

DOI: 10.7667/PSPC151002

基于 GIS 的网络化接触网检修挂接地线信息 管理系统的设计与实现

刘家军, 刘梦娜, 安源

(西安理工大学水利水电学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 针对接触网检修过程中接地线集中管理以及实时监测方面存在的不足和漏洞, 引入 GIS 平台利用对 MapX 的二次开发完成地线作业位置和挂接状态在电子地图上的连续定位和动态显示。在网络环境下, 结合 Web 与数据库互联技术、Ajax 技术, 开发了基于浏览器/服务器(B/S)模式的地线作业信息共享子系统。实现了临时接地线工具编码识别与管理、地线作业状态监测与位置标定、停送电安全检测、漏摘告警提示和信息跨平台实时共享等功能, 满足接地线动态管理与监控的现场作业要求。

关键词: 接触网检修作业; 实时监测; GIS; Web 技术; 信息共享

Design and implementation of grounding wire networked information management system based on GIS in overhead contact system maintenance operation

LIU Jiajun, LIU Mengna, AN Yuan

(Institute of Water Resources and Hydro-electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: In view that the problems and loopholes of the centralized management and the real-time monitoring of the ground wire exist in the process of the contact wire maintenance, the GIS platform is introduced to complete the continuous position and dynamic display of the ground operation position and the linked state in the electronic map by using the secondary development of MapX. In the network environment, with the technology of Web and database interconnection and Ajax, the information sharing subsystem of ground wire operation based on the browser/server (B/S) is developed. This paper realizes temporary grounding tools for coding, identification and management, operating status monitoring and location, stopping power security detection, leakage warning tips, real-time information sharing of cross platform and other functions, meeting the requirements of the field operation for the dynamic management and monitoring of the grounding wire.

Key words: overhead contact system maintenance operation; real-time monitoring; GIS; Web technology; information sharing

0 引言

挂接地线是接触网检修工作中必需的一种安全用具, 是保证操作人员人身安全的一道有力屏障^[1], 合理科学的地线信息管理系统在此就显得至关重要。现有的接地线管理系统可以完成对检修作业现场接地线状态的实时监测^[2-8], 但也存在一些问题:

临时接地线工具管理方面存在盲区; 缺乏对检修总体流程的过程监视, 接触网全线挂接状况不能可视化呈现; 检修及恢复送电环节无安全性分析; 此外, 监测保存的数据只能在监控中心内进行分析和处理, 如果远方的客户需要浏览和查询数据, 只能通过移动存储设备拷贝数据或者将报表打印出来进行查看^[9], 在进入网络时代的今天, 这种传递数据与信息的方式是比较落后的。可见, 目前的管理方式已远远不能满足我们对智能化、自动化以及可靠性方面的要求。

基金项目: 陕西省科技统筹创新工程计划项目 (2013KTCQ01-14)

因此, 建立一套基于 GIS 的网络化接触网检修挂接地线信息管理系统是现代技术发展的必然趋势。将 GIS 技术、Web 技术、Ajax 技术、数据库技术与现有的接地线管理系统相结合, 实现接地线挂接信息监测、处理、管理的现代化以及各项信息发布的网络化, 完成地线监测信息的分散收集、集中管理以及集中发布^[10]。

1 系统总体结构

本系统运行于生产调度中心的服务器上, 由监测管理子系统和信息共享子系统共同组成, 结构框图如图 1 所示。

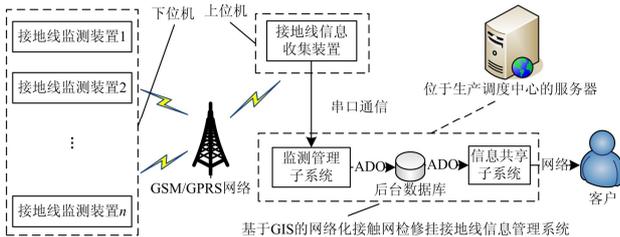


图 1 系统结构框图

Fig. 1 Structure frame of system

监测管理子系统与信息收集装置^[11]通过串口进行数据通信, 负责接收 SMS 短信和 MMS 彩信格式的地线作业实时信息, 通过不同的算法将这些监测信息加以解码以文字和图像的形式反映给监测人员, 并将数据存储于对应数据库中。

