

文章编号: 1674—8247(2020)03—0062—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.03.013

铁路牵引变电所直流电源在线监测预警系统研究

邱俊清 代文平

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031; 四川艾德瑞电气有限公司, 成都 610031)

摘要:随着全国铁路大力推广无人值守变电所,现有的直流电源系统已不能满足安全运营的需要。本文从铁路牵引变电所直流设备在线监测系统存在的问题出发,结合物联网技术,提出一种铁路牵引变电所直流电源在线监测预警系统方案,并详细阐述了系统架构,分析了系统组成。该系统已在重庆西牵引变电所成功试运行,具有监测全面、快速预警、云端上传等优势,再加上与现有系统兼容性强,改造方便等特点,可有效的预防直流电源系统事故,为牵引变电所的可靠运行提供技术保障。

关键词:直流电源; 在线监测; 预警; 物联网; 系统; 方案

中图分类号:U224.8 **文献标志码:**A

Research of Online Monitoring and Early Warning System for DC Power Supply of Railway Traction Substation

QIU Junqing DAI Wenping

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China;
Sichuan Edrie Electric Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: With the wide promotion of the unattended railway substation in China, the existing DC power system cannot meet the needs of safe operation. Based on the problems existing in the online monitoring system of DC equipment in railway traction substation, and combined with the Internet of Things technology, a scheme of online monitoring and early warning system for DC power supply is proposed in railway traction substations in this paper. The system architecture is elaborated in details and the system composition is analyzed. This system has been successfully commissioned in Chongqing West Traction Substation. It has the advantages of comprehensive monitoring, rapid warning, and cloud uploading. In addition, it has strong compatibility with the existing systems and convenient retrofits. It can effectively prevent DC power system accidents and provide technical guarantee for the reliable operation of the traction substation.

Key words: DC power supply; online monitoring; early warning; Internet of Things; system; scheme

轨道交通直流电源系统承担着为二次设备供电和主设备提供操作电源的重任,其安全直接关系到整个系统的安全稳定运行。近年来,由于直流电源系统运行维护管理和设备质量等原因,发生了多起因蓄电池爆炸、起火或充电装置、监控单元故障等直流电源系统

故障引发的变电站一次、二次设备故障或事故,造成了较大的经济损失。电力和铁路运维检修调查发现,现有直流电源系统需要人员定期使用移动外挂设备对蓄电池电压、温度等项目进行测试,运营维护人员不得不带着笨重的各种单体测试设备到达现场进行交直流系

收稿日期:2019-12-20

作者简介:邱俊清(1988-),男,工程师。

引文格式:邱俊清,代文平. 铁路牵引变电所直流电源在线监测预警系统研究[J]. 高速铁路技术,2020,11(2): 62-66.

QIU Junqing, DAI Wenping. Research of Online Monitoring and Early Warning System for DC Power Supply of Railway Traction Substation[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(2): 62-66.

统的例行测试,以确保直流系统安全运行。加之铁路牵引变电所分散设置在铁路沿线,造成运营维护任务繁重和维修人员匮乏,大大增加了运营单位成本。基于上述原因,本文从铁路牵引变电所直流设备在线监测系统存在的问题出发,结合物联网技术,提出一种铁路牵引变电所直流电源在线监测预警系统,并详细阐述了系统架构,分析了系统组成。该系统具有监测全面、快速预警、云端上传等优势,且与现有系统兼容性强,改造方便,可有效预防直流电源系统事故,为牵引变电所的可靠运行提供技术保障。

1 直流设备在线监测系统现存问题

1.1 直流系统作用

目前,铁路每个牵引变电所配备 2 套直流蓄电池组,主要给继电保护装置、断路器、隔离开关操作等提供电源,其工作状态直接关系到整个二次系统的安全稳定运行。

1.2 直流系统维护难点

现有直流系统,不能对单体蓄电池的电压、温度、内阻等进行实时监测,需要工作人员定期使用移动外挂设备进行测试,而铁路牵引变电所沿线路分散布置,每隔 30~50 km 设置 1 处,特别是西部山区铁路,山高路远,运营维护人员不得不带着笨重的测试设备,奔波于沿线变电所对其交直流系统进行例行测试。且随着全路变电所无人值班,无人值守的大力推广,一旦直流系统出现问题,工作人员又无法及时到达现场,造成变电所二次设备失灵,很可能带来重大的经济损失。

