

清洁能源有序发展 消纳利用水平向好

本刊编辑部

2019年12月16日，2020年全国能源工作会议在北京召开。会议总结了2019年工作成绩，部署了2020年重点任务。国家发展改革委党组书记、主任何立峰，国家能源局党组书记、局长章建华出席会议并讲话。

会议总结了2019年全国能源发展综述，其中清洁能源消纳利用水平持续向好，全年预计水电、风电、光伏发电全国平均利用率再创新高，将分别达到97%、96%和98%；风电、光伏补贴退坡加速推进。

新能源茁壮成长，正跨越重大关口，进入新的时期。

民心暖，能源服务惠及万家。安徽小水电供区50多万群众用电难问题，在2019年入冬前终获推进解决。在国家能源局的督导调研与协调推动下，安徽省政府相关部门及能源企业积极参与与落实，计划通过3年时间完成供区电网改造工作，从而彻底解决这项存在多年的供电能力与可靠性差的用电难题。这是全国能源系统满足民生用能需求，扎实办好民生实事的一个缩影。围绕农村用电、用气等公共基础设施使用与服务，一大批事关人民群众生产生活用能的重点难点问题得到解决。全国407万贫困户通过光伏扶贫获得稳定收益，涉及光伏扶贫规模1910万kW。

日子好了，天空更蓝了。围绕大气污染防治攻坚任务，一项项积极壮大清洁能源产业、实现能源清洁高效利用的务实之举加速推进。北方地区冬季清洁取暖加快实施，新增清洁取暖面积约15亿m²，清洁取暖率达55%，累计替代散烧煤约1亿t，“2+26”重点城市清洁取暖率达75%，超额完成中期目标；加强各领域电能替代，预计新增替代电量约2000亿kWh；节能减排工作扎实开展，“十三五”前4年全国能耗强度累计下降约13.7%。

民心更暖了。西藏阿里和藏中电网联网工程开工建设，是迄今为止世界上海拔最高、最具挑战性的输变电工程，施工环境极其恶劣。工程投运后，将彻底结束阿里地区长期孤网运行的历史，有效解决和改善沿线近38万人的安全可靠用电问题，进一步提高边疆地区、贫困地区用电水平。

2020年工作重点：切实抓好清洁能源发展和消纳工作。

民之所望，政之所向。随着推动能源共享发展，着力解决人民群众普遍关心的重点问题，始终把满足人民美好生活需求作为根本宗旨，让人民群众有更多的获得感、幸福感、安全感。

抓好清洁能源发展和消纳，积极推进陆上风电和光伏发电平价上网，推动电力系统源网荷储协调发展，下大力气解决好新疆、甘肃、四川等地区的清洁能源消纳问题。持续推动电力市场化交易，规范开展中长期市场交易，稳步推进增量配电业务改革和电力现货市场建设试点，不断扩大电力辅助服务市场范围。预计市场化交易电量2.3万亿kWh、同比提高6%，调峰交易电量达到400亿kWh。

抓好脱贫攻坚各项工作。要坚决落实行业扶贫责任，大力推动贫困地区能源资源开发，继续做好光伏扶贫等能源扶贫工程，推动能源资源优势转化为经济社会发展优势。加强重大民生工程建设，提高电力普遍服务水平，集中力量推进“三区三州”、抵边村寨的农村电网建设攻坚。

过去一年，我国的能源发展呈现一幅幅保障完备、务求实效的民生图景，在能源发展利用上要时刻牢记习近平总书记提出的绿水青山就是金山银山，聚焦能源绿色低碳转型，我国能源发展在深化供给侧结构性改革上持续用力，既保持了量的合理增长，又实现了质的稳步提升，正在不断开拓人与自然和谐共生之路。

农村电气化

刊名题字

李鹏

主管

中国科学技术协会

主办

中国电机工程学会

编辑出版

北京国宇出版有限公司

中国标准连续出版物号

ISSN 1003-0867

CN 11-2181/TM

CODEN代码

NODIEE

出版日期

每月10日

地址

北京市南蜂窝路5号

邮编

100055

网址

http://www.chinarein.com

编委会名誉主任委员

郑宝森

编委会主任委员

路书军

编委会副主任委员

孙吉昌 张莲璞 林铭山

吴云喜 陈小良 周建方

张薛鸿 陈 坚 盛万兴

丁孝华 王立地 王自军

元 伟 戈立军 孔繁钢

艾 闯 宁 昕 冯 晋

刘 东 刘 伟 刘建华

汤克艰 杜松怀 李 氏

李 斌 李江涛 李建锦

李瑞生 李震宇 何 锐

汪发明 邱明泉 宋连峻

张思源 伊有福 陈俊章

陈振宇 沈 广 范 伟

欧阳亚平 岳红权 岳梦华

周开保 赵振宇 顾联军

黄震宇 黄 燕 常俊祥

蔡丽华 蔡冠中 缪学文

谭跃凯 潘力志 潘继雄

薄 博

总经理兼总编

顾联军

主编

盛万兴 耿立宏

副主编

袁 航

编辑

张峰亮 刘艳玲

美编

周一鹏

编辑部电话

010-63123091/2

926523091/2(系统)

邮箱

ncdqh@csre.org.cn

投稿

http://ncdh.cbpt.cnki.net

QQ交流群

35863746

发行部

010-63123085/6/7

926523085/6/7(系统)

广告部

010-63123056 926523056(系统)

印刷

北京盛通印刷股份有限公司

广告经营许可证号

京西工商广字第8205号

户名

北京国宇出版有限公司

开户行

工行北京会城门支行

账号

0200 0414 0920 1503 351

每期定价

12.00元

全年定价

144.00元

目次

- 1 清洁能源有序发展 消纳利用水平向好
.....本刊编辑部
- ◆ 专业发展报告 >>
- 5 农村电气化专业发展报告节选(一)
——农村电网建设模式及农村电气化适用技术
.....中国电机工程学会农村电气化专业委员会
- ◆ 乡村振兴征文 >>
- 16 山区“光伏+储能+柴油发电机”微电网方案介绍
.....温杰锋
- 19 绿色氢能在甘肃县域的应用场景探索
.....刘永成,杨昌海
- 23 光伏扶贫客户差异化服务的应用与实现
.....卢 奕,张建曙
- 26 变电站开关柜温湿度在线监测
.....敬中宁,逯 军,李 权,吴俊琳,杜贵宝
- 28 浅谈县域架空线路馈线自动化建设
.....马付彪,李 俊,符建强,姚 广
- 30 复合储能提升扶贫光伏并网友好性的分析
.....刘永成,杨昌海
- 34 甘肃农业排灌负荷新能源供电
.....徐慧慧,陈兆雁,田云飞,余 泳,程紫运,张海生
- ◆ 泛在电力物联网 >>
- 38 泛在电力物联网下配电微型智能断路器技术及应用
.....刘林山
- ◆ 电网建设 >>
- 41 农村微电网并网对配电网的影响李海平
- 43 超高压输电线路架设跨越高速公路施工技术
.....黄小浪



45 木结构建筑电气设计关键技术高晓明

◆ 运行维护 >>

48 变电站带负荷多点无线同步向量测试方法的研究与实现.....胡 龙,王海滨,丘汉标,黄 鑫,高 腾

50 基于电容补偿的主变通流试验
.....许继东,刘明慧,刘忠宇,丁小龙

52 浅谈供电企业的低压线损治理.....张欣然,李 男

◆ 安全生产 >>

55 高压电缆试验故障分析刘 轩

57 调试过程中35 kV线路相序接反引起的故障
.....董济康

◆ 智能电网 >>

59 电力企业服务渠道数据整合技术
.....张 维,王庆娟,蒋 颖,楼 斐,胡如一

◆ 信息系统 >>

62 变电站告警信息处置辅助系统
.....马 丽,晋文杰,蒋国立

◆ QC小组 >>

64 提高高淳农网低压采集线损合格率
.....戴 彬,孔丹军,张广红

66 新型一体化绿色能源箱的研制
.....邬成锋,雷象兵,陈华杰,汪敏东,吕 杰

◆ 清洁能源 >>

69 用户综合用能在线监测与优化控制关键技术研究
.....范来富,邵兴登,张建浩,徐 岩

◆ 器具设备 >>

73 一种非抽真空无弧分断高压断路器
.....刘津立,李英杰,刘春苗

76 户外箱柜防雨设施的研制及应用高 潮

◆ 经验点滴 >>

78 10 kV配电网馈线自动化自愈系统浅析陈朝新

《农电管理》2020年第1期要目

基于“233工作体系法”构建全能型供电所的探索与实践
高培林 张 旭 郭青林

以“全能型”为导向促进“台区经理制”全面落地 方光宇
构建“7I7C”新模式 建设全能型供电所 陈亚清 陈 爽
为贫困村脱贫致富提供优质服务 彭虹茗

聚焦乡村振兴“三园”工程的上海再电气化工作方案研究
邓登峰 虞 江

精准出击 打破常态化绩效管理
——国网江苏盱眙县供电公司创新绩效考核管理体系侧记
牛 奕 缪红芹 赵梓茗

基于数据统计的电网安全调控运行管理新模式
——国网河北深泽县供电公司县级电网安全调控运行
管理工作调查 王卓然

读《东方启明》重走电气化浙江之路
——访浙江省电力学会农村电气化专业委员会主任委员
孔繁钢、中国电力作家协会副主席陈富强 傅雅琪
扶贫先扶志“1342”工作法 助推精准扶贫走向可持续发展
王 岩 郝 泽

基于大数据分析的电力营销服务资源精细化配置
龙莉娟 李豪帅

建一流专家团队 促优秀成果转化
——国网淮安市洪泽区供电公司积极推进“党委联系服
务专家”工作 杨 进 李 成 雪 峰
推进电能替代 拓展综合能源服务渠道 许 霞

声 明

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

In This Issue

Report

- 5 Excerpt from the Report on the Development of Rural Electrification (1)/Rural Electrification Committee of Chinese Society for Electrical Engineering

Rural Revitalization

- 16 To Resolve Resident Power Utilization, "Photovoltaic + Energy Storage + Diesel" Scheme Introduction/ Wen Jiefeng
19 Exploring the Application Scenarios of Green Hydrogen Energy in Gansu County/LIU Yongcheng, Yang Changhai
23 Application and Realization of Differential Service Related to Photovoltaic Poverty Alleviation Customers/ Lu Yi, Zhang Jianshu
26 Application of Switch Cabinet Temperature and Humidity Monitors and Automatic Fire-extinguishing System in Substations/ Jing Zhongning, Lu Jun, Li Quan, Wu Junlin, Du Guibao
28 Simple Talking Related to Overhead Line Feeder Automation Construction in County/Ma Fubiao, Li Jun, Fu Jianqiang, Yao Guang
30 Analysis of Composite Energy Storage Enhancing the Friendliness of Poverty Alleviation Photovoltaic in Grid Connection/ LIU Yongcheng, Yang Changhai
34 Research on New Energy Power Supply of Agricultural Irrigation Load in Gansu/Xu Huihui, Chen Zhaoyan, Tian Yunfei, Yu Yong, Cheng Ziyun, Zhang Haisheng

Ubiquitous In The Electric Of Things

- 38 Technology and Application of Micro-intelligent Circuit Breaker Used for Power Distribution under Ubiquitous Power Internet of Thing/ Liu Linshan

Power Grid

- 41 The Influence of Rural Micro Grid on Distribution Network/Li Haiping
43 Construction Technology to Erect EHV Transmission Lines Cross over Expressway/Huang Xiaolang
45 Analysis on Electrical Design for Timber Structure Buildings/ Gao Xiaoming

Operation & Maintenance

- 48 Research and Realization of Multiple Point Wireless Sync Vector Test Method in Substation with Load/Hu Long, Wang Haibing, Qiu Hanbiao, Huang Xin, Gao Teng
50 Through Flow Test Suited to Main Transformer Based on Capacitance Compensation/Xu Jidong, Liu Minghui, Liu Zhongyu, Ding Xiaolong
52 On the management of low voltage line loss in power supply enterprises/Zhang Xinran, Li Nan

Safety

- 55 Fault Analysis of HV Cable Cables in Testing/Liu Xuan
57 Fault Due to 35 kV Line Phase Sequence Opposing Connection in Regulation and Testing/Dong Jikang

Smart Grid

- 59 Data Conformity Technology Suited to Electrical Power Enterprise Service Canal/Zhang Wei, Wang Qingjuan, Jiang Yin, Lou Fei, Hu Ruiyi

Information System

- 62 Auxiliary System of Alarming Information Treatment Suited to Substations/Ma Li, Jin Wenjie, Jiang Guoli

QC Group

- 64 To Increase LV Collect Line Loss Percent of Pass in Gao Chun Rural Power Network/Dai Bin, Kong Danjun, Zhang Guanghong
66 Development of New Type Integrated Green Power Supply Box/Wu Chengfeng, Lei Xiangbing, Chen Huajie, Wang Mindong, Lv Jie

Clean Energy

- 69 Key Technology Research of On-line Monitoring and Optimizing Control Suited to Customer Integrated Power Utilization/Fan Laifu, Shao Xingdeng, Zhang Jianhao, Xu Yan

Equipment

- 73 A High Voltage Circuit Breaker be Provided with No-vacuum and No-arcing Breaking/ Liu Jinli, Li Yingjie, Liu Chunmiao
76 Development and Application of Rainproof Installation Suited to Outdoor Box and Cabinet/Gao Chao

Experiences

- 78 Simple Analysis of Automatic Self-healing System Used for 10 kV Power Distribution Network Feeders/Chen Chaoxin

(王金鼎译)

编者按:2019年11月14日中国电机工程学会专业发展报告(2018—2019)和专题技术报告(2019)发布,其中包括农村电气化专业发展报告。农村电气化专业发展报告分为5部分,包括农村电气化的发展历程,当前农村电网建设的最新研究进展,发展趋势分析与展望,创新发展机制分析与建设等,由国家电网公司、南方电网公司、中国电科院、南瑞集团、中国农业大学等专家学者参与编写,总结了农村电气化领域近十多年的重大技术进展,对比分析了国内外相关专业技术的发展差距和技术路线,并对农村电气化发展趋势进行了分析预测。本刊选取报告第二、第三部分内容,删改后陆续刊载。购买《中国电机工程学会专业发展报告》和《中国电机工程学会专题技术报告》请扫描二维码。



农村电气化专业发展报告节选(一)

——农村电网建设模式及农村电气化适用技术

中国电机工程学会农村电气化专业委员会

1 农村电网建设模式

1.1 农村供电模式

农村电网建设涉及面广、投资量大,是一项长期任务,随着农村经济社会不断发展进步对农村电网的建设水平和发展速度提出更高的要求,在今后实施农村电网建设与改造,加快建设新型农村电网,大规模、大范围推进农村电气化建设过程中,有必要通过不断完善农村电网规划设计技术手段,落实农村电网规划理论、农村电网规划建设规程,解决农村电网规划建设操作层面的实际问题,更好地服务农村电网建设需要^[1]。

供电模式是在一定技术经济条件下,为满足电网建设运行的安全性、可靠性和经济性要求,通过科学运用电网规划理论、标准规范,优化组合供电系统各组成要素,所确定的电网规划设计方案。一个好的供电模式应具有规范性、先进性和适用性的特点,深度介于电网规划与初步设计之间,主要包括电网结构、供电单元和电网装备等要素。

农村电网典型供电模式方案研究立足分析我国农村电网现状及需求,国家电网公司提出了供电模式的概念,并采用区域供电的方式,对不同经济发展水平、不同用电需求的区域制定不同的供电模式。2007年,发布了《新农村电气化村典型供电模式(试行)》(国家电网农技〔2007〕35号),针对农村建设需要,结合农村电网差异化现状与发展方向,

提出了农村供电区域划分指标与方法,按地理方位、功能或行政区划等选取农村供电区域,并按经济水平、负荷等条件划分将农村供电区域分为A、B、C 3类,针对3类不同情况提出并构建了新农村典型供电模式^[2]。按照村庄布局、建筑型式及特点,形成了农村电网的10种典型供电模式(表格)。

我国农村电网在全世界规模最大,并具有用户分散、发展不平衡、分布范围广等特点,其复杂性大大超过了国外农村电网,没有现成的经验可以借鉴^[3]。新农村建设及乡村电气化对农村电网建设提出了更高的要求,针对供电模式的研究填补了国内外空白。

1.2 小城镇供电模式

随着城乡一体化的推进,为规范和指导小城镇电网规划建设,深化应用农村典型供电模式研究成果,形成了小城镇典型供电模式^[4-6]。从满足具有居住集中化、功能城市化、规模小型化的经济相对发达地区农村小城镇经济、文化和生活服务中心的小城镇的供电需求出发,综合考虑负荷、经济、环境、技术等因素,采用合理的电网结构、合适的供电设备和先进适用的生产管理、用电服务等技术手段,制定与小城镇经济发展水平相适应的典型供电模式,国家电网公司于2010年发布了《小城镇典型供电模式》(国家电网农〔2010〕1591号)。

