

# 国家标准《电网运行准则》正式实施

本刊编辑部

《电网运行准则》(GB/T 31464—2015, 以下简称《准则》)于2015年5月15日发布,于2015年12月1日起正式实施。《准则》是对行业标准《电网运行准则》(DL/T 1040—2007)的升级,标志着我国电网运行管理向法制化、制度化迈出了重要而坚实的一步,具有里程碑意义。

从2002年国务院5号文到2015年中共中央、国务院中发9号文,电力体制改革在10多年间不断走向深化。随着厂网的体制性分离和电力行政管理职能的调整,电力生产各环节中新的参与者不断出现,在以行政纽带为基础的旧管理格局被打破的情况下,为适应深化电力体制改革的要求,科学、客观、公正地平衡各方利益诉求,整个电力行业乃至全社会都迫切需要新的法规和标准,以规范各方关系、职责和行为。《准则》在此背景下,为支撑市场化改革、保障电力系统安全运行应运而生。

《准则》以公平、公开、公正为前提,以《电力监管条例》和《电网调度管理条例》为依据,凝聚了政府部门、电力规划设计、科研院所、发电企业和电网企业的集体才智,既充分吸取了英国、印度、澳大利亚、爱尔兰等其他国家在市场化环境下加强电网运行管理的精华,实现了与世界电力行业的接轨,又在继承和发扬我国电网运行和管理成熟经验的同时,融入了国内电力行业21世纪的最新科研成果,充分考虑了特高压交直流电网运行、大规模新能源接入等因素对电网运行的新要求。同时,《准则》专注运行而不局限于运行,强化了从电力规划、设计到运行全过程管理、全过程协调的原则,体现了科学性和整体性。

《准则》共分6章31节和9个附录,适用于所有参与电网运行的电网企业、发电企业、电力客户,及相关的规划设计、建设施工、试验调试、研究开发等单位及有关管理部门。

《准则》明确提出电力二次系统应统一规划、设计,并与一次系统的规划、设计和建设同步进行。将二次系统的安全防护规定及信息等级安全防护基本要求等纳入其中,并明确了继电保护、安全自动装置、调度自动化系统及电力通信系统的设计及计算原则、系统构成等。《准则》明确提出继电保护应满足电力系统继电保护功能独立性和反事故措施要求,安全自动装置的配置应按照统一规划、设计、与电厂及电网输变电工程同步建设的原则,调度自动化系统的主要设备和通道应采用冗余配置,电力通信应满足对信息传输实时性和可靠性要求等。同时,为保障电力工程的安全性、技术先进性、造价合理性,《准则》还重点强调了规划、设计的评审验收程序。

在并网接入方面,《准则》明确了电网企业、发电企业等在并网接入和电网运行中所必须满足的基本技术要求和工作程序等。规范了并网程序,明确了并网方和电网企业相关的职责、工作要求及时间节点,明确了设备应满足电网技术特性和运行特征,统一了各类发电厂(含可再生能源)的并网技术条件,并包含直流输电系统。

在电网运行方面,《准则》明确遵循统一调度、分级管理的原则,再次明确电网调度机构负责电网运行的组织、指挥、指导和协调,各级电网企业和电网使用者应严格遵守所在电网的调度管理规程,电力系统设备的运行应遵循国家和行业的相关标准。对于已经建立电力市场的电网,还应遵守相应的电力市场运营规则及其配套规定。

《准则》统一规范了电网运行各项工作,包括负荷预测、设备检修、发用电平衡、电网操作及频率、电压控制等,同时针对新能源的快速发展,增加了风电、光伏发电运行内容,明确了功率预测、发电计划制定调整及运行管理相关要求,指出风电场、光伏电站应配合电网调度机构保障电网安全,根据调度指令参与电网调峰和调频,并参与地区电网无功平衡及电压调整,具备在线有功功率和无功功率自动调节功能等。

《准则》除详细规定各个环节的工作流程、职责划分和技术要求外,还制定了9个附录,全部是电网与电网使用者之间需要相互提供的数据清单和程序要求,约占全部篇幅的三分之一,有效提高了可操作性。

《准则》的颁布实施,对维护电网正常运行秩序、提高电网安全稳定水平、建立和谐网厂关系都将起到重要的促进作用,对推动电力体制改革深化、促进电力工业可持续发展必将产生积极影响。



# Contents 目录

刊名题字

李鸣

主管

中国科学技术协会

主办

中国电机工程学会

编辑出版

北京国宇出版有限公司

连续出版物号

ISSN 1003-0867

CN 11-2181/TM

CODEN代码

NODIEE

出版日期

每月10日

地址

北京市南蜂窝路5号

邮编

100055

网址

http://www.chinarein.com

编委会名誉主任委员

郑宝森

编委会主任委员

谢明亮

编委会副主任委员

陈小良 (常务) 张莲瑛

刘敏 唐屹峰 盛万兴

编委会委员

王立地 王江 王星

付启刚 史景坚 艾荣奇

龙洲 乔君 安四清

朱成 张江日 李云亭

李青 李青山 李涛

杜松怀 汪发明 肖文明

阿斯卡尔·阿合买提 陈虹

陈振宇 岳梦华 欧阳亚平

罗基庆 范继臣 郑斌

郑满光 祝林生 胡运重

胡宝玉 赵仰东 郝睿

钟羽良 钱玉春 常俊祥

黄中 嵇立 葛捍东

董新 谢宇明 甄建辉

蔡冠中 戴广钰

总编

王江

主编

盛万兴 耿立宏

编辑

张峰亮 刘艳玲 贺大亮

美编

田旭颀

编辑部电话

010-63123091/2

926523091/2(系统)

邮箱

ncdqh@csre.org.cn

投稿

http://ncdh.cbpt.cnki.net

QQ交流群

35863746

学会管理部

010-63123138

926523138(系统)

市场经营部

010-63123085/6/7

926523085/6/7(系统)

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

8.00元

全年定价

96.00元

1 国家标准《电网运行准则》正式实施 ..... 本刊编辑部

## ◆ 典型推介 >>

• 广东河源 •

5 农村偏远地区微电网供电模式配置方法

..... 韦斌, 史正军, 朱浩骏, 黄燕彬

8 农村微电网改造项目经济性分析方法

..... 韦斌, 史正军, 韩淳, 朱浩骏, 黄燕彬

## ◆ 电网建设 >>

11 农网10 kV电力线、通信线、架空光缆、公路跨越架搭设施工方案

..... 张剑飞

13 高导全铝导线与传统导线的比较

..... 赵永生, 姚辉, 何卫, 廖晶

16 光纤技术在电力保护中应用 ..... 舒林波

18 基于PDCA的农村中压线路通道清理 ..... 刘金森, 李丽娟

## ◆ 运行维护 >>

21 特高压GIS设备SF<sub>6</sub>在线监测装置常见异常分析及解决方案

..... 张东明, 许宗燕, 董俊友

23 封闭式开关柜内除湿 ..... 赵琪, 刘志娟, 赵青

25 柜式直流融冰系统可融冰导线最大长度 ..... 田树军

27 县级供电企业配网运维管理辅助工具 ..... 徐树峰

29 基于相间负荷转移的配电台区三相负荷不平衡治理技术

..... 张征凯, 章元德, 史亮, 陆巍, 徐学均, 徐艳军

## ◆ 安全生产 >>

31 交流电源箱内空气开关异常带电分析 ..... 张铭辉, 郭铎

32 110 kV变电站电磁型保护越级跳事故 ..... 邢海青, 王倩微

33 变电站电气误操作中人为因素的分析 ..... 王强

## ◆ 农网智能化 >>

35 城市配电自动化工程关键技术方案 ..... 徐兵

37 110 kV变电站的电气自动化设计 ..... 张健

39 基于输电线路杆塔现状的智能在线监测防控分析系统

..... 王占杰, 任超, 方金剑, 张浩, 路莉, 张文学

41 智能变电站计算机监控防误操作系统 ..... 孟凡奇



# 农村电气化

中国科学技术协会优秀期刊  
中国期刊方阵双效期刊  
全国百家期刊阅览室指定赠刊



2016年第01期 总第344期 (1979年创刊)

43 无线式高压设备温度在线监测系统  
肖向波, 郑宝勇, 王玉冰, 黄倩菁

44 一种融合配电网设备异动检测与运行监测的方法  
余世洲, 张东, 汪霄祥, 马树梅

## ◆ QC小组 >>

46 开关柜带电显示器强制联锁改造 王金柱

48 提高用电信息采集系统采集成功率  
张明, 徐孟霞, 刘霞, 石嘉伟, 张秋红, 刘作厚

## ◆ 新能源 >>

50 智能电网条件下新能源电厂并网设计  
艾琳, 冯艳虹, 郑兰, 郭艳芬, 张道农

52 风电场建设中风力发电机组的选型 谢龙

## ◆ 电气设备 >>

54 YH-SVG三相负荷不平衡自动调节装置  
孙敬安, 刘永辉, 李景玉, 杨永华, 曹腾予

55 继电保护装置可靠性提升与检修周期的合理化设置  
周蓝波, 王圣元

57 新型高压SF<sub>6</sub>旋弧式负荷开关  
赵颖博, 杨冰, 张鹏, 范志勇

58 配电变压器有载调压装置 韩善起

## ◆ 经验点滴 >>

59 电力安全生产技术措施及加强策略 胡旭东

60 脉冲电子围栏的运行维护与异常处理 伍忠华

61 五防智能模拟装置在变电站中的应用 刘卫光

## ◆ 资讯 >>

62 “超声波局部放电状态检测装置检测校验方法及系统”获全国电力职工技术成果奖等4则

## ◆ 网上问答 >>

63 问答4则



## 5 农村偏远地区微电网供电模式配置方法

农村偏远地区是我国经济社会发展较为薄弱的地区,其电网基础设施普遍相对落后,传统能源难以满足当地经济社会发展的需求。开发利用可再生能源,是我国坚持可持续发展的必然趋势。鉴于此,通过微电网可以促进可再生能源分布式发电的并网,提高供电可靠性和电能质量。

为解决农村偏远地区供电难等问题,科学合理构建农村微电网,促进微电网技术的发展,本文针对农村偏远地区微电网供电模式进行优化设计研究。

## 声 明

本刊发表文章不收取任何费用,一切收费行为均非本社所为;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;期刊社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社上述声明;未经同意,本刊辑录之文章和插图,不得转载或再编辑成书出版。



# in This Issue

- 5 Disposition Method of Power Supply Mode of Micro Power Network in Outlying Area of Rural Village/Wei Bin, Shi Zhengjun, Zhu Haojun, Huang Yanbin
- 8 Economy Analysis of Micro Power Network Remake Project in Rural Village/Wei Bin, Shi Zhengjun, Han Chun, Zhu Haojun, Huang Yanbin
- 11 Overhead Crossing Working Scheme Related to 10 kV Power Line, Communication, Overhead Fiber Optic Cable in Rural Village Power Network/Zhang Jianfei
- 13 All Aluminum Conductor with High Conductivity Compared to Traditional Conductor/Zhao Yongsheng, Yao Hui, He Wei, Liao Jing
- 16 Application Related to Optic Fiber Technology in Electric Power Protection/Shu Linbo
- 18 Medium-voltage Line Channel Management Based on PDCA in Rural Village Area/Liu Jinsen, Li Lijuan
- 21 Common Abnormality Analysis and Solved Scheme of SF<sub>6</sub> On-line Monitoring Device in UHV GIS/Zhang Dongming, Xu Zongyan, Dong Junyou
- 23 Reason Related to Bigger Humidity in Enclosed Switch Cabinet/Zhao Qi, Liu Zhijuan, Zhao Qing
- 25 Maximum Length Conductor that Ice May be Melted Related to Cabinet Type D.C. Ice Melting System/Tian Shujun
- 27 Auxiliary Tools of Operating and Maintenance Management for Power Distribution Network in County Level Power Supply Enterprise/Xu Shufeng
- 31 Abnormal Live Condition Analysis of Air Switch in A.C. Power Supply Box/Zhang Minghui, Guo Hua
- 32 Overstep Tripping Fault of Electro-magnetic Type Protection in 110 kV Substations/Xing Haiqing, Wang Qianwei
- 33 Analysis Related to Human Factor in Electric Incorrect Operations in Substations/Wang Qiang
- 35 Critical Technical Scheme in City Power Distribution Automation Engineering/Xu Bing
- 37 Automation Designs in 110 kV Intelligent Substations/Zhang Jian
- 39 Analysis Systems of On-line Monitor Protective Control Based on Transmission Line Poles and Towers Present Situation/Wang Zhanjie, Shi Chao, Fang Jinjian, Zhang Hao, Lu Li, Zhang Wenxue
- 41 Preventive Incorrect Operation Systems Used for Computer Monitoring in Intelligent Substations/Meng Fanqi
- 43 Wireless Temperature On-line Monitor System for H.V. Equipment/Xiao Xiangbo, Zheng Baoyong, Wang Yubing, Huang Qianqing
- 44 A Method Merged Abnormal Action and Operating Check for Power Distribution Network Equipment/She Shizhou, Zhang Dong, Wang Xiaoxiang, Ma Shumei
- 46 Forced Interlock Reform of Live Display for Switch Cabinet/Wang Jinzhu
- 48 Enhancement Related to Collect Success Ratio for Power Utilization Information Collecting System/Zhang Ming, Xu Mengxia, Liu Xia, Shi Jiawei, Zhang Qihong, Liu Zuohou
- 50 Designs of Synchronizing and Connecting into Power Network Related to New Energy Resource Power Plant in Intelligent Power Network Condition/Ai Lin, Feng Yanhong, Zheng Lan, Guo Yanfen, Zhang Daonong
- 52 Type Selection of Generating Set of Wind Power Plant in Construction/Xie Long
- 54 Automatic Regulating Device Used for YH-SVG Three-phase Load Unbalance/Sun Jing'an, Liu Yonghui, Li Jingyu, Yang Yonghua, Cao Tengyu
- 55 Relaying Protective Device Reliability Enhancement and Rationalizing Arrangement of Repair Period/Zhou Lanbo, Wang Shengyuan
- 57 New Type H.V. SF<sub>6</sub> Load Switch with Rotating Arc Characteristic/Zhao Yingbo, Yang Bing, Zhang Peng, Fan Zhiyong
- 58 On-load Tap Changer Used for Power Distribution Transformers/Han Shanqi
- 59 Technical Measures and Reinforcing Tactics Related to Power Safe Production/Hu Xudong
- 60 Operating Maintenance and Once Treatment Related to Pulse Electronic Railing/Wu Zhonghua
- 61 Application of Intelligent Simulator Used for "Five Protective Measures" in Substations/Liu Weiguang

(王金鼎译)



# 农村偏远地区微电网供电模式配置方法

韦 斌<sup>1</sup>, 史正军<sup>1</sup>, 朱浩骏<sup>1</sup>, 黄燕彬<sup>2</sup>

(1. 广东电网有限责任公司电网规划研究中心, 广东 广州 510080;  
2. 广东电网有限责任公司河源供电局, 广东 河源 517000)

**摘要:** 简要介绍了我国农村地区微电网的几种典型供电模式, 研究分析了农村偏远地区独立微源类微电网、多能互补类微电网供电模式, 根据交直流供电形式、离并网类型、微电源接入形式、微电源类型 4 个方面, 提出了农村偏远地区微电网供电模式配置方法, 并结合具体案例, 使用微网系统优化设计软件和 DigSILENT 软件进行了仿真计算, 验证了农村偏远地区微电网供电模式配置方法的科学合理性。

**关键词:** 偏远地区; 微电网; 供电模式; 配置方法

**中图分类号:** TM71

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1003-0867(2016)01-0005-03

农村偏远地区是我国经济社会发展较为薄弱的地区, 其电网基础设施普遍相对落后, 传统能源难以满足当地经济社会发展的需求。开发利用可再生能源, 是我国坚持可持续发展的必然趋势<sup>[1]</sup>。鉴于此, 通过微电网可以促进可再生能源分布式发电的并网, 提高供电可靠性和电能质量<sup>[2]</sup>。

为解决农村偏远地区供电难等问题, 科学合理构建农村微电网, 促进微电网技术的发展, 本文针对农村偏远地区微电网供电模式进行优化设计研究。

## 1 农村微电网典型供电模式

我国农村地区主要采用低压交流微电网结构形式<sup>[3]</sup>。根据微电源情况划分, 微电网典型供电模式可分为独立微源类和多能互补类微电网两大类<sup>[4-5]</sup>。

### 1.1 独立微源类微电网

独立微源类微电网是指仅以一种分布式电源为主供电源, 适当配置储能设备的微电网。主要包括以风力发电、光伏发电、小水电、燃气轮机发电、生物质能发电或其他分布式电源为主的微电网。该类型微电网 (以风力发电为例) 典型供电模式如图 1 所示。

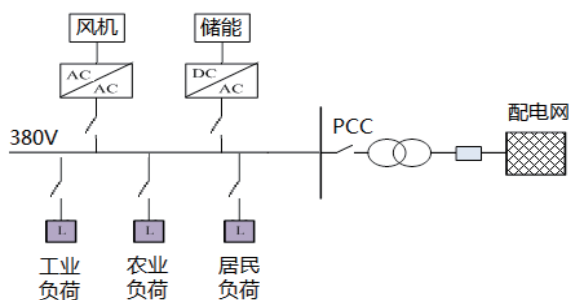


图1 独立微源类微电网结构示意图

风力发电和光伏发电是一种比较成熟的可再生能源发电形式, 已经形成一定的产业化规模。以风力发电为主的微电网比较适宜应用于风力资源较好但大电网未能覆盖的偏远地区, 包括山区、海岛和草原等区域。并网型光伏微电网适宜应用于经济较发达且太阳能资源较好的地区。离网型光伏微电网则适宜应用于偏远地区工业应用及无电地区居民用电。

农村小水电多为径流式, 流量小且存在枯水期问题, 构建以小水电为主的微电网需要配置一定容量的储能装置, 增加了建设成本。

以微型燃气轮机为主的微电网, 可实现冷热电联供, 能源利用效率大幅提高。由于其出力比较稳定, 一般不需要额外配置储能装置。该类型微电网通常采用以冷热电模式, 首先满足热负荷需求, 所发电量就地消纳。

以生物质能发电为基础构造的微电网, 既能有效利用废弃资源, 又能为周边负荷提供电力, 提高供电可靠性, 适宜推广应用于生物质资源丰富的农村地区。

除以上资源可作为微电网中可利用的分布式电源之外, 还可利用的其他分布式电源有海洋能、地热能等。随着一些新兴清洁能源利用方式的出现, 分布式电源种类更加多元化。

### 1.2 多能互补类微电网

多能互补类微电网是指采用多种可再生能源互补发电的微电网。主要包括风光储互补、风光柴储互补、风光水互补等形式。该类型微电网 (以风光储互补为例) 典型供电模式如图 2 所示。

风光储微电网是指以风机发电和光伏发电为主要供



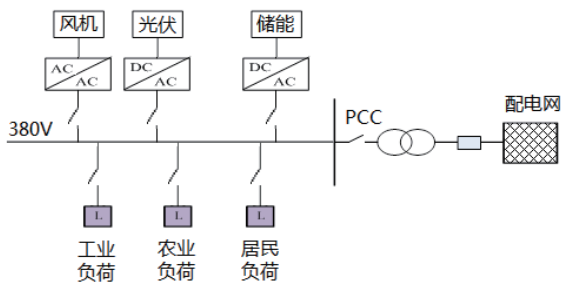


图2 多能互补微电网结构示意图

电形式的微电网。利用风能和太阳能在时间分布上的互补性，合理配置风、光的发电比例，并配置一定容量储能装置，以提高供电可靠性。该类型微电网使用较为广泛，在城市、农村及海岛区域均有应用。

在风光储互补形式基础上，添加柴油机以稳定出力，即构成风光柴储微电网。该类型微电网在自然资源丰富的海岛和农村地区有很大的应用价值，即可采用集中电站供电的形式，又可采用屋顶光伏和小型风机为主的分散式发电形式。

利用小水电结合风光等分布式电源进行互补发电，可以充分发挥互补能源的优势，节省单独建设某类微电网的投资。

对于海岛地区，还可以考虑采用风光储加各类海洋能的微电网供电模式。海洋能包括波浪能、潮汐能、潮流能、海流能、海水盐差能和海水温差能等形式。

## 2 偏远地区微电网供电模式优化配置

开展农村偏远地区微电网规划时，应充分考虑不同区域、能源结构和用户需求，合理规划微电网，确定出符合当地经济发展的微电网供电模式，流程框图如图3所示。

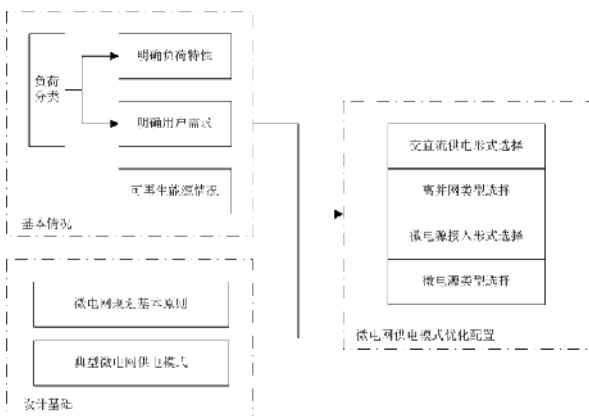


图3 微电网供电模式优化配置流程图

### 2.1 偏远地区负荷分类

农村偏远地区的用电负荷大致可分成3类，即农村

工业负荷、农业负荷和居民负荷。

农村工业负荷包括传统工业和加工业，用电设备种类繁多，该类负荷普遍对供电可靠性要求较高，可以自备柴油机备用电源。一些偏远地区存在军用设施，其对可靠性要求较高，故纳入此类负荷。

农村农业负荷一般可分为种植农业和养殖农业两大类，用电设备主要包括灌溉水泵、循环水泵、消毒设备等。部分养殖业对可靠性要求较高。

农村居民用电设备主要有各类家用电器、照明等，在夜间有明显的用电高峰，该类负荷对用电可靠性要求相对较低。

### 2.2 偏远地区微电网规划基本原则

在开展农村偏远地区微电网规划设计时，遵循的基本原则为：

以自然村的形式，结合当地电源和负荷特性，充分利用自然资源，分布式发电就地消纳，容量配置和设备选型适当考虑当地经济负荷发展情况。

微电网应结构简单，安全可靠，实现实用化组网目标。

### 2.3 偏远地区微电网供电模式配置方法

农村偏远地区微电网供电模式的优化配置主要考虑交直流供电形式、离并网类型、微电源接入形式、微电源类型4个方面。

交直流供电形式选择：农村偏远地区微电网的交直流供电形式选择主要取决于该地区交直流负荷的数量情况。由于广大农村偏远地区普遍以低压交流负荷为主，故适宜采用交流低压微电网供电形式，少量直流负荷可以通过逆变接入低压网。对于个别直流负荷占比较大的地区，可考虑采用直流微电网供电形式。

离并网类型选择：离并网类型的选择主要考虑其技术经济性方面的因素。对于有外部大电网供电支持的农村偏远地区，应灵活应用现有网架进行改造，构建并网型微电网。其优点在于可以大电网为备用电源，且改造难度小，建设成本降低。传统的柴油机供电模式不能很好保证当地居民和工农业负荷的供电质量和可靠性要求，但输电走廊建设可能存在施工难度大、造价高等问题。该类地区（经技术经济性评估后）适宜构建离网型的微电网。

微电源接入形式选择：微电源接入形式的选择主要根据负荷及可再生能源的分布特点而确定。对于用户分散居住的地区、具有多个分布式电源的地区，以及一些因供电半径过长导致电压偏低的地区，适宜利用分布式资源构建微电网。对于可再生能源较为集中、负荷相对较大的地区，还可以采用集中电站形式的微电网。

微电源类型选择：微电源类型的选择主要从最大程



度利用当地自然资源角度考虑,并兼顾技术经济性。

并网型结构中,对于农村工业和农业负荷用户,可考虑构建基于屋顶光伏系统的微电网,如风能和生物质能较为丰富时,可以利用小型风机和生物质能作为主要的分布式电源。对于可靠性要求极高的养殖业用户,可考虑采用柴油机或储能设备。对于有冷热负荷需求的用户,可以建立微型燃气轮机冷热电联供系统。

离网型微电网需要考虑采用柴油机发电、微型燃气轮机发电、小水电、生物质能发电或储能等设备以稳定出力 and 调节频率。对于具有重要负荷的偏远地区,建议采用风光柴储、风光水储等多能互补的微电网形式,海岛地区还可以考虑风光储加各类海流能互补微电网形式。对于水利资源丰富的地区,可以考虑构建以小水电为主的微电网形式。

### 3 案例分析

本文以广东某偏远山区为例,研究分析适宜其经济社会发展微电网供电模式。

#### 3.1 基本情况

该偏远山区面积近 30 km<sup>2</sup>, 远离最近的乡镇约 20 km, 共有 177 用户, 以分散居住为主。该地区用电负荷基本为农村居民用电, 含有少量农业负荷, 典型的日负荷曲线如图 4 所示。由于该地区供电半径大, 部分用户电压偏低。

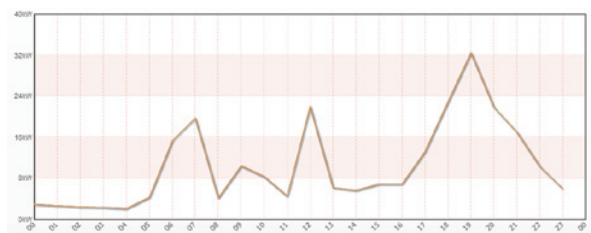


图4 某地区典型日负荷曲线图

该地区太阳能资源属三类地区,日照强度约为 0.1 W/cm<sup>2</sup>。该地区属于四类风能资源区,多年最大风速约为 21.0 m/s。其他可再生资源较少。

#### 3.2 初步分析

分析可知,该地区建有低压配电网,可改造为并网型低压交流微电网。由于该地区用户较分散,以居民用电为主,存在部分农业负荷,远端用户低电压问题突出,故可考虑采用分布式电源分散接入形式解决用电问题。该地区主要为风光资源,可考虑小型直驱风机和屋顶光伏供电,必要时可辅以一定容量的储能设备,构成风光储型微电网。

#### 3.3 软件仿真验证

本文采用天津大学研发的微网系统优化设计软件

[6-7] 进行仿真分析验证。该软件可对多种分布式电源和储能设备进行优化配置,给出最优设计方案,提高微电网规划设计的科学性和经济性。

将该地区风、光、负荷等数据信息录入到该软件中,并选择包括风、光、柴、储等在内的分布式能源(不同型号和容量)参与仿真计算,经软件优化求解,构建风光储微电网是该地区一种比较理想的供电模式。

为验证风光储微电网对解决农村偏远地区低电压问题的效用,采用国外电力系统仿真软件 DIgSILENT<sup>[8]</sup>进行了仿真计算。在软件低压配电网模型中加入 2 个 4 kW 小型风机和 1 个 4 kW 光伏发电,经计算,低压回路沿线各用户电压均有所改善,最低电压从 321 V 提升至 382 V,应用效果良好。

### 4 结束语

我国农村地区微电网的典型供电模式主要包括独立微源型微电网和多能互补型微电网,各类型微电网结构适用于不同的应用场合。由于我国各地农村偏远地区的自然条件资源和用户负荷特性大不相同,故微电网供电模式需要根据不同区域、能源结构和用户需求进行优化配置。

本文研究提出了农村偏远地区微电网供电模式优化配置方法,并结合具体案例,使用微网系统优化设计软件和 DIgSILENT 软件进行了仿真计算,验证了供电模式优化配置方法的科学性和合理性,为进一步总结出适合我国各区域农村差异的微电网典型供电模式提供了理论和技术基础。

### 参考文献

- [1] 郭文娟, 薛惠锋. 可再生能源的利用与可持续发展[J]. 内蒙古农业科技, 2008(4): 23-24.
- [2] 张建华, 黄伟. SFCL微电网运行控制与保护技术[M]. 中国电力出版社, 2010.7: 10.
- [3] 高志强, 赵景涛, 孙中记, 等. 农村供电系统中典型微电网供电模式研究[J]. 电气技术, 2014(6): 56-61.
- [4] 孙钦斐, 高婷婷, 杨仁刚, 等. 农村户用型智能微电网设计与实现[J]. 农业工程学报, 2013, 29(13): 150-157.
- [5] 柯人观. 微电网典型供电模式及微电源优化配置研究[D]. 浙江大学, 2013.
- [6] 肖峻, 白临泉, 王成山, 等. 微网规划设计方法与软件[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(25): 149-156.
- [7] 郭力, 王成山. 含多种分布式电源的微网动态仿真[J]. 电力系统自动化, 2019, 33(2): 82-86.
- [8] 吕涛, 韩祯祥. 电力系统仿真软件DIgSILENT介绍[J]. 华东电力, 2004, 32(12): 37-40.

(责任编辑: 张峰亮)



# 农村微电网改造项目经济性分析方法

韦 斌<sup>1</sup>, 史正军<sup>1</sup>, 韩淳<sup>1</sup>, 朱浩骏<sup>1</sup>, 黄燕彬<sup>2</sup>

(1.广东电网有限责任公司电网规划研究中心, 广东 广州 510080;  
2.广东电网有限责任公司河源供电局, 广东 河源 517000)

农村是我国经济社会发展较为薄弱的地区, 其电网基础设施相对落后, 普遍存在负荷分布广、密度低、距离远等问题, 供电投资大且运行损耗高<sup>[1]</sup>。

随着科学技术的发展, 新能源发电技术得以应用与推广, 全面推进电网智能化建设已成为我国电力改革的主要研究方向<sup>[2]</sup>。微电网具有促进分布式发电并网, 提高供电可靠性等优点<sup>[3]</sup>, 可为农村电网升级改造提供新的建设方向。

农村微电网改造项目投资较大, 其是否具有经济性取决于效益是否大于成本。在农村微电网改造项目前期规划阶段, 开展农村微电网经济性评价分析, 合理、定量地评估项目成本和效益, 可为农村微电网的投资决策提供科学依据。

本文以改造前配电网的成本和效益为基准, 深入开展电网企业主导的农村微电网改造项目经济性分析方法研究。

## 1 农村微电网成本评估

根据资金用途分类, 农村微电网项目的成本可分为建设成本和运行成本两类。建设成本是指分布式电源、储能装置、微网管理控制系统等微电网组件以及配变、配线等常规配电网设备的购置和安装成本。运行成本是指微网组件和常规配电网设备的检修、维护等费用。

### 1.1 建设成本

表1中列出了一些常见的分布式电源目前的装机成本<sup>[4-5]</sup>。可见, 除柴油发电机之外的分布式电源单位容量装机成本均高于集中式发电(火电装机成本在0.40万元/kW左右), 这一因素对微电网的经济性影响较大。

表1 几种常见的分布式电源装机成本

电源类型	装机成本/万元·(kW) <sup>-1</sup>
柴油发电机/30 kW	0.06
柴油发电机/500 kW	0.05
微型燃气轮机/80 kW	1.20
热电联产微型燃气轮机/80 kW	1.35
燃气轮机/500 kW	0.66
热电联产燃气轮机/1000 kW	0.75
风力发电	0.8~1.0
光伏发电	0.7~1.2

表2中列出了一些常用的储能设备的年化单位电量造价<sup>[6]</sup>。

表2 几种常见的储能设备单位电量造价

储能类型	年化单位电量造价/万元·(kWh) <sup>-1</sup>
铅酸电池	163
钠硫电池	553
锂离子电池	720

微网管理控制系统主要包括微电网运行管理系统、电源和负荷控制器、继保装置、通信系统等组件, 根据其规模、功能、技术成熟度等不同, 价格差别很大。

常规配电网设备的购置和安装成本相对固定, 各地电网企业普遍制定有配电网规划投资估算指导原则, 可用于常规设备工程造价估算。

### 1.2 运行成本

微电网项目中如采用燃气轮机、柴油机、生物质能发电机等分布式电源, 其年平均消耗燃料的费用可通过燃料单价、燃料每计量单位的发电量、年平均发电量等参数计算得到。

## 2 农村微电网效益评估

根据性质的不同, 农村微电网项目的效益可分为经济效益和社会效益两大类。其中, 经济效益包括售电效益和降损效益, 社会效益包括可靠性效益、电能质量效益、节能效益、减排效益等, 如图1所示。

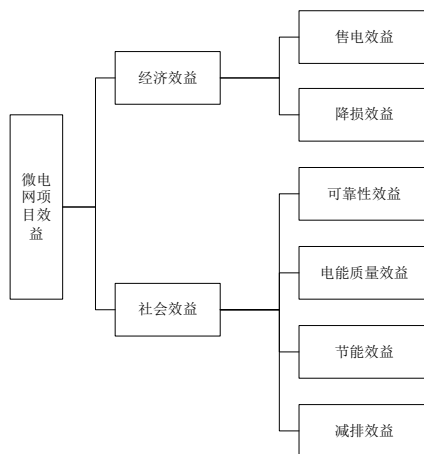


图1 农村微电网效益构成



## 2.1 经济效益

农村微电网改造项目的经济效益主要体现在微电网地区电量销售以及线路损耗下降带来的新增收益，是衡量微电网投资盈利能力的重要指标。

降损效益。微电网改造项目降损效益是指因微电网接入后电网线损率降低所带来的经济收益。由于分布式电源配置在用电负荷附近，电能传输损耗比远距离输送要小得多，因此合理配置分布式电源可以降低输电网的损耗。

## 2.2 社会效益

农村微电网改造项目的社会效益是从全社会角度出发，定量评估微电网对当地社会经济贡献的贡献，是衡量微电网效用的重要指标。

### 2.2.1 可靠性效益

微电网接入农村配电网后，供电可靠性有所提高，减少了用户停电损失，这种减少的停电损失折算为费用，即为微电网的可靠性效益。常用的估算方法有电价倍数计算法、产电比法、停电指标计算法。

### 2.2.2 电能质量效益

微电网接入农村配电网后，电能质量得到改善，用户电气设备的效用有所提高且使用寿命延长，这种收益折算为费用，即为微电网的电能质量效益。

### 2.2.3 节能效益

微电网的节能效益是指相对于常规燃煤发电，分布式电源供应同等电量和热量所节约的化石能源的价值。

### 2.2.4 减排效益

微电网的减排效益是指分布式电源因减少污染物的排放所带来的经济效益，可以通过计算分布式电源与燃煤发电生产同等电量所排放的污染物的环境价值来衡量。

分布式发电主要以可再生清洁能源为发电原料，能大大减少污染物的排放，具有可观的环境价值。各种发电技术的污染排放数据<sup>[7]</sup>如表3所示。

表3 几种发电技术的污染排放数据 单位/g·(kWh)<sup>-1</sup>

发电方式	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	灰
常规燃煤发电	8.556	3.803	822.8	0.124	52.278
柴油机发电	2.3375	1.02	0	0	0.51
微型燃气轮机	0.0009	0.6188	184.08	0.1702	0
内燃机(燃气)	0.0232	4.7954	170.16	1.2221	0
燃料电池	0	0.023	635.04	0.0544	0
光伏发电	0	0	0	0	0
风能发电	0	0	0	0	0

按照我国目前排污收费标准比值估算出的电力行业污染物减排环境价值标准<sup>[8]</sup>如表4所示。

表4 电力行业污染物减排的环境价值标准

污染物	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	灰
环境价值/元·(kg) <sup>-1</sup>	6.00	8.00	0.023	1.00	0.12

## 3 算例分析

本文以某农村偏远山区为例，进行农网微电网改造项目成本和效益的计算。

该地区面积约为30 km<sup>2</sup>，原有配电网始建于1970年，用户分散居住，以农村居民负荷为主，“低电压”问题较为突出。2014年用电量为108276 kWh，供电可靠性98.996%，统计线损率19.74%。

### 3.1 初步改造方案

该地区微电网改造初步方案为：以原配电网为基础，在重要负荷及线路远端安装分布式电源，配置微电网控制系统，构建联网型农村微电网。

为优化配置微电源类型和容量，本文采用美国国家可再生能源实验室开发的混合电力系统分析设计软件 HOMER 进行农村微电网优化设计。根据仿真计算结果，该地区可再生能源渗透率在50%以上的优化方案为：配置10 kW 风力发电、60 kW 光伏发电、10 kWh 储能电池，组成风光储联网型微电网。

该地区微电网改造后的线损率、供电可靠率和平均电压的目标值分别为10%、99.99%和380 V。本文采用线损理论计算软件及电力系统仿真软件 DIGSILENT 对线损率、平均电压进行了仿真校验，仿真结果优于预期。

### 3.2 成本估算

#### 3.2.1 建设成本

前期规划阶段，农村微电网项目的建设成本可根据微电网容量规划、组网初步方案、类似工程造价等方面初步估算，估算结果如表5所示。

表5 联网型农村微电网改造项目建设成本估算

设备名称	数量	单位造价/万元	总造价/万元	等年值
风力发电	10 kW	0.8	8	0.6865
光伏发电	60 kW	0.7	42	3.6040
储能	10 kWh	0.1	1	0.1675
微网管理控制系统	1套	30	30	2.5743
合计		81		7.0323

#### 3.2.2 运行成本

根据该地区电网企业相关技术标准，运行维护提存率可取6.5%。该项目年运行成本计算结果为5.0018万元。

因此，该地区微电网改造项目成本的等年值为12.0341万元。

### 3.3 效益估算

#### 3.3.1 经济效益

根据 HOMER 软件仿真计算结果，风力发电全年发电量2725 kWh，光伏发电75956 kWh，外购电网电量70109 kWh。该地区年用电量和外购电量的单位电量售电收益分别按108276 kWh和0.14元/kWh考虑。经计算，



售电效益为 6.4319 万元。

该地区平均售电价格按 0.64 元 /kWh 考虑。降损效益计算结果为 0.6749 万元。

因此，该地区微电网改造项目的经济效益为 7.1068 万元。

### 3.3.2 社会效益

根据我国农村经济发展现状，可靠性效益折算倍数可取值 25，微网加入新增供电量可通过总供电量及供电可靠率变化值计算得到。该地区供电可靠率目标值 99.99%。经计算，可靠性效益为 1.6413 万元。

根据该地区微电网改造前平均电压值与改造后的目标值测算，电能质量效益折算系数约为 0.048。经计算，电能质量效益为 7.9258 万元。

计算该地区节能效益时，煤炭价格取 0.20 元 /kg，单位电量耗煤量取 0.40 kg/kWh。经计算，节能效益计算结果为 0.1886 万元。

该改造项目中风电和光伏发电各项污染物排放量为 0。经计算，减排效益为 0.2079 万元。

因此，该地区微电网改造项目的社会效益为 9.9636 万元，综合效益为 17.0704 万元。

### 3.4 经济性分析

该地区微电网改造项目成本与效益估算结果如表 6 所示。

表6 某地区农村微电网改造项目成本与效益

分类	等年值/万元
成本	12.0341
建设成本	7.0323
运行成本	5.0018
效益	17.0704
经济效益	7.1068
社会效益	9.9636

该项目的成本大于经济效益。主要与微电网组件成本较高，算例地区用电性质导致售电收益偏小等因素有关。

该项目的效益大于成本。这与微电网在供电可靠性和电能质量等方面的效用明显有关。

从全社会角度出发，该项目具有较好的综合效益，大大促进了当地经济社会发展，是农网升级改造一种可行的建设方案。

## 4 结束语

本文针对农村微电网改造项目经济性评价方法进行研究，提出了农网微电网项目成本和效益的构成，给出成本和效益的数学计算模型，并采用算例进行了计算验证。本文使用了多种专业软件进行了辅助验证，确保分析结论的准确性，为农网微电网改造投资决策提供科学依据。

分布式发电装机成本是影响农村微电网项目经济性的

重要因素，随着分布式发电装机成本进一步降低，微电网项目经济性将有所提高。微电网项目具有良好的社会效益，极好地促进了当地经济社会发展，适宜在农网升级改造中应用。

### 参考文献

- [1] 梅生伟, 王莹莹. 输电网-配电网-微电网三级电网规划的若干基础问题[J]. 电力科学与技术学报, 2009, 24(2): 3-10.
- [2] 林巍, 浅谈农村智能电网建设[J]. 中小企业管理与科技, 2013(7): 179.
- [3] 张建华, 黄伟. SFCL微电网运行控制与保护技术[M]. 中国电力出版社, 2010(7): 10.
- [4] 胡晔, 徐冲, 吴汕, 等. 影响用户侧分布式发电经济性因素分析[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(5): 29-33.
- [5] 焦树建. 关于电厂发电成本计算方法的探讨[J]. 燃气轮机技术, 2000, 13(3): 7-10.
- [6] 程华, 徐政. 分布式发电中的储能技术[J]. 高压电器, 2003, 39 (3): 53-56.
- [7] 孙可. 几种类型发电公司环境成本核算的分析研究[J]. 能源工程, 2004(3): 23-26.
- [8] 魏学好, 周浩. 中国火力发电行业减排污染物的环境价值标准估算[J]. 环境科学研究, 2003, 16(1): 53-56.