信息共享子系统利用分布式 Web 技术在局域网上构建基于 B/S 模式的检修作业挂接地线信息共享系统, 实现网络环境中地线作业信息的跨平台实时共享。

后台数据库在两个子系统之间架起了一座桥梁, 监测管理子系统实现数据库的数据收集与实时更新, 信息共享子系统将数据库中的信息在网上进行发布。

2 基于 GIS 的地线监测管理子系统

接触网路域不仅涉及常规属性信息数据, 还涉及空间位置信息, 如线路、杆塔、位置等与空间有关的图形数据。采用 GIS 系统来管理, 以电子地图作为基础平台, 将空间数据与属性数据相结合^[12], 以文图互显、文图互查的形式实现信息传递、记录和分析的功能^[13], 更好地为接触网地线管理提供辅助决策。

2.1 系统功能

根据用户的需求, 基于 GIS 的地线监测管理子

系统主要设计了如图 2 所示的十个功能模块。

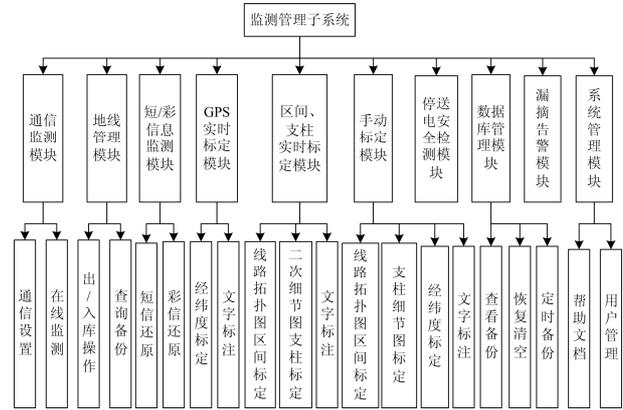


图 2 系统功能模块

Fig. 2 Modules frame of system function

2.2 开发环境与工具

选用 Visual C++ 6.0 作为地线监测管理子系统的开发平台, 关联式数据库管理系统 Microsoft Office Access 2003 作为系统的后台数据库, 运用 MSComm 控件实现串口通信、使用 ADO 访问数据库、利用 MapX 操控 MapInfo 软件完成 GIS 的集成二次开发^[14]。

2.3 软件实现与算法

(1) 通信监测模块

MSComm 作为串行通信编程的 ActiveX 控件, 利用它与信息收集装置进行通信, 通过串口接收传递来的实时数据, 为应用程序提供了通过串行接口接收数据的简便方法。当串口检测到数据时, 系统会以事件驱动通信方式与主程序进行通信, 此时 MSComm 控件激发 OnComm 事件完成捕获和处理这些通信事件^[15]。

(2) 地线管理模块

实现对临时接地线工具的智能管理, 每根接地线与信息监测装置关联编号, 在取用、挂接、摘下和归还等一系列环节均采用唯一识别编号, 支持后台取用记录机制, 对出/入库操作进行记录并保存在数据库中以备查询打印^[16]。

(3) 短/彩信息监测模块

通信协议中规定, 地线监测信息以三条地线作业短信、一条彩信、一条 GPS 定位短信的顺序通过 GSM/GPRS 网络传递到信息收集装置上。系统通过串口接收收集装置传输的数据信息并传递到相应功能函数中进行解码、还原, 在主界面以文字和图片的形式呈现给工作人员。由于短信信息以字符型进行编译、发送, 彩信信息数据中 JPEG 图片数据为十六进制数, 其余为由 ASCII 码编译的字符型数据,

故涉及到十六进制接收与字符接收两种接收方式。为确保数据的完整性，本系统采取以两种数据接收方式同时接收，对失真数据进行抛出的方式。串口数据的分类算法如图 3 所示。

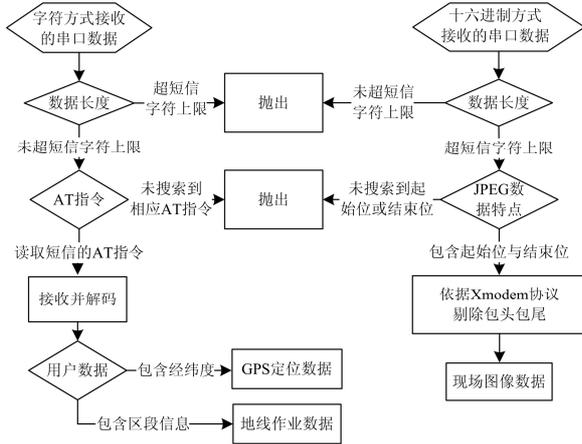


图 3 串口数据分类算法

Fig. 3 Classification algorithm of serial data

(4) GPS 实时标定模块

利用 GPS 定位的高可靠性，为确认作业区间/站点提供辅助依据^[17]。串口监听的 GPS 定位数据主要内容为地线作业点经纬度，针对其先纬度后经度的数据顺序，首先对数据进行重组，其次在地图相应坐标标定接地符号，具体的算法如图 4 所示。

