

基于电力系统通用服务协议的主子站程序化控制方法

分析了主子站程序化控制功能通过电力系统通用服务协议实现的优势，基于通用服务协议面向服务的体系架构（SOA），定义了主子站程序化控制功能的服务接口，说明了基于服务的程序化控制功能实现方法和实施细节。实现程序化控制过程中的可视化操作及多元判断；优化程序化控制中对程序化控制操作票及防误闭锁逻辑的协同管理。上述应用和扩展方法为程序化控制未来的推广提供了标准化思路，并且克服现有技术的不足，提高了远方操作的安全性，推进了主子站一体化的发展。

梁旭东 潘洪湘 王海峰 梁 锋/国电南瑞科技股份有限公司



梁旭东/工程师

0 引言

众所周知，程序化控制技术在电力系统的高级应用中已经非常重要^[1-3]，而主子站程序化控制技术的完善，更大大推动了无人值班或少人值班变电站的发展。

主子站程序化控制技术还没有标准化，各厂家实现该技术功能更是百花齐放，这造成了主站统一监控的困难，同时也无法推动主子站程序化控制技术在国内外大部分地区的实施。

目前国内的电力系统存在二次设备种类繁多，专业分裂严重，形成各自的信息孤岛等问题，不但造成系统建设的重复和浪费，也不利于程序化控制技术及其他高级应用的共同发展。另外现有的主子站程序化控制尚不完善，一方面存在安全隐患，另一方面在操作时仍需要子站内值班人员参与，自动化程度低。

结合智能电网调度控制技术发展现

状^[4-7]，本文基于国网公司制定的《电力系统通用服务协议》，旨在解决目前采用的数据转发模式的通信方式存在着效率低、可靠性低且适应性差等问题，基于网络化接入的主子站程序化控制将改变现有数据逐级转发的交互模式，提高程序化控制的效率、正确性和可靠性，并扩展传统的程序化控制功能，真正实现主子站一体化及变电站无人值班。

1 主子站程序化控制实现方案

1.1 程序化控制服务交互过程

主站通过调用子站的程序化控制服务接口来实现程序化控制操作，主站端需要部署服务管理中心和服务消费者，变电站端需要提供完成程序化控制功能的相关服务，服务需要向服务管理中心进行服务注册和服务上线申请。在主站与变电站服务之间进行远程通信时，通过本地服务代理和远方服务代理间的配合，在服务消费者和服务提供者之间建立起逻辑的数据连接，进行服务通信。

如图1所示，变电站端的程序化控制服务将服务描述、地址等信息通过服务代理发给主站端的服务管理中心，服务管理中心解析服务描述后，记录服务注册信息。服务注册成功后，主站端的服务管理中心会将程序化控制服务保存在信息表中。注册成功后，程序化控制服务就可以提交上线申请，服务管理中心审批同意后，该服务即可正常使用。服务管理中心可以管理程序化控制服务的

关键词/Keywords

程序化控制 ·
通用服务协议 ·
智能巡检系统 ·
操作票 ·
防误闭锁规则 ·

上线或删除，变电站端不需要再提交申请。服务上线使用后，服务管理中心会定时发送服务监视请求，变电站需要将服务管理中心指定的服务状态等信息反馈给服务管理中心。服务调用时，由客户端服务代理建立TCP链接，客户端代理随后发送关联请求，每次服务会话时都需要先建立关联，会话结束时释放。关联建立成功后，客户端代理即可向服务端代理发送服务请求。

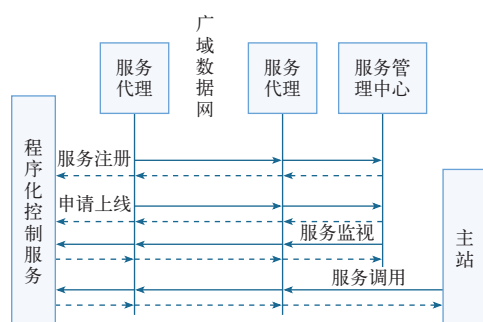


图1 程序化控制服务交互图

1.2 程序化控制服务交互格式

主子站程序化控制服务响应和请求，需要遵循通用服务协议规范的格式，“代理头+GSP报文头+GSP报文体”，具体结构可参照图2。

INT64U	INT16U	INT16U	CC	SC	FL	UI	C1		PC	Body
关联ID	暂不使用		GSP报文头							服务请求报文体

图2 程序化控制服务交互格式

代理帧头是为了方便实现代理逻辑关系时用以表示关联关系的数据头，可在服务代理之间的PDU之前加12个八位位组；当采用网络地址转换方式实现时，不需要增加代理帧头。代理帧头格式如下所述。

```

typedef struct GSP_proxy_head{
    INT64U    AssociateID;    //关联ID
    INT16U    JumpNum;       //跳数
    INT16U    Reserved;      //保留
}GSP_ProxyHead;
    
```