(责任编辑: 张峰亮)

## 资讯

### 我国首个电力气象专业服务网站正式发布

12月8日,由中国电科院研发的我国首个服务于电力生产运行的专业气象网站“电力气象网”在国家电网公司内网正式上线运行,标志着我国电力气象专业服务翻开了新篇章。

电力气象网基于中国电科院与美国国家大气研究中心(NCAR)联合研发、预报水平国际领先的集合—四维同化数值预报技术,针对新能源功率预测、雷击、风偏、覆冰等专业应用,面向国、分、省研发定制化数值天气预报模式系统,每日发布4次预报结果、每次预报时长72h、时间分辨率1h,预报产品包括常规预报、新能源预报、雷电预报、风偏指数、覆冰指数及特高压输电通道气象灾害预警等。

电力气象网作为“覆盖全网的高精度电力气象数据集成和预报预警平台”的阶段性成果,将有效支撑公司运检、调度等各项业务,提升公司气象风险防御能力。后续中国电科院将加大研发力度,力争在电网覆冰、舞动高发期来临前,完成基于GIS的电力气象预报预警平台研发,为公司气象风险防御提供全面、精细化服务。

来源: 国家电网报



# 农网10 kV电力线、通信线、架空光缆、公路跨越架搭设施工方案

张剑飞

(国网江西抚州供电分公司, 江西 抚州 344000)

**摘要:**根据线路跨越情况,介绍了10 kV电力线、通信线、架空光缆及公路跨越架的搭设施工的前期准备、工程内容、安全注意事项、停电作业等工作。为跨越10 kV电力线、通信线、架空光缆及公路跨越架的搭设施工提供措施,以确保安全、优质和高效地完成其跨越架的搭设及架线过程中的跨越施工任务。

**关键词:**电力线;通信线;架空光缆;公路跨越架

**中图分类号:** TM752

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1003-0867(2016)01-0011-03

## 1 工程概况

### 1.1 架线施工范围

由抚州地区进贤县温家圳下寺垄北侧的500 kV昌南变电站起,转向南偏东方向,跨温后高速公路和316国道及浙赣电气化铁路,途经南昌县泉岭乡、黄马乡,丰城市袁渡乡、段潭乡、筱塘乡,曲江镇至尚庄镇丰城电厂二期构架止(施工桩号为昌南变构架~昌#76、丰#1~丰城电厂二期构架,147基),共56.557 km。

### 1.2 线路跨越情况

本工程全线路交叉跨越情况复杂,主要有:跨越铁路6次,其中电气化铁路2次;跨越河流5次,其中通航河流3次;跨越水库1次;跨越公路28次,其中温后高速1次,国道3次,主要公路24次;跨越35 kV及以上电力线13次,其中35 kV电力线6次,110 kV电力线3次,220 kV电力线4次;跨越10 kV及以下电力线65次,其中10 kV电力线45次,380V电力线17次,220V电力线3次;跨越光缆及通信线39次,其中通信线36次,架空光缆1次,地理光缆2次。

### 1.3 适用范围

本方案仅适用于架线施工时对10 kV电力线、通信线、架空光缆及公路跨越架的搭设施工。

### 1.4 编写目的

为跨越10 kV电力线、通信线、架空光缆及公路跨越架的搭设施工提供措施,以确保安全、优质和高效地完成其跨越架的搭设及架线过程中的跨越施工任务。

## 2 基本要求

跨越架与被跨越物的最小安全距离如表1所示。

表1 跨越架与被跨越物的最小安全距离表

项目	10 kV电力线	通信线	架空光缆	普通公路
架面或拉线与导线水平距离(不含风偏)/m	1.5	0.6	0.6	至路边0.6
与封顶网最小垂直距离/m	1.5	1.0		至路面5.5

注:有封顶网时,垂直距离均从封顶网弧垂最低点算起。

在带电体附近进行高处作业,与带电体之间的最小安全距离如表2所示。

表2 在带电体附近进行高处作业,与带电体之间的最小安全距离

项目	带电体的电压等级/kV
	≤10
工器具、安装构件、导线、地线与带电体的距离/m	2.0
作业人员的活动范围与带电体的距离/m	1.7

### 2.1 跨越架搭设宽度

$$L \geq D/\sin\theta + 4 + \text{风偏距离}$$

式中: $L$ 为跨越架宽度, m;  $D$ 为两边相地线及上、中、下导线间水平距离, m;  $\theta$ 为线路与被跨越物夹角,  $^{\circ}$ 。

### 2.2 跨越架的构成

跨越架的宽度应能满足放线需要,有安全裕度,并加撑羊角,保证放线过程中牵引线束不偏出跨越架。

搭设位置要求准确,必须用经纬仪进行定位。

### 2.3 施工前的准备

施工前必须与管辖或运行本线路的供电公司联系好停电事宜。

必须按作业指导书要求保护好被跨线路导线、地线、通信线、光缆及公路路面。

施工人员必须进行安全技术交底工作并签字。

所有工器具、材料准备齐全到位。  
做好天气预报的咨询工作和青苗联系事宜。

### 3 跨越架布置方式

10 kV 电力线、公路双边搭设，全封闭，且必须封网，通信线、架空光缆单边搭设。

施工前用经纬仪测定跨越架体的位置，跨越架体中心与新建线路两边相地线及上、中、下导线中心合为一组重合。

跨越架组立采用人工利用木抱杆起立，吊点布置在跨越架头部。

跨越架组立完成后要调正跨越架，打好拉线，固定跨越架底部。拉线选用直径 11.0 mm、旧直径 12.5 mm 钢丝绳或导引绳，位于跨越架头，打在架体外侧，对地夹角不应大于 45°，前后左右四侧都必须打设拉线并确保每根架体上都有拉线固定，拉线固定后，尾绳必须用 3 个元宝螺栓卡死防止其松动，拉线用二联桩锚固，二联桩之间必须用法兰螺栓收紧。跨越架底部采用四块角铁桩固定，角铁桩打入地下不得少于 1.0 m，并用 #8 铁丝将角铁桩与跨越底部扎死，以确保跨越架不摇晃。

跨越架组立、调整后，在每边相线三个跨越架之间用 2 根 6 m 钢管毛竹进行连接，且毛竹能自由旋转，以确保导引绳、牵引绳、导（地）线能自由通过跨越架，架顶采用钢丝绳与尼龙绳进行封网，各部连接必须牢固、可靠。

为了满足架线需要，每相线每侧必须搭设 3 个独立跨越体，按双边搭设需搭设 12 个独立跨越体，按单边搭设需搭设 6 个独立跨越体。

耐张塔前后跨越架转角内侧应适当搭宽一些，外侧按实际需要宽度搭设。

### 4 安全注意事项

跨越架搭设时，必须派专人联系停送电，并办理带电作业工作票，邀请其派员现场监护；搭设时，必须按经批准的施工方案执行，不得随意更改施工方案。

跨越架必须用拉线固定，拉线采用直径 11.0 mm、直径 12.5 mm 钢丝绳或导引绳，拉线对地夹角不应大于 45°。

每付跨越架必须搭设牢固，每根拉线必须收紧，不得松松垮垮。

带电跨越施工具有一定程度的触电危险性，所以，工具设备必须良好，跨越带电物体时架顶必须用绝缘尼龙绳封顶，受力部位必须牢固可靠。

施工人员在放线过程中应尽量避免上、下架体，更不得从内侧上、下架体。

放线过程中要统一指挥，纪律严明，通信畅通，操作熟练。

严格遵守《电力建设安全工作规程》，严禁违章指挥、违章作业、违反劳动纪律。

五级以上大风、大雨和浓雾天气，不得进行跨越施工。

每相导线展放完毕后，应及时紧线、挂线并在被跨越线路两侧的跨越塔上及时安装悬垂线夹。

跨越架搭设完毕后应立即设置“有电危险，禁止攀登”警示牌，以防非施工人员攀登。

对于公路跨越架，在公路前、后各 50 m 处必须设有醒目警告标志牌（如前方施工 车辆慢行等），提醒过往车辆在通过跨越架时减慢行车速度，安全通过。跨越架搭设完毕后必须在公路前、后跨越架的封顶网、两侧架体立柱上设有醒目警示标志提醒过往车辆注意安全行使。

牵引绳、导地线过跨越架时，必须慢速牵引。

监护人员在每天作业前应检查跨越架各部位受力等情况，无异常情况方可作业。

搭设跨越架时应注意不使跨越架立柱处在导线的垂直下方，以免损坏导线，跨越电力线路搭设、拆除跨越架时必须停电搭拆。

其他未列注意事项遵照《电力建设安全工作规程》(DL 5009.2-2004 架空电力线路部分)执行及本工程《架线施工方案》。

### 5 停电作业

停电作业前，负责办理停电手续人员应向运行单位提出停电申请，并办理停电工作票。

停电、送电工作必须指定专人负责，严禁采用口头或约时停电、约时送电的方式进行任何工作。

在未接到停电工作命令前，严禁任何人接近带电体。

在接到停电工作命令后，必须首先进行验电。验电必须选用相应电压等级的合格验电器，验电时必须戴绝缘手套并逐相进行；验电必须设专人监护。

验明线路确无电压后，立即在作业范围的两端挂工作接地线，同时将三相短路，凡有可能送电到停电线路的分支线也必须挂工作接地线，工作接地线的截面积不得小于 25 mm<sup>2</sup>。同杆塔设有 多层电力线时，应先挂下层、后挂上层。

施工结束后，现场工作负责人必须对现场进行全面检查，待全部作业人员（包括工器具、材料）撤离现场后方可命令拆除停电线路上的工作接地线；接地线一经拆除，该线路即视为带电，严禁任何人进入带电危险区。

（责任编辑：张峰亮）



# 高导全铝导线与传统导线的比较

赵永生<sup>1</sup>, 姚辉<sup>2</sup>, 何卫<sup>2</sup>, 廖晶<sup>2</sup>

(1. 国家电网公司, 北京 西城 100031; 2. 国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 阐述了高导全铝导线比重轻、电阻小、强度高、无涡流损耗、安装方便等特点。对比普通钢芯铝绞线(JL/G1A-630/45)和高导全铝导线(GQLHA4-675)在材料性能、高温弧垂特性、载流量和电阻损耗方面的特性。结果表明, 高导全铝导线高温弧垂特性、载流量和电阻损耗均要优于钢芯铝绞线, 能够有效地增加线路的送电能力, 达到增容节能的功效。

**关键词:** 高导全铝导线; 钢芯铝绞线; 弧垂; 载流量; 电阻损耗

**中图分类号:** TM751

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1003-0867(2016)01-0013-03

## 1 高导全铝导线的研制背景

配电网方面, 由于电力需求和供应之间的不匹配不断加剧, 许多地区由于用电负荷的快速增长, 原有配电网已不堪承受快速扩容的需求, 这使得长期薄弱的配电网建设日益受到重视, 需要在提高电力输送容量、降低线损等方面加大研究投入。然而在我国城市化建设的高速进程下, 土地资源越来越紧张, 线路走廊的选择受到极大制约<sup>[1-4]</sup>, 为了将配电网线路进行有效增容和降低线路改造成本, 采用高导铝材料研制高导全铝导线, 使其导电率超过 62% IACS, 解决现阶段配电网因线路走廊狭窄难以增容的难题。

## 2 高导全铝导线的特点

### 2.1 高导全铝导线的结构特点

高导全铝导线是使用最新研制的高导全铝材料单丝绞合而成, 其主要特点是该导线并没有承重芯, 这就要求高导全铝材料具有优异的力学性能。高导全铝材料利用单壁碳纳米管优异的电学和力学性能特点, 对纯铝基体进行改性, 提高纯铝基体的导电率和力学性能, 同时保持纯铝基体良好的塑性和低密度, 并采用其研制适用于配电网的高导全铝导线, 使其导电率 $\geq 62\%$  IACS, 抗拉强度 $\geq 300$  MPa, 高导全铝导线结构如图 1 所示。

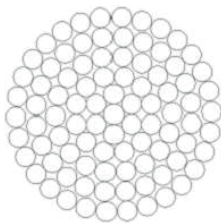


图1 高导全铝导线结构示意图

### 2.2 高导全铝导线特性

比重轻。其线密度比相同外径钢芯铝绞线减小约 20%。

电阻小。其电阻比相同外径钢芯铝绞线减小约 12.6%。

强度高。其抗拉断力比相同外径的钢芯铝绞线提高约 1 倍。

无涡流损耗。高导全铝导线不需要承重芯线, 避免了线路运行时带来的涡流损耗。

安装方便。高导全铝导线安装所需附件和安装工艺与钢芯铝绞线相同。而与碳纤维复合芯铝绞线<sup>[5-6]</sup>相比, 高导全铝导线的研制可以摆脱国外的垄断控制, 同时更加有利于导线的运输、安装、运行维护。

连接附件要求低。相较于耐热铝合金导线<sup>[7-9]</sup>, 高导全铝导线具备更高的导电性能, 同时避免因导线温度升高对连接附件提出更高要求的难题。

## 3 与传统导线的比较

### 3.1 与普通钢芯铝绞线的材料性能比较

选取直径相近的 2 种导线, 钢芯铝绞线(JL/G1A-630/45)和高导全铝导线(GQLHA4-675)进行对比, 2 种导线主要材料性能如表 1 所示。

表1 JL/G1A-630/45和GQLHA4-675主要材料性能比较

对比项	JL/G1A-630/45	GQLHA4-675
铝线/芯线截面积/mm <sup>2</sup>	630/43.6	673.73/0
导线直径/mm	33.8	33.75
芯线直径/mm	8.44	—
导线重量/kg·(km) <sup>-1</sup>	2079.2	1864.24
20℃直流电阻/Ω·(km) <sup>-1</sup>	0.0459	0.04219
弹性模量E/Mpa	63000	75000
计算抗拉断力/N	150450	220138.7
线膨胀系数/10 <sup>-6</sup> ·℃ <sup>-1</sup>	20.9	21

从表 1 中可以看出, 两种导线在外径相同的情况下, 高导全铝导线其铝线截面积、直流电阻、弹性模量、计算抗拉断力均高于钢芯铝绞线, 且其导线重量要降低 10% 以上。高导全铝导线材料的机械性能和电学性能数据均优于普通钢芯铝绞线, 这对于配网的增容和节能均有极大帮助。

### 3.2 高导全铝导线与普通钢芯铝绞线的高温弧垂特性比较

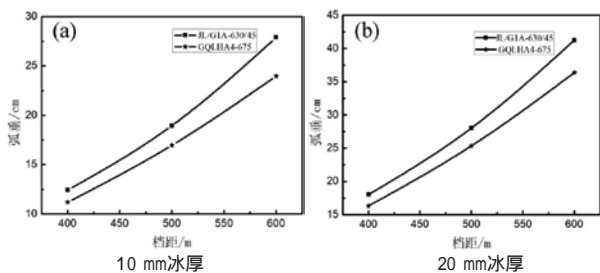


图 2 两种导线的高温弧垂特性曲线

图 2 为在三种不同档距不同冰厚情况下所测量得到的两种导线的高温弧垂数据, 从图 2 (a) (b) 中都可以看出, 高导全铝导线在相同档距下和相同冰厚的前提下弧垂都要小于钢芯铝绞线, 且随着档距的增加弧垂也随之增大。

表 2 为不同档距不同冰厚下两种导线的弧垂差, 是对图 2 的一种直观细致的补充。从表 2 中发现, 在相同冰厚不同档距下, 两种导线的弧垂差随着档距的增加而逐渐增大。且在相同档距不同冰厚的情况下, 弧垂差也有增大趋势。这是由于导线本身的负载增加的缘故, 也正好说明了随着档距增大或冰厚增加, 高导全铝导线比钢芯铝绞线将发挥更大的优势。导线弧垂的大小是关系到电力线路能否安全运行的重要因素。如果弧垂过大, 为了保证带电导线的对地安全距离, 在档距相同的条件下, 就必须增加杆塔高度或在相同杆塔高度的条件下缩小档距, 结果使得线路建设投资成倍增加。同时在线间距离不变的条件下, 增加弧垂也就增加了运行中发生混线短路事故的机会。而高导全铝导线由于其具有弧垂比钢芯铝绞线小的优势, 就能够降低杆塔高度或者增加档距, 在一定程度上能够缩小投资成本。而高导全铝导线弧垂小, 归根结底, 这还是由于材料的性能所造成的, 导线的弧垂特性与导线的计算抗断力、铝芯截面比、自重等因素有关, 而这些性能也从表 1 中可以看出。

### 3.3 高导全铝导线与普通钢芯铝绞线的载流量对比

在事故运行方式下, 交流输电线路可能出现的最大容量由系统的过负荷能力所决定。导线载流量与导线所处气象条件 (环境温度、风速、日照强度) 有关, 在计算导线载流量时, 应使导线不超过某一温度, 目的在于使导线在长期运行或在事故条件下, 由于导线的温升, 不致影响导线强度, 以保证导线的使用寿命。

表 2 不同档距不同冰厚下两种导线的弧垂差

档距/m	冰厚/mm	弧垂差/cm
400	10	1.239
	20	1.689
500	10	1.994
	20	2.675
600	10	3.912
	20	4.881

本文计算中环境温度为最高气温月的平均气温, 计算导线载流量的环境温度取 25 °C。日照强度 1000 W/m<sup>2</sup>, 风速 0.5 m/s, 导线表面辐射、吸热系数均取 0.9, 根据《110 kV ~ 750 kV 架空输电线路设计规范》(GB50545-2010) 条文说明 5.0.6 公式计算。两种导线在系统输送功率为 1200 W 的载流量如表 3 所示。

表 3 两种导线载流量数据对比

导线方案	运行温度/°C	相导线载流量/A
JL/G1A-630/45	70	3564
GQLHA4-675		3735
JL/G1A-630/45	80	4348.78
GQLHA4-675		4558.09

表 3 中数据显示高导全铝导线在同等情况下载流量数据要明显优于钢芯铝绞线, 均提高约 4.8%。而电线电缆的导体材料及截面积大小是载流量的决定性因素, 导体的外径、结构形式、直流电阻都会影响载流量。显然, 在相同条件下, 导体外径越大, 其输送容量就越大。而从表 1 中看出, 同样直径大小的两种导线, 高导全铝导线要比钢芯铝绞线轻 10% 以上, 在不更换输电杆塔的情况下, 可以至少增加 10% 质量的高导电率, 铝导体在高导全铝导线上, 从而更有效地提升其载流量。20 °C 直流电阻越小 (高导电材料), 导体上的损耗越小, 电线电缆载流量越大。同样从表 1 中知道, 高导全铝材料要比钢芯铝绞线所用材料 (20 °C 直流电阻) 降低 8% 以上, 也就是说在同样的情况下高导全铝导线载流量必然要高于普通钢芯铝绞线, 正好与表 2 中数据相符。虽然电线电缆导体的直流电阻与其截面成反比, 但对于普通钢芯铝绞线来说, 其截面增加一倍, 由于其存在集肤效应和邻近效应的影响、以及涡流损耗的影响, 电线电缆载流量的平方并没有随之增加一倍。而高导全铝导线由于其完全采用高导铝材料绞合而成, 不存在涡流损耗等影响, 其截面增加与钢芯铝绞线相同倍数后, 载流量增加幅度比钢芯铝绞线更大。而载流量对于导线增容来说具有重要的意义, 故高导全铝导线在配网中使用具有明显的技术优势和经济效益。

### 3.4 与普通钢芯铝绞线的电阻损耗对比

根据本文的系统条件, 各种导线组合分别按照最大负荷损失 2500、3500 和 4500 h 计算, 同种导线的电阻损耗随输送功率的增大而增加; 在不同的输送功率下, 高导全铝导线的电阻损耗相对较小, 每千米电阻损耗相较于普通



钢芯铝绞线降低约 9% 左右。

线损率是供电企业的一项重要经济技术指标,也是衡量综合管理水平的重要标志。电网的线损按性质可分为技术线损和管理线损两大类,抛开管理线损不谈,技术线损主要表现在电网元件如导线,变压器,开关设备等发热,电能变成热能散发到周围空气中。而目前的状况是导线本来电阻很高,在输送负荷不变的情况下,基本都采用更换导线截面来减少线路电阻,达到将损节电效果。

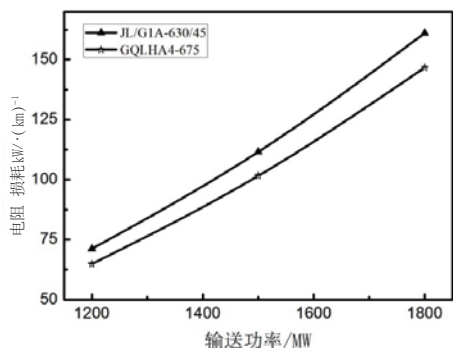


图3 不同输送容量下两种导线电阻损耗曲线

从图 3 分析来看,高导全铝导线每千米电阻损耗降低约 9% 左右,如果配网将钢芯铝绞线更换为此类导线,在不增加导线截面积的情况下将在原来每千米线损的基础上降低 9% 的线路损耗,如果更换更大截面的高导全铝导线,保持与钢芯铝绞线重量一致的情况下,线路损耗将降低幅度更大。配电网线路遍及全国各地,分布广、线路长,全国目前 110 kV 配电线路达到 50000 km 以上,10 kV 线路达到 200000 km 以上。如果把眼光放大到全局上来考量,则发现其对于节能环保具有巨大的优势。

#### 4 结束语

利用纳米改性纯铝基体制备得到高导全铝材料,经后续加工成丝材绞合成高导全铝导线。此类导线相较于目前常用的钢芯铝绞线,具有比重轻、电阻小、强度高和无涡流损耗等特点。由于其安装和普通导线的安装并无太大区别,相较于碳纤维复合芯导线更为便捷。

经过对高导全铝导线计算和检测发现,高导全铝导线在高温弧垂特性、载流量等方面均要优于普通钢芯铝绞线。在配网线路扩容、节能环保等方面均具有重要的意义,符合目前我国所提倡的绿色节能环保要求。随着我国电力行业的发展,高导全铝导线的应用和推广将迈上一个新的台阶。

#### 参考文献

- [1] 许长乐.农村配电网建设与改造问题探究[J].通信世界,2014,4(2):76-77.

- [2] 曹杰.浅谈现在城市配电网的规划现状及存在的问题[J].电源技术应用,2013,11(5):310-310.
- [3] 吴宝良,李闯,龚主.浅谈城市配电网规划现状及问题[J].电力技术资讯,2013,12(3):76-77.
- [4] 徐琴,柳劲松,韩伟福,等.配电网建设现状及发展趋势分析[J].华东电力,2013,12(41):2532-2535.
- [5] 余海明,孟宪彬,张五洲,等.浅谈碳纤维复合芯导线的施工器具[J].光纤与电缆及其应用技术,2013,5(20):45-46.
- [6] 黄澎,阳铁强.碳纤维复合芯导线施工研究及应用[J].中国科技成果,2012,12(11):57-59.
- [7] 徐大成,黄欲成,韩鹏飞,等.耐热铝合金导线在实际工程中的应用[J].电力科学与工程,2011,11(27):68-71.
- [8] 刘真云,马立群,丁毅.新型耐热铝合金架空导线的发展和应[J].电线电缆,2008,3(9):5-27.
- [9] 万建成,朱宽军,刘胜春,等.国产耐热导线的机电性能研究[J].电力建设,2008,12(29):37-40.

(责任编辑:张峰亮)

### 资讯

#### 湖南电力电能计量检测研究中心建成

12月2日,随着电波暗室实验室最后一台设备投运,国网湖南计量中心金海基地建成运行,湖南省电能计量集约化管理进入新的发展阶段。

该中心以建设“三个一流”(一流的设备、一流的人才、一流的管理)为目标,深化科研创新,强化专业管理。积极导入工业4.0理论,建设了6条全自动智能化检定流水线,在无人作业的情况下年检定能力达420万只电能表,各类表计的检定时间平均缩短了20min,大幅提升了全省计量检定的工作质量和效率;融入“互联网+”技术,实现了配送智能化,运用用电信息采集系统,将用户用电信息与其他信息进行多元化交互和分析,直接管理资产和电量分别为4.2亿元和120TWh;探索物联网技术,将设计容量达108万只的双层立体智能化库房的检定设备、仓储设备与计量资产等要素连接起来,实现了设备与设备、设备与计量资产之间的数据互联互通;运用大数据理论,对故障表计的鉴定数据进行分析、比较与判定,实现了全省电能计量装置的精益规范管理。

该中心主创自主研发的故障表信息化处理系统是国网首套专门对故障表进行专业检测和分类的系统。自主设计研发的全自动三工位穿梭车和货叉穿梭车,效率较原来提升了3倍。专利设计的新型智能吸盘式开箱机,使开箱时间较人工提升了30%,配套使用的纸箱可重复使用3~4次,不仅满足了电能表计的存储防尘要求,而且大大节约了成本,较以往的纸箱平均每年可节省1400余万元。

来源:国家电网报

# 光纤技术在电力保护中应用

舒林波

(国网北京电力检修分公司, 北京 丰台, 100069)

近年来,随着光纤构成通信技术的不断向前发展和光纤等通信设备的成本下降,我国的光纤通信发展很快,以光纤通信为主干网的电力通信网络也在加速建设中。在电力系统继电保护的纵联保护通道的应用上,也已经由原来的单一的载波通道变为由载波、微波、光纤等多种通道方式构成。由于光纤通道所具有的先天优势,使它与电力系统继电保护的结合构成的纵联保护,在电网中也会得到越来越广泛地应用。

为了保证电网的安全稳定运行,国内电网都要求高压输电线路配有全线速动的纵联保护。各种纵联保护要求保护借助通道将输电线路一侧的信息传达到另一侧。由于光纤具有电不敏感性,抗干扰能力极强,因此利用光纤作为通信的介质具有独特优势。同时许多地区电力通信网的建设都在大力发展特种光缆(OPGW 光纤复合架空地线、ADSS 介质自承光缆),并且形成通信主干网。这就为电力系统继电保护使用光纤通道提供了便利。

## 1 光纤通道作为电力系统继电保护的纵联保护通道的优势

光纤是传播光信号纤维的简称。光纤通信系统是以光波为载体,光导纤维为传输媒介的通信方式,其基本组成部分是数据源、光发送机、光纤通道、光接收机。因此光纤通道首先在通信技术中得到广泛的应用,正是基于它是用光导纤维作为传输介质的一种通信手段。光纤通道相对于其他传统通道(如电缆、微波等)具有如下特点。

### 1.1 传输质量高,误码率低

这种特点使得光纤通道很容易满足电力系统继电保护对通道所要求的“透明度”。即发端保护装置发送的信息,经通道传输后到达收端,使收端保护装置所看到的信息与发端原始发送信息完全一致,没有增加或减少任何细节。

### 1.2 光的频率高,所以频带宽,传输的信息量大

这种特点可以使线路两端的电力系统继电保护装置尽可能多的交换信息,从而可以大大加强电力系统继电保护动作的正确性和可靠性。

### 1.3 抗干扰能力强

这种特点是由于光信号的特点,可以有效地防止雷电、系统故障时产生的电磁方面的干扰。因此,光纤通道

最适合应用于电力系统继电保护的纵联保护通道。

以上光纤通道的三个特点,是电力系统继电保护纵联保护所采用的常规通道形式所无法比拟的。在通道选择上应作为首选。但是由于光缆的特点,抗外力破坏能力较差,当采用直埋或空中架设时,易于受到外力破坏,造成机械损伤。若采用OPGW,则可以有效地防止类似事件的发生。

光纤通信系统中电路部分的作用是对来自信息源的信号进行处理,例如数据编码、加密等;发送端光端机的作用则是将光源(如激光器LD或发光二极管LED)通过电信号调制成光信号,输入光纤进行传输;接收端的光端机内有光检测器(如光二极管)将来自光纤的光信号还原成电信号,经放大、整形、再生恢复原形后,输至电端机的接收端。长距离的光纤通信系统还需要中继器,其作用是将经过长距离光纤衰减和畸变后的微弱光信号经放大、整形、再生成一定强度的光信号,继续送向前方以保证良好的通信质量。目前的中继器多采用光—电—光形式,即将接收到的光信号用光电检测器变换为电信号,经放大、整形、再生后再将电信号变换成光信号重新发出,而不是直接放大光信号。

## 2 光纤通道与电力系统继电保护装置的配合方式

目前来看,电力系统继电保护的纵联保护采用光纤通道的方式,得到了越来越广泛的应用。在现场运行设备中,主要有以下几种方式。

### 2.1 专用通道光纤保护

光纤与纵联保护(如WXB-11C、LFP-901A)配合构成专用光纤纵联保护。采用允许式,在光纤通道上传输允许信号和直跳信号。此种方式,需要专用光纤接口(如FOX-40),使用单独的专用光芯。优点:避免了与其他装置的联系(包括通信专业的设备),减少了信号的传输环节,增加了使用的可靠性。缺点:光芯利用率降低(与复用比较),保护人员维护通道设备没有优势。而且,在带路操作时,需进行本路保护与带路保护光芯的切换,操作不便,而且光接头经多次的拔插,易造成损坏。

### 2.2 复用通道光纤保护

光纤与纵联保护(如WXH-11、CSL101、WXH-11C保护)配合构成复用光纤纵联保护。采用允许式,保护装



置发出的允许信号和直跳信号，须经音频接口传送给复用设备，然后经复用设备上光纤通道。优点：接线简单，利于运行维护。带路进行电信号切换，利于实施。提高了光芯的利用率。缺点：中间环节增加，而且带路切换设备在通信室，不利于运行人员巡视检查，通信设备有问题会影响保护装置的运行。

### 2.3 通道时钟方式选择

在使用 64 kbit/s PCM 复接通道方式时，由于通信系统要求进行同步复接，数据的时钟只能用 PCM 设备的时钟，所以在装置中必须采用从时钟方式。

在使用专用光纤通道方式或者 2 Mbit/s 口复接通道方式时，因为我国在 SHD 和 PDH 网中采用异步复接技术，所以 2 Mbit/s 口上可以进行异步复接，通过码速调整接入外部的数据。对于专用光纤通道和 2 Mbit/s 口复接通道方式，保护装置可以采用主时钟方式来传输数据。

## 3 光纤通道与电流差动保护构成光纤电流差动保护

光纤电流差动保护是在电流差动保护的基础上演化而来的。基本保护原理也是基于克希霍夫基本电流定律，它能够理想地使保护实现单元化，原理简单，不受运行方式变化的影响，而且由于两侧的保护装置没有电联系，提高了运行的可靠性。目前电流差动保护在电力系统的主变压器、线路和母线上大量使用，其灵敏度高、动作简单可靠快速、能适应电力系统震荡、非全相运行等优点是其他保护形式所无法比拟的。光纤电流差动保护在继承了电流差动保护的这些优点的同时，以其可靠稳定的光纤传输通道保证了传送电流的幅值和相位正确可靠地传送到对侧。

时间同步和误码校验问题是光纤电流差动保护面临的主要技术问题。在复用通道的光纤保护上，保护与复用装置时间同步的问题对于光纤电流差动保护的正常运行起到关键的作用，因此目前光纤差动电流保护都采用主从方式，以保证时钟的同步。由于目前光纤均采用 64 kbit/s 数字通道，电流差动保护通道中既要传送电流的幅值，又要传送时间同步信号，通道资源紧张，要求数据的误码校验位不能过长，这样就影响了误码校验的精度。目前部分厂家推出的 2 Mbit/s 数字接口的光纤电流差动保护能很好地解决误码校验精度的问题。

