

电网技术

变电站自动化设备运维管控系统及其应用

郑翔¹, 殷建军², 杜奇伟³, 殷欢², 阮黎翔⁴

- (1. 国网浙江省电力有限公司衢州供电公司, 浙江 衢州 324100;
2. 北京四方继保工程技术有限公司, 北京 100080;
3. 国网浙江省电力有限公司, 杭州 310007;
4. 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院, 杭州 310014)

摘要: 目前变电站自动化运维过程中存在远动信息核对和季测试工作依赖人工、工作量大、易出错等弊端, 且自动化设备配置管控和设备评价难以满足工作要求。对此, 通过构建基于电力 GSP(通用服务协议)的自动化设备运维管控系统, 实现了数据通信网关机周期性自动核对、季测试报告自动生成、配置管控和状态评价策略制定, 可及时发现自动化设备的发展性缺陷, 在辅助工作人员进行自动化设备运维管控、减少人员维护成本、提高电网安全可靠等方面取得了良好的效果。

关键词: 二次设备; GSP; 自动化设备; 运维管控系统

文章编号: 1007-1881(2021)03-0042-09

DOI: 10.19585/j.zjdl.202103007

中图分类号: TM762

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Operation and Maintenance Control System for Substation Automatic Equipment and Its Application

ZHENG Xiang¹, YIN Jianjun², DU Qiwei³, YIN Huan², RUAN Lixiang⁴

- (1. State Grid Quzhou Power Supply Company, Quzhou Zhejiang 324100, China;
2. Beijing Sifang Automation Co., Ltd., Beijing 100080, China;
3. State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou 310007, China;
4. State Grid Zhejiang Electric Power Research Institute, Hangzhou 310014, China)

Abstract: There are some problems in existing substation automatic operation and maintenance, such as manual checking and quarterly testing, heavy workload and error proneness, and the automation equipment configuration control and equipment evaluation cannot meet the work requirements. Through the construction of GSP (general service protocol) based automatic equipment operation and maintenance management system, the periodic automatic verification of remote control device, automatic generation of the quarterly test report, configuration control and status evaluation strategy formulation are realized, and the developmental defects of automation equipment are found in time, which has achieved good results in reducing personnel maintenance costs and improving the security and reliability of power grid.

Keywords: secondary equipment; GSP; automation equipment; operation and maintenance control system

0 引言

变电站的智能化技术飞速发展, 设备运行管理内容日新月异, 原有的变电运维检修管理模式

及配套支撑技术却未能随之与时俱进, 智能变电站自动化设备所具备的优势也未能体现, 使得智能变电站运维面临一系列问题^[1-5]。

(1) 过程层二次回路信息以光纤以太网为载体, 通过数字信号形式在间隔层设备与过程层设备之间传递, 取代了原来的电缆硬接线传递模拟

基金项目: 国网浙江省电力有限公司科技项目(5211DS170016)

信号方式,回路信息变得不可见,现场回路故障排查困难。

(2)在新建、检修、扩建智能变电站时,自动化设备版本、定值、虚回路、光纤回路、二次安全操作、软硬压板等缺乏有效的运维技术支撑平台,增加了变电站运维、检修及改扩建的不可控性,存在自动化设备误操作、误接线、误设置等风险,关键设备及其回路发生缺陷时无法快速定位诊断,难以满足运维人员快速应急抢修需求。

(3)未对自动化二次设备上送的数据信息进行有效分析,无法对二次设备的隐性故障进行预警,尤其对于关键的控制操作失败问题,往往都只能在事后进行问题排查,不利于二次系统的稳定运行。

(4)粗放式的设备管理、现场运维人员水平参差不齐、受常规综自站运维习惯影响等因素,导致运维人员不但没有享受到智能变电站带来的便利,反而增加了运维负担。

针对以上问题,国内相关领域专家积极探索,取得了一定的研究成果。文献[6]介绍了二次设备在线监测及智能诊断技术的实现思路和体系架构,通过二次回路的链路、协议、模型等多角度多方位的分析得出故障定位判定逻辑。文献[7]提出采用规则推理方法实现对智能变电站二次通信系统的故障诊断。文献[8]提出了一种基于多参信息量的二次回路在线监测及故障诊断方法。文献[9-11]针对常用二次设备,提出针对状态评价的主要技术性能指标和评价方法。文献[12]研究了二次设备运维可视化、故障诊断、智能告警等技术,实现了变电站的可视化运维。文献[13]针对智能变电站数据通信网关机调控信息传统调试方法存在的弊端,通过深入研究站内不同数据源信息之间的关联关系,提出一种针对数据通信网关机全站遥信配置的快速校核技术方案。文献[14]研究智能变电站配置文件全过程校核方法,通过对SCD(变电站配置描述)文件的语法、语义进行校验,对不同版本文件进行比对分析,并通过模拟传动等动态校核技术,对智能二次设备虚端子、虚回路及遥信点表进行自动化测试,从而验证SCD中虚回路的正确性,提高测试效率和正确率。上述研究大多是在继电保护设备信息采集基础上进行的状态监视和故障分析,少数针对SCD

