

基于 GSP 的变电站监控系统远程运维技术

彭志强^{1,2}, 张琦兵³, 苏大威³, 霍雪松³, 张小易^{1,2}

(1. 国网江苏省电力有限公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103;

2. 国家电网公司重点实验室 变电站智能设备检测技术实验室, 江苏 南京 211103;

3. 国网江苏省电力有限公司, 江苏 南京 210024)

摘要:为适应无人值守变电站模式、提高变电站监控系统运维效率,应用信息与通信技术(ICT)开展变电站自动化远程运维技术研究与应用。设计了基于电力系统通用服务协议(General Service Protocol, GSP)的变电站自动化远程运维体系架构,建立主子站之间的信息交互框架。遵循电力系统二次系统安全防护要求,设计了涵盖通信层、协议层及应用层的全过程纵深安全管控系统架构,提出面向服务生命周期的全过程管控流程。面向变电站监控系统远程运维需求,提炼了远程运维五大类应用功能。根据远程运维技术方案,搭建完整的测试环境,开展远程运维互操作联调实验,通过测试验证了技术方案的可行性。该技术方案在江苏电网南京与苏州地区进行了试点应用。

关键词:远程运维;智能变电站;监控系统;通用服务协议;互操作实验

中图分类号:TM 761

文献标识码:A

DOI:10.16081/j.issn.1006-6047.2019.04.031

0 引言

智能变电站是智能电网的重要环节,变电站监控系统是智能电网调度控制和生产管理的基础,其对全站信息进行统一接入、统一存储和统一展示,实现运行监视、操作与控制、信息综合分析与智能告警、运行管理和辅助应用等功能^[1]。随着智能变电站新技术的应用,变电站自动化技术复杂度越来越高,对变电站监控系统运维应用提出了更高的要求。变电站运维具有点多面广的特点,目前变电站建设已为无人值守模式,传统以现场作业为主的运维模式已经不适应当前智能电网的发展需要,亟需研究新的运维技术改变当前运维模式。诸多领域都已经或正在考虑实施远程维护方面的应用,查阅相关文献及报道可知,对于电力系统设备而言,国内外实现远程运维的技术主要有基于调制解调器(Modem)的远程维护技术、基于全球移动通信系统(GSM)通信的变电站远动故障远程监测技术、基于客户端/服务器(C/S)结构的远程维护技术和基于分布式对象技术的变电站远程维护技术等^[2-6]。远程运维基于电力调度数据网进行信息交互,存在的安全隐患有网络安全和操作安全,其中网络安全包括网络攻击、网络窃听、身份伪装等,操作安全包括未授权的用户误操作、无监护操作、弱口令安全认证、操作对象错误等,实现变电站监控系统运维的远程化,安全管控至

关重要。前期关于远程运维的研究与应用存在维护对象单一、维护功能少、未考虑安全问题等^[7]不足。

针对当前变电站监控系统运维模式落后、技术手段单一及效率低下等问题,本文研究变电站自动化远程运维应用技术,设计基于电力系统通用服务协议 GSP (General Service Protocol) 的远程运维体系架构,提出满足电力系统二次系统安全防护的全过程生命周期管控运维服务的方法,并对基于面向服务的体系架构(SOA)远程运维应用服务进行了规范;结合实际工程应用,开展了基于 GSP 协议的远程运维互操作联调实验技术研究。

1 基于 GSP 的远程运维体系架构

变电站监控系统远程运维可实现在运维主站集中对变电站自动化系统及设备进行远程运行监视、组态配置、设备管理、维护操作及异常诊断等功能。本文设计的基于 GSP 的变电站监控系统远程运维体系架构如图 1 所示。其中,主子站信息交互采用电力系统通用服务协议;运维主站包括远程运维服务管理中心和远程运维中心,运维子站为变电站监控系统,其中服务管理中心前置机作为主站侧服务代理,数据通信网关机作为变电站侧服务代理。远程运维主站基于智能电网调度控制系统(D5000)的基础平台开发远程运维应用服务,是调控主站应用功能的延伸与扩展,应用对象为自动化运行维护人员。

远程运维体系架构是建立在基于 GSP 的服务总线基础上,GSP 采用面向服务的体系架构,通过一系列的接口服务实现服务消费者和服务提供者间的信息交换。远程运维交互信息采用结构化数据,根据运维业务的需求,远程运维服务应支持动态扩展。

