

在线监测信息系统结构层次设计与实践

吴志鹏^{1,2}, 杨 苹¹, 姜新宇², 崔 勇²

(1. 华南理工大学广东省绿色能源技术重点实验室, 广东广州 510641; 2. 广州智光电气股份有限公司, 广东广州 510760)

摘 要: 随着分布式技术、总线技术和 Web 技术的发展, 变电站的在线监测信息系统已经由原来的分散式进化为现在的集中式, 但是由于在线监测单元的种类各异, 开展监测的时间不同步, 未形成统一规划, 各个变电站各自为政, 未发挥出其应有的作用. 通过对在线监测信息系统的分层设计, 构建一体化信息网络, 对监测单元采集数据进行统一处理, 并对数据信息进行整合, 评价设备状态, 按照统一的接口上报处理后的数据, 从而实现电力服务公司技术支持和技术服务水平的提升, 提高变电站的智能化水平. 系统可面向省公司及各个地市局提供基础的在线监测及状态评价相关应用.

关键词: 变电站; 在线监测; 分层设计; 信息系统

中图分类号: TP277 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2018)11-2803-06

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn> **DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2018.11.031

Hierarchical Structure Design and Application for Online Monitoring Information System

WU Zhi-peng^{1,2}, YANG Ping¹, JIANG Xin-yu², CUI Yong²

(1. Guangdong Province Key Laboratory of Green Energy Technology in South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510641, China;
2. Guangzhou Zhiguang Electric Incorporated Company, Guangzhou, Guangdong 510760, China)

Abstract: With the development of the distributed technology, field-bus technology and Web technology, the online monitoring information system of transformer substation has evolved from the original decentralized system to the present centralized system. But due to the different types of online monitoring units, and time asynchronous to carry out the monitoring, there is no unified planning, and lack of coordination in each transformer substation. The present system does not play its due role. Through the hierarchical structure design for online monitoring information system, constructing the integrated information network, unified processing data from monitoring acquisition units. This system integrates the data information and assesses the equipment condition, and reports the processed data in a unified interface. It realizes the promotion of technical support and technical service level in power service company, and improves the intelligence level of the transformer substation. This system can provide basic online monitoring and status evaluation related applications for provincial companies and urban power bureau.

Key words: transformer substation; online monitoring; hierarchical design; information system

1 引言

智能电网的发展要求电网状态在线监测的自动化和智能化, 在线监测除了包含主干电力传输网络, 还包括了地域分布广泛的各类变电站^[1,2]. 变电站内由于设备种类各异数量众多, 往往是故障高发的环节^[3], 而且现有变电站内的各类设备、传感器和检测仪表通常由不同的厂商提供, 存在系统多样化、自成体系、接口多样、数据类型不统一等等, 造成变电站信息只能内部查

看的信息孤岛问题^[4,5]. 因此, 有必要构建一种一体化的在线监测系统, 能将各种不同的传感器、检测仪表纳入其中, 实现数据的统一采集、处理、存储和上报, 由原来的分散式在线监测变为集中式, 提高变电站的智能化和自动化水平^[6,7].

本文就目前存在的数据接口不统一导致的变电站信息孤岛问题, 提出了变电站在线监测信息系统的三层结构设计, 底层站内采用统一的 IEC61850 通信接口

标准,上层通信采用 Web Service 技术,并构建远方综合数据平台,实现跨安全区的各类横向系统之间以及变电站站内数据平台与远方综合数据平台纵向系统之间的数据共享和整合,提供统一的数据服务。

2 在线监测系统的层次结构设计

本文设计的在线监测及状态评价系统总体上按照三层体系结构设计,分别如下:

第一层,子站(变电站级):位于最底层,负责采集站内所有变电设备在线监测装置的数据信息。

第二层,二级主站(地区供电局级):负责接入供电局所属变电站的所有在线监测数据信息并按照统一的

格式进行存储,同时接入地区局生产管理系统与在线监测相关的数据信息进行整合,评价设备状态。

第三层,一级主站(省公司级):位于最顶层,负责接入地区局二级主站系统的在线监测数据信息,并与省公司生产管理系统的相关数据进行整合。一次主站将按照数据中心的模式从硬件、数据、软件等多方面统筹考虑,制定数据规范,统一数据接入接口,开展数据质量检查及数据质量管理工作。