1.3 直流系统故障危害

在日常运行中,直流系统运行状态、性能参数的变

化常常被忽视,造成直流电源系统带病运行,直至发生重大安全责任事故。近年来,国内发生了多起因蓄电池爆炸、起火或充电装置、监控单元故障等直流电源系统故障引发的变电所一次、二次设备故障事故,造成了重大的经济损失。因此研究一种能及时准确、全方位监测直流电源系统及蓄电池组状态的直流电源监测预警系统具有重要意义。

2 直流电源在线监测预警系统

直流电源在线监测预警系统采用分层分布式结构布置,主要由信息传感采集层、数据分析处理层、运营维护层组成^[1],系统架构如图 1 所示。

(1)信息传感采集层

信息传感采集层由各类传感器及监测单元组成。单体蓄电池温度传感器输出范围(−25~100)℃,监测充电机电压传感器输入范围 DC(0~150%)Un,监测母线电压传感器输入范围 DC(0~150%)Un,监测充电机电流传感器输入范围 DC(0.1~30)A,蓄电池组电压传感器输入范围 DC(0~150%)Un,蓄电池组电流传感器输入范围 DC(0.1~30)A,12V 单体蓄电池电压传感器输入范围 DC(2~15)V^[2-3]。各类传感器负责把温度信号和外部各种电压信号、电流信号转换成采集单元能识别的数字或模拟信号,监测单元负责采集传感器信号,转换成数字信号并将预警信息传给数据分析层。

(2)数据分析处理层

数据分析处理层通过信息传感采集层获得各种电压、电流和温度数据信息,将数据和信息归类整理后,上传到运营维护层的云端服务器进行远程维护或与综

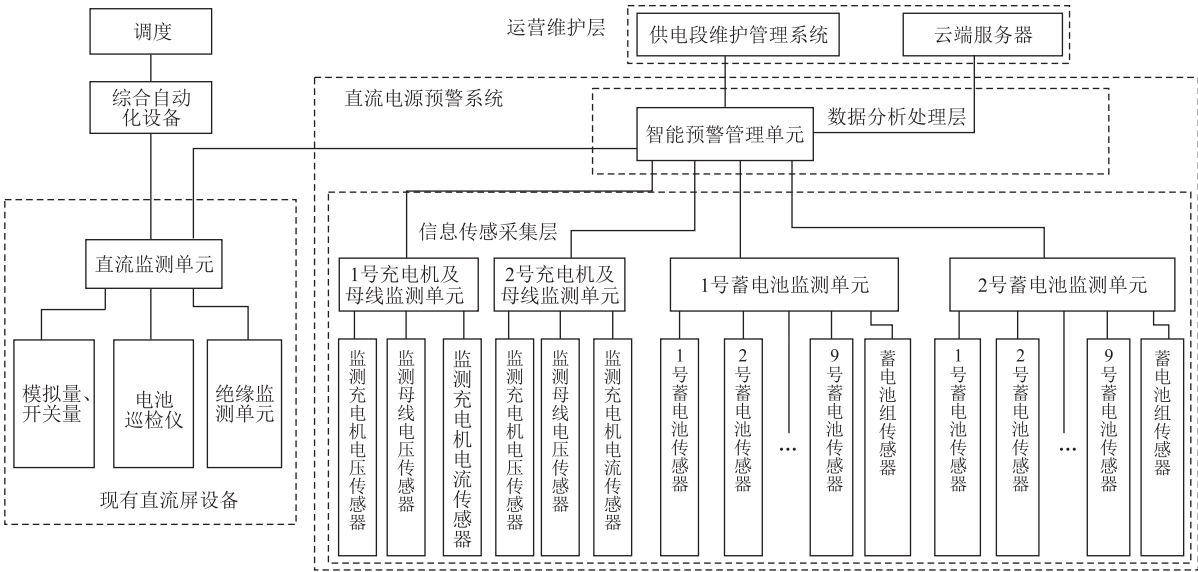


图 1 直流电源在线监测预警系统架构图

合自动化系统通信,实现数据和信息共享;或将数据和信息上传至通信接口协议层的监测预警 IED 进行通信规约和接口转换,同时执行用户选定的操作,将指令和操作信息下发至信息传感采集层。

数据分析处理层根据各种通信规约及设备需要将数据通过光网口(或电网口)、串口传送给综合自动化系统、运营维护层的供电段维护系统或辅助监控系统。

(3)运营维护层

运营维护层由云端服务器和供电段运营维护系统组成,完成设备健康状态的评估和诊断,为设备运行检修人员提供检修依据。供电段运营维护系统主要收集供电段下属所有牵引变电所直流预警系统的各种数据和信息,对每个变电所的直流系统状态进行实时评估,发现存在隐患时,启动诊断模块,对存在问题进行诊断、决策。

