

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.06.025

智能牵引变电站建设方案研究

侯启方

(中铁第一勘察设计院集团有限公司 电气化处, 陕西 西安 710043)

摘要: 智能变电站在电力行业已逐步推广,而作为电气化铁路关键环节的牵引变电站在智能化方面尚未真正起步。针对智能牵引变电站研究及应用还比较滞后的问题,介绍了电气化铁路牵引变电站自动化系统现状及其存在的问题,分析了比传统变电站技术水平更先进的数字化变电站的优势及其局限性,对比了智能化变电站和数字化变电站的不同点;参考电力行业相关规范和标准,结合电气化铁路牵引变电站的特点,构建了智能牵引变电站的总体架构,给出了智能牵引变电站的网络结构及站控层、间隔层、过程层等各层的具体配置方案,提出了适合牵引变电站牵引变压器、断路器及高压组合电器等一次设备的智能化方案。该研究成果对开展智能牵引变电站理论及应用研究具有一定的参考价值。

关键词: 电气化铁路; 智能牵引变电站; 架构; 配置方案

中图分类号: TM63; U224 文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)06-0790-05

Research on the construction scheme of smart traction substation

HOU Qi-fang

(Electric Railway Design Department, China Railway First Survey and Design Institute Group Ltd.,
Xi'an 710043, China)

Abstract: Smart substation has been gradually extended in the power industry, but the intellectualization of the traction substation which is the key link of the electric railway has not been really started. Aiming that the problems that research and application of the smart traction substation is still relatively backward, the status and problems of the traction substation automation system was introduced. The advantages and limitations of the digital substation which is more advanced than traditional substation was analyzed. The differences between smart substation and digital substation were compared. Referred to the relevant power industry norms and standards, combined with the characteristics of the traction substation, the overall architecture of the smart traction substation was constructed. The network structure and the configuration programs of the substation layer, bay layer and process layer of the smart traction substation were given. The intelligent primary equipment scheme suitable for traction substation was proposed such as traction transformer, circuit breaker, gas insulated switchgear, etc.. The results have certain reference value to carry out theoretical and applied research in the smart traction substation.

Key words: electric railway; smart traction substation; architecture; configuration

0 引言

近年来随着我国铁路技术特别是高铁技术的发展,作为电气化铁路关键环节的牵引变电站采用了很多新技术、新设备,整体技术水平发展十分迅速,但是相对电力系统变电站发展还比较缓慢。特别是变电

站自动化系统,电力系统已经从数字化变电站向智能化变电站发展^[1],而铁路牵引变电站目前仍采用常规的综合自动化系统。随着电力系统智能变电站的大面积推广,其技术优点越来越突出。为了适应技术发展需要,开展智能牵引变电站研究具有较强的实际意义。

收稿日期: 2014-03-03

作者简介: 侯启方(1982-),男,河南开封人,工程师,主要从事电气化铁路牵引变电站方面的研究。E-mail:qhhou@163.com

1 牵引变电站综合自动化系统现状

目前牵引变电站综合自动化系统一般采用分层分布式结构,由站级管理层、通信层、间隔层3部分设备组成,采用IEC60870-5-103通信规约。牵引变电站综合自动化系统将继电保护、计算机信息管理、网络通信等技术有机结合起来实现信息共享,提高了设备利用率,自动化程度和可靠性有很大提高。通过专用的数据通道与调度所设备构成完整的综合调度自动化系统^[2]。

虽然牵引变电站综合自动化系统大大提高了变电所的整体功能和管理水平^[3],但是仍存在以下一些缺点:①在工作方式上,需接入综合自动化系统的各系统多数仍然是各自独立运行;②由于缺乏统一的通信标准及模型导致不同厂家的设备间互操作性存在很多问题。只有通过大量规约转换才能实现不同厂家设备的互连,给系统设计、调试和运营维护都带来了很大不便;③同时,变电站内需采用大量的二次电缆,降低了供电系统的运行可靠性。

2 数字化变电站与智能变电站

数字化变电站是基于IEC 61850通信协议,采用分层分布式体系结构的现代化变电站;实现了变电站内信息共享,大大提高了设备间的互操作性。数字化变电站使传统变电站的所有信息采集、传输、处理、输出过程由过去的模拟信息全部转换为数字信息,并建立与之相适应的通信网络和系统^[4]。