在线监测及状态评价系统的三层体系结构具体如图 1 所示。

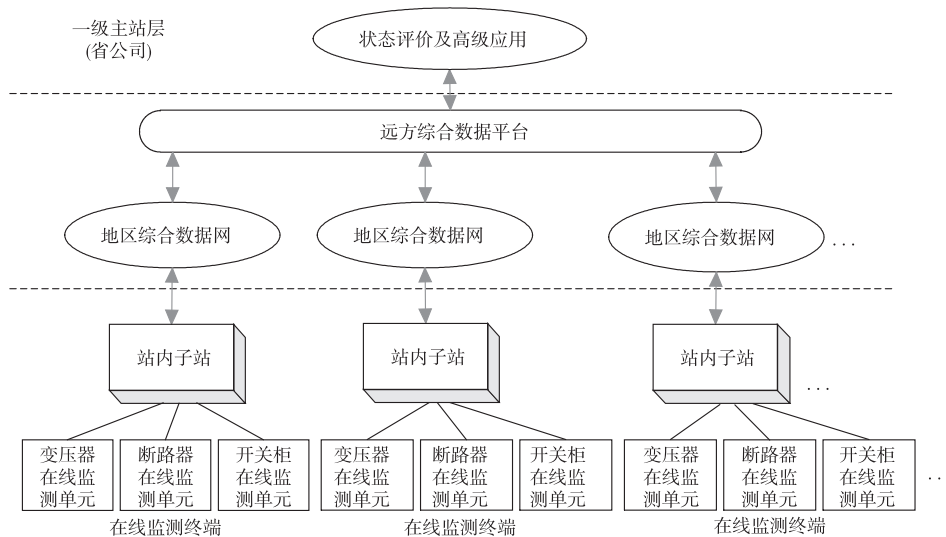


图1 在线监测及状态评价系统的层次结构图

由图 1 可知,在线监测及状态评价系统的层次结构包括监测设备层、站内数据平台层、远方综合数据平台层及状态评价高级应用层,各层功能简述如下:

2.1 监测设备层

监测设备层属于在线监控系统中第一层子层,由各类在线监测装置组成,负责在线监测数据的采集和数字化,并将数据上传到站内数据平台。其功能如下:

(1) 实时监测能力:在线监测装置能适应各种严酷户外环境,全天候连续监测设备早期故障特征。

(2) 抗干扰性能:具备完善的抗干扰手段,可有效抑制现场的各种干扰,保证监测结果稳定可靠。

(3) 自动报警功能:能够实时监测故障特征,根据预先设定的报警策略,可实现报警自动呼叫。

(4) 通讯功能:在线监测装置具备完善的通信接口,符合在线监测通信技术规范。

(5) 数据存储功能:对近期数据采用循环刷新的方

法,以实现故障过程追忆;对长期监测数据,进行数据压缩,以反映缺陷的发展趋势;故障报警数据,对原始数据进行完全保存。

2.2 站内数据平台层

该层由变电站内通信管理机(各种在线监测装置通信汇集装置)和集控中心内数据汇集辅助服务器组成,完成对变电站就地智能监测单元的测量控制、通信管理、数据收集、数据处理、存储和上传到远方综合数据平台及地区局级状态监测中心,实现变电站范围的设备运行状态的实时监控。其功能如下:

(1) 将符合通信技术规范的在线监测装置通过通信汇集装置汇总。

(2) 提供符合 IEC61850 的访问接口。

(3) 将数据发送到两级远方数据中心系统。

(4) 一个变电站内通信管理机接入至少 256 台各种类型的在线测量装置。

(5) 具备主设备在线监测数据异常告警功能。

2.3 远方综合数据平台层

远方综合数据平台是整套系统数据通信及数据交互的核心平台,主要由各地区综合数据网汇总而成,包含了通信前置系统(统一接口体系)、数据采集系统、实时数据库、历史数据库、网络监控、系统资源监视、消息