3 系统组成

牵引变电所直流在线监测预警系统主要由四种功能模块组成,即充电机及母线监测单元、蓄电池监测单元、智能预警管理单元和端服务器。

(1)充电机及母线监测单元监测内容

充电机及母线监测单元监测内容有:监测充电机电压及母线直流电压、监测充电机输出直流电流、充电机纹波值监测、监测母线交流串入直流系统的交流信号、充电机工作模式监测(均充、浮充模式转换过程监测)、数据远传功能^[4]。

(2)蓄电池监测单元监测内容

蓄电池监测单元监测内容有:监测单体蓄电池电压(蓄电池电压巡检)、监测蓄电池组电压、监测蓄电池组充电和放电电流、蓄电池虚开和虚断监测、蓄电池极柱温度监测、蓄电池脱离母线监测、监测数据远传功能^[5]。

(3)智能预警管理单元

智能预警管理单元管理的事项有:充电机及母线监测数据管理及预警、蓄电池组监测数据管理及预警、数据远传、SOE 事件记录、预警信号输出(四路信号量输出或信息通知)、监测预警数据收集、通讯规约转换、监测预警数据网络发布。

(4)云端服务器

云端服务器采用分级、分权方式对在直流电源预警系统的单元进行实时在线管理;预警信息及 SOE 等信息通过云端服务器保存;运维人员和各级用户可通过 WEB 客户端、Android/IOS APP 等访问方式,随时随地对自己所管理的设备进行实时监控和告警查看,通

过大量历史数据分析设备的历史运行轨迹和进行故障分析^[6-7]。

直流电源在线监测预警系统可实现对单体蓄电池虚开、虚断、极柱温度以及脱离母线监测,还能监测母线交流串入直流信号及充电机工作模式(均充、浮充模式),全面监测蓄电池的健康状况。通过云端服务器,可将监测报告与预警信息及时上传,维护管理人员通过手机或手持式设备客户端实时监测直流系统工作状态,避免事故发生,实现状态检修^[8]。

4 系统应用与接口

4.1 既有牵引变电所改造工程

针对既有牵引变电所改造直流系统的安装空间、施工及工况等因素,直流电源预警系统可根据现场工况灵活配置。直流电源在线监测预警系统已在渝贵、渝昆等重要干线铁路的既有重庆西牵引变电所改造中投用,具有与既有直流系统兼容性好、改造方便、改造时间短、不影响既有线运营等特点。

4.1.1 重庆西变电所系统构成

重庆西变电所的交直流一体化电源由 2 面交流进线屏、1 面直流电源屏、1 面直流馈出屏、2 面蓄电池屏组成,本系统只需在 1 面直流电源屏、1 面直流馈出屏及 2 面蓄电池屏上进行改造安装。根据牵引变电所的实际情况,直流电源在线监测预警系统需加装人机界面 1 台、主控模块 1 台、母线及充电机监测模块 2 台、蓄电池组监测模块 4 台、电流传感器和温湿度传感器若干。另外,在变电所内需再设置 1 台后台管理电脑,用于数据远传显示,系统的结构图和运行主界面如图 2 所示。

4.1.2 挂网试运行总体方案

(1)人机界面、主控模块、母线及充电机监测模块安装方案

人机界面用于主控模块人机交互,需额外加工 1 块面板,替代馈出屏上空面板,将人机界面安装在这块面板上,便于信息查询。主控模块是整个系统的核心,所有监测数据都经该模块集中存储、分析、预警及上传。在柜体内空位加装两根导轨,将主控模块、母线和 2 台充电机监测模块固定在这个导轨上。

(2)蓄电池组监测模块安装方案

该牵引变电所有 2 组 110 V 蓄电池组,每组由 18 只 200 Ah/6 V 电池串联成而成,每组电池安装在 1 面电池屏内。每个电池组监测模块可监测 9 只电池,故每个屏柜需安装 2 台电池组监测模块,可安装在