关联ID由主站端服务代理的外部IP地址和序号组成，各占4个8 bit位组，其中高32 B为IP地

址，低32 B为序号。jumpNum和reserved在程序化控制服务交互中不使用，填0。

GSP报文头定义如下：控制码（Control Code，CC）；服务码（Service Code，SC）；帧长度（Frame Length，FL）；单元标识（Unit Identifier，UI）；类标识（Class Identifier，CI）；参数个数（Parameter Counter，PC）。

程序化控制报文体采用M1编码，参数结构采用NTLV编码，如图3所示。

Name	type	len	value
名称	类型	长度	值

图3 参数结构形式

1.3 程序化控制功能实现流程

主子站程序化控制在主站调用子站程序化控制服务后，首先查询子站的操作票列如下所述。

```

<GetSequenceList (
    IN STRING: AuthPara, //安全认证
    IN STRING: NodeName, //节点名
    OUT STRING*: SequenceList, //程序化控制操作票列表
    
```

```

    OUT INT16: ResultCode
) "查询操作票列表"/>
    
```

主站根据实际情况向子站请求操作任务，子站接收到主站请求后，在站内数据库中匹配对应操作任务的程序化控制操作票如下所述。

```

<GetOperationTicket (
    IN STRING: AuthPara, //安全认证
    IN STRING: NodeName, //节点名
    IN STRING: BayName, //间隔名
    IN INT8U Source, //源态
    IN INT8U Dest, //目标态
    OUT VOID*: OperationTicket, //CIM/E格式操作票
    OUT INT16: ResultCode,
    OUT STRING: Reason//失败原因
) "获得匹配操作票"/>
    
```

子站将CIM/E格式操作票内容回应给主站，其

中CIM/E格式操作票如图4所示。

```
<! SubstationName='变电站名称' type=程序化控制
操作票 bayName='间隔名称' source='源态'
dest='目标态' steps=n version=XX
time='yyyyMMdd hh:mm:ss'(文件最新时间) !>
<E>
<OperationTicket:操作票>
@序号 操作内容
#1 操作票第1步内容
#2 操作票第2步内容
.....
#n 操作票第n步内容
</OperationTicket:操作票>
<!/E>
```

图4 CIM/E格式操作票

操作票匹配失败时，将失败原因发给主站，也可以通过告警直传的方式将失败原因上送。一般失败的原因有：源态不符合实际情况或者子站内没有相应的操作票。

操作票匹配结束后，等待主站的控制请求如下所述。

```
<ProgramControl (
  IN STRING: AuthPara, //认证参数
  IN STRING: OperationTicketName, //CIM/E 格式的
  序列控制操作票文件全路径名
  IN STRING: Operater, //操作人
  IN INT8U: Operation, //控制码, 1: 预演, 2: 执行
  IN INT8U: Order, //控制码, 0: 暂停, 1: 继续, 2: 撤销
  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 STRING: Reason, //失败原因
  OUT INT16: ResultCode
) "程序化控制单步"/>
```

主站请求子站程序化控制开始后，子站根据控制码进行相应的操作，单步预演和单步执行的同时，程序化控制服务将请求站内防误闭锁服务，如图5所示。

程序化控制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；程序化控制服务向

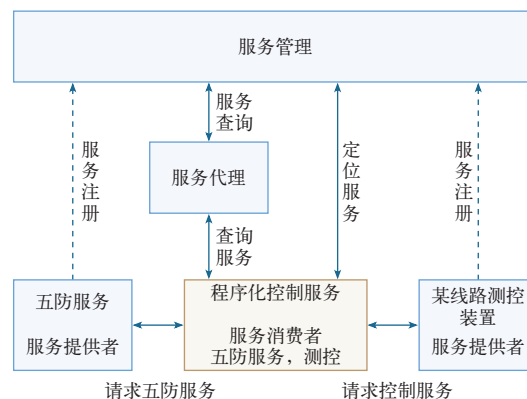


图5 程序化控制服务与站内防误闭锁服务

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，服务代理将结果返回给程序化操作服务。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，进行所需的服务请求。