模型文件进行检验,但都缺少对自动化设备运维、检修、模型管控等方面的深入研究。

本文从智能变电站运维实际问题出发,以支撑变电站自动化设备运行、检修与专业管理的需求为核心,以支撑智能变电站远程运维为目标,对智能变电站自动化设备的状态监视、运维管控、巡视预警、分析评价等方面开展研究,构建智能变电站自动化设备智能运维管控平台,提供丰富的设备运维管控手段,提升自动化设备运行监视、运维管控与预警评价技术水平,减少智能变电站运维工作量,满足变电站自动化设备工况监视、远程维护与设备管理的业务需求,推进自动化设备运维管控工作向自动化、标准化和远程化方向发展。

1 总体架构

智能变电站自动化设备运维管控系统由部署在调度端的主站和变电站端的子站共同组成,系统实时采集变电站自动化设备运行的关键信息,采用统一的数据模型及通信规范,能够灵活支持设备信息模型及业务功能扩展,提供便捷的可视化展示手段,满足电力二次系统安全防护的相关要求,实现了变电站自动化设备的运行工况监视、监控信息三方核对、季测试、模型参数管控、业务功能预试、智能巡视、缺陷管理、网络分析预警等功能^[15-17]。

系统运维管控的自动化设备包括监控主机、通信网关机、测控装置、网络交换机、时间同步装置等。系统构建的自动化设备模型包括设备台账信息、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。

1.1 系统硬件架构

智能变电站自动化设备运维管控系统采用分层架构,由主站和子站两部分组成,主站部署在调度中心,与子站通信采集厂站端数据,并和调度侧EMS(能量管理系统)、调控云系统进行数据交互,实现智能变电站运维管控系统所有功能以及界面展示。运维管控系统架构如图1所示。

子站采用装置型设备,部署在变电站站控层,在线采集测控装置、通信网关机、时间同步装置、交换机及服务器类设备的信息,提供就地监视及操作的可视化人机界面,支撑站端自动化设

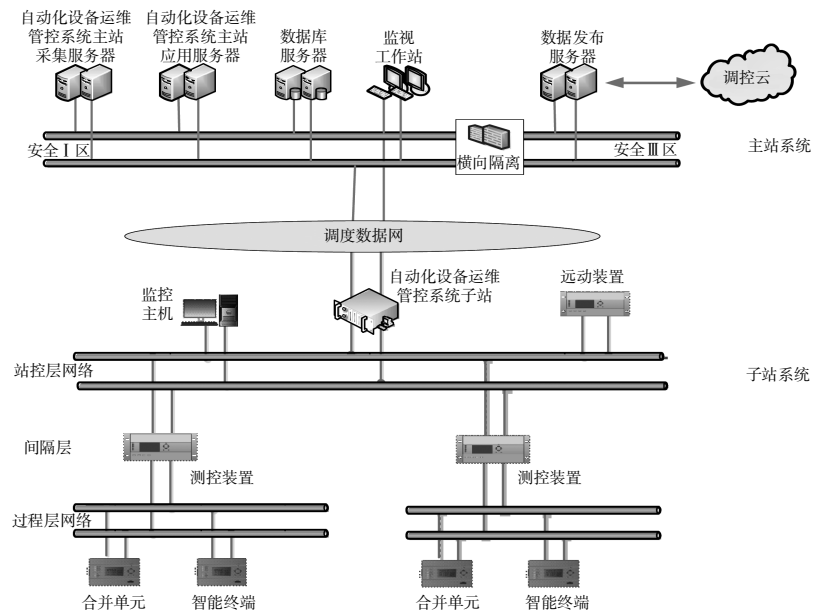


图1 智能变电站自动化设备运维管控系统架构

备就地运维。运维管控子站架构如图2所示。

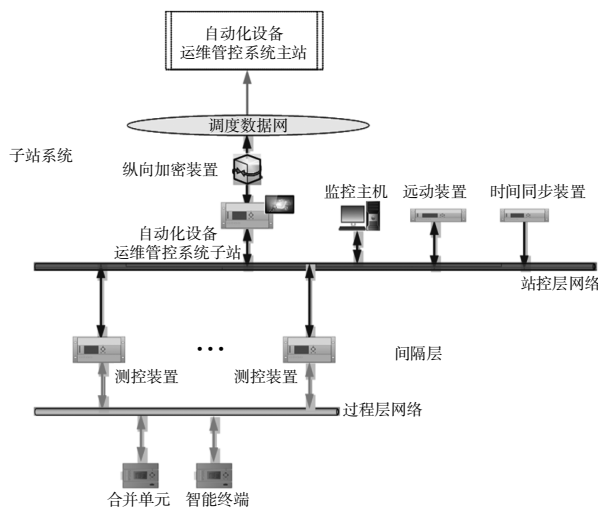


图2 运维管控子站架构

运维管控系统主、子站通过电力调度数据网 I 区进行通信,采用 SM2 数字安全认证技术与通用服务协议实现主、子站设备身份安全认证和系统数据交互,支撑智能变电站自动化设备远程运维功能。