再有，输电线路光纤分相电流差动保护不受系统震荡的影响，有天然的选项能力。在各种复故障如同杆并架双回线发生跨线故障，单回线区外同时故障，以及各种转换性故障时都能有选择地切除故障相。对单相高阻接地故障可以用零序电流差动保护切除故障，而且可以有选择性地只切除故障相。可见光纤分相电流差动保护解决了方向距离纵联保护难以克服的一切难题。方向距离纵联保护的优

点是通信简单，只需对载波电流实行键控，即传送开关量信号。现在光纤通道资源丰富，在完成了传送三相交流波形的任务以后，再传送一个开关量信号以满足方向距离纵联保护的要求也是很容易的事，这样以光纤通信实现的线路保护就可以有两种原理的主保护，这必将成为新一代高压输电线路保护的最好保护方式。

但是随着光纤电流差动保护应用的普及，调试、投运、运行中由于通道原因暴露的问题愈来愈多。由于保护与通信属于两个专业，有些问题分析不清，对保护装置及电网的稳定运行带来隐患。因此，光纤电流差动保护对通道应充分重视。光纤电流差动保护在定检投运前应做保护性能试验、通道的实验及检查。常规的保护装置做保护性能试验较多，检查得也充分，但对通道检查少，或者由于条件限制，对通道检查不充分，给保护装置的安全运行带来隐患。

保护装置提供的技术指标，如光收发功率、接收灵敏度、光收发模块的稳定性，由于接触不良、老化等原因，不能满足技术指标。装置若不检查这些指标，在运行过程中，由于接触不良、接头有灰尘、器件老化而降低通道指标，会造成误码率增大，影响保护动作。

目前光纤电流差动保护定检都是基于通道完好情况下，如采用尾纤连接定检试验，误码率很低。实际随着保护装置的运行，光器件老化、通道接触原因、光纤老化，通道衰减增大，误码率增大，应考虑在正常误码及许可误码的情况下保护装置的动作行为，确保保护装置在许可误码下保护装置正确动作。

光纤电流差动保护由于是基于通道的纵联保护、通道的时延、间断对保护性能有影响。采用双通道的光纤电流差动保护，应检查双通道保护动作情况及单通道的保护动作情况。采用复接设备时，有条件时应检查其他业务对光纤电流差动保护的影响。这些影响在目前的光纤电流差动保护定检中均未考虑。

## 4 结束语

随着以光纤通信为主干网的电力通信网络的发展和普及，为分相电流差动保护的大规模应用提供了充足的通道资源，光纤电流差动保护是将来保护发展的必然趋势。显然，这种新型保护是以光纤通信技术为基础的，电力系统继电保护维护人员掌握好光纤通信技术是发挥这种优良保护作用的关键。为了运行维护好光纤纵联差动保护，尤其是快速正确地处理保护在运行中出现的异常情况，电力系统继电保护维护人员不仅要掌握好继电保护技术而且对光纤通信技术也要有所掌握。

(责任编辑：张峰亮)

# 基于PDCA的农村中压线路通道清理

刘金森, 李丽娟

(贵州电网公司电网规划研究中心, 贵州 贵阳 550002)

**摘要:** 基于 PDCA 理论, 提出了一种基于 PDCA 的农村地区中压线路通道清理策略。在通道清理过程中运用 PDCA 循环管理方法, 即首先通过供电可靠性停电原因分析, 明确因为清理不到位频繁停电的线路, 制定通道清理计划, 同时对结果做好效果跟踪和信息反馈, 循环反复, 不断减少因通道清理不到位导致的停电事件、提高供电可靠性。试点表明, 运用 PDCA 循环管理方法, 可以有效提高通道清理工作质量, 停电事件明显减少。基于 PDCA 的农村地区中压线路通道清理策略在配电网线路通道清理中有一定实用性和前瞻性, 使得运维人员在制定计划过程中更有目的性、针对性和高效性。

**关键词:** 中压线路; 可靠性; 通道清理; 农村; PDCA

**中图分类号:** TM727

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1003-0867(2016)01-0018-03

中压线路是连接电源与用户的最后“一公里”, 对用户供电可靠性具有重要意义<sup>[1-7]</sup>。中压线路通道安全是保证线路安全、可靠性的一项重要条件。因此, 每年各供电企业都会投入大量人力、物力对中压线路通道进行清理<sup>[8-9]</sup>。然而, 在中压线路通道清理策略上一般采用常规的定期清理或专项清理策略, 在查找隐患点, 评估清理效果方面仍然无法形成闭环管理, 而农村地区的中压线路通道经常穿越山地、林区, 采用目前常规的清理策略已无法满足需求<sup>[10-12]</sup>。

因此, 本文研究 PDCA 循环管控方法, 基于 PDCA 循环管控方法提出了一种适用于农村地区中压线路的通道清理策略。

## 1 PDCA循环管理方法

PDCA 循环管理方法是在一切管理活动中, 提高管理质量和效益所进行计划、实施、检查和处理等工作的循环过程<sup>[7]</sup>。“PDCA”循环管理方法是确立管理和管理体系的基本原理, 是一种有效的现代化管理方法。自 20 世纪 50 年代提出后, 在国外企业中得以迅速推广、应用, 并取得了令人瞩目的成就。20 世纪末, 我国的一些管理学者也积极推行这种模式, 但大多应用于生产制造领域。PDCA 循环管理方法在配电网运维管理中得到了越来越多的应用, 并取得较好效果<sup>[8]</sup>。

PDCA 循环又称为戴明循环, 由美国统计学家查里斯·戴明博士于 20 世纪 50 年代提出。它是一种闭环管理遵循的科学程序。PDCA 是英语单词 Plan (计划)、Do (执行)、Check (检查) 和 Adjust (处置) 的首字母联写, 即按照“计划→执行→检查→处置”这样的程序, 不断循环, 周而复始, 实现闭环管理。如图 1 所示。



图1 PDCA循环图

**计划 (Plan) 阶段:** 确定方针和目标, 以及制定活动规划。

**执行 (Do) 阶段:** 根据已知的信息, 设计具体的方法、方案和计划布局; 再根据设计和布局, 进行具体运作, 实现计划中的内容。

**检查 (Check) 阶段:** 总结执行计划的结果, 分清哪些对了, 哪些错了, 明确效果, 找出问题。

**处置 (Adjust) 阶段:** 对检查的结果进行处理, 对成功的经验加以肯定, 并予以标准化; 对于失败的教训也要总结, 引起重视。对于没有解决的问题, 应提交给下一个 PDCA 循环中去解决。

## 2 基于PDCA的通道清理策略的实施步骤

基于 PDCA 循环管理方法的四个阶段, 农村地区中压线路通道清理策略可分为四步: 现状分析订计划、依据计划抓实施、结果分析评效果、依据结果再优化。通过“订一抓一评一再”四步, 实现对中压线路通道清理工作的闭环管理。

### 2.1 现状分析订计划

现状分析主要从两个方面, 一是根据历史年供电可靠



性数据统计结果,分析“树或广告牌压线”“异物短路”和“大风大雨”等责任原因导致的停电线路;二是根据日常巡视结果,明确需要清理通道的线路。根据现状分析结果,按照停电次数将线路划分为三个风险等级(日常巡视发现的线路,划为一级风险线路):一级、二级、三级风险线路。不同风险线路划分标准如图2所示。

线路名称	故障次数	风险等级
L1	6	一级
L2	5	一级
L3	5	...
L4	4	二级
L5	3	二级
L6	3	二级
L7	3	...
L8	2	三级
L9	2	三级
L10	2	三级
L11	2	三级
L12	1	三级
L13	1	三级
...	...	...

图2 风险线路划分标准示意图

一级风险线路:按照“树或广告牌压线”“异物短路”和“大风大雨”等责任原因统计中压线路故障停电次数,按照故障停电次数从大到小排序,前10%的线路即为一级风险线路。一级风险线路需要尽早实施通道清理工作

二级风险线路:按照“树或广告牌压线”“异物短路”和“大风大雨”等责任原因统计中压线路故障停电次数,按照故障停电次数从大到小排序,位于10%~30%之间的线路即为二级风险线路。二级风险线路需要在夏季来临前实施通道清理工作。

三级风险线路:除一级、二级风险线路的线路。三级风险线路可根据实际工作安排情况,采用灵活方式对通道进行清理。

## 2.2 依据计划抓落实

根据计划,首先对一级、二级问题线路通道进行全线巡视检查,对风险点进行有效清理、整治;其次对三级风险线路,进行重点线段巡视检查,对风险点进行有效清理、整治。不同风险等级线路清理策略示意图如图3所示。

## 2.3 结果分析评效果

中压线路通道清理之后,在一个统计期间内统计故障次数,评估实施效果。统计期间可以按天、按月或按年计算。例如:中压线路通道清理结束日3月3日至当年12月31日可记为一个统计期间;中压线路通道清理结束日3月3日至次年3月2日也可记为一个统计期间。

可以根据统计期间内故障次数评价通道清理的效果。

线路名称	故障次数	风险等级
L1	6	一级
L2	5	一级
L3	5	...
L4	4	二级
L5	3	二级
L6	3	二级
L7	3	...
L8	2	三级
L9	2	三级
L10	2	三级
L11	2	三级
L12	1	三级
L13	1	三级
...	...	...

图3 不同风险等级线路通道清理策略示意图

评价结果有四个标准:如果某线路通道清理完成之后的统计期间内没有再发生故障停电,则该线路通道清理效果为优秀;如果发生1次故障停电,记为良好;如果重复发生2次及以上但小于历史年故障次数,记为一般;如果故障停电次数超过历史年故障次数,记为较差。

## 2.4 依据结果再优化

根据实施效果,一是在管理上进行调整,开展培训,加强现场巡视人员技能水平;二是继续对实施效果较差的线路进行优化。

## 3 基于PDCA的通道清理策略的应用

利用基于PDCA的农村地区中压线路通道清理策略,使得通道清理工作更具目的性、针对性和高效性。下面选取贵州省某供电局中压线路通道清理工作为例,如表1所示,说明该策略的应用步骤。

由表1可知,共有50回(其中有20回因为暂不巡视,因此未在表格中体现)中压线路发生故障停电,按照风险线路划分标准,共有5回一级风险线路、10回二级风险线路,35回三级风险线路。

按照不同风险等级中压线路通道清理策略,4月30日前完成一级风险线路通道清理工作,5月31日前完成二级风险线路通道清理工作,由于工作较多,计划完成15回三级风险线路通道清理工作。

由图4可知,在清理完成的30回线路通道中,有33%的线路在统计期间未再发生故障停电,清理效果为优秀;有57%的线路在统计期间发生1次故障停电,清理效果为良好;有10%的线路在统计期间发生2次故障停电,清理效果为一般。

总体而言,中压线路通道清理效果明显,清理工作综合为良好。接下来应该继续保持现有成果,并对未清理的通道进行清理。

表1 中压线路故障停电情况

序号	线路名称	停电次数	风险等级	清理策略	清理后停电次数	效果评价
1	河变002	6	一级	全线巡视	0	优秀
2	坝变001	5	一级	全线巡视	1	良好
3	桃变001	5	一级	全线巡视	1	良好
4	德变005	5	一级	全线巡视	2	一般
5	闵变004	4	一级	全线巡视	0	优秀
6	河变004	3	二级	全线巡视	0	优秀
7	闵变003	3	二级	全线巡视	1	良好
8	江变004	3	二级	全线巡视	0	优秀
9	江变007	3	二级	全线巡视	1	良好
10	江变031	3	二级	全线巡视	1	良好
11	闵变002	3	二级	全线巡视	1	良好
12	德变001	2	二级	全线巡视	0	优秀
13	德变002	2	二级	全线巡视	0	优秀
14	黑变004	2	二级	全线巡视	1	良好
15	冷变001	2	二级	全线巡视	2	良好
16	八变001	2	三级	重点巡视	1	良好
17	浅变006	2	三级	重点巡视	1	良好
18	坝变002	2	三级	重点巡视	1	良好
19	坝变005	2	三级	重点巡视	2	一般
20	江变003	2	三级	重点巡视	2	一般
21	龙变003	2	三级	重点巡视	1	良好
22	龙变004	2	三级	重点巡视	1	良好
23	坝变003	1	三级	重点巡视	1	良好
24	德变003	1	三级	重点巡视	1	良好
25	闵变001	1	三级	重点巡视	0	优秀
26	河变001	1	三级	重点巡视	0	优秀
27	牛变001	1	三级	重点巡视	1	良好
28	松变032	1	三级	重点巡视	0	优秀
29	红旗004	1	三级	重点巡视	0	优秀
30	思变004	1	三级	重点巡视	1	良好

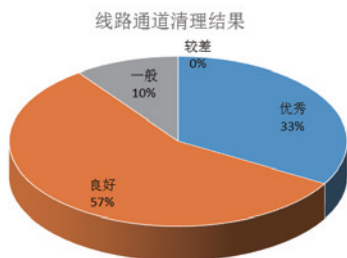


图4 线路通道清理效果分析结果

### 3 结束语

基于PDCA的农村地区中压线路通道清理策略是先进质量管理理论与电网运维诉求相结合的产物。应用表明,该策略可以有效提高通道清理工作质量,停电事件明显减少,是一种有效的农村地区中压线路通道清理策略。

基于PDCA的农村地区中压线路通道清理策略在配电网线路通道清理中有一定实用性和前瞻性,使得运维人员在制定计划过程中更有目的性、针对性和高效性,具有一定推广应用价值。

### 参考文献

- [1] 刘伟, 郭志忠. 配电网安全性指标的研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(8): 85-90.
- [2] 马仁杰, 王荣科, 左雪梅. 管理学原理[M]. 人民邮电出版社, 2013, 9.
- [3] Q/GDW156-2006. 城市电力网规划设计导则[S].
- [4] 蓝毓俊. 现代城市电网规划设计与建设改造[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 64-66.
- [5] 陈文高. 配电系统可靠性实用基础[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998: 8-9.
- [6] 王成山, 王赛一, 谢莹华, 等. 城市电网规划工作的复杂性及新技术应用[J]. 浙江电力, 2004, 23(1): 1-5.
- [7] 肖峻, 罗凤章, 王成山. 一种基于区间分析的电网规划项目决策方法[J]. 电网技术, 2004, 28(7): 62-67.
- [8] 李杰. 浅谈配电线路通道的依法维护管理[J]. 农村电工, 2015, 4(23): 9-9.
- [9] 李浩. 曲靖供电局清理线路通道保障电网安全[OL]. 2014.05.07. [http://www.cpn.com.cn/dw/201405/t20140527\\_679376.html](http://www.cpn.com.cn/dw/201405/t20140527_679376.html).
- [10] 平东宁. 陆良宣威供电开展树障清理确保线路安全[OL]. 2015.07.13. [http://www.cpn.com.cn/tsgl/201507/t20150713\\_811478.html](http://www.cpn.com.cn/tsgl/201507/t20150713_811478.html).
- [11] 河南省电力公司焦作供电公司. 电网工程项目管理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [12] 朱敖荣, 戴志澄, 毛磊. 管理学基础[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1994. 479.
- [13] 黄毅臣, 胡锋. “PDCA”循环管理模式在电网工程施工质量控制中的应用[J]. 企业家天地, 2009, (3): 74-76.
- [14] 宋华明, 韩玉启. PDCA模式下的一体化管理体系[J]. 企业管理, 2002, (2): 10-12.

(责任编辑: 张峰亮)

### 资讯

#### 南网首个直流设备状态评估实验室建成

日前,南方电网公司首个直流设备状态评估领域的实验室——“直流设备状态评估与故障诊断实验室”建成。

该实验室于2010年7月筹建,已建成直流控制保护系统、换流阀冷却系统、柔性输电三类设备检测与故障诊断平台,以及直流设备状态评价中心,功能涵盖质量检验检测、状态监测与评价、故障诊断与分析和直流输电新技术等研究领域。该实验室已成为南方电网公司科技攻关和优秀人才培养的重要基地,累计为西电东送主网架提供技术服务工作303次,在事故分析、反措研究、科技攻关等方面发挥了重要作用;通过与广州直流技术培训基地合作,开展各类技术培训60余次,培养了大批直流专业技术人才。

来源:南方电网公司



# 特高压GIS设备SF<sub>6</sub>在线监测装置 常见异常分析及解决方案

张东明, 许宗燕, 董俊友

(国网浙江省电力公司检修分公司, 浙江 杭州 310000)

## 1 现场设备简介及原理

特高压莲都站 1000 kV 主接线为一个半开关接线, 远景规划(五串, 共 15 个开关)一期 10 个开关, 6 条出线间隔(含主变), 于 2014 年 12 月投入运行。

所有 SF<sub>6</sub> 气室均接有 SF<sub>6</sub> 压力传感器, 经电缆将信号按间隔及就近原则接入就地接线箱。接线箱按照开关间隔划分, 共计 15 个就地接线箱。在接线箱内, 电缆并联接入过电压保护器后接入数据转换模块(ES3504)。电压保护器与气室一一对应, 每个数据转换模块最多可以接 4 个电压保护器, 也就是对应 4 个气室。所有的数据转换模块全部串联在一起接入电源(ES9410)及光电转换模块(EK1501)。

SF<sub>6</sub> 气室压力传感器阀门为自密封结构, 传感器测量 SF<sub>6</sub> 密度, 其传输电缆在一次设备布线槽盒内有一个转接盒。压力由电源模块、数据转换模块、过电压保护模块及传感器, 根据密度进行换算成为电流(6 ~ 20 mA), 由数据转换模块将电流数据转换为 16 进制数据。接线箱内电源模块及光电转换模块(EK1501)是固定连接, 与全部数据转换模块串接在一起紧密排列, 每个模块即有电源传导功能, 也有通信传输功能。

由于数据转换模块全部串联, 一旦某一个模块损坏, 会影响其他模块的通信功能。每个数据转换模块对应的 4 个气室均有运行指示灯, 正常工作为绿色, 如某组输入断线或未接, 显示为红灯, 为消除模块因空缺导致出现的红灯, 可补接一个约 3300 Ω 电阻。EK1501 模块正常时“RUN”灯常亮、“Lnk/Act”灯闪亮, 光纤接口指示灯正常闪亮。箱内电源引接自控制柜内空开。

## 2 控制柜内设备介绍

控制柜电源引接自 1000 kV GIS 2 号电源动力箱, 柜内配置 UPS, 进线电源和 UPS 输出分别整流后接入电源切换装置, 为整个系统提供直流电源。系统各重要支路分别设置一个空开, 每个接线箱设置一个空开。柜外告警灯主要监视各电源情况, 任何一空开跳开或者某些回路失去

电源, 该告警灯会闪烁, 对应屏内告警继电器会不停吸合。其他告警继电器均为备用。

柜内上半部分主要为网络设备及 CPU 控制单元, 柜内下半部分主要分布至各间隔的通信模块。15 个接线箱全部经光纤集中接入 SF<sub>6</sub> 在线监测控制柜光电转换模块(EK1501), 每 5 个光电转换模块由一个电源模块供电(ES3504), 所有光电转换模块及电源模块全部串联紧密相接, 经由 EK1501 模块传输至监测系统网络。控制单元 CPU 从网络上接收实时数据, 同时经协议转换上送至后台 II 区交换机, 供后台提取数据。第一个电源模块与 EK1501 模块也是固定连接, 光电转换模块和电源模块也是兼具电源与通信功能。

光电转换模块正常时“RUN”灯常亮、“Lnk/Act”灯闪亮, 电源模块应亮 3 个灯。同样, 因为串接在一起, 一旦某一个电源模块损坏, 会影响其他模块的通信功能。

CPU 是整个在线监测系统的控制单元, 提供数据存储和分析功能, 可以帮助记录数据、分析数据和分析故障。正常时, CPU 及显示屏应处于开启状态, 软件处于运行中。控制单元人机交互界面上可以查看接线箱内数据转换模块至 CPU 的网络通信情况, 通信情况以网络拓扑图形式表示, 绿色标注及黄色实线表示通信正常, 红色及无显示表示通信异常, 简单易懂。如需查看一些具体故障信息或其他内容, 需要输入密码。

## 3 常见故障和异常

从 2014 年 12 月投产至今, 前 3 个月运维人员每日抄录 SF<sub>6</sub> 表计与在线监测系统对比, 第 4 个月每周抄录一次表计与其对比, 之后每月抄录 1 次与其对比, 该 SF<sub>6</sub> 在线监测系统均能如实正确地显示各气室 SF<sub>6</sub> 压力变化情况。期间, 发生了以下几种故障和异常。某气室压力为 0, 传感器和过电压保护器损坏; 某间隔气室压力均显示异常, 全部为 0, 光纤损坏; 5 个或 10 个间隔气室压力显示异常, 告警刷屏, 电源模块损坏; 后台数据全部显示异常, 无法更新, 规约转换器异常; 监控系统后台无法生成历史曲线, 后台自身数据处理异常。上述异常中, 第 3 条共出现 4 次,

最频繁,第2条出现2次,较为频繁,其他故障均出现1次。

## 4 常见异常处理及分析

### 4.1 单气室SF<sub>6</sub>压力低告警

当出现某个气室SF<sub>6</sub>压力低告警时,首先查看后台压力数值。如果压力数值为0,且历史曲线为突然降低为0,基本可以判断为通信故障;如果压力为略低于告警值,历史曲线为缓慢下降且幅度较大,基本可以判断为发生SF<sub>6</sub>泄露。在控制柜内查看控制单元,根据网络通信图及该气室压力指示可以帮助确认具体异常。单气室异常,故障点多为传感器至数据转换模块,在通信图上一般无显示(单气室单独接一模块除外),在间隔图内可以帮助确认该气室数据通信及数值情况。

在现场气室SF<sub>6</sub>表计处确认压力无异常后,检查就地接线箱内设备。检查数据转换模块对应的指示灯和对应输入端电压,红灯表示输入异常,绿灯表示输入正常,电压正常为24V。电压异常可能由模块故障或输入短路造成,红灯可能由输入开路或短路导致。再检查过压保护器是否有明显异常。如果此时仍然无法判断,为进一步确认故障点,可以采用对调排除法。

拉开接线箱内电源,将其他气室过压保护器接于此数据转换模块,如果压力显示异常则表示此模块故障需更换,如果压力显示正常,可以排除此数据转换模块故障。用同样的方法,调换其他气室电缆线接于对应的过压保护器,可以帮助排除过压保护器故障。最后,可以使用正常的压力传感器接于转接盒,仍然显示为0则表示电缆异常,显示有较低数值则表示传感器异常。确认故障后,进行设备更换。在故障查找时,应注意过压保护器损坏可能是由传感器损坏而导致,所以需要结合电阻测量,避免再次损坏过压保护器。

如确认发生SF<sub>6</sub>泄漏,需按照相关规程规定紧急处理,在此不再赘述。

### 4.2 某间隔SF<sub>6</sub>压力异常

当发生某间隔SF<sub>6</sub>压力显示异常时,一般显示为0或者出现跳变情况。在控制柜内查看网络拓扑图,一般可以确认通信异常点。控制柜内光电转换模块通信异常,可检查其指示灯确认并更换。接线箱内光电转换模块通信异常存在两种情况,光纤异常或者EK1501模块异常。检查光纤,可以采用红光笔照射或者光功率计测量的方法,光纤异常需要专业人员重新熔接。排除光纤异常后,可以基本确认EK1501模块异常,更换新模块后即可恢复。如仍然无法恢复则考虑毗邻EK1501的数据转换模块发生故障,对其进行更换。

### 4.3 压力异常大面积发生

当压力异常大面积发生,一般为5个、10个或者全部间隔显示异常,并且多伴随刷屏。控制柜内查看网络拓扑图,查看发生通信异常的数量和位置,并观察光电转换模块指示灯异常情况以及电源模块指示灯异常情况。前文提到,光电转换模块及电源模块全部串联,当一个电源模块异常,则其后面所接模块会全部通信异常,由此可以确定由哪个电源模块故障引起的,当然,此方法也适用于光电转换模块严重故障。

如果压力异常气室仅为某间隔几个气室,一般该几个气室在某接线箱内接线毗邻至最末端,则可根据网络拓扑图查看通信中断处的数据转换模块,找到对应模块检查并进行更换。

### 4.4 后台数据全部异常

当监控系统后台数据全部无法更新或者显示为0时,在控制单元中发现无通信异常,则考虑SF<sub>6</sub>在线监测系统网络异常,可对其重启观察。曾发生因規約转换器异常而引起此现象,重启后正常,最终对其进行软硬件升级。

曾发生后台无法生成历史曲线,而控制柜内控制单元数据正常,由此推断为后台服务器程序异常,原因为在同一区服务器其他需要处理的数据发生异常而导致,由后台厂家升级服务器处理程序的容错机制而得以解决。

## 5 异常隐患解决方案

经过投产至今的观察,协议转换器、服务器程序问题基本得以彻底解决,传感器损坏属于偶发事件,过电压保护器损坏是由传感器损坏引起。而控制柜内电源模块损坏共发生4次,光纤异常发生2次,较为频繁,为系统能够稳定运行,分析其原因并提出解决方案。

每次电源模块出现故障,在更换时均发现电源模块温度很高断电后拆下来仍然烫手。由于光电转换模块和电源模块全部串联紧密相接,正常运行中光电转换模块外壳红外测温最高可达68℃,电源模块内部温度只会更高。电源模块工作热量较大,加上紧密连接,散热不良导致其工作环境恶劣,久而久之便出现异常。经过与设备厂家充分沟通,提出将光电转换模块分段排列的解决方案。每5个一组,便于拉开间距解决散热问题,并将电源模块改为与EK1501模块固定连接的形式,并用光纤将3组EK1501串接级联解决通信问题。最后更换由厂家调试网络拓扑图的制单元Compact Flash。光纤异常发生的主要原因是所采用的熔接技术为冷接,熔接的光纤主要是从就地接线箱到控制柜的光纤。目前,国内主流熔接光纤均采用热熔技术,运行较为稳定。建议将全部光纤采用热熔技术进行重新熔接。

(责任编辑:张峰亮)



# 封闭式开关柜柜内除湿

赵 琪, 刘志娟, 赵 青

(国网山东青州市供电公司, 山东 青州 262500)

近年来,随着电网建设的快速发展和高压开关柜技术的不断完善,高压开关柜已大量应用于35 kV及以下电网系统中。高压开关柜的主要优点为整体设计紧凑、体积小、密封性好,但在运行中也存在开关柜内部异常发热现象。开关柜通常为密封性设计,这是出于防止小动物进入,损坏电力设施的考虑。但是由于柜体封闭较严,自然通风性差,阻碍了空气对流,通过现场调查统计,现有开关柜除湿装置的除湿量仅为 $0.45\text{RH}\%/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ,导致柜内环境湿度较大,易造成开关动、静触头发生放电,对设备的安全运行构成了极大威胁。如不积极处理和预防不仅会给供电企业带来经济损失,还给电力用户带来生产上的损失,造成负面社会影响。因此查找开关柜湿度较大的原因并采取相应的防范措施,是变电运行工作的当务之急。因此,迫切需要解决柜内环境湿度较大问题,以提高设备健康运行水平,本文对此进行了探讨与研究。

## 1 问题提出

为了解封闭式开关柜现有除湿装置的具体情况,随机抽取所辖站6台运行中的封闭式开关柜,对其除湿量进行了统计分析,如表1所示。

表1 封闭式开关柜除湿量调查统计表

	1	2	3	……	17	18	除湿量
开关柜1	0	0.82	0.44	……	0	0.50	0.52
开关柜2	0.62	0	0.97	……	0	0.42	0.45
开关柜3	0.80	0	0.35	……	0.70	0	0.38
开关柜4	0	0.83	0	……	0.65	0.51	0.41
开关柜5	1.02	0	0.64	……	0.30	0	0.57
开关柜6	0.56	0	0	……	0.29	0.48	0.39
平均除湿量	0.45RH%/( $\text{m}^3\cdot\text{h}$ )						

从上表可以看出,现有的加热驱潮装置除湿量仅为 $0.45\text{RH}\%/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ,除湿效果不理想,水份不能通过内外空气交换蒸发出去,导致柜内设备运行环境湿度较高,易造成开关动、静触头发生放电,对设备的安全运行构成了极大威胁。

《电力工程电气设计手册》(GB/T 50046-95)中规定:开关柜内除湿装置除湿量应不小于 $7\text{RH}\%/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ,柜内湿度达到70%以上时,容易发生放电现象。

## 2 研制论证

### 2.1 总体方案的提出

针对封闭式开关柜除湿装置除湿量较低这一问题,提出解决方案,解决开关柜内除湿装置除湿量较低的方案必须在不影响设备正常运行的前提下进行,为此,根据亲和图提出了3个解决方案,并进行了调查试验,如表2所示。

通过查阅资料、网络检索和咨询电力同行后,发现在目前的生产实际中对封闭式开关柜的通风没有专门设备。为了降低开关柜内部的湿度,研究一种自动排风装置势在必行。

### 2.2 分解方案

自动排风装置工作原理:采集模块的湿度传感器采集湿度信号,控制模块对湿度传感器的传输信号进行处理,发出控制信号,根据设定的湿度值自动启停排风扇,将湿气排出。

### 2.3 确定最佳方案

通过一系列的实地调查论证、模拟试验,最终确定了研制自动排风装置的最佳方案,如图1所示。

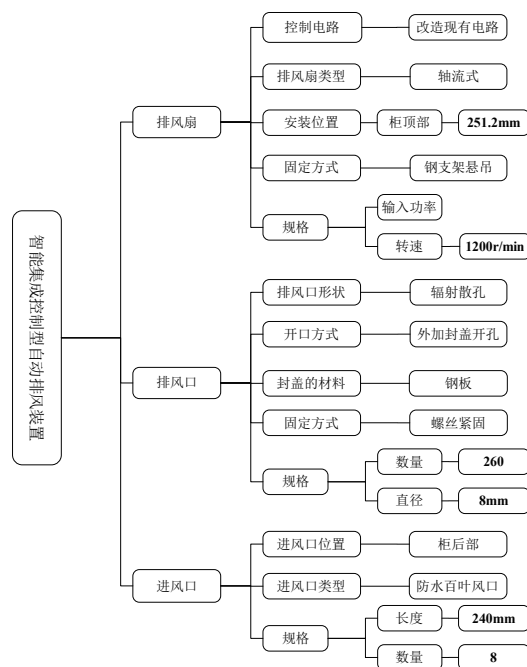


表2 方案分析、评估及选定表

序号	方案	调查试验		是否选定
		试验过程	试验结果	
1	加装干燥剂	调查分析：干燥剂成本约为20~40元，使用一段时间需停电更换。 安全性测试：测量干燥剂在4种常见型号开关柜内距离带电体的最近距离，满足35 kV开关柜内附件距离带电体的最近安全距离要求。 模拟试验：在模拟开关柜内加装干燥剂，向内部喷洒5次水雾，用湿度检测仪测试1 h内湿度降低情况，平均降低0.8 RH%。	优点：实施难度小；成本较低。 缺点：效果一般。	否
2	加装自动排风装置	调查分析：成本约为80~100元，小组成员熟悉单片机及传感器技术，有能力进行装置的研制，成果有自主权。 安全性测试：测量排风机在4种常见型号开关柜内距离带电体的最近距离，满足35 kV开关柜内附件距离带电体的最近安全距离要求。 模拟试验：在模拟开关柜内加装排风机，向内部喷洒5次水雾，用湿度检测仪测试1 h内湿度降低情况，平均降低5 RH%。	优点：效果较好；电路集成度和智能性高。 缺点：实施有一定的难度。	是
3	配备除湿机	调查分析：经调查机器成本为12000元，除湿机已在部分站配备，对封闭式开关柜除湿效果不明显。 安全性测试：除湿机均为柜式，安装在开关室内，不影响设备安全运行。 模拟试验：在配备除湿机的开关室内，向模拟开关柜内部喷洒5次水雾，用湿度检测仪测试1 h内湿度降低情况，平均降低0.4 RH%。	优点：实施难度小，安全性好。 缺点：效果一般；成本较高。	否

### 3 方案实施

#### 3.1 改造现有控制电路

联系温湿度控制器厂家，咨询改造控制电路的可行性；分析说明书及电路图，画出改造图纸；将输入端子与排风机连接，试验是否正常工作。

#### 3.2 选择轴流风机

选用轴流风机，试验确定轴流风机的参数。

#### 3.3 确定风机的安装位置

现场试验并综合安全因素，确定开关柜顶部的最佳安装位置；按尺寸在开关柜顶部开小于封盖的开孔。

#### 3.4 加工封盖，开辐射散孔

画出封盖及散孔加工尺寸；按尺寸加工封盖及辐射散孔；使用相应直径的钻头钻孔；将加工好的封盖用螺丝紧固在开关柜顶部，并试验其牢固性。

#### 3.5 加工钢支架

画出钢支架的加工尺寸，按尺寸加工钢支架，试验钢支架的承重力。

#### 3.6 加工防水百叶风口

画出进风口的加工图纸，严格安装图纸尺寸加工，请专业人员指导加工要点。

#### 3.7 安装、试验、投运

制作安装试验流程图，严格按照流程图分布实施；请公司专家对整套装置进行性能及安全鉴定。

### 4 效果检查

封闭式开关柜自动排风装置投入运行一段时间后，笔

者随机抽取了4台开关柜，对自动排风装置的除湿量进行了统计，如表3所示。

表3 开关柜除湿量调查统计表

	1	2	3	……	11	12	除湿量
开关柜1	8.2	8.4	8.3	……	8.1	8.0	8.2
开关柜2	8.2	8.1	7.9	……	8.3	8.4	8.1
开关柜3	7.8	8.0	8.2	……	7.8	8.1	7.9
开关柜4	7.9	8.2	8.3	……	8.1	8.5	8.3
平均除湿量	8.1RH%/(m <sup>3</sup> ·h)						

从表3可以看出，安装自动排风装置后开关柜的除湿量达到了8.1 RH%/(m<sup>3</sup>·h)，效果显著。

### 5 产生效益

弥补了化学除湿以及加热烘干除湿的缺点，改善了中置式开关设备的运行环境，具有安全方便、维护量低等优点，提高了设备安全运行系数，设备运行更加安全、可靠。

### 6 结束语

该成果在电力行业封闭式开关柜相关领域具有全面推广价值，而传统的配备除湿机、安装加热驱潮装置、柜内加装干燥剂对柜内小环境的除湿效果并不明显。该成果经实地多次验证，在外部环境湿度较大的情况下，仍可以有效降低柜内湿度。它弥补了化学除湿以及加热烘干除湿的缺点，改善了中置式开关设备的运行环境，具有效果明显、安全方便、维护量低等优点，提高了设备安全运行系数，设备运行更加安全、可靠。

(责任编辑：张峰亮)



# 柜式直流融冰系统可融冰导线最大长度

田树军

(广西电网有限责任公司电力科学研究院, 广西 南宁 530023)

**摘要:** 针对配网线路不同截面导线、不同功率的交流发电车, 配网柜式直流融冰系统可融冰导线长度不可知, 文章根据焦耳定律及欧姆定律计算了其可融冰导线长度最大值, 其结果可以指导利用柜式直流融冰装置的技术人员明确配网融冰线路融冰短接线的短接位置, 提高融冰工作效率。

**关键词:** 配电线路; 直流融冰; 可融冰导线长度

**中图分类号:** TM727

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1003-0867(2016)01-0025-02

针对各供电局已经配置的 100 ~ 300 kW 380 V 交流电源发电车, 某电网公司开发了多台柜式直流融冰整流装置。该装置对发电车的交流电源进行三相全桥式可控硅整流, 获得直流融冰电流, 对 6 ~ 35 kV 配网线路进行融冰。装置说明书仅介绍了该装置可融冰导线长度在 3 ~ 5 km 之间。在实际融冰过程中, 配网线路导线截面不同、交流发电车的功率不同, 柜式直流融冰系统的可融冰导线长度差异明显。如果技术人员盲目开展配网线路融冰, 可能出现融冰短接导线过长无法融冰, 或者融冰短接导线过短, 严重影响融冰效率。本文就配网线路不同截面导线、不同功率的交流发电车配网柜式直流融冰系统的可融冰长度进行分析, 以此指导配网融冰技术人员准确确立配网融冰线路融冰短接线的短接位置, 提高融冰工作的效率。

