

高铁供电自动化集成系统应用及研究

陈敬锋, 刘 伟, 李永征, 范三龙, 孙金华, 包素丽

(南京国电南自轨道交通工程有限公司, 江苏 南京 210000)

摘 要: 高铁供电自动化集成系统完成高铁建设项目中牵引供电、通信、信号、电力“四电集成”项目内容, 该集成系统内容涵盖了高铁牵引变电站自动化系统、电力变电站自动化系统、安防系统、电能质量分析及故障录波系统、自耦变压器保护测控系统、接触网开关控制等系统功能, 提供了实现高铁供电自动化集成系统的完整解决方案。

关键词: 高铁 四电集成 电能质量检测 环境安全监控 RTU

0 引言

十一五以来, 我们国家迎来了客运专线、高速铁路和城市轨道交通的建设高峰。根据《铁路中长期规划》, 到 2020 年我国将建成 16000km 高速铁路, 其中“十一五”期间建成 7000km。大规模的高速铁路建设, 为电力牵引供电、电力供电、通信、信号系统(简称四电系统)提供了难得的发展机遇。同时, 也对四电系统中各个系统的发展, 各个系统间的协调, 与列车、土建、外部系统的匹配, 及其安全可靠提出了更高的要求。如何将四电系统及其相关的系统集成在一起, 克服短板效应, 实现整体最优、满足高速铁路对四电系统的要求, 是四电系统首先要解决的问题。

高速铁路供电自动化集成多学科、多领域的先进技术于一体, 是一个既相互独立又密切相关且与外部系统有着复杂联系的巨型系统。通过系统集成与创新, 将各个自动化系统有机地结合起来, 实现综合监控管理; 提供各系统间业务关联和触发联动, 提高对事件的应急处理能力和快速反应, 并充分实现资源共享, 降低工程造价。因此, 高铁供电自动化集成是我国高速铁路建设的必然产物, 它为四电系统建设提供了相应的技术、管理平台。

高铁供电自动化集成系统完成高铁建设项目中“四电集成”项目内容, 该集成系统内容涵盖了高铁牵引变电站自动化系统、电力变电站自动化系统、安防系统、电能质量分析及故障录波系统、自耦变压器保护测控功能、接触网开关控制等软件产品, 本集成系统在总结多年来变电站自动化技术的成功经验, 特别是近年来基于网络化结构下的分层分布

式系统的实践, 使“四电集成”系统的结构和性能发生了重大的变化。在强化分层分布概念的基础上, 本系统不但强化间隔层设备及功能配置的合理分布, 同时也强调变电站层功能及配置的可组态、可移动性, 通过采用高起点、大资源的硬件平台及多种运行维护分析工具, 强化供电自动化设备运行信息的透明化程度, 消除了不明原因的故障, 进一步提高产品设计的技术水平, 从而实现了以往离散子系统无法实现的一整套快速响应系统。

1 系统组成

高铁供电自动化集成系统完成高铁建设项目中牵引供电、通信、信号、电力“四电集成”项目内容, 其中牵引变电所自动化系统采用了自主研发的高配置性能优越的 NDT650+ 高速铁路和轨道交通供电自动化系统; 电力变电站采用自主创新并且技术含量很高的 PS6000U 系列电力自动化系统。本集成系统自动化产品采用我公司自主开发稳定安全的实时平台: EDP 02 保护平台, 主 CPU 采用高性能 MCU 为主处理器, 主频达到 400M, 配以大容量 FLASH 存储器和 SDRAM, 大大提高了 CPU 处理性能; 平台还提供保护功能可视化开发套件, 应用软件开发快速、灵活。本集成系统自动化产品中的通信管理装置 CPU 采用工控 ETX 模块, 扩展通信和开入开出模块。该模块内置低功耗 CPU、512M-1G 内存、以太网、VGA/LVDS 显示接口、音频接口, 配置升级方便, 软件开发快速灵活。利用该模块强大的处理功能, 再选择配置显示器、键盘和鼠标, 监控系统软件可内置于管理装置中, 提高工程配置的灵活性。本集成系统核心产品于 2011

