

电力科普 扶贫扶智

—2019年中国电机工程学会“电力之光”科普下乡暨扶贫攻坚活动走进山西长治

本刊编辑部

5月9日-10日,2019年中国电机工程学会“电力之光”科普下乡暨扶贫攻坚活动在山西长治举办,本次活动是2019年全国科技活动周、全国防灾减灾日和全国科技工作者日系列活动的重要组成部分。活动由中国电机工程学会主办,山西省科学技术协会及国网山西省电力公司协办。活动以“科普长治·助力扶贫”为主题,旨在发挥中国电机工程学会“大联合、大科普”的优势,通过院士专家科普讲座、触电急救模拟练习、科普大篷车进校园等多个环节,践行科技为民的社会责任,帮助欠发达地区改变穷困面貌,改善教学条件,提升科学素质。

为深入实施乡村振兴战略,助力脱贫攻坚,中国电机工程学会党委以中国科协“党建强会计划”为载体,围绕“党建+科普”融合工作模式,发挥学会在电力专业科普方面的资源优势,面向当地学校和村民,宣传电力知识,为当地青少年带去一堂丰富、生动、实用的科普宣传活动。同时,还组织党员参观了西沟展览馆、武乡八路军太行纪念馆等全国爱国主义教育示范基地,开展党员集中教育活动,引导党员进一步坚定理想信念、强化宗旨意识,充分发挥党组织的引领作用,打造特色科普品牌。

活动期间,首席科学传播专家们为师生带去了一场科普“盛宴”。首席科学传播专家黄其励院士作了题为《用电安全和节约用电》的讲座,围绕电力发展历程、安全和节约用电、未来电力展望为学生们上了一堂欢乐活泼的科普课,将知识与科学的种子种进了孩子们的心里。首席科学传播专家吴金城以《漫谈新能源》为题,深入浅出地介绍了风能、太阳能、海洋能等新能源的利用历史、发电原理及发展趋势,图文并茂,生动有趣,激发了同学们对新能源电力科技的浓厚兴趣。“电力之光”科学传播专家王金波带来了一堂精彩的用电安全互动体验科学课,同学们表示,今后从自身做起,做到安全用电,科学用电,争做“安全宣传员”。

活动现场,以体验形式为主开展的触电急救模拟演习、科普大篷车、应急安全互动培训、用电安全科普海报宣传等生动有趣的科普活动,吸引了师生们兴致勃勃地参与其中。同学们通过实操演练,不仅掌握了触电急救等课本上学不到的知识,还进一步增强了安全意识,提升了科学素养,启迪了科学思维。

中国电机工程学会结合山西省长治市电力公司定点扶贫村壶关县百尺镇大南山村的驻村帮扶工作,共实施了三项精准扶贫攻坚项目,总投资额达80余万元。其中,分布式屋顶光伏扶贫是通过积极配合大南山村100kW光伏村级电站建设,优先完成大南山村村级光伏扶贫电站顺利并网配套工程,成为长治地区“十三五”期间首个并网扶贫村级电站。农光互补香菇大棚基地位于长治市平顺县西沟村,占地面积100亩,在11个大棚顶端实施500kW光伏电站项目,用于扶助西沟村失能、弱能、孤寡老人等贫困户。除技术扶贫以外还开展了植树扶贫工作,长治市电力公司从贫困户面临的最实际问题入手,指导种植核桃苗2989株,覆盖全村所有农户耕地。

本次活动延续学会“党建+科普”融合工作模式,促进党建活动与科普活动相辅相成,相得益彰。80余位专家和技术人员参与活动,700余位师生、贫困村民及当地居民从中受益。

“电力之光”是中国电机工程学会多年来持续开展的电力科普品牌,通过举办“电力之光”系列科普活动,把电力科学知识、科学思想像“光”一样传播出去,科普下乡、中国电力科普日等已经成为电力行业重要科普品牌活动,为电力科学知识的传播、提高全民科学素质、推动电力科普事业的发展发挥了重要作用。

农村电气化

目次

刊名题字

李鹏

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

中国标准连续出版物号

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

编委会委员

刘敏

周建方

盛万兴

丁孝华

王立地

元伟

戈立军

孔繁钢

艾闯

龙国标

冯晋

刘伟民

汤克艰

杜松怀

李杨

李斌

李瑞生

杨进

杨振琦

汪发明

宋连峻

张思源

陈琳

陈俊章

陈振宇

范伟

欧阳亚平

岳红权

岳梦华

周开保

郑斌

赵振宇

贾景奎

顾联军

唐宝

黄燕

常俊祥

谢宏伟

蔡丽华

蔡冠中

谭跃凯

潘立志

潘继雄

总经理兼总编

顾联军

主编

盛万兴

耿立宏

副主编

袁航

编辑

张峰亮

刘艳玲

赵文属

美编

周一鹏

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

发行部

010-63123085/6/7

926523085/6/7(系统)

广告部

010-63123056 926523056(系统)

印刷

北京盛通印刷股份有限公司

广告经营许可证号

京西工商广字第8205号

户名

北京国宇出版有限公司

开户行

工行北京会城门支行

账号

0200 0414 0920 1503 351

每期定价

12.00元

全年定价

144.00元

- 1 电力科普 扶贫扶智
——2019年中国电机工程学会“电力之光”科普下乡暨扶贫攻坚活动走进山西长治本刊编辑部

◆ 典型推介 >>

- 5 数据挖掘技术在配电网报警信息处理中的应用
.....朱明飞,方敏,顾炜杰

- 9 基于混合遗传算法与小波神经网络的电机转子断条故障诊断方法朱明飞,陈兢,方敏

◆ 电网建设 >>

- 15 基于不同供热奖励政策的热电联产机组集中供热竞争力分析及策略研究许福鹿

- 18 35 kV变电站升压增容施工期间过渡方案由建

- 21 基于序关系法-熵权法的县域电网评价体系研究
.....郭勇,程春萌

◆ 运行维护 >>

- 26 农网10 kV配电设施绝缘防护策略研究
.....胡宝玉,朱俊栋,张利民

- 29 输电线路防雷接地设计的问题与改进方法探讨潘崇杰

- 32 荧光光纤检测法在环网柜电缆接头温度检测中的应用
.....彭灵利,周仕杰,秦焕鑫,林亚培,关俊乐

- 36 同频同相交流耐压试验技术的研究与应用郑健生

- 38 降低多雷区线路跳闸率的解决方案
.....王琦,李永翔,余江山,肖青松,吴刚

◆ 安全生产 >>

- 40 基于风险评估的配电网检修策略研究林新宇

- 42 跌落式熔断器频繁熔断事故排查及防范措施
.....李志全,李明超,李寿鹏,王瑞宁,孙善平,李世玲

◆ 智能电网 >>



46 一起智能终端告警案例解析
.....王均华,叶淑君,吴小波,卢俊,翁张力,余军威

48 变电站辅控平台及工业视频改造的研究
.....蔡海伟,李冠强,李杰,余大成,罗斌

51 基于互联网+“掌上电力App”的终端电能质量监测
.....马秀林,张浩,常俊晓,陈伟华

◆ 信息系统 >>

54 基于广电互联网+技术的电力智能营销实践
.....韩仕富,杨斌,侯继武

57 用电采集异常处理系统的研发与实现黄志凌

◆ QC小组 >>

59 电缆井盖起吊操作辅助设备吴林地

61 一种可扩展的多功能低压接户横担陈斌

◆ 清洁能源 >>

65 变电站磷酸铁锂直流系统充放电策略
.....林斌,苗琰,李斌,胡晓卉,郑秋云

69 农村分布式沼气发电并网操丹丹,宋廷

◆ 器具设备 >>

71 避雷器阻性电流检测测试接线箱的设计
.....王建楠,王珍珍,丁利亚,王建钊

73 一种双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具的研制
.....张贵军,周自更,王宾

◆ 经验点滴 >>

77 降低农村低压配网故障发生率林旭欢

78 一种具有防窃电功能的指纹识别高压计量控制箱.....杨佳泽

80 一种配电网钢绞线塑型器
.....钱勇,龙宣辰,马忠文,朱琳,张彬彬,王笑冰

《农电管理》2019年第6期要目

把安全掌握在自己手中
——国网河北武安市供电公司全力加强安全生产工作纪实
陈四海

筑牢平安“新防线”
——国网安徽省电力有限公司和县供电公司强化施工现场安全督查工作纪实
徐超 夏根锁 昂晓龙

做好安全“大文章”
——国网江苏省电力有限公司新沂供电公司安全生产管理侧记
胡以传 赵超

割不断的扶贫情 一心只为扶贫事
康鹏飞

为多元乡村产业注入可靠动力
李荣华 朱亚红

“平电小密”的应用与价值
——国网浙江平阳县供电有限责任公司保密工作侧记
温新叶 白丽娜

供电服务“加减法” 营商环境更优化
陈海蓉

县供电公司“生命体”班组建设探索和进化实践
薛利兵 沈超坤

提升电力工程建设精益化管理水平
张才华

配网运行中常见的故障分析及维护方法
刘伟

优化营商环境 全面提升“获得电力”水平
田文静

用采系统助力精准定位查违法窃电
孙后中 曾素茹

崛起中的阜阳供电
——访国网安徽省电力有限公司阜阳供电公司总经理贾立峰
闫隆斌

三年“蜕变”
——国网安徽省电力有限公司阜阳供电公司供电所管理再提升纪实
张可于 永 闫隆斌

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

Typical Referral

- 5 Applications of Data Excavating Technology in Alarm Information Processing Used for Power Distribution Networks/Zhu Mingfei, Fang Min, Gu Weijie.
- 9 Research of Fault Diagnostic Method Based on Mixed Genetic Algorithm and Improved Wavelet Neural Network Suited to Rotor Breaking Bar for Induction Motor /Zhu Mingfei, Chen Jin, Fang Min.

Power Grid

- 15 Analysis and Tactics Research of District Heating Competitive Power of Cogeneration Unit Based on Different Heating Rewarded Policies /Xu Fulu.
- 18 Transition Scheme Research of Construction Duration in Boost Voltage and Increment Capacity Suited to 35 kV Substations /You Jian.
- 21 Research of County Power Grid Evaluation System Based on Order Relation Method and Entropy Method /Guo Yong, Cheng Chunmeng.

Operation & Maintenance

- 26 Research on Insulation Protection Strategy of 10 kV Distribution Facilities in Rural Power Network /Hu Baoyu, Zhu Jundong, Zhang Li min.
- 29 Problems and Improved Method Approach Related to Lightning Protection Earthing Design for Transmission Lines /Pan Chongjie.
- 32 Application of Fluorescent Optical Fiber Detection Method in Cable Joint Temperature Detection in RMU /Peng Linli, Zhou Shijie, Qin Huanxin, Lin Yapei, Guan Junle.
- 36 Research and Application of A.C Voltage Withstand Test Technology with Common Frequency and Co-phase /Zheng Jiansheng.
- 38 Research of Solved Scheme Related to Reduce Line Tripping Rate in much Lightning Area in Jin Zhai County/Wang Qi, Li Yongxiang, Yu Jiangshan, Xiao Qingsong, Wu Gang.

Safety

- 40 Research of Power Distribution Network Repair Tactics Based on Risk Assessment /Lin Xinyu.
- 42 Checking and Preventive Measures Related to Frequent Fusing Faults of Drop -out Type Fuses /Li Zhiquan, Li Mingchao, Li Shoutao, Wang Ruining, Sun Shanping, Li Shiling.

Smart Grid

- 46 Analysis Related to an Intelligent Termination Warning Case /Wang Junhua, Ye Shujun, Wu Xiaobo, Lu Jun, Weng Zhangli, Yu Junwei.
- 48 Research Related to Auxiliary Control Platform and Industrial Video Reconstruction in Substations /Cai Haiwei, Li Guangqiang, Li Jie, Yu Dacheng, Lu Bin.
- 51 Monitoring Service of Terminal Electric Energy Quality Based on Internet and "Electric Power APP in Palm"/Ma Xiulin, Zhang Hao, Chang Xiaojun, Chen Weihua.

Information System

- 54 Creative Practice of Electric Power Intelligent Business and Market Based on Radiated Television Internet + Technology /Han Shifu, Yang Bin, Hou Jiwu.
- 57 Development and realization of treatment system used for power utilization collect abnormality/Huang Zhiling.

QC Group

- 59 Auxiliary Equipment Used for Cable Shaft Cover Hoisting Operation /Wu Lindi.
- 61 A Service Line Cross Arm with Expansible and Multifunction /Chen Bin.

Clean Energy

- 65 Tactics Research of Charging and Discharge of Lithium Iron Phosphate Battery D . C System in Substations /Lin Bin, Miao Yan, Li Bin, Hu Xiaohui, Zheng Qiuyun.
- 69 Research and Analysis Related to Distributed Marsh Gas Power Generation Synchronization and Close up Network in Rural Village /Cao Dandan, Song Yan.

Equipment

- 71 Design of Connecting Box Used for Resistive Current Checkout in Surge Arrestors /Wang Jiannan, Wang Zhenzhen, Ding Liya, Wang Jianzhao.
- 73 Development of a Special Tool Suited to Replace or Install Spacers for Twin Bundled Conductors/Zhang Guijun, Zhou Zigeng, Wang Bin.

Experiences

- 77 Analysis on Measures to Reduce the Incidence Rate of Low Voltage Distribution Network in Rural Areas /Lin Xuhuan.
- 78 A H.V Metering Control Box with Preventive Steal Electricity and Fingerprint Identification Functions /Yang Jiaze.
- 80 Distribution Network Steel Strand Molding Machine /Qian Yong, Long Xuanchen, Ma Zhongwen, Zhu Lin, Zhang Binbin, Wang Xiaobing.

(王金鼎译)

数据挖掘技术在配电网报警信息处理中的应用

朱明飞, 方敏, 顾炜杰

(国网浙江海宁市供电有限公司, 浙江 海宁 314400)

摘要: 在配电网系统中, 报警信息的数据量是十分巨大的, 且报警系统含有较大的噪音信息, 使得难以正确的读取真正的报警信息, 进而延误故障处理时间。针对这些问题, 结合数据处理算法, 将数据挖掘技术运用到配电网报警信息处理之中, 利用改进后的算法进行着噪音过滤工程。首先介绍了数据挖掘常见的算法、方法, 然后列举了常见的数据处理方法, 分析了数据挖掘技术在配电网中的前景。

关键词: 噪音; 故障; 数据挖掘技术; 配电网报警; 信息处理

中图分类号: TM929.5

电网规模日趋扩大, 结构越来越复杂。电力用户对于电力的要求也随之增高, 对其的稳定性和质量有了新的要求。因此, 配电网中的报警信息显得日益重要, 对其数据的分析处理以凸显真实信息已成为电网研究的热门方向^[1]。国外早已进行了此领域的研究, 国内近些年逐渐将目光转移到此领域^[2-3]。

在配电网系统中, 处理报警信息的工作量是十分巨大的, 并且报警系统通常含有较大的噪音信息。以往的报警系统的工作通常是传递报警信息, 但是由于噪音信息数据十分繁多, 工作人员通常难以正确读取真正的报警信息, 进而延误故障处理时间, 针对这些问题, 将数据挖掘技术运用到配电网报警信息处理之中, 利用算法进行噪音过滤, 此过滤器将报警信息进行了区分, 把报警信息分为了非噪音与噪音数据, 解决了工作人员识别报警信息困难等问题^[5-6]。

本文首先介绍分析了现今数据挖掘技术的现状; 然后其重要的一些算法进行了介绍, 分析了决策树算法存在的问题, 提出相应的解决政策。可提升配电网报警信息处理能力, 实现电力的稳定安全供给; 最后运用了基于四阶累积量的算法对报警信息进行了降噪处理, 取得了明显效果。

1 数据挖掘算法

数据挖掘技术业已用于电网多个领域。数据挖掘是指通过对大量数据的处理、分析而提取、挖掘

其内在或隐含的知识与准则, 综合统计学、人工智能、数据库技术以及高性能并行计算等。

数据挖掘技术涉及多个领域, 它包含了数据库、人工智能、大数据等技术^[7-9]。数据挖掘的方法也比较多, 每一种算法都有其特有的优势和缺点, 虽然数据挖掘的方法很多, 但是方向基本上可以分为2种, 一种基于统计分析, 另一种基于机器学习。目前, 电力部门比较常用的数据挖掘算法是关联规则、神经网络、遗传算法、决策树方法、粗糙集方法等。决策树算法基本上以ID3为主, 后期加入了ID3的改良算法, 这是目前数据挖掘技术最常用的算法^[10-11]。关联规则则是根据人们实践中发现的很多数据具有联系性的信息这一发现, 主要是发现信息之间的潜在关系。粗糙集方法是处理模糊、不确定的数据, 随着粗糙集算法的发展, 逐渐为数据挖掘处理不确定性的数据提供了新的有效的方法。后来逐渐应用到了电力系统外, 在判断故障、预测控制模式领域发挥了重大作用。遗传算法是一种模拟生物进化系统发展起来的, 具有全局优化搜索算法的程序, 它可以有效评估其他种类算法的匹配度, 在处理系统优化问题发挥了不可替代的作用。神经网络是技术人员在研究探索生物神经系统基础上进行人类思维模式的模拟, 试图建立一个类似于人脑处理器的程序。神经网络算法的应用到位比较广, 它是借助反复的训练进行数据挖掘工作。然而他却存在着处理问题不透明等缺点, 不适合解释问题^[12]。

数据挖掘技术的关键在于应用其比对、分析数

值仿真结果,从而提炼上述映射关系。文献[13]表明,数据挖掘恰恰长于通过对大量数据的处理、分析而提取、挖掘其内在或隐含的知识与准则。因此,对于电网海量数据进行数据挖掘的工作是可行的。

本文尝试靠建立的系统模型,针对影响因素的不同取值/组合,进行系统的、大量的数值仿真工作,应用数据挖掘技术比对、分析数值仿真结果,藉此提炼上述映射关系。

须要指出,影响因素的不同取值组合,数值仿真结果显然是“海量”的,比对、分析工作亦是“海量”的。可以采用神经网络、模式识别、模糊决策等优秀的数据挖掘技术进行该项工作。

本文拟基于四阶累积量的算法首先对配电网的数据进行了信号除噪处理,然后分析了ID3算法,既保证了收敛性同时也保持了算法的快速性。

2 基于四阶累积量的算法除噪

实际中,信号通常是非高斯信号,通常基于二阶(频率为功率谱,时域为相关函数)的累积量并不能完全描述信号特性,此时采用高阶累积量可以获得比二阶更好的性能。常用高阶累积量中对称分布的三阶累积量为零,非对称分布的三阶累积量微小而四阶累积量较大,因此本文采用四阶累积量处理阵列信号^[14]。

阵列信号的数学模型为

$$X(t) = AS(t) + N(t), \quad (1)$$

式中: $X(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_M(t)]^T$ 为阵列输出矢量; $S(t) = [s_1(t), s_2(t), \dots, s_P(t)]^T$ 为空间信号矢量; $N(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_M(t)]^T$ 为噪声信号; $s_k(t)$ 为第 k 个空间信号; $A = [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_P)]$ 为方向矩阵, $a(\theta_k)$ 为导引矢量; $x_M(t)$ 、 $n_M(t)$ 为第 m 个阵列输出及其噪声。

运用四阶累积量构造矩阵 C_x :

$$C_x = E[(X \otimes X)(X \otimes X)^H] - E[X \otimes X]E[(X \otimes X)^H] - E[XX^H] \otimes E[(XX^H)^H], \quad (2)$$

式中: E 为矩阵期望值; \otimes 为 Kronecker 积; H 为共轭转置。若各信号源之间完全独立,则有:

$$C_x = B(\theta)C_sB^H(\theta), \quad (3)$$

式中:

$$B(\theta) = [b(\theta_1), b(\theta_2), \dots, b(\theta_k)] \\ = [a(\theta_1) \otimes a(\theta_1), a(\theta_2) \otimes a(\theta_2), \dots, a(\theta_k) \otimes a(\theta_k)], \quad (4)$$

$$C_s = E[(S \otimes S^*)(S \otimes S^*)^H] - E[(S \otimes S^*)]E[(S \otimes S^*)^H] \\ = E[(S \otimes S^*)(S \otimes S^*)^H] - E[SS^H]E[(SS^H)^H] \quad (5)$$

为了验证四阶累积量 MUSIC 法能否找出信号入射角,编写了阵列流型公式,并用四阶累积量 MUSIC 法进行数据处理以提取两个设定的入射角。经仿真分析,结果如图 1 所示,此方法具有提取特征分量的能力,故而才继续进行此方向的研究。

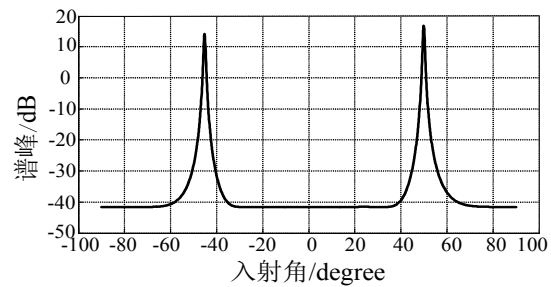


图1 四阶累积量 MUSIC 法角度估计

配电网电流信号可以采用式(6)模拟。去除式(6)中模拟的工频项和噪声项得到式(7)。

$$i_s = A_1 \cos(2\pi f_1 t + \theta_1) + w(t), \quad (6)$$

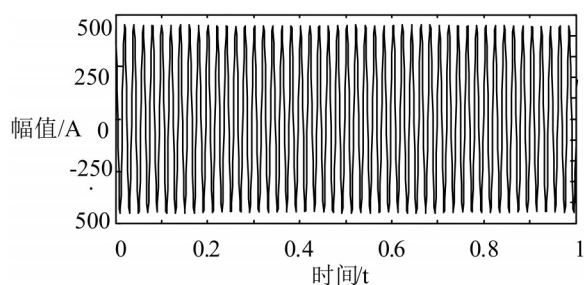
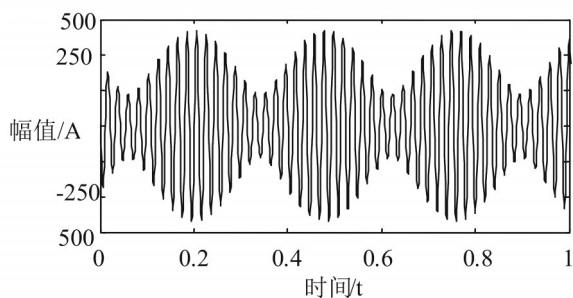
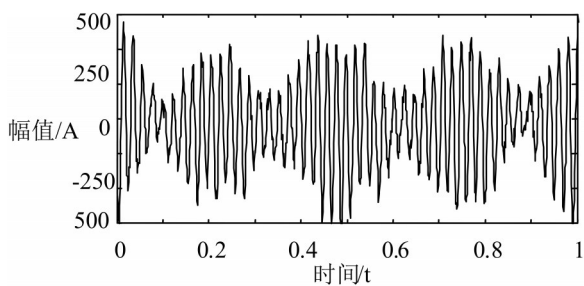
$$\hat{i}_s = A_1 \cos(f_1 t + \theta_1), \quad (7)$$

显然, \hat{i}_s 不含噪声分量。而对 i_s 进行滤波处理,旨在滤除其中的噪声分量。 i_s 和 \hat{i}_s 的仿真波形图示如图 2 所示。

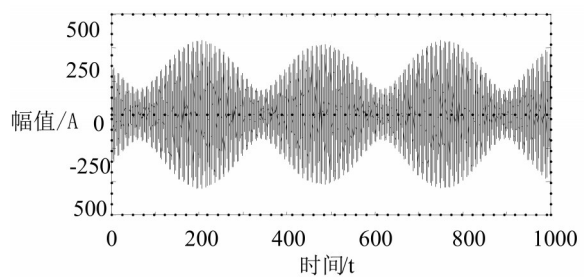
可以看出,自适应滤波方法在采样数据 1 s 的情况下,除噪的效果不尽如人意,与理想的效果相比有些失真;四阶累积量法在采样时长保持不变的情况下,将 1 s 的采样数据扩展为 1000 s 的数据,且仍旧保持真实图形。显而易见,配电网报警信号阵列得到了充分的扩展,阵元数目得到了极大地丰富,且无畸变波形,有效地消除了噪声信号非高斯量的干扰。

3 决策树 ID3 算法在电网运用中的优缺点

数据挖掘中各类算法都存在着其独特的问题,本文此部分总结了比较常用的 ID3 算法,分析了其存在的问题,总结了其优势,为了其能更好地运用在配电网报警系统之中。

(a) i_s 波形(b) \hat{i}_s 波形

(c) 自适应滤波方法



(d) 四阶累积量处理后波形

图2 滤波效果对比

首先,此种算法是自上而下的贪心算法,不可以增量的接受训教集合,因此每当样本进行了增加,就必须放弃旧的决策树,建立起一个新的决策树,这在无形之中,造成了巨大的经济损失。其次,采

用了互信息的计算方法,会产生多值偏向问题。这种算法利用的计算方法会形成多值偏向局面,也就是其属性值多,并不一定是比较优化的属性。再次,此种算法每一次分裂节点的时候都在进行多次的对数运算,大大降低了效率,不能处理连续数据。最后,它无法处理属性值缺失的问题,所以它构建出来的决策树并不完善,所以必然会造成很大的经济负担。

此算法也有其独特的优势,比如,该算法实用的是整体的训练数据,可以充分地利用所有的样本进行分析决策,具备比较完整的计算体系,拥有合理的理论依据。并且该算法思路比较清晰,作用信息论作为出发点,解决了理论难题。计算速度比较快,所进行的测试次数有限,在分类中处于一个较快的速度。

总而言之, ID3 算法的逻辑和理论是比较清晰流畅的,学习能力也处在比较高的水平,适合于不同群体的学习和操作,是数据挖掘领域中一个十分优秀的典范。针对其存在的问题,国内外许多专家也提出了自身的见解,本人进行了分析总结,得出了以下结论。

决策树算法——ID3 算法进化方式,也就是后期的 C4.5 算法^[15-16]。C4.5 由 Ross Quinlan 在 ID3 的基础上改进而得到的。ID3 采用的信息增益度量存在一个缺点,因为属性值多的 Feature 会有相对较大的信息增益使得它一般会优先选择有较多属性值。为了避免这个不足, C4.5 中是用信息增益比率作为选择分支的准则。信息增益比率通过引入一个分裂信息的项来惩罚取值较多的 Feature。除此之外, C4.5 还弥补了 ID3 中不能处理特征属性值连续的问题。它解决了原有的部分问题,对树的剪枝也有了自己的一套比较成熟的做法。

$$SI(D,A) = - \sum_{i=1}^n \frac{|D_i|}{|D|} \log \frac{|D_i|}{|D|},$$

$$GR(D,A) = \frac{g(D,A)}{SI(D,A)}.$$

式中: D 为数据集; A 为特征; SI 为分裂信息惩罚值; GR 为信心增益度。接下来项目研究的重点为运用决策树算法挖掘预警信息的真实有效情况。

4 结束语

随着经济的发展,电网规模的不断的增大,电力结构也日益复杂化,电网报警形式也越来越多样,并且工作量繁多,如何从海量的报警信息中提取有效的信息,减少工作人员的工作压力,一直以来是研究和关注的重点。

本文首先介绍了数据挖掘在电网中的应用现状,然后提出了基于四阶累积量的除噪方法,最后介绍了决策树算法的优缺点和改进方法。基于四阶累积量的除噪方法,与传统的自适应滤波法相比,可以扩大数据采集规模,且降噪效果,明显;决策树分类算法是数据挖掘技术中最为重要的一种算法,它可以广泛地运用到电力网络的各个领域,具有很强的适应性和操作性,模型也比较直观,便于操作和审查。因此将决策树分类算法应用到配电网报警信息系统中,有着重大意义。

参考文献

- [1] 宋亚奇,周国亮,朱永利.智能电网大数据处理技术现状与挑战[J].电网技术,2013,37(04):927-935.
- [2] 张沛,吴潇雨,和敬涵.大数据技术在主动配电网中的应用综述[J].电力建设,2015,36(01):52-59.
- [3] 魏三强,任环,杨威.保护隐私的智能电网大数据分析挖掘技术[J].广西大学学报(自然科学版),2015,40(03):714-721.
- [4] HU NIAOQING, XIA LURUI, GU FENGSHOU, et al. A novel transform demodulation algorithm for motor incipient fault detection. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2011, 60(2): 480-487.
- [5] 郭壮志,陈涛,洪俊杰,毛晓明,陈璟华.基于故障辅助因子的配电网高容错性故障区段定位方法[J].电力自动化设备,2017,37(07):93-100.
- [6] 郭壮志,陈涛,黄全振,徐其兴,洪俊杰.配电网故障定位的层级模型及其预测校正算法[J].电力自动化设备,2018,38(07):51-60.
- [7] 邓仲华,刘伟伟,陆颖隼.基于云计算的大数据挖掘内涵及解决方案研究[J].情报理论与实践,2015,38(07):103-108.
- [8] 梁吉业,钱宇华,李德玉,胡清华.大数据挖掘的粒计算理论与方法[J].中国科学:信息科学,2015,45(11):1355-1369.
- [9] 杨良斌.数据挖掘领域研究现状与趋势的可视化分析[J].图书情报工作,2015,59(S2):142-147.
- [10] 张棣,曹健.面向大数据分析的决策树算法[J].计算机科学,2016,43(S1):374-379+383.
- [11] 黄宇达,范太华.决策树ID3算法的分析与优化[J].计算机工程与设计,2012,33(08):3089-3093.

- [12] 余胜威. MATLAB 优化算法案例分析与应用[M]. 清华大学出版社,2014:227-231.
- [13] 康健东,李伟,张隼,刘宇星,秦长锋,胡建勇.基于数据挖掘的电网故障诊断研究[J].电子测试,2014(23):94-97.
- [14] 王永良.空间谱估计理论与算法[M].清华大学出版社2004:391-407.
- [15] 陈杰,邬春学.决策树C4.5算法改进与应用[J/OL].软件导刊:1-5[2018-10-18].
- [16] 徐梦茹,王学明.决策树几种分类算法的分析比较[J].电脑知识与技术,2018,14(20):193-195.

(责任编辑:张峰亮)

资讯

全国首个省级综合能源服务中心在天津落成

5月16日,国网天津电力综合能源服务中心建成启用,作为全国首个省级综合能源服务中心,这里将成为集调控、研究、数据、交付和展示五大功能于一体的天津“智慧能源大脑”。

新建成的中心位于天津中新生态城,分为“智慧能源未来无限”“智慧能源支撑智慧城市发展”“智慧能源大脑”三个主题展厅,除了展示国家电网在天津地区的发展历程、泛在电力物联网建设在天津的应用场景之外,还打造了覆盖全市范围的智慧能源服务平台,将为天津智慧城市发展提供定制式的能源规划和方案支撑。

据了解天津“智慧能源大脑”的能源大数据中心,已接入了国网客服北方园区、北辰商务中心等天津多个园区、企业、公建的能源数据源,通过海量数据的挖掘和分析,在能源生产、消费、交易、服务等方面发挥支撑作用,满足政府、企业、用户等不同主体的多类型能源大数据应用需求。

而在天津“智慧能源大脑”的客户关系中心,客户的综合能源业务将获得受理并自动生成方案,实现综合能源服务业务的一站式办理。

国网天津市电力公司有关负责人表示,他们将努力把综合能源服务中心建设成为综合能源信息流、数据流、业务流深度融合,新技术、新业态、新模式集中创新的智慧能源公共服务平台,为天津智慧城市发展做出贡献。

来源:国家能源局

基于混合遗传算法与小波神经网络的电机转子断条故障诊断方法

朱明飞, 陈 兢, 方 敏

(国网浙江海宁市供电有限公司, 浙江 海宁 314400)

摘要: 首先根据内积最大准则, 借助于混合遗传算法的优秀的全局搜索性能, 准确地估计定子电流中的工频分量的参数, 并将其去除, 以防止工频分量淹没故障特征分量。其次, 运用最优小波包方法分解已经去除工频分量部分的定子电流信号, 将其中规律最强的节点能量作为神经网络的输入量。第三, 采用混合遗传算法处理神经网络参数, 形成了新方法: 改进的神经网络方法。最后通过对一台感应电机的正常、一根断条和两根断条的情况进行了实验, 验证了提出的方法的有效性。

关键词: 感应电动机; 转子断条; 混合遗传算法; 最优小波树; 神经网络

中图分类号: TM343

电机转子断条故障属于异步电动机典型故障, 发生概率占异步电机总故障的10%^[1], 对其进行的故障研究兼具学术价值和经济效益。

转子发生断条故障后, 异步电动机的定子电流中将出现 $(1 \pm 2s)f_1$ 频率的附加分量^[2] (s 为转差率, f_1 为供电频率, 定子电流主要分量即为工频分量 f_1 成分), 因此可将特征分量 $(1 \pm 2s)f_1$ 作为判断转子断条故障的依据。针对定子电流信号, 或其派生信号(如定子电流希尔伯特模量、激磁——转矩电流、瞬时无功/有功功率等)进行频谱分析即可进行转子断条故障诊断^[3-5]。

就初级诊断, 即“判断故障发生与否”而言, 文献[6]方法具有代表性: 采用自适应滤波技术首先剔除定子电流 f_1 分量(工频分量)以凸显 $(1 \pm 2s)f_1$ 分量(故障特征分量), 从而可靠判断转子断条故障发生与否。与文献[6-7]直接选用定子电流作为分析信号不同, 文献[8-9]针对定子电流希尔伯特模量进行频谱分析以诊断转子断条故障发生与否。多重信号分类^[10]、旋转不变信号参数估计^[11]等新兴、优秀的空间谱估计分析技术已被引入转子断条故障诊断领域并取得显著效果。譬如, 在文献[12]中, 本文作者已将多重信号分类法与混合遗传算法结合, 大幅提升了转子断条故障初级诊断的灵敏度与可靠性。

上述文献中提到的方法, 只是介绍了如何对故障特征分量进行信号处理, 以判断是否发生了故障, 但是未考虑到对电机故障状态的识别问题。异步电

动机故障的初级诊断——判断故障是否存在已取得了较为成熟的进步; 但是高级诊断——故障状态识别、严重程度、剩余寿命的诊断尚处于摸索阶段。就工程实际而言, 对于后者更为关注, 因其对合理安排、组织维修以避免事故/停机具有直接的指导意义。因此, 本文将重点研究如何实现故障特征分量与电机状态之间的映射。

1 基于混合遗传算法的定子电流工频分量参数估计

1.1 混合遗传算法

遗传虽具有强大的全局搜索性能, 但是存有早熟、后期收敛慢的问题。在文献[12]中已将具有快速局部搜索能力的单纯形法引入到遗传算法中, 以解决早熟问题和提高算法收敛速度: 遗传算法把握大局, 确保找到全局最优点, 单纯性法则在加快收敛速度的同时, 在一定程度上解决算法的早熟问题。

1.2 工频分量参数估计

异步电动机转子发生断裂后, 定子电流信号可采用式(1)模拟:

$$i(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + v(t), \quad (1)$$

式中: A_1 为电流工频分量幅值; ω_1 为其角频率; φ_1 为初相角; $v(t)$ 为电机定子电流中的噪音信号。

从文献[4]可知, 当异步电动机发生转子断条时, 会产生特征分量 $(1 \pm 2s)f_1$, 故可将此事的定子电流信号用式(2)来表示。

$$i(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + A_2 \cos[(1 + 2s)\omega_2 t + \varphi_2] +$$

$$A_3 \cos[(1-2s)\omega_3 t] + \varphi_3) + v(t)。 \quad (2)$$

式(2)所知, 消去工频分量的影响的措施就是估计出其幅值、频率和相位的参数。经典的傅里叶变换:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt。 \quad (3)$$

式中的变换, 实际上可通过计算内积 $\langle i(t), e^{j\omega t} \rangle$ 来实现。不同的 ω 可形成一组正交基, $i(t)$ 的傅里叶变换可表示为此信号在这一组正交基上的投影, 反应了此信号在这一频率下的能量的大小。在定子电流中, 工频分量的能量最大, 即幅值最大, 此时内积计算中最大值的参数就是工频分量的幅值、频率和相位。但是由于计算机的性能, 只能对一部分 ω 进行傅里叶变换, 因计算中漏掉一部分 ω , 故无法保证得到的波形参数就是工频分量的各项参数。

本文从内积最大准则出发, 从先构造类似于一组正交基的函数集合 $\{\psi_n(t)\}$, 目的在于可充分描述工频分量的各项参数。 $\psi_n(t)$ 可定义为如式(4):

$$\psi_n(t) = A_n \cos(\omega_n t + \varphi_n)。 \quad (4)$$

式中各表达式中的意义, 可参考式(1)。

由内积最大准则可知, $i(t)$ 与 $\psi_n(t)$ 的内积取值最大时的波形参数就是工频分量的各项参数。因此, 可将内积最大值设定为适应度函数,

$$\langle i(t), \tilde{\psi}(t) \rangle = \max \left| \langle i(t), \psi_n(t) \rangle \right|, \quad (5)$$

此时若 $\|\tilde{\psi}(t)\| = 1$, 则工频分量的幅值为 $\langle i(t), \psi_n(t) \rangle$ 。由此, 便可准确地估计出定子电流工频分量的各项参数。

定子电流中含有多个频率, 使得估计参数问题为一个多峰寻优问题, 且对寻优的解的计算精度要求颇高。为了提高收敛速度和估计精度, 本文采用混合遗传算法来计算式(5)中的各项参数。

基于混合遗传算法估计定子电流中工频分量各项参数的步骤如下所示:

根据式(5)选取电流信号 $i(t)$ 与函数 $\psi_n(t)$ 的内积作为适应度函数;

对式(4)中函数中的 ω_n 、 φ_n 编码, 形成遗传种群的个体;

利用混合遗传算法完成在规定范围内的搜索, 估计出工频分量信号的各项参数 $\tilde{\omega}_n$ 、 $\tilde{\varphi}_n$;

计算 $A_1 = \langle i(t), \tilde{\psi}(t) \rangle$;

根据得到的各项参数, 构造工频分量 \tilde{I}_1 :

$$\tilde{I}_1 = A_1 \cos(\tilde{\omega}_n t + \tilde{\varphi}_n)。 \quad (6)$$

求出工频分量后, 将其从原定子电流中减去, 便可得到去除工频分量以后的电流信号 $i'(t)$:

$$i'(t) = i(t) - \tilde{I}_1(t)。 \quad (7)$$

3 最优小波包

因转子断条故障在定子电流中产生的故障特征分量, 会改变定子电流信号相对应的频带能量的大小^[13], 故本文采用最优小波树方法提取特征量。

小波包分解实际上是一种离散型小波变换, 可对频带进行多层次划分, 将每一个节点的系数分解为两部分, 最后得到完整的二进树。最优小波树方法是基于小波包分解的熵最小原则优化小波树, 其分解过程表现出规律性, 可找出信号存在的规律^[14]。在现代信号分析中, 熵可作为一种衡量信息规律的物理量: 熵值越大, 表示信息越混乱、信息规律性越差; 熵值越小, 信息的规律性就越强^[15]。

下面简要介绍一下最优小波包分解的具体步骤。首先, 对滤波后的定子电流信号进行小波包分解, 并确定各层每个节点的熵值。其次, 标记最底层节点, 并将该层节点由左到右每2个节点组成一组, 从下到上将该层每组的2个节点熵值之和与上一层对应的节点的熵值进行比较: 若分解得到的两组系数的熵值之和大于上一层所对应节点的熵值, 则标记上一层对应的节点; 否则将此2个节点的熵值之和替代上一层对应节点的熵值, 但不处理标记。按照如此方法, 逐层处理, 将所有层处理完毕, 得到的被标记的所有节点就是最优节点。将此类节点上的能量值, 作为表示转子断条故障的特征量进行分析处理。最优小波树法可找出信号的内部存在的规律, 降低故障特征分量形成的数字矩阵的维数, 增快神经网络法的计算速度。