## 1 柜式直流融冰系统的原理

### 1.1 柜式直流融冰电源系统组成

柜式直流融冰电源系统由发电车电源、开关、刀闸及三相全桥式可控硅整流装置组成, 发电车输出 380 V 交流电源, 经过三相全桥式可控硅整流装置变成直流电压如图 1 所示。

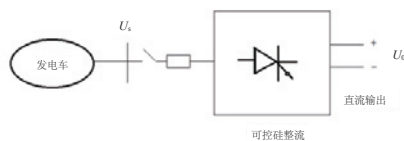


图1 柜式直流融冰系统

由图 1 可知, 因发电车输出为 50 Hz 380 V 的交流电压  $U_s$ , 由可控硅整流原理<sup>[1]</sup>可知, 直流输出理想空载电压  $U_0$  最大值为 510 V, 额定直流输出电压 500 V, 不同功率的发电车, 其组成的配网柜式直流融冰系统额定输出电流不同, 具体数据如表 1 所示。

### 1.2 柜式直流融冰电源系统的融冰方式

配网直流融冰电源与待融冰线路的连接可采用 2 种接

表1 不同功率发电车组成的配网柜式直流融冰系统输出的额定输出电流

额定功率/kW	100	150	200	250	300	350	400
额定电流/A	200	300	400	500	600	700	800

线方式, 如图 2 (a)、(b) 所示。图 2 (a) 为 1-1 接线方式 (选取输电线路三相中的两相导线构成电流回路, 如直流电源的正极接 A 相导线, 直流电源的负极接 B 相 (或 C 相), 可对 A、B (或 C 相) 相导线进行同时融冰), 对配网线路  $m$ 、 $n$  号杆塔段的 A、C 相导线进行融冰, 电流回路由直流电源 + 端、直流融冰输出连接 C 相导线  $C_m$  处连接线、 $C_m-C_n$  导线、短接导线  $C_n-B_{n2}$ 、短接导线  $B_{n1}-A_n$ 、 $A_m-A_n$  导线、直流融冰输出连接 A 相导线  $A_m$  处连接线、直流电源 - 端构成, 可对 A、C 相导线融冰。图 2 (b) 为 1-2 接线方式 (选取输电线路三相中的三相导线构成电流回路, 如直流电源的正极接 A 相导线, 直流电源的负极同时接 B 相、C 相, 可对 A 相导线进行融冰), 对配网线路  $m$ 、 $n$  号杆塔段的 A、B、C 相导线 (A 与 B 并联) 进行融冰, 电流回路由直流电源 + 端、直流融冰输出连接 C 相导线  $C_m$  处连接线、 $C_m-C_n$  导线、短接导

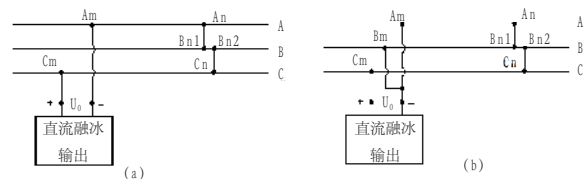


图2 配网直流融冰接线方式

线  $C_n-B_{n2}$ 、短接导线  $B_{n1}-A_n$ 、导线  $A_m-A_n$  (并联  $B_m-B_{n1}$ )、直流融冰输出连接 A 相导线  $A_m$  处连接线 (并联 B 相导线  $B_m$  处连接线)、直流电源端构成, 可对 C 相导线融冰。

## 2 柜式直流融冰系统可融冰长度计算

柜式直流融冰系统的可融冰长度需要同时满足焦耳定律及欧姆定律。根据焦耳定律, 配电线路融冰电流的平方与融冰线路回路电阻乘积要不大于发电车的额定功率; 根据欧姆定律, 配电线路融冰电流与融冰线路回路电阻乘积要小于

表2 不同功率交流发电车、不同截面、不同融冰方式配网线路配网柜式直流融冰系统可融冰导线长度最大值表

导线 型号	直径 /mm	0℃时直 流电阻 / $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$	保线电 流/A, -3℃, 3 m/s	最大允许 电流/A, -5℃, 3 m/s	融冰电流 参考值/A, -3℃, 3 m/s, 10 mm覆冰	可融冰长度最大值/km													
						100 kW		150 kW		200 kW		250 kW		300 kW		350 kW		400 kW	
						1-1 方式	1-2 方式	1-1 方式	1-2 方式	1-1 方式	1-2 方式	1-1 方式	1-2 方式	1-1 方式	1-2 方式	1-1 方式	1-2 方式		
LGJ-240/55	22.4	0.1087	397.7	1020.5	550	1.52	2.02	2.28	3.03	3.04	4.04	3.8	5.06	4.18	5.56	4.18	5.56	4.18	5.56
LGJ-210/50	20.86	0.1253	360.7	925.5	500	1.60	2.12	2.39	3.18	3.19	4.25	3.99	5.31	3.99	5.31	3.99	5.31	3.99	5.31
LGJ-185/45	19.6	0.1419	331.1	849.6	450	1.74	2.31	2.61	3.47	3.48	4.63	3.92	5.21	3.92	5.21	3.92	5.21	3.92	5.21
LGJ-150/35	17.5	0.178	283.4	727	400	1.76	2.33	2.63	3.50	3.51	4.67	3.51	4.67	3.51	4.67	3.51	4.67	3.51	4.67
LGJ-120/70	18	0.2145	260.9	669.4	350	1.90	2.53	2.85	3.80	3.33	4.43	3.33	4.43	3.33	4.43	3.33	4.43	3.33	4.43
LGJ-95/55	16	0.2714	222	569.3	300	2.05	2.72	3.07	4.08	3.07	4.08	3.07	4.08	3.07	4.08	3.07	4.08	3.07	4.08
LGJ-70/40	13.6	0.3757	177.6	455.4	250	2.13	2.83	2.66	3.54	2.66	3.54	2.66	3.54	2.66	3.54	2.66	3.54	2.66	3.54
LGJ-50/30	11.6	0.5164	142.8	366	200	2.42	3.22	2.42	3.22	2.42	3.22	2.42	3.22	2.42	3.22	2.42	3.22	2.42	3.22

融冰系统的额定直流输出电压  $U_0$  (500 V)。下面以 200 kW 发电车为例,对柜式直流融冰系统可融冰能力进行计算。

如果利用柜式直流融冰系统对 LGJ-50/30 配电线路进融冰,根据南方电网融冰技术规程编写导则可知,0℃时直流电阻为 0.5164  $\Omega/\text{km}$ ,在气温 -3℃,风速 3 m/s,10 mm 覆冰情况下融冰电流参考值为 200 A。根据焦耳定律,对应 1-1、1-2 融冰方式时可融冰导线长度最大值分别为 4.84 km、6.43 km;但是根据欧姆定律,对应 1-1、1-2 融冰方式时的可融冰导线长度最大值分别为 2.42 km、3.22 km。

由计算可知,以 200 kW 发电车为交流电源,柜式直流融冰系统对 LGJ-50/30 配电线路进行融冰,采用 1-1、1-2 融冰方式时其可融冰导线长度最大值分别为 2.42 km、3.22 km。

如果利用柜式直流融冰系统对 LGJ-185/45 配电线路进行融冰,根据南方电网融冰技术规程编写导则可知,0℃时直流电阻为 0.1419  $\Omega/\text{km}$ ,在气温 -3℃,风速 3 m/s,10 mm 覆冰情况下融冰电流参考值为 450 A。根据焦耳定律,对应 1-1、1-2 融冰方式时的可融冰导线长度最大值分别为 3.48 km、4.63 km;但是根据欧姆定律,对应 1-1、1-2 融冰方式时可融冰导线长度最大值分别为 3.91 km、5.20 km。

由计算可知,以 200 kW 发电车为电源,柜式直流融冰系统对 LGJ-185/45 配电线路进行融冰,采用 1-1、1-2 融冰方式时其可融冰导线长度最大分别为 3.48 km、4.63 km。

同理,经计算可以得到在不同功率交流发电车、不同截面、不同融冰方式条件下配网柜式直流融冰系统的可融冰导线最大长度,如表 2 所示。由表 2 可知,当交流电源发电车功率为 100 kW 时,柜式直流融冰系统可融冰导线长度最大值为 3 km,随着导线截面积的增大,可融冰导线长度最

大值减少;当交流电源发电车功率超过 300 kW 时,随着导线截面积的增大,可融冰导线长度最大值也增加;当交流电源发电车功率位于 150 ~ 300 kW 之间时,随着导线截面积的增大,可融冰导线长度最大值可能增加也可能减少。当导线截面积不变时,随着交流发电车的功率增加,可融冰导线长度最大值也增加,当达到一定功率时,可融冰导线长度最大值不再改变。

### 3 柜式直流融冰系统应用

2015 年 1 月 9 日,某供电公司采用 300 kW 380 V 交流电源发电车配合新采购的柜式直流融冰整流装置对 10 kV 配电线路 (LGJ-95/55) 进行了直流融冰工作。第一次将配网融冰线路融冰短接线安装在距离加压端 5 km 处的位置,在气温 -3℃,风速 3 m/s,10 mm 覆冰情况下进行融冰,对应 1-1、1-2 融冰方式时的最大输出电流分别为 180 A、230 A,显然达不到该导线的融冰电流参考值 (300 A),起不了融冰作用;第 2 次开展融冰工作时,参考表 1,将配网融冰线路融冰短接线安装在距离加压端 3 km 处的位置,对应 1-1、1-2 融冰方式时的最大输出电流分别为 303 A、400 A,均大于该导线的融冰电流参考值 (300 A),满足融冰工作需求。

### 4 结束语

针对配网线路不同截面导线、不同功率的交流发电车,本文计算了配网柜式直流融冰系统可融冰导线长度最大值,其结果可以指导操作配网柜式直流融冰装置的技术人员明确配网融冰线路融冰短接线的短接位置,提高融冰工作效率。

(责任编辑:张峰亮)



# 县级供电企业配网运维管理辅助工具

徐树峰

(广西电网公司阳朔供电公司, 广西 桂林 541900)

当前, 县级供电企业亟待解决的难题之一是电力设施分散分布所带来的诸多管理困难。以阳朔供电公司为例, 管辖的中低压配网线路总长度约为 5650 km, 各供电所配电运行维护人员普遍较为缺乏, 平均每人维护的线路长度超过 140 km, 配网线路巡视维护工作量非常大。同时, 由于缺少数据分析工具, 巡视过程不能有针对性的涉及重点巡视路径, 使得巡视过程不能及时发现设备缺陷及存在的安全隐患问题, 造成故障停电次数多, 故障查找困难, 复电时间长。在运行人员少、设备点多面广的情况下, 如何满足配网巡视的工作要求, 提升现场配网运维效率和质量, 确保配网设备安全稳定运行, 这是配网管理水平提升的重要方向。

在推进创先落地的过程中, 阳朔供电公司通过对标学习广东相关县级供电企业“固化巡视”“一线一预案”等先进管理方式, 在充分吸收消化的基础上, 结合本地电网实际情况和地理特征, 利用配网图纸直观和电子表格易于编制的特点, 安排人员对设备状况进行摸底排查, 设计、提炼出一种提升配网运维管理水平的辅助工具——配网巡视质量档案。

通过建立配网巡视质量档案, 能够准确的掌握线路运行状况及周围环境, 及时发现设备缺陷和危及线路的安全隐患, 减少盲目性, 从而有效降低故障恢复时间, 保证电网的安全稳定运行。

## 1 配网巡视质量档案的形成及特点

### 1.1 配网巡视质量档案的形成

配网设备的主人(运行维护人员)依据设备风险评估及运维周期开展线路、设备巡视维护工作。同时结合电网运行方式、风险预警、重要保供电等情况开展特巡特维。摸清“家底”, 采集每条配网线路的信息, 建立区段台账、通道档案, 例如每基杆所处的地理环境(包含山地、沟壑、林地, 是否在雷区等信息), 杆塔间档距情况(包括是否存在线树矛盾或线房安全隐患等信息), 线路设备情况(包含设备是否存在缺陷、污闪等信息, 以及交叉跨越、易受外力破坏等信息), 并将采集到的详细的线路、设备信息进行记录和汇总。

配网基本信息采集完毕后, 对数据进行归档记录, 在配网图纸上以简洁明了的方式标注出需要重点防范的内容。将标注后的配网图

纸链接到一个 Excel 电子表格, 在表格中将标注的重点内容详细记录下来, 如杆塔、设备、变压器等所处环境、可能遭受的自然灾害影响, 外力破坏、设备缺陷状态等, 并进行风险分析, 明确关注等级, 分为“特殊、重点、一般”三级。对于“特殊”等级的, 如重大安全隐患, 采取立即整改或紧急控制措施等方式处理; 对于“重点”等级, 采取缩短巡视周期, 加强特巡特维, 列入技改、修理项目等措施; 对于“一般”等级的, 采取加强巡视维护, 持续跟踪, 制定整改计划, 如根据竹子、树木的生长周期, 制定砍青计划等。从而建立起直观形象的配网图纸加电子表格组成的“配网巡视质量档案”, 作为日后开展巡视、抢修工作的重要依据。

### 1.2 配网巡视质量档案的特点

在日常工作中, 设备维护人员根据配网巡视质量档案中重点关注的地理位置和具体情况, 为开展巡视工作提供依据和基础数据, 有针对性地采取相应管控措施, 做好维护计划。如树障较严重又不易砍伐的地方, 管辖所将及时与地方政府做好沟通、协调, 提前做好砍青青赔工作, 列好砍青维护计划, 从而有效地提高工作效率, 及时消除隐患。一旦有设备故障发生, 结合配网巡视质量档案, 能尽快找出故障所在的大概位置, 节省配网故障抢修复电时间。

通过在实际工作中的应用和不断改进, “配网巡视质量档案”这个管理工具日益完善, 并受到了一线员工的普遍欢迎。总的来说, 其具有以下特点:

- 直观形象, 易于理解和接受;
- 针对性强, 对巡视、抢修工作效率提升作用明显;
- 风险分级管控, 科学合理;
- 操作简单, 维护方便。

## 2 配网巡视质量档案的应用实例及效果

### 2.1 配网巡视质量档案的应用实例

以阳朔供电公司管辖的社门山站 10 kV 林家 925 线

表1 10 kV林家925线路巡视质量档案表格

杆号	社门山变电站10 kV社林家925线路							
	4	5	12	13	16	17	19	20
杆型	耐张杆	直线杆	门杆	门杆	直线杆	直线杆	直线杆	直线杆
档距/m	72		129		68		85	
地形	山地		平原(跨漓江)		平原		山地(村庄)	
维护重点	线树矛盾		线树矛盾		线树矛盾		线树、线房矛盾	
关注等级	一般		重点		一般		一般	
相关图片	4-5号杆		12号杆		16号杆		19-20号杆	

路为例,该条线路总长 14 km,变压器共 26 台,总容量 2260 kVA;配网线路复杂,经过树林、竹林等路段;巡视重点关注内容较多,故障发生时排查时间较长,结合此类情况,建立配网巡视质量档案,就能有利于运行维护人员高效开展巡视、抢修工作。

结合此配网图纸,制定相应配套的电子表格,如社门山站 10 kV 林家 925 线路 4-5 号杆存在“竹子与导线安全距离不够”这一问题,两杆档距为 72 m,处在山地中,维护重点为线树矛盾等,均在此电子表格中做出详细记录,如表 1 所示。

根据电子表格编写方便、易于链接、一目了然等优点,把关注重点的现场图片链接到电子表格中,巡视人员就可以根据现场图片对隐患消除或故障处理进行有效管控。

### 2.2 配网巡视质量档案的应用效果

2014 年,阳朔供电公司通过建立并充分应用配网巡视质量档案,加大对设备的改造力度,重点加强对老旧设备的更换改造以及线树矛盾突出的线路段进行绝缘化改造,完成配网树障清理 4473 处,排查出 197 个安全隐患点,主要是线树和线房隐患。2014 年公司的 5 级电力安全事件数和故障停电次数同比分别降低了 87.5% 和 50%,管理提升效果明显。而同期的配网故障抢修平均复电时间也有明显改善,同比减少 0.6 h 左右。

应用配网巡视质量档案后,设备维护人员对树木较多、设备抗灾害能力较弱的配网区域持续地开展树障清理及老化绝缘子更换等工作;对重要路段进行重点防控,可以及时了解设备状态,便于隐患排查治理及制定风险预控措施,有效地提升了配网运行维护管理能力;抢修人员对于故障的性质和范围很容易定位,抢修效率也大大提高。即使设备维护人员有所调整,新到岗位的人员也能通过配网巡视质量档案及时了解配网线路运行的情况,便于日常工作更快更好地开展。

## 3 结束语

配网巡视质量档案已在阳朔供电公司全面应用,配网巡视工作质量和效率得到了很大的提高,也大大减轻了设备维护人员的工作负担,具有实用、高效和可操作性强的特点,深受一线班组欢迎。下一步,计划通过运用手持 PDA、GPS、负荷终端、配网自动化等信息化手段持续优化配网巡视质量档案,进一步提升配网运维巡视和抢修标准化管理水平,确保配电网的安全稳定运行。

### 参考文献

- [1] 刘铠滢,张尧.配电网故障恢复综述[J].南方电网技术,2012,6(4):28-32.
- [2] 欧阳昕倩,韩娜,李伟,等.基于配网自动化的配网管理模式[J].农村电气化,2013,308(01):31-32.

- [3] 杨华,顾强,刘洪,等.城市配电网综合管理系统研究[J].高电压技术,2006,32(11):153-156.
- [4] 马士聪,高厚磊,徐丙垠,等.配电网故障定位技术综述[J].电力系统保护与控制,2009,37(11):119-124.
- [5] 孔华东.一个配电网精益化管理的研究与实例[J].电气应用,2013,32(22):22-25.

(责任编辑:张峰亮)

## 资讯

### 南网超高压五大抗冰举措保主网架安全

1月20日14时,南方电网超高压公司根据实际天气情况发布了2016年首次低温冰冻灾害蓝色预警。当天下午又召开了防冰抗冰工作视频会议,听取了各相关单位防冰工作准备情况的汇报,就近期防冰抗冰工作进行了部署提出了要求。

措施一:对线路进行抗冰加固。对所辖80多条运行线路进行了全面普查,按照南方电网公司的相关规程规范,结合实际情况制定并实施了对高肇直流、原天贵线、砚崇甲线等34条线路进行了抗冰加固,合计线路长度550 km以上。提高了抗覆冰设计标准,有效提高了设备抵御严重覆冰的能力。

措施二:安装使用覆冰预警系统。安装了217套覆冰预警系统,并先后进行升级改造,增加了覆冰终端地理位置统计分析、状态自动评估、地线融冰终端监测数据综合分析等多项功能。开展终端消缺调试工作,完成了预警系统与一级主站的数据同步工作。可以充分利用覆冰在线监测装置监测线路温度、湿度、风速、承重拉力值等,及时为开展直流融冰、组织应急队伍进行抢修等提供依据。

措施三:建设使用直流融冰装置。超高压公司建设了7套直流融冰装置(桂林站、河池站、黎平站、独山站、高坡站、罗平站、牛寨站),各个站的融冰装置零功率、空载加压试验及融冰控制保护定检均已完成。截至1月21日,按照计划开展了7条线路带地线融冰试验,均正常可用。

措施四:实施多项防冰改造项目。如2015年对牛从直流具备融冰功能段1635基铁塔地线绝缘子串进行了优化改造等。除牛从直流外,所有地线融冰线路均安装了自动接线装置。

措施五:使用直升机特巡线路。超高压公司制定了直升机紧急飞行预案,针对高山大岭区山高路滑,人员特巡线路困难的实际情况,利用先进的观测记录技术从空中特巡线路,全面掌握线路覆冰情况,为开展直流融冰、组织应急队伍抢修等提供决策依据。

来源:中国电力新闻网



# 基于相间负荷转移的配电台区三相负荷不平衡治理技术

张征凯<sup>1</sup>, 章元德<sup>1</sup>, 史亮<sup>1</sup>, 陆巍<sup>1</sup>, 徐学均<sup>2</sup>, 徐艳军<sup>2</sup>

(1. 国网安徽省电力公司电力科学研究院, 安徽 合肥 230061;  
2. 北京泰豪电力技术有限公司, 北京 亦庄 100176)

## 1 三相负荷不平衡治理概述

### 1.1 治理原理

为解决配电台区三相负荷不平衡问题, 本文在研究当前配电台区三相负荷产生的原因及造成的不良结果的基础上, 设计一套用于治理配电台区三相负荷不平衡的方案。

三相负荷不平衡治理的核心是台区控制器, 实施主体是智能换相开关 (以下简称换相开关)。台区控制器是三相负荷不平衡治理的核心执行装置, 负责收集配电变压器低压侧的三相电流数据, 进行分析计算, 形成最优“不平衡调节策略”, 并将遥控命令下发到换相开关, 进行负荷调节。

台区控制器与换相开关之间采取适宜于近距离传输的无线组网通信技术 ZigBee 技术, 因其具有距离近、成本低、功耗低、复杂度低、自组网以及安全性高、可靠性高等特点, 被广泛适用于近距离高安全的产品或场合中。

换相开关配置数量原则: 换相开关涵盖的户表数 (含单相用电的商铺) 须占配电台区总户表数的三分之一左右 (为负荷较重的三分之一用户)。本文选择的网线厂台区的总户表数  $T_n$  为 210 户, 选择的换相开关额定电流  $I_{e1}$  为 250A, 户表额定电流  $I_{e2}$  为 40A。换相开关涵盖的户表数  $S_n = T_n/3 = 70$ ; 一台换相开关可携带的户表数  $S_{n1} = I_{e1}/I_{e2} = 250 \text{ A}/40 \text{ A} \approx 6$ ; 则换相开关安装数量  $S = S_n/S_{n1} = 70/6 \approx 11$ 。

换相开关安装位置原则: 现场测量实际负荷, 换相开关须安装在负荷大的三相四线制的电缆分支箱或户表箱位置。

三相负荷不平衡治理示意图如图 1 所示。

换相开关安装示意图如图 2 所示。

### 1.2 三相负荷不平衡治理策略分析

三相负荷不平衡调节的“策略”在台区控制器中。其中, 定值的设置项有: 换相开关个数及地址设定、不平衡度调节值、不平衡度调节最低值、不平衡调节时间和不平衡调节延时时间。

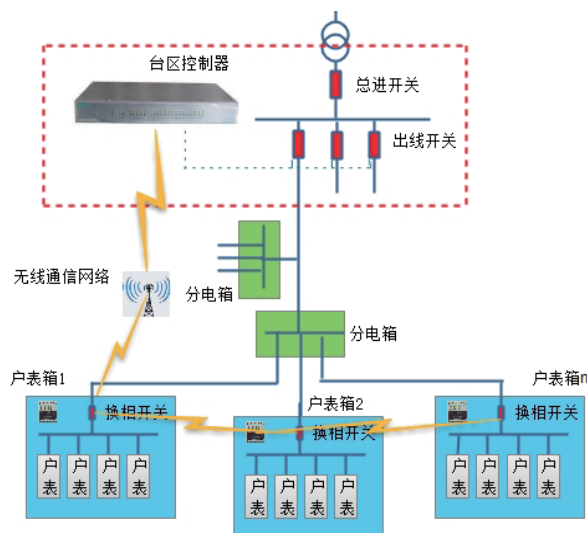


图1 治理示意图

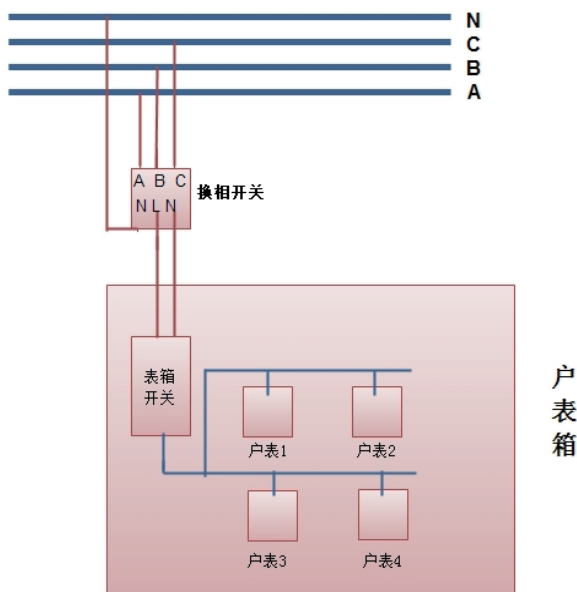
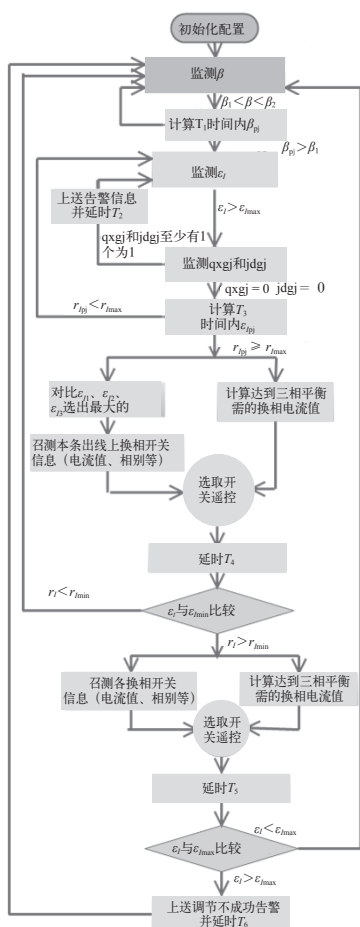


图2 换相开关安装示意图 (户表箱)

三相负荷不平衡治理原则要求: 当变压器三相负荷不平衡度达到 25% 及以上, 且连续监测时间达到 15 min 时,



定值设置： $\beta$ 为变压器负载率； $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 为变压器负载率阈值； $\beta_{pi}$ 为一段时间内 $\beta$ 的平均值； $\epsilon_i$ 为低压总出线不平衡度； $\epsilon_{i1}$ 、 $\epsilon_{i2}$ 、 $\epsilon_{i3}$ 、 $\epsilon_{i4}$ 、 $\epsilon_{i5}$ 为出线1、2、3、4、5不平衡度； $\epsilon_{max}$ 为不平衡上限值； $\epsilon_{min}$ 为不平衡下限值； $T$ 为判别延时，其中 $T_4$ 和 $T_5$ 可写死；qxgj为缺相告警；jdgj为接地告警； $\epsilon_{pi}$ 为一段时间内 $\epsilon_i$ 的平均值

图3 治理策略流程图

开始治理，且治理间隔要求在30 min及以上。

三相负荷不平衡治理执行过程如下：首先，通过三相不平衡治理装置采集出线漏保开关负荷数据、用户用电负荷数据以及换相开关的电流、相位等数据；然后，经过三相不平衡治理装置的控制分析模块，对采集到的负荷数据进行分析计算，计算得出各出线的不平衡度数值；最后，当发现不平衡度数值大于设定的限值，且不平衡度维持时间超过设定的调整时间时，给出最优的调整方案，自动完成各出线三相负荷再分配，使各出线三相负荷处于基本平衡的状态，以此达到低压线路的三相负荷平衡状态。

三相负荷不平衡治理策略流程图如图3所示。

### 3 治理效果分析

本文选择以安徽省无为县供电公司的变压器容量为315 kVA的网线厂配电台区为例对治理效果进行说明。该

台区采用LGJ-90架空导线，长度为500 m，中性线电阻 $R_0$ 为相线电阻 $R$ 的2倍，且治理前后的负荷情况保持一致。从节能降损方面对三相负荷不平衡治理效果进行分析和阐述。

#### 3.1 节能降损效益案例分析

治理前三相负荷电流： $I_{a1} = 66.6$  A， $I_{b1} = 80.7$  A， $I_{c1} = 122.8$  A， $I_{01} = 50.64$  A。

治理前不平衡度为：36.39%。

治理后三相负荷电流： $I_{a2} = 71.3$  A， $I_{b2} = 75.2$  A， $I_{c2} = 82.9$  A， $I_{02} = 10.22$  A。

治理后不平衡度为：8.41%。

治理后与治理前的不平衡度相比，下降了27.98个百分点。

变压器容量 $S = 315$  kVA， $U_1 = 10000$  V， $U_2 = 400$  V， $\Delta P_k = 3.65$  kW。

全年节约电能为15922.5 kWh。节约电量折合人民币8598.15元。

#### 3.2 管理效益分析

通过三相负荷不平衡度治理，一方面使员工提高了由三相负荷不平衡治理对电能质量影响的意识和积极性；另一方面也促进无为县供电公司修改和完善了相关的管理制度、规定及流程，进一步提高无为县供电公司的规范化管理水平。

#### 3.3 社会效益分析

通过实施三相负荷不平衡治理，无为县供电公司网线厂配电台区的电能质量有了较为明显的改善，同时解决了原先由三相负荷不平衡严重造成的低电压而使家用电器无法正常使用的问题，进而提高了居民对生产、生活用电的满意度。

## 4 结束语

本文首先分析了三相负荷不平衡产生的背景以及三相负荷不平衡产生的主要影响，进而本文从技术角度提出了治理三相负荷不平衡的方案以及治理策略，通过分析智能台区三相负荷不平衡治理前后的效果，得出本文设计的方案在节能降耗和提升电压方面都有较好的效果。

### 参考文献

- [1] 覃芸, 张思寒. 电网经济运行分析及措施[J]. 黑龙江电力, 2009(5): 334-337.
- [2] 黄绍平. 负荷不平衡对配电变压器的危害和相应的配电设计方法[J]. 变压器, 1996, (5): 30-32.
- [3] 杨云龙, 王凤清. 配电变压器三相不平衡运行带来的附加损耗、电压偏差及补偿方法[J]. 电网技术, 2004, (8): 73-76.
- [4] 郭峰, 姚莉娜, 刘恒等. 引入三相不平衡度的低压电网理论线损计算[J]. 电力自动化设备, 2007, (11): 51-54.

(责任编辑: 张峰亮)

# 交流电源箱内空气开关异常带电分析

张铭辉, 郭 铨

(国网福建省电力有限公司检修分公司, 福建 福州 350000)

变电站交流电源箱内有开关打压电源、刀闸电机电源、刀闸控制电源、端子箱加热器电源等, 作为站用电系统重要负荷, 站内交流电源箱均采用双电源供电方式, 且接于不同的站用电母线段上。目前常用的连接方式有单段双电源供电、环网供电等模式。根据变电站的运行模式, 如无停电操作, 交流电源箱内电源空气开关均处于常闭状态。

## 1 异常带电现象的出现

进行单段双电源供电的交流电源箱更换时, 断开进线电源上级空气开关 1、2 后, 测量交流电源箱内双电源进线及负荷空气开关均不带电。对双电源进线进行拆除后, 出现进线刀闸及箱内所有空气开关均带电, 且三相电压均为 220 V, 线电压为 0 的异常带电现象。

## 2 原因查找及分析

交流电源箱内开关打压电源、刀闸电机电源均为三相电源, 控制电源与加热器电源则为单相电源, 为使负荷平均分配, 控制电源与加热器电源常接于不同的相别上, 在设备正常运行时, 交流箱内电源空气开关均处于常闭状态。

原因查找。先断开开关打压电源及刀闸电机电源三相空气开关, 然后对空气开关上下端进行电压测量, 发现空气开关下端不带电, 但上端带电且异常现象未消失。再断开刀闸的控制电源单相空气开关进行测量, 空气开关下端不带电, 上端则同样带电, 且异常现象仍然存在。再断开连接于各相上的加热器电源直至箱内空气开关全部断开, 发现进线刀闸 1 刀、2 刀及箱内空气开关上端电压逐相消失, 但所有加热器下端仍然带电, 相电压为 220 V, 线电压为 0。依次对加热器电源进行拆除并测量, 发现 5022 单元端子箱的加热器电源相线与中性线都带有 220 V 电压, 其他加热器电源则不带电。

中性线带电, 主要是由于中性线开路。在三相四线供电系统中, 当中性线断线时, 由于各相负载不完全对称, 负载中性点会发生漂移, 使原中性点电压升高, 中性线作为负载中性点连线的一部分, 与中性点同电位, 并且三相负载不对称程度越大, 中性点漂移越严重, 中

性线电压越高。

在单相回路中中性线开路则会使设备及中性线上都带有 220 V 电压, 设备不能正常工作。

打开 5022 单元端子箱进行排查, 发现 5022 加热器中性线与来自 WXB22 单元断路器汇控箱的中性线下端共用一条中性线接到交流电源箱的中性线排。

原因分析。当拆除交流电源箱内两路进线电源及中性线后, 来自 WXB22 单元断路器汇控箱的线路中性线端相当于断线, 便带 220 V 电压, 再通过交流电源箱内部中性线排使所有中性线带电。各个端子箱内的加热器电源均采用 220 V 电源供电且有一个长投加热器, 其电源均取自此交流电源箱, 为使负荷平均分配, 各个加热器相线接于不同的相别上。带电中性线通过长投加热器将 220 V 电压反送到相应相线上, 便会出现箱内进线拆除后, 进线刀闸 1 刀、2 刀及内部所有空气开关均带电, 且相电压为 220 V, 但线电压为 0 的异常带电现象。

## 3 处理措施

出于经济效益方面的考虑, 许多用户变电站内都存在多线路共用一条中性线的情况, 在进行交流电源箱更换时, 难免出现进线电源及中性线拆除后, 箱内空气开关仍带电、负荷电压升高以及中性线接地跳闸等事故。为避免此类事故发生, 在拆除前应对上级中性线连接情况进行排查, 对共用中性线线路应建立有效的旁路接零, 或者断开相应相线空气开关后开始工作。

对于新的交流电源箱内 220 V 供电线路可以改用双极空气开关, 相线、中性线分别通过空气开关与系统相连, 避免出现因个别线路中性线反送电使整个交流电源箱都带电的情况。

## 4 结束语

电源进线及中性线拆除后, 会出现中性线带电、反送电以及负载电压升高的情况, 应先对负载建立有效的旁路接零后进行拆除工作。

(责任编辑: 贺大亮)



# 110 kV变电站电磁型保护越级跳事故

邢海青, 王倩微

(国网浙江杭州市余杭区供电公司, 浙江 杭州 311100)

2014年5月17日,某110 kV变电站发生了一起因某条10 kV线路永久性故障引起上一级主变压器后备保护误动作事故。#1主变压器10 kV侧后备保护动作出口,跳开该主变压器10 kV侧开关,导致10 kV I段母线失压的严重后果。

## 1 事故经过

该变电站共有110 kV变压器2台,高压侧为内桥接线,10 kV侧为单母分段接线方式。正常运行方式下,高低压侧均分列运行。由于变电站建设时间较早,继电保护仍采用传统继电器回路实现。21:00左右,该变电站事故电笛响,事故画面显示:#1主变压器10 kV开关保护跳闸,10 kV I母失压。现场运行人员检查后发现情况如下:#1主变压器10 kV侧后备保护动作开关跳闸;10 kV出线1限时速断、过流保护、重合闸光字牌均亮,而开关却仍在合位。联系线路人员后,确认当时该线路上确实有永久性故障。

## 2 事故原因分析

对这次越级跳事故采取不查清不放过态度,对这起事故的原因做了如下猜疑:

- 出线1开关拒动,高试人员对出线1开关做了相应的开关特性试验,试验参数均合格;
- 整定值上下级不匹配,调度部门对线路1保护与主变压器10 kV侧后备保护的整定值上下级配合上又做了计算,确定定值均正确无误;
- 主变压器10 kV侧后备保护过流继电器返回特性不好,现场查看故障录波发现,故障切除时间1.8 s与后备保护的整定时间一致;
- 线路1保护未动而信号继电器掉牌,二次检修人员对线路1所有继电器进行单独校验,各继电器参数均合格,排除继电器损坏的情况。

