

国家能源局印发2017年能源工作指导意见

本刊编辑部

为了做好2017年能源工作,进一步深化能源供给侧结构性改革,推进“十三五”规划全面实施,国家能源局下发《关于印发2017年能源工作指导意见的通知》(以下简称《通知》),《通知》指出,要大力发展太阳能。继续实行光伏发电“领跑者”行动,充分发展市场机制作用,推动光伏发电成本下降。

2017年是全面实施“十三五”规划的重要一年,是供给侧结构性改革的深化之年。要深入贯彻党的十八大和十八届三中、四中、五中、六中全会精神,牢固树立和落实“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念,遵循“四个革命、一个合作”的能源发展战略思想,落实中央经济工作会议战略部署,以推进能源供给侧结构性改革为主线,以提高供给质量和效益为中心,着力化解和防范过剩产能,着力推进能源清洁开发利用,着力补上能源发展短板,为经济社会发展提供坚强的能源保障,以优异成绩迎接党的十九大胜利召开。

在《通知》中明确了九大重点工作任务。

化解防范产能过剩。坚定不移落实去产能年度工作部署,加快淘汰落后产能,稳步发展先进产能,提高产能利用效率,促进生产能力与实际产出相匹配。

推进非化石能源规模化发展。围绕实现“十三五”规划目标,着力解决弃风、弃光、弃水等突出问题,促进电源建设与消纳送出相协调,提高清洁低碳能源发展质量和效益。

推进化石能源清洁开发利用。推广先进适用技术,加快传统能源产业转型升级,着力创新能源生产消费模式,夯实化石能源发展基础,增强能源安全保障能力。

补强能源系统短板。针对调峰能力不足、运行效率不高、基础设施薄弱等瓶颈制约,着力优化能源系统,着力完善相关政策措施,增强系统协调性和灵活性,提高能源系统效率。

加强生产建设安全管理。坚持“以人为本”的安全发展理念,坚持预防为主、管防结合的基本原则,健全完善“国家监察、地方监管、企业负责”的工作机制,牢牢守住安全生产这条红线。

推进能源技术装备升级。加大科技创新政策支持力度,加强能源科技攻关和先进技术装备推广应用,推动取得重点突破,切实增强产业发展核心竞争力。

加强能源行业管理。切实转变政府职能,加强能源法治建设,深化电力、油气等重点领域改革,进一步消除体制机制障碍、增加有效制度供给,努力营造良好发展环境。

拓展能源国际合作。坚持“走出去”与“引进来”相结合,着力打造具有国际竞争力的能源装备品牌,着力增强开放条件下能源安全保障能力,着力加强基础设施互联互通,全方位拓展能源国际合作。

着力提高能源民生福祉。围绕人民群众普遍关心的冬季供暖、大气污染、光伏扶贫等问题,加大政策支持和供应保障工作力度,加强重点用能领域基础设施建设,积极推广清洁便利的能源消费新模式,促进能源发展更好惠及社会民生。

各省(自治区、直辖市)能源主管部门、各能源企业,要认真贯彻党中央、国务院关于能源工作的决策部署,围绕稳增长、促改革、调结构、惠民生、防风险等重点工作,积极主动作为,狠抓任务落实。国家能源局各部门,要细化制订工作实施方案,具体明确时间表和路线图,进一步加强统筹协调和监督检查,凝聚形成全行业工作合力,为做好全年能源工作营造良好的发展环境。

Contents 目录



刊名题字 **李 明**
主管 中国科学技术协会
主办 中国电机工程学会
编辑出版 北京国宇出版有限公司
连续出版物号 ISSN 1003-0867
CN 11-2181/TM
CODEN代码 NODIEE
出版日期 每月10日
地址 北京市南蜂窝路5号
邮编 100055
网址 <http://www.chinarein.com>

编委会名誉主任委员 郑宝森
编委会主任委员 谢明亮
编委会副主任委员 陈小良 (常务) 张莲瑛
刘敏 唐屹峰 盛万兴
编委会委员 王立地 王江 王星
付启刚 史景坚 艾荣奇
龙洲 乔君 安四清
朱成 张江日 李云亭
李青 李涛 杜松怀
汪发明 阿斯卡尔·阿合买提
肖文明 陈红军 陈虹
陈振宇 岳梦华 欧阳亚平
罗基庆 范继臣 郑斌
郑满光 祝林生 胡运重
胡宝玉 赵仰东 郝睿
钟羽良 钱玉春 常俊祥
黄中 嵇立 葛捍东
董新 谢宇明 甄建辉
蔡冠中 戴广钰

主编 盛万兴 耿立宏
编辑 张峰亮 刘艳玲 贺大亮
赵文属
美编 田旭颺

编辑部电话 010-63123091/2
926523091/2(系统)
邮箱 ncdqh@csre.org.cn
投稿 <http://ncdh.cbpt.cnki.net>
QQ交流群 35863746
学会管理部 010-63123138 926523138(系统)
市场经营部 010-63123085/6/7
926523085/6/7(系统)
010-63123056
广告部 北京卓越北广广告有限公司
广告代理 010-63123048
电话 北京盛通印刷股份有限公司
印刷 京西工商广字第8205号
广告经营许可证号 北京国宇出版有限公司
户名 工行北京会城门支行
开户行 0200 0414 0920 1503 351
账号

每期定价 8.00元
全年定价 96.00元

1 国家能源局印发 2017 年能源工作指导意见 本刊编辑部

◆ 典型推介 >>

• 新疆乌鲁木齐 •

5 架空输电线路辅助设计平台 史成城, 陈勇, 宋爱平

8 稀土高铁铝合金电缆的应用 郭景, 宋爱平

◆ 电网建设 >>

10 2.4 GHz 无线电精确定位在变电站中的应用
..... 李琛, 夏滨, 钟离超超, 杨剑

14 高土壤电阻率条件下永陵变电站接地网的改进措施及建议
..... 马绍明, 肖隆君, 罗洪文, 程鹏飞, 张鹏, 钟先曜

16 适用于城区保供电的配网接线方式 徐立, 李牧

◆ 运行维护 >>

18 馈线终端 FTU 启动问题 孙桂花, 王敬华, 周情

21 基于 TEV 检测技术在开关柜局部放电诊断中的应用
..... 张鑫, 费旋, 玄轲宇, 崔悦, 唐振威, 张杰

23 组合开关电器 GIS 故障的处理技巧 姚旭

◆ 安全生产 >>

24 220 kV 线路区外故障保护误动作分析 熊剑, 戚矛

26 10 kV 架空绝缘线路雷击断线事故分析
..... 潘龙雨, 潘英吉, 周和平

28 变压器夹件多点接地缺陷的分析及处理
..... 曾议, 郑亮, 高闯, 孙占民

31 变压器铁芯接地电流异常误判的分析 岳彩鹏, 高春燕, 孙圣凯

◆ 电网智能化 >>

32 基于 C++ Builder 环境下电力仓库管理系统的指纹识别与条形码
技术 欧振国

35 基于物联网环境的智能用电管理系统 庆克堂

38 基于 Arduino 的安全工器具管理系统 王文杭, 王海欧

农村电气化

中国科学技术协会优秀期刊
中国期刊方阵双效期刊
全国百家期刊阅览室指定赠刊



2017年第02期 总第357期 (1979年创刊)

《农电管理》第2017年02期要目

40 基于调度数据网的故障录波远程监视及运维方法
…… 李晓航, 张逸群, 李敏, 陈力, 吴海林

43 智能化电网带电作业系统 …… 周江

◆ QC小组 >>

45 电磁式电压互感器校验仪 …… 王东海, 王晓霞, 李建峰

46 减少变电站弹簧操作机构线圈的烧毁次数 …… 张志伟

47 提高自动化实时数据的准确性
…… 潘鹏飞, 黄佳伟, 潘鸣飞, 卢曦, 纪翔

◆ 新能源 >>

48 基于分布式电源接入的全网线损模型
… 胥超, 万旭, 张健, 温鲁平, 李瑜, 刘华博, 苗垒

51 光储交流微电网示范项目在青海地区的建设
…… 李兴, 王彩华, 王正辉, 杜风宇

◆ 电气设备 >>

54 变电站母排型接地线的改进 …… 邵懂, 郝刚刚, 李赞

57 智能控温除湿机在室外GIS汇控柜中的应用
…… 庞瑾, 汪晨, 成兵, 赵国栋, 吴孝兵

◆ 经验点滴 >>

59 电气设备智能化设计存在问题及应对措施 …… 孙绪晓, 张姗姗

60 配电工程中变压器安装施工阶段技术要点 …… 林阳照

61 电力电子技术在智能电网中的应用 …… 刘彬

◆ 资讯 >>

62 张北可再生能源柔性直流电网示范工程设计启动等4则

◆ 网上问答 >>

63 问答4则

在脱贫攻坚中履责担当

打造电力特色的精准扶贫

——国网河南商丘供电公司扶贫工作纪实

王辉 丁照钦

驻点村展新颜 贫困户甩穷帽

——国网湖北省电力公司精准扶贫工作队“四建四改”帮

扶大悟县新城镇红畈村村民

罗斌

电力春风吹绿岱海湖畔

——国网内蒙古凉城供电分局深入推进“十个全覆盖”电

力扶贫工程

高东平

双脚踏上幸福路

——国网山东枣庄供电公司精准扶贫的实践与启示

鞠同心

映日荷花别样红

——国网安徽蚌埠供电公司反腐倡廉建设市县一体化平台

建设实践

刘亚民 韩辉

“机井通电”工程建设模式的探索与实践

赵金洋 任晓蕾

依托农村电商平台 构建新型交费网络 梁海滨 张志伟

微信公众平台的“互联网+”电力客户服务平台

赖小芬

百花争妍春满园

——国网江苏宿迁供电公司广泛开展群众性创新活动

卞勇 郭雷

声 明

本刊发表文章不收取任何费用,一切收费行为均非本刊所为;本刊已许可农村电气化网以及中国知网及其系列数据库产品以数字化方式汇编、发行、网络传播本刊全文;国宇出版公司向作者支付的稿酬已包含上述著作权使用费;作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我公司上述声明;未经同意,本刊辑录之文章和插图,不得转载或再编辑成书出版。

in This Issue

- 5 Auxiliary Design Platforms Used for Overhead Transmission lines/Shi Chengcheng, Chen Yong, Song Aiping
- 8 Application of Rare Earth High-iron Aluminum Alloy Cable/Guo Jing, Song Aiping
- 10 Applied Research of Accurate Location Used 4G Radio in Substations/Li Chen, Xia Bin, Zhongli Chaochao, Yang Jian
- 14 Improved Measures and Recommendations Suited to Earthing Network for Yongling Substation in Under High Soil Resistivity Conditions/Ma Shaofeng, Xiao Longjun, Luo Hongwen, Cheng Pengfei, Zhang Peng, Zhong Xianyao
- 16 A New Power Distribution Connection Mode Suited to Safe Power Supply in City Area/Xu Li, Li Mu
- 18 Inquiry Related to Starting Problem of Feeder Terminal Unit/Sun Guihua, Wang Jinghua, Zhou Qing
- 21 Application in Partial Discharge Diagnosis in Switch Cabinet Related to Checking Technology Based on TEV/Zhang Xin, Fei Xuan, Xuan Keyu, Cui Yue, Tang Zhenwei, Zhang Jie
- 23 The Processing Skills of GIS Fault in Combined Switchgear/Yao Xu
- 24 Reason Analysis Related to Protection False Operation Due to Region Outside Fault in 220 kV Lines/Xiong Jian, Qi Mao
- 26 Fault Analysis and Preventive Measures of Lightning Stroke Broken Conductor in 10 kV Overhead Insulated Lines/Pan Yulong, Pan Yingji, Zhou Heping
- 28 Analysis and Treatment of Multiple-point Earthing Defects in Transformer Clamps/Zeng Yi, Zheng Liang, Gao Chuang, Sun Zhanmin
- 31 Reason and Analysis of Erroneous Judgment for Earthing Current Abnormality in Transformer Iron Core/Yue Caipeng, Gao Chunyan, Sun Shengkai
- 32 Fingerprint Identification and Bar Code Technology for Electric Power Warehouse Management System Based on C++ Builder Environment/Ou Zhenguo
- 35 Intelligent Power Consumption Management Systems Based on Object-network Environment/Qing Ketang
- 38 Safety Appliance Management Systems Based on Arduino/Wang Wenhong, Wang Haiou
- 40 Remote Monitor and Operating and Maintenance Method Related to Fault Oscilloscope Based on Dispatching Data Network/Li Xiaohang, Zhang Yiqun, Li Min, Chen Li, Wu Hailin
- 43 Intelligent Live Line Working System Suited to Electric Power Systems/Zhou Jiang
- 45 Verification Instrument Suited to Electromagnetic Voltage Transformers/Wang Donghai, Wang Xiaoxia, Li Jianfeng
- 46 Reduce Burning Frequency of Spring Operating Mechanism Coils in Substations/Zhang Zhiwei
- 47 Enhancement Related to Real Time Data Accuracy for Automation/Pan Pengfei, Huang Jiawei, Pan Mingfei, Lu Xi, Ji Xiang
- 48 Design and Analysis of All Power Network Line Loss Model Based on Distributed Power Source Switching in/Xu Chao, Wan Xu, Zhang Jian, Wen Luping, Li Yu, Liu Huabo, Miao Lei
- 51 Feasibility and Superiority of Photovoltaic Storage A.C. Micro-power Network Exemplary Project Construction in Qinghai Province/Li Xing, Wang Caihua, Wang Zhenghui, Du Fengyu
- 54 Improvement Related to Bus-bar Type Earthing Wire in Substations /Shao Dong, Hao Ganggang, Li Bin
- 57 Application of an Intelligent Temperature Control Dehumidifier in Outdoor GIS Control Cubicle /Pang Ji, Wang Chen, Cheng Bing, Zhao Guodong, Wu Xiaobin
- 59 Existed Problems and Measures in Intelligent Design for Electrical Equipment/Sun Xuxiao, Zhang Shanna
- 60 Technical Main Points in Constructing Stage of Transformer Mounting in Power Distribution Engineering/Lin Yanzhao
- 61 Application Related to Advanced Electric Power Electronic Technology in Intelligent Power Networks/Liu Bin

(王金鼎译)

架空输电线路辅助设计平台

史成城¹, 陈勇¹, 宋爱平²

(1. 新疆宏远电力设计院, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 国网新疆电力公司, 新疆 乌鲁木齐 830018)

摘要: 为辅助输电线路设计人员现场快速对部分交叉跨越、相关电气校验做出合理准确的判断, 减少设计过程中内外业反复进行的问题, 在内业设计过程中提高设计的计算精度和效率, 利用 Matlab 软件平台开发了一款可视化的架空输电线路计算平台, 该软件平台包含输电线路力学计算和电气校验两部分, 以 GUIDE 作为人机交互途径, 设计人员在现场可以快速地获取准确的计算数据, 提高设计过程的精度与效率, 从而大幅度减轻了设计人员的工作强度。

关键词: 输电线路; 计算软件; 辅助设计; Matlab/GUIDE

中图分类号: TM63

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0005-03

对于高压架空线路工程的建设, 设计要先着手, 一直从工程的可研到施工阶段, 这就代表着设计工作的优劣直接影响着后续电网的可靠运行^[1]。在连续上下山、大档距交叉跨越等线路, 设计人员依靠测量仪器和工程设计经验去辅助选线, 存在一定的偏差, 这种偏差往往在设计过程中凸显出来, 因此辅助设计人员在现场根据实际工程, 结合测量设备去快速对相关校验及弧垂的准确判断是必要的。在线路设计制图当中, 线路设计工作很大一部分依靠以往的工程经验和以前的设计图纸, 缺乏一个灵活有效、专业的线路设计软件, 这使得线路设计工作缺乏新意并且工作效率较低^[2]。虽然, 目前道亨、百合等输电线路软件在设计院应用, 但部分设计院相关计算仍采用自行编制的 Excel, 采用上述软件去获得高低温应力值、临界档距, 指定档距下的弧垂值等须通过生成的图表查取, 设置过程比较烦琐, 对于设计人员, 则忽略了计算本身的方法, 以至于多数设计工作者依靠软件去求解, 对相关理论知识一知半解。本软件在帮助里有详细的计算公式讲解, 使得设计人员通过本软件不仅能够快速求得计算结果, 而且可以了解在线路设计过程中基本的理论知识。

在输电线路设计计算过程中, 涉及反复求解状态方程, 计算过程中包含双曲线函数及三次方程, 如果单纯依靠人工计算求解, 会导致计算过程缓慢且计算结果不一定准确^[3]。因此现在许多设计院考虑用计算机开发输电线路设计程序, 但由于计算机编程技术薄弱, 开发的程序往往存在一定的缺陷, 而成熟的线路计算软件价格非常昂贵^[4]。为了满足中小设计单位输电线路设计和施工需要, 从实际输电线路工程出发, 利用 Matlab 平台, 开发了架空输电线路交互式辅助设计平台, 对于拥有成熟设计软件的设计院, 采用该软件能够辅助进行校验计算, 在线路路径选线、

交叉跨越校验、弧垂观测都带来极大的便利。

1 输电线路设计软件

1.1 系统特色

输电线路中的计算程序应用大多是涉及单一方面计算的孤立程序, 一些软件中的计算大多依据书中的理论计算, 与实际工程的设计工作结合并不紧密, 而这个软件为一个完整的交互式辅助线路设计平台, 经现场验证, 可以辅助设计人员去对交叉跨越、档距、杆塔高度规划、电气校验等进行合理的判断, 现已发布为可独立运行的软件。这一软件平台围绕线路设计工作, 包含设计中大量的烦琐计算和校验, 每个界面均有详细的帮助与原理说明, 帮助设计人员更好地理解看似复杂的计算。设计人员可以通过 GUI 界面改变设计气象条件和导线线参数, 还可以加载实例工程。界面友好, 使用方便, 交互性强, 且仍具有扩展能力^[5]。

在输电线路设计中存在的问题: 本软件参考《架空输电线路设计》, 其中导线的解析方程式为悬链线曲线方程, 在求解相应的导线应力状态方程中含双曲线函数及三次方程, 求解、计算复杂且不便使用。另外, 在电动力学计算中, 涉及临界气象条件组合的排序、临界档距计算和判定、应力状态方程求解等。

1.2 系统组成

针对输电线路设计计算过程中存在的问题和 Matlab 软件的优点, 考虑利用 Matlab GUI 来开发出一套完整的输电线路设计平台作为线路电气设计的主要辅助手段^[6]。本软件系统包括输电线路设计计算、设计校验及曲线绘制 3 部分。

其中, 线路设计计算包含: 导线应力弧垂计算、防震锤安装距离计算、杆塔荷载计算等; 线路校验包含: 悬

点应力校验、交叉跨越校验、绝缘子串分偏角计算、地线短路热稳定允许电流计算等；曲线绘制包含：导地线安装曲线和导地线应力弧垂曲线。

2 典型界面

用户在界面中选择导地线型号，软件会自动导入导地线参数（软件含导地线参数库，用户可以根据自己的需要增加导地线型号，在界面当中，只要选择导地线型号，参数自动导入），根据输入的设计气象参数及其他设计参数，后台程序根据输入参数进行比载计算、临界档距计算、根据状态方程进行应力计算、弧垂计算等。用户根据已知的参数或加载实例，可得到可视化的计算结果^[7]。

2.1 任意温度下的弧垂计算

本文以首先弧垂计算为例进行介绍。弧垂计算界面包括5部分。一是菜单栏（其中，帮助栏中包括参数说明，公式说明）；二是需要用户填写已知的设计气象参数、档距等；三是程序根据已知参数得出相应的临界档距，判别当前档距下的控制应力；四是根据状态方程，确定了各控制气象条件及其对应的控制档距范围以后，由应力状态方程求出对应温度的导线应力，由弧垂公式求出与之对应的弧垂；五是一些辅助功能按钮，用户在参数填好后，单击确定按钮就可方便地得到仿真结果，同时也可以通过加载实例来对公式和操作理解。用户通过点击帮助，可得到计算原理和公式详解，在界面的底端，对每个参数符号都加以说明，方便用户的查询。为了生动和界面的布局，通过编程使其上下滚动显示^[8]。弧垂计算包含两块内容，一是采用平抛物线方法进行计算，二是采用悬链线方程，后者通过应力弧垂曲线来表示，前者因所需计算参数少，所以在地形平坦地区，无须去对弧垂进行精确判断时，可以快速辅助设计人员对当前工程实际情况进行计算。

2.2 绝缘子串风偏角计算

以实际工程为例，示例工程导线采用 JLHA3-275 铝合金芯铝绞线，全线采用单回路架设，电压等级为 110 kV，本线路工程所经区域设计风速为 29 m/s，覆冰 10 mm，对本工程绝缘子串风偏验算。本工程中直线塔采用猫头塔，1A3-ZM1，1A3-ZM2，1A3-ZM3。风偏角计算公式为： $\tan\theta = (P_j/2 + P_jh)/(G_j/2 + W_jl_i)$ 。

本工程位于 29 m/s 风速区，对 1A3-ZM1、ZM2、ZM3 塔头进行校验。折合到导线高度风压， l_i 值取 0.85，填入参数，通过软件计算出实际摇摆角为：大风工况摇摆角 45.33°，操作过电压摇摆角 22.34°，雷电过电压摇摆角 11.06°。做出间隙圆，铁塔各工况允许摇摆角均大于实际工况摇摆角，铁塔间隙满足各工况安全距离，并有 200 mm 的裕度。1A3-ZM1 间隙圆效果图如图 1 所示。

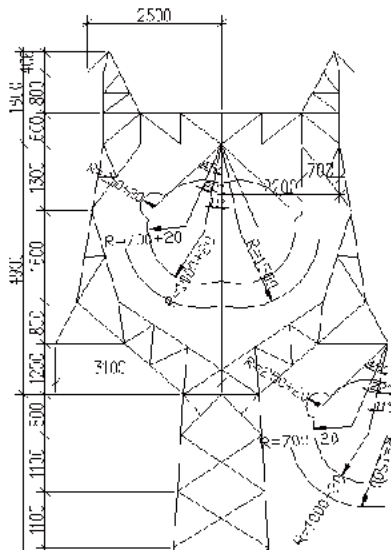


图1 直线猫头塔1A3-ZM1间隙圆效果图

2.3 防震锤安装距离计算

防震锤安装距离计算中，本软件采用最大半波和最小半波公式进行求解，部分设计院采用 Excel 与道亨结合起来计算防震锤安装距离，通过道亨软件求解高低温应力，再通过已经编好公式的 Excel 对其进行计算，这个过程中，要反复通过道亨来对指定档距下的高低温应力求解，再将结果输入 Excel 中，步骤烦琐。

在本软件中，软件根据输入的设计参数可生成防震锤安装距离，并能够生成 Excel 成果表，设计人员可以直接利用常青藤等 CAD 辅助软件将 Excel 计算结果导入 CAD 中，这样在施工图设计阶段，出具防震锤安装示意图时，节省设计人员在 CAD 中按代表档距去列出安装距离表，更加贴合实际的设计工作。

在如图 2 所示界面中，主要是针对对高差大的档距中悬点应力的校验（主要应用于山区输电线路架设），根据最大允许高差公式（显示在图形窗口中，点击确定按钮或者加载事例后被响应曲线所覆盖，方便用户查看），得出允许悬点高差曲线。通过曲线可以直观地观察到是否满足设计要求。

交叉跨越校验界面设计原理与上述基本一致，这里只给出效果图，如图 3 所示。

2.4 地线短路热稳定允许电流计算

经运行单位广泛收集资料显示，架空地线短路热稳定允许电流小是各种情况引起架空地线断线的主要原因^[9]，而在设计时，通常按照地线与导线的最小配合进行地线设计，对地线的热稳定只是按照规程进行了粗略校验。

在电力系统中广泛应用的各类地线，其允许短路电流计算没有一个统一的计算公式，通过对目前比较常用的计算方法进行分析，归纳了比较贴近实际的计算方法，便于

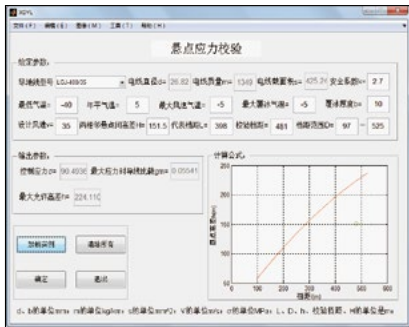


图2 悬点应力校验界面

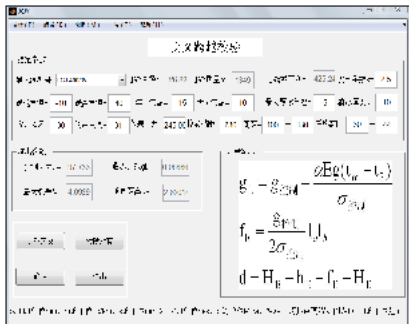


图3 交叉跨越校验界面

对各类地线进行集中分析，辅助线路设计人员合理地选择地线。地线短路热稳定允许电流计算如图4所示。

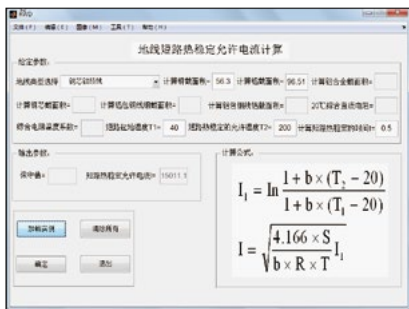


图4 地线短路热稳定允许电流计算界面

2.5 绘制曲线

在线路设计中，传统的曲线绘制方法时是通过描点法在坐标纸上手工描点并连接成光滑曲线，效率和精度都较低^[10]，并不能准确地体现出代表档距下的弧垂应力值，本软件通过悬链线方程及应力弧垂计算，根据友好的人机界面，输入气象条件和导地线参数，可进行曲线的自动绘制。应力弧垂曲线效果图如图5所示，安装曲线效果图如图6所示。

本软件平台包含设计中涉及的计算和相关校验程序，软件安装方便，操作简单，设计人员无论在外业和内业工作中，都可以对工程中涉及的问题和计算进行验证和求解。

3 结束语

通过先进的软件工具开发线路设计平台，对提高设计质量具有积极的意义。本软件平台借助 Matlab 的编程功

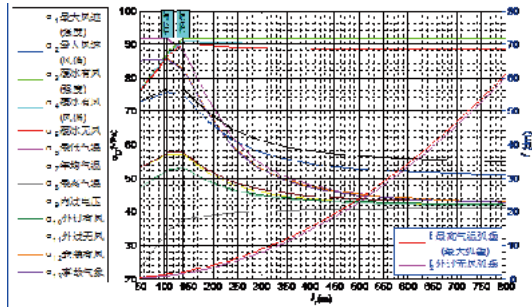


图5 应力弧垂曲线

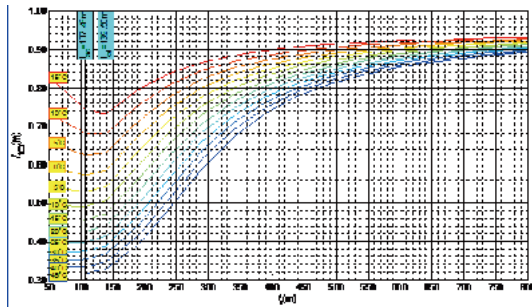


图6 安装曲线

能，能够对复杂的输电线路计算进行快速求解，运用 GUI 直观显示及界面辅助用户查询的功能，使得界面形象、操作简单。已将此软件应用于线路设计中，取得了很好的效果，加深了设计人员对概念和基本原理的理解。GUI 提供交互式操作环境，在传统设计的基础上强调了理论和实践的结合。

参考文献

- [1] 李勇华, 郭淑英, 宋超. 基于MATLAB GUI的AMT插电式系统数据分析软件设计[J]. 新型工业化, 2015, 5(10): 32-37.
- [2] 张莲花, 金颖. 输电线路脱冰跳跃研究及防治[J]. 新型工业化, 2014, 4(6): 31-36, 42.
- [3] 李俊. 架空输电线路电动力学计算软件的研究与开发[J]. 湖北电力, 2007, 31(3): 46-47, 50.
- [4] 孟遂民, 王爽, 郭昊, 等. 大跨越输电线路导地线力学计算软件研究[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2013, 35(2): 37-41.
- [5] 黄永来, 赵晓龙, 张欣, 等. 架空输电线路风偏计算软件的设计与开发[J]. 现代计算机(专业版), 2010(7): 144-148.
- [6] 刘振东, 刘正士. 输电线路找形分析的非线性有限元法[J]. 新型工业化, 2013, 3(7): 50-58.
- [7] 倪良华, 肖李俊, 吕干云, 等. GA优化TS-FNN的架空线路荷载风险预测[J]. 新型工业化, 2016, 6(7): 1-8.
- [8] 黄俊杰, 王身丽, 陈早明, 等. 架空输电线路弧垂计算的计算机实现[J]. 湖北电力, 2003, 27(3): 1-3.
- [9] 张晓东, 张栋. 高压架空输电线路地线热稳定的计算[J]. 高电压技术, 2005, 31(5): 81-82.
- [10] 李俊. 架空输电线路电动力学计算软件的研究与开发[J]. 湖北电力, 2007, 31(3): 46-47, 50.

(责任编辑: 贺大亮)

稀土高铁铝合金电缆的应用

郭景¹, 宋爱平²

(1.新疆兵团勘测设计院(集团)有限责任公司, 新疆 石河子 832000;

2.国网新疆电力公司, 新疆 乌鲁木齐 830018)

摘要:通过对稀土高铁铝合金电缆的性能的介绍及与铜电缆的性能对比, 通过在城网配电网系统中推广稀土高铁铝合金电缆实践应用, 提出对稀土高铁铝合金电缆的推广应用。实现在城网配电网工程中, 选用更加经济节能的稀土高铁铝合金电缆, 以减少工程投资及能源和资源的消耗。

关键词:稀土高铁铝合金电缆; 城网; 配电网; 应用

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0008-02

电缆在城网配电网工程的建设中大量使用, 直接影响配电网工程的输送能力, 导线选择并且影响配电网建设的经济性。对稀土高铁铝合金电缆同铜芯导体的电缆相比较, 具有显著优点。稀土高铁铝合金电缆添加含铝铁、铜、稀土等多种金属元素, 在连接性能、耐腐蚀性能、抗蠕变性能等于或高于铜缆, 价格比铜电缆便宜 20-30%, 重量是铜缆的一半, 所以安装更灵活, 节约人工, 压缩工期。稀土高铁铝合金电缆是替代铜缆的新型环保节能电缆。

1 稀土高铁铝合金电缆的优点

稀土高铁铝合金电缆采用 8000 系列导体, 高抗蠕变性、高柔韧性、高伸率、抗拉强度增大, 连接安全稳定。

柔韧性:普通铝电缆的一个重要缺点是脆度高, 易氧化, 在安装时只要若干次一定角度的扭转, 导体就会产生裂纹, 裂口就会发热、腐蚀, 是出现火灾的重要原因。使用稀土铝合金电缆, 由于它的韧性好, 不会产生裂纹, 在安装中出现的安全隐患减少。

1.1 延伸率, 抗拉强度

铜缆的弯曲半径是 10 ~ 20 倍电缆直径, 稀土铝合金电缆的弯曲半径最小为 7 倍电缆直径, 使用铝合金电缆能减小布局空间, 更易于敷设, 减少安装成本。在室温条件下将铜缆与铝合金电缆弯曲 90°, 应力释放后, 铝合金电缆反弹角度为铜缆的 60%。因铝合金电缆具有无记忆力, 所以反弹的性能优于铜芯电缆, 在安装过程中端子连接接头易于压紧, 增加其紧密程度, 提高连接的稳定性。

1.2 稀土铝合金电缆的使用寿命

稀土铝合金材料是含有铝, 镁, 铁, 锌、稀土等元素, 它能够起到净化, 提高纯度, 填补表层缺陷, 细化晶粒。因此高压环境条件下, 稀土铝合金的年腐蚀率为零或几乎为零, 稀土铝合金电缆较铜缆使用寿命长约 10 年之久。

1.3 性价比

由于稀土铝合金电缆的弯曲性能好和重量轻, 易于安装, 安装成本可以减少 20% ~ 50%。稀土铝合金电缆与铜芯电缆的价格比较: 稀土铝合金电缆具备优越的安全性能、电气性能、机械性能和更长的使用寿命前提下, 稀土铝合金电缆的价格只有铜电缆的 70% 左右, 比铝电缆的价格高出 20% ~ 30%。

相对于传统的钢带铠装, 稀土高铁铝合金电缆的铠装更加轻便、环保、且易于弯曲, 耐腐蚀性及抗侧压能力更是优于传统电缆。在生产运输过程中, 通过对生产工艺及生产设备的改进, 库存及运输流程的周密安排, 极大地降低了能源消耗。相比铜缆, 铝合金电缆的生产工序耗水量减少了 80%, 天然所使用量节省了 20%, 废品废料率为最低等级, 对人体有害物质的使用减少超过 60%。同时, 由于铝合金电缆比铜缆的重量轻很多, 在运输过程中, 燃油的消耗降低了 30% ~ 40%。

由于稀土高铁铝合金电缆具有出色的弯曲性能及较轻的重量, 在安装过程中更加便捷, 节约人工及辅料, 大幅降低了施工成本。

2 稀土高铁铝合金电缆与铜芯电缆的性能比较

2.1 可靠的安全性能

合金电缆在国外已经成熟使用了 40 年, 从未出现过任何问题。合金电缆是在引进先进技术基础上, 自主研发并具有多项专利权, 具有可靠的安全性。

2.2 良好的导电性能

合金电缆是通过加入我国特有的稀土及铜、铁、硅等元素, 通过特殊工艺处理后的新型合金电缆, 其导电率是铜的 62%。经过特殊工艺处理, 将合金导体截面增大 1.28 ~ 1.5 倍, 使电缆的载流量与电压降等电气性能与铜

缆相当,达到“以合金新材料代铜”的目的。

2.3 极佳的防腐性能

合金导体与空气接触时立即形成致密的氧化层,这种氧化层特别耐受各种形式的腐蚀,因而具有承受最恶劣环境的特性;加之合金导体内部物质结构的优化,及硅烷交联聚乙稀绝缘材料的应用,使合金电缆的使用寿命比铜缆延长5年以上。

2.4 优越的机械性能

合金电缆的反弹性能比铜缆小40%,柔韧性高25%;有很好的弯曲性能,敷设半径远小于铜缆要求,更容易进行敷设和端子连接;特殊的配方与热处理工艺大大减少了导体在受力和压力下的蠕变性,使合金电缆的电气连接与铜缆一样稳定。

稀土高铁铝合金电缆比铜缆明显优势:价格节省近30%。重量是铜缆的一半,机械性能好,安装成本减少20%~50%。抗蠕变性及耐腐蚀性强,使用寿命超铜缆10年以上。相同载流量下,铝合金电缆外径在铜缆外径基础上增加11%以内,就能实现与铜缆相同的电气性能,在现行设计图纸预留150%空间的下,不影响铺设。

