

DOI: 10.7667/PSPC161406

基于电力系统通用服务协议远方程序化 操作功能实现方法研究

章立宗¹, 肖艳炜², 吕宏昌³, 刘永新¹, 张超⁴, 王少春¹

(1. 国网绍兴供电公司, 浙江 绍兴 312000; 2. 国网浙江省电力公司, 浙江 杭州 310027;
3. 北京四方继保自动化有限公司, 北京 100085; 4. 国网杭州供电公司, 浙江 杭州 310027)

摘要: 电网调度控制系统实现安全可靠的一次设备远方程序化操作是目前国家电网公司智能电网发展的技术研究课题之一。对通用服务协议在远方程序化操作中的应用进行深入研究, 从电力系统通用服务协议规范和主-子站程序化操作流程方面入手, 研究了通用服务协议在远方程序化操作中的交互服务过程、服务接口与应用实现方法。该实现方法已经在实际工程应用中取得了良好的效果。

关键词: 通用服务协议; 远方程序化操作; 服务接口; 远动系统

Research method for implementation of remote sequence control based on general service protocol for electric power system

ZHANG Lizong¹, XIAO Yanwei², LÜ Hongchang³, LIU Yongxin¹, ZHANG Chao⁴, WANG Shaochun¹

(1. State Grid Shaoxing Electric Power Supply Company, Shaoxing 312000, China; 2. State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou 310027, China; 3. Beijing Sifang Automation Co., Ltd., Beijing 100085, China;
4. State Grid Hangzhou Electric Power Supply Company, Hangzhou 310027, China)

Abstract: At present, the dispatching control system of power grid achieving safe and reliable remote sequence control to primary equipment, is one of the research topics of the development of smart grid in State Grid Corp of China. In this paper, the application of general service protocol in remote sequence operation is studied. From general service protocol for electric power system and master-slave station sequence control process, interactive service process, service interface and application implementation method of general service protocol in remote sequence control are researched. This method has been applied in practical engineering and has achieved good results.

Key words: general service protocol; remote sequence control; service interface; telecontrol system

0 引言

随着调控远方操作全面开展, 原来由变电站监控系统就地完成的控制操作逐步改为由调控中心调控技术支持系统实现。但现有的调控技术支持系统仅具备单设备遥控操作功能。而变电站监控系统也是考虑变电站内现场操作设计, 没有与远方操作的服务接口, 致使在变电站监控系统中更高级、更自动化的控制功能没有办法提供给调控技术支持系统使用^[1]。

目前开关远方操作逐步常态化, 随着大运行体制建设的推进, 迫切需要进一步扩大远方操作范围。强化“大运行”体系下调控倒闸操作职能,

进一步打造更加集约、更加扁平的电网管理模式, 对闸刀远方操作技术和管理提出了更高的要求。在进行闸刀操作过程中, 包含多个操作前逻辑及操作顺序正确性的保证^[2], 操作过程复杂, 安全问题尤为重要。在变电站监控系统中就常用程序化操作的方法实现闸刀的操作, 保证操作的正确性和安全性。

虽然已经投运的智能变电站普遍具备了程序化操作功能, 智能电网调度技术支持系统的相关技术规范也已经对程序化操作提出了明确和具体的要求, 但是主子站之间的通信协议还不能完全满足远方程序化操作的需求。为支撑调度端的程序化操作, 需要对主子站通信协议中传输程序化

操作的相关服务作定义。

由于传统的远动通信协议, 例如: DL/T 634.5101^[3]以及 DL/T 634.5104^[4], 都是基于数据 ID 进行传输的, 需要对其进行负责的协议扩展才能支持程序化操作, 例如在遥控检验方面的应用^[5]或者在传输自描述方面的应用^[6], 需要调控中心相应地进行配合, 完成新增功能。本文采用接口丰富、面向服务的电力系统通用服务协议实现调控远程序化操作, 使得变电站监控系统的高级功能共享给调控技术支持系统使用, 使远方倒闸操作安全可靠。

1 技术背景

程序化操作(也称为顺序化操作)就是通过程序来自动执行预先定义的操作序列, 以期达到“一键式”操作的目的^[7]。在这个过程中操作序列存储在操作票中, 各种状态量的组合定义成态, 如: 运行态、检修态等。操作票中包括多步有先后顺序的操作步骤, 每一步包括操作前逻辑(防误逻辑)、操作内容、操作后逻辑(操作的确认)等。

