

# 分布式变电站程序化操作系统的实现

王永明, 郭碧媛, 张丰

(福州电业局, 福建 福州 350009)

**摘要:** 提出分布式方案, 在间隔层装置中实现程序化操作, 建立以 IEC61850 标准为基础的远动通信体系, 应用 GOOSE 实现间隔层装置间闭锁信息的传输。同时, 采取在线微机防误、“二元法”验证等措施保证程序化操作的可靠性和正确性。系统提供图形化的管理功能和友好的人机界面, 并具备图形化的操作票仿真预演和验证功能。

**关键词:** 程序化操作; IEC61850; GOOSE; 在线微机防误系统; 二元法

## Implementation of distributed programmed operation system in substation

WANG Yong-ming, GUO Bi-yuan, ZHANG Feng

(Fuzhou Electric Power Industry Bureau, Fuzhou 350009, China)

**Abstract:** The paper proposes the distributed scheme. The scheme implements programmed operation in cell devices, establishes the communication system with the standard of IEC61850, achieves the locking information transmission between the cell devices by the application of GOOSE. It also takes the measures, such as on-line system that keeps people from misoperating, duality criterion to ensure the final state of primary equipment after operated, to assure the reliability and correctness of programmed operation. The system provides a graphical management functionality and friendly human-machine interface, and possesses the features of a graphical simulation of the operation of ticket preview and validation.

**Key words:** programmed operation; IEC61850; GOOSE; on-line system that keeps people from misoperating; duality criterion

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)04-0091-04

## 0 引言

变电站程序化操作是指依托变电站综合自动化系统, 结合完善的防误闭锁逻辑, 通过计算机控制程序自动执行变电一次、二次设备的倒闸操作, 实现“一键操作”。实现变电设备程序化操作能大大提高倒闸操作的执行效率<sup>[1]</sup>, 进一步提高变电站自动化水平, 发挥“减员增效”的优势, 真正杜绝人为原因导致的误操作, 节约运行成本, 提高变电站的安全稳定运行<sup>[2-3]</sup>, 同时也是数字化变电站的标志之一。特别是变电站采取集控模式管理之后, 集控所下辖几个不同电压等级的无人值守变电站, 操作任务多, 操作量大, 存在人为误操作的可能<sup>[4]</sup>, 而变电站程序化操作是一项切实有效的技术措施, 保证倒闸操作准确、高效地执行。

目前, 国内已有部分地区已经开始了 110 kV 电压等级变电站程序化操作的试点工作。文献[5]和文献[6]提到的集中方案配置灵活, 较易实现。但由于程序化操作服务器责任重大, 一旦出现问题, 整个系统将处于瘫痪状态。文献[5-7]在集中方案的基础

上进行了改进, 采取集中与分布式相结合的方案, 使得单间隔装置内的操作简单, 可靠性和成功率较高, 对通信的依赖较小, 提高了执行效率, 但跨装置的操作复杂, 执行效率低。在远动通信协议方面, 文献[5,7]对远动 101、104 协议进行扩展以满足传递程序化操作命令和各种相关信息需要, 但这种方式无法实现间隔层间的横向通讯, 互操作性差。

本文提出分布式方案, 建立以 IEC61850 标准为基础的远动通信体系, 研究利用 (Generic Object Oriented Substation Event, GOOSE)实现间隔层装置间的横向信息传输, 并研究利用在线微机防误、二元法等措施保证程序化操作的正确性和可靠性。

## 1 程序化操作系统方案

分布式方案尽可能把程序化操作功能在间隔层装置中实现。程序化操作分成三类: 单间隔装置内操作、单间隔跨装置操作、跨间隔操作。单间隔装置内操作是指所有的操作都在本间隔测控装置内完成, 如 10 kV 线路由运行态转为冷备用态。单间隔跨装置操作是指所有的操作只涉及本间隔, 但需在

不同的装置上完成,如用母联开关对母线充电,操作过程中不仅涉及到本间隔的测控装置,还涉及到母线充电保护装置。跨间隔操作是指多个间隔参与的操作,如主变由运行态转为检修态。

分布式方案将所有程序化操作票,包括本间隔内的操作票以及和本间隔相关的其他间隔的控制操作,都存储在相应的间隔层装置中,间隔层装置是操作票唯一的存储源。装置内的程序化控制操作由装置负责实现;跨间隔或跨装置的控制操作通过向站控层设备发送请求命令来间接实现;装置之间的闭锁信息的传输直接通过间隔层装置间的信息交换实现。如单个间隔的倒排操作,需要闭锁母联间隔的操作,该闭锁信息的传输直接在间隔层装置间实现,无需通过站控层,而母线互联压板的投退需要向站控层设备发送请求命令,然后由站控层设备向母联间隔发送操作命令,操作完毕后站控层再向间隔层装置发送继续操作的信息,间隔层装置收到信息后继续往下操作。

