

电力无线专网通信终端接入工勘测试体系研究

曹 晶¹, 卞宇翔², 冯 宝², 李 程¹, 丁士长¹, 谈 军¹, 朱炫培³

(1. 国网江苏省电力有限公司信息通信分公司, 江苏 南京 210024; 2. 南瑞集团有限公司
信息通信技术分公司, 江苏 南京 210003; 3. 南京邮电大学, 江苏 南京 210046)

摘要:当前电力无线专网通信终端接入工勘过程通常采用人工记录和拍照方式记录工勘数据, 导致后期工勘数据整理难度大, 出错率高。为了提高工勘数据处理效率, 文中以江苏电力无线专网建设为例, 分析了电力业务需求特点, 阐述了电力无线专网建设现状和终端接入工勘现状, 设计了较为全面、实用的工勘测试体系, 开发了对应的“易工勘”APP软件和后台数据管理系统。APP软件可以对工勘数据进行远程上传, 而后台数据管理系统可以对工勘数据进行修改和删除等操作, 真正意义上实现了工勘过程的无纸化流程, 推进了工勘信息化建设。

关键词:电力无线专网; 终端接入工勘; 指标体系; APP

中图分类号: TP939

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2018)03-0097-05

0 引言

终端通信接入网是电力系统骨干通信网络的延伸, 是电力通信网的重要组成部分。目前, 终端通信接入网已经开展了通用移动通信技术的长期演进(long term evolution, LTE) 1.8 GHz无线专网规模化试点建设和业务接入工作, 实现了运检、营销、安质、信通等业务部门10余类业务的灵活接入和可靠承载^[1-4]。

电力LTE无线专网尚处于试点建设阶段, 为薄覆盖网络, 首先完成基站、核心网建设, 然后再进行终端业务接入工作。当前江苏已经初步完成了电力LTE无线通信网络的建设工作, 正在加大业务终端接入力度。为了保证电力LTE无线专网终端通信接入的稳定以及业务的有效承载, 需要对终端通信接入网进行实地工勘。江苏电力无线专网前期试点工勘工作, 普遍采用如下模式: 工勘人员通常利用专网手台设备现场测量并人工记录通信终端安装位置的参考信号接收功率(reference signal receiving power, RSRP)、信号与干扰加噪声比(signal to interference plus noise ratio, SINR)等信号参数, 利用GPS定位工具现场获取并人工记录通信终端安装位置的经纬度信息, 通过拍照或人工方式记录待接入业务终端和通信信道的相关信息, 待勘测结束后再进行照片数据和文字数据整理^[5]。由于勘测过程中多个队伍并行工作、使用多种测试设备、生成多个数据源以及数据记录模式多种多样, 导致勘测项目和勘测数据容易出现遗漏或错误, 影

响工勘效率, 同时增加了后期数据整理和分析的难度^[6]。

因此, 必需开展电力LTE无线专网通信终端接入工勘测试体系研究, 并开发定制化APP软件。文中针对江苏电力LTE无线专网试点建设过程中现场工勘遇到的问题, 参照运营商网络, 针对电力业务特有的需求, 开展了适合电力系统的LTE无线专网通信终端接入工勘测试体系研究, 设计了标准化的工勘测试体系, 开发了具备各类现场工勘数据自动采集、自动整理、自动分析及现场数据远程导入后台等功能的APP软件, 保障了工勘项目和工勘数据的全面性、准确性和完整性, 减少了数据分析和文件整理的工作量, 提高了工勘效率。

1 现状调研

1.1 电力业务需求现状

当前, 终端通信接入网普遍采用光纤、电力线载波、无线公网、无线专网等多种通信方式。电力无线专网主要采用230 MHz数传电台、微波、多载波无线信息本地环路(multi-carrier wireless information local loop, McWiLL)、LTE 1.8 GHz、LTE 230 MHz等通信技术^[7-8]。随着智能电网和能源互联网的发展, 电力业务对交互性、实时性、安全性和可靠性等通信指标提出了更高的要求, 传统的电力通信技术将难以满足未来需求, 需建设基于LTE 1.8GHz的无线专网。电力业务需求特点主要包括大宽带需求、移动性需求、低成本和安全性需求、灵活性和交互性需求、高实时性和高可靠性需求^[9], 具体如图1所示。

