线路检修及接地线状态监视预警系统

张占龙[1]，李德文[1]，郭祥书[2]，许 楠[2]，熊小伏[1]
(1. 重庆大学输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室，重庆市 400044；
2. 云南电网公司昆明供电局，云南省昆明市 650000)

摘要： 主要针对线路检修临时接地线的安全拆卸问题，研制了线路检修及接地线状态监视预警系统。利用条形码编码识别、通用分组无线电业务(GPRS)无线传输、全球定位系统(GPS)卫星定位技术，建立了融合基础数据管理、警示信号显示、临时接地线工具管理功能的管理平台，实现对系统工作的监控。整个系统由现场端和系统服务器端构成。介绍了系统构成原理、结构、软件功能和应用效果。该系统可便于管理人员和检修人员在进行操作、检修作业时对现场接地状态的掌控，防止发生输电线带地线合闸恶性事故的发生，确保正常的检修流程。

关键词： 输电线路；接地线；状态监视；防误系统；通用分组无线电业务；全球定位系统

中图分类号： TM755

0 引言

在国内外电网重大安全事故中，带地线合闸的恶性误操作事故仍在不断发生。虽然微机“五防”装置通过一系列逻辑判断和电气连锁及机械锁具闭锁，对误合/分断路器、带电拉刀闸、误入带电间隔等误操作行为起到了很好的抑制作用[1]，但对于输电线路带地线合开关这一误操作行为，却还存在严重隐患。主要体现在：现有“五防”系统不能解决临时接地线的安全拆卸问题，使得现有防误系统存在安全漏洞，导致带地线合闸行为不能被及时发现和制止；不能用于线路检修的安全监视，导致线路检修完毕后接地线可能未完全拆出；输电线检修流程和工作状态无法自动反馈给操作管理人员，使得相关责任人员不能充分掌握现场情况，可能导致误下命令；现有输电线巡线管理系统属于事后记录方式，虽然能对巡线人员的路径进行事后监督，并用电子方式记录巡线情况[2]，但不能对线路检修流程进行过程监视，不能提升检修和恢复送电环节的安全保障措施。

本文从避免输电线带地线合闸恶性误操作事故的发生以及确保正常的检修流程出发，研制了线路检修和接地线状态监视预警系统，建立临时接地线的状态在线和远程监视，避免带地线合闸，堵住安全漏洞；建立输电线检修时临时接地线挂接和撤除识别手段，并将信号实时回传给调度端，向调度值班人员和相关管理人员提供接地线未撤除的预警信号，从而避免误下合闸命令；对预先确定的检修对象和检修位置进行自动校核，避免走错线路和杆塔，避免误上带电线路。

1 系统原理

在发生带地线、地刀合闸事故中，最根本的原因在于无技术管理措施准确地判断接地线是否已脱离电气主设备[3]。因此，系统的核心是建立识别接地线是否脱离电气设备的技术手段，并通过通用分组无线电业务(GPRS)远程传输到控制室[4]，从而使调度人员及时了解现场接地线的状态。

系统主要实现接地线编码管理和识别、地理位置状态信息管理、信号无线传收、警示信号显示以及后台软件管理平台等功能。线路临时接地线编码管理和识别主要是对临时接地线工具的实时监控，每组临时接地线组别编号唯一，在领用、挂接、卸载和归还等工作环节采用唯一编码识别接地线工具；检修对象(杆塔、回路)的地理位置和对象状态数据由后台管理系统进行管理，通过全球定位系统(GPS)指导检修人员快捷、准确地到达工作地点，定位工作对象；检修人员行进路线、工作现场、接地线的挂接和卸载状态等数据通过 GPRS 网络实时传递到后台管理系统；检修任务结束后，系统自动判别本次任务接地线的卸载状态，若正常，即下达合闸命令，否则，回传警示信号。此外，后台管理软件还提供了任务的详细情况记录、保存和系列查询功能。

2 系统结构

线路检修和接地线状态监视预警系统主要由系

收稿日期：2009-02-09；修回日期：2009-05-24。

统前端（现场端）和系统主站（服务器端）构成。服务器端安装在工作站 PC 机上，现场端安装在手持智能终端（个人数字助理（PDA））上。系统构成如图 1 所示。应用线路地理信息系统（GIS）和 GPS 定位巡检仪，通过服务器端对现场端实时监控，使工作人员在现场进行巡检、维修的情况如实且及时地在服务器端显示出来。