程序化控制服务将单步结果和失败原因传给主站，并记录操作日志，记录主站操作人信息、操作结果和失败原因等，在操作失败时提供详细的失败原因，减少监控运维人员排查失败原因的时间，进而提高远方操作失败问题的解决效率^[8-9]。

2 主站程序化控制的可视化操作及多元判断

2.1 智能巡检系统在变电站的发展

主站获得子站程序化控制服务控制的结果，只能通过服务结果响应和通用服务协议中四遥服务确定执行情况，随着变电站内技术的不断发展，主站判断子站内操作情况的方法应该更加多样化，程序化控制也需要提高安全性^[10]。

站内智能巡检系统的发展为主站程序化控制提供了新的方案。在变电站中应用智能巡检系统的最好体现就是变电站智能巡检机器人^[11-12]，变电站智能巡检机器人能够以全自动、本地或远方遥控模式代替或辅助人工巡检。机器人上还有一个变配电设备检测单元，包括电气设备、设备连接点和电力线路的温度检测器，电气设备、仪

器仪表的图像采集器，电气设备噪声的声音采集器。温度检测器、图像采集器和声音采集器与监控后台相连接，将采集到的信息送入计算机处理，并接收监控后台的指令。

目前很多智能站都配置了智能巡检系统，程序化控制与智能巡检系统通信后，可实现在操作票执行过程中的可视化操作。

2.2 程序化控制与智能巡检系统配合的实现细节

程序化控制服务根据需与智能巡检服务建立TCP链接，作为服务消费者将判断控制目标操作状态的请求发给智能巡检服务如下所述。

```
<GetOperationImage (
    IN STRING: AuthPara, //安全认证
    IN STRING: NodeName, //节点名
    IN STRING: BayName, //间隔名
    IN STRING: DeviceName, //设备名
    OUT VOID*: OperationImage, //CIM/G格式设备
    图像
    OUT STRING: ImageTime, //图像时间
    OUT INT16: ResultCode,
    OUT STRING: Reason//失败原因
) "获得操作图像"/>
```

操作图像被保存在站内服务器上，在上传操作结果时，程序化控制服务将操作对象的图像一并上传，让调度员查看子站设备的动作情况，方便主子站程序化控制时的人工校验。图6为智能巡检系统视频图像采集后上传主站示意图。

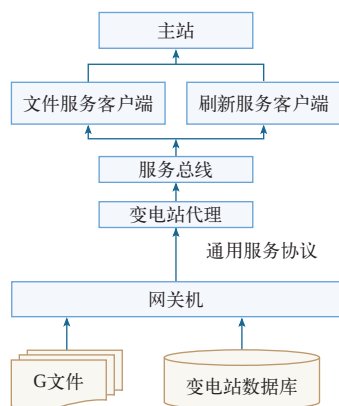


图6 智能巡检系统图像采集后上传主站

程序化控制服务在调用智能巡检服务后，为操作结果的判断提供了多元判断依据。智能巡检机器人能够采用模式识别技术，对断路器、隔离开关的位置进行自动识别，实现被控设备控前及控后位置的自动校核。同时提供与站内信息一体化平台、监控系统、MIS、安防和远方监控中心等系统接口。子站内获得不同服务响应的操作结果判据，确定最终控制结果，提高了程序化控制的安全性。

随着智能巡检系统与程序化控制技术的不断发展，程序化控制过程中，可以通过智能巡检系统获得操作设备的更多信息，工作人员不需要再去现场检查，可以在程序化控制过程中随时得到详细的现场信息，大大提高了变电站智能化运行和管理水平。