服务及日志管理等系统基础支撑功能组成,形成以网络分层分布式运行、开发性、易扩展性、易维护性、二次开发、标准接口、统一性等为基本特征的软件平台系统,其结构如图 2 所示。

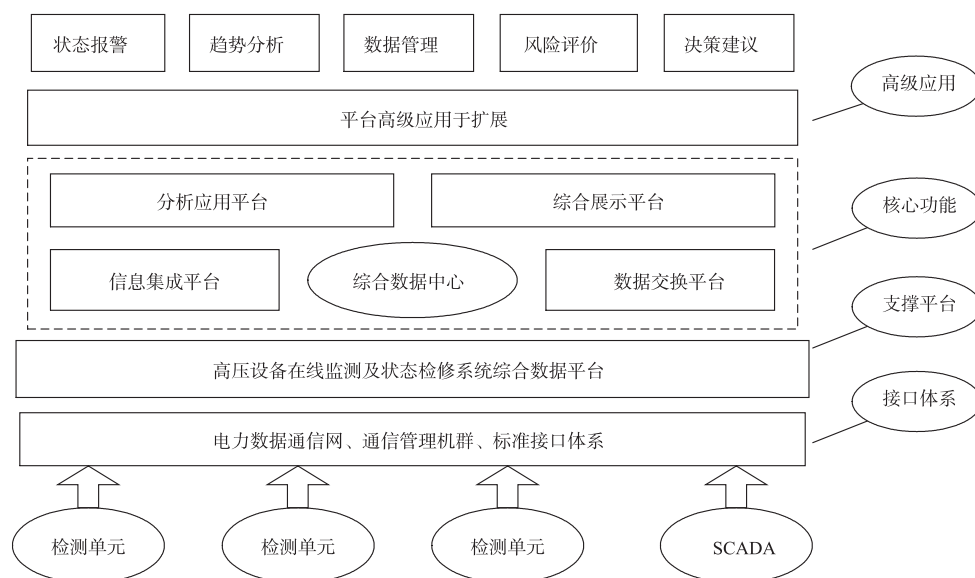


图2 远方综合数据平台结构图

由图 2 可知,远方综合数据平台起到一个承上启下的纽带作用,连接检测单元、SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)系统与上层高级应用^[8],其核心功能是数据集成分析和展示。

2.4 高级应用层

运用面向对象的方法,以设备为中心组织业务,对电力设备状态监测及状态评价流程进行分析,把系统抽象为多种对象,确定各个对象的属性及方法,确定对象之间的关系,然后采取组件化开发的模式进行封装。从生产 MIS(Management Information System, MIS)系统、技术监督系统、SCADA 系统、在线监测中心以及手工录入获取状态检修需要的数据,转换成为状态检修所需要的规范格式。抽取数据在系统中按设备为基本单元获取全景数据进行状态预警、综合状态评价、风险评估和决策建议等。

2.5 IEC61850 建模

本文运用了 IEC61850 中最核心的建模思想,在站内数据根据 IEC61850 标准进行数据封装和访问。

2.5.1 IEC61850 简介

IEC61850 标准是目前国际一致认可的变电站通信解决方案^[9]。IEC61850 可实现统一变电站通信协议,统一数据模型,统一接口标准,实现不同供应商设备数据交换的无缝连接,实现不同厂家产品的互操作,减少数

据交换过程中不同协议间转换时的浪费,将发展成为未来变电站的统一信息平台,实现二次一体化^[10]。

IEC61850 标准采用面向对象的建模技术,定义了基于客户/服务器结构数据模型^[11]。每个智能设备 IED(Intelligent Electronic Device, IED)包含一个或多个服务器,每个服务器本身又包含一个或多个逻辑设备。逻辑设备包含逻辑节点,逻辑节点包含数据对象。数据对象则是由数据属性构成的公用数据类的命名实例。从通信而言,IED 同时也扮演客户的角色^[12]。任何一个客户都可利用抽象通信服务接口 ACSI(Abstract Communication Service Interface, ACSI)通过服务器访问数据对象。