程序化操作可分为集中式和分布式两种: 集中式方案就是在变电站自动化系统的站控层来完成全站的程序化操作, 统一存放全站操作票, 采集站内所有间隔测控和保护装置的相关信息, 对程序化操作进行防误闭锁条件的判别, 按操作票的内容依次执行程序化操作; 分布式方案就是把程序化操作功能分布到各个间隔的间隔层装置中, 根据顺控命令按照顺控票的内容实现顺序化操作, 对于跨间隔的顺控操作功能则提交到站控层装置中完成。

由于集中式程序化操作具备全站的防误闭锁条件判断、操作票统一管理、跨间隔的程序化操作等特点, 便于远程序化操作, 因此使用变电站自动化系统的集中式程序化操作方式作为远程序化操作的本地程序化控制服务执行者。操作票存放在变电站监控系统的站控层, 调控系统通过操作票名称对变电站自动化系统执行远程序化操作^[8]。

2 实现方法

随着电网的快速发展和电网规模的不断扩大, 变电站监控系统的高级应用不断增加, 也使得电力系统实时通信交互的数据种类增多、形式变得多样。因此, 迫切需要制定灵活、高效、通用的通信服务协议。电力系统通用服务协议通过建立统一的通用服务机制, 并兼容已有的常用通

信协议, 可有效支撑电网调度控制中心、发电厂、变电站内部及相互间的预定义和自定义的服务数据交互。

本实现方案通过电力系统通用服务协议, 将集中式程序化操作开放给调控技术支持系统使用, 最终实现倒闸操作。集中式程序化操作由变电站站控层的监控后台或顺控服务器实现, 统一管理站端程序化操作的所有操作票, 并负责顺控票的预演以及顺控票的执行过程。在电力系统通用服务协议架构下, 负责本地的程序化操作的功能模块是通用服务协议构架中的服务提供者, 并提供顺控的远方操作服务接口, 使调控主站通过该服务的远方操作服务接口实现调控中心的远程序化操作。

由于程序化操作服务需要执行遥控操作以及进行五防的校验, 该服务又作为服务的消费者, 使用五防服务以及测控装置的服务, 并且服务的消费者和提供者都在一个变电站内, 不需要跨服务代理进行服务请求。程序化操作服务作为服务消费者的数据流图, 如图 1。

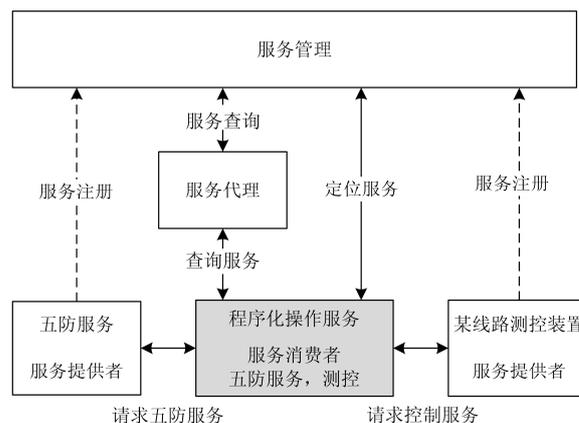


图 1 程序化操作服务作为服务消费者的数据流图

Fig. 1 Data flow diagram of the program operation service as the service consumer

程序化操作服务需要使用五防服务以及测控装置的控制服务, 五防服务以及测控装置首先会在服务管理上进行服务注册; 程序化操作服务向服务代理发起查询全域服务, 服务代理会对全域内的服务管理进行查询, 服务管理将查询结果返回服务代理, 服务代理汇总全域服务后, 将结果返回给程序化操作服务; 程序化操作服务根据查询到的结果得知, 所需的五防服务和测控装置服务就在本服务代理内, 并向本站的服务管理发起服务定位请求, 寻找本站内的五防服务以及所需测控; 程序化操作服务根据服务管理的定位服务

请求返回，建立与五防服务和测控装置的连接，随时都可以进行所需要的服务请求，例如，向五防服务请求当前遥控是否允许操作，向测控装置请求遥控股点的位置变化。

程序化操作服务提供给调控系统的远方操作

服务接口，调控系统通过远方操作服务接口实现站端的程序化操作。通过通用服务协议的区域管理以及服务代理，可使调度端的调控系统调用程序化操作服务的远方操作接口。程序化操作服务的远方操作服务关系图，如图 2 所示。