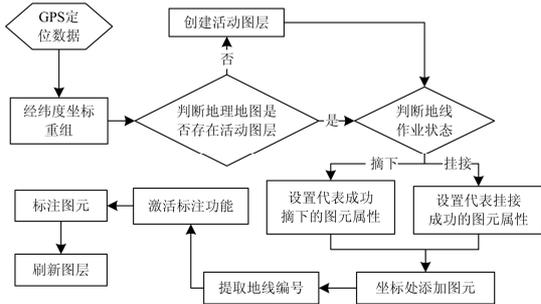


图 4 GPS 定位算法

Fig. 4 Algorithm of GPS location

(5) 区段、支柱实时标定模块

标定算法如图 5 所示，首先将还原的地线作业数据中的线路、区间/站点和支柱编号与线路拓扑图以及二次细节图绑定的数据库进行关联定位地线作业位置；其次获取作业状态和接地线编号，当某根地线为挂接状态时在作业位置上增加接地符号图元、接地线编号标注图元，相反当判断其为摘下时删除相应的接地符号图元、撤销相关的标注。通过增加、删除接地符号图元和标注图元，改变线路拓扑图及二次细节图的输出，实现对接触网检修总体过程的全面监视、对全线整体挂接状况的可视化呈

现，细化至具体支柱，避免不按规定挂设、错误挂设接地线的现象出现。

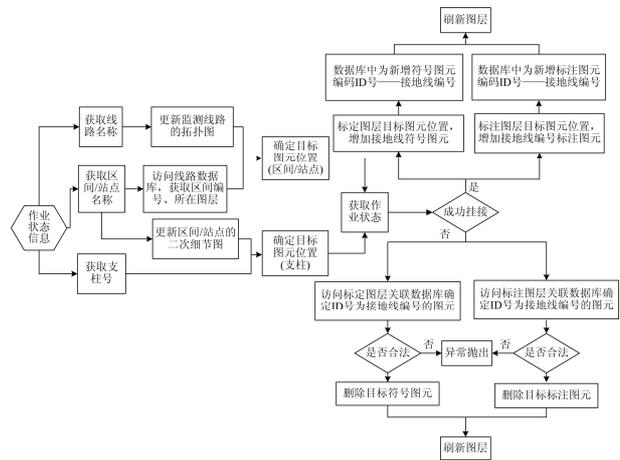


图 5 区段支柱定位算法

Fig. 5 Segment pillar positioning algorithm

(6) 手动标定模块

为满足工作人员对于历史信息的全方位查询，当手动点击某条历史信息时，会在匹配线路的拓扑图上定位出作业区间/站点、标注出接地线编号，在二次细节图上定位作业支柱号并在地理地图上定位作业经纬度。

(7) 数据库管理模块

将地线出/入库使用记录、还原的地线作业信息、GPS 信息分别存储于相关数据库中，可对数据进行手动备份、恢复、查询、打印和 excel 导出等操作。同时为防止数据意外损坏追加数据库定时备份功能，系统关闭时会自动备份本次检修任务中所有地线的使用记录和作业/GPS 信息。

(8) 停送电安全检测模块

以具体线路上单个区间/站点作为基本查询单元，在电力调度中心下达送电命令前通过访问历史数据库搜索和统计预送电区段内全部接地线的工作状态，判断此时该区段是否满足安全送电要求，为送电环节提供可靠依据，可有效避免带接地线合闸的恶性事故发生。图 6 为具体的算法。

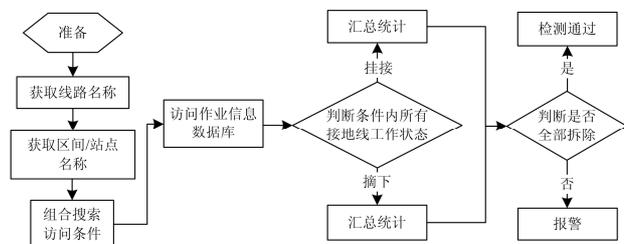


图 6 检测模块算法

Fig. 6 Detection module algorithm

(9) 漏摘告警模块

检修任务结束后关闭系统时, 会自动遍历所有被监测线路, 若出现接地符号图元意味着仍有接地线未成功摘下, 则给出告警提示, 避免由于地线漏摘所带来的恶性事故发生。具体算法如图 7 所示。