3 稀土高铁铝合金电缆在城网配电网中的应用

根据我区城网配电网新建改造情况,对稀土高铁铝合金电缆在实际工程中的使用效果进行观察和分析。

3.1 阿拉尔市配电网架空入地项目

阿拉尔市城网配电网10 kV架空改入地项目根据本工程配网主干线路长度为7.8 km,均采用穿排管直埋,采用4回叠加敷设的方式,前期敷设2回,后期预留2回。根据计算最大负荷为5000 kW,根据经济电流密度计算截面为337.6 mm²。初步选择300 mm²电缆,经计算复核负荷电流校正值为356 A与选型电缆载流量对比满足工程要求,电压降经计算值为4.3%小于规范要求值10%,故推荐采用1×300 mm²电力电缆,长期载流量577 A,采用铜芯电缆和稀土高铁铝合金电缆均能满足。改造项目区内负荷大,重要性很高,投资资金有限等因素,通过各项指标对比,稀土高铁铝合金电缆的连接稳定性、耐腐蚀性、寿命周期均优于铜芯电缆。由于地下廊道尺寸受限,检查井尺寸为4500 mm×2800 mm×2000 mm,无法满足铜缆的20倍电缆直径弯曲半径,而可以满足稀土高铁铝合金电缆7倍电缆直径弯曲半径。通过经济比较总投资较采用铜芯电缆投资少约300多万元。

根据阿拉尔市城网架空入地项目运行情况,该配网主干运行情况良好,电缆各项指标均运行正常,通过检测各项参数均满足相关要求。对大负荷情况下进行实地观察测量数据分析,结论为本次改城网配网使用稀土高铁铝合金

均满足相关部门运行指标要求。

3.2 石河子南区扩建城区10 kV配网工程

根据石河子南区扩建城区项目区负荷预测,根据本工程配网主干线路长度为8.2 km,均采用穿排管直埋,采用4回叠加敷设的方式,前期敷设2回,预留2回。根据计算最大负荷为5500 kW,根据经济电流密度计算截面为392 mm²。初步选择400 mm²电缆,经计算复核负荷电流校正值为406 A与选型电缆载流量对比满足工程要求,电压降经计算为5.2%小于规范要求值10%,故推荐采用1×400 mm²电力电缆,长期载流量648 A,采用铜芯电缆和稀土高铁铝合金电缆均能满足。经过电缆特性及经济型比较,10 kV电缆主干线推荐选用1×400 mm²稀土高铁铝合金电缆,能够满足石河子南区扩建后负荷的需要,扩建城区征地困难,征地费用较高,故电缆廊道尺寸有限1800~2000 mm之间,与其他管道并行电缆检查井尺寸受限。根据厂家提供相关电缆弯曲半径数据,并且经过方案经济对比,采用稀土高铁铝合金电缆较采用同型号铜缆总投资节约600多万元,并且很好地解决了电缆廊道宽度不够和电缆检查井不能满足铜缆弯曲半径的问题,同时满足了石河子南区扩建后城区配电网满足N-1状态下的安全运行。

新建和改造城网配网项目受土地、地物、规划等条件限制,常规电缆无法满足电缆廊道及生命周期和投资的相关要求,而稀土高铁铝合金电缆因诸多优势可以满足新建和改造城市配电网的相关要求(可靠性高、导电性能好、防腐性能高、机械性能优越)。

通过石河子南区稀土高铁铝合金电缆使用效果的观察,稀土高铁铝合金电缆比铜芯电缆在城网配电网使用效果上有很明显的优势,在城网配电网中取得了良好的效果,通过比较也是经济适用的。

在新建线路时,以全寿命周期计算,“等载流量”稀土高铁铝合金电缆当导体直径降至铜芯直径的1.5倍(同外径比)时,年费用与铜芯电缆相比较费用减少30%。

4 结论

综上所述,稀土高铁铝合金电缆与铜缆相比,在材料费用,安装工艺、人工费用及工期方面,都具有明显优势。稀土高铁铝合金电缆导电性能优良,价格便宜,安装方便,使用年限长,因此在未来稀土高铁铝合金电缆将在城网配电网中得到广泛的应用,取得良好的经济效益。

在城网配电网工程中合理使用稀土高铁铝合金电缆,可以节约建设成本,减少安全隐患,并减少对有色金属的消耗,对城网配电网全面入地发展极为有利。

(责任编辑:张峰亮)

2.4 GHz无线电精确定位在变电站中的应用

李琛^{1,2}, 夏滨¹, 钟离超超¹, 杨剑²

(1. 国网山东省电力公司齐河县供电公司, 山东 齐河 251100;
2. 国网山东省电力公司电力科学研究院, 山东 济南 250003)

摘要: 目前各类变电站主要依靠电气量和化学量进行设备检测, 且只能作为事故中或事故后的分析手段, 无法对人为因素引发的事故进行事先防范与预警。文章首先分析了 2.4 GHz 无线电的不同实现方案, 在此基础上提出一种基于 2.4 GHz 无线电的精确定位方法, 可实现现场作业人员的实时定位, 并能设定巡检路线并监测巡检过程, 有效避免了因人为因素引发的设备故障情况。

关键词: 2.4 GHz 无线电; 变电站; 精确定位

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0010-04

变电站是电网系统的核心组成部分, 其安全生产关系着整个电网运行的安全和效率。为了提高安全管理水平, 目前许多变电站配置了综合自动化系统、视频监控系统、五防系统、电气设备监测系统等。但是, 这些系统主要是电气量、化学量监测, 往往只能在事故中或者事故后为原因分析提供数据记录, 无法对人为因素进行事先防范与预警, 因人员违规、巡视不到位、擅闯危险区等人为因素造成的人身与设备事故频发, 无法得到有效的技术保障。统计数据表明, 变电站安全事故中大约有三分之一是由于作业人员未认真执行管理规程、超区域作业、现场监护查勘不到位等因素造成的, 因此, 加强对变电站人员的行为监督显得尤为重要。

针对当前变电站人员位置监控不力、误入危险区域无法及时得知、危险事件无法远程监控等问题, 本文首先分析了无线电定位的实现方案, 提出了基于 2.4 GHz 无线电的精确定位算法, 建立了系统实现的整体架构。所提出的系统可基于当前先进的通信技术、网络技术、定位技术和软件技术, 实现现场作业人员的实时定位, 并能设定巡检路线并监测巡检过程, 有效避免了人为因素造成的设备故障等问题。

1 无线电定位的实现方案

许多定位系统中信标的位置估计通常通过对无线电信号的一些特征参数进行相关检测。一般情况下, 无线电定位系统的定位过程分两部分: 无线电信号特征参量的监控, 依靠相关算法实现信标的坐标定位。

在平面几何中, 目标的位置可以通过不少于两条曲

线的交点来确定, 在二维平面内利用两个以上的曲线的交点。常用的办法是: 双(多)曲线定位法; 方位角测量法; 圆周法; 混合法。按照无线电的特征测量值划分的定位方法主要有: 基于到达角度定位(AOA)、基于接收信号强度定位(RSSI)、时间定位(TOA)、基于到达时间差定位(TDOA)。

1.1 基于到达角度的定位(AOA)技术

基于到达角度的定位在一些时候也称为方位角定位。其原理如下: 工作人员通过将天线安装在基站处, 然后将信标电波的人射角通过天线测得。并利用入射角组成基站与信标的连线, 连线之交点即为信标位置, 如图 1 所示。

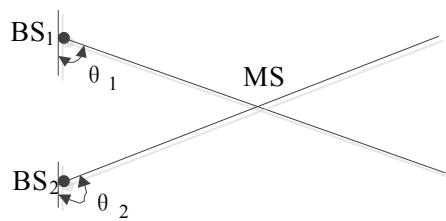


图1 AOA定位原理示意图

因为两条直线的交点有且只有 1 个, 因此该方法可以保证定位点的唯一性, 若该信号源被多基站发现, 将从各个基站发出一条射线, 射线的焦点即为信号源所在处。AOA 定位技术仅需要两个基站就能满足对信标的定位, 且不存在定位点的位置模糊问题。但在实际情况中, 基于到达角度的定位系统需要在各个基站上安装 4 至 12 组的天线阵, 利用天线阵确定信标发送信号和基站之间的角度。由于需要现有的基站上增加天线阵, 使

得成本大增。此外,电波到达入射角的估计精确度会受到影响,比如有多径或其他环境因素。所以该方法不适用于电波环境复杂的区域。

1.2 基于接收信号强度的定位 (RSSI) 技术

该方法主要是利用设备接收到信号的强度 RSSI 值和空间传播的无线电信号强度随着传输距离增加而下降的相关特性。

室内定位的范围通常比较小,且一般使用高频无线电。由于电磁波传播速度为 v (v 为光速),因此只要时间产生微小误差,该方法精度就会大大降低^[2]。

1.3 基于到达时间的定位 (TOA) 技术

TOA 定位技术的原理为:将无线设备的距离通过时间来判断,是通过两个以上的基站与发射台之间信号的传播时间作为特征参量,从而计算两个无线设备间的距离,TOA 技术又称圆周定位技术。其工作原理图如图 2 所示。

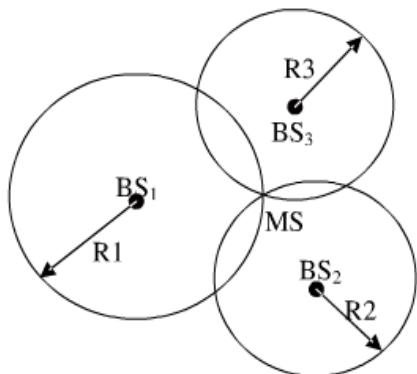


图2 TOA定位原理示意图

该定位方法要求各基站能够准确判定信标发送时间,故该方法对基站与信标时钟精确要求较高。而 TOA 技术有效地破解了这一难题。TOA 算法的改善版为 TDOA 算法,仅判定各基站接收到信标信号的时间差,即可锁定信标位置。

1.4 基于到达时间差的定位 (TDOA) 技术

TDOA 定位 (双曲线定位) 技术,与 TOA 定位技术一样,TDOA 也是依靠信号传播时间来确定位置。若 MS 与基站 BS1 和基站 BS_i 之间的距离差为 R_{i1} 时,那么 MS 一定处于以 BS1 基站、BS_i 基站为焦点,同时与上述两点的距离差保持 R_{i1} 的双曲线上,将得到的双曲线方程联立,通过运算可得出 MS 的坐标。所以求两个无关的时间差,至少需要三个基站,该技术定位原理如图 3 所示。

该方法类似于 TOA 定位方法,基站与 MS 距离差可通过计时得出,根据基站信号到达信标时间与信号发出时间的的时间差来测定,也可测量从信标发射至各个基站的时间差。

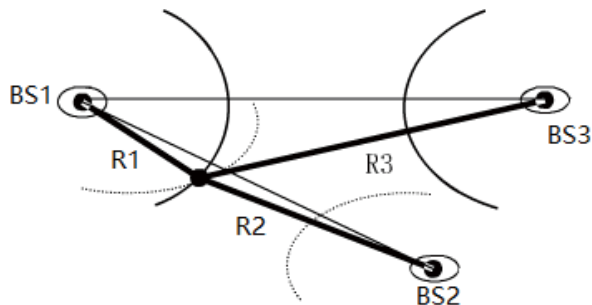


图3 TDOA定位原理示意图

TDOA 是通过测定信号到达基站的用时差来实现定位,故只需各个基站间保持同步,可不考虑信标和基站的时间误差,减少了对定位过程中时间精度的要求。

综上所述,RSSI 定位实现方法比较简单,但是定位精度较低;AOA 定位精度比较高,缺点是各基站要安装天线阵列,成本比较高;TOA 的定位精度比较高,能够利用已有网络,但是要求信标和基站之间时钟同步。通过几种定位技术对比,容易发现基于到达时间差的定位方法采用的是基于信号到达不同信标的时间差,能消除系统对时间基准的依赖性且成本较低,并具有较高的定位精度。TDOA 定位方法就是重点研究方向。

2 实现算法和依据

2.1 实现算法

基于 TOA 算法的距离测量如图 4 所示。

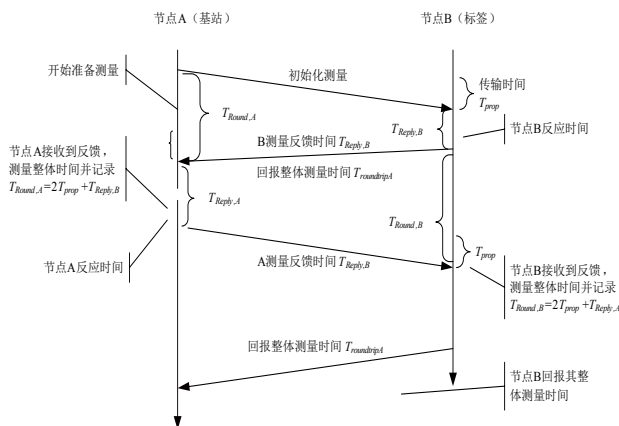


图4 TOA算法的距离测量

信号单纯的传输时间为 d ,则整个测量过程中,产生了 4 次测量过程 $4d$,以及两次回复等待时间 ($T_{Reply,A}$; $T_{Reply,B}$),所以单次测量时间计算公式为:

$$d = c(T_{Round,A} - T_{Round,B} + T_{Round,B} - T_{Round,A})/4 \quad (1)$$

式中: c 为常量。

由于 $T_{Round,A}$ 、 $T_{Round,B}$ 、 $T_{Reply,A}$ 、 $T_{Reply,B}$ 均能够使用板载晶振、基带时钟测量出来,故单次信号传输时间、传输距离也能够计算出来。到达时间差 (TDOA) 测量移

动标签分别对接收器发送信号，从第一个接收到信号的接收器处开始计时，分别记录下信号到各个接收器的时刻；该时间点即第一个接收到信号的接收器与其余各接收器接收到信号的时间差；根据这些时间差可以列出双曲线方程，计算移动标签的位置；在 TOA 测量的基础上，进一步采用到达时间差(TDOA)的处理算法，定位精度更高，系统计算结果的抖动更小，抗干扰性更强。

本文通过定位标签发射极短的无线电脉冲信号，传感器接收此信号，并采用综合的测量手段来计算标签的位置。由于采用了 2.4 GHz 无线电技术，加上独特的传感器功能，确保了较高的定位精度和室内应用环境的可靠性，而通常这些室内应用极具挑战性：墙壁和金属物的反射，导致较强的多路径效应。传感器通常按照蜂窝单元(CELL)的形式进行组织，其常见形式为矩形单元，传感器的数量根据工作区域大小进行增加；各个定位单元中，其他传感器的工作由主传感器配合完成，并完成与标签之间的通信；这种蜂窝单元组合与移动通信网络原理相近，可以覆盖很大面积。

2.2 实践依据

在国外对 2.4 GHz 高精度无线电定位系统 (EPS) 研究已相对成熟，美国佛罗里达州立大学美式足球队用 2.4 GHz 无线电实时定位系统来记录每个队员的位置及队员的运动轨迹，对比赛队形进行分析。技术人员通过对每个球员全场运动轨迹的记录分析，综合其在全队中的位置，对球队整体的战术布局和比赛状态进行分析。并根据科学的统计分析，研究每个球员的运动习惯与技术特点^[5]。

国内这项技术目前已在仓储管理系统 (WMS) 中得到实施。它提供的距离测量精度 15 cm (测量范围 0.5 ~ 300 m)，而且能在极具挑战性的环境中良好操作，从而提高了跟踪的稳定性和准确性。北京医药股份有限公司的现代物流中心就是这样的一个典型。该系统的目标，一是落实国家有关医药物流的管理和控制标准 GSP 等，二是优化流程，提高效率。系统功能包括进货管理、库存管理、订单管理、拣选、复核、配送、RF 终端管理、商品与货位基本信息管理等功能模块；通过网络化和数字化方式，提高库内作业控制水平和任务编排。该系统把配送时间缩短了 50%，订单处理能力提高了一倍以上，还取得了显著的社会效益，成为医药物流的一个样板。此类系统多用于制造业或分销业的供应链管理，也是 WMS 中最常见的一类。

3 系统架构

3.1 功能描述

基于当前先进的通信技术、网络技术、定位技术和

软件技术，通过对进入变电站区域的人员或移动物体进行实时定位，有效消除生产运行和检修维护过程中的安全隐患。利用先进的技术平台，对变电站现场工作人员和外来参观人员做到事先划定作业区域，实时记录活动情况，分析活动规律和趋势，遇有危险活动及时预警，事后统计分析，在防范安全事故发生的同时，大幅度提高整个变电站及电力公司的工作效率和管理水平。

通过无线传感器网络实现精确定位，将定位信息在变电站平面图上进行实时显示，不同的工作组通过不同颜色的点进行标示，便于区分观察。工作人员的工作路线都将记录在数据库中，并且实现路线动态回放，便于日后查询工作人员的工作情况。后台系统实时展示移动目标当前位置，并在变电站地理位置图上标示，跟踪目标移动轨迹。跟踪、记录、显示等功能，如果检测到未按规定时间或路线进行巡视、接近边界或越界等危险行为均发出警告并记录存储，同时上传至上级系统，直至人员活动结束。

后台计算机管理系统。提供变电站区域划分及设置、工作模式编辑及设置、电子标签管理、动态数据采集及处理、数据记录、计算统计、行为分析、预警报警、画面报表、显示打印、数据通信等软件功能和人机界面。

3.2 技术方案

变电站无线电高精度定位系统架构，如图 5 所示。系统划分为五层结构。

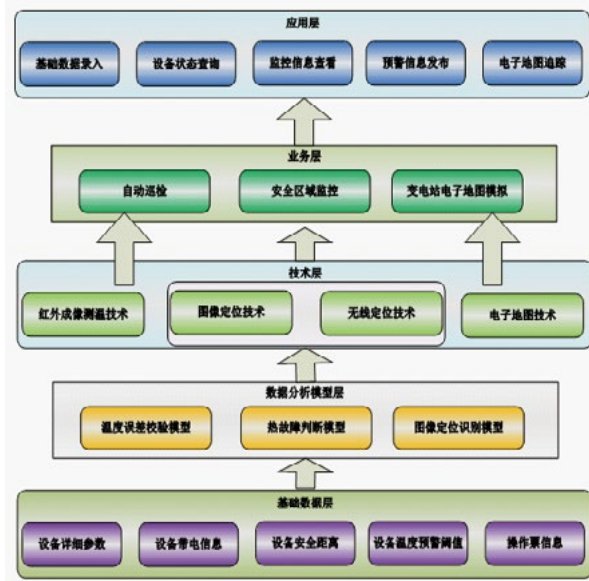


图5 变电站无线电高精度定位系统架构

应用层：提供给用户与系统进行人机交互功能。基础数据录入：系统配置数据、基础数据等。设备状态查询：查询电气设备的实时工作状态。监控信息查看：查看监控目标的信息。预警信息发布：当系统检测到设备

温度异常或者系统检测到有目标进入危险区域时及时发布预警提示用户。电子地图追踪：计算机建变电站电子地图场景，在电脑上展示。

业务层：利用应用技术层提供的图像处理 and 实时定位的接口实现业务逻辑。

技术层：红外成像测温、图像识别、无线电定位、电子地图的实现。

数据分析模型层：建立温度误差校验模型、热故障判断模型、图像跟踪识别模型。

数据层：提供系统运行的基础数据存取服务。

整个系统由前端现场监测单元、后台主控通信中心和智能监测用户端三部分组成，如图6所示。

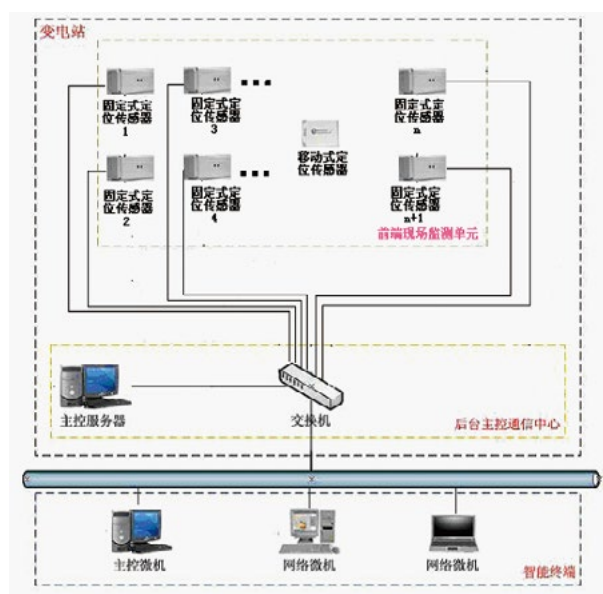


图6 系统架构图

前端监控主要有布置于变电站内的多个固定式UWB实时定位传感器和移动式定位传感器组成，负责前端现场数据的采集。其中多个固定式UWB定位传感器接收器用于移动目标（移动式定位传感器）的实时定位，用于确定目标所处位置的安全状态。

固定式定位传感器的信号以数字信号方式通过以太网传送到主控室。

后台主控通信中心设备包括控制计算机、网络交换机、控制设备（光纤收发器、定位数据服务器），负责终端各固定式定位传感器数据的采集、移动式定位传感器数据的采集并进行数据分析，实现业务逻辑。

智能终端主要由网络上的个人计算机组成，个人计算机通过安装本系统的用户终端为用户提供服务。

系统分为两个子系统，分别是安全区域人员定位、系统管理，如图7所示。

利用高精度实时定位技术对变电站中的移动目标进

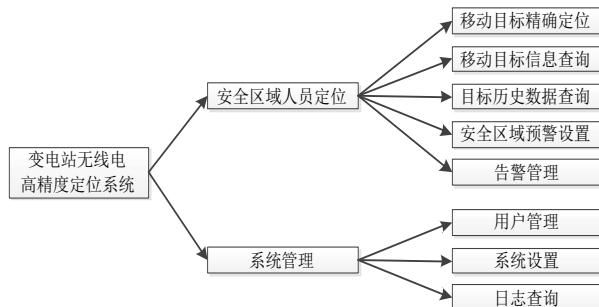


图7 系统功能结构图

行实时定位跟踪，结合设备带电状况和安全距离判断移动目标位置的安全性。具体是通过实时定位平台传回目标的实时位置坐标，通过数据库读取设备坐标、安全距离等信息，通过安全风险可视化应用系统得到的设备的实时带电状态等数据，综合对目标所处位置进行分析，确保安全性，若发现危险及时预警。此外，系统还提供目标实时信息、历史信息及设备信息的查询功能。系统管理员可以增加、删除、修改其他用户信息，可定义系统用户角色，可以查看日志信息。普通用户可更改个人资料、密码。用户须登录后才能对系统进行控制和操作。

4 结束语

本文首先分析了无线电定位的实现方案，提出了基于2.4 GHz无线的精确定位算法，基于当前先进的通信技术、网络技术、定位技术和软件技术建立了系统实现的整体架构。所提出的系统可实现现场作业人员的实时定位，并能设定巡检路线并监测巡检过程，有效避免了人为因素造成的设备故障等问题。通过实践验证了2.4 GHz无线精确定位的可行性，为其他项目的实施提供借鉴和参考。

参考文献

- [1] 谷月雁, 司刚, 刘清瑞. 无线定位技术在变电站作业安全管理中的应用[J]. 电气技术2012(12).
- [2] 苏军峰. 室内无线定位参数估计算法研究[D]. 北京交通大学, 2013.
- [3] 黄亚萍. 基于TDOA和TOA的无线定位技术研究[D]. 南京邮电大学, 2012.
- [4] 肖卫初, 陈伟宏, 龚伦峰. 一种新的几何无线定位方法[J]. 科学技术与工程, 2011, 13(11): 2945-2948.
- [5] 朱明辉, 张会清. 基于RSSI的室内无线网络定位技术研究. 现代电子技术, 2010, 17: 45-48.
- [6] 褚燕平, 黄大庆, 李勃. 基于AOA的无线传感器网络节点定位算法[J]. 传感器与微系统, 2010, 1: 98-101.

(责任编辑: 张峰亮)

高土壤电阻率条件下永陵变电站接地网的改进措施及建议

马绍明¹, 肖隆君¹, 罗洪文¹, 程鹏飞¹, 张 鹏², 钟先曜¹

(1. 国网辽宁抚顺供电公司, 辽宁 抚顺 113008, 2. 国网辽宁铁岭供电公司, 辽宁 铁岭 112000)

摘要: 高阻抗地区接地网接地电阻如何降低一直是接地网施工的难点和重点, 本文对高阻抗地区接地网的降阻方法进行探讨, 以抚顺永陵站为例进行实地分析, 通过对各种方法进行对比, 因地制宜选出合适的降阻手段, 使接地电阻值达标, 永陵站内设备达到预期的运行要求。

关键词: 接地网; 高土壤电阻率; 降阻措施; 优化方案

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0014-02

接地网问题关系到变电站内设备和人身的安全, 至关重要。良好的接地网可以形成短路电流的快速导通通道, 从而降低设备对地电位, 保障故障现场设备和人员的安全。随着电网规模的扩大, 电压等级的升高, 造成系统短路容量不断增大, 也同时提高了接地故障电流, 这对已建变电站接地网改造和新建变电站接地网设计施工提出了更高的要求。抚顺属长白山支脉西南延续部分山区, 地表多岩石, 土壤电阻率高, 如何在抚顺电网发展的新形势下降低本地区接地电阻, 提出高电阻率地区变电站降阻措施具有较高的工程实际意义和参考价值。

1 高土壤电阻率地区的一般降阻措施

1.1 增大接地网面积

一般情况下, 接地网电阻与土壤电阻率呈正比例关系, 与接地网面积呈反比例关系, 因此, 在高土壤电阻率情况下, 最直接的办法是增大变电站水平接地网面积。但是受所在地方规划限制及经济因素的考虑, 无限制增大接地网面积并不现实, 也不划算。

1.2 使用降阻剂或接地模块改善土壤电阻率

降阻剂主要是由膨润土、固化剂、细石墨等良好导体构成, 具有较低的电阻率。其包裹在接地体上, 目的是增大接地体与土壤的接触面积、减少接地体表面粗糙程度以求减少接地电阻, 其施工图如图 1 所示。

再者降阻剂通过人工爆破的方法渗透到接地网周围的土壤中, 形成树杈状的分支, 增大土壤埋实程度以求降低接地网周围土壤的整体电阻率, 其施工图如图 2 所示。

降阻剂也存在一些难以克服的缺点。一是在使用过程中, 降阻剂在接地极表面包裹不匀而产生电化学反应, 从而对接地体产生腐蚀, 特别是对钢材接地体, 锈蚀严重,

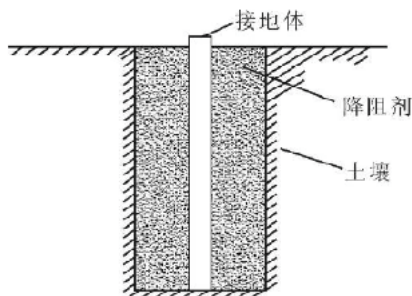


图1 降阻剂包裹接地体施工图

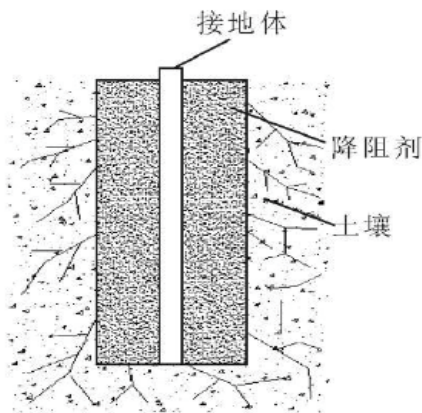


图2 人工爆破降阻剂施工图

降阻效果也会迅速下降。二是施工工艺非常复杂, 降阻剂要求调和水和降阻剂干粉的比例, 这在施工现场很难控制, 同样也影响了降阻剂的使用效果。三是爆破法渗入土壤后, 有可能造成土壤环境的污染, 对环境造成不利影响。

1.3 换土法降低土壤电阻率

开挖接地极沟道, 采用接地电阻比较小的回填土可以降低土壤电阻率, 这种方法在小型接地网情况下可以取得比较好的效果, 当下层土壤电阻率过高或者监理施工不到

位,将施工废料填回沟道,将达不到理想的效果。

1.4 引外接地极法或者深井接地极法降低地网电阻

两者共同的思路是将接地极引到土壤电阻率较小的地方,引外接地极法是在水平接地网引出一部分接地极到其他土壤电阻率比较小的地方(比如水边、湿地等)来降低接地网整体的电阻率水平;由于地表电阻率比较高,当土壤结构分层且下层土壤电阻率比较低时,可以采用深井法将垂直接地极打入低电阻率土壤区来降低接地网整体的电阻率水平。在水平接地网总面积不能继续扩大的情况下,这种方式是切实可行的。

1.5 斜深井接地法

本文在引外接地体和深井接地极法的基础上,将两者综合起来,形成斜深井接地法。假设在水平接地网的四周用与水平接地网呈 30° 角的同材料接地极斜插入周围低电阻率土壤中,这样既增加了水平地网的面积,又变相增加了垂直接地极数量和长度,进一步降低了地网电阻率。假设斜插接地极长为 $I_{斜}$,反映到水平面长度为 $I_{水平}$,反映到垂直面长度为 $I_{垂直}$,则 $I_{斜}^2 = I_{水平}^2 + I_{垂直}^2$ 。根据最新接地国标 GB 50065-2011 求解公式,结合复合接地网形式,以求得斜深井地网接地电阻值。

2 实例计算及结论

本文以抚顺地区山区已建永陵变电站为例,接地网未改造前接地电阻为 $1.3\ \Omega$,大于 0.5 的设计值,面积为 $126\text{ m} \times 161\text{ m}$,水平网埋设深度约为 1 m 。土层结构垂直分层,表层土壤电阻率约为 $300\ \Omega \cdot \text{cm}$,为含沙黏土的土层,厚度 0.2 m 左右;中间层土壤电阻率约为 $1750\ \Omega \cdot \text{cm}$,为砾石,厚度 3 m 左右;底层土壤电阻率为 $225000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 左右,为花岗岩。变电站后方、左侧、右侧道路对面均为耕地,上层含沙黏土的土层较厚,约 0.5 m ,下层为较厚砾石,最低层为花岗岩,其土壤结构蓄水性相对较好,变电站正面为药厂厂区。将通过斜深井接地法施工法对其进行模拟推演,并以此说明斜深井接地法在解决抚顺地区 X 变电站高接地电阻问题方面的特殊优势。

在永陵站接地网边缘接入斜井接地极 4 根,斜插入变电站后侧、右侧、左侧土壤中,穿越砾石层到达含沙黏土的土层。鉴于其所在地表层土壤厚度比较小,且秉承少占用使用耕地的原则,斜插接地极每根长 200 m ,布置新增接地极后,相当于水平方向新增接地极 4 根,水平方向每根长度约为 200 m ;垂直方向新增接地极 400 根,延伸接地极长 4 m 。

当垂直接地极穿越两层土壤时,计算分层土壤单根垂直接地极接地电阻值,计算复合接地极接地电阻值。当垂直接地极穿越上层土壤时,计算单层土壤单根垂直接地极

接地电阻值,计算复合接地极接地电阻值。两种计算结果相当于以斜插极穿越分层土壤临界处将水平方向分为两个剖面的接地网,计算总的接地电阻值得 $0.497\ \Omega$,约小于设计标准值,与永陵站改造前接地网接地电阻值 $1.3\ \Omega$ 做对比,接地电阻值取得了明显的改善,可以对本地区未来高土壤电阻率地区变电站设计施工给予一定的参考帮助。

参考文献

- [1] GB T50065-2011交流电气装置的接地设计规范[S].
- [2] 王洪波. 变电站接地网设计与应用[D]. 江苏大学, 2014.
- [3] 付晶. 高电阻率土壤地区接地网的腐蚀与防护研究[D]. 长沙理工大学, 2013
- [4] 周秩, 李勤等. 分层土壤中接地网参数的数值计算[J]. 东北电力大学学报, 2006, (26), 4: 32-35.
- [5] 丘文千, 沈杨. 高土壤电阻率条件下变电所接地设计与实施[J]. 电力设计, 2006, (08), 4: 73-77.