综合考虑小城镇经济社会发展水平、功能定位、供电需求等实际情况,从总体要求、电网结构

及供电设施等方面提出了技术要求，共形成14种小城镇典型供电模式（表略）。小城镇典型供电模式的适用对象明确，对于小城镇电网建设切实发挥了指导作用，主要适用于具有以下特征的小城镇：从事非农业生产的人口占大多数、以第二产业和第三产业为主要经济支柱、作为农村经济社会文化中心的建制镇中心区或集镇。具有居住集中化、功能城市化、规模小型化的特征。居住集中化体现在城镇建筑形态以多层和联排为主，居住区相对集中；功能城市化体现在融居住、商业、工业、医疗教育、行政办公等于一体，功能较为齐全；规模小型化体现在居住人口及面积较小，居住人口0.5~3万，面积1~5 km²。经济水平较高，年人均GDP一般不低于0.6万元，第二、第三产业GDP占较大比重^[6]。

2 农村电气化适用技术

2.1 35 kV 配电化技术

35 kV 配电化是根据农村偏远地区的经济社会发展水平、用电需求、负荷特性、负荷密度、资源状况、居民生活习惯和地理环境等因素，为低负荷密度区农村电网建设提出的新型电网建设模式，参照10 kV 配电规划与设计标准，将35 kV 延伸至负荷中心的电网建设模式，是对常规35 kV 电网建设的继承与创新。我国中西部偏远地区地理环境复杂，电力工程施工难度大、建设成本高，用户用电负荷增长相对缓慢，电网规划和建设相对滞后，致使35 kV 电源布点不足、10 kV 线路供电半径过长，电网线路损耗大、用户末端电压质量低^[7]。若采用110 kV 供电，又存在负荷很小、投资浪费的问题。此外，个别偏远地区因电网延伸困难，仍处于无电状态，亟须解决通电问题^[8]。

35 kV 配电化技术对35 kV 变电站、35 kV 线路、35/0.4 kV 直配台区进行优化设计，形成了35/10 kV 配电化变电站、35 kV 配电化线路、35/0.4 kV 直配台区等模块，提出了典型建设模式^[9]（表略）。35 kV 配电化主要有35/10/0.4 kV 三绕组变压器、变电站测控保护装置、35/0.4 kV 直配台区智能终端等设备，就设备选型、绝缘配合、接地与防雷和继电保护等方面制定了规范。其中，35/10 kV 配电化变电站是指主变容量为3150 kVA 及以下、10 kV 出线为2~3回

的小型化35 kV 变电站，根据区域地理环境、布置方式和用电需求等特点，划分为4种典型建设模式（表略）。35 kV 配电化线路是指采用12~15 m 钢筋混凝土电杆架设，线路截面不超过95 mm²，选用瓷横担或复合横担等进行绝缘连接的35 kV 线路，根据电网结构特点，划分为3种典型建设模式；35/0.4 kV 直配台区是采用35/0.4 kV 配电变压器供电的配电台区，根据台区布置方式，划分为3种典型建设模式（表略）。

35 kV 配电化技术的重点在于突破农村电网35 kV 配电化变电站、35 kV 配电化线路以及直配台区相关关键技术，形成35 kV 配电化典型建设模式和技术方法，制定相应的技术标准规范，为农村电网35 kV 配电化建设提供技术支撑。以安全、高效、经济为基本原则，可在负荷密度较低、二级电压线路迂回供电或供电半径过长、用户末端电压过低、电网建设资金缺乏的地区结合实际情况推广应用，充分发挥35 kV 配电化建设的作用^[10]。

2.2 35 kV 装配式变电站

35 kV 变电站大多属于配电网终端变电站，在我国西部高海拔地区，能够进行土建施工的时间短，采用工厂化生产的装配变电站可方便地解决建设问题^[11]。35 kV 变电站靠近负荷中心，数量众多，分布广泛，与高电压等级的变电站相比，具有单体建设规模小、自动化系统投资敏感、运维难度大的特点。功能优化与设备集成已经成为变电站自动化发展的方向和趋势，对35 kV 变电站自动化系统进行集成和优化，能够实现变电站智能、经济、高效运行。

由于国外各大厂商对智能电网的理解不同，针对变电站的发展建设思路也不完全相同。ABB、SIEMENS、GE、AREVA 等公司主要是以IEC 61850 标准为基础，将一次设备与二次设备融合。低压智能开关柜、智能组合电器已实现智能化，可对开关状态实行在线监测和状态评估。

国内变电站自动化技术已经具有较高的水平，实现了间隔层和站控层的数字化，在智能变电站建设方面，我国等同采用了IEC 61850，并将其转化为DL/T 860《变电站通信网络和系统》标准，用于指导变电站建设。在传统的变电站建设模式中，变电站土建先行招标、施工，一次设备、二次设备及系

统、一体化电源等分别招标、生产和供货，运至现场后由施工单位负责安装、接线和调试工作^[12]。该建设模式往往存在系统设计重复、整套供货难度大及现场施工复杂等弊端。为了缩短建设周期、方便设备运行维护及提高设备使用寿命，国内开展了装配式变电站的研究和试点应用，一体化装配式变电站采用一体化设计、一体化供货的模式，从设计之初就将一、二次设备和土建、建筑等进行系统级的优化集成，从而提升变电站建设质量和效率^[13]。

国外智能变电站标准规范和建设应用主要集中在110 kV及以上，对配电侧电源端35 kV变电站的关注较少。中国电科院结合农村配电网实际和110 kV及以下电压等级变电站技术经济性能要求开展了智能变电站建设模式研究，推出了集成型装配式变电站，是一种充分满足工业化要求的35 kV智能变电站建设新模式，其在智能化系统层面进行结构和功能的集成优化，在建筑结构方面与标准集装箱高度融合，消除了常规变电站建构筑物，充分考虑配电侧电源端变电站的特点，充分发挥智能变电站数据采集数字化、传输处理网络化、信息共享化的技术特点，提高和优化了设备集成，减少了设备数量，规范了设备功能。通过研发集成型的智能化、自动化系统和采用小型紧凑型开关柜设备，将全站除变压器外的所有电气设备集成在标准集装箱内，集装箱模块间通过电缆和光缆实现电气和信息连接，消除了常规变电站建构筑物，实现了模块化工厂组装与调试、无拆解整装运输和现场插接式安装，具有占地小、运输安装快捷等优势。装配式变电站改变了35 kV变电站的建设模式，在实现其智能化、集成化系统功能的同时，大幅减少了建设投资、占地面积、施工周期和运维工作量，为我国及海外提供了快速变电站建设新模式^[14]。

2.3 高过载率配电变压器

我国地域经济发展不平衡，部分地区农村外出务工人员数量庞大，导致农村电网配电变压器全年绝大部分时间处于轻载运行状态，年平均负载率偏低。在集中用电时段，特别是春节或农忙期间外出务工人员集中返乡，农村用电负荷急剧增长，部分地区配电变压器短时段严重过载甚至出现烧毁情况，给供电企业春节保供电带来严峻考验。过去采取的

方式是安装2台“子母”式变压器，或采用调容变压器，都存在投资大、设备利用率低、管理工作量增大等问题^[15]。

油浸式电力变压器过载运行时，导体迅速发热，在短时间内绕组与绝缘油温度急速上升，将会引起匝层间绝缘损坏，绝缘油裂解并产生气泡，降低变压器绝缘强度，进而发生电击穿而损坏变压器。另外，绕组的机械强度也可能因高温受到破坏。因此，国外众多研究机构和电力企业结合自身情况对变压器热点温度模型、绝缘材料等方面开展了大量的研究工作。

为有效解决农村春节及农忙时期配电变压器过载烧毁等问题，国家电网公司分析了变压器的主要绝缘材料性能参数和常规配电变压器设计绝缘耐热等级，制定了适用于农村地区的配电变压器性能水平和总体技术方案，总结提出了基于负荷特性和运行成本为约束的高过载能力配电变压器设计方案^[16]。研制了高过载能力配电变压器，解决了配电变压器短时过载能力不足的问题，提高了配电变压器过载能力和高过载率下的安全运行能力，保障农村电网配电变压器在高峰负荷期安全稳定供电，有效应对农村春节或农忙等集中用电需求，减轻供电企业保供电工作压力。

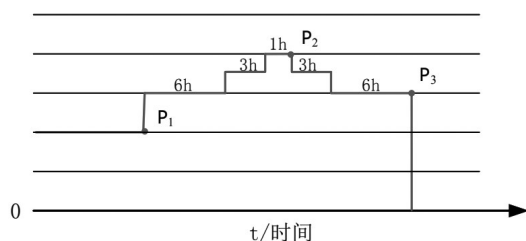
主要采用结构优化设计、绝缘材料优选和试验验证提升配电变压器过载能力^[17]。高过载配电变压器的结构优化设计主要通过增加高低压绕组油道的数量（即增加内散热面积），降低绕组对油的温度，防止变压器过载后线圈局部过热，增加油箱的散热面积，降低变压器顶层油对外部空气的温升。通过选用耐高温绝缘材料、绝缘油，提高相关元件和绝缘部件的耐热性能等，增强配电变压器耐高温能力。通过分析配电变压器温度分布模型，整体提升配电变压器过载运行能力，且全寿命周期不缩减。

高过载配电变压器应满足图1所示的温升试验曲线要求。即应满足1.5倍额定负载6 h（负荷上升和下降阶段各3 h）、1.75倍额定负载3 h（负荷上升和下降阶段各1.5 h）、2倍额定负载1 h阶段性运行下的总损耗，且不影响变压器正常使用寿命；高过载配变温升应满足B级及以上绝缘限值。

高过载配电变压器的应用能够应对农村地区春

节及农忙期间的短时集中用电情况。

我国农村电网与发达国家农村电网有明显区别。我国农村地域广阔，人口多，人均用电量少，农村电网比国外庞大、复杂且有不同的配电方式。因此，我国农村电网的配电变压器能效及设计方法也具有特殊性，研究目标更侧重于技术性与经济性结合。在经济发达国家，农户数量少，配电变压器设计往往采用加大容量裕度的简单方法应对过载问题，例如，有些国家的配电变压器设计为“可过载100%运行8h”，但其配电变压器的制造成本也往往较高，我国的常规变压器设计，采用的过载标准一般为“可过载30%运行2h”，兼顾了经济性与技术性。



注1: P_1 、 P_2 、 P_3 为温升试验中的采样点;

注2: $P_1 = P_1 + P_1$ 、 $P_2 = P_2 + P_2$ 、 $P_3 = P_3 + P_3$ 、 $P_2 = P_2 + 2.25P_1$;

图1 高过载配电变压器温升试验施加电流曲线图

3 农村电网自动化技术

3.1 县调自动化

3.1.1 基本情况介绍

我国农村电网自动化技术起源于20世纪50年代后期，首先是从调度自动化技术应用开始的。我国最早的遥测装置是电子管单路遥测发送装置（JZ-1型）和单路遥测接收装置（JZ-2型）。遥信、遥控装置是采用继电器逻辑的SF-58型远动装置^[18]。目前，县调自动化系统由主站、通道、厂站端设备（RTU或变电站综合自动化系统）构成，是对电网运行进行实时监控、控制和分析的一种集成自动化系统。主站是由服务器、工作站等软硬件构成的计算机数据采集和处理系统，并配置专用安全物理隔离装置和Web服务器用于III区安全数据发布。

主站系统采用商用数据库及数据库管理、报表、图形显示、人机交互等支撑软件，以及高速以太网通信，构成功能强、实时性好的平台。在数据通信上采用主备双通道、IEC（国际电工技术委员会）

和国家标准规定的通信规约。在功能上可根据不同的应用需求，实现调度自动化（SCADA）、电网分析（PAS）、安全Web数据发布、调度管理（DMIS）、新能源监视等应用功能。

a) SCADA功能。数据采集、数据处理、公式计算、告警处理、画面显示、曲线显示、电网控制、事故追忆、报表打印、时钟同步、权限管理、拓扑着色。

b) 电网分析功能PAS。网络建模、网络拓扑、状态估计、调度员潮流、负荷预测、电压无功优化控制。

c) 安全Web数据发布功能。图形浏览、报表浏览、事件浏览、曲线浏览。

d) 调度管理功能DMIS。设备台账管理、调度运行管理、操作票管理、工作票管理、专项记录管理、班组记录管理、图纸资料管理。

3.1.2 典型建设模式

县调自动化主站系统采用双机双网结构，主要硬件设备冗余配置。典型配置如下：主系统采用100 Mbit/s双网，单独设置100 Mbit/s数据采集网段；配置2台数据采集服务器、2台数据服务器、1台应用/网关服务器，2台调度员工作站（双屏）、1台维护工作站、1台应用工作站、1台报表工作站；配置1台正向网络安全隔离装置、1台Web服务器和网络硬件防火墙实现信息的安全Web发布功能；配置适当容量的UPS电源，可以支持远程安全拨号维护。根据电网规模、地区经济形势以及系统功能要求的不同，县调自动化系统建设分为大型、中型、小型3种建设模式。

a) 大型县调主站建设模式。大型县调主站采用Unix/Linux混合平台结构，选择Oracle大型数据库，单独设置100 Mbit/s数据采集网段，主系统采用100 Mbit/s双以太网结构。数据采集系统按32/48厂站双通道模拟/数字接入，通道采取防雷措施，单独配线组建通道机柜；数据采集服务器和数据服务器选用机架式Unix小型服务器，网关/应用服务器选用机架式PC服务器，Web服务器选用机架式PC服务器，服务器统一组屏。基本人机工作站配置如下：2台调度员工作站（双屏宽屏22/图形）、1台应用工作站、1台报表工作站、1台维护工作站（单

屏 19/普通)。配置 15 kVA/2h UPS 1 台, 正向网络安全隔离装置 1 台, 网络硬件防火墙 1 台。

在软件上, 主要实现的应用功能有数据采集和控制 SCADA 功能 (含集控功能)、电网分析软件功能 (含网络建模、网络拓扑、选状态估计、调度员潮流、电压无功优化控制、负荷预报)、安全 Web 发布功能、与外系统通信接口功能, 并需要根据需要实现配网自动化功能。

b) 中型县调主站建设模式。中型县调主站采用 Unix/Linux 混合平台结构, 选择 Oracle 大型数据库, 单独设置 100 Mbit/s 数据采集网段, 主系统采用 100 Mbit/s 双以太网结构。数据采集系统按 16/32 厂站双通道模拟/数字接入, 通道采取防雷措施, 单独配线组建通道机柜; 数据采集服务器和数据服务器选用机架式 Unix 小型服务器, 网关/应用服务器选用机架式 PC 服务器, Web 服务器选用机架式 PC 服务器, 服务器统一组屏。基本人机工作站配置如下: 2 台调度员工作站 (双屏宽屏 22/图形)、1 台应用工作站、1 台报表工作站、1 台维护工作站 (单屏 19/普通)。配置 10 kVA/2h UPS 1 台, 正向网络安全隔离装置 1 台, 网络硬件防火墙 1 台。

在软件上, 主要实现的应用功能有数据采集和控制 SCADA 功能 (含集控功能)、基本电网分析软件功能 (网络拓扑、电压无功优化控制, 可根据需要扩展网络建模、调度员潮流、负荷预报功能)、安全 Web 发布功能、与外系统通信接口功能, 并需要根据需要实现配网自动化功能。

c) 小型县调主站建设模式。小型县调主站采用 Linux 平台结构, 选择 Oracle 商用数据库, 单独设置 100 Mbit/s 数据采集网段, 数据采集网与主网合一。数据采集系统按 8/16 厂站双通道模拟/数字接入, 通道采取防雷措施, 单独配线组建通道机柜; 数据采集服务器和数据服务器选用机架式 PC 服务器, 网关/应用服务器选用机架式 PC 服务器, Web 服务器选用机架式 PC 服务器, 服务器统一组屏。基本人机工作站配置如下: 2 台调度员工作站 (双屏宽屏 22/图形)、1 台维护工作站、1 台报表工作站 (单屏 19/普通)。配置 8 kVA/2h UPS 1 台, 正向网络安全隔离装置 1 台, 网络硬件防火墙 1 台。

在软件上, 主要实现的应用功能有数据采集和

控制 SCADA 功能 (含集控功能)、基本电网分析软件功能 (网络拓扑、电压无功优化控制)、安全 Web 发布功能、与外系统通信接口功能, 并需要根据需要实现配网自动化功能。