IEC61850 标准总结了变电站内信息传输所必需的通信服务,设计了独立于所采用网络和应用层协议的抽象通信服务接口 ACSI。客户通过 ACSI,由专用通信服务映射(Specific Communication Service Mapping, SC-SM)映射到所采用的具体协议栈。IEC61850 标准使用 ACSI 和 SC-SM 技术,解决了标准的稳定性与未来网络技术发展之间的矛盾。

2.5.2 IEC61850 建模流程

IEC61850 的建模过程,如图 3 所示。

由图 3 可知,IEC61850 建模主要分为 4 个步骤:

(1) 根据对应应用系统的用例分析,对应用系统的需求进行功能分解,并对功能分类,如保护类、量测类、控

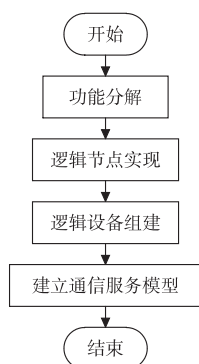


图3 IEC61850建模流程图

制类等。

(2) 根据对应用系统的用例分析, 对应用系统的需求进行功能分解, 并对功能分类, 如保护类、量测类、控制类等。

(3) 在实现系统功能分解之后, 进一步细分到各类子功能。功能实现是通过不同的逻辑节点间的组合和通信, 将功能分解为更细粒度的子功能, 每个子功能可以用一个逻辑节点实现。建模是把应用功能分解成逻辑节点, 是一个逐步分解、组合的过程。以断路器为例逻辑节点定义如表1所示。

表1 断路器的 IEC61850 逻辑节点定义

LN Class	Prefix	LN type	Description
LLNO	g	gLLNO	通用逻辑节点零
LPHD	g	gLPHD	通用物理装置信息
MMXU	c	gMMXU	监测的电流
XCBR	c	cXCBR	断路器的位置、合闸数、分闸数、储能数

(4) 逻辑设备是基于逻辑节点的功能来组合逻辑节点。逻辑设备主要由一系列逻辑节点以及一些额外的服务(如采样值、定值组等)组成, 分别如下:

(a) 逻辑节点和数据, 用来表示对通信网络是可见的实际应用功能和相关信息。

(b) 有关实际设备的信息, 表示主机本身以及与其它相连的其他设备的资源。

(c) 通信服务和特定通信系统的映射, 表示所支持的用来信息交换的服务。

一个物理设备可以分解为多个逻辑设备, 一个逻辑设备一般至少包含三个逻辑节点。

通信服务接口采用抽象建模方法。ACSI 定义了变电站设备通信服务, 从通信中分离出应用过程, 并提供特殊通信服务用以变电站通信, 采用虚拟的观点去描述和表示设备的全部行为, 是 IEC61850 的核心技术。

3 实验

为验证本文提出的在线监测信息系统层次结构设计

的可行性和有效性, 选取了监测装置、监测装置与被监测设备对应信息接口, 油中溶解气体监测接口 1, 油中溶解气体监测接口 2, 避雷器绝缘监测接口绝缘监测接口, 耦合电容器绝缘数据监测接口, 电容式电压互感器绝缘数据监测接口, 共 6 个性能点进行测试。其中监测装置、监测装置与被监测设备对应信息数据查询表的数据量大约为 70 万条, 油中溶解气体监测数据查询表的数据量大约为 100 万条, 避雷器绝缘监测接口绝缘监测数据查询表的数据量大约为 100 万条, 耦合电容器绝缘数据监测数据查询表的数据量大约为 100 万条, 电容式电压互感器绝缘数据监测数据查询表的数据量大约为 100 万条。

