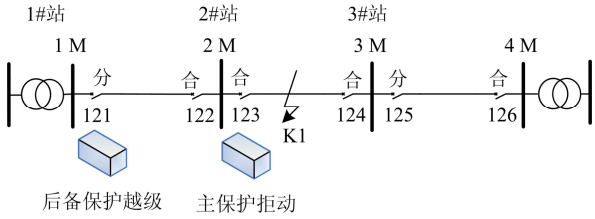

图 3　故障点定位示意图

Fig. 3 Schematic fault location

因此我们对常规的故障点定位判据进行了完善，并提出了一些新的判据，主要有以下几点。

1）根据站域控制子站线路保护或母差保护的动作情况并结合故障电流的流经途径，判定故障点位置。

2）没有线路保护或母差保护动作，但串供线路非解环点断路器分位，线路无流。如果该断路器分位无流前没有故障电流，则为断路器偷跳；如果该断路器分位无流前有故障电流，则根据流过断路器的故障电流及方向确定故障点；如果该断路器对侧断路器相继跳开，则故障在这两个断路器之间[17]。

3）上述两个判据都不满足时，#1 站或#4 站母线失压 、出线无流，则判定#1 站或#4 站母线或主变及上级电源发生故障。

以上判据如果有多个同时满足时，则选离开环点近的为故障点。

2.4 区域备自投系统的特点

基于实时信息区域备自投控制系统具有以下特点：

1）系统结构清晰，分层控制，主站、子站功能明确。

2）整个系统信息传输快、实时性高，符合系统实际运行的需要。

3）串供链路上开环点自动识别，满足运行方式的灵活变化。

4）系统采用了原理先进、可靠的故障点定位判据，并对传统判据进行了优化完善。

3　总结

本文从区域备自投的研究现状和实际应用等方面做了全面的综述。区域备自投控制系统通过实时获取整个电网的信息，能有效地防止备自投误动和拒动，解决单电源串行供电故障时的恢复供电问题[7]，加强对故障后系统不稳定状态的控制。同时它也存在一定的局限性，其逻辑是基于预设的串行

供电链路，不能通过获取电网信息自动灵活判别电网的运行方式；还有我们所采用的通讯模式能够满足一定的实时性和可靠性的要求，但数据传输带宽仅为 2 Mbps，难于满足保护与控制一体化系统的广域数据通信要求，同时点对点的传输关系拓扑复杂、不便维护，一旦厂站增加或策略改变需要与之前不通信的厂站进行数据交互时，必须增加该站点对其他厂站的点对点通信，工作量大，不利于系统升级。因此快速跟踪并识别变化的局部网络拓扑及广域通讯技术将是我们以后的研究方向[18]。

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 Jun-wen, WU Wen-chuan, SUN Hong-bin, et al. A wide area automatic switchover system based on EMS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(11): 61-66.

[2] 黄芸生. 基于能量管理系统的广域备用电源自动投入装置控制策略研究[J]. 广东电力, 2011, 24(10): 25-28.
HUANG Yun-sheng. Research on control strategy of wide-area automatic stand-by power switching device based on energy management system[J]. Guangdong Electric Power, 2011, 24(10): 25-28.

[3] 胡立锦, 张新燕, 刘东强, 等. 备自投含风电时和常规能源不同备自投的考虑[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(14): 120-124.
HU Li-jin, ZHANG Xin-yan, LIU Dong-qiang, et al. Consideration of power supply automatic switching device with wind power or different types with conventional energy[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(14): 120-124.

[4] BERTIL I, PER-OLOF L, DANIEL K, et al. Wide-area protection against voltage collapse[J]. IEEE Computer Application in Power, 1997, 10(4): 30-35.

[5] 易俊, 周孝信. 电力系统广域保护与控制综述[J]. 电网技术, 2006, 30(8): 7-12.
YI Jun, ZHOU Xiao-xin. A survey on power sytem wide-area protection and control[J]. Power System Technology, 2006, 30(8): 7-12.