4 改进的小波神经网络算法

传统的小波神经网络法以BP算法训练网络参数, 缺点是会出现早熟、容易陷入局部极小值等情况, 影响了算法估计性能。为此, 本文将混合遗传算法引入小波神经网络中: 利用遗传算法把握大局,

确保找到全局最优点,单纯性法则在加快收敛速度的同时,在一定程度上解决算法的早熟问题,应用于小波神经网络参数优化。本文构造了3层小波神经网络模型,如图1所示。

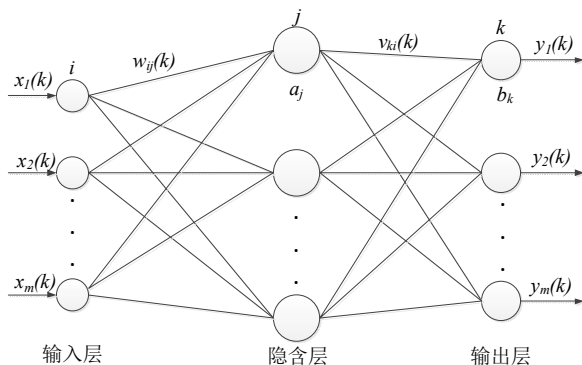


图1 三层BP网络模型

BP神经网络中,最关键的是权值和阈值。图1中: w_{ji} 为神经元 j 与神经元 i 之间的连接权值;同理 v_{ki} 为神经元 k 与神经元 j 的连接权值, a_j 、 b_k 分别为隐含层中神经元 j 与输出层神经元 k 的阈值。模型通过修整权值以及阈值以减少误差,最终完成训练。此2类参数的选取对于网络模型收敛速度和准确度具有重要的意义。为此,本文采用基于混合遗传算法优化BP神经网络的权值和阈值参数,主要步骤如下。

初始化种群。编码方法为实数法,种群个体由四部分组成:输入层与隐含层的连接权值、隐含层阈值、隐含层与输出层的连接权值和输出层阈值四部分构成。

选择适应度函数。根据种群中每个个体所包含的训练网络,将其预测输出和期望输出间的误差绝对值之和所得到的函数,作为种群个体适应度值 F 。

运用轮盘赌法选择种群个体。被选中的概率 p_i 如下式, N 为种群个体总数; k 为修正更系数; f_i 为种群个体 i 的适应度值。适应度实际上表示的是误差值,适应度越小,说明个体误差越小、个体越优秀,因此在种群选择中应取倒数。

按照本文已发表的文献[12]中的混合遗传操作来选择权值和阈值,直至达到终止条件。

5 三相异步电动机转子断条故障诊断实验

实验用电动机为Y100L—2型,电机参数为3 kW、

380 V、6.12 A、50 Hz,在转子上人为钻孔,模拟断条故障,如图2、图3所示。

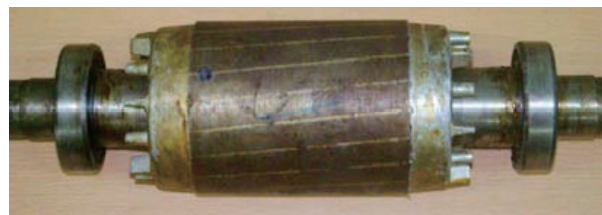


图2 一根断条



图3 两根断条

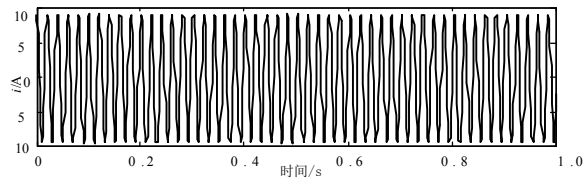
5.1 工频分量的滤除

其中电流的采样频率为250 Hz,采样长度为1000。定子a相电流信号如图4所示。图4中的a、b、c三图,分别为正常情况、转子一根断条、转子两根断条下的定子电流信号时域图。如图4所示,仅从时域图中很难看出3种情况的区别。

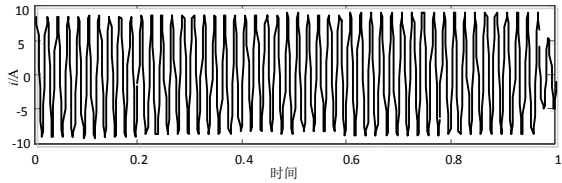
图5为定子电流的频域图。图5(b)中,由于基波分量的泄漏及转差率相对太小,使得故障特征量被完全淹没,无法识别。在图5(c)中,虽然因故障的加剧,故障特征量没有被工频分量完全淹没,但相比而言仍是相当微弱。因此欲实现转子断条故障检测与诊断的可靠性,必须滤除基波分量。

将本文第1节提出的方法,滤除前文提到的3种状态下的电流信号,得到的电流信号的频谱如图6所示。此时,混合遗传算法中种群规模为20,最大代数数为100。

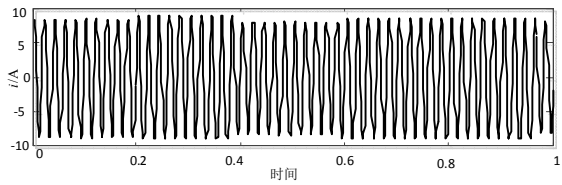
从图5和图6中的比较中可得出,因提出的新方法可有效地估计出了工频分量的波形参数,使得基波分量得到剔除,使得在极大程度上凸显了故障特征分量。在图5(b)中尤为明显,此时故障特征量的幅值只达到工频分量的1%,且频率上与工频分量相距相当近,但由于有效地去除了工频分量部分,故障特征分量被很好地凸显出来。由此可知,该方法非常适用于三相异步电动机断条故障的早期检测。



图a 转子完好



图b 转子一根断条



图c 转子两根断条

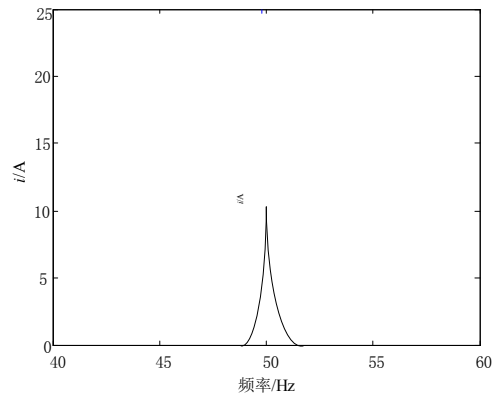
图4 定子电流时域图

5.2 故障特征分量的提取

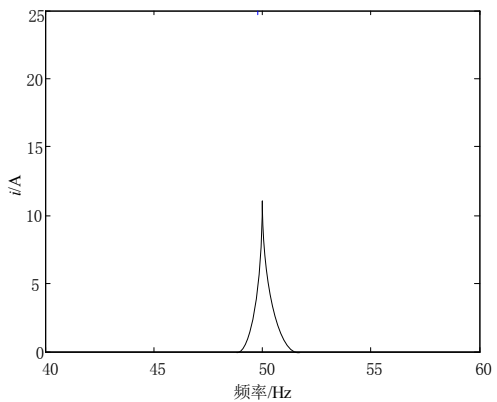
利用小波系 Daubechies 中的函数 db3, 针对前文提到的 3 种情况下的剔除工频分量后的定子电流信号进行最优小波树分解。Wenergy 函数则提取各节点系数的能量, 为待分析的故障特征量。如图 7 所示, 最优小波树的最终保留外围节点个数只有 8 个, 结合小波包分解的机理可知, 信号能量多集中在低通滤波的近似系数中。由于不同情况下的各成分能量值具有一定的可分性, 因此本文可将提取到的能量成分作为异步电机转子断条故障检测和诊断特征量。

在此实验中, 首先将 3 种电机情况下得到的 12×3 组数据分类, 选取 4×3 组数据为测试数据集, 8×3 组数据为训练数据集。根据第 3 节得到的故障特征量的维数, 确定神经网络算法中的输入神经元 8 个。又为对应 3 种电机的不同情况, 确定输出层维数是 3, 其中, 情况完好的异步电动机对 (1, 0, 0), 故障类型表示为正常; 转子一根断条对应 (0, 1, 0) 和故障类型 1; 转子两个断条对应 (0, 0, 1) 和故障 2。

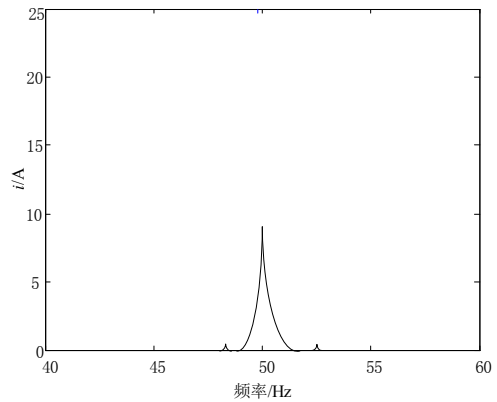
BP 神经网络的隐含层个数对算法性能影响非常大, 个数过少会使得模型比较粗糙, 降低算法学习和判断能力; 个数过多使得模型划分过于细化, 不易获得样本主要特征, 而且使得训练时间加长。



(a) 转子正常



(b) 转子一根断条



(c) 转子两根断条

图5 定子电流频域图

隐含层范围确定可借助式(8):

$$p = \sqrt{n + m} + r. \quad (8)$$

式中: p 为隐含层节点数; n 为输入节点数; m 为输出节点数; r 为 1~10 间的任意整数。

各点数对应的网络方均误差如表 1 所示。由表 1 可知隐含层神经元个数为 10 时, 误差最小, 故选取的点数为 10。

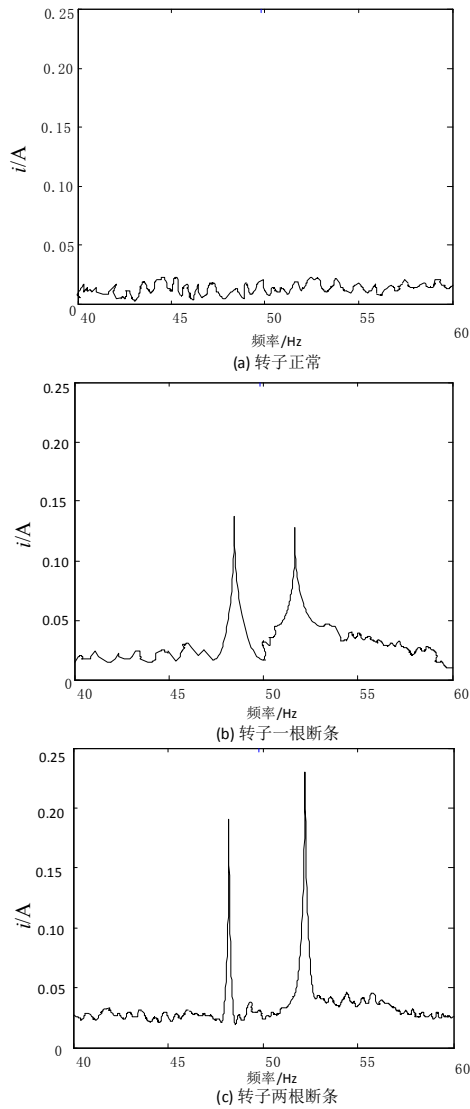


图6 滤波后的定子电流频域图

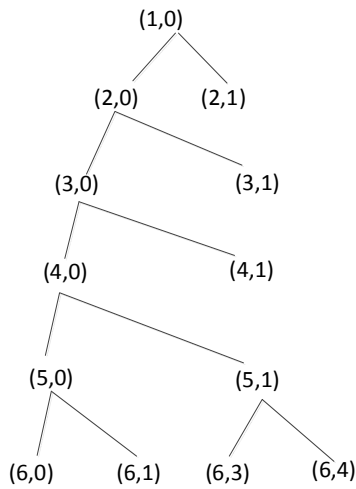


图7 最优小波树

表1 不同网络结构下的误差

隐含层神经元个数	方差	误诊数/样本数
7	3.0248×10^2	7/15
8	1.0459×10^3	5/15
9	1.6123×10^4	3/15
10	2.5243×10^5	2/15
11	2.8654×10^4	3/15
12	9.4562×10^4	4/15
13	2.56475×10^3	5/15

网络模型训练步数值设为1000，间隔为2，误差设定为0.00001，初始阶段学习效率为0.1。结构为8—10—3的神经网络模型，共有权值 $8 \times 10 + 10 \times 3 = 110$ 个和阈 $10 + 3 = 13$ 个，由此设定遗传算法中种群个体长度为 $110 + 13 = 123$ 个。在混合遗传算法中，设 $k = 1.001$ ，种群规模为10，最大进化次数为20。按照第2节中的步骤进行权值和阈值的优化。优化适应度曲线如图8所示。

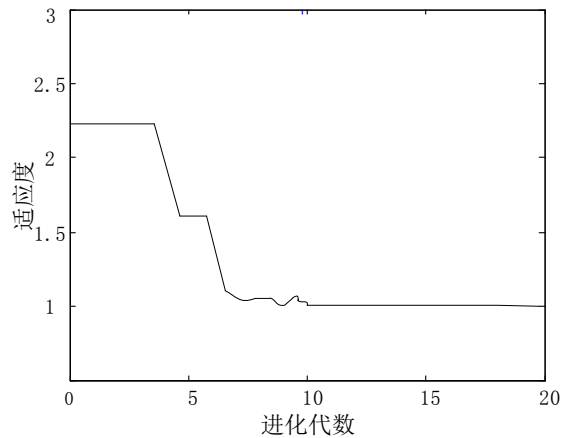


图8 适应度进化曲线

先将上文中提到的训练数据集和最优权值阈值参数训练神经网络，再针对测试数据集进行诊断、分类，结果如表2所示。

由表2可得出，经混合遗传算法优化的BP神经网络对测试数据集的诊断正确率相当高，达到100%，验证了检测数据模型的有效性。为了验证混合遗传算法优化BP神经网络的优越性，本文又分别与传统BP神经网络、基本遗传算法优化BP神经网络以及PSO—神经网络在同样的训练条件进行了识别结果的比较，均方误差和收敛时间对比如表3所示。

表2 神经网络测试分类结果

测试样本	实际输出			分类结果
1 完好电机	0.9999	-0.0002	0.0001	正常
2 完好电机	1.0001	0.0003	0	正常
3 完好电机	1.0000	0.0002	-0.0001	正常
4 完好电机	0.9991	-0.0001	0	正常
1 一根断条	0.0001	1.0000	0	故障1
2 一根断条	0	1.0003	0	故障1
3 一根断条	0.0001	0.9999	0.0003	故障1
4 一根断条	0	1.0001	0	故障1
1 两根断条	-0.0001	0.0013	1.0000	故障2
2 两根断条	-0.0002	0.0005	1.0001	故障2
3 两根断条	-0.0001	0.0003	1.0000	故障2
4 两根断条	0	0.0002	0.9999	故障2

表3 种方法处理结果对比

方法	误差	收敛时间
BP	2.4598×10^5	8.6263
GA-BP	8.5612×10^6	6.8458
HGA-BP	1.1205×10^6	5.6556

通过表3比较可得出,基于混合遗传算法优化的神经网络明显地缩短了收敛时间,且诊断精度最高:此方法可以作为转子断条故障诊断的有效手段。

5 结束语

本文首先提出了一种基于混合遗传算法的工频分量滤除思路,可有效地消除能量较大的工频分量对微弱的故障特征的影响。然后利用最优小波分解已去除工频分量的表征故障特征的分解节点能量分布值。因仅依靠观察能量数值进行诊断较为困难,本文又提出了基于混合遗传算法优化的BP神经网络,进行故障状态的识别。实验结果显示,该方法能够准备可靠地诊断分类出3种情况下的异步电动机转子断条故障状态。又与传统的BP网络、基本遗传算法优化的网络和基于粒子群算法优化的网络的结果进行了对比,混合遗传算法优化的BP神经网络很大程度上提升收敛的速度和降低了误差。

参考文献

[1] ZHANG Pinjia, Yi Du, HABETLER T. G. et al. A survey of condition monitoring and protection methods for medium-voltage

induction motors. IEEE Transactions on Industry Applications, 2011, 47(1): 34-46.

[2] 马宏忠, 胡庚生, 黄允凯, 等. 感应电机转子绕组故障仿真与实验研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(4): 107-112.

[3] PUCHE-PANADERO P, PINEDA-SANCHEZ M, RIERA-GUASP, M. et al. Improved resolution of the MCSA method via Hilbert Transform, enabling the diagnosis of rotor asymmetries at very low slip. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2009, 24(1): 52-59.

[4] HU Niaoqing, XIA Lurui, GU Fengshou, et al. A novel transform demodulation algorithm for motor incipient fault detection. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2011, 60(2): 480-487.

[5] 王臻, 李承, 许允之, 等. $\alpha-\beta$ 坐标系下瞬时无功功率的笼型异步电机转子故障诊断. 电工技术学报, 2015, 30(10): 179-186.

[6] 许伯强, 李和明, 孙丽玲, 等. 笼型异步电动机转子断条故障检测新方法. 中国电机工程学报, 2004, 24(5): 115-119.

[7] BELLINI A, YAZIDI A, FILLIPETTI F. et al. High frequency resolution for rotor fault of induction machines. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2008, 55(12): 4200-4209.

[8] PUCHE-PANADERO, P. PINEDA-SANCHEZ, M. RIERA-GUASP, M. et al. Improved resolution of the MCSA method via Hilbert Transform, enabling the diagnosis of rotor asymmetries at very low slip. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2009, 24(1): 52-59.

[9] XU Boqiang, SUN Liling, XU Lie, et al. Improvement of the Hilbert method via ESPRIT for detecting rotor fault in induction motors at low slip. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2013, 28(1): 225-233.

[10] 孙丽玲, 许伯强, 李志远. 基于 MUSIC 与 SAA 的笼型异步电动机转子断条故障检测. 电工技术学报, 2012, 27(12): 205-212.

[11] 孙丽玲, 许伯强, 李志远. 基于旋转不变信号参数估计技术与模式搜索算法的异步电动机转子故障检测新方法. 机械工程学报, 2012, 48(13): 89-95.

[12] 孙丽玲, 许伯强, 李志远. 基于旋转不变信号参数估计技术与模式搜索算法的异步电动机转子故障检测新方法. 机械工程学报, 2012, 48(13): 89-95.

[13] 向东阳, 吴正国, 胡文彪, 等. 盲信号处理在感应电动机复合故障诊断中的应用研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(23): 103-106.

[14] 邱赤东, 薛征宇, 邵萍波, 等. 基于小波包变换的电机定子故障特征提取方法[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(22): 52-56.

[15] 唐炬, 谢颜斌, 周倩, 等. 基于最优小波包变换与核主分量分析的局部放电信号特征提取[J]. 电工技术学报, 2010, 25(9): 35-40.

(责任编辑:张峰亮)

基于不同供热奖励政策的热电联产机组集中供热竞争力分析及策略研究

许福鹿

(国网福建省电力有限公司漳州供电公司, 福建 漳州 363000)

摘要: 根据每个地方的差异性, 分析了我国典型省份的供热奖励政策, 重点剖析了以供热量、统一增加利用小时、热电比等奖励方式。以某省实际的供热情况对比分析了2016年和2017年不同奖励政策的实施效果, 为合理制定供热奖励政策提供依据, 能充分调动热电机组企业集中供热积极性。

关键词: 集中供热; 供热奖励政策; 热电联产

中图分类号: TN929.5

1 热电联产的现状

热电联产集中供热具有能源综合利用效率高、节能环保等优势, 是解决城市和工业园区集中供热主要热源和供热方式之一, 是解决我国城市和工业园区存在的供热热源结构不合理、热电供需矛盾突出、供热热源能效低污染重等问题的主要途径之一^[1]。当前我国热电联产发展也面临着严峻挑战: 供暖平均能耗高、污染重, 热电联产在各类热源中占比低, 热电机组供热能力未充分发挥; 用电增长乏力, 用热需求持续增加, 大型抽凝热电联产发展方式受限; 大型抽凝热电比例过大, 影响供电供热安全, 不利于清洁能源消纳和城市环境进一步改善; 背压热电占比低, 运行效益较差, 企业投资积极性不高^[2]。

2016年11月7日, 国家发改委、国家能源局对外正式发布《电力发展“十三五”规划(2016—2020年)》(以下简称“《规划》”)。这是时隔15年之后, 电力主管部门再次对外公布电力发展5年规划。“十三五”电力发展的重点在集中供热方面: 推进集中供热, 逐步替代燃煤小锅炉^[3-5]。围绕大气污染防治和提高能源利用效率, 健康有序发展以集中供热为前提的热电联产, 不断提高我国城市集中供热普及率, 解决我国北方地区冬季供暖期大气污染严重、区域热电供需矛盾突出、热源结构不合理等问题, 保障城市居民和工业园区用热需求。按照“统一规划、以热定电、立足存量、结构优化、提高能效、环保优先”的基本原则, 在优先利用已有热源且最大限度地发挥其供热能力的基础上, 通过配套支持政策重点鼓励发展能效高、污染少的背压

式热电联产机组。同时, 发展热电联产集中供热与环境保护协调联动, 与关停小锅炉和减少用煤量挂钩, 提高热电联产供热范围内小锅炉的环保排放标准, 加快小锅炉关停。到2020年, 实现北方大中型以上城市热电联产集中供热率达到60%以上, 形成规划科学、布局合理、利用高效、供热安全的热电联产产业健康发展格局。

但是, 促进我国热电联产集中供热发展方面还面临一定的障碍, 主要包括供热规划超前, 抽凝机组供热能力有限, 电厂在调峰或单机运行时供热可靠性较低、热力基础设施不完善、政策支持不够等, 通过分析这几方面的问题, 其中影响热电联产企业最大的政策支持不够。

为了促进热电联产机组供热市场良好的运行环境, 必须要从根本上解决这些问题。国家和各省份也针对热电联产集中供热出台了优惠政策, 在许多政策性文件中都指出“大力发展热电集中供热”, 但是都缺乏具体的配套政策措施, 即使有些针对热电联产机组进行了供热奖励政策, 但是供热奖励不能充分的调动热电机组供热的积极性、或者供热奖励政策不能使热电机组获得收益, 甚至有些热电机组在供热方便还是处于亏损状态, 为充分调动热电机组供热的积极性, 以及构建一个好的供热市场环境, 以某省主要供热机组为例, 分析我国部分省份不同的热电机组供热奖励政策, 为制定科学、合理、公平的供热奖励政策提供一定的参考价值。

2 不同省份供热奖励政策比较

各地均对供热机组发电量计划进行调增, 以热

定电，电量奖励幅度一般在200 h以上。近2年，电力市场整体宽松，随着电改逐步推进，各地热电联产供热企业全年利用小时优势更加突出，个别热电企业优势达到2000 h以上。陕西省对供热机组倾斜力度较大，热电机组利用小时较常规火电高出1500 h；贵州省热电联产机组增加电量计划500 h以上；湖北省每1000 TJ售热量增加100 GWh电量计划；河南省供热机组按200 h增加电量计划；安徽省和广东省都以上一年度各供热机组热电比百分数进行基数电量奖励。

2.1 山西

符合热电联产条件的供热机组，按照山西能监办核定的实际供热面积与机组容量对应额定供热面积的比例计算，确定增加利用小时。具体公式为：利用小时 = 300 × 实际供热面积 / 额定供热面积。

2.2 山东

依据在线监测热电比安排供热机组电量。贯彻落实发改能源〔2016〕617号文件精神，依据《山东省统调热电厂在线监测管理办法》有关规定，按照热电在线监测系统采集的2015年热电比数据分解落实供热量。今年供热量分配原则是，以热电比小于等于5的机组利用小时为基数，每增加一个整5提高一个级差，分梯级安排供热量利用小时，本次测算基数为60 h，级差为5 h。

2.3 福建

经认定的热电联产机组按照“以热定电”的原则安排年度发电计划。热电厂应于每年12月底前向省经贸委申报下一年度计划供热量，省经信委根据热电厂申报的计划供热量安排其年度发电计划，年度发电量按以下公式确定：

全厂热电联产机组：热电联产机组发电量 = 年度计划供热量 / 热电比 / (1 - 综合厂用电率) / 3600 × 1000。

注：单机容量50 MW及以下机组热电比按100%计算，单机容量50 MW以上机组热电比按50%计算；供热量单位为GJ，发电量单位为MW时，综合厂用电率按调控计划值。

单台热电联产机组：热电联产机组发电量 = 机组容量 × 统调同类型纯凝机组“三公”小时数 × (1 + 热电比 × 调控比例系数)。注：年初下达调控计划时

热电比按50%计算，年底根据实际值调整；调控比例系数根据年度电力供需平衡情况在调控计划中明确，原则上调控比例系数为0.2。

按以上方式安排年度发电计划的热电联产机组，利用小时若高于同类型纯凝发电机组平均数的10%，原则上不再参与电力用户直购电交易、跨省跨区电能交易及“以大代小”替代电量交易等形式的计划外电量。

2.4 安徽

根据安徽省发电计划管理办法，计划电量安排原则如下：热电联产燃煤机组，按“以热定电”安排的优先发电电量；一般供热燃煤机组，根据上一年度实际供热量，按热电比每个百分点视情安排优先发电电量。安徽省能源局“对供热机组按上一年度热电比每1个百分点奖励20 h基数电量”的分配原则。

2.5 广东

根据广东省发展改革委员会，广东省经济和信息化委员会，国家能源局南方监管局关于2017年广东省2017年广东省有序放开发电用电计划及电力批发交易有关工作安排的通知，通知指出对于热电联产机组，根据上一年度的实际热电比对基数电量进行一定的倾斜：按照上年实际热电比每1个百分点增加25 h基数电量倾斜。

3 不同供热奖励政策在某省的应用效果

根据现行搜集到的华北电网以山西省和山东省为代表、华东电网以福建省和安徽省为代表、华中电网以湖北省为代表，南方电网以广东省分别叙述这几个省份的情况。按照某省内以热定电政策：2012年，供热机组统一增加电量计划100 h，2013年、2014年供热机组增加电量计划300 h，2015年开始以上一年度供热量核定供热量计划，每1000 TJ奖励供热量100 GW，每年的供热机组电量奖励计划逐年发生变化。因此，以根据某省现有的政策每1000 TJ奖励供热量100 GW为基础，结合山西省、山东省、福建省、安徽省、广东省等供热奖励电量政策，分别计算不同奖励方效果，不同奖励政策计算效果如表1所示。

方案1：以供热量进行奖励电量，以某省现有的

表1 不同供热奖励政策在湖北省的应用效果

电厂	装机容量/MW	方案1		方案2		方案3	
		2016年奖励电量/GWh	2017年奖励电量/GWh	2016年奖励电量/GWh	2017年奖励电量/GWh	2016年奖励电量/GWh	2017年奖励电量/GWh
热电联产企业1	185	7	162	55.5	55.5	124	148
热电联产企业2	1260	73	64	387	387	107	93
热电联产企业3	330	25	45	99	99	31	53
热电联产企业4	700	259	206	210	210	353	294
热电联产企业5	370	20	18	111	111	36	25
热电联产企业6	400	19	96	120	120	27	139
热电联产企业7	700	0	23	210	210	0	39
热电联产企业8	1280	6	58	384	384	8	85
热电联产企业9	660	264	308	198	198	378	435
热电联产企业10	180	23	41	54	54	33	64
热电联产企业11	1320	220	214	396	396	332	317
总计		916	1235	2224.5	2224.5	1429	1692

供热奖励政策，每供热1000 TJ，奖励电量100 GW；

方案2：以利用小时奖励电量，按照统计增加300利用小时进行核算；

方案3：以热电比进行奖励，以安徽省和广东省为依据，按照热电比每一百分比奖励基础电量20 h核算。

以上几种方案的选择只是不同奖励方案的代表，方案2就是按照奖励小时，方案3就是按照热电比进行奖励，只是奖励基础电量的不同。

从以上可以看出，不同的供热奖励方案在具有不同的激励效果，现有的供热奖励约供热1000 TJ，奖励电量100 GW；方案2以利用小时进行奖励，奖励300利用小时，约供热1000 TJ，奖励电量142 GW；方案3以热电比进行奖励，热电比每1个百分比进行基础电量20 h，约供热1000 TJ，奖励电量170 GW。对于奖励供热量能充分发挥调度热电机组供热企业集中供热，为节能减排做出贡献，具有显著的经济和社会价值。

4 典型方式供热奖励政策评价及建议

方案1：是湖北省现行的供热机组奖励电量计划，此种奖励电量按照上一年度实际的供热量来奖励供电量，奖励能力按照供热情况核定，方案较合理，科学。

方案2：按照供热机组统一增加300利用小时，

这种做法，这种办法具有很大的不合理性。对于有较多发电机组的发电企业有优势，此种方案与供热量的多少无关，仅仅与机组数量有关，对于拥有较多发电机组的企业，其供热奖励电量较多，具有很大的不合理性。

方案3：按照上一年度热电比进行奖励，不仅有供热量有关，还有发电量有关，相比现有的供热奖励政策，方案3政策更加体现了供热和供电关系，考虑全面。

由此可见，不同的集中供热奖励具有不同的效果，好的奖励政策能充分发挥热电联产机组供热企业的积极性，能提高发电主体的积极性，为科学合理的制定奖励政策做一个理论指导。

参考文献

- [1] 康艳兵, 张建国, 张扬. 我国热电联产集中供热的发展现状、问题与建议[J]. 中国能源, 2008, (10): 8-13.
- [2] 张劲松. 浅谈城市集中供热管网的优化设计[J]. 中国高新区, 2017, (20): 21.
- [3] 胡永德, 柴渭川. 城市集中供热系统节能问题及对策[J]. 中国设备工程, 2017, (19): 61-62.
- [4] 钟玉玉, 郭贤明, 于文益. 广东省工业园区集中供热方式选择及模拟评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(S1): 121-124.
- [5] 李银玲. 中国城市集中供热能耗分析及节能减排控制策略研究[D]. 华北电力大学, 2016.

(责任编辑:张峰亮)

35 kV 变电站升压扩容 施工期间过渡方案

由 建

(国网河北石家庄供电分公司, 河北 石家庄 050000)

随着地方经济建设的快速发展和对电力安全性要求的提高, 原有的变电站容量已不能满足负荷供给的需求。再加上土地资源贫乏, 环境要求的提高, 新建变电站的可能性降低, 因此对原有低电压等级变电站升压成高等级电压的改造成为解决当地负荷供应不足的措施。

35 kV 变电站升压为 110 kV 变电站, 能有效提高变电站的运行效率、增加变电站供电半径, 增强了 110 kV 电网网架, 对于缓解地区电网特别是超变电站容量负荷中心电网供电紧张矛盾具有现实意义。

本文结合新城铺 110 kV 输变电工程 35 kV 变电站升压为 110 kV 变电站的工程实例对升压改造期间原有负荷的供电问题进行分析, 确保供电可靠, 负荷损失最少, 达到技术可行, 经济合理。

1 35 kV 变电站升压前后分析

新城铺 35 kV 站一次接线如图 1 所示。

35 kV 部分: 366 柏平 T 接线、367 柏新线。主变部分: 35 kV 号 1、号 2 主变。10 kV I 段: 781 东安丰线、782 东平乐线、783 东杜村线、784 客运站线。10 kV II 段 785 备用、786 小吴村线、787 新城铺线、788 合家庄线。

新城铺升压成 110 kV 后, 在站区西侧新建 2 回 110 kV GIS 进线间隔, 原 35 kV 1 号主变、2 号主变位置新安装 110/10 kV 主变, 110/35/10 kV 主变, 35 kV 1 号主进变为出线, 2 号主进新增加合并单元、智能终端合一装置, 并接入新 110 kV 主变保护。10 kV 部分 1 号、2 号主进新增加合并单元、智能终端合一装置, 接入新 110 kV 主变保护。10 kV I 段原有二次保护部分全部更换, 接入新的监控及远动系统, 新增 8 面出线柜, 1 面电容器柜。10 kV II 段原有二次保护部分全部更换, 接入新的监控及远动系统, 新增 4 面出线柜, 1 面电容器柜, 1 面分

段隔离柜。501 分段备自投保护更换。

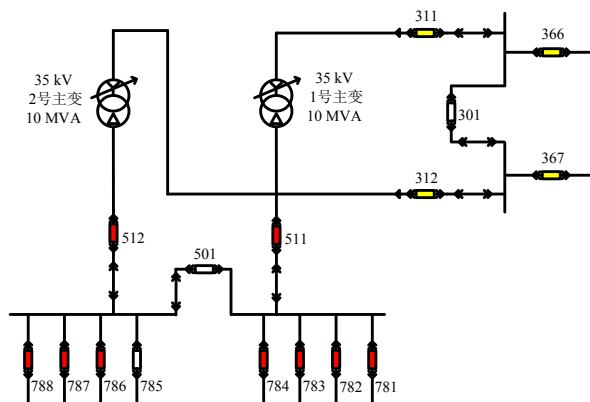


图 1 35 kV 变电站一次接线图

目前 2 台 35 kV 主变额定容量均为 10 MVA, 每台主变各带一段 10 kV 母线, 日常每台主变负荷有功容量可达 7 MVA。如果停运一台主变, 将会使另一台主变过负荷。因此, 用一台主变通过 10 kV 母线并列运行的方式供应全站负荷, 停运另一主变, 拆除后, 腾出位置进行 110 kV 主变的安装是不允许的。

2 站内负荷供给方案设计及工程实施策划

2.1 变压器更换前的准备工作

新监控系统的数据库配置完成。新 SDH 通信系统利用原光缆路由方式的开通调试完成。新变电站调度数据网系统与主站通信调试完成, 主站数据库配置完成。新建 110 kV GIS 部分一、二次调试完成。为了保证在 10 kV 主进间隔停电时配合完成主变保护和自投保护的传动工作, 完成分段 501 备自投的更换工作。为了在 10 kV 母线停电期间更快完成线路保护更换, 以熟悉二次回路为目的, 完成 785 备用间隔的保护更换工作。

为保证更换 35 kV 主变施工期间原有 10 kV 负荷的正常供应, 在站内预留 3 号主变位置临时设置

(租赁)一台20 MVA的35 kV主变(临变),采用35 kV电缆从原1号主变35 kV主进穿墙套管处接至临变高压侧,采用本工程2台电容器电缆物资,从10 kV 1号主进穿墙套管处接至临变低压侧,这样原有1号主变保护(差动、高后备、低后备)均不发生变动,节省了1号主变停电切改到临变的时间,提高了工作效率。这样1号主变停电前,可以完成临变就位、电缆敷设、电缆附件安装后待接入35 kV、10 kV侧穿墙套管,原主变本体保护处新敷设电缆至临变本体端子箱。

2.2 变压器更换期间负荷供给方案及施工策划

1号主变及10 kV I段停电后(1天内)完成图2所示工程量:35 kV、10 kV电缆接引,本体信号替换原有相同信号的二次电缆。10 kV母线并柜,为保证新开关柜安装调试期间母线不带电,预制新旧连接母线排,待下次停电母线连接。781、783保护更换,接入新监控系统。

投运临变,10 kV部分二次定相合格。合上501开关后临变带全站负荷。

临变投运后可以同时停运2号主变,拆除1号、2号35 kV主变,腾出位置进行2台110 kV主变安装,2号主变可以一次性完成安装调试,1号主变因10 kV主进开关位置被临变占用,需要10 kV母线桥预留接口。2台110 kV主变安装调试工期预计1.5个月。施工期间10 kV负荷供应如图3所示。

2.3 变压器更换后负荷供给方案及施工策划

考虑到110 kV线路施工期间受外界占地赔偿导致工程进度的不可控性,如果110 kV部分不具备投运条件,可以在110 kV 2号主变安装完毕后,使用312开关带2号主变35 kV部分投运,以便退运临时主变,节省过渡期间租赁变压器的费用,以节省投资。一般末端变电站的主变电压比为110/38.5/10.5 kV,高压侧为有载调压(8±2.5%),中压侧为无载调压(2±2.5%)。此时应把110 kV侧分接开关调至最大,即高/中变比最小的位置,这样高压侧空载电压最低。把35 kV侧分接开关调至最大,即中/低变比最小的位置,此时在中压侧电压相同的情况下,低压侧能够获得最高电压,满足10 kV母线电压合格率的要求。

停运10 kV II段母线,501开关。1天内同时进

行以下工作:2号主变跳501开关传动,501备自投传动512主进开关。786、788保护更换,接入新监控系统。新增开关柜并柜,预制新旧连接母线排,待下次停电母线连接,如图4所示。

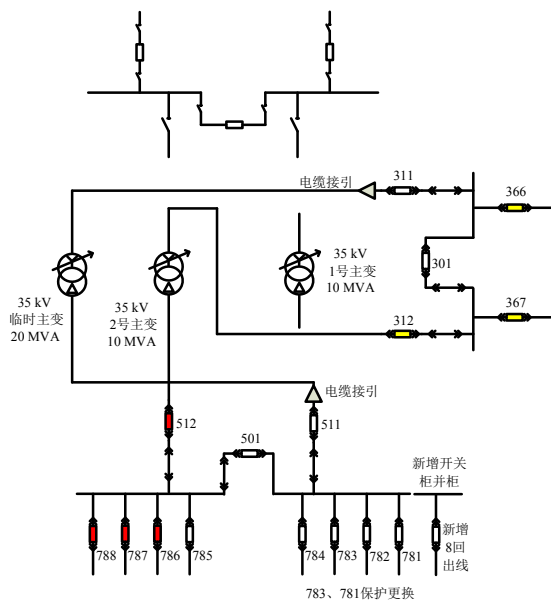


图2 10 kV I段母线停电后工程量

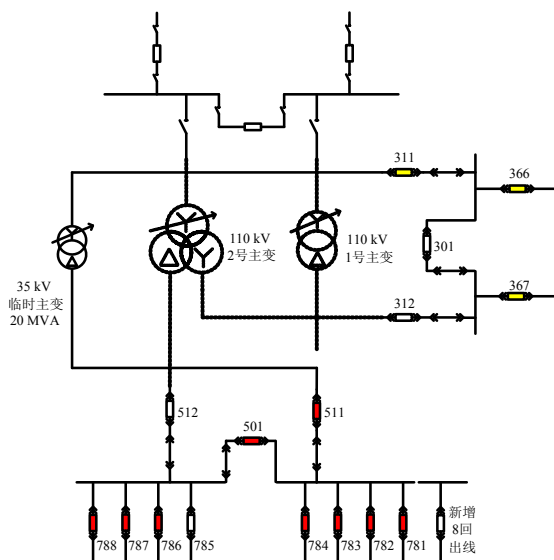


图3 两台主变更换施工期间负荷供应方式

合上312、512开关,使2号主变35/10 kV带10 kV II段,10 kV二次定相合格后,合上501开关后带全站负荷。

停运临变和1号主变10 kV主进511,进行1号主变511增加合智一体装置,主变保护调试,10 kV母线桥接引工作,完成110 kV 1号主变的安装调试

工作。完成311主进开关更换成出线间隔的改造。如图5所示。

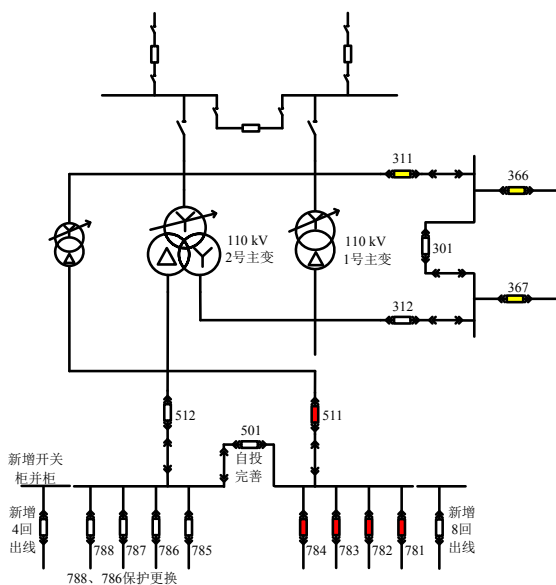


图4 10 kV II段停电后工程量

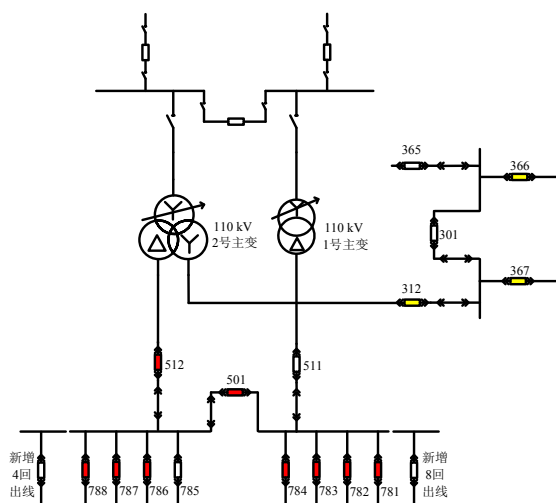


图5 110 kV 2号主变35/10 kV投运后运行方式

最后，待110 kV线路投运后，停运10 kV I段、501开关。10 kV母线新旧连接，耐压试验。782、784保护更换，接入新监控系统。1号主变跳501开关传动，501备自投跳511开关传动。