3.1.3 技术现状及应用

当前调度自动化系统正向着数字化、标准化、集成化、智能化发展, 采用 Linux 和 Unix 操作系统和先进的计算机技术构成平台, 向调、配、集、管多应用功能发展, 满足电网监视、控制、分析、运行、决策和管理的需要, 实现电网经济运行、支持电网灵活接入各种可再生能源与分布式电源、促进节能减排。

调度自动化系统发展关键技术包括一体化模型管理技术、海量信息处理技术、可视化展现技术、地理信息接入技术等, 这些关键技术为调度智能化应用提供模型、数据库、图形和数据等公共服务, 是智能调度应用功能建设的基础。IEC 61970、IEC 61968、IEC 61850 和公共信息模型 (CIM) 等系列标准、统一命名规范、电网公共模型和数据统一模型、4 级模型 (网调、省调、地调、县调) 及图形拼接等技术的实现, 使得各级调度中心基础数据的源端维护、全网共享成为可能。

大部分县级供电企业已完成了县调自动化系统建设。在操作系统的选择上, 已建成的县级电网调度自动化主站系统主要采用 Windows 操作平台, 少部分采用 Unix/Windows、Unix/Linux 混合操作系统平台或 Unix 操作系统平台。在系统功能的实现上, 除具备调度 SCADA 功能外, 部分实现了电网分析高级应用功能, 少部分还实现了配网自动化、集控站监控等功能。

3.2 配电自动化

3.2.1 基本情况介绍

配电自动化是从 20 世纪 80 年代开始的, 当时引进日本、韩国的模式, 基于自动化开关设备相互配合, 主要设备为重合器和分段器^[18]。目前, 配电自动化系统按照调配自动化主站层 (子站层) 和配网自动化终端设备组成体系结构。如图 2 所示。农村电网主要采用 2 种方式, 一是执行 2 层体系, 由配电自动化终端直接传到调配自动化主站层; 二是执行 3 层体系, 由配电自动化终端传到子站层, 再由子

站层传到调配自动化主站层，属于子站管辖范围的开关出线故障，由子站完成，超出权限的由主站执行。配电线路馈线自动化根据实际情况采用集中型主站控制模式或就地型控制模式，偏远地区采用简易故障指示方式。

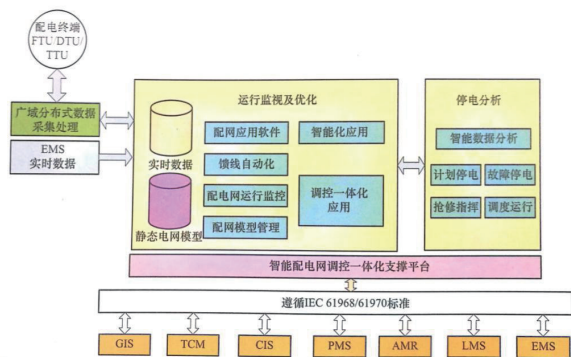


图2 配电自动化功能结构

在欧美、日本等一些工业发达国家，配电自动化系统受到了广泛的重视，配网自动化建设已经具备相当规模，在提高配电网运行的可靠性和供电质量等方面发挥了明显作用，为供电企业带来了显著的经济和社会效益。从我国目前建设的配网自动化系统来看，由就地控制的馈线自动化（FA），发展为由主站集中监控和故障处理的配网自动化，其功能、标准、规范已相对完善。

我国配电自动化研究起步较晚，但发展速度很快。随着农村电网改造，在不同层次、不同规模上对配电自动化进行了建设，但由于各厂家的配电自动化产品在实现形式、工程应用上差别较大，没有形成统一的标准产品。随着技术的发展，配电自动化系统在智能配电设备、馈线自动化功能等方面日益实用化和规范化，针对农村电网多种实用通信技术和光纤通信主干网的配电自动化系统，将有效避免系统重复建设，提高自动化系统的实用性。

国外配网自动化建设已经具备相当规模，在提高配电网运行的可靠性和供电质量等方面发挥了明显作用，带来了显著的经济和社会效益。国外农村电网配电自动化经历大概可大致归纳成3大阶段：馈线自动化系统实现故障自动隔离；配电监控自动化实现远程监控的分销网络；配电管理系统将地理信息技术和自动化技术配送管理相结合，实现变电站自动化，远程控制，密切监测，远程抄表系统

CAPE综合配电自动化管理。

我国的配电自动化从目前已经建设的配网自动化系统来看，也由最初就地控制的馈线自动化，发展为由主站集中监控和故障处理的配网自动化。由于我国城乡电网差异较大，城镇郊区及乡村供电量比较小，电网以辐射型供电方式为主，配电线路以及线路开关数目要少得多，一次开关设备装备的总体技术水平不高。目前配电自动化建设体系、建设标准已相对明确和完善，并取得了一系列研究成果，但农村电网受资金投入不足、设备性能落后等条件制约，配电自动化建设任重道远。

3.2.2 应用情况

截止到2018年底，国家电网公司供电区域内已建设配电自动化线路9.7万余条，覆盖率达35%，使用DTU 9.8万台、FTU 15.2万台、故障指示器32万套、主站138套；南方电网公司已建设自动化线路5.9万余条，覆盖率达50%，使用DTU 1.6万台、FTU 3.6万台、故障指示器5.4万套、主站27套。

4 农村电网智能化技术

4.1 基本情况介绍

农村电网智能化建设涵盖配电网规划、设计、运行、控制等多个部分，涉及输变电、配电、用电、分布式电源等多个环节，实现变电站、配电线路、配电台区及用户用电信息的统一规范化的综合数据采集、营配一体化分析管理、数据信息交换与共享等功能。农村电网智能化需要深入分析能量流、信息流和业务流的运行特点，建立具备海量信息的实时处理能力和具有标准配电网业务组件和对应接口模型，实现与调度自动化、配电自动化、智能配电网台区、低压用户及分布式电源相关的实时数据传输系统和管理信息系统的安全数据交换、共享、分析、展现和管理。

国外在农村智能配电网规划及其优化方面的研究开展得较早，构建了多种规划模型，在分布式电源的选址定容和分布式电源接入配电网的容量限制等方面进行了大量的研究，并在实践中得到了充分的利用。在农村电网改造方面，美国农业部拨出专项资金用于升级、扩展、维护和更换农村电力基础设施。

自国家电网公司组织开展首个农村电网智能化项目“农村智能配电网试点工程配套关键技术研究”以来，立足农村供电特点和需求，通过研究解决农村电网智能化建设中智能配电台区、农村智能用电等关键技术问题，组织实施试点工程建设并进行成果验证，为农村电网大规模推进智能化建设提供理论和实践依据^[19]。

我国创新性地提出并开展了农村电网智能配电台区建设研究，实现了台区的结构标准化、功能集成化、运行透明化、用电互动化，显著提高了台区电网供电能力、可靠性和供电质量，降低了损耗，保障了用电安全性，构建了供用电互动化模式，降低了人身触电伤亡事故的发生。如图3所示。



图3 低压综合配电箱

4.2 实际应用情况

在农村电网逐步实现配电自动化的基础上，国家电网公司和南方电网公司在所辖范围内开始通过智能化示范工程“农村电网营配调管理模式优化试点工程”等试点项目开发和创新技术成果。在农村地区，试点智能配电台区设备包括智能低压配电箱（柜）和智能配电终端以及中低压电网统一数据采集与集中监控平台等智能化技术。

5 农村电网通信和信息化技术

5.1 通信技术

5.1.1 EPON通信技术

农村配电网的特点是建设区域覆盖城乡结合处和农村地区，要求光通信传输距离较远。光通信接入网采用无源光网络EPON技术。从技术层面看，

还不能完全覆盖所有建设区域，存在覆盖问题。对于无源光网络，EPON标准协议（IEEE 802.3ah—2004）规定了EPON最长传输距离与差分距离均不得超过20 km，超过20 km需要采用特殊增加光传输距离的技术，须选用适合农村配电网的超长距离的EPON设备。

5.1.2 电力线载波通信技术

电力线载波通信技术发展经历了电力线窄带低速载波通信技术、宽带高速OFDM技术和MCM技术发展过程。载波通信技术主要解决最后一公里通信难题，在农村电网应用领域对载波通信的传输距离有更高的要求，耦合方式可提升高载波通信的传输距离。工频畸变数据传输技术具有有效传输距离长、通信可靠、信号可通过变压器等优势。

5.1.3 无线通信技术

无线通信技术在农配的应用模式上主要有2种：一是租用无线公网，如4G、3G、GPRS等；二是组建电力无线专网，专门用于传输电力信息，如微功率无线网络、McWill、Mobitex、ZigBee等。微功率无线网络技术以其超低功耗、自组织网络、成本低、低功耗、超强通信能力、通信距离远和抗干扰能力强等诸多优点，非常适合于测量点多、范围分散的农村电网通信领域。租用无线公网通信需注意信息安全，应采用专线传输方式由运营商网络经电网企业应用防火墙再进行数据交换。建立无线专网需根据地理环境选择好基站，同时采取必要的避雷和防雷措施。

5.2 信息化技术

5.2.1 基本情况介绍

信息交互集成系统针对各个业务系统的信息服务，不论是旧有系统还是新建系统，能够通过服务的包装，成为随取即用的IT资源，再通过服务的形式向外发布，以松耦合的原则实现共享，并能将各种服务快速整合，开发组合式应用，从而达到整合即开发的目的，实现对农村电网业务需求的快速响应。如图4所示。

自20世纪80年代以来，我国电力企业在信息化建设方面花费了大量人力、物力，建立了类型和数量众多的管理信息系统，起到了一定作用。但大多数系统仅仅面向某一专业需要，导致数据共享性差、

系统集成度不高，以至出现多个信息“孤岛”，给信息共享带来困难，同时引起重复建设，浪费资源。造成这种状态的主要原因是由于系统建设没有形成统一规范，缺乏整体规划，特别是缺乏数据一致性、准确性及时性要求的数据标准化规范和统一的业务模型。为适应电力行业改革和发展的需要及电力企业运用信息技术提升竞争力的需要，为电力企业信息化建设提出统一的纲领和原则，指导老系统的更新和新系统的建设已成为大势所趋和当务之急。

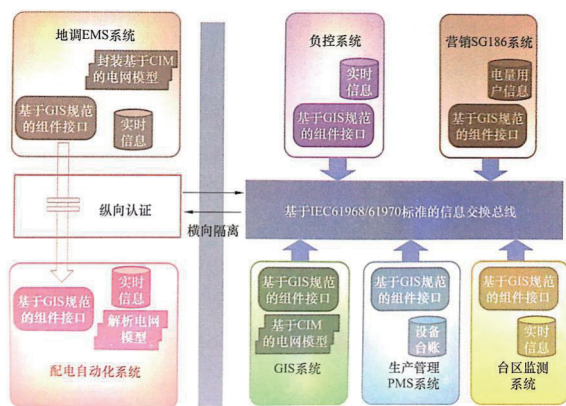


图4 信息交互集成技术流程

国外的电力公司同样存在上述的信息“孤岛”问题。因为各个应用系统由不同的软件供应商提供，为不同的业务部门服务，在不同的系统环境下运行，它们的信息模型都是私有，应用系统间无法进行信息交互。这也是整个电力企业普遍面临的信息化建设难题。20世纪90年代中期，IEC TC75就开始进行了相关技术和标准的研究。

IEC是电工学所有领域内国际标准的评估和制定组织，TC 57即第57技术委员会负责制定电力系统控制和相关通信标准。IEC 61970系列标准制定了电力行业的公共信息模型（CIM）。IEC 61968系列标准制定了企业管理系统中各个子系统之间的接口规范。这些标准的制定将使得一个组件（或应用）与另一个组件（或应用）在统一的信息模型表达方式下通过标准的数据交换平台进行信息交换成为可能，同时也规范了每个组件用标准的接口去访问公共信息。

为了在总体上准确、完整地实现IEC 61970/61968提出的系统功能和性能，必须建立先进而有效的应用平台。

5.2.2 实际应用情况

农村配网的特点是建设区域覆盖城乡结合处和农村地区，要求通信传输距离较远，接入形式多样。EPON作为一种拓扑灵活，支持多种业务接口的纯光介质接入技术，可作为农村电网的配电自动化，用电信息采集等系统的接入层通信模式应用。低压电力线载波通信技术可以应用在农配电监测和大用户抄表，远程抄表系统等领域中。无线通信作为光纤通信的有效补充，主要应用于配用电数据采集的传输。

根据农村配电网发展的实际需求，应逐步采用营配调、调配控一体化的信息系统集成模式，对农村电网现有应用系统进行信息集成整合，以应用系统支持管控模式的优化^[19]。

6 发展趋势分析与展望

在国家新型城镇化、美丽乡村建设和发展现代农业的宏观政策引导下，县城及小城镇农村经济结构、劳动分工、生活居住人口规模将持续稳定增加，农村人口将不断向县城及小城镇集中。另一方面，农业生产逐步向集约化、机械化和现代农业发展，对电力的依赖不断增强，城镇经济社会发展水平的提升和产业结构的不断优化，居民生活质量的全面提升，农业生产用电大幅提高，县及县以下区域人群的消费水平将不断提高，基础设施、公共服务设施和住宅等方面的建设需求将逐步提高，将会对供电质量提出更高的要求，在经济较发达地区城乡电网将逐步实现一体化发展。

6.1 农村电网典型供电模式

新农村典型供电模式具有规范性、先进性和适用性的特点。采用区域供电的方式，以满足供电区域用电需求为出发点，对不同经济发展水平、不同供电需求的区域制定不同的供电模式方案；现有的新农村典型供电模式体系包括农村电网基本供电模式、典型区域基本供电模式和典型区域供电模式3个层次，针对农村地域、经济与社会发展的差异性，体现不同区域用电需求与负荷特点，能够覆盖东、中、西部地区供电范围，对农村电气化及小城镇电网的规划、设计与建设具有重要指导和规范作用。今后，将随着乡村振兴、电气化提升和农业现代化

的实施情况，不断优化农村电网供电模式，使其更合理、更高效、更经济、更安全。

6.2 农村电网适用技术

统筹规划分步建设智能农村电网。农村综合能源建设方兴未艾，要用智能电网技术主动应对，科学制定农村电网智能化建设规划，并将农村电网智能化规划统筹纳入电网发展规划和地方经济社会发展规划，结合农村配电网技改大修和农村电网改造升级工程推动落实具体项目，选择典型地区建设试点、示范工程，及时总结试点经验，以点带面，有序推进农村电网智能化全面建设。

因地制宜，根据农村电网发展特点和需求，结合农村电网科技进步示范县和农村电网改造升级示范县建设，积极推广应用符合农村电网建设、运行和管理需要的，具有较好推广应用价值的适用技术，如35 kV集成型智能变电站、35 kV配电化、智能配电网台区等成熟先进的新技术、新产品，提升农村电网智能化水平，加快推进农村电网智能化建设步伐。

大力开展县域电力通信网建设。按照“结构合理、技术实用、安全可靠、支撑有力”的建设原则，合理选择县域电力通信网建设方式和组网模式，提升通信网的覆盖能力和传输能力，着力解决影响和制约农村电网自动化、新能源接入等智能化应用以及管理信息化应用的通信问题，考虑电力物联网建设需求统筹兼顾，合理确定通信网的建设标准，为提高农村电网的安全经济运行水平和企业经营管理水平提供重要支撑。

积极主动应对农村分布式可再生能源规模化接入。结合国家绿色能源示范县规划，充分预测可再生能源大规模分布式接入需求，在可再生资源充足的区域，积极开展农村太阳能、风能、微型水力、沼气发电等可再生能源综合开发应用技术研究及示范工程建设，重点解决好农村多种类型分布式电源/储能/负荷的协调控制问题、优化运行与电能质量问题以及分布式电源接入配电网后的运行和作业安全保障问题。

深化农村电网关键技术研究。通过进一步优化完善、集成创新，加大力度研究开发一系列具有农村电网自身特点的集成型、智能化、免维护、可靠性高、技术先进、节能环保的农村电网变配电装备

和支撑系统。完善农村电网智能化标准规范体系，有计划开展相关技术标准的制修订工作，有效指导并促进农村电网智能化建设目标的实现。

6.3 农村客户侧泛在电力物联网方面

虽然随着国家对于“三农”工作的重视程度不断提高，农村电网改造进程不断推进，取得了令人瞩目的成绩，但农村地区受经济和地理位置限制，农村电网整体的设计规划配套远远落后于乡村电气化提升的巨大需求。展望未来发展，须用科学理念和创新思维研究农村电网技术，积极探求和借鉴其他领域的先进技术以及成功经验，并且综合考虑农村应用的经济性，探索一条符合乡村电气化的解决之路。基于农村电网现状，从泛在电力物联网技术应用体系构建，客户侧泛在物联网发展模式创新两方面针对泛在电力物联网应用技术研究开展深入的研究工作。