1.2 系统数据流向

系统子站通过 DL/T 860, SNMP, IEC 104 等协议实现测控装置、通信网关机、网络交换机、时间同步装置及服务器等自动化设备的实时运行

信息采集,通过 RCD(远动配置描述)文件、全站 SCD 模型文件实现系统建模,利用 RCD 文件扩展的远动断面数据文件(RCD_RT 文件)实现远动四遥断面数据采集,采用电力 GSP(通用服务协议)实现主、子站之间的信息交互。运维管控系统数的信息采集方式如图3所示。

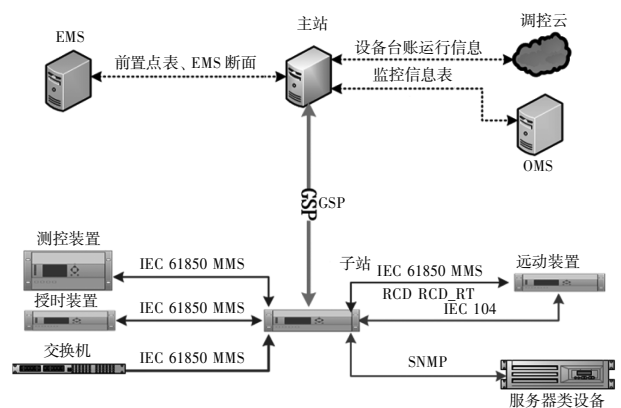


图3 运维管控系统信息采集方式示意

主站通过子站上送的 RCD 文件、全站 SCD 模型文件与调度端 EMS 前置信息点表、监控信息表实现主站端变电站自动化设备建模,采用 GSP 实现主、子站信息交互,通过 RCD_RT 文件实现远动四遥断面数据采集。运维管控系统的数据流如图4所示。

2 系统功能

自动化设备运维管控系统负责自动化专业管辖设备的远程运维与管控，系统由基础功能、厂站监视、运维管控、配置管控、巡视预警、分析评价、辅助工具与数据接口等八大功能簇构成，详见图5。

2.1 远动信息核对

监控信息表是支撑EMS与电网调控业务的关键环节，监控信息表中包含了变电站EMS业务需要的四遥转发信息，变电站新建、改造、扩建或者新增、修改远动上送信息点时，调度会依据EMS业务要求重新调整四遥转发信息点表，需要人工严格验证及核对测控、保护的上送信息与远动四遥转发点表、监控信息表的映射关系的准确性和同源性。

远动RCD信息点表包含了测控、保护等二次设备的上送信息与远动四遥转发点表、监控信息表的映射关系，当变电站运维工作涉及到EMS四遥点表变化时，都需要调整监控信息表，对应的变电站远动RCD信息点表同期进行调整，也就是远动装置的RCD文件需要同期调整。

远动信息核对功能依据远动四遥转发信息需要人工严格验证及核对测控、保护的上送信息与远动四遥转发点表、监控信息表的映射关系的准确性和同源性，实现监控信息表、EMS前置点表、远动RCD信息点表、全站SCD模型文件的静态信息在线核对，辅助运维人员在线监控远动信息表的准确性和同源性，排除人为或者设备异常带来的远动点表异常变化隐患。