1.2 电力无线专网建设现状

截至2017年1月, 国网江苏电力已经完成核心

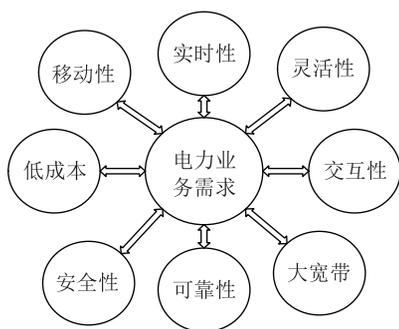


图1 电力业务关键技术需求要素示意

Fig.1 Diagram of key technology requirements of power business

网建设3套、基站建设26座,覆盖面积达800 km²,包含A+、A、B、C类供电区域,成功接入终端约5000台,涵盖配电自动化、用电信息采集、电动汽车充电站(桩)、分布式新能源等4项基本业务,还包括精准负荷控制、变电站基建视频、配电机机器人巡检、物资仓储管理、移动巡检、应急通信等十余项扩展业务^[10]。

但是,电力无线专网目前还处在建设初期阶段,基站建设规模有限,而电力业务终端所处位置相对固定,且通常处于环境较为恶劣的地下室、强电井以及室外的环网柜、柱上开关等位置,因此难以实现业务终端的无线全覆盖。若采用运营商延伸覆盖方案,建设成本过高,经济性很差。当然,电力无线专网在建设前期也试图进行大范围终端覆盖,但是由于电力系统基站、核心网建设固有的特点,延伸性覆盖还存在一定的建设难度^[11]。

因此,电力无线专网业务终端接入应先完成基站、核心网建设,然后根据信号强度、干扰情况等特征参数选择性接入通信终端。因此有必要对通信终端接入进行实地工勘,以推动电力无线专网试点建设工作。

1.3 电力无线专网终端工勘现状

根据江苏电力现场实施经验,电力无线专网工勘过程中遇到的问题总结如下:

(1) 工勘指标体系不健全^[12]。通过实地勘察和后续终端接入工作发现,电力LTE无线专网终端接入项目中存在多项工勘指标,指标内容复杂,涉及的方面多,也存在较多的漏洞和交叉指标,造成已存在的指标体系不够健全。

(2) 数据采集问题。现场勘察的数据记录普遍采用纸质记录,在现场要一一测量各个指标参数数据并纸质填写。现场勘察结束后,则需要将这些数据重新录入办公软件或者绘图软件中,既造成了人力资源的浪费,也容易造成数据的混淆、遗漏、甚至

丢失,影响工勘效率。

(3) 照片采集问题^[13]。现场勘察时采集的各种照片,一般是手机或者相机拍摄,而保存的照片文件名也只有时间和编号,因此照片的内容无法通过文件名得知。在后期照片整理时,要将此次勘察的照片全部拷贝后进行整理,修改照片文件名,照片文件处理工作量巨大。

2 终端接入工勘测试体系研究

2.1 设计原则

电力LTE无线专网通信终端接入工勘测试体系遵循全面性、实用性和科学性等原则。

(1) 全面性原则。工勘测试体系必须涵盖无线专网通信终端接入过程中需要考虑的全部因素,从通信环境、业务终端、通信终端、通信通道4个层面开展设计。指标体系应层次清楚、结构合理、相互关联、协调一致。

(2) 实用性原则。工勘测试指标体系的指标涵义和勘察依据、方法必须明确,指标内容可以通过现场测量等手段直接获取。指标体系的建立能够为后期工程施工提供指导,具备实用性价值。

(3) 科学性原则。采用层次分析法^[14]、德尔菲法^[15]等理论方法进行指标体系设计,指标选取过程充分听取设计、开发、实施、运行和维护等多个部门的业务专家意见,保证工勘测试指标体系的科学性。

2.2 研究思路

电力LTE无线专网的架构主要由核心网、回传网、基站、通信终端和业务终端组成。其中,核心网、回传网、基站等LTE无线专网主体工程已经建设完毕,工勘工作集中在业务终端接入层面,如图2所示。

电力LTE无线专网通信终端接入工勘测试体系设计总体思路如下:通过分析电力LTE无线专网架构、电力LTE无线专网终端接入工勘过程中遇到的问题及需求,采用层次分析法从通信环境、业务终端、通信终端、通信通道4个层面开展适合电力系统的LTE无线专网通信终端接入工勘测试体系的设计与研究。具体包括:确定工勘对象,建立工勘测试指标体系和确定详细工勘内容3步。

2.3 设计步骤

基于电力LTE无线专网通信终端接入工勘测试体系的详细设计步骤如下:

(1) 确定工勘对象。采用层次分析法开展工勘测试体系的设计,一级指标为工勘测试体系;二级指标共计4个,分别是通信环境、业务终端、通信终

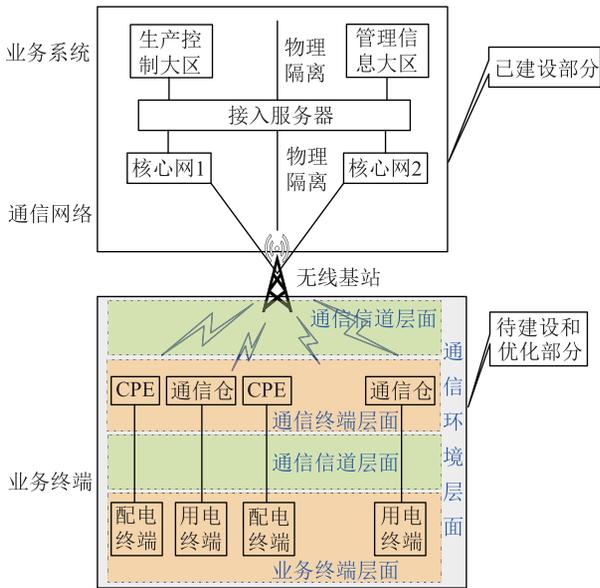


图2 电力LTE无线专网通信终端接入工勘体系设计

Fig.2 Design of power LTE wireless private network communication terminal access engineering system

端、通信通道;三级指标根据通信环境设立无线通信终端安装站点环境指标和机房电源指标;根据业务终端设立业务终端设备指标;根据通信终端设立通信终端设备指标和天馈线设备指标;根据通信通道设立有线信道指标和无线信道指标。具体指标结构体系如图3所示。

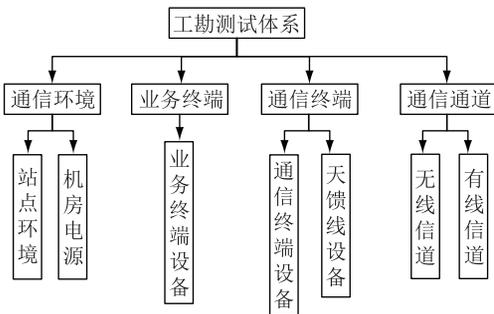


图3 工勘测试体系对象示意

Fig.3 Engineering exploration system object diagram

(2) 建立工勘测试指标体系。根据步骤(1)确定的工勘对象和当前电力LTE无线专网通信终端接入工勘存在的问题,确定电力LTE无线专网通信终端接入工勘测试的详细指标内容,建立四级工勘测试指标体系。

(3) 确定详细工勘内容。基于步骤(1)和(2),进一步确定详细第四级工勘指标,其中站点环境下设站点名称、站点地址、站点经纬度等13个详细第四级工勘内容;机房电源下设电源类型、电源取电方式等6个详细第四级工勘指标;业务终端设备下设业务终端类型、业务终端型号、业务终端制造规范等8个详细第四级工勘指标;通信终端设备下设安

装位置、安装类型、安装方式等8个详细第四级工勘指标;天馈线设备下设天线安装位置、天线类型等8个详细第四级工勘指标;无线信道下设接入点应用于以太网的链路层协议(rapid ethernet ring protection protocol, RERP)值、接入点接收的信号强度指示(received signal strength indication, RSSI)值等4个详细第四级工勘指标;有线信道下设网线长度等6个详细第四级工勘指标。

3 工勘 APP 开发

APP 软件的系统架构设计包括前台手机端勘察系统和后台服务器端勘察系统两部分。其中,前者在手机端通过拍摄照片、录入数据方式采集勘察现场数据;后者在服务器侧利用 Excel 服务软件^[16]导出数据并进行整理和分析。

手机端勘察系统包括工勘数据采集模块和工勘数据交互模块2个子模块,具体如图4所示。

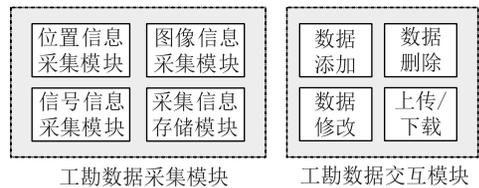


图4 手机端勘察系统模块示意

Fig.4 Diagram of handset exploration system module

工勘数据采集模块包括:位置采集模块、图像采集模块、信号采集模块、存储模块等数据采集模块。位置采集模块,利用移动工勘终端自身GPS模块完成包括经度、纬度等业务终端位置信息。图像采集模块,利用移动工勘终端自身摄像头完成工勘现场机房、电源、业务终端等设备的拍照,并添加水印信息。信号采集模块,通过特定指令获取移动工勘终端自身RSRP、SINR^[17]等信息。存储模块,完成各类采集数据的本地存储。