为了查找原因,对线路1配置的保护进行整组试验。该10 kV线路保护配有前加速(瞬时速动)段、限时速动段、过电流保护、重合闸。从保护原理中知,线路保护的前加速段是与限时速动段配合的。当线路上故障电流超过限时速断电流继电器1LJ、2LJ的保护定值时,限时速断

时间继电器1SJ启动,经过1SJ瞬动接点和JSJ瞬时打开延时闭合的常闭接点,启动信号继电器1XJ,开关直接跳闸,不经过延时,从而实现前加速功能。开关保护跳闸后,位置不对应启动重合闸继电器动作,开关合闸。与此同时,重合闸继电器提供正电给前加速继电器JSJ,JSJ启动后,其瞬时动作延时闭合的常闭接点打开,断开了前加速出口回路(即1XJ所在回路)。若开关是合于永久性故障,限时速断时间继电器1SJ启动,它的瞬动接点1SJ经过JSJ瞬时闭合延时打开常开接点,提供前加速继电器JSJ正电,起到自保持作用;另一副延时闭合瞬时打开接点1SJ经过整定时间闭合,启动信号继电器2XJ后出口跳闸,实现限时速动段功能。而10 kV线路保护中的过电流保护则不与前加速配合,始终经过整定时延实现跳闸出口。

根据线路的保护配置原理,采用了2种试验方法。

试验方法1:过流保护动作→开关跳闸→过流消失重合闸动作→合闸于永久故障过流保护再次动作→开关跳闸,结束。整个模拟过程开关保护均动作无误。

试验方法2:限时速断保护动作→开关跳闸→故障电流消失重合闸动作→合闸于永久故障限时速断保护再次动作→开关跳闸,结束。

这时发现,线路1开关一直处于重复合分状态,即重合闸反复充放电,没有实现动作一次闭锁的功能。

因此判断重合闸回路上接线有错误。经检查发现问题:接在端子排的53黑色线(ZCH—12)和54黑色线(ZCH—15)电缆线芯接反。实际接线就变成了端子排53红色线接到了ZCH—15上,端子排54黄色线(J40)接到了ZCH—12上。

## 3 整改措施

事故原因分析清楚之后,更改了错误的接线,并再次对线路1保护进行整组联试验,试验方法为:限时速断保护动作→开关跳闸→故障电流消失重合闸动作→合闸于永久故障限时速断保护再次动作→开关跳闸,结束。整个模拟过程开关保护均动作无误,从而验证了之前事故原因分析的正确性。

(责任编辑:贺大亮)

# 变电站电气误操作中人为因素的分析

王 强

(国网北京延庆供电公司, 北京 延庆 102100)

近年来,随着变电站设备和防误操作装置整体技术水平的不断提高,以及防止电气误操作管理规定、规范等管理手段的不断完善,人员因素在整个防误管理中的地位逐渐凸显出来。人员因素是整个防误管理体系中最为复杂,也是最难以控制的一环。人员思想麻痹、习惯性违章、人员生理、心理及家庭生活情况等发生异常都有可能致误操作事故的发生。如何对这一环节进行分析和控制已经成为防误管理这一课题发展到现阶段的关键所在。

## 1 进行误操作人为因素现状分析

### 1.1 误操作人为因素分析的目的

全面落实《电力安全工作规程》,严格执行操作把“六关”,具体分析操作类型,高度重视人为因素,提高防误管理水平,杜绝由于人为因素导致的误操作事故发生。

### 1.2 误操作人为因素分析的范围

由于防误操作管理是一项系统工程,所以具体到日常防误操作管理工作中及《电力安全工作规程》的落实情况;操作把“六关”执行情况;防误操作装置运行情况;设备运行情况;具体操作类型分析;操作人员生理及心理情况等。

### 1.3 由于人为因素引发误操作的情况

通过具体的工作实践和对大量误操作事故实例的分析总结,综合考虑人员、设备、技术、管理等各种因素,总结了8种易发生误操作事故的情况,这8种情况是:简单的操作易发生误操作事故;工作完毕恢复送电操作时易发生误操作事故;检修工作进行中的临时性操作易发生误操作事故;远方传动易造成误拉、合开关设备的误操作事故;检修过程中添加工作内容,交接班又未交接清楚易发生误操作事故;保护传动工作或变压器油回路工作漏停联掉压板或保护压板,母联开关与电流互感器小车之间有联掉关系的情况下易引发误操作事故;操作中随意解锁极易造成事故发生;在倒闸操作过程中操作人员因其他各种因素干扰思想不集中走错位置易发生误操作事故。

## 2 防范的具体措施

### 2.1 从专业管理上防范误操作事故

杜绝误操作事故发生专业管理分为两条主线。一是认真落实国网北京市电力公司关于防误管理的各项组织措

施、技术措施、安全措施,严格执行《电力安全工作规程》,确保防误操作装置正常运行,确保模拟图板与实际运行方式一致;二是结合具体操作任务,在充分了解、分析当值操作人员心理、身体情况的基础上,严格执行两票三制,操作把“六关”,确保操作顺利进行,杜绝误操作发生。

### 2.2 针对易发生误操作人为因素的防范措施

根据易发生误操作的人为因素的分析 and 总结,针对8种易发生误操作事故的情况,制订了相应的应对措施。

简单的操作:工作任务少、操作简单,操作人员思想麻痹、不重视,倒闸操作时不看操作票操作,或根本不写操作票,也不核对设备运行方式,有的情况就是单人进行操作,如电容器、消弧线圈的停送电操作,多次发生未拆地线就送电的情况。表现出操作人员对简单操作思想上不重视,没有严格执行“两票三制”,有的完全不执行倒闸操作把“六关”的要求。防范措施:简单操作不能放松,与复杂操作一样重视。必须使用操作票,且要认真填写。严格执行操作把“六关”,特别是核对图板关和操作监护关。

工作完毕恢复发电操作时易发生事故:主要原因是值班人员工作劳累一天,思想有所放松。尤其是工作现场班组较多时,订票、收票、验收设备、配合传动等繁杂事情较多。检修及试验临时性操作的断路器、隔离开关未及时复位。送电前未认真核对现场的运行方式,恢复操作票准备不充分等都有可能造成事故发生。防范措施:严格执行“两票三制”,复杂操作早练功。值班人员做好分工,验收、传动、临时性操作责任到人。提前与调度核对送电操作命令,做好恢复操作准备。送电前认真核对设备方式,特别是临时操作的断路器、隔离开关,临时加挂的接地线等是否已复位。确保恢复前方式与检修工作开始前相符;认真执行操作把“六关”,检查接地线、短路线。复杂停电工作派人现场把关,提前安排、充实现场值班力量。

检修工作进行中的临时性操作易发生事故:这主要是由于传动配合操作没有像正式操作那样严格执行倒闸操作把“六关”,有的是单人操作,解锁操作,未认真核对设备名称、调度号极易走错位置,这样的事情曾多次发生。防范措施:检修、试验、保护传动需临时操作拉、合断路器、隔离开关,临时挂拆的地线等必须由站内当值值班2人以上进行。并在站内黑板上做明显提示记录。严格执行

倒闸操作把“六关”，尤其是核对图板关。认真核对调度号及设备名称，防止走错位置。设备检修过程中需要进行的操作，不得改变运行系统接线方式；并且一般应采用常规操作方法在安全措施范围内进行。若采用非常规操作方法，应经现场当值运行人员许可并在监护下进行。工作完毕后，必须将所操作的设备恢复到原位置，及时将钥匙交还运行人员，并与运行人员共同核对设备实际位置。

**远方传动易造成误拉、合断路器：**监控人员在监控室配合远方传动时如未认真核对监控画面有可能拉到其他变电站同一调度号开关，尤其是在违章单人操作的情况下。  
**防范措施：**监控班在配合远方传动拉合断路器时必须两人进行。要核对变电站名进入该站监控画面。明确工作内容和操作目的。核对要拉、合的设备名称及调度号，在与现场人员核对无误后方可进行操作。

**检修过程中临时增加工作内容，交接班又未交清易发生事故：**因工作需要临时增加工作内容，如在停电的范围内值班员可能增挂了地线或拉、合停电范围内的隔离开关或断路器，而在交接班过程中又未明确交待所增加的临时内容，接班人员在未认真核对现场安全措施情况下恢复供电时极易发生事故。  
**防范措施：**交接班应做到交接两清。跨班的停电检修工作，交接班时应重点对地线使用的组数、临时操作的隔离开关、断路器拉合情况进行重点交代，并实际核对现场运行方式。临时操作的断路器隔离开关或临时加挂的地线应在运行日志中有明显记录及工作现场的黑板上有明显提示，模拟图板应作相应变动并与实际相符。

**保护传动工作或变压器油回路工作漏停联掉压板或保护压板，忽略母线联络断路器与电流互感器小车之间有联掉关系，易造成事故发生：**一般变电站主进开关过流保护联掉母线联络断路器，小车型的开关柜主进或母线联络断路器与电流互感器小车有联掉关系。踩踏电流互感器小车踏板将掉开主进或母线联络断路器，这种情况在检修过程中如走错位置将造成事故。  
**防范措施：**变压器保护有传动工作应将联掉母线联络断路器压板退出。变压器油回路或呼吸器换硅胶等工作时应将主变压器瓦斯保护掉闸压板退出（应征得调度同意后再进行）。主进及母线联络断路器与电流互感器小车之间有联掉关系，操作人员不得采取踩踏电流互感器小车踏板掉断路器的方式，尤其是试验传动过程中一旦走错位置将造成运行设备误掉。

**操作中随意解锁易造成事故发生：**正常操作或停电范围内临时性操作过程中，因各种原因操作出现五防闭锁、不允许操作的情况发生时，未认真核对操作步骤及设备名称、调度号是否正确，简单认为五防锁具或闭锁关系有问题，未经请示批准即进行解锁，多次造成误操作事故的发生。  
**防范措施：**正常倒闸操作中，闭锁装置出现闭锁

情况，应停止操作，首先认真核对操作步骤是否正确，设备名称、调度号是否与操作票相符。确实是五防锁具或装置故障时，应严格履行五防解锁程序，在防误装置专责人到现场核实无误确认需要解锁操作，经专责人同意并签字后由运行人员报告当值调度员，方可解锁操作。按有关规定对五防系统设备进行定期检查、维护，做好记录并归档，定期对五防模拟图板及锁具闭锁关系的正确性进行实际传动核对，避免五防装置故障。变电站应建立防误闭锁装置解锁钥匙存放、使用、登记管理细则。解锁钥匙应放置在专用的钥匙盒内并锁好，钥匙由值长保管，每日交接班时应交接检查，无人值守站钥匙应封存在固定地点，定期检查，未经批准，解锁钥匙不得外借使用。设备停电后，因检修工作需临时进行断路器、隔离开关的操作应由变电站值班人员使用微机五防的“检修”功能钥匙进行操作，检修人员不得进行任何停电设备的操作。

**在倒闸操作过程中操作人员因其他各种因素干扰思想不集中走错位置造成事故：**值班人员由于工作或家庭等因素在操作时思想不能集中、走神，尤其是在接令、操作票填写时及操作过程中遇有其他事情干扰正常的思路使接令、填写操作票、走错位置发生造成事故。  
**防范措施：**在操作过程中操作人、监护人必须集中精力，不受外界干扰，按照操作把“六关”的原则，依据填写的操作步骤，一步一步进行，操作过程中不应干和操作无关的事情或聊天说话。值班人员接受调度命令时应由两人进行，一人接令、一人在旁监听，现场应保持肃静。养成良好的劳动纪律，保持良好的精神状况。在接受命令和操作时要全神贯注，精神集中，情绪稳定。这就要求值班员增强责任心，下班时休息好，当班时才能安心工作，处理问题时思路才能清晰，才能保证操作正确。对临时改变的工作计划及电网出现的事故，异常情况不盲目图方便、图省事，凭印象去处理。上班人员应保持良好工作状态，上班前及工作中严禁饮酒。

### 3 结束语

防误操作专业管理工作最为直接的评估指标就是在管理过程中是否发生了电气误操作、是否发生了解锁操作。其他专业管理的评估指标还包括电气设备装置性缺陷排查及整改情况，防误装置缺陷排查及整改情况，防误操作管理组织、技术、安全措施落实情况检查等内容。主要对防范变电站电气误操作中人为因素进行了分析，指出了目前误操作中人为因素引发误操作是可以防范的。为此，在今后的工作中，将进一步对电气误操作中的人为因素进行分析和总结，防范同类事故的发生，以促进电力安全生产踏上新一级阶梯。

（责任编辑：贺大亮）



# 城市配电自动化工程关键技术方案

徐 兵

(国网湖北武汉东西湖区供电公司, 湖北 武汉 430040)

城市经济的发展和居民生活水平的提高,使得对供电可靠性和供电质量的要求越来越高,然而配电网建设相对落后,促使供电企业大力建设配电网,配电自动化作为一项能够保证配电系统持续稳定运行的关键技术得到了广泛的应用。城市配电自动化以城市配电网为服务对象,采用计算机技术、自动化技术、通信技术等手段,实现有效控制城市配电网的正常运行和快速正确的故障处理等功能,包含了馈线自动化、配电网状态监控、地理信息管理、网络拓扑等多个功能模块。配电自动化系统的应用使得供电企业真正具备配电调控能力,实现了配电网状态实时监控、远方实时协调和设备远方操作功能,配电网运行水平得到大幅提升,具有巨大的经济价值和社会价值,是现代配电网建设中必不可少的一项重要环节。

本文在对我国配电网发展现状及其自动化系统应用现状充分调查分析的基础上,从配电自动化工程实际出发,针对其中涉及到的配电自动化通信、馈线自动化、配电网主站自动化系统等关键技术方案进行研究并提出相应的技术方案,具有实际应用及参考价值。

## 1 配电自动化总体方案

考虑到我国城市配电网自动化系统必须适应于当前城市配电网现状,也要考虑到未来城市发展的可能性,同时兼具稳定性和可扩展性。根据系统开放设计的基本原则,总体结构采用分层模式,分别为配电自动化管理层、配电自动化中间层和配电自动化基础层,各层之间采用通信将其有效地连接在一起,形成一个完整的网络系统。

### 1.1 配电自动化管理层

配电自动化管理层或者称之为主站层,是配电自动化系统的中枢,是整个体系的最高层,主要实现集运行监控、集中式馈线自动化和配电管理等功能于一体的配电综合自动化系统的功能,形成对城市配电网的整体控制和统一管理,确保其处于稳定、高效的运行状态。配电自动化管理层的实现方式采用“集中控制,分区应用”的模式,主站系统安装在城市供电公司调控中心,通过通信通道获取配电网的实时信息,同时控制“三遥”监控点。

### 1.2 配电自动化中间层

配电自动化中间层或者称之为子站层,是配电主站和

配电终端设备之间承上启下的桥梁,实现所辖区域数据收集、汇总、数据及操作命令转发功能,同时履行本区内监控、管理功能。配电自动化中间层的实现方式采用网络分布式子站模式,有监控单元和数据处理单元组成。

### 1.3 配电自动化基础层

配电自动化基础层或者称之为终端层,是配电自动化体系的最底层,通过安装在城市配电网各处的大量的终端设备完成现场一次设备的信息采集功能,将采集到的大量相关信息上传,并根据实上一层系统指令准确可靠动作,因此,它是整个系统得以实现功能的基础。配电自动化基础层是由多种类型的终端设备组成的,主要包括供配电监控终端(DTU)、馈电线监控终端(FTU)和变压器监测终端(TTU)等类型。

## 2 配电自动化关键技术方案

### 2.1 配电网一次设备改造的关键技术

按照配电网网架的建设目标,电网中的配电线路应该按照 $N-1$ 原则,而且负荷在线路上要均匀分布,线路上的分段开关以及联络开关的数目和位置都应该达到最优。按照电网的实际,在改造网架线路时,应该按照:

- 单辐射线路进行“拉手”。按照 $N-1$ 的原则进行改造,加强节点之间的联络,能够实现在发生故障时,负荷能够转移,提高其供电可靠性。如果是电缆线路应该由单辐射向着单环网方向进行改造,架空线路一般向着单联络或者多联络方向改造。
- 对线路的网架结构进行优化。对联络改造和分段点的改造来简化负载的线路,简化线路结构,而且能够满足 $N-1$ 原则;对供电线路进行变更,使得负荷分布更加合理,改变联络开关和分段开关的位置,降低线路损耗的同时提高供电可靠性。

除此之外,在选用联络线路时如果条件允许应该尽可能地选择不同变电站的出线,如果条件不允许,那么也应该至少选择同一变电站不同母线侧的出线。

在对配电网设备自动化进行改造时,应该按照以下原则:

- 在一次设备的终端空间内部或专业辅助安装箱内装设电压互感器、电流互感器以及配电终端,从而实

现配电自动化的功能；

- 在每条线路上装设2~3个能够实现自动功能的分段开关；
- 改造或增加电缆的分接箱，对关键设备进行更换，以此来保证网架能够适应其结构的调整；
- 安装柱上分段开关、分届开关以及联络开关。

### 2.2 主站系统建设的关键技术方案

配电网的管理和监控中心系统的设计应该严格遵守国家相关标准，应具有安全、可靠、实用、可扩展等特点，而且要有较高的性价比。调度自动化系统也应该按照电网的实际情况进行确定，优先考虑配电自动化和调度自动化一体化的设计，进行分步实施，按照自动化管理的实践和管理经验进行实施。

在评价配电网自动化系统时，最主要的是实现功能、采集数据，以及是否能够发挥技术的支撑作用，从而为电力的生产、运行以及营销发挥相应的作用。在配电自动化试点改造时应该按照以下原则：

- 在城区范围内，扩大自动化相关设备的覆盖范围，争取在当期工程内能够实现全覆盖；
- 主站的功能需要升级，在升级的过程中需要增加或者完善的功能应该与设计目标对应；
- 对于需要接入终端系统的设备要进行拓展，对其接入方式以及主要功能作出明确的规定。

### 2.3 通信系统建设的关键技术方案

采用 ZigBee 等通信技术，可以实现从变电站或者有铜线条件的站点出发，无线信号能够到达每个环网柜、开闭所以及箱式变电站，这些有条件的变电站还可以通过 MESH 进行联网，变电站中心会汇聚设备向各个方向的无线链路，进而实现信号的汇总。

信息交换总线也是调控一体化集成的关键技术，它能够实现各个系统信息的交换，为调控构建完整的信息。各个系统间的信息交换也是通过信息交换总线来完成，主要包括调度自动化（EMS）、配电自动化系统、生产管理（PMS）、主站管理系统、营销管理和“95598”等；其主要的技术支持架构如图 1 所示。

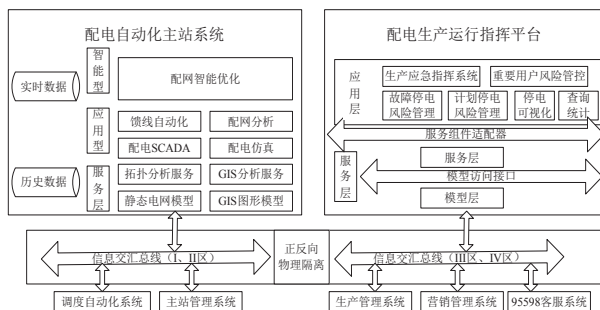


图1 技术支持架构

为了实现信息的集中优化，一般停电计划需要按照风险分析的结果进行安排，对电网中的每一次事故停电，也都需要分析原因，对相关的故障情况进行共享而且应用，为配电网调控的一体化提供相应的技术支持。

### 2.4 馈线自动化建设的关键技术方案

配电自动化建设的主要设备有集中型开关以及电压型开关、用户分界开关 3 种。

集中型开关一般为电流型开关，只有当故障电流流过时才会发出过流或者速断信号，而且只有在主站进行遥控或者进行就地操作的时候才能实现开关的分合，所以故障处理过程中需要主站进行配合。

电压型开关有来电延时合闸、失电分闸的特点。如果主站有二次重合闸功能，则可以实现故障的自动处理，此时并不需要主站参与。

分界开关会在用户侧有单相接地的时候立即分闸，并不会给其他用户造成影响；用户侧发生相间短路故障时，变电站出线开关会跳闸，此时分界开关会跳开而且闭锁，在 1 s 后变电站会恢复供电。

在进行馈线自动化建设时，需要遵循的原则是：

- 集中型的自愈模式是主要模式，分布和集中式的自愈模式可以在部分线路上实现；
- 分界开关用在线路上能够实现用户的自动故障隔离；
- 对故障指示器检测系统的加强和完善，能够准确有效地实现每一条线路迅速准确的定位故障；
- 加装开闭锁的备投装置，能够实现不同电源之间的有效切换，提高供电的可靠性。

## 3 结束语

当前配电自动化系统已经成为国内外研究的热点，在我国的很多供电企业也都已经进行了相应的试点实验，这项工程建设对于提高供电可靠性有着重要的应用价值，而且能够显著提高供电企业配网运行管理的水平，也是智能电网建设中必不可少的一环。

## 参考文献

- [1] 赵江河，陈新，林涛，等. 基于智能电网的配电自动化建设[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18): 33-36.
- [2] 侯昆明. 城市配电自动化工程关键技术方案研究[D]. 山东: 山东大学, 2014.
- [3] 孙海玉. 临海市城区配电自动化工程关键技术研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
- [4] 王伟. 城市配电自动化技术方案研究[J]. 应用技术, 2013(23): 166-167.
- [5] 郑毅，刘天琪，洪行旅，等. 中心城市大型配电自动化设计方案与应用[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18): 49-53.

(责任编辑: 贺大亮)

# 110 kV变电站的电气自动化设计

张 健

(云南文山电力股份有限公司, 云南 文山 663099)

**摘要:**以电气自动化设计在110 kV变电站应用为例,积极探索110 kV变电站电气自动化技术设计与应用,旨在促进变电站自动化相关技术可持续发展和长足进步。

**关键词:**电气自动化设计;110 kV变电站;监控系统

**中图分类号:** TM561

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1003-0867(2016)01-0037-02

110 kV 变电站是电力系统中很重要的因素之一,它的自动化设计对人们的日常生产与生活有着相当大的影响。从目前变电站的实际运行情况出发,其中存在很多可变因素,均可对110 kV 变电站运行可靠性造成影响。110 kV 变电站自动化技术应用对相应供电区域正常的生产与生活有着相当大的影响,应当着重对110 kV 变电站中电气自动化技术设计与应用加以研析。110 kV 变电站自动化的实现与很多因素有关,本文结合实际情况对110 kV 变电站电气自动化设计应用进行深度解析,并有针对性地提出相应解决对策,希望可以为相关的工作者提供一点有价值的参考性建议。

## 1 110 kV变电站

变电站是指电力系统中对电压进行变换,合理配置电能,同时对电力流向和电压综合控制的一套电力设备<sup>[1]</sup>。变电站具备桥梁作用,结合变压器把各等级电压电网有机融合,达到合理配置和调换电能的效果,进一步让每个电网组成一个供电体系。换句话讲,变电站的可靠运行关系到全部电网的运行质量。我国的110 kV 变电站有很多,且覆盖面也比较广。110 kV 变电站自动化指的是以计算机通信技术与网络技术作为前提条件,应运而生并得以迅猛发展的先进科技。国外从20世纪初便开始展开研发,时至今日,诸多电力设备制造企业也有相关产品不断研发出来。同一时间,部分企业指出,对变电站电气自动化展开设计,企业生产成本可明显下降,其综合竞争实力会大幅上升,市场的占有率因而得以保持并不断拓展。也正基于该层次,对110 kV 变电站的电气自动化技术设计与应用进行研究,提升进一步的工作效率,确保变电站能够安全可靠运行。110 kV 变电站在20世纪60年代左右逐渐迈进普通地级市,因为那时电力投入过少,且供电负荷较低,诸多城市仍然依赖35 kV 变电站共同构建高压输电网络。伴随国民经济飞跃式发展,我国供电事业较之以往也

有重大进步,此时变电站的电气设备还选择户外敞开方式安装。除此以外,变电站主接线相对繁杂,变电站应用设备多、占地多,并且安全性不高,欠缺之处仍然很多。随着20世纪90年代中后期到来,电力资源较以往得以扩充,此时人们开始把GIS和COMPASS设备应用于变电站电气设备方面,户外敞开型布置也过渡到半户内或是全户内模式<sup>[2]</sup>。对新技术新设备加以运用,让变电站主接线更加简单,大幅增加主变压器容量。此外,变电站自动化进程加速向前迈进,无人值班的目基本达到。这也是当前变电站基本状况,用地少、工作量不大、可靠性与自动化程度高,备受电力领域推崇。

## 2 电气自动化在110 kV变电站中的应用

从上述110 kV 变电站相关阐述看出,正因为自动化相关技术最终目的是无人值班,尽可能节省资源,所以被大面积普及应用<sup>[3]</sup>。首先,应用共网传输相关技术。从实际运行情况出发,电子互感器采取把IEC组网形式与间隔层联通,进一步能够对共网传输形式确保特性加以分析,旨在达到同步技术和通信保障的目的。保障操作箱和测控I/O两者融合智能终端被安放于端子箱当中,同时结合GOOSSE技术达到主变压器、线路和母差防止跳闸功能。要想对该网络结构进行简化,达到对组播流量择优配置,二次设备和过程层交换机,为组播协议精准融于对时提供坚实保障,适合变电站深入自动化进程同时彻底优化网络配置。变电站测控,保护和电能表等均能够凭借IEC网络采样,电压切换通过测控、保护和电能表得以进入自动化处理模式。在这当中,由电能表采集电量信息利用MMS协议对采集终端进行传输,在网络通信当中同步技术及其相关设备是具备较强稳定性和兼容性的,这是变电站实现自动化控制技术关键所在。其次,应用电子互感技术。现实工作中110 kV 变电站也都是依据220 kV 变电站设置电压等级的,在110 kV 的变电站的电气自动化系



统中, 想要达到变电站双重保护设想, 就要把互感器合并单元和远端模块设计为独立的双重采样回路。重视对纯光纤、普通和电子式互感器联合应用保护作用加以研究。

从变压器自动化技术应用角度讲, 自动控制系统主变压器套管互感器全部选择光纤式互感器, 另外还做纯光纤与电子式互感器对母差加以保护。由变压器自动化技术应用效果看, 自动化变电站线路光差保护依赖两个端口达成, 一端应用电子式互感器, 另一端应用常规互感器, 凭借两个端口相互搭配, 对变压器自动控制线路保护影响做更深层次研究, 这样也能够进一步促进 110 kV 变电站整体自动化实现。另外, 计算机是变电站得以实现自动化的核心, 计算机监测系统对变电站中全部设备进行控制及监测, 凭借现代化数据库构建及通信技术发展, 促使变电站具备系统化管理和运行规模, 因而变电站计算机监测控制系统, 同时也为一个较为复杂网络系统。变电站是输电配电系统中核心配套设施, 也是我国电网的主要监测点。对变电站的电气自动化技术科学合理设计并加以应用, 对确保电网正常供电, 国民经济可持续发展, 具有重要实践价值<sup>[4]</sup>。

### 3 电气自动监控系统

110 kV 变电站监控系统旨在确保电网安全可靠运行, 将变电站工程成本降至最低。变电站监控系统应用是在数字信息时代背景下信息技术与高性能通信融合下的产物。可以做到在线随时随地监控变电站部分机械设备运转数据与运行情况, 对设备运行信息采集、处理、归纳总结, 经研究所得结论立即送至监测系统终端, 给变电站管理与运行提供参考依据<sup>[5]</sup>。

首先, 系统整体功能与结构。变电站监测系统结构设计, 应当综合考量三个层次的内容: 其一, 监测系统首层是上位机, 它通过变电站网络与组态软件一起控制, 上位机处在监测系统中心呈现出双机冗余形态; 其二, 监测系统第二层由 PLC 构成, 处在监测系统控制室视作冗余; 其三, 监测系统第三层为隔离开关、断路器等设备, 主要负责监测电流电压等数据。

其次, PLC 设计。PLC 属逻辑型控制器, 可自由编程, 因为它稳定可靠的性能被用在 110 kV 变电站监测系统之中, 因为容易编程, 凭借梯形图与指令进行编程充分符合投入实际生产所需。用 PLC 来监测变电站电气相应部分。对 PLC 进行选取过程中, 应当依据实际控制对象储存 20% ~ 30% 备用量, 从而充实监测系统控制水平以促使变电站每时每刻都处于被监测状态。

再次, 组态软件设计。组态软件多用在控制与采集数据过程中, 然而组态软件是变电站监测系统自动监测层研

发平台, 须变化组态形式供给使用者建立自动检测控制工具。为了对变电站部分设备进行监测就要考虑如下设计内容: 对监测界面进行设计, 同时对 PLC 设备进行设计, 构建监测数据库, 以匹配 PLC 数据与数据点, 设计部分设备报警及工作操作按钮与图形界面, 用动画形式把以上层级连在一起, 构建数据和图形对应变化关系, 如果处在非正常状态就利用声光方式报警, 最后对操作脚本进行设计, 以促使设备正常运行。

最后, PLC 和组态软件通信<sup>[6]</sup>。PLC 和组态软件存在韧性驱动促使两者通信达成, 假使使用者没能对两者间协议把握得当, 就不需要在 PLC 当中对网络与编码进行设置达到两者间交流通信的目的。变电站与电气监测系统设计需要留意 PLC 运行时, 务必调整组态软件至恰当通信位置从而确保成功交换数据信息。

### 4 结束语

综上所述, 伴随国家经济的日益发展, 电力系统不断的成长完善, 110 kV 变电站在提供电能资源的同时, 它的自动化进程已经越来越受人们关注。对于 110 kV 变电站, 电网故障是最大的影响因素, 设备的老化、配网线路的维护水平偏低、自动化进展缓慢等对其都是可变的因素。伴随变电站供电技术的不断发展, 在进行实际供电的时候, 会碰到诸多影响 110 kV 变电站自动化进程的因素, 所以相关的工作人员在综合 110 kV 变电站自动化设计的时候, 应多角度入手, 让 110 kV 变电站自动化技术与应用在科学合理的状态下综合提高。所以 110 kV 变电站相关人员在适当提高配网自动化水平的同时, 应当基于当地发展实情, 发散思维, 灵活应对提出多种科学合理的解决方法, 最终的目的就是提高 110 kV 变电站的整体自动化建设质量。

### 参考文献

- [1] 梅陵生. 110 kV 总降压变电站综合自动化系统的应用探析[J]. 科技传播, 2013(16): 130+117.
- [2] 刘杨. 浅谈 CL2000 变电站综合自动化系统在 110 kV 变电站的应用[J]. 电气应用, 2010(02): 26-29.
- [3] 刘杨. CL2000 变电站综合自动化系统在 110 kV 变电站的应用[J]. 电气时代, 2010(04): 81-84+87.
- [4] 刘显文. 探讨电气二次设计在 220 kV 综合自动化变电站的应用[J]. 通信世界, 2014(06): 65-66.
- [5] 宋兴丽. 110 kV 综合自动化变电站的电气二次设计分析[J]. 科技与企业, 2014(15): 477.
- [6] 李爱玲, 韩启华. 微机综合自动化保护系统在 110 kV 变电站中的应用[J]. 科技资讯, 2015(19): 57-58.

(责任编辑: 贺大亮)

# 基于输电线路杆塔现状的智能在线监测防控分析系统

王占杰, 任超, 方金剑, 张浩, 路莉, 张文学

(国网安徽亳州供电公司, 安徽 亳州 236000)

**摘要:** 加强输电线路技术防护手段, 提高技术防护能力, 初步实现复杂区域输电线路外力破坏的有效监控, 实现监控专人常态化, 对隐患能及时发现、及时预警、及时管控, 为今后输电线路在线监控专业规范化管理做好准备工作; 该监控系统能安装和兼容预警和报警系统, 使之具有发现、过滤虚假信号、预警、向后台发送危急信号功能; 系统在今后推广到输电线路运维管理各种作业现场的实时监控(基建施工、大修技改工程、大型检修等), 逐步扩展到对输电线路的风偏、舞动、盐密、覆冰、雷电等现场数据的实时采集、汇总、分析等功能。

**关键词:** 输电线路; 杆塔; 预警信息; 报警分析

**中图分类号:** TM561

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1003-0867(2016)01-0039-02

电力系统由发电厂、输配电线路、供配电所和用电等环节组成的电能生产与消费系统。它的功能是将自然界的一次能源通过发电动力装置转化成电能, 再经输电、变电和配电将电能供应到各用户。为实现这一功能, 电力系统在各个环节和不同层次还具有相应的信息与控制系统, 对电能的生产过程进行测量、调节、控制、保护、通信和调度, 以保证用户获得安全、优质的电能。要保证整个庞大系统的安全稳定运行, 检修是保证电力设备安全稳定运行的必要手段, 它关系到设备的利用率、事故率、使用寿命、以及人力、物力、财力的消耗和电力企业整体效益等相关问题。迫切需要实施以输变电设备状态在线监测和诊断技术为基础的状态检修, 提高电力系统的安全性、稳定性、可靠性<sup>[1]</sup>。

国外统计资料表明, 在实施状态检修后, 一般可使设备大修周期从3~5年延长到6~8年, 甚至10年。并且在1.5~2年即可收回实施状态检修所增加的投资。

输电线路在线监测技术是指直接安装在线路设备上可实时记录表征特征量的测量系统及技术, 是实现状态检修和状态监测的重要手段。

## 1 输电线路在线监测装置系统组成

输电线路在线监测装置的组成硬件部分如图1所示。

### 1.1 图像采集装置

架空输电线路杆塔现场视频图像信息的获取需要依靠现代化的数字化视频监控与识别系统来实现。

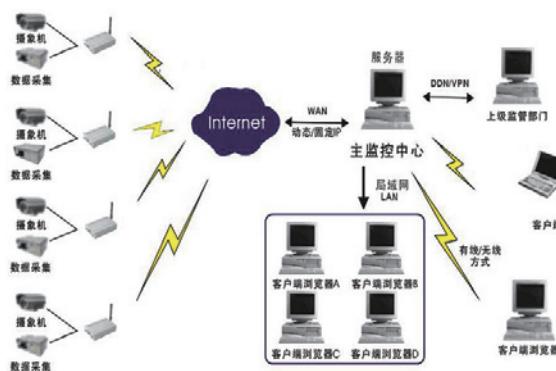


图1 输电线路在线监测系统组成示意图

### 1.2 视频编码处理模块

系统的图像压缩处理单元是一个相对于独立的单元, 安装在铁塔上的无线监测服务器接收并处理监控中心的各种请求。将采集到的数据图像经国际通用图像压缩标准压缩处理后上传至监控中心<sup>[2]</sup>。

### 1.3 无线传输模块

经过编码压缩的视频图像信息通过3G无线传输模块与监控中心建立远距离无线通信。优化信号天线设计以稳定数据传输。

### 1.4 供电电源设计

在线监测装置的安装绝大部分是在野外, 采用太阳能与蓄电池组合供电。配合电源控制模块对电能进行优化管理, 实现装置长时稳定供电。

## 2 系统软件开发

### 2.1 系统软件架构

基于 C/S 软件架构技术<sup>[3]</sup>，充分利用两端硬件环境的优势，将任务合理分配到 Client 端和 Server 端来实现，降低了系统的通信开销。C/S 结构的基本原则是将计算机应用任务分解成多个子任务，由多台计算机分工完成，即采用“功能分布”原则。客户端完成数据处理，数据表示以及用户接口功能；服务器端完成 DBMS（数据库管理系统）的核心功能。

目前大多数应用软件系统都是 Client/Server 形式的两层结构，由于现在的软件应用系统正在向分布式的 Web 应用发展，Web 和 Client/Server 应用都可以进行同样的业务处理，应用不同的模块共享逻辑组件。因此，内部的和外部的用户都可以访问新的和现有的应用系统。

### 2.2 大数据存储技术

大数据编码优化技术：基于纠错码的数据冗余技术是不同于多副本技术的另外一种容灾策略，其基本思想是：通过纠错码算法对  $k$  个原始数据块进行数据编码，得到  $m$  个纠错码块，并将这  $k + m$  个数据块存到不同的数据存储节点中，以此建立容灾机制。当  $k + m$  个元素中任意的不多于  $m$  个元素出错（包括数据和冗余出错）时，均可通过对应的重构算法恢复出原来的  $k$  块数据，整体选择框架描述如图 2 所示。

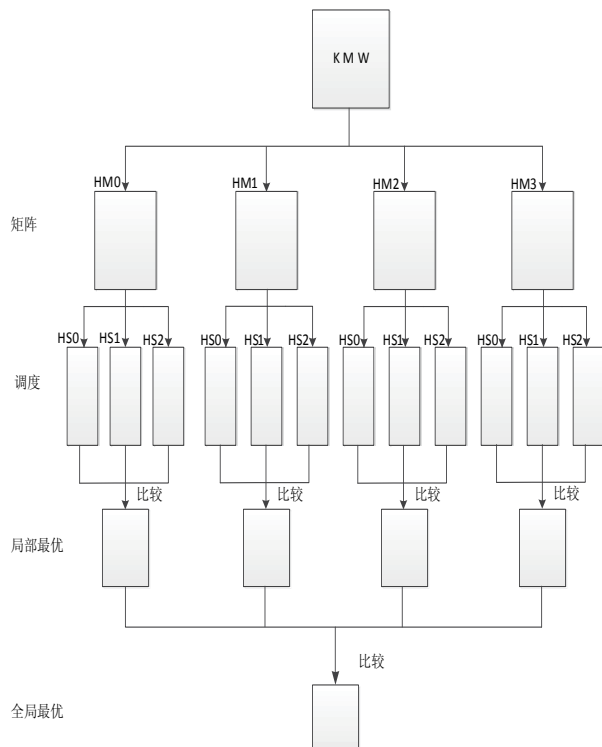


图2 整体选择框架描述

## 3 图像智能分析

### 3.1 图像智能分析实现原理

智能视频分析系统对视频中异常行为事件进行实时提取和筛选，并及时发出预警。其相比于传统视频监控系统更加快速的反应时间以及更加强大的数据检索和分析功能，使得监控能力得到极大的改善。

### 3.2 智能分析关键技术

将 Kalman 滤波器引入到 Mean shift 算法<sup>[4]</sup>，Mean shift 算法采用核概率密度来描述目标的特征，然后利用均值偏移方法搜寻目标位置。这种方法抗干扰能力强，能够适应目标的大小、形状连续变化，且计算速度快。适用对实时性要求高的系统中，但是 Mean shift 算法也有弊端，如无法跟随目标大小变化调整核窗宽。Mean shift 算法虽然对部分遮挡和干扰不敏感，但是长时间遮挡会让 Mean shift 收敛于目标周围，最终丢失目标。所以提出将 Kalman 滤波器引入到 Mean shift 算法，来克服这些问题。

## 4 结束语

输电线路在线监测防控技术实现输电线路现场杆塔状况及时监测预警，减少电网事故发生。避免电网故障，大大提高电网的可靠运行，解决我国电网在运行维护方面的技术难题，效益巨大。

人工巡检受到地理环境、人体体能及成本等诸多因素的影响较大，难以对输电线路进行详细快捷的监测，巡检作业效率较低。而基于输电线路杆塔现状智能在线监测防控分析系统的研究与应用，不受地面物体遮挡和地理位置影响，巡检效率和预警处理反应叫人工巡检有大幅提高，不仅能及早发出线路缺陷和隐患预警，减轻或避免线路灾害损失，同时也大大降低了人工巡检的劳动强度和安全风险。

## 参考文献

- [1] 王黎明, 李海东, 梅红伟, 关志成. 输电线路覆冰在线监测系统国内外研究综述[J]. 高压电器, 2013(06): 48-56.
- [2] 谢黎鹏. 高压输电线路在线监测系统研究[D]. 东北石油大学, 2013.
- [3] 宋威. 基于主动对象识别的监控视频系统的研究[D]. 大连海事大学, 2013.
- [4] 刘苏醒. 基于DSP的视频图像特征提取技术[D]. 中北大学, 2006.
- [5] 支理想. 输电线路远程在线监测关键技术应用研究[D]. 中国计量学院, 2014.