投运110 kV 1号主变，10 kV进行二次定相，无误后1号主变带10 kV I段母线。

停运2号主变，10 kV II段母线。10 kV II段母线新旧连接，耐压试验。787保护更换，接入新监控系统。

用110 kV部分投运2号主变，进行10 kV部分

二次定相。停运35 kV II段母线，进行35 kV二次定相。无误后两台主变可各带一段10 kV母线分裂运行，恢复正常运行方式，如图6所示。

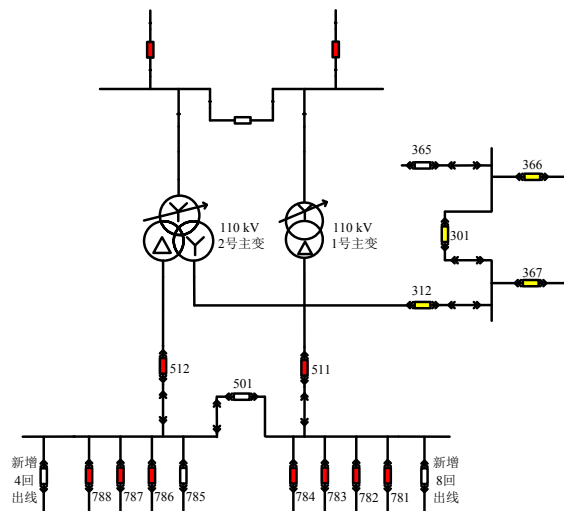


图6 110 kV变电站最终运行方式

3 结束语

本文通过对新城铺35 kV变电站升压为110 kV变电站施工期间负荷供应问题进行了分析，提出了采用原有站内设备和增加临时主变的设计方案，同时对设计方案的实施提出了停电切改时间短，高效的施工方案，解决了改造期间停电施工工期长影响10 kV线路供电范围内负荷供应的问题。在分析原有35 kV变电站和新增设备的基础上，采用在必须停电1天的时间内统筹安排尽可能多的工程量，以减少停电次数。考虑到线路工程的不可控因素，为减少工程租赁主变的费用，提出了临时主变退运前，利用110/35/10 kV 2号主变的35 kV侧投运，既减少了主变的租赁时间，又提前退运了511主进开关，为1号主变功能完善提供了条件，提高工作效率。新城铺110 kV变电站建设的技术、经济方案，施工组织方案的策划，对土地资源及负荷供应紧张的区域，对解决35 kV变电站升压改造期间负荷供应问题提供了一个可选模式，具有参考和借鉴价值。

作者简介

由建(1978-)，男，河北定州人，国网石家庄供电公司项目管理中心，研究生，高级工程师，现从事电力工程建设管理。

(责任编辑:张峰亮)

基于序关系法-熵权法的 县域电网评价体系研究

郭勇¹, 程春萌²

(1. 国网河南省电力公司经济技术研究院, 河南 郑州 450052

2. 河南省电力勘测设计院, 河南 郑州 450006)

摘要: 县域电网是电网建设的重要部分, 随着经济建设的发展, 用户对电网的供电可靠性、电能质量等要求越来越高。而长期以来县域电网的发展问题没有受到足够重视, 其发展水平相对滞后, 严重限制了县域电网的发展。寻找合理准确的评估方法, 建立基于序关系-熵权法的县域电网评价体系, 科学评估县域电网实际现状, 量化分析县域电网发展现状, 为电网合理的规划和投资改造提供依据。

关键词: 县域电网; 评价体系; 序关系法; 熵权法

中图分类号: TM715

随着我国社会经济的发展, 用电需求、供电质量和供电可靠性要求越来越高。县域电网作为电网的重要组成部分之一, 与用户关联紧密, 影响广泛。而随着负荷要求的提高, 县域电网暴露出越来越多的问题, 如: 线路负载率过高、转供能力不足、供电设备老化等。开展县域配电网综合评估工作, 改善县域电网的薄弱环节, 保持县域电网发展的可持续性, 合理投资, 资源优化配置, 促进县域经济发展具有重要的现实意义。

1 县域电网评价体系构建原则

县域电网各评价指标的选取一方面要尽可能从全面性的角度出发, 反映县域配电网的实际情况; 另一方面也要考虑指标体系数值的可获得性, 体系指标计算方法、范围及内容的科学有效性, 具体应遵循以下三个原则。

系统性: 指标体系应能够全面、准确、客观地反映县域配电网的本质特征和整体性能, 指标体系应该层次分明、结构合理、协调一致。

独立性: 指标体系中的各项指标必须含义明确、互不交叉重复, 之间不存在因果关系, 以保证评价结果的科学、有效和公正。

实用性: 指标体系应具有针对性, 达到真实反映县域配电网整体情况并合理有效指导配电网发展的目的, 使评价者得到实用性强可以落地的结论。

作为配电网的不同利益相关方对于配电网的发

展有着不同的诉求, 对于这一多目标决策问题, 配电网的发展建设须进行综合考量, 以获得利益的最大化和共赢的效果。针对投资需求测算的县域电网发展状况差异化评价体系构建, 在综合考量配电网发展建设的基础上, 兼顾其发展协调性和差异化特性, 建立全面、准确地县域配电网评价体系。

2 县域电网评价体系指标

县域电网发展状况评估指标体系分为宏观指标集和微观评估指标集2个层次, 其中宏观需求指标集主要从县域电网的利益相关者及核心需求角度出发并构建。微观指标集则是对宏观需求指标分解的转化, 从而形成的具体、细化的指标。宏观需求指标和微观评估指标间在因果关联上存在着关联关系, 前者是对县域电网核心发展水平的评估, 后者是具体到县域电网各电压等级设备、电网结构、供电可靠性等发展现状的评估指标, 反映了电网的运行状态和发展建设中存在的具体问题和薄弱环节。

县域电网发展状况评估指标体系分为宏观指标集和微观评估指标集2个层次, 其中宏观需求指标集主要从县域电网的利益相关者及核心需求角度出发并构建。微观指标集则是对宏观需求指标分解的转化, 从而形成的具体、细化的指标。宏观需求指标和微观评估指标间存在因果关联关系, 前者是对县域电网所带来的核心价值的评估, 后者是具体到县域电网设备、结构等发展状况的评估指标, 反映

了电网的运行状态和发展建设中存在的问题和薄弱环节。

2.1 宏观评估指标集

宏观评估层次图如图1所示。

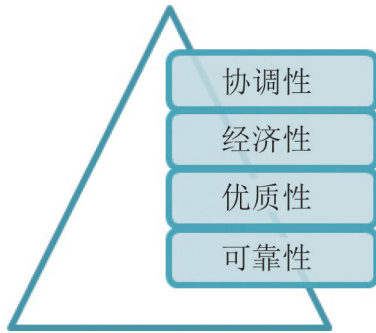


图1 宏观评估层次图

县域评价涵盖的内容十分广泛，评价的关键在于影响因素的分析和评价指标的选定。安全、可靠和经济是对配电系统供电的基本要求，也是配电系统综合评价工作中需要考虑的最为重要的方面。县域电网系统不仅需要满足符合的当前需求，还应该满足未来一定时间内负荷增长的需要。同时，考虑到配电网的整体性，不同电压等级配电网的配合发展、变电站布点与配网网架的配合发展等都需要满足一定的协调性，这种协调性同样需要量化评价。综合上述考虑，从供电可靠性、优质安全性、经济性、协调性四个方面对县域电网进行分析。

可靠性：该特性要求如果不满足，配电网某一环节发生故障，造成配电网不能向用户持续供电。安全、可靠、支持自愈的供电能力是配电网稳定运行的根本保障，量化指标为供电可靠性。

优质性：该特性要求如果不满足，会造成用户不能正常运作生产的影响。优质的电能质量可以有效提高用户用电满意度，是智能配电网建设的主要任务之一，因此重点关注电能质量，量化指标为电能优质性。

经济性：指某一需求不被满足，会给电网公司运营管理带来损失。通过高效的运营管理手段，可起到优化电网资产利用率，降低损耗，节约建设成本，因此重点关注电网运营效率，量化指标为运营高效性。

协调性：该特性要求如果不满足，将会影响配电网对外部环境的协调适应及可持续发展能力。构

建支持双向通信互动、协调可持续发展的县域电网是未来社会发展的必然趋势，因此重点关注电网与用户互动能力和与新能源、环境协调能力，量化指标为电网互动性和发展协调性。

2.2 微观指标集

将“四个性能”看成衡量县域电网发展水平的宏观因素，宏观需求指标集和微观评估指标集之间存在因果关联关系，根据这种关联性，可以考虑从宏观需求指标集出发，构建微观评估指标集宏观需求指标集和微观评估指标集之间存在因果关联关系。为了能够全面反映配电网的物理架构和运行特性，单纯从电网规划建设环节看，将影响“四个需求”的因素的微观指标归纳为五个方面：装备水平、技术水平、负载能力、网架结构、运行水平。网架水平用来评价电网网架结构的好坏，负载能力反映电网在负荷供应方面的具体表现，装备技术水平指电网设备的先进性和使用情况，运行水平表征电网的运行结果。

3 县域电网发展状况指标体系

对电网“可靠性、优质性、经济性和协调性”的分析，用鱼骨图法找出表征县域电网发展水平的微观指标，即明确反映了配电网建设的具体内容和特点，并且直接决定了配电网建设的效果的指标。对微观指标进行分类，建立反映县域电网发展状况的指标体系。

按照上述分析，建立分层分级配电网指标体系，指标层从上至下分别为：评估目标层 $O = \{\text{县域电网发展状况}\}$ ；由 $A = \{\text{装备水平，技术水平，负载能力，网架水平，运行水平}\}$ 五项二级指标构成与目标层直接相关的特性类子目标，直接反映县域电网本质问题， $B = \{\text{架空线路绝缘化率、电缆化率、配电自动化终端覆盖，10 kV 出线间隔使用率}\dots\}$ 等构成与装备技术水平直接相关的下一层子属性。指标集如表1所示。

4 基于序关系-熵权法的指标权重计算

本文采用组合赋权的方法进行赋权，主观赋权通过征询有关专家的意见，然后进行统计综合而定权，这将充分借助专家或工作者的经验优势。但是

表1 县域电网评价指标框架

一级指标	二级指标	三级指标	
县域电网发展状况	装备水平	1.1	10 kV 架空线路绝缘化率/%
		1.2	110 kV/35 kV/10 kV 电缆化率/%
		1.3	配电自动化终端覆盖/%
		1.4	变电老旧率/%
		1.5	线路老旧率/%
		1.6	高损耗配变比例/%
		1.7	主干截面不合格比例/%
	技术水平	2.1	10 kV 出线间隔使用率
		2.2	装接配变容量偏高的比例
		2.3	户均配变容量
		2.4	供电半径超标比例
		2.5	超过载造成的故障比例
	负载能力	3.1	110 kV/35 kV 容载比
		3.2	110 kV/35 kV 变电站重载比例/%
		3.3	110 kV/35 kV 线路重载比例/%
		3.4	10 kV 配变重载比例/%
	网架水平	4.1	变电站单线单变率/%
		4.2	110 kV/35 kV/10 kV 变电站 N-1 通过率/%
		4.3	110 kV/35 kV 线路“N-1”通过率/%
		4.4	中压线路联络率/%
		4.5	站间中压线路联络率/%
		4.6	10 kV 单联络比例
	运行水平	5.1	供电可靠率
		5.2	电压合格率
		5.3	低电压用户比例
		5.4	综合线损率
		5.5	带电作业比例
		5.6	一户一表率
5.7		智能电能表率	

考虑到对一些特定的环节进行评估时指标权重的大小除了与其概念本身的属性有关外，还与指标的数据的结构有关。如果数据的离散程度小，甚至各评估单元的数据大小相等，则该指标对整体评价的实际作用会较小或0；反之，如果数据的离散程度大，则该指标的作用较大，权重也增大。据此确定的权重可称为主观权重和客观权重，本课题采用序关系分析法(G1法)确定主观权重，采用熵权法确定客观

权重，最终用矩估计原理出发，寻找兼顾主客观权重的组合权重。

4.1 用G1法计算主观权重

步骤1：确定序关系。比较各准则下 A_1, A_2, \dots, A_n 对最优目标的影响，即确定各层次下各指标之间的重要程度的次序，指标越重要则序关系越靠前，一一确定他们在最优目标中所占的比重，即确定准则层对目标层的序关系，唯一确定序关系： $A_1^* > A_2^* > \dots > A_n^*$ 。

步骤2：给出指标间相对重要程度的比值判断。用比值衡量前后序关系指标的重要程度的大小，设专家关于指标 A_{k-1} 与 A_k 的重要程度之比的理性判断为

$$\frac{w_{k-1}}{w_k} = r_k (k = n, n-1, \dots, 3, 2)。 \quad (1)$$

步骤3：根据序关系和 r 值，进行排序权重计算，计算公式如下：

$$w_n = (1 + \sum_{k=2}^n \prod_{i=k}^n r_i)^{-1}, \quad (2)$$

$$w_{k-1} = r_k w_k (k = n, n-1, \dots, 3, 2)。 \quad (3)$$

4.2 用熵权法确定客观权重

步骤1：计算第 i 个县域第 j 个评价指标的指标值的比重 p_{ij} ：

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^m r_{ij}} (i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3, \dots, m), \quad (4)$$

步骤2：计算第 i 个指标的熵值 e_i ：

$$e_i = -k \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (5)$$

步骤3：计算第 i 个指标的熵权 w_i ：

$$w_2(i) = \frac{1 - e_i}{\sum_{i=1}^n (1 - e_i)} (i = 1, 2, 3, \dots, n)。 \quad (6)$$

4.3 基于矩估计理论的组合权重

根据序关系分析法可以得到指标主观权重集合 $w_s = \{w_s(i) | 1 \leq i \leq n\}$ ，根据反熵权法，确定各指标的客观权重集合 $w_o = \{w_o(i) | 1 \leq i \leq n\}$ 。由于各种赋权方法利弊不同，往往结果相异。为得到更合理的权重值，兼顾主客观权重，组合权重需要满足主观权重 w_s 和客观权重 w_o 的偏差越小越好。同时，对于不同的评价指标，主观权重和客观权重的相对重

要程度都不同,如果主客观权重与客观权重的相对重要系数分别为 α_i 和 β_i ,结合矩估计的基本思想,则组合权重的优化模型为:

$$\min H(w(i)) = \alpha(w(i) - w_s(i))^2 + \beta(w(i) - w_o(i))^2 \quad (7)$$

各指标的主观和客观权重的重要系数

$$\alpha_i \text{和} \beta_i: \begin{cases} \alpha_i = w_{si} / (w_{si} + w_{oi}) \\ \beta_i = w_{oi} / (w_{si} + w_{oi}) \end{cases} \quad (8)$$

针对每一个指标都希望 $H(w(i))$ 越小越好,因此优化模型可以转化为:

$$\begin{cases} \min H(w(i)) = \alpha(w(i) - w_s(i))^2 + \beta(w(i) - w_o(i))^2, \\ s.t. \sum_{j=1}^m w(i) = 1, 0 \leq w(i) \leq 1. \end{cases} \quad (9)$$

通过对上式的求解可得到主客观兼顾的组合权重:

$$w(i) = \frac{\alpha_i w_{si} + \beta_i w_{oi}}{\sum_{i=1}^n (\alpha_i w_{si} + \beta_i w_{oi})}, 1 \leq i \leq n. \quad (10)$$

式中: α_1 和 α_2 分别为主观权重和客观权重的权重系数。

5 构建基于序关系-熵权法的评价模型

步骤1:明确评估对象,采集数据。

步骤2:采用鱼骨图分析法,宏观需求指标分析得到表征县域电网发展状况的微观指标,进行数据筛选,构建指标体系。

步骤3:根据指标的不同分类属性,采用不同的模糊隶属度函数,对指标进行预处理。

步骤4:分别用序关系法和熵权法计算指标体系的主观权重和客观权重,在使用从矩估计原理出发的组合赋权法得到组合权重。

步骤5:对归一化的指标值和权重进行综合计算,得到最终县域电网发展状况评价的结果。

根据权重分析和指标隶属函数计算,河南省下属20个县域的建设情况进行分析排序,得到结果如

表2 河南省20个县域评价结果

序号	城市	县域	装备水平	技术水平	负载能力	网架水平	运行水平	总评
1	郑州	新郑市	90.92	86.38	90.22	62.84	80.29	81.44
2	平顶山	石龙区	79.50	65.21	91.14	73.85	82.26	78.71
3	鹤壁	淇县	76.03	68.23	95.84	73.18	72.41	77.99
4	洛阳	栾川县	78.46	60.78	87.29	80.93	71.67	76.94
5	洛阳	孟津县	70.97	63.38	97.50	72.76	73.47	76.60
6	郑州	新密县	71.35	68.71	92.29	63.46	88.64	76.46
7	漯河	舞阳县	62.81	66.98	92.61	81.33	70.60	76.19
8	开封	尉氏县	66.88	65.88	90.90	80.22	66.81	75.53
9	三门峡	绳池县	73.62	68.42	91.34	67.45	71.12	74.91
10	三门峡	陕县	67.67	52.76	98.88	71.76	77.98	74.85
11	安阳	林州	72.06	55.55	96.74	69.71	73.88	74.56
12	焦作	温县	70.62	68.93	88.94	71.96	68.41	74.55
13	许昌	长葛市	77.41	61.39	87.36	72.04	70.62	74.52
14	郑州	中牟县	76.14	65.37	93.62	63.41	70.69	74.33
15	洛阳	偃师市	75.98	64.31	86.13	71.87	69.11	74.20
16	焦作	孟州市	67.36	68.48	81.41	78.34	71.52	74.14
17	三门峡	灵宝市	63.99	63.25	94.23	72.44	71.34	74.07
18	南阳	新野县	71.07	64.31	80.26	80.28	68.02	73.79
19	安阳	安阳县	67.93	62.72	92.15	71.51	69.51	73.74
20	郑州	荥阳市	69.14	61.82	89.49	69.96	73.32	73.40

表2所示。

6 结束语

对影响配电网健康水平的因素进行分析,构建多维度的分层分级配电网现状评价指标体系。

在指标体系的基础上,选择有效准确地评估方法,结合主客观赋权方法,对县域电网现状进行量化评价,得出河南各地县域电网状况评估结果,为电网发展规划和投资决策提供基础依据。

根据评估体系和评估方法确定县域电网发展评价的流程,并结合河南县域电网的实际情况进行实例评价。

参考文献

- [1] 唐睿. 基于层次分析法的富平配电网综合评估[D]. 华北电力大学, 2013.
- [2] 胡仁. 多属性决策方法在配电网评估中的应用[D]. 华南理工大学, 2013.
- [3] 池丽钧. 城市配电网运行水平和供电能力评估方法的研究[D]. 华北电力大学, 2013.
- [4] 张姝, 谭熙静, 何正友, 等. 基于层次分析法的复杂配电网健康诊断研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(13): 7-13.
- [5] 杨小彬, 李和明, 尹忠东, 等. 基于层次分析法的配电网能效指标体系[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(21): 146-150, 195.
- [6] 冯新龙, 孙岩, 林声宏, 等. 配电网综合评价指标体系及评估方法[J]. 广东电力, 2013, 26(11): 20-25.
- [7] 翁嘉明, 刘东, 何维国等. 基于层次分析法的配电网运行方式多目标优化[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(4): 56-61.
- [8] 叶彬, 葛斐, 陈学全, 等. 配电网发展协调性评估[J]. 电力系统及其自动化学报, 2012, 24(5): 154-160.
- [9] 王敬敏, 施婷. 智能配电网评估指标体系的构建[J]. 华北电力大学学报(自然科学版), 2012, 39(6): 65-70.
- [10] 张超, 王主丁, 王骏海, 等. 配电网评估指标体系分析及评估软件开发[J]. 供用电, 2012, 29(6): 1-7, 39.
- [11] 徐志飞. 中压配电网供电能力评价体系研究及应用[D]. 华北电力大学, 2013.
- [12] 贺静, 苏卫华. 中压配电网关键评价指标体系研究[J]. 供用电, 2010, 27(3): 21-23, 34.
- [13] 金辉, 于音波. 基于层次分析法的中压配电网评价[J]. 供用电, 2011, 28(2): 30-33.
- [14] 叶云. 配电网综合评估方法的研究与应用[D]. 重庆大学, 2011.
- [15] 张锋. 有序用电指标体系及其评价方法的研究[D]. 华北电力大学(北京), 2009.
- [16] 马跃. 基于序关系分析法的妈湾电厂节能评估[D]. 华北电力大学, 2014.
- [17] 张心洁, 葛少云, 刘洪, 等. 智能配电网综合评估体系与方法[J]. 电网技术, 2014, 38(1): 40-46.
- [18] 曹阳, 孟晗辉, 赵力, 等. 基于层次分析法的新农村低压配电网综合评方法[J]. 电网技术, 2007, 31(8): 68-72.
- [19] 赵云飞, 陈金富. 层次分析法及其在电力系统中的应用[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(9): 85-87, 95.
- [20] 李晓辉, 张来, 李小宇, 等. 基于层次分析法的现状电网评估方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(14): 57-61.
- [21] 孙岩. 配电网综合评价方法及应用[D]. 华南理工大学, 2013.

(责任编辑:张峰亮)

资讯

国家电网有限公司大数据中心成立

5月21日,国家电网有限公司大数据中心成立揭牌仪式暨大数据发布会在京召开。中国电力大数据创新联盟筹备工作同时启动。公司董事长、党组书记寇伟为大数据中心揭牌。公司总经理、党组副书记辛保安出席揭牌仪式并讲话。公司副总经理、党组成员韩君主持揭牌仪式。

大数据中心是国家电网公司数据管理的专业机构和数据共享、数据服务、数字创新平台,主要负责公司数据管理、运营、服务等方面工作,致力实现数据资产统一运营,推进数据资源高效使用,为公司建设“三型两网”世界一流能源互联网企业提供数字化支撑。

辛保安在揭牌仪式上指出,大数据中心要紧紧围绕“三型两网、世界一流”战略部署,以打造能源领域国际一流大数据中心为目标,统筹做好机构建设、技术创新、人才培养等各方面工作,加强与上下游、客户、政府和社会各界的合作,构建共建共享共治共赢的能源大数据生态体系,以数字化推动公司高质量发展。

中央网信办、工信部、国资委、国家能源局、中国产学研合作促进会、北京市科委、北京科技协作中心、中国华能、国家电投、国家能投、中国电建等单位有关负责同志,公司总信息师兼互联网部主任孙正运、副总工程师兼人力资源部主任吕春泉、副总会计师兼英大集团董事长李荣华,总部有关部门、有关省公司、直属单位主要负责同志参加揭牌仪式。

来源:国网办公厅、研究室,大数据中心,《国家电网报》

农网 10 kV 配电设施绝缘防护策略研究

胡宝玉, 朱俊栋, 张利民

(国网河北省电力有限公司, 河北 石家庄 050000)

摘要: 通过农网 10 kV 配电设施故障原因分析, 提出对配电设施关键部位针对性进行绝缘防护的具体策略。通过示范工程应用, 提出局部绝缘防护率的取值建议。

关键词: 农网; 配电设施; 绝缘防护

中图分类号: TM727.1

随着用户对供电可靠性要求的不断提高和电网企业内部对配电网管理的日益重视, 配电网故障治理力度不断加大。统计数据表明, 配电网故障多发生在农网。运行经验表明, 风雨天气下绝缘水平下降是引发农网配电设施故障的重要原因, 针对农网配电设施关键部位进行绝缘防护, 可以有效降低故障率, 提高供电可靠性。

1 农网 10 kV 配电设施故障原因分析

每年自然生长的树木会与架空导线接触, 一旦遇到雷雨天气, 很容易发生短路、接地等故障, 导致线路跳闸。农网线路耐张杆、终端杆、转角杆、分支杆等杆塔横担上, 风刮异物搭挂和鸟类筑巢情况经常发生, 部分鸟窝中含有铁丝等金属物品, 本身干燥巢穴的异物、树枝、草棍被雨水侵蚀后变成导体, 造成短路或接地故障。配电变压器裸露在外的引线、端头也会因异物或小动物等引起短路。综合分析可知, 配网设施裸露部分在雨天和风天因树障、鸟窝、异物导致相间或相对绝缘性能降低是引发故障的主要因素。

2 农网 10 kV 配电设施绝缘防护策略

2.1 配电线路绝缘防护策略

2.1.1 全绝缘防护

全绝缘防护是指整条线路采用绝缘化防护措施。绝缘导线从 20 世纪 60 年代开始被发达国家采用并逐步取代原有的架空裸线。20 世纪 80 年代后期, 我国在城市电网系统逐渐开始架空绝缘线路的绝缘化改造, 随着技术的不断进步, 20 世纪 90 年代起我国城市配网绝缘化改造进一步加强, 绝缘导线开始大规模在配电网系统中使用。新建或改造农网配电线路全程架设绝缘导线进行全绝缘防护, 并配套防雷

金具可有效降低故障次数, 缺点是县域 10 kV 农网线路全部完成绝缘化改造投资巨大。

2.1.2 局部绝缘防护

局部绝缘防护是指在线路需要的某些部分或某些部位采用绝缘化防护措施, 可采用绝缘护套针对性进行局部防护或部分采用架空绝缘导线。

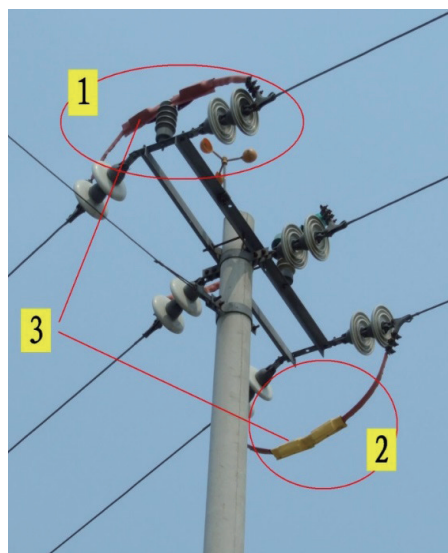
导线局部绝缘化防护。对不易砍伐的树线交叉区域, 可在架空裸导线上加装绝缘护套, 连续的树线交叉区域宜更换区段绝缘导线, 进村线路兼顾与建筑物距离要求架设区段绝缘导线。绝缘导线均要配套防雷金具, 绝缘护套不需配套防雷金具^[1-3]。

杆塔局部绝缘化防护。对直线杆、耐张杆、终端杆、T 接杆等典型杆塔的针式绝缘子、并沟线夹、耐张线夹、隔离开关及导线等关键部位安装绝缘护套进行针对性防护, 在异物、鸟窝存在的情况下可提高风雨天气下配电线路设施的绝缘水平^[4]。如图 1~图 5 所示。



1 为绝缘子两侧绝缘护套; 2 为针式绝缘子护套

图 1 直线杆局部绝缘化防护



1为横担上方引流线护套;2为横担下方引流线护套;3为并沟线夹护套

图2 耐张杆局部绝缘化防护



图3 终端杆局部绝缘化防护



图4 T接杆及隔离开关局部绝缘化防护

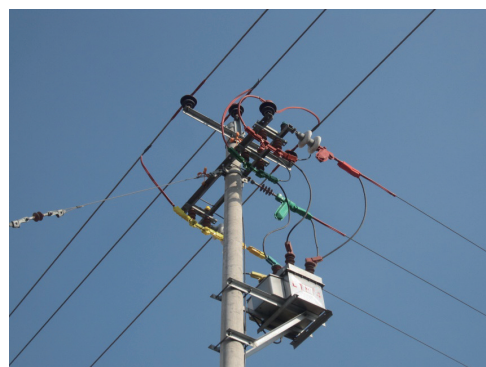


图5 T接杆及断路器局部绝缘化防护

2.2 配电变压器绝缘防护策略

配变台区的导线采用绝缘导线,其他部位采用绝缘护套(跌落式熔断器加装绝缘护套1组、避雷器加装绝缘护套1组、变压器接线柱加装绝缘护套1组、若变台有隔离开关也需加装硅胶绝缘护套1组)。如图6所示。



图6 变压器全绝缘防护

3 农网10 kV配电设施绝缘防护经济性分析

3.1 配电设施绝缘防护示范应用

选取河北南网某县10 kV杨庄线典型区段9基电杆共约0.5 km(包括线路、配变、树障)实施局部绝缘防护工程。经现场勘察,针对树障、鸟窝、漂浮物这三类主要情况,选择最容易发生故障的2处树障、1台配变、全部杆塔,进行局部绝缘化防护。线路区段具体情况如表1所示。绝缘护套材料如表2所示。

3.2 经济性测算

按照示范应用测算,局部绝缘化防护材料(使用

表1 10 kV线路典型区段情况

序号	适用情况	杆号	杆塔类型	导线型号/mm ²	备注
1	鸟窝	干线05号杆	耐张杆	LGJ-120	
2	鸟窝	干线13号杆	转角杆	LGJ-120	
3	鸟窝	干线17号杆	耐张杆	LGJ-120	避雷器3支,隔离开关3支
4	鸟窝	干线18号杆	耐张杆	LGJ-120	避雷器3支
5	鸟窝	干线35号杆	耐张加T接杆	LGJ-120/240	
6	鸟窝	干线47号杆	T接杆	LGJ-240/70	隔离开关3支
7	鸟窝	干线48号杆	耐张杆	LGJ-240	
8	鸟窝	干线58号杆	T接杆	LGJ-240/70	隔离开关3支,避雷器3支,柱上开关1台
9	鸟窝	干线61号杆	耐张杆	LGJ-240	隔离开关3支,避雷器3支,柱上开关1台
10	树障	干线15~16号杆		LGJ-120	树线交叉
11	树障	干线12~13号杆		LGJ-120	树线交叉
12	异物	东杨庄村北2号变台			变压器1台,避雷器3支,跌落式熔断器3支

绝缘护套100 m) 费用约需0.6万元, 施工费用0.4万元, 总费用共约1万元, 单位工程造价约10万元/km。绝缘防护路径长度约33 m, 局部绝缘防护率约6.6%。

表2 实施局部绝缘化的绝缘护套材料表

产品名称及型号	数量	单价/元	小计/元
240 mm ² 护套管	60 m	35	2100
95 mm ² 护套管	40 m	23	920
并沟线夹护套	12个	29	348
耐张线夹护套	12个	45	540
隔离开关护套	2组	230	460
跌落开关护套	1组	190	190
变压器护套	1组	350	350
复合支柱绝缘子护套	15个	18	270
瓷支柱绝缘子护套(P-20)	9个	29	261
瓷支柱绝缘子护套(P-15)	3个	23	69
避雷器护套	15个	25	375
总计/元: 5883			

局部绝缘防护率 = 绝缘护套防护的路径长度/线路路径长度×100%。

10 kV杨庄线总长约18 km, 全线架设架空绝缘导线进行全绝缘防护的造价约为108万元(不考虑电杆更换, 架空绝缘导线按6万元/km计列, 包括架空绝缘导线材料成本、金具成本和施工费用)。对关键部位实施局部绝缘化防护的造价约为18×6.6%×10=11.88万元。由此可见, 局部绝缘化防护投资远低于全绝缘防护。

10 kV杨庄线局部绝缘化防护示范工程有效减少了短路、接地故障, 线路跳闸次数和停电时间明显降低, 树障、鸟窝、异物清理、停电抢修等运行维护工作量及相关费用也一定程度减少。

4 结束语

针对农网10 kV配电设施故障率较高的问题, 利用绝缘护套进行局部绝缘化防护, 对保障线路正常运行, 提高农网供电可靠性具有重要意义, 并具有广泛的应用前景。

农网10 kV线路局部绝缘化改造投资可以按照局部绝缘防护率约7%测算。

局部绝缘防护比全绝缘防护具有较大的成本优势。此外, 采用绝缘护套进行局部绝缘防护在施工人员数量、施工灵活性等方面也具有一定优势。

参考文献

- [1] 陈维江, 李庆峰, 来小康, 等. 110 kV架空绝缘导线防雷击断线用防弧金具研究[J]. 电网技术, 2002, 26(9): 25-28.
- [2] 王茂成, 吕永丽, 邹洪英, 等. 10 kV绝缘导线雷击断线机理分析和防治措施[J]. 高电压技术, 2007, 33(1): 102-105.
- [3] 杨鑫, 刘真, 仇炜, 等. 10 kV架空绝缘导线防雷击断线用非穿刺式带间隔金属氧化物避雷器[J]. 电网技术, 2018, 9(42).
- [4] 沈洋, 刘清华. 配电架空线路全方位防鸟害措施[J]. 农村电气化, 2013, 02: 28-29.

(责任编辑: 刘艳玲)

输电线路防雷接地设计的问题与改进方法探讨

潘崇杰

(广东中山市电力工程有限公司, 广东 中山 528455)

摘要: 通过电力线路防雷接地的设计, 合理地选择防雷保护措施, 是实现保证电力系统安全、持续稳定、可靠运行的重要环节。通常情况下, 由于架空输电线路一般都是在室外, 处于暴露的大气环境中, 会遭受多种内外的干扰所影响, 经常会受到雷雨天气等气象条件的直接影响。因此, 为了防止电力系统在运行过程中受因中断, 保证输电线路保持正常运行, 防止遭受雷雨天气的干扰, 应加强对输电线路防雷接地设计研究和不断优化, 提高防雷接地水平, 提高电力系统的整体效果。

关键词: 高压输电线路; 防雷接地设计; 维护方案

中图分类号: TM865

输电线路一般都是在室外, 经常受到台风、雷电以及大雨等多方面的自然气象条件直接影响, 从而给电力系统运行带来不稳定的影响。雷电是造成输电线路故障最主要的因素之一, 会使输电线路出现烧毁或者短路现象, 产生雷击跳闸等事故; 由于雷击的电流很强大, 在输电线路将产生远高于线路额定电压的“过电压”, 甚至会对电力系统内相关设备造成较大的损害, 因此加强防雷接地设计及维护, 能够减少或防止此类问题发生。

1 高压输电线路电气设计过程

1.1 设计前期分析

首先, 有关电气设计人员必须要对路径所经的地形做出深层的研究, 对有关设计成本也要做出准确选择, 以减少前期工作中的设计成本, 以此提升电气设计的高水平以及高质量^[1]。例如针对电气的选材要科学准确, 能防止在工程的资源方面出现浪费的情况, 确保后期制作完成的电气设计要有安全性、合理性。其次, 电气设计人员要具备非常专业的素养, 针对不同地区在运行线路的前期设计做出分析后, 选择出针对高压输电线路的设计可实施的方案, 并可以有效解决其中的问题。设计人员可以在施工环境和技术设备上提前做出有关电气设计方面的思考, 以此提升电气设计的水平以及质量。

1.2 设计初期分析

在设计高压输电线路电气的前期, 初步做出草图方案, 根据设计的主要内容来对设计方案进行修

改整理, 提升电气设计在施工中的稳定性。因此有关设计人员必须对高压输电线路实际情况有详细的了解, 明确导线的长度, 还要对防雷、抗冰的施工策略等工作综合分析。因为室外环境的情况和输电线路的质量直接影响到高压输电线路运行水平, 所以相关设计人员必须重视这样的问题。设计过程中加强对设计工作人员的培训, 让工作人员认识到高压输电气设计的重要性, 通过不断提高设计水平, 确保可以在设计过程中对输电线路不断设计优化。

1.3 施工阶段分析

高压输电气的设计过程中, 相关专业及设计人员要密切地配合, 出现的各种各样问题要及时解决, 也要对不切合实际的设计施工方案做出有效调整, 这样有利于施工过程中合理的操作, 优化施工流程, 从而提升施工质量水平^[2]。

2 防雷接地技术设计方案

2.1 优化防雷设计

进行防雷接地的设计中, 通常看到使用的避雷设备是避雷针、避雷带、架空地线以及避雷器等, 属于雷电接收装置, 主要是直接或间接接收雷电。如果雷电接收装置功能能够被运用恰当, 就可以发挥出其主要的防雷性能, 将雷电吸引接收并使雷电流导入大地, 对线路中的地线(避雷线)分流也能实现, 提高整体的安全性能, 习惯不一样的电压环境。通常输电线路 110 kV 及以上电压等级线路设计按双避雷线进行建构, 110 kV 以下电压等级的线路

就可以运用单避雷线设计,以此要全面发挥出其线路的防雷接地的重大作用^[3]。进行避雷设计中,运用的电阻避雷器通常属于非线性,以此实现避雷器和塔杆的相互关联,防止线路过于太热的情况发生,就需要让工作人员对这项工作的重视,必须保证避雷器的优化,提高线路对雷雨灾害的抵御技能。

2.2 提升接地电阻的性能

设计人员要对接地电阻的具体情况深入分析,这也是为了保证接地装置等设备正常运作。接地电阻是接地体的对地电阻之和,可以作为衡量接地装置效率的参考标准。接地电阻的质量水平直接关系到接地装置的水平质量,维护输电线路正常工作。根据接地电阻的测量监控能够发挥出接地电阻主要的防雷性能,为了可以实现此目的,需要在实际的运作过程中,对接地电阻的数值进行有效控制。

2.3 优化自动重合闸设计模块

根据实际调查显示,自动重合闸方案的优化是可以有效提高输电线路防雷的作用。自动重合过程中实现了对供电的迅速恢复,可以有效减少雷击跳闸后停电这种事故发生。如果期间遭受雷击的状况,防雷装置就会自动开启,会使输电线路被雷击中的概率大大降低,如果遭受雷击造成跳闸,自动重合闸装置就会开启,可以在超短的时间里使供电快速恢复,消除瞬时性故障,确保持续供电,防止给客户所造成的损失。

上述中,因为会出现快速恢复供电和断电,输电线路电压会瞬间增大,可以根据实际需要,提前做好设备优化以及优化防雷装置的重要工作,使自动重合闸工作得到有效保证,最大限度地保证供电设施的可靠性。

3 高压输电线路电气设计存在的问题

3.1 路径选择不合理

在进行高压输电线路的设计中,相关设计人员并没有根据实际的设计进行深层的科学分析,从而引发输电线路电气的设计存在着各种各样的问题,并且也没有对输电线路进行优化,提高了设计成本。

3.2 塔杆基础型号选择不合理

我国的高压输电线路主要设计是采用架空方式,而塔杆设计就是架空输电线路最主要的设计之一,

杆塔的型式对高压输电线路的质量起到重要作用。但是有的设计人员并没有重视这个设计工序,特别是塔杆选型没有适当,从而会没有办法保证电气的设计安全以及质量水平。

3.3 没有进行有效的防雷与抗冰设计

有关高压输电线路电气的设计,线路走廊大部分区域都比较复杂空旷,冰雹以及雷雨的天气会经常出现^[4]。这种恶劣的天气致使输电线路受到严重的影响,线路受损或短路等问题,设计人员若不提前充分研究分析,也造成提高设计成本,更会使后期的维护受到严重阻碍。

4 高压输电线路电气设计改进方法

4.1 进行输电线路路径优化选择

高压输电线路遭受到了外部因素的环境影响,所以要对高压输电线路电气设计进行优化,保证其设计的质量。因为高压输电线路通常所经区域属于比较恶劣的气象区域,在进行实施过程中有很大的难度,所以首先设计人员要针对不同区域、地形地貌等实际状况进行深入分析,选出最合适的架空方式,要尽量避开城市或闹市区等,提高高压输电线路在设计中的水平质量。其次,以设计过程中的主要情况进行研究分析,提高输电线路设计水平,确保其安全性能。最后设计工作人员要充分发挥出自己的主观能动性,联系后期工程施工可实施性,保证高压输电线路电气设计在施工中的可实施和实施便利,可以实现其真正的效益与价值。

4.2 对杆塔基础的型号合理选择

在整体的高压输电线路设计中,杆塔主要就是负责线路的固定。传统设计中,部分设计人员并没有注重杆塔的选型,从而使杆塔的设计成本提高,并且影响整体的高压输电的质量以及安全。所以首先设计人员要对其线路做出科学的合理分析,根据设计线路的各自特点对杆塔的型号做出正确的选择。其次,在进行杆塔型号的合理选择中,要对杆塔成本合理掌控,并不是单纯注重价格高。如在软土或者黄土地基中,因为两者有不同的承载力以及不同的稳定性,要选出不同的杆塔型号来对高压输电线路固定,须通过不同的承载力来验算从而最终选择合适的并且最经济的塔型,满足使用要求。

4.3 进行有效的防雷抗冰设计

多变的气候环境对高压输电线路有重大影响, 所以要保证高压输电线路的安全设计, 增强防雷抗冰的工作。首先相关电气设计人员要对每个地区的气候以及地形特点适当选择出导线^[5]。需要保障导线的机械强度, 在雷雨冰雹这种恶劣天气中运行有较好的状态, 降低短路等运行事故的发生。其次线路设计中, 只要改变绝缘子串长度, 必须重新进行风偏验算, 防止改造后引发风偏; 110 kV以下电压等级应以加大盘径绝缘子为主, 220 kV及以上线路的双串绝缘子配置应尽量采用“V型”或“倒V型”配置。

4.4 增强高压输电线路电气设计人员的培训

有关高压输电线路当中的电气设计人员要对其专业的培训, 这样会使其工作中存在的各种问题快速地得到解决, 也为使其提高设计的安全质量起到重要作用。其次, 有关高压输电线路当中的电气设计人员要充分体现出主观能动性, 需要对这些方面的知识进行深层学习, 以此提升在设计过程中的技巧, 也能够之后进行设计中对所学到的知识技巧充分地发挥出其真正的作用。

5 结束语

随着我国的社会进步, 如今处于电网优化的建设中, 为了能提高高压输电线路当中的电气设计水平质量, 设计人员必须对电气设计有科学的掌握, 重视杆塔的型号和防雷抗冰的选择, 并对输电线路设计等多方面知识进行专业有效培训, 提升其设计以及应用技能, 保障整体的高压输电线路电气设计的价值, 从而使我国高压输电行业可以更好地发展。

参考文献

- [1] 关世照. 高压输电线路电气设计的问题及改进建议[J]. 科技风, 2016(5): 103-103.
- [2] 邓罗清. 浅谈输电线路防雷接地措施的重要性和维护策略[J]. 山东工业技术, 2017(6).
- [3] 杨睿. 高压输电线路电气设计的问题及改进方法探讨[J]. 科技创新与应用, 2017(25): 95-96.
- [4] 郭选明. 高压输电线路电气设计的问题及改进建议[J]. 才智, 2018(23): 253.
- [5] 孙圣帅, 张廷波, 芦毅, et al. 输电线路防雷接地措施的重要性及改进方法[J]. 山东工业技术, 2019(1): 172-172.