数字化变电站间隔层设备通过网络实现了获取一次电压、电流数据,间隔层设备之间、间隔层设备与站控

层设备之间交换信息也通过网络实现。设备间大量的二次电缆被少量的光缆取代,数字信号取代了模拟信号,系统电缆连接可靠性低及无法自检的问题也得到了解决。系统通过采用统一的通信协议及标准模型实现了信息共享。虽然数字化变电站较传统变电站在技术水平上有了极大提高,但是也存在以下问题:数字化变电站只关注自动化系统本身,整个变电站没有系统的建设体系;没有形成更多的智能高级应用功能;缺乏相关的数字化变电站建设标准规范、检验及试验评估标准等。

当前智能电网已成为国内外电网未来技术的发展趋势,北美和欧洲已经形成强大的研究群体^[5-6]。智能变电站是智能电网的重要基础和支撑。

数字化变电站侧重于设备间通信的数字化,在统一的数字通信平台基础上提高设备间的互操作性。智能化变电站在数字化变电站的基础上增加了智能高级应用功能,设备集成化程度更高,更加注重整个变电站信息化、变电站之间及变电站与调度中心间的信息共享。数字化变电站是智能变电站发展的基础和前提,智能变电站是数字化变电站的升级,是未来变电站发展的方向。智能变电站是比数字化变电站更先进的应用,智能变电站的重要特征体现为“智能性”,即设备智能化与高级智能应用的综合。目前,国家电网公司已发布了关于智能变电站较为完整的指导性规范及导则。

3 智能牵引变电站总体架构

本研究参考智能变电站相关标准规范^[7-11],结合牵引变电站的特点而构建的电气化铁路智能牵引变电站系统架构如图1所示。

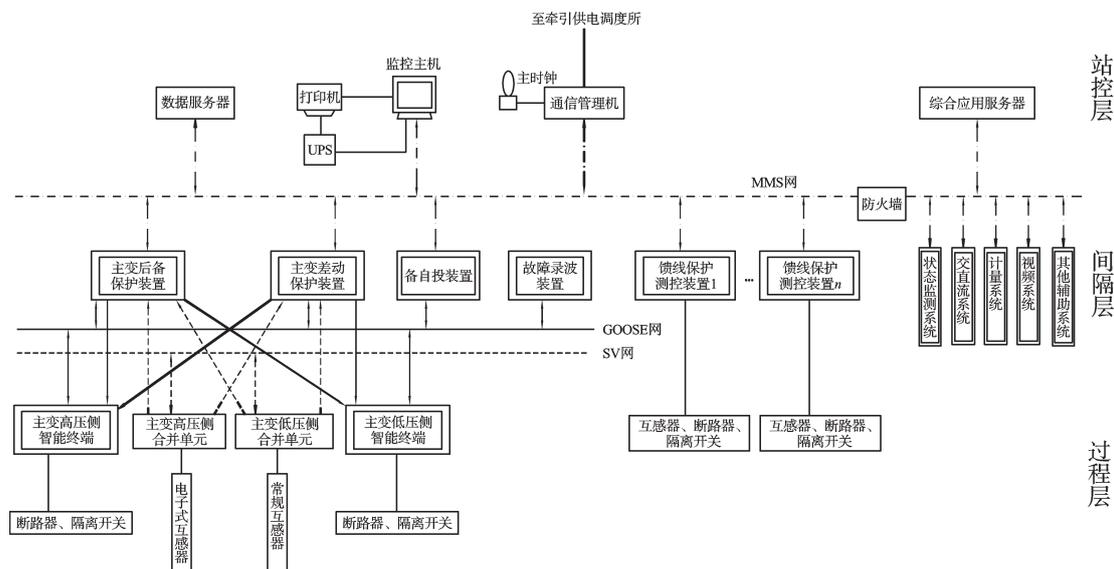


图1 智能牵引变电站系统架构图

3.1 系统构成

智能牵引变电站系统设备按站控层、间隔层和过程层3层划分,通信网络物理上分为两层,即站控层网络和过程层网络。

智能牵引变电站站控层由后台监控机、通信管理装置、数据服务器、综合应用服务器等构成,提供人机接口,实现对牵引供电设备的集中监控管理、各类高级应用及与牵引供电调度中心的通信等功能。

间隔层由各类保护测控装置、自动投入装置等组成,各单元功能具有独立性,当通信网络故障时,不影响装置本体的功能。

过程层主要完成采集实时电气量、控制命令执行、监测设备运行状态等功能,由合并单元、智能终端、电子式或常规互感器等组成。

3.2 网络结构

智能牵引变电站通信网络物理上分为两层,分别为站控层网络和过程层网络。两层网络均可采用简单可靠的星型拓扑结构,其中,站控层可采用光纤以太网或双绞线以太网,过程层采用光纤以太网。过程层设置物理上相互独立的SV网和GOOSE网。