(责任编辑: 贺大亮)



# 智能变电站计算机监控防误操作系统

孟凡奇

(东北电力大学, 吉林 吉林 132012)

作为智能电网建设的关键环节, 智能变电站可以完成对电网运行数据的自动采集, 并含有电网实时调控、在线智能分析决策等多种高级应用。在国家电网公司的相关规定中明确指出, 变电站自动化系统中应包含防误操作闭锁功能。所以, 随着智能变电站自动化水平的不断提高, 也需要完成对智能变电站的防误操作功能的实现。而计算机监控防误系统具有较好防误效果, 可以满足智能变电站的发展需求, 所以在一定程度上得到了应用和推广。

## 1 智能变电站的防误需求分析

智能变电站其实是由智能设备组合而成, 并且能够实现各种高级应用功能的变电站。在设备组成方面, 智能变电站设备具有先进、智能、环保和节能等优点。在应用功能方面, 智能变电站具有电网实时控制、在线分析决策和智能调节等多个功能, 可以完成电网信息的自动采集、控制、监测等工作。相较于传统变电站, 智能变电站无论是在系统结构上还是技术原理上都有着较大的区别, 所以其防误需求也有着一定的差别。

首先, 智能变电站在进行系统建模和信息交换时, 需要遵循 IEC 61850 标准。在这种情况下, 智能变电站内的应用功能得到了一体化集成, 继而使设备的结构得到了简化。而根据国家电网公司编写的相关标准, 变电站自动化系统需要采用逻辑闭锁软件实现全站防误操作闭锁功能。所以, 为了遵循相关标准, 同时也为了确保变电站的安全性, 智能变电站需要具有一定的防误操作功能。

其次, 受到过程层概念的影响, 智能变电站利用 GOOSE 网通信和计算机逻辑计算替代了二次电缆。其中, GOOSE 网利用智能变电站间隔层与过程层之间的通信桥梁取代了二次电缆连接, 继而使间隔层测控设备也需要通过该网络实现防误闭锁信息的传输。因此, 这种结构变化对智能变电站防误操作功能的实现提出了新要求, 需要智能变电站采取新的防误操作技术。

此外, 智能变电站为操作人员提供了程序化操作功能, 继而使操作人员只需要利用单个操作命令就可以完成对系统的一系列操作。而在这样的操作模式下, 变电站的防误需求显然发生了变化。在程序仿真阶段, 防误操作功能应该能够完成对操作内容中逻辑和应用缺陷的检测, 并

向操作人员提供相关提示。而想要达成这一目的, 站控层的防误操作功能则需要与间隔层的访问操作功能相配合, 以便完成对每一个操作步骤的检验。

## 2 智能变电站的计算机监控防误操作系统

### 2.1 系统构成

从系统构成角度来看, 计算机监控防误操作系统是由监控防误主机、测控装置、防误锁具、监控系统网络和防误系统软件构成, 如图 1 所示。其中, 防误主机是系统的核心部分, 需要完成对变电站设备的监控和控制, 并完成对变电站操作逻辑的判断。在主机中, 一般都设有全站防误闭锁逻辑功能, 而这样功能可以实现对系统所有操作的逻辑性判断。系统的测控装置则是由一些采集设备构成, 可以完成对相关数字量和模拟量的采集, 并将数据传输至主机。同时, 测控装置也可以执行主机下达的指令, 并且本身含有与主机保持一致的防误闭锁逻辑。

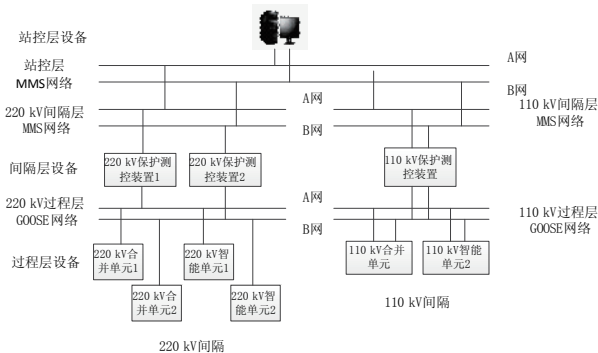


图1 计算机监控防误操作系统结构

在防误锁具的使用方面, 计算机监控防误操作系统一般使用的锁具为刀闸电磁锁、接地电磁锁和网门电磁锁。而这些锁具可以完成对手动设备位置信息的采集, 并且实现强制性闭锁。在进行设备的遥控操作时, 需要先完成操作预演。根据防误逻辑, 并结合设备的状态, 系统则可以获得相关的模拟量, 继而完成对操作逻辑的准确判断。而一旦出现不符合操作逻辑的情况, 系统则将及时终止模拟操作, 并做出提示或进行报警。但是在逻辑条件符合的情况下, 系统则可以完成下一步模拟操作, 并直至预演完成才生成操作票。在监控系统检测到操作票后, 系统则可以完成操作指令的下达。而主机则需要完成对每一个操作步

骤的防误逻辑判别,并根据操作票顺序监控操作的执行过程。在测控装置接收到主机的判断结果后,则需要完成自身的防误逻辑判别。在此基础上,测控装置则可以利用 GOOSE 网将分合闸指令传递至智能单元,并将操作结果送回至主机。

在计算机监控系统正常运行的过程中,需要完成对变电站电气设备位置信号的实时采集,并且使系统的主机与现场设备的状态保持一致。而系统本身有操作监护功能,可以完成对操作人员的实时监护。比如操作人员在拆接地线时,就应该在一次系统上完成对系统接线图对应位置地线的模拟拆接。而此时,系统的闭锁软件则将完成对地线拆接的闭锁判断,操作人员则需要完成口令验证才能完成地线的拆接。所以,在计算机监控系统中,防误闭锁可以由监控系统实现,而不需要设置独立的防误操作系统。但是在监控系统出现故障时,则可以考虑就地操作。而由于监控系统可以完成对变电站设备信息的实时采集,所以较容易实现操作闭锁。此外,不同于独立微机防误闭锁装置,计算机监控防误操作系统需要具备完善全站闭锁功能。具体来讲,就是系统不仅需要完成对间隔电气回路的闭锁条件的判别,还要完成对跨间隔闭锁条件的判别。

## 2.2 系统功能

从系统功能角度来讲,计算机监控防误操作系统具有多方面的功能。首先,监控系统能够与防误监控系统完成图形、数据库和实时信息的共享。相较于过去的微机防误系统,该系统可以将微机防误系统与监控系统之间的信息校验和图形对位环节省略,使防误操作更加具有实时性。同时,系统之间无中间转换环节,设备的安装、操作和维护也相对简单。而通过利用监控系统的信息资源,防误闭锁逻辑也将得到完善。其次,在计算机监控防误主机中,操作票和模拟预演可以同时完成。具体来讲,就是在生成操作票的同时完成对防误逻辑的校验,并在监控系统图形上完成操作票的直接预演。再次,在监控防误操作系统中,无论采用哪种操作方式系统都能实现电气防误闭锁功能。在站控层,后台机可以完成对所有断路器和刀闸位置状态的综合采集,继而完成逻辑判断和闭锁,并最终实现全站设备的操作闭锁。在间隔层,测控单元含有防误闭锁逻辑软件,可以完成对电气设备的操作闭锁。在就地操作设备中,可以利用五防装置和单元辅助闭锁出口完成隔离开关电气闭锁。此外,系统间隔层测控装置不仅可以实现基本的防误闭锁,还能够利用 GOOSE 报文获取其他间隔的有关信息,继而实现全站防误闭锁。最后,监控防误操作系统还可以用模拟量完成对防误逻辑的判别,继而可以避免判断失误的出现。

## 2.3 系统操作需要注意的问题

在实现系统的防误闭锁操作时,需要确保电气闭锁逻

辑的完整性和正确性。想要达成这一目的,则需要注意几方面的问题。首先,电气闭锁逻辑的编写要求应该由系统生产、运行、设计和调试等单位共同提出,以便得出合理的闭锁逻辑方案。其次,在进行系统的调试和验收时,需要完成系统的模拟仿真试验。而这一验收过程需要由变电站运行和检修技术人员共同完成,并且二者需要同时完成对防误闭锁逻辑的审核。在具体验收过程中,验收人员需要完成系统的各种运行操作,确保系统能够在各种运行状态下完成防误操作。而在检查电气设备的防误操作闭锁逻辑时,则需要重点检查顺序控制逻辑和特殊电气操作逻辑,并确定系统是否具有智能逻辑判断功能。具体来讲,就是确定系统是否能够通过组合逻辑完成防误操作,并且是否含有典型刀闸操作的模拟量判据等。最后,在系统的模拟试验中,检查人员还要检查系统主机在死机、掉电等情况下是否能够实现全站控制联闭锁。而根据具体的试验情况,调试人员则需要不断的使系统的闭锁逻辑得到完善,继而使系统的闭锁逻辑的完整性和正确性得到确保。

## 3 结束语

总而言之,智能变电站的安全运行对电网的安全运行起到了至关重要的作用。但就目前来看,使用传统的防误闭锁方式已经无法满足智能变电站的操作防误需求。而使计算机监控系统和防误闭锁系统在功能和形式上得到融合,则可以在统一数据平台上实现防误闭锁功能,继而达成较好的防误效果。所以,随着智能变电站的运行管理模式的创新,计算机监控防误操作系统必将得到较好的应用,继而促进电力企业的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 高新华,周克林,余南华,等.数字化变电站在线式防误操作系统技术综述[J].南方电网技术,2011(02):81-84.
- [2] 张志强,朱少敏,焦征南.智能变电站防误操作系统和程序化控制操作[J].农村电气化,2014(05):39-41.
- [3] 彭生江.基于智能变电站的防误闭锁系统应用研究[J].电力安全技术,2014(09):54-59.
- [4] 樊陈,倪益民,窦仁晖,等.智能变电站五防闭锁功能模型标准化设计及实现[J].电力系统自动化,2013(04):80-84.
- [5] 蒋宏图,袁越,程伟.智能变电站站控层在线防误的设计与实现[J].电力自动化设备,2013(08):147-151.
- [6] 孟凡奇.最差情况执行时间估计值的二次修正方法[J].东北电力大学学报,2014(6):98-104.
- [7] 陈建平.变电站网络集中监控防误操作系统建设实例[J].电世界,2012(10):44-46.
- [8] 于杰.与调控一体化相适应的智能防误操作系统研究[J].机电信息,2015(09):22-23.

(责任编辑:贺大亮)

# 无线式高压设备温度在线监测系统

肖向波, 郑宝勇, 王玉冰, 黄倩菁

(国网山东乳山市供电公司, 山东 乳山 264500)

## 1 应用背景

测量运行设备关键部位的温度是电力系统日常监控运行中一项非常重要的工作。目前对于变电站高压设备的温度测量主要是采用红外热成像仪进行测量, 红外测量要耗费大量的人力成本, 而且对于密封高压设备根本无法实现测量。另外,《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》中“防 GIS、开关设备事故”部分的要求:“定期用测温设备检查开关设备的接头/导电部分, 特别是重负荷或高温期间, 加强对运行设备温升的监视, 发现问题并及时采取措施。”因此, 实现对电力设备尤其是密封电力设备温度的测量, 对电力系统稳定运行至关重要, 由此研制了无线高压设备温度在线监测系统。

## 2 系统组成与功能介绍

无线高压设备温度在线监测系统用于高压带电体的运行温度监测, 实现非接触温度测量。系统由无线温度传感器和无线接入设备构成。能够实时自动传送各个温度节点的测量数据, 无线温度监测系统管理软件对每一点都具有数据实时分析、长期保存能力, 实现网络化的温度测量。

温度采集模块即为无线式温度传感器, 将传感器的测温面安装在被测物体上并固定, 传感器通过配套硬件电路实现对每个被测物体温度测量, 从而获取设备温度信息。

温度传感器通过选型可以选择自带功率放大器的芯片将信号进行初步处理, 且设备输出特性好、精度高。而且温度传感器采用高性能的锂电池供电, 由于功耗低, 可以保证较长时间的正常运行, 免去频繁更换电池或是另外布线供电的麻烦。

温度监测接收装置带有显示屏, 可直接嵌入到开关柜的前柜门上, 以方便监视温度数据。温度监测接收装置为温度采集模块与安装监测软件的监控主机之间连接的桥梁。接收装置通过无线 ZigBee 与下端温度传感器连接, 实时获取多个设备的温度信息, 实现温度信息的汇总显示; 接收装置通过 RS485 通信接口, 实现与上端监控主机连接, 既可向主机传送温度信息, 使监控主机根据温度信息作出相应操作, 例如温度报警或是温度信息的存储, 也可将监控主机的各种命令信息下传, 并作出相应反应, 例

如将监控主机发出的温度报警信息反应于设备动作或是单纯的报警显示。

在线监测软件安装在每座变电站的监控主机上, 管理温度监测接收装置上的温度数据、报警数据等; 可以查询、统计、保存以及打印所有测量数据; 并且可以按照变电站现场运行情况配置软件和温度工作节点, 可以得出每个设备实时温度曲线。

通过上述三部分的配合, 即可实现对变电站密封设备的温度测量。

## 3 系统的优点

经现场实际应用可知, 无线高压设备温度在线监测系统的优点如下。

能够实现对变电站各类设备实时测量温度, 能够及时发现因发热而造成的事故隐患, 并进行及时的排查处理; 由于在设备每个关键点上安装了温度传感器, 从而便于定位故障点, 指导检修工作的进行。

由于能够进行温度的实时监测, 所以可以获取一段时间内的温度信息, 从而可以进行历史数据的分析对比, 为事故分析和运行经验的积累提供依据。

系统具有自我报警功能, 在运行设备温度异常时, 给出报警信号, 并且可对故障信息自动记录或事故追忆。

无线测温系统采用电磁波传输信号, 传感器直接安装在高压设备上, 温度测量准确, 可以解决电气绝缘问题, 无线测温系统的特点是不受气候环境的影响, 可以测量室外开关和母线接点的温度。除此之外, 无线测温不易受周围的电磁环境的干扰。

## 4 结束语

无线高压设备温度在线监测系统的应用可以及时高效地发现电力设备早期潜在的过热缺陷, 为电力设备状态检修提供了有效依据, 对保证电力设备安全运行和提高电力系统的稳定性有着很好的作用。无线高压设备温度在线监测系统能够进行温度的实时监测具有自我报警功能, 无需运维人员频繁对发热设备进行跟踪测温, 提高了工作效率, 大大节约了人工成本。

(责任编辑: 贺大亮)



# 一种融合配电网设备异动检测与运行监测的方法

余世洲, 张 东, 汪霄祥, 马树梅

(国网安徽省电力公司铜陵供电公司, 安徽 铜陵 244100)

配电网作为电能输送的最后环节, 10 kV 配电网设备运行管理水平直接影响了供电企业的供电可靠性和用户的电能使用情况。电力企业目前不断加大对现有的配电网电力基础设施进行升级改造, 建设一个功能完备的配电网设备管理体系, 推进营配调数据贯通工作, 严格配电网设备异动管理和运行监测管理, 对确保配电网安全、可靠、经济运行尤为重要。公司应用 GIS 等技术对调控配电网 SCADA 系统、营销 SG186 系统(用电采集系统)、GIS 系统等进行有机融合, 加强调控、运检、营销等多部门工作联动, 不但有助于实现电网安全生产的科学管理水平, 而且有助于提升优质服务水平。

## 1 营配调贯通试点实际工作情况

为了贯彻落实省公司营配调数据贯通年度重点工作要求, 同时为了提高自身配电网运行管理工作科学管理水平, 公司积极开展了营配调数据贯通的试点工作。现阶段电力调控中心已完成市、县区域境内的 300 多条 10 kV 主干线以及 6000 余台配变的条图绘制以及数据采集工作, 营配调数据贯通指标中“站”与“线”实现了完全对应, “线”与“变”的对应率也将近 98.88%。

## 2 营配调数据贯通工作中存在的问题

### 2.1 新设备投运图纸审核把关不严

配电网公专变在新设备投运申请阶段由相关部门提交 CAD 图纸, 首先由电力调控中心配电网方式人员审核图纸, 再由自动化人员绘制电子条图, 最后完成条图后提交配电网方式、调度以及图纸提交单位进行复核。由于早期部分单位在提交新设备投运申请图纸时, 调控部门对于配变设备的命名编号、容量、T 接位置和开关编号等没有严格要求, 给后期数据贯通工作带来重复核对工作量。电力调控中心应对审图人员、绘图人员加强培训, 要求针对提交图纸如果存在疑问必须及时沟通, 不留问题死角。

### 2.2 营销新建配变业务流程复杂影响台账准确性

电力营销业务部门在新增用户专变或新建小区配变设备时, 新设备投运前会向电力运检部门提供相应的变更图

纸, 由电力运检部门会签后, 再将相应的变更图纸提供给电力调控部门审核, 再由自动化人员绘制相关台区的电子配电网条图, 同时完成电子配电网条图或者 GIS 电子条图与用电采集系统的台账匹配工作, 最终实现配变运行状态监测。在调度条图、GIS 条图与用采系统建立台账关联关系时, 由于营销部门 SG186 系统以及用电采集系统业务流程流转环节多, 持续时间较长, 新建小区配变还涉及用户资产移交和财务部门转资等工作, 因此营销新建配变业务导致调控、运检部门管理的电子条图与营销 SG186 系统、用采系统的配变台账对应及时性、准确性受到影响。

### 2.3 营销、运检业务协同配合工作要求高

由于电网工作的特殊性, 对于配电网新建、改造等工程往往要求营销、运检两个部门高度协同配合。例如配电网运检部门对公用电力线路进行杆线迁移时, 涉及用户专变需要营销部门进行现场配合, 同时在系统中完成线路、设备异动时, 为保证营销 SG186 系统与 PMS 生产管理系统对应率指标, 需要两个部门同时进行台账变动。如果在营销或者配电网运检部门在对台区变更线路或拆除线路时, 没有能及时提交变更图纸给电力调控中心, 会导致电子条图中的台区信息不能及时变动<sup>[1]</sup>, 同时也可能会导致各系统之间台账关联对应关系错误。

### 2.4 营销业务中特殊情况处理

首先供电企业在配合政府对于违章企业的电力设施进行强拆后, 往往由于用户电费未结清或后续业务流程暂未完成, 导致现场已无配变设备, 但营销系统中用户台区还处于运行状态, 会造成一定时间内电子条图与营销系统之间台账不能完全对应。另外临时用电、季节性用电等特殊用电客户也会对数据贯通工作产生影响, 需要进行区分。

## 3 配电网设备异动检测与运行监测融合的管理模式

### 3.1 配电网设备异动检测与运行监测的内涵

#### 3.1.1 配电网设备异动检测的内涵

公司制订并下发了《配电网设备异动管理办法》, 进一步规范设备异动执行流程, 针对管辖电网内的 10 kV

配电线路、配电设施的异动作了明确规范,并利用信息化手段实现配电网 SCADA 系统、营销 SG186 系统(用电采集系统)、GIS 系统等之间的台账比对分析,主要针对新增配变、拆除配变或变更用户等台账异动信息方面实现跟踪检测,同时严格执行电子条图变更管理流程,对配电运检、营销部门提供的 CAD 图纸进行仔细核实,保证配变命名编号等信息的正确性,确保电子配电网条图的准确性。

### 3.1.2 运行监测的内涵

利用“大数据”技术将用电信息采集系统中配变实时用电情况在配电网 SCADA 系统、GIS 系统上进行直观展示,为配电网调度提供准确实时的配电网运行数据,为地区配电网抢修指挥提供研判数据支撑,切实提高地区配电网客户服务能力和水平。目前已实现配变停上电信息实时告警,以及有功、无功、电流和电压采集数据每 15 min 准实时上送。在采集准确可靠的基础上,进而实现故障停电定位和实时负荷数据展现和分析。按照最新颁布的配电网故障技术研判技术原则要求,可以通过用电信息采集系统对配变、低压电能表进行实时召测,从而确定现场故障相对范围,实现辅助故障研判。另外实时负荷数据结合 GIS 地理信息进行形象展现,能够通过不同颜色细化区分配电网线路负荷分配情况,实现高负荷线路安全稳定运行。

### 3.2 配电网设备异动检测与运行监测技术分析

在基层供电公司的配电网管理工作中, GIS 系统应用已经发展的较为成熟。GIS 系统通过构建电网设备和地理数据模型,形成了对配电网网架模型的完整描述,并明确了各个专变和公变台区的空间位置信息,通过“图数一体化”实现配变运行台账与配电网运行监测管理融合。在对配变运行编号、变压器容量、电力用户信息进行统计的过程中,可以实现对“站线户”的数据关系分析,进一步通过与用电采集等系统数据接口,可以实现配电网故障区域的快速分析和定位,建立实时监控的虚拟数字化配电网,从而准确把握配电网运行状况。

配电网 SCADA 系统和用电信息采集系统中的台区台账是实物台区对象在业务系统中的抽象化表征,对于同一实物台区,两个业务系统根据业务需求采用不同的模型存储对象;当实物台区的部分特征发生变化时,业务系统对应的台区台账应进行相应的调整,否则台账与实物对象存在偏差,逐步导致系统台账质量下降。为提升 SCADA 系统以及用电采集系统台账质量,通常设计业务系统应用指标来提升系统内的台账质量,但实物台区对象的变化通常会在两个系统之间产生连锁调整,因此借助两系统之间的台账比对分析、互相验证建设配电网设备异动检测功能,实现了用电信息台区移交、拆除、停运等多类使用场景与

SCADA 系统数据台账间的异动管理,同时辅助以自动匹配方法,大幅提升了营配贯通数据准确率。

### 3.3 营配调数据贯通工作策略

第一,成立配电网设备异动管理领导小组及专项工作小组。调控中心牵头负责工作小组日常事务,统筹协调工作中困难,将营配调数据贯通每阶段工作纳入公司月度重点工作进行督办,同时坚持周管控机制,每日编制日报通报进度,提出具体管控举措,确保工作进度与质量。

第二,规范配电网异动核心业务流程。制订了《配电网设备异动管理办法》《配电网条图画面前景及设备命名规范》等制度,明确各部门和专业的职责分工,加强配电网条图变更过程管控,规范 10 kV 配电网线路及基础设施的命名编号,建立分支线电子化台账,从源头控制配电网条图、设备台账和现场实际接线三者相符,实现营销、配电运检所辖系统配变台账同步更新管理,从而保证配电网条图绘制的规范性与科学性<sup>[4]</sup>。

第三,建立配电网台账异动检测和运行监测常态化管控机制。一是建设营配调数据贯通查询平台,加强异动实时管控,促进 PMS 系统、营销系统线台关系同步梳理更新;二是加强 CAD 图纸电子化管理,规范配电网条图数据细节,实现多部门数据共享和校核;三是营配调数据贯通数据对应率指标为抓手,做好日周月通报,督促相关单位加快台账数据整理。

## 4 结束语

针对供电企业对配电网建设工作的实际需求,融合配电网设备异动与配电网运行监测两种业务,其实质是通过营配调数据贯通这种“大数据”技术对整个配电网调度生产业务进行集成化管理,包括 GIS 系统、用电采集系统和营销业务应用系统、生产管理系统等,实现生产营销数据信息跨专业互联互通,并能实时掌握配电网运行情况和辅助配电网故障研判,从而有效提升了 10 kV 配电网运行精细化管理水平。

## 参考文献

- [1] 宋志坚. 基于GIS营配一体化系统的配电网工程管理的研  
究及其应用[D]. 华南理工大学, 2014.
- [2] 钱静, 崔立忠, 尚学伟, 等. 基于CIM/E的配电网模型异  
动管理[J]. 电网技术, 2014(12): 3516-3521.
- [3] 钱静, 施毅斌, 崔立忠, 郑建平, 赵军, 罗卫华, 薛晓  
明. 智能配电网模型信息集成技术研究[J]. 电网技术,  
2013(12): 3534-3540.
- [4] 姜中华. 配电网电能质量实时监测与管理系统及治理措  
施研究[D]. 湖南大学, 2010.

(责任编辑: 贺大亮)

# 开关柜带电显示器强制联锁改造

王金柱

(国网山东郑城县供电公司, 山东 郑城 276100)

## 1 选题理由

10 kV 配电网普遍使用 XGN 开关柜, 即箱式固定式户内交流金属封闭开关设备, 其线路侧带电, 无带电显示器及强制机械闭锁装置。随着电网的发展, 配电网“手拉手”线路逐渐增多。实现自动化“手拉手”互供后, 线路侧带电具有不确定性, 线路及开关柜设备检修事故处理时, 线路侧带电接地刀闸仍能合上, 操作及检修过程中, 对人身及设备存在安全隐患, 必须进行 XGN 开关柜带电显示器强制联锁改造, 从技术上消除事故隐患。变电站现有 XGN 开关柜主要存在线路侧带电能打开后门、线路侧带电能合上接地刀闸两点安全隐患, 因此选定“开关柜带电显示器强制联锁改造”作为本次活动课题。

## 2 现状调查

XGN 开关柜分为 XGN10 与 XGN12 等型号。XGN10 型开关柜线路侧为接地刀闸, 开关与刀闸之间无接地刀闸。XGN10 型开关柜优点是开关与刀闸、刀闸与接地刀闸程序联锁; 缺点是无带电显示器、无法验电、线路侧带电能合上接地刀闸并打开后门。XGN12 型开关柜线路侧装设接地线, 开关与刀闸之间有接地刀闸。XGN12 型开关柜优点是开关与刀闸、刀闸与接地刀闸程序联锁, 线路侧有带电显示器; 缺点是线路侧带电能打开后门、带电显示器与后门没有实现联锁。综上所述需研制开关柜带电显示器强制联锁后门与接地装置。

## 3 确定目标

通过对开关柜带电显示器强制联锁改造, 实现线路侧带电状态下带电显示器逻辑闭锁接地刀闸及后门电磁锁功能, 带电显示器应具备验电功能及连接五防程序功能, 实现线路侧带电强制闭锁接地刀闸操作机构及开关柜电缆室后门, 从实现开关柜带电显示器强制联锁改造, 消除安全隐患, 人身设备安全合格率 100%。

## 4 可行性分析

QC 小组成员通过市场调研, 与相关设备厂商进行沟通, 发现设备选择、加工制作难度不大; QC 小组成员年

龄结构合理, 有经验丰富的师傅、年轻好学的青年员工, 人员技术水平高, 完全可以完成目标; 资金支持, 公司及部室都非常鼓励创新, 对该成果设计及制作大力支持, 资金基础有充分保证。

通过分析, 研制开关柜带电显示器强制闭锁改造在人员、技术、材料方面具备了充分的条件。经过努力, 一定可以实现目标。

## 5 提改造方案

### 5.1 提出各种方案

围绕活动目标, QC 小组成员积极发挥主动性与创造性, 通过对变电站 XGN 开关柜操作机构使用特点, 并结合工作现场实际情况分析, 认为可通过电压传感器将线路侧一次电压引致带电显示器, 带电显示器须设计逻辑回路, 联锁电磁锁强制闭锁线路侧接地刀闸操作把手、联锁后门, 线路侧有电时电磁锁打不开, 实现强制闭锁。本着使用安全和装设便捷的原则, 运用头脑风暴法, 集思广益, 提出 3 种具有创意的方案: 一研制独立带电显示装置电磁锁; 二研制一体化带电显示器锁定装置; 三研制带电显示器逻辑连接电磁锁, 强制闭锁地刀操作机构及后门。

### 5.2 各种方案评估

QC 小组对以上 3 种方案分别进行了综合分析评估。

方案 1: 研制独立带电显示装置电磁锁。在线路侧加装高压带电显示装置, 加装电磁锁, 带电无法打开后柜门。高压带电显示与电磁锁为独立安装, 不与五防系统配合。优点: 线路侧带电显示, 闭锁后门。缺点: 线路侧带电, 无法实现强制闭锁线路侧接地刀闸, 无法避免误操作。施工需要停电。

方案 2: 研制一体化带电显示器锁定装置。在线路侧加装验电与电磁锁一体带电显示闭锁装置。在带电的情况下无法打开后柜门。在出线铜排处加装验电感应器。优点: 线路侧带电显示, 闭锁后门。且显示与闭锁一体化, 安装相对方便。缺点: 线路侧带电, 无法实现强制闭锁线路侧接地刀闸, 无法避免误操作。施工需要停电。

方案 3: 研制开关柜带电显示器强制联锁改造。线路



侧装电压传感器连接带电显示器，带电显示器内置继电器逻辑连接电磁锁。带电显示器增加验电程序。线路侧有电磁锁强制闭锁接地刀闸操作把手及后门。优点：线路侧带电同时强制闭锁地刀操作机构及后门；带电显示器增加验电功能。消除“手拉手”线路带电操作人员及检修人员安全隐患。缺点：施工需要停电，需厂家配合。

### 5.3 确定最佳方案

研制独立带电显示装置电磁锁成本高、技术性低、实施难度高、便捷性低，综合评价差；研制一体化带电显示器锁定装置成本低、技术性低、实施难度中、便捷性中，综合评价中；研制开关柜带电显示器强制联锁改造成本低、技术性高、实施难度高、便捷性高，综合评价高。根据分析与可行性分析评估，选定最佳方案为方案3。

## 6 对策实施

### 6.1 开关柜带电显示器强制联锁原理

QC小组成员根据带电显示器强制联锁要求，认真分析讨论，确定在带电显示器的内部主板增加继电器出口。

### 6.2 电磁锁固定结构设计

QC小组成员按电磁锁固定结构设计要求，认真分析讨论，绘制电磁锁固定结构如图1所示。

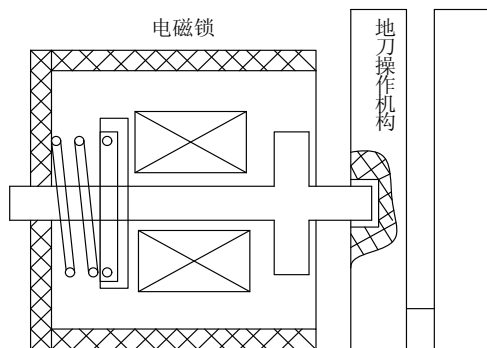


图1 电磁锁固定结构设计

### 6.3 带电显示器逻辑联锁电磁锁强制闭锁接地刀闸及后门

QC小组成员根据带电显示器逻辑联锁电磁锁强制闭锁接地刀闸及后门要求，认真分析讨论，绘制了带电显示器强制联锁原理图如图2所示。

## 7 效果检查

### 7.1 定性效果检查

带电显示器通过现场使用检查发现装设简单、整洁、闭锁牢固可靠；电磁锁通过现场使用检查发现装设稳定、地刀及后门闭锁牢固可靠。接地刀闸及电缆室后门通过现场使用检查发现，线路侧带电显示器与接地刀闸及电缆室后门闭锁实现逻辑连接。

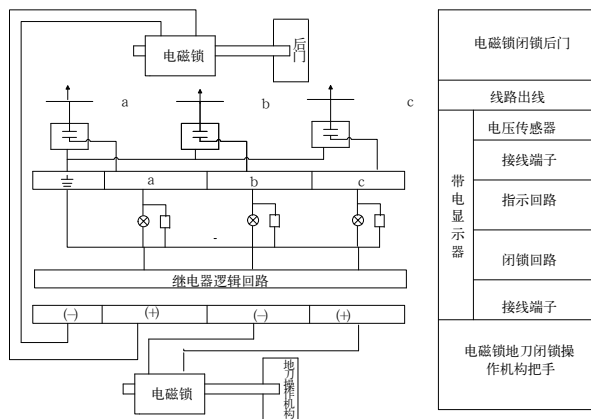


图2 带电显示器强制联锁原理图

### 7.2 问题整改

现场模拟使用发现，室外后门电磁锁腐蚀、雷雨季节容易进水。因装设室外电磁锁具有二次电路，电磁锁不防腐、雷雨季节室外容易进水的问题。加装防雨罩，并采取电磁锁防腐措施。整改后效果验证，电磁锁加装防雨罩、采取防腐措施后，可消除电磁锁腐蚀、容易进水隐患且整洁美观。