(责任编辑: 刘艳玲)

资讯

国网河南电力公司组织开展“5.20世界计量日”主题活动

电表的公平、公正、精准、高效影响着千家万户的切身利益。5月20日上午, 以“5·20世界计量日”为契机, 国网河南省电力公司组织开展了“精准计量为民生”的主题活动。

活动邀请市场监管部门、大客户代表、居民客户代表、发电企业代表、电表制造商代表、高校代表等社会各界人士走进国网河南省电力公司计量中心, 体验现代化的计量检定流程, 普及计量知识, 传播计量文化。

“目前全省约有3900万电力用户, 每天采集14.5亿条数据。”在计量生产调度中心大屏幕上, 用电信息的实时数据不停地跳动, 全省的用电数据实时的采集并传输过来。工作人员李会君说: “运用物联网、边缘计算等先进技术, 解决了欠费用户在缴费后快速送电的问题, 提高了用户用电的满意度; 除此以外, 利用大数据分析、人工智能等前沿技术开展应用的案例还很多。例如, 变压器重过载运行状况监测的及时提醒等一系列的智能化应用, 大大提高了用电客户的用电感知水平!”

在智能电能表自动化检定流水线, 为提升检定流水线工作效率, 在其中两个作业工序中, 由机器人代替人工进行流水作业。据工作人员侯慧娟介绍, 电能表全寿命周期的监督管理包括招标前、供货前、到货后、运行中等多个环节。除此之外, 政府质量技术监督部门也会不定期对电力公司电能表进行抽检。层层质量把关, 只为居民用户安全、可靠、放心用表。

在当日举办的论坛活动中, 河南省计量科学研究院相关负责人刘沛介绍了近年来对电力公司电能表的质量抽检情况。他表示, 多年来, 省、市、县三级市场监督管理部门对电能计量器具严格把关, 严格进行质量监管和电能表抽检, 电力系统的计量器具及装置复核检定误差合格率、抽检合格率连续多年都是100%, 电能表质量过硬、可靠、过关。

来源: 中新网河南

荧光光纤检测法在环网柜电缆接头温度检测中的应用

彭灵利, 周仕杰, 秦焕鑫, 林亚培, 关俊乐

(广州供电局有限公司南沙供电局, 广东 广州 511458)

摘要: 环网柜主要是设置在环形配电网出线开关柜当中, 其本身存在的母线就是环形干线的主要组成, 其本身所需要的运用费用低廉, 并且运行可靠性较高、结构相对简单, 进而能够对供电系统产生关键的影响。考虑到需要长时间进行环网柜运行, 由于本身空间问题, 再加上其处于带载问题, 这样就会导致其通风散热受到一定的阻碍, 导致电缆接头温度出现偏高的情况, 如果没有及时地进行处理, 就可能引发事故。因此, 为了确保安全运行, 就需要注重电缆接头温度合理有效的检测。因此, 本文在环网柜电缆接头温度检测之中利用荧光光纤检测法, 希望可以满足接头温度的检测要求。

关键词: 环网柜; 电缆接头; 温度; 检测; 荧光光纤检测法

中图分类号: TM59

针对环网柜而言, 当内部电缆接头因为温度较高引发氧化问题, 导致电缆实际的使用寿命大幅度降低, 并且还可能产生爆炸、绝缘击穿等一系列的危害, 甚至还会出现大面积的停电事故, 最终影响整个电网的运行安全。不难看出, 对于环网柜的安全运行而言, 测温装置检测环网柜中的电缆接头温度就具有重要的现实意义。

1 环网柜测温特点和发展现状

电力系统一次电气设备包含了断路器、变压器等组成部分。其连接由母线、引线等组成, 由于在电流直接流过会有热量出现, 这时故障点的温度升高, 会导致电气故障扩大。如, 发电厂本身的电缆接头、电缆局部放电, 或者是电缆接头等连接位置, 一旦出现温度偏高的情况, 就会造成安全事故^[1]。

因此, 对于环网柜电缆接头温度运行监测就显得至关重要, 只有对环网柜电缆接头温度变化情况有所掌握, 才可以做好事故隐患的发现与控制处理。但是考虑到环网柜设置的相对分散, 再加上其处于封闭状态, 长时间在高电压、大电流环境下, 其电

本文受广州供电局有限公司科技项目“10 kV环网开关柜电缆接头发热问题的分析研究及解决方案”(项目编号: GZHKJXM20170136) 资助。

磁干扰过强, 这样会产生较大的温度变化, 并且也须投入大量的时间用于人工巡查, 但是其效果依旧不明显, 所以远程在线监测就成为环网柜主要的监控方式。

2 荧光光纤测温系统工作原理

基于荧光寿命的光纤温度测温, 一般来说, 荧光物质分子外层电子都处于相对稳定的状态下, 当受到激发光照射, 就会出现电子吸收能量跃迁的情况。在消失激发光之后, 就会让其重新返回基态, 但是会有能量不断辐射, 从而产生荧光。针对其具体的测温, 是在入射光消失开始, 其物质表面的温度同荧光余晖衰减本身存在关联, 其所谓的余晖衰减, 实际上就是荧光寿命。而荧光寿命的长度和温度高低有着直接的关系, 其公式如下:

$$I(t) = AI_p(T) e^{-\frac{t}{\tau(T)}}$$

式中: A 为常系数; t 为余晖衰减时间; $\tau(T)$ 为荧光寿命, 是温度 T 的函数; $I_p(T)$ 为荧光峰值强度, 是温度 T 的函数。

从上述的公式以及图1可以了解到, 在荧光物质温度确定之后, 实际的余晖保持时间就是寿命, 其本身和电流信号是单调关系。所以, 通过特性曲线, 就可以选择对应的材料作为探头, 通过检测的电流值和时间支架的相互关系, 就可以将表面温度明确, 进而将监测点温度确定^[2]。

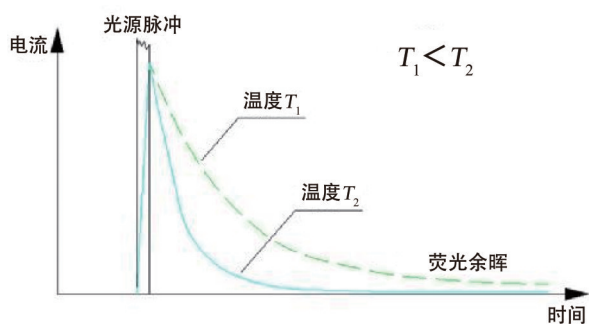


图1 荧光特性曲线

3 荧光光纤检测法在环网柜电缆接头温度检测中的应用

3.1 整体设计

在荧光光纤测温系统之中，主要是由人机交互管理系统和光电信号检测处理2个部分组成。其中，人机交互系统包含了数据接收、存储以及显示；而广电信号检测处理则包含荧光检测、荧光激发等部分。具体的系统框架如图2所示。

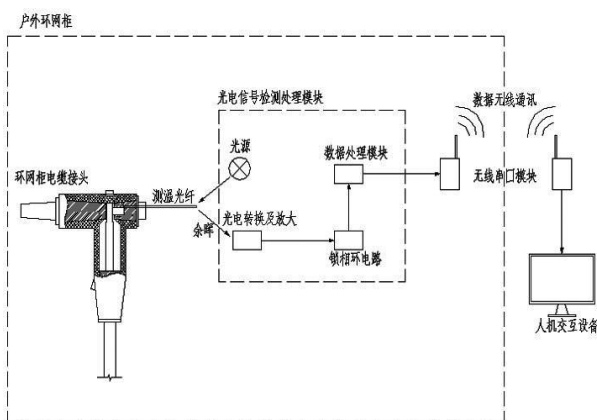


图2 荧光光纤测温系统框图

3.2 系统实验

考虑到城市供电稳定性的要求，现场的研究仅仅是针对安装测试，没有条件在线进行检测，但是实验室之中有温升实验，可以对其系统的可行性来进行验证^[3]。

3.2.1 传感器安装

简易安装方式。在电缆接头的外侧安装光纤温度传感器，也就是可以实现对温度进行检测，然后做好对应的修正处理，考虑到监测点没有在铜排上设置，导致实际测量温度有偏差。如果固定偏差，那么可以做好简单的修正处理。但是如果外界的温度不够稳定，或是出现不均匀散热的问题，就会直

接影响温度测量^[4]，安装图如图3所示。

插入式安装方式。在电缆的接头上进行开孔处理，然后在接头内部插入光纤，选择利用绝缘材料来实施填充开孔处理。这一种方式虽然可以对电缆接头温度进行直接的检查，但是其本身的安装复杂，并且容易出现问題，会对绝缘性产生影响，具体安装如图4所示。

嵌入式安装方式。为了对电缆接头温度进行准确直接地检测，又不会对接头绝缘特性产生破坏，就须改进电缆接头，具体安装件如图5所示。

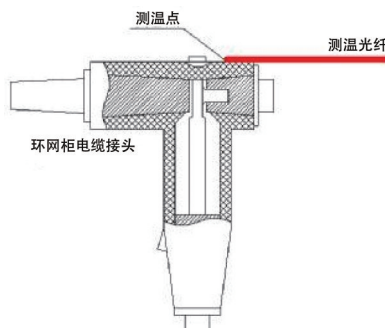


图3 简易安装方式

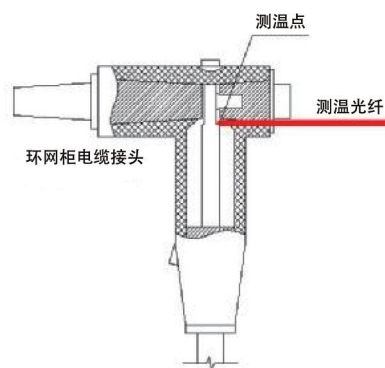


图4 插入式安装方式

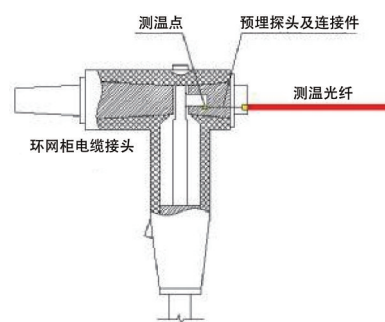


图5 嵌入式安装方式

经过分析与探讨，本文选择嵌入式的安装方式，具体如图6和图7所示。



图6 传感器模块现场安装



图7 检测模块现场安装

3.2.2 温升实验

考虑到现场实验条件不足，在经过协调之后，在实验室之中进行温升的对比试验。在本次的操作之中，选择3个检测点来进行对比，主要是包含发热体温度、建议安装方式、嵌入式安装方式，具体的系统结构件如图8所示^[5]。

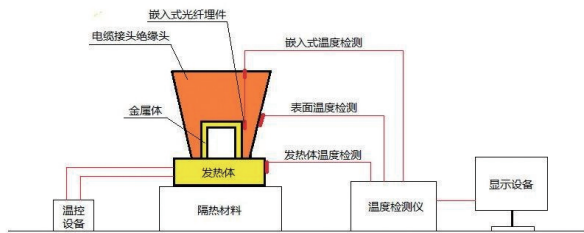


图8 温升实验系统图

通过温控设备来实现对发热体温度的合理调整，就会有温升曲线对应生成。再配合三路温度检测，就会获取相对应的数据，具体如表1所示。

表1 温升实验检测数据

序号	发热点直接测温/ $^{\circ}\text{C}$	简易安装方式		嵌入式安装方式	
		温度值/ $^{\circ}\text{C}$	误差/ $\%$	温度值/ $^{\circ}\text{C}$	误差/ $\%$
1	27.3	21.9	-19.78	27.0	-1.10
2	30.3	23.6	-22.11	29.7	-1.98
3	39.7	26.7	-32.75	38.6	-2.77
4	50.6	28.5	-43.68	49.2	-2.77
5	60.8	34.3	-43.59	59.6	-1.97
6	70.4	39.3	-44.18	69.3	-1.56
7	80.3	42.9	-46.58	79.6	-0.87
8	89.7	48.2	-46.27	89.5	-0.22
9	99.9	51.6	-48.35	99.7	-0.20
10	110.3	54.3	-50.77	109.8	-0.45
11	120.4	57.5	-52.24	119.9	-0.42
12	130.2	60.3	-53.69	129.8	-0.31
13	139.8	62.5	-55.29	139.1	-0.50
14	149.1	63.8	-57.21	149.8	0.47

基于具体的信号，然后通过通信直接将其传递到上位机。之后，通过数据库之中的详细记录，再配合软件处理，这样就可以将对应的数据曲线获得，如图9所示。

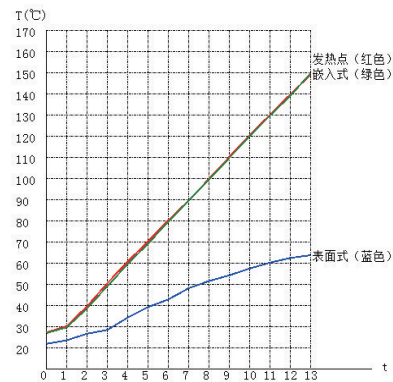


图9 实验数据曲线

基于曲线图和表格分析，通过检测表面温度，不仅可以将温度上升趋势表现出来，同时也会受到实际环境温度的影响，并且其温度越高和真实温度之间就会产生越大的差距，这样就不能准确地检测触头温度。但是通过嵌入式安装处理，就可以准确检测其真实的温度，并且误差会控制在3%之内，随着温度的持续提升，还会进一步减小其误差，并且让温度保持相对稳定的状态^[6]。

在工程实施中,相比正常的运行温度检测,在出现故障后的温度异常升高,因此检测意义更大。所以,本文基于荧光光纤测温系统,与嵌入式安装相互配合,这样就可以测量各种不同温度的接头温度,特别是在事故模拟时,在高温环境下,其准确度也会有所提升。通过实验分析也可以证实,荧光光纤测温系统可以在环网柜电缆接头温度检测中使用。

3.3 问题探讨

3.3.1 绝缘问题

在本次的研究分析中,还需要注重绝缘问题。基于荧光光纤测温系统,再与嵌入式安装相互匹配,这样就可以达到检测接头温度的需求,无论是理论上,还是实验中都可以达到绝缘要求。但是这种方式就会在绝缘外侧以及接头位置上形成通路。因此,在具体应用过程中,还需要考虑到是否有击穿的可能性。

3.3.2 成本问题

在传统模式下,其测温一般选择热敏电阻,在电缆接头位置上,选择使用绝缘胶带实现其固定处理,这样就会检测其接头温度。虽然会出现绝缘方面的问题,但是在使用期间也需要做好经常性的维护,简单易用、低成本,具有较大的优势。

在实施测温处理之中,须配合设备具体使用,尤其是针对嵌入式安装,还须实现电缆绝缘头的有效改造,但是这样会导致测温成本的上升。并且在使用之中,也会出现对应的维护费用。如再考虑到移动无线数据这一类相对可靠的通信方式,就会出现更高的运行费用,所以,对于成本的考虑,也是荧光光纤测温须重点研究的问题^[7]。

3.4 小结

本小结主要是针对荧光光纤测温系统的开发与应用进行了探讨。在实验条件下开展了温升测温实验,也证明了在电缆接头温度检测中利用荧光光纤测温系统,其本身拥有较高的准确性,不过发热体表面的测温曲线和实际的温升曲线之间可以保持相匹配的状态。

4 结束语

总而言之,通过本文的分析与探讨,对于荧光

寿命的基本原理进行介绍,配合对环网柜特点的合理考虑,研发出荧光光纤温度传感器检测环网柜电缆接头温度的系统。这一系统本身的精度较高,能够实现数据管理功能的完善,并且也可以满足环网柜在线监测的实际需求。所以,本文的研究具有较高的可行性,也希望在后续的研究中能够得到进一步深入的分析探讨。

参考文献

- [1] 全子靖,周年荣,唐立军,沈鑫,何程.基于神经网络的环网柜T型连接头导体温度测量[J].云南电力技术,2018(02):111-115+124.
- [2] 全子靖,周年荣,段泉圣,何程,王亚臣,晋雪婷.基于热路法的环网柜T型电缆接头导体温度检测研究[J].传感器与微系统,2017(11):131-134+138.
- [3] 陈银峰.环网开关柜中的电缆接头温度指示器[J].农村电气化,2017(04):52-53.
- [4] 余涛.电缆接头温度在线监测系统[J].农村电气化,2017(03):34-35.
- [5] 马庆玉,张汉青,陈平,刘铭,王瑶瑶.环网柜电缆接头温度在线监测方案设计[J].国网技术学院学报,2016(04):25-27.
- [6] 全子靖.环网柜T型连接头温度实时测量方法研究[D].华北电力大学(北京),2018.
- [7] 朱新.配电设备的关键状态监测与评价技术研究[D].华北电力大学(北京),2017.

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

江苏电力发布报装容量智能查询系统

5月13日,江苏百韵仕家庭用品有限公司相关负责人来到淮安供电公司营业厅办理增容业务,淮安供电公司客户经理根据电网可开放容量查询系统的可开放容量查询结果,现场确定将110 kV康马变电站广荣B50线路作为供电电源,为用户业扩增容。

为优化用电营商环境,缩短业扩报装办理时长,2018年11月26日,国网江苏省电力有限公司在南京试点,深化营配调信息贯通融合,将电网台账、拓扑及实时数据进行贯通,开发上线了业扩报装可开放容量信息智能发布系统,提供电网可开放容量信息实时查询的手段,实现电网信息的“快查快知”。目前,该系统已在国网江苏电力13个地市公司全面推行。

来源:中国电力新闻网

同频同相交流耐压试验技术的研究与应用

郑健生

(广东电网责任有限公司惠州供电局, 广东 惠州 516000)

摘要: 为了有效解决在母线不停电条件下, 气体绝缘金属封闭开关变电站无法正常进行交流耐压的问题, 需要对同频同相交流耐压试验技术不断探索。文章通过对气体绝缘金属封闭开关设备的构造和运行原理分析, 探讨同频同相交流耐压试验技术的重要性, 并对该技术的研究与应用进行阐述。

关键词: 气体绝缘金属封闭开关; 同频同相; 交流耐压试验技术

中图分类号: TM85

气体绝缘金属封闭开关设备被广泛应用在各种高压领域, 为了避免设备因故障导致断电带来的损失, 需要我们应用同频同相交流耐压试验技术, 使整个设备在进行交流耐压时能够正常运行。

1 气体绝缘金属封闭开关设备

隔离开关、接地开关、避雷器、母线和出线终端等是构成气体绝缘金属封闭开关设备主要的零件, 它们被严密的金属外壳保护。在金属外壳里面, 还填充了绝缘气体, 通过保护外壳接地使其绝缘性和安全性都有很大程度的保障。

从20世纪60年代开始, 气体绝缘金属封闭开关设备就被运用在高压、超高压和特高压领域。凭借比常规敞开式变电站结构更加紧凑、可靠性高、环境适应力强和占地面积小等特点, 使其在全世界范围得到推广和应用。空气绝缘的常规配电装置、混合式配电装置、绝缘全封闭配电装置, 这是常见的3种高压配电装置种类。第1种配电装置的母线和空气能够直接接触, 所以在断路器的选择上面一般选用瓷柱式或罐式, 这种装置被用于葛洲坝电厂; 第2种配电方式, 除了母线是敞开式, 其他部件都采用SF₆气体绝缘全封闭配电装置; 第3种配电方式, SF₆气体绝缘全封闭配电装置被用于整个装置。

SF₆气体绝缘全封闭配电装置的优点要多于它的缺点, 而它的缺点主要是修复杂和磨损老化。由于SF₆气体绝缘全封闭配电装置的老化和磨损, 导致金属绝缘外壳无法承受内部绝缘气体压力, 绝缘气体的泄漏和外部的水分渗入, 让整个装置参杂进了导电杂质, 影响了配电装置内部稳定。由于整个

装置是完全金属密封, 因此整个检修过程异常复杂, 导致停电时间过长和大范围停电等状况, 这些状况的发生都会产生巨大的经济损失。

SF₆气体绝缘全封闭配电装置的投运必须要通过绝缘交流耐压的试验, 并且根据整个装置的使用年限, 对其进行解体检修, 达到相关标准才能继续使用。根据有效数据统计, SF₆气体绝缘全封闭配电装置在安装或者大修过后, 在一年运行时间内, 发生间隔故障的频率是0.05%, 到了第二年间隔故障的频率会达到0.06%, 其中隔离开关的故障频率最高, 占总故障的30%。工作人员在巡检过程中, 需要重点对隔离开关进行检查, 及时或者提前排除故障。

2 装置运行现状

某公司220 kV供电系统采用气体绝缘金属封闭开关设备, 在整个使用过程中没有出现因雷电过电压造成事故范围扩大的现象。但是在一个雷雨天气下, 出线开关突然跳闸, 导致整个母线停电, 使整个公司全面停产, 造成了及其严重的经济损失。随着社会的发展和进步, 对于供电的安全性和可靠性的要求不断提高, 为了避免停电造成的重大问题和经济损失, 产生了同频同相交流耐压技术。

3 同频同相交流耐压试验技术的意义

同频同相交流耐压试验技术能够有效解决气体绝缘金属封闭开关设备间隔不停电耐压试验的要求。为了有效避免母线全线停电, 通过填充绝缘气体SF₆后静置24 h和变电站的停电配合, 使反充电装置无

法影响部分绝缘状态,让部分设备在运行过程中出现缺陷。这样的技术避免了电站母线全停,使整个电网供电的安全性和可靠性得到了提高。

通过对同频同相交流耐压试验技术理论和仿真的仔细分析、对存在风险的合理把控和预防控制措施的认真研究,再加上对整个同频同相交流耐压试验技术的多次模拟实验,对整个系统进行调试、测评和校验,到达相关要求后,将整个技术应用到电力工程。同频同相交流耐压试验技术的研究应用主要涉及以下几个方面:一是,贴近实际生活和生产,给同频同相交流耐压试验提供了新的技术和方法;二是,为整个同频同相交流耐压试验做出了详细的标准和指导,包括了整个试验细节的把控、作业的规范和风险防治的相关措施;三是,能够不断优化完善新技术,并且能够将该技术应用到不同电压等级和不同设备类型上面,例如该技术已经成功应用到了HGIS和SF₆瓷柱式断路器上,电压等级也全面覆盖了110~500 kV的区间,这在整个国内的同频同相交流耐压试验技术应用上,都是第一例创新;四是,2015年9月,惠州供电局220 kV汝湖变电站的220 kV盘式绝缘子检修工程和2016年4月220 kV千帆变电站扩建110 kV南海站出线间隔工程上,同频同相交流耐压试验技术取得了成功,不仅降低了母线全停对互带能力不强电网的可靠供电造成的影响,还有效解决了停电协调困难的问题,使整个供电变得更加安全和可靠。

4 技术原理

在进行气体绝缘金属封闭开关设备的交流耐压时,须保证整个现场一直都有电力输送。在保证电压不会被击穿的前提下,进行母线相连的被试间隔隔离开关两端断口处的电压分析。通过试验过程中的电压角频率和初始相位之间的函数关系,能够计算出断口电压差。采用百分之百的试验电压得出电压差之和,峰值电压差会对隔离开关的断口绝缘部分造成十分大的影响,如果这时能够进入同频同相状态,通过函数关系能够发现断口绝缘的电压差明显降低。

通过气体绝缘金属封闭开关设备多次仿真参数的分析,得出快速暂态过电压的传播形式为行波,这对整个设备的主回路构成了严重的威胁。并且,

快速暂态过电压能够达到额定电压的几倍,会损坏整体设备。

同频同相交流耐压试验技术的原理是有效结合了串联谐振技术和锁相环技术,将互感器的电压信号通过放大、过滤与阻抗匹配后,对变频电源的频率和相位角进行调整,让参考电压和输出电压处于同频同相状态。

5 试验方法

目前,采用的同频同相交流耐压试验方法主要有2种:一是单母线、双母线同频同向试验方法;二是3/2接线气体绝缘金属封闭开关设备同频同向试验方法。第一种方法是将装置按照《导则》采用单母线试验接线、双母线扩建间隔带进行耐压试验;第二种方法比较灵活多变,需要根据具体情况做不同试验。常见应用于以下4种情况,分别是装置间隔扩建或整体检修、接线装置部分检修、装置母线与间隔扩建、接线装置母线解体检修。

6 结束语

同频同相交流耐压试验技术从开始的研究与应用,就在惠州供电局有关变电站(如22女湖变电站、千帆变电站等)检修工程扩建工程中取得了巨大成功。通过解决电网停电困难与设备质控控制的矛盾,有效保障了电网安全运行,同时节约下来的各种成本和减少的负荷损失总计约有922万元人民币。大大增加了用电可靠性,节约了大量能源和人力,避免了设备无法供电造成的经济损失。

参考文献

- [1] 陈义龙,王增彬,吕鸿,吴吉,庞小峰,唐瑛. GIS同频同相交流耐压试验技术工程应用[J]. 电气工程, 2018, 6(1).
- [2] 阮日宁. 对GIS设备同频同相交流耐压试验技术的探索[J]. 大科技, 2016, (6).
- [3] 印华,王谦,龙英凯. GIS同频同相交流耐压试验技术解析[J]. 智能电网, 2015, (7).
- [4] 江韬,贺振华,向真,等. 一起500 kV瓷柱式SF₆断路器故障的分析及处理[J]. 2015,(12).

作者简介

郑健生,(1974—),男,研究方向:电气工程自动化,目前职称:电气工程师,邮箱:13502280552@139.com。

(责任编辑:刘艳玲)

降低多雷区线路跳闸率的解决方案

王琦, 李永翔, 余江山, 肖青松, 吴刚

(国网安徽省电力有限公司金寨县供电公司, 安徽 六安 237300)

摘要: 随着经济社会的飞速发展, 电力负荷不断增大, 对电力供应的可靠性有着越来越严格的要求。金寨县域处于大别山区, 地质地貌复杂, 电网建设长期滞后、维护困难。青油配电队、燕长天配电队所管辖线路正是处在了雷击多发区域, 雷击导致的跳闸率过高, 对金寨县供电公司的经济和社会效益带来了影响。解决山区多雷区域内线路的跳闸问题不仅仅有利于特定几条线路, 也适用于大别山区各供电公司对于跳闸率偏高问题的解决, 具有示范作用。

关键词: 多雷区; 线路跳闸率; 降低

中图分类号: TM726.3

我国电力系统在不断的升级、创新, 供电企业的考核力度也逐年加大。供电可靠性是衡量一个供电企业的重要指标, 供电企业所处地理位置不同, 跳闸率不同。在山区多雷区域, 由于雷击的因素影响, 跳闸率高于平原地区。供电企业需要一个降低因雷击导致线路跳闸的方案来提升供电可靠性。^[1]

1 山区多雷区线路典型情况介绍

山区伴随着易遭雷击且接地电阻大的影响, 因此选择比较有代表性的一条线路 10 kV 姜河 06 线进行研究。如果通过治理姜河 06 线跳闸率取得成效, 则可以将这种方法推广到金寨多雷区的 10 kV 线路应用。

1.1 线路基本情况

10 kV 姜河 06 线位于金寨县青山镇, 10 kV 姜河 06 线全长 46.948 km, 主干线路长 15.153 km, 主干线路杆塔为 142 基, 支线、分支线共 27 条长为 31.795 km, 杆塔为 320 基, 其中支线、分支线长度超过 1 km 以上的有 9 条。全线路 T 接公专变 43 台, 主干线路上 98# 杆 T 接装机容量为 800 kW 黑龙潭电站 1 座, 74# 杆 T 接装机容量为 1000 kW 金潭湾电站 1 座。长期以来, 10 kV 姜河 06 线缺乏建设, 导致跳闸率很高, 这对于该线路居民的用电可靠性有着很大的影响。

1.2 姜河 06 线跳闸次数及各因素占比

对 2016 年 1 月 1 日—2016 年 12 月 31 日 10 kV 姜河 06 线进行统计。雷击原因导致的跳闸占比达到 58.33%。此外, 2016 年姜河 06 线路跳闸次数占到青油配电队 10 kV 线路跳闸次数的比率更是高达

63.16%, 是影响青油配电队 10 kV 线路跳闸指标的重要因素。

由此可见, 影响目标线路跳闸次数多的因素是雷击、线路过载、瓷瓶、树障。在这几个影响因素中, 雷击对于线路的跳闸影响最大, 因此准备将研究的重点放在解决雷击上。

2 山区多雷区跳闸原因分析及解决方案

2.1 山区多雷区跳闸原因分析

采取现场调查、验证和比较分析等方法, 对引起姜河 06 线跳闸率高的各末端应因素进行逐个确认, 跳闸原因为以下 3 点。

巡视不力: 配电队应配备人数 ≥ 8 人, 但实际只有 5 人。

农网部分线路年久失修: 判断标准为姜河 06 线投运时间 > 15 年, 实际情况为查找资料显示姜河 06 线投入运行时间 20 年。

山区落雷区较多: 判断标准为姜河 06 线是否为气象局标记的多雷区, 实际情况为 2017 年 3 月 22 日于金寨县气象局查找到数据显示姜河 06 线所在区域为多雷区。

最终可以得出结论, 原因 1、2 会引起个别跳闸, 雷击会引起多起跳闸事故, 因此降低雷击引起的跳闸, 才会真正降低姜河 06 线跳闸率。

2.2 多雷区线路跳闸解决方案

通过对姜河 06 线跳闸原因的统计, 得出了雷击跳闸是其跳闸的主要原因, 因此提出了降低该线路跳闸率降低的几项解决方案:

方案一，安装户外型真空开关。

方案二，对线路避雷器进行规范性改进和对线路进行引流线安装。

方案三，在线路上安装吹弧式避雷装置解决。

方案一与方案二属于成熟技术，应用方便，但方案一并不能将实际线路缺陷根治，方案二需要设备量大，实施起来经济性不高^[2]。由于前两种方案实施起来并不能解决实际问题，因此我们对第三种方案进行深入研究。

2.3 吹弧式防雷装置分析及应用情况

2.3.1 雷击引起线路跳闸的原理

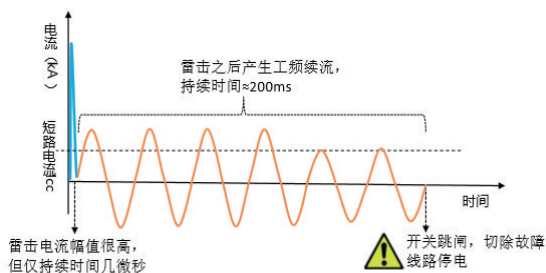


图1 10 kV 配电线路跳闸原理

由图1可知，当线路遭受雷击，雷电流幅值主要在波头，持续时间 $1\sim 4\mu\text{s}$ ，假设10 kV线路短路电流 $I_1=1\text{ kA}$ ，作用时间 $t_1=0.2\text{ s}$ ，雷电流幅值 $I_2=5\text{ kA}$ ，作用时间 $t_2=4\mu\text{s}$ ， $Q_1/Q_2=2000$ ，电流产生的热量 $Q=I^2Rt$ ，因此10 kV工频短路电流产生的热量是5 kA雷电流产生热量的2000倍。工频短路电流才是绝缘子击穿或断线的主要原因，而雷击是其诱因，线路将会跳闸，从而切除故障，造成线路停电。

2.3.2 吹弧式防雷装置工作原理

由图2可知，当雷击电压经过0点时，瞬间电流能量最小，因此在此时进行吹弧能够释放雷击能量，防止雷击产生的危害，使得系统电压重新恢复正常。

2.3.3 吹弧式防雷装置应用情况

对姜河06线路进行评估，选择出处于山上及易遭受雷击的地点19处，对姜河06线主线、黄岭支线、小电站支线、金潭湾电站支线、黑龙潭电站支线、抱儿山支线、茅岭支线加装吹弧式避雷器，由于吹弧式避雷器的先天优势，每个杆上只须安装1个避雷器即可，共安装19个吹弧式避雷器。

2017年10月，查看姜河06线整改后线路运行情况。通过观察发现，姜河06线上有5组吹弧式避雷器玻璃罩破裂，这说明吹弧式避雷器起到了避雷的效果。2017年3月实施了改进后，线路跳闸次数得到了较好的控制。统计结果显示：姜河06线跳闸次数占全公司10 kV线路跳闸次数的比率明显降低，线路累计跳闸次数占青油配电队10 kV线路累计跳闸次数的比率从2016年的63.16%下降到下半年的9.09%，姜河06线的跳闸次数也由2016年累计跳闸12次下降到2017年改造后下半年的1次。

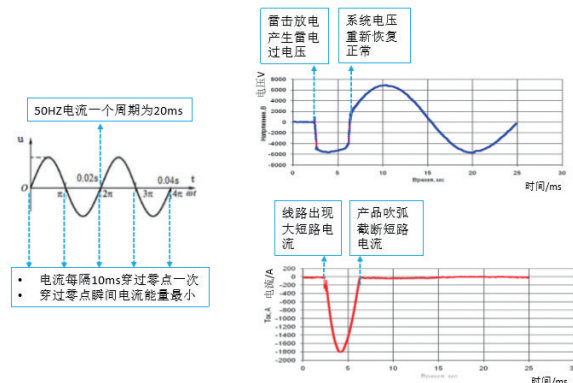


图2 吹弧式防雷装置工作原理

3 结束语

通过安装吹弧式防雷装置，多雷区的线路跳闸率明显降低，证明该方案有效，目标线路的跳闸次数大幅减少，姜河04线供电可靠率由2016年93.55%提升到2017年99.93%。根据供电可靠率同比计算，目标线路少损电量20000 kWh，增收15000元。此外，供电可靠性的提升还有助于供电企业在广大电力客户中树立了优质服务的良好形象，维护社会正常的用电秩序和良好的用电环境。

参考文献

- [1] 刘玉宝. 基于新技术手段降低多雷区多树障区线路跳闸率[J]. 化工管理, 2018(35): 235.
- [2] 何甜, 高志勇. 浅析输电线路防雷综合治理[J]. 湖北电力, 2010, 34(03): 49-50+56.