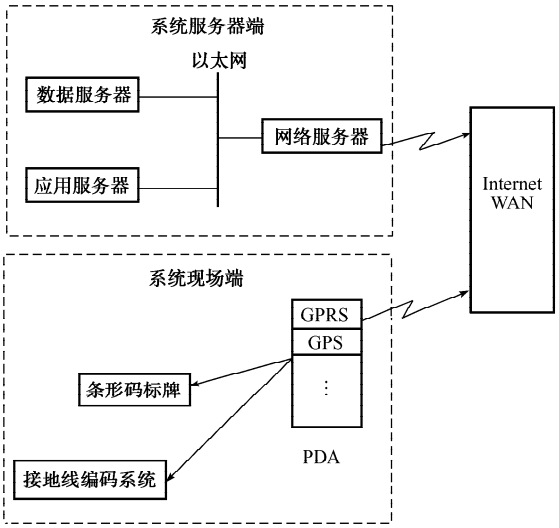

图 1　系统结构
Fig. 1　Structure of system

2.1　系统现场端

系统现场端主要由检修人员 PDA、临时接地线编码系统组成。

PDA 内置 GPRS 模块和 GPS，设有选择目标线路的自动和手动方式。为满足现场巡检任务需要，自动方式将巡检线路途经的杆塔和线路实时地显示在 PDA 上，便于现场工作人员对当前巡检路线的确认，尤其在地形复杂的野外场所，工作人员可不必爬上杆塔根据标牌进行确认，提高了工作效率，减少了现场巡检、维护工作的危险性。对于巡检系统中的一杆多回线路重叠显示问题，根据具体工作任务需要，可通过手动选择目标线路来进行区分。

线路临时接地线编码系统在应用 GPS 定位巡检仪时，用来对供野外使用的接地线编码识别和位置状态信息的管理。临时接地线组别号的唯一编号采用 11 位条形码标识，如图 2 所示。设备编号采用 5 位条形码，其顺序排列由各部门自行定义，存储在后台即可。这样，利用条形码识别技术在挂接和拆除接地线时，对接地线和设备编号扫描读取信息，并将信息传递给管理人员，实现对线路检修和接地线状态的实时监控。

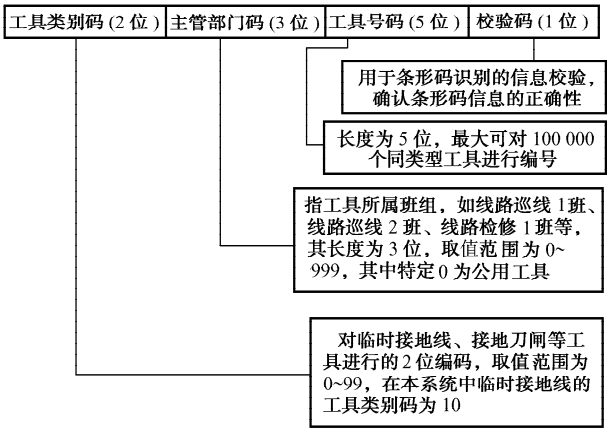

图 2　条形码标识符
Fig. 2　Identifiers of bar code

当有故障点需检修时，服务器端可通过工作人员随身携带的 PDA 集成地理信息和定位故障发生点，自动校核检修人员的位置是否属于预先确定的检修对象所处的位置，并告知检修人员，从而避免误上带电杆塔或误触带电线路。

线路检修时，通过编码识别，获得检修线路编号并将信号传送至控制中心，使得每组接地线的位置、状态处于检修工作负责人和管理人员的双重在线监管下。当检修工作人员的位置或状态改变时，其改变信息实时地反映在服务器端的信号显示设备上；当接地线未脱离电气主设备时，显示“接地线未撤除合闸预警”信号，接地线卸载时，巡检人员再次扫描接地线条形码，显示“接地线撤除”信息，这样实现对临时接地线状态信息现场和远程双监控，为检修工作负责人和管理人员直观、准确地提供是否准许合闸的安全判断，杜绝带地线合闸恶性误操作事故的发生。

2.2　系统服务器端

系统服务器端主要实现系统后台管理，在供电局生产管理信息系统、调度自动化系统中使用 Web 浏览方式[5]，用以监视“接地线未撤除合闸预警”信号、线路检修人员位置和相关信息。采用可视化效果更好的 GIS 地图，可以更加精细、真实、实时地显示周边地理环境和地貌特征，使现场工作人员对于巡检路线的设定更为安全、合理和高效。

后台管理系统也可对检修人员的身份进行识别、认证和管理，只有当检修人员通过身份认证才能通过无线网络从服务器端下载检修任务，列出许可范围内可以进行工作的杆塔，实现到位监督。