模块功能方案如下：

(1)主站按照最新的监控信息表、EMS前置

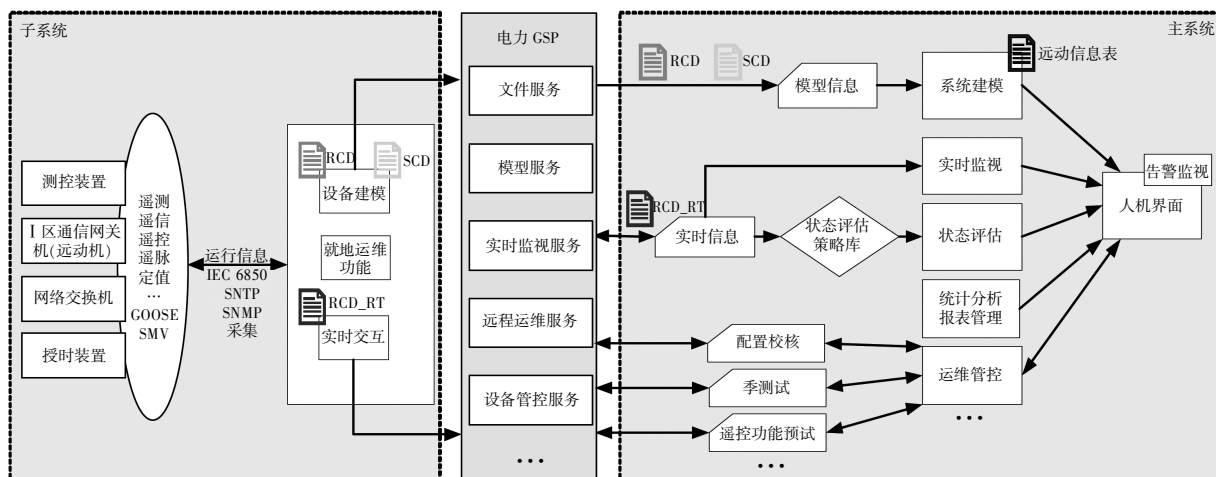


图4 主、子站系统数据流示意

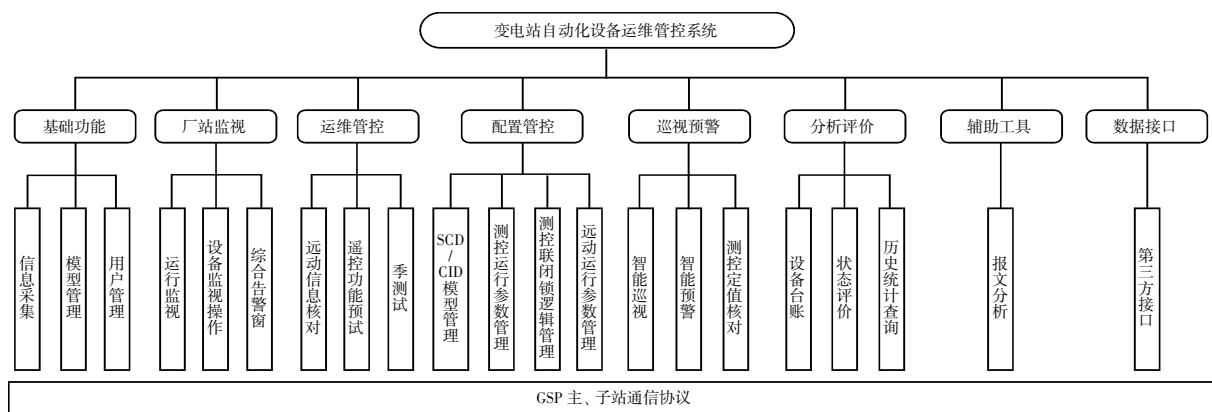


图5 自动化设备运维管控系统功能

信息点表与变电站全站 SCD 文件进行分析比对, 形成以“[变电站名][通道名][序号]_ST.rcd”为命名规则的、符合 RCD 文件格式要求的标准远动信息文件, 该文件将下发到子站, 作为子站校核 RCD 文件的校核标准。

(2)子站可就地核对远动信息的关键属性, 如表 1 所示。

表 1 远动信息核对关键属性

标准远动信息文件	核对	RCD 文件
EMS 信息对象地址 (104 点号)	一致	RCD 四遥转发信息地址 (104 点号)
监控信息表 信息点描述	一致	RCD 文件 信息点描述
信息点在 SCD 文件中的 Reference	一致	信息点在 RCD 文件中的 Reference

子站远动信息核对包括就地手动核对和周期自动核对两种模式。子站手动/周期自动核对流程如图 6 所示, 即: 子站手动或周期从远动机获取 RCD 文件, 子站在获取 RCD 文件后执行核对功能, 校核标准远动信息文件和在线获取的 RCD 文件的静态模型点表是否一致, 不一致时触发“远动点表异常告警”并生成远动点表核对报告, 远动点表核对报告中标记了当次远动点表核对不一致的信息点及不一致的原因, 主站可以在收到“远动信息核对异常告警”时召唤相应的远动点表核对报告。

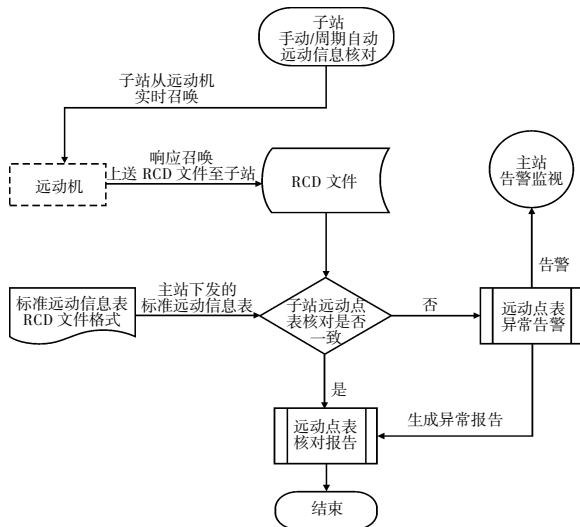


图 6 子站手动/周期自动核对流程

2.2 季测试

子站季测试是子站按季度测试测控数据与远动数据在触发测试时的断面数据偏差是否超过限制的一种方法。当前, 季测试工作以人工定期测试为主。但人工测试信息录入工作量大, 易出错, 难校验, 很多问题凭人工经验判断, 容易被忽视、错判。自动化运维系统通过子站可以人工或定期执行季测试, 并对异常测试结果进行告警, 生成相应的季测试报告。