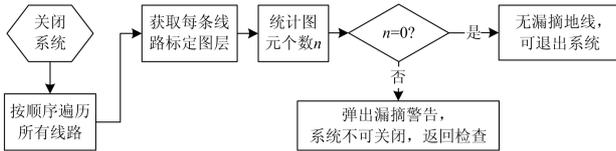


图 7 漏摘告警模块

Fig. 7 Leakage warning module algorithm

(10) 系统管理模块

用户管理包括新用户注册和修改密码, 同时禁止用户越权和非法操作; 帮助文档用来协助用户方便快捷地使用程序。

3 基于 B/S 模式的地线信息共享子系统

3.1 系统功能

该软件采用 B/S 模式结构^[18], 即在 TCP/IP 的支持下, 以 HTTP 为传输协议, 客户端通过浏览器访问 Web 服务器以及与之相连的后台数据库, 此模式的优势在于: (1) 无需开发客户端。客户机只要安装有普通的浏览器(IE)就可以运行, 维护和升级工作都在服务器端进行, 大大降低了开发和维护的成本。(2) 可跨平台操作。不限制客户机的操作系统, 任何一台机器只要装有 www 浏览器软件, 均可作为客户。地线信息共享子系统的功能如图 8 所示, 包含三个功能模块。

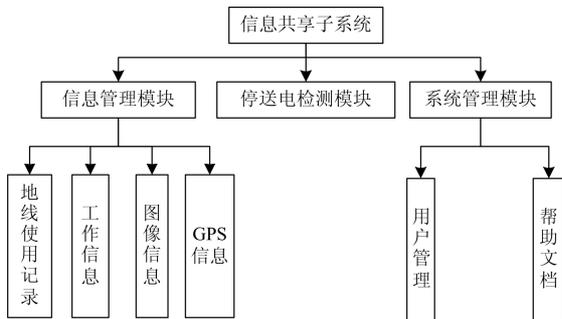


图 8 系统功能模块

Fig. 8 Modules frame of system function

3.2 开发环境与工具

地线信息共享子系统选择 PHP 作为 Web 应用程序的开发平台, 以监测管理子系统建立的 Microsoft Office Access 2003 数据库为后台数据库, 同时引入 Ajax 技术创建交互式网页。PHP 作为一

种在服务器端执行嵌入 HTML 文档的跨平台脚本语言^[19], 支持几乎所有流行的数据库以及操作系统, 用户在一个系统平台上开发的脚本语言程序可以不加修改地在另一个系统平台上运行^[20], 因而它是当前用于开发 Web 应用程序最流行的脚本语言之一; Ajax 是一种用于创建快速动态网页的技术, 在浏览器与 Web 服务器之间使用异步数据传输 (HTTP 请求), 使网页实现异步更新^[21], 这意味着在不更新整个页面的前提下维护数据, 使得 Web 应用程序更为迅捷地回应用户动作, 并避免了在网络上发送那些没有改变过的信息。

3.3 软件实现与算法

(1) 信息共享模块

为实现网络环境中地线作业状况的跨平台共享, 以满足其他站点不同层次的工作人员对监测数据的快捷查询要求, 需在内网上发布监测管理子系统建立、更新的数据库。在 B/S 模式的应用系统中, 通过 Web 网页进行数据库的操作, 要使用 Web 与数据库的互联技术(也称动态页面技术): 数据库系统完成对各种复杂数据的快速检索和有效管理, web 系统按远端客户机的特定访问请求将这些数据实时地产生带查询结果的动态主页传送给客户浏览器显示, 实现合法用户在 Web 浏览器上方便地检索和浏览接地线使用记录、作业信息、GPS 信息以及现场图像。基于 PHP 的 Web 数据库体系结构如图 9 所示。