3 程序化控制操作票与防误闭锁逻辑的协同管理

3.1 协同管理的设计方案

程序化控制操作票与防误闭锁逻辑，在主子站程序化控制功能中是重中之重，操作票的正确与否决定了程序化控制工作能否顺利进行，防误闭锁逻辑的准确决定了控制操作的安全。主子站程序化控制的推广依靠功能的可靠性和全面性，主站调度员在远方就可通过调用子站服务了解与程序化控制相关的所有信息，所以本文倡导在完成程序化控制基本功能的同时，优化在程序化功能中对操作票和防误闭锁逻辑的管理。图7为程序化控制协同管理流程。

程序化控制操作票在主站对操作任务选择时会上传给主站供主站确认操作任务，主站确认操作任务后，如发现操作票有误，则必须通过现场工作人员修改才能继续工作。优化程序化控制中操作票的管理就是为了提高工作效率，主站调度员可通过超级权限向子站程序化控制服务发送修改操作票的请求。子站程序化控制服务响应该请求后，替换程序化控制操作步骤并上传修改结果给主站校验。

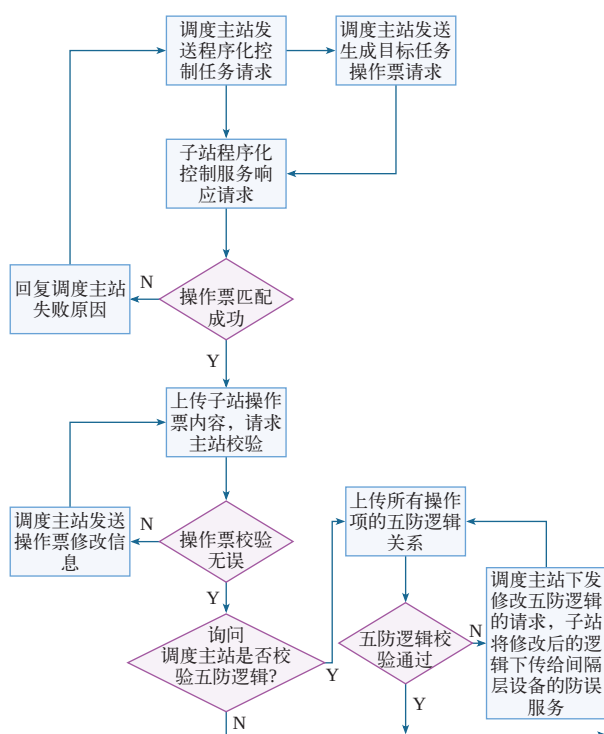


图7 程序化控制过程中操作票与五防逻辑管理流程

传统上主站无法获得子站的防误闭锁逻辑信息, 在进行程序化控制中, 主站需要获得操作项五防判断的详细信息, 以确保主站程序化控制的安全性。因此需要五防闭锁信息的主子站交互。在程序化控制过程中, 子站内程序化控制服务与五防服务交互, 将操作项的防误闭锁信息上传给主站校验。另外, 如果防误闭锁信息存在问题, 主站可通过超级权限修改防误闭锁逻辑, 并由子站的程序化服务发送给监控机的五防服务和测控装置的防误服务。确保防误闭锁逻辑的一致性。

3.2 程序化控制操作票协同管理的实现细节

程序化控制操作票协同管理分为两部分, 一部分是通过“CIM/E GSP”格式上传给主站供主站查看检验, 另一部分是主站通过调用子站程序化控制服务对操作票进行编辑。

```

<EditOperationTicket (
    IN STRING: AuthPara, //安全认证
    IN STRING: NodeName, //节点名
    IN INT32: StepNumber, //当前操作票中对应的步骤
    IN STRING: DeviceName, //设备名

```

```

    IN INT8U BeforeState, //操作前状态
    IN INT8U AfterState, //操作后状态
    OUT VOID*: OperationTicket, //CIM/E格式操作票
    OUT INT16: ResultCode,
    OUT STRING: Reason//失败原因
) "编辑操作票"/>

```

主站在成功召唤匹配工作任务的操作票后可以对当前操作票进行修改, 否则程序化服务将返回失败。主站请求编辑当前操作票时, 子站程序化控制服务根据前后状态添加操作术语, 操作术语由子站程序化控制服务判断后指定, 保证操作票中的操作内容与实际操作一致。