## 8 效益分析

**安全效益：**实现接地刀闸及后门与带电显示器逻辑联锁，保障人身设备电网安全。消除“手拉手”线路带电操作人员及检修人员安全隐患。此改造实用性强、简洁美观、可操作性强。

**无形效益：**通过本次活动，QC小组成员在质量意识、团队合作、解决问题能力、技术创新等方面均有不同程度的提高。活动中，QC小组成员让专业技术与管理技术紧密结合、互相协调，充分发挥作用，最终圆满地完成课题，本次活动，提高了成员的素质，而且增强了成员之间的团结和协作能力，提高了QC小组分析问题和解决问题的能力。

## 9 标准化及推广价值

**标准化：**为使取得的成果得到有效巩固，制订了相关的巩固措施，将变电站开关柜带电显示器强制闭锁改造的设计资料、图纸、整理归档，列入班组标准化管理。

**推广价值：**随着“三集五大”体系深入推进，变电运维作为“大检修”体系重要支撑，变电运维一体化逐步开展。精益化维护是电网发展必然要求，革新成果创新应用为优质高效完成各项工作提供有力保障。符合智能电网快速发展需要适用于输变配电技术领域。具有在全国变电站内推广价值。应制订标准及维护规程，将其纳入变电站日常巡视的工作内容。

(责任编辑：贺大亮)

# 提高用电信息采集系统采集成功率

张明, 徐孟霞, 刘霞, 石嘉伟, 张秋红, 刘作厚

(国网安徽岳西县供电公司, 安徽 岳西 246600)

## 1 选题理由

用电信息采集系统是一个实时采集客户用电信息的平台, 主要是进行电力数据的远距离采集、传输、在线监测, 并对采集到的数据进行分析, 达到自动抄表、错峰用电、用电检查、负荷预测和节约用电成本等目的。为节约人工抄表成本, 提高营销管理水平, 近年来国网安徽省电力公司在各县公司推广智能电能表和用电信息采集系统, 利用新技术提高抄表质量和效率, 引进应用先进管理手段。岳西县地处大别山腹地, 特殊的地形和落后的经济条件, 以及其他原因造成公司 2014 年底采集成功率只有 96% 左右, 影响了用电信息采集系统应用效果。为解决问题, 确定此次活动课题为“提高用电信息采集系统采集成功率”。

## 2 目标确定

根据国网安徽省电力公司考核要求, 用电信息采集系统采集成功率要达到 98%。因此, 此次活动将采集成功率目标值设定为 98%, 即通过技术和管理措施将采集成功率由 96% 提高到 98%。

## 3 目标可行性分析

通过对公司 2014 年 12 月各供电所用电采集成功率数据对比, 可以看出各供电所之间差距较大, 虽然大部分采集成功率较低, 但是较好的所采集成功率还是达到或超过了 98%。所以, 说明通过一定的技术措施或是管理措施, 此次活动设定的 98% 目标是可以完成的。

## 4 原因分析

QC 小组成员通过召开会议, 集思广益, 吸收了每个人的意见。再结合现场调查及数据分析, 查找用电信息采集成功率低的原因, 形成了因果关系鱼刺图, 如图 1 所示。

根据图 1, QC 小组从 4 个方面对可能产生采集失败的原因进行了分析, 找到了电能表载波模块损坏、电能表失电、误操作、信号干扰、终端参数丢失以及通信质量不稳定 6 条末端因素。

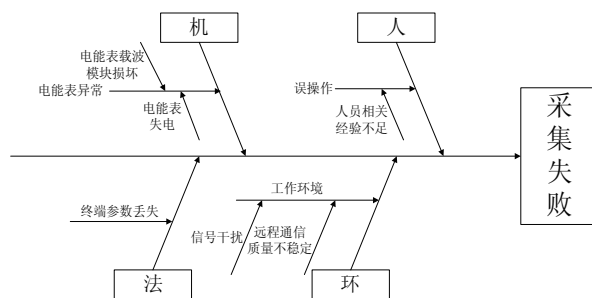


图1 因果关系鱼刺图

## 5 要因确定

针对 6 条末端因素, QC 小组逐一进行调查分析。

末端因素 1: 信号干扰。QC 小组在天堂供电所调查发现, 由于信号干扰导致采集失败的用户多达 123 户, 占采集失败总数 49.35%。其中, 有线电视信号放大器产生的干扰信号影响区域广、时间长。因此, 有线电视信号放大器的信号干扰因素为要因。

末端因素 2: 终端参数丢失。经过对比分析, 发现有些电能表采集失败是因为主站服务器出现故障导致终端丢失了参数。这种情况相当于手机丢失了通讯录一样, 终端联系不上电能表, 所以采集失败了。据 QC 小组统计, 只有 3 户电能表因丢失参数而采集失败, 由此可见此原因的偶然性, 为非要因。

末端因素 3: 电能表载波模块损坏。电能表在运输、安装或运行过程中出现了载波模块损坏的情况, 失去了发送载波信号的功能, 从而导致采集失败。此类用户在 QC 小组调查的 4 个台区中只有 1 户电能表载波模块损坏, 此原因为非要因。

末端因素 4: 电能表失电。岳西地处大别山腹地, 经济落后, 许多居民长期在外务工。这些用户由于对电力设备了解不够, 离家时常将电能表进线侧空开断开, 以达到省电和安全的目的, 造成电能表失电。占比达 29.23%, 故此原因为要因。

末端因素 5: 通信质量不稳定。QC 小组调查发现, 部分偏远台区采集成功率不稳定, 采集成功率有时高、有时低。这种现象的出现是由于移动通信网络在偏远山区覆盖不全面造成的, 由此导致采集失败的情况不常见, 所占

比例只有 0.5%，为非要因。

末端因素 6：误操作。QC 小组调查发现，有 3 户电能表采集失败是由于系统运维人员将终端参数维护错误导致的。QC 小组对负责维护数据的 10 名员工进行业务考试和现场提问，发现均具备合格的专业知识和业务能力，可见这些为数不多的误操作是粗心大意所致。今后，只要通过合适的管理手段，例如在业务流程中增加一项自检或者数据审核，即可减少此类错误的发生。故此原因为非要因。

结论：QC 小组通过对 6 条末端因素进行逐一确认，最终找到用电信息采集失败的主要原因是信号干扰和电能表失电。

## 6 制订对策

QC 小组针对要因制订了对策，如表 1 所示。

表1 对策表

要因	优先对策	目标	措施
信号干扰	利用噪声衰减器（滤波器）消除谐波信号	清除干扰信号	找到干扰源后进行滤波处理
电能表失电	减少或者根除用户断开电能表电源的可能	所有户表全部带电	恢复所有断开电源的电能表，并将所有进线侧空开的窗口进行封印

## 7 对策实施

### 7.1 针对信号干扰

设计滤波器：由于干扰源一般为有线电视信号放大器，且采用接线板供电，因此 QC 小组设计了一个带插头的滤波器，这样不需要插头的时候也可以迅速剪掉插头，节省了现场安装时间，提高了解决问题的效率。

材料选择：QC 小组通过查阅资料，确定了滤波器的制作材料，如表 2 所示。

表2 材料选择表

序号	材料名称	材料规格	材料特点
1	安规电容	0.47 μF 275 V AC-X2	电容器失效后，不会导致电击，不危及人身安全；安规电容通常只在抗干扰电路中起滤波作用
2	线绕功率电阻	1 Ω 2 W ±5%	可以增加超高频短路阻抗
3	单股铜芯导线	D2.5 mm <sup>2</sup>	导电性能好，线材软硬适中
4	二脚插头	10 A	安装、换取方便

确认滤波器所需模组数量：为了确定消除干扰信号需要的单位模组数量，QC 小组选取干扰强度最强的 3 处进行试验，得出了 4 个模组数据，如表 3 所示。最终确定了滤波器使用模组数量为 6 个。

制作滤波器：QC 小组按照设计图纸，制作出滤波器。

表3 确定滤波器所需模组数量表

序号	单位模组个数	安装后干扰源处平均干扰噪声强度/dB	结论
1	2个	-14.33	数目太少，不足以消除干扰
2	4个	-22	数目太少，不足以消除干扰
3	6个	-48.33	数目正好，足以消除信号干扰
4	8个	-49.66	数目太多，浪费材料

注：一个单位模组代表一个安规电容和一个线绕功率电阻

确定滤波器安装位置：QC 小组将滤波器带到中心所交警队台区，利用电力载波手持终端对不同安装位置进行测试，效果如表 4 所示。根据小组现场测试结果，最终确定滤波器安装位置为干扰源接入线路结点处。

表4 安装位置确认表

序号	安装位置	实施效果
1	干扰源远离集中器方向20 m	完全没有效果
2	干扰源接入线路结点处	被干扰的117名用户全部恢复
3	干扰源靠近集中器方向20 m	以滤波器为节点，只有靠近集中器方向的59名用户恢复采集

### 7.2 针对电能表失电

排查失电电能表：要求各供电所台区电工密切关注所管辖台区用户用电情况，重点关注 0 度数用户以及采集失败的用户，及时去现场排查核实，查看电能表是否失电。

恢复失电电能表：恢复所有失电电能表的供电，并将这些电能表进线侧空开窗口处施加封印。同时，加大用电知识宣传，告知外出务工人员相关用电知识，动员其外出时不要断开电能表进线侧空开，建议断开电能表出线侧空开。

## 8 效果检查

通过 2 个月的实施，2015 年 3 月，公司用电信息采集系统采集成功率日均达到 98% 以上，达到 QC 小组设定的课题目标。

## 9 效益分析

此次 QC 活动中，有效提高了用电信息系统采集成功率，实现了对电能表数据的实时监控，为公司营销服务和电费回收提供了有效的数据支撑。因电能表数据问题引发的用电纠纷也得到有效控制，而且推动了营销管理水平提升，加快了营销管理标准化、精细化进程。

（责任编辑：贺大亮）



# 智能电网条件下新能源电厂并网设计

艾琳, 冯艳虹, 郑兰, 郭艳芬, 张道农

(华北电力设计院工程有限公司, 北京 东城 100120)

随着新能源电力的大规模接入, 现阶段的电网规划设计相对滞后, 并网问题已经成为制约我国新能源产业规模化发展的主要障碍。

智能电网的一个重要特性就是“自愈”性, 构建灵活的可重构的电网结构, 需要对开放型的网架结构设计进行研究, 同时适应集中式和分布式发电模式, 实现与负荷侧的交互, 支持新能源的接入等。在智能电网开放型的网架结构下, 如何合理规划设计新能源的接入系统方式, 减轻其间歇性电能对主网架结构的不利影响, 在不同的发电模式下与主网架兼容互补, 对主网架形成有效地支撑, 都是亟待研究的问题。

## 1 新能源并网面临的主要问题

新能源发电具有单机容量小、增长速度快, 其电能呈现出随机性、间歇性、出力变化快等特点。这些特性使得新能源在接入电网时对电网造成一定的冲击, 面临着很多问题。

### 1.1 新能源发电间歇性和波动性等特点增加了并网难度

风力发电和光伏发电具有间歇性和波动性特点, 并网电量随机波动较大、可调节性差, 并网时会产生较大的冲击电流, 从而会引起电网频率偏差、电压波动与闪变, 引起馈线中的潮流发生变化, 进而影响稳态电压分布和无功特性, 使电网的不可控性及对调峰容量的需求增大。这些问题的严重程度与电源的类型、并网容量、接入点电网的电压等级、系统短路容量、联网设备及其控制方法等密切相关。

### 1.2 电力供需平衡问题

风电、太阳能等新能源的电能波动很大, 其出力常无法预计; 而电网的负荷往往呈现出较为规律的负荷特性。从电力需求与供给的实时平衡角度来讲, 新能源电力的接入, 给电网的电力电量平衡和电源安排, 以及调度运行等带来了很大的困难。如何解决新能源发电自身出力不可控问题, 维持电网中电力需求与供给的实时平衡, 给调度运行人员带来了新的挑战。

### 1.3 新能源的接入对主网的安全稳定运行带来较大冲击

风电和光伏发电等新能源电力具有随机性、间歇性、

出力变化快等特点, 在新能源发电大规模发展情况下, 由于火电机组有功调节速度较慢, 即使火电机组大幅度参与系统调频工作, 也难以完全适应新能源发电出力的快速变化, 特殊情况下甚至导致系统频率出现不稳定的情况。另一方面, 新能源电站一般位于电网末端, 大规模新能源发电出力的变化将对电网造成较大冲击, 导致系统电压、联络线功率的大幅度波动, 引起电网无功电压和安全稳定的问题。

### 1.4 新能源接入电网的方式及网架结构优化设计问题

根据新能源开发规模的不同和电力消纳方式的不同, 新能源接入电网的方式也不同。如何针对各种能源的开发规模、出力特性, 设计合理的电源接入方式, 对接入电网的网架结构进行优化设计, 提高并网的可靠性, 这些都对电网规划设计工作提出了更高的要求。

## 2 智能电网条件下新能源并网设计方案

为保障安全、清洁、高效、可持续的能源和电力供应, 积极发展智能电网已成为世界电力发展的新趋势。相对于传统电网, 智能电网具有更高的安全性、可靠性、适应性、经济性、开放性。随着电网智能化建设进程, 更多的新能源发电可以接入电网, 新能源发电面临着很好的发展机遇。

### 2.1 集中式接入方式

目前, 我国的新能源开发主要是采取集中开发、规模外送、大范围消纳的方式, 属于集中式发电 (CG) 型式。

以风电为例, 目前我国已开发的风电主要是采用直接建设风电汇集变电站汇集风电电力, 再将汇集站接入电网的并网方式。这种并网方式下, 大规模新能源发电出力的变化将对电网造成很大的冲击, 导致系统电压大幅度变化、联络线功率大幅度波动, 容易造成电网无功电压和安全稳定问题。

### 2.2 分布式接入方式

对于小规模、分散的新能源电厂, 则更适合分布式发电 (DG) 的模式。

分布式电网是以靠近用户的小型发电机组、储能系统和微型电网构建起来的与外部电网互联 (或独立运行) 的电网。这些小的发电机组可以是风力、太阳能、生物质等

在内的新能源发电系统。分布式电源的接入不改变原来配电网结构,延缓了输、配电网升级换代所需的巨额投资。同时,它的接入可以有效改善大电网的供电可靠性并且可以提高供电质量。可见,分布式智能电网是新能源利用的有效途径之一。

### 2.3 微网接入方式

微网系统适宜各类分布式能源的接入,能够实现分布式能源与大电网的灵活对接和协调运行,能够形成具备可靠供电能力的孤岛运行系统,为灾变性突发事件提供保障。建立一个如此功能的微网系统,需要配置分布式发电(DG)系统、储能系统、能量管理系统、负荷及相关的监控、保护装置等。

目前,涉及微网与大电网的并网,以及并网后的系统协调、控制、优化等领域还刚起步,如何解决微网与大系统连接后的系统稳定问题和电能质量问题,还有待进一步的研究。

## 3 智能电网对新能源发电厂设计的技术要求

在智能电网条件下,为适应各类型新能源电源的并网运行,需要针对各类电源的运行特性,综合考虑新能源接入对电网以及其他能源发电的影响,研究制定相应的接入系统标准,使其技术水平能够满足电力系统安全稳定运行的需要。

就技术要求而言,新能源发电厂需要具备良好的性能,在有功功率控制、无功功率调节、低电压穿越能力、电能质量等方面符合电网安全稳定的相关规定。

总体看来,新能源电能均呈现出随机性、间歇性、出力变化快等共性,因此对新能源发电厂设计的技术要求也相应的体现在以下几个方面。

### 3.1 电能质量指标

新能源电站应在频率偏差、电压偏差、电压波动、电压不平衡度、闪变、谐波等方面满足相应的标准。

### 3.2 有功功率

#### 3.2.1 有功功率控制

电网故障或特殊运行方式下要求降低有功功率,以防止输电线路发生过载,确保电力系统稳定性。当电网频率过高时,如果常规调频电厂容量不足,可降低新能源电站的有功功率。

#### 3.2.2 最大功率变化率

新能源电站应当具有调整输出功率的最大功率变化率的能力。最大功率变化率应根据所接入系统的电网状况、发电机组运行特性及其技术性能指标等,由电网运营企业和电厂运营企业共同确定。

#### 3.2.3 事故解列

在紧急事故情况下,电力调度部门有权临时将新能源

电站解列。待事故处理完毕,应立即恢复电站的并网运行。

### 3.3 无功功率

#### 3.3.1 无功电源

新能源电站可采用分组投切的电容器或电抗器组,必要时采用可以连续调节的静止无功补偿器或其他更为先进的无功补偿装置,以满足系统电压调节的需要。

#### 3.3.2 无功容量

新能源电站应具有无功功率调节的能力,其调节范围根据具体电站的运行特性、电网结构和电网调度中心的要求决定。

### 3.4 电压运行范围

当并网点的电压偏差在一定范围内波动时,新能源电站应能正常运行。其中,风电场要求在电压低于额定电压90%时,应具有一定的低电压穿越能力。

新能源电站引起的公共点电压偏差,应符合相关规定。

### 3.5 电压控制要求

电压调节的方式包括调节新能源电站的无功功率和调整电站升压变电站主变压器的变比(当低压侧装有无功补偿装置时)。电站的无功功率应当能够在其容量范围内进行自动调节,使电站的功率因数或高压侧母线电压保持在一定范围。电站的主变压器宜采用有载调压变压器,分接头切换可手动控制或自动控制,根据电力调度部门的指令进行调整。

### 3.6 运行频率

风电场等新能源电站应具有在一定的电网频率偏离范围内运行的能力。

### 3.7 通信与信号

新能源电站必须具备与电力调度部门之间进行数据通信的能力。并网双方的通信系统应以满足电网安全经济运行的要求为前提,通信方式、传输通道和信息传输等应能满足继电保护、安全自动装置、自动化系统及调度电话等对电力通信的要求。

## 4 结束语

新能源接入电网时对传统电网将造成一定的冲击,但智能电网的开放型的网架结构为更多的新能源发电并网提供了便利。目前新能源电厂并网方式主要有集中式接入、分布式接入、微网接入等,需要针对其开发规模、出力特性,设计合理的并网方式,提高其并网可靠性。同时,需要针对各类电源的出力特性,继续完善相应的接入系统标准及规范,使其技术水平满足电力系统稳定运行的需要。

(责任编辑:张峰亮)

# 风电场建设中风力发电机组的选型

谢 龙

(大唐定边风力发电有限责任公司, 718600)

## 1 风力发电机组的发展趋势

风力发电机组单机容量不断提高, 经济性更加突出。当前, 风电市场中的主流风电机组类型已经发展到兆瓦级, 在兆瓦级风电机组在 1997 年之前的市场份额低于 10%, 而在 2001 年时, 其市场份额上升到 50% 左右, 到目前为止已经超过 80%。近年来, 随着对近海风能资源的进一步开发, 大容量风电机组的发展进一步加快, 世界上已经投运的风电机组的最大单机容量已经达到 5 MW, 6 MW 的风电机组也已经研制成功。

采用无齿轮箱直接驱动技术的风电机组在风电市场中的份额迅速上升, 无齿轮箱直接驱动技术使风电转换效率大幅提高, 同时还降低了油品及其他耗材的消耗并降低了机组的运行造影, 而且机组运行更加可靠、稳定。

度桨和变速技术更具发展优势。度桨矩调节能具有更高的输出功率品质, 通过对发电机的转速进行合理控制, 可以使风力发电机的叶尖速比更加接近最佳值, 从而进一步提高风力发电机组的运行效率。

永磁电机优势突出。直驱风电机组分为永磁和励磁两种发电技术。相对于励磁电机来说, 永磁电机, 尤其是稀土永磁电机结构更加简单、运行可靠性更高、发电效率更高, 而且电机的形状和尺寸更加灵活。

## 2 风力发电机组选型

在风电场设计和建设过程中, 风力发电机组的选型须考虑技术性、实用性和经济性三个方面的因素。

### 2.1 技术性因素

风力发电机组选型的技术性主要包括对风资源的评估、风功率的计算、上网电量估算以及机组可靠性的确定。

#### 2.1.1 风资源评估

在风电场设计和建设过程中, 首先需要对所选风场进行风资源评估。当前, 国内外对风资源的测试与评估已经开发了大量测试仪器和评估软件, 比如 WASP 工具, 该工具专门用于风电场微观选址的资源分析工作; 还有 MesoMap 以及 Sitewind 风能资源评估系统等。国内也有类似的软件, 比如 WinsFarmer, 该软件专门用于风电场设计优化。这些专业仪器和软件系统的开发, 为风资源的

准确可靠评估提供了重要保证, 同时也为风力发电机组单机容量的选择提供了重要的依据。

#### 2.1.2 风功率计算

以风资源评估的结果为基础, 对风场年平均风速和风功率密度进行确定, 并进一步确定风场的盛行风向是否稳定, 湍流强度是否较小, 以及实测空气密度和风切变指数、风功率密度等。根据 GB/T 18710-2002《风电场风能资源评估方法》中的相关指标, 确定风场的具体类型, 从而选择更加适合该风场的高效风力发电机组。

图 1 给出了某发电机组的风功率曲线, 从该曲线中可以看出, 机组的额定风速对机组影响最大。当额定风速为 10.8 m/s 时, 额定功率为 1500 kW。机组的切入风速为 3 m/s, 当风速在 3 ~ 8 m/s 之间时, 发电机组的功率逐步上升到额定功率; 而当风速不断上升之后, 由于受到变桨系统的调节作用, 机组的功率始终维持在 1500 kW。

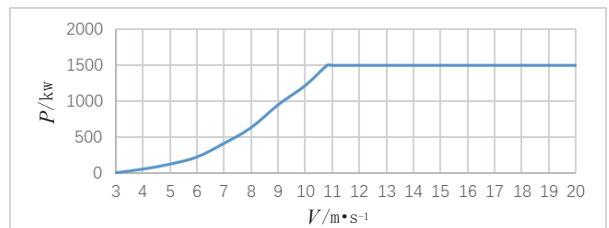


图1 额定功率1500 kW机型风功率曲线

#### 2.1.3 上网电量估算

结合适合风电场的几类机型, 还需要对年理论发电量进行计算。即根据该风电场在标准状态下的功率和推力系数曲线、风电机组的布置以及风电场的地形图, 利用程序对各机组在标准状态下的理论发电量进行计算。然后需要结合空气密度的修正、尾流修正、控制及湍流折减、叶片污染折减、功率曲线折减、线损等能量损耗和气候影响停机等多方面的因素, 对风电场工程年上网电量进行估算。

### 2.2 实用性因素

风力发电机组在选型过程中需要结合风电场的特点选择实用性最强的机组, 主要需要考虑的条件包括风电场自然条件、交通条件以及吊装条件等。同时, 还需要对风电场的总体规划和规模进行综合考虑, 然后结合选型的技术性要求, 确定具有较高实用性的风力发电机组。



### 2.3 经济性因素

风力发电机组选型的经济性,主要是对该风电场投资所产生的经济效益进行评估。对于一个风力发电项目来说,当电网价格一定的情况下,需要考虑的因素主要包括单位电量成本、年上网发电量以及资金内部收益率<sup>[3]</sup>。通过对多种方案的比较分析之后,能够准确获取每种方案的具体经济指标。

## 3 案例分析

### 3.1 风电场概况

本文中所示风电场为 49.5 MW 机组选型方案。该风电场场址实测年 10 m 高年平均风速以及年风功率密度分别为 5.37 m/s 和 243.1 W/m<sup>2</sup>,代表年 65 m 高度平均风速及风功率密度分别为 6.8 m/s 和 427 W/m<sup>2</sup>,风功率密度等级达到了 4 级,属于较为丰富的风能资源。另外,风电场实测空气密度为 1.11 kg/m<sup>3</sup>,风切变指数为 0.09。

### 3.2 机组选型方案

根据风资源评估结果以及风电场的相关参数,初步选择了 4 种机组选型方案,分别为 750 kW 型、850 kW 型、1500 kW 型以及 1.0 MW 和 1.5 MW 组合型机组,具体如下表 1、表 2 所示。

表1 风场风力发电机组选型方案

方案类型 /kW	年上网发电量 /MWh	总体成本 /万元	单价 /元·(kW) <sup>-1</sup>	数量
750	90090	30690	6200	66
850	101580	34900	7050	58
1500	104960	40095	8100	33
1.0 + 1.5 MW	105120	37620	7600	9 + 27

表2 各机组主要参数

项目	750 kW	850 kW	1.0 MW	1.5 MW
切入风速/m·s <sup>-1</sup>	3.5	3	4.5	3
切出风速/m·s <sup>-1</sup>	25	21	20	20
额定风速/m·s <sup>-1</sup>	15	15	15	11
最大风速/m·s <sup>-1</sup>	70	52.5	55	52.5
额定功率/kW	750	850	1000	1500

### 3.3 方案对比分析

上述 4 种机组选型方案均结合风电场实际情况,都能够很好地应用到该风电场中。其中 750 型机组属于传统机组,技术相对成熟,在之前的风电场建设中大量应用,但是随着近几年风电技术的快速发展,逐渐退出市场;850 型机组与 750 型机组类似,其中的主要差别是控制方式不同。850 型机组由 750 型机组的定桨距控制转变为变桨距方式进行控制,其发电量相对于 750 型机组上升约 13%,结合表 1 中的数据可以看出,两种方案的投入成本接近,但是 850 型机组上网发电量明显提升,因此具有更高的经济效益。另外,850 型机组的投入数量也相对较少,并且切入风速更低,在低风速条件下能够更好地运行。

1.5 MW 型机组选型方案的装机容量相对于 850 型机组和 750 型机组有了大幅度提升,额定风速更小,相对于前两种方案来说,装机数量也大大减少,年上网发电量增加大约 3.3%,但是总投资提高了约 15%,因此,经济优势不明显。

而从 1.0 MW + 1.5 MW 组合选型方案来看,装机总数量为 36 台,而且在发电量及投资成本来看,具有更高的优势。

另外,结合风场交通、安装以及吊装等多方面的条件之后,最终确定选择 1.0 MW + 1.5 MW 组合选型方案,该方案具有更高的综合经济效益,这也充分说明了机组选型工作在风电场建设中的重要作用。

## 4 结束语

随着现代风电技术的不断发展和逐步成熟,风电的生产成本还会进一步降低,在这种条件下,机组选型的合理性和准确性对提高风电场经济效益具有重要作用。同时,需要参考和借鉴相关经验,结合风电场实际,进一步提高风电项目投资的经济效益和整体效益。

## 参考文献

- [1] 吕鹏远. 风电场建设中的风力发电机组选型[J]. 水利水电技术, 2009 (09): 57-59.
- [2] 吴义纯. 风电场风力发电机组优化选型[J]. 太阳能学报, 2007 (10): 1163-1167.
- [3] 周民强. 基于风况的风力发电机组选型设计[J]. 机电工程, 2011 (05): 610-615.

(责任编辑:张峰亮)

## 资讯

### 宁夏电力建成电力监控系统联合防御体系

12月4日,随着吴忠、宁东、中卫、固原、石嘴山等五个地市公司内网安全监视平台建设项目通过公司组织的集中验收,标志着国网宁夏电力公司已全面建成宁夏电力监控系统区地联合防御体系。

国网宁夏电力公司是国网系统首个将配电自动化系统二次安全防护设备接入内网安全监视平台的单位。宁夏地区本次全面建设的内网安全监视平台,将常规的主站、备调、变电站、新能源场站二次安全防护设备接入内网安全监视平台进行管控,达到了接入率 100%,在线率 99.1%,管控率 100%,密通率 85% 以上,实现了宁夏电网二次安全防护的全方位管控,大幅提升了宁夏电网二次安全防护水平。

来源:国家电网报

# YH-SVG三相负荷不平衡自动调节装置

孙敬安, 刘永辉, 李景玉, 杨永华, 曹腾予

(国网河南巩义市供电公司, 河南 巩义 451200)

## 1 三相不平衡情况原因

巩义市属于典型的豫西浅山丘陵区, 农村电网供电情况复杂。近年来, 随着农村产业结构调整、城乡居民分布不均匀、农民生活水平持续提高, 农村单相负荷用电量增长很快, 造成了部分农村配电台区出现不同程度的三相不平衡情况。

## 2 三相负荷不平衡解决对策

治理变压器三相不平衡, 就是挖掘变压器的潜在容量, 补偿功率因数, 增加变压器容量。两者综合考虑, 可以在不改变变压器容量、不增加变压器损耗的前提下, 挖掘出变压器的潜在容量。在变压器出口端安装三相不平衡装置是解决上述问题的最佳选择。

为能更好解决配电台区三相不平衡问题, 2014年10月以来, 公司以芝田#11变等23个配电台区为试点, 安装了YH-SVG三相负荷不平衡自动调节装置。

## 3 YH-SVG装置的工作原理

### 3.1 YH-SVG装置三相负荷不平衡自动调整原理

YH-SVG装置的IGBT器件在三相间可任意幅值、任意角度导通, 根据采样电路采集来的三相电流值, 通过DSP计算出负荷不平衡度和需要调整的电流值, 由FPGA产生一个PWM控制信号驱动IGBT元件动作, 输出相应的补偿电流到系统中, 达到补偿三相负荷平衡和完美功率因数的目标。

### 3.2 动态无功补偿原理

YH-SVG装置通过一组电流互感器采集有功电流, 根据有功电流可计算出无功电流的分量, 由FPGA产生一个PWM控制信号, 驱动逆变器使之产生一个与无功电流大小相等、方向相反的电流值输出到电网, 达到从 $-1 \sim +1$ 的0.99级完美功率因数补偿, 最快5ms响应时间。

### 3.3 提供电压支撑原理

YH-SVG装置通过对设备安装点的电压采样, 然后进行A/D转换并送入内部DSP, 以判断设备安装点的电压是否超过设定值, 当电压超过上限值时, 装置输出感性电流以降低电压, 当电压低于下限值时, 装置输出容性电

流以提升电压, 最终使各相电压维持在合格范围内。

## 4 YH-SVG装置安装环境

本项目设备需要安装在户外线杆上, 采用抱箍固定安装方式, 运行环境较为恶劣, 需要考虑通风散热、防雨等措施。

## 5 安装前后效果对比

芝田#4变和芝田#11变通过安装YH-SVG装置前后对比, 在三相负荷不平衡、功率因数补偿和三相电压平衡调节方面均取得了明显的效果, 降低了台区线损。

从用电信息采集系统中随机选取设备安装前一天和设备安装后一天的三相电流数据, 在相同的时间点分析比较, 三相负荷不平衡度均在1%以内, 效果十分显著, 相当于增加了变压器的输送能力, 降低了变压器噪声和运行温度, 起到延长变压器使用寿命的作用。

## 6 效益分析

安装YH-SVG三相负荷不平衡自动调节装置后, 配电台区线损有所降低, 以芝田#4变为例, 2015年2月台区线损为7.85%, 3月台区线损为7.83%, 4月安装YH-SVG调节装置, 5月台区线损为6.97%, 6月台区线损为6.96%, 台区线损降低0.87%。芝田#4变2015年6月供电量约60000kWh, 减少电量损失522kWh。变压器的使用效率提高了约40%。变压器未发生温度异常升高现象。

## 7 结束语

根据上述三相电压、电流、功率因数等数据对比, 在芝田#4变和芝田#11变配变上安装YH-SVG三相负荷不平衡自动调节装置后, 试点台区未出现95598系统“低电压”投诉, 试点台区的低压线损较2014年同期有所下降。三相电压不平衡有所改善, 功率因数实现了0.99级的精准双向补偿, 台区线损有所降低。通过改善配变三相负荷平衡, 可提高配变的有功输送能力, 降低变压器的损耗、运行温度和噪声, 延长变压器的使用寿命。在配变上安装YH-SVG装置效果十分优异。

(责任编辑: 贺大亮)

# 继电保护装置可靠性提升 与检修周期的合理化设置

周蓝波<sup>1,2</sup>, 王圣元<sup>1,2</sup>

(1.上海交通大学, 上海 闵行 200240; 2.国网上海市北供电公司, 上海 闸北 200072)

## 1 继电保护装置可靠性提升的有效途径

在电力系统中, 继电保护装置是不可或缺的重要设备之一, 它最为主要的功能是正确反应电气设备的故障及异常运行状态, 并自动、有选择性地故障设备从整个系统中切除出去, 以此来确保其他无故障设备能够继续正常运行, 从而使故障影响范围缩小, 有助于电力系统运行可靠性的提升。由于继电保护装置是为电力设备提供安全保障的, 所以装置本身的可靠性至关重要, 基于这一前提, 所有进入电力系统的继电保护设备均必须具有权威质检机构出具的检验合格报告。同时, 因继电保护装置经常需要在恶劣的环境下运行, 因此必须采取有效的方法和途径提高装置的可靠性。

### 1.1 采用先进的模块化设计

模块化是一种较为先进的设计方法, 可将微机保护装置视为一个系统, 以各种插件作为模块, 使装置的不同功能相互独立, 强弱电分开, 由此能够进一步提升装置的可靠性。微机保护装置中的模块主要包括 AI、CPU、LCD、I/O、COM、DC 等。其中 AI 插件的主要作用是将各种电压、电流信号经电压互感器或电流互感器转换后, 输出至 CPU 插件, 供 CPU 进行数据采集; CPU 插件具体负责低通滤波、A/D 采样以及保护算法处理等; LCD 插件为人机交互提供界面, 并且可进行图像和信息的显示; 为了保证 DC 插件的运行稳定, 应当将之与其他弱电部分隔离开; I/O 插件能够实现保护装置与监控计算机之间的连接。整个保护装置的所有功能是通过控制断路器跳合闸来实现的。

### 1.2 电磁兼容设计

#### 1.2.1 干扰滤除

通常情况下, 继电器接点出现弹跳时, 电弧脉冲周期一般小于 50 ms, 且脉冲群的重复率小于 100 次, 尖峰电压在 200 ~ 3000 V 这一区间范围内变化。针对这一问题, 可以采取如下解决方法: 可在电源线路上设置滤波器; 对所有输入量加磁环及抗干扰电容, 以此来消除模拟量输入通道的干扰; 用 TVS (瞬变电压抑制二极管) 对过电压能量进

行吸收; 加装去耦电容。

#### 1.2.2 吸收浪涌

当电路遭受雷击时, 或是在通断时, 均会产生出较高的过电压, 即浪涌电压或浪涌电流, 其属于瞬变干扰。以 6 V 的直流继电器为例, 当其线圈断开时, 会产生 300 ~ 600 V 的浪涌电压。为防止浪涌电压对继电保护装置及其他元器件的破坏, 可以采用浪涌吸收器, 如氧化锌压敏电阻、TVS 等。

氧化锌压敏电阻: 该浪涌保护器以其漏电流小、电压范围宽、响应速度快、无后续电流、工艺简单、造价低等优点, 获得了广泛应用。

TVS: 其具有瞬态功率大、响应时间短、体积小、漏电流低等优点, 在电子设备等领域的应用较为广泛。它的正向特性与普通二极管非常类似, 当击穿电流出现时, 流经 TVS 的电流会达到峰值脉冲电流, 其两端的电压会被箝位到  $V_C$  以下。随着脉冲电流的逐步衰减, 位于 TVS 两极间的电压也会随之下降, 最终会恢复到初始状态。表 1 为 TVS 与压敏电阻的性能对比。

表1 性能对比

参数指标	压敏电阻	TVS
反向漏电流/ $\mu A$	200	5
封闭情况	透气	密封
极性	单极性	单双极性
箝位因子 $V_C/V_{br}$	最大7~8	不超过1.5
最高使用温度/ $^{\circ}C$	115	175
老化情况	老化	不老化
价格	低	高

#### 1.2.3 抗干扰措施

在布线时, 应当尽可能将模拟电路与数字电路分开布置, 同时为降低磁场耦合作用的影响, 可将电路板的一面布设成水平线, 另一面布设成竖直线, 并使水平线与竖直线保持平行。此外, 必须对强弱电进行分离, 具体可采用光耦隔离抗干扰措施。

### 1.3 抗震动冲击设计

由于继电保护装置本身机械结构的原因, 使其在装卸



运输的过程中会受到振动冲击的影响,从而会导致装置损坏。相关研究表明,机械振动主要是物体受到交变力的作用而产生的。因继电保护装置安装之后基本比较稳固,所以不需要另外加装阻尼震荡器。但是应当对元器件自身固有的振荡频率及受力情况加以充分考虑,确保结构设计的合理性。

#### 1.4 腐蚀与防护措施

继电保护装置一般都是在高温的环境中运行,并且还伴有一定浓度的腐蚀性气体,高温、腐蚀等因素的结合,会对装置运行的可靠性造成影响。所以必须采取合理可行的防腐措施。比较常用的方法有金属器件除锈镀锌喷锌;印制板喷漆、涂胶等。

## 2 基于继电保护装置可靠性评估的检修周期合理设置思路

### 2.1 最佳检修周期的影响因素分析

通过初步分析可以看出,最佳检修周期与检修成功率、自检系数这两个因素有着直接关系。令检修成功系数的数值变化范围为10%、30%、50%、70%、90%,同时令自检系数的数值变化范围为0%、20%、40%、60%、80%、100%,这样便可得到继电保护装置不同的不可用率,并总结出以下结论:以不改变检修成功系数为前提,继电保护装置的不可用率会随着自检率的提高而降低,且设备的最佳检修周期也会随之增大;以不改变自检率为前提,继电保护装置的不可用率会随着检修成功系数的提高而降低,且设备的最佳检修周期也会随之增大。

### 2.2 检修周期合理设置思路

为研究分析自检系数变化对继电保护装置最佳检修周期和不可用率的影响,将参数选取典型值,并令自检系数值进行单独变化,得出以下结论:继电保护装置的最佳检修期随着自检系数的增大而变长,不可用率随着自检系数的增大而减小。最佳检修周期越长,则越能节省定期检修所耗费的人、财、物成本支出,并且增加继电保护装置处于可用状态的时间。由于自检系数反映的是微机继电保护设备的自检效果,所以自检系数越大则表示自检效率越高,在这种情况下,可以认为微机自检替代了更多的人力检修。为此,提升微机继电保护装置的自检效果,有利于提高继电保护装置的可用率,降低检修成本。

采用上述方法对检修成功系数的影响进行研究分析,得出以下结论:继电保护装置的不可用率基本不会随着检修成功系数的变大而产生变化,但是最佳检修周期会随着检修成功系数的变大而明显变长。检修成功系数主要反映了继电保护装置进行定期检修的水平,所以当检修成功系数越大时,则表示定期检修效果越好。

同样采用上述方法对继电保护装置缺陷率的影响进行研究分析,得出以下结论:继电保护装置的不可用率不会随着缺陷率的增大而产生明显变化,但是最佳检修周期会随着缺陷率的增大而大幅度缩短。继电保护装置缺陷率主要用于反映设备故障的频繁程度,当继电保护装置缺陷率越高,设备故障越频繁,则越有必要对其进行检修,并且为了保持装置原有的运行状况需要付出更多的检修成本。

由此可见,具备自检功能的微机继电保护装置可以有效增大定期检修间隔,所以应当加大力度研制具备较高自检率的继电保护设备。继电保护装置与其他设备的故障率大致相同,随着设备运行时间的增加,会先后进入早期故障期、随机故障期及损耗故障期。其中,故障率较高的期间为早期故障期与损耗故障期,随机故障则存在于继电保护装置的有效寿命期内,故障率没有较大波动。继电保护装置从投入运行直至报废,其自身性能也会随之降低,在不同的时期对继电保护装置进行检修,其检修的效果也会存在差异。因此,可以根据定期检修率的变化,确定继电保护装置的最佳检修周期,制订检修计划。

## 3 结束语

综上所述,对于整个电力系统而言,继电保护装置扮演着安全卫士的角色,它的运行稳定、可靠与否,直接影响电力系统的运行。近年来,随着我国电网规模的不断扩大和等级的提高,使得电力设备越来越多,由此增大了故障发生概率,为确保电力设备出现故障时,继电保护装置能够可靠动作,必须采取有效的方法和途径提升继电保护装置的可靠性。同时,可基于对继电保护装置可靠性的评估,对检修周期进行合理安排,这样既能节约资源,又能提高经济效益。

## 参考文献

- [1] 韩天行,梁志成,胥岱遐,等. 电力系统继电保护及自动化装置的可靠性试验及评估的研究[J]. 江苏电器, 2012(8): 120-122.
- [2] 李奎,陆俭国,胡德霖. 保护类电器的可靠性指标及其验证试验理论分析[J]. 电工技术学报, 2013(4): 65-66.
- [3] 叶思勤,邵悲. 影响工业场所用机电仪产品的环境因素及国内外研究现状[J]. 环境技术, 2013(10): 78-80.
- [4] 蒋远球. 微机保护二次回路中应注意的几个问题[J]. 机电技术, 2014(3): 54-56.
- [5] 李少华,韩富春. 一种配电系统可靠性评估新方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2014(6): 17-19.
- [6] 万国成,任震,田翔. 配电网可靠性评估的网络等值法模型研究[J]. 中国电机工程学报, 2013(5): 48-51.