收稿日期:2018-02-23;修回日期:2019-03-13

基金项目:国家电网公司科技项目(变电站自动化设备广域运维技术研究及应用)

Project supported by the Science and Technology Program of SGCC (Research and Application of Wide Area Operation and Maintenance Technology for Substation Automation Equipment)

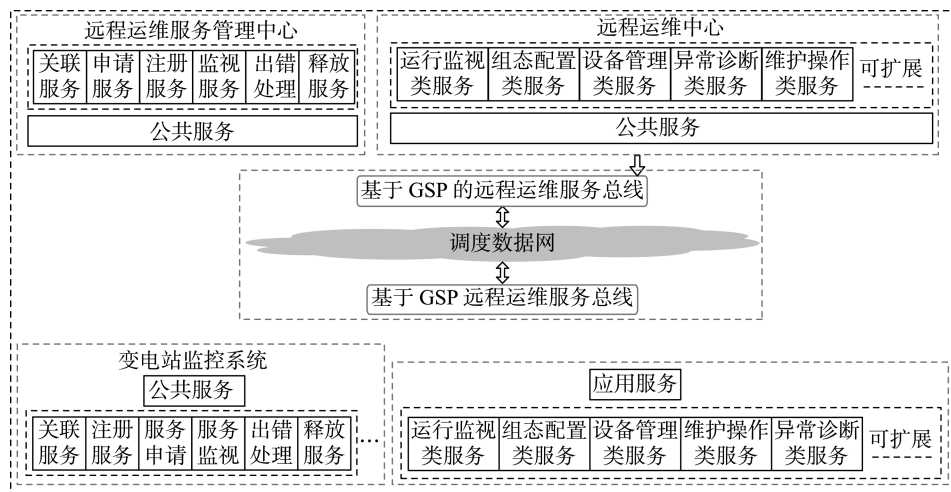


图1 远程运维体系架构示意图

Fig.1 Schematic diagram of remote operation and maintenance system architecture

GSP 具有自描述和动态维护特性,采用面向对象的 M 编码方式,吸收高效实时数据通信的技术特点,支持面向对象的高效实时数据通信服务。通过服务原语和报文数据结构的自描述机制,支持预定义或自定义的创建、维护、扩充服务原语及报文数据结构(类),将简单高效的实时数据通信服务与灵活方便的离线维护服务分离,功能互补、互不影响^[8-10]。结合远程运维数据交互的需求及 GSP 的特点,为满足固定数据结构信息的快速传输,同时也为了支持通信双方自定义服务结构的信息交互,本文设计了基于 GSP 的变电站监控系统远程运维体系架构。

基于 GSP 的技术特点,根据服务的功能定位将远程运维服务接口分为公共服务与应用服务。公共服务为远程运维应用的基础服务,实现服务的关联、释放、申请、注册、出错处理以及监视等通用类服务管理。其中,关联、释放服务为标准定义的功能组,服务码分别为 1 和 3;申请、注册和监视服务为扩展服务,服务接口分别为 CreateAndRegisterServicer、ApproveServiceStatus 和 GetMonitorData,服务码分别为 200、201 和 202,现以服务注册为例进行说明:

```
CreateAndRegisterServicer(
    IN STRING:s_info, // 服务的 S 语言描述
    IN STRING:nodeName, // 节点名
    IN STRING:ip1, // 站控层 A 网 IP
    IN STRING:ip2, // 站控层 B 网 IP
    IN INT16U:port, // 服务端口
    IN STRING:srcDomain, // 服务所在域
    IN STRING:regDomain, // 服务注册域
    IN INT32U:monitoringPer, // 服务监视周期
    IN INT32U:locationMode, // 服务定位方式
    OUT INT16U:s_id // 返回值
    OUT INT16:resultCode, // 返回值
    OUT STRING:resultReason // 结果说明
) // 远程运维服务注册服务
```

其中,IN 为服务发起者传递的信息,OUT 为服务提供者返回的信息,以接口的形式定义了远程运

维相关的服务。

应用服务为面向远程运维功能应用的服务,用于实现变电站监控系统的远程运行监视、组态配置、设备管理、维护操作及异常诊断等应用功能。基于 GSP 通信协议规则,扩展了远程复位操作、历史信息调阅、远动点表查询、应急管理、参数配置等服务接口,分别对应的服务接口为 RemoteRestart、RemoteHis、RemoteTransTable、RemoteDesktop 及 RemoteRelayInfo,对应的服务码分别为 206—210,以远程复位为例进行说明:

```
<RemoteOM_Reboot(
    IN RebootCmd:rebootcmd, // 复位操作命令
    OUT INT16:resultCode, // 返回值
    OUT STRING:resultReason // 结果说明
    OUT STRING:resultData, // 响应内容
) "远程复位操作"/>
```