工勘数据交互模块完成移动工勘终端与后台之间的数据交互,包括数据的添加、修改、删除、上传和下载等。

服务器端勘察系统后台采用JavaEE中3种框架(Spring Struts Hibernate, SSH)^[18],基于底层数据库之上分为网站后台和手机后台两部分。网站后台由持久层与数据库进行交互,上层为管理服务层,所有服务都需要业务逻辑来调用不同的数据访问(data access object, DAO)层进行处理,即调用不同的数据库进行操作,Action层则起到控制的作用,根据请求的不同将其分发到不同的业务逻辑进行处理。服务器端勘察系统可实现包括用户管理、终端

管理、文件管理、任务管理、文件操作和登录控制等功能^[19]。具体模块功能如图 5 所示。

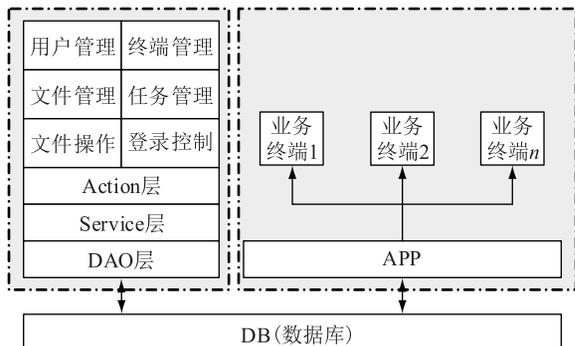


图 5 服务器端勘察系统模块示意

Fig.5 Diagram of server-side exploration system module

根据电力系统的独有特点,基于电力 LTE 无线专网通信终端接入工勘测试体系,开发了对应的工勘 APP 软件,并取名为“易工勘”。软件原型设计界面如图 6 所示。



图 6 基于工勘测试体系的 APP 软件界面原型

Fig.6 Prototype of APP software interface based on the testing system of engineering exploration

工勘人员实地勘测过程中使用本文开发的 APP 软件,工勘实例如图 7 所示。

该软件可以在运营商公网和电力无线专网两类网络下进行数据采集与上传。当工勘现场运营商网络信号不佳时,可以在电力无线专网中使用本软件;而工勘现场运营商网络信号强度较好时,就可以直接使用运营商无线公网上传工勘数据。

另外,软件可以读取并筛选工勘历史记录,以便工勘人员查询。可通过后台查询、分析、处理相关工勘数据,大大降低了现场工勘数据的后期处理难度,提高了工勘效率和工勘数据的准确性。

可以看出,该软件功能丰富,操作简单,交互和 UI 设计合理精致,满足特定场景需求,实际应用效果明显。



图 7 “易工勘”APP 软件工勘实例

Fig.7 "YiGongKan" APP software engineering examples

而工勘 APP 软件对应后台数据管理系统可以对工勘现场上传的数据进行处理。例如:后台系统可以修改和删除工勘现场上传的工勘数据。也可以将工勘数据进行 Excel 导出,便于后期数据整理和归档。后台数据管理系统界面如图 8 所示。



图 8 后台数据管理系统界面原型

Fig.8 diagram of back-stage data management system interface prototype

4 结语

文中分析了江苏电力无线专网试点建设过程中的通信终端工勘时遇到的问题,结合电力业务需求和电力无线专网建设特点,按照全面性、实用性和科学性的设计原则,采用层次分析法构建了完整的电力 LTE 通信终端接入工勘测试指标体系,并开发了基于工勘测试指标体系的“易工勘”APP 和对应的后台数据管理系统。APP 软件可以在电力无线专网和运营商公网两种网络中上传工勘数据;而后台数据管理系统可对工勘数据进行查询、删除、修改和导出操作。因此,文中提出的电力无线专网通信终端接入工勘测试体系和开发的对应 APP 软件以及后台数据管理系统可切实提高工勘效率和工勘数据的准确性,满足工勘现场的实际需求。

参考文献:

- [1] 李金友,闫磊,齐欢,等. 基于LTE230系统的电力无线通信专网研究与实践[J]. 电气技术,2014(1):132-134.
LI Jinyou, YAN Lei, QI Huan, et al. Research and practice of power wireless communication private network based on LTE230 system [J]. Electric Technology, 2014(1): 132-134.
- [2] SHARRMA V, PATEL R B, BHADAURIA H S, et al. Deployment schemes in wireless sensor network to achieve blanket coverage in large-scale open area: A review [J]. Egyptian Informatics Journal, 2016, 17(1):45-56.
- [3] 范少锋. 基于TD-LTE建立县域电力无线通信专网的研究[J]. 通讯世界,2015(8):173.
FAN Shaofeng. Research on establishing county power wireless communication private network based on TD-LTE. [J]. Communication World, 2015(8): 173.
- [4] 于佳,刘金锁,蔡世龙. TD-LTE电力无线专网性能仿真[J]. 广东电力,2017,30(1):39-45.
YU Jia, LIU Jinsuo, CAI Shilong. Performance simulation on TD-LTE electric power wireless private network[J]. Guangdong Electric Power, 2017,30(1): 39-45.
- [5] 毛永泉,周子冠,宋彦斌,等. 基于LTE-230 MHz无线专网的用电信息采集技术研究[J]. 供用电,2015,32(12):1-7.
MAO Yongquan, ZHOU Ziguan, SONG Yanbin, et al. Research on power information collection technology based on LTE-230 MHz wireless private network [J]. power supply and utilization, 2015,32(12): 1-7.
- [6] 李文伟,陈宝仁,吴谦,等. TD-LTE电力无线宽带专网技术应用研究[J]. 电力系统通信,2012,33(11):82-87.
LI Wenwei, CHEN Baoren, WU Qian, et al. Research on application of TD-LTE power wireless broadband private network technology [J]. Power System Communication, 2012,33(11): 82-87.
- [7] 王大江,江叶峰,仇晨光,等. 江苏电网在线动态安全评估系统及应用研究[J]. 电力工程技术,2017,36(2):51-55.
WANG Dajiang, JIANG Yefeng, QIU Chenguang, et al. Research of on-line dynamic security assessment system of Jiangsu power grid and its application in [J]. Power Engineering, 2017,36(2): 51-55.
- [8] 邹成伍,吴剑芳. 电流类在线监测装置测量准确度和可靠性分析[J]. 浙江电力,2017,36(1):23-26.
ZOU Chengwu, WU Jianfang. Accuracy and reliability analysis of on-line current monitors[J]. Zhejiang Electric Power, 2017, 36(1):23-26.
- [9] 孔为为,魏星琦,于佳倩. 基于LTE230的电力无线专网[J]. 电子技术与软件工程,2017(7):36.
KONG Weiwei, WEI Xingqi, YU Jiaqian. LTE230 based wireless power network [J]. Electronic technology and software engineering, 2017(7): 36.
- [10] DAI C M, CHUN M D U, WANG J X, et al. Research and design of power distribution monitoring system based on wireless sensor network [J]. Chinese Journal of Power Sources, 2014.
- [11] TAHOURI S, ATANI R E, KARBASI A H, et al. Application of connected dominating sets in wildfire detection based on wireless sensor networks[J]. 2015, 3(2):139.
- [12] 易浩勇,张京娜,汤琰君. 基于电力无线专网的用电信息采集通信系统[J]. 电力系统通信,2013,34(2):30-34.
YI Haoyong, ZHANG Jingna, TANG Yanjun. Electricity information acquisition and communication system based on power wireless private network [J]. Power System Communication, 2013,34(2): 30-34.
- [13] LIU B, CHENG S. State space model based trust evaluation over wireless sensor networks: an iterative particle filter approach[J]. Journal of Engineering, 2017, 1(1).
- [14] 宋晓健,喻洁,张俊芳,等. 面向能源互联网的电力-通信联合仿真平台设计[J]. 电力工程技术,2017,36(3):44-49.
SONG Xiaojian, YU Jie, ZHANG Junfang, et al. Design of power-communication co-simulation platform oriented to energy Internet [J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(3): 44-49.
- [15] 李建军. GPS技术在电力工程勘测中的应用分析[J]. 山西建筑,2015(35):204-205.
LI Jianjun. Application of GPS technology in power engineering exploration [J]. Shanxi Architecture, 2015(35): 204-205.
- [16] 谢世焯. 电力工程勘察设计技术的创新应用[J]. 科技风,2013(19):134-134.
XIE Shixuan. Innovative application of technology in power engineering exploration and design [J]. Science and Technology Wind, 2013(19): 134-134.
- [17] ANTOLIN D, MEDRANO N, CALVO B. Reliable lifespan evaluation of a remote environment monitoring system based on wireless sensor networks and global system for mobile communications[J]. Journal of Sensors, 2016:1-12.
- [18] SCHUSTER A, KEREN D, SAGY G, et al. Method and system of managing and/or monitoring distributed computing based on geometric constraints, US8949409[P]. 2015.
- [19] MAGUIRE Y G, YOGESWARAN K. System and method for monitoring electrical power usage in an electrical power infrastructure of a building: US 20130119972 A1[P]. 2013.