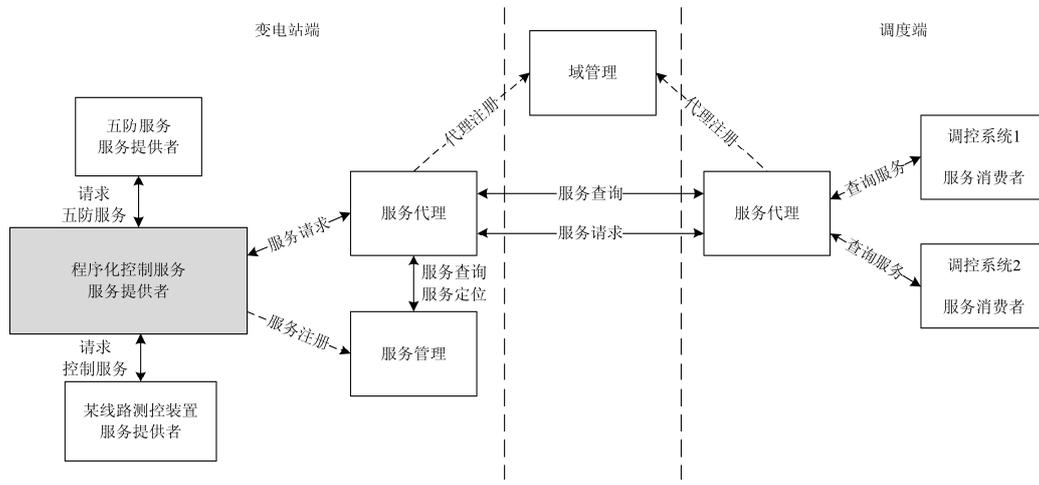


图 2 远程序化操作服务关系图

Fig. 2 Service relationship diagram of remote sequence control

首先，变电站端和调度端的服务代理向域管理进行代理注册，以便服务代理之间的数据传输；变电站端的程序化操作服务在本端的服务管理上进行服务注册；然后调控系统向本端的服务代理发起全域服务查询；各端的服务代理返回各自服务管理中的已注册的服务，并将全部结果返回给调控系统；调控系统向变电站端的程序化操作服务发起远方操作服务请求，服务请求通过本端服务代理转发到变电站端服务代理；变电站端服务代理与本端服务管理进行服务定位，将请求发送给程序化操作服务；最后，程序化操作服务对请求进行响应，响应结果通过服务代理传输给调控系统。完成调控系统对站端程序化操作服务的远方操作接口的调用。因此，远程序化操作的过程都通过调用程序化操作服务的远方操作服务接口实现即可。

3 操作流程

变电站自动化系统中，程序化操作包含预演和执行两个过程，由于调度端不存储站端的操作票，因此远程序化操作中加入读取操作票列表，查阅操作票两个过程。

3.1 读取操作票列表

调度中心读取程序化操作服务中的所有操作票名称以及路径列表，以便明确后续的远程序化操作对象是否存在以及读取操作票。操作票的名称建

议使用统一格式，包含变电站名称、电压等级、间隔名称、目标态、原态等信息。该过程属于请求响应类型的服务接口。读取操作票列表接口，该接口直接使用文件服务中的获取文件列表文件接口。

3.2 读操作票

调度中心读取指定的一个操作票的内容，用于确认操作票是否正确。操作票格式建议采用统一的 CIM/E 格式，需要包含创建时间，修改时间，操作具体步骤等。该过程属于请求响应类型的服务接口。查阅操作票接口，该接口直接使用文件服务中的读文件接口。

3.3 操作票预演

该过程目的是在远程序化操作执行前，先模拟操作票中的每一个步骤，检验是否满足操作逻辑，为执行操作票做准备。预演操作又可分为两种方式。第一种方式，直接返回预演的最终结果，不返回每个预演步骤结果；第二种方式，自动依次返回程序化操作中每个步骤的预演结果，最后返回总结果，如果其中一个操作步骤预演失败，则不再预演后续步骤，直接返回预演失败总结果。在预演过程中，调度中心可以发起预演中止，以及预演暂停与继续请求。程序化操作服务收到预演中止后，立即停止程序化操作，然后将是否停止的结果返回给调度中心。程序化操作服务收到预演暂停后，立即停止操作，并返回停止结果，暂停后等待主站的继续请求，