[6] 蔡运清, 汪磊, MORISON K, 等. 广域保护（稳控）技术的现状及展望[J]. 电网技术, 2004, 28(8): 21-25.
CAI Yun-qing, WANG Lei, MORISON K, et al. Current status and prospect of wide-area protection (dynamic stability control) technologies[J]. Power System Technology, 2004, 28(8): 21-25.

[7] 李振兴, 尹项根, 张哲, 等. 基于多 Agent 的广域保护系统体系研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(4): 71-75.
LI Zhen-xing, YIN Xiang-gen, ZHANG Zhe, et al. Hierarchy of wide area protection system based on multi-Agent[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(4): 71-75.

[8] CIGRE TF38.02.19. System protection schemes in power networks[Z]. Technical Brochure No.187, 2001.

[9] North American Electric Reliability Council. NERC planning standards[S]. 1997.

[10] NAMDARI F, JAMALI S, CROSSLEY P A. Differential protection of busbars and transmission lines based on the energy conservation law for wide area protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(3): 35-40.

[11] 赵曼勇, 周红阳, 陈朝晖, 等. 广域一体化继电保护系统方案[J]. 南方电网技术, 2009, 3(6): 9-12.
ZHAO Man-yong, ZHOU Hong-yang, CHEN Zhao-hui, et al. An integrated protection system based on wide area information[J]. Southern Power System Technology, 2009, 3(6): 9-12.

[12] 陈朝晖, 赵曼勇, 周红阳, 等. 基于广域一体化理念的网络保护系统研究与实施[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(24): 106-108.
CHEN Zhao-hui, ZHAO Man-yong, ZHOU Hong-yang, et al. Research and implementation of network protection system based on integrated and wide area information[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(24): 106-108.

[13] 徐丙垠, 薛永端, 李天友, 等. 智能配电网广域测控系统及其保护控制应用技术[J]. 电力系统自动化, 2012,

36(18): 2-9.

XU Bing-yin, XUE Yong-duan, LI Tian-you, et al. A wide area measurement and control system for smart distribution grids and its protection and control applications[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(18): 2-9.

[14] 童晓阳, 王睿, 黄飞, 等. 变电站级广域保护系统建模方法及其原型设计[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(20): 84-88.

TONG Xiao-yang, WANG Rui, HUANG Fei, et al. Modeling method and prototype design for wide-area protection system for substation level[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(20): 84-88.

[15] 南京南瑞继保电气有限公司. 荔城 110 kV 电网广域保护控制系统技术方案[Z].

Nari-relays Electric Co., LTD. Licheng 110 kV power system wide area protection and control systems technology program[Z].

[16] 余涛, 胡细兵, 黄炜, 等. 地区电网广域备自投控制系统研制[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(3): 94-98.

YU Tao, HU Xi-bing, HUANG Wei, et al. Wide-area automatic bus transfer control system of regional power grid[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(3): 94-98.

[17] 南京南瑞继保电气有限公司. PCS-998M 区域保护控制主站说明书, 版本 R1.00[Z].

Nari-relays Electric Co., LTD. PCS-998M regional protection control station, version R1.00[Z].

[18] 杨春生, 周步祥, 林楠, 等. 广域保护研究现状及展望[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(9): 146-149.

YANG Chun-sheng, ZHOU Bu-xiang, LIN Nan, et al. Research current status and prospect of wide-area protection[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(9): 146-149.

收稿日期：2013-11-23；　修回日期：2014-04-21

作者简介：

刘育权（1971-），男，博士研究生，高级工程师，主要研究方向为电力系统运行管理；

刘金生（1981-），男，通信作者，工程师，主要研究方向为继电保护与电网安全稳定控制；E-mail：goodljs580@163.com

王　莉（1969-），女，高级工程师，主要研究方向为电力系统继电保护。