其中,RebootCmd 为结合体,定义如下:

```
typedef struct {
    INT32 type; // 类型
    char devName[64]; // 设备名称
} RebootCmd;
```

为满足远程运维实用性的要求,对远程运维的所有结构进行 M1 编码,遵循 GSP 报文体格式,采用 GSP 报文的参数结构形式服务调用遵循 NTLV 编码规则。

2 远程运维安全管控

远程运维涉及主子站间远方信息传输,应满足电力二次系统安全防护要求,遵循“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”安全防护总体方案^[11]。本文设计了涵盖通信层、协议层及应用层的全过程纵深安全管控系统架构,同时设计了面向服务全生命周期的全过程管控流程,从技术上保证远程运维应用的安全可靠。

2.1 安全体系架构设计

远程运维服务主子站之间信息交互安全体系架

构如图 2 所示,其包括通信层、协议层及应用层 3 层安全管控体系。

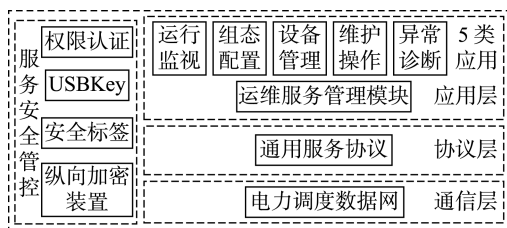


图 2 远程运维服务安全体系架构示意图

Fig.2 Schematic diagram of security architecture for remote operation and maintenance services

在通信层遵循电力系统信息安全防护要求,在主站侧与变电站侧分别配置纵向加密装置。在协议层利用 GSP 关联服务 (Associate) 的输入参数 authPara 实现服务连接的安全认证^[12],其中,GSP 对关联服务的定义如下:

```
<Associate(
  IN STRING;authPara,
  IN STRING;serverRef,
  IN INT16U;splitLength,
  IN INT8U;windowSize,
  OUT INT64U;associateID,
  OUT INT16;resultCode,
  OUT STRING;resultReason
)“关联”/>
```

关联安全认证流程:当客户端发起关联服务时,传递安全认证参数 authPara,安全认证参数使用安全认证结构,通过加密算法综合 USBKey 以及身份信息传递至 authPara,服务端收到 authPara 之后进行安全校核,如果通过校核,则返回 resultCode 为成功标识,否则返回 resultCode 为失败标识,并且给出 resultReason 关联失败原因。通过分析远程运维整体流程和安全需求,实现变电站远方操作权限认证整体解决方案,通过基于 USBKey 和口令的双因子安全登录,获取数字调度证书,实现对远方操作报文进行基于数字调度证书的数字签名,防止报文在通信过程中被篡改。在应用层采用电力调度专用移动数字证书 (USBKey) 与权限认证相结合的双因子登录技术,USBKey 用于认证人员身份的合法性,权限认证用于认证远程运维应用服务调用的合法性,采用责任区和权限认证,只有所属责任区且具有该应用维护权限的人员,才能进行运维服务的管理和使用^[11]。

2.2 运维应用服务全生命周期安全管控流程

远程运维应用服务全生命周期安全管控流程如图 3 所示,其包括服务创建、服务注册、服务申请、服务审批、服务监视、服务定位及服务调用共 7 个生命阶段,每个运维应用服务纳入远程运维体系架构的全生命周期的安全管控中,充分利用 GSP 面向服务的架构,将安全管控的颗粒度精细化到每个应用服