6.3.1 致力于推动农村电网台区改造，构建配套云管边端体系架构，提升农村地区局部能源管理能力

电源侧建设低成本双回路供电架构保证供电可靠性，同时开发安装台区分布式储能装置，提供台区供电保障。

农村电网普遍存在以下问题：间歇性负荷增大，影响供电稳定性；多样性负荷接入，电能质量问题凸显；分布式电源大量、无序接入，能源就地消纳需求迫切。

对于上述问题，根据现场条件建设低成本双回路供电架构，开发安装台区分布式储能装置。台区分布式储能要求采用集装箱设计模式，可移动、可拆卸，具备即插即用功能，方便快捷，灵活实用。主要解决季节性、间歇性的高峰负荷，降低多样性负荷对配电网的电能质量影响，实现台区分布式能源的协调控制，实现分布式能源的就地消纳，从而提高供电可靠性，降低配网设备投资，提高客户满意度，提高设备利用率。

基于泛在电力物联网应用技术体系，构建配套云管边端体系架构。配套云管边端体系架构划分为云、管、边、端4大核心层级。“云”是云化的主站，实现泛在互联、开放应用、协同自治和智能决策功能；“管”是主站与终端之间的数据传输通道；“边”是处于网络边缘的分布式智能代理，拓展了

“云”收集和管理数据的范围和能力；“端”是配电物联网架构中的状态感知和执行控制主体终端单元。

基于云管边端体系架构的配电物联网需要从感知、组网、边缘计算、平台等核心技术方向展开研究，包括配电物联网环境下边缘计算信息感知技术，通信组网技术，边缘计算终端通用平台技术，数据处理技术，台区能源自治技术，PaaS云平台技术以及人工智能数据驱动技术等方面。在配电物联网技术体系建立并深化应用的基础上，建立配电物联生态，研究成果向多场景拓展。基于大数据分析技术对配电数据进行深化研究，对设备融合和数据融合进行深化研究，进一步完善配电物联网全系列成套设备并提升其应用价值。

实现台区区域能源协调控制管理。台区区域能源协调控制管理，分为特性分析、态势感知、站端协调控制、智慧用电服务4个环节。

特性分析根据负荷特性以及其他柔性负荷特点，结合储能充放电特性分析配网供电特性，然后根据多源信息融合数据挖掘，根据日负荷预测信息、当前台区用电信息，实时拟合当天台区用电曲线，预测未来用电情况，从而能够向用户反馈未来用电情况。同时再根据分时电价、用电模式和日预测负荷曲线，制定相应用电策略，能够向用户推送经济可靠的用电建议。在站端协调控制层面，监控台区总负荷，如果台区负荷超过最大负荷的时间设定时长，则智能配变终端根据既定控制策略，向负荷设备发送缓解负荷容量暂缓用电功率命令。智慧用电服务方面综合现代先进的通信技术、传感技术以及非侵入负荷辨识技术，结合非侵入负荷辨识终端+“用户能源网关+负荷自治管理终端”，采样用户总进线的电能信息，再通过智能算法分解出用户的细粒度用电行为，实现电网与负荷设备的授权互动，分级管理。实现用户能耗分析、用户电气化水平分析、异常用户用电行为预警等功能。

6.3.2 创新农村客户侧泛在电力物联网发展模式，实现智慧用电服务

基于物联网迅速发展，在农村产业发展中，利用物联网发展技术，实现多方共同参与的新发展模式。在负荷设备端安装相应的感应装置，实现远程监控各项运行数据。通过实时数据共享，实现生产

生活过程的远程监控，同时专业技术人员可以通过数据分析对农民进行远程技术指导。地方政府可以通过物联网数据分析，更好地获取当地农业产业规模及经济效益，更好地进行产业布局，引导农户科学合理发展，保障产业健康发展。在此介绍6种泛在电力物联网在乡村电气化方面的应用场景。

第一，农业产业效能提升市场化服务。针对农业企业，园区商业楼宇及全电景区多能互补能力欠缺、用能效率不高、信息采集不全等问题，加强与相关企业及科研单位的合作，统一组织研制基于边缘计算的能源控制器（“智慧大脑”），实现全景检测与优化控制，为客户提供用能在线诊断，能效对标，能效优化规划设计，解决方案在线查询咨询等全方位服务。研究现存电气化泛在电力物联网应用与需求响应、电力现货交易、分布式能源交易相结合，打造“智能控制+市场化交易”套餐，引导客户用能习惯，降低客户在项目建设和用能方面的成本。

第二，农村生活智慧用电服务。针对乡村家庭用能信息缺失、能效服务不精准、需求侧响应不足等痛点，组织研制、推广具备非侵入式负荷辨识功能的能源路由器，以及介入式随器计量的智能家电、插座等产品，实现农村家庭负荷的精准采集与检测、用能与电网的协同互动，提高电网设备利用率和供电质量。服务农村家用电动汽车智慧充电，建设智能有序充电桩，研究满足乡村用电特点的有序充电控制策略，精准调控台区负荷，满足未来规模化电动汽车家居充电需求。

第三，绿色交通出行服务。针对县域各类电动汽车出行特点，构建智能充电服务网络，保障绿色交通出行无忧。精准建设公共充电设施，打造智能、高效、便捷、安全电动汽车出行充电保障圈；定制化建设经济实用的专用车充电设施，服务县域公交、物流等专用车应用；完善智慧车联网功能，创新县域电动汽车用户专属服务，加强市场化推广，积极做好充电设施报装接电服务。

第四，清洁供暖（冷）服务。针对传统冷热电供应、转换利用效率不高等问题，延伸电力物联网应用，深化可再生能源一体化利用，利用相变材料储热/冷、高效太阳能供热蓄热、冷热电三联供、微电网等不同方式，研究建立多能协调优化控制模型，

设计多能源协同供应和梯次利用的综合解决方案,研究多能服务用能控制系统及设备,开展一体化冷热(暖)供应、多能互补协同供应、综合能源示范等建设,实现乡村清洁供暖多能互补和电网协同。

第五,新能源相关服务。针对乡村分布式新能源大规模发展带来的消纳和调控能力不足等问题,研究基于区块链的客户侧自助交易服务模式和技术实现方案,研究能源路由器、能源控制器等设备,完善台区能源控制系统,提升新能源消纳能力。依托分布式光伏云网,为客户提供光伏电站规划建设、并网结算、监测运维、金融交易、数据分析等线上线下全流程一站式服务,服务分布式光伏产业发展,提升新能源发电比例。

第六,互联网+供电服务。推广线上应用,面向农村地区客户推行网上交费、线上办电、能源服务、机井共享用电等“一网通办”便捷服务;面向乡村电气化客户群体定制专属服务通道,提供农业生产电气化、农村家庭智慧用能、特色(扶贫)农副产品代销等增值服务,整合提供智慧车联网、光伏云网、综合能源服务、能源电商等业务。

健全基于信息全面感知的故障主动运维。依托智能配变终端全覆盖工程,在分支箱、线路末端部署低压传感器,采集低压运行信息、异常状态信息。结合配电自动化主站升级,实现低压数据展现与异常告警、停电信息主动推送、配电设备状态精准预测、低压故障自动研判等高级应用,助力营配调贯通+末端融合,提高中低压配网故障综合研判能力,提升故障抢修效率和客户服务水平。

参考文献

- [1] 盛万兴,梁英,解芳,等.新农村电气化建设农网供电模式研究过程及成绩[J].农电管理,2010,(8),11-12.
- [2] 傅俪.国外农村典型供电模式及建设运行维护经验[J].电力与电工,2013,33(4):80-82.
- [3] 李寿鹏,王卫国,王振海,等.小城镇典型供电模式建设[J].农村电气化,2013,(09):10-12.
- [4] 刘贵斌.小城镇供电模式及线路规划[J].农村电工,2014,22(7):35.
- [5] 楚清河,聂贞.小城镇供电模式探讨[J].华北水利水电学院学报,2011,32(2):67-72.
- [6] 陈明忠.35 kV配电网变电站存在的问题及优化方案[J].农村电工,2016,26(11):41.
- [7] 陈浩.35 kV配电网规划建设方案研究[J].低碳世界,

2016,(12):57-58.

- [8] 王金丽,王金字,宋祺鹏.35 kV线路配电网建设模式探讨[J].电气应用,2013,32(17):18-21.
- [9] 吴平,安四清,程升平,等.35 kV配电网建设[J].农村电气化,2012,增刊:5-6.
- [10] 陈庆伟,付光来,王文洋,于翰芬.装配式结构在变电站建设中的应用探析[J].科技经济导刊,2019,27(3):96.
- [11] 房岭峰,李宾皓,马晓元,等.装配式变电站工程实践与发展趋势综述[J].电力与能源,2018,39(6):789-796.
- [12] 宋艺.建筑装配式在变电站工程中的应用[J].科技与创新.2018,(24):144-147.
- [13] 徐超.35 kV装配式变电站在农村电网升级改造中的应用[J].农村电气化.2018,(4):14-16.
- [14] 黄震宇.农网高过载能力配电变压器配置分析[J].农村电气化,2016,(12):26-27.
- [15] 寇凌峰,王金丽,江春惠,等.高过载配电变压器的设计与试验方法[J].农村电气化,2016,(4):53-55.
- [16] 赵莉华,刘丹华,张宗喜,等.混合绝缘系统油浸式配电变压器过载能力分析 & 结构优化[J].水电能源科学,2017,35(10):180-183.
- [17] 沈浩东,白义传,孙国成,等.我国农村电网自动化技术的发展[J].农村电气化,2009,(10):36-41.
- [18] 贾俊国.农村电网自动化与通信技术[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [19] 国家电网公司农电工作部.农网发展重点应用技术(2011年版)[M].北京:中国电力出版社,2011.70-79,90-105.
- [20] 王鉴,杨太菊.关于农村电网智能化建设的思考[J].科技创新与应用,2018(1):186-187.

(责任编辑:袁航)

资讯

国网河南电力:中州换流站年度输送电量首次突破400亿kWh

截至2019年12月18日4:00,国内第一条“双800特高压直流工程”、第一条疆电外送工程天中直流工程受端换流站——±800 kV特高压中州换流站2019年输送电量首次突破400亿kWh,同比增长27.9%,创历史新高,在国家电网有限公司直流换流站输送电量中位居首位。

自2014年投运以来,该工程累计送出疆电1791.26亿kWh,相当于河南地区减少标煤消耗7165.04万t,减排烟尘4872.22万t、二氧化碳1.78亿t、二氧化硫638.15万t、氮氧化物268.69万t。国网河南电力将不忘初心,牢记使命,为助推国家电网公司“三型两网”世界一流能源互联网企业建设做出新的更大贡献。

来源:国网河南省电力公司

编者按:为宣传农村电网建设成果,促进电力企业技术交流,推广服务乡村振兴战略的优秀方案、典型案例,反映电网发展所取得的技术进步与成果,2019年中国电机工程学会农村电气化专业委员会和华北电力大学电气与电子工程学院开展了“智能用电服务乡村振兴战略”论文征集活动,征文来稿近150余篇,本刊选登部分具有代表性的文章,与广大读者分享。

山区“光伏+储能+柴油发电机” 微电网方案介绍

温杰锋

(广东电网有限责任公司清远清新供电局,广东 清远 511500)

摘要:随着农村经济不断发展,边远山区居民回村翻耕,出现新的用电需求,普遍特点为负荷零散、用电量少、距离电源点远、新建线路难度大,如何更经济、有效地解决用电问题值得探讨,文章阐述了“光伏+储能+柴油发电机”供电的微电网方案,其具备投资小、工期短、经济节约的特点,有效解决边远山区居民用电需求。

关键词:山区居民用电;微电网;光伏;储能

中图分类号: TM615

随着国家精准扶贫及建设新农村政策的推进,越来越多的乡村居民到偏远地区发展种植业,但由于边远山区地广人稀,电力负荷分布不均,相对集中在圩镇以及几个较大的村,大片山地以及林地远离电源点。要把线路延伸至客户用电地址,往往需要2~5 km的线路,且道路多为山间崎岖小路,交通极为不便。如果直接进行低压延伸,电能质量、线路和计量的运维等问题接踵而来;如果进行中压延伸,也会产生立项周期长、投资大、线路及计量运维压力大等问题,很可能出现1台变压器只供1户低压农业种植户用电的情况,“大马拉小车”影响线损。

清远市清新区石潭镇中和村委会单竹洞村,是较为典型的粤北山区居住村落,位于石潭镇偏远山区,地广人稀,大部分居民已外出居住,但随着经济水平发展以及国家精准扶贫政策的支持,出现村民返耕发展种养业的情况,单竹洞村有用电报装需求的返耕居民7户,其中长期居住的2户,间隙性居住的5户,距离电源点远,新建线路供电难度

极大。

1 供电方案探讨

清新供电局石潭供电所在接到用电报装需求后,便开始探讨供电方案,相关设计单位对供电方案进行现场勘察。经测量,单竹洞村距离最近的0.4 kV电源点有4 km远,距10 kV线路最近点则有3.5 km。若使用0.4 kV低压导线架设的方式进行供电,则无法保证电压质量;若使用架设10 kV线路建设,沿途山势崎岖,道路不通,且为岩石地质,施工难度极大,建设成本极高,也不能及时满足用户急盼的用电需求,因此,清新供电局对该村的供电方案进行研讨,寻求有效、经济实用的供电方案。

针对该类型用户的用电性质及特点,组织多次讨论、现场调查,决定使“光伏+储能”的微电网模式供电。以负荷预测及用电性质为导向,经调查,居民用电设备以普通照明、电饭煲、电热水壶等电阻性单相负载为主,负载功率小于5 kW,每天用电量约6 kWh,采用6 kW光伏板+8.8 kWh

磷酸铁锂储能电池的配置方案，能满足负荷使用要求，电池容量能保证1天左右的用电；光伏发电以1h能充满6 kWh为目标，光伏板配置6 kW，占地面积60 m²左右，太阳能板的输出开路电压为120 V，峰值功率点电压为97.8 V，峰值电流为55.2 A。技术论证后，方案能满足单竹洞村7户电能表共18人的生活用电需求，而且光伏微网设备具备可搬迁至其他地方循环利用的条件。

2 方案深化完善

微电网模式供电，建设时间短，一个星期时间便已完成投运，看到村里点点灯光，供电人心里露出些许欣慰。通过一段时间的运行，光伏设备及电池可以完全满足居民用电，然而，光伏发电存在不稳定性，发电量容易受天气影响，当电池电量不能及时补充的情况下，便会出现停电，因此，如何提高村民用电的可靠性，使追求高质量供电服务的清新供电人再次陷入思考。在清远供电局对清新局的微电网使用研讨会上，首次提出了使用“光伏+储能+发电机”供电模式，创新应用于边远山区的供电服务，在解决零散负荷用电的同时确保供电可靠性，并在单竹洞村进行尝试。

优化措施确定后，清新供电局开展发电机选型及配置，拟增加1台可一键启动的柴油发电机与储能设备连接，作为储能设备的交流输入来补充电池能量。发电机由上位机通过Modbus通信协议控制，在长期弱光或者光照不足的条件下，上位机监测到电池容量偏低时，自动发送指令让柴油机开启，利用柴油发电对电池充电，完成充电后自动关闭，整个过程不需要人工干预，有效减少运维人员工作量。发电机选择户外安装设计，可以防雨，安装点距离户外柜5 m左右。

3 主要设备及技术参数

项目的主要设备及技术参数如表1、表2所示。

功能设置情况：电池容量低于20%时，将自动切换到发电机启动充电；发电机对电池充电，电池容量达到50%时发电机停止充电。

存在负荷使用、电池放电、发电机发电同时运行的情况下，若负荷和充电总功率超过发电机的最

大功率2.5 kW时，则发电机输出电压会拉低，当电压低于198 V时，发电机系统自动切换到离网模式，由电池放电。

表1 光伏储能系统

微网控制小车		
单相并网光储一体机	额定功5 kW,最大转换效率(DC/AC)90%	1台
微网控制器	IPM-MC(触摸屏)	1只
AC/DC	220VAC/24VDC 75W	1只
储能电池小车		
储能电池	51.2V/86Ah磷酸铁锂电池组(含BMS)	2组
熔断器	NT-160A/2P	2只
直流微型断路器	DC63A/2P	2只
光伏发电系统		
光伏组件	300D-30b, 20w/pcs	20片
光伏支架	热镀锌型材,角度23°	20个