子站程序化控制服务修改操作票后, 需将修改后的版本发给主站再次校验, 直到主站确认已修改完毕后, 才可等待主站的操作请求。

3.3 防误闭锁逻辑协同管理的实现细节

防误闭锁逻辑协同管理基于当前操作票中的操作项, 拒绝主站对非操作项进行编辑的请求, 在主站请求编辑操作项闭锁逻辑时, 子站程序化控制服务对请求中的设备对象和操作步骤进行对比, 核对无误后才可进行修改。

程序化控制服务将编辑后的防误闭锁逻辑通过“CIM/E GSP”格式上传给主站, 显示在程序化控制界面, 并请主站校验。主站确认修改无误后, 请求子站程序化控制服务统一站控层和间隔层的五防闭锁逻辑, 保证程序化控制的顺利进行。

```

<EditFivePreventionLogic (
    IN STRING: AuthPara, //安全认证
    IN STRING: NodeName, //节点名
    IN INT32: StepNumber, //当前操作票中对应的步骤
    IN STRING: DeviceName, //设备名
    IN STRING*: EditLogic, //修改闭锁逻辑信息
    OUT VOID*: FivePreventLogic, //CIM/E格式防误闭锁逻辑
    OUT INT16: ResultCode,

```

OUT STRING: Reason//失败原因

) "编辑防误闭锁逻辑"/>

将站控层设备和间隔层装置上的防误闭锁逻辑修改统一后,进行重新使能,并上传给主站校验,确保操作的安全性。

另一方面,在程序化控制过程中,子站服务需要将每一步操作的判断情况详细上送给主站,如果发生防误判断不通过的情况,还可以通过告警直传的形式发送给主站,让主站详细了解子站对每一步的防误判断,对子站的工作信息进行监控。确保在主子站程序化控制过程中没有安全死角。

4 结束语

本文主要研究了基于电力通用服务协议的主子站程序化控制方案,解决了目前主子站程序化控制方案各地区不统一,无法大范围推广的问题。本文重点阐述了主子站程序化控制中基于SOA的服务交互和程序实施细节、主子站程序化控制与智能巡检系统交互实现可视化操作和多元判断的技术细节以及主子站程序化控制中对操作票和防误闭锁规则的统一管理流程,为主子站程序化控制技术的推广和可靠性保障提供了方向。本文设计的主子站程序化控制在交互模式上满足电力系统通用服务协议的标准,符合变电站通信标准化的要求,并已在浙江500 kV洪明变电站试点应用,实际应用效果良好,主子站程序化控制各项服务运行稳定。实际应用中还需要进一步考虑对程序异常,变电站内多机切换以及广域数据网网络异常的处理以保证主子站程序化控制过程中意外中断后的继续工作。

参考文献

- [1] 王雷,史金伟. IEC 104规约中程序化控制的扩展应用[J]. 供用电, 2012, 29(4): 52-53.
- [2] 樊陈,倪益民,窦仁晖,等. 智能变电站顺序控制功能模块化设计[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(17): 67-71.
- [3] 于同伟,刘青. 一体化监控系统的智能变电站顺序控制模块互换性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013(21): 92-94.
- [4] 韩秉东. 浅谈智能变电站的顺序控制功能与应用[J]. 通信电源技术, 2016, 33(5): 152-154.
- [5] 于跃,宋庭会,王瑾. 智能变电站建设运维现状分析与探讨[J]. 华中电力, 2014(5): 532-533.
- [6] 晋飞,王思诚. 智能化变电站顺序控制功能的讨论[J]. 电子测试, 2013(5): 115-116.
- [7] 梁晓兵,榻文健,张玲. 一种在线式“五防”一体化系统的设计与实现[J]. 电力安全技术, 2011, 35(4): 40-44.
- [8] 刘超君,刘和志,胡军. 基于IEC 61850的智能变电站程序化操作研究[J]. 陕西电力, 2012, 40(7): 57-59.
- [9] 谷月雁,司刚. 智能变电站中顺序控制的功能分析与实现[J]. 电气技术, 2011, 9(1): 58-62.
- [10] 国家电网公司. Q/GDW 383—2009智能变电站技术导则[S].
- [11] 谢伟杰. 智能巡检系统在变电站中的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2014(25): 80.
- [12] 王志华,杜振华,董天平,等. 智能变电站网络风暴抑制技术研究[J]. 电气工程学报, 2016, 11(2): 40-46.

(收稿日期: 2017-03-06) EA

.....

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告