3.1 测试环境配置

本次测试的 6 个性能点的测试场景设计为并发量均为 10, 循环时间均为 5 分钟, 测试环境配制如表 2 所示。

表2 测试环境配置表

配置项目	客户端	服务器
硬件	IP:192.168.1.111 型号:Lenovo R61 CPU:Intel(R) Core(TM) 2 Duo 1.83GHz 内存:2GB	IP:192.168.1.222 型号:IBM BC_8853 CPU:Intel(R) Xeon(R) E5335@ 2.0GHz 内存:8GB
软件	操作系统: Microsoft Windows Server 2003 SP2 浏览器:IE6.0	操作系统: Microsoft Windows Server 2003 SP2 数据库:Oracle 10g 环境:jdk1.5, Tomcat 5.5
网络	100M 以太网网络 客户端网段:192.168.1.111 服务器端网段:192.168.1.222	
测试工具	HP LoadRunner12	

3.2 测试结果

本实验的测试点和测试项目较多, 对测试性能点和测试项目定义如表 3 和表 4 所示。

表3 测试性能点定义表

性能点	接口名称
1	监测装置、监测装置与被监测设备对应信息接口
2	油中溶解气体监测接口 1
3	油中溶解气体监测接口 2
4	避雷器绝缘监测接口绝缘监测接口
5	耦合电容器绝缘数据监测
6	电容式电压互感器绝缘数据监测接口

表 4 测试项目表

测试代码	测试项目
A	事务平均响应时间(s)
B	90% 事务响应时间(s)
C	客户端平均 CPU 资源利用率(%)
D	客户端 CPU 队列长度
E	服务器平均 CPU 资源利用率(%)
F	服务器 CPU 队列长度

测试 10 个用户同时调用上述 6 个性能测试点时,其事务平均响应时间、90% 事务响应时间(指 90% 的事务在该时间内响应完成)、CPU 资源利用率和队列长度的测试结果如图 4 所示。

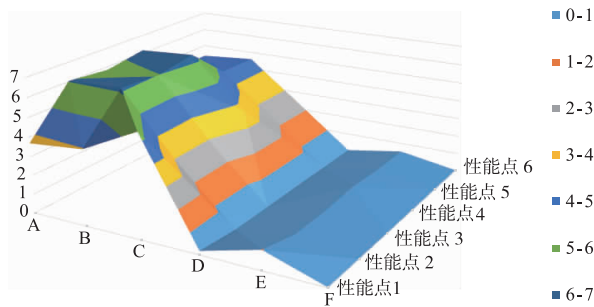


图4 性能点测试结果

由图 4 可知,6 个性能点平均的事物响应时间为 5.036s,平均的 90% 事物响应时间为 5.261s,客户端的平均 CPU 占用率为 3.22%,客户端平均 CPU 队列长度为 0.0467,服务器的平均 CPU 占用率为 0.619%,服务器平均 CPU 队列长度为 0.0122。因此可知,本文设计的在线监测信息系统响应时间合理,CPU 占用较少,资源充足且不存在排队处理的情况。

4 结论

通过对变电站在线监测系统的层次化设计,形成了集中式的一体化信息网络,对监测数据进行统一处理和分,提高了变电站的智能化水平,有利于更好地评估设备的状态和提高电力公司的技术服务水平。本文运用了 IEC61850 标准建模,实现了变电站通信协议的统一,使得不同供应商设备可以进行无缝连接的数据交换,实现了不同厂家设备之间的互操作,减少了不同协议之间转换的时间浪费。该在线监测体系功能完备、技术架构合理,设计理念先进,系统功能和性能满足了智能变电站在线监测的需要。

参考文献

[1] 孟飞,王宇龙,蔡建文,等. 变电站数据在线监测系统的研究与设计[J]. 常州工学院学报,2016,29(5):26 -

29,57.

MENG Fei,WANG Yulong,CAI Jianwen,et al. An online data monitoring system for substation[J]. Journal of Changzhou Institute of Technology,2016,29(5):26 - 29,57. (in Chinese)

[2] 蔡国雄. 在线监测与诊断技术的特点及发展方向[J]. 高电压技术,1992,(1):35 - 39.