年分别获得：华电集团科技进步奖三等奖；中国电力科学技术奖三等奖；江苏省优秀新产品金奖及南京市江宁区科学技术进步奖二等奖。

本集成系统主要技术内容有：

1.1 NDT650+ 高速铁路和轨道交通供电自动化系统

NDT650+ 高速铁路和轨道交通供电自动化系统是国电南自集在 SCADA 系统、综合自动化等方面的多年研究开发经验，充分考虑当前高速铁路、轨道交通综合自动化监控系统的用户需求，总结和借鉴以往监控系统产品优点而开发的综合自动化系统，本系统包括装置及软件有：监控系统软件、微机通信管理装置、微机故障测距装置、微机备自投

装置、电能质量分析及故障录波装置、微机单相变压器保护测控、馈线保护测控、自耦变保护测控等，完成多种保护、控制及其它自动化功能。系统中的部分保护测控装置基于公司的 EDP 02 通用保护测控平台，平台主 CPU 采用高性能的 MCU 芯片为主处理器，主频达到 400M，配以大容量存储器和 RAM，大大提高了 CPU 处理性能。平台采用前沿的软硬件技术，可用性高，性能优越，维护方便，新项目从基础软硬件、产品平台开发和应用集成技术三个方面全面提升系列产品的功能和性能。系统构成如图 1 所示。