(责任编辑:张峰亮)

资讯

■ 国网甘肃电力大数据平台应用场景发布上线

2月6日,国网甘肃省电力公司大数据平台“客户用电行为分析监测场景”和“配变电设备状态监测及故障预测场景”正式发布上线,标志着公司大数据平台正式进入应用阶段。

据悉,大数据分析平台是集数据采集、数据存储、数据处理、数据分析、可视化展示、应用集成为一体的大数据平台,具备多种数据处理算法并提供统计分析、多维分析、挖掘分析、云分析等多种数据分析功能,向用户提供“一站式”的数据分析服务与体验。大数据分析平台的部署实施可解决海量数据分析的困难和不足。

为确保大数据平台平稳运行,国网甘肃电力开展了客户用电行为分析监测场景的构建与分析,基于营销系统用户档案数据、用电信息采集系统电量数据,分析客户用电量、负荷特征及负荷预测,以便电网公司提前了解重点客户的未来用电需求量,从而提高大客户服务水平。同时,开展了基于大数据平台的配变电设备状态监测及故障预测场景的构建与分析,建立统一的设备状态数据集成应用平台,实施关联因素分析,建立状态预警模型,对不同种类设备在一定关联因素影响下的状态进行预警和故障预测。

大数据平台相关场景的发布上线,标志着大数据为主的新技术深入应用到智能电网建设的各个环节,有效推动了公司业务创新、管理模式转变、管理效率和效益提升,为智能电网和全球能源互联网发展奠定了基础。

来源:国网甘肃省电力公司

适用于城区保供电的配网接线方式

徐立, 李牧

(国网浙江杭州供电公司, 浙江 杭州 310007)

大中型城市召开大型会议及活动,除了部分使用新建场馆,更多的须要利用城区内原有酒店、会议中心等活动场所。这类场所具有装机容量小、地域分布广、利用频次低等特点,其现有的接线方式往往采用电源点为公共线路双路专线或单路专线的接线方式。在这种接线方式下,用户的供电可能会受到公共线路上其他用户故障的影响,从而导致电压波动甚至跳闸。

当此类用户定级为高等级保电用户时,用户对供电的可靠性和电能质量有较高要求,现有的接线方式无法满足保电需求,就必须对用户的接线方式进行改造。

传统的改造思路是把用户改接为变电所专线的模式。要完成这种形式的改造,要满足以下几个条件:周边变电所拥有满足改造所需的备用间隔,能够满足周边区域中、远期网架规划。

现有的大中型网架成熟的城区配网,负荷基本平稳,市区内变电所 10 kV 出线备用间隔较为紧缺。当出现大型保电活动,涉及要改造用户较多时,数量无法满足用户改造成变电所专线。如果通过周边现有网架的方式置换出空间,将会影响周边区域中、远期网架规划,带来线路负荷分布不均匀、变电所出线重过载、变电所主变轻载等一系列问题。

变电所专线的方案在涉及多用户的改接时,只适用于短期的解决保电用户供电可靠性问题,但是无法满足中、远期网架规划,会导致重复改造的问题,经济性欠佳。

1 准专线思路

根据保电要求,用户的供电方式必须可靠,同时结合实际情况,提出了一种新的接线方式——准专线。

准专线的接线方式是介于变电所专线与公用线路之间的一种接线方式。其主要目的是满足缺少变电所出线间隔情况下,使保电用户获得等同于专线的可靠性。其改造思路,是针对用户所在的环网中,利用现有满足“N-1”的网架结构进行改造,最后通过改变运行方式使用户进线的形式和可靠程度达到接近专线的要求。

以标准的双环网为例。如图 1 所示,这是一个公用全电缆环网,其中环网柜 1 至环网柜 5 代表 5 个公用环网柜,分别包含若干条馈线。用户 A 是环网中一个承担保电任务

的双路用户。

用户 A 是环网中一个承担保电任务的双路用户,正常运行条件下,一路电源点为变电所 A,途经环网柜 1 的 I 段母线、环网柜 2 的 I 段母线、环网柜 3 的 I 段母线送至用户。可以看出,在途经的环网柜母线上任意一条馈线发生故障时都会影响用户 A 的该路电源发生电压波动。同理用户 A 的第二路电源也会受到其他环网柜内馈线故障的影响。

2 准专线改造

对其进行准专线改造,在变电出现第一个环网柜与变电所之间新设一个环网柜,把用户的进线分别改接入新设环网柜内,改接后如图 2 所示。

新设环柜一般采用 2 进 4 出带保护环网柜,除保电用户外,不接入其他用户。当同一个环网中有多个保电用户时,所有的用户都接入新设环网柜内。

3 准专线运行

准专线的运行与常规运行方式略有不同,改造过程中用户进线的供电环网柜发生了变化,但是所在变电所出线并未发生改变,这个环网的总负荷没有发生变化,因此可以确认,原本满足“N-1”标准的环网依然能够满足“N-1”的要求。

有以上结论做保证,准专线在保电时段时,把开环点设在新设环网柜于原有环网柜之间,如图 2 所示,形成变电所出线—新设环网柜—用户的一条供电路径,在该供电路径中没有其他非保电馈线,因此其供电可靠性接近于变电所专线的供电方式。

当一个环网中有两个及以上的保电用户时,同样可以采用这种方式,把所有保电用户割接至新设环网柜,与非保电用户产生隔离,形成几个保电用户共用一条变电所出线。同时新设环网柜出线带保护,也能够最大限度避免保电用户故障导致的相互影响。

4 方案比较

对准专线方案和变电所专线的可行性、经济性做比较。

4.1 可行性比较

准专线方案适用于满足“N-1”准则的网架结构。

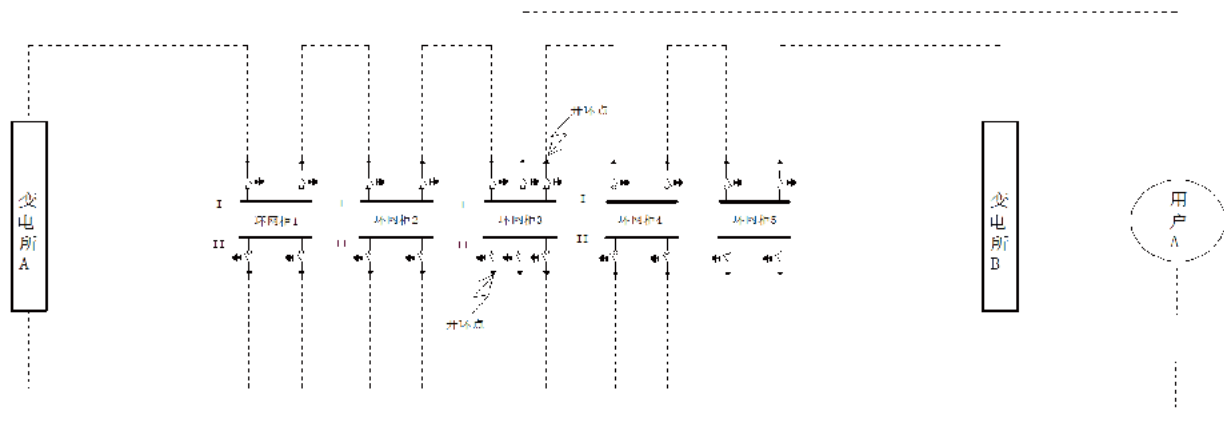


图1 标准双环网

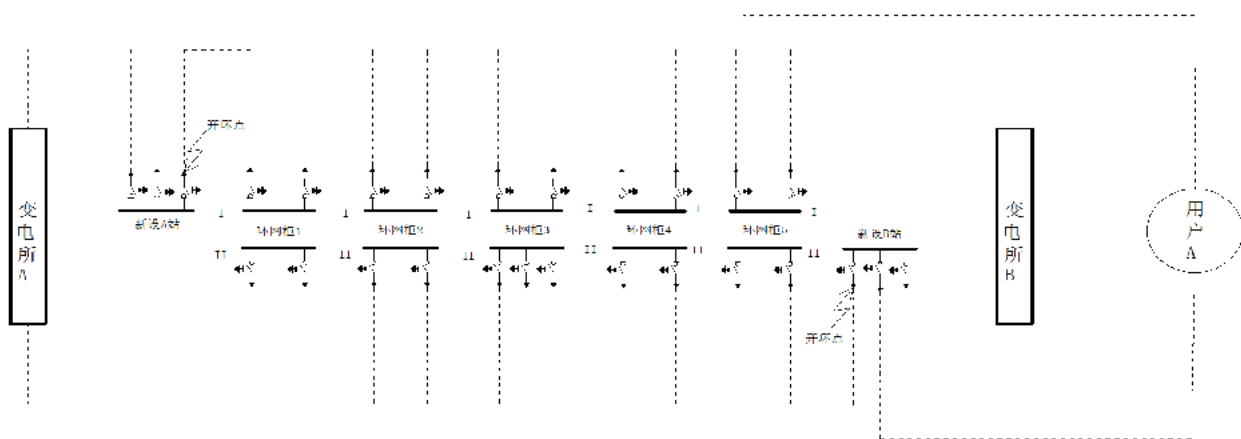


图2 双环网改造后

变电所专线方案适用于任何网架结构。

大体上看，准专线方案的前提条件更加苛刻，变电所专线的方案适用面更广。但是结合实际，按照国网公司的《城市电力网规划设计导则》的要求，城区配电网供电安全要满足“N-1”准则，同时严格控制专用线，以节约线路走廊资源和提高设备利用率。现在各大中型城市城区配网基本都能够满足“N-1”准则的要求，同时变电所备用间资源较为稀缺，因此准专线方案前提虽然苛刻，但是符合现有网架和设计要求。变电所专线方案虽然适用面广，但是不符合现场实际的实施。整体来看，准专线方案在可行性上优于变电所专线方案。

4.2 经济性比较

准专线方案一个用户改造费用主要为新设两个环网柜及配套进出线工程，费用大约为70万元。

变电所专线方案一个用户的改造费用主要为两条专线路缆铺设，费用大约为50万元。

可以看出如果保电用户为单一用户时，变电所专线方案的投资费用较小。当保电用户增加时，变电所专线方案的投资费用随保电用户数量增加成线性增长，然而

准专线方案只要保电用户数量不超过新设环网柜出线间隔数时，增加保电用户对导致的投资增加较少。可以看出变电所专线方案用于保电用户较少的情况较为经济，准专线方案用于保电用户较多的情况能够大幅度减少投资，如表1所示。

表1 改造费用对比

改造费用/万元	用户数			
	70	80	90	100
准专线	70	80	90	100
变电所专线	50	100	150	200

5 总结

综上所述对于成熟的电缆线路为主的城区配电网，承担多用户保电任务时，可以采用具经济性和可行性较高的准专线的方案对目标进网架进行改造。同时可以根据不同城市的配网特点，有针对性地混合运用变电所专线和准专线方案，以达到经济最优、网架安全可靠的改造目的，为供电用户提供可靠、优质的供电服务。

(责任编辑：张峰亮)

馈线终端FTU启动问题

孙桂花¹, 王敬华², 周 情¹

(1. 山东理工大学, 电气与电子工程学院, 山东 淄博 255049;
2. 山东科汇电力自动化股份有限公司, 山东 淄博 255087)

摘要: 配电网中, 发生小电流单相接地故障后, 故障信号弱, 输电线路末端的电流很小, 会造成输电线路末端的馈线终端 (Feeder Terminal Unit, FTU) 不启动, 而在故障点附近的馈线终端 FTU 会频繁启动。针对馈线终端的启动问题进行了探讨, 并提出解决办法。馈线终端 FTU 能准确启动, 可以为小电流接地故障定位奠定基础, 能提高供电可靠性。

关键词: 馈线终端; 小电流接地故障; 实时网络拓扑; 暂态零序电流

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0018-03

配电网具有结构复杂, 负载比较分散的特点, 输电线路发生故障的概率很高, 尤其是小电流系统的单相接地故障。当系统发生小电流单相接地故障时, 故障电流很小, 故障信号微弱, 造成故障检测很困难^[1]。因故障电流小, 馈线终端很难检测到故障电流, 线路末端的馈线终端就检测不到故障电流, 而不能启动, 而故障点附近的馈线终端会因为多次有故障电流而频繁启动, 这样就给小电流接地故障的定位造成了严重的影响。配电网带故障运行, 很容易造成绝缘损坏, 从而引起相间短路故障或多点故障^[2]。

目前, 配电网自动化对馈线终端启动的研究还不是很多。传统馈线终端 FTU 的启动方法是利用零序电压或者零序电流信号超过预先设置的门槛值, 馈线终端 FTU 就启动。文献 [3] 利用故障回推理论来实现配电网故障的定位、隔离和非故障区域的供电恢复, 但这种方法定位不准确, 扩大了故障定位区段。文献 [4] 利用动态时间弯曲距离来实现小电流接地故障的定位, 但在 FTU 启动时存在一定的误差, 以至于无法做到真正的同步。文献 [5] 利用零序电流突变量的方法来启动 FTU, 此方法不需要站点与 FTU 的准确对时, 但是这种方法的阈值很难设定, 设置高了装置会拒动, 设置低了会频繁启动。

为了克服上述缺点, 对馈线终端 (FTU) 的启动进行探讨, 并利用分布式智能的实时网络拓扑来检测每个开关的实时动态, FTU 检测到故障信息之后与相邻的 FTU 彼此交换信息, 并把检测结果返回到最初的馈

线终端, 可以避免 FTU 不启动的问题; 对于 FTU 频繁启动, 利用 FTU 检测到的故障电流的采样值连续三个采样点中有两个采样点的值时大于预先设置的阈值, 则 FTU 就会启动, 该方法可以克服了 FTU 频繁启动的问题。综上, 馈线终端 (FTU) 问题的解决可以为小电流接地故障定位奠定基础, 以免造成严重的损失, 以提高供电可靠性。

1 故障分析

配电网中, 当输电线路发生小电流单相接地故障后, 如图 1 所示, 小电流接地故障的暂态电流在系统中的主要分布特征如下。

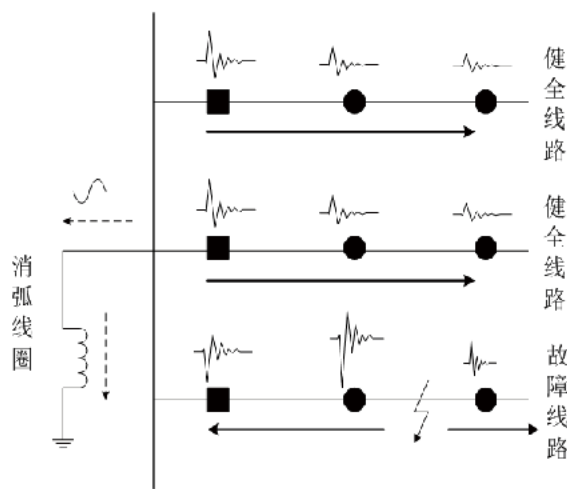


图1 故障后暂态电流分布

在无故障线路（包含出口）和故障线路故障点右侧的各个检测点的暂态电流等于下游线路的分布电容电流；方向是从母线流向线路，离母线越远其值越小，线路末端几乎为零^[6]。

故障线路故障点左侧检测点的暂态电流等于所有无故障线路分布电容电流加上左侧线路上的电容电流，方向是从线路到母线^[7]。因为暂态电流离母线越远其值越大，所以暂态电流的最大值靠近故障点。

因此，故障线路故障点附近的暂态零序电流要大，而线路末端的零序电流几乎为零^[8]；这就造成故障点附近的馈线终端（FTU）频繁启动，而线路末端的馈线终端（FTU）不启动。

2 馈线终端FTU不启动问题

2.1 实时网络拓扑识别

实时网络拓扑自动识别是分布式控制应用的一项基础的关键技术^[9]。分布式智能馈线故障处理过程中，相邻FTU之间可以经过通信进行信息交换，可以采用接力查询法自动识别配电网的拓扑结构，实时观察各个开关的配置信息，以提高其经济效益。

依据开关所处的位置进行分类^[10]，可以分为出线开关、中间开关及末端开关三大类。线路发生故障时，当任一开关对应的FTU检测到故障电流而且大于阈值，就以先发出故障信号的开关为起点，分别向左右两个方向进行查找。采用接力查询方法识别实时网络拓扑结构的前提条件是每个开关站点的FTU都配置了相邻开关的信息（知道哪一个开关是自己的邻居），并且知道本地开关的状态（是合位还是分位）^[11]。

2.2 工作原理

首先启动的FTU要向周围相邻开关处FTU发送相邻开关状态的查询请求，而相邻开关处的FTU把所控开关的局部拓扑信息及下一级终端的通信地址送回到最先启动的FTU中；然后再查询下一级FTU，并获取其局部拓扑信息及下一级通信地址^[12]；依次类推，直到查询到控制域边界的终端（如终端负荷控制开关的终端、变电站出线断路器的终端）。

2.3 实时网络拓扑方法

以图2为例，说明FTU自主查询方法进行的实时网络拓扑结构的识别。当线路在S处发生故障，线路中产生故障电流，故障点附近的故障电流幅值大，其附近的馈线终端先启动，现以FTU3为例，启动实时网络拓扑查询，其步骤如下。

首先向FTU3的左侧进行实时干线拓扑结构。FTU3向FTU1发出查询命令，FTU1将处于合位的

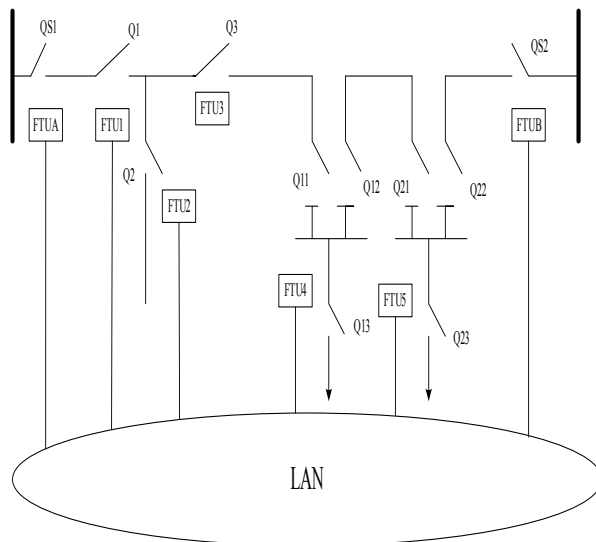


图2 线路分布式FA系统构成

信息返回给FTU3，并同时将其命令转发给FTUA；FTUA将QS1的状态及电源开关的状态返回给FTU3，因QS1是电源开关，故FTUA将不再进一步转发查询命令；FTU3接收到FTU1、FTUA的信息后，可以识别自己与左侧电源开关之间的开关位置、节点名称、各个FTU是否启动及其动态拓扑关系。

FTU3采用与（1）相同的方法，识别出联络开关Q12与右侧电源开关QS2之间的干线分段开关名称、各个FTU是否启动及其动态拓扑关系。

经过上述步骤，FTU3识别出线路中每个馈线终端FTU是否启动及馈线拓扑关系。因为检测到Q12两侧的干线分段开关与电源开关均处于合位，因此FTU3判断出Q12是联络开关。

如果网络静态拓扑发生变化，首先要更新FTU的配置信息，在相关FTU的配置信息更新完毕后，发出“配置信息已更新”的消息。联络开关处的FTU收到此信息后，重新进行实时馈线拓扑查询。

尽管首先感受到故障电流越限的FTU启动，但是在实时网络拓扑结构中，所有的FTU都要进行搜索，这样就可以解决FTU不启动的问题。实时网络拓扑除了解决FTU不启动之外，还可以解决线路中的馈线终端FTU故障或者通信故障使FTU定位错误或者不准确的问题，能提高系统的容错能力。

3 馈线终端FTU频繁启动的问题

配电网中，由于输电线路上的部分检测点没有办法获得电压信号，这就造成利用电压信号不能适用于现场所有的装置。虽然所有检测点均可获得零序电流并可作为装置的启动信号，但启动条件的不同也将导致装置工

作效率及工作准确性的差异,当有采样点幅值大于预先设置的阈值就启动的方法无法克服外界因素的干扰,导致装置频繁启动,上报大量干扰数据至定位主站,影响装置的工作准确性和主站的工作效率。

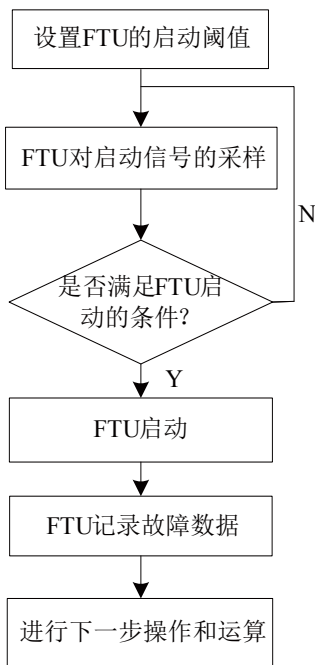


图3 单相接地故障时FTU启动流程

配电网中,当输电线路发生故障,利用故障产生的电流信号使馈线终端FTU启动,为了在一定程度上克服现场扰动的影响:将采样信号与预先设置的启动阈值相比较,当采样窗口的所有采样点存在连续三个采样点中有两个采样点的幅值大于装置预先设置的启动阈值的情况时,则装置启动、记录故障数据;否则,装置不启动,继续对系统中的零序电流信号进行采样。具体的流程图如图3所示。

设置FTU装置启动的阈值 I_{st} 。把检测点下游线路与大地之间电容电流的有效值作为阈值,FTU启动的阈值 I_{st} 为:

$$I_{st} = K_{rel} I_{oi}, \quad I_{oi} = 3\omega U_{oi} C_{oi} \quad (1)$$

式中: K_{rel} 为可靠性系数; I_{oi} 为*i*段下游线路与大地之间电容电流的有效值; U_{oi} 为检测点*i*的零序电压的有效值; C_{oi} 为检测点*i*下游线路与大地之间的电容。

将FTU装置的采样信号与装置预先设置的阈值进行比较,以判断是否满足装置的启动条件。

利用装置对现场暂态零序电流的采样信号判定装置是否启动:将馈线终端FTU采集的暂态零序电流信号与FTU设置启动的阈值进行比较,若在三个连续的采样点中有两个及以上采样点的幅值大于阈值,则FTU启动并记录故障信息;不然,FTU不会启动,继续对暂

态电流进行采样。

计算FTU记录的故障信息并进行下一步运算。馈线终端FTU启动后,记录故障信息,以便进行下一步的处理和运算。

该启动方法与利用电压信号启动的启动方法相比,大大提高了FTU装置启动的灵敏性,保证了故障信息的完整性;同时与其他利用零序电流信号作为启动信号的方法相比,能在一定程度上避免外界或者现场因素的干扰,克服了馈线终端FTU频繁启动的问题,提高了FTU对现场的适应性、工作效率及准确性。

4 结束语

本论文主要是对馈线终端FTU启动问题进行讨论,并针对FTU启动遇到的问题提出解决办法。馈线终端FTU能准确启动并记录故障数据,能够使小电流接地故障的定位、隔离和供电恢复更加准确。本论文不仅解决了FTU不启动的问题,还解决了FTU频繁启动的问题,为小电流接地故障定位奠定了基础,提高系统的容错性和可靠性。

参考文献

- [1] 冯健, 杨钱江, 王菁. 农村配电网故障监测[J]. 农村电气化, 2016, 03: 12-13.
- [2] 苏宏升, 张耘川. 小电流接地系统故障定位方法综述[J]. 电源技术, 2015, 04: 867-870.
- [3] 李国武, 吴尚, 王海彪. 基于故障回推理论的馈线自动化技术研究[J]. 河北建筑工程学院学报, 2015, 02: 71-74.
- [4] 刘鹏辉, 黄纯. 基于动态时间弯曲距离的小电流接地故障区段定位方法[J]. 电网技术, 2016, 03: 952-957.
- [5] 薛永端, 徐丙垠, 李天友, 李伟新, 王敬华, 张林利, 王振衡. 配网自动化系统小电流接地故障暂态定位技术[J]. 电力自动化设备, 2013, 12: 27-32.
- [6] 陈森, 赵龙. 智能配电网运行方式优化[J]. 农村电气化, 2016, 05: 37-38.
- [7] 陈英. 一种面保护馈线自动化的关键技术研究[D]. 西安科技大学, 2006.
- [8] 吴尚洁. 基于对等式通信的网络式配电网保护系统的研究[D]. 中国电力科学研究院, 2003.
- [9] 邹云晓. 馈线自动化技术和FTU的研制[D]. 浙江大学, 2002.
- [10] 陈家韶. 10 kV配电网中配电线路故障自动定位与隔离技术的实践应用[J]. 科技风, 2015, 01: 79.
- [11] 张建忠. 浅析配网自动化FTU安装调试技术[J]. 电子制作, 2016, Z1: 122-123.
- [12] 熊欣, 周飏, 李慧, 章锦秀, 闵楠. 配网故障自动定位及负荷监测系统[J]. 农村电气化, 2016, 02: 11-12.

(责任编辑: 刘艳玲)

基于TEV检测技术在开关柜局部放电诊断中的应用

张鑫¹, 费旋¹, 玄轲宇², 崔悦¹, 唐振威¹, 张杰¹

(1. 国网辽宁省电力有限公司营口供电公司, 辽宁 营口 115000;
2. 国网辽宁省电力有限公司沈阳供电公司, 辽宁 沈阳 110003)

高压开关柜是配电网的重要组成部分, 直接关系到电力系统的稳定性。因此, 加强高压开关柜运行状态监测, 及时发现故障隐患, 对保证系统供电可靠性有着重要的意义。

高压开关柜主要故障有拒动故障、误动故障、开断与关合故障、绝缘故障、载流故障、外力或其他故障。造成开关柜绝缘事故原因主要有以下方面: 爬距及空气间隙不够; 制造装配质量及工艺不良; 接点容量不足或接触不良; 环境条件影响。笔者对开关柜的事故统计分析, 绝缘事故占开关柜事故 37.3%, 居事故首位。

由于金属封闭开关柜内部结构特点, 在运行状态下无法进行常规手段进行检测。基于暂态对地电压 (Transient Earth Voltage, TEV) 的局部放电检测是目前看来比较公认的非侵入式检测方法。它具有灵敏度高、抗干扰能力强, 整个检测过程无须停电等特点, 可以准确地捕捉局部放电源, 从而预防绝缘事故的发生。

1 局部放电定位检测原理

1.1 暂态对地电压

当开关柜发生局部放电时, 带电粒子会快速地由带电体向接地的非带电体迁移, 并在非带电体上产生高频电流行波。受集肤效应的影响, 电流行波往往集中在金属柜体的内表面, 而不会直接穿透金属柜体。当电流行波遇到不连续的金属断开或绝缘连接处时, 电流行波会由金属柜体的内表面向外表面转移, 在金属柜体外表面产生一个对地暂态脉冲电压信号, 这些电压脉冲叫暂态对地电压。TEV 频率范围在 3 ~ 100 MHz。

1.2 定位测试原理

局部放电产生的电磁脉冲沿空气向四周传播, 电磁波易从开关柜金属接缝和小的玻璃观察窗中渗透出来, 将被布置在柜体外表上的 TEV 传感器所接受, 传感器内置的金属极板上会感生出高频脉冲电流信号, 此电流信号经电子电路处理后, 即得到暂态对地电压信号。

2 技术的应用

2.1 测试点的选取

暂态对地电压法检测位置的选取主要是: 开关柜前柜面板中部对应断路器位置; 开关柜后柜面板上部对应母线位置、后柜面板下部对应电缆或避雷器、电压互感器位置; 开关柜侧柜面板上部对应母线位置、侧柜面板下部对应电缆或避雷器、电压互感器位置等局部放电易发生的部位。根据现场需要, 补充设置检测位置。

2.2 检测数据分析

2.2.1 阈值比较技术

当背景噪声在 20 dB 以下或以上时, 根据暂态对地电压阈值 (阈值比较技术) 来判断分析, 如表 1 所示。

表1 阈值比较技术

当背景噪声20 dB以下时	当背景噪声20 dB以上时	结论
20 dB以下	15 dB以下	正常
20~25 dB	15~20 dB	缩短巡检周期
25~30 dB	20~25 dB	可能出现局放
30 dB以上	25 dB以上	存在明显局放

2.2.2 统计分析技术

当平均值 $V_{dB} \geq 20$ dB 时, 根据暂态对地电压定值判别依据表 2 所示进行判断分析, 其中 V_{dB} 为开关柜暂态对地电压测试值。

表2 统计分析技术

判断依据	危险等级	结论
$V_{dB} < 20$	正常	可以运行
$20 \leq V_{dB} < 25$	异常	关注
$25 \leq V_{dB} < 30$	异常	预警
$30 \leq V_{dB}$	危险	需要停电

2.2.3 横向分析技术

通过计算多面开关柜的总体平均水平, 衡量每面开关柜偏离总体平均水平的程度, 判断设备是否存在绝缘缺陷。

当某面开关柜检测结果明显偏离总体平均水平时, 认为此开关柜存在绝缘缺陷的概率较高。

2.2.4 趋势分析技术

在时间尺度上,通过分析某次局部放电检测数据偏离历史平均水平的变化程度,判断该设备是否存在绝缘缺陷以及缺陷的严重程度。

当具有以下三种情况,须进一步查明原因:本间隔检测值-邻近间隔检测值 > 20 dB;检测值-背景值 > 20 dB;本次检测值-历史数据 > 20 dB。

在趋势分析过程中要注意以下几个问题:通过比较环境和设备检测数值,确定是否存在明显的外界干扰;观察同一电气连接部分的开关柜相同检测部位的数值,若检测数值横向比较为数值波峰,或与其他开关柜形成明显差异,则判断为异常;判断积累图是否具有 50 Hz 或 100 Hz 相关性,对图形进行分析,判断放电类型。

2.3 干扰的排除

2.3.1 排除环境干扰

当暂态对地电压检测数值异常时,应关闭开关室内的日光灯后再进行检测,如果仍有异常,应排查检测数值较大的开关柜附近是否存在其他干扰源。

2.3.2 排除其他连接设备缺陷

除了环境干扰,如果与开关柜有电气连接的设备存在缺陷也会影响开关柜检测数值,如低压母线进线筒内、穿墙套管的局部放电。开关柜二次元件松动或保护元件松动也会产生异常信号。

2.3.3 缺陷定位

当只能检测到暂态对地电压信号时,采用双探头检测模式进行定位,可以定位到某面开关柜,定位效果一般。

3 实例分析及处理

检测人员使用 Ultra TEV Plus+ 仪器对某 220 kV 万福变电站进行普测时,发现 35 kV 开关室内空气中背景噪声达到 43 dB,为排查空气背景噪声来源,检测人员分别对室外环境与相邻 GIS 室内空气背景噪声进行检测。

如表 3 所示,初步排除 35 kV 开关室内空气中背景噪声来自室外的可能。对 35 kV 开关室内开关柜进行暂态地电压检测发现:万矿甲间隔暂态对地电压检测结果达到满量程 60 dB,相邻间隔数据有明显递减趋势,因此,判定万矿甲开关柜内前上部存在局部放电现象。

表3 TEV检测背景噪声数据

检测位置	室外	GIS室	35 kV开关室
结果	3	12	43

经停电检修,发现套筒与母线连接的螺栓及螺母处均发现烧灼痕迹。在施工过程中,由于未将母排部位热缩套剥除,就强行拧入连接螺栓,螺栓旋入母排时,挤压部分热缩材料,导致母排与螺栓搭接不良产生放电。

在 66 kV 高堡变电站 10 kV 开关柜进行局部放电测试过程中,发现 10 kV 开关柜局二段放电值比前一次有较大的增量,具体数据如表 4 所示。其中编号 1 到 4 是开关柜一段,5 到 8 是开关柜二段。

根据 TEV 测试数据绘制了 TEV 幅值信号 (dB) 与设备间隔编号对应的关系曲线,用不同的颜色标志开关柜测试点的幅值信号。可以得到以下结论:最大信号幅值出现在开关柜间隔编号 7,即高林乙线间隔。TEV 信号的大小与局部放电的强度及放电源的远近有直接关系,越靠近放电源的传感器所接收到的 TEV 幅值越大,说明在高林乙线开关柜内存在局部放电迹象。

为尽快排除设备隐患,经试验部门申请,生计部同意,临时将该站二段列入检修计划内。择日,将该站二段全部负荷导出,对 10 kV 开关柜高林乙线重点部位进行开柜全面排查,发现 B 相母排套管筒内有明显放电痕迹。为了验证夹件对套管放电可能性,试验人员对其分相施加电压试验,同时进行 TEV 测试,结果得出 A 相 32 dB, B 相 39 dB, C 相 32 dB,放电部位烧损更加严重,是连接的软弹簧片与套管内壁均压环连接不良造成放电,属于表面金属放电。

表4 开关柜局放检测数据

开关柜名称	1号站用变	高林甲线	高屯线	一段避雷器	高坎线	高林乙线	高林乙线	二段避雷器
编号	1	2	3	4	5	6	7	8
2015年测量值	17	18	18	18	25	31	35	32
2014年测量值	18	19	19	19	19	20	22	21

4 结束语

本文分析了暂态对地电压测试原理和测试点的选取、数据的判断和干扰的排除方法,将其运用在开关柜检测当中,能有效地检测出局部放电源并成功定位,具有较好的抗干扰能力,同时结合运维人员巡视进行定期局部放电监测,为状态检修提供了有力地技术支撑,也验证了暂态对地电压技术是设备状态检修重要的技术手段。

参考文献

- [1] 高佳琦, 王文华. 暂态对地电压测试技术在高压开关柜局部放电检测定位中的应用[J]. 电气时代, 2014, 12.
- [2] 王流火, 吕鸿, 吴吉, 等. 开关柜局部放电检测技术的应用研究[J]. 高压电器, 2014, 3: 62-67.
- [3] 样献智, 章坚. 10kV配网开关柜局部放电带电检测应用[J]. 电力科学与工程, 2011, 27(7): 71-75.
- [4] 任明, 彭华东, 等. 采用暂态对地电压法综合监测环网柜局部放电[J]. 高电压技术, 2010, 36(10): 2460-2466.
- [5] 曾雄杰, 江健武, 侯俊, 等. TEV和UHF在10kV开关柜带电检测中的应用[J]. 高压电器, 2012, 48(1): 41-47.

(责任编辑: 刘艳玲)

组合开关电器GIS故障的处理技巧

姚 旭

(关岭供电局, 贵州 关岭 561300)

摘要: GIS 是目前高压开关电器中使用最多的一种设备, 它具有封闭性和免维护性, 因此在整个电力行业中得到推广应用。但是, 当它发生故障时隐蔽性较强, 很不容易查找。笔者在运行维护中, 总结出了一些技巧。且针对 GIS 的特殊性故障, 提出了合理化的建议供给参考。

关键词: 组合电器; GIS; 高压开关

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0023-01

在电力行业中, 对于 GIS 的定义, 多数称为六氟化硫封闭式组合电器。也有人称为气体绝缘金属封闭开关设备, 简称 GIS。变电站里面使用的 GIS, 实质上就是将一座变电站中除变压器以外的一次高压设备, 包括断路器、隔离开关、接地开关、电压互感器、电流互感器、避雷器、母线、电缆终端、进出线套管等, 经优化设计有机地组合成一个整体。形式共有三种: 第一种是空气绝缘的常规配电装置, 简称 AIS。其母线裸露直接与空气接触, 断路器可用瓷柱式或罐式。目前 110 kV 及以上系统多数采用这种形式。第二种是混合式配电装置, 简称 H-GIS。母线采用开敞式, 其他均为六氟化硫气体绝缘开关装置。第三种是六氟化硫气体绝缘全封闭配电装置 GIS。笔者所在变电站 35 kV 设备都是使用第三种 GIS, 因为它的优点在于占地面积小, 可靠性高, 安全性强, 维护工作量很小, 其主要部件的维修间隔不小于 15 ~ 20 年。但缺点就是当发生故障时, 特别难以判断和查找。笔者经过多年的积累, 现就 GIS 在运行中发生故障, 如何查找和处理技巧一一简要介绍。

1 GIS的故障情况

2013 年 4 月 11 日深夜 23:46, 隶属于关岭供电局 35 kV 沙营变电站发生一起 GIS 母线全接地过流跳闸事故。本站 35 kV 侧母线全接地、上一级 35 kV 沙高线过流动作跳闸。调度重新改变运行方式来进行倒供整个沙营片区。

2 GIS故障处理

第二天运行人员了解情况后, 对现场进行了查看, 然后调取了保护信息, 并进入视频系统调取了当晚 23:00—24:00 摄像视频。在视频中, 通过观察窗口发现了在 GIS 的电压互感器有一明显的小亮点。于是打开该柜进行全面检查。在打开该柜的下柜门时, 发现了后盖板上有多处放电点和电弧烧伤痕迹。经过检查, 故障是电压互感器靠母线侧的 A 相支柱绝缘子炸裂全接地。故障找到了, 于是更

换, 故障就消除。但针对这起故障的原因, 又进行了再次检查和分析。首先, 找出是什么原因导致支柱绝缘子炸裂。在 GIS 的电压互感器间隔的顶板上, 有一些小水珠, 这些小水珠顺着缝隙滴在 A 相绝缘子的瓷柱上, 时间长了, 该绝缘子受潮绝缘下降, 然后导致发热而温度过高炸裂。

3 GIS的故障处理技巧

当 GIS 发生故障后, 要想从设备状态和故障原因来判断故障的位置所在一般来说是很难的。因为 GIS 的封闭性, 根本不能直观地检查出故障点。好在现在的变电站都安装了视频系统, 夜间的故障都可以通过调取摄像信息来进行分析。因为不管是电弧放电, 或者说是火花放电及电晕的局部放电, 在夜间发生时都会产生一定的亮点, 只要调取视频信息, 检查的效果往往强于人工用肉眼实地现场检查。其好处: 一是能准确定位, 不会造成胡乱猜测; 二是效率高, 省时省力。

但在进入 GIS 的开关室处理故障时, 首先不能盲目地进去。在进去之前最好是先打开通风装置进行通风, 因为担心其他有毒气体分解。建议, 在每年的设备预试定检中, 运维人员还用吹风机、吸尘器等, 清扫一下 GIS 的导电杆、绝缘子和屏蔽罩等外围设备, 以防患于未然。

4 结束语

与常规敞开式变电站相比, 目前的 GIS 优点在于结构紧凑、占地面积小、可靠性高、配置灵活、安装方便、安全性强、环境适应能力强, 维护工作量很小, 其主要部件维修简单。所以说, GIS 不仅在高压、超高压领域被广泛应用, 而且目前在特高压领域也被使用。但是, 免维护的设备并不代表着不会发生故障。为此, 建议加强对 GIS 的维护巡视, 定期对导电部分进行检测。

(责任编辑: 刘艳玲)

220 kV线路区外故障保护误动作分析

熊剑, 戚矛

(国网安徽省电力公司检修公司, 安徽 合肥 230061)

摘要: 针对 220 kV 线路微机光纤闭锁保护在区外故障时的误动作, 并从故障波形图中发现二次电压波形有畸变现象存在, 通过对比分析系该屏保护电压二次回路中性点 N600 接线虚接引起, 造成该套保护装置在线路区外故障时发生误动作。

关键词: 区外故障; 波形; 畸变; 中性点

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0024-02

2015 年 11 月 27 日 00:57:09, 某 220 kV 变电站 220 kV 线路甲发生区外 B 相瞬时接地故障, 该线路微机光纤闭锁保护纵联零序方向保护动作, 跳开开关 B 相, 重合闸动作, 882 ms 后开关重合成功, 保护测距 0 km; 06:37:10, 该线路再次发生区外 B 相瞬时接地故障, 微机光纤闭锁保护纵联零序方向保护动作, 跳开开关 B 相, 重合闸动作, 882 ms 后开关重合成功, 保护测距 0 km。该 220 kV 线路甲按双重化保护配置, 分别为微机光纤纵差保护 (RCS-931A) 和微机光纤闭锁保护 (RCS-902A + FOX-41), 微机光纤纵差保护在两次线路故障时均未动作。