CAI Guoxiong. The features and developments of on-line monitoring and diagnostic techniques[J]. High Voltage Engineering,1992,(1):35 - 39. (in Chinese)

[3] 谭建群,欧阳帆,陈宏. 智能变电站技术和管理现状分析及发展方向设想[J]. 湖南电力,2013,33(7):5 - 8.

TAN Jianqun,OUYANG Fang,CHEN Hong. Analysis and assume of present situation and development trend of intelligent substation technology and management [J]. Hunan Electric Power,2013,33(7):5 - 8. (in Chinese)

[4] 郭宏燕,龚东武,万煜新,等. 基于 WebService 的状态监测系统 I2 接口研究与实现[J]. 电器与能效管理技术,2016,(3):58 - 62.

GUO Hongyan,GONG Dongwu,WAN Yuxin,et al. Research and implementation of I2 Interface for state monitoring system based on webservice[J]. Electrical & Energy Management Technology,2016,(3):58 - 62. (in Chinese)

[5] 翟少磊,曹敏,沈鑫,等. 变电站在线监测多维信息聚合技术[J]. 高电压技术,2015,41(12):3973 - 3979.

ZHAI Shaolei,CAO Min,SHEN Xin,et al. Multidimensional information of aggregation technology for on-line monitoring of substation [J]. High Voltage Engineering,2015,41(12):3973 - 3979. (in Chinese)

[6] 梁俊斌,张炜,邓雨荣,等. 智能化变电站监测数据现场并行处理技术研究[J]. 电力建设,2013,34(2):35 - 40.

LIANG Junbin,ZHANG Wei,DEN Yurong,et al. Parallel processing technology of monitoring filed data in intelligent substation [J]. Electric Power Construction,2013,34(2):35 - 40. (in Chinese)

[7] MAKARAND S. Ballal,GAJANAN C. Jaiswal,DHANANJAY R. Tutkane,et al. Online condition monitoring system for substation and service transformers [J]. IET Electric Power Applications,2017,11(7):1187 - 1195.

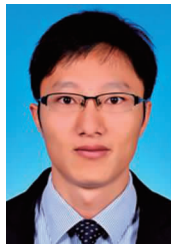
[8] TURC Traian, GLIGOR Adrian, DUMITRU C. Dragos. Web-based wireless sensor system for scada environment [J]. Procedia Engineering,2017,181:546 - 551.

[9] HERMES Eslava,LUIS A. Rojas,DANNY Pineda. An algorithm for optimal firewall placement in iec61850 substations [J]. Journal of Power and Energy Engineering,2015,3(4):16 - 22.

[10] 陶文伟,王新,黄钢,等. 基于 IEC61850 协议的变电站环境监测信息统一建模 [J]. 自动化与仪器仪表,2017,(2):137 - 138.

- TAO Wenwei, WANG xin, HUANG Gang, et al. Unified modeling of substation environmental monitoring information based on iec61850 protocol[J]. Automation & Instrumentation, 2017, (2): 137 - 138. (in Chinese)
- [11] CHEN Xi, GUO Hao, CROSSLEY Peter. Interoperability performance assessment of multivendor iec61850 process bus[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2016, 31(4): 1934 - 1944.
- [12] ULISSES C. Nettoa, DIEGO de C. Grillob, IVAN D. Lonelb, et al. An ANN based forecast for IED network management using the iec61850 standard [J]. Electric Power Systems Research, 2016, 130: 148 - 155.

作者简介



吴志鹏 男, 1986 年出生于安徽黄山. 现为华南理工大学电力学院博士后, 广州智光电气股份有限公司储能事业部技术负责人. 研究方向为分布式发电、微电网控制、储能系统控制技术、智能控制理论与应用.
E-mail: wzp1986111@163.com



杨 苹 女, 1967 年出生于广西钦州. 现为华南理工大学电力学院教授, 广东省绿色能源技术重点实验室主任. 研究方向为电力电子电路的建模与控制、复杂系统的分析建模与控制、智能控制理论及其应用等.
E-mail: eppyang@gmail.com