2.3　系统工作流程

根据预案控制管理的需求，并考虑相应的扩展

功能和各模块所完成的功能特点，本系统设计采用模块化设计方法，使得各个模块系统完成自身的相应功能。系统流程图如图 3 所示。

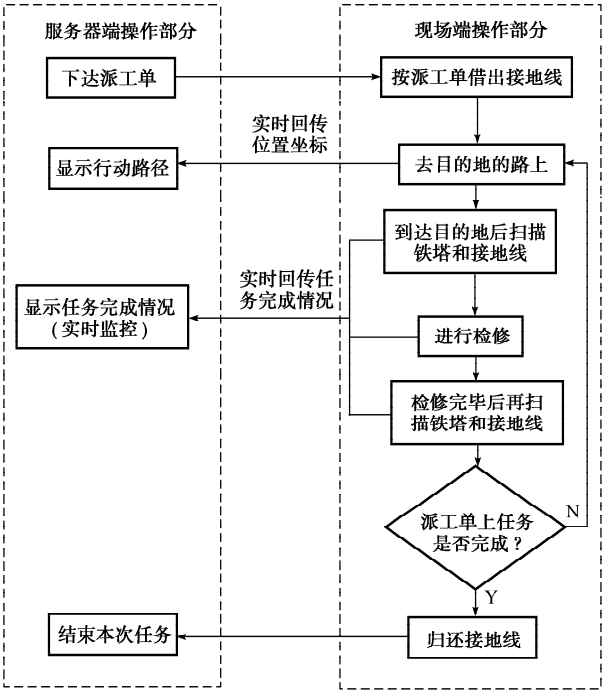

图 3　系统流程
Fig. 3　System flow chart

2.4　现场端工作人员管理

系统实现了对现场端工作人员使用接地线和检修工作状态的全程监控，包括工作人员信息和位置坐标。工作人员对接地线的领用以及该人员（或该组人员）与已编号接地线一一对应。工作人员到达现场时设备、接地线的状态，包括位置坐标、领取接地线编号和设备编号等信息均能够实时地传送给服务器端，并直观地显示在屏幕上，便于工作站管理人员了解和控制工作进程，监视该设备编号是否与工作单中相符、接地线是否正常挂接。工作人员完成计划任务离开现场时设备、接地线的状态，包括该设备编号是否与工作单相符、接地线是否正确拆除。工作人员对接地线的归还以及该人员（或该组人员）与已编号接地线一一对应。

3　系统软件

系统的软件主要包括 PDA 软件和上位机控制软件 2 部分。系统界面与其他类似系统程序基本相似，在文献[3]中有详细叙述，在此不再赘述。

3.1　终端软件设计

终端软件主要完成现场数据的采集和上传等功能。根据需要，在实际工作中具有添加、删除、修改、作废某个任务等功能。在终端软件设计中要求其有“任务单位”、“ 任务编号”、“ 任务线路”、“ 任务负责人”、“ 任务类型”、“任务开始日期”和“任务备注”等类别信息，而且这些信息以下拉菜单的方式在数据库中选择相应的各项信息，其工作流程如图 4 所示。

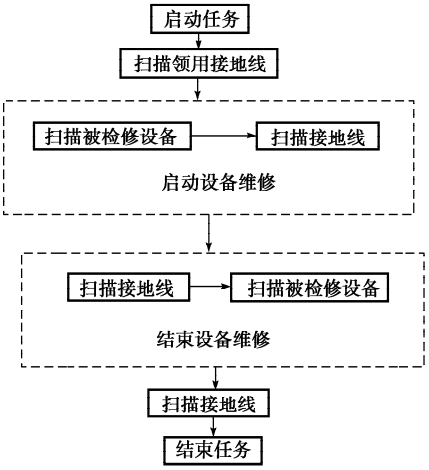

图 4　终端工作流程
Fig. 4　Terminal unit flow chart

3.2　控制端软件

控制端软件的主要功能是：面对工作站管理人员，将各项信息显示在大屏幕上，实时跟踪接地线工作状态，反映“借出”、“使用”、“撤除”和“归还”等几种关键状态，并给出检修完而未撤除接地线时的预警信息；根据杆塔坐标、巡视坐标和巡视时间，统计巡视到位情况；回写巡线任务完成情况；查看线路的缺陷情况，包括新增缺陷记录、缺陷消缺情况；根据不同的巡线人员，将其巡线计划及与此计划相关的线路、杆塔属性、缺陷情况等数据下载到 PDA 上，并由 PDA 将数据上传到服务器，包括巡线完成情况、缺陷情况和 GPS 路径等。