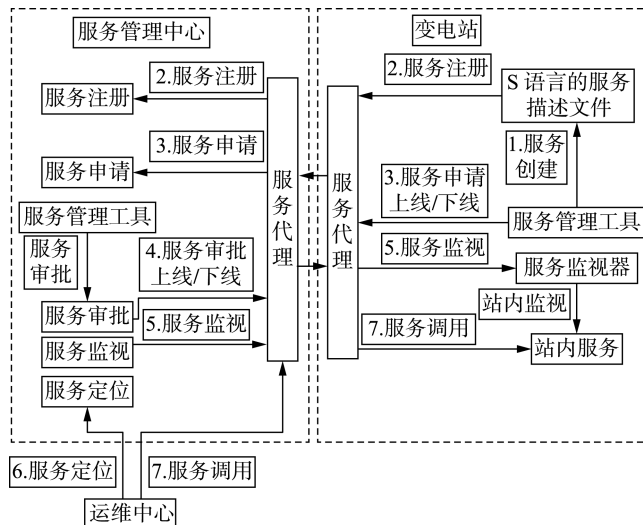


图 3 远程运维服务安全管控流程

Fig.3 Schematic diagram of security management and control flow

务,提升整个远程运维服务调用的安全水平。全生命周期的安全管控的 7 个阶段如下。

阶段 1:变电站侧通过服务管理工具创建服务,生成 S 语言的服务描述文件^[13-14]。

阶段 2:变电站侧发起服务注册流程,数据通信网关机作为服务代理与主站侧服务代理建立关联,关联成功后再进行服务注册,服务管理中心接收服务注册信息并解析 S 语言的服务描述文件,最后返回注册成功标识。

阶段 3:变电站侧发起服务申请流程,此时变电站侧为客户端,先进行关联服务,关联成功后再进行服务申请,服务申请状态包括上线与下线 2 种,主站侧接收并解析服务申请状态,返回申请成功标识。

阶段 4:主站侧进行服务审批流程,通过服务管理工具对服务状态进行审批,审批状态包括上线与下线 2 种,只有审批上线的服务才能进入下一个阶段。

阶段 5:主站侧发起服务监视流程,此时主站侧为客户端,先进行关联服务,关联成功后再进行监视服务,变电站侧接收到监视服务命令返回远程运维应用服务状态信息,其中监视服务为周期性发起,周期根据 S 语言的服务描述文件获得。

阶段 6:运维中心向服务管理中心进行服务定位,只有通过服务监视获得状态为正常的远程运维应用服务才可被定位到。

阶段 7:运维中心进行服务调用,通过主站侧服务代理与变电站侧进行信息交互,变电站侧服务代理接收到服务调用命令后向服务提供者转发,服务提供者根据调用命令返回信息。

若服务需要下线,则从阶段 3 发起服务下线申请,在阶段 4 经服务审批通过后,该服务即生命终结。在远程运维实现过程中,将服务纳入安全管控,

全面提升远程运维安全管控水平。

3 远程运维应用功能

变电站监控系统远程运维应用功能结构如图4所示,其分为3个层次,即基于GSP的统一信息交互平台、基于D5000的统一访问接口和远程运维五类应用功能:统一信息交互平台基于TCP实现信息传输;统一访问接口实现对下底层通信的封装,对上提供服务接口调用,该功能由服务管理中心前置机完成,服务管理中心的服务管理及运维中心远程运维业务调用采用SOA调取远程服务定义的系列API接口,实现了远程服务调用与本地无差异化的调用;5类应用功能包括运行监视、设备管理、异常诊断、组态配置及维护操作。

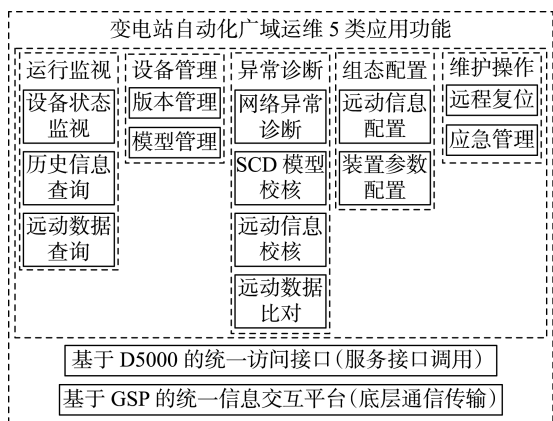


图4 变电站自动化远程运维应用功能结构示意图

Fig.4 Schematic diagram of application function of substation automation remote operation and maintenance

3.1 运行监视

运行监视实现变电站自动化设备运行关键信息的监视,通过可视化手段展示,包含设备状态监视、历史信息查询及远动数据查询等功能。设备状态监视信息包括通信状态信息、自检告警信息、设备资源信息、内部环境信息、对时状态信息等。历史信息查询根据检索条件查询变电站监控系统存储的历史运行信息。远动数据查询实现数据通信网关机转发数据的实时数据查询。