作者简介

余江山(1979.4—),男,安徽金寨人,就职于国网安徽省电力有限公司金寨县供电公司,研究方向:电力技术。

(责任编辑:刘艳玲)

基于风险评估的配电网检修策略研究

林新宇

(广东电网潮州潮安供电局有限责任公司, 广东 潮安 515638)

摘要: 针对风险预估模式下配电网检修的工作要点以及措施, 根据实际的应用展开分析, 介绍了配电网的风险评估以及检修步骤, 对配电网检修方案提出了设备检修策略、优化算法及其求解流程, 希望能够对配电网的检修工作能起到参考的作用。

关键词: 状态检修; 配电网; 检修决策; 优化; 风险评估

中图分类号: TM407

关于配电网的检修工作, 针对在检修的过程中所发生的系列故障问题, 电力管理部门首先要对配电网的运行设备中存在的风险情况以及电力系统的运行过程存在的故障风险这两方面进行评估, 开发出高质量、合理、有针对性的电网设备的检修策略, 为减少检修的风险并保障电力系统的安全运行作为前提, 基于风险评估的配电网检修策略的深入探究, 对高质量的检修策略有着重要的意义。

1 变压器相关评价指标

1.1 变压器的运行状态评估模型

对变压器的状态进行评估, 通常都是采用模糊的数学原理的标准对其进行评估。在这种电气设备范围中大部分评估值, 往往会受到一些不可控的性能影响, 这些影响通常会产不随机、不确定的因素, 而采用大量的随机的统计规律对变压器开展评估工作, 而得出的整体性能及工作特征的结果称之为“模糊性能综合评估”。本段通过应用模糊数学的综合评判的原则, 结合模糊匹配中隶属度和隶属函数的模糊原理开发出定量评价模型, 这种模型的作用主要是能够通过逐步地排除法, 以减少电力变压器运行状态评估中模糊数据的缺陷。

1.2 复杂因素、多层次模糊综合评估模型构建

复杂因素模糊综合评判一般分为几个等级, 第一个等级是指模糊综合评判的原状态模型。而对于比较单一、内容简单的评估对象, 采用一级模糊综合评判可以迅速地得到理想的评估结果。而针对繁多而又复杂的评估项目, 或者是在受到众多环境影响的评价对象时, 这种情况下会因为要考虑的评估因素太过复杂, 每一个评估因素通常都要采用不同层次的分析措施, 而复杂的评估因素更是具备大量

高难度的模糊性, 针对这种不同程度的评估因素, 在复杂环境的评估对象如果采取一级的模糊综合评判项目, 就不能满足各种因素的不同层次, 而对评估结果产生巨大的影响, 评判结果的参考性就得不到保证。针对这种不同因素的评估对象, 针对不同程度的复杂问题以及原始系统, 可以从多级模糊综合评判的角度出发找到解决方法。为了能够提高评估指标, 全面了解其实时反映变压器在运行状态下的各种情况, 针对变压器的运行状态, 从电气试验的角度出发, 其中关于油绝缘油特性、溶解气体以及各种不同的因素等几个问题, 可采用状态参量法, 开展多层性以及对模糊变压器的运行状态进行评估, 配网电力变压器运行状态如图1所示。

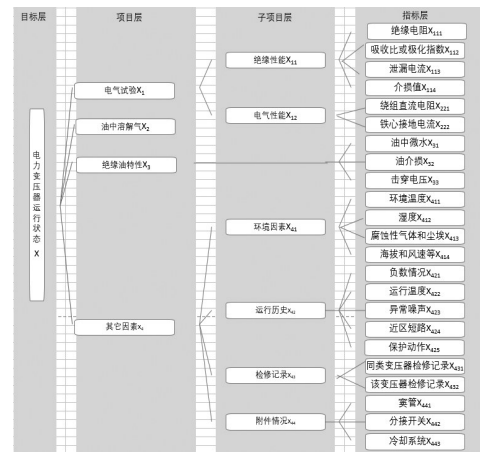


图1 配网电力变压器运行状态如图

2 配电网的风险评估以及检修步骤

2.1 相关电力设备信息的收集工作

关于开展风险评估项目的基本条件, 首先要对配电网在制定检修措施之前, 要严格地对配电网目前的情况以及电力系统中的各种电气设备和相关设

施,进行信息数据的严格采集,掌握所有不同电气设备的基本信息。而电气设备以往的运行特征和信息,以及设备在运行状态中所产生的各种运行参数,要有全面的了解,进而展开检修和试验信息数据等工作。

2.2 信息的采集

对电气设备以往的运行性能特征和各种信息数据以及电气设备的资料情况进行采集,其中包含电气设备的交接检验合同、产品的出产证明、合格证及其安装调试的标准信息等。

2.3 电气设备在运行状态下所生成的信息数据

电气设备在运行状态下对所有信息进行保存和记载、安装调试等以往的相关记录以及各种故障以及频率等方面进行采集。而对于同一种检修设备,根据维护过程中的信息要求针对性地检修,在检修过程中的所有详细步骤、工作分析记录、设备的性能数据等多方面的信息进行采集,另外还包括对不同设备的信息数据展开不同程度的信息采集工作,而诊断报告和具体故障处理措施等进行记录收集。

3 配电网检修策略方案

3.1 设备检修策略

首先要针对电力配电网的相关的工作缺陷以及不同电气设备之间的性能差异,研究出合理的状态评估标准方案,通过对配电网运行过程中的工作状态,对设备性能的数据分析,提出一套具有针对性、科学性的电气设备检修方案。

3.2 优化算法及其求解流程

关于粒子群优化(PSO)的数值算法是一款过去科学家模拟鸟群行为的一种群体搜索模式算法,在群中的所有粒子形式都会具备简单的行为,包括:通过模仿相近的领域或相似的全局中所有个体的成功路径,这种相似的路径与行为突出一个集体的行为,也就是建立在高维搜索范围内所得出的最佳区域,通过这种简述,可得出结论,也就是利用科学角度的粒子群优化算法来应用到配电网检修策略的优化模型中,来得出求解计算值。群中的每一个粒子均代表一个配电网的针对性的检修策略,在群体计算的过程中,所有不同的配网设备在进入到检修工作的开始时出现相应的变化都可代表新策略的产

生。算法的流程如图2所示。

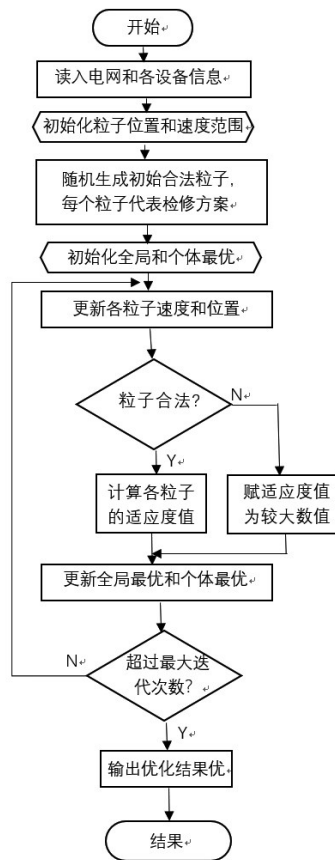


图2 粒子群优化算法流程图

4 结束语

电力企业要不断地根据实际的运行情况进行定时监督、以及研究分析,及时采取具有针对性的解决措施,减少故障的发生。电力企业根据发展的需要,投入了一定数量的电力设备,因此电力系统的各方面运行情况以及电网的相关结构较为复杂,而完善配电网的检修策略则是企业的重要工作,本文主要基于风险评估的配电网检修策略进行分析研究,提出一些观点,为电力企业的可持续发展提供参考。

参考文献

- [1] 张朦,马朝.基于风险评估的配电网检修策略[J].建筑技术与设计,2016(27).
- [2] 周雨奇.基于风险评估的配电网状态检修策略研究[D].东南大学,2017.
- [3] 于婧洋.配网设备状态评价与风险评估模型的探索研究[D].吉林大学,2015.

(责任编辑:刘艳玲)

跌落式熔断器频繁熔断事故 排查及防范措施

李志全¹, 李明超², 李寿鹏¹, 王瑞宁¹, 孙善平¹, 李世玲¹

(1. 国网山东省电力公司诸城市供电公司, 山东 诸城 262200;
2. 国网山东省电力公司莒南县供电公司, 山东 临沂 276600)

摘要: 通过某客户专变跌落式熔断器熔丝频繁熔断案例的分析处理, 提出要重视10 kV电网长期遗留的装置性违章和工艺不良问题, 尤其是运行数十年的老电网遗留问题尤为突出。跌落式熔断器熔丝频繁熔断问题的快速排查方法及防范措施, 对提高广大配电网运行维护和管理人员的专业水平, 提高隐患排查和处理速度, 具有很好的参考价值和借鉴意义。

关键词: 跌落式熔断器; 熔丝; 引线; 发热; 熔断

中图分类号: TM563

2017年5月15日—6月4日期间, 山东某邮政局供电专变跌落式熔断器频繁出现熔断事故, 经5次排查后方得到彻底解决, 导致客户多次停电。事故原因为跌落式熔断器引线松动接触不良导致, 该类问题虽然简单, 但原因不易查找且极易被忽视。为总结经验教训, 将事故查找分析过程总结出来, 以便同行借鉴。

1 设备应用概况

1.1 供电设备情况

邮政局专变型号为S9-160/10, 供电线路为10 kV兴华西线供销商场支线9号杆(终端杆), 客户支线路(YJLV₂₂-3×50/10, 长度约100 m)经跌落式熔断器接入客户高压配电室。该客户高压室设有高压负荷开关总柜(配置高压熔断器作为保护, 熔管熔丝配置16 A), 变压器经总柜后接入, 相当于配置了两级熔丝保护。

1.2 负荷情况

客户用电负荷为综合用电负荷, 以办公用电为主, 沿街商铺、邮政业务门面用电也是其重要组成部分。主要用电设备有22台2匹壁挂式空调, 4台3匹落地式空调, 照明、办公计算机等若干。

2 熔丝频繁熔断情况

第1次熔断: 5月15日, 客户反映供电中断, 经查为其供电的9号杆上配置的跌落式熔断器A、B两相熔丝熔断。考虑其跌落式熔断器已运行超过10

年, 更换熔丝的同时将其跌落式熔断器同时更换, 通过带电作业方式接入电网, 恢复送电。

第2次熔断: 5月25日, 客户再次反映供电中断, 经查, 依旧是刚刚更换的跌落式熔断器A、B两相熔丝熔断。连续2次熔丝熔断, 立即对供电电缆、变压器等主要设备进行检修检查和电气试验, 均未发现问题。怀疑其用电负荷分布不合理, 遂配合客户调整三相负荷平衡后, 将A、B相熔丝更换为30 A型号(原熔丝额定电流为16 A)后投入运行。

第3次熔断: 5月30日, 该组熔断器再次出现A、B两相熔丝熔断, 客户自行更换熔丝后继续投入运行。

第4次熔断: 6月3日, A、B两相熔丝第4次熔断, 供电人员帮助检查供电设备无问题, 怀疑熔丝压接问题, 仔细压接好熔丝后再次投入运行。

第5次熔断: 6月4日, 该组熔丝再次熔断, 供电人员与客户反复检查设备并联系人员再次进行试验, 依旧未发现问题。

3 事件原因排查与分析

3.1 熔丝熔断影响因素

众所周知, 跌落式熔断器是10 kV配电网、配电变压器普遍采用的隔离兼保护设备, 具有结构简单、动作可靠, 既经济又安全等诸多优点, 在我国10 kV配电网中得到广泛应用。熔丝熔断主要影响因素有4种。

3.1.1 过负荷类熔断

过负荷熔断一般由于用电负荷超出额定用电负荷、用电负荷配置不合理,存在严重偏相情况;其次,过负荷熔断也可能由于带负荷启动设备或者冲击性负荷原因;再者,低压线路、设备故障而低压保护设备未发挥应有故障隔离作用也可导致高压熔丝熔断。该类原因熔丝熔断一般在中间位置,电弧烧伤痕迹不明显。

3.1.2 短路故障熔断

一般采用跌落式熔断器保护的高、低压设备发生两相、三相或者两相接地短路故障引起。该类原因导致熔丝熔断有严重烧伤,熔断器瓷托上还会留有电弧烧伤痕迹。电网短路容量较大时,甚至可能导致熔丝管炸裂。

3.1.3 过电压类熔断

主要由于雷雨天气雷电因素影响跌落式熔断器所保护线路、设备短时过电压时发生,主要是雷击过电压以及高电压窜入高、低电压设备所致。该类熔断与设备短路故障熔断基本相似,一般熔丝上有严重烧伤,可根据天气因素加以排除。

3.1.4 其他原因导致的熔断

该类原因较多,主要有接触不良发热原因;熔丝压接过松、过紧或者压接熔丝不当导致熔丝受损原因;熔丝质量或者跌落式熔断器质量因素;熔丝规格型号选择不合理(一般选被保护设备额定电流的1.5~2倍);跌落式熔断器长期运行导致部分部件氧化、老化,接触电阻增大原因等。

3.2 事故排查

缩小范围,排除非故障设备。在客户未恢复送电的状态下,了解基本情况,首先通过试验数据复查和现场检查,排除了高压电缆、配电变压器、高压配电设备以及低压配电设备内部故障的可能;其次,检查电缆电源侧终端安装的故障指示器,无动作情况,也进一步证实了电缆以下设备无短路故障;第三,考虑客户高压配电室进线总柜配置有三相高压熔丝管保护,且熔丝额定电流配置为16A,未发生熔断情况,熔丝管外观良好,导通正常。综合考虑,可排除高压配电室总柜以下供用电设备、小动物、过负荷、低压故障越级等原因的可能;第四,总柜以上设备只有高压电缆、跌落式熔断器等设备。

高压电缆试验证明无问题,排除。

排除过负荷因素。通过了解客户近期用电缴费情况和负荷变动情况,排除了客户过负荷用电、用电负荷突增和三相负荷不平衡等因素的可能性。

排除雷电过电压因素。了解近半个月以来天气情况,无雷雨天气,排除雷电等过电压因素。

确定重点排查范围。根据上述分析,确定重点排查跌落式熔断器区域。现场登杆检查跌落式熔断器及其接线情况,如图1、图2所示。

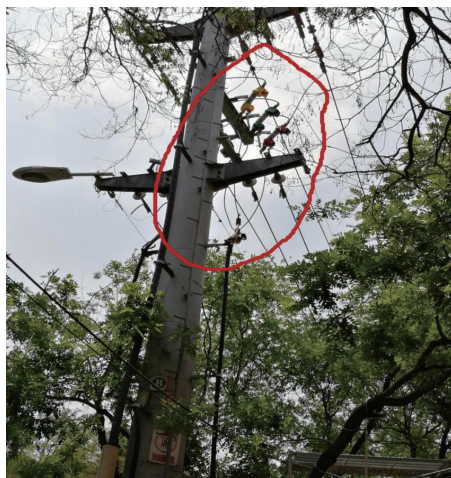


图1 现场跌落式熔断器安装图(背面)



图2 现场跌落式熔断器及引线状况(正面)

本组跌落式熔断器更换时间不足1个月,该批熔断器及熔丝均为国家电网公司统一采购产品,且公司使用数量较多,范围较广,其他位置运行并未出现任何质量问题,所以,基本排除跌落式熔断器及熔丝质量问题。

跌落式熔断器上、下引线均采用架空绝缘导线

(型号JKLGYJ-1×70)该种导线优点是绝缘化,可克服树线矛盾、鸟害等问题;缺点是重量较同截面裸铝线增加数倍;风阻由于外径增加一倍多也大大增加。另外,现场观察,跌落式熔断器两端均配置了绝缘防护罩,不能直接观察引线压接情况。

9号杆为终端钢管杆,上端设计10 kV线路架空线路1回;下端设计为0.4 kV低压架空线路2回,杆塔两侧每侧3根导线。钢管杆现有1回线路联络电缆和2回客户电缆下线,均为三相交联聚乙烯电缆,电缆终端采用柔性软连接方式。其中线路联络电缆由杆塔终端侧(北侧)下线,因下线无障碍,电缆终端直接上引并固定至杆塔顶部,电缆固定牢固可靠,电缆引线短,受力小;其他2回客户下线从杆塔东西两侧(偏南)引接,由于要避开下层低压架空导线,高压电缆仅固定到低压导线下侧,电缆终端头距离跌落式熔断器距离远,导致下引线长度约2 m,从杆塔中部低压导线间穿过引下。为保证与低压导线的绝缘距离,引线安装极为松弛。

登杆检查与低压导线的绝缘情况,无放电痕迹,排除引线放电可能。推动引线调整与低压导线距离,发现A、B两相引线摆动明显,怀疑引线压接松动接触不良。由于跌落式熔断器上、下节点被绝缘护罩遮盖,无法直接观察松动情况,带电作业拆除绝缘罩观察,下引线松动明显。现场了解附近的沿街商户,均反映每次停电时,均为大风天气,也间接证实了压接松动接触不良是问题所在。

3.3 频繁熔断原因分析

3.3.1 熔断原因

引线压接松动接触不良导致压接点发热,熔丝温度升高。在大风天气(北方地区春季及夏初经常出现6级以上的大风天气)情况下,引线在风力作用下频繁摆动,加剧了引线接头接触不良状况,加上负荷电流的作用,摆动越厉害,负荷电流越大,发热越严重,而发热越严重,接触越不良,恶性循环。下节点高温热量传导至熔丝(压接金属一般为铜,良导热体),使熔丝长期在较高温度下运行。

熔丝在长期承受高温,动作特性变坏导致频繁熔断。熔丝长期承受较高温度(接触不良发热温度一般在60℃~150℃,严重时数百度),致使熔丝熔断动作特性发生两方面不利变化:一是熔丝长期

承受较高温度加速氧化,使熔断电流越来越小;二是熔丝熔断特性在熔体处于较高温度环境下,熔断特性变差。2种变化都导致熔丝熔断电流显著下降,导致了即便正常负荷情况下,也发生频繁熔断情况。第1种不利情况属高温氧化,好理解;第2种不利情况可参考库柏熔断器熔断特性与温度修正曲线。由图3曲线可知,当熔丝温度在80℃环境下,其熔断电流仅为20℃时的0.7倍,温度越高,熔断电流越小。

COOPER Bussmann

温度修正曲线

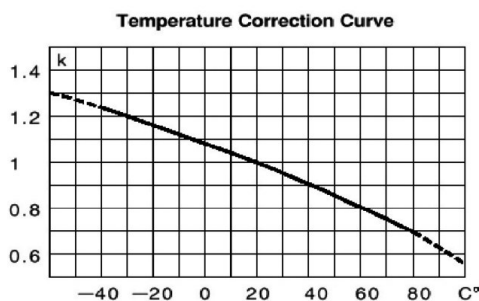


图3 熔断器温度修正曲线

3.3.2 为什么每次总是A、B两相熔断呢?

A、B两相引线长,采用架空绝缘线引接导线重量大大增加;本案例引线为保证与低压导线的绝缘距离,使引线非常松弛;加上上下位置关系无法垂直引接,压接点受力比较大。而C相不存在此问题。

电缆在跌落式熔断器的下方,且为柔性连接,整个引线以及电缆附件的重量都由跌落式熔断器下引接压接点承受,承受力大大增加。

跌落式熔断器上、下节点均为单螺栓固定方式,在较大重力和较大风力的反复作用下,引线摆动严重,很容易松脱。如图4所示。

架空绝缘线引线直径较钢芯铝绞线大大增加,使引线风阻大大增加,受风力影响更严重。

3.3.3 为什么未出现一相熔断情况?

A、B两相下引线都比较长,摆动均较严重,均发生接头松动情况和严重发热情况。长期运行中既可能是A相先熔断,也可能是B相先熔断(谁发热严重谁先熔断),但其熔丝熔断特性由于长期承受高温均发生劣化是肯定的,只要有一相熔断了,三相供电变成了两相供电,熔断瞬间用电负荷不变,必

然导致非熔断相的电流急剧增加，约为熔断前的1.732倍，使劣化的另一相也发生熔断。而C相节点未松动，承受温度为正常温度，熔丝熔断电流未降低，所以只受冲击而未熔断。

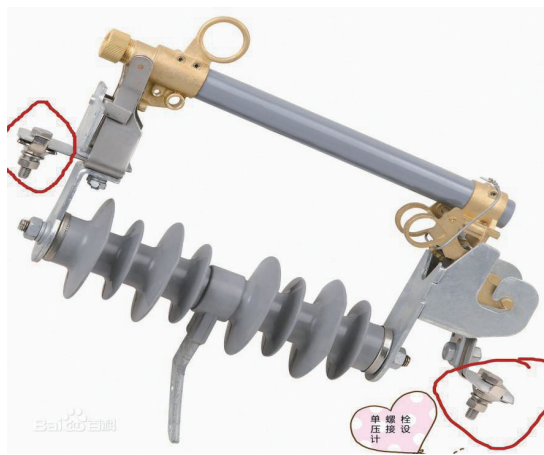


图4 跌落式熔断器上下引线连接方式:单螺栓压接

4 防范措施

本案例熔断器频繁熔断事故，引线压接松动发热是直接原因，装置性违章和工艺不良是其根本原因，运行维护不到位是其关键因素。防范此类事故的关键在于加强日常运行维护，及时发现消除电网跌落式熔断器相关的装置性违章和工艺不良问题。

4.1 严格标准工艺和验收规范

确保新增和已运行跌落式熔断器上、下引线的设计、施工和压接等各环节工艺规范合理。引线长度：钢芯铝绞线控制在1 m以内；架空绝缘线控制在0.6~0.8 m。

4.2 引线超长处理方法

当跌落式熔断器上、下引线长度大于1 m时，应列入重点巡视对象，并尽早采取整改措施。比较简单的改造方法是增加引线固定点。即采用10 kV支柱绝缘子固定引线，降低引线重力和大风吹力对跌落式熔断器压接点的影响。下引线连接电缆时，不仅引线要固定，电缆及电缆头的固定也要重视。

4.3 跌落式熔断器防护罩是否加装的建议

电网运行实践证明，在环境污染严重或者鸟害严重区域的电网加装跌落式熔断器绝缘防护罩效果明显，正常情况下不建议加装，以免影响跌落式熔

断器的散热、正常操作、巡视检查和红外测温等。已经加装的或者必须加装的，建议在绝缘防护罩下部适当位置加开适当数量的测温孔或观察孔。

4.4 防范措施的关键因素

通过反事故措施消除隐患。对跌落式熔断器引接线长度大于1 m的已运行熔断器，应进行详细排查建档，并加强巡视检查和测温工作。列入反措计划，借助线路停电检修机会采取反事故措施，增加引线固定措施。

加强配电网运行维护管理。在加强巡视检查的基础上，在负荷高峰期、炎热天气以及大风雨后应定期进行红外测温，及时发现发热隐患，在导致事故前消除之。

杜绝出现新的隐患。严格新入网设备验收交接，不符合新规范标准的，一律不能入网运行，避免老问题未整改完毕，新的问题又出现的情况。

5 结束语

我国10 kV电网大部分是数十年不断建设累积而成，时间跨度大，随着我国经济发展水平的提高，工艺标准不断完善，供电要求越来越高，较早建设的电网存在不符合现行工艺标准和验收规范问题也越来越突出。而将老标准电网一下子全部改造为新标准电网也是不现实的，因此，电网存在一些不符合现行标准工艺问题是一个较长期存在的现实问题，须区分轻重缓急逐步解决，本案例就是一个典型。本文通过跌落式熔断器熔丝频繁熔断问题的原因排除分析，有针对性的总结了快速排查方法及防范措施，为今后类似问题的快速排查处理提供了经验。

参考文献

- [1] 周军伟, 寿祝义, 陆珂. 降低户外高压跌落熔丝熔断故障频率[J]. 农村电气化, 2012(2): 48-49.
- [2] 徐新华. 浅谈10 kV户外高压跌落式熔断器的故障处理[J]. 农村电工, 2010, 18(11): 23-23.
- [3] 毛柳明, 文远芳, 周挺. 高压限流熔断器熔断过程及过电压研究[J]. 高电压技术, 2008, 34(4): 820-823.
- [4] 杨林. 10 kV架空线路配电工程设计研究[J]. 城市建设理论论研究: 电子版, 2015(5).
- [5] 曹方剑. 关于10 kV跌落式熔断器与熔丝保护配合的论述[J]. 中国科技博览, 2013(38): 2-3.

(责任编辑:刘艳玲)

一起智能终端告警案例解析

王均华¹, 叶淑君², 吴小波¹, 卢俊¹, 翁张力¹, 余军威¹

(1. 国网宁波供电公司, 浙江 宁波 315016; 2. 国网浙江象山县供电公司, 浙江 象山 315700)

摘要: 智能变电站的智能终端及合并单元工作环境较多在室外或室内高压设备区, 高温或环境恶劣易导致设备异常。详细解析了一起智能终端插件异常引起的告警案例处理过程, 为智能变电站安装调试及运维检修中类似问题的分析及处理提供经验和借鉴。

关键词: 智能终端; 插件; GOOSE告警

中图分类号: TN87

智能变电站继电保护二次设备中的智能终端、合并单元装置的工作环境在室外或室内高压设备区, 高压设备区空间较大, 且一般没有降温除湿装置, 夏季高温时高压设备区温度和湿度均过大, 这是装置出现异常的诱因之一。同时装置插件其他异常情况比较多, 与装置插件本身的质量以及插件的设计等有关。

本文针对一起智能终端告警案例进行解析, 在此案例中通过现象难以直接分析出具体问题所在, 须逐一排查、仔细分析及分步测试, 最后找到原因所在。

1 智能终端异常现象及背景

某智能变电站110 kV I段母线配有母设智能终端NSR385BG, 该智能终端背面插件如图1所示。

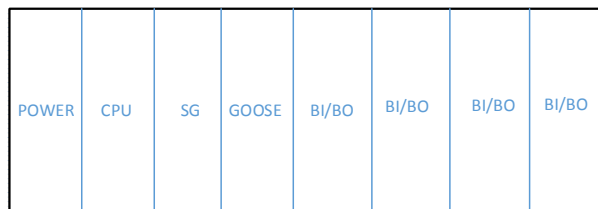


图1 110 kV I段母线母设智能终端背面示意图

夏季某天, 该智能终端告警灯点亮。后台画面报光字“110 kV I母设智能终端装置闭锁”“110 kV I母设智能终端装置告警”“GOOSE总告警”点亮。检查母设测控装置的自检信息中有“1213板GOOSE总告警”的记录。

2 母设智能终端的信息流及功能

110 kV I段母设相关的一次设备示意如图2, 图中有3把开关: 110 kV I段母线接地开关、110 kV I

段母线压变隔离开关、110 kV I段母线压变接地开关。

该智能终端采集这3把开关遥信状态GOOSE传送至母设测控装置, 后台及调度SCADA可以远程发遥控分闸/合闸令至母设测控装置, 再由智能终端出口对3把开关进行操作。

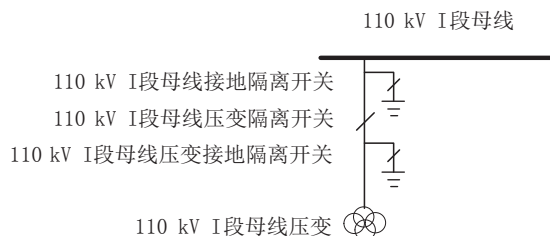


图2 110 kV I段母设相关的一次设备示意图

3 问题处理过程

缺陷现象出现后, 到现场做好各种安全措施, 投检修压板、退出3把开关遥控出口压板、智能终端断电重启, 故障现象未消失。

厂方发来CPU板、SG板、GOOSE板, 将3块板件逐一更换, 现象未消失, 将3块板件全部更换, 现象未消失; 在更换时, CPU板中均是原先老配置程序。

做最小化测试, 拔出所有BI/BO插件, 留下POWER、CPU、SG、GOOSE, 现象未消失; 最后只用POWER、CPU板试运行, 现象仍然未消失。

仔细检查在CPU板件中配置的CONFIG文件, CONFIG文件程序语句批处理, 在智能终端重启时, 会检测所有板件是否正常, 均无异常则检查通过。如果所有板件中任一块异常, 检测将不会通过, 装置会告警。

在厂方将CPU板件里的CONFIG文件中检测

SG板的选项暂时取消后,智能终端重启,则告警灯不再点亮,至此诊断出原SG板异常导致告警。

先前更换新SG板时,因CPU中是老配置程序,与新SG板不匹配,故检测不通过,装置告警。

最后,智能终端更换新SG板,厂方再将CPU中CONFIG文件更换成相对应的内容,告警灯不再点亮。

4 新配置文件导致的异常及处理

智能终端更换SG板后不再告警,但此时“光耦失电”“控制回路断线”指示灯亮。查看对应蓝图,开关的控制回路如图3所示。

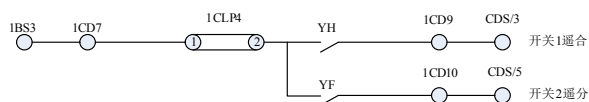


图3 开关遥控回路示意图

开关控制回路断线,在变电站监控功能中是不去判别的。本智能终端并不涉及真正的控制回路,所以分析“控制回路断线”灯应为误点亮。智能终端对开关位置信号采集正常,不存在光耦失电的情况,故分析“光耦失电”也是误点亮。在智能终端的调试软件的模拟界面上有“光耦失电”和“控制回路断线”是否判别的选项,在对应选项中取消选择后就不再误点亮。

5 结论

智能终端SG板配有光口,可自由配置为SV或GOOSE板,具有对时功能,本站只用其对时功能,该板异常导致智能终端初始检测不通过,从而不能工作。相对于传统变电站,智能终端及合并单元是新装置,在消除相关缺陷时,导致问题的因素可能较多,运维检修人员应开阔视野,拓宽思路。智能终端及合并单元出现异常的案例已较多,其所在的高压设备区环境相对恶劣,应尽可能安装降温除湿设备,以保证装置可靠运行。智能变电站的二次调试检修给运维检修人员增加了难度,因此需要加强对装置硬件、内置软件及调试工具的学习。

参考文献

- [1] 张浩,张艳.智能变电站GOOSE插件内部CAN通讯异常造成

保护拒动问题的分析[J].电气自动化,2017,39(1):45-48.

- [2] 徐建友.某220 kV智能变电站二次设备插件异常分析[J].安徽电气工程职业技术学院学报,2016,21(3):14-17.

- [3] 徐丽青,陈新之,余华武,等.智能变电站合智一体装置的抗电磁干扰分析及设计[J].高压电器,2014,50(11):57-62.

(责任编辑:袁航)

资讯

南方电网公司加入“5G产业联盟”共建5G智能电网生态圈

近日,广东移动联合产业伙伴在广州举办了“移启5G智领湾区”5G产业联盟成立暨5G+行动计划发布会。来自通信设备厂商、芯片和终端厂商以及各垂直行业等5G产业相关单位超过300位代表出席了发布会。

作为垂直行业代表,南方电网公司副总工程师刘映尚出席了上述活动并代表公司签约加入“5G产业联盟”。刘映尚表示,5G将赋能智能电网的发展,助力推动大量智能微型传感器应用,促进电网“透明化”“可感知”,助力南方电网公司向智能电网运营商、能源产业价值链整合商、能源生态系统服务商转型发展。

据悉,南方电网公司目前与广东移动在深圳开展智能分布式配电自动化、高级计量、应急通信自组网等多个示范应用场景的合作。2019年,公司将与广东移动继续加强合作,在现有合作成果的基础上,进一步丰富业务验证场景,扩大试点规模,全面验证5G承载各类典型应用的安全性、可靠性、灵活性和高效性,形成“5G+智能电网”应用的技术标准体系,打造5G垂直行业应用标杆。

南方电网公司表示,将以加入5G产业联盟为契机,扩大5G“朋友圈”,与各5G产业伙伴通力合作,共同探索孵化5G创新应用及产品,共同推动5G智能电网生态圈构建和产业链完善,助力粤港澳大湾区智能电网建设,为广东实现高质量发展作出更大贡献。

来源:《南方电网报》

变电站辅控平台及工业视频改造的研究

蔡海伟, 李冠强, 李杰, 余大成, 罗斌

(国网浙江省电力有限公司检修分公司, 浙江 杭州 311232)

摘要: 为了适应变电站无人化后存在的无法及时获取现场相关信息的缺点, 通过变电站辅控平台将消防、安防、视频监控等子系统集成后传输至远程后台, 从而提高了变电站现场信息获取的便捷性。原先已有的作为视频监控和其他子系统联动的对象视频监控系统已无法满足需求, 因此需要对变电站整个视频监控系统进行改造, 继而满足清晰、远程以及联动的需求。

关键词: 辅控平台; 协议转换; 工业视频; 预置点; 远程巡视

中图分类号: TM739

随着变电站无人化的推进, 运维人员须定期对变电站进行巡视, 如何提高巡视的效率和针对性, 就需要在未开始巡视前远程对变电站现场进行巡查, 发现问题, 在人工巡视时有目的性和针对性。但是目前传统变电站的计算机监控系统、视频监控系统均无法满足无人变电站运行的要求。另外, 原先在变电站有人值守基础上设置的视频监控系统在清晰度、覆盖面、远程监控等方面已经无法满足当前运行的需求^[1-2]。

因此, 需要一套系统来填补计算机监控系统的空白, 另外, 还需要对现有的视频监控系统进行升级改造, 从而实现对现场设备的远程巡查。

1 变电站辅控平台

随着智能变电站的推进以及变电站无人值守的实施, 除了原来自成体系的主设备的远程监控之外, 对相关辅助设施的远程监控的需求也变得越来越强烈。虽然目前也有视频监控、安全警卫、消防等远程监控系统的存在, 但是这些系统各自独立、自动化程度不高、不具备智能控制的功能。如灯光远程控制, 门禁管理, 环境监测等系统在传统变电站内并没有得到很好的应用。

因此有必要对现有的各个系统加以整合, 进行联动控制, 并将灯光控制、门禁管理、环境监测等系统添加进来, 形成一个整体的、联合的便于远程监控的有机系统。

为了满足变电站在无人值班的情况下, 对变电站发生的事情能够做到快速的响应, 以及对相关设备进行远程遥控操作, 需要设计一套变电站辅助控制系统。该控制系统通过一个主控制装置连接各个子系统, 继而通过网络实现远程监控。变电站的辅

助控制系统包括以下几个部分: 视频监控系统、动力监控系统、照明监控系统、消防系统、安防系统、环境监测系统、水位及雨水泵监控系统、SF₆气压监测系统、避雷器泄露电流监测系统。该辅助监控系统结构图如图1所示。

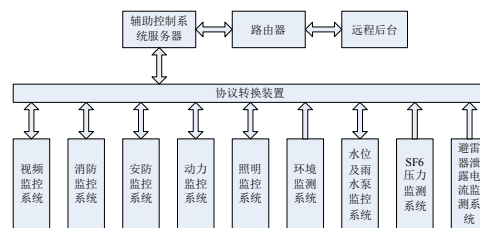


图1 变电站辅助监控系统结构图

由于各个子系统的生产厂家不同, 导致每个系统采用的数据传输协议不一定相同。为了使得数据传输通畅, 需要协议转换装置来将不同子系统的的天数据传输协议转换成统一的协议^[3-4], 再通过路由器进行数据的网络传输。

2 子系统功能

2.1 视频监控子系统

视频监控系统作为整个辅助控制系统的核心部分, 除了担负着整个变电站视频监控、远程巡视的功能, 还承担着与其他系统的联动功能, 即在其他子系统发现异常时, 在辅助控制系统的视频显示界面调出对应点的视频画面, 让工作人员可以在远程后台查看, 从而降低对相关故障的决策响应时间, 避免一出现问题就需要人员赶往现场的弊端。

2.2 消防监控子系统

一般变电站都已经安装了健全的消防监控系统,

因此在设计该辅助控制系统时需要将原有的消防控制系统集成到该辅助控制系统中，其中涉及到数据传输协议的转换以及当发生火灾报警时与视频控制系统的联动设计。

2.3 安防监控子系统

安防监控系统是所有变电站的标配系统之一，其包含门禁系统、周界报警等。它和消防系统一样也需要协议转换以及实现视频联动。

2.4 动力监控子系统

该系统由空调监控装置和通风机监控装置组成，并和环境监测子系统进行联动。为了确保小室内的设备良好运行，小室内的温湿度需要控制在合适的范围内，因此当温湿度超过设定的范围时，需要联动空调和通风装置进行调节。

2.5 照明监控子系统

该系统能控制变电站内各照明灯的开和关，并能在其他子系统发现异常联动视频子系统时，根据环境监测子系统的照度数据，判断是否要打开相关照明。

2.6 环境监测子系统

该系统主要提供变电站室内和室外的温湿度、照度，室外的风力、降雨量等环境数据，为相关的控制方式提供参数。

2.7 水位及雨水泵监控子系统

目前变电站的雨水监控系统主要由雨水泵和水位测控2部分组成，其设计往往比较固定，且忽略了降雨量对雨水流入速度的影响。

该子系统主要监控的是变电站内的雨水井的水位以及雨水泵的状态。同时，需要利用环境监测系统中的降雨量数据来综合设定雨水泵的工作状态。

2.8 SF₆压力监测子系统

目前的监控系统只是在SF₆泄露至报警值、闭锁值时才会有相应的告警信息，而在这之前无相关告警信息，平时只能靠人工定期进行现场巡视来检查相关气室的压力。因此需要该系统来实时显示现场各气室的压力值，并在报警时联动视频子系统在远程后台进行查看。

2.9 避雷器泄露电流监测子系统

由于变电站所处的环境、设备运行的时间等因素，变电站避雷器泄露电流往往有超过标准值达到

报警的限值，因此需要通过该系统实时监控变电站各个避雷器的泄露电流值，并将该系统集成到辅助控制系统中。当发现泄露电流超标告警时，可联动视频子系统进行远程查看。

3 工业视频改造

由于视频监控系统在整个辅助控制平台起着重要作用，能否实现在发生异常时，人员能够远程清晰查看变电站现场的相关设备情况，决定其能否替代工作人员现场检查。但是目前变电站现有的监控系统由于投运时间早、运行时间长，其从设计、硬软件技术、通信技术等存在以下一些缺点：

视频监控图像质量差，长期运行后脏污造成无法清晰地显示所监视的画面。

摄像头的安装数量较少，无法满足无人化对视频监控的要求。

视频监控系统一般就地安装在变电站内，无法远程进行查看。

视频监控系统相对独立，无法与其他系统进行联动。

因此，若要实现辅控平台的功能，需对变电站现有的视频监控系统进行升级改造，使其满足当前无人化运行的相关要求。下面着重从工业视频摄像头的布置、巡视分类以及巡视策略^[9]几个方面介绍一下工业视频改造及其应用。

3.1 摄像头布置方案

整个变电站内的摄像头应根据现场的具体位置进行设置，以需求为导向做到设备全覆盖。对于双母线的220 kV区域采用地面云台与构架球机相结合的方式布设。2个设备间隔中间布设1台地面云台，视角范围为正母隔离开关、副母隔离开关、开关及开关分合闸位置、避雷器及避雷器泄露电流表计、线路压变等；220 kV部分出线构架上装设1台构架球机，视角范围为：流变及流变油位、线路隔离开关、上方引线（避雷器，压变，线路出线）。如图2所示。

对于3/2接线的500 kV区域采用构架球机+周边云台的方式进行布设，通过高低结合的方式达到设备的全覆盖。如图3所示。

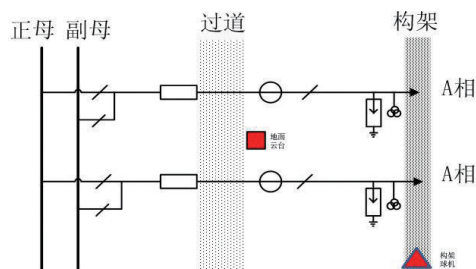


图2 220 kV区域典型布设图

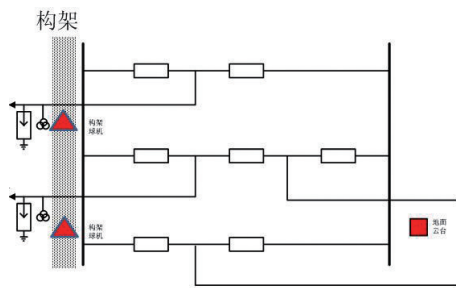


图3 500 kV区域典型布设图

35 kV区域由于各站场地设备数目和位置不同,具体布设应以“设备为导向”的原则进行布设。

3.2 预置点的设置方法

预置点的设置可分4类,第一类:默认预置位,即摄像头正常情况下的摄像头位置,用于全站安防和设备整体覆盖;第二类:事故应急预置位,满足事故应急情况下,设备状态和外观的快速调阅;第三类:远程巡视预置位,满足远程巡视对所有设备外观完好和站内设备上方漂浮物的检查。第四类:设备专项巡视预置位,借助部分事故应急预置位,开展站内充油设备、地基沉降导致设备引线拉紧、构架螺栓是否紧固等精细化巡视。

3.3 工业视频远程巡视分类

目前开展的工业视频远程巡视分为日常巡视、一次设备特巡、设备检修作业巡视、设备异常巡视。日常巡视包含工业视频软硬件检查、现场变电设备检查、台风、汛期时场地内情况检查;一次设备特巡主要针对人工无法巡视到的部位或较难看清的设备部位,如主变本体上方、线夹、流变油位等;设备检修作业巡视主要负责查看现场检修进度及安全文明作业等;设备异常巡视主要针对异常设备的实时调阅及异常设备的定期跟踪。

3.4 工业视频远程巡视策略

日常巡视时,利用视频监控平台中的轮巡功能,

以每个摄像头作为一个轮巡间隔。通过调阅该轮巡方案即可进行自动轮巡。巡视人员只须按照预先编制的日常巡视设备对应表逐项确认打勾。采用该轮巡方案不仅时间短,而且不容易遗漏设备^[6]。

针对一次设备特巡,利用全站摄像机的远摄变焦功能,对全站每个间隔的断路器、隔离开关、流变及主变等一次主设备设置预置位,并对该预置位进行命名。在发生特殊事故异常(流变发生爆炸、低抗着火等)时,可方便而及时地定位到异常设备并进行外观巡视检查,避免异常设备可能对现场巡检人员产生的人身伤害。

设备检修作业巡视是指对检修作业现场的关键节点进行巡视,主要巡视现场布置、设备状态核对、查看检修工作进度及安全文明生产、巡视设备验收及设备状态核对等。

设备异常巡视主要针对异常设备的实时调阅及异常设备的定期跟踪。包括无功设备、场地着火,流变、开关等爆炸情况的实时调阅,充油设备存在渗漏情况时的定期跟踪巡视。

4 结论

从上面各子系统的功能不难看出,变电站辅助控制系统不是简单的系统集成,而是一个有机的整体,各个系统间信息共享,但是又确保各个子系统能独立运行。通过工业视频的改造,使得工作人员可以远程查看变电站现场的相关设备,极大地减少了人员投入,优化了人力资源配置,提高了人员的工作效率和管理水平。

参考文献

- [1] 岳增坤, 杨帆. 基于换流站的智能辅助控制系统研究[J]. 南方能源建设, 2015, 2(3): 118-121.
- [2] 王雷涛, 张仑山, 易永辉. 基于智能变电站智能辅助控制系统的研究[J]. 电气应用, 2013, 5: 74-77.
- [3] 曹亮, 邹荣盛, 张巧玲. 智能辅助控制系统设计研究[J]. 电力学报, 2015, 30(2): 149-154.
- [4] 尉镔, 杨希斌, 郭怀东. 智能生产辅助控制系统在变电站中的应用[J]. 电力科学与工程, 2011, 27(6): 37-41.
- [5] 张祖茂. 变电站视频监控系统智能运维的研究与实现[J]. 科技创新与应用, 2017, 9: 53-54.
- [6] 郭琳, 马玫. 基于视频监控的变电站远方辅助巡视操作系统[J]. 信息系统工程, 2017, 1: 23-24.