如果时间过长可自行终止预演过程^[9]。该过程也属于请求响应类型的服务接口,但是响应过程分为多个步骤。预演操作票过程图如图3所示。

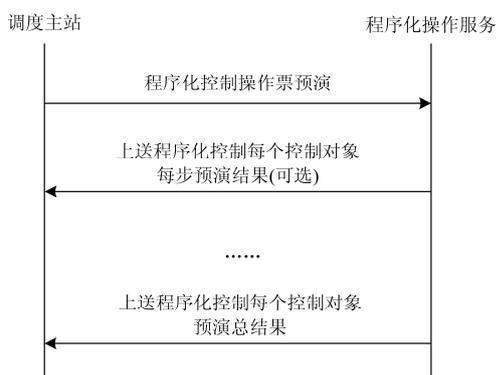


图3 预演操作票过程图

Fig. 3 Preview operation ticket process map

3.4 操作票执行

该过程与预演操作票类似,最终实际执行程序化操作的过程,每个步骤必须经过五防进行校验操作的可行性^[10]。执行操作又可分为两种方式。第一种方式,自动依次返回程序化操作中每个步骤的执行结果,最后返回总结果,如果其中一个操作步骤执行失败,则不再执行后续步骤,直接返回预演失败总结果;第二种方式,依次执行程序化操作的每个步骤,执行完一个步骤后返回响应数据,并等待调度中心继续执行的请求命令,收到继续命令后才可继续执行下一个步骤,执行结束后并上送总的执行结果。在执行过程中,调度中心可以发起预演中止,以及预演暂停与继续请求,处理过程与预演操作票相同。该过程也属于请求响应类型的服务接口,但是响应过程分为多个步骤。执行操作票过程图如图4所示。

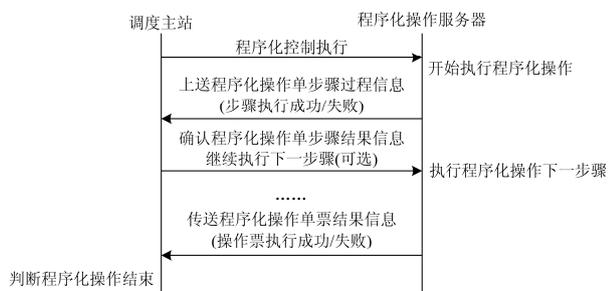


图4 执行操作过程图

Fig. 4 Executive operation ticket process map

在操作的每一个请求中,都应该包含调度主站操作人员的认证信息,以便操作的安全性。由于顺序控制的复杂性,操作失败的原因应尽可能的丰富,以便发现操作的隐患。

操作票执行与操作票预演过程相似,都是用操作票运行接口,该接口为扩展接口,格式如下:

```
<SequenceControlRunning(
    IN STRING:authPara, //认证参数
    IN STRING:Name, //CIM/E 格式的序列控制操作票
    文件全路径名
    IN INT8U:Oper,
    //控制码, 1: 预演, 2: 执行
    //0: 暂停, 1: 继续, 2: 撤销
    IN INT8U:Type, //操作类型,
    OUT INT8U:Step, //步骤
    OUT INT8U:State,
    //预演/执行返回状态 0: 预演成功,
    //1: 预演失败, 2: 执行成功,
    //3: 执行失败
    OUT INT16:resultCode )
"序列控制"/>
```

输入参数: authPara 为认证参数,包括操作源的认证信息; Name 为操作票的名称; Oper 为操作控制码, 1 为预演, 2 为执行, 5 为暂停, 6 为继续, 7 为中止; Type 为操作类型码, 0 为缺省(即不需要该项), 1 为直接返回总结果, 2 为自动返回每个步骤的结果以及总结果, 3 为返回每步结果后需要消费者确认以及返回总结果。

输出参数: Step 为步骤号, 0 为总结果, 其余为每个步骤的编号; State 为响应结果, 0 预演成功, 1 预演失败, 2 执行成功, 3 执行失败; resultCode 为响应原因, 0 正确, 1 目标态错误, 2 原态错误, 3 五防校验失败等。

4 工程验证

在浙江调度控制中心的支持下,分别进行厂内实验验证及功能验收,并在试点站明州变实现了程序化操作的所有流程。顺控票召唤后,其中的内容显示给了调度控制中心的运维人员,运维人员核对后,进行了电子签名并开始预演和执行操作票。预演过程采用上送分布结果的方式,在调度端清晰可见每一步的预演结果。执行过程采用等待主站确认的方式,当一个步骤执行完毕后,等待调度开始下一个程序化的操作步骤。程序化操作过程中,还进行了操作中止、操作暂停的操作,站端的程序化操作都准确无误地进行了响应,具体的站端工程环境如图5所示。