现重点介绍远动数据查询实现技术。远动数据查询服务位于变电站侧,主站通过远程服务总线进行交互,用于实现变电站端转发信息的查询,主要功能包括通道信息查询、转发表信息查询、遥信数据刷新、遥测数据刷新等。远动数据查询服务接口定义如下:

```
<RemoteOM_TransTable
(IN TableCmd; tabcmd, // 远动转发通道信息查询命令
OUT INT16; resultCode, // 返回值
OUT STRING; resultReason // 结果说明
OUT CHANNELINFO *; chInfo, // 查询内容
) “远动数据信息查询”/>
```

其中,TableCmd 结构体定义如下:

```
typedef struct {
    INT32 cmd; // 命令类型
    char tabName[64]; // 转发表的名称
    INT32 count; // 查询指定 idx 个数
    INT32 * buf; // 遥信或遥测 idx 数组
} TableCmd;
```

cmd 命令类型定义:0 为获取通道信息;1 为查询转发表;2 为查询一组指定遥信 idx 的遥信值;3 为查询一组指定遥测 idx 的遥测值,其中 idx 为转发表中遥信或遥测的唯一标识。

通过以上服务接口与结构体的定义,即可实现远动通信信息查询、远动点表信息查询及远动遥信遥测的实时值。

3.2 设备管理

设备管理实现对变电站自动化设备版本及模型的集中管理,主要包括版本管理与模型管理。自动化设备版本信息包括硬件、软件、参数及模型等版本信息,模型信息包括 SCD 模型与远动点表信息。

3.3 异常诊断

异常诊断实现对变电站自动化运行设备进行异常诊断,主要包括变电站网络异常诊断、SCD 模型在线校核及远动信息在线校核等功能^[15]。变电站网络异常诊断包括变电站过程层网络及站控层网络的异常诊断,SCD 模型在线校核实现集中管理的 SCD 模型与变电站自动化设备在线的 CID 模型进行比对,远动信息在线校核实现集中管理的远动点表信息与数据通信网关机的远动点表进行校核。

3.4 组态配置

组态配置实现对变电站自动化系统或设备参数的远程集中配置,主要功能包括远动信息配置及装置参数配置。远动信息配置实现远动点表的下装,装置参数配置实现二次设备定值参数管理与配置。

3.5 维护操作

维护操作实现对变电站自动化系统或设备的远程操作,主要功能包括远程复位及应急管理。远程复位实现变电站自动化设备及主要进程的启停,使运行设备恢复到初始化状态。应急管理通过 VNC 技术实现远程图形化操作。

4 远程运维互操作联调实验

开展远程运维互操作联调实验是检验电力系统通用服务协议在变电站自动化远程运维应用的适应性,验证远程运维设计方案可行性,达到主子站各设备厂商对远程运维各类应用理解的一致性,实现主子站间信息通信的互操作。本文基于变电站与主站信息交互系统架构,全景仿真搭建了测试环境。

4.1 测试环境搭建

为远程运维互操作实验系统结构示意图如附录

中的图 A1 所示。远程运维互操作实验环境包括远程运维主站、远程运维子站及实验设备,远程运维主站通过主站局域网相连,主子站之间通过远动网相连,远程运维子站通过变电站站控层网相连。实验设备包括 GSP 一致性测试客户端工具、调控主站前置仿真系统、保护测控信息仿真系统和基于 GSP 的报文分析诊断工具。

GSP 一致性测试客户端工具集成电力系统通用服务协议规范的所有接口,支持对象单元编码、参数单元编码、流数据单元编码、类描述单元编码及数据集扩展单元编码,通过远动网络与远程运维子站进行通信,针对远程运维子站提供的每项服务接口开展肯定性测试与否定性测试。进行肯定性测试时传递正确的标准参数,进行否定性测试时传递预设的错误参数,根据远程运维子站提供的每项服务接口的响应行为自行出具测试报告。

保护测控信息仿真系统用于搭建变电站间隔层设备运行环境,为远程运维子站提供遥测遥信实时数据并接受遥控指令,通过 SCD 文件模拟全站保护测控装置站控层通信行为,具备多 IED 并列运行的功能。