1 故障前系统运行方式

故障前系统运行方式如图 1 所示。该变电站事故前运行方式为 220 kV 线路甲、线路乙、1 号 TV 运行于 220 kV I 母线; 220 kV 线路丙、线路丁、2 号 TV 运行, 主变运行于 220 kV II 母线, 220 kV 双母线合环。

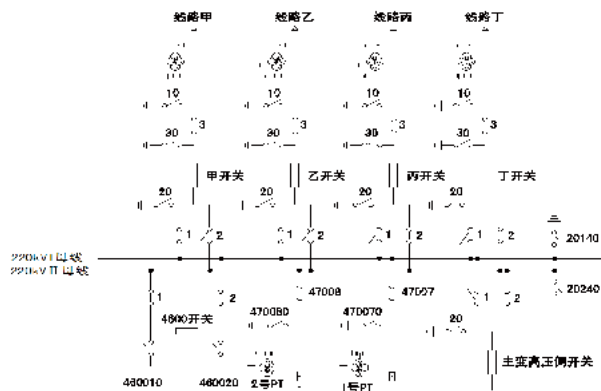


图1 系统主接线图

2 动作过程分析

00:57:09, 220 kV 线路甲在发生区外 B 相瞬时接地故

障时, 微机光纤闭锁保护动作, 跳开 B 相开关, 重合闸动作, 开关重合成功。保护装置报文显示: 41 ms 纵联零序方向保护动作, B 相开关跳开, 882 ms 重合闸动作, B 相重合, 重合成功, 保护测距 0 km。

06:37:10, 第二次断路器跳闸时保护动作情况和第一次断路器跳闸时保护动作情况基本一致, 不再赘述。

从故障波形图中发现, 故障前 40 ms 及故障过程中的二次电压波形发生明显畸变。

通过对 RCS-902A 保护装置中二次交流采样数据观察发现其相位角均漂移不定, 而 RCS-931 保护装置中二次交流采样数据没有上述现象的存在。这就说明 RCS-902A 保护装置中二次电压回路 N600 存在虚接的可能。通过对 1、2 号压变端子箱及电压并列柜装置检查, 未发现电压二次回路 N600 虚接问题, 进一步查找 RCS-902A 保护装置屏柜 N600, 发现屏顶小母线 N600 引下线压接螺丝松动, 紧固螺丝后, 装置波形幅值及相位均正常。装置无任何报警信号, 满足投运条件。

3 动作原因分析

二次电压波形畸变不满足保护装置 TV 断线等告警条件, 故装置无报警信息, 因此监控后台也无相关报警信号。

二次电压波形畸变导致区外故障微机光纤闭锁保护动作, 取该变电站侧 RCS-902A 动作录波数据如图 2 所示, 从图 2 中可以明确看到, 三相电压中包含较大的三次谐波, 且故障前装置测量到的零序电压即包含有大量的三次谐波。

计算故障时的零序电压和零序电流如图 3 所示, 可见零序电压和零序电流几乎反向, 呈现正方向特征。

正向故障时, $U_0/I_{0f} = -Z_{s0}$, Z_{s0} 为背后系统零序阻抗;

反向故障时, $U_0/I_{0r} = Z_{s0}' + Z_{L0}$ (Z_{s0}' 为对侧背后系统阻抗零序阻抗, Z_{L0} 为线路零序阻抗)。

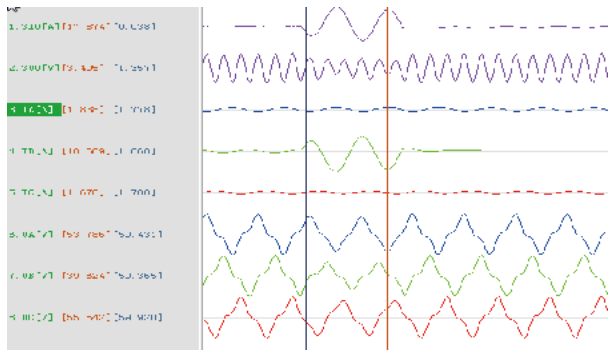


图2 RCS-902A动作波形图

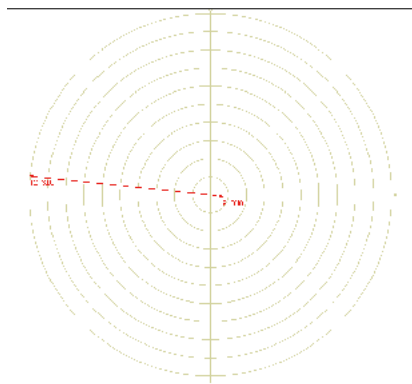


图3 故障时的零序电压和零序电流图

由于系统及线路零序阻抗角度接近，假定均为 φ ，对反向或正向故障而言，零序电压 U_0 和零序电流 I_0 的相对相位关系如图4所示，阴影区域为正方向。

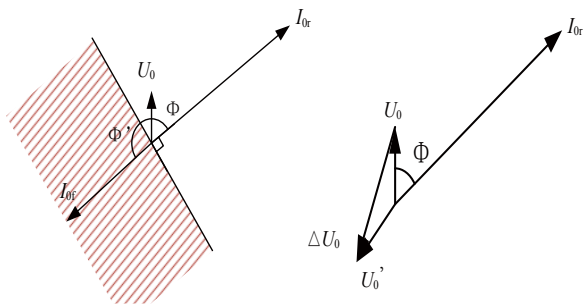


图4 向量分析图

图4中 I_{0r} 为反向故障时的零序电流， I_{0f} 为正向故障时的零序电流。当TV中性线异常时，会引入一个额外的零序电压 ΔU_0 ，导致保护装置感受的零序电压发生偏转，最终导致零序方向发生误判。

从三相电压中包含较大的三次谐波，且故障前装置测量到的零序电压即包含有大量的三次谐波的特征来看，与TV中性线异常特征高度相符。

电压互感器的二次侧回路有三次谐波存在，这个三次谐波在三角形接线方式中会有一个流通通道，而在中性点没有接地的星型接线方式中由于没有流通回路而影响到电压的波形，产生畸变，本次二次电压产生畸变正是由于中

性点N600接线存在虚接引起。要求运维单位高度重视，并在运行中加强监视。

4 结束语

当电力系统发生故障时，如果保护装置不能快速、准确地切除故障，将对社会发展和国民经济造成严重的损失。作为变电站设备运维人员，在日常工作中也应加强保护装置的巡视，特别是对采样值数据发生异常变化时，要分析和判断并及时处置，杜绝设备事故的发生。

参考文献

- [1] 雷利民. 电力系统继电保护[M]. 中国电力出版社. 北京.2008.
- [2] GB/T 14285—2006 继电保护和安全自动装置技术规程[S]. (责任编辑：刘艳玲)

资讯

浙江实现省内高速服务区充电设施全覆盖

2月10日，通过国网浙江省电力公司电动汽车智能信息服务平台，得到这样一组数据：2017年春节长假期间（1月24日至2月10日），浙江省高速公路电动汽车快充站共提供充电服务1280次，充电电量14MWh，平均日充电71次，日充电电量797kWh，较平时分别增长148%和142%。浙江已在主要高速公路服务区实现充电设施全覆盖，推动电动汽车从城内出行真正走向了跨城际长距离出行。

2016年底，在浙江省发改委、省能源局的组织下，浙江能源业联合会电动汽车充电基础设施促进联盟（浙江充电联盟）成立，国网浙江电力当选联盟主任委员单位。该联盟将进一步提升浙江省电动汽车充电基础设施发展的科学性和规范性，搭建政府与企业的公共沟通桥梁。

目前，国网浙江电力已在全省建成电动汽车快充站404座、快充桩2752个，在杭州市核心区实现2km充电服务半径。其中，浙江高速公路服务区累计建成投运快充站124座、充电桩496个，浙江也成为了国内第一个实现全省主要高速公路服务区快充网络全覆盖的省份。此外，国网浙江电力开发并推广“e充电”平台APP，提供充电设施的查询、导航、充电等服务。据悉，国网浙江电力充电桩已100%接入该平台。平台还接入了10124个社会资本建设充电桩的信息，使充电资源利用效率大大提高。

来源：国网浙江省电力公司

10 kV架空绝缘线路雷击断线事故分析

潘龙雨¹, 潘英吉², 周和平¹

(1. 吉林市能兴电力设备有限公司, 吉林 吉林 132011; 2. 吉林供电公司, 吉林 吉林 132001)

摘要: 针对雷击 10 kV 架空绝缘线路, 造成线路断线事故, 从理论上分析导线断线机理, 并结合电力行业 DL/T 1292-2013 标准, 提出采用穿刺防弧金具和串联间隙避雷器两种防护措施。

关键词: 10 kV 线路; 断线机理; 雷击

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0026-02

为提高供电的可靠率, 一般城镇内的 10 kV 配电线路大部分采用绝缘架空线路, 提高了配电网的供电可靠性, 杜绝了一些鸟害及外力破坏造成感电事故的发生。但在雷雨天气, 时有发生雷电或感应雷电落到绝缘线路上, 导致架空绝缘导线断线, 造成局部地区停电事故。

1 断线机理

10 kV 电力系统中性点一般采用不接地运行方式, 在系统发生单相接地故障时, 不构成短路, 因此电力系统运行规程规定: 允许带接地点运行 2 h。在 10 kV 架空绝缘线路上, 对地距离相对较近的是针式绝缘立瓶, 也是配电网对地绝缘比较薄弱的环节。在雷电或感应雷电落到线路上, 如 C 相上时, 通常在针式绝缘立瓶的左侧或右侧, 距离在 $L = 100 \sim 120 \text{ mm}$ 处导线绝缘层被击穿, 这一点是雷电击穿导线绝缘层, 对地放电的最近距离。导线绝缘层被击穿后, 表面呈现一细小针孔状, 雷电压在针孔位置对绝缘立瓶底部进行放电, 即形成雷电流 I_d , 并通过杆塔泄入大地, 造成 C 相瞬间接地, 雷电流过后, 其他良好相 (A、B) 的工频电容电流 $I_x = I_A + I_B$ 沿雷电流通道的接地点流回到电源, 由瞬间接地转变成持续性接地, 最终工频续流引起的弧光将架空绝缘导线烧断, 如图 1 所示。

C 相接地, C 相对地电压为零, 即 $U_c = 0 \text{ V}$, A 相和 B 相对地电压升高为线电压。因雷电击穿绝缘导线外皮所形成的针孔, 便是高压端产生电弧的弧根, 虽然弧根受到负荷的电磁力作用, 但因绝缘层的阻碍, 固定在针孔位置的弧根无法移动。这与架空裸导线有着明显的不同, 雷电落在裸导线造成立瓶闪络后, 良好相的工频电容电流沿此通道流动并起弧燃烧, 同时弧根在负荷

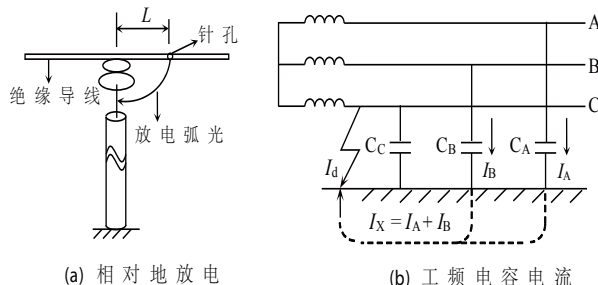


图1 单相接地

的电磁力作用下, 沿着负荷电流流动的方向移动, 弧根对地距离迅速拉大, 直至电弧熄灭。如果雷电落在两相或三相绝缘导线上导致立瓶闪络, 与大地形成短路, 电流保护动作跳闸。

2 防护措施

经上述分析, 雷击闪络后的工频续流形成的电弧是造成架空绝缘导线烧断的根本原因。为防止架空绝缘导线雷击断线事故发生, 通常采用两种方法。

2.1 穿刺防弧金具

采用防护方式是允许架空绝缘线路有一定的雷击闪络概率, 但应设法把雷击闪络后产生的工频续流进行疏导, 达到保护导线免于电弧烧伤断线的目的。这种方法可通过在架空绝缘线路上安装穿刺防弧金具措施来实现, 如图 2 所示。

10 kV 架空绝缘线路上的穿刺防弧金具长度约为 800 mm, 以绝缘立瓶为中心线, 每侧长度为 $L_1 = 400 \text{ mm}$, 并牢固卡住在绝缘导线上, 使其防弧金具刺穿绝缘导线的绝缘层与芯线有充分的接触面积。在架空绝缘线路遭到雷击后, 雷电在 L 点距绝缘立瓶

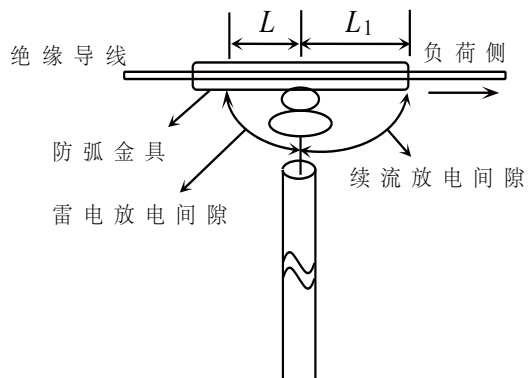


图2 防弧金具安装位置

100 ~ 120 mm 处对其绝缘立瓶根部放电, 同时低压端的弧根被钳制在绝缘立瓶的底部, 放电过后, 工频续流(电容电流)沿雷击通道流回到电源并产生工频弧光, 同时高压侧的弧根受到负荷的电磁力作用, 沿负荷方向通过防弧金具迅速移动, 拉大了工频续流的放电间隙, 最终在距立瓶不到的距离内弧光自动熄灭。

2.2 串联间隙避雷器

在系统正常运行时, 施加到外串联间隙金属氧化物避雷器的电阻片上的电压较低, 系统大部分电压被串联间隙所分压, 这样电阻片不存在老化问题, 可免维护; 与无间隙金属氧化物避雷器相比, 即便金属氧化物避雷器本体损坏, 因有串联间隙的隔离, 不至于引起正常运行情况下的系统接地或短路故障。外串联间隙金属氧化物避雷器与内串联间隙金属氧化物避雷器相比, 因受雷雨天和风力的影响, 在间隙放电稳定性上略有差异, 但结构简单, 成本低, 便于巡视避雷器的运行状况, 及时发现问题及时处理, 更适合架空线路应用, 如图3所示。

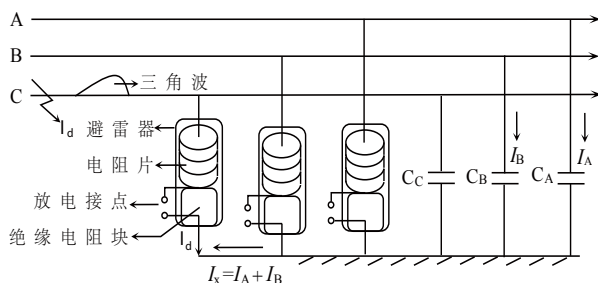


图3 串联间隙避雷器

当雷击到 10 kV 线路上时, 雷电过电压幅值超过串联间隙放电电压后, 间隙被击穿, 避雷器电阻片呈现低阻抗导通状态, 雷电三角波顺势泄入大地, 起到防止绝缘立瓶闪络, 随后工频续流沿放电通道, 流回到电源, 在放电接点处产生工频电弧, 同时施加到避雷器本体上的电压基本上恢复正常, 电阻片即可呈现高阻抗, 阻断

了工频续流, 弧光自动熄灭。

3 避雷器保护范围

对于通常应用的 FZS-12/5 复合支柱绝缘子, 雷电全波冲击耐受电压为 75 kV, 与其配合的避雷器冲击放电电压应该满足 $U_{br} \leq 75$ kV 的要求, 避雷器放电后的残压应为冲击放电电压的 30%, 即 $U_{cy} = 52.5$ kV。在实际运行中, 因避雷器的接地极年久腐蚀老化, 接地电阻值增大, 甚至接地极锈蚀断裂, 杆塔形成自然接地, 不利于雷电能量对地释放, 使得避雷器的保护范围缩小, 部分雷电能量仍然储存在线路中。在避雷器放电过程中, 残压达到 52.5 kV 时, 其电阻片的阻值就会突然增大, 雷电流立刻被截止, 雷电压的幅值就会随之陡然上升, 其幅值会再次超过 75 kV, 雷电波在行进过程中对邻近杆塔绝缘子进行放电, 造成绝缘子反击闪络, 甚至造成两相或三相弧光短路。

4 建议

10 kV 线路运行越年久越容易遭到雷击, 其主要原因是避雷器接地极电阻值逐年在变大, 保护范围在缩小, 并且支柱绝缘立瓶又是系统对地绝缘较薄弱的环节, 为保护全线路安全运行, 防止反击雷造成相邻杆塔绝缘子闪络, 需要多渠道增大雷电流泄入大地的能力。目前主要采取的技术措施是加大对接地极的改造, 减小接地电阻值, 另一方面, 线路增加线路避雷器的运行组数, 提高并联分流的能力, 加速将雷电能量泄入大地。城市里的架空绝缘配电线路, 虽然有高大建筑物的遮挡, 起到防止直击雷打到线路上的作用, 但大部分杆塔都是建立在硬路基地面上, 给施工改造接地极带来一定的困难, 基本上维持原来的接地方式。为此提出: 无论在城市里或在旷野的雷电密集地区, 建议逐基逐相安装避雷器来保护全线路。目前避雷器除满足自身功能外, 又能做支柱绝缘子, 在 10 kV 线路中起到双重作用。

参考文献

- [1] DL/T 1292-2013. 配电网架空绝缘线路雷击断线防护导则.
- [2] 丁荣. 城市配电线路绝缘化和防雷措施[J]. 现代电力, 2000, 17(02): 55-61.
- [3] 李天林. 消弧线圈自动补偿的应用[J]. 云南电力技术, 2002, 30(4): 57-58.
- [4] 李凡, 施围. 线路避雷器的绝缘配合[J]. 高电压技术, 2005, 31(8): 18-20.

(责任编辑: 刘艳玲)

变压器夹件多点接地缺陷的分析及处理

曾 议, 郑 亮, 高 闯, 孙占民

(国网安徽淮南供电公司, 安徽 淮南 232001)

摘要: 随着我国电力建设规模的逐渐扩大以及日益复杂的电网结构, 电力企业为确保安全运行, 对电力设备可靠性的要求越来越高。通过一次 220 kV 线路故障引起的主变停电事故, 分析高压输电线路及高压断路器的常见故障及防范措施。

关键词: 高压输电线路; 断路器; 跳闸; 失灵保护

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0028-03

变压器正常运行时, 铁芯和夹件必须分别可靠接地, 同时还应避免多点接地, 否则接地点之间形成闭合回路, 由于磁场作用, 将会在铁芯或夹件上感应产生环流, 造成铁芯或夹件局部过热, 对变压器油产生劣化作用, 缩短变压器使用寿命, 环流较大时甚至会直接导致铁芯或夹件烧毁, 对变压器安全运行危害极大^[1]。

现场实际中, 铁芯多点接地较为多发, 引起的后果也更为严重, 通常用户非常关注, 而夹件多点接地则没有引起足够注意^[2]。事实上, 夹件多点接地虽发生概率低, 影响也相对小些, 一旦出现过大的接地电流, 长期得不到处理或限制, 也将严重威胁变压器安全运行。近些年, 国网系统内曾连续发生过夹件多点接地导致变压器烧毁的事故, 相关问题必须引起重视。

1 缺陷描述

淮南电网某 220 kV 变压器型号为 SFSZ10-150000/220, 额定电压 230/121/38.5 kV, 额定容量 150 MVA, 于 2009 年 2 月出厂次月投运, 投运前的安装检查及交接试验(含油质试验)未见异常, 但投运 4 个月曾出现油色谱氢气超标现象(实测值 235 $\mu\text{L/L}$), 且产气速率呈较快增长趋势。为确保变压器运行安全, 同年 12 月对该设备进行了滤油脱气处理, 之后油中氢气含量减至 28 $\mu\text{L/L}$, 其后两个月内的油色谱跟踪试验发现氢气含量虽仍有细微增加, 但产气速率非常缓慢。此后, 变压器一直运行良好, 未见任何异常现象, 直至 2015 年 5 月检测发现夹件接地电流超标(实测值 360 mA)。

缺陷发现后, 立即对该变压器进行取油样分析, 结果微水、耐压及色谱数据均正常。通过连续三周内对变压器运行情况的严密监视, 发现夹件接地电流随负荷增加而增大(当 2015 年 6 月 23 日负荷为 105 MW 时, 接地电流达 6290 mA), 油样分析微水、耐压试验数据无明显

变化, 但色谱氢气含量异常(6 月 23 日取样, 油中氢气含量突增到 162.1 $\mu\text{L/L}$)。对变压器进行临时停电试验, 测得铁芯对地绝缘电阻 60000 M Ω , 铁芯对夹件绝缘电阻 51000 M Ω , 而夹件对地绝缘电阻几近于零(7 Ω)。根据绝缘电阻测试结果, 基本可以断定变压器夹件有多点接地, 而且非常可能是金属接触接地, 因为单纯的绝缘件受潮不会导致绝缘电阻值近似于零。

2 缺陷分析

根据缺陷表征现象和试验诊断数据, 结合变压器历史运行信息, 对本次缺陷情况进行深入探讨分析, 重点研究分析本次缺陷对变压器安全运行的影响以及可能的接地缺陷部位。

2.1 本次缺陷对变压器安全运行的影响

从理论原理上分析, 结合现场经验, 夹件多点接地不同于铁芯多点接地, 其产生的环流主要是由漏磁通感应产生, 接地电流一般不会太大, 通常最大不会超过十几安培^[3], 按目前 6290 mA 的接地电流, 不会对变压器正常运行造成较大影响, 在迎峰度夏不便停电之际, 变压器可以继续运行, 待负荷高峰期过后再停电处理缺陷, 但由于负荷增大时, 受漏磁增加的影响, 夹件上感应环流会随之增大, 为保险起见, 须对变压器进行适当的限负荷。

2.2 本次缺陷与 2009 年氢气超标现象有无必然联系

变压器 2009 年初次投运后不久曾出现油中氢气超标异常现象, 但油中其他气体含量均正常, 说明变压器内部并无放电现象, 绝缘性能未受影响。由于交接试验时油微水、耐压及色谱分析均合格, 运行 4 个月后氢气超标, 有可能是产品制造时内部绝缘材料烘烤不彻底, 导致主变带负荷运行时绝缘材料中残留水分由于热作用而散发到油里面并分解产生了氢气。对于变压器本次缺陷后, 6 月测

得油中氢气超标问题,从负荷、接地电流、氢气含量等数据(如表1所示)综合分析,极可能是因为大负荷情况下夹件环流增大、加强了热作用,导致绝缘材料中仍残余的水分进一步散发出来并分解产生氢气。因此,在因果机理上,本次缺陷与2009年氢气超标现象并无必然联系。

表1 夹件接地电流测量及油色谱分析(氢气含量)结果

试验日期	主变负荷/MW	铁芯接地电流/mA	夹件接地电流/mA	色谱分析氢气含量/ $\mu\text{L/L}^{-1}$
2015.05.26	70.2	3.7	360	82.6
2015.06.07	76.5	4.0	672	82.8
2015.06.11	83.8	4.6	1198	85.9
2015.06.15	91.3	4.9	2925	93.7
2015.06.19	100.2	5.2	4386	105.6
2015.06.23	105.0	5.9	6290	162.1
2015.06.28	98.7	5.2	4151	169.3

说明:规程规定运行中的220 kV变压器铁芯及夹件接地电流 $\leq 100\text{mA}$ (注意值),油中氢气含量 $\leq 150\mu\text{L/L}$

2.3 内部夹件主要的可能接地部位有哪些

查阅设计图纸和技术说明书,仔细研究该变压器内部结构,对夹件多点接地的可能部位进行逐一梳理,其中可能性较大的接地部位主要有以下几处:

1 位于变压器钟罩顶部的定位柱(如图1所示)。为防止运输途中器身(芯体)在里面发生位移,变压器设计制造时在油箱上部、下部设置了多处固定点,上部定位柱共有三处,定位柱的四周通过绝缘挡板与油箱绝缘(挡板厚度为2~3 cm),如果绝缘挡板破损或是有金属颗粒、毛刺搭接,夹件将与油箱相连而出现多点接地现象。

2 位于变压器油箱底部的定位栓如图1所示,其作用与钟罩顶部的定位柱相同,对芯体进行固定保护,保障运输途中变压器安全。底部定位栓共有4处,分别通过绝缘垫板与油箱内壁绝缘,如果绝缘垫板破损或有金属异物,同样将导致夹件出现多点接地现象。

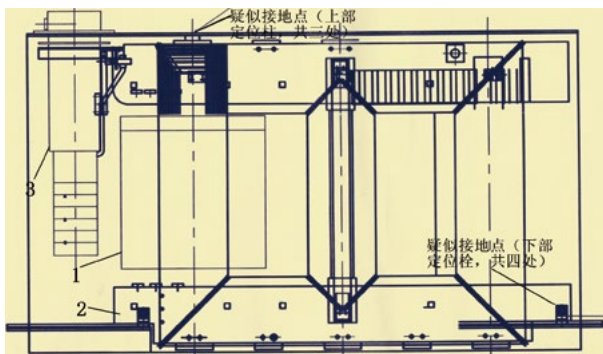


图1 变压器芯体侧视图

说明:1为绕组,2为夹件,3为有载开关,上部定位3处、下部定位4处

3 位于有载开关托板与金属铆钉之间处如图2所示。金属托板是与夹件相连的,金属铆钉则与开关法兰相连,正常情况下有载调压开关托板与金属铆钉呈水平

状,相互间存在一定间隙(比较小,2 cm左右),只要有载开关安装时法兰精确平整,托板与铆钉不会有接触。但若有载开关安装时,法兰稍有偏移、开关本身倾斜或是铆钉产生位移,由于变压器运行时电动力作用下产生振动,金属托板与金属铆钉之间的间隙会越来越小直至最终相互接触,造成夹件与油箱相通而使夹件多点接地。

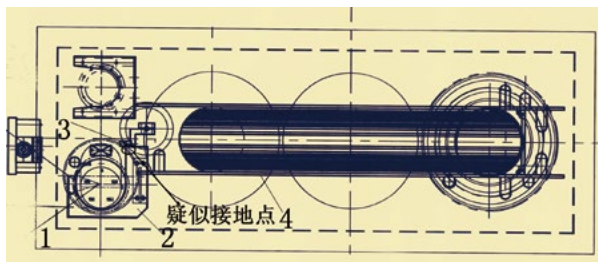


图2 变压器芯体俯视图

说明:1为有载开关,2为有载开关金属托板,3为金属铆钉,4为铁芯和绕组

变压器初次投运前进行过现场吊罩检查,未发现任何异常情况,而且安装完毕后绝缘测试及相关试验均合格,因此,上下定位出现金属异物搭接的可能性相对小些,而定位处绝缘挡板(垫板)完全破损是需要较长时间的发展过程的,可能性也比较小,可能性最大的接地点就是有载开关托板与铆钉之间直接接触,应列为缺陷排查的重点部位。

3 缺陷现场处理方案

为一次性完成消缺工作并尽量缩短停电时间,在对可能接地缺陷点进行全面分析判断的基础上,结合各部位的处理难易程度、存在可能性大小统筹考虑,制定针对性策略和方案。

由于可能性最大的疑似接地点须进入油箱内部处理,加之变压器本身存在油中氢气超标现场,结合本次消缺一并解决,因此必须对变压器放油。在放油的同时,可尝试进行在外部就可方便处理的接地点的排查,一是对夹件引出线施加电压进行放电冲击来消除金属丝搭接类不稳定接地,二是检查上部定位有无绝缘挡板破损及其他异常。如外部方法无法确定接地点,则须将全部油放完从检修孔进入器身内部,检查有载开关托板处有无异常。如仍无法确定接地点,则接下来必须对变压器进行依次吊罩、吊芯再对下部定位栓进行排查。吊罩、吊芯作业费时费力,且安全风险较大,必须做好充分完善的准备工作和相关安全措施,且还应考虑到天气状况。

4 缺陷现场处理过程

首先布置好安全措施,油罐及相关器械、仪表、装置

就位，以备吊罩、吊芯的吊车以及防雨备具先在空置区待命，然后正式开始缺陷的排查处理，具体步骤如下：

对变压器放油，由于油量较大，排油前先关闭储油柜、散热器与本体连接的管道阀门，尽量减少放油量，并采取油泵辅助提高放油效率。放油的同时，在变压器顶部对夹件接地的引出线和引出套管进行检查，确认套管外观无破损、引出线绝缘包扎良好后，开始对接地引出线施加 2500 V 电压进行冲击，未见任何异常响声。完成冲击后测试夹件对地的绝缘电阻为 8 Ω，与先前测试结果相比基本无差异，排除了本次缺陷为金属丝搭架不稳定接地的可能。

依次卸掉顶部三个定位柱的封盖，检查发现绝缘挡板均完好，未发生位移痕迹，定位柱均未接触油箱壁，排除了上部定位处接地的可能。

继续放油，直至全部油排完，打开变压器侧面检修孔盖，进入油箱内部检查有载开关托板，发现托板与金属铆钉之间几乎无间隙，疑似有直接接触现象。尝试松开两颗有载开关法兰固定螺丝后用工具敲锤铆钉（用力得当，防止元部件受伤），然后测量夹件对地绝缘电阻，发现绝缘电阻值猛增到 87 MΩ。初步判定托板与铆钉接触就是所要排查的接地点，因此继续敲锤铆钉调整托板与铆钉之间的间隙至 2 cm 左右，用事先备好的绝缘挡板将托板与铆钉隔离，并绑扎固定住绝缘挡板。再次测量夹件对地绝缘电阻，阻值进一步增大到 56000 MΩ，测铁芯对地、铁芯对夹件绝缘电阻，阻值分别为 62000 MΩ 和 54000 MΩ，可以确定夹件多点接地缺陷已经消除。

检查确认油箱内部无遗留工具和其他杂物后恢复检修封盖，滤油脱气并对变压器注油。注油完毕静置超过 48 h 后进行变压器的油质化验及有关电气试验，所有数据均合格，缺陷处理顺利完成，具备恢复送电条件。

变压器正常带负荷后进行连续 3 天的油色谱分析及接地电流测试，测试结果如表 2 所示，铁芯及夹件接地电流均小于 5 mA，进一步论证夹件多点接地缺陷确实已排除。

表2 缺陷处理后铁芯及夹件接地电流测试结果

试验日期	主变负荷/MW	铁芯接地电流/mA	夹件接地电流/mA	色谱分析氢气含量/ $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$
2015.10.20	72.5	3.9	2.9	22.2
2015.10.21	78.1	4.2	3.4	22.3
2015.10.22	76.2	4.1	3.4	22.3

5 结论及建议

变压器发生夹件多点接地的可能接地点甚多，且一般都在油箱内部，通常排查处理起来比较困难。在本文的缺陷处理过程中，结合设备历史运行数据和缺陷表征现象进行了全面分析判断，尽量缩小可能接地点的排查范围，在

此基础上再制定合理、有针对性的措施和方案，因此，缺陷现场处理进行得非常顺利，而且作业的人力、物力成本和风险系数也相对较小，在处理类似缺陷或故障时值得参考。为尽量避免和及早发现夹件多点接地问题，提出几点建议。

本文中缺陷的产生不排除与变压器结构设计不合理有关。当怀疑缺陷是由于设备材质、工艺或构造所致时，应对同一厂家的同类变压器进行逐一排查，结合停电机会细致诊断，停电前还须加强运行中的监视。

应加强有关的技术监督，在变压器设计、选料、制造、运输、安装等关键环节上密切跟踪监督，从源头上进行把关。

运行中最好利用在线监测手段实时监视铁芯和夹件接地电流，若发现接地电流超标而又不能及时停电处理，可采取串接限流电阻的临时措施，并加强油色谱跟踪。

参考文献

- [1] 陈敬峰. 变压器检修[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [2] 周礼. 浅析几起变压器夹件接地故障及其处理[J]. 变压器, 2007, 44(3): 49-50.
- [3] 陈晓林. 220 kV变压器夹件多点接地故障的分析与处理[J]. 电气传动自动化, 2013, 35(1): 53-55.