4 系统供电情况

光伏发电情况（数据抽取时间为2019年6月15日）如图1~3所示。

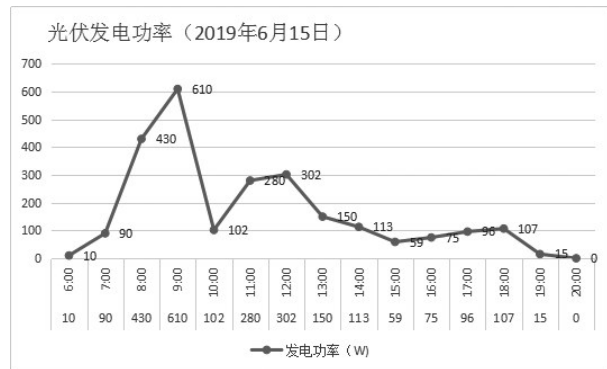


图1 光伏发电功率

表2 柴油机发电系统

数码机组电源		
型号	W5900IC-S	
额定总功率	3.5 kW	
交流模式	AC功率	3.5 kW
	AC电压	230 V±5%
	额定频率	50 Hz
	相数	单相
高压直流模式	DC功率	3.5kW
	DC电压	330 V +5%
上述两种模式在同一时间工作时,总功率和不大于3.5 kW		
噪声等级	72 dB(A)@1m	
柴油机		
型号	HL188FVE	
类型	单缸、风冷、四冲程	
排量	0.474 L	
缸径×行程	88×78 mm	
转速	3000 rpm	
最大功率	8.5 kW	
持续功率	7.5 kW	
启动方式	电启动	
供油方式	直喷	
燃油消耗率	≤275 g/kWh	
机油容量	1.65 L	
发电机		
型号	WDIJZF156Z-5G	
类型	稀土永磁无刷发电机	
额定功率	3.5 kW	
防护等级	IP21	
绝缘等级	H级	
冷却方式	风冷	
效率	≥90%	

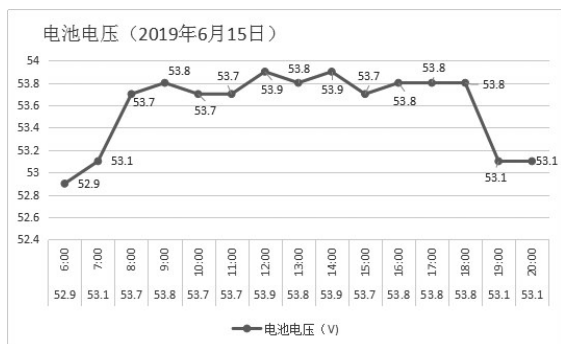


图2 电池电压情况

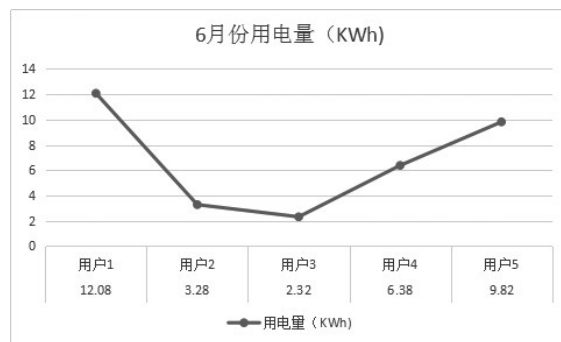


图3 用户用电量

根据抽取数据分析,由于夏季光照充足,光伏发电良好,6月电池充电电量维持在较高水平,暂未发生容量不足而采用柴油发电的情况。光伏发电时间为6:00—19:00,充电功率最大值一般发生上午9:00,电池电量补充完成后便自动控制发电功率。在居民用电在晚上19:00后,且用电量不大,完全可满足用电需求。

5 效益对比

采用“光伏+储能+柴油发电机”的供电方案,比常规线路建设投资更为节约。该村若以常规手段立项,为确保电压质量需要进行中压延伸,经设计出具的预算为83万元,现采用微电网加低压线路延伸新模式,费用为36.88万元,节省投资47万元,而且当用户撤场时,设备可以回收再利用,达到绿色、智能、节约的要求。

方案实施周期短,可快速为居民提供电源。中压项目立项所需施工工期将近3个月,微电网建设耗时点主要在设备运输及组装,仅需要一周时间,相对中压而言建设周期大大缩短。

供电可靠性相对较高。中压线路故障影响线路跳闸,影响停电范围较大,而且山区地带故障查找及抢修耗时较长,根据用户用电情况,使用“光伏+储能+柴油发电机”供电模式相对稳定。

线路设备更便于运维。架设中压架空线路须考虑对地距离、树障、地形等问题,基本上跨山越岭、道路不通,日常运维十分困难,而“光伏+储能+柴油发电机”设备集中,建设点在路边,运维及故障处理较为容易。

(责任编辑:袁航)

绿色氢能在甘肃县域的应用场景探索

刘永成, 杨昌海

(国网省电力公司甘肃经济技术研究院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 氢气不仅在传统石化领域发挥原料气作用, 而且随着燃料电池技术的成熟商用, 氢气作为绿色高效能源的应用场景将会不断涌现。氢能在“电转气”能量形式转化、天然气管道气补充、储能、热力供应、绿色交通等多能互补领域具有良好耦合特性。文章基于可再生能源制氢的利用场景, 提出在甘肃敦煌建立氢能综合利用示范基地, 不仅能促进本地的新能源消纳能力, 还能推动氢能产业链的发展。分析了示范工程对政府和电网公司的重要意义, 证明其在甘肃具备成熟的建设条件。提出了以制氢加氢站为核心的氢能综合利用项目的建设方案, 并在合理的建设规模下进行了投资测算, 给出了项目盈亏的平衡点。最后, 就氢能在甘肃的发展提出了相关建议。

关键词: 可再生能源; 氢能; 燃料电池; 能源替代

中图分类号: TM651

1 可再生能源制氢的综合利用前景

目前, 燃料电池技术尚未规模化商用, 氢气主要用在合成氨工业和石油炼化工业等传统石化行业, 氢的主要来源是天然气重整、焦化厂尾气提纯制氢, 或是化工副产品制氢, 95%以上的氢能来源于化石能源, 可再生能源、生物质气化、核能等来源的氢能还非常有限^[1]。

2016年6月, 国家发改委、国家能源局制定了《能源技术革命创新行动计划(2016—2030年)》^[2], 部署了氢能与燃料电池技术创新等15项重点任务, 规划了氢燃料电池发展路线图。根据此计划, 氢燃料电池五年内有望实现规模化应用, 到2030年实现加氢站现场储氢、制氢模式的标准化和推广应用。

随着燃料电池技术的不断完善, 将使氢能的清洁利用得到最大发挥, 主要表现在氢燃料电池汽车、分布式发电、备用电源、储能等方面, 如图1所示。同时, 氢气作为传统的合成氨、石油炼化原料气以及高能燃料, 通过新能源大规模电解水制氢能够实现传统化工业的清洁可持续发展, 通过向天然气管道快速安全掺氢能够补充国家的燃气供应和储备。制氢最终可能成为长距离输送可再生能源的一种方式^[3]。

到2020年, 我国以能源形式利用的氢气产能规模将达到720亿m³, 加氢站数量达到100座, 燃料电池车辆达到1万辆, 氢能轨道交通车辆达到50列, 行业总产值达到3000亿元。到2030年, 氢能产业将成为我国新的经济增长点和新能源战略的重要组成

部分, 产业产值将突破1万亿元, 加氢站数量达到1000座, 燃料电池车辆保有量达到200万辆^[4]。而截至2017年10月, 我国仅建成7座加氢站, 数量远少于规划目标数。

随着国家环保政策的日益收紧, 绿色发展理念逐步落地, 通过化工产业获取氢能的方式将不可持续, 以大规模可再生能源制氢, 从源头上做到绿色发展, 发挥氢能综合利用全产业链绿色效益将迎来重大发展机遇。

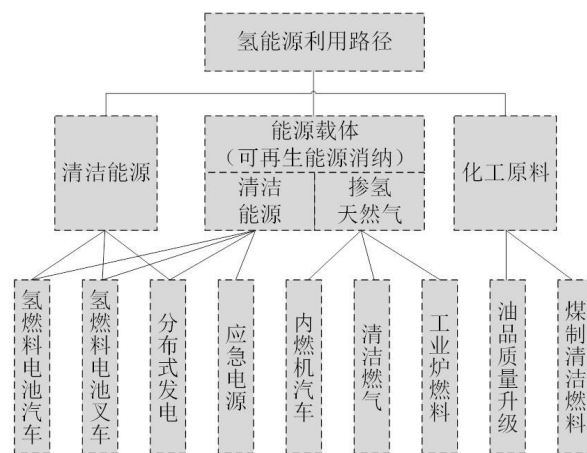


图1 氢能源的利用途径

2 推动绿色氢能示范工程落地甘肃

2.1 氢储能示范工程对甘肃的重要意义

推动大规模可再生能源制氢—储氢—氢能综合利用示范工程在甘肃落地具有重要意义。

有助于构建清洁低碳安全高效能源体系。电解水制氢、氢燃料电池汽车、氢燃料电池备用电源的

利用过程对环境友好,排放物仅有水;将氢气作为高能燃料安全掺入天然气管网,能够补充我国的燃气供应。

实践能源互联网。制氢、储氢过程中有大量热量释放;氢燃料电池汽车具有续航里程长、低温特性好、加注燃料快的优势,能够实现绿色交通;氢气以高能燃料补入天然气管网,能够联通燃气供应;氢气以清洁原料气输送至合成氨、石油炼化工业,能够促进传统工业低碳化发展;氢燃料电池作为清洁后备电源,在噪音敏感区可以替代柴油发电机。

促进消纳新能源。利用新能源大规模制氢,以 5 kWh/Nm^3 的能耗测算,将为省内新能源的消纳提供新的高载能工业,而且制氢过程即为储能过程,可以长尺度延伸新能源区域消纳时空特性;同时制氢站具有宽幅响应电源波动性的特性,对于电网调峰有积极作用。

探索综合能源服务商业化模式。示范工程具体实施过程中,可以为用户提供电源供给、天然气供应、热力供应、储能辅助服务、氢燃料电池汽车运输、节能方案实施等多个属性的综合能源服务,依托多能源计量监测及信息交互技术,在探索中不断打磨能源互联网的甘肃模式以及综合能源服务的具体投融资、运维、盈利模式。同时,在产业合作上,因制储氢、氢能交通、管道气领域涉及多个产业链,公司和相关企业间可以开展多种类型的资产、资本运作尝试。

2.2 示范工程在甘肃落地建设的有利条件

2018年5月,甘肃省酒泉市政府明确要引进大功率制氢设备制造项目,形成西北最大的制氢及氢能利用装备制造产业基地^[5]。本次制氢加氢站示范工程建议落地酒泉市敦煌市光电产业园内。

年度丝绸之路(敦煌)国际文化博览会的召开将为氢能、燃料电池、风电、光伏、光热等元素构成的能源互联网提供世界级的展示平台,向“一带一路”沿线国家展示和输出低碳发展解决方案。

氢能综合利用契合敦煌市建设高比例新能源示范城市的发展方向。敦煌市政府看重氢燃料电池汽车续航里程长的优势,有意引进氢能交通,促进景区绿色发展。(敦煌城区—莫高窟 26 km ,敦煌城区—西千佛洞 35 km ,敦煌城区—阳关遗址 66 km ,敦

煌城区—雅丹地质公园 166 km)

敦煌光电产业园路网成形,总占地面积 254 km^2 ,尚有大量的规划未利用地可作为厂址。园区内具有公网交流 10 kV 线路,“五通一平”建设条件齐备。

光电产业园区内有已并网的光伏电站、光热电站,与本次拟建的制氢站及氢能综合利用项目可作为可再生能源的联合示范基地。制氢站后续扩大生产规模也有充裕的可再生能源电力作为保障。

3 氢能综合利用示范工程建设方案

考虑敦煌市旅游交通的需求,示范工程主要依托电解水制氢—加氢站建设。将氢燃料电池汽车作为氢能利用的最主要途径,因为它具有环保性能佳、转化效率高、加注时间短、续航里程长等优势,是未来汽车工业可持续发展的重要方向,是应对全球能源短缺和环境污染的重要战略举措^[6]。

3.1 可再生能源电解水制氢—加氢站

加氢装置采用本站水电解制氢实现氢气来自供氢模式。电解槽产出的氢气经过氢气纯化设备可以将纯度为 99.8% 的氢气提纯至 99.9% 。氢气纯化系统由脱氧器、冷却器、气水分离器、氢气干燥塔、过滤器、积液罐、阀门、管路、管件、一次仪表、框架等组成;氢气纯化部分,可实现自动调节、显示、报警、联锁等功能。纯化系统采用冷却去湿、吸附干燥的方法清除杂质,干燥氢气。

提纯干燥后的氢气通过一级压缩机升压至 20 MPa 存储在高压蓄能器组中,再通过二级压缩机升压至 45 MPa 输送给注氢机,工艺流程如图2所示。

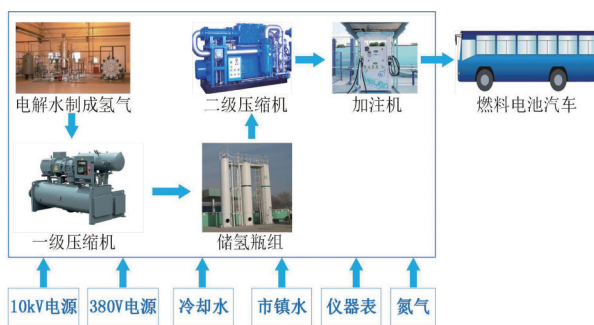


图2 自供氢模式加氢站工艺流程

根据加氢装置的工艺需求及设计控制要求,系统以数据采集控制系统和上位机为核心组成站点监控系统。实现对整个生产过程的监控。其系统共分

为3个层次,分别为现场设备层、采集控制层和信息管理层。

3.2 制氢加氢站主要技术指标

为便于施工、维护和后期扩展,制氢设备和氢气压缩设备均采用集装箱式布置。制氢加氢站主要设备由集装箱1(制氢机)、集装箱2(制氢机的辅助设备)、集装箱3(氢气压缩机、加氢机及控制系统)、储氢瓶组等组成。具体设备配置情况如表1所示。

表1 制氢加氢站主要设备选型

设备	性能	配置
水电解制氢装置	氢气出口压力:1.5 MPa,单台产量:100 Nm ³ /h	数量1台,集装箱式,产氢能力200 kg/天
氢气一级压缩机	进气压力:1.5 MPa,排气压力:2.0MPa,排气量:≥100 Nm ³ /h	1台流量为100 Nm ³ 压缩机配置,集装箱式,每小时压缩能力为100 Nm ³
蓄能器	额定工作压力:20 MPa,单台水容积约1.12 m ³	数量6个,存储压力为20 MPa
氢气二级压缩机	进气压力:20 MPa,排气压力:45 MPa,排气量:≥100 Nm ³ /h	1台流量为100 Nm ³ 压缩机配置,集装箱式,每小时压缩能力为100 Nm ³
加氢机	额定工作压力:45 MPa,加注流量:21 kg/h	数量1台
站控系统	LC+触摸屏,含远程监控接口,通讯协议TCP/IP	设置氢气泄漏检测系统,氢气泄露、声光报警
纯水机	产品水流量为500 L/h	数量1台
电源及供电系统	1台制氢机用10 kV配电设备容量630 kVA,380 V配电设备包括控制系统(40 kW)、仪表自控系统以及照明、暖通及备用等用电负荷,380 V总功率约40 kW	电源及供电系统使用10 kV交流供电设备和380 V配电设备

4 示范工程预期经济效益测算

4.1 建设规模

在风电、光伏资源富集的酒泉市建设制氢、加氢站,制氢能力1000 Nm³/h,年制氢量475万 Nm³,

即制氢能力为1200 kg/d,按照一台大巴车25 kg/d的用氢量测算,加氢站能够支撑约50台氢燃料电池大巴车的运行。

4.2 投资测算

对于拟建的1200 kg/d能力制氢站,建设费用约1000万元;建设与产氢能力相匹配的商用加氢站,建设费用约2074万元。项目总投资3074万元。根据中央财政补贴政策,对符合国家技术标准且日加氢能力不少于200 kg的新建燃料电池汽车加氢站,每站奖励400万元。

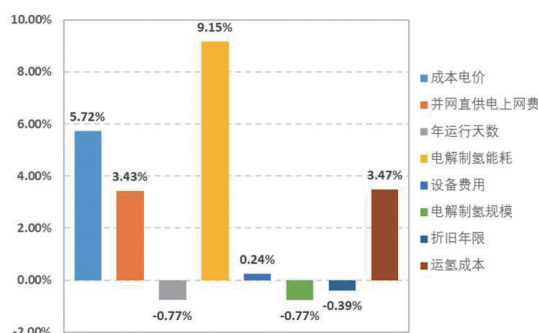


图3 加氢站的成本敏感性

如图3所示,电解水制氢项目和加氢站均属电价敏感性产业。按目前制氢和加氢站压缩储氢(压缩至35 MPa)能耗测算,耗电量约为2850万元/年,以目前商用加氢站44.79元/kg的售价计算,在电价为0.3元/kWh的用电成本下,投资静态回收期为6.26年。从敏感性分析,若电价达到0.51元/kWh,项目达到盈亏平衡点,不能盈利,测算汇总表如表2所示。