可以看出,本文提出的分布式方案具备以下优点:

(1) 在间隔层装置内实现程序化操作,单间隔装置程序化操作出现异常或者软硬件出现问题不会影响到其他间隔的程序化操作,故障影响范围小,能极大提高程序化操作的可靠性和成功率。

(2) 间隔层设备实时采集设备的状态信息并对设备进行相应的控制。在间隔层中实现程序化操作,其所需的主要信息来自间隔本身,对通信的依赖较小,可以提高程序化操作的执行效率。

(3) 间隔层中实现不同装置间闭锁信息的横向传输,减少了间隔层与站控层之间的通讯频度,既能提高执行效率,又能提高系统的稳定性和可靠性。

(4) 新间隔扩建方便。新间隔扩建时,只需在新间隔的装置中注入新的操作票并在系统中增加新的间隔程序化操作内容,无需重新修改旧间隔的内容。

(5) 成本投资小。本文的方案不需要增加其他的硬件投资,无需增加程序化操作服务器,所需的成本较低。

## 2 IEC61850 通信规约的应用

程序化操作需要在间隔层和站控层实现纵向通信和横向通信,通信内容包括四遥信息、操作命令和操作信息等。目前,变电站主要采用的 IEC60870-101、104 远动通信协议主要传送变电站的四遥信息,对操作命令、操作信息等内容一般没有定义,不同厂家、不同装置间也无法实现互操作。

如果进行程序化操作,不对 101、104 协议进行扩展是无法满足信息传输要求的。如果每个厂家都对自己装置的 101、104 协议进行扩展,必定会有多种版本的 101、104 扩展协议,造成资源重复浪费。

IEC61850 标准是针对变电站站内网络通信协议的新一代变电站自动化系统的国际标准,是数字化变电站的核心技术之一<sup>[6,8-9]</sup>。它为不同厂家不同设备提供统一的通信规约,为实现设备间的互操作提供了有效支撑。面向通用对象的变电站事件 GOOSE 可以很好地解决间隔间连锁、横向命令传输以及操作信息的承载问题,同时还能有效减少设备间的硬接线,大大简化二次系统的设计与试验,为程序化操作变电站的实施提供坚实的基础。

本文变电站间隔层测控设备和站控层设备均支持 IEC61850 通信协议,大部分的保护设备也支持 IEC61850 通信协议(部分保护设备由于厂家原因目前还需通过 103 规约转换)。基于 IEC61850 的各项优势和良好的应用前景,本文建立了以 IEC61850 标准为基础的运动通信体系,实现了站控层与间隔层之间的纵向高速通信。而间隔层各装置间信息的横向传输则采用 GOOSE 来实现。

## 3 保证程序化操作正确、可靠执行的措施

程序化操作首先要考虑的是正确性和可靠性,本文采取嵌入在线微机防误、“二元法”验证、暂停和急停等措施保证程序化操作的正确性和可靠性。

### 3.1 在线微机防误系统的嵌入

微机防误是防止电气误操作的重要措施。在线微机防误系统实时获取系统的最新状态,并根据系统状态判断防误逻辑条件是否满足,只有系统状态满足防误逻辑条件后才能进行操作。本文在程序化操作系统中嵌入在线微机防误,每项操作步骤只有经过在线微机防误的逻辑判断条件满足后才能操作,从而有效防止了误操作的发生。同时,在监控后台机上也嵌入防误逻辑,用于模拟预演时判断操作票的正确性。

### 3.2 “二元法”校验设备状态

每项步骤操作完成后,必须验证设备的状态,确保设备操作到位后才能开始下一步的操作,特别是开关、母线、线路的运行态和热备用态,其结果逻辑的正确与否是防止误操作发生的关键之一。为此,本文引入了“二元法”对设备的状态进行验证。所谓的“二元法”就是通过两种不同原理的判据来判断设备的状态。本文采用遥信量和遥测量来判断设备的状态,遥信量采用双位置与的关系来判断。如判断开关的运行态,一种判据是开关的双位置量是

否满足, 另一种判据是电流量, 只有两个判据都满足条件了, 才能确定开关的运行态。

### 3.3 提供了程序化操作急停、暂停以及异常终止的功能

为了防止误发操作命令或者在执行过程中出现意外情况, 运行人员可以紧急叫停或者暂停程序化操作。暂停之后仍然可以从中断的步骤继续进行下去。如果在执行过程中发现用来判断开关量的辅助触点发生抖动现象, 系统立刻终止操作, 并发出错误信息告知运行人员。