调控主站前置仿真系统用于搭建完整的调控实时业务信息交互环境,开展远程运维服务对调控实时业务影响测试,调控主站前置仿真系统集成 IEC60870-5-104 前置功能,接收数据通信网关机上送的遥测遥信实时数据并下发遥控指令,并测试遥测遥信与遥控响应时间,对比远程运维子站在服务调用与不操作 2 种情况下,遥测遥信数据的正确性及响应时间是否有影响。

基于 GSP 的报文分析诊断工具用于采集并解析远程运维主站和远程运维子站的信息交互报文,对解析结果和记录数据进行展示、统计、分析、输出,并测试远程运维服务流量峰值。

4.2 基于 GSP 远程运维应用互操作实验

4.2.1 测试项目

基于 GSP 远程运维应用互操作实验内容包括公共服务测试、应用服务测试及专项功能测试。公共服务测试包括关联服务、注册服务、申请服务、监视服务、出错处理及释放服务等服务的一致性测试,应用服务测试为面向 5 类应用的服务调用测试,专项测试包括远程运维服务调用对调控业务影响测试、服务调用时间响应性能测试、服务调用业务流量测试、多客户端并发调用测试及拷机运行测试等。

4.2.2 测试流程

互操作联调实验基于图 A1 所示的远程运维测试环境进行开展,各测试项目存在关联关系,测试步骤如下。

步骤 1:肯定性测试。利用 GSP 一致性测试客

户端工具开展 GSP 服务端肯定性测试,包括公共服务与应用服务接口的测试。

步骤 2:否定性测试。利用 GSP 一致性测试客户端工具开展 GSP 服务端否定性测试。

步骤 3:远程运维应用功能测试。在远程运维中心调用变电站注册的服务,同时利用基于 GSP 的报文分析诊断工具采集并解析远程运维主站和远程运维子站的信息交互报文,若主子站信息交互存在异常时,则利用基于 GSP 的报文分析诊断工具进行分析异常原因。

步骤 4:专项测试。以调控主站前置仿真系统与数据通信网关机实时业务作为参考,开展远程运维对调控实时业务影响性专项测试,测试内容包括:遥测、遥信及遥控的正确性及时间响应指标;利用报文分析诊断工具统计远程运维应用的业务流量;在远程运维中心多个客户端进行并发调用服务,测试服务端对并发调用的处理能力;开展远程运维 72 h 连续运行拷机测试,测试在拷机期间各业务是否正常运行。

4.2.3 测试结果

利用搭建的测试环境,开展了公共服务测试、应用服务测试及专项测试,测试结果如下。

a. 通过公共服务及应用服务的测试,验证了电力系统通用服务协议在远程运维应用的可行性,满足主子站信息通信互操作要求。

b. 时间响应测试,在大数据流量的情况下测试主子站信息交互响应时间大都在 10 s 以内,满足运维服务实时性要求,测试数据如表 1 所示。

表 1 远动数据查询并发测试响应时间

Table 1 Test response time for telecontrol data query

监控 厂家	远动点表 数量	召远动点表		实时数据刷新	
		单次调用	并发调用	单次调用	并发调用
		响应时间/ s	响应时间/ s	响应时间/ s	响应时间/ s
A	10 000	5	11	1	2
B	10 000	3	8	1	1
C	10 000	6	12	6	11
D	10 000	6	10	1	3

c. 并发调用专项测试,充分测试了远程运维服务并发调用性能,满足多客户端并发调用需求。

d. 流量峰值测试,在大数据流量上送时,如历史信息调阅及应急管理功能,峰值达到 10 Mbit/s,在 2 Mbit 调度数据网带宽下存在数据重传现象。

5 结语

本文通过研究变电站监控系统远程运维技术,创新变电站运维机制,在满足电力系统二次安全防护的同时提高变电站自动化运维效率。本文提出的远程运维体系架构已在江苏电网南京与苏州地

区得到了应用,并开展了基于GSP的远程运维互操作联调实验。基于GSP的变电站监控系统远程运维技术研究与应用探索了一种全新的远程运维模式,适应当前无人值守变电站模式,提高变电站运维效率。

本文研究的远程运维应用功能与现有调控业务功能是并列运行,根据各业务功能实时性进行优先级动态调整是后续进一步研究的重点,对变电站其他系统与设备的远程运维也将是后续研究重点。

附录见本刊网络版(<http://www.epae.cn>)。

参考文献:

- [1] 国家电网公司. 智能变电站一体化监控系统功能规范: Q/GDW 678—2011[S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [2] 梁运华, 沈梦甜. 500 kV 变电站自动化系统实时远程维护实现[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14): 165-168.
LIANG Yunhua, SHEN Mengtian. Realization of real-time remote maintenance in 500 kV substation automation system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(14): 165-168.
- [3] 曾一凡, 孙波. 变电站 RTU 及远动信息故障诊断监测系统[J]. 电网技术, 2005, 29(8): 75-79.
ZENG Yifan, SUN Bo. Design of fault diagnosis and monitoring system for RTU in substations and remote control channels[J]. Power System Technology, 2005, 29(8): 75-79.
- [4] 王玉磊, 应黎明, 陶海洋, 等. 基于效能-成本的智能变电站二次设备运维策略优化[J]. 电力自动化设备, 2016, 36(6): 182-188.
WANG Yulei, YING Liming, TAO Haiyang, et al. Operation-maintenance strategy optimization based on efficiency-cost sensitivity analysis for secondary equipment of intelligent substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2016, 36(6): 182-188.
- [5] 张籍, 杜治, 谢瀚阳, 等. 基于不确定随机系统的新一代智能变电站可靠性分析[J]. 电力自动化设备, 2017, 37(9): 210-217.
ZHANG Ji, DU Zhi, XIE Hanyang, et al. NGSS reliability analysis based on uncertain stochastic system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2017, 37(9): 210-217.
- [6] 高峰, 胡绵超, 张阳志, 等. 远动系统中远程维护的技术探讨与实现[J]. 继电器, 2001, 29(8): 42-45.
GAO Feng, HU Mianchao, ZHANG Yangzhi, et al. The discussion and realization of remote maintenance technology in remote terminal system[J]. Relay, 2001, 29(8): 42-45.
- [7] 郝晓弘, 苏渊. 基于 Web 的变电站远程监控系统[J]. 电网技术, 2003, 27(7): 32-35.
HAO Xiaohong, SU Yuan. A Web based substation remote supervisory control system[J]. Power System Technology, 2003, 27(7): 32-35.
- [8] 侯爱军, 钱清泉. 基于网络的变电站远程维护系统的开发[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(11): 3158-3161.
HOU Maojun, QIAN Qingquan. Development of substation remote maintenance system based on network[J]. Computer Engineering and Design, 2005, 26(11): 3158-3161.
- [9] 马如远. 基于 C/S 结构的远程维护调试系统[J]. 机电工程, 2007, 24(4): 73-74.
MA Ruyuan. Remote maintenance & regulation system based on C/S structure[J]. Mechanical & Electrical Engineering Magazine, 2007, 24(4): 73-74.
- [10] 高昆仑, 辛耀中, 李钊, 等. 智能电网调度控制系统安全防护技术及发展[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(1): 48-52.
GAO Kunlun, XIN Yaozhong, LI Zhao, et al. Development and process of cybersecurity protection architecture for smart grid dispatching and control systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(1): 48-52.
- [11] 国家电网公司. 电力系统简单服务接口规范: Q/GWD 622—2011[S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [12] 胡荣, 张喜铭, 李金, 等. 变电站 IEC61850 第二版信息及服务模型探讨[J]. 电力工程技术, 2017, 36(6): 38-44.
HU Rong, ZHANG Ximing, LI Jin, et al. The discussion on information model and service model of IEC61850 Ed2.0 used in smart substation[J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(6): 38-44.
- [13] 左欢欢, 彭奇, 王德辉, 等. 基于 SCD 文件的智能变电站交换机自动配置实现[J]. 电力工程技术, 2018, 37(1): 91-96.
ZUO Huanhuan, PENG Qi, WANG Dehui, et al. Implementation of switch automatic configuration of smart substation based on SCD files[J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37(1): 91-96.
- [14] 彭志强, 张琦兵, 张小易, 等. 特高压变电站监控系统测试技术应用分析[J]. 江苏电机工程, 2016, 35(6): 56-60.
PENG Zhiqiang, ZHANG Qibin, ZHANG Xiaoyi, et al. Analysis of testing technology application to monitoring and control system for UHV substation[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2016, 35(6): 56-60.
- [15] 胡绍谦, 李力, 朱晓彤, 等. 提高智能变电站自动化系统工程实施效率的思路与实践[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(11): 173-180.
HU Shaoqian, LI Li, ZHU Xiaotong, et al. Scheme and practice for improving engineering implementation efficiency of smart substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(11): 173-180.