子站季测试流程如图 7 所示, 即: 子站从远动机获取远动四遥断面记录文件(RCD_RT 文件), 在获取文件后与子站本身实时采集的四遥信息实时值进行核对, 校核远动四遥断面记录文件中每一条四遥信息断面值和子站本身实时采集的对应四遥信息实时值的偏差是否超出规定的标准范围, 若偏差超出标准范围, 则触发“季测试数据异常告警”并生成季测试数据核对报告, 季测试数据核对报告中标记了当次远动四遥断面记录文件与子站本身实时采集的四遥信息实时值数据核对不一致的信息点、值及不一致的原因, 主站可以在收到“季测试数据异常告警”时召唤相应的季测试数据核对报告。

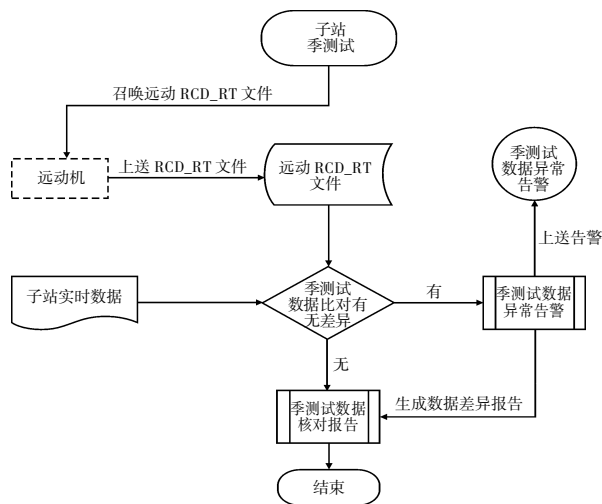


图 7 子站季测试流程

2.3 功能预试

功能预试是利用遥控指令“①选择→②反校→③执行→④确认”的操作步骤测试系统遥控功能是否可用, 目的是在系统运行过程中测试远动至测控装置当前是否可执行遥控命令, 同时也可在

EMS 系统遥控操作失败后，辅助检测遥控失败是否是由远动机至测控装置本身异常导致，关键做法是在“①选择→②反校”命令成功后，“③执行”操作时执行“取消遥控”的命令，测控装置反馈“遥控失败的确认状态”。遥控预试的整个过程中子站记录所有命令的执行过程，形成序列化的报告，子站发送预试成功或失败信息至主站，主站可依据预试信息查询子站遥控预试的序列化记录报告。主站通过子站召唤远动机的遥控报文记录文件及日志记录文件查看远动机执行命令过程和分析交互报文。功能预试流程如图 8 所示。

2.4 配置管控

本文通过在线管控变电站自动化设备运行参数配置的方法，实现了在线管控自动化设备运行参数配置功能，及时发现 SCD, CID(智能电子设备实例配置描述)、CCD(智能电子设备二次回路实例配置描述)模型文件和测控装置配置文件配置错误和潜在风险，提升了配置文件的一致性和准确性管控水平，减少了现场人员的工作量，提高了配置文件管控工作效率和可靠性。

2.4.1 全站 SCD 及测控 CID, CCD 文件管理

全站 SCD 及测控 CID, CCD 模型文件管理辅助调度、检修用户在线管控 SCD 与 CID, CCD 模型文件，排除由于人为原因造成的模型不一致

隐患。图 9 给出了模型文件配置管控示意，具体功能方案如下：

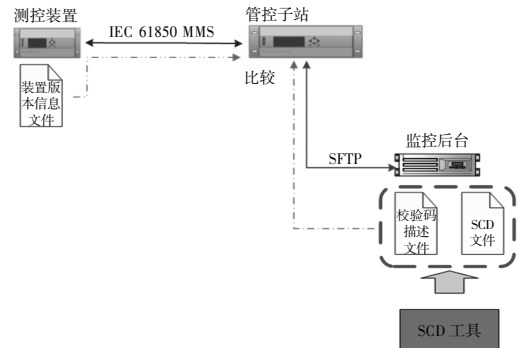


图 9 模型文件配置管控示意

(1)系统配置器增加输出测控装置 CID 和 CCD 文件校验码配置文件的功能，运维管控系统能存储全站 SCD 模型文件及测控装置 CID, CCD 文件校验码配置文件，作为全站 SCD 及测控 CID, CCD 模型文件管理功能标准值。

(2)全站 SCD 模型管理：手动/周期从监控主机召唤全站 SCD 模型文件及测控装置 CID, CCD 文件校验码配置文件，校验召唤的 SCD 与本地存储的标准 SCD 是否一致，不一致时输出模型变化告警，一致时不需重新召唤测控 CID 和 CCD 进行比对。