(责任编辑: 刘艳玲)

资讯

■ 国网浙江电力节后首个特高压年检项目顺利完成

2月10日，国网浙江电力顺利完成1000 kV特高压安吉站2号母线检修工作，这也是浙江电网主网春节后完成的首个特高压年检项目。

本次特高压电网年度轮停检修包括各特高压站设备C级综合检修、已知缺陷消除、精益化问题整改、全线绝缘子清扫、瓷质绝缘子测零、检查航巡牌等。

为高质量完成特高压年度检修任务，国网浙江电力以“安全学习周”为契机，认真执行安全、技术和质量交底，强化安全管控，细化落实安全保障措施，确保了该项工作安全、优质完成。

据悉，浙江主网“两交两直”特高压骨干网架包含交流特高压变电站3座，直流特高压换流站2座，保障了清洁能源安全稳定向华东地区输送，有效提升了华东电网安全稳定水平，为浙江经济社会发展提供不竭动力。

来源：中电新闻网

变压器铁芯接地电流异常误判的分析

岳彩鹏, 高春燕, 孙圣凯

(国网山东省电力公司聊城供电公司, 山东 聊城 252000)

变压器铁芯接地电流带电检测可以简单有效地判断变压器铁芯的运行状况, 从而为检修人员做出相应的决策提供重要依据。但是如果不是由于主变铁芯本身的问题而是由于其他原因导致铁芯接地电流测量超标, 从而造成误判的话, 将会给检修工作带来较大的被动局面。

1 事故经过

2015年10月21日, 试验人员在220 kV某变电站进行带电测试时, 发现#1、#2主变铁芯接地电流分别为181.8、125.4 mA, 测试位置均在泄漏电流传感器下方, 超出了《国网山东省电力公司变电设备带电检测工作实施细则》中规定铁芯接地电流小于100 mA要求。

试验人员怀疑测试用的钳形电流表有问题, 遂在保护室调出了铁芯接地电流在线监测数据, 数据显示#1、#2主变的铁芯接地电流分别为191、121 mA, 同样超出规定值。由此可以判定采用的钳形电流表无问题, 试验人员又在泄漏电流传感器上方进行测试, #1、#2主变的铁芯接地电流分别为0.9、0.8 mA。

2 原因分析

泄漏电流传感器下口的铁芯接地电流测试数据与在线监测系统数据较吻合, 说明泄漏电流传感器是正常的。试验人员仔细检查了泄漏电流传感器的安装, 发现变压器铁芯接地扁铁与泄漏电流传感器紧紧地贴在一起, 在接地引线扁铁与传感器接触部位, 传感器表面的绝缘漆已磨损, 露出金属部分, 如图1所示。



图1 接地引线扁铁与互感器接触情况

由于接地线扁铁和穿心传感器金属部位接触, 将钳形电流表钳在传感器下端测试时, 测试电流包括接地扁铁中电流 I_1 和穿心传感器线圈中感应电流 I_2 , I_2 数值较大, 导

致现场测试电流超标。于是试验人员将用纸和矿泉水瓶盖将变压器铁芯接地扁铁与泄漏电流传感器隔开后进行测试, 测试数据为1.9 mA和0.8 mA, 符合规程要求。确定铁芯接地电流在线监测数据超标是由泄漏电流传感器与将铁芯接地扁铁贴在一起所致。

3 现场处理情况

针对接地引下线扁铁宽度大, 容易与穿心传感器摩擦使传感器表面的绝缘漆磨损, 导致接地扁铁与传感器裸露金属接触, 造成线圈中产生感应电流, 引起测试值偏大这一现象, 检修人员通过旁路接地, 将接地扁铁穿过穿心传感器部分改造成图2所示圆形接地棒, 彻底解决了接地引下线扁铁与穿心传感器摩擦的问题。



图2 接地扁铁穿过穿心传感器部分改造图

改造后, 用钳形电流表测试, 不管钳在穿心传感器的上部与下部, 数据均一致。

4 建议

在发现类似问题时, 将表计放置在穿心传感器线圈上部, 消除传感器外壳感应电流的影响, 必要的话对接地引下线扁铁进行改造。

铁芯接地电流在线监测数据在一定程度上可反映设备状况, 应加强对在线监测装置进行及时的维护检查。

(责任编辑: 刘艳玲)

基于C++ Builder环境下电力仓库管理系统的指纹识别与条形码技术

欧振国

(广东电网有限责任公司清远供电局, 广东 清远 511500)

摘要: 介绍指纹识别和条形码技术要点, 然后介绍电力仓库管理系统的功能模块及其实现, 接着对仓库管理系统进行联网优化, 最后对系统进行全面的测试。测试结果表明, 该仓库系统界面友好、自助性强、操作便捷、维护简单, 大大提高了物品出入仓登记效率。

关键词: C++ Builder; 电力仓库; 条形码; 指纹识别; 数据库

中图分类号: TM711

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0032-03

基层供电所传统的仓库物资管理采用纸质表单登记方式, 无法满足快速抢修、登记便捷、绿色环保的管理要求。本文是对物品出入仓快速记录智能仓库管理系统的研究, 仓库软件在 C++ Builder 6.0 环境下设计, 采用自动指纹识别技术进行身份验证与快速登录, 采用条形码作为物品标识码与主程序进行数据交互, 通过 SQL Server 数据库进行数据储存与读写, 利用 C/S (客户端与服务器) 网络架构在局域网内完成逻辑运算与数据显示。可实现指纹扫描登录、物品借还、信息查询、数据修改、智能判别、密码管理、条件筛选、系统设置、数据导出等功能。

1 指纹识别与条形码技术

1.1 指纹识别

指纹具有普遍性、稳定性、唯一性、方便性和可采集性的优点^[1], 这些优点使指纹识别可以得到广泛利用。自动指纹识别系统涉及图像处理、模式识别、计算机和传感器^[2]。指纹识别须先经过注册, 然后才能实现指纹认证。注册部分是将用户的特征数据提取形成对应 ID 的数据库。认证部分利用实时获得的指纹数据与数据库信息进行比较, 从而确定用户身份^[3]。

本文采用 Biokey 算法, 是一种快速、准确的 1:1 和 1:N 指纹识别算法^[4], 可快速完成指纹的录入与识别。ActiveX 控件是 Biokey 程序开发包实现工具, 通过 C++ Builder 控件来实现识别仪与仓库管理程序的连接。

指纹识别的工作流程如下: 首先初始化指纹仪, 进入 BeginEnroll 子程序用于指纹登记, 进入 BeginCapture 子程序用于指纹验证。登记指纹时按同一手指 1~4 次, 接着通过图像识别和数据处理形成指纹模板, EnrollCount 记录了指纹录入的次数, 达到设定次数后触发 OnEnroll

和 OnEnrollToFile 事件。

指纹验证时, 按压手指后会触发 OnCapture 和 OnCaptureToFile 事件, 此时可以调用 VerFinger 或者 IdentificationInFPCacheDB 进行 1:1 或者 1:N 比对。指纹录入不及格弹出提示框提醒用户重新录入指纹。

1.2 条形码技术

条形码由一组宽度不同、反射率不同的平行相邻线条和空隙组成, 编码有特定的规则^[5]。原理是通过光学设备读取条码, 将光信号转换成电信号, 再将电信号放大整形, 最后用译码器转换成进制代码^[6]。条形码由三大块组成: 静区、条码区、字符数字区, 常见的条形码码制有 UPC 码、EAN 码、JAN 码、39 码等^[7]。由于仓库系统的物资具有不同的命名方式且 Code 128 码具有编码范围较广、长度可变应用弹性大、允许双向扫描等优点, 因此本项目选用其作为条形码的编码方式。

2 仓库管理系统的功能模块介绍

仓库管理系统可分为条形码、扫描枪、指纹仪、主程序、服务器、显示器 6 大模块。其中条形码和扫描枪用于标识和读取物品信息; 指纹识别仪用于个体认证; 主程序是系统的核心部分, 负责智能识别、逻辑判断、数据分析等; 服务器是储存人、物和借还记录的载体; 鼠标、键盘、显示器用于控制和显示。

软件初始化阶段, 通过程序自动刷新各项数据, 这些数据包括物品借出次数、物品的状态 (未归还、已过期、快过期等), 刷新的原理是在利用 SQL 语言通过遍历和数组的方式查询物品的最后的借出状态以及物品登记的有效时间。软件自动将各项数据通过滚动条的形式来提醒用户。

仓库管理软件应用的可视化控件有 ADO 控件 (数据库

管理)、Edit 和 MaskEdit (数据显示和输入)、ZKFPengX (指纹识别)、Button (操作控制)、MainMenu (菜单栏)、DateTimePicker (日期选择)、Timer (定时器)、ComboBox (项目选择)、QuickRep (打印报表)、Label (文字显示)、Image (界面美化), 对图形化控件编程完成软件功能。

2.1 身份验证模块

身份验证模块包括客户端计算机的验证以及人的身份验证。用户在某一计算机打开仓库管理系统软件后, 系统自动获取本计算机的名称以及网络 IP 并在后台数据库中进行搜索对比, 若后台数据库中不存在对应计算机信息则可登录使用, 否则本软件将自动关闭以保护内部数据。新用户进行初次验证时, 系统会登记新计算机对应的单位名称和计算机名称等将其发送至后台管理人员的界面, 管理人员实现验证登记。

身份验证模块更重要的部分在于指纹识别部分。在进行指纹识别之前, 系统一直等待指纹激活门禁。若有登记过的指纹进行识别, 则指纹仪判断指纹质量及格且内部已登记过后传输信息唤醒管理系统, 并及时记录指纹对应的个体信息。指纹识别身份验证流程将实时提取的指纹与高速缓冲器里的数据进行比较, 校验比对的分值和比对的次数, 并返回结果。

2.2 物品出入仓登记模块

物品出入仓登记模块是系统的关键模块, 具备智能判别、安全提醒等优点。大部分时间下, 软件都在定时地检测光电扫描器脉冲信号, 将条形码转换为数字信息, 通过程序识别条形码中包含的字符是否有非法字符, 并通过 SQL 中的 SELECT 语句搜索数据库中是否存在该条码, 存在则继续往下走, 不存在则弹出对应的子程序。

若物品不在列表中, 则利用 INSERT INTO 语句把不在列表中的物品插入将其显示出来, 并查找物品对应的属性和状态, 自动判断本次操作是借出还是归还。接着利用 GETDATE() 语句自动判断物品的有效日期与当前时间进行比较, 得出不同的状态, 若物品已过期就不能外借, 快过期就弹出提示框, 从而有效杜绝过期工器具外借, 保证使用人员的人身安全。同时, 根据物品的种类, 利用数据库内的规则判断使用该物品时的注意事项以及需要配套使用的其他物品等, 最后生成新的借还记录, 用户确定后利用 UPDATE 语句实时刷新物品状态^[8]。

2.3 后台数据自动录入模块

为了方便前期物品数据录入, 仓库系统管理具备自动录入模块, 管理人员根据设定的条形码编码原则打印好条形码, 进入系统的新物品录入窗口后, 简单扫描条形码即可完成物品的录入, 做到免输入自动录入数据。由于条形码是按照特定的编码原则来设计的, 因此软件识别到字符

串后, 可立刻利用 C++ 语言中的 SubString 功能对字符串进行拆解, 将不同位别对应数字的具体含义解析出来, 并显示在窗口上, 用户选择物品的出厂日期和上次试验日期后, 程序根据对应物品的生命周期和试验周期自动算出物品的有效日期, 可快速完成物资信息录入。条形码的打印使用基层班所现有的 P-touch Editor 标签打印软件, 软件功能非常强大, 功能齐全, 操作简单。

2.4 数据筛选模块

利用 SQL Server 的结构化语言, 仓库管理系统可以对工器具信息以及借还记录进行数据条件筛选, 根据物品 ID、种类、所属单位、是否在库、是否过期、借出人、借出人工号进行筛选, 方便用户显示。同时, 系统具备数据导出功能, 可将筛选过的列表一键导出至 Excel 中, 从而完成数据的归纳汇总。数据导出功能是利用对象连接与嵌入功能 (Object Linking and Embedding, 简称 OLE) 技术实现, OLE 定义的连接机制和协议称为组件对象模型 (COM), 其中的应用程序编程接口 (Application Programming Interface, API) 函数实现了 C++ Builder 语言与 Office 软件^[9]的连接。

2.5 工器具的条形码编码设计

为了更好地对物品进行分类, 本项目为工器具设计了具体的编码原则对物品进行区分, 从而避免了工器具新增和作废带来的排序混乱的问题。制订物品条形码的 11 位编码原则, 其中第 1 ~ 2 位数字代表县级供电局的编号, 第 3 ~ 4 位数字代表供电所和专业班的编号, 第 5 位数字代表仓库的编号, 第 6 ~ 7 位数字代表物品种类的编号, 第 8 ~ 10 位数字代表物品的编号, 第 11 位数字代表物品的特性, 这里的特性是指物品的颜色、左右、分段等。

2.6 权限层级管理

本项目设计的系统采用分层分级管理的理念, 具备权限管理功能, 一般员工权限最低只须完成物品的出入仓借还登记。仓库管理员使用要输入不同的密码, 仓库管理人员可以使用日常简单功能, 后台管理人员可进行归纳汇总统计、数据新增、修改和删除。后台数据库是根据用户的计算机名称以及 IP 地址并与数据库进行匹配来区分不同用户的, 用户初次在某台计算机登录时, 系统会提示用户选择单位及权限, 并将信息发送至后台数据库, 后台管理人员核实无误后进行信息登记, 设置该台计算机的权限, 从而实现闭环管理。

3 仓库系统的联网监控

3.1 数据库层

目前比较流行的数据模型有层次结构模型、网状结构模型以及关系结构模型 3 种^[12]。为实现仓库物品入库、

出库、登记、统计等功能,本软件选用 SQL Server 关系型数据库管理系统,用于对记录的新增、筛选、编辑、删除、排序和分组统计,涉及的表格可分为人(职工信息表)、物(物资信息表)和关系(借还记录表),因此须设计多张数据表来完成本系统的功能,不同的表格采用不同的列作为主键。ADOConnection 组件用于连接数据表,ADOQuery 用于执行 SQL 程序,DataSource 组件用于数据解析 DBGrid 组件实现可视化显示^[13]。

为实现信息安全,本系统还利用 SQL Server 自带的自动备份功能对数据库进行定期的备份。

3.2 通信层

本系统利用 C/S 网络架构在局域网内完成客户端与服务器的数据交互,用户启动客户端后,客户端立即读取本机的计算机名称和 IP 地址,并通过 SQL 中的 select 语句在服务器数据库中搜索该计算机的信息,若已登记则确认用户权限并登录系统;若后台数据库没有本机信息则弹出提示框,要求用户登记信息并利用 insert into 语句插入至后台数据库由管理员确认。

在通信过程中,为了增强数据访问的安全性,客户端与服务器进行数据交互式采用 SQL 模式,该模式比 Windows 模式更安全。此外,为了减少对现有的局域网的影响,本系统设置休眠模式,即没有数据更新时,客户端与服务器是没有数据交互的,从而减少了现有网宽的压力。

3.3 可视化层

可视化层是用户直观使用本系统的部分,因此将系统的界面设置满足实时、可靠、友好等要求。如界面以文字提示、背景凸显、指示灯闪烁、滚动条流动等方式提示用户运行信息,另外为增强界面美观度,对界面文字的字体、颜色、阴影进行编程。利用 MaskEdit 控件限制用户输入的字符格式,或在 Edit 控件的 OnKeyPress 事件中编程限制,数据无误才进行保存。

4 调试结果及其分析

本试验以联网版的仓库管理系统 V2.0 为例,调试方案如下。

4.1 基本功能测试

利用指纹识别仪进行测试,录入指纹并登录,能够快速解除门禁自动登录仓库管理系统,将当前登录人的信息显示在软件借还窗口上。通过扫描物品条形码输入,能够实现快速录入物品信息,完成识别及借还登记并在数据表中显著标出,系统自动识别借还操作,实时刷新库存数据,试验结果均符合设计和使用要求。

4.2 系统的安全性测试

为测试权限问题,通过登录不同人员的账号,系统弹

出不同的界面,确保数据不会被误删或修改。尝试将物品设置为过期,系统自动过滤出过期物品并禁止借出,起到提示及警告作用。在数据安全方面,使用加密的 SQL 模式,进一步提高了数据的安全性。

4.3 联网监控测试

在服务器主机和客户端从机中安装 SQL Server 数据库,在主机中新建对应数据库,在从机中编写不同的查询语句,调试结果表明从机均能在主机中读写数据。于是利用 C++ Builder 数据库控件中编程实现对应功能。在不同的客户端进行物品借还操作或数据更新,在后台数据库和监控机均能实时监测到数据变动。可以完成 N 个客户端的数据汇总、分类和统计等。

5 结束语

基层员工普遍反映填写烦琐,费时费力,而仓库管理人员后续还须对相关资料进行整理、统计、保存。本文基于 C++ Builder 环境设计了仓库管理系统,在客户端上进行物资的管理和借还记录登记,并通过局域网实现了联网功能。大量试验结果表明,仓库管理系统登记方便、通信准确、实时性强,大大提高了工作效率,对同类产品设计具有实用参考价值。

参考文献

- [1] 陈桂友. 自动指纹识别系统中的关键算法研究及应用[D]. 山东: 山东大学, 2005: 23.
- [2] 王玮. 自动指纹识别系统关键技术研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007: 3-4.
- [3] 祝恩. 低质量指纹图像的特征提取与识别技术的研究[D]. 湖南: 国防科技大学研究生院, 2005: 7-15.
- [4] 北京中控科技发展有限公司. Biokey SDK3.8程序开发手册[R]. 北京: 北京中控科技发展有限公司, 2015: 9-50.
- [5] 余雷. 基于条形码技术的物流管理系统[J]. 内蒙古科技与经济, 2004(15): 49, 136.
- [6] 杨生虎. 条形码技术在ERP系统中的应用[J]. 石油石化物资采购, 2015(02): 75-78.
- [7] 何军. 条形码的计算机编码与识别[J]. 计算机自动测量与控制, 2002(04期): 263-266.
- [8] 杭志. SQL Server 2005应用开发技术与典型实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [9] 曾棕根. C++ Builder数据库开发实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [10] 王兆峰, 孙雅明. 分布式变电站监控系统数据库结构的研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(3): 64-67, 71.
- [11] 高翔, 张冲超. 数字化变电站的主要特征和关键技术[J]. 电网技术, 2006, 30(23): 67-71, 87.
- [12] 西尔伯沙茨. 数据库系统概念[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [13] 欧振国. 基于Modbus RTU协议的磁控电抗器远程监控系统[J]. 电测与仪表, 2014, 51(4): 57-61.

(责任编辑: 贺大亮)

基于物联网环境的智能用电管理系统

庆克堂

(国网淮南供电公司,安徽 淮南 232007)

摘要:基于物联网技术,结合云存储和大数据分析,提出智能用电系统完整解决方案,重点介绍系统架构、实现方法和系统应用,并提出了在售电侧放开的环境下,依托本系统,建立一体化开放的智能用电平台的思路。

关键词:物联网;云存储;大数据;智能用电

中图分类号: TM74

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0035-03

国家电网公司提出加快提升电网互动能力,建设智能用电管理与双向互动平台,让电力用户通过智能电网实现用户能源管理、远程家电控制、移动终端购电等,全面提高用电智能化水平。建设基于物联网环境的智能用电管理系统将是智能电网在用电领域一个有益的尝试。

1 基于物联网环境的智能用电管理系统提出的背景

国家为推动节能减排工作,推出了包括负荷控制、分时电价、阶梯电价等一系列电力需求侧管理方面的技术和经济措施。这些措施的推出及人们环保意识的提高,促使电力客户努力获取电气设备电能使用数据,采取并实施合理的用电管理手段以减少电能的消耗和电费的支出。

通常,用户获取用电信息的重要途径是电费月度账单。由于技术的限制,账单只能告知用户一定时期内的总用电量。获取每台设备用电情况是开展节能工作的基础,用户要知道用电的构成及影响用电的环境因素,要求能加以分析并实施控制手段以节省电力。

由于缺乏专业的用电知识和手段,用户不能获取每台设备的用电情况。当用户对电能的质量及计量产生疑问时,只能采用供电企业的数据,导致用户在电能使用过程中对供电企业提供的服务存有疑虑。供电企业也需要详实的数据为客户提供优质的服务。

智能用电依托高级测量技术、传感通信技术、分析和辅助决策技术,结合影响用电的设备能耗、气象、温湿度、时间、设备操作及分布式能源发电等因素实现用电需求响应,系统和用户的双向互动。这是坚强智能电网的重要组成部分,也直接影响到能源的使用效率、经济运行和有序用电。

因此,积极利用智能用电的研究成果,建设基于物

联网环境的智能用电管理系统,采集每台设备的用电数据及影响用电的环境数据,依托宽带网络,利用云存储及计算技术,开展对用电数据的分析,提出用能管理的方案,结合桌面终端及智能终端应用,实现用电设备的监测与控制,满足客户多元化需求,提高供电企业的优质服务水平,是解决上述问题的有效方法。

2 系统架构

系统采用模块化结构,由智能传感器、数据转发器、主站系统和客户端3部分组成,如图1所示。

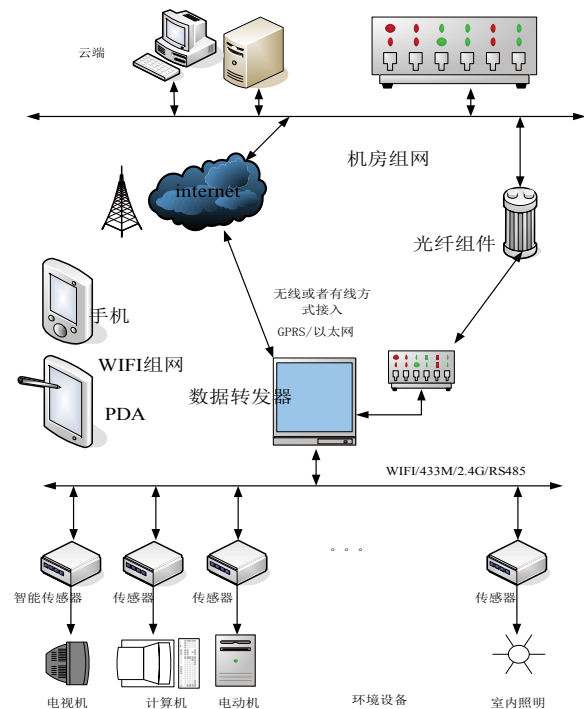


图1 基于物联网环境的智能用电管理系统结构

作为系统数据采集部分的核心器件,智能传感器主要

分为电气类和环境类两类。

电气类智能传感器用于采集电气设备用电数据及分布式电源的发电数据并可控制设备的运行。针对小功率电气设备较多的家庭、办公等场所可采用直接接入模式的智能插座或智能开关,设备功率较大的生产场所可采用经互感器接入的智能电能表等设备。以上设备不仅可以采集电压、电流等基础用电数据,还可以具有简单计算功能,直接在本地显示设备的有功、无功等信息,并具有通信接口上传用电数据,接收系统下发的指令做出相应的控制功能。

环境类智能传感器用于采集影响用能的声音、光线、热力、温湿度、压力乃至化学数据等,具有复合功能,可同时测量多种物理量,具备与数据转发器相匹配的双向通信接口并上传相关数据接受主站系统下发的指令实现传感器的各项测量功能,同时调节影响用电的相关环境设备的运行。

数据转发器作为智能传感器与主站间数据通信的中继,用于汇总一定范围内多个智能传感器的数据并上传至主站,并可下发主站系统查询、控制指令至智能传感器。数据转发器具备分别与智能传感器和主站相匹配的通信接口。

主站系统用以存储、计算用电数据,对海量的用电信息开展大数据分析和挖掘,形成各种用电报表,实现能耗分析和智能用电方案的制订和执行,接收客户端的查询指令反馈查询结果,接收客户端的控制指令实现用电智能控制。主站按现场需求及所管理用电设备的数量可采用PC机、独立服务器或云存储服务器等,客户端可采用B/S、C/S结构以及智能终端应用等形式与主站系统共同作用实现对用电数据的存储、分析、查询及电气设备远程控制等智能用电方案的实施。

系统在组建过程中,根据不同的应用环境及要求可以灵活选取独立智能传感器、智能传感器+主站及客户端、智能传感器+数据转发器+主站及客户端等多种结构,应用于单个用电设备监控、多个用电设备监控、多个用电单位监控等不同环境,以降低成本,方便安装和使用。

智能传感器可使用RS485、WiFi、蓝牙、2.4G、433M等多种通信方式与数据转发器实时传输用电数据,也可采用USB接口、SD卡等手动方式传递用电数据至主站。数据转发器与主站间数据传输可采用GPRS、3G/4G、以太网等方式实现。主站与客户端之间数据传输采用3G/4G、以太网等方式较易实现。伴随4G、WiFi等宽带技术的普及,各设备间通信方式必将向通用化、标准化发展。

各设备间通信协议可以国家电网公司《Q/GDW 1376.1-2013 电力用户用电信息采集系统通信协议》《DL/T 645-2013 多功能电能表通信规约》《DL/T 698-2010.4 电能信息采集与管理系统:通信协议》为基础加以增删。

3 系统实施的过程

系统实施的过程包括采集管理、分析评估和决策3个阶段。

采集管理阶段指在设备功率、功能、面积、电价、人员等基础数据录入的基础上,收集与用电管理相关的内部、外部初始信息,分别采集各用电场所分布式能源和用电设备运行时间、运行状况、电压、电流等电气参数,锅炉、供暖等设备运行数据及温度、湿度、光照、压力等环境数据。分散的采集数据可以本地存储或经通信网络上传至服务器端按一定的规则存储,供分析评估阶段使用。

分析评估阶段根据录入的静态基础数据和采集到的电气及环境海量的实时和历史数据开展大数据分析,对用电各环节及流程进行评估,对各种用能模式进行规划和测算,实现设备分析、能耗分析及相关统计。其中设备分析包括设备工况检测、设备异常检测、设备管理分析、设备效率分析等;能耗分析包括用电成本分析、能耗消费分析、用电质量分析、环境影响分析等。统计包括产品单耗统计、用能数据统计、用能消费预测等。采集及分析评估的数据均可通过客户端实现实时查询或报表统计。

决策阶段充分应用分析评估阶段的成果,综合考虑电气设备和用电环境等多种因素,实施电能质量诊断,建立能源消耗评价体系,就用电设备的用能管理提出方案,为节电工程的设计、改造提供依据。该阶段包括使用高效设备替换高耗能设备,利用改变用电环境如光照等降低设备用电量,利用分时电价政策降低电费支出,减少不必要的用电设备开启等。该阶段也制订并实施智能用电的方案,系统综合设定用电控制参数,自动控制用电设备和辅助设备的开启、关闭,调节设备的运行状态。比如打开窗帘增加室内亮度减少室内照明设备用电,根据负荷的变化调节电机的输出功率实现用电设备的高效运行。这也可以通过客户端手动实现。建立用电评价体系,针对智能用电工作开展包括节能减排在内的经济效益、社会效益测算及评估,为节能服务工作提供客观独立的认证,还可作为电力事故分析的依据。

4 智能用电管理系统的功能模块

系统的功能模块包括基础数据录入,设备运行监控,成本分析与优化,用能咨询与规划,智能用电管理,节能评价、报表分析等。

基础数据录入模块广泛收集与用电管理相关的内部、外部初始信息,既包括电气设备基础信息及影响用电的环境相关信息,也包括与用电管理相关的国家法律法规、节能服务案例及科技动态等信息,目的是为智能用电管理的实施提供依据。

设备运行监控模块依托位于各采集点的智能传感器,设计关键时间缺失数据补录方案,及时获取设备的用电参数、用电效率、环境数据、故障信息等实时数据,调节设备的运行,控制设备的开启与关闭,提供电气工况、环境数据的查询和数据输出接口,也可作为电能质量检测和电力事故分析的依据。

成本分析与优化模块通过设备额定功率及运行时间计算,结合温湿度、光照等环境因素得出设备可以实现的最低功耗、最低电费,与实际功耗及电费相比较,分析设备用能增加的原因,是否有节能空间,提出优化设备运行时间、运行环境、运行效率以达到最佳能耗效果方案。深入探索节能省钱原因,影响设备效率的原因,当前的设备能否满足后续生产所需,设备状态是否导致产品质量问题等。

用能咨询与规划模块在设备运行数据采集、分析的基础上,获取相同设备的不同能耗,提出优化能源结构的建议,根据预期生产计划,合理安排生产时间、合理安排相同设备的启停等。

智能用电管理模块综合成本分析与优化模块和用能咨询与规划模块的方案,按预设的条件下发控制指令。依靠设备运行监控模块获取方案执行的效果。

节能评价模块通过节能分析,建立节能激励机制,用以考核、奖励节能成果,提高节能积极性。

报表分析模块依据系统各类静态数据、实时数据、历史数据自动生成各类报表,并可根据不同用户需求生成各类实时报表。

5 系统的应用

基于物联网的智能用电系统首先有效满足了居民及大客户节能环保的需求,智能传感器的完善,智能用电技术的发展以及云计算、大数据分析技术为基于物联网的智能用电系统创造了良好的条件。基于物联网环境发展起来的传感器,通过对用户电气设备及辅助设备的数据采集,实现电能计量、分析及实时监控。在此基础上,依托宽带网络,结合云计算及大数据分析,配合智能手机及桌面终端的应用,轻松实现电气设备用电实时查询,远程控制,定时开关,能耗分析和节能方案的制订,促进电能替代工作的开展。用户可以实时了解用电情况,及时控制电能的使用。该系统适用于家庭、学校、机关、企事业单位等有节能需求及用能监测的场所,也可作为供电服务人员现场用电检查的工具。

依托本系统可实现电网与用户的双向互动,实时发布预警用户电量、电费信息,实时发布预警供电质量信息,分析用电设备运行状况,制订并执行节能方案。通过对用电客户用电数据的分析,不仅可以准确掌握客户的用电情

况,分析用电趋势,合理安排电网规划,促进电能替代工作的开展,也有助于及时处理与电能质量相关的纠纷,提高优质服务水平。

通过系统的分析与控制功能,节能服务公司可以有针对性地服务有节能需求的企事业单位,及时反馈企事业单位节能的成果,实施大数据分析,建立面向大众的节能服务公众数据库,提供节能服务的同时,获取节能服务的收益。

第三方测评机构可以通过系统开展针对节能服务公司的节电效果检测及评估工作,为节能服务成效提供客观独立的认证。

依托本系统强大的数据采集和分析能力,政府有关部门可迅速实现对各行业的用电分析,掌握经济运行情况并制定相关政策。

6 结束语

《关于推进售电侧改革的实施意见》文件对推进售电侧放开做出了全面部署。售电侧放开将引入多元化的售电主体,构建有效竞争的市场结构和体系,赋予用户购电自由选择权。售电侧放开对各售电主体和政府电力主管部门带来了挑战,建立一个公正透明的平台将能解决服务模式创新、普遍服务、市场运行质量、信用体系与风险防范机制建立过程中产生的诸多问题,以保障电力市场的有序运行。基于物联网的智能用电系统具有强大的数据收集和分析能力,如能以本系统为基础,由第三方承建一体化开放式智能公共用电平台,政府、发电、供电、售电企业和用户以统一的标准接入平台,数据实时上传和共享,由第三方测评机构依托系统开展针对发电、供电和售电公司的服务评价和分析防范,发电、供电、售电企业与用户间实现双向互动,政府电力主管部门实时监控并获取经济运行所需要的数据,必将极大提升用电服务,有效促进售电侧放开工作。

参考文献

- [1] 卢宁,王春璞.智能电网与智能家居[J].科技视界,2012(1):6-8.
- [2] 张东霞,苗新,刘丽平,张焰,刘科研.智能电网大数据发展研究[J].中国电机工程学报,2015(1):2-11.
- [3] 荆孟春,王继业,程志华,李凌.电力物联网传感器信息模型研究与应用[J].电网技术,2014,38(2):532-537.
- [4] 徐赞.“互联网+”:新融合、新机遇、新引擎[J].电信技术,2015(4):532-537.
- [5] 王广辉.中国智能用电的实践与未来展望[J].中国电力,2012(1):1-5.
- [6] 庆克堂,刘忠,程晓君.淮南供电公司节能服务管理的实践[J].淮南职业技术学院学报,2013,13(3):4-8.

(责任编辑:贺大亮)

基于Arduino的安全工器具管理系统

王文杭, 王海欧

(浙江省电力公司检修分公司, 浙江 杭州 311232)

摘要: 为了提高变电站内安全工器具的管理水平, 减少人为因素造成的安全工器具管理不到位。设计了一套基于 Arduino 的安全工器具管理系统。该系统通过 RFID 芯片识别 ID 电子标签来统计安全工器具的借还数据, 再通过数据总线发送至后台予以直观显示。同时, 对安全工器具借还历史数据的存储和查询, 可以很好地确认各安全工器具的状态。

关键词: Arduino; 安全工器具; RFID; 电子标签

中图分类号: TM852

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0038-02

变电站中除了日常运行的一二次等设备具有重要地位以外, 还配有足够数量的安全工器具为作业过程中提供安全保障。安全工器具的正确使用可以很好地避免工作中出现的事故, 如带电合(挂)接地开关(接地线)、误入带电间隔等。因此, 安全工器具的管理水平的好坏, 将直接影响到工作是否顺利开展。

现今的变电站的安全工器具往往只实现了固定地点存储, 对安全工器具的借出归还以及试验期限等都还需要人工办理和检查, 在工作繁重时, 往往出现借还记录混乱和忘记检查试验期限等, 给工作埋下一定的隐患。因此, 在本文中设计了一套安全工器具管理系统用于协助工作人员加强安全工器具的管理, 从而减轻工作量以及减少工作隐患。

1 系统总体结构

目前, 在安全工器具的管理中主要存在以下几个问题: 一是安全工器具借出和归还的数目不对, 有些被遗留在现场。而现在往往需要人工清点, 但是对于数量比较多的, 则耗时耗力; 二是一些有试验期限的安全工器具在使用时须人工检查是否在有效期内, 工作忙时往往会忽略检查, 从而具有一定的安全隐患。鉴于以上两点, 本系统采用位于安全工器具室内的管理机和位于主控室的 PC 后台来组成安全工器具管理系统, 其结构图如图 1 所示。

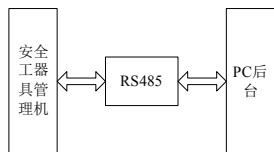


图1 TSC式消弧线圈原理图

一般安全工器具存放地点离主控楼距离不远, 因此在这里采用 485 总线来实现上位机和下位机的数据传输。

2 安全工器具管理机

2.1 硬件设计

一般安全工器具主要包括各种标示牌、绝缘靴、绝缘手套、接地线、验电器等。因此, 为每一个安全工器具配置一个身份标牌, 并在使用时加以识别就构成了该管理机的主要功能。身份标牌在本系统中采用 M1 S50 电子标签。每个标签具有唯一的电子编码, 并且其可以像贴纸一样粘贴在相应的安全工器具上, 并且可按照要求定制相应图案。电子标签的识别系统由 Arduino UNO 和 MFRC522 所组成, 其连接图如图 2 所示。

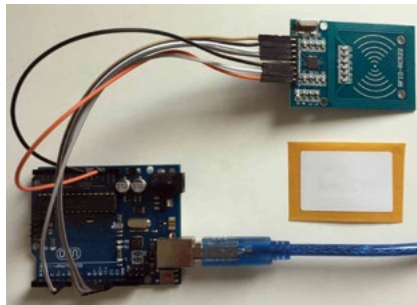


图2 Arduino UNO和MFRC522连接图

Arduino^[1] 是一款便捷灵活、方便上手的开源电子原型平台, 包含硬件(各种型号的 Arduino 板)和软件(Arduino IDE)。其中, Arduino UNO 采用 ATmega328 单片机作为控制芯片, 具有 16 MHz 的时钟速度、32 kbFlash Memory、2 kbSRAM 以及 14 个数字 I/O 引脚。函数和相关的库文件来完成复杂的工作, 降低编程的难度, 加快开发的速度。

MFRC522^[2] 是高度集成的非接触式(13.56 MHz)读写卡芯片。此发送模块利用调制和解调的原理, 并将它们完全集成到各种非接触式通信方法和协议中。其发送模块支持读写器工作模式, 内部发送器部分可驱动读写器天线

与 ISO 14443A/MIFARE 卡和应答机的通信, 无须其他电路。接收器部分提供一个功能强大和高效的解调和译码电路, 用来处理兼容 ISO 14443A/MIFARE 卡和应答机的信号。数字电路部分处理完整的 ISO 14443A 和错误检测。MFRC522 支持 MIFARE Classic 器件。MFRC522 支持 MIFARE 更高速的非接触式通信, 双向数据传输速率高达 424 kbit/s。同时, 可以实现 SPI 接口、串行 UART、I2C 接口等主机接口功能。

安全工器具管理机主要完成的工作有以下几个: 一是电子标签的读取; 二是交互信息的输入输出, 包括键盘按键的读取、信息的液晶显示以及声光提示等; 三是通过 485 数据总线完成与 PC 后台的数据传输, 其组成如图 3 所示。

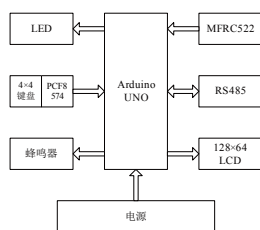


图3 安全工器具管理机组组成

由于 Arduino UNO 的 IO 口比较少, 而一个 4×4 的键盘就要 8 个 IO 口, 造成 IO 口不够, 因此在这里采用 PCFR8574 来扩展 IO 口, 实现 3 个 Arduino UNO 满足 4×4 键盘 8 个 IO 口的需求, MFRC522 通过 SPI 连接 Arduino UNO, LCD 则采用 I2C 连接, 这样可以减少 IO 的使用。蜂鸣器和 LED 用于提醒的用途, 每借出或归还一次, LED 闪烁一次、蜂鸣器短促地响一次。当借出有试验期限的安全工器具时, 如果超出使用期限, 则 LED 一直闪烁并且蜂鸣器长时间鸣叫来提醒工作人员。LCD 用来显示借出归还的安全工器具和工作人员的相关信息。

2.2 软件设计

该安全工器具管理机的工作原理为: 工作人员先通过键盘输入自己的账号, 再按借(还)按键, 然后将要借(还)的安全工器具的电子标签贴近 MFRC522 以读取电子标签的 ID, 再将这些 ID 信息传送到 PC 后台以显示和存储相关信息。其主要流程如图 4 所示。

对于各种标示牌等, 由于数量较多, 如果每次工作结束后检查标示牌是否都已经归还, 都须人工清点, 将是一个耗时耗力的重复性劳动。因此, 在本系统的程序中设定一个统计外借的安全工器具的数量的模块, 当按下设定的按键时, 能在液晶上显示数量, 可以方便运维人员快速地检查相应的安全工器具, 提高工作效率。

3 后台软件设计

安全工器具管理机通过串行总线发送至 PC 后台的信

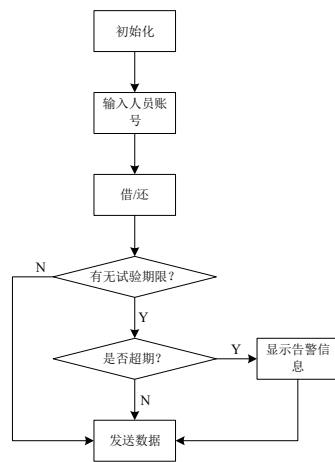


图4 主要程序流程图

息主要包括现场作业人员的编号、借/还状态、安全工器具的电子标签的 ID 及其借/还时间等相关信息。后台软件接收到这些信息后要对这些信息进行显示和存储。这里采用 C# 软件进行桌面软件的设计^[3], 并采用 Access 数据库存储相关信息, 安全工器具借/还信息表如表 1 所示。

表1 安全工器具借/还信息表

序号	字段名称	数据类型	字段宽度
1	工作人员编号	文本	10
2	电子标签ID	文本	10
3	借/还标志	文本	5
4	借/还时间	日期/时间	20

该后台桌面软件主要实现以下几个功能。

后台系统能在主界面直观地显示各安全工器具的借还信息, 超期的告警信息以及借还作业人员的信息。

后台系统能将安全工器具管理机发送来数据存储进 Access 数据库, 并且方便各种条件的查询方式。

4 结束语

该安全工器具管理系统中, 通过粘贴在安全工器具上的电子标签和位于安全工器具室的安全工器具管理机以及主控室的 PC 后台的配合, 使得安全工器具的管理变得简单而高效, 可以很好地减少人为的失误, 提高变电站安全工器具管理的效率。

参考文献

- [1] Brian Evans. Arduino编程从基础到实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [2] 李永华, 高英, 陈青云. Arduino软硬件协同设计实战指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.
- [3] John Sharp. Visual C# 2013从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.