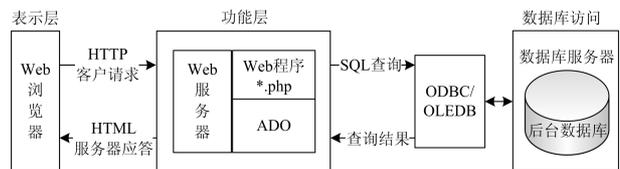


图 9 PHP 访问数据库方式流程图

Fig. 9 Flow chart of PHP database access way

当客户端浏览器向 Web 服务器发出请求一个 *.php 文件时, Web 服务器响应 HTTP 请求, 检索文件, 并将其传递给 PHP 引擎处理, PHP 引擎解析脚本, 若脚本含有访问数据库的请求(SQL 语句), 就通过 ODBC/OLEDB 与后台数据库相连, 由 ADO 负责完成对数据库的访问操作。PHP 脚本在服务器端解释执行, 它根据访问数据库的结果自动生成符合 HTML 语言的主页, 将该 HTML 返回 Web 服务器, Web 服务器再将 HTML 返回给客户端浏览器去响应用户的请求, 最终用户就可以看到响应后的结果页面, Web 服务器完成所有相应的发布工作。

(2) 停送电安全检测

同地线监测管理子系统中的检测模块算法完全相同。客户在浏览器网页上点击按钮提出请求，根据用户选择的需检测线路及区间/站点的名称，web服务器访问数据库遍历所选区段的接地线挂接状况，返回出检测结果。

(3) 用户管理

为便于对访问系统的用户进行管理，设计了用户管理页面程序，识别用户的权限级别，开放相应的功能，从而规范系统的安全使用。

4 结语

为了适应电气化铁路事业快速发展的需要，结合最新的技术发展，借助 GIS 平台，利用 Web 技术、数据库技术以及 Ajax 技术，开发了一套基于 GIS 的网络化接触网检修挂接地线信息管理系统，完成了临时接地线工具的智能管理，检修作业总体流程的全程监控，地线挂接状况的可视化呈现，送电环节的安全检测以及作业信息的网内共享。无备用的接触网系统是整个供电系统的薄弱环节^[22]，该系统的实现大大加强了临时接地线工具的监管力度，提高了接触网检修管理的工作效率。

参考文献

[1] 刘家军, 缪俊, 姚李孝, 等. 电力检修作业挂接地线可视化监测装置[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(7): 134-136.
LIU Jiajun, MIAO Jun, YAO Lixiao, et al. Visualized monitoring of grounding wire connection equipment[J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(7): 134-136.

[2] 杨利娟, 鲁周迅. 基于 GSM 线路检修监控系统的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2005, 21(7): 149-150.
YANG Lijuan, LU Zhouxun. Remote monitor system of the power earth lines status based on GSM network[J]. Control & Automation, 2005, 21(7): 149-150.

[3] 刘家军, 巨轩同, 王勇科. 基于铁路电力调度接触网停送电闭锁信息处理系统[J]. 电网与清洁能源, 2014, 30(9): 26-30, 42.
LIU Jiajun, JU Xuanton, WANG Yongke. The contact line power cut and power transmission locked-in information management system based on railway power dispatching[J]. Power System and Clean Energy, 2014, 30(9): 26-30, 42.

[4] 徐建源, 窦文君, 王爱弘. 接地线状态在线监测系统设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(7): 111-120.
XU Jianyuan, DOU Wenjun, WANG Aihong. On-line monitoring system of grounding line working conditions[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(7): 111-120.

[5] 张家玮. 接触网安全状态在线监测系统研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2011.
ZHANG Jiawei. Research on online monitoring system of catenary safe states[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2011.

[6] 赵明杰. 基于图像处理的接触网状态检测研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2013.
ZHAO Mingjie. Status detection of railway catenary based on image procession[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2013.

[7] 史超美, 王勇科, 李强, 等. 接触网检修挂接地线管理可视化系统设计与实现[J]. 电网与清洁能源, 2013, 29(3): 55-59.
SHI Chaomei, WANG Yongke, LI Qiang, et al. Design for visible power grounding wire operation's MIS[J]. Power System and Clean Energy, 2013, 29(3): 55-59.

[8] 王海欧, 林凌. 变电站接地线在线监测系统的研究与开发[D]. 浙江电力, 2015(6): 24-27.
WANG Haiou, LIN Ling. Research and development of online monitoring system for substation grounding wire[D]. Zhejiang Electric Power, 2015(6): 24-27.

[9] 谢煜. 基于 B/S 模式的接触网参数检测装置数据分析系统的设计与实现[D]. 成都: 西南交通大学, 2004.
XIE Yu. Design and implementation of catenary's inspection data analysis system based on B/S mode[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2013.