4　系统应用

本系统通过对临时接地线组别号的唯一编号，利用条形码识别技术对接地线、设备编号扫描读取信息，并将信息传递给管理人员，实现对线路检修和接地线状态的实时监控。该系统不论对于现场维修人员还是监控室的管理人员，实施都很简单、方便，能有效地监测防误系统存在的漏洞，及时了解接地线的工作状态，从而避免带地线合闸事故的发生，提高电网的安全性。

本系统已经在云南电网公司昆明供电局运行了 1 年多，终端和上位机部分的运行均良好，对线路检修时的接地线状态监测起到了很好的作用。通过终

端的 PDA 在监控室的 PC 机上能及时反映出现场的工作状况,PDA 也可通过无线网络从 PC 机上下载工作任务和进行信息交换,实现双向通信。该系统在现行防误系统基础上进一步提高了现场巡检和维护工作的安全性。

5 结语

本文从避免输电线带地线合闸恶性误操作事故的发生以及确保正常的检修流程出发,介绍了所研制的线路检修和接地线状态监视预警系统。该系统通过对临时接地线状态的在线、远程监视,向管理人员提供接地线未撤除的预警信号,避免误下合闸命令;对预先确定的检修对象和检修位置进行自动校核,避免走错线路和杆塔,避免误上带电线路,弥补了现有"五防"系统不能解决临时接地线安全拆卸的问题,用于对线路检修的安全监视。该系统成本低、可靠性高,可提高检修人员工作的安全性,使接地线的管理更加规范化。

参 考 文 献

[1] 唐成虹,宋斌,胡国,等. 基于 IEC 61850 标准的新型变电站防误系统. 电力系统自动化,2009,33(5):96-99.
TANG Chenghong, SONG Bin, HU Guo, et al. A new electric anti-maloperation system based on IEC 61850 standard. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(5): 96-99.

[2] 范建忠,王海玲,单业余,等. 变电站仿真中防误系统模型的实现. 电力系统自动化,2004,28(19):75-79.
FAN Jianzhong, WANG Hailing, SHAN Yeyu, et al. Implementation of a mal-operation preventing model for substation simulation. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(19): 75-79.

[3] 张占龙,李冰,高磊,等. 变电站接地状态电子管理显示系统. 电力系统自动化,2006,30(24):88-90.
ZHANG Zhanlong, LI Bing, GAO Lei, et al. Electronic management display system of grounding status in substation. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(24): 88-90.

[4] 韩蓓,盛戈皞,江秀臣,等. 基于 ZigBee 无线传感网络的导线接头在线测温系统. 电力系统自动化,2008,32(16):72-76.
HAN Bei, SHENG Gehao, JIANG Xiuchen, et al. An online thermal condition monitoring system with wireless sensor network based on ZigBee technology for transmission line joints. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(16): 72-76.

[5] 罗军刚,解建仓,刘福潮. 基于 Web 的电网线路和变电站预案管理系统. 电网技术,2008,32(1):93-96.
LUO Jungang, XIE Jiancang, LIU Fuchao. The Web based beforehand case management system for transmission lines and substations. Power System Technology, 2008, 32(1): 93-96.

张占龙(1971—),男,通信作者,博士,副教授、硕士生导师,主要研究方向:电磁兼容与故障检测、数字仪器设备、计算机测量与控制。E-mail: zhangzl@cqu.edu.cn

李德文(1973—),男,硕士研究生,主要研究方向:数字仪器设备。E-mail: ldw180@163.com

郭祥书(1972—),男,工程师,主要研究方向:电力系统运行控制。E-mail: zhangs@kpsc.com.cn

A Monitoring and Warning System for Transmission Network Maintenance and Grounding Line Working Conditions

ZHANG Zhanlong[1], *LI Dewen*[1], *GUO Xiangshu*[2], *XU Nan*[2], *XIONG Xiaofu*[1]

(1. State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing University, Chongqing 400044, China; 2. Kunming Power Supply Bureau, Yunnan Power Grid Company, Kunming 650000, China)

Abstract: In order to solve the safety problem of disassembling the grounding line temporarily for line maintenance, a monitoring and warning system for transmission network maintenance and grounding line working conditions is studied. By using technologies of coding identification of the bar code, general packet radio service (GPRS) wireless transmission and global positioning system (GPS) secondary planet orientation, a management platform is built to monitor the system with functions such as basic data management, caution signal display, and tool management of temporary grounding line. The system consists of a locale end and a system server. The construction principle, configuration, software function and application effect of the system are described. The system makes it convenient for managers and maintenance personnel to control the field grounding line status during operation or overhaul to prevent the occurrence of disastrous security accidents when the grounding-switch is off.

Key words: transmission line; grounding line; status monitoring; mal-operation preventing system; GPRS; GPS