(责任编辑: 贺大亮)

基于调度数据网的故障录波远程监视及运维方法

李晓航¹, 张逸群¹, 李敏², 陈力², 吴海林²

(1. 国网河南省电力公司平顶山供电公司, 河南 平顶山 457000;
2. 武汉中元华电科技股份有限公司, 湖北 武汉 430223)

摘要: 为进一步加强电力系统故障录波管理水平, 本文介绍了一种基于调度数据网的故障录波远程监视及运维方法, 基于此方法设计了一套故障录波远程监视及运维系统, 利用可靠实时安全的电力调度数据网络, 实现远程录波监视、远程状态监测、远程配置及维护功能, 该方法很好地解决了故障录波装置远程配置及运维问题, 有效提高了录波运维效率。

关键词: 故障录波; 远程监视; 远程运维

中图分类号: TM63

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0040-03

近年来, 电网自动化技术快速发展, 电力运行管理工作的自动化程度达到了很高的水平, 功能和性能不断完善。变电站内故障录波装置为电网的故障分析提供了重要的原始数据。但是, 故障录波装置产生的大量信息却缺乏统一有效的管理, 其管理和分析的水平显得相对滞后, 主要体现在如下几方面。

故障录波器接入信号变化时, 必须及时至现场修改, 不能进行远程配置, 极大影响录波装置的运维效率。

故障录波器在站端发生硬件故障时不能及时发现并处理, 导致电力故障时不能调阅到故障录波数据, 无法进行电力故障分析和诊断。

发生电力故障时, 要到现场拷贝故障录波数据, 影响了工作效率, 同时也使故障分析、诊断的时间大大延长, 使得电力故障不能快速处理, 造成经济损失。

本文提出了一种基于调度数据网的故障录波远程监视及运维方法, 基于此方法设计了一套故障录波远程监视及运维系统, 利用可靠实时安全的电力调度数据网络, 实现远程修改故障录波装置各项定值参数, 远程查看故障录波器的历史波形和实时波形, 远程重启故障录波装置等功能。同时, 故障录波装置发生硬件故障时, 能通过本系统上送实时告警, 以便于及时发现装置问题并到现场处理, 系统通过对母线参数、变压器参数、线路参数的远程配置, 具有全面的故障分析能力。该方法很好地解决了故障录波装置远程配置及运维问题, 有效提高了运维效率及事故处理水平。

1 远程运维系统架构

基于故障远程监视及运维系统业务特定, 系统部署在

安全 II 区, 系统通过调度数据网的骨干层和接入层搭建安全可靠的传输通道, 各变电站内的录波装置通过接入层接入数据网, 远程运维系统搭建于骨干层, 借用该通道, 远程运维系统可完成变电站内的故障录波装置远程监视与运维。

为了满足系统的实用性需求, 并考虑到以后的应用扩展需要, 建立了远程运维系统平台。平台基于面向服务的体系架构, 采用 C/S (客户机/服务器) 模式建设, 采用通过统一的接口对各类实时、历史及配置数据进行集中展示。

1.1 系统搭建

远程运维系统利用调度数据网搭建, 整体架构图如图 1 所示。在变电站内, 所有录波装置采用单组组网的方式, 在安全 II 区独立接入数据网接入交换机, 以免和其他业务装置之间通信干扰。各个站的录波装置通过数据网接入交换机接入调度数据网。

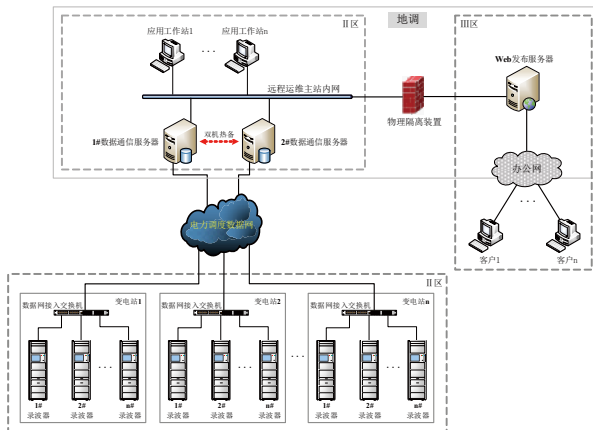


图1 远程监视及运维系统图

在地调搭建录波远程运维平台,平台横跨安全 II 区和 III 区,安全 II 区负责整个系统的采集及分析业务,安全 III 区负责系统的 Web 发布。其中数据通信服务器接入调度数据网,负责和站内录波装置之间的实时通信及数据采集。为保证通信的可靠性及稳定性,采用两台数据通信服务器双机热备,在一台服务器通信异常或中断时能自动切换到另一台继续完成业务数据的采集。应用工作站负责系统的展示及简洁可靠的人机操作。同时,通过正向隔离装置,II 区的业务数据能正向穿越到 III 区,以完成系统的 Web 展示。

1.2 数据交互方案

故障录波远程监视及运维系统数据流程图如图 2 所示。

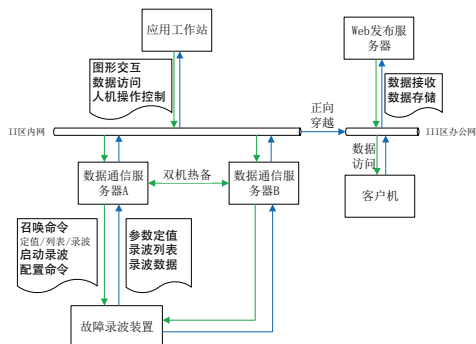


图2 远程监视及运维系统数据流程图

调度端的数据通信服务器对变电站内故障录波装置发起启动录波、配置及召唤定值列表录波文件命令,故障录波装置响应命令并回复相应的参数定值、录波列表及录波数据,构成了远程运维系统的主要通信架构。调度端搭建两台数据通信服务器,采用双机热备的方式,当其中一台服务器发生故障时,保证另外一台服务器能够继续维持链路的传输,保证了系统运行可靠性。

应用工作站和数据通信服务器通过 II 区内网进行连接,II 区内网仅作为电网非实时业务数据的传输载体,和外网是完全物理隔离的。工作站向数据通信服务器发起图形交互、数据访问及人机操作控制请求,服务器通过 II 区内网进行相应的响应,保证系统的可视化及维护的便携性。

为了支持 III 区办公网对运维系统的数据访问,在 III 区办公网搭建 Web 发布服务器,该服务器通过正向物理隔离装置将数据从 II 区正向穿越到 III 区并存储。III 区办公网的各个办公设备即可通过 Web 访问的方式向 Web 发布服务器发起数据访问请求并接收来自服务器的响应。同时,为了维护系统的安全性,在 III 区办公网不设置反向穿越,以保证在办公网仅可以对变电站内的故障录波装置进行远程监视,而不能对录波装置进行远程配置。

2 远程监视及运维方法

故障录波远程运维包含远程波形监视、远程状态监测

以及远程配置与维护。远程波形监视能实时查看录波装置所有通道的波形,便于远程跟踪运行状态;远程状态监测主要对录波装置本身的状态进行监测,当装置有异常或故障时,远程告警可保证运维人员能及时对该故障进行维修;远程配置与维护功能用于支撑录波装置的录波及分析功能,经过相应的配置,录波装置可对发生的故障进行详细分析,以指导运维人员的故障分析及故障后检修。

2.1 远程波形监视

远程波形监视通过部署在数据通信服务器上的应用功能模块实现,其模块结构图如图 3 所示。主要功能是采集各变电站的实时波形数据,由于系统对精度要求很高,传输速率达到 5 ms 一个数据点。数据通信服务器一方面要采集各变电站录波器的实时监测波形数据,另一方面要处理部署在 Web 页面 .NET 组件的数据监视请求。数据通信服务器和 .NET 组件的网络通信采用 TCP/IP 协议,其功能模块如图 3 所示。

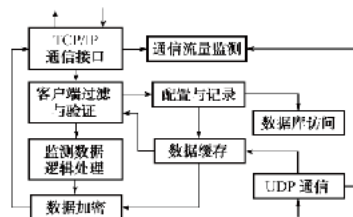


图3 远程波形监视功能模块结构图

实时监视功能是基于 RIA 结构实现的,通信流程嵌入在网页中的 .NET 组件和应用服务器之间,首先由组件向数据通信服务器发起连接,数据通信服务器进行过滤与验证,然后双方使用 RSA 和 RC2 加密方式建立加密数据通道,组件根据用户选择的监视数据项发送数据请求,服务器予以响应后由组件把数据显示给用户。

除了实时监视功能,远程运维系统可以根据时间段召唤历史波形数据,传输协议利用标准文件传输协议,保证数据传输可靠性。波形远程监视及历史波形查看如图 4 所示。

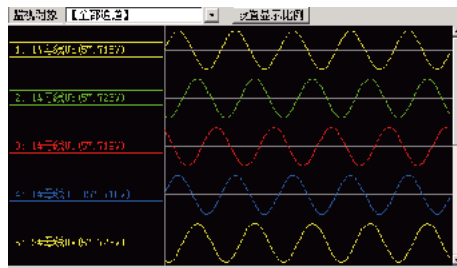


图4 远程波形监视效果图

2.2 远程状态监测

录波装置运行状态直接关系到录波是否正常工作,本系统远程状态监测功能使调度端运维人员能及时地掌握故障录波装置的运行状态,为故障录波装置的运维提供了一

种新的模式。本系统中, 状态监测主要包含以下几方面。

24 V 继电器告警提示, 指示电源运行状态。

硬盘告警指示, 指示系统硬盘运行状态。

DSP 板告警指示, 指示 CPU 运行状态。

产生新录波提示, 指示是否有新录波产生, 以提醒运维人员远程调取。

2.3 远程配置与维护

为保证录波装置能运行在不同的电压等级及接线环境中, 要对录波装置进行相应的配置, 以适应不同的标准要求, 系统的远程配置及维护功能保证在变电站接线环境有改变的时候无须前往变电站现场修改, 保证了运维效率。

远程配置与维护功能示意图如图 5 所示。

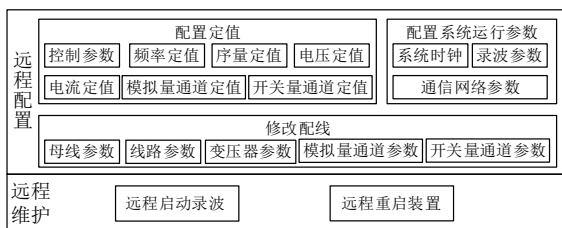


图5 远程配置与维护功能示意图

2.3.1 远程配置

系统远程配置包含配置定值、配置系统运行参数及修改配线。

定值用于控制录波启动条件, 是录波装置的关键参数, 为保证电网发生故障时录波装置能记录故障发生前后的波形, 正确配置定值是首要条件。录波装置的定值较多, 可分为控制参数、频率定值、序量定值、电压定值、电流定值、模拟量通道定值和开关量通道定值。控制参数的配置包含配置各段采样率、采样长度及系统对时方式; 其他定值项反映的是录波启动条件, 当各项指标有超出定值范围的, 录波装置认为电网发生了故障, 要启动进行波形记录。

系统运行参数反映系统通信、对时等必须的参数, 包含系统时钟、录波参数及通信网络参数。当发现录波装置时钟失步时, 可远程配置录波时钟, 保证系统的同步运行; 录波参数反映录波告警保持时间、录波文件格式、是否启动自动分析等录波实用功能; 通信网络参数用于远传和组网的网络配置。

配线用于录波装置的故障分析功能, 当故障发生时, 录波装置不仅能记录故障波形, 还能根据波形及配线进行故障相别、跳闸相别、故障元件及故障距离等高级分析。配线的配置包含母线参数、线路参数、变压器参数、模拟量通道参数及开关量通道参数。

2.3.2 远程维护

系统可远程对录波装置进行维护, 主要包含远程启动录波功能和远程重启功能。在远程监视过程中, 当要对某

一段时间进行录波但又没有达到录波启动条件时, 可用远程启动录波的方式进行启动。在配置完成后, 可远程重启装置使配置生效。

3 实际应用

利用本文所述的方法, 在河南平顶山地区搭建故障录波远程监视及运维系统。目前系统接入该地区部分变电站进行试运行。该系统的投入使用大幅减少了录波装置的运维时间, 通过远程对录波装置进行配置, 在变电站录波器接线有更改的情况下发挥了重要作用, 在试运行阶段, 已经初步显示出维护成效, 显著提升了运维效率。

4 结束语

本文提出了一种基于调度数据网的故障录波远程监视及运维方法, 基于此方法设计了一套故障录波远程监视及运维系统, 利用可靠实时安全的电力调度数据网络, 实现远程修改故障录波装置各项定值参数, 远程查看故障录波器的历史波形和实时波形, 远程重启故障录波装置等功能。同时, 故障录波装置发生硬件故障时, 能通过本系统上送实时告警, 以便于及时发现装置问题并到现场处理, 系统通过对母线参数、变压器参数、线路参数的远程配置, 具有全面的故障分析能力。该方法很好地解决了故障录波装置远程配置及运维问题, 有效提高了运维效率及事故处理水平。

参考文献

- [1] 董明, 张勇, 张岩, 等. 含电气量信息的电力系统故障诊断解析模型[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(6): 55-61.
- [2] 夏可青, 陈根军, 李力, 等. 基于多数据源融合的实时电网故障分析及实现[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(24): 81-88.
- [3] 颜晟, 苏广宁, 张沛超, 等. 基于故障录波时序信息的电网故障诊断[J]. 电力系统保护控制, 2011, 39(17): 114-119.
- [4] 李乃永, 梁军, 李磊, 等. 基于广域故障录波信息的调度端电网故障诊断系统[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(16): 100-104.
- [5] 胡超, 高宏慧, 陈宏山, 等. 一种基于数据融合的电力系统故障综合分析方法研究[J]. 电气应用, 2015(S2): 390-394.
- [6] 张晓明, 吴卓娟, 贺润明. 基于故障录波与保护信息融合的变电站故障分析系统开发[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(1): 118-121.
- [7] 徐浩, 苗世洪, 姜臻, 等. 基于有限相量测量单元测量故障分量信息的故障定位算法[J]. 电力系统自动化, 2013, 23(37): 43-47.
- [8] 周泽昕, 王兴国, 杜丁香, 等. 一种基于电流差动原理的变电站后备保护[J]. 电网技术, 2013, 37(4): 1113-1120.
- [9] 文清丰, 李文云, 顾雪平. 融合遥信报警和电气量分析的电网故障诊断方法[J]. 电测与仪表, 2014, 51(17): 29-34.

(责任编辑: 贺大亮)

智能化电网带电作业系统

周 江

(国网兴化市供电公司, 江苏 兴化 225700)

摘要: 文章在阐述 Web GIS 技术和无线射频识别技术的基础上, 分析基于 WebGIS 技术和无线射频识别技术的智能化电网带电作业系统开发和应用, 旨在发挥出电网带电作业系统在电网运行维护中的重要作用, 提升对电力资源的高效利用。

关键词: 智能化; 电网; 带电作业系统; 开发

中图分类号: TM63

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0043-02

带电作业是现阶段我国电网设备检测维修和升级改造的重要方式, 对保证电力系统的稳定运行发挥了重要的作用。在社会的不断发展下, 为了进一步满足大容量、远距离输电的需要, 超高压直流、交流输电工程得到了快速发展。加上配电网供电可靠性要求的提高, 配电线路带电作业得到了广泛的应用和推广, 人们对带电作业系统的应用提出了更高的要求, 而这种要求的实现需要电网可靠性供电、输电线路可用率提升、电力状态检修和资产全寿命管理的完善等方面的支持, 因而如何提升带电作业技术管理水平成为有关人员要思考的问题。在信息科技的发展下, 应用信息化技术、地理信息数据系统、全球定位系统、无限识别技术等能够进一步丰富和完善对智能化电网带电作业系统的开发。

1 Web GIS技术

这种技术形式是借助于互联网的地理信息系统, 主要是应用网络技术进行地理信息的发布, 从而让用户不受时间、地点、空间限制地浏览 GIS 电网数据, 拓展 GIS 的应用发展特性, 支持更多数据信息的来源, 促进更多用户对系统的访问和开发。Web GIS 技术是 GIS 技术和人机交互技术、分布式技术、组件技术的综合性体现, 对这种技术的应用也逐渐从地理信息的发布拓展为对各种地理数据信息的交相操作、提供多样化空间信息服务等方面, 技术研究重点朝着系统化、体系化的方向发展。

2 Web GIS技术支持下电网带电作业系统的开发及应用

2.1 Web GIS技术支持下电网带电作业系统开发平台

Web GIS 技术支持下智能化电网带电作业系统建设应

用了以 J2EE 为基础的开源软件产品, 系统平台的构造包括数据层、服务层和展示层。数据层主要是对各种系统数据信息的存储管理, 对数据信息进行有效的记录, 并为数据对象和数据信息转换工作提供重要的支持。服务层主要是对系统内部逻辑的一种处理, 能够对应用功能发布、内外部借口访问、组件的交互组装工作进行统一协调。

2.2 Web GIS技术支持下电网带电作业系统应用

Web GIS 技术支持下电网带电作业系统是为了促进电力企业发展建设的一种标准化信息管理系统, 在系统应用的时候会应用作业操作指导书, 具体涉及电力企业的输配电工作, 适合应用的电压等级包括 10、35、110、220 kV, 同时还支持多种电位作业方式, 进而实现数据信息的有效共享, 提升带电作业操作的安全可靠。

2.2.1 Web GIS技术支持下电网带电作业项目管理

项目管理主要能够维护配电管理运行中的各种带电作业项目, 包括对带电检测系统的绝缘子管理、对避雷器的及时更换、对跌落保险的定期更换等。项目管理要参照带电项目作业指导书, 按照相应的流程来应用作业单, 加强对施工设备的高效化应用。

2.2.2 Web GIS技术支持下电网带电作业评估管理

作业评估主要是对带电作业进行后期的评估整理, 通过多个数据的对比分析及时发现带电作业评估管理中存在的不足, 为之后带电作业操作指导书进行优化。

2.2.3 Web GIS技术支持下电网带电手持设备管理

Web GIS 技术支持下电网带电作业手持设备管理包括施工带电作业的任务操作、带电作业施工结果数据的同步、带电作业施工地点的地理导航和带电作业工作票的浏览和应用。通过这一系列工作的开展规范带电作业施工操作流程, 实现对监控人员的远端操作管理。

2.2.4 Web GIS技术支持下电网带电作业基础信息管理

Web GIS技术支持下电网带电作业基础信息管理主要是对系统基础信息应用的维护,包括库房管理信息维护、工器具管理信息维护、线路信息维护、电气设备维护管理等。通过对这些数据信息维护提升电网线路应用的通畅性,并为带电作业施工项目提供必要的信息支持。

3 RFID技术

RFID技术是无线射频技术,是一种非接触式样的识别技术行为,在射频信号的作用下能够对选中的目标对象进行识别,被广泛应用在仓储管理、防盗管理系统中。RFID系统主要由阅读器、电子标签、应用软件系统共同组成。工作原理是阅读器辐射具有一定频率的无线电波能量和电子标签,电子标签内部驱动器经过处理之后将数据信息输出,阅读器接收到输出的信息,将信息交由相应的工作程序进行管理。

4 RFID技术支持下电网带电作业系统的开发及应用

4.1 RFID技术支持下电网带电作业系统功能

4.1.1 完善工具库库存信息

带电作业工作票编写完成之后,带电作业智能化系统会将工作票上提到的工作内容生成清单,并按照清单的要求将信息分别发送到带电作业工具库库房。

4.1.2 RFID技术支持下电网带电作业系统是一种学习型智能化系统

RFID技术支持下电网带电作业系统运行初始阶段,系统输出的是一种工具使用清单,经过长时间的学习和信息收集整理之后,系统结合工作人员工作经验会形成一种工具适应性强、针对性强的选配数据库,从而提升带电作业工作效率。

4.1.3 库房带电作业工器具信息的自行记录

在无线射频可识别技术的作用下对库房内所有带电作业用工器具的进出库、周期性试验等台账进行自动化记录,从而方便有关管理人员在终端系统上及时查阅自己所需要的各种资料。无线射频可识别技术支持的统计工器具能够为库房管理的保存、使用和试验提供重要的数据信息支持。

4.2 RFID技术支持下电网带电作业系统主要架构

4.2.1 智能化库房

第一,RFID技术支持下电网带电作业系统智能化库房主要由一台主要的室内环境控制机进行负责,能够对库房的温度进行动态化、及时化的监督管理;第二,应用无线射频可识别技术为了能够获得更加准确的信息,还要在

库房内部安装相应的采样点,并将各个采样点的数据信息组合形成多方面的库房控制依据。

4.2.2 智能移动库房车

为了实现带电作业工器具的全面管理,在库房安装智能化设备之外,还要安装移动带电作业工具库房车,从而满足带电作业外出时候的发展要求,顺利开展带电作业。智能化移动库房车主要分为前后两部分,前面的部分由相应的人员乘坐,后面的部分存放相应的带电作业工具。库房车的应用能够对库房内部的湿度、温度等进行动态化的监督控制管理。

4.2.3 智能化平台

智能化平台是基于无线射频识别技术开发应用的软件系统,掌握着整个系统的发展脉络,体现了系统运作的智能化特点。智能化平台的操作应用具体体现在:相关工作人员要根据带电作业工作任务制订带电工作票,应用智能化操作平台自动系统对数据库信息进行自动检索,根据任务的形式配备相应的工器具,并在网络传输的作用下将工器具传达到库房,库房工作人员对工器具进行监测分析。库房内的每一种工器具都要安装配置相应的无线射频识别智能芯片,在芯片的作用下对工器具的名称和出入库管理信息进行全面的记录。

5 结束语

综上所述,带电作业的实现能够确保电网经济的稳定运行,实现电网供电的可靠性和安全性,保证电网设备的完好。将射频识别技术、地理信息数据等应用到带电作业中是一种有利于民生发展、促进电网建设的技术,因此要得到有关人员的推广应用,并在以人为本的要求下实现对带电作业系统的人性化设计,从而在促进带电作业稳定发展的同时为社会发展建设创造出更多的效益。

参考文献

- [1] 刘珍娜. 基于虚拟现实的带电作业机器人智能控制系统[D]. 山东: 山东建筑大学, 2014.
- [2] 姜振廷. 六自由度带电作业机器人的运动仿真及动力特性分析[D]. 山东: 山东建筑大学, 2014.
- [3] 石亮, 龚景阳, 鲍晓华. 基于RFID射频识别技术的带电作业智能化管理系统研发及应用[J]. 华东电力, 2010(12): 1924-1927.
- [4] 白祎花. 基于Web GIS智能化电网带电作业系统的研究与应用[J]. 电子测试, 2013(10): 90-94.
- [5] 胡毅, 刘凯, 彭勇, 苏梓铭, 吴田. 带电作业关键技术研究进展与趋势[J]. 高电压技术, 2014(07): 1921-1931.
- [6] 郑和平. 带电作业仿真培训系统的设计与实现[D]. 电子科技大学, 2012.

(责任编辑: 贺大亮)

电磁式电压互感器校验仪

王东海, 王晓霞, 李建峰

(国网河南登封市供电公司, 河南 登封 452470)

1 选择课题

按照《国网郑州供电公司电力可靠性工作管理细则》要求, 为保证供电可靠性, 对设备检修的合格率必须达到 100%, 使设备以最好的状态投入运行。按照登封市供电公司检修试验工作不仅应修必修, 修必修好, 还应以快速高效的方法完成任务。由于预试期间应尽量减少停电时长, 在停电时间内应在保证准确率的情况下缩短耗时, 运维检修部门内部的要求单只电压互感器的试验时间不应超过 20 min。

对一年中全局 21 座变电站 42 组 10 kV 电压互感器中部分同一型号进行试验, 时间明显高于部门规定的 20 min, 不能达到要求。然后对试验耗时做了进一步统计, 在互感器整个试验过程中, 空载电流和空载损耗试验用时为 18.4 min, 占到了总试验时间的 69.43%, 是造成整个工作时间过长的主要环节。因此对空载电流和空载损耗试验的过程进行分解, 对各个步骤所用的时间进行分析, 接线和拆线时间占有较大比重。

2 设定目标

考虑通过缩短拆接线时间将电压互感器的综合试验时间由原来的 26.5 min 缩短为 20 min。

3 制订对策

3.1 方案制订

由于从市场上买专业的试验仪器造价昂贵, 且只能检测空载电流, 不能检测空载损耗, 性价比不高。因此, 认为根据实际工作经验, 制作一个能同时检测空载电流和空载损耗的专用仪器。

3.2 方案实施

3.2.1 试验原理图

根据常规试验接线方式绘制出接线原理图。

3.2.2 原料购置

根据试验原理, 购置了相关仪表。

为保证校验仪的准确度, 首先将购置的仪表进行校验, 经测试全部合格。然后根据各个仪表的尺寸, 定制了一个长 500 mm, 宽 410 mm, 高 110 mm 的铝合金箱子。

用一块专用的绝缘隔板作为试验箱的面板, 并根据各个试验仪表的表计窗口的大小进行加工, 经过组装及焊接制作完成如图 1 所示。



图1 校验仪实物图

4 效果检查

校验仪制成后, 先在高压室对一只电压互感器进行检测, 测试数据准确, 测试时间大大缩短。随后又在新建的 110 kV 石道变电站中, 对 35 kV 和 10 kV 电压互感器进行试验, 得出电压互感器的试验平均时间由原来的 26.5 min 降为 15.6 min, 满足公司要求的 20 min, 目标达到; 在造价上, 自制校验仪共花费 9200 元, 而专业校验仪的市场售价在 5 万元以上。经综合分析, 自制校验仪的耗时比传统方法大大减少, 耗资也较市场有明显优势。

5 巩固措施

为了使试验人员熟悉设备的工作原理、性能和使用方法, 将制订作业指导书并对操作人员进行业务培训。

6 结束语

随着时代的发展, 各行业对电力的需求在不断地增长, 供电可靠性是我们共同的目标, 每年的预试工作中提前送电 1 h 就能换来人们对电力行业的更多信赖。电压互感器的试验工作作为预试的重要项目, 这个电压互感器校验仪的制作将会大大减少试验耗时, 减少因接线、拆线烦琐而引起的操作失误, 提高工作效率, 减少预试时间, 给公司带来更多的社会效益。

(责任编辑: 贺大亮)

减少变电站弹簧操作机构线圈的烧毁次数

张志伟

(国网河南滑县供电公司, 河南 滑县 456400)

1 选题理由

断路器操作机构的种类较多, 鉴于弹簧操作机构动作快、电机功率小等优点, 因此得到了广泛的应用, 尤其在县级供电企业。公司95%以上的断路器都是弹簧操作机构。因此, 特选定课题“如何减少变电站弹簧操作机构线圈的烧毁次数”。

2 现状调查

对全县变电站合、分闸线圈烧毁情况进行了调查, 合闸线圈烧毁在变电站线圈烧毁的次数中占非常大的比例, 达92.73%。因此, 减少合闸线圈烧毁的次数将有效减少变电站线圈的烧毁次数。

3 原因分析

根据合闸回路的路径, 经讨论分析, 最终将与合闸线圈烧毁有关的因素归结如下。

出现异常处理不及时。一次合闸没有成功后, 说明合闸中间环节出现了问题。但这时线圈可能还没有烧毁。假如继续连续操作, 线圈将可能会因通电时间过长或者温度过高而烧毁。

控制母线电压不达标。控制母线电压过低, 线圈产生的冲击力就不够大, 若这时机构又稍微有些动作不灵活, 就不能释放弹簧能量, 最后导致线圈烧毁。

弹簧未储能就合闸。断路器是否储能调度看不到。如果调度在未储能或未储能的情况下进行断路器操作, 合闸线圈将因长期通电而烧毁。

辅助开关故障。正常情况是断路器合闸时, 操作机构联动辅助开关, 使辅助开关的常闭触点打开, 常开触点闭合; 断路器分闸时正好相反。

保护装置插件故障。合闸指令是由保护控制装置发出的, 若保护装置内的合闸继电器发生故障, 造成合闸指令不能及时退出, 就会使合闸线圈长时间带电而烧毁。

线圈顶杆卡涩。如果顶杆与线匝之间的空隙中有杂质, 线圈通电时将增大吸盘的阻力, 减弱顶杆的顶力, 从而不能使弹簧能量释放而使线圈烧毁。故不要在顶杆与线

匝的间隙中加润滑油或其他润滑物质, 以免线圈受热将物质分解而增大摩擦力甚至卡涩。

操作机构故障。如果操作机构出现卡涩等故障, 合闸线圈通电后, 顶杆顶不动操作机构, 导致线圈长期通电而烧毁。

受潮等原因, 导致线圈绝缘降低。室外的断路器由于受雨、雪等的影响, 如果门关不严, 可能受潮。但经现场确认, 各站室外断路器门均密封良好。

通电次数。线圈的通电次数越多, 发热次数越多, 线圈的绝缘越受影响。但线圈本身就是工作再通电、发热状态的物品, 原本就是用来合闸分闸的。通电次数只是缩短线圈寿命不可避免的因素, 跟故障环境下不正常的烧毁不能混为一谈。

经过调查分析, 最终确定合闸线圈烧毁的要因是“操作机构故障”。

4 制订对策

针对“操作机构故障”采取的措施: 定期维护; 对老旧的操作机构进行更换。

5 对策实施

全县35 kV断路器使用的弹簧操作机构为CT14型, 10 kV断路器的机构多为CT19型, 也有CT23型的。但工作原理大致相同。根据各站情况, 做如下实施。

利用预防性试验等停电计划, 对站内各断路器操作机构进行必要的加注润滑油及紧固松动的螺丝、构件等细节性维护, 并保证检修质量。调整后分合闸试验, 确保机构工作稳定可靠。

对35 kV老庙变电站等变电站老旧的电磁式操作机构进行弹簧式操作机构的更换。

6 效果检查

措施实施后, 慈周寨、小铺、老庙3座变电站在负荷高峰的8、9、10月均没有出现线圈烧毁的现象, 初步实现了“减少变电站弹簧操作机构线圈烧毁次数”的阶段性胜利。

(责任编辑: 贺大亮)

提高自动化实时数据的准确性

潘鹏飞, 黄佳伟, 潘鸣飞, 卢曦, 纪翔

(国网辽宁省电力有限公司大连供电公司, 辽宁 大连 116011)

1 课题选择

对3年以来实时数据进行统计, 准确性分别为96%、94%、91.5%, 问题日益突出, 提高准确性迫在眉睫, 因此选定提高自动化系统工作站可用率作为本次QC活动的课题。

2 目标确认

根据数据计算结果, 把本次课题的活动目标确定为: 实时数据的准确性由91.5%提高到98%。

3 原因分析

为了更好地实现目标, 对主站数据处理故障的原因进行了分析, 共得出6个末端因素: 考核制度不健全; 多源数据冲突; 设备供电方式不可靠; 培训工作不够; 主站设备配置不满足; 数据处理异常突变。

4 要因确认

考核制度不健全。公司已经实现绩效考核制度, 并且班组也有完整的管理考核标准, 都与个人的经济责任制挂钩。结论: 非要因。

多源数据冲突。由于主站数据处理过程不能选取单一数据源进行数据刷新, 多源数据所带来的强冲突容易造成实时库损坏和进程的堵塞, 在2014年共发生21次。结论: 要因。

设备供电方式不可靠。供电方式采用两套UPS不间断持续供电。结论: 非要因。

培训工作不够。班组的业务培训工作, 已按培训计划执行, 并达到本单位要求的培训时间, 技术问答均达到良好以上水平。结论: 非要因。

主站设备配置不满足。主站设备采用冗余配置, 能够有效地进行数据处理。结论: 非要因。

数据处理异常突变。采用两台数据处理主机, 如果一台运行发生异常突变, 系统自动切换到另一台运行。结论: 非要因。

特殊计算叠加。需要的特殊计算共计124项, 当计算过密地被应用程序同时使用, 叠加结果导致数据处理异常死机。在2014年共发生13次。结论: 要因。

5 制订对策

QC小组针对多源数据冲突和特殊计算叠加两点要因, 进行了讨论分析并制订了对策表如表1所示。

表1 对策表

主要原因	对策	目标	措施
多源数据冲突	进行多数据源选择, 判别可靠数据源进行操作	解决多源数据冲突	由经验法设定数据源权重的初值; 数据源权重由程序自动修改并判别
特殊计算叠加	采用特殊计算嵌套	杜绝数据处理时异常死机	改变功率总加计算方式; 改变母线平衡计算方式

6 对策实施

实施一: 多元数据冲突。由经验法设定数据源权重的初值。首先自动化维护人员根据经验, 选择通信质量好、通信程序运行稳定的数据源设为低值, 由填库文本和人工界面修改来完成设置。数据源权重由程序自动修改并判别。系统引入了数据源权重自动判别程序, 用它进行多数据源的自动切换工作。它的主要工作原理是: 对各通道的通信误码率进行统计, 判断通信过程是否中断、判断数据是否刷新、判断数据是否异常, 再由这些因素来决定各数据源的权重数值。

实施二: 特殊计算叠加。改变功率总加计算方式。大连地区功率总加由过去的各220 kV变电站的主变主一次有功相加。现改为先计算各变电站的有功总加, 再由各变电站的有功总加合成大连地区有功总加, 同样的方法推广到区域有功总加和无功总加。改变母线平衡计算方式。变电站母线平衡的特殊计算, 由全站同电压等级的各个间隔的有功之和。现改为先计算每条母线上间隔的有功总加, 再由各母线上间隔的有功总加合成母线平衡的特殊计算。