通过站内的程序化操作服务提供者,即监控后台或顺控服务器,进行了准确无误的倒闸操作,成功地将目标间隔从运行态转换为冷备用态。

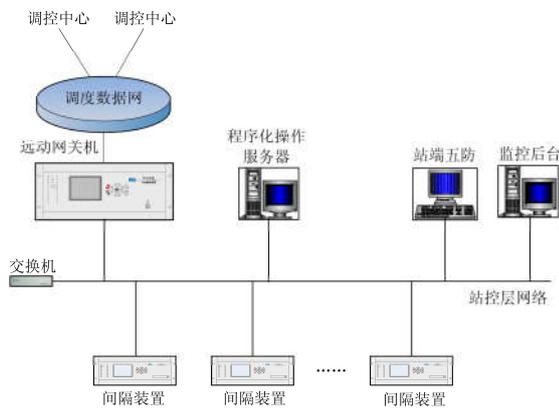


图 5 变电站内自动化系统环境

Fig. 5 Environment of substation automation system

5 结论

本文借助电力系统通信服务协议，将变电站内的程序化操作功能开放给了调控系统技术支持系统，调控的运维人员也可以使用程序化操作，使复杂的倒闸操作更加简单、安全。

除了变电站端的程序化操作功能，目前变电站自动化系统中已经实现了很多方便运维人员使用的高级功能，同时也提高了变电站运行的安全性。但是由于传统通信协议的局限性，调控技术支持系统无法直接使用站端的大部分高级应用。电力系统通用服务协议，可以为调度端提供更丰富的数据传输接口，让调度端直接使用站端的高级功能^[11]。本文通过电力系统通用服务协议，实现了远方程序化操作的过程，让站端的功能走向远方。

参考文献

[1] 畅广辉, 镐俊杰, 刘宝江, 等. 电网调控信息智能分级采集系统的研究与开发[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 115-117.
CHANG Guanghui, HAO Junjie, LIU Baojiang, et al. Research and development of intelligent and classified collection system for electric power dispatching and control information[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 115-117.

[2] 张军涛. 程序化操作在变电站自动化系统中的实现[J]. 中国高新技术企业, 2007(5): 79-79, 81.
ZHANG Juntao. The realization of sequence control for the automation system in substation[J]. Hi-tech Enterprise in China, 2007(5): 79-79, 81.

[3] DL/T634.5101-2002 远动设备及系统第 5-101 部分传输规约基本远动任务配套标准[S].
DL/T634.5101-2002 telecontrol equipment and systems part 5: transmission protocols section 101: companion standard for basic telecontrol tasks[S].

[4] DL/T634.5104-2002 远动设备及系统第 5-104 部分传输

规约采用标准传输协议子集的 IEC60870-5-101 网络访问[S].
DL/T634.5104-2002 telecontrol equipment and systems part-5-104: transmission protocols-network access for IEC60870-5-101 using standard transport profiles[S].

[5] 刘必晶, 徐海利, 林静怀, 等. 远动遥控的双校验方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(8): 134-138.
LIU Bijing, XU Haili, LIN Jinghui, et al. Research on double check method of remote security check[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(8): 134-138.

[6] 徐迅, 梅军, 钱超, 等. 基于 IEC60870-5-104 规约扩展的配电终端自描述功能实现方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(7): 128-133.
XU Xun, MEI Jun, QIAN Chao, et al. Research method for implementation of the self-describing function of distribution terminals based on the extended IEC 60870-5-104 protocol[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(7): 128-133.

[7] 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 Shihua, et al. Implementation of sequence control in substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(21): 90-94.

[8] 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 Yinshan. Analysis of electric operation and operational errors[J]. Electric Power, 2003, 36(5): 43-46.

[9] 刘炬, 余斌, 王志林, 等. 与通信协议无关的分布式变电站程序化控制方案[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(7): 47-51.
LIU Ju, YU Bin, WANG Zhilin, et al. A scheme for implementing distributed sequence control of substation automation system independent of protocol[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(7): 47-51.

[10] 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 Yongjun, PI Weihua, YANG Chengsheng, et al. Application analysis of anti-mistake defense system in substation[J]. Power System Protection and Control, 2005, 33(2): 66-70.

[11] WESTER C, ENGELMAN N, SMITH T, et al. The role of the SCADA RTU in today's substation[C] // Conference for Protective Relay Engineers. Texas, US, 2015: 622-628.

收稿日期: 2016-08-29; 修回日期: 2016-11-20

作者简介:

章立宗(1976-), 男, 高级工程师, 研究方向为电力系统自动化; E-mail: zlz951@163.com

肖艳炜(1982-), 男, 高级工程师, 研究方向为电力系统自动化;

吕宏昌(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力通信。

(编辑 葛艳娜)