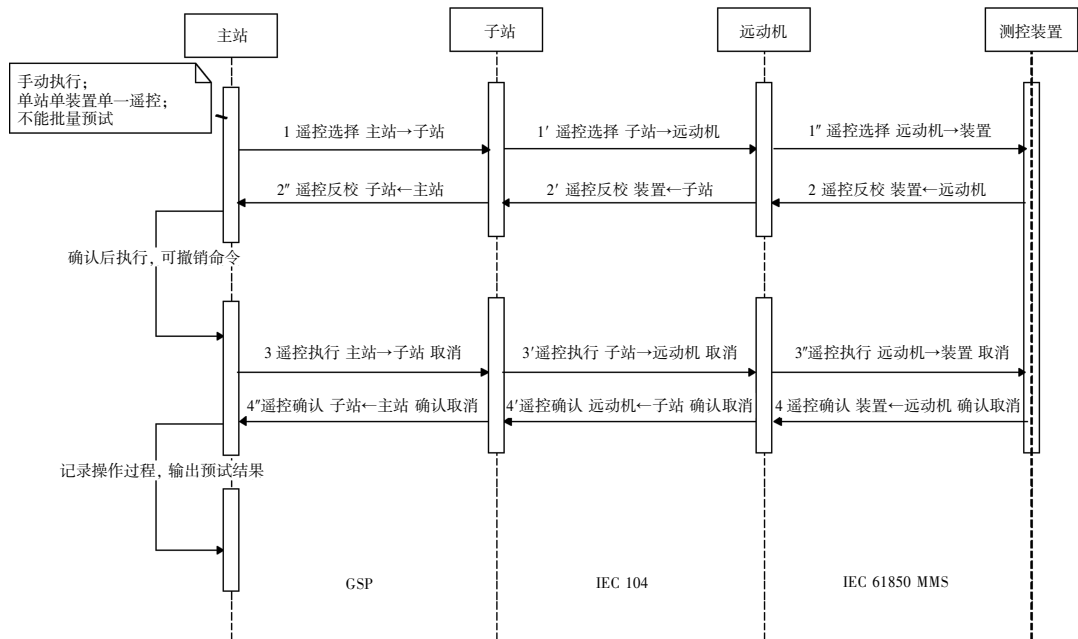


图 8 功能预试流程

(3)测控 CID, CCD 模型管理:手动/周期获取测控装置的 CID, CCD 校验码与测控装置 CID, CCD 文件校验码配置文件进行比对,实现运行 SCD 与 CID, CCD 模型变化校验,校验异常时输出模型异常告警及模型异常运维文件。

2.4.2 测控装置联闭锁逻辑可视化

测控装置联闭锁逻辑可视化利用站端的运维管控系统实现在线校核全站与测控装置联闭锁逻辑文件的一致性,实现测控装置联闭锁逻辑可视化校核。

如图 10 所示,变电站自动化设备运维管控子站分别与监控主机、测控装置通信,采用 SFTP (安全文件传送协议)方式从监控主机获取全站联闭锁逻辑文件与配套的测控联闭锁逻辑文件校验记录文件并保存在指定文件目录,采用 DL/T 860 规范文件服务方式从测控装置获取测控联闭锁逻辑文件。

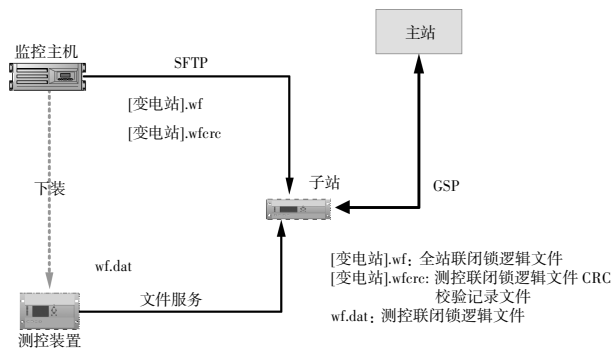


图 10 联闭锁逻辑信息采集示意

测控联闭锁逻辑文件校验记录文件包含由全站联闭锁逻辑文件导出的所有单个测控装置的测控联闭锁逻辑文件校验码信息。

测控联闭锁逻辑文件校验记录文件后缀名为 wfcrc,采用 E 格式描述和 UTF-8 编码方式,校验信息包含序号、IED Name、中文描述、制造商以及校验码,详见表 2。

表 2 测控联闭锁逻辑文件校验属性

属性名	解释	属性值类型
sn	序号,从 1 开始,依次递增	INT32U
iedname	测控装置 IED Name	VisString255
des	测控装置中文描述	VisString255
manufacturer	制造商	VisString255
checksum	校验码	VisString255

测控联闭锁逻辑文件示例如下:

```
<! Entity=wfcrc Version=1.0 Code=UTF-8 data=1.0 time='2016-04-14
12:00:00'! >
<E>
<校验码信息>
@ sn iedname des manufacturer checksum
序号 IEDName 描述 制造厂商 校验码
1 CB5011 500 kV 1 号主变 5011 断路器测控 北京四方 B540310F
2 CB5012 500 kV 第一串联 5012 断路器测控 北京四方 EED65987
3 CB5032 500 kV 第三串联 5032 断路器测控 北京四方 CD05EB0B
</校验码信息>
</E>
```