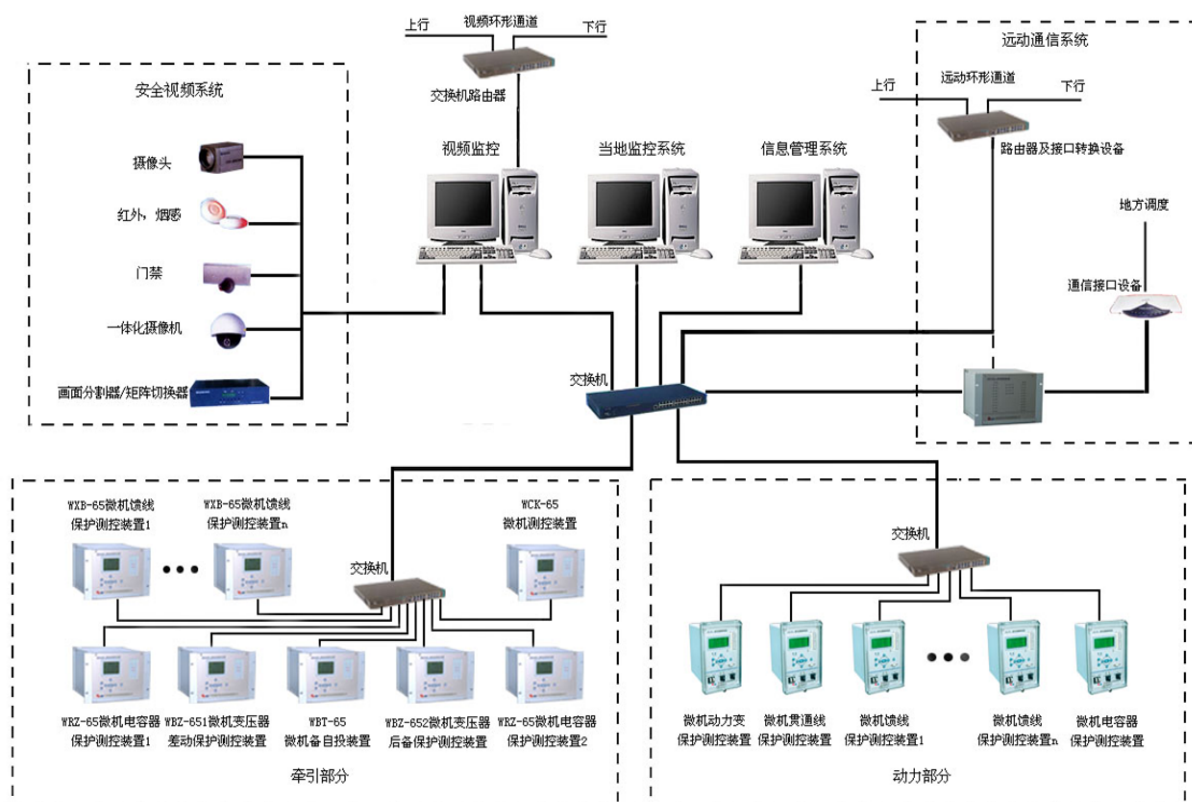


图 1 牵引供电自动化系统

主要子系统介绍：

(1) 微机故障测系统：适用于采用并联自耦变压器(AT)供电方式的电气化铁道牵引变电所、AT 所、开闭所及分区所，实现接触网各种类型故障的定位、类型判别和方向判别的功能。本障测系统测距原理的选择旨在保证能够适用于单复线 AT 的故障测距，且测距原理简单可靠。当线路沿线通信通道具备的情况下，在 AT 自耦变未解列的情况下出现 T-R、F-R 故障时，采用“AT 中性点吸上电流比原理”；T-F 故障或者 AT 自耦变解列时，采用“线性电

抗法”进行测距。如此可以确保线路出现不同类型故障时，微机故障测系统都能采用相应的原理来测距。

(2) 单相变压器的单相变压器保护系统：功能涵盖了单相变压器差动、后备、非电量等相关保护功能，简洁完整，不仅适用于常规 V/V 接线单相变压器保护模式而且适用于高速铁路牵引所 AT 供电方式下单相变压器接线模式。是一种简单、方便、适用性强单相变压器保护方案。

(3) 适用于 AT 运行模式的自耦变压器保护测控系统：实现了 AT 变压器差动速断保护、差动保

护、电流速断保护、过电流保护、外壳过电流保护、失压保护、失灵保护、AT 自投功能、一次自动重合闸、故障再现等。

(4) 电能质量分析及故障录波系统：装置采用保护测控通用硬件平台装置，实现模拟量、开关量数据的采集，通过分析数据判断是否启动故障录波，具有交流量、开入量、遥控多种启动方式；装置交流采样频率为 6400Hz，具有谐波分析、不平衡度分析等电能质量分析功能。装置可配置后台机实现大容量历史数据存储、图形显示、故障录波分析和报告输出等功能，后台机可用一体化工控机、笔记本电脑或台式机电脑，可组屏也可以放在控制台上，装置和后台机之间的通信由以太网接口实现。

(5) 监控系统软件：监控系统软件是基于嵌入式操作系统的综合自动化应用平台，适用于铁路、轨道交通的供电实时监控。监控系统不仅具备基本的监控和数据采集 (SCADA) 功能^[1]，还包括微机保护设备的信息采集及分析功能。监控系统软件采用通信、监控合一设计，运行于嵌入式系统中。采用了嵌入式数据库替代常规的商用数据库，精简、优化了原有监控系统软件，提高运行效率，使其能够适应嵌入式环境的有限资源。同时优化了双机冗余功能，配置简单易用。

1.2 PS 6000U 电力配电自动化系统

本系统提供完备的产品系列、各功能及子系统间优化的协作机制、灵活的系统配置方案，完成电力变配电所各种保护测控功能，系统采用的新技术：

- 1) 嵌入式实时多任务系统；
- 2) 以太网及 TCP/IP 技术；
- 3) 嵌入式 WEB Sever 技术；
- 4) 组件对象模型 (CORBA) 的系统构架；
- 5) 系统功能及组件的“即插即用”技术；
- 6) 过程的全息再现技术；
- 7) 智能调校的高精度量测技术；
- 8) 多 CPU 共享 AD 的高精度模数转换技术；
- 9) 背插式结构的电磁兼容方案；
- 10) 基于能量原理的方向元件(线路保护)。