(责任编辑:袁航)

基于互联网+“掌上电力”App的 终端电能质量监测

马秀林, 张浩, 常俊晓, 陈伟华

(国网浙江省电力有限公司台州供电公司, 浙江 台州 318000)

摘要: 以终端智能电表和“掌上电力”App为基础, 结合智能电表强大的数据采集功能, 实时监测终端客户的电能质量, 当电能质量指标出现恶化时, 将监测信息主动推送给用户, 提供有针对性的VIP式客户电能质量分析。

关键词: 互联网+; 电能质量; 掌上电力; 谐波

中图分类号: TP393

电力客户逐渐提高了对电能质量的认知水平, 对供电质量的要求越来越高。但是, 大量非线性负载的投入运行, 如变频空调、电子设备等, 使得原本呈正弦特性的电流和电压发生畸变, 带来电压偏差、频率偏差、谐波干扰等电能质量问题。不仅给电力系统的安全运行带来直接或潜在的危害, 而且使基于微处理器的控制器和功率电子器件饱受各种电磁干扰的影响, 威胁着工业大客户和居民客户的安全用电, 降低了客户用电满意度, 增加了投诉事件。

具体表现在: 电压偏差较大, 加速了设备绝缘老化, 埋下漏电事故隐患。使电动机转矩异常、转速突变。频率偏差较大, 客户的电能损耗增加, 精密仪器不能正常使用。谐波干扰严重, 引起电网谐振, 威胁电力系统的安全运行。将电压放大数倍, 导致仪表计量不准确。干扰附近通讯设备, 轻则产生噪音, 重则数据丢失。影响医疗设备的正常使用, 造成心电图等设备数据信息错乱等。三相电压失衡将引起零电位偏移, 造成用电设备损坏。电压波动与闪变引起照明闪烁, 干扰计算机等电压敏感型设备的正常运行。

1 电能质量监测的现状

当前, 各个变电站通过电能质量监测屏和谐波测试仪2种设备监测电能质量。

1.1 电能质量监测屏

电能质量监测屏是安装在变电站继电保护室的一块屏柜, 从母线压变和线路流变采集电压和电流, 完成监测公用电网流向客户端的电能质量, 以及在

不同运行状态下各用电设备对公用电网电能质量的影响等功能, 具备可选择的监测功能包括电压偏差、频率偏差、三相电压(电流)幅值相位不平衡度、谐波干扰、电压波动等。

电能质量监测屏具有如下弊端:

大部分变电站在设计之初, 并未考虑到安装电能质量监测屏的需求, 因此, 后期加装时带来诸多问题, 包括: TV/TA到监测屏柜、继电保护室的电缆敷设。

由于电流互感器二次回路严禁开路, 使电能质量监测屏的电流回路接线过程复杂化。

装置采集的电压源于母线, 电流来自出线, 无法分析客户端的电能质量, 也无法分析出对公用电网的电能质量干扰大的用电设备位于哪条出线。

电能质量监测屏的安装成本高。

1.2 谐波测试仪

谐波测试仪是一种监测电力系统中谐波能量的仪器。

在10 kV配电网中使用测试仪时, 通常仅利用母线处的电压分析供电区域内的谐波含量。当监测出谐波含量较大时, 无法分析谐波源位于哪条支路, 只能把再接入馈线中的电流量作为解决措施, 同样面临电流回路接线过程复杂、无法分析客户端的谐波量、谐波测试仪成本高等弊端。

无论是电能质量监测屏, 还是谐波测试仪, 都只监测各项电能指标, 并没有进一步挖掘内在有效信息和为客户提供切实可行的整改建议与服务信息, 以至于出现如下问题:

当客户端的用电设备产生的谐波影响电力系统稳定运行时，直接切断客户端进线电源，并责令客户及时整改用电设备，从而影响客户的正常用电，引起客户的投诉。

供电公司未能够及时告知客户电网中存在的谐波，以及这些谐波将会影响哪些用电设备的正常使用，何时能够滤除等信息。

2 项目目标

2.1 目标监测终端化

终端用电设备对电能质量的干扰存在很大的差异性，同样的电能对不同用电设备的影响也不一样。上述2种安装在变电站的电能质量监测装置无法监测客户端的电能质量，为此有必要基于客户端电能表采集到的电压和电流，因“户”而异地监测电能质量（比如电压偏差、谐波干扰）等功能，真正实现对客户进行具体分析。

2.2 服务客户友好化

客户用电设备产生谐波，造成电能质量指标严重恶化，当供电部门对其停电整顿时，经常无从下手处理。本项目通过分析客户的用电设备信息和产生的谐波量，将友好化的整顿意见和建议通过“互联网+”技术，利用“掌上电力”App推送给客户。

2.3 信息推送人性化

在“掌上电力”App平台上定时推送区域电网的电能质量信息，以及可能对用电设备造成的危害等。客户也可以查询所在台区的电能质量信息。

3 项目方案简介

针对上述须改进的问题，我们提出以下创新方案。以现有终端智能电表和“掌上电力”App为基础，增加以下3大功能。

3.1 电能质量监测模块终端集成功能

随着智能社会、智能家居等概念的出现，智能电表逐渐成为与工业生产、居民生活密切相关的智能终端。根据国家能源局发布的《智能电表功能规范》可知，现有智能电表具备以下功能：电能计量、拉闸合闸、安全保护、液晶显示、阶梯电价、停电抄表、预交电费等功能，在设计之初均以服务供电公司准确进行电能计量为核心，并未告知客户其所

用电能质量的好坏，也没有基于智能电表强大的数据，采集功能对客户端的电能质量进行分析、预警或者在电能质量恶化时，通知客户采取切实可行的防范措施。

在此情况下，无论是工业大客户还是居民用户，在其所使用的电能质量出现恶化时，无法第一时间获取到相关信息，致使家用电器功耗增大、计算机系统 and 智能家居工作异常、用电设备绝缘老化加速、精密仪器停工、次品率上升，甚至出现设备漏电伤人等恶性事件。

为此，结合智能电表强大的数据采集功能，开发电能质量监测模块，实时监测终端客户的电能质量，当电能质量出现恶化、逼近临界值、影响用户正常的生产生活时，以电能质量监测信息主动推送方式及时通知用户。集成电能质量监测模块的终端智能电表功能如图1所示。

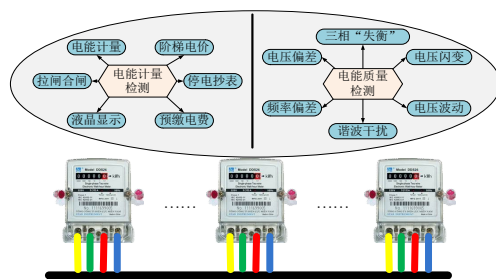


图1 终端智能电表功能

3.2 电能质量监测信息主动推送功能

电能质量监测信息主动推送功能包括定期推送和紧急推送，客户可以在“掌上电力”App软件中自主选择订阅。其中定期推送功能对所有订阅客户推送使用的电能质量状况信息，比如谐波含量日、周、月变化曲线，电压偏差日最大值，频率偏差日最大值等信息；紧急推送功能是在客户端用电质量指标达到阈值时，立即通知负责人或户主，推送信息包括不合格用电质量指标、公用电网及用电设备谐波信息，涉及运行设备产生的谐波频率、谐波含量大小、可能由哪些设备引起、是否须要整改、在什么时间之前完成整改等；公用电网谐波信息包含谐波频率、谐波大小、可能对哪些设备产生什么样的影响、何时能够滤除这些谐波、用电设备使用建议等。

App主动推送上述信息至用户手机时，附带有

手机状态栏提示,紧急情况下可以通过语音机器人自动拨通电话第一时间告知用户。

如果用户自身用电状况一直良好,并且对电能质量要求不高时,可以取消推送功能。

3.3 电能质量整改建议私人定制功能

当客户收到限期整改意见时,往往不知道如何整改,这时,客户就可以利用电能质量整改建议私人定制功能,实现“一对一”服务,包括以下几个方面:客户用电设备干扰电网电能质量的具体信息;客户电能质量指标随时间的变化曲线;改善电能质量指标的具体措施。

4 方案实现

电能质量监测模块终端集成、App电能质量信息推送及查询系统流程初步方案如图2所示。

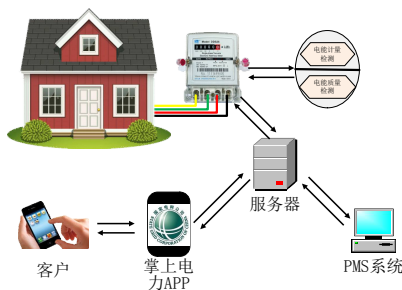


图2 方案流程图

电能表:智能电能表实时采集客户端的电压、电流等数据,并将数据传输给电能计量和电能质量监测模块,电能计量模块和电能质量监测模块独立完成各自功能,并将计量信息和电能质量信息,如耗电量、电压偏差、频率偏差、谐波含量、电压闪变等信息送至通信出口。

电能表 \leftrightarrow 服务器:基于红外通信、载波通信、公网通信等方式将电能表采集到的电压、电流及基于电能质量监测模块分析得到的电能质量信息传输至服务器,并保存至内部数据库,同时服务器将拉闸限电等控制指令下发到多功能智能电表,实现上行传输和下行控制。

客户 \leftrightarrow “掌上电力”App:用户须要下载“掌上电力”App,并且绑定户号,客户可以选择订阅电能质量监测信息推送,App发送电能质量监测信息给客户。

“掌上电力”App \leftrightarrow 服务器:“掌上电力”App

上绑定的户号与服务器上的户号自动匹配。服务器推送消息时自动筛选出已绑定户号中受电能质量异常影响和导致电能质量异常的户号,同时具有自动套用半固定格式信息,完成电能质量监测信息推送功能。服务器存有客户户号、手机号等数据,方便未绑定户号的客户查询关键字。

服务器 \leftrightarrow PMS系统:该功能重点要实现服务器和PMS系统的接口对接、内外网衔接、客户户号的匹配、客户数据实时同步更新等内容。服务器能收到PMS系统上的客户数据,并且能实时更新新增客户、修改客户数据。

5 结束语

本项目以客户利益为根本,力争使用户体验从“用得上电”提升为“用上高质量的电”,通过将电能质量监测模块集成到现有多功能智能电表,实现因“户”而异,提供针对性的VIP式客户电能质量分析,从而使得用户切实体会到“你用电,我用心”。本项目的创新点如下:

第一,在客户智能电表处集成电能质量监测模块,极大地扩充了智能电表的功能,并将变电站原本体积庞大的电能质量监测屏小型化、终端化,因“户”而异监测电能质量,实现对具体客户的具体分析,为用户提供VIP式客户分析。

第二,以提升客户服务质量为目标,尽可能地为客户提供电能质量各指标的状况,如电压偏差、频率偏差、谐波含量等,并通过后台服务器进行大数据挖掘,分析电能质量优良性能,在电能质量恶化时为用户制定切实可行的整改方案,保证用电设备安全运行、工业生产有条不紊。

第三,通过“互联网+”技术主动向客户推送电能质量信息,提醒客户在当前电能质量状况下设备的运行风险,并通过人性化的“掌上电力”App向用户提供可选择的推送功能,消除企业与客户间信息不对称的局面,降低用户投诉风险,树立良好的企业形象,提升客户的满意度。

作者简介

马秀林(1983—),男,硕士研究生,高级工程师,从事继电保护及二次回路技术、综合管理和班组管理工作。

(责任编辑:袁航)

基于广电互联网+技术的电力 智能营销实践

韩仕富¹, 杨斌², 侯继武¹

(1. 国网恩施供电公司, 湖北 恩施 445000; 2. 国网建始县供电公司, 湖北 建始 445300)

摘要: 通过已建立的广电互联网通道, 利用广播电视双向传输网络实现供电远程数据采集、信息传送、视频监控以及实际操作中的联调, 对利用广电互联网+技术助力供电营销的智能发展进行了探讨, 对新时期智能化供电营销管理的优化与发展具有一定的参考意义。

关键词: 电力营销; 互联网+; 远程采集; 广播电视传输网络

中图分类号: TM739

恩施地处武陵山区, 山大人稀、供电线路长、点多面广、用户分散, 而客户服务要求需要精准, 原有的营销数据采集通道有其局限性, 无线 GPRS 上行通道网络在某些区域和时段内, 存在不响应的现象, 导致漏抄、误抄, 或延时过长而无法符合要求 (主要表现在用户数据的实时召测、专变负控、低压用户费控执行方面)。营销流程容易出现程序命令下发掉包、丢包、延时等现象, 造成数据漏抄, 直接导致营销业务不及时、供电线损不准确、客户服务跟不上等一系列现象, 种种现象迫使供电营销管理必须采取应对措施, 以满足供电优质服务需要。为此, 应用一个高性能、高可靠性的电力集抄数据采集光纤专网, 支撑电力集抄数据的实时采集和扩展应用成为一种必然选择。

1 项目实施的创新点

结合恩施地区特色, 因地制宜, 可以通过引入广电双向传输网络通道, 实现广电互联网+智能精准营销服务。达到营销管理提质增效目的:

引入广电双向传输网络通道部分或全部替代无线远程集抄, 确保营销数据采集稳定、线损基础数据准确、电压实时召测及时、终端在线运行可靠;

依据广电宽带网络通道的特点增强数据包容量, 在公、专变台区及重要客户计量点位置安装高清智能摄像头, 实时稳定进行可视化监控电力设备的运行, 促进安全生产过程监控的实时性、必要性、重要性;

利用已基本覆盖的完善的广电双向传输网络通道, 实现营销服务信息发布, 尤其是通过广电机顶盒与营销户号的唯一性绑定, 通过飞字或通知条实时发布停电信息、缴费信息、安全用电常识、利用广电双向传输网络电视终端缴纳水、电、气、热等“多表合一”费用。

2 经济、技术价值

2.1 经济价值

借用广电双向传输网络通道, 实现广电和电力资源共享, 对双方起到互补促进的作用, 有利于双方业务的进一步拓展和延伸, 同时, 供电公司可以削减每年在 GPRS 无线通道上的投入 (如为解决信号弱或完全无信号台区所增加的设备投入等)。

2.2 技术价值

与无线传输相比, 光纤数据传达率可达 100%, 减少了无线传输漏抄带来的损失。数据传输量、数据传输速率、数据传输稳定性、实时性等情况大大提升, 采集系统远程集抄和负控水平将大大提升, 并且基于大数据, 结合用电检查情况分析用户的用电习惯和得到其他方面的实时信息。此项工作的推广, 将促进物联网技术的进步及智能家居技术的融合与发展。

3 技术方案及要求

3.1 采集系统架构

采集系统包括主站、数据采集层, 以及计量监控设备, 如图 1 所示。

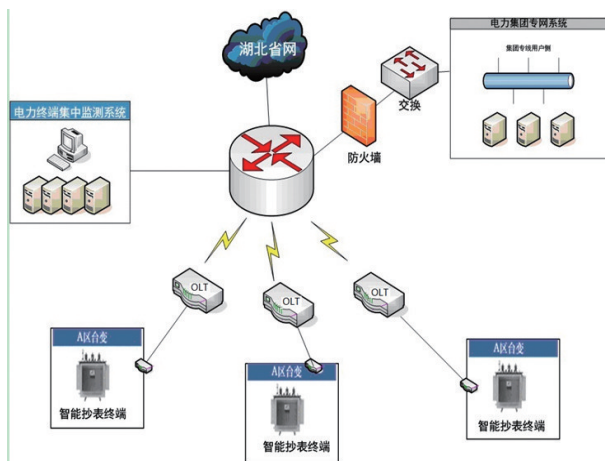


图1 采集系统结构图

主站：采集主站是整个采集系统的管理中心，其硬件环境由光纤收发器、交换机、前置机、应用服务器、数据服务器等设备组成，管理整个系统的常态化运行，包括与各采集终端进行远程通讯及控制，采集数据传输、处理及应用，历史数据存储及统计。

数据采集层：数据采集层的主体是电能信息采集终端（负控终端、三合一集中器），负责电能信息的采集、数据管理、数据传输以及执行或转发主站下发的控制命令等功能。

计量监控设备：计量监控设备是各采集点的电能信息采集源和监控对象，包括电能表和相关测量设备、客户配电开关、无功补偿装置和其他现场智能设备等，这些设备通过各种接口与电能信息采集终端连接。

下行通道：下行通道即数据采集层与计量监控设备之间的通信通道，包括全载波、半载波、RS485等。

上行通道：上行通道即数据采集层与主站之间通信通道，当前使用上行通道为GPRS（移动/联通）无线通道。

3.2 网络需求及设计

现以广电双向传输网络通道替代原有GPRS通信通道，作为新的终端上行通道拓展其他服务功能。如通过广电机顶盒绑定电力用户营销户号，实时发布安全用电、停电公告、缴纳“多表合一”（水、电、气、热等）费用。

性能需求：有服务效率、服务质量、网络吞吐

率、网络响应时间、数据传输速度、资源利用率、可靠性、性能/价格比等，根据本网络的特殊性，网络传输主干采用光纤传输介质，即使用光纤传输。

设计思路：进行网络总体设计，电力集抄数据采集系统的光纤专网总体设计方案应充分满足：结构合理、便于维护、高效实用、能够实现快速信息交流。

设计原则：一是以先进、成熟的网络通信技术进行组网，支持数据、语音和视频图像等多媒体应用，采用基于交换的技术代替传统的基于路由的技术。二是电力集抄数据采集系统的光纤专网建设应遵循国际标准，采用大多数厂家支持的标准协议及标准接口，从而为异种机、异种操作系统的互连提供便利和可能。三是网络运行必须提高运行速率，可迅速简便进行网络故障诊断，同时具有良好的故障隔离功能。四是网络安全管理必须确保授权实体经过该网络安全地获取信息，并保证信息的完整和可靠。

3.3 方案建设可行性

恩施广电双向传输网络覆盖情况建设良好。以建始县为例，建始县广电双向传输网络目前已覆盖全县城区及10个乡镇320个行政村。工程建设采用先进的FTTH双向传输网络设计。10个乡镇及城区都有环路，网络相对稳定。2017年建始县人民政府在县人代会的《政府工作报告》中明确提出，要求广电网络2017年必须通达到全县420个行政村的每个村。目前，广电网络已完成方案设计，亟待施工。10个乡镇均有独立机房，网络规划设计科学合理，既能独立运行，又能互联互通。全县广电网络能基本满足供电公司业务拓展应用的通道需求。

每个乡镇均设置稳定的广电维护队伍，同时在县广电维护中心建设智能抄表集中监测系统，确保终端实时在线监测，随时为各采集监控点日常运行维护提供及时有力的保障。

4 建设试点台区

以建始县业州镇江屿华庭地下室1#公变为例，基本思路：在广电双向传输网络覆盖的区域，电力公变或专变终端通过其以太网口网线连接ONU接入EPON网络后，通过EPON设备打上专线VLAN标

签，然后在汇聚交换机上剥离出来，直接通过县广电网络通道至省广电后，送省公司信通中心网络机房，如图2所示，在符合准入审核批准条件下允许接入其网关设备。

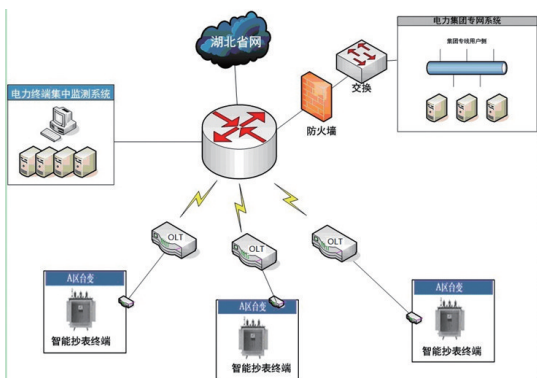


图2 电力智能抄表网络示意图

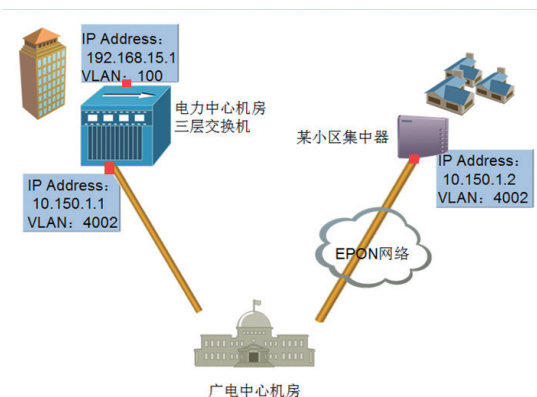


图3 电力智能抄表联调示意图

如图3所示，小区的集中器安装于地下室，GPRS信号很弱，信号传输不稳定。通过广电有线双向传输网络来传输信号时，将该集中器的IP地址设置为10.172.0.16，由该地址发送数据包通过广电网络透传至电力机房某3层交换机一个端口，该端口IP地址为10.172.0.1，打上VLAN标签5001。再从这个交换机的另一个VLAN标签为500、IP地址为192.168.10.2的端口上联至供电的管理服务器。

状态监测：在电力专、配变台区安装高清摄像头和喇叭，通过数字视频监控系统全程监控电力设备的安全运行，在各乡镇供电所建立电力设备视频监控安全指挥中心，乡镇供电所维护员随时查看电力设备的实时视频图像，查看前一个月任意时刻运行状态，了解变台运行情况。视频监控安全指挥中心值守人员可通

过实时画面对电力设备远程操作，并通过视频及喇叭喊话等方式实行监护，从而确保电力设备运行及维护人员的安全。

数字视频监控系统采用基于IP网络的数字视频监控，系统主要由视频源（前端摄像机）、传输交换设备（网络交换机）、管理控制设备（中心管理平台）、视频存储设备和视频显示设备（监视大屏）等组成。前端采用高清制式（1080P），以1080P高清低照度宽动态枪式摄像机和1080P高清红外宽动态网络半球摄像机为主。供电公司的监控中心采用安防监控管理平台一体机、监控存储服务器、视频综合平台等设备，对视频监控设备进行统一的管理，实现视频实时预览、录像回放、电子地图、报警管理、智能监控、云台控制、语音对讲等功能。



图4 智能终端在线管控监测系统

由广电网络方面建设智能终端在线管控监测系统，如图4所示，针对辖区所有电力通道终端进行监测。在线管控监测系统针对最为常见的端口故障，提供路径跟踪和端口环回测试定位检测工具；当网络端口运行异常时，广电网络管理员对指定终端的端口做环回测试，直接定位端口故障。同时针对台区的终端每10s发送一个响应报文，检测运行状态，当链路及设备发现故障时，广电机房所在区域设备告警，以保证电力终端专用网络的稳定可靠运行。

参考文献

- [1] 张水平. 计算机网络原理[M]. 高等教育出版社, 2006.
- [2] 格伦·克雷默. 基于以太网的无源光网络[M]. 陈雪, 译. 北京: 北京邮电大学出版社, 2007.
- [3] 计算机信息系统安全. GA 216. 1-1999[S].
- [4] 信息技术开放系统互连网络层安全协议. GB/T 17963[S].
- [5] 牛德斌. 鄂州电力远程智能抄表技术方案[M]. 2012.
- [6] 余洁琦, 周楠, 周冬升, 等. 高速电力载波通信原理概述[M]. 2013.

(责任编辑:袁航)

用电采集异常处理系统的研发与实现

黄志凌

(国网福建安溪县供电有限公司, 福建 安溪 362400)

摘要: 计量异常监测是用电信息采集系统十分重要的部分。针对在实际应用中出现问题设计一套采集异常处理系统, 从基本概念、设计原理和功能特点进行分析, 并采用模块化的方式进行论述, 很好地向实际应用推广。

关键词: 异常监测; 用电信息; 采集; 模块化

中图分类号: TM73

计量异常监测是用电信息采集系统一个十分重要的模块, 在用电信息采集系统主站的日常监测中, 需要主站人员在发现异常时, 及时与所在地负责人员联系。但由于采集系统中异常监测只能在服务器主站进行, 目前采取的方法一般为电话通知, 这造成了异常处理及时性和准确性的降低, 易造成资源浪费、采集效率偏低等情况。

本研究开发一款采集异常处理即时通信系统, 可直接在用电采集系统导出异常表格后, 生成按异常情况、所属单位等不同分类异常表, 并分析产生异常的原因及相关处理办法, 主站人员拥有更多的操作权限进行信息增加、删除、修改等。通过第一时间派发稽查工单, 并设置相应的处理及回复期限, 实现了“采集—监控—派单—处理—反馈—归档—评价”的闭环管控。

1 采集异常处理系统设计框架及功能

系统分为客户端和服务端2个部分。服务器端负责数据库连接存储、Excel表格的处理分析、派工单的形成及与用电端的通讯。客户端在连接服务器主站后可以收到主站发送的消息, 并可以发送消息至主站, 如图1所示。

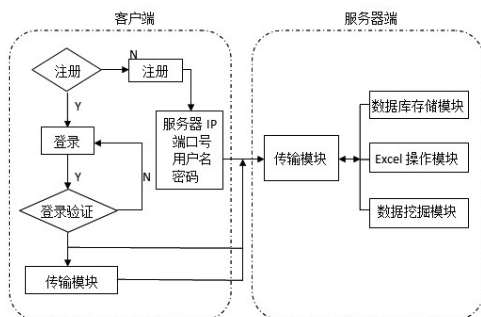


图1 系统结构图

从图1中可以比较清晰地看出其功能和这些功能模块之间的相互关系。本系统模块主要包括传输通讯模块、数据挖掘模块以及数据存储模块。其编程思路 and 具体实现方法如下:

在 Visual Studio 2018 软件为开发环境下使用 C# 创建串口通信程序, 通过使用标准的 RS232 进行双向通信, 应用 .NET4.0 中提供的 Serial Port 类进行编程, 以进行参数的读取与配置。

通信控制系统采用多线程的程序结构技术来实现的。采集主站在系统内担任服务器的角色, 编程时采用 TcpListener 类, 用于侦听和接收客户端模块传入的连接请求, 实现软件同时与多个客户端用电端建立通信连接。

引入了 SQL server 数据库连接技术、Microsoft Excel 连接技术, 实现了在采集主站上通过网络与用户端进行双向数据传输、用户管理、数据保存打印功能。下面对系统传输通讯模块、数据挖掘模块、数据存储模块及 Excel 操作模块 4 部分分别进行详细介绍。

1.1 传输通讯模块设计

使用 TCP 传输文件, 可以使用 Socket 方法进行传输。其中, 数据的接收和发送采用调用 Socket 的 Receive 和 Send 方法。每当有客户端模块请求接入, 都要建立一个这样的连接。因此, 软件采用多线程的程序结构, 每一个连接用一个线程来维护, 每个线程通过一个连接实现模块进行数据的收发, 线程将接收到的信息传给主窗体显示, 同时从主窗体中接收控制信息并发送到客户端模块, 从而实现服务器端与客户端的通讯。

文件传输主要分为单文件传输和目录文件传输(多文件传输), 本软件使用二分流进行文件流传送。

当要向对方传送文件时,可直接在系统窗体本地目录选择文件,便于用户确认传输文件。先向对方发送确认接收文件信息,启动 TCP/IP 协议。在进行文件传输之前计算文件大小,并时刻记录文件已传输的大小与路径。文件传输还可实现将同一文件夹下的多个文件一次性传送。接收成功后,循环接收下一个文件。

1.2 数据挖掘模块设计

在系统数据挖掘方面,本研究采用 Visual C# 中 DataGridView 控件进行数据绑定,以进行查询、修改、添加和删除等通常的数据操作。

数据绑定为开发人员提供一种在窗体上的控件和其应用程序数据(其数据模型)之间创建读/写链接的方法,该方法简单、方便、功能强大而且透明。

本系统设计时主要用到查询和添加数据操作。分类查询中采用 DataTable 类的 Select() 方法来查询过滤数据。此外,本设计还具有实时添加采集数据的功能特点,查询、修改、添加和删除等通常的数据操作功能。

1.3 数据存储模块设计

考虑到实际使用情况,设计中提供登录及注册功能,很好地保护了使用者的使用权限。并设有 Excel 表格连接数据库,实时保存采集信息,界面友好的人机对话式应用程序随时随地为使用者提供实时查询、控制和系统管理功能。

登录界面的设计采用 SQL Server 2018 创建 mdf 文件,然后在项目应用程序中嵌入 mdf 文件的方式进行 SQL Server 数据库,能够做到方便移植,使用方便。其方法为在 WPF 程序中,让程序去连接项目中的 mdf 文件,而不是连接 bin/Debug 下的 mdf 文件。

1.4 Excel 模块设计

一般来说,Excel 的操作方法有 2 种:把 Excel 文档作为数据源和调用 COM 组件操作。本文是在 C# 下使用了 COM 组件完成了 Excel 文件的导入,虽然 COM 组件在结构上和 .Net Framework SDK 存在很大的不同,但是利用 COM 组件可以很容易地实现 Excel 数据的导入。

导出 Excel 编程的基本原理是将 DataTable 对象导出到 Excel 的工作表中,其方法是在内存中建立一个 Excel 对象实例,然后将 DataTable 中的数据填充

到内存 Excel 工作表中,然后保存这个内存到本地路径,便于使用者存档保护。在操作控制界面,还有“页面设置”“打印”等功能,便于操作者使用。

2 结论

本软件实现了较强的通信功能,通过局域网内的互联实现文件批量传输、断点传输等文件传输功能,实现了“采集—监控—派单—处理—反馈—归档—评价”的闭环管控。此系统在使用后期,须要在系统维护上要进行一定的安排,防止数据库数据冗余,并须及时地进行系统版本更新。

参考文献

- [1] 斯蒂文斯. TCP/IP 网络互联技术(卷 3)[M]. 北京:清华大学出版社,2004:156-203.
- [2] 李为民. 基于网络的远程运动控制系统的设计与研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2003.
- [3] 谢希仁(译). TCP/IP 协议族[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 潘爱民(译). 计算机网络(第 4 版)[M]. 北京:清华大学出版社,2004.

(责任编辑:袁航)

资讯

共建能源互联网学院 开启校企合作新局面

5月16日,国家电网有限公司董事长、党组书记寇伟,总经理、党组副书记辛保安与华北电力大学党委书记周坚,校长、党委副书记杨勇平在京会谈。双方在共建能源互联网学院、进一步深化校企合作等方面达成共识。中国工程院院士刘吉臻、杨奇逊出席会谈。会谈后,公司副总经理、党组成员刘泽洪与华北电力大学副校长、党委常委郝英杰代表双方签署《共建能源互联网学院合作协议》。

据悉,国家电网—华北电力大学能源互联网学院由华北电力大学相关学院及公司研究单位共同建设。建设目标是重点围绕国家战略需求及公司“三型两网、世界一流”战略目标,协同开展前沿关键技术研究、高质量人才培养等工作。协议合作内容包括构建国际一流的“三型两网”科研创新平台、打造适应“三型两网”建设需要的高质量人才培养基地等。

来源:国网办公厅、科技部,《国家电网报》

电缆井盖起吊操作辅助设备

吴林地

(国网庆元县供电公司, 浙江 庆元 323800)

摘要: 由于电缆井井盖较重, 在电缆线路检修或巡视中进行电缆井盖开启和覆盖过程中, 存在严重的安全隐患、耗时长、工作效率低的现象。设计研制一种电缆井盖起吊操作辅助设备, 从而解决现阶段存在的问题, 缩短电缆井盖操作时间, 消除安全隐患。

关键词: 电缆井; 起吊; 操作辅助设备; 电缆

中图分类号: TM757

据统计, 截止到2018年5月底, 庆元县城区电缆井400多个(高压), 庆元县城区电缆化率达39%, 随着城市建设的发展, 电缆及电缆井数量将会增多。在电缆线路巡视和检修施工时, 电力工人因无专门的电缆井盖开启工具, 须多人合作将电缆井盖撬起, 合力抬起。在这过程中存在严重的安全隐患, 对操作人员的安全构成威胁, 操作时间长, 且人力、财力上存在浪费现象。

因此, 如何改进陈旧的操作方法, 在工作中缩短电缆井起吊操作时间是需要解决的难题, 是否可以研制出一种电缆井盖起吊操作辅助设备, 从而实现以机器代替人, 提升施工检修的安全性, 缩短电缆井盖起盖时间的目的。

1 选题理由

现阶段庆元公司使用的电缆井盖板主要有3种规格, 分别为1650 mm×500 mm×120 mm、1100 mm×500 mm×110 mm、900 mm×500 mm×50 mm, 其中, 前2种规格的电缆井盖重量在125~300 kg, 在线路巡视和施工时开启井盖, 须多人配合才可完成。现有开启电缆井盖的方法是人工开启, 没有合适的辅助设备, 在开启过程中多人合作, 存在严重的安全隐患, 同时在人力和时间上存在浪费现象。

2 确定目标

根据工作中遇到的实际问题, 须自主研发一件可用于现场电缆井盖起吊操作的辅助设备, 能省力地开启带孔水泥浇筑的电缆井盖板, 同时方便重新盖上, 提高施工人员的工作效率, 重要一点是可缩短操作时间, QC小组设定的时间目标是每个电缆井

井盖操作时间至少缩短10 min。



图1 多人合作开启电缆井盖

3 目标实施

3.1 设计方案

QC小组在此前做了大量的现场调研, 并提出多种设计方案, 最后确定采用杠杆原理起吊电缆井盖。结合力学中的杠杆原理, 设计出启吊设备, 并绘制出设备的三视图和透视图, 如图2、图3所示。

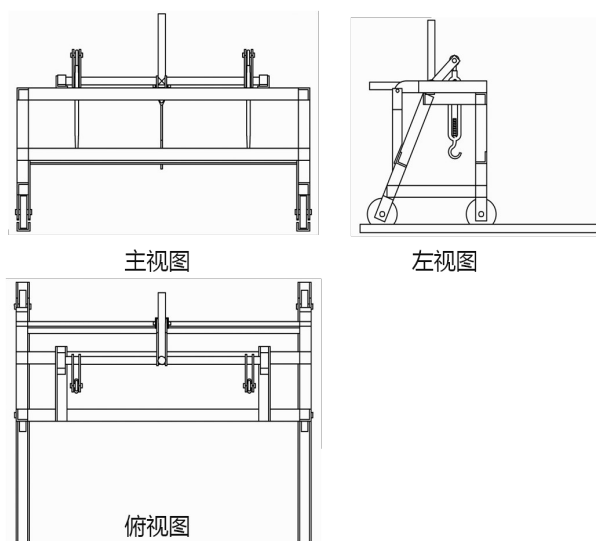


图2 井盖起吊设备三视图

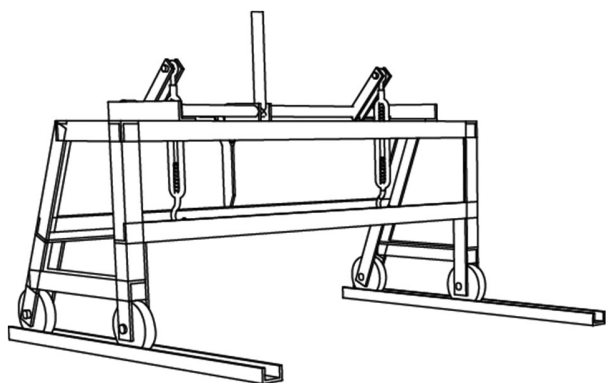


图3 井盖起吊设备透视图

3.2 工作原理

启吊设备由门型架、启吊丝杆、吊钩、轨道、支架等部分组成；两边的梯形门架2个滑轮分别设有轮架，轮架上有2个滚轮，采用后轮制动；启吊丝杆的门型框架上设有轴承，各有吊钩铰接，运用“杠杆原理”，通过对轴承上中间设置的操作杆进行操作，使电缆井盖升起，上锁固定，再通过滚轮轨道进行短距离移动。实物如图4所示。



图4 组装后实物图

3.3 成果主要创新点

该工具通过实际操作，制作出的电缆井盖启吊设备能够实现井盖起吊和复盖操作。具有操作便捷、安全可靠，降低操作人员劳动强度，消除施工中存在的安全隐患等优点，同时可减少民工费用，显著提升经济效益。

辅助工具的各部件组装、拆卸方便，2人就可操作。

4 应用效果

使用范围：该电缆井盖起吊操作辅助设备适用

于1650 mm×500 mm×120 mm、1100 mm×500 mm×110 mm这2种规格的电缆井盖起吊操作。

使用方法：在现场将电缆井盖起吊辅助设备放置在电缆井盖上方，放置好轨道，双向吊钩勾住电缆井盖盖板上的挂环，1人或2人按住操作杆进行操作，将电缆井盖板吊离升空一定距离后，上锁扣，沿着导轨移动该辅助设备即可。

应用效果：电缆井盖启吊辅助设备的应用，实现机器代替人，摆脱原始人工操作方法，同时可实现井盖起吊和复盖操作。可降低操作人员劳动强度，消除施工中存在的安全隐患。

在人工费用的支出上，以前在电缆井巡视或施工时需要4人，在使用该操作辅助设备后可降至2人或0人（技工操作），按人工费200元/人·天计算，1年可为单位节约支出2~3万元。在操作时间上，通过对班组某个时间段的电缆线路检修工作进行统计分析，使用该电缆井盖辅助设备后操作时间由以前的平均33.5 min/井缩短到现在的8.6 min/井。