[10] 张烨, 黄新波, 陈小雄, 等. 输电线路防外力破坏智能预警系统研究[J]. 高压电器, 2015, 51(8): 54-61.
ZHANG Ye, HUANG Xinbo, CHEN Xiaoxiong, et al. Intelligent early-warning system for preserving transmission line from external damage[J]. High Voltage Apparatus, 2015, 51(8): 54-61.

[11] 刘家军, 刘博, 徐新, 等. 接触网作业地线的信息收集装置的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(5): 139-143.
LIU Jiajun, LIU Bo, XU Xin, et al. Research on the grounding line information-gathering device of catenary operation[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(5): 139-143.

[12] 王超, 杨鸿斌, 郭德胜, 等. GIS 在供电公司配电网调度中的应用分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(21): 83-85.
WANG Chao, YANG Hongbin, GUO Desheng, et al. Analysis on GIS applications in distribution dispatching of power supply company[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(21): 83-85.

[13] 杜颖, 卢继平, 沈智健. 基于 WebGIS 电力电缆信息管理系统设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2008,

- 26(12): 64-68.
DU Ying, LU Jiping, SHEN Zhijian. Design and implementation of electric cable information management system based on WebGIS[J]. Power System Protection and Control, 2008, 26(12): 64-68.
- [14] 靳海亮, 刘慧杰, 苗保亮. 基于 MapX 控件的 GIS 应用软件基本功能二次开发[J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(1): 61-63.
JIN Hailiang, LIU Huijie, MIAO Baoliang. Secondary development of GIS application software functions based on MapX controls[J]. Computer & Digital Engineering, 2011, 39(1): 61-63.
- [15] 章辉, 叶建芳, 叶建威. 基于 MSComm 控件串口通信的实现[J]. 电子测量技术, 2011, 34(8): 126-129.
ZHANG Hui, YE Jianfang, YE Jianwei. Realization of serial communication based on MSComm controls[J]. Electronic Measurement Technology, 2011, 34(8): 126-129.
- [16] 马银戌, 刘庆东, 鲍慧. 变电站智能巡视后台管理系统的设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(10): 125-129.
MA Yinxu, LIU Qingdong, BAO Hui. Design and implementation of substation intelligent patrol background management system[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(10): 125-129.
- [17] 王鹏, 苏华衍. 基于地理空间信息多视图的电力故障全景抢修应用[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(4): 128-132.
WANG Peng, SU Huayan. Application of multi-view panoramic power fault repair based on geographic information[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(4): 128-132.
- [18] 刘琦, 程春, 吴健, 等. 智能变电站温度监测主站系统的设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(4): 130-135.
LIU Qi, CHENG Chun, WU Jian, et al. Design and implementation of temperature monitoring system for intelligent substation[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(4): 130-135.
- [19] 张骞. 基于 GIS 和 Memcached 的铁路接触网精细化检修管理系统的设计与实现[D]. 南昌: 华东交通大学, 2013.
ZHANG Qian. Design and achieve of railway contact net meticulous maintenance management system based on GIS and Memcached[D]. Nanchang: East China Jiaotong University, 2013.
- [20] 冯祖洪. 用 PHP 访问数据库的通用方法[J]. 西北民族学院学报, 2002, 23(44): 31-36.
FENG Zuhong. General method of accessing database with PHP[J]. Journal of Northwest Minorities University, 2002, 23(44): 31-36.
- [21] 郭挺, 谢敏, 刘明波, 等. SVG 和 Ajax 技术在电网分析与辅助决策支持系统中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(4): 83-89.
GUO Ting, XIE Min, LIU Mingbo, et al. Application of SVG and Ajax technique into power network analysis and decision support systems[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(4): 83-89.
- [22] 赵峰, 梁丽, 王思华. 基于 GO-FLOW 法的高速铁路接触网系统可靠性分析[J]. 电工技术学报, 2015, 30(12): 351-356.
ZHAO Feng, LIANG Li, WANG Sihua. A reliability evaluation of high speed railway overhead contact systems based on the GO-FLOW methodology[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(12): 351-356.

收稿日期: 2015-06-15; 修回日期: 2015-11-30

作者简介:

刘家军(1967-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力系统监控与调度自动化; E-mail: liujiajun-88@163.com

刘梦娜(1992-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统的测量与控制;

安源(1968-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为电力系统继电保护。

(编辑 魏小丽)