7 效果检查

根据巩固期的统计结果看, 自动化实时数据的准确性达到了99%, 超过预定目标的98%, 小组活动效果显著, 超额实现目标。

(责任编辑: 贺大亮)

基于分布式电源接入的全网线损模型

胥超, 万旭, 张健, 温鲁平, 李瑜, 刘华博, 苗垒

(国网山东济南市历城区供电公司, 山东 济南 250100)

摘要: 分布式电源用户接入电网对典型供电模式下的线损计算产生了影响, 如 0.4 kV 台区线损率、10 kV 配电线路线损率、母线电量不平衡率均产生了异常, 本文阐述如何对模型的重新设计和改进, 从而实现全网各电压等级线损模型的优化处理。

关键词: 分布式电源; 线损模型; 综合线损率; 网损率; 10 kV 线损率; 0.4 kV 线损率

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0048-03

1 典型线损模型

为了清楚说明电网各级电压等级线损产生和线损电量、线损率的计算过程在此通过一个典型的 110-0.4 kV 电网进行说明。

1.1 全网综合线损

通常也称为分区线损率, 即该网其供电量为电厂上网电量 + 电网输入电量 - 电网输出电量, 售电量即区域内销售给终端用户的电量, 包括销售给本区域内用户 (含趸售用户) 和不经相邻区域电网而直接销售给相邻区域终端用户的电量, 如图 1 所示。

1.1.1 供电量构成

由 110 kV、35 kV、10 kV 线路、主变送入区域电网的

输入电量, 其中包含由上级电网转供电量、相邻区域的输入电量及电厂的上网电量。

由 110 kV、35 kV、10 kV 线路、主变送出到区域电网的输出电量:

$$\text{全网供电量} = A + D + I + J - C - F - M - O$$

1.1.2 售电量构成

售电量为区域内销售给最终用户的电量:

$$\text{全网售电量} = B + E + L + N + P$$

1.1.3 综合线损率计算式

线损电量 = 全网供电量 - 全网售电量

综合线损率 = 线损电量 / 全网供电量 × 100%

1.2 35~110 kV网损模型

35 kV 及以上电压等级电网的线损主要由 35 kV、110 kV

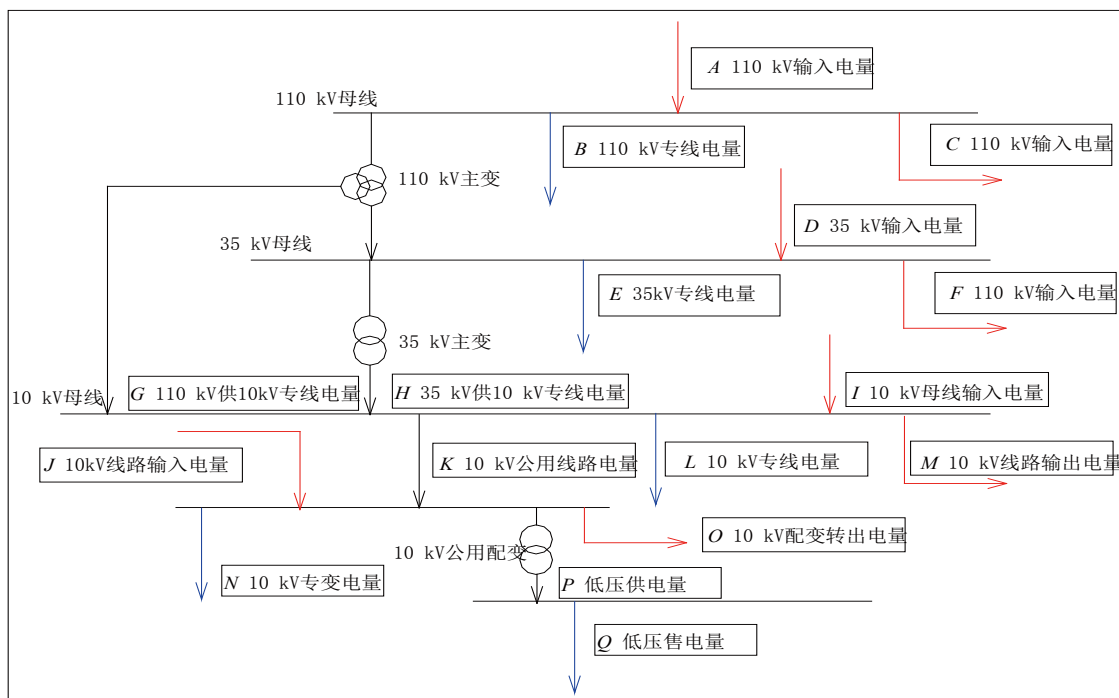


图1 110 kV降压型电网电量分布图

输电线路、母线和主变等设备产生的损耗组成,另外根据国家电网公司相关规定:自用电纳入线损统计,因此网损电量还应包含 35 kV ~ 110 kV 站用变电量。

1.2.1 供电量组成

供电量是指指流入 35 kV 及以上电网的电量,包含从外部电网或电厂由 110 kV 线路送入 110 kV 变电站或用户的电量、由外部电网或电厂由 35 kV 线路送入 35 kV 变电站的电量,即

$$\text{网损供电量} = A + D + I$$

1.2.2 售电量组成

售电量流出 35 kV 及以上电网的电量,包含由 110 kV 及 35 kV 系统流向其他电压等级的电量,110 kV 及 35 kV 高压用户售电量,转出到其他电网公司的电量,即

$$\text{网损售电量} = B + E + I + K + C + F + M$$

1.2.3 综合线损率计算式

$$\text{网损电量} = \text{网损供电量} - \text{网损售电量}$$

$$\text{网损率} = \text{网损电量} / \text{网损供电量} \times 100\%$$

1.3 10 kV 线损电压等级线损

10 kV 电压等级电网线损主要由 10 kV 配电线路及配电变压器产生的损耗构成。

1.3.1 供电量组成

供电量是指流入 10 kV 电网的电量,包含由 110 kV 和 35 kV 主变供 10 kV 母线的电量;由外部电网或电厂由 10 kV 线路送入 10 kV 系统的电量,即

$$10 \text{ kV 电网供电量} = G + H + I + J$$

1.3.2 售电量组成

售电量是指流出 10 kV 电网系统的电量,包含流向其他电压等级的电量,10 kV 高压用户售电量,由 10 kV 系统转出到其他电网的电量,即:

$$10 \text{ kV 电网售电量} = N + P + Q$$

1.3.3 综合线损率计算式

$$10 \text{ kV 线损电量} = 10 \text{ kV 电网供电量} - 10 \text{ kV 电网售电量}$$

$$10 \text{ kV 线损率} = 10 \text{ kV 线损电量} / 10 \text{ kV 电网供电量} \times 100\%$$

1.3.4 10 kV 分线线损率计算公式

$$\text{线路供电量} = \text{变电站出线输入电量} K$$

$$\text{线路售电量} = P + N$$

$$10 \text{ kV 分线线损率} = [K - (P + N)] / K \times 100\%$$

1.4 0.4 kV 及以下电压等级线损

0.4 kV 及以下电压等级线损是指公用变压器低压总表到所有低压用户端电能表之间的电能损耗,主要是低压配电线路和电能表的损耗。

1.4.1 供电量组成

供电量是指公用变压器低压侧总表电量,即

$$0.4 \text{ kV 供电量} = P$$

1.4.2 售电量组成

售电量是指直接由台区低压侧出口处计量的低压无损电量及经低压配电线路流入用户端表计量处的有损电量,即

$$0.4 \text{ kV 售电量} = Q$$

$$0.4 \text{ kV 线损率} = (P - Q) / P \times 100\%$$

2 分布式电源接入网损模型设计

由于分布式电源的存在,按照不同接入系统会产生不同的电量倒送情况,如图 2 所示。

若光伏电源接入低压线路或台区低压侧,当电源所在台区内用电负荷无法消化台区接入的光伏电源上网负荷时,就会产生负荷由 0.4 kV 电网向 10 kV 电网倒送的现象,则产生 0.4 kV ~ 10 kV 的倒送电量。

若光伏电源接入 10 kV 线路或 10 kV 母线,当 10 kV 线路接带用电负荷或 10 kV 母线送出的用电负荷无法消化光伏电源上网负荷时,就会产生负荷倒送的现象,则产生 10 kV ~ 35 kV、10 kV ~ 110 kV 的倒送电量。

当各电压等级的分布式电源的负荷进一步倒送到 35 ~ 110 kV 电网,而电网用电负荷无法消化倒送负荷时,负荷会进一步倒送,甚至由 10 kV、35 kV 及 110 kV 区域关口向上级电网倒送。

2.1 全网综合线损

2.1.1 供电量构成

除了电网的输入电量、输出电量还包含区域内分布式电源的上网电量及倒送电量,即

$$\text{全网供电量} = A + D + I + J - C - F - M - O + Q + N' + L' - A' - D' - I'$$

2.1.2 售电量构成

售电量为区域内销售给最终用户的电量,即

$$\text{全网售电量} = B + E + L + N + P$$

2.1.3 综合线损率计算式

$$\text{线损电量} = \text{全网供电量} - \text{全网售电量}$$

$$\text{综合线损率} = \text{线损电量} / \text{全网供电量} \times 100\%$$

2.2 35-110 kV 网损模型

2.2.1 供电量组成

供电量除了由上级电网流入本电压等级的电量,还包含下级电网流入本电压等级的倒送电量,即

$$\text{网损供电量} = A + D + I + H' + G'$$

2.2.2 售电量组成

售电量不仅包含流出 35 kV 及以上电网的电量、110 kV 及 35 kV 高压用户售电量、转出到其他电网公司的电量,还包含倒送到上级电网的倒送电量,即

$$\text{网损售电量} = B + E + I + K + C + F + M + A' + D' + I'$$

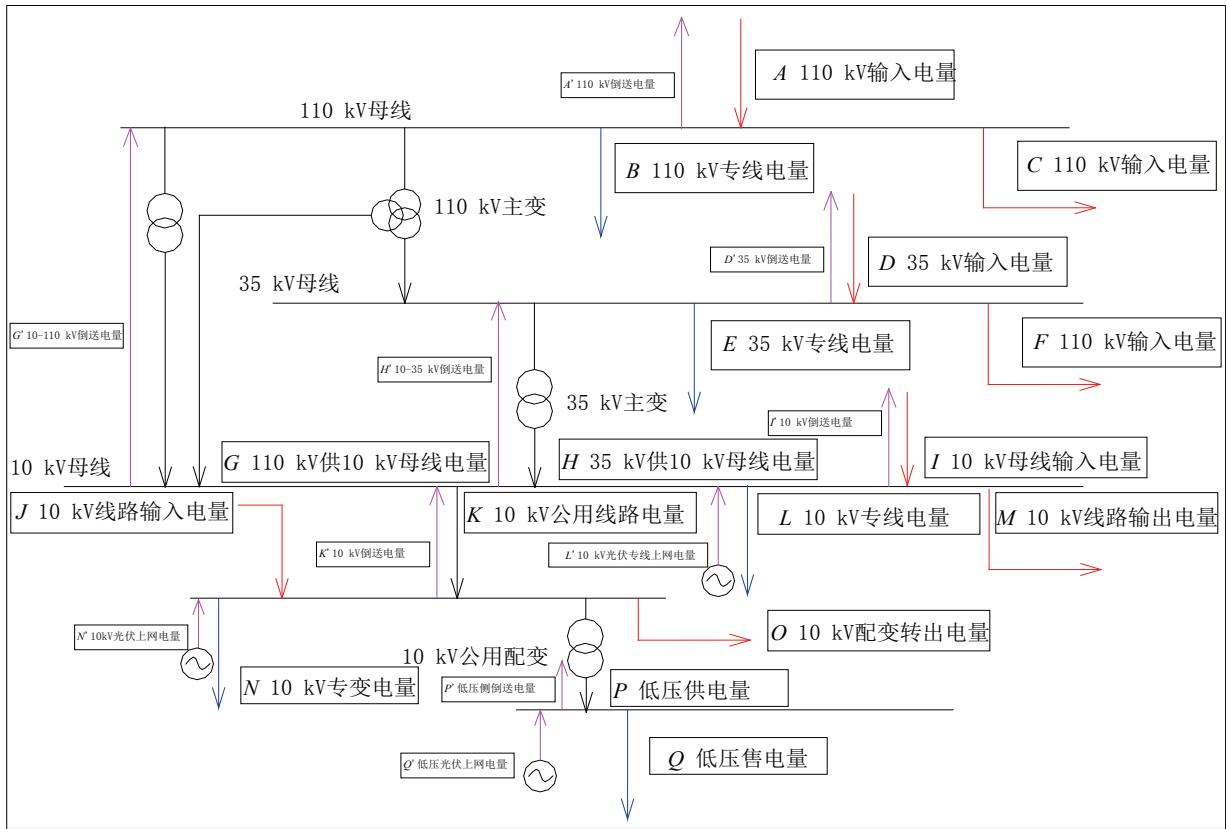


图2 含分布式电源的110 kV降压型电网电量分布图

2.2.3 综合线损率计算式

网损电量 = 网损供电量 - 网损售电量

网损率 = 网损电量 / 网损供电量 × 100%

2.3 10 kV线损电压等级线损

2.3.1 供电量组成

供电量是指本系统其他电压等级流入 10 kV 电网的电量、外部电网或电厂由 10 kV 线路送入 10 kV 系统的电量，还包含由公用台区倒送到 10 kV 线路的电力及由专线倒送到 10 kV 母线上的电量，即

$$10\text{kV 电网供电量} = G + H + I + J + P' + L'$$

2.3.2 售电量组成

售电量除了有 10 kV 电网流出到其他区域电网的电量、由 10 kV 电网系统流出到本系统其他电压等级的电量及 10 kV 高压用户售电量，还应包含由 10 kV 电网向 35 kV、110 kV 电网倒送的电量。

$$10\text{kV 电网售电量} = N + P + Q + G' + H'$$

2.3.3 综合线损率计算式

10 kV 线损电量 = 10 kV 电网供电量 - 10 kV 电网售电量

10 kV 线损率 = 10 kV 线损电量 / 10 kV 电网供电量 × 100%

2.3.4 10 kV分线线损率计算公式

线路供电量 = 变电站出线输入电量 $K + P'$

线路售电量 = $P + N + K'$

10 kV 分线线损率 = $(K + P) - \text{线路售电量} / (\text{线路供电量}) \times 100\%$

2.4 0.4 kV及以下电压等级线损

2.4.1 供电量组成

供电量不仅包含公用变压器低压侧总表电量，还应增加分布式电源上网电量

$$0.4\text{kV 供电量} = P + N'$$

2.4.2 售电量组成

售电量不仅包含由台区低压侧出口处计量的低压无损电量及经低压配电路流入用户端表计计量处的有损电量，还应增加由台区倒送到 10 kV 线路上的电量，即

$$0.4\text{kV 售电量} = Q + P'$$

$$0.4\text{kV 线损率} = ((P + N') - (Q + P')) / (P + N') \times 100\%$$

3 总结

通过对分布式电源接入系统全网线损模型的设计和改造，实现了正确计算全网各电压等级的损耗，有利于开展“分区、分压、分线、分台区”的四分管理工作的开展，并且可以起到监视结算关口电量、各元件损耗及直供电量是否正常的作用，从而起到提高公司经济效益的作用。

(责任编辑: 张峰亮)

光储交流微电网示范项目 在青海地区的建设

李 兴, 王彩华, 王正辉, 杜风宇

(青海省电力设计院, 青海 西宁 810008)

摘要: 文章通过对分布式发电系统及大量分布式发电系统并网对配电网影响的分析, 引出了微电网的概念, 并分析了其相较于分布式发电系统的优点。探讨了微电网的典型结构, 并对结构简单的光储微电网进行了重点说明。从光伏微源的特性、电力电子控制装置、储能装置的配置、光储容量配比及孤岛控制等方面重点研究了光储微电网研究中的关键技术。最后, 分析了光储微电网在青海地区建设发展的可行性及优势。

关键词: 微电源; 微网技术; 光储微电网; 关键技术; 可行性及优势

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0051-03

分布式发电系统最主要的特点是满足本地负荷的需要, 进行电力的就地平衡, 减少远距离输电的投资及相关的运维费用, 降低线路损耗; 与传统大电网形成互补, 进而提高供电可靠性。另外, 对于减少环境污染, 促进建设地区的经济发展将产生积极的作用。然而, 大量的分布式发电系统并网将会对配电网产生很大的影响。文献 [1] 主要从以下几方面研究了分布式发电并网对配电网的影响: 对网损的影响, 对线路上潮流的影响, 对电压的影响, 对电能质量的影响, 对系统保护的影响, 对可靠性的影响等。为了充分发挥分布式发电的价值与效益, 学者们提出了微电网的概念。微电网通常的定义为^[2]: 由分布式发电单元、储能装置、能量转换装置以及负荷组成的小型发、配、用电系统。

分布式发电组成微电网运行具有以下几方面的优点: 有助于提高配电系统对分布式电源的接纳能力; 可有效提高间歇式可再生能源的利用效率, 在满足冷、热、电等多种负荷需求的前提下实现用能优化, 亦可降低配电网损耗, 优化配电网运行方式; 在电网严重故障时, 可保证关键负荷供电, 提高供电可靠性; 可用于解决偏远地区、海岛和荒漠中用户的供电问题。

基于微电网技术在国内外已经有了广泛的研究, 具备了示范项目建设的技术储备。国家能源局发布了《国家能源局关于推进新能源微电网示范项目建设的指导意见》明确了新能源微电网是未来能源的发展趋势。微电网技术的发展同样响应了国家“十三五”规划中“创新”及“绿色”的发展理念, 在此大背景下, 微电网技术势必得到蓬勃的发展。

1 微电网的典型结构

微电网的种类很多, 包括直流微电网、交流微电网以及交直流混合型微电网。近年又有学者为了从根本上解决交流微电网中的环流问题, 提出了一种微源逆变器串联连接型的微电网, 然交流微电网是最早提出的一种结构形式的微电网, 是主要的研究对象, 其典型结构如图 1 所示。

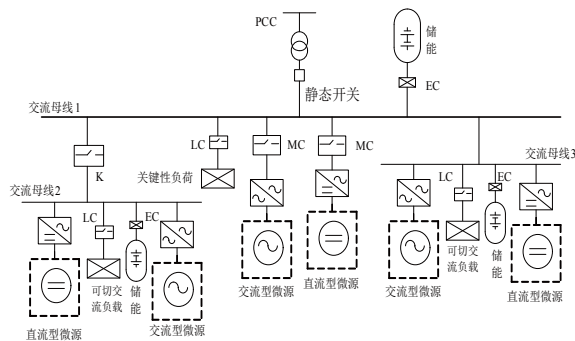


图1 交流微电网的典型结构

如图 1 所示的典型交流微电网结构较为复杂, 交直流微源可为风力发电系统、光伏发电系统、燃气轮机及储能系统, 3 条交流母线均并有储能装置。该结构的交流微电网含有多种微源, 孤岛运行时微源逆变器的控制方式较为复杂, 然微电网的结构也可以很简单, 如光伏发电系统和储能装置可以组成结构简单的微电网。

文章重点分析这种由光伏发电系统及储能装置组成的、结构简单的微电网在青海地区的应用前景。其典型结构如图 2 所示^[3]。

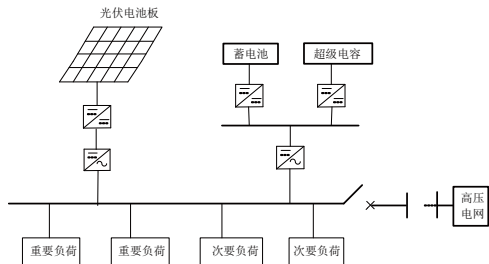


图2 光储微电网的典型结构

2 光储微电网研究中的关键因素

2.1 光伏微电源的特性

光伏微源的随机性和间歇性最终表现为微电网输出电压的波动。研究表明^[4]，在某一时间段内，当光照强度基本维持恒定，温度发生较为明显的变化时，光伏电池板的开路电压随着温度的逐步升高而逐渐减小，但变化量却很小，对应短路电流的变化量更小，最大功率输出点发生小幅偏移。

在某一时间段内温度恒定而光照强度发生明显变化时，光伏电池板的开路电压和短路电流均发生明显变化。就光储微电网而言，光伏微源的出力随光照强度的随机变化是影响系统稳定运行的最主要的因素。

光伏发电系统的拓扑结构中，光伏微源经过 DC/DC 变换电路实现系统的最大功率跟踪控制，再经由逆变器以及滤波电路将电能输送给系统的交流母线，最终为交流负载供电或通过升压变并网。由光伏发电系统的拓扑结构可知，光伏发电系统通过大量的电力电子变换装置接入系统，势必会给系统注入谐波，对整个系统的电能质量造成不利影响。

2.2 光储微电网中的光储容量配比问题

光储微电网中，储能系统最主要的作用是为整个系统提供快速的能量缓冲，储能电池一般有 3 种工作模式：平滑光伏发电系统的功率输出曲线；跟踪计划出力曲线；削峰填谷。光储微电网中储能容量的配置，既应考虑经济性问题，也应考虑系统受扰后的稳定性问题。在兼顾系统的稳定性的同时，以某个经济指标作为目标函数，将储能容量纳入光储微电网系统的有功平衡进行建模，从而确定最佳储能容量。

文献 [5] 为了抑制可再生能源输出波动的影响，研究了利用离散傅里叶变换对可再生能源输出功率进行频谱分析，基于频谱分析的结果，考虑储能系统充放电效率、剩余能量水平及可再生能源发电系统目标功率输出波动率的约束，从而确定储能系统的最佳容量。

2.3 孤岛控制

当光储微电网孤岛运行时，失去了大电网的电压及

频率支撑，如何实现系统的能量供需平衡及稳定运行是要研究的关键问题。文献 [6] 对目前的 6 种微电源和储能装置联合运行的控制技术及其优缺点进行了列举说明，分别为：储能装置和所有的微源一起参与调节的纯下垂控制；根据储能装置配置不同，分别采用单主逆变器方式和多主逆变器方式的逆变器模式控制；储能装置以同步发电机模式执行二次控制的基本能源控制；基于低压配电网的阻性特性，通过控制有功输出来调节电压，通过控制无功输出来调节频率的反向下垂控制 (reverse droop control)；遵循对等和即插即用原则，采用单元功率控制模式、馈线潮流控制模式或将这两种模式相结合的自主控制；储能装置以负荷跟踪单元模式运行，其他微源采用 PQ 控制的多 Agent 控制模式。

2.4 系统保护

光储微电网并网运行时，由于潮流的双向流动性，改变了传统配电网的辐射型结构，微电网的保护措施与传统保护有着极大的区别，主要在于功率流动的双向性及并网和孤岛两种运行方式短路容量的不同^[7]。

当光储微电网独立运行时，当系统中某一点发生短路故障时，基于电力电子变换的光储微电源为该点提供的短路电流通常会被限制在两倍额定电流之内，远小于联网运行时系统及光储微电源提供的短路电流，需要在两种不同的运行方式下对整定参数进行分别设定，给保护装置的工作造成困难。

3 光储微电网在青海地区的应用前景

3.1 太阳能利用技术在青海的适用性

青海省太阳能资源属于“资源最丰富”地区，仅次于西藏，位居全国第二，其空间分布特征是^[8]西北部多，东南部少，太阳能资源特别丰富的地区位于柴达木盆地、唐古拉山南部，年太阳总辐射量大于 6800 MJ/m²；太阳资源丰富的地区位于海南（除同德）、海北、果洛州的玛多、玛沁、玉树及唐古拉山北部，年太阳总辐射量为 6200 MJ/m² ~ 6800 MJ/m²；太阳能资源较丰富地区主要分布于海北的门源、东部农业区、黄南州、果洛州南部、西宁市以及海东地区，年太阳总辐射量小于 6200 MJ/m²。青海省年太阳能技术可开发量为 3.853 × 10¹² MJ，相当于每年获得 1.154 × 10⁸ t 标准煤。

3.2 青海电网存在的问题

青海省果洛、玉树、黄南南部等地区距离青海主网架均很远，部分地区主要以地区小水电为电源支撑，且用电高峰在冬季，但冬季水资源偏枯，电源结构问题导致供需矛盾突出。青海农牧区地广人稀，负载小而分散。且电网结构基本为单线单变，供电可靠性低。

3.3 光储微电网对青海电网的补充作用

基于青海地区的光资源优势,可以考虑在与大电网弱连接的地区建立联网型微电网,从而提高地区的供电可靠性。对于联网型微电网,并网点的交换功率和时段要具备可控性,规划区建设的光储微电网,光伏微电源的装机容量宜达到地区最大负荷的一半以上,且其应具备孤岛运行的能力。

对于青海的偏远的农牧地区、偏远的居民集中安置点可建设独立型微电网;对于送电到乡或无电地区建设已经建成但供电能力不足的村级独立光伏电站可进行改造,配置容量适中的储能装置、运行监控系统,从而提高供电可靠性,且应以柴发电机作为冷备用^[9],从而保证极端气候条件下的持续供电。

3.4 实施步骤

青海地区发展光储微电网,首先应当摸清玉树、果洛以及黄南南部等地区的电网现状及地区“十三五”期间的电网发展规划。统计无电地区及与大电网弱连接地区的人口、资源、经济发展情况,进而确定联网型微电网与独立性微电网在不同地区的适应性及具体规模。基本步骤为:调研各偏远农牧地区生产生活的基本情况;根据调研结果确定各个不同地区微电网的建设规模及结构配置;容量配比的优化研究;因地制宜,进行微电网建设,并分析其在引领技术进步、促进产业升级、优化分布式发电系统等方面的作用。

4 结论与展望

文章主要研究了微电网技术及光储微电网在青海地区建设的可行性及优势。微电网技术经过理论研究、实验室研究以及示范基地的建设,进行实际推广具有足够的技术储备及运行可行性;立足青海地区的资源优势,在青海地区发展光储微电网能够解决偏远农牧地区无电或供电可靠性差的问题,对青海主干网架具有很好的补充作用,相对于配电网的延伸具有良好的经济效益。

文章重点分析了结构简单的光储微电网研究中的关键技术及在青海地区的应用前景。青海除了光资源分布普遍丰富以外,部分地区其他新能源资源同样非常可观。风、光、天然气等各类分布式能源多能互补,将光储微电网的电源结构进行拓展,在青海地区发展具有多种微源的新能源微电网是今后要研究的重点。

参考文献

- [1] 李蓓,李兴源.分布式发电及其对配电网的影响[J].国际电力,2005,9(3):45-49.
[2] 王成山,武震,李鹏.微电网关键技术研究[J].电工技术学

报,2014,29(2):1-12.

- [3] 李斌,宝海龙,郭力.光储微电网孤岛系统的储能控制策略[J].电力自动化设备,2014,34(3):8-15.
[4] 李兴,白斌,杨丽,甘燕凌.风光微源特性对交流微电网孤岛运行电压稳定性的影响.重庆理工大学学报(自然科学版),2016,30(8):69-75.
[5] 吴云亮,孙元章,徐箭等.基于饱和控制理论的储能装置容量配置方法[J].中国电机工程学报,2011,(31)22:32-39.
[6] 丁明,张颖媛,茹美琴.微电网研究中的关键技术[J].2009,33(11):6-11.
[7] 刘立杰,吴福保.微电网技术在中国的研究现状和应用前景[J].信息系统,2010,第6期,总第277期:39-40.
[8] 李春来,朱慧敏.青海光伏电站接入电网调度模式探讨[J].电力科技与环保.
[9] 国能新能[2015]265号.国家能源局关于推进新能源微电网示范项目建设的指导意见.

(责任编辑:张峰亮)

资讯

■ 国网辽宁电力启动营口忠旺铝业渤海站二期项目 服务辽宁“五点一线”沿海经济带发展

2月14日,辽宁营口忠旺铝业渤海站二期项目开始施工,项目包括渤海500kV变电站220kV渤铝3号、4号线间隔扩建及220kV I、II分段间隔改造。

据了解,为满足营口忠旺铝业等大型重工业集团负荷需求,辽宁电力检修公司自2014年分批开展渤海500kV变电站220kV系统改造,先后新增两条220kV出线,变更6条220kV出线一次间隔位置以及二次接线。此次项目具体工程包括拆除渤海站220kV I、II分段间隔设备,利用原分段位置新建GIS220kV I、II分段间隔和1回220kV GIS出线间隔,渤铝四线接入与此相连的北侧预留间隔,两条出线共同接入营口忠旺铝业。

辽宁电力作为项目管理单位提前介入,组织召开了现场工程协调会,超前谋划,精心组织,并抽调公司各专业骨干力量成立了工程现场指挥部,强化施工期间电网安全生产管理工作,加强作业风险管控,严把验收关,尤其是施工工艺方面,积极协调现场施工进度,充分发挥现场指挥部的主动性和能动性,为该工程的有序开展和阶段性顺利投产提供了坚强保障。

据悉,项目预计于4月15日投产。项目竣工后,将极大满足营口忠旺铝业用电负荷增长需求,对提高供电质量、降低电能损耗和服务辽宁“五点一线”沿海经济带发展具有重大意义。

来源:国网辽宁电力省电力有限公司

变电站母排型接地线的改进

邵 懂, 郝刚刚, 李 贇

(国网浙江临安市供电公司, 浙江 临安 311300)

摘要: 针对变电站母排型接地线装设过程中存在的劳动强度大、操作效率低等问题, 通过对接地线及其装设过程的详细分析, 发现导致该问题的关键是导体端线夹的上夹板在母排上没有可靠的受力支点使其固定。针对该缺陷从结构上进行创新, 设计出可滑动的 L 型挡板以方便导体端线夹在母排上的可靠固定。改进后的接地线经专业机构检测并在现场试验操作均符合相关要求, 而且其装设过程简单方便, 工作效率和安全性都明显地得到了提升。

关键词: 母排; 接地线; 导体端线夹; L 型挡板

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0054-03

根据《国家电网公司电力安全工作规程》保证安全的技术措施要求, 必须进行“停电、验电、接地、悬挂标识牌和装设遮拦(围栏)”。其中装设接地线是保证检修作业人员人身安全必不可少的重要步骤和措施。接地线是将已停电设备与大地临时短路的一种安全器具, 也可以称为安全回路线, 其目的是在停电的高压设备上进行检查或其他变电施工等工作时, 为防止设备突然来电或其他临近高压带电设备产生静电或电磁感应触电, 同时也是为了释放停电设备储存的电能, 即限制检修设备产生对地电压, 保证检修人员的人身安全。接地线根据结构和被接地导体端的不同可以分为弹簧式、螺旋式以及导线型、母排型。这其中以螺旋式母排型接地线在实际的变电站停役过程中使用较为频繁, 而在母排接地过程中, 由于母排表面光滑的构造使得接地线夹的装设一直是一个操作复杂、费时费力的难点问题。该问题的存在不仅影响接地过程的操作效率, 而且不利于供电的可靠性。

鉴于变电运维人员对母排挂设接地线时, 反映使用螺旋式接地线对母排接地过程中劳动强度大、工作效率低且存在安全隐患等问题, 科学合理地对本公司常用的脱卸式接地线进行了改进, 这对减少线路停电检修时间、提高工作效率、降低劳动强度以及避免操作风险等具有重要意义。

1 母排型接地线的应用及存在的问题

螺旋式接地线凭借其简单耐用、接触良好, 在变电站接地操作中应用比较广泛, 而脱卸式绝缘杆结构在装

设接地线后可拆除绝缘杆, 不占用检修、操作空间, 适用于空间较为狭窄的场合。接地线(以螺旋式为例)由绝缘操作杆、导体端线夹、接地导线、汇流夹、接地端线夹等组成, 如图 1 所示。不同类型的接地线其结构组成也不尽相同, 但不论哪一种接地线, 电气性能部分作为接地线最主要的部分, 是实现停电检修设备与接地体之间导通的关键, 其包括导体端线夹、接地导线和接地端线夹三部分, 其中导体端线夹由上、下两个夹板构成, 上夹板为固定夹板, 下夹板为活动夹板, 导体端线夹的结构如图 2 所示。装设接地线应先接接地端, 后接导体端, 接地线应接触良好, 连接可靠, 而连接可靠的关键在导体端。理想情况下, 手握绝缘杆手柄端使操作杆旋转带动操作连接端转动, 操作连接端通过螺旋轨道向上挤压, 进而使下夹板向上进行移动, 与静止的上夹板共同作用夹紧待接地导体。而现场实际的操作过程并非如此顺利。



图1 螺旋式接地线的构成

根据变电运维人员日常使用螺旋式接地线反映的情

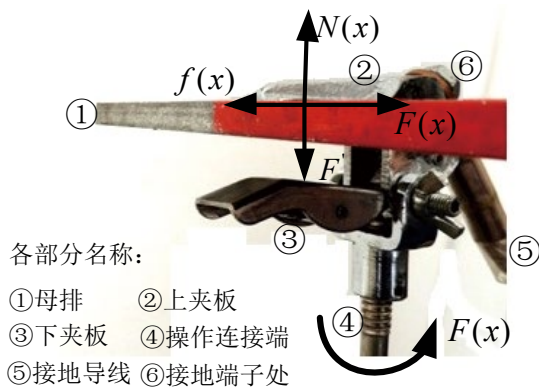


图2 导体端线夹的结构

况，导体端的挂设过程实际上是既费力又费时，其用在整个母排型接地装设过程占比高达60%以上。这不仅造成工作效率的下降和停电时间的延长，而且降低了供电的可靠性和优质服务水平。分析其中原因，除了母排架设位置高，接地导线笨重和操作必须穿戴绝缘手套等客观存在的制约外，最主要的还是导体端线夹的上夹板在母排上缺少相应的受力支点，即上夹板在母排上无法固定。具体表现在上夹板与母排之间的摩擦力不能抵消绝缘杆传动的旋转力，即 $f(x) < F(x)$ ，从而导致用力不当出现导体端线夹滑脱现象，这就要重新调整挂设导体端线夹，直至导体端线夹与母排之间的摩擦力随着下夹板的不断挤压增大到足以平衡传动的旋转力 $f(x) = F(x)$ ，从而使导体端线夹固定夹紧。这个复杂的调整过程严重影响了接地线装设效率，而对于脱卸式接地线如果这个调整过程使得导体端线夹与母排间的接触面减少或未完全夹紧，在拆拔绝缘杆时可能导致导体端线夹松动甚至脱落，威胁工作人员的安全。

2 对螺旋式接地线导体端线夹的改进

由于接地线装设过程中的问题主要集中在导体端的挂设上，因此设备改进的重点主要集中在导体端线夹上，其改造的主要目标是无论导体端线夹受到多大的旋转力在母排上都固定不动。对于母排表面光滑的这一客观事实，无论在上下夹板接触面上如何增大摩擦力，其效果都是杯水车薪。通过对比不同电压等级的母排发现，电压等级越高母排宽度越大，而导体端线夹的上下夹板是固定不变的，因此导体端线夹与母排的接触面也是固定的。针对导体端线夹在母排上无法固定，在原接地线导体端线夹上加装一个L型挡板，使其短直角边端卡在母排的侧面形成有效的着力支撑点；针对导体端线夹与母排的接触面不够，在L型挡板与固定板的连接处设计了一个可调节的滑动装置，通过调节螺丝可以伸缩L型挡板的长度，这样有效地解决了不同宽度母排的接