表2 制氢加氢站经济性测算汇总表

测算指标	数值					
总投资	3074					
收入/万元·年 ⁻¹	1427			1901		
电价/元·(kWh) ⁻¹	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
净利润/万元·年 ⁻¹	571	329	87	974	733	491
投资静态回收期/年	5.38	9.34	35.41	3.15	4.19	6.26
氢气售价/元·m ⁻³	3元/NM ³ (换算后为33.59元/kg)			4元/NM ³ (换算后为44.79元/kg)		
制氢能力/m ³ ·h ⁻¹	1000					
用氢量/m ³ ·年 ⁻¹	4750000					
耗电量/MWh·年 ⁻¹	28500					

4.3 氢能利用的综合能源收益

除前述氢能绿色交通的项目收益外,利用省内优势的可再生能源大规模电解水制氢项目还能衍生出一系列可再生能源源端综合利用收益。

电解水制氢负荷为优质的可调负荷,响应速度快,能够快速启停,对电网调峰能力适应性强,能够起到削峰填谷的作用。年制氢能力475万Nm³的制氢加氢站可以消纳可再生能源发电量28500 MWh。

电解水制氢、压缩氢气储能以及氢燃料电池放电过程均有大量热力释放,能够热力梯级利用,为园区工业用户提供热力供应。

氢燃料电池储能密度大、无噪音、污染、可移动,是优质的备用电源,敦煌市在文博会期间的重要场馆保电级别高,氢燃料电池能够作为柴油发电机的替代,在高可靠性用电场合获得保安电源收益。此外,在没有接入电网的偏远地区,电网基础设施建设的费用可能高于氢燃料电池发电的费用,所以成本可行^[7]。

制氢站产出氢气,作为高能燃料能够加注到城市天然气管网中,获取售气收益。

5 结束语

利用风光新能源电解水制取氢能是促进清洁能源替代的有效方式之一,可再生能源制氢在绿色交通、备用电源、热力供应、天然气管道气补充等方面有非常广阔的应用前景。甘肃有得天独厚的能源优势,对氢能的市场需求多样化,且建设条件较为成熟,推动氢能示范项目落地对甘肃而言意义非凡。但目前,氢燃料电池发展缓慢,氢能利用途径有限加之传统观念对氢气安全性的望而止步,氢能综合利用的环境还有待进一步培育。研究表明,氢能综合利用项目属于电价敏感性产业,需说服政府将其纳入大用户直购电政策适用范围,争取以较低的市场化交易电价获得较高的经济收益,在绿色示范的同时保证合理收益。

参考文献

- [1] 伊文婧,梁琦,裴庆冰.氢能促进我国能源系统清洁低碳转型的应用及进展[J].环境保护,2018,46(02):30-34.
- [2] 国家发展改革委,国家能源局.关于印发《能源技术革命创新行动计划(2016-2030年)》的通知[EB/OL].http://

www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201606/t20160601_806201.html.

- [3] 国际可再生能源机构.可再生能源发电制氢-能源转型的技术前景[R].2018.
- [4] 中国标准化研究院,全国氢能标准化技术委员会.中国氢能产业基础设施发展蓝皮书[M].北京:中国质检出版社,2016.
- [5] 酒泉市能源局.酒泉市“十三五”能源发展规划[EB/OL].https://max.book118.com/html/2018/1112/8027140142001132.shtm.
- [6] MARTEN LARSSON, FARZAD MOHSENI, et al. Energy system analysis of the implications of hydrogen fuel cell vehicles in the Swedish road transport system[J]. International Journal of hydrogen energy, 2015(40): 11722-11729.
- [7] 赵永志,蒙波,等.氢能源的利用现状分析[M].北京:化工进展,2015.

作者简介

刘永成(1993-),男,研究生学历,助理工程师,从事常规能源规划研究。

杨昌海(1982-),男,研究生学历,高级工程师,从事电网规划研究。

(责任编辑:张峰亮)

资讯

国家电网公司召开抵御雨雪冰冻灾害工作推进会

2019年12月11日,国家电网公司召开抵御雨雪冰冻灾害工作推进会,安排部署下阶段重点工作。

根据覆冰、舞动长期预测结果,今冬明春公司电网抵御雨雪冰冻灾害工作形势依然较严峻,各单位要坚决落扛起今冬明春抵御雨雪冰冻灾害工作责任,进一步增强危机感和紧迫感,扎实抓好各项措施落实,坚决杜绝重要输电通道断面丧失造成电网网架结构严重削弱,高铁、医院等重要用户停电和雨雪冰冻灾害引起的长时间大范围停电等事件发生。

会议要求各单位一是要深化隐患排查治理,强化巡视监测及异常冰情处置,加强覆冰舞动监测预警,确保冰害防治各项措施落实到位;二是要强化融冰装置管理,做好应急抢修准备和突发事件应急处置,确保雨雪冰冻灾害安全高效处置;三是要强化安全生产管理,做好防范大面积污闪、山火等隐患排查治理等设备运维保障工作,确保安全生产各项任务圆满收官。

来源:国家电网公司

光伏扶贫客户差异化服务的应用与实现

卢奕, 张建曙

(国网浙江省电力有限公司金华供电公司, 浙江 金华 321000)

摘要: 通过搭建一款光伏扶贫项目全寿命周期平台, 对扶贫客户在项目申请前、接入中、并网后, 提供“技术+服务”的差异化特色服务。有效利用平台内的光伏投资收益测算、光伏接入评级体系、光伏运维智能监测3大模块, 为贫困户测算年回报率, 选择最佳接入点, 提供专业化运维服务, 进而提升扶贫管理精益化水平, 减轻光伏扶贫户电费负担, 使其享受售电收入及发电补贴, 提高经济收益。

关键词: 光伏扶贫; 差异化服务; 全寿命周期; 精益化

中图分类号: TM615

光伏扶贫作为我国十大精准扶贫工程之一, 承载着保障农村地区电力供给, 改善贫困户生活水平的重要任务, 本文研究一款光伏扶贫项目全寿命周期平台, 可为光伏扶贫客户在项目申请前、接入中、并网后的全过程提供差异化技术支持和服务保障, 将经济效益最大化, 并网接入最优化, 后期运维智能化, 最终实现光伏扶贫管理精益化有效提升。

1 业务需求分析

1.1 投资模式多样化

在各地的扶贫项目中, 从投资主体到出资比例都存在较大差异, 而不同的投资模式下产权和收益分配方式也有所不同。根据投资主体可将投资模式归纳为3类: 一方出资(政府独自出资)、两方出资(政府+贫困户)、三方出资(政府+贫困户+其他)。由于贫困户大多存在资金不足、光伏理念落后的情况, 投资模式选择缺乏专业化指导等现象, 而收益分配方式的多样化也会直接决定光伏扶贫效果的可持续性。因此, 光伏扶贫农户往往易出现盲目投资、亏损投资等行为, 与提高贫困人口收入, 解决部分贫困地区的用电问题等精准扶贫目标相违背。

1.2 配网消纳欠稳定

近几年, 分布式光伏发电系统的集中并入对配电网的电能质量造成一定影响, 如: 电压偏差、三相不平衡、频率偏差、谐波畸变等。且扶贫项目多建设于偏远贫困地区, 其配电网的供电可靠性、电能质量也相对较差, 甚至出现了输电线路老化、电力基础硬件设施落后等情况, 直接导致扶贫农户难以选择一个电能质量最优的接入点, 甚至出现项目弃光、窝电、空置等限制上网的现象。

1.3 运维支撑较薄弱

根据国务院扶贫办在2019年4月1日公布的《关于村级光伏扶贫电站发电情况的通报》, 发电能力低于80%的占比19.8%, 低于70%的占比11.2%, 低于60%的占比6.1%。造成发电能力较低的主要原因是建设质量不合格、运维主体责任未落实、运维管理不到位。由于扶贫项目一般安装在偏远地段且较为分散, 难以实时监控, 不易集中管理, 缺乏维护团队。导致光伏发电能力低于预期、“零”发电量、后期运维不及时, 无法保障扶贫户应有收益。

2 光伏扶贫项目全寿命周期平台的构建

2.1 光伏投资收益测算模块

光伏投资收益测算模块可结合每位扶贫户用电情况、安装面积、日照时长、政策支持、资金渠道等多方因素, 分析不同投资模式的优缺点及其对应收益分配方式, 测算出在不同模式下未来25年的投资、效益, 如图1所示, 从而给予扶贫户一个最优投资选择, 具体操作如下:

首先, 供电部门帮助扶贫用户在模型中选择自发自用(自投资)、自发自用(合同能源管理)、全额上网(租赁)、全额上网(各主体分成)4种商业模式之一。进而在每一类商业模式下输入多个影响参数, 即: 销售电价、最新补贴政策、光伏全寿命周期成本、年有效利用小时数、项目工程收费、第三方分享效益(电价折扣、租金、收益分成)、用电负荷情况、自用比例, 经过模型测算输出不同的成本效益比值、年回收率、回收周期并生成未来25年投资收益走势图。进而为用户提供一类经济性最高的商业模式。



图1 光伏投资收益测算模拟图

2.2 光伏接入评级体系模块

光伏接入评级体系模块主要设置电压偏差指标、三相不平衡指标、频率偏差指标、谐波畸变指标。系统自动采集的配电网电能质量的电流、电压、频率、谐波畸变率等大数据，经公式计算，量化生成4大配电网评价指标。通过相似指标合并，相异指标赋权，最终，将评估结果按最终得分进行等级划分。分值不足60分为红色；分值在60分以上、不

足80分为橙色；总分在80分以上为绿色。评价结果为红色等级，表明该配电网部分评价指标超限、光伏无可接入容量等；评价结果为橙色等级，表明该配电网评价指标接近临界值或即将超限的趋势、光伏可接入容量剩余极少；评价结果为绿色等级，表明该配电网各项评价指标良好，光伏可接入容量充足。如表1所示。

表1 光伏接入配网质量评价表

评级得分	颜色	配网质量评价
≥80分	绿色	配电网各项评价指标良好,光伏可接入容量充足
>60分且<80分	橙色	配电网评价指标接近临界值或即将超限的趋势,光伏可接入容量剩余极少
≤60分	红色	配电网部分评价指标超限,光伏无可接入容量

通过配电网电能质量的评级结果，为扶贫农户成功筛选一个能保障电能消纳的最佳接入点，进而提升了电网公司对光伏扶贫项目接入电网后运行的管理水平。

2.3 光伏运维智能监测模块

光伏运维智能监测模块与用电信息采集系统对接，建立1套完整的数据库，按照理论发电量的百分比设置1个预警值。通过调取客户每月发电量信息，当发电能力低于预警值时或发电量为“零”时，自动识别，触发预警，及时以工单形式推送到运维人员的手机，如图2所示。运维人员根据现场实际情况，第一时间上门为扶贫农户提供现场运维服务，如设备故障排查、清洗光伏组件、清理遮荫草木、维修损坏设备等。通过数据跟踪监测扶贫项目的运行状况和资金发放情况，将扶贫户的发电损失降到最低，有效提升发电效益，为供电公司光伏扶贫的日常管理工作提供信息化支撑。

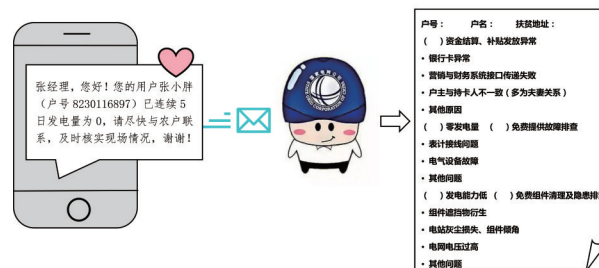


图2 工单推送至运维人员手机

3 光伏扶贫差异化服务流程

光伏扶贫差异化服务的应用和实现主要体现在技术支撑和差异化的服务策略。基于光伏投资收益测算模块、光伏接入评级体系模块、光伏运维智能监测模块3种载体,分别在扶贫项目申请前、接入中、并网后3个阶段实现光伏扶贫差异化服务。如图3所示。

3.1 光伏扶贫项目申请前

光伏扶贫项目在申请前,供电所专属客户经理实行“一对一”上门服务,利用光伏投资收益测算模块为每一位扶贫户现场演算项目的未来收益和回收年限,有效提高客户对光伏扶贫项目收益的感知度;同时,建立专属客户经理“我来跑”服务模式,针对光伏扶贫项目,实行电话预约,结合“网上国网”线上办电服务,精简申请资料、程序,实行免填单,让客户享受到便捷的电力优质服务。

3.2 光伏扶贫项目接入中

光伏扶贫项目在接入方案成稿前,专属客户经理利用光伏接入评级体系模块,测算预计接入点的配电网评级得分,从而判断出该区域是否适合光伏并网,接入后是否会影响配电网的电能质量。为扶贫户量身定制一个最佳并网点,有效规避项目并网后限制上网,导致弃光、窝电、空置等情况。同时,在项目接入、并网的全过程中,利用“网上国网”为客户提供项目建设的进度管理和信息查询,增强客户对项目进度的感知。

3.3 光伏扶贫项目并网后

光伏扶贫项目在成功并网投运后,通过构建一个光伏运维智能监测模块,对并网的扶贫用户实现实时、动态的发电数据监控。对发电能力较弱、零电量用户进行筛选,第一时间将项目信息、扶贫户地址等自动推送至运维人员,并进行组件免费清理、设备隐患排查、周期性现场维护;对结算资金、补贴款项的发放异常的用户进行预警,在当月及时排查是否为用户账户问题,或供电部门财管系统流程异常导致补贴发放失败。大大提高了运维效率和资金结算及时率,切实保障扶贫户的切身利益,为光伏扶贫项目全方位保驾护航。

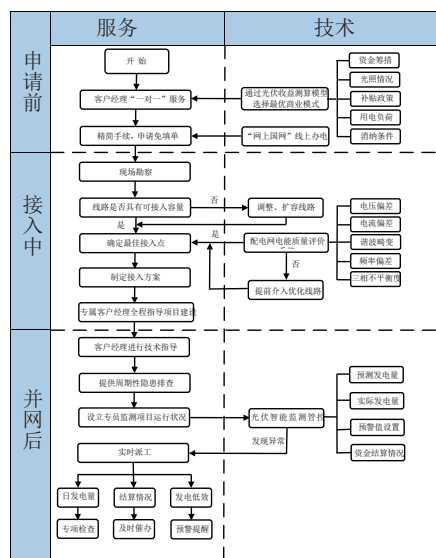


图3 光伏扶贫客户差异化服务流程图

4 结束语

为实现2020年绝对贫困人口消除的宏伟目标,我国通过产业扶贫增强贫困地区的内生动力。而光伏扶贫既可以解决部分贫困地区的用电问题,还可以助推新能源产业发展。依托投资收益测算、接入点配电网评级、周期性设备维护等手段,科学合理的对光伏扶贫客户进行差异化全过程管控。进而保障扶贫农户的应有收益,提高电网公司对光伏扶贫项目接入电网后运行的管理水平,最大化降低运营成本,保证资产安全。

参考文献

- [1] 郭建宇,白婷.产业扶贫的可持续性探讨[J].经济纵横,2018(7).
- [2] 王坤.光伏行业的现状及发展前景[J].现代经济信息,2015(2).
- [3] 张宏伟.分布式光伏发电投资建设运营模式研究[J].智能建筑与城市信息,2014,(1)
- [4] 曾鸣,田廓,李娜,等.分布式发电经济效益分析及其评估模型[J].电网技术,2010,34(8):129-133.
- [5] 侯志卫,陈洪雨,常生强,等.互联网+分布式光伏发电监控运维平台[J].电测与仪表,2016,53(S1):205-207.
- [6] 侯富兄.电站监控系统在光伏运维中的应用[J].甘肃冶金,2017,39(2):102-104.
- [7] 亢鲁毅.含分布式电源接入的系统电能质量分析研究[D].天津大学,2017.
- [8] 陈岳峰,徐恩,姜念.配电网综合评价指标体系构建与方法研究[J].山西电力,2017(2):14-17.