作者简介:



曹 晶

曹 晶(1970—),男,本科,高级工程师,从事电力系统通信工作(E-mail:cao_jing126@126.com);

卞宇翔(1990—),男,硕士,工程师,从事电力系统通信、智能电网技术及计算机网络技术相关工作(E-mail:bianyuxiang@sgepri.sgcc.com.cn);

冯 宝(1984—),男,硕士,工程师,从事电力系统通信及量子保密通信技术研究工作(E-mail:fengbao@sgepri.sgcc.com.cn)。

(下转第150页)

Impact on DC Bias Magnetic of the Power Transformers by Grounding Electrode Current of ± 1100 kV Guquan Converter Station

LIU Congfa¹, YIN Fei², ZHOU Nan², WEI Dejun¹, LIANG Ming¹

(1. Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Chengdu 610021, China; 2. State Grid Xinjiang Economic Research Institute, Urumqi 830002, China)

Abstract: This paper studies the influence of DC bias on transformer and substation grounding grid around the grounding pole of ± 1100 kV Guquan converter station. The DC bias current distribution of transformer in the surrounding AC power grid is analyzed, and the corresponding DC resistance network coupling model is established. At the same time, on the basis of the above research, combined with the withstand current limit of transformer DC bias, the corresponding DC bias control range and DC bias control scheme are proposed, and the reference for the location of grounding electrode in east China is provided.

Key words: grounding electrode current; transformer; DC bias magnetic

(编辑 方 晶)

(上接第 101 页)

Research on Access Engineering Exploration Test System of Power Wireless Private Network Communication Terminal

CAO Jing¹, BIAN Yuxiang², FENG Bao², LI Cheng¹, DING Shichang¹, TAN Jun¹, ZHU Xuanpei³

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd. Information Communication Branch, Nanjing 210024, China;
2. NARI Group Co., Ltd. Information and Communication Technology Branch, Nanjing 210003, China;
3. Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

Abstract: At present, the power wireless private network communication terminal access to the engineering exploration process usually adopts manual recording and camera recording methods to record the data of the engineering exploration, which leads to the difficulty of data sorting and high error rate in the future. In order to improve the processing efficiency of engineering exploration data, taking the construction of Jiangsu power wireless network as an example, this paper analyzes the characteristics of power service demand, expounds the present situation of power wireless network construction and terminal access engineering exploration, designs the comprehensive and practical testing system of engineering exploration, develops the corresponding "YiGongKan" APP software and the back-stage data management system. APP software can upload the engineering exploration data remotely, and the back-stage data management system can modify and delete the engineering exploration data. The APP software and the back-stage data management system truly realize the no-paper process engineering exploration process, accelerating the informatization construction of engineering exploration.

Key words: power wireless private network; terminal access engineering exploration; index system; APP

(编辑 方 晶)

(上接第 133 页)

A Calculating Method for Loss and Junction Temperature of IGBT Based on MMC

YIN Guanxian, ZHU Minglian, XIE Yeyuan, JIANG Tiangu

(NR Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: The electrical stress of high voltage and high current is the characteristics of the sub module base on MMC. And IGBT is the key component of MMC module. A calculating method for loss and junction temperature of IGBT base on MMC is very important to the heat design and type selection of IGBT in MMC engineering application. Firstly, the stress of the module under steady state operation of MMC is analyzed. Secondly, a method for calculating the IGBT loss and junction temperature of MMC module is given with current and sub module switching and junction temperature estimation model. Finally, the calculation method is verified in the back to back test system. The proposed method is proved to be effective and feasible.

Key words: UPFC; MMC; loss; junction temperature

(编辑 杨卫星)