推广应用情况：该辅助设备工作原理简单、使用方便，目前已制作2件，1件放在公司三产施工队，1件在配电运检班，在现场运用中，得到一线员工好评。

成本构成：该工具材料总成本970元，其中铁件材料费用480元，吊钩费用60元，起吊丝杆120元，轴承费用80元，4个轮子120元，轨道3 m费用100元，防锈漆费用30元。

5 推广前景

电缆井盖起吊操作辅助设备的应用，在实践中工作中能够很好地完成电缆井启盖操作，具有操作便捷、安全可靠，实现降低操作人员劳动强度等优点。现场拆装运输也方便，大大提高了班组的工作效率。

另外，目前研制的电缆井盖起吊操作辅助设备有一定的重量，在以后的工作中我们还将继续努力，进一步完善该操作设备。比如：实现电动操作，可收缩式，轻量化，使其更加便捷、可靠。同时，鉴于移动、联通、电信、自来水公司等兄弟单位也存在井盖开启工作，可将该辅助设备改进，具备一辅助设备多用的功能。

（责任编辑：袁航）

一种可扩展的多功能低压接户横担

陈斌

(国网江苏省电力有限公司常州供电分公司, 江苏 常州 213000)

摘要: 针对目前常州市老城区及农村私房低压接户线布线环境复杂, 强弱电导线混杂, 可用通道资源紧张的情况, 提出一种可扩展的多功能低压接户横担结构, 既可以作为直线横担, 为0.4 kV绝缘接户线和其他通信、电话线提供通道资源, 也可通过扩展结构成为转角横担和双回路横担, 扩容接户线通道, 提高了通道建设效率, 降低了接户线维护成本和故障发生率。

关键词: 接户线; 横担; 可扩展; 通道

中图分类号: TM726.3

目前, 在城中村及自然村, 有的低压接户横担通过膨胀螺丝固定在居民私房墙面, 进户线绑扎在低压横担的绝缘子上, 巡视发现, 墙面年久失修风化后螺栓固定不牢固, 横担老化问题严重, 同时通道中布满了电信、移动等公司的其他通信线路, 与供电线路缠绕在一起, 存在较大安全隐患; 私房居民安全意识不足, 在墙面安装的空调外机安全距离完全不够, 甚至有居民利用接户横担晾衣、晒咸肉等, 存在极高的安全风险隐患; 随着居民用电负荷的增加, 部分居民将会申请三相用电需求, 而现有的低压接户横担基于单相供电进行构造, 不具备扩容改建的能力, 也不具备提供通信线路的走线能力。

上述的这些现状和行为都会降低绝缘低压线的可靠性, 对线路造成损伤、外皮破坏等威胁, 严重影响安全可靠供电和居民人身财产安全。如何在提高0.4 kV低压接户线运行安全性的前提下, 扩容线路通道, 设计出一种灵活可变的多功能接户横担, 是一个值得研究的问题。

1 研制背景

QC小组对2017年1—12月期间常州湖塘城区的各类低压故障进行了统计归类和分析, 如表1所示。

表1 故障类型及数量统计

故障类型	数量
表前进户线故障	948
更换电表	85
更换空开	214
更换熔丝	731
其他故障	367
总数	2345

由表1可知, 表前进户线故障数量为948起, 占总数的40.4%, 是低压故障发生率最高的因素, 严重影响了居民用电可靠性和稳定性。而江苏省电力公司2018年工作会议上提出, 公司的战略目标将以“优质服务提质转型年”活动为主线, 在配网方面, 常州供电公司提出, “低电压”“卡脖子”现象全面消除, 全市城市、农村地区配电网供电可靠性显著提升, 有效提升配电网安全运行水平, 提高农村低压电网可靠供电能力。在这样的要求下, 结合接户线通道和故障数量的现状, 提出设计一种可扩展的多功能的低压接户横担。

2 结构设计

该可扩展的多功能低压接户横担结构, 既可以作为普通直线横担, 为0.4 kV绝缘接户线和其他通信线提供通道资源, 也可通过扩展结构成为转角横担和双回路横担, 分为双层结构, 上层适用于直线型的低压线走线, 且具备三相供电和双回路单相供电的扩展功能; 下层较上层短, 提供多个支柱供给通信线等其他线路使用。同时双层结构通过支柱固定在墙壁上。

下文图中的注标分别为: 1. 壁柱角铁; 2. 上层角铁板; 3. 下层角铁板; 4. 壁柱角铁膨胀螺丝孔; 5. 扩展孔; 6. 低压绝缘子安装孔; 7. 通信绝缘子安装孔; 8. 低压蝶式瓷绝缘子; 9. M16*130固定螺栓; 10. 通信绝缘子; 11. M8*50固定螺栓; 12. 直线弧形扩展板; 13. 扩展板固定螺栓; 14. 上层转角扩展板; 15. 下层转角扩展板; 16. 膨胀螺丝; 17. 0.4 kV低压导线; 18. 电话线通信线等弱电线路; 19. 墙。

2.1 本体结构

本体结构如图2所示, 包括上层角铁板、下层

角铁板、壁柱角铁、低压绝缘子安装孔、通信绝缘子安装孔和膨胀螺丝孔等。

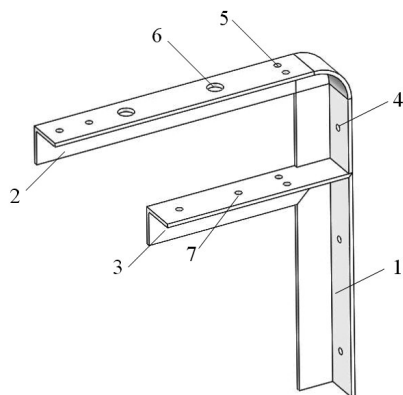


图2 接户横担本体结构

上下层角铁板按需开有若干固定螺栓孔，可供安装绝缘子及扩展板固定，固定时扩展板采用内六角螺栓和六角螺母，为加强稳定性，螺栓与螺母间加装一层垫片。接户横担通过壁柱角铁的2个安装孔打入2颗膨胀螺丝（型号为M8*30），从而安装固定于墙面上。

接户横担上层角铁孔内安装低压400 V绝缘子，型号为ED-1蝶式瓷绝缘子，固定螺栓为M16*130，用于绑扎固定0.4 kV低压电力线。接户横担下层角铁孔内安装针式细柱通信绝缘子，固定螺栓为M8*50，用于绑扎固定通信线、电视线、电话线等弱电线路。上层角铁、下层角铁、各类扩展板的末端均开有用于扩展固定连接的螺栓孔。

2.2 横担特征

上下层角铁板互相平行，上层角铁板与下层角铁板均与壁柱角铁成垂直90°，并通过焊接固定形成一体。转角扩展板安装后与上、下层角铁均垂直，在转角横担时安装，直线横担时不安装。直线弧形扩展板为弧形状，通过螺栓固定在上层角铁板和上层转角板的末端，与上下角铁板均平行，在横担需要扩容安装双回路时使用。

上层角铁板、下层角铁板、壁柱角铁均采用热轧等边角钢材质，转角扩展板为无边角铁材质，直线扩展板为无边角铁材质。上、下层角铁板、壁柱角铁、扩展板表面均采用热镀锌防腐处理。

2.3 扩展板

扩展板分为3种，有直线弧形扩展板、上层扩

展板和下层扩展板，分别如图3、图4、图5所示。直线弧形扩展板连接处为弧形状，两头为直板状，两头分别开有绝缘子安装孔和扩展孔。上层扩展板和下层扩展板均为直板结构，开有绝缘子安装孔和扩展孔，上层扩展板较下层扩展板多一组扩展螺栓孔，因为直线扩容后，在转角横担上还须安装一组弧形扩展板。

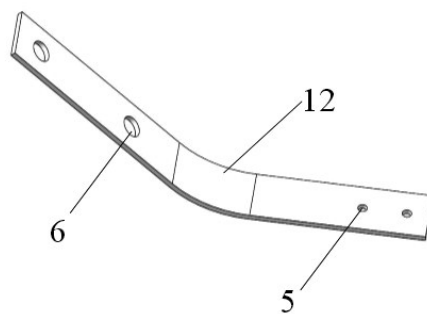


图3 直线弧形扩展板结构

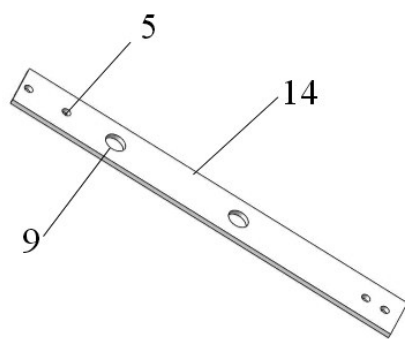


图4 上层扩展板结构

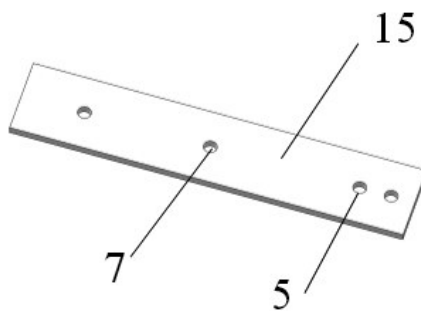


图5 下层扩展板结构

3 应用形态

该可扩展多功能接户横担在不同的实际应用情况下可构建成为不同的形态。

3.1 形态1

如图6所示。墙面单回路走线，接户横担在墙面直线排列用以0.4 kV 低压线及弱电线路走线，未安装任何扩展板。

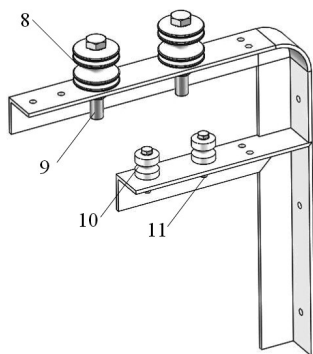


图6 形态1结构

3.2 形态2

如图7所示，适用于墙面双回路或三相四线扩容走线，在上层角铁板安装直线弧形扩展板。

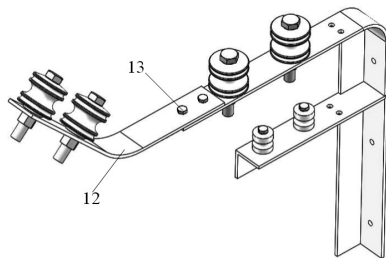


图7 形态2结构

3.3 形态3

如图8和图9所示，为线路转角走线时扩展的转角横担，上层角铁板和下层角铁板可分别安装转角扩展板。图8为墙角线路左转情况，图9为墙角线路右转情况。

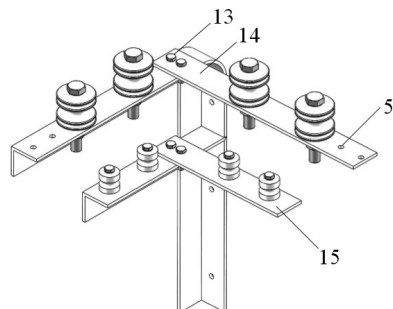


图8 形态3结构(左转)

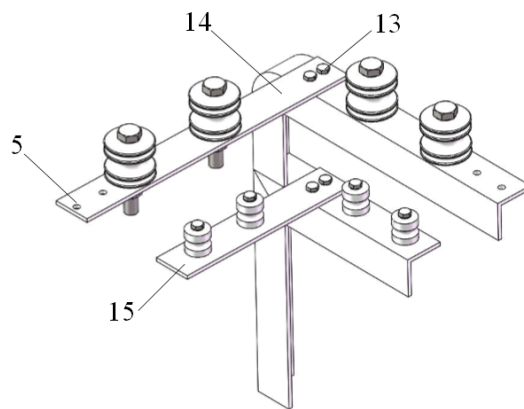


图9 形态3结构(右转)

3.4 形态4

如图10所示，适用于墙面双回路或三相四线转角走线时使用，上层角铁板和下层角铁板可分别安装转角扩展板，上层角铁转角扩展板和上层角铁分别安装直线弧形扩展板用以走线。

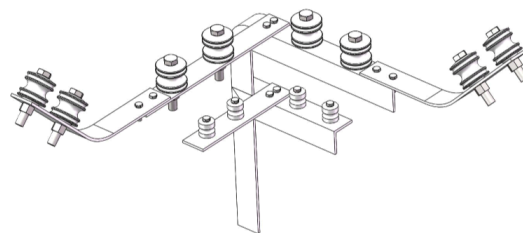


图10 形态4结构

4 实施案例

4.1 形态1实施案例

形态1实施案例，如图11所示，接户横担通过膨胀螺丝平行固定在墙壁上，构成直线线路通道，0.4 kV 低压导线通过扎丝固定在蝶式瓷绝缘子上，弱电线路通过扎丝固定在蝶式瓷绝缘子上。

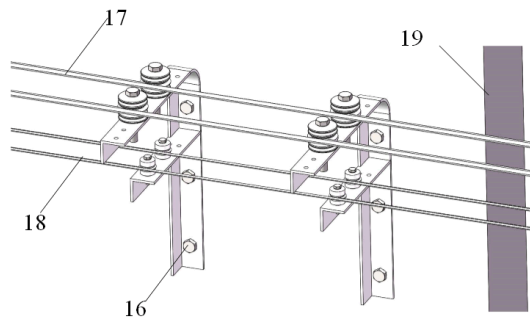


图11 形态1实施案例

4.2 形态2实施案例

形态2实施案例，如图12所示，通过直线弧形扩展板扩展后的接户横担通道容量增加一倍，横担通过膨胀螺丝平行固定在墙壁上，构成直线线路通道，双回路或三相四线0.4 kV低压导线通过扎丝固定在蝶式瓷绝缘子上，弱电线通过扎丝固定在蝶式瓷绝缘子上。

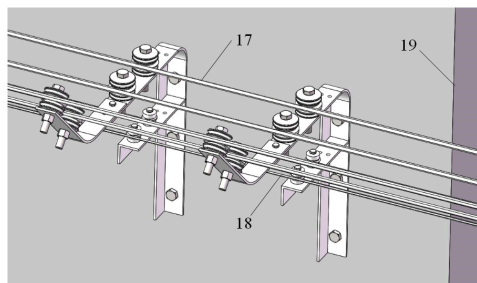


图12 形态2实施案例

4.3 形态3实施案例

形态3实施案例，如图13所示，通过转角扩展板扩展后接户横担安装在墙角转弯处，构建线路转弯通道。

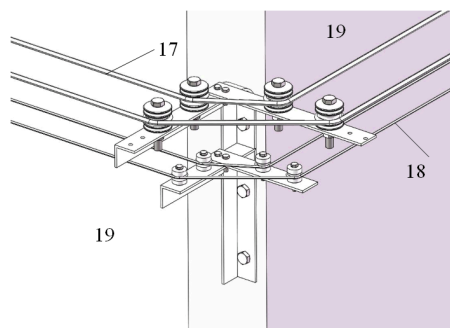


图13 形态3实施案例

4.4 形态4实施案例

如图14所示，适用于墙面双回路或三相四线转角走线时使用，上层角铁板和下层角铁板可分别安装转角扩展板，上层角铁转角扩展板和上层角铁分别安装直线弧形扩展板用以走线。

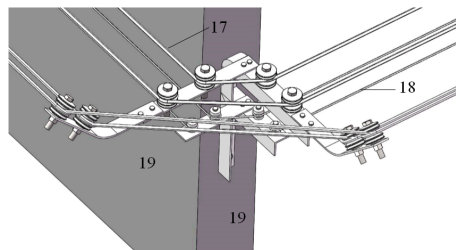


图14 形态4实施案例

5 成效分析

在确定方案后，研制组联系厂家制作了该款可扩展的低压接户线横担，并选取湖塘某城中村进行了全面的低压接户线改造，并对改造后该区域2018年1—6月期间的各类低压故障进行了统计归类和分析，并与2017年1—6月数据进行对比，如表2所示。

表2 故障类型及数量统计

故障类型	改造前	改造后
表前进户线故障	23	5
更换电表	3	4
更换空开	8	7
更换熔丝	19	17
其他故障	9	11
总数	62	44

经过统计分析，如表2所示，可以看到，在0.4 kV低压接户线横担经过改造后，表前进户线故障的数量明显降低，对比该城中村2017年与2018年的数据可以看出，进户线故障数量从23次降低为5次，降低了78%，提升了用户供电可靠性和公司优质服务水平。

6 总结

通过前期的勘察调研，对发现的问题准确分析，找到要因，小组采用头脑风暴，运用集体智慧，提出降低低压接户线故障率的主要解决办法，并通过了实践的验证，从而提高低压进户线路的运行可靠性，降低绝缘外皮破损率，降低安全风险隐患发生概率，提升公司优质服务水平，满足美丽乡村建设的要求。

（责任编辑：袁航）

更正

本刊2019年第05期《绝缘杆作业法在配网不停电作业中的应用》一文，其作者信息应为：李建伟¹，杜建宇²（1. 国网河北省电力有限公司深泽县供电分公司，河北 深泽 052560；2. 国网河北省电力有限公司正定县供电分公司，河北 正定 050800）。特此更正。

变电站磷酸铁锂直流系统充放电策略

林斌¹, 苗琰², 李斌¹, 胡晓卉¹, 郑秋云¹

(1. 国网福建省电力有限公司宁德供电公司, 福建 宁德 352100

2. 福建永福电力设计股份有限公司, 福建 福州 350000)

摘要: 针对目前变电站磷酸铁锂直流系统存在的安全、成本等问题进行分析研究, 提出了的2种变电站磷酸铁锂直流系统充放电管理策略: “改进型浮充控制+电池被动均衡”和“间断式充电控制+电池被动均衡”, 并结合变电站实际情况给出推广应用建议, 为磷酸铁锂电池在变电站直流系统中的应用提供参考。

关键词: 磷酸铁锂电池; 改进型浮充控制; 间断式充电控制; 被动均衡; 变电站直流系统

中图分类号: TM72

直流电源系统是变电站二次设备的核心, 而蓄电池作为直流系统的重要组成部分, 在交流停电时作为保护、控制、监控系统、智能装置和UPS等提供备用电源, 是保障直流电源系统可靠性的最后一道防线。目前变电站站用的蓄电池99%以上为阀控式铅酸电池, 由于铅酸蓄电池具有维护工作量大、寿命短、容量受温度影响较大, 且含有对人体及环境有害的重金属等缺点, 越来越无法满足电网公司对电网智能、环保、节能减排的技术要求。

随着无人值守变电站的普及以及变电站系统自动化程度的不断提高, 对电池的性能和安全可靠提出了更高要求, 铅酸电池由于自身性能弱点对变电站直流系统存在安全隐患的可能性逐步增加。磷酸铁锂电池是近些年发展起来的新型二次电源, 其具有良好的高倍率放电特性, 更高的能量密度, 更强的温度适应性, 成为铅酸电池的良好替代品, 能够更好地适应电网的发展和储能技术发展的需要, 保证电网安全、延长电气设备寿命、减轻维护人员的工作量、降低运维人员的劳动强度。

1 基于磷酸铁锂电池直流系统的研究现状

磷酸铁锂电池因为其体积小、重量轻、能量比高、安全环保、可维护性等特点在部分变电站直流系统中已经有应用案例, 但是还未大范围推广, 制约其发展的原因主要有以下两个方面。

安全性: 传统的磷酸铁锂蓄电池是频繁充放电的启动型蓄电池。磷酸铁锂蓄电池组中的单体电池因生产工艺和使用条件的不同, 个体特性存在差异,

而这些差异如果在充放电过程中没有得到有效的控制, 电池的“一致性”问题将越来越明显, 日积月累, 可能会明显地降低整个电池组的运行状态, 形成部分电池发生过充、过放现象, 造成电池容量和寿命的急剧下降, 进而导致整组电池失效和安全隐患^[2]。目前变电站应用的磷酸铁锂直流系统多是延续铅酸蓄电池连续浮充的管理模式, 导致磷酸铁锂电池的优良特性不能得到很好利用, 同时对变电站直流系统的安全可靠运行造成不利影响。

成本高: 由于电芯组成材料和加工制作成本两个方面的影响, 磷酸铁锂电池比铅酸电池的成本要高。锂电池中正极材料锂合金金属氧化物的价格比铅及其氧化物的基础价格要更贵一些; 锂电池的制作工序更加复杂, 且对制作环境和设备要求更高, 也间接造成了其人工成本的增加。

虽然磷酸铁锂电池比铅酸电池的放电深度更大, 理论上同等电能量需求的情况下, 铁锂电池的配置容量会比铅酸电池要小, 但这部分减少容量的费用与其成本高的主要原因相比, 其下降空间有限。另外, 对于变电站磷酸铁锂直流系统蓄电池容量的计算方法目前还没有明确规定, 这也是后续推广应用过程中需要解决的问题。

近几年, 随着技术的不断发展, 解决铁锂电池“不一致”问题的方法越来越多; 随着铁锂电池生产工艺技术的不断改进及其大规模的应用, 其价格也越低。从直流系统全寿命周期考虑, 磷酸铁锂蓄电池综合成本低于铅酸阀控密封蓄电池, 这也使得变电站磷酸铁锂直流系统开始具备推广应用的基

本条件。

本文将针对常规磷酸铁锂电池的自身特性，提出适用于变电站磷酸铁锂直流系统的充放电管理策略，并结合变电站实际情况给出推广应用建议。

2 变电站磷酸铁锂直流系统充放电管理策略研究

本文提出的变电站直流系统充放电管理策略，主要是为解决磷酸铁锂电池长期充电可能导致电池组内部出现部分单体过压等产生的不良影响，将磷酸铁锂电池因一致性不佳等问题而产生的风险降到最低，提高电池组的可靠性。以下充放电管理策略均以 220 V 直流系统为例进行说明。

2.1 改进型浮充控制策略

改进型浮充控制策略是利用直流系统监控器软件技术自动控制充电机的输出电压来实现蓄电池的浮充控制。通过设置直流系统监控器定期（比如 7 天）向充电机发一次调压命令，将输出电压降低至 220 V。这样一来，磷酸铁锂电池组电压高于充电机电压，从而承担了直流负载而放电。当电池放电约 10 min 后，再由直流监控器把充电机的输出电压调至设定值，如此往复循环，从而达到调节控制蓄电池组间断性浮充的目的。此控制策略可以顺便检测磷酸铁锂电池柜中放电回路是否存在开路情况，若直流母线电压很快降低至 220 V，则说明蓄电池没有挂接到直流母线上，放电回路很可能开路。

改进型浮充控制策略的充电控制管理模式包括常充（低压大限流）、补充（高压小限流）、常充（低压涓流），要求直流充电机可自动实现这几种充电状态的相互转换，充电转换逻辑如图 1 所示。

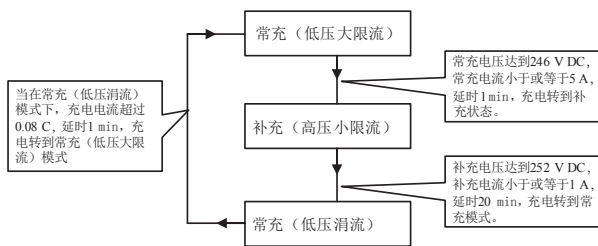


图 1 充电转换逻辑图

2.2 间断式充电控制策略

间断式充电控制策略是指在不影响负载无缝供电前提下根据 BMS 监测到电池的电压、电流、内阻、温度、SOC 等参数，调整间断式浮充电的时间

占比给电池充电，以便电池始终处在良好的状态下。本策略的控制设备主要由电池总断路器、旁路开关、大功率二极管和控制电池组自动通断的接触器等组成，间断式充电控制回路原理框图如图 2 所示。

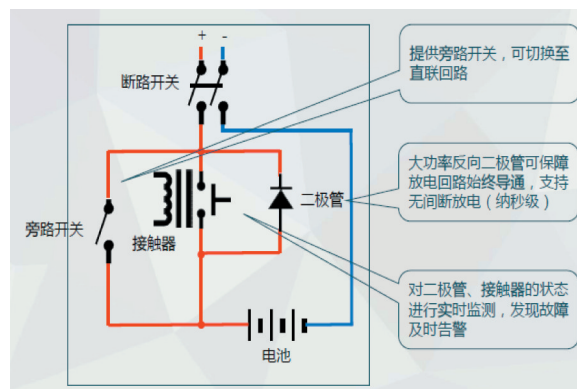


图 2 间断式充电控制回路原理框图

通常旁路开关处于断开状态，磷酸铁锂电池的 BMS 系统实时计算电池 SOC，并上传给直流监控器。监控系统根据 SOC 值和电池电压等参数，判断是否要给电池充电，需要充电时便控制接触器闭合或者发命令给 BMS 来控制接触器闭合，不需要充电时则保持接触器断开。

直流系统充电机正常运行时二极管处于反向状态而断开，若监控单元判断蓄电池不需要充电使直流接触器断开，此时蓄电池脱离直流母线处于静置状态；若监控单元判断蓄电池需要充电使直流接触器闭合时蓄电池直接并接在母线上，充电机同时给直流负荷和蓄电池供电。

当充电机无输出时，由于反接二极管正向导通，蓄电池能够不间断地给直流母线供电，从而不会影响直流系统的可靠性。

2.3 电池“一致性”问题解决方案

上述介绍了 2 种可以解决磷酸铁锂电池长期浮充电问题的充放电管理策略，降低了磷酸铁锂电池单体电压不一致造成的安全风险。除了采用上述措施来提高变电站磷酸铁锂电池组运行的安全可靠外，电池系统的均衡措施也至关重要。

常见的电池均衡技术分为能量耗散型与非耗散型。耗散型是在较早充满的电池单体两端并联一个电阻，以消耗额外的能量；非耗散型是借助电容或电感储能元件，将能量从电量较多电池单体转移到

能量较少的电池单体。使用并联电阻的手段进行电池均衡的缺点是能量损失与发热，优点是电路简单、可靠性高。在变电站应用环境下，磷酸铁锂电池的充放电循环周期较长，循环次数一般较少，能量损失不显著，相对于电动汽车的应用环境，充电时间充裕，有条件选用较高阻值的耗散电阻，以控制发热，并联电阻均衡电路的简单性，有利于保证整个变电站直流系统的高可靠性。因此，在变电站直流系统的磷酸铁锂电池组中，采用并联电阻的被动均衡技术是可行的，回路简单可靠。

在电池模组内配置被动均衡保护装置（BPD），通过电池管理系统（BMS）来控制BPD的投退。在充电状态下，单体电池电压达到设定值时，启动BPD电压均衡保护措施，防止某些单体电池过充，尽量达到电池组电压趋向于一致；在事故或放电状态，所有电压均衡功能关闭，防止接在单体电池的电阻消耗电能造成浪费。在放电过程中BMS会检测每个单体电压，当达到放电截止电压时自动停止放电。磷酸铁锂直流系统被动均衡控制原理框图如图3所示。

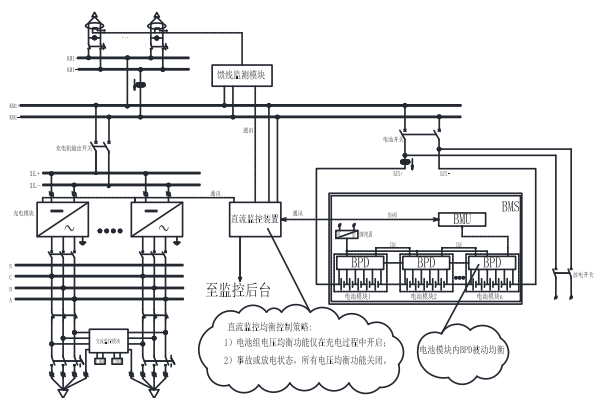


图3 磷酸铁锂直流系统被动均衡控制原理框图

直流监控装置作为直流系统的集中监控管理单元，与BMS、充电装置及各个子系统进行通信，实现对变电站直流系统的监控和维护管理。

采用适用于变电站磷酸铁锂直流系统的充放电控制策略（改进型浮充控制或者间断式充电控制），同时结合电池系统的被动均衡保护措施，最大限度地降低了单体电池端电压的差异，充分发挥磷酸铁锂电池的效用，延长电池的使用寿命，保证了变电站磷酸铁锂直流系统运行的安全可靠。

3 基于磷酸铁锂电池的变电站直流系统推广应用研究

3.1 基于磷酸铁锂电池的变电站直流系统推广的可行性分析

表1 磷酸铁锂电池和铅酸蓄电池性能及成本对比表

类别	磷酸铁锂电池	铅酸电池
工作电压	3.2 V	2 V
工作环境温度	-10~60 ℃	0~40 ℃
质量比能量	110~130 Wh/kg	35~45 Wh/kg
体积比能量	210~240 Wh/L	80 Wh/L
自放电率	<3%/月	<10%/月
放电倍率	0.1~1C	0.1C
购入成本	目前2~4元/Wh, 今后有下降趋势	0.8~1.5元/Wh
运行成本	正常寿命2000次, 可连续使用8~10年	正常寿命300~500次, 变电站实际使用4~6年
基建成本	无需独立房间, 220 kV站及以上按每组蓄电池配置2面柜, 4面按3.2万估算	220 kV站及以上配置单独房间, 至少需15万的基建成本
维护成本	试运行第1年维护1次, 今后免维护	1~2年维护1次
废弃处理成本	可回收, 无污染	可回收, 对环境造成污染

从表1中可以看出，在电池性能方面，磷酸铁锂电池具有以下优势：工作环境温度范围广、能量密度高、易维护性、环保与安全性好。除此之外，还表现出以下两方面优异性能。

蓄电池核对性放电试验：变电站蓄电池长时间带负载电流一般不大，所以正常运行状态下并不要求蓄电池具备高倍率放电特性。真正需要用到高倍率放电特性是周期性的核对性放电试验，即蓄电池核容放电。铅酸蓄电池核对性放电试验是以0.1C电流恒流进行10 h放电。而磷酸铁锂电池在0.1C~1C的范围内充、放电均可以。利用磷酸铁锂电池的高

倍率放电特性大幅度缩短核对性放电的时间(10 h 减少到1 h),减少人力和时间成本,省时省力。

蓄电池管理:站用直流电源系统都有一套蓄电池管理装置,用在铅酸蓄电池的是电池巡检仪,用在磷酸铁锂电池上的是电池管理系统(BMS)。当前大多数电池巡检仪仅能巡检铅酸蓄电池的单体电压、电池组的环境温度等,远远达不到对铅酸蓄电池有效的监控管理目的。而BMS则能有效的完成磷酸铁锂电池阵列状态监控、保护、报警等功能,提供高精度单体电池电压检测、对电池总电压、总电流、电池温度、电池SOC监测等,并能在电池系统运行出现过压、欠压、过流、高温、低温、通信异常、电池管理系统异常等情况时,上报告警信息通知直流监控及后台监控系统,以及时改变系统运行策略。另外,直流监控器可以根据整组磷酸铁锂电池的电压、电流、温度数据,对蓄电池进行过充、过温的保护控制,及时切断充电回路或者调整充电机输出电压,确保磷酸铁锂电池安全运行。

综上所述,磷酸铁锂电池在能量密度,温度性能、高倍率充放电性、维护便利性、蓄电池健康预警监测等方面均优于目前广泛使用的铅酸蓄电池组,而且更加环保,适用于变电站直流系统。

从表1中可以看出,在成本方面,磷酸铁锂电池具有以下优势:全寿命周期内,购入成本、基建成本、运行维护成本、废弃回收成本等综合比较分析,磷酸铁锂电池综合成本低于铅酸阀控密封蓄电池,且随着蓄电池技术的发展,磷酸铁锂电池的价格也在逐步下降,未来其经济指标和社会效益将会更优。

3.2 基于磷酸铁锂电池的变电站直流系统推广应用建议

本文提出了的2种变电站磷酸铁锂直流系统充放电管理策略,其中“改进型浮充控制+电池被动均衡”适用于旧站直流系统改造和新建变电站直流系统;“间断式充电控制+电池被动均衡”适用于新建变电站直流系统。

旧站直流系统改造采用“改进型浮充控制+电池被动均衡”管理策略时,只需用磷酸铁锂电池系统替换掉原来的铅酸蓄电池,更改直流监控设备的软件程序,不用更换或者增加其他硬件设备,就可

以消除磷酸铁锂电池因为长期浮充可能导致的不良影响。其他直流系统设备,如充电模块、馈线屏等可不用更换,让设备得到充分利用。

采用“间断式充电控制+电池被动均衡”充放电管理策略时,由于磷酸铁锂的自放电率较低,在电池充满电处在备用状态时,理论上可以长达几个月甚至一年不需要补充电,但是为了能够维持磷酸铁锂电池的良好性能,直流监控系统除了根据SOC值和电池电压等参数调整间断式浮充电的时间占比给电池充电外,还需要定期(例如15 d)对电池进行“浅充浅放”。通过上述方案最大程度降低电池一致性问题导致的安全隐患,又充分利用了磷酸铁锂电池各项优良特性。

综上所述,基于磷酸铁锂的变电站直流系统,值得进一步推广应用。

4 结束语

本文针对目前变电站磷酸铁锂直流系统存在的安全、成本等问题进行分析研究,提出了的2种变电站磷酸铁锂直流系统充放电管理策略:“改进型浮充控制+电池被动均衡”和“间断式充电控制+电池被动均衡”,并结合变电站实际情况给出了推广应用建议。上述2种充放电管理策略正在福建某110 kV变电站试运行,文中提到的定期充放电时间的最佳值,将在后续研究中通过试运行数据综合分析得出。

参考文献

- [1] 赖日晶,姚红英.基于磷酸铁锂电池的变电站直流系统应用研究[J].高电压技术,2015,41(S1):27-30.
- [2] 杨忠亮,蒋新华,於崇干.磷酸铁锂蓄电池浮充特性提升策略研究[J].储能技术,2016(5):72-75.
- [3] 岑凯加.浮充式保护型磷酸铁锂电池应用研究[J].电气时空,2016(9):30-31.
- [4] 孙茗,蒋新华,於崇干.浮充式保护型磷酸铁锂电池在电力工程应用[J].电力勘测设计,2017,4(2):62-66.
- [5] DL/T 5044-2014.电力工程直流电源系统设计技术规程[S].

作者简介

林斌(1972—),男,汉族,本科,高级工程师,主要从事系统集成技术。

(责任编辑:张峰亮)

农村分布式沼气发电并网

操丹丹, 宋 延

(国网黄山供电公司, 湖北 245000)

摘要: 我国农村地区仍有较严重的缺电现象, 部分电力线路供电半径过长和运行工况差, 易出现低电压和供电可靠性不高等问题, 因地制宜地发展小沼电, 可取长补短就地供电。以具体农村分布式沼气发电案例为出发点, 制定了并网接入方案, 并通过相关电气计算分析配电网的各项运行参数和指标。

关键词: 分布式沼气发电; 并网; 电气计算; 电能质量分析

中图分类号: TM73

沼气是将大量有机废弃物, 经厌氧发酵处理产生的, 是一种分布广泛的分布式能源。沼气发电技术减少了温室气体的排放, 产生了大量的电能和热能, 是可持续发展绿色循环能源^[1]。我国多数养殖场等所建的小型沼气发电机组仅供自身用电^[2], 并未并网送电。本文结合具体案例, 通过相关电气计算分析了沼气发电并网后对电网电能质量的影响。

1 案例设计

本文以某县农作物秸秆综合利用提升民生工程——昌农秸秆粪污混合大中型沼气发电(集中供气)工程为例分析沼气发电并网问题。

1.1 当地配电网现状

本项目接于 35 kV 桂林变电站 10 kV 新管 189 线, 主干线长度为 5.31 km, 供电半径 9.65 km, 2017 年最大负荷 1829 kW。10 kV 新管 189 线里川 17127 台区容量为 200 kVA, 2017 年最大负荷为 110 kW, JP 柜无功补偿 60 kvar, 里川 17127 台区不存在低电压及谐波超标等问题。周边电网地理接线图如图 1 所示。

1.2 接入方案

根据项目建设单位“并网申请表”内容, 项目总装机容量为 100 kW, 意向以 380 V 电压等级单点接入公共电网, 运行模式为全额上网, 预计年发电量可达 300 MWh。分布式沼气发电接入系统方案需结合地区电网规划及接入和就地平衡消纳的原则设计。

项目建设地距 10 kV 里川 17127 台区 D2 路主干线 100 m, 低压主干线线。路型号为 JKLYJ-120 导线。根据接入条件和用户需求, 确定上网方式为通过 1 回线路就近 T 接入里川 17127 台区 380V 的 D2 路主干线, 单点方式并网。接入系统电气主接线示意

图, 如图 2 所示。

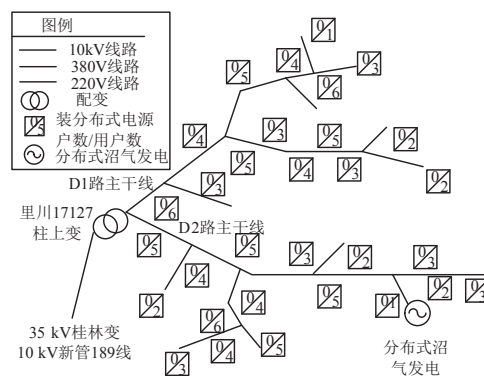


图1 周边电网地理接线图

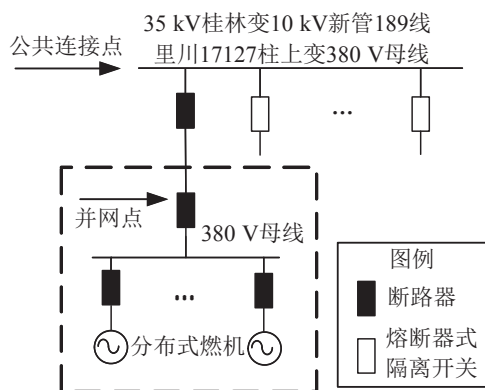


图2 电气主接线示意图

2 相关电气计算

2.1 计算条件

计算电压: 取基准电压。

燃机出力及用户负荷: 燃机满发, 燃机出力功率因数取1; 用户负荷功率因数取0.95。

系统侧短路电流水平: 35 kV 桂林变电站 10 kV 母线最大三相短路容量为 96.5 MVA。

2.2 计算参数

里川17127台区燃机发电通过T接线路方式并网,燃机容量100 kW,主变容量200 kVA。50 mm²截面导线长0.2 km,120 mm²截面导线长0.1 km。配变参数如表1所示。

表1 配变参数

配变型号	阻抗电压	最大负荷	最小负荷	无功补偿
S9-200	4%	110 kW	40 kW	60 kVar

2.3 潮流分析

连川村100 kW沼气发电380 V T接形式接入后,最小负荷运行方式下的潮流计算结果为:10 kV进线母线电压1pu,台区380 V母线电压为1.05pu,接入点电压为1.06pu。易知,里川17127台区的母线电压、并网点电压在正常最大、最小负荷运行方式下均满足沼气发电接入电力送出的要求,台区低压线路潮流在合理范围内。

2.4 短路电流计算

在系统最大运行方式下,电网公共连接点和分布式沼气发电站,并网点在分布式沼气发电站接入前后的短路电流值如表2所示。连川村分布式燃机满发时,电网相关母线及公共连接点短路电流较分布式燃机接入前均有所增加,但均在允许范围内。

表2 短路电流计算结果

具体位置	燃机接入前/ kA	燃机接入后/ kA	增加幅 度/%
台区低压母线侧	5.74	5.93	3.31
PCC处	2.56	2.77	8.2

2.5 无功平衡计算

通过380 V电压等级并网的分布式沼气发电站,在并网点处功率因数具备保证并网点处功率因数在0.95(超前)~0.95(滞后)范围内连续可调的能力。

3 电能质量分析

3.1 电压偏差

选取燃机满发、负荷最小与燃机不发、负荷最大2种情况进行潮流计算,根据计算结果得出燃机接入系统后,电压偏差分别为+6%和-0.2%,满足GB/T 12325《电能质量 供电电压偏差》的要求,380 V三相供电电压偏差为标称电压的±7%。

3.2 电压波动

T接接入方式下里川17127台区变压器380V侧低压综合配电箱母线电压波动为2.92%。根据GB/T 12326《电能质量 电压波动和闪变》的规定,公共连接点电压变动最大不得超过3%,本工程满足要求。

3.3 三相电压不平衡

根据GB/T15543《电能质量 三相电压不平衡度》中的规定,电网正常运行时,公共连接点的负序电压不平衡度不超过2%,沼气电站并网后引起的负序电压不平衡度不超过1.3%,满足要求。

3.4 谐波

根据GB/T14549《电能质量 公用电网谐波》的规定,当并网电压等级为380 V时,公用电网电压总畸变率限值为5%,奇次谐波电压含有率限值为4%,偶次谐波电压含有率限值为2%。通过计算,该工程380 V接入点谐波电流、电压含有率小于标准规定的最大值。

3.5 直流分量

分布式燃机向公共连接点注入的直流电流分量不超过其交流额定值的0.5%,满足要求。

4 结束语

本文对农村分布式沼气发电并网问题进行了研究。通过潮流计算、短路电流以及无功平衡计算分析了分布式沼气发电接入后对当地电网的影响。得出电力系统暂稳态性能、公共连接点各电能质量指标等均满足国标要求。不仅充分利用了农村丰富的生物质资源,防止了环境污染,而且有效改善了偏远农村用电困难和供电质量差等问题。

参考文献

- [1] 博思数据. 2018-2023年中国沼气发电行业分析与投资前景研究调查报告[R]. <http://www.bosidata.com/report/2780297XVP.html>, 2018. 8. 20.
- [2] 刘道春. 农村沼气发电前瞻[J]. 城乡建设, 2017(23): 53-55.