作者简介:



彭志强

彭志强(1986—),男,江西万年人,高级工程师,硕士,从事调度自动化及智能变电站技术方面的研究工作(E-mail: peng_zhiqiang@163.com);

张琦兵(1985—),男,贵州贵阳人,高级工程师,硕士,从事调度自化专业管理工作(E-mail: zqb_312@163.com);

苏大威(1972—),男,江苏无锡人,高级工程师,硕士,从事电网调控运行管理方面的工作。

Remote operation and maintenance technology of substation supervisory control system based on GPS

PENG Zhiqiang^{1,2}, ZHANG Qibin³, SU Dawei³, HUO Xuesong³, ZHANG Xiaoyi^{1,2}

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Company Limited Research Institute, Nanjing 211103, China

2. Key Laboratory of State Grid Corporation, Substation Intelligent Equipment Experimental Technology Laboratory,

Nanjing 211103, China; 3. State Grid Jiangsu Electric Power Company Limited, Nanjing 210024, China)

Abstract: In order to adapt to the unattended substation mode and improve the operation and maintenance efficiency of substation supervisory control system, the ICT (Information and Communication Technology) is adopted to carry out the research and application of remote operation and maintenance technology of substation automation. The architecture of remote operation and maintenance system of substation based on general service protocol in electric power system is designed, the framework of information interaction between main station and substation is established. According to the security requirements of the secondary system of electric power system, the architecture of whole process safety management system, which includes communication layer, protocol layer and application layer, is designed, and the whole process safety management flowchart of service life cycle oriented is proposed. To meet the requirements of remote operation and maintenance of substation supervisory control system, five kinds of application functions of remote operation and maintenance are extracted. According to the technical scheme of remote operation and maintenance, a complete test environment is built, which is used to carry out the remote operation and maintenance interoperability test. The test results prove the feasibility of the technical scheme. The pilot application of technical scheme has been carried out in Nanjing and Suzhou of Jiangsu Power Grid.

Key words: remote operation and maintenance; intelligent substation; supervisory control system; general service protocol; interoperability test

(上接第 209 页 continued from page 209)

Foreign body identification based on TensorFlow for high voltage transmission line

GONG Gangjun¹, ZHANG Shuai², WU Qiuxin², CHEN Zhimin¹, LIU Ren³, SU Chang¹

(1. Beijing Engineering Research Center of Energy Electric Power Information Security, North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. School of Applied Science, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China;

3. Beijing Excellent Network Security Technology Corp., Ltd., Beijing 102206, China)

Abstract: Aiming at the low accuracy rate of traditional foreign body identification, a foreign body identification model based on TensorFlow-based deep CNN (Convolutional Neural Network) is proposed. The inspection image is pre-processed by image graying and size compression, and BM3D algorithm is used for image denoising to get the training data needed in the experiment. A deep CNN framework based on TensorFlow is proposed. By using the TensorBoard module in the framework, the model structure is designed and parameters of the deep CNN are selected, and the ReLU activation function and feature weight are analyzed theoretically. The experimental results show that after fifteen times of iteration training, the deep CNN has better recognition ability than the traditional SVM, ELM and BP neural network; compared with the classical LeNet-5 model, VGGNet model and models in the related literatures, the proposed model has more advantages.

Key words: power transmission lines; foreign body identification; convolutional neural network; TensorFlow

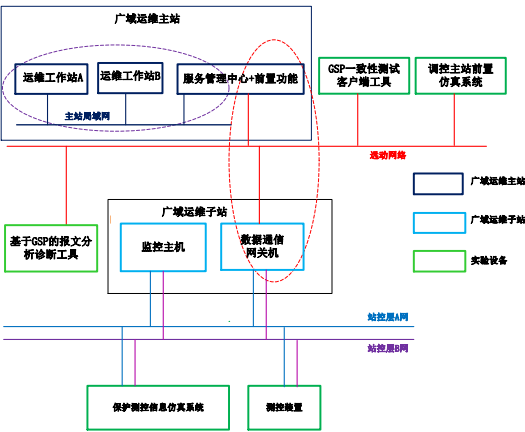


图 A1 远程运维互操作实验系统结构示意图

Fig.A1 Schematic diagram of interoperability experiment system for remote operation and maintenance