(责任编辑:袁航)

变电站开关柜温湿度在线监测 及自动灭火系统的应用

敬中宁, 逯军, 李权, 吴俊琳, 杜贵宝

(国网甘肃省陇南市供电公司, 甘肃 陇南 746000)

摘要: 现有变电站内高压开关柜多为铠装式开关柜, 开关柜封闭性较强, 柜内高压开关触头节点较多, 受接触不良等原因, 电气节点处容易发生过热现象, 严重时发生燃烧, 严重威胁着变电站的安全运行。需要一套智能在线监测变电站开关柜内温湿度的系统, 同时该系统还要具备在开关柜内发生明火时, 能够自动灭火的功能, 从预防到根除, 把安全隐患消灭在萌芽状态, 从实现开关柜内的触头温度监测作为出发点, 结合辅助性的自动灭火技术手段, 对变电站开关柜的安防工作进行深层次系统化的研究。通过对变电站开关柜整套测温管控系统的研发应用, 着重讲述了该系统对供电企业的安全管理要求。

关键词: 变电站开关柜; 温度监测; 自动灭火; 智能管理

中图分类号: TM591

变电站开关柜由于柜内设备的运维检修缺陷导致的温度过高而烧毁现象时有发生, 如何确保开关柜内电气设备的安全稳定运行, 减少安全隐患的发生率, 及时把这些安全隐患消灭在萌芽状态, 成为供电企业须解决的一大问题。因此, 有必要认真分析变电站安全管理维护工作中客观存在的安全隐患, 采取针对性的防范应对措施, 保障变电站开关柜内电气设备的安全稳定运行。

1 系统的研制

1.1 系统工作流程概述

系统的工作流程是: 系统采用分布式结构, 由无线温度传感器、测温黑匣子、温度集中接收器, 串口服务器、GPRS通信模块(手机短信报警)、自动灭火装置以及后台服务器几个主要部分组成, 本系统需要配套专网服务器, 且专网带宽将直接影响装机数量, 一般4 Mbit/s带宽专网可以同时管理40台GPRS通信模块, 如采用供电部门专用网络, 装机数量将不受影响。无线温度传感器直接安装在监测点上, 经数据处理后通过无线射频通信方式按照一定的周期将数据传送到测温黑匣子里的接收模块, 而测温黑匣子将接收到的温湿度数据通过无线射频的方式及时传输到温度集中接收器中进行处理, 温度集中接收器通过串口服务器连接到供电公司交换机上, 再通过交换机传输至服务器终端显示, 同时在服务器终端加装GPRS通信模块, 通过调取系统

管理平台数据库中的温湿度数据, 及时对越限的温湿度数据通过手机短信的方式发送到管理人员手机上进行报警。在开关柜的底端安全间隔处, 安装1台自动灭火装置, 当柜内温度超过越限值, 发生明火时, 装置热启动, 明火引燃装置的热敏线, 热敏线迅速启动固气转换装置, 装置内瞬间产生大量高压惰性气体, 致使灭火装置喷口密封口爆裂, 同时迅速驱动装置内的超细ABC干粉从喷射口持续向外喷射, 使空间内形成高浓度的干粉气溶胶, 迅速隔绝氧气, 达到灭火效果。同时监测中心软件系统将数据进行处理、显示、打印、存储、告警、Web发布等。当监测的温度超过预设的温度报警阈值时, 监测中心实现报警, 报警方式可采用声光报警和手机短信报警, 通知管理人员, 实现24 h不间断的温湿度在线监测。

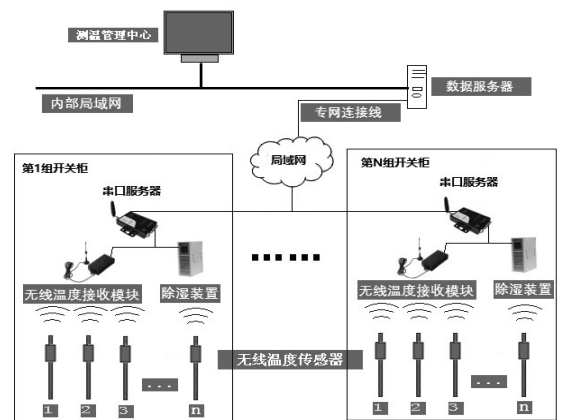


图1 温湿度在线监测及自动灭火系统

通过装置的工作流程图可以看出,整套测控系统通过对其组成模块运用人工智能技术,再利用泛在电力物联网技术的组合应用,使得变电站开关柜内温湿度在线监测及自动灭火系统达到完美的组合,变电站开关柜内温度的安全管控风险大大降低。

1.2 系统各组成部分概述

1.2.1 无线温度传感器主要技术指标

规格:表带与硅钢片长度可修剪,一般最长450 mm;局部尺寸:56.5 mm×40 mm×26 mm。

特点及参数如下。

射频标准:2.4 GHz或433 MHz频段,符合IEEE802.15.4标准。

耐高温(-40~+250℃)阻燃材料制作塑胶表带壳体,防水。壳内的热敏传感器与接点体紧密接触,能准确测量实时温度。

采用感应取电的方式在负荷为5~5000 A范围内感应电源取电。

温度测温范围-20~150℃。

测量精度:±1℃(-20~80℃),±2℃(-20~150℃)。

外壳防护等级IP65设计,柜内安装(户外安装供货前需特殊注明)。

1.2.2 测温黑匣子主要技术指标

射频标准:2.4 GHz或433 MHz频段,符合IEEE802.15.4标准;

可管理传感器数量:1~12点;

通信接口:隔离RS485工业总线接口;

通信协议:采用MODBUS-RTU规约协议;

工作电源:5 W,交直流85~265 VAC/DC;

工作温度:-20℃~+80℃;

储存温度:-40℃~+85℃;

安装方式:可固定安装在柜内端子排附近。

1.2.3 自动灭火装置主要技术指标

适用空间:1m³(5);喷射时间:<5 s;最大直径:90.4 mm;灭火时间:≤10 s;最大高度:91 mm;灭火剂量:0.06 kg;启动方式:热启动;装置有效期:3年;适用温度范围:-40~+90℃。

1.2.4 GPRS通信模块主要技术指标

无线传输通道:GPRS制式;

服务器网络要求:专网固定IP地址;

本地通讯接口:隔离RS485工业总线接口;

本地通信协议:采用MODBUS-RTU规约协议;

功耗:发射时峰值7.5 W;

GSM/GPRS通信参数:四频850/900 MHz和1800/1900 MHz;

支持的软件和协议:TCP/IP,UDP;

工作温度:-20~+80℃;

储存温度:-40~+85℃;

安装方式:可固定安装在柜内易取电处。

1.2.5 监测中心软件设计

监测系统软件人机界面友好,数据可以曲线、报表等方式直观显示。采用多级别、全方位报警阈值设置,可分为黄色、橙色和红色报警设置,当温度越限或者温度升高过快时发出报警并推出告警界面。报警方式支持声光报警,也可手机App终端发送短信报警方式,实现24 h在线监测。

监测中心软件具有周曲线、月曲线、年曲线功能,便于根据历史数据分析发现设备的异常升温。支持数据分析、统计和报表打印输出。

2 系统的安装应用环境

为保障本方案顺利实施和有效运行,在设备的安装现场(即变电站开关柜内)须满足以下条件:

一是提供交流220 V,有效功率80 W的工作电源,用于维持设备正常运行使用;

二是具有通信模块的天线引出空位或空间,已达到最理想的数据传输信号。

3 结束语

通过对变电站开关柜内的触头进行全程温度监测并越限报警,实现了对变电站电气设备的安全防范管理工作,管理人员能够在第一时间准确地了解掌握发生安全隐患的变电站开关柜的具体信息,及时前往进行处理。同时在柜内发生明火时,智能化的自动灭火装置及时将火情扑灭在萌芽状态,防止火情的蔓延,防止了安全事故的扩大化。系统的应用有力地保障了现阶段无人值守变电站的安全管理工作。

(责任编辑:刘艳玲)

浅谈县域架空线路馈线自动化建设

马付彪, 李俊, 符建强, 姚广

(国网甘肃省陇南市供电公司, 甘肃 陇南 746000)

摘要: 针对国网西部某县供电公司配网现状, 分析网架结构及存在的问题, 并结合该县公司配网接线方式、设备现状、负荷水平和供电区域的供电可靠性要求, 选择经济适用的配电自动化建设方案, 提高该县公司配网运行状态管控能力, 提升供电可靠性和优质服务水平。

关键词: 县域; 架空线路; 馈线自动化建设

中图分类号: TM726

配电网是坚强智能电网的重要组成部分, 是直接连接广大电力客户的社会公共服务平台, 是电网企业履行社会责任、树立品牌形象的重要窗口, 确保配电网安全可靠供电、促进新时代经济社会协调发展、为构建和谐社会做出贡献, 是供电企业义不容辞的责任。

配电自动化以一次网架和设备为基础, 以配电自动化系统为核心, 综合利用多种通信方式, 实现对配电系统的监测与控制, 并通过与相关应用系统的信息集成, 实现配电系统的科学管理。

架空线路保护馈线自动化 (FA) 是针对县域配电网架空线路较多的现状, 提出的适合县域配网的配电自动化方案。能快速准确定位架空线路故障区域, 组织快速抢修, 隔离故障区域, 恢复非故障区域供电, 实现配网运行工况可视、可控。

国家电网公司2017年下发了《国网运检部关于做好“十三五”配电自动化建设应用工作的通知》, 明确了目标任务, 要求2018年配电自动化主站系统覆盖所有地市, 城农网10 kV配电线路自动化覆盖率整体达到65%。2020年前, 按照线路关键点覆盖的原则, 实现城农网10 kV配电线路自动化覆盖率90%以上。

本文针对某县公司配网现状, 结合接线方式、设备现状和供电区域的供电可靠性要求。制定实施计划, 加快推进系统建设, 提高配网运行状态管控能力, 提升配网供电可靠性和优质服务水平。

1 基本现状

某县公司属于C、D类供电区域, 现有10 kV线路42条, 线路总长度1232.83 km, 其中架空线路1230.15 km, 电缆线路2.68 km。架空线路绝缘化率

为8.58%, 电缆化率为0.21%; 线路总装接容量201169 kVA。区域内共有分段开关40个, 联络开关4个, 平均分段数1.07段/条, 平均供电半径18.57 km; 有联络开关的线路条数为8条, 线路联络率19%; 其中多联络线路占比0%, 单联络线路占比19%, 单辐射状接线占比81%。

目前实施配电自动化线路4条, 装设“一遥”故障指示器终端49个, 自动化覆盖率仅为10%, 主站使用厂家提供的外网主站。从目前的应用情况来看, 故障判定正确率达到98%, 能有限减少运维人员故障查找时间, 提升抢修效率, 减低抢修人员安全风险。

2 目前配网存在的主要问题

将网架结构转化为表格如表1所示。

从表格对比, 可以看出, 存在如下问题:

一是电源支撑点少, 单条线路供电长度长, 供电半径大, 供电能力、供电质量、供电可靠性差, 运维压力大。

二是线路平均分段少, 联络率低, 互供能力差。一旦发生故障停电, 停电影响面积大, 不能及时转供负荷, 恢复供电时间长。

三是装备水平低。线路绝缘化率只有9%, 抵御自然灾害能力差, 遭遇大风、暴雨等恶劣天气, 发生大面积停电故障较多, 抢修量大。

四是配电自动化处于起步阶段, 应用率低, 需要投入更多资金进行建设实施。

亟须通过配电自动化建设, 优化网架结构, 提高互供能力, 提升装备水平, 提高配网运行状况管控水平, 减少故障查找时间, 及时恢复供电, 减轻运维压力, 提升本质安全。

表1 某县供电公司网架结构统计表

序号	计划年限	馈线数量	“三遥”开关	“二遥”开关	“二遥”故障指示器	“三遥”开关覆盖率/%	“二遥”故障指示器覆盖率/%
2	2018年	45	6	20	276	13	70
3	2019年	50	10	40	316	32	100
4	2020年	56	40	80	72	100	100
总计		151	56	140	664		

3 馈线自动化建设方案

优化架空线路网络结构，加装联络开关，提高联络率和互供水平，合理加装分段开关，减少故障停电面积。优先实施“二遥”故障指示器终端的全覆盖。依据“充分利旧”的原则，对架空线路主干线第一分段和联络开关，逐步改造为“三遥”开关。其余分段和大分支配置为“二遥”开关，逐步实现配网运行工况可观、可测，实现配网开关可远方遥控、故障可远方研判，实现故障区域快速隔离、非故障区域快速复电。在2018年底实现架空线路“二遥”有效覆盖率达70%以上，2019年底实现架空线路“二遥”覆盖率覆盖率100%。2020年“三遥”覆盖率100%。

3.1 技术原则

一次设备：架空线路主干线路第一分段配置具备接地告警功能的“新型”（基准电流突变、 $3U_0$ 变化、零序电流电压越限等判据的“一二次成套”）“三遥”成套终端；其余分段、大支路T接点配置不具备接地告警功能的普通“二遥”终端；联络开关配置具有双侧TV的“三遥”终端，以满足馈线线损管理要求。主干线路长度小于2 km的架空主干线路不设置带保护的分段断路器，主干线路长度2~8 km宜设置一个带保护的分段断路器，8~15 km宜设置两个带保护的分段断路器，15 km以上宜设置3个带保护的分段断路器；分支线T接点装设断路器并配置保护及重合闸（变电站出线2 km以内T接的重要支线长度超过2 km时，保护配置参照主干线进行保护配置）。其余开关保护解除。

主站：采用国网公司主站模式3，配电主站一四区均在省公司统一部署，地区公司仅部署工作站。

终端：实现保护级差型馈线自动化功能，通过遥控或现场操作及时恢复非故障区域供电。通过配电自动化终端，实现远方定值的召唤、查询、展示、

修改，实现定值远方投退。具有短路故障处理、接地故障处理、重合闸、故障录波、计量、遥信、遥测、遥控、历史数据记录与循环存储等功能。

通信：采用无线通信，配电终端内置无线通信设备。采取专线VPN访问控制、认证加密等安全措施。

3.2 改造方案

计划首先完成“二遥”故障指示器的覆盖，快速定位故障，指导故障抢修工作，缩短故障抢修时间。逐步覆盖“三遥”开关，实现快速隔离故障和恢复供电。

3.3 预期效果

一是改善网架结构、提高供电能力。

对比	开关/台	平均分段数	联络率/%	N-1比例	三遥覆盖率/%
改造前	40	2	19	10%	0
改造后	126	3.5	80	50%	100

二是缩短故障查找时间缩短至45 min以内，平均故障恢复时间缩短至2 h内，提升优质服务水平。

三是瞬时故障自动重合，接地故障及时发现。

四是减轻运维人员抢修压力，减低运维成本。通过“一二次成套”新型“三遥”开关就地研判自动隔离功能试用，减少配网调度进行故障范围分析、隔离故障点恢复正常供电设备时间，减少供电所一线人员劳动强度，运维成本同比降低30%左右，大大降低运维人员作业安全风险。

4 结束语

通过新型架空线路馈线自动化建设，能进一步优化县供电公司配网网络架构，提高供电能力，实现故障区域快速隔离、非故障区域快速复电，降低故障停电影响范围，缩短故障查找时间，减少运维人员工作量，降低人身安全风险，有效提高配网供电可靠性和电压合格率等指标，提升供电服务质量。

（责任编辑：刘艳玲）

复合储能提升扶贫光伏 并网友好性的分析

刘永成, 杨昌海

(国网省电力公司甘肃经济技术研究院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 文章基于甘肃省光伏扶贫的现状, 分析了光伏发电项目并网时面临的诸多挑战, 提出通过配置复合储能来解决光伏扶贫项目并网难的问题。介绍了超级电容器和蓄电池组的性能特点和互补特性以及接入电网的形式, 从调频调压、削峰填谷、降低成本、抑制振荡等方面分析了复合储能对光伏扶贫项目并网的作用。

关键词: 复合储能; 光伏; 扶贫; 并网

中图分类号: TM651

1 甘肃省光伏扶贫概况

2009年国内首个光伏并网发电特许权示范项目在甘肃敦煌建设, 装机容量10 MW, 是甘肃发展光伏产业的一个开端。甘肃省被列为国家首批光伏扶贫试点省, 国家能源局下达了《2015年光伏发电建设实施方案的通知》^[1], 安排甘肃省光伏电站指标50 MW。经研究确定在通渭县、清水县等12个不同类型的贫困县开展光伏扶贫试点工作。其中通渭、清水等10个县规模指标为20 MW, 临洮、瓜州2个县规模指标为250 MW; 另外试点县按照每县200户、每户装机3 kW、每户投资2.4万元的规模和标准, 为建档立卡贫困户建设户用光伏发电装置。通渭、清水两县均采用“农光互补一体化”建设模式, 通渭县20 MW光伏扶贫项目已于2016年6月并网发电。