4 各层配置方案

4.1 站控层方案

站控层设备主要包括后台监控主机、通信管理装置、数据服务器、综合应用服务器等。

4.1.1 后台监控主机

后台监控主机完成对牵引变电站的实时监视和操作功能,它为操作员提供了所有功能的入口,显示各种画面、表格、告警信息和管理信息,提供遥控、遥调等操作/监护界面并进行人机交互。负责整个系统的协调和管理,与综合应用服务器一起实现各种高级应用功能。

4.1.2 通信管理装置

通信管理装置通过专用通道向调度中心传送实时信息,同时接收调度中心的控制与操作命令,具备远方查询和浏览功能。

4.1.3 综合应用服务器

综合应用服务器接收站内一次设备在线监测数据、站内辅助应用(包括计量、电源、消防、安防和环境监测等)信息、设备基础信息等,并实现与这些子系统的通信,通过综合分析和统一展示,实现一次设备在线监测和辅助设备的运行监视、控制与管理^[12]。

4.1.4 数据服务器

数据服务器用于牵引变电站全景数据的集中存

储,为站控层设备和应用提供数据访问服务。

4.1.5 高级应用功能方案

结合电气化铁路的特点,智能牵引变电站高级应用功能至少应包括设备状态可视化功能、信息综合分析 with 智能告警功能。

(1) 设备状态可视化。

该功能采集主要一次设备的状态信息,使运营管理人员能查看设备实时运行状态,提供状态检修所需基础数据。

(2) 信息综合分析与智能告警。

牵引变电站发生故障时,系统能根据保护装置、故障录波、测控装置等提供的相关数据进行综合分析及数据挖掘,给出简单明了的故障分析结论;能完成对故障告警信息的过滤和分类,能在线实时分析变电站的运行状态并自动报告异常现象。

4.2 间隔层方案

4.2.1 主变保护测控配置方案

牵引变压器电量保护通过直接点对点采样变压器高低压侧合并单元电压、电流信息,以及本间隔智能终端断路器、刀闸位置等状态信息,实现牵引变压器差动主保护和后备保护,通过GOOSE点对点接口把跳闸命令快速发送到主变各侧智能终端,通过智能终端完成对主变各侧断路器的跳闸操作。并通过另一独立的GOOSE接口,将跳闸命令等信息发送到GOOSE网,用于备自投及统一故障录波。

牵引变压器非电量保护由主变本体智能终端实现,采用就地直接电缆跳闸,信息上传至过程层GOOSE网。

保护配置类型与常规牵引变电站一致。

4.2.2 馈线侧保护测控配置方案

馈线侧间隔层配置方案结合组屏方式及牵引变电站的情况,可采用以下3种方案。

方案一:馈线侧间隔层设备采用集中组屏方式,仍采用与常规牵引变电站相同的电压、电流采集及保护动作模式(即电缆传输模拟信号的方式)实现与互感器和开关的信息交换;

方案二:馈线侧间隔层设备仍采用集中组屏方式,配置馈线侧智能终端,智能终端集成合并单元功能,智能终端与电流互感器、电压互感器、断路器、隔离开关之间采用电缆连接,用光纤与控制室内的间隔层设备交换信息。

方案三:馈线侧间隔层设备采用分散布置方式,保护测控装置下放至27.5 kV或2×27.5 kV开/关柜,可不单独配置智能终端,间隔层设备仍采用电缆传输模拟信号的方式实现与互感器和开关的信息交换。

目前牵引变电站综合自动化系统一般采用集中组屏方式,建议在新建智能牵引变电站时采用方案二。

4.2.3 备用电源自投方案

本研究配备单独的备用电源自投装置,主变高、低压侧交流信号由主变高压侧后备智能终端及变压器低压侧智能终端以点对点方式接入,备自投装置接入过程层GOOSE网获取开关量位置信息和发送开关控制命令。

4.2.4 电能计量表方案

电度表接入站控层MMS网,接入综合应用服务器。

4.3 过程层方案

4.3.1 互感器配置方案

目前电力系统的智能变电站中部分采用了电子式互感器。与传统互感器相比,电子式互感器具有抗电磁干扰及抗饱和能力强、测量精度高、体积小等优点,能避免磁饱和及铁磁谐振等问题,绝缘结构简单,电压等级越高,其造价优势越明显。