触面问题，设计如图3所示。

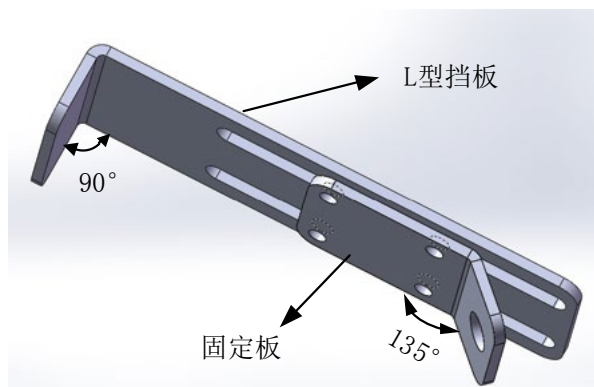


图3 可滑动的L型挡板

L型挡板与固定板均采用机械硬度强、耐腐蚀的镀锌钢板加工而成，它们的加工过程都非常简单，L型挡板是由 138.5×36 mm钢板加工而成的，其一端的22.5 mm被折成短直角边，而在长直角边距边线5 mm处开两个尺寸相同且平行的孔槽；固定板作为L型挡板与导体端线夹间的连接，其一端有直径9 mm的圆孔便于安装在接地线端子处，另一端钻四个相同的螺丝孔与两条平行的孔槽对应，并将其加工成 135° 夹角以便L型挡板贴紧导体端线夹的上夹板。与导体端线夹装配时，先将固定板安装在导体端线夹的接地线端子处，然后将L型挡板通过4个螺丝安装在接线头固件上，至此装配完成如图4所示，整个安装过程简单、易操作。



图4 改进后的导体端线夹

根据原有的螺旋式接地线导体端线夹存在的不足，在原有导体端线夹的基础上，附加了可以自由延伸的金属挡板装置，改进后的导体端线夹不仅增加了导体端线夹与母排的接触面，而且向外延伸的直角钩可以有效地防止导体端线夹的意外脱落，最重要的是使得导体端线夹受到的旋转力在母排上得到了有效的平衡，无论导体端线夹受到多大的旋转力在母排上都固定不动。在此改

进的作用下,当L型挡板与母排紧密贴合后,着力点阻止了导体端线夹在母排上的左右滑动,绝缘棒带动导体端线夹的传动轴旋转使得下夹板不断上升,最终和上夹板一起将母排夹紧。此改进无须对原导体端线夹进行特殊改动,附加的金属挡板拆装方便、灵活,适宜推广使用。

3 改进后的母排型接地线的性能验证及使用

虽然此次改进没有改变原接地线的整体构造,但出于安全考虑,还是对改进后的接地线的性能进行试验测试。接地线的性能优劣主要与接地线的绝缘特性、机械强度和电气性能等主要参数相关,并由相应关键部件的结构和材料决定,改进后的接地线与原接地线变化对比如表1所示。

表1 改进后的接地线与原接地线的变化对比

主要性能参数	关键部件	结构是否改变	材料是否改进
绝缘特性	操作杆	否	否
机械强度	操作杆	否	否
	操作连接端	否	否
电气性能	接地端夹及导线	否	否
	导体端线夹	是	是

由表1可知,改进后的接地线导体端线夹的结构有改进,附加材料有区别。这些改变可能会影响该接地线的电气性能,因此有必要对改进后的接地线进行电气性能的试验。本文通过对改进后的接地线与原母排型接地线的成组直流电阻比较来检验其电气性能,试验对比结果如表2所示。

表2成组直流电阻测试结果(20℃)

测试接地线类型	电阻测量值 (mΩ/m)
原母排接地线	0.688
改进后的接地线	0.687

表2的测试结果可以看出改进后的接地线与改进前的成组直流电阻值相差不大,并且都小于DL/T879-2004《带电作业用便携式接地和接地短路装置》规定的导线横截面积25mm²成组直流电阻0.79mΩ/m,说明改进后的接地线的电气性能满足标准规范要求,可应用于现场母排接地实际操作检验。

装设母排型接地线的步骤依次包括:核对间隔、验电、防误解锁、装设接地端、装设导体端、上锁等6部分。改进后的接地线仍按照原操作步骤进行操作挂设,仅此首次使用前根据不同电压等级的母排宽度预先调整好L型挡板的长度,使L型挡板的直角边与母排侧面刚好贴合,如图5所示。此时操作人员可随意用力旋拧绝缘操作杆,即可带动操作连接端旋转,并挤压下夹板不断上

升,最终上下夹板夹紧母排达到接地效果。整个过程一气呵成不存在导体端线夹滑动调整过程,在拆除脱卸式绝缘杆时也不用担心导体端线夹的意外滑落。经现场实际操作检验,改进后的接地线不仅提高了操作效率,而且保证了夹紧后的导体端线夹与母排的可靠接触面。



图5 改进后的导体端线夹

4 结束语

本文设计改进的接地线已获得杭州电力安全工器具检测中心试验合格报告,经多人多次现场实地操作使用后,证明采用加装L型挡板后的母排型接地线,不仅降低了劳动强度,而且大大提高了操作效率,并得到了广大变电运行操作人员的好评,目前该设计已获得实用新型专利受理书。接地线加装的L型挡板拆装灵活使用方便,即装即用,使得该设计改进具有较高的实用价值和推广前景。

参考文献

- [1] 张秀伟, 郑宇辉. 变电站多用接地线夹的功能研究[J]. 河南电力技术, 2016, 09:55-56.
- [2] 杨海威, 孟涛, 章璨, 翁志华. 接地线通用接地端的研制[N]. 湖州师范学院学报, 2015, 04:36-39.
- [3] 王昌幼. 可调式多角度接地线夹[J]. 广西电力, 2009, 03:49-51.
- [4] 刘生辉, 李柳松. 多角度可调式高压接地线的设计[J]. 广西电力, 2015, 02:63-65.
- [5] 洪行军, 方玉群, 赵俊杰. 输电线路新型接地线夹的研制和应用[J]. 浙江电力, 2015, 06:64-67.
- [6] 晏节晋, 张振威. 超(特)高压线路弹压式钩型接地线的研制[N]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2015, S1:109-112.
- [7] 魏亚瑟, 吕备, 袁静. 变电所携带型高压接地线改造设计研究[N]. 科技创新导报, 2015, 25:58-59.
- [8] 吴璠, 周安仁, 臧昱. 新型转换器的研制及在脱卸式接地线中的应用[N]. 上海电力学院学报, 2013, 01:17-20.

(责任编辑:刘艳玲)

智能控温除湿机 在室外GIS汇控柜中的应用

庞瑾¹, 汪晨¹, 成兵¹, 赵国栋², 吴孝兵²

(1. 国网芜湖供电公司变电运维工区, 安徽 芜湖 241000;

2. 杭州休普电子技术有限公司, 浙江 杭州 311100)

摘要: 分析室外变电站 GIS 汇控柜内凝露形成的原因及危害, 并通过在汇控柜内安装智能控温除湿机, 实现自动调节湿度, 有效防止了凝露现象。

关键词: 凝露; 汇控柜; 除湿机

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2017)02-0057-02

在 GIS 变电站中, 汇控柜内汇集了一个间隔里所有设备的二次回路, 包括断路器、隔离开关的控制、信号回路、保护、测量、计量用的电压、电流回路等。

汇控柜端子排、控制接线复杂, 是一次设备与二次设备之间的纽带, 在变电站的运行中发挥着重要作用。若外界环境湿度较大, 且温差较高时, 柜内空气遇到冰冷的柜体后易产生凝露现象, 导致二次回路绝缘强度降低^[1]、端子锈蚀, 甚至引起直流接地、保护装置误动等。因此, 在变电运维中, 凝露会产生较大危害, 必须引起足够的重视^[2]。

1 调查分析

凝露的形成是因为空气中的相对湿度达到饱和程度, 在相对温度较低的物体上凝结形成水珠。在室外 GIS 汇控柜, 设备容易受到环境温度的影响, 当柜体内的相对湿度达到饱和, 柜内温度较高的湿空气接触低温的柜壁后形成凝露^[2]。

变电站内 GIS 汇控柜中形成凝露的原因主要有以下三种情况。

一是梅雨季节或电缆沟内有积水, 若汇控柜封堵不良, 则电缆沟内的潮湿空气蒸发进入柜形成凝露。

二是在周围环境湿度高时, 凝露现象尤为严重。

三是天气寒冷时凝露形成的水在内部结冰, 它会随着温度升高蒸发为水汽, 在合适的温度再次凝露。

针对凝露现象, 主要有以下应对措施:

一是采用加热器, 对设备内部进行加热。但是这种方法只起到加热作用, 并没有将柜内的水汽排出, 不能从根本上解决问题。

二是在雨季过后打开电缆沟盖板让水自然蒸发。由于电缆沟盖板多且重, 这种方法劳动强度大, 效率低, 在雨

季无法实施。

三是用堵泥封堵汇控柜底部的电缆进线口, 将汇控柜与电缆沟物理隔离。这种方法可减少水汽进入, 但不能杜绝潮湿空气的进入。

目前国网芜湖供电公司所辖室外 GIS 变电站使用加热器进行驱潮, 效果欠佳, 经常在柜门和柜壁内侧发生凝露^[3]。公司尝试在汇控柜内部增设带排水功能的 SPECS50H 智能控温除湿机来提高温湿度控制水平。

2 装置介绍

SPECS50H 智能控温除湿机是采用了高性能的微控制芯片、先进的模糊控制算法以及工业级的器件, 便捷的控制方式以及外部负载控制、RS485 通信接口, 可以远程监控温湿度、控制外部加热器或风机。

智能控温除湿机采用半导体制冷方式除湿, 它将柜体内的潮湿空气吸收到机器内部, 空气中的水汽经过半导体制冷机构后冷凝成水排出柜体。除湿机在工作过程中功率微小, 在除湿时几乎不会影响柜体内的温度。

SPECS50H 智能控温除湿机还具备外部加热器控制功能, 使得除湿机可以在更低的温度环境中应用。

如图 1 所示, 智能控温除湿机利用温度传感器、湿度传感器分别感知汇控柜内的温度和湿度, 当达到设定值时启动装置进行工作。

3 半导体制冷主要技术介绍

N 型半导体。任何物质都是由原子组成, 原子是由原子核和电子组成。电子以高速度绕原子核转动, 受到原子核吸引, 因为受到一定的限制, 所以电子只能在有限的轨道上运转, 不能任意离开, 而各层轨道上的电子具有不同

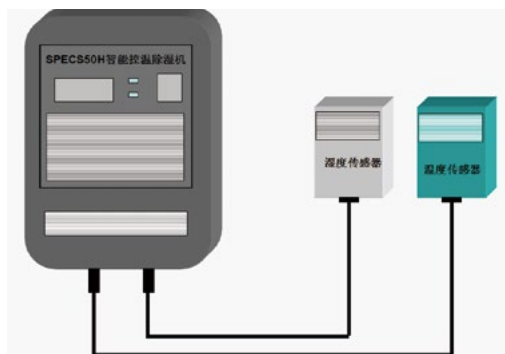


图1 智能控温除湿机接线图

的能量（电子势能）。离原子核最远轨道上的电子，经常可以脱离原子核吸引，而在原子之间运动，叫导体。如果电子不能脱离轨道形成自由电子，故不能参加导电，叫绝缘体。半导体导电能力介于导体与绝缘体之间，叫半导体。半导体重要的特性是在一定数量的某种杂质掺入半导体之后，不但能大大加大导电能力，而且可以根据掺入杂质的种类和数量制造出不同性质、不同用途的半导体。将一种杂质掺入半导体后，会放出自由电子，这种半导体称为N型半导体。P型半导体，是靠“空穴”来导电。在外电场作用下“空穴”流动方向和电子流动方向相反，即“空穴”由正极流向负极，这是P型半导体原理。

载流子现象：N型半导体中的自由电子，P型半导体中的“空穴”，他们都是参与导电，统称为“载流子”，它是半导体所特有，是由于掺入杂质的结果。

半导体制冷材料：不仅需要N型和P型半导体特性，还要根据掺入的杂质改变半导体的温差电动势率，导电率和导热率使这种特殊半导体能满足制冷的材料。目前国内常用材料是以碲化铋为基体的三元固溶体合金，其中P型是Bi₂Te₃-Sb₂Te₃，N型是Bi₂Te₃-Bi₂Se₃，采用垂直区熔法提取晶体材料。

三大温差电效应：

珀尔帖效应（PELTIER EFFECT）。1834年法国人珀尔帖发现了与塞贝克效应的效应，即当电流流经两个不同导体形成的接点时，接点处会产生放热和吸热现象，放热或吸热大小由电流的大小来决定。

塞贝克效应（SEEBECK EFFECT）。1822年德国人塞贝克发现当两种不同的导体相连接时，如两个连接点保持不同的温差，则在导体中产生一个温差电动势。

汤姆逊效应（THOMSON EFFECT）。当电流流经存在温度梯度的导体时，除了由导体电阻产生的焦耳热之外，导体还要放出或吸收热量。

4 除湿方法比较

4种除湿方法比较如图2所示。

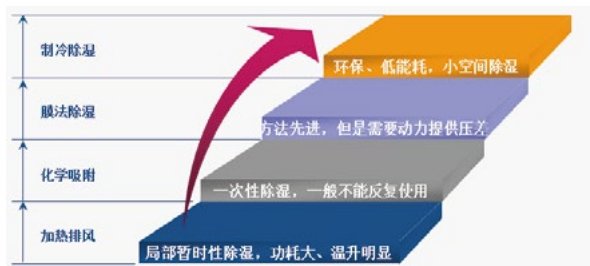


图2 4种除湿方法比较图

5 现场效果

如图3所示，公司在汇控柜内装设的智能控温除湿机。当相对湿度升高达到启动值时，智能控温除湿机启动，维持相对湿度不上升，柜内空气未饱和，并将潮气冷凝为液态水后经由引流管直接排至汇控柜外。



图3 现场安装图

在严寒、雨季、潮湿天气时，智能控温除湿机的安装降低了汇控柜内空气中的水份含量，有效地抑制了控柜内相对湿度的上升，破坏了凝露的形成条件，从根本上解决电气柜凝露现象，达到了预期除湿效果，起到了预防凝露的作用。

6 结束语

本文详细分析了GIS汇控柜内凝露形成的原因及其对设备安全运行带来的危害，并实施了在汇控柜内装设智能控温除湿机的方案，实现了温湿度调节、及时排水。这样使得汇控柜内的端子排、二次回路等在相对干燥的环境下工作，大幅提高了变电站设备的安全运行水平，增强了供电可靠性。

参考文献

- [1] 冯旭. 变电站端子箱凝露现象探究及改进[J]. 大众用电, 2011(12).
- [2] 张国灿. 变电站户外GIS机构箱等柜体防凝露改进措施的研究[J]. 电工技术, 2012(4).
- [3] 乐洋, 徐红, 星牛犇. 变电站户外汇控柜凝露防治[J]. 电力设备, 2016(1).

(责任编辑：刘艳玲)

电气设备智能化设计存在问题及应对措施

孙绪晓, 张姗姗

(国网山东省电力公司寿光市供电公司, 山东 寿光 262700)

1 电气设备设计采取智能化过程中存在的问题

1.1 电气设计方面

一个用电台区所辖供电区域的负荷情况, 既要从专业技术和经济可靠的合理性确定用电电压, 也要参考负荷分布布局和降压配变中心的位置, 计算出导线截面、配变容量、配套设备型号、参数等条件列表比值, 择优选用, 并按照设计的配电系统作线路结构和敷设方式, 出具平面设计图来表达设计成果。

1.2 智能化设计方面

配电设备输出用电, 是供电企业的末端负荷, 智能化组合就需要充分考虑电流波动、功率因数装置、继电保护和二次结线设计, 其短路电流可以按照无限容量供电系统供电计算, 首先由电力系统根据不同运行方式下的短路参数, 一一求出其短路电流, 再次通过配置电容器的规格和数量, 分别计算出数值所需的无功补偿, 进一步改善、优化功率因数。

1.3 防雷设计方面

雷击配网线路过电压是影响电网稳定的重要因素之一, 因此, 线路防雷是保障电网可靠、安全运行的关键手段, 在设计时要充分考虑本地区气象地质条件, 设计与之对应的防雷装置。

2 相对应的措施

2.1 设备分组分类

计算用电负荷又称需求负荷或是最大应用负荷, 计算用电负荷采用的是一个假想性的持续性负荷, 在设计设备配置时按照可靠性能、影响程度分为一级、二级和三级负荷, 而日常工作中, 也会根据用电设备的使用性质分成若干组, 并参照类别分别选用合适的系数需要, 从而计算出每类用电设备的用电负荷, 然后再把各类用电负荷进行求和后的总用电负荷, 即为需求侧系数法、利用系统法及二项式等, 以达到最佳运行状态。

电气设备的配置若按照正常运行条件, 就是要充分考虑电气装置运行的条件和电气质量要求。其中运行条件是指其电气装置设备所处于位置的基本特征; 电气质量要求是指电气装置运行时对设备产生的电压、电流和频率方面的要求。

2.2 改进设计思路, 加强运维检修, 全面提升运行水平和工作质量

要想保持相对较高的供电可靠性, 就必须采取各项技术措施来消除或减少发生故障的可能性。一旦发生电气设备故障, 所采用的电气设备智能化设计就能够迅速有选择性地切除故障元件, 使其损坏程度减至最低, 从而保障最大限度地快速恢复无故障部分电气设备的正常运行, 并根据运行维护具体条件和电气设备承受能力的不同, 发出告警信号、减供负荷或智能延时跳闸。可见, 智能化应用实际上是一种电力系统的反事故装置的快速、安全处理方式, 它在当前应用的配电系统中的地位十分重要。在满足技术要求的前提下, 一定要保证各电气装置性能的完善性和有效配合性。

2.3 合理设定运行方式, 提升功率因数

当前, 降耗中最常采取的措施就是无功补偿, 其功率因数就是反映在有功功率特定的基本条件下, 进行无功功率多少的取用; 无功功率取用得越多, 则功率因数则越低。而功率因数则是评价供用电系统是否能够经济运行的一个重要参数指标。其中, 无功补偿装置和变压器容量最佳比例约为 1:1.4, 这个比例是实现提高变压器负荷率的关键节点, 同时也要将变电设备与输电设备作为一个整体, 尽可能地选择节能产品和最佳设计路径, 针对比较分散的居民用电, 选择补偿地点, 可采用自动无功补偿组合的方式, 进行集中无功补偿或就地无功补偿, 减少电能损耗至最优化, 从而使节能效果达到最佳。也要对计量装置的型号选择、安装技术方面提供技术支持, 避免人为的“调指标”现象发生。要积极应用远抄技术, 提高电量采集的准确性和同步性, 及时进行电量平衡分析, 有效减少线损的波动和差错。

3 结束语

配电系统中电气设备的智能化设计实际就是一次侧的电气需求设计, 为了实现这一智能化目标, 充分进行了用电负荷计算, 也全方位考虑了负载变压器、短路计算电流值和主分接线施工方案的确立, 特别是在设备配套、高低压侧一次电气设备、运载导线的选择等因素上。通过本次设计, 为提供“放心电、满意电”迈出坚实一步, 对建设坚强、智能化配电网有着深远的意义。

(责任编辑: 贺大亮)

配电工程中变压器安装施工阶段技术要点

林阳照

(广东电网有限责任公司江门鹤山供电局, 广东 鹤山 529700)

现阶段,我国在积极进行配电系统建设的过程中,为了促使安全运行在电力管网中充分体现出来,通常会以设计要求为依据,科学的选择并安装变压器,从而提升继电保护的功能。值得注意的是,在配电工程中,变压器是重要组成部分,其拥有多方面功能,如变流、变压以及变阻抗等。继电保护装置必须满足变压器的容量需求,因此继电保护装置的可靠性至关重要。

从目前我国的配电系统建设现状来看,其呈现出运行负荷大和覆盖范围广的特点,因此在运行过程中,环境和人为因素对其影响是客观存在的。其中,人为因素是导致配电系统产生安全隐患和运行故障的关键。鉴于此,本文对配电工程中变压器安装施工阶段的技术要点进行全面分析,希望对我国相关领域的发展起到促进作用。

1 配电工程中变压器安装施工阶段的技术要点

1.1 整体定位与安装

在安装变压器的过程中,首要环节就是科学的确定变压器位置,此时要求技术人员根据工程需求,提升测量的精确性,才能够有效确定变压器安装位置。通常情况下,变压器在应用于配电工程当中时,都会拥有较大的重量和体积,在将其运送至安装位置时,要对大型起吊设备进行应用。当变压器到达安装位置,施工人员应在严格遵守设计图纸的基础上,反复测量变压器的朝向和同墙壁之间的距离,通常情况下,800~1000 mm是变压器与门之间的距离范围,700~800 mm是变压器同墙壁之间的距离。安装变压器台架时,应保证2~2.5 m的距离存在于两根杆之间,而在固定变压器腰栏的过程中,要使用铁丝,通常其长度为4~6 mm,必须保证0.2 m以上的距离存在于带电部分同腰栏之间。

1.2 安装熔断器

在配电工程施工过程中,安装变压器主体以后,还要对熔断器进行安装,应位于变压器的高低电压两侧。当熔断器被安装于变压器高压一侧时,应保证垂直距离在地面与熔断器底部之间拥有大于5 m的距离,同时相邻两个熔断器之间,应当拥有最低0.5 m、最高1.0 m的

平距离。要想提升熔断器在配电工程运行过程中的运行维护力度,应确保 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的角度存在于轴线和垂直线之间;当熔断器被安装于变压器低压一侧时,应保证垂直距离在地面与熔断器底部之间拥有大于4.5 m的距离,同时相邻两个熔断器之间,应当拥有最低0.2 m、最高0.5 m的水平距离。同时,不同的配电工程在施工过程中,使用的变压器在容量上存在差异,如果变压器为100 kVA以下,额定电流在变压器高压侧,应当高于容量额定电流,二者之间相差最少2倍,最高4倍;而如果变压器为100 kVA以上,那么额定电流在变压器高压侧,同样应当高于容量额定电流,二者之间相差最少1.5倍,最高2倍。

1.3 安装避雷器

要想保证安全性和稳定性在配电系统中充分体现出来,必须将避雷器安装于变压器之上,从而降低雷电击中变压器的概率。避雷器使用过程中,能够有效地隔断电流,促使其无法侵入高低压线路中,这样一来,就能够有效预防短路现象的产生。在安装避雷器的时候,稳定性在焊接点中的体现是技术人员安装过程中应注意的重点问题,与此同时,还应当从检测要求出发,对节点电阻进行设定。安装避雷器的过程中,要精心地测量安装位置,通常情况下,其位置应当靠近变压器高压管,从而有助于变压器中被雷电直流电流入侵的概率,这样一来,变压器受过高电压、电流影响而发生损坏的概率将大大下降。

2 结束语

综上所述,近年来,在社会经济不断进步的背景下,我国加大了电力系统建设力度,配电工程随之增加。在配电工程不断扩大的过程中,影响该工程质量以及运行稳定性的因素也有所增加。在这种情况下,施工人员更应当对变压器安装施工阶段的技术要点进行充分的掌握,从而在科学进行变压器定位与安装、熔断器和避雷器安装的过程中,为提升整个配电工程质量奠定良好的基础。

(责任编辑:贺大亮)

电力电子技术在智能电网中的应用

刘 彬

(辽宁石化职业技术学院, 辽宁 锦州 121000)

电力已经成为现代工业社会的主要能源之一, 社会生产的电力资源消耗也与日俱增。传统电网下电力在输送过程的耗损率较高, 电力资源的配置效率较低。先进电力电子技术的应用有利于推动我国智能电网的建设, 提高电网运行的稳定性和电力输送的质量, 适应科学发展观的要求, 促进可持续发展战略的贯彻落实。

1 电力电子技术在智能电网中的应用

1.1 静止无功补偿器

静止无功补偿器作为先进电力电子技术的代表, 较高的灵活性是其主要的特征。一般来说静止无功补偿器主要是作为交流输电装置来使用的, 通过恰当的安装和使用手段可以实现多种功能, 包括电压调节、无功潮流的控制、直流换流器的无功功率供给等, 从而促进电网输电能力以及电力系统稳定性的提高, 通过无功功率的供给还可以减小电力系统低频振荡的阻尼, 提高系统暂态以及静态的稳定性。智能电网通过静止无功补偿器的应用可以对输配电中的潮流控制和无功补偿的相关问题, 从而促进输配电效率、电网稳定性以及电能质量的提高。早在 20 世纪我国就已经从发电国家引进静止补偿器并将其应用于电网系统之中, 近些年来我国加快了电力电子技术研发投入, 自主设计研发了 100 Mvar SVC 静止无功补偿器并将其投入智能电网的使用中, 促进了我国电力电子技术的进步和电力科研实力的提升。

1.2 可控串补技术

与静止无功补偿器类似, 可控串补技术也是应用比较灵活的交流输电技术, 常见的可控串补技术的相关装置包括阻尼器、金属氧化限压器、电容器以及晶闸管阀等, 其中串补技术是这些稳定运行的必要保证。将这些装置应用于智能电网的架构以及输配电工作中可以有效避免同步谐振问题, 从而提高电力系统运行的稳定性, 减小由于同步谐振故障给电力企业造成的经济损失, 有利于促进电力系统的整体优化。与静止无功补偿器相比可控串补技术的灵活性更高, 因而在智能电网拥有广泛的应用前景, 相关技术人员也提高对该技术的重视程度, 提高智能电网中可控串补技术的应用水平, 促进我国电力事业的健康可持续发展。

1.3 电能质量技术

提高电能质量是电力电子技术应用于智能电网建设的目的之一。目前美国、日本以及印度等国的电能质量技术

应用水平较高, 动态电压调节器是这些国家电能质量技术的主要应用设备。我国工业电能质量技术应用范围较为广泛, 并开展了相应的电能质量提升技术的研究, 但是核心技术问题目前尚未得到解决。为了提高电能质量技术在智能电网应用中的时效性应建立科学的经济评估分析规范以及健全的行业法律法规, 并优化现有的等级划分体系, 从而提高智能电网的经济性。电能质量控制器是提高电能质量的重要设备, 通过该装置可以对电力系统高峰期以及低谷期的用电量进行调节, 在保证用户用电质量的同时, 提高电力系统运行的经济性。

1.4 柔性交流输电技术

现代控制技术以及先进的电力电子设备是柔性交流输电技术应用的必要保证, 通过该技术的应用可以对电网结构以及交流输电系统实施及时灵活的监督和控制, 从而提高电网电力的输送水平, 强化电力系统的稳定性和可靠性。特高压输变电是我国智能电网建立的基础, 因而分布式能源的隔离以及新能源的接入也就成为智能电网完善的关键, 柔性交流输电技术的应用可以降低电网电力输送的电损耗, 通过大功率高性能的电力电子元件组成的可控电网设备对智能电网实施有效的控制。

1.5 高压直流输电技术

高压直流输电技术就是对直流输电线路经过转换站得到的直流电通过重点的逆变器将其转化为交流电, 除了输电过程与直流电相关之外, 其他环节都是交流电。该技术的应用可以提高智能电网的输电距离以及电容量, 从而减小输电走廊的距离。由于高压直流输电电路的电阻较小, 因而电力系统输电的损耗也比较低, 从而减少了电力资源的浪费。以高压直流输电技术为支撑的高压输电系统可以解决我国电力分布失衡的问题, 促进我国电力资源的优化配置。

2 结束语

综上所述, 智能电网作为构建节约型社会的内在要求, 相关电力从业人员要提高对其重视程度, 通过先进电力电子技术应用成效的提高加快解决智能电网构建中存在的缺憾与不足, 促进社会电力资源的优化配置和电网运行安全可靠性的提高, 切实发挥电力电子技术对智能电网的促进作用, 推动社会生产模式的进步与发展。

(责任编辑: 贺大亮)

■ 张北可再生能源柔性直流电网示范工程设计启动

2月8—9日，张北可再生能源柔性直流电网示范工程设计启动会议在京召开。会议正式启动工程成套设计和初步设计等相关工作，明确工程设计组织管理模式，提出工程设计质量和进度要求，评审科研设计专题大纲，安排部署了后续工作。

张北柔直电网工程为汇集和输送大规模风电、光伏、储能、抽蓄等多种形态能源的柔性直流电网，工程系统电压±500 kV，包括张北、康保两个送端换流站，北京受端换流站和丰宁调节换流站，采用架空输电线路，线路全长约648 km，是世界首个具有网络特性的直流电网示范工程，是世界上电压等级最高、输送容量最大的柔性直流工程，也是世界首个应用柔性直流技术进行陆地可再生能源大规模并网的示范工程，创新引领和科技示范意义重大。

来源：国家电网公司

■ 广东电网三水供电局试点应用防断线伤害装置

在居民生活区、工厂企业密集型地区，用电设施的敷设异常复杂考究。既要保证电力设施的安全正常运行，也要避免衍生的人身安全事故，这始终是电力企业安全生产经营中面临的首要问题。

在城市密集的架空配电线路敷设中，部分相邻两根电杆间的档距较大。敷设时间较长、雨雾腐蚀、高空抛物撞击等原因将有可能引起断线故障，断开的电线悬挂半空或垂落至地面，极易造成人员触电事故。因此，如何在架空线路意外断开时避免其垂落地面，防止人身触电危害是亟待解决的重大问题。

针对这一问题，佛山三水供电局研制了一种架空配电线路防断线危害，该成果主要包含了拉紧件、锁紧套管、连接杆和绝缘刚性杆4个主要部分。通过在相邻架空线之间架设一个“人”字型的拉紧件，在其中一根线路断裂时，其余完好的架空线通过拉紧件的作用固定起垂落的架空线，使得断裂的架空线垂落最大长度处于安全距离内，避免悬挂过低或垂落至地面，最大程度保证了人员生命安全。

在进行模拟断线试验并成功防止线路垂落超出安全距离后，三水供电局在供电区域内10 kV云东海线的架空线路上试点安装了五组防断线伤害装置。在施工人员安装后登上升降车对安装情况进行了检查验收，确保试点应用现场的安装基础。

来源：《南方电网报》

■ 国网河南电力明确2017年科技智能电网环保重点工作

近日，国网河南省电力公司召开2017年科技智能电网环保工作会议，要求紧密围绕企业和电网发展需求，持续攻坚“十大方向”，着力推进“四个转变”，力争实现“五个突破”。会议明确了2017年科技智能电网环保工作重点：一是有序开展科技项目研发，二是持续做好科技成果培育和奖励，三是着力提高科技项目储备水平，四是加快实施科技成果转化，五是持续加强实验基础能力建设，六是不断强化专利全过程管理，七是充分激发群众创新活力，八是加快推进技术标准实施应用，九是切实做好智能电网技术攻关，十是扎实推进环保管理。

来源：国网河南省电力公司

■ 国网江苏电力推进电力无线专网试点建设

2月13日，国网江苏省电力公司利用专网无线通信网络模拟移动巡检。在试点区域，无线通信网络承载了用电信息采集、负荷控制、配电自动化、多媒体固移融合会议交互新能源接入实时监测等业务应用。

国网江苏电力在南京、苏州和常州开展了电力无线专网试点建设，深入贯彻“统建、统租、统管、共用”顶层设计思想，取得了多项技术成果，保证了无线专网实施的可行性，为后续工程实施提供了充实的技术依据和指导。公司成立了无线通信技术实验室及科技攻关团队，参与了宽带集群(B-TrunC)联盟，完成一项电力无线专网安全防护行业标准制定，参与包括4项电力行业标准及6项企业标准的制定工作；在无线网络管理方面，参与两项ITU-T标准的制定。

截至2017年1月，国网江苏电力已经完成核心网建设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、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。公司还在工程验收、设备命名、施工工艺、系统运行管理、业务接入管理等方面全面开展总结工作，累计制定标准规范5项。同时加强技术培训工作，累计制作课件8份，并已为相关人员开展技术普及、网络运行维护操作培训，有效提升了接入网运营品质。

来源：国网江苏省电力公司

(责任编辑：贺大亮)



三相四线智能表，两相电流接反，如何追补电量？

一只三相四线智能表， $3 \times 220/380$ V，经电流互感器接入，三相接线电压正确，A相电流极性正确，B、C相电流极性反接。现场情况是：正向有功和反向有功都走有电量？该如何追补电量？

yk54071503：理论上讲更正系数是 $K=-3$ 。但是，负荷是不平衡的，是可以时刻变化的。所以按照总电量，不管是算术加，还是代数加，都会不正确。感应式电能表所得电量也是不正确的。建议提取三个分相的正、负电量。各相代数加后，A相乘 1，B相乘 (-1)，C相乘 (-1)，再用三个分相电量，代数加就可以了。因为，A相极性是正确的，如果出现负电量，是相间负荷和功率因数较低原因，应该被减去。B相，C相极性是反接的，如果出现正电量，是相间负荷和功率因数较低原因，应该被减去。

供电电压与计量点电压相同吗？

SG186 系统中高供低计的用电客户，供电电压为交流 10 kV，计量点电压等级应该是交流 10 kV 还是交流 380 V？

yk54071503：应该是 380 V。“高供”来自 10 kV。“低计”来自 380 V。但是，电量是要折算到高压侧的。

psvicgh：计量点电压，电能计量装置设置点的电压（即该装置的电压互感器一次侧电压），而高计是 10 kV，低计时计量点电压为低压。

三相四线高压计量 b 相对地电压 100 V，是什么原因造成的？

yk54071503：如果接线按规矩，则是系统单相接地了。如果接线没有按照规矩，可能是中性点没有接地，或者其他相接地。看一下相线对中性点的电压。

青城剑客：首先要排除接错线。如果你认为的 B 相可能是 A 或 C 相。请分别检查其他相的对地电压和相互之间的电压。请检查互感器极性。

a227377：其他两相正常为 57 V 左右。

yk54071503：“其他两相正常为 57 V 左右。”这样接地应该是正确的，也不存在诸如系统单相接地问题。接地正确，对地电压应该是相电压，相电压与互感器极性反接没有关系。只有互感器变比不对，有可能把开口三角绕组接到计量上来了，测量一下线电压，看是否有问题。

二台变压器的无功调整电费能否合并计算。

有一个用户二台变压器（500 kVA、125 kVA），500 kVA 采用高供高计、125 kVA 采用高供低计，二台变压器的无功调整电费能否合并计算？

zhaohongjie：应该不可以，无功调整和采用需量的基本费一样，都是每个变压器单独计算的，合计不行。

长江渔夫：高供高计、高供低计，二台变压器的无功调整电费不能合并计算，计算方式不对。

zhaohongjie：每台变压器的基本费和力调是单独计算的。

yk54071503：计量方式不同，供电方式还是一致的，不过是计算变压器损耗的方式不一样。当电量折算到高压侧以后，功率因数考核值，功率因数考核电费还是一样的，无论你分开还是合并计算。

（责任编辑：刘艳玲）

《农村电气化》 《农电管理》

2017年订阅单

以下填表内容为发书凭据，请用楷书认真填写，并将此订阅单通过传真或E-mail方式传回，以保证正常发书。

订阅数量	2017年农村电气化	年单价	96.00元	汇款总额	订阅单位盖章
	(册)	合计			
	2017年农电管理	年单价	96.00元		
	(册)	合计			
收书单位			邮编		
详细地址					
收书人			联系电话		
开具发票单位			发票收件人		
备注					

银行汇款	工商银行账号	0200 0414 0920 1503 351			
	工行开户行	工行北京会城门支行			
	收款户名	北京国宇出版有限公司			
邮局汇款	收款人姓名	北京国宇出版有限公司 111340222			
	收款地址	北京市西城区南蜂窝路5号607	邮编	100055	
注意事项		汇款人注明开具发票单位并留电话			

订阅热线：

010-63123085；系统电话：926523085

纸质订单：两刊2016年第10期至2017年第3期获取

两刊2017订单回传方式：

传真：010-63123087 或 QQ号：1401907901

E-mail：1401907901@qq.com

投稿热线：

010-63123091/3093；系统电话：926523091/3093

地址：北京市西城区南蜂窝路5号 邮政编码：100055