2.4.3 联闭锁逻辑文件校核管理

联闭锁逻辑文件校核管理流程如下:

(1)监控后台对全站和单个测控联闭锁逻辑文件进行统一配置,增加输出“全站测控联闭锁逻辑文件校验记录文件”的功能,运维管控系统召唤并存储全站联闭锁逻辑文件及全站测控联闭锁逻辑文件校验码记录文件,并以此作为全站及测控联闭锁逻辑文件校核管理功能的标准值。

(2)全站测控联闭锁逻辑文件管理:主站采用手动召唤模式,子站采用手动或者周期召唤模式,从监控主机召唤“全站联闭锁逻辑文件”及“测控联闭锁逻辑文件校验记录文件”配置文件,校验全站联闭锁逻辑文件召唤文件与本地存储的标准“全站联闭锁逻辑文件”是否一致,不一致时输出全站联闭锁逻辑文件变化告警,一致时不需重新召唤测控联闭锁逻辑文件(wf.dat)进行比对。

(3)系统产生“全站联闭锁逻辑文件变化告警”后(主站收到告警),自动逐个召唤获取测控装置的测控联闭锁逻辑文件并计算文件 CRC 校验码,再与重新获取的全站测控联闭锁逻辑文件校验记录文件中对应测控的联闭锁校验码进行比对。若比对一致,即存储新获取的全站联闭锁逻辑文件及测控联闭锁逻辑文件校验记录文件并将其作为标准值;不一致时,输出“测控联闭锁逻辑文件异常告警”及测控联闭锁逻辑异常运维文件。

(4)测控联闭锁逻辑文件管理:主站采用手动召唤模式,子站采用手动/周期召唤模式,获取测控装置的测控联闭锁逻辑文件并计算校验码,再用计算出的校验码与“全站测控联闭锁逻辑文件校验记录文件”对应测控联闭锁校验码进行比对,实现测控联闭锁逻辑文件一致性校验,校验

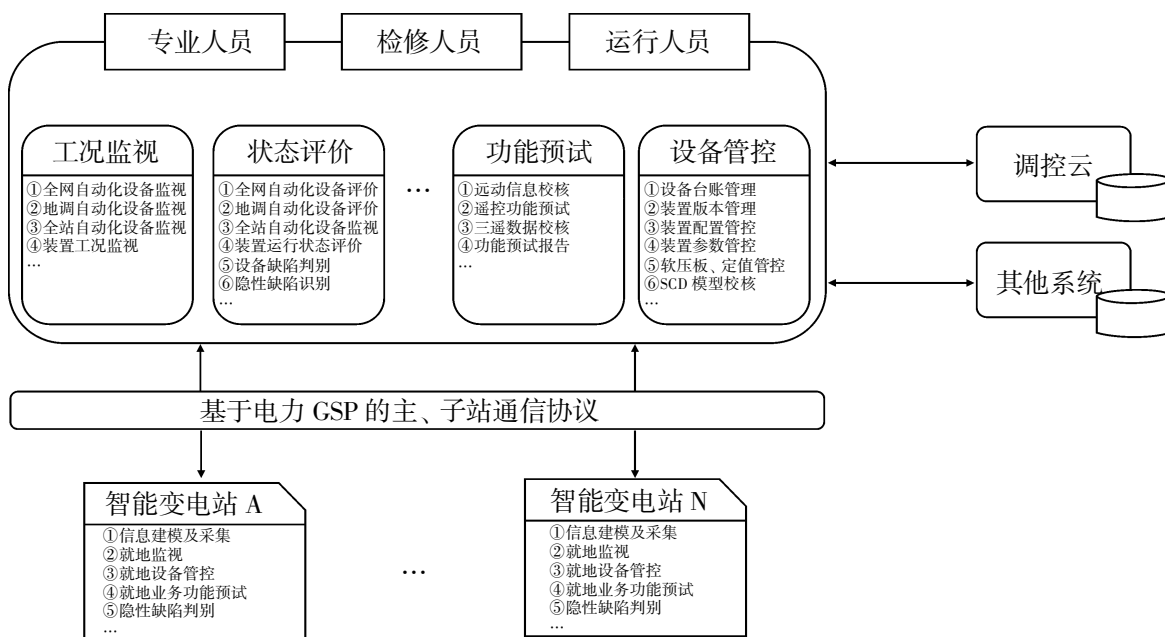


图 11 自动化设备运维管控系统示意图

异常时输出测控联闭锁异常运维文件。

3 应用效果

自动化设备运维管控系统示意图 11。经试点验证，该系统可用于新建及改造智能变电站工程中，应用效果如下：

(1)智能变电站自动化设备运维管控系统应用后，将大幅减少变电站繁重的运维检修工作。以变电站二次设备日常巡视为例，采用系统主动巡检后，巡检时间预计可以由目前人工巡检的每台平均 30 min 减少到每台平均 3 min，预期可让变电站日常运维工作量降低 80%以上。