结合电气化铁路牵引变电站设备现状,并从经济性考虑,本研究推荐主变高压侧采用电子式电流互感器及电子式电压互感器。主变低压侧及馈线侧采用常规电流、电压互感器。

4.3.2 合并单元配置方案

合并单元用于对来自二次转换器的电流、电压数据进行时间相关组合,取得电流和电压瞬时值,并以确定的数据品质传输到测量仪器和继电保护设备。

根据互感器及间隔层配置方案,笔者建议主变高、低压侧均配置独立的合并单元,分别接入各侧电子式互感器采样信息或常规互感器信号;各合并单元设计独立的SV接口,点对点输出给对应的主变保护装置;

各合并单元另配置独立的SV接口,接入过程层SV网络用于故障录波及备自投等。主变高压侧的合并单元可安装在GIS汇控柜或户外智能柜中,主变低压侧的合并单元可安装在本间隔的开关柜中。

根据馈线间隔层的不同方案,馈线侧合并单元可选择集成于智能终端中或不设置馈线合并单元。

4.3.3 智能终端配置方案

智能终端具有断路器操作功能,可支持保护的跳闸、合闸、重合闸等GOOSE命令及测控的遥控分/合等GOOSE命令。智能终端与一次设备采用电缆连接,与间隔层设备之间采用光纤交换信息。

配置牵引变压器高压侧智能终端和低压侧智能终端完成高低压侧断路器和隔离开关的状态采集和分/合闸操作。该方案通过设置主变本体智能终端,采

集变压器的非电量、档位、温度等信息,实现控制变压器的风扇、档位等功能。根据馈线间隔层的不同方案,馈线侧可选择集成合并单元功能的智能终端或不设置馈线智能终端方案。

智能终端逻辑上是一次设备的一部分,在系统中仍被视为过程层设备。

主变高、低压侧及馈线各智能终端设计独立的GOOSE接口,点对点与对应的主变保护装置相连;当主变本体智能终端不具有非电量保护功能时,主变本体智能终端与主变本体保护采用电缆直接连接。

主变高压侧智能终端可安装在GIS汇控柜或户外智能柜中,主变低压侧及馈线侧的智能终端可安装在本间隔的开关柜中。

5 一次设备智能化方案

智能化一次设备是智能变电站的重要组成部分,是智能变电站技术发展的基础和关键。国内研究智能化一次设备的厂家起步较晚,基础薄弱^[13-14]。

智能化一次设备由智能组件和传统高压设备组成。智能组件承担宿主设备的数值化测量、智能化控制和状态监测的基本功能,也可集成计量、保护等扩展功能。智能控制和状态可观测是高压设备智能化的基本要求,其中运行状态的测量和健康状态的监测是基础。

牵引变压器是牵引变电站最重要的高压设备之一,事故率较高、故障影响较大,对供电可靠性有较大影响。牵引变压器也是结构最复杂、故障原因最复杂的设备。因此,牵引变压器是一次设备智能化的重要对象。开关设备是牵引供电系统中唯一有机械运动部件的设备,承担着供电系统运行控制的重要职责,也是事故影响较大、事故率相对较高的设备,因此,开关设备是最早进行智能化的设备。

结合电气化铁路牵引供变电设备特点,牵引变电站智能一次设备推荐方案如下所述。

5.1 智能牵引变压器

每台牵引变压器配置一个智能组件,智能组件包含测量、控制、监测及保护功能(本体保护)。测量信息主要有油温、油位、压力释放器状态信号、气体继电器节点信息等;监测内容主要有局部放电、油中溶解气体、油中含水量、气体聚集量、油温、铁芯接地电流等。

5.2 智能断路器及高压组合电器

一个断路器间隔配置一个智能组件。对于敞开式断路器,一个断路器间隔包含断路器及与其相关的

隔离开关;对于高压组合电器设备,该间隔还应包含相关的电压及电流互感器。智能组件包含测量、控制、监测等功能。测量参量主要包括断路器和隔离开关的合分位置信号、就地/远方位置信号、合分控制回路断线信号,断路器未储能报警信号,SF6低气压闭锁报警信号、电源失电报警信号等。控制功能主要是所属断路器间隔的分/合闸操作控制。监测量主要包括局部放电、分/合闸线圈电流波形、断路器分/合闸时间、SF6气体压力、SF6气体水分、断路器储能电机工作状态、开关设备气室温度、开关设备触头红外测温等。