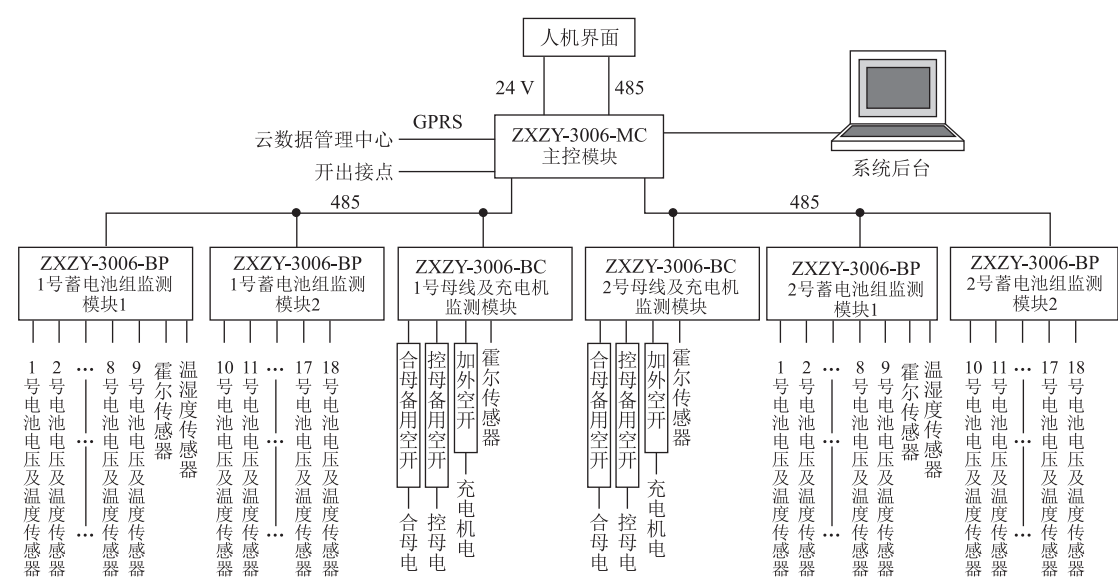


图 2 系统应用结构图

电池屏上部空位。

(3) 系统安装调试

系统安装调试的步骤有:①将后台放置在主控桌上,接好电源线。②利用既有电缆沟将网线从主控模块接到主控桌后台管理电脑上。③通过人机界面设置

各运行参数,调整各个采样值的准确度,使整个系统正常运行。④打开后台管理电脑,确保后台电脑跟与主控模块通讯正常,显示正常。⑤通过互联网或手机,检查主控模块上传云平台数据是否正常。

系统运动主界面如图 3 所示。

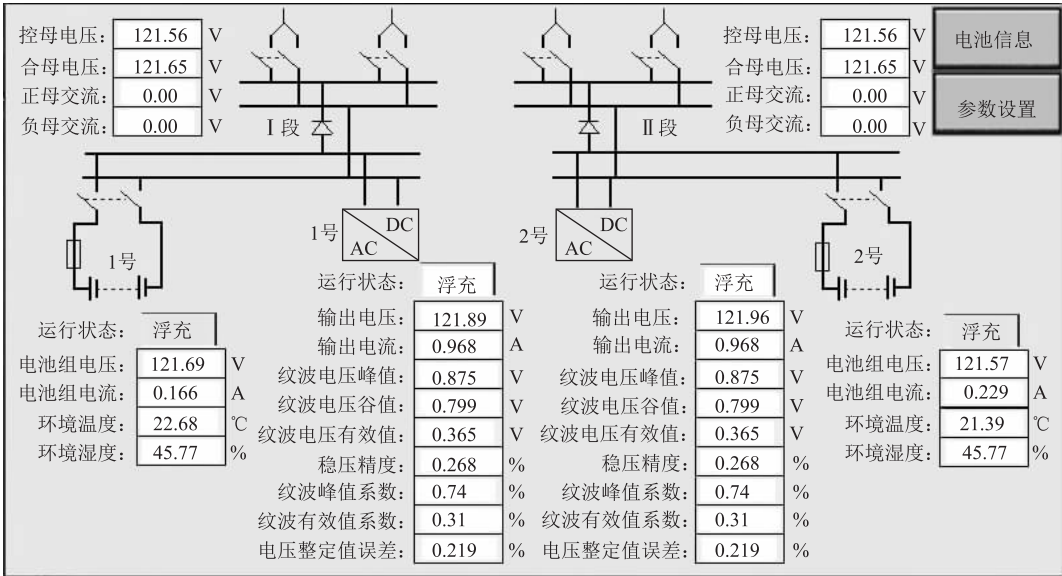


图 3 系统运行主界面图

4.2 新建铁路牵引变电所工程

针对新建铁路牵引变电所工程,直流电源预警系统可在交直流厂家出厂时分散安装在直流屏内,同时也可根据工程需要,采用组屏安装方式。

(1) 分散安装方式

①充电机及母线监测单元安装在充电机的充电屏柜内。

②智能预警管理单元安装在充电屏内。

③蓄电池监测单元安装于蓄电池屏内。

(2) 组屏安装方式

①充电机及母线监测单元安装在新装屏内,电流传感器安装在充电屏柜内。

②智能预警管理单元安装在新装屏内。

③蓄电池监测单元安装于新装屏内,温度传感器

安装在蓄电池屏内。

4.3 系统接口方案

系统接口方案为:

(1) 蓄电池监测单元采用 RS485 与监测预警管理单元通讯。

(2) 充电机及母线监测单元采用 RS485 与监测预警管理单元通讯。

(3) 监测预警管理单元采用 RS485 接入站端综合自动化系统。

(4) 智能预警管理单元通过 GPRS 上传数据给云端服务器。

(5) 智能预警管理单元通过光纤网络接入供电段运维系统。

(6) 智能预警管理单元具备以 IEC61850-MMS 规约接入智能牵引变电站自动化系统的功能^[9]。

5 结束语

2018 年中国国家铁路集团有限公司发布了《牵引供变电所实施无人值班值守工作的指导意见》,全路变电所的无人值守设计已是大势所趋。在此背景下,交直流系统的安全稳定工作备受行业关注。现有的直流系统不能有效地监测单体蓄电池的状态,以至于忽略了其中的危险因素,易造成整个蓄电池组的损坏。本文提出直流电源在线监测预警系统,实时监控直流母线、充电装置、蓄电池组、蓄电池单体等关键特征量,并通过系统计算、分析,实时判断直流电源的运行状态,实现对存在隐患的实时预警,再配合云端上传等技术应用,确保提前发现问题,并提醒相关部门及时做出处理,防止事故扩大,减少和避免损失,有效提高运维效率,减轻变电所人力运维成本,为牵引变电所的可靠运行提供了技术保障。

参考文献:

- [1] 王瑞祥,刘峰,熊小伏,等. 变电站直流电源绝缘在线监测新方法[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(12): 65-67.
WANG Ruixiang, LIU Feng, XIONG Xiaofu, et al. On-line Insulation Monitoring of Substation DC Power Supply [J]. Electric

Power Automation Equipment, 2009, 29(12): 65-67.

- [2] 王刚峰,黄明亮,刘建. 变电站内直流供电系统在线绝缘监测的设计[J]. 电子技术与软件工程, 2014(21): 151-152.
WANG Gangfeng, HUANG Mingliang, LIU Jian. Design of Online Insulation Monitoring of DC Power Supply System in Substation [J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2014(21): 151-152.
- [3] 常杰. 变电站直流电源状态监测与评价系统的设计与实现[D]. 北京: 华北电力大学, 2018.
CHANG Jie. Design and Implementation of Substation DC Power Condition Monitoring and Evaluation System [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2018.
- [4] 李秉宇,陈晓东,范辉,等. 变电站直流电源在线监测系统关键技术研究[J]. 电源技术, 2016, 40(10): 2064-2067.
LI Bingyu, CHEN Xiaodong, FAN Hui, et al. Research on Crucial Technology of On-line Monitoring System in Station DC Power [J]. Chinese Journal of Power Sources, 2016, 40(10): 2064-2067.
- [5] 李建宇. 直流电源在线监控系统的设计方法[J]. 中国科技成果, 2010, 11(9): 52-53.
LI Jianyu. Design Method of DC power supply On-line Monitoring System [J]. China Science and Technology Achievements, 2010, 11(9): 52-53.
- [6] 白海霞. 蓄电池在线监测系统的设计与实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
BAI Haixia. Research and Design of Battery Online Monitoring System [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010.
- [7] 吴武彬. 变电站蓄电池在线监测系统设计与实现[J]. 通信电源技术, 2014, 31(6): 163-164.
WU Wubin. Design and Implementation of an Online Monitoring System for the Substation Storage Battery [J]. Telecom Power Technology, 2014, 31(6): 163-164.
- [8] 张晓辉. 智能电源监控系统的设计与实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2015.
ZHANG Xiaohui. Design and Implementation of an Intelligent Power Monitoring and Control System [D]. Xi'an: Xidian University, 2015.
- [9] 李文文. 变电站蓄电池在线监测系统的设计与实现[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.
LI Wenwen. Design and Implementation of Online Monitoring System for Substation Battery [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2014.

(编辑:车晓娟 白雪)