(2)智能变电站自动化设备故障诊断及定位技术可大幅减少故障排查时间，设备故障排查时间预计可从目前的平均 2 天减少到 2 h 左右，设备故障排查效率提升 80%以上。

(3)为运检部门及时发现及预测变电站自动化设备状态、配置变化、网络通信故障及专业业务功能可用性提供技术手段，提高智能变电站运维水平。

(4)为调度部门及时评估二次设备异常对电网风险的影响提供决策依据，有助于提高电网安全运行水平。

研究成果可广泛应用于智能变电站的自动化

设备运行维护中，实现智能变电站运维工作的远程化、集中化、自动化，极大地减少运维的人力物力，降低检修维护工时，具有良好的经济效益和社会效益。

4 结语

本文通过构建智能变电站自动化设备运维管控系统，实现了对全站自动化设备的模型、参数、配置及台账数据的就地与远程管控，可有效支撑运行、检修及专业管理对自动化设备的工况监视、远程维护与设备管理的业务工作，全面提升了自动化设备运维管控的技术水平和工作效率，为自动化专业管理部门动态、实时掌握变电站自动化设备状态、网络结构及设备配置及专业业务功能可靠性提供信息化技术手段，提高智能变电站专业管理水平；为运检部门及时发现及预测变电站自动化设备状态、配置变化、网络通信故障及专业业务功能可用性提供技术手段，提高了智能变电站运维水平；为调度部门及时评估二次设备异常对电网风险的影响提供决策依据，提高了电网安全运行水平。

参考文献：

[1] 陈向东,张杰.浅析智能变电站运维管理存在的问题及

- 改进建议[J].城市建设理论研究,2018(14):54-55.
- [2] 王强,贺洲强.智能变电站运行维护管理探讨[J].电力安全技术,2012,14(5):1-5.
- [3] 笃峻,叶翔,葛立青,等.智能变电站继电保护在线运维系统关键技术的研究及实现[J].电力自动化设备,2016,36(7):163-168.
- [4] 吴国权.智能变电站运维及操作的研究与应用[D].北京:华北电力大学,2015.
- [5] 尹相国,杨拯,张彬,等.智能变电站保护设备可视化运维系统研究与应用[J].河北电力技术,2019,38(1):30-33.
- [6] 孙晓明.智能变电站二次设备在线监测与智能诊断[J].电工电气,2016(9):51-54.
- [7] 孙莉君,董科研,许晓峰,等.智能变电站二次设备故障诊断系统的研究[J].沈阳工程学院学报(自然科学版),2016,12(1):55-60.
- [8] 叶远波,孙月琴,黄太贵,等.智能变电站继电保护二次回路在线监测与故障诊断技术[J].电力保护与控制,2016,44(20):148-153.
- [9] 李学斌,解放,杨军,等.智能变电站二次设备状态监测和评价方法研究[J].中国电业(技术版),2014(9):96-99.
- [10] 程肖峰.大同超高压公司继电保护状态检修管理研究[D].北京:华北电力大学,2011.
- [11] 夏莹.继电保护状态维修方法研究[D].重庆:重庆大学,2010.
- [12] 秦红霞,武芳璞,彭世宽,等.智能电网二次设备运维新技术研讨[J].电力系统保护与控制,2015,43(22):35-40.
- [13] 罗华峰,陆承宇,宣晓华,等.基于全景信息扫描的智能变电站远动装置遥信配置快速校核技术[J].浙江电力,2018,37(2):42-47.
- [14] 肖永立,张涛,刘少波,等.智能变电站配置文件全过程校核方法研究[J].电工技术,2017(6):35-37.
- [15] 全国电网运行与控制标准化技术委员会.电力系统通用服务协议:GB/T 33602—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [16] 李军良,辛耀中,范广民等.电力系统动态消息编码技术[J].电力系统自动化,2015,39(1):14-18.
- [17] 张鸿,杨胜春,黄海峰,等.基于通用服务协议的广域数据透明访问框架及关键技术[J].电力系统自动化,2019,43(22):165-172.
- [18] 田洋,潘红.智能化光纤在线监测系统在电力通信网中的建设应用[J].内蒙古电力技术,2019,37(5):51-54.
- [19] 计科,张墙,王新功,等.电力通信时钟同步网在线监测系统的设计[J].内蒙古电力技术,2019,37(1):41-45.
- [20] 邹沛恒,代宇涵,郭果,等.变电站序列控制远方操作安全风险防治与管控[J].四川电力技术,2019(5):61-66.
- [21] 张舵,马超,李嘉逸,等.多能优化调度在智慧能源管控平台中的应用[J].四川电力技术,2019(5):5-9.
- [22] 刘翌,季剑,施建华,等.高安全性电网在线运行数据自动监测系统设计[J].电网与清洁能源,2020,36(11):106-110.

收稿日期:2020-09-19

作者简介:郑翔(1972),男,高级工程师,研究方向为电力系统自动化。

阮黎翔(1977),男,高级工程师,研究方向为电力系统自动化。(通讯作者)

(本文编辑:方明霞)