(责任编辑:贺大亮)

# 新型高压SF<sub>6</sub>旋弧式负荷开关

赵颖博<sup>1</sup>, 杨冰<sup>2</sup>, 张鹏<sup>3</sup>, 范志勇<sup>1</sup>

(1. 国网河南新野县供电公司, 河南 新野 473500;  
2. 国网河南南阳供电公司, 河南 南阳 473000; 3. 南阳防爆电气研究所, 河南 南阳 473000)

## 1 柱上真空和SF<sub>6</sub>断路器存在的问题

断路器爆炸原因: 在真空灭弧室真空度下降的情况下, 若不能及时发现, 在开断大的短路电流时就有可能造成真空灭弧室爆炸, 造成断路器整体炸裂。

柱上 SF<sub>6</sub> 断路器多采用封闭外壳, 三相共箱式结构, 在 SF<sub>6</sub> 气体泄漏或线路短路电流超过开关额定开断电流时, 有可能造成断路器灭弧困难, 甚至不能息弧, 造成断路器内部电弧短路, 内部温度压力急剧升高, 在超过断路器壳体承受能力时, 致使断路器壳体破裂炸开, 造成事故。

在配电网中, 柱上断路器多安装在街道旁边, 一旦发生爆炸事故对周围人群和建筑物将构成严重威胁, 所以柱上断路器的安全运行问题应引起重视。

## 2 LPG系列SF<sub>6</sub>旋弧式高压负荷开关的性能参数

### 2.1 旋转灭弧方式

利用开关主回路上流通的电流产生的电磁力来开断电流的消弧方式。可得到与电流大小相应的消弧力, 即使在开断小电流的时候, 也不会发生过电压; 在过电流开断能力上有着优良的特征。

### 2.2 密封技术

壳体构成材料和壳体加工使用耐气候性优良的不锈钢材料, 可维持高精度、高质量。容器为圆形断面, 是承受内部压力、外部压力较强的形状。依靠高度加工精度, 可以稳定生产高气密可靠性的产品。使用超高灵敏度的检漏试验设备进行全数气密试验。

对于万一气密不良时的安全设计: 气密不良可通过压力降低表示装置表示出异常情况。同时气密不良时也具有负荷开断能力, 压力降低表示装置动作时, 也可维持开断性能。

### 2.3 高稳定性的操作机构

由于本体采用旋弧灭弧方式, 操作功小, 远小于真空产品机构操作功; 对零部件产生的冲击小, 材料的变形影响小, 不易产生疲劳损坏, 能达到 20000 次机械寿命。

采用先进的密封构造, 保证操作机构内部零部件长期处于干燥洁净环境中, 保证没有润滑脂的氧化、劣化及部件的生锈等引起的劣化危险; 运动零件采用硬化处理, 并采用 MoS<sub>2</sub> 干膜润滑技术; 使用挥发性小、不硬化、耐低

温、润滑性能好的润滑油、润滑脂。

## 3 LPG系列SF<sub>6</sub>旋弧式高压负荷开关的特点

### 3.1 高度安全设计

具有高度的气密可靠性的同时, 即使万一发生气密不良时, 也可维持负荷及短路开断功能。通过压力降低表示装置表示出压力 (气密异常), 所以可以起到预防保全的作用。即使为零表压, 也可以维持开断功能, 具有开断负荷电流的能力; 即使是空气, 断口也可以耐受额定电压。

可靠性优良的多点接触方式。郁金香接触方式, 故有以下特长: 接触电阻稳定, 可以维持稳定的通电性能; 振荡时间短, 所以不会产生投切电容器负荷时的高频 / 高峰值冲击电流所引起的熔敷及冲击电流的开断 / 重燃所引起的过电压的危险; 可以减小接触压力, 那么机构的负载力就会减轻, 可以提高操作机构的可靠性。

### 3.2 具备压力下降表示和锁定装置

为了安全运行, 开关设有压力下降表示和锁定装置。气体压力降低到规定值以下时, 锁定装置机械性地锁定开关, 同时会有机械表示和电气信号表示。当开关内部气体压力低于设定值时, 锁定装置动作, 如果当时开关处于合闸位置, 就被锁定在合闸位置; 如果当时开关处于分闸状态, 就被锁定在分闸状态。

### 3.3 设置有专门的防爆泄压装置

当开关内部发生异常燃弧故障时, 为防止壳体因气压过高而爆炸, 在开关的端盖中设计了防爆泄压装置, 压力释放时, 不会有螺钉等金属物崩出, 可确保开关周围设备和杆下行人的安全。

## 4 LPG系列SF<sub>6</sub>旋弧式高压负荷开关的运行效果

在 35 条馈线的分支点上, 先后使用了 60 台此类负荷开关, 未发生一起开关缺陷故障。其故障率远低于传统断路器, 年漏气率远小于标称值, 维护费用也低于传统设备。技术先进、功能强大、维护方便, 改变了传统的巡视维护模式, 可以有效保证供电安全, 为配电网的安全运行提供了可靠保障。随着智能化配电网的不断发展, SF<sub>6</sub> 旋弧式高压负荷开关将得到更加广泛的应用。

(责任编辑: 贺大亮)

# 配电变压器有载调压装置

韩善起

(国网河南洛阳供电公司, 河南 洛阳 471000)

为保证供电电压质量、提高供电可靠性、降低电网损耗,多年来,人们一直沿用变压器机械式有载调压装置。然而,机械式有载调压装置价格昂贵、体积庞大、损耗高、事故率高、运行维护量大等劣势,致使大多数低电压、小容量变压器望而却步,尤其是在为数众多的10/0.4 kV配电变压器上的配套有载调压率几乎为0。针对传统有载调压变压器的机械式调压装置存在的诸多问题,各国都积极研制出一些新型的有载调压装置,从其原理结构可分为机械式改进型、辅助线圈型等,但都不足以使变压器有载调压技术发生根本性的转变,推出体积小、价格低、使用和维护方便、适应范围广的低能耗、高效率变压器有载自动调压装置刻不容缓。

## 1 技术原理

选用电力电子开关(SSR,又称固态继电器)替代有触点开关,直接通过改变变压器高压侧绕组分接抽头的方法,从而使两侧变比发生变化,达到在有载状态下自动地把变压器低压侧电压维持在合格数值水平的目的。

## 2 装置结构

配电变压器有载自动调压装置是采用SSR作为主开关件,配以电子测量、控制、保护电路,实现变压器在有载运行环境下进行自动调节输出电压的一种全电子式装置(以下简称“装置”)。整个装置必须具有能耗低、体积小、动作快、寿命长、调压范围宽、工作无噪声、换档无电弧、无环流、无冲击、无谐波、阻燃抗振、全天候动态监测电压与适时有载调压、电能质量好、可靠性高、节能环保、价格低廉等特点。其功能扩展后还要与配电网自动化设备连接,实现遥信、遥测、遥调等功能。

## 3 须破解的问题

### 3.1 破解换档调压中绕组两端点间环路短路电流难题

在已有的同原理有载调压技术中,换档调压过程中绕组两端点之间的环路短路电流,是无法回避的大难题,它不仅对变压器本身带来冲击和运行损耗,还将影响电力负载的稳定运行状态。

为了彻底解决这一大难题,本次研究将根据SSR的特

性,利用单片机控制技术,开创出精密、准确、直接的换档调控方法。它能在接受调压指令瞬间,从原档位直接跳换到新档位,迅速地完成任务,一改传统的烦琐换档过程。彻底地遏制换档环流的产生,消除换档环流损耗,以保证换档时的轻松(无声息)、平滑过渡(波形无痕迹)和正弦波形的完整性(无变异、无谐波)。这也是本装置与传统的机械式有载调压装置及已有的电子调压技术所截然不同的分界点,将该成果称为“无环流调压控制技术”。

利用“无环流调压控制技术”,再配以无触点开关替代有触点开关,可直接通过改变变压器高压侧绕组分接抽头的方法,从而使变比发生变化,达到在有载状态下自动地把变压器低压侧电压维持在一个合理数值的水平,实现自动调压。

### 3.2 破解电子开关调压范围小难题

由于电子开关工作时是静止不动的,加上它的额定电压较低,为了回避高压,致使装在高压绕组上SSR只能接在星点附近的调压抽头上,造成了电子开关调压范围小的尴尬局面。

创新采用“动结点调压接线方案”解决这一难题,使不管多高档级上的SSR开关的受压值均匀分布。

本装置既可直接对现役变压器进行现场改造;也可增加高压绕组调压抽头,扩充调压档级数量,降低变压器的调压波动率、拓宽调压范围;既适用于配电变压器的有载自动调压,也适用于特种变压器的有载自动调压。

## 4 系统改进

为确保变压器的正常运行和便于进行电气试验,利用原无励磁分接开关位置增设以下新的功能:其操作功能设置为:I“试验”位置;II“有载调压”位置;III“固定运行”位置。主要用途:当对具有有载自动调压功能的变压器进行电气试验时,提供可靠的绕组通路;同样,为装置故障后暂时不能或不需有载调压功能的变压器继续运行打开绿色通道。

装置的控制系統选用单片机作为主元件,不仅能对运行电压适时监测、保护、发出正确的调压指令,还可以对变压器的运行数据进行检测、储存和显示,并能对本台区各路开关进行可靠控制,RS485通信接口可实现远端对该台区的“四遥”功能,为智能化台区的实现提供技术支持。

(责任编辑:贺大亮)



# 电力安全生产技术措施及加强策略

胡旭东

(国网安徽桐城市供电有限责任公司, 安徽 桐城 231400)

在电力体制改革的推动下,我国的电力工业获得了快速发展,发电厂及电网的规模也都随之不断扩大,有效确保了电能的供给。对于整个电力行业而言,安全生产是重中之重,与之相关的安全技术措施一直都是业内研究的重要课题,随着各种电力安全生产技术的应用,进一步提高了电力生产的安全性,降低了安全事故的发生概率,保证了供电可靠性。

## 1 电力生产面临的安全隐患分析

### 1.1 机组故障频发

国内发电厂的生产方式主要有以下几种:火力发电、水力发电、风力发电及核电,上述电力生产模式或多或少地存在安全隐患,若是隐患发现的不及时或处理不到位,都有可能影响到生产安全体系的正常运行。现阶段,发电机组故障频发是对电力生产安全造成风险的最大隐患之一。由于各种因素的影响,使得发电机组将机械能转换为电能时存在损坏的可能性,这一过程中,容易出现过热和过载的现象,其对设备的安全性影响较大,是引起机组故障频发的主要原因。

### 1.2 人为操作失误

人为操作失误也是造成安全事故和意外事件发生的又一重要因素。由于现场作业人员的专业技术水平不高,从而使其在执行生产任务时,出现错误操作,致使电力生产系统的流程被打乱,进而影响了电能的正常生产。

## 2 电力安全生产技术措施及加强策略

### 2.1 电力安全生产技术

继电保护。继电保护是一种故障处理措施,能够在第一时间感应到电力生产系统中的异常情况,并在较短时间内完成故障处理,可有效抑制电力生产过程中安全事故的发生。

安全事故防御技术。在影响电力安全生产的诸多原因中,意外性事故是较为主要的因素之一,因此必须采取科学合理、行之有效的技术措施,对意外性事故的发生进行控制,减少或杜绝此类问题的发生,确保电力安全生产。为了保障电力生产过程中系统的安全运行,可以合理应用安全事故防御技术,具体如下。

在线监测系统。通过该系统能够对发电厂内所有处于

运行状态的设备进行实时监测。当发电厂内的机组设备启动之后,在线监测系统便会执行预先设定好的监测指令,按照相关的参数指标对系统进行核对,看其是否处于安全运行状态,如电子监测仪可用于电力生产系统的监控,当发现电能超过标准或是设备出现故障时,监测仪会自动发出告警信号,提醒值班人员查找故障原因,并尽快对问题进行处理。

诊断。采用自动诊断技术,并借助电力系统内部自带的诊断模式,结合传感器采集到的异常情况对故障进行识别。通过数字化系统的建立,能够对设备故障情况进行诊断,根据行业规定的安全标准进行有效控制。

故障处理。利用智能处理系统,对出现的故障进行原因分析和处理,通过人机操作系统自行处理故障。需要注意的是,该系统仅能针对常规性的安全故障进行处理,非常规故障问题,需要检修人员到场处理。

### 2.2 加强策略

加强对继电保护的运行管理,并将对继电保护的“五查”工作作为强化管理的常态机制。同时,加大二次设备的定期检验和检测力度,将检验工作的重点放在母差、主变、失灵等保护上。此外,应对二次回路的管理予以足够的重视,保证回路接线正确、装置动作可靠,避免一次设备故障时,继电保护装置出现拒动或是误动的现象。

加强安全制度建设,提升职工的安全意识,通过安全机制的建立,调动职工的安全生产积极性,控制各类安全事故的发生,实现安全生产良性循环。

加大资金投入,优化改进电网结构,提高电网的技术装置水平。通过采用高可靠性的电气设备,减少雷击、污闪等意外事故的发生。

## 3 结束语

随着电力体制改革的不断深化,推动了电力行业的发展,与此同时,人们对电能的需求量较之以往也有了明显的提高,想要确保电能的正常供给,就必须保证电力生产过程的安全性。为此,应当对电力安全生产技术措施进行合理运用,并采取有效的加强策略,这不但有助于电网运行安全性的提升,而且还能满足人们的电能使用需求。

(责任编辑:贺大亮)

# 脉冲电子围栏的运行维护与异常处理

伍忠华

(国网湖南省电力公司检修公司, 湖南 长沙 410002)

## 1 脉冲电子围栏的巡视检查

### 1.1 竣工后检查应满足的要求

挂线杆安装牢靠, 分布合适, 间距符合设计规定; 合金导线架设正常, 绝缘子的位置正确, 导线拉伸适当, 无过紧或过松现象, 警示牌悬挂完好; 合金导线跨接线连接应紧密, 接触良好, 跨接线相对稳定, 线间保持足够的放电间隔, 布线美观; 脉冲围栏主机、管理机安装牢固, 内部元件布置规范, 标示正确、完好、清晰, 装置接地良好, 接地电阻满足要求, 加热驱潮装置完好; 连接脉冲控制器的高压绝缘导线、输入输出信号线应分管布置, 始端和终端连接正确, 连接紧密, 接触良好; 激光对射传感器安装牢固, 高度适当, 与合金围栏无缝连接, 无监控盲区; 对电子围栏各报警功能、联动功能进行试验, 动作行为符合技术协议要求。

### 1.2 日常巡视检查应满足的要求

挂线杆无倾斜, 金属部件无锈蚀; 检查合金线无断线、摆动或晃荡, 无悬挂异物, 警示牌完好; 避雷器无放电、闪络痕迹; 激光对射传感器安装牢靠, 表面无蛛网、积灰或其他异物; 脉冲控制器运行指示灯指示正常, 箱体清洁, 金属部件无锈蚀, 接地良好; 管理机工作正常, 无异常信号。

## 2 脉冲电子围栏的运行维护

巡视设备时兼顾脉冲电子围栏的巡视, 检查挂线杆、绝缘子、合金导体、跨接线、接地线、报警器、警示牌、传感器、脉冲控制器等, 发现异常及时消除。

每月需停电对脉冲电子围栏主机做表面清洁一次; 每月对脉冲电子围栏防区进行开路报警、短路报警、激光对射传感器报警和主机断电报警试验; 每半年完成脉冲电子围栏全防区的试验。

每季度停电检查一次, 检查合金围栏网是否安装牢固, 主机设备是否整洁, 通风良好, 防潮、防寒措施是否到位。

每半年对蓄电池进行1次检测, 1年更换1次; 每年对合金围栏网进行1次全面检查维护, 更换断裂、老化锈蚀的元件; 紧固合金导线和挂线杆、支架等连接装置的连接处, 注意合金导线要松紧适宜, 应考虑环境温度引起的

热胀冷缩, 防止拉得不够紧造成摆动、晃荡, 拉得过紧造成断线或终端拉线杆拉斜; 检查脉冲电子围栏系统的接地是否可靠, 测量接地电阻, 应不大于 $10\ \Omega$ 。

## 3 脉冲电子围栏常见异常处理

### 3.1 误报警处理

#### 3.1.1 脉冲控制器故障误报警处理

断开误报警防区脉冲控制箱电源, 将脉冲控制器和连接前端的高压绝缘线断开, 用普通的绝缘导线分别把主机各个接线端子连接起来, 使主机在无负载的工作状态下运行, 如故障依旧, 则是主机问题; 如果主机正常, 故障则发生在前端。

#### 3.1.2 合金围栏接头接触不良误报警处理

断开误报警防区脉冲控制箱电源, 用万用表测量每根合金线电阻, 找其电阻超标的线。分段测试该合金线的各个接头处的电阻值, 是否在正常范围内, 如发现有接触不良的立即紧固, 如未发现问题, 既为合金线本身异常, 应更换合金线。

#### 3.1.3 合金线松动线间绝缘下降误报警处理

对误报警防区合金围栏进行巡视检查, 发现有合金线弧垂过大或挂线杆倾斜发生导线间距离减小, 出现线间或线对地打火, 导致误报警。断开误报警防区脉冲控制箱电源, 调整挂线杆角度或收紧合金导线, 紧线使用紧线器。

### 3.2 合金线断线报警处理

合金线断线报警后, 断开报警防区脉冲控制器电源, 松开紧线器预留的合金线, 用接线连接螺栓将断线处连接好, 再使用紧线器收紧合金线。

### 3.3 树枝碰线或悬挂物报警处理

树枝碰线或线上悬挂漂浮物致脉冲电子围栏报警, 断开报警防区脉冲控制器电源, 检测合金围栏确无电压后, 清除树枝和漂浮物。

### 3.4 激光对射装置误报警处理

激光对射装置的监测范围是两端激光对射装置中间的空间, 变电站大门上方部位。激光对射装置报警的原因有激光对射装置本身故障或杂物阻挡。激光对射装置本身故障应更换故障元件。杂物阻挡时应应对激光对射装置进行卫生清扫, 特别注意清除蜘蛛网和马蜂窝等异物。

(责任编辑: 贺大亮)

# 五防智能模拟装置在变电站中的应用

刘卫光

(国网河北保定供电公司, 河北 保定 071000)

## 1 变电站五防智能模拟装置解决的问题

变电站为防止发生现场操作人员误操作, 在正式倒闸操作前按照规程的要求, 必须先进行模拟操作, 这在一定程度上能够避免一些很明显的误操作, 但由于变电站现有的模拟操作都是在一次系统主接线模拟盘上进行, 传统的模拟盘功能单一, 本身不具备任何防止模拟误操作功能, 不能检验出操作票模拟操作过程中的误操作问题, 更不能检查出模拟及实际操作中漏挂、漏拆、误挂、误拆接地线的恶性违章问题。为了更好地发挥模拟操作的作用, 有必要开发一种能够从技术上解决防止模拟误操作, 同时能够综合实现在模拟及实际操作中防止漏挂、漏拆、误挂、误拆接地线问题的自动检测模拟装置, 使其能够自动纠正变电站操作人员有可能发生的模拟误操作行为, 及时发现并提示纠正有可能发生的模拟操作和实际操作中漏挂、漏拆、误挂、误拆接地线的问题。

## 2 变电站五防智能模拟装置的功能

防止模拟误拉、合开关, 当模拟操作发生误拉、合开关的操作时, 显示屏上会发出文字警示, 并自动禁止模拟拉、合开关操作; 防止模拟误拉、合刀闸, 当模拟操作发生误拉、合刀闸的操作时, 显示屏上会发出文字警示, 并自动禁止模拟拉、合刀闸操作; 防止模拟及实际误装、漏装设接地线的模拟操作; 防止模拟及实际误拆、漏拆除接地线的模拟操作; 操作人员全部的模拟操作都能在模拟操作电脑上进行, 能够完全替代传统的模拟盘; 模拟操作和正式操作完成后, 在电脑显示屏上显示接地线在设备接地桩上的装设位置, 显示装设接地线后的接地线编号, 对接地线实行在线管理; 电脑显示屏实时显示接地线在地线架上的取放状况及数量, 拆除后的接地线如果不及时放回接地线架原有位置, 显示器会发出文字警示和音响警示, 可以再一次起到防止发生接地线漏拆除的作用; 能够为操作人员设定允许模拟操作密码, 输入正确的模拟操作密码后才能进行模拟操作, 自动禁止非操作人员进入电脑模拟操作, 自动锁定操作人员最后一次模拟操作后的设备状态, 始终保持显示屏设备状态与实际设备状态一致; 可以按照需要将变电站模拟操作电脑显示屏显示的内容, 实时上传

至调度室供调度员浏览, 便于调度员随时对变电站现场设备状态进行核实监督。

## 3 变电站五防智能模拟装置的应用

变电站五防智能模拟装置具有三大创新亮点。

一是该装置具备对模拟操作实行智能化管理, 能够智能判别模拟操作步骤是否正确, 对模拟操作能够起到一个智能监护的作用。

二是该装置具备对接地线实行智能化管理, 对接地线从放置、使用、到收回实行全过程的智能化闭环管理, 不但能够防止变电站模拟操作中有可能出现的误挂、漏挂、误拆、漏拆接地线, 也能够防止变电站实际操作中有可能出现的误挂、漏挂、误拆、漏拆接地线, 很好地解决了变电站长期以来一直存在的漏挂、漏拆、误挂、误拆接地线违章行为不能从技术上有效避免的重大安全问题, 从而能够最大程度的有效避免带地线送电的极为严重的恶性误操作事故的发生。

三是该装置可以将模拟操作的所有信息, 远程同步传送到调度室显示屏, 调度员能够实时看到变电站操作人员的模拟操作信息和地线使用信息。当变电站操作人员的模拟操作和地线使用发生异常情况时, 调度员能够及时发现并予以纠正指导。这相当于对变电站现场操作人员又增加了一级监护, 完全能够实现运行工区操控中心对变电站操作人员的远程管理, 能够极大地降低变电站操作人员违章操作的概率。

变电站五防智能模拟装置功能强大, 各项功能都是针对变电站模拟操作和接地线管理存在的各类现实问题综合开发, 完全适用对变电站运行人员标准化操作的要求, 具有很强的针对性和实用性, 是变电站运行人员和调度员确保变电站安全运行的好助手, 是供电企业领导加强变电站安全运行管理的有效反事故措施, 是实现变电站倒闸操作标准化有力的技术保证, 是对传统变电站一次系统主接线模拟盘进行更新换代的技术性和实用性都很强的非常理想的替代产品, 具有很好的应用价值和应用前景。该装置目前已在保定农网中得到安装应用, 并收到了很好的管理效益和安全效益, 如果能够在农网变电站得到进一步推广普及应用, 一定会为农网变电站的安全运行提供更可靠的保证, 也会促使农网供电企业的安全管理水平有一个新的提升。

(责任编辑: 贺大亮)



### ■ “超声波局部放电状态检测装置检测校验方法及系统”获全国电力职工技术成果奖

超声波法局部放电带电检测及在线监测技术作为电力设备状态检测和绝缘诊断的重要手段之一，被广泛地应用于大型电力变压器和 GIS 等设备的状态检测。

中国电力科学研究院电网设备状态检修技术研究团队从四个方面开展了重点研究。在检测校验方法方面，借鉴了传统的传感器校验方法，建立了适用于局部放电检测的超声波检测装置的测试方法，实现了对仪器性能和功能的全面评估。在技术规范方面，建立了国家电网公司的企业标准，规范了超声波检测仪器在电网中的应用。在测试手段方面，研制了测试评估系统，完善了超声波检测仪器的试验检测能力。在运行状态评估方面，首次在特高压变电站现场，系统地对超声波局部放电在线监测装置开展了比对校核。

来源：科技日报

### ■ 南网超高压异步联网控制系统完成试验

12月5日，经过两个多月的连续拼搏，南方电网超高压公司异步联网工程直流控制与保护系统完成了586个FPT（功能性能试验）试验项目，相关276面控制保护屏柜出厂试验全部合格，具备出厂条件，为异步联网工程的按期建成投产再添砝码。

据介绍，直流控制保护系统是直流输电系统的关键设备之一，具有对站内所有设备的状态监视、控制和保护功能，主要包括：运行人员控制、同步时钟、远动通讯、交直流站控、常规直流单元控制保护、柔性直流单元控制保护、保护与故障信息系统、故障录波器、交流保护、测量系统等。异步联网工程是第一次将常规直流与柔性直流单元布置在同一个换流站内，接入相同交流系统并协调运行的直流工程。在直流控制保护系统中需要考虑两个单元在运行中的相互影响，并通过协同控制策略改善系统运行性能指标。

进行FPT试验（功能性能试验）/DPT试验（动态性能试验），是直流控制保护系统研发与生产的重要环节，采用实时仿真系统进行闭环试验，验证控制保护系统的功能和性能指标是否满足系统和设备的需求。试验项目分为顺序控制、交流滤波器充电、换流器充电、空载加压、解锁/闭锁等31项。

来源：中国电力新闻网

### ■ 昆明供电局自主研发软件获国家版权局认可

近日，昆明供电局变电管理二所禄劝运维中心自主开发的班组创新项目“保护装置模拟操作培训系统”获得了国家版权局计算机软件著作权认可，原始取得该系统的全部权利。

昆明供电局保护装置的操作均由保护所专业所人员完成，运行人员很长时间未操作过保护装置，对装置的软件功能、菜单结构、操作注意事项等均不熟悉。与此同时，保护装置有保障电力系统安全、稳定、可靠运行的重要性，运行中的保护装置，不能直接对其进行操作以达到熟悉的目的，缺乏有效的培训手段，操作技能不足，可能因业务技能不过关而埋下安全隐患。

为解决上述问题，发掘有效的培训手段，提高运行人员保护装置操作技能，昆明供电局变电管理二所禄劝运维中心创新项目小组，自主研发了保护装置模拟操作培训系统，该软件在运行部及变电管理二所领导的支持下得到推广试用。作为提高运行人员学习效率的有效工具，该软件定能加快“运检合一”后运行人员对二次设备的熟悉进程。

来源：云南电网公司

### ■ 湖南电力完成主网智能变防冰冻隐患排查

12月2日，在株洲220kV都塘智能变电站，随着工作人员完成该站隐患排查，湖南电力检修公司完成了对湖南主网220kV智能变电站的专项隐患排查工作。

智能变电站作为湖南主电网的重点之一，保障其防冻融冰期安全成为了当前湖南电力检修公司的主要任务。由于智能变电站涉及的设备种类及复杂度与传统变电站存在差异，其隐患排查的技术要求也更高，该公司组织专业人员重点对智能变电站的保护装置、合并单元、智能终端等继电保护二次回路设备展开特巡，对合并单元检修压板、智能终端跳闸压板及功能压板的操作流程进行重点标注，对装置告警信号、装置异常信号等关键点进行重点排查研究。

为进一步提升精益化管理水平，湖南电力检修公司要求工作人员现场核对压板投退情况，确保不发生保护装置误闭锁及不正确动作，细化报文释义及处置说明，并增加装置告警、装置异常等信号的分析说明，确保智能变电站设备运行可靠。

来源：英大网

（责任编辑：贺大亮）



**保护装置内部电流互感器问题。**

用于保护通道的电流互感器与测量通道的电流互感器有什么区别。

**风小兰:** 国外保护装置测量保护共用一个电流互感器,国内如南瑞一般测量和保护电流互感器分开,两者算法不一样。

**yuanzhen:** 保护装置共用通道和分离通道的模式都有。对于测量是单独回路的,一是电流互感器的选型肯定和保护不一样,它要保证的是精度,虽然保护装置内部不需要对电流互感器的仪表保安系数有要求,但既然是独立测量回路,那么还是要考虑测量精度。另外,在电流互感器后面的AD采样回路,也是保护和测量的处理方式不同,保护的AD满偏电压应该在最大电流处,即20倍率处,而测量的最大电流一般就是1.2~1.5倍率,AD满偏电压在此电流点处。从这点大家也可以看出来,同样测量额定电流,保护通道的精度要差与测量通道。

**110 kV yd11 变压器中性点间隙电流互感器升流问题?**

最近在做110 kV yd11 变压器中性点间隙电流互感器升流试验。试验方法如下:将380 V(相电压220 V)试验电流的A、B两相分别接在A相和间隙电流互感器的出线端。这样合上电源后,在间隙电流互感器二次出线测不到电流。只有把开关合上,然后把该段母线接地后,才有电流。这是为什么?

**iloveee:** 变压器只有一侧绕组的时候 看上去就是一个大的电感,380 V的电源上去基本没电流。

**苏州潇洒:** 低压侧不应该是接地,应该是把低压侧对应相短路。实际就是让低压侧绕组起去磁作用,这样高压侧看进去的阻抗就会明显下降,此时实际就是变压器的短路阻抗。

**iloveee:** 是将低压侧的对应的试验相绕组首尾短接,如果低压母线三相接地应该也可以。

**yk54071503:** 110 kV 侧中性点在变压器内部,电流互感器套在引出线的瓷瓶上。不打开变压器是无法将电流加在电流互感器一次两端的。变压器的自身励磁阻抗很大,尽管有d绕组可以产生一部分零序电流,但是380 V电压加上电流还是很小。d侧母线接地跟负荷没有关系,主要是接地时,必定将三相短接了。这样就产生了短路电流。萧版主说的很对,这样大大降低了Y侧阻抗,就有电流了。尽管380 V电压离变压器的额定短路电压百分数还很远,但是在试验时应该慢慢加电压,避免冲击。另外,这样试验时设备容量较大,建议仔细计算试验容量。避免损坏主变和试验设备等安全事故发生。

**求助关于表后线接错问题对策,各位老师,现在居民住宅小区规模越来越大,如何才能防止表后线接错哪?**

**风的微笑:** 一是采用管理系统进行管理,另外就是采用先进的对线设备进行对线。

**yk54071503:** 安装以后带电检查确实很不方便,应该加强安装时的规范。建议:采用并排胶合(L、N)导线。采用分色导线。采用多股导线加专用连接端子。对导线绝缘层的柔韧性进行改良。

**请问母线 PT 检修的时候是否需要投入母线互联压板?**

电压等级为110 kV,双母运行,两台主变。操作票有这一步,但是我觉得不需要投入,请问有没有明确的规定?

**fghjaaaaa:** 我认为,投了互联压板反而导致两条母线全跳,扩大事故范围。但是如果不投互联压板,电压互感器运行的那一段母线故障跳闸后会导致另一条母线无电压互感器运行,这是否允许?

**daiwei1710707:** 投是对的,一台电压互感器检修,需要将母联开关操作电源拉开成死开关,然后电压互感器二次并列运行,电压互感器在停电检修,此时母线单母线运行方式,所以要投互联压板。

(责任编辑:张峰亮)

# 《农村电气化》 《农电管理》

## 2016年订阅单

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

订阅数量	2016年农村电气化	年单价	96.00元	汇款总额	订阅单位盖章
	(册)	合计			
	2016年农电管理	年单价	96.00元		
	(册)	合计			
收书单位			邮编		
详细地址					
收书人			联系电话		
开具发票单位			发票收件人		
备注					

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

两刊2016订阅方式：

电子版订阅单网址：<http://www.chinarein.com>

纸质订单：两刊2015年第10期至2016年第3期获取

两刊2016订单回传方式：

传真：010-63123087 或 QQ号：1401907901

E-mail：1401907901@qq.com（外网），raoxin@bj.sgcc.com.cn（内网）

农村电气化期刊社发行热线：010-63123085 63123086

系统电话：926523085/3086/3087

地址：北京市西城区南蜂窝路5号 邮政编码：100055