## 4 程序化操作的实现

### 4.1 系统配置

图 1 为变电站自动化系统配置图。

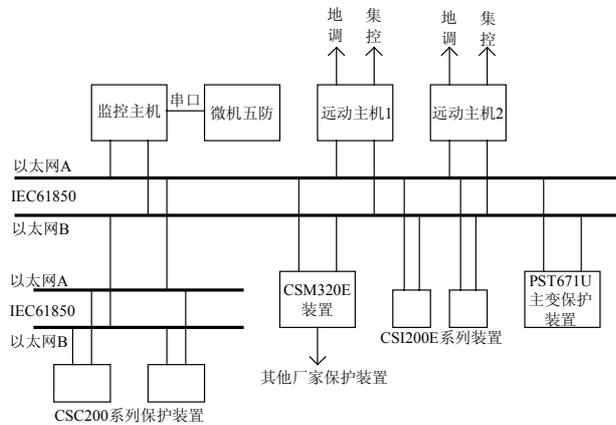


图 1 变电站自动化系统配置图

Fig.1 Scheme of substation automation system

从系统配置图上来看, 间隔层 CSI200E 系统测控装置实现对 110 kV 电压等级的间隔设备的监控; 主变保护配置 PST671U 系列装置; 10 kV 电压等级间隔配置 CSC200 系列低压四合一保护测控装置; 所有电量保护设备可以通过投退保护软压板实现保护功能的远方投退; 站控层配置监控主机、远动主机。监控主机同时兼做程序化操作系统的前置机, 为运行人员提供用户界面、系统管理和维护等功能。运行人员通过监控主机上的用户界面下发程序化操作命令。

### 4.2 系统功能

#### 4.2.1 图形化的管理功能

图形化的管理功能包括操作票的编辑、态的定义、图形化的操作界面等。在程序化操作系统界面上定义新的态时, 直接在一次主接线图上点击相关的一次设备并选择设备的状态就可以完成态的逻辑规则的定义。系统提供图形化的操作界面, 运行人员只需根据操作界面上显示的初始态选择相应的目

标态, 系统就会自动调出相应的操作票。运行人员可以在操作票界面上编辑操作票。在执行操作票的过程中, 系统会自动显示当前执行的步骤, 执行完毕, 该项操作步骤会自动打上已完成的记号。每项步骤执行完毕开始新的一项操作步骤之前, 系统提供 1 min 的等待时间, 在这期间, 运行人员可以选择暂停操作, 暂停之后可以选择继续操作, 也可以选择退出。同时, 系统还提供图形化的继电保护软压板的操作界面, 可以通过远方投退软压板进行继电保护的投退。

#### 4.2.2 图形化的操作票仿真预演和验证功能

操作票在执行之前可以在监控后台机上进行操作仿真预演, 并利用嵌入式防误逻辑进行验证, 一旦存在违反防误闭锁逻辑的操作, 系统会向运行人员发告警信息并终止操作。

### 4.3 程序化操作的执行过程

程序化操作的执行过程见图 2。

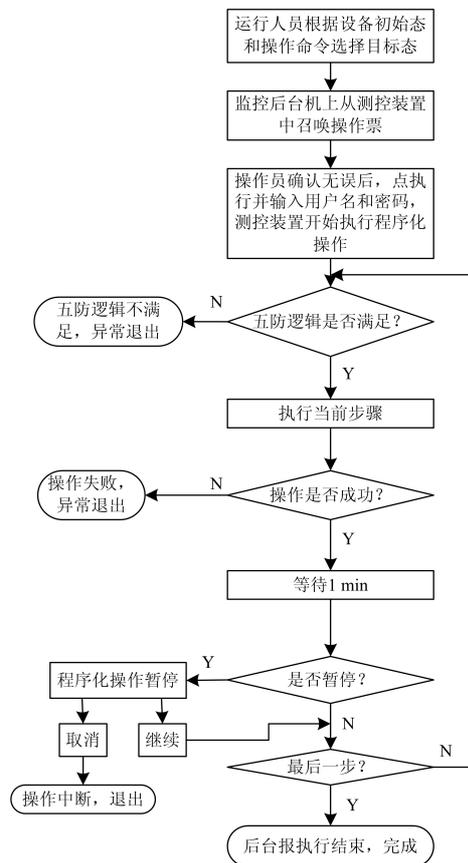


图 2 程序化操作流程图

Fig.2 Flow chart of programmed operation

运行人员在后台机上根据间隔设备的初始态和操作命令选择目标态, 系统自动从测控装置中召唤相应的操作票, 运行人员审核后下发程序化操作命令, 程序化操作开始。系统首先判断五防逻辑条件