作者简介

操丹丹(1990—),女,硕士研究生。主要研究方向:电力系统最优潮流,分布式电源并网研究,主、配电网规划和设计。

(责任编辑:张峰亮)

避雷器阻性电流检测测试接线箱的设计

王建楠¹, 王珍珍¹, 丁利亚¹, 王建钊²

(1. 国网河南夏邑县供电公司, 河南 夏邑 476400; 2. 国网河南息县供电公司, 河南 息县 464300)

摘要: 避雷器阻性电流检测是检修避雷器健康状态的一种带电检测手段。检测接线时通常用绝缘杆挂在避雷器底座上, 与带电一次主电路距离较近, 而造成避雷器阻性电流检测过程中存在测量不正确、容易给测量人员带来危险。本文研制了避雷器带电检测测试接线箱, 将相应的接线端子下引, 克服以上缺陷。

关键词: 避雷器阻性电流; 接线箱; 避雷器带电检测

中图分类号: TM865

避雷器是用于保护电气设备免受高瞬态过电压危害并限制续流时间也常限制续流幅值的一种电器。主要用于保护交流输变电主要设备的绝缘, 免受雷电过电压和操作过电压损害。金属氧化物避雷器在正常的系统工作电压下, 呈现高电阻状态, 仅有微安级电流通过。

氧化锌避雷器内部受潮或过热等因素, 会造成阀片劣化, 主要表现是正常电压下的阻性电流的增加, 严重时可能引起避雷器的爆炸, 引起大面积停电事故。所以从总泄漏电流中准确提取其阻性电流是判断氧化锌避雷器运行状况的关键。

1 工作现状

避雷器阻性电流测试是一种带电检测手段, 检测室需要将接线端子接到避雷器末端, 短接避雷器放电计数器, 在多次的避雷器试验中, 经常出现接头接触不良, 造成的阻性电流不准确, 且接线端子与带电一次主电路距离较近, 存在测量人员人身安全隐患。同时, 因为目前的测量仪器大都是三相同步测量, 需要较多工作人员参与测量, 接线过程中须先将设备接线接到绝缘拉杆上, 然后再将绝缘拉杆接到避雷器末端引线, 如图1所示。工作步骤繁琐, 工作量大, 影响工作效率, 且工作时不满足安全距离。

2 测试接线箱的制作及应用

小组通过研制避雷器阻性电流测试接线箱, 将避雷器末端引线引至较低位置的接线箱中, 平时接线箱内接线处于悬空状态, 试验时, 将试验接线连接到接线箱中, 使得试验人员接线时与一次带电设备保持足够的安全距离。



(a)



(b)

图1 测量绝缘电阻时采用绝缘拉杆与避雷器末端连接

首先将避雷器末端引出一条接线，接线沿架构向低处敷设，接至方便与仪器仪表连接的高度和位置，并设置接线箱。接线箱内设置3个接线端子，安装在绝缘板上，绝缘板通过耐压测试，满足相应电压等级的绝缘要求。避雷器设备正常运行时，接线端子悬空，避雷器泄露电流是通过计数器流入大地。当进行试验时，避雷器的泄露电流通过引线流过避雷器测试仪器。不进行测试时，避雷器接线端子应有较好的绝缘，不应通过接线端子向大地泄露电流。因此，将接线端子设置在绝缘板上，绝缘板通过耐压测试，满足相应电压等级的绝缘要求，同时，为了使接线端子免受雨淋导致腐蚀，设置1个接线箱，将绝缘端子和绝缘板安装在接线箱中，整体结构如图2所示。

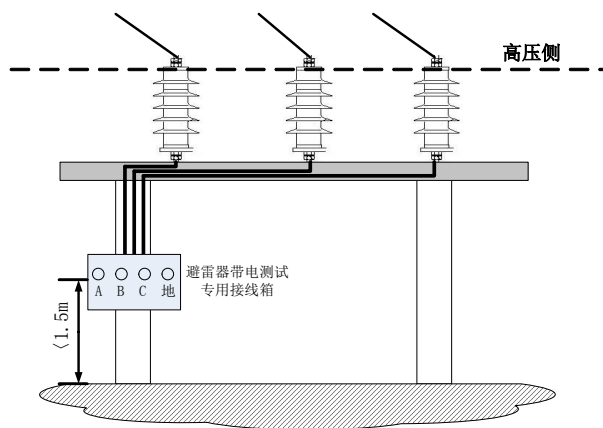


图2 避雷器全电流和阻性电流测试接线箱示意图

通过安装避雷器全电流和阻性电流测试接线箱，测试人员在测试过程中与高压一次带电设备能够保持足够的安全距离，如图3所示。同时，接线端子



图3 避雷器全电流和阻性电流测试接线箱

设置在接线箱中，能够防止雨水淋湿接线端子，防止接线端子锈蚀，积灰，接触不良。接线位置的下移，能够使得接线人员的工作量减小，工作人员数量需求减少。

经过在变电站现场进行了避雷器阻性电流测试试验，对安装前和安装后的试验时间及人员参与数量进行统计。改造后测试时间从26 min降至4 min，试验时间缩短了84.62%，人员也从5人减少至2人。

3 结束语

针对避雷器带电检测工作中测试仪器连接不便，存在试验人员人身隐患等问题。本文研制了避雷器带电检测接线测试箱。该接线箱可应用于室外装设的金属氧化物避雷器阻性电流测试中，保障了测试人员的人身安全，提高了避雷器阻性电流的测试效率，缩短了测试过程中的接线时间。

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

南网工匠大学正式挂牌成立

5月21日，中央企业第一家“工匠大学”——南网工匠大学在广州供电局清河培训基地正式挂牌成立。中国能源化学地质工会主席、党组书记张波，南方电网公司董事、党组副书记史正江，广东省总工会、广州市总工会有关领导，电力、煤炭、石油、医药等行业代表，大庆铁人学院、全国能源化学地质劳模博物园的代表一同出席了成立大会。随后，中国能源化学地质工会召开新时代产业工人队伍建设座谈会。

在座谈会上，与会代表就新时代产业工人队伍建设的主题进行了深入的交流。张波强调，要以建设工匠院校为突破口和重要抓手，推动产业工人队伍建设常态化机制化。要增强定力，将产业工人队伍建设改革作为重要任务抓紧抓实。

南网工匠大学、大庆铁人学院、全国能源化学地质劳模博物园在会上签署了战略联盟协议。三家签约单位将搭建学习培训、对标交流、联建互助的平台；不断挖掘先进经验并提供优质的学习课程及相关服务，并每年度制定交流学习计划，定期输送优秀人才到联盟单位进行跨行业学习。

来源:南方电网公司

一种双分裂导线更换或加装间隔棒 专用工具的研制

张贵军¹, 周自更², 王 宾³

(云南电网有限责任公司昆明供电局, 云南 昆明 650011)

摘要: 目前, 220 kV 的输电线路通常采用双分裂导线, 为了保证双分裂导线线束间距保持不变以满足电气性能, 降低表面电位梯度, 以及短路时导线线束间不致产生大的电磁力, 造成相互吸引碰撞, 或虽引起相间吸引碰撞, 但事故消除后即能恢复到正常状态, 故在档距中相隔一定距离安装了间隔棒。双分裂导线上的间隔棒由于当初安装时螺栓紧固不到位或在运行中长期受到导线振动等影响, 会出现松动、损坏等威胁线路安全运行的缺陷。提出一种双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具, 用于更换或者加装双分裂导线用间隔棒。本研究结果可为更换220 kV双分裂导线间隔棒作业工具提供参考。

关键词: 输电线路; 双分裂导线; 更换间隔棒; 专用工具

中图分类号: TM726.3

在高压输电线路路上, 为了减少导线电晕放电造成的电能损失和对通信干扰, 普遍采用分裂导线。目前, 220 kV 输电线路大多数采用双分裂导线。根据排列形式的不同, 又分为水平排列的双分裂导线及垂直排列的双分裂导线。在输电线路水平排列的双分裂导线上, 为了在档距内子导线不互相吸住、碰撞、摩擦以及在风偏作用下两根子导线不至于扭绞在一起, 就需要在子导线之间加装间隔棒^[1]。双分裂导线上的间隔棒由于当初安装时螺栓紧固不到位或在运行中长期受到导线振动等影响, 会出现松动、损坏等威胁线路安全运行的缺陷。如不及时处理, 间隔棒长期磨损导线就会造成断线、倒杆等重大事故^[2]。停电或带电安装、更换间隔棒已成为输电线路检修的一日常工作。现在更换间隔棒作业的方法已经成熟, 但是由于缺乏专用更换工具使得在更换过程中尤其是带电作业更换时存在许多不足, 因此研制一种双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具来提高作业效率、改进不足是当下亟须解决的问题。本文提出一种方便快捷拉回子导线且能将2根子导线的距离固定在0.4 m的专用工具, 作业人员便能更安全高效地完成停电或带电安装、更换间隔棒的检修工作。

1 双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具研究的必要性

分裂导线间隔棒又分为螺栓式间隔棒及预绞丝

式间隔棒2种型式^[3]。老式间隔棒与导线都采用螺栓方式固定, 螺栓要获得可靠的握力, 因此螺栓扭力矩的大小尤为重要, 过大会损坏导线, 过小则导线握力不足; 预绞丝式间隔棒, 导线和间隔棒之间采用铝质预绞丝固定, 具有安装简单、操作方便等优点。《架空送电线路运行规程》中规定: 间隔棒检查周期为每2年一次。合理布置导线间隔棒对防止导线微风振动和次档距振荡有重要意义^[4]。合理对间隔棒改型, 不仅可以抑制导线舞动, 还可使线路紧凑^[5]。故输电线路分裂导线采用增加间隔棒, 能杜绝大负荷、大电流情况下双分裂导线粘连、鞭击断股事故。

昆明供电局输电管理所带电作业班组和线路检修班组, 负责昆明供电局所辖35~500 kV的6000 km输电线路的带电作业、停电作业、事故抢修等工作。更换或加装双分裂导线间隔棒是带电作业、停电作业日常工作中的一项常规作业。经统计资产管理系统的数据库, 昆明供电局220 kV输电线路双分裂导线占比如表1所示。

表1 昆明供电局220 kV输电线路双分裂导线占比

排列方式	总长/km	占比
单导线布置	667	0.28
垂直双分裂布置	1380	0.58
水平双分裂布置	320	0.14

表1显示, 220 kV输电线路长度约2367 km, 垂

直双分裂布置的线路长度约1380 km, 水平双分裂布置的线路长度约320 km; 双分裂布置的线路在220 kV线路中的占比达72%; 说明在220 kV线路中安装有二分裂间隔棒的线路占比较大。

由于设计和安装的错误、线路运行时间长、地形和导线高度的影响、分裂导线不平行的影响, 间隔棒易发生损坏^[6]; 同时, 长期的风致振动直接导致分裂导线间隔棒磨损失效^[7], 造成间隔棒检修任务量相当繁重。因此研究专用工具, 提高作业效率, 保障作业安全, 显得十分必要。

2 传统更换间隔棒作业方法存在的问题

无论停电作业还是带电作业, 整个软梯是悬挂在双分裂导线的其中一根子导线上, 作业人员通过攀爬软梯到达间隔棒安装位置时, 自身加软梯的重量就会使2根子导线上下拉开较大的距离。如果不能将2根子导线的距离保持在0.4 m (间隔棒的安装长度), 作业人员将无法更换、加装新的间隔棒。因此, 作业人员通常需要耗费大量体力, 才能利用软绳将2根子导线间距固定到合适位置, 极大地影响了作业效率。

由于受绳索自身存在的弹性以及高空作业绑扎情况的影响, 再加上对两根子导线间距的控制通常依靠作业人员凭借以往的作业经验进行估计, 造成对两根子导线间距的固定效果并不是很好, 导致作业人员更换、加装新的间隔棒时很不方便。

由于受以上因素的影响, 利用传统作业方法, 作业人员体力消耗巨大, 作业方法步骤繁琐, 工作强度大, 作业时间长, 作业效率低, 作业风险高。因此, 对作业人员的体力、技术技能水平以及作业经验有较高的要求。

目前, 国内有利用机械原理设计制作出各种形式更换间隔棒专用工具的报道, 相对传统作业方法而言, 其具有许多优点, 但是也存在许多不足之处。而本文提出的一种双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具, 能解决以前更换间隔棒作业方法步骤繁琐、作业时间长、工作强度大、作业风险高等问题, 大大提高了工作效率, 增强了检修人员工作的安全性, 使停电或带电更换220 kV间隔棒的检修作业更加标准化、规范化。

3 双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具的研制

3.1 设计原理

带电作业中, 位于下方子导线的作业人员想要拉回上方子导线, 只能使用绝缘工具, 常用的绝缘工具除了绝缘丝绳, 就是绝缘操作杆, 在绝缘操作杆上加装一个钩子, 便能初步实现拉拽上方子导线的功能。而要将2根子导线的间距收小并固定到0.4 m (间隔棒的安装长度), 且在安装好间隔棒后须松开并取下钩子, 绝缘操作杆加装钩子的设计便无法满足, 需要利用到省力丝杆的收紧和松开功能, 在省力丝杆两端加装钩子便能实现。所以, 初步设想的工具是由绝缘操作杆、省力丝杆、钩子组成。经过更深入的思考和设计, 用触发式闭锁钩取代钩子, 以防止更换过程中导线弹出; 在工具上加装一个滑轮, 与绝缘丝绳配合使用, 由地面电工操作来收紧2根子导线的间距。在使用专用工具后, 能降低等电位作业人员的劳动强度, 大大缩短作业时间, 从而实现降低作业人员在作业过程中的风险。

双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具结构设计图如图1所示。包括一个上钩和一个下钩, 在上、下钩之间通过一省力丝杆分别与其螺纹配合连接; 在上钩、下钩的钩端部分别连接有一触发式闭锁钩, 触发装置触发后, 闭锁装置锁住触发式闭锁钩, 使上钩、下钩分别与触发式闭锁钩闭合后形成一圆形结构; 在上钩一侧固定连接滑轮, 在下钩一侧固定连接绝缘操作杆连接件, 通过丝杆闭锁装置固定丝杆。双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具实物图如图2所示。

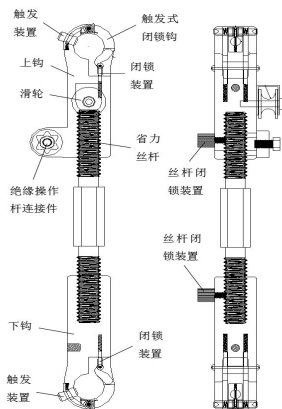


图1 双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具设计图



图2 双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具实物图

3.2 工具材料、结构技术要求

省力丝杆与上钩、下钩配合使用，缩短2根子导线间距，丝杆中间部位为正六边形，可使用扳手进行固定旋转，材质为LuCr-60铝合金材料，表面防腐处理为表面阳极氧化，工作负荷为1 kN，安全系数为2.5倍。

上钩、下钩与省力丝杆配合，安装于省力丝杆两端，勾住两子导线，并且通过触碰触发装置，使触发式闭锁钩起动，与闭锁装置配合闭锁，防止导线弹出，在拆除此专用工具前，导线始终卡在触发式闭锁钩闭合结构内。材质为LuCr-40铝合金材料，表面防腐处理为表面阳极氧化，工作负荷为1.5 kN，安全系数为2.5倍。

触发装置与触发式闭锁钩配合，触点触碰于导线时，触发式闭锁钩弹出。材质为45#钢材料，表面防腐处理为表面阳极氧化，工作负荷为1.5 kN，安全系数为2.5倍。

闭锁装置与触发式闭锁钩配合，触发式闭锁钩启动弹出后，钩体部分卡与闭锁装置。材质为LuCr-40铝合金材料，表面防腐处理为表面阳极氧化，工作负荷为1.5 kN，安全系数为2.5倍。

丝杆闭锁装置与省力丝杆配合，通过旋转丝杆闭锁装置，紧固螺纹部位，固定丝杆不能旋转。材质为高强度ABS工程塑料。

滑轮及紧固件、吊线装置、绝缘丝绳与绝缘丝绳配合，绝缘丝绳穿过滑轮，一端连接吊线装置，一端由地面工作人员操控，滑轮安装于此专用工具上钩上，上钩勾住上方子导线，吊线装置勾住下方

子导线，地面工作人员操控绝缘丝绳，提升下方子导线，收紧减小两子导线间距，使下钩能够勾住并闭锁下方子导线。滑轮材质为高强度ABS工程塑料，紧固件材质为45#钢材料，吊线装置材质为LuCr-60铝合金材料，表面防腐处理为表面阳极氧化，绝缘丝绳材料为天然纤维绝缘绳索（蚕丝绳）。工作负荷为1.5 kN，安全系数为2.5倍。

绝缘操作杆及连接件与此专用工具体配合，位于下方子导线上的工作人员，通过绝缘操作杆将此专用工具的棘轮闭锁装置上端固定在上方子导线上。材质为玻璃钢环氧树脂，工作负荷为0.2 kN，安全系数为2.5倍。

4 使用方法

本工具不仅可以用于安装新的间隔棒还可以用于拆除旧的间隔棒。具体使用方法如下。

装设双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具：将专用工具上钩勾住上方子导线，吊线装置勾住下方子导线，地面人员用绝缘丝绳配合将下方子导线提起，用专用工具下钩勾住。

拆除双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具：待间隔棒更换、加装完毕后，拆除转换器，并配合地面人员使用绝缘丝绳传至地面。

双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具现场操作如图3所示。



图3 双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具现场操作图

5 实际应用效果

通过查询系统的相关作业数据，以及结合相关作业表单记录情况，对昆明供电局输电管理所更换或加

装双分裂导线间隔棒的4次作业情况进行了分析。利用传统方法作业时,其中,220 kV花青 I 回线间隔棒更换作业导线间距固定用时 51 min, 220 kV 圭青 II 回线间隔棒更换作业导线间距固定用时 47 min, 220 kV 清新线间隔棒更换作业导线间距固定用时 53 min, 220 kV 圭青 II 回线间隔棒更换作业导线间距固定用时 49 min。4次作业的平均导线间距固定用时为 50 min, 部分更换或加装双分裂导线间隔棒固定导线用时情况如表 2 所示。

表 2 部分更换或加装双分裂导线间隔棒固定导线用时情况

线路名称	作业时间	固定导线用时/min
220 kV 花青 I 回线	2016.09.06	51.0
220 kV 圭青 II 回线	2017.03.13	47.0
220 kV 清新线	2017.04.28	53.0
220 kV 圭青 II 回线	2017.07.11	49.0
平均值	—	50.0

双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具研制成功后,将其用于实际的工作中。相对传统的作业方法,利用该专用工具固定导线用时大大减少,且操作简单、工作效率高、降低了作业风险。所有作业的固定导线平均用时为 20 min 以内。部分工作利用专用工具固定导线用时情况如表 3 所示。

表 3 部分工作利用专用工具固定导线用时情况

线路名称	作业时间	固定导线用时/min
220 kV 花青 II 回线	2017.10.12	17
220 kV 厂嵩 I 回线	2017.11.13	16
220 kV 圭青 I 回线	2018.01.16	15
平均值	—	16

经过比较可以看出,双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具在固定导线用时方面节省了大量时间,大大提高了工作效率。

6 结束语

本文研制的双分裂导线更换或加装间隔棒专用工具,能够有效地解决在更换或加装双分裂导线间隔棒作业中存在的作业效率低,人员劳动强度大,作业风险高等问题。经过多次的现场应用,发现其具有以下特点:

具备通用性设计条件。阻尼型或非阻尼型四分

裂间隔棒的主要缺陷原因为销钉松动或退出,紧固螺栓松动或脱落,弹簧垫圈及蝶形垫圈失效^[1]。根据结构及材料特性,由此推测六分裂及八分裂导线间隔棒也存在类似的问题,也需要间隔棒的更换或加装作业。根据四分裂、六分裂及八分裂导线间隔棒的特点,保持设计的工作原理不变,经过改造,该工具还可用于四分裂、六分裂及八分裂导线间隔棒的更换或加装。

兼具间隔棒的功能,可用于临时代替导线间隔棒。遇到特殊情况时,该专用工具可以作为临时间隔棒,并能保证线路的安全稳定运行,直到新闻间隔棒安装完毕。

导线间距固定精确。根据省力丝杆的精确设计,连接机构装置可精确调整 2 根子导线间距,保证省力丝杆达到最大缩短行程后,子导线间距刚好为 0.4 m (间隔棒的安装长度),便于作业人员进行下一步操作。

具有防坠落功能。利用闭锁装置可稳定的调节和固定 2 根子导线,防止导线扭动使工具脱离导线而向地面坠落。

重量较轻。专用工具结构设计合理,对多余部件进行了优化,重量得到大大减少,便于携带,满足更换或加装间隔棒的使用要求。

参考文献

- [1] 邱骏,范松坡,常吉涛. 更换 220 kV 双分裂导线间隔棒作业方法研究[J]. 河南电力, 2015(4): 37-38.
- [2] 云南电网有限责任公司昆明供电局. 一种停电或带电更换 220 kV 间隔棒的专用工具: 中国, 20161007942 2.1[P]. 2016.05.11[2018.06.07]. <http://www.pss-system.gov.cn/sipublicsearch/patentsearch/showViewList-jumpToView.shtml>.
- [3] 刘云峰. 两种分裂导线间隔棒的对比[J]. 农村电气化, 2014(3): 54.
- [4] 杨运韬,刘习军,张素侠,孙小芹. 输电线路间隔棒布置的优化设计[J]. 中国力学学会北方七省市学术大会, 2010: 275-278.
- [5] 樊社新. 间隔棒对舞动的影响[J]. 电力建设, 1997(8): 16-17.
- [6] 张叔宝,刘明亮. 球绞型间隔棒损坏原因分析及改进措施[J]. 电气应用, 2005(10): 31-32.
- [7] 程鹏,何成,朱弘钊,等. 风害区域分裂导线间隔棒失效机理分析[J]. 水电能源科学, 2018(3): 172-175.
- [8] 何明,方伟. 角度法在间隔棒安装施工中的应用[J]. 湖北电力, 2008(4): 23.

(责任编辑:刘艳玲)

降低农村低压配网故障发生率

林旭欢

(广东电网揭阳普宁供电局有限责任公司, 广东 普宁 515300)

农村低压配电网在运行的过程中经常会发生低压接地故障,在接地故障没有得到及时处理的情况下不仅会影响用户的用电体验,而且会降低供电的安全性和可靠性。为此,本文结合实际就如何降低农村低压配电网故障进行分析。

1 故障类型

触头发热。低压开关电器如果选择不恰当或者出现比较严重的磨损就会出现触头发热的问题。包括以下几种情况:第一,触头烧毛。触头在电弧的作用下表面会出现凸出的小点,即烧毛。第二,触头熔焊。触头的弹簧出现损坏就会使得开关电器在闭合之后出现跳跃,在电弧的作用下使得各个触头焊接在一起。第三,触头磨损。在多次断合作用下触头会出现大面积的磨损。

电磁系统故障。低压开关电器的噪声如果较大就会干扰整个农村低压配电网的运行,低压开关电器吸引线圈如果过热或者出现了烧毁则会使吸引线圈受到较大电流的冲击。

漏电开关运行故障。具体表现在以下几个方面:漏电开关本体受到雨水的侵害由此出现短路;雷击烧毁引发的漏电开关故障;过度的荷载引发的烧毁故障。

2 解决措施

降低农村配网中低压开关电器故障的措施:第一,触头发热故障处理方式。尽可能选择大容量的开关或者根据实际需要来更换触头,同时,还需要采取措施来消除触头的表面氧化现象。第二,触头烧毛故障处理方式。采取有效措施来查明触头烧毛的原因,并结合实际进行处理。

电磁系统故障的处理措施:衔铁噪音出现的一个重要原因是灰尘污垢,针对这个问题需要运维人员及时采取有效的措施。如果出现了线圈烧毁问题

需要相关人员重新更换线圈。

漏电开关运行故障处理对策:防止漏电开关本体进雨水发生短路的措施。农村低压配电网需要在科学合理的环境下应用,在改造箱体之前需要将箱门改成对外操作,并将进出线孔安排在箱底。防止漏电开关遭受雷击和烧毁。应用防雷型的智能化漏电开关,开关断路器内部要具备雷电浪涌保护功能,在使用的时候能够有效保护线路和用电设备。检测线路的软硬件设备,通过应用抗干扰技术和滤波技术来减少电路对电磁、谐波的干扰。

落实各部门的工作职责:将台区运行维护专责定位为管辖台区的第一责任人,在出现小型故障的时候值班人员需要及时到现场进行处理。对于农村低压配网故障需要秉承谁检修、谁负责的质量考核管理制度,按照季度来统计故障次数和类型。

农村低压配网故障的技术整改措施:第一,优化电网结构。可以在不影响其线路供电半径的情况下,对线路末端负荷进行割接处理,比如可以通过加大导线截面的方式来降低荷载过重的配电线路的用电负荷。第二,打造低电压监测网络。打造农村低压配电网运行和监测管理平台,实现对电网运行的监测管理。第三,强化对低压配网低电压改造管理。通过对低压配电网低电压和设备的改造来促进农村电网的升级发展,从而在根本上解决农村低压配网故障问题。第四,改造配电变压器和线路。从农村低压配电网故障的发展情况来看,因为导线线径较小而引起的低电压问题较多,针对这个问题需要及时改造低压线路,并在改造的过程中着重解决单相线路的供电问题,对于配电容量不够的则可以通过增加或者调换配电变压器来增加电压的总体供给容量。第五,积极配合地方政府开展社会主义新农村建设,在人口比较集中的地区科学地进行用电规划,有效缩短供电半径,解决低电压问题。

(责任编辑:袁航)

一种具有防窃电功能的指纹识别 高压计量控制箱

杨佳泽

(华北电力大学电气与电子工程学院, 北京 昌平 102208)

摘要: 高压计量箱与控制部分分离, 使窃电更为方便, 且运维人员难以发现, 给企业带来经济损失。开发了一种专用于电表箱的指纹安装面板及锁体, 并与智能开关的分合闸控制建立联系, 在分合闸操作系统中增加防窃电电路控制系统, 只有有权限的人员才能打开计量箱, 杜绝了开箱窃电的现象。

关键词: 防窃电; 指纹识别; 高压计量控制箱; 智能开关

中图分类号: TM933.4

1 现状分析

在2018年暑假和2019年寒假, 笔者走访唐山地区各县市供电公司, 认真听取防窃电经验, 统计窃电方式及种类。在唐山供电公司营销部的鼎力协助下, 总结出6种私自打开计量箱的典型窃电方式: 第一, 在计量电表上窃电, 方式为进出火线接到一起, 绕越计量; 第二, 短接电表进线电源, 使计量装置失准; 第三, 借用电线, 用自家零线, 表计没有回路不计量; 第四, 改装电表内部线路板的计量元件窃电; 第五, 改接电流互感器变比抽头的窃电方式; 第六, 改变电压互感器二次电压的真实值。

无论哪种窃电, 我们不难发现都是在表箱内做手脚。其中改装高压计量内的电流变比, 短接电压端子, 改装电表内部芯片中计量元件最为隐秘, 被窃的电量难以计算, 从外表巡查十分困难。

高低压用户计量箱的安装于城乡的各个角落。现阶段安装的锁具价格低廉, 复制方法简单, 重复开锁现象普遍。想打开计量箱的门锁对任何人来讲轻而易举, 因此逐步完善对计量箱的监控, 增加打开计量箱的难度, 设置打开箱权限(所长, 业务员及及抢修电工等)是研制具有防窃电功能的指纹识别控制的高压计量控制箱的目的。

现在使用的高压计量箱与控制部分(高压开关+智能控制器)分离, 如果不法人员在计量箱内部做手脚, 高压开关不动作, 供电企业管理人员在第一时间得不到任何消息, 企业损失难以计量, 这种现状必须改变。

计量箱一般放置离地面2 m左右, 便于抄表收费,

同时也给在计量箱做手脚的人带来了便利。

增加打开计量箱的技术难度同时, 缩减开锁权限, 并与智能控制器的分闸合闸操作系统紧密相连。当有人外力或非权限人打开计量箱时, 高压开关动作, 停止供电, 并只有权限人才能恢复供电。

2 指纹识别高压计量控制箱

当前指纹锁防盗锁通用成熟技术, 其核心电子芯片控制系统性能可靠, 价格低廉。它以个体指纹为输入信号, 识别, 处理其相关信息再以电动方式控制机械锁定结构的启与闭, 并与智能开关的控制系统相结合。

我们与指纹IT厂家共同开发了一种专用电表箱的指纹安装面板及锁体, 更换普通的手动旋转锁体, 使电表箱无挂锁, 并与智能开关的分合闸控制建立联系。

对高压控制箱的结构及接线控制系统做全面分析, 在合闸分闸操作系统中增加防窃电电路控制系统, 电路设计方案是:

第一, 只有开箱权限人打开计量箱进行分合闸操作。

第二, 无开箱权限人开箱供电系统跳闸且不能恢复送电。

第三, 电表计量箱受人为外力破坏时, 会停止供电, 且不能恢复。

我们在原来的电磁操作系统的基础上对电路进行改造, 如图1~3所示。

控制面板的分合闸按键改为12 mm开孔按键, 合闸分闸指示灯改为8 mm开孔灯, 增加一个供指

纹锁充电电路，指纹锁内部为4.5 V 锂电池工作，容量1000 mAh，须外界充电电路。

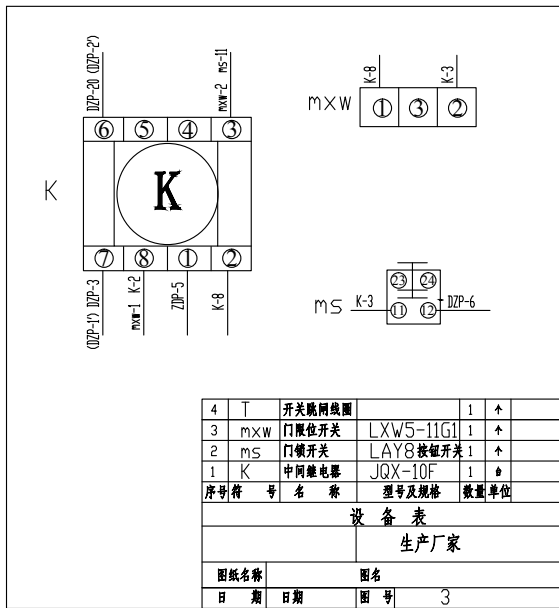


图1 中间继电器指纹密码锁控制与计量箱电路联系

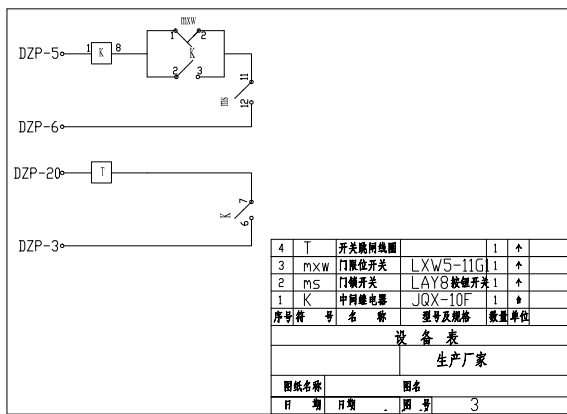


图2 指纹锁电磁开关与计量箱开关门机构原理图

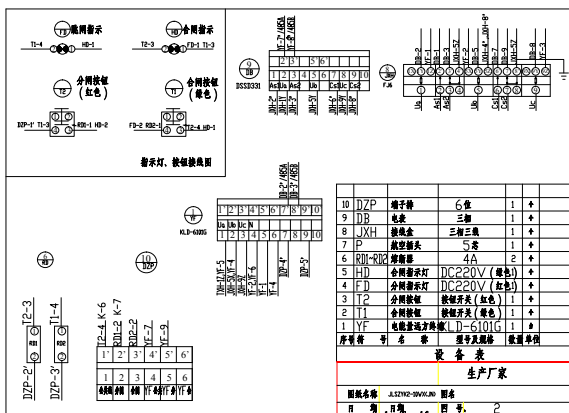


图3 指纹锁智能计量箱内部接线端子位置

内设2套开锁系统，即面板安装指纹开锁及按键密码控制开锁，如图4所示。

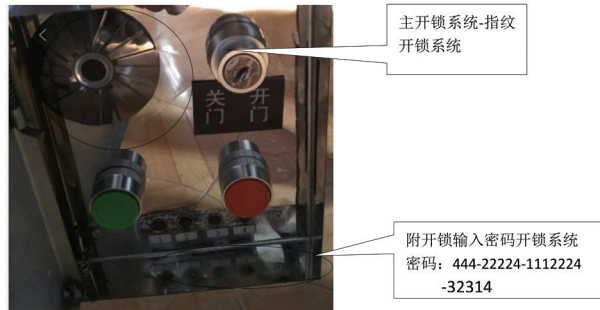


图4 控制面板上安装2套开锁系统

另外，设计一套应急开锁方案：在控制箱接线控制系统中，秘藏直接供电开锁备用方案，如果用主副系统开锁有误，可以直接开锁，用4.8 V 充电宝直接开锁。

实践证明，指纹密码开锁高压控制计量箱的应用，改变了数十年机械开锁的方式，增加了反窃电科技手段，同时增强了对高压计量箱的操作管理。

(责任编辑:袁航)

资讯

世界首座全太阳能供电机场广受行业赞誉

印度科钦机场是世界上首座完全由太阳能供电的机场，很可能被国际太阳能联盟 (ISA) 评选为全世界范围其他新建同类型机场的榜样，最近有来自40国的大使级别代表团访问科钦机场。科钦机场的模式证明了全太阳能发电是可以运营一座机场的，将为2030年的节能减排提供新的思路。

印度西南部克勒拉省科钦国际机场于2015年8月18日揭幕，该机场成为全球首座全太阳能发电机场，它属于印度第四大繁忙的机场。

2018年科钦国际机场获得联合国环境规划署 (UNEP) 授予“地球卫士”“环境领袖”荣誉称号。

按照机场官方介绍，目前，40 MW的太阳能发电厂每天产生约1.63万单位的电力。每天的平均消费量约为1.53万单位，每年节省的电费是36亿卢比，太阳能发电厂每年可节省37,200吨温室气体排放。

来源:国际能源网

一种配电网钢绞线塑型器

钱勇¹, 龙宣辰¹, 马忠文¹, 朱琳¹, 张彬彬¹, 王笑冰²

(1. 国网铁岭供电公司; 辽宁 铁岭 112000; 2. 管道沈阳输油气分公司, 辽宁 铁岭 112000)

在配电网线路施工作业中普遍涉及到水泥电杆安装拉线, 其中涉及到钢绞线与组合金具的现场制作及配合使用, 传统制作拉线的做法是使用人工将钢绞线(拉线)弯曲并使用锤子辅助敲打的方法使其改变形状, 以适应拉线金具的沟槽位置。这样的做法大量消耗人力, 浪费时间, 而且一般2个人工连续制作2条拉线就会筋疲力尽, 工作效率低。现在虽然电网公司大力倡导工厂化制作拉线, 但是没有大规模的配网改造现场, 工厂化制作还是不能实现。常规抢修以及小型配电建设一般仍然使用人工制作的拉线。因此, 如何提高人工制作拉线的速度, 减少人力消耗就成了首要问题。

1 研究方向

如何利用工具能够克服钢绞线的刚性回弹, 达到规定的形状, 还能够有效控制钢绞线的弯曲力度和曲度范围, 避免脱离工具回弹形成对人体的伤害。这种工具还不能在改变钢绞线形状的同时对其形成损伤、变形以及破坏。该工具必须达到操作简便、安全、节省人力的目的。

2 解决方案

为了提高制作拉线的速度, 提高工艺标准, 研制出钢绞线塑型器, 这是一种专门用来给钢绞线塑形的器具。

将钢绞线需要弯曲的部分卡入其中, 固定好后弯曲延长手柄带动止逆轴旋转, 带动钢绞线弯曲变形, 达到弯曲度后适当加大弯曲角度, 使其回弹后能完整嵌入拉线金具凹槽内。具体操作时先将钢绞线塑型器打开至平行位置, 如图1所示, 将待弯曲的钢绞线卡入水平的塑型器中, 并用手臂将钢绞线弯曲成规范角度, 利用4个辅助限位卡、1个固型圈(顶钢绞线时可拔出, 不用时可沉入盘面)及两侧沟槽将钢绞线牢牢卡住。由于圆盘采用棘轮器原理, 因此钢绞线塑型器具有良好的止逆功能, 在延长手柄

的控制下弯曲定型成为一个逐渐的过程, 钢绞线不会发生任何回弹。等塑型器将钢绞线弯曲合拢成规范角度后, 将钢绞线从塑型器中取出, 如图2所示, 形成规范曲度的钢绞线就直接安装于拉线UT金具中。由于沟槽设置规范合理, 弯曲过程中不会发生对钢绞线的外部损伤, 也避免了传统锤子对于钢绞线的锤击形成的外部损坏以及变形。



图1 钢绞线塑型器水平张开



图2 钢绞线塑型合拢

3 应用情况

该装置在施工现场制作拉线的过程中, 操作简单, 易于上手。塑型器构造原理简单, 重量轻, 操作简便, 弯曲后钢绞线曲度更加规范。塑型器提高了制作拉线的速度, 原来弯曲定型钢绞线需要10 min, 现在仅需要3 min, 作业人员由2人减至1人。此装置轻便, 牢固, 耐用, 大量使用后能够大大提高劳动效率。同时该器具体积小、重量轻、使用简单, 此装置避免了传统工具对钢绞线的外部损伤, 在现场使用效果较好, 受到现场作业人员的一致好评。

(责任编辑:袁航)