1.3 通信子系统

整个远动通道由多个调度中心（或维管段）、多个变配电所，以及处于其间的 MSTP 传输网络构成^[2]。

变电所（或调度中心）的设备配置必须严格遵循以下原则：

- (1) 内外网分离：缩小网络规模，避免产生

IP 冲突，减少广播风暴。对变电所或调度中心来说，外网设备数量一般远小于内网设备数量，如果把内网和外网联通，则一下子会把整个网络规模扩大数倍，不可避免的产生地址冲突、广播风暴等问题。

(2) 主备网分离：避免环路的产生。如果厂家为了节省设备成本，将主备网连接在一台交换机上，则不仅把网络规模一下扩大了一倍，从整个 MSTP 网络来看，还会产生不正常的以太网环路，严重时导致网络瘫痪。

整个远动通道由多个调度中心（或维管段）、多个变配电所，以及处于其间的 MSTP 传输网络构成。如图 2 所示。

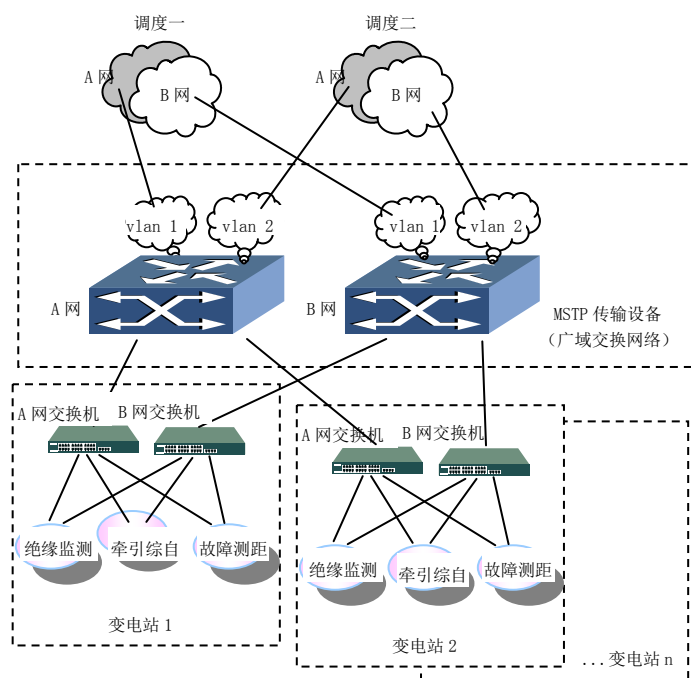


图 2 MSTP 远动通道

1.4 网络型测控终端系统 (RTU) 应用

网络型测控终端装置 (RTU) 适用于：电力系统各级变电站中实时数据采集和监控；各级发电厂中实时数据采集和监控；铁路电气自动化系统中实时数据采集和监控；其它工业控制领域中动力网的实时数据采集和监控。

1.5 环境安全监控系统

防灾监控系统是架构于通信传输系统之上的一套集灾害信息采集、分析、处理和指导、辅助安全行车的平台，主要是对危及铁路运输安全的自然灾害及异物侵限等突发危害进行监测，并提供经处理后的灾害预警信息、限速信息或停运信息等，为运营调度中心运行计划调整、下达行车管制、抢险救援、

维修提供依据,以保证列车安全正点、高效、舒适。

2 典型系统应用

本集成系统已成功应用于多条高铁及客专项目中,以京沪高铁为典型案例,简介如下:

京沪高速铁路作为京沪快速客运通道,是中国“四纵四横”客运专线网的其中“一纵”,也是中国《铁路中长期规划》中投资规模最大、技术水平最高的一项工程。《京沪高铁供电自动化集成系统》是高速铁路牵引供电系统集成中综合 SCADA 系统的核心控制系统,该系统集多学科、多领域的技术于一体,是一个既相互独立又密切相关且与外部系统有着复杂联系的大型系统。系统以国电南自自主研发的高速铁路和轨道交通供电自动化系统为核心,在变电所内集成了牵引供电及电力配电综合自动化系统、AT 故障定位快速隔离系统、电能质量监测系统;互联了交直流电源系统、远动终端控制系统、安全环境监控及地震监测系统、高压电气设备在线监测与故障诊断系统等;本系统同时还通过通信通道互联多个调度系统(铁路电调、维修管理调度、地方电力调度等),从而实现了对外线各个场站的综合监控功能。本系统通过系统总体设计和软件集成、信息共享、通信互联等技术的综合应用,结合京沪高铁工程项目的实际需求,将各个自动化系统有机地结合起来,实现对各类设备的综合监控管理。

本系统在国内高速铁路的运用是基于铁路高速、可靠、安全运行的需要(京沪高铁设计时速 350km/h,运营时速 300km/h,系目前世界运营时速最高的铁路之一),而该技术在以往普速、快速铁路上鲜有应用,因此该技术在高速铁路牵引供电系统的应用开创了先河。本系统以京沪高铁工程建设为依托,项目历时约 3 年、发表论文 2 篇,获得软件著作权一项,申请并获受理专利 8 项。

本系统的应用,对快速扩充铁路运输能力,快速提升技术装备水平具有重大的现实意义,对促进中国轨道交通专业结构优化升级,对振兴民族自动化项目集成产业,保证国民经济又快又好的发展,具有极其深远的现实和历史意义。

3 本系统方案有益效果

本集成系统水平日臻成熟,在京沪、沪宁、宁杭等高铁工程、杭甬客运专线工程、盘营客专“四电集成”工程、哈大客运专线“四电”系统集成总承包工

程、新建合蚌客专及合肥枢纽电力与牵引供电系统集成施工总承包工程中,都有着南京国电南自轨道交通工程有限公司产品的卓越贡献!同时,本集成系统已经成功应用推广于乌兹别克斯坦等国外工程、白俄罗斯工程也正在交付中,本系统近两年为国电南自带来了 2 亿多元的合同,创造了 8000 余万元利润,随着高铁建设和城市轨道交通建设以及市场经济的国际化发展,本公司的销售业绩不断提高,本集成系统产品拥有良好的国内外市场前景。

4 结论

高铁供电自动化集成系统集多学科、多领域的先进技术于一体,是一个既相互独立又密切相关且与外部系统有着复杂联系的巨型系统。本集成系统为高速铁路四电系统建设形成一个标准先进、统一,系统开放、共享,调试手段先进、有效的技术平台提供方法和动力。本集成系统的应用,对快速扩充铁路运输能力,快速提升技术装备水平具有重大现实意义,对促进国家轨道交通专业结构优化升级,对振兴民族自动化项目集成产业,保证国民经济又快又好发展具有极其深远的现实和历史意义。我国的高速铁路正在迎来大发展,市场前景广阔。

参考文献:

- [1] 于海生.微型计算机控制技术[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [2] 王子渊.浅谈 MSTP 对高速铁路数据业务的承载方式[J].铁道勘测与设计,2010(1):95-98,104.

作者简介:

陈敬锋(1971—),男,山东昌邑人,工程师,从事铁路供电变电站自动化方面的工作;

刘伟(1968—),男,江苏江阴人,高工,从事铁路供电变电站自动化方面的工作;

李永征(1969—),男,浙江宁波人,高工,从事铁路供电变电站自动化方面的工作;

范三龙(1971—),男,河南焦作人,工程师,从事铁路供电变电站自动化方面的工作;

孙金华(1975—),女,江西吉安人,工程师,从事铁路供电变电站自动化方面的工作;

包素丽(1976—),女,河南漯河人,工程师,从事铁路供电变电站自动化方面的工作。