是否满足,若不满足直接退出操作;若满足,开始执行。若当前操作为间隔内测控装置操作,则装置开始操作,若当前操作为跨装置操作(包括跨间隔内装置操作和跨间隔操作),则测控装置向后台机发送请求命令,后台机接收到请求命令后向相应的装置发送操作命令,装置接收命令执行完毕后向后台机上报操作完毕信息,后台机再向测控装置发送继续操作的命令,直至结束。在操作过程中,若测控装置需要发送闭锁信息(包括跨装置和跨间隔的闭锁信息),无需向后台机发送请求命令,直接向对应的装置发送闭锁信息,实现间隔层横向通信。

## 5 结语

本文提出分布式程序化操作方案,建立以 IEC61850 标准为基础的运动通信体系,利用 GOOSE 实现间隔层装置间的横向闭锁信息的传输,与集中方案或者集中与分布式相结合的方案相比,本文的方案减少了站控层与间隔层之间的通信频度,可靠性和执行效率较高。本文研究利用嵌入微机在线防误系统、“二元法”校验设备状态、提供急停、暂停功能等措施保证程序化操作系统的可靠性和正确性,同时考虑了开关量辅助触点发生抖动时的防范措施。系统提供图形化的管理功能和友好的人机界面,并具备图形化的操作票仿真预演和验证功能。从现场的调试情况和投运后的运行情况可见,本文的程序化操作方案施工简单、维护方便、可靠性高,能极大地提高日常操作的工作效率,尤其是在操作任务较多时。

## 参考文献

- [1] 郑博明, 吴奕, 杨洪, 等. 变电程序化操作的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(9): 105-107.  
ZHENG Bo-ming, WU Yi, YANG Hong, et al. Design and Implementation of Sequence Control in Substation System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(9): 105-107.
- [2] 肖永立, 张瑜, 刘音, 等. 集控站遥控操作时防误闭锁措施的实现[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(22): 97-99.  
XIAO Yong-li, ZHANG Yu, LIU Yin, et al. Implementation of Anti-misoperation Defense Measures in the Remote Control of Substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(22): 97-99.
- [3] 顾拥军, 皮卫华, 杨乘胜, 等. 变电站防误闭锁应用分析[J]. 电力系统保护与控制, 2005, 33(2): 66-70.  
GU Yong-jun, PI Wei-hua, YANG Cheng-sheng, et al. Application Analysis of Anti-mistake Defense System in Substation[J]. Power System Protection and Control, 2005, 33(2): 66-70.
- [4] 马银山. 电气倒闸操作及误操作分析[J]. 中国电力, 2003, 36(5): 43-46.  
MA Yin-shan. Analysis of Electric Operation and Operational Errors[J]. Electric Power, 2003, 36(5): 43-46.
- [5] 叶锋, 沈峻, 杨世骅, 等. 程序化操作在变电站自动化系统中的实现[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(21): 90-94.  
YE Feng, SHEN Jun, YANG Shi-hua, et al. Implementation of Sequence Control in Substation Automation System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(21): 90-94.
- [6] 王文龙, 胡绍谦, 汤震宇. 程序化操作在变电站中实现的几个关键问题[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(22): 66-68.  
WANG Wen-long, HU Shao-qian, TANG Zhen-yu. Some Key Issues in Implementing Sequence Control in Substation System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(22): 66-68.
- [7] 丁泉, 朱来强, 胡道徐, 等. 变电站程序化操作及远动装置执行[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(8): 119-121.  
DING Quan, ZHU Lai-qiang, HU Dao-xu, et al. Programmed Operations of Substation and Execution by Telecontrol Device[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(8): 119-121.
- [8] 谭文恕. 变电站通信网络和系统协议 IEC61850 介绍[J]. 电网技术, 2001, 25(9): 8-11.  
TANG Wen-shu. An Introduction to Substation Communication Network and System-IEC61850[J]. Power System Technology, 2001, 25(9): 8-11.
- [9] 高翔. 数字化变电站应用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

收稿日期: 2009-03-16

作者简介:

王永明(1966-), 男, 双学士, 高级工程师, 研究方向为电力系统运行与控制、电力系统自动化等; E-mail: fzep\_wym@163.com

郭碧媛(1979-), 女, 硕士, 工程师, 研究方向为电力系统运行与控制、电力系统自动化、电力系统继电保护等;

张丰(1971-), 男, 高级技师, 研究方向为电力系统运行与控制、电力系统自动化、电力系统继电保护等。