6 结束语

本研究结合电气化铁路牵引变电站的特点,参考国家电网公司的相关规范标准,构建了智能牵引变电站的总体架构,并给出了各系统的具体配置方案。该研究成果对开展电气化铁路智能牵引变电站理论及应用研究具有一定的参考价值。

参考文献(References):

[1] 李孟超,王允平,李献伟,等. 智能变电站及技术特点分析[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(18):59-62.
 [2] 陈小林,王伟平,莫京军. 牵引变电所综合自动化浅析

[J]. 电气应用,2005,24(6):104-106.
 [3] 邓武,杨鑫华,赵慧敏. 牵引变电所综合自动化系统的设计与实现[J]. 铁道工程学报,2006,98(8):93-95,110.
 [4] 张沛超,高翔. 数字化变电站系统结构[J]. 电网技术,2006,30(24):73-77.
 [5] 黄益庄. 智能变电站是变电站综合自动化的发展目标[J]. 电力系统保护与控制,2013,41(2):45-48.
 [6] US Department of Energy. Smart grid system report [R]. Washington, DC, USA: Department of Energy, 2009.
 [7] 丁杰,徐石明,刘有为. Q/GDW383-2009,智能变电站技术导则[S]. 国家电力科学研究院,2009.
 [8] 于广耀,戴敏,陈志蓉. Q/GDW428-2010,智能变电站智能终端技术规范[S]. 河南省电力勘测设计院,2010.
 [9] 杨松,倪益民,樊陈. Q/GDW678-2011,智能变电站一体化监控系统功能规范[S]. 国家电力科学研究院,2011.
 [10] 王永福,黄国方,张强. Q/GDW679-2011,智能变电站一体化监控系统建设技术规范[S]. 国家电力科学研究院,2009.
 [11] 刘有为,吴立远,邓彦国. Q/GDW Z 410-2010,高压设备智能化技术导则[S]. 中国电力科学院,2010.
 [12] 樊陈,倪益民,窦仁晖,等. 智能变电站一体化监控系统有关规范解读[J]. 电力系统自动化,2012,36(19):1-5.
 [13] 罗理鉴,黄少锋,江清楷. 智能变电站智能一次设备框架设计[J]. 电力自动化设备,2011,31(11):120-124.
 [14] 李瑞生,李燕斌,周逢权. 智能变电站功能架构及设计原则[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(21):24-27.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

侯启方. 智能牵引变电站建设方案研究[J]. 机电工程,2014,31(6):790-794.
 HOU Qi-fang. Research on the construction scheme of smart traction substation[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering,2014,31(6):790-794.
 《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第759页)

研究表明,采用PID控制的双伺服同步驱动系统具有控制方便、结构简单、维修方便、同步精度高等优点,并且可以作为子系统很容易地集成到其他系统中。

参考文献(References):

[1] CHEN T C, YU C H. Robust control for a biaxial servo with time delay system based on adaptive tuning technique [J]. ISA Transactions, 2009, 48(3):283-294.
 [2] JEONG S K, YOU S S. Precise position synchronous control of multi-axis servo system[J]. Mechatronics, 2007, 18(3):129-140.
 [3] 范兵. 双轴伺服系统小型化及高精度调节的研究与实现[D]. 武汉:华中科技大学计算机科学技术学院,2012:14-37.
 [4] 史步海,伍祁林. 大功率全电动折弯机多轴同步驱动研究

[J]. 控制工程,2013,20(3):2-4.
 [5] 田克君,陈虎. 基于CAN总线的多伺服电机同步控制[J]. 微计算机信息,2007,23(9-1):1-3.
 [6] 成大先. 机械设计手册[M]. 5版. 北京:化学工业出版社,2010.
 [7] 费继友,代明匣. 基于PMAC运动控制器的伺服电机同步控制系统[J]. 大连交通大学学报,2010,31(1):1-4.
 [8] 万鹏飞,王莉. 基于模糊PID的凹印机套准同步控制研究[J]. 包装与食品机械,2008,26(3):2-3.
 [9] 赵广元. Matlab与控制系统仿真实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.
 [10] 陈建国,黄立,张积广,等. 多指标约束下PID参数统一优化定量整定方法[J]. 兵工自动化,2012,31(2):47-51,56.
 [11] 王伟,张晶涛,柴天佑. PID参数先进整定方法综述[J]. 自动化学报,2000,26(3):1-8.

[编辑:洪炜娜]