根据“十三五”规划, 到2020年甘肃光伏发电装机容量达990 MW。按照总体规划, 甘肃省将利用5年时间, 在全省58个集中连片特殊困难地区扶贫开发工作重点县实施光伏扶贫工程, 逐步解决6220个建档立卡贫困村129万无劳动力、无资源、无稳定收入来源的贫困户的基本生活收入来源问题。

2 光伏并网面临的挑战

随着甘肃省分布式光伏接入配电网中的容量快速增长, 传统电网正面临着新的挑战。大规模分布式光伏的并网, 给配电网的潮流、电压、保护、电能质量、规划设计以及可靠性等带来诸多不利的影

2.1 分布式电源和电压偏差

分布式电源接入配电网会导致其有功和无功功

率的大小和方向的变化, 电压的分布情况也会不一样^[2]。分布式电源加入后, 配电网就变成了一个多电源网络, 对于每一个节点来说可能有多个电源经过, 电压和潮流大小和方向将会是多变的, 所以节点受到叠加的潮流有可能与原来的方向相反。当线路节点上的潮流减少且与分布式电源输出潮流叠加后, 节点潮流比原来的大, 此负荷节点处的电压将会升高, 分布式电源就会对各节点的电压造成偏差, 如图1所示。

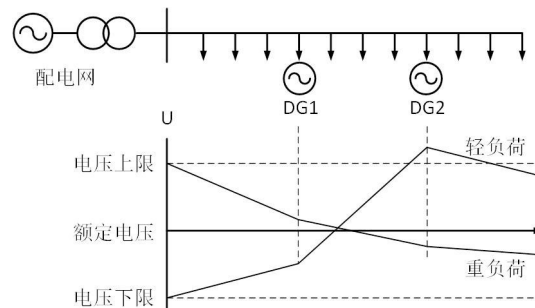


图1 分布式电源并网对电压偏差的影响

2.2 电压波动和闪变

分布式电源的输出功率波动比较大, 因为分布式电源一般为风电、光伏发电等自然能, 其发电系统输入的能源波动较大, 所以分布式电源接入配电网后将会引起电压波动与闪变。

分布式电源一般接入电压等级较低的电网, 因为它的短路容量相对较小, 所以在配电网功率波动后将会产生较大的影响。分布式电源与电网负荷的运行不匹配时, 有可能会使系统的电压波动更严重。当分布式电源变成孤岛运行时, 若储能能量太小, 会比较容易导致电压波动等电能质量问题。

2.3 电力谐波

分布式电源中比如光伏发电、燃料电池和储能系统等输出的电能为直流，当它们要接入交流电网时，它就需要经过电力电子装置后再与配电网连接，而此类装置在变换直交流的这个过程中，会引起电流、电压波形发生畸变，会给系统带来大量谐波。

2.4 电压偏差

因为配电网中80%以上的故障是瞬间的，所以传统的线路上，常规装设过流三段保护，一般不装设方向继电器。但分布式电源接入后，接入位置的不同也会影响各节点电流的大小甚至方向，当线路上发生故障时，各节点电流大小和方向的改变，会造成过流三段保护产生不准确的动作，影响电力系统的可靠性和安全性。

引起保护拒动。由于分布式电源的存在使流过保护的故障电流降低，使相应保护因达不到动作值而不能启动。

引起保护误动。分布式电源接入后，有可能因相邻馈线的故障，而在正常的馈线中产生电流使其跳闸而失去电源。

由于熔断器和传统的自动重合闸没有方向性，分布式电源的接入需要大量改动原配电网系统保护装置，需要大量投资。

分布式电源可能增加配电网故障电流，故障电流的改变提高了对于开关设备的要求，因此投资也需要增加。在配电网应用混合储能是一种可选的解决策略，不仅能够有效平抑分布式扶贫光伏发电波动和控制电压，而且可减少高比例和高功率密度分布式光伏接入带来的电网改造成本和限电损失。

3 复合储能简介

通过配置储能装置，光伏发电输送到电网的电能由实际光伏发电功率变为光储联合输出功率。调节储能的输出功率，可改变光伏发电输送到电网的电能，平滑系统输出功率，提高并网光伏系统的可调度性。单一类型的储能技术难以实现电网对储能技术的要求，将具备差异特点的单种储能集成复合储能成为新的研究方向^[3]。

3.1 超级电容器简介

超级电容器是一种新型储能装置，组成结构和

储能原理与传统储能装置区别较大，其性能介于传统蓄电池和传统静电电容器之间，按照储能机理的不同，可以分为以下三种：双电层电容器、法拉第赝电容器和混合型超级电容器^[4]。由于价格便宜、性能稳定、易于生产的优点，目前市场开发和使用的以双电层型超级电容器为主。图2为一个双电层超级电容器的结构图。

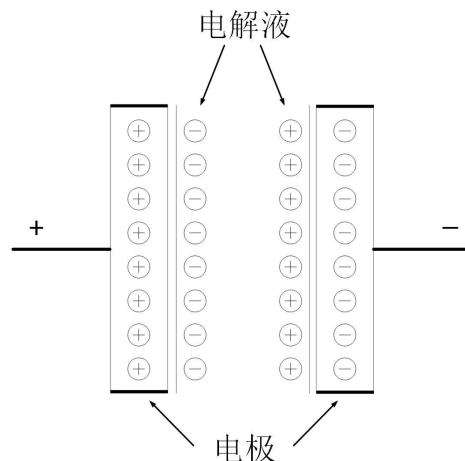


图2 双电层超级电容器结构图

作为新兴能量储存器件，超级电容器与蓄电池及普通电解电容器相比，具有明显的优点，由表1可知，超级电容器兼具蓄电池能量密度大和普通电容器功率密度大的优点，充放电速度快，充放电效率高，循环寿命长，高低温性能好。此外，超级电容器的材料几乎没有毒性，环境友好，而且在使用中无需维护^[5]。

表1 超级电容器、铅酸蓄电池、电解电容器的比较

性能	超级电容器	铅酸蓄电池	电解电容器
循环寿命/次	>500,000	1000~2000	>106
充放电效率	90%~95%	70%~90%	≈1
充电时间	秒级	数小时	$10^{-6} \sim 10^{-3}$ s
温度范围	-40~70 ℃	室温	-40~105 ℃
能量密度/ $\text{Wh} \cdot (\text{kg})^{-1}$	5~10	25~45	<0.2
功率密度/ $\text{Wh} \cdot (\text{kg})^{-1}$	2~10	0.1~0.5	10~1000

3.2 蓄电池和超级电容器复合储能

如表2所示，从蓄电池和超级电容器的特点来看，两者在技术性能上有很强的互补性^[6]。超级电

容器功率密度大,充放电效率高,循环寿命长,非常适应于大功率充放电和循环充放电的场合,但能量密度相对偏低,还不适宜于大规模的电力储能;而蓄电池能量密度大,但功率密度小,充放电效率低,循环寿命短,对充放电过程敏感,大功率充放电和频繁充放电的适应性不强,充放电过程中会受到参与电化学反应的离子扩散速度的限制,因而充放电速率慢。

表2 储能设备性能

储能元件	能量密度/ Wh·kg ⁻¹	功率密度/ W·kg ⁻¹	响应时间	使用寿命/年
铅酸蓄电池	20~100	50~200	1 min~3 h	8
超级电容器	1~10	7000~18000	1 s~1 min	30

将超级电容器与蓄电池结合构成复合电源,能大幅提高电力储能装置的性能,增强储能系统的功率能力,降低蓄电池内部损耗,延长放电时间,增加使用寿命,还可以缩小储能装置的体积,改善经济性能。

在农村配电网应用超级电容器和铅酸蓄电池复合储能是一种可选的解决策略,不仅能够有效平抑分布式扶贫光伏发电波动和控制电压,而且可减少高比例和高功率密度分布式光伏接入带来的电网改造成本和限电损失;复合储能应用于分布式光伏发电系统,具有较大的技术经济优势,是解决目前电力储能难题的有效手段之一,复合储能结构如图3所示。

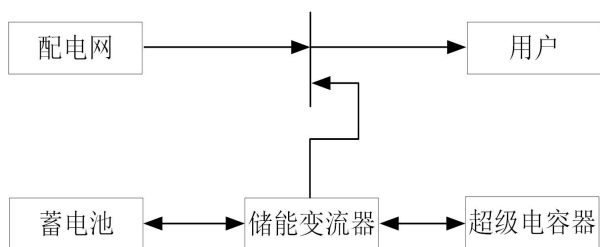


图3 复合储能结构图

3.3 复合储能系统接入电网形式

多类型储能常以蓄电池和超级电容器这两种典型的能量型和功率型器件进行研究。由蓄电池和超级电容组成的混合储能系统接入电网的形式多种多样,主要可分为交流侧并联和直流侧并联两种^[7]。

3.3.1 交流侧并联

蓄电池和超级电容器分别通过DC/AC变流器与电网交流母线相连接。蓄电池的DC/AC变流器和超级电容器的DC/AC变流器可以独立配置,以满足各自的功率需求,也可以相互配合,实现对能量的优化分配。适应于MW级及以上的大容量储能系统,具有直接并联扩容的优点;但使用两个DC/AC变流器的成本较高、损耗大,在对网侧变流器设计方面涉及耦合因素多、控制较复杂。

3.3.2 直流侧并联

蓄电池和超级电容器共用一个DC/AC变流器与电网相连接,通过控制直流母线电压实现对功率的调节,控制方法较为简单,但为满足超级电容器的功率需求,必须增大DC/AC变流器的功率,可分为无源并联结构和有源并联结构。

无源并联结构分为两种,直接并联和通过电感并联。有源并联指的是通过双向DC/DC变换器并联,变换器控制方式灵活多变,能够解决无源并联存在的输入输出不可控问题,发挥出两种储能装置的性能优势。

4 复合储能对光伏并网的影响

分布式光伏大量接入电网将会导致配电网产生双向潮流,可能带来电压控制问题和线路过载问题。随着分布式光伏渗透率增大,反向功率的发生也更加频繁。图4展示了德国某区域大量安装光伏发电设备后变电站的电力输送情况,由图可知,反向功率可能比变压器或者线路的容量还高。

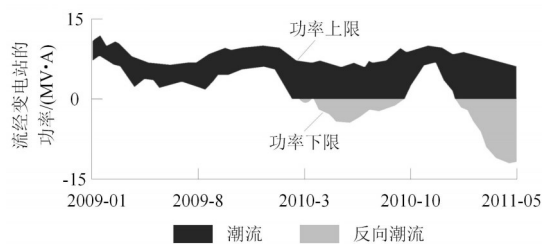


图4 某变电站接入分布式光伏后的反向潮流

复合储能技术对提高光伏扶贫电站并网的友好性作用包括以下四个方面。

4.1 削峰填谷,保障电网安全稳定运行

峰谷差逐年增大已成为电网运行中最突出的问题之一,混合储能系统通过削峰填谷,可以改善部

分火发电机组的运行条件,使其从压荷运行变为稳定出力运行,降低火电厂的运行费用和发电成本,减少运行事故。

我国电网中绝大部分的调峰只能依靠常规火电厂来承担,频繁调峰使单位煤耗增加,给电网安全、稳定运行带来隐患,储能系统的削峰填谷作用,可大大降低系统峰谷差,提高系统供电可靠性,减小拉闸限电次数和时间,同时优化系统火电、核电机组的运行,使这些机组能基本上保持在高效率区稳定运行。

4.2 调频和调压,改善电能质量

电网选择的调频机组必须具有快速反应能力,及时调整出力适应负荷瞬时变化。普通大型火电机组每分钟的增荷速度仅为额定出力的1%~2%,远不能满足系统负荷剧烈变化时爬坡的要求。混合储能系统具有启停迅速、运行灵活可靠,且能大范围调整其出力,具有非常好的负荷跟踪控制性能,可对电力系统负荷的瞬间及短时间变化迅速做出反应,提高电网频率合格率,保持电网的频率稳定。

随着电网容量的扩大,对无功容量的要求也逐渐增加。储能系统可以在充电/放电的任何时候吸收或者发出无功,从而调节系统无功^[8],提高系统的电压稳定性,改善电网的电能质量,同时可以减少电网的无功投资以及降低网损。

4.3 降低供用电成本

储能系统的大规模应用可以提高发电厂的经济效益的同时,相同发电量的情况下还可促进其增效减排,符合国家的能源政策。对于电网企业和终端的用电用户,储能系统可以通过负荷低谷时储电,负荷高峰时放电,从峰谷电价差中优化资源配置,获得经济效益。

4.4 抑制系统低频振荡

在传统的电力系统中任何微小扰动都会导致机组间的振荡,而储能技术只要储能装置功率足够大而且响应速度足够快,就可以实现任何情况下系统功率的完全平衡^[9]。由于这种电力系统稳定控制方法不必和发电机的励磁系统共同作用,因此,可以方便地应用于系统中最有效的抑制振荡的部位。同时,由于这种控制装置可直接作用于导致系统振荡的源头,对不平衡功率进行“精确”的补偿,可以

较少甚至不考虑系统运行状态变化对控制器控制效果的影响,因此,装置的参数整定比较容易,控制器对于系统运行状态变化的鲁棒性也非常好。

5 结束语

当前光伏扶贫任务艰巨,储能可有效应对光伏项目大规模并网困难的问题,本文的研究表明超级电容器和蓄电池组成的复合储能效果更佳。

复合储能系统在电网峰荷时提供电力,减少系统峰谷差,将系统价值低、富余的低谷电能转换为价值高、必需的高峰电能。该系统启停迅速,具有削峰填谷、调频及快速跟踪、备用、无功调节等辅助服务功能,运行灵活、可靠,在保证电网安全、稳定运行中发挥着重要作用,是电网重要的保安电源,同时具有节能与环保等显著的社会经济效益。

建议在光伏扶贫项目并网前配置一定容量的复合储能,储能的配置规模及其经济性能评价将另文分析。

参考文献

- [1] 国家能源局. 国家能源局关于下达2015年光伏发电建设实施方案的通知[EB/OL]. <http://guangfu.bjx.com.cn/news/201503-18/598946.shtml>.
- [2] 郭春菊. 分布式电源接入对配电网运行的影响[D]. 上海交通大学, 2013.
- [3] 谢笑寒. 微电网复合储能容量优化配置与控制技术研究[D]. 山东大学, 2016.
- [4] 曲群婷. 高性能混合型超级电容器的研究[D]. 复旦大学, 2010.
- [5] 马建业. 混合储能技术在变电站直流系统中的应用研究[D]. 华北电力大学(河北), 2009.
- [6] 段灵杰. 基于混合储能的组合电源控制策略研究[D]. 东南大学, 2016.
- [7] 潘聪, 王春明, 刘松, 等. 分布式电网中混合储能系统的接入型式探讨[J]. 船电技术, 2014, 34(06): 46-49+53.
- [8] 新型储能在电力系统中的发展远景[EB/OL]. http://www.360doc.com/content/17/0501/07/32147637_649970657.shtml.
- [9] 华光辉, 赫卫国, 赵大伟. 储能技术在坚强智能电网建设中的作用[J]. 供用电, 2010, 27(04): 22-25+29.

作者简介

刘永成(1993-),男,研究生学历,助理工程师,从事常规能源规划研究。

杨昌海(1982-),男,研究生学历,高级工程师,从事电网规划研究。

(责任编辑:张峰亮)

甘肃农业排灌负荷新能源供电

徐慧慧, 陈兆雁, 田云飞, 余泳, 程紫运, 张海生

(国网甘肃省电力公司经济技术研究院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 农业灌溉在甘肃省具有举足轻重的地位, 较低的农业灌溉电价与单位售电成本价格倒挂。由于省内消纳市场空间不足、系统调峰能力有限、外送能力不畅等因素使得新能源出力受限, 甘肃成为全国弃风弃光最为严重的地区之一, 文章提出农灌负荷由新能源供电的方法, 并通过对典型地区农灌负荷新能源供电能力分析、经济效益测算验证了该方法的可行性, 对缓解电力公司农业排灌售电成本亏损、地区弃风弃光问题、及地区经济发展具有重要参考价值。

关键词: 农业灌溉; 电价; 新能源; 消纳

中图分类号: TM651

甘肃省地处我国西北内陆, 地域狭长, 自然条件严酷, 水资源匮乏, 气候干旱少雨且多风, 灌溉农业在全省具有举足轻重的地位^[1]。目前, 全省农灌负荷约 600~800 MW, 农业灌溉用电量维持在 3600 GWh 以上。同时, 甘肃省农灌电价较低, 与售电成本价格形成倒挂。

截至 2017 年底, 甘肃电网电源装机容量 49949.3 MW, 其中, 水电装机 8678.0 MW, 占比 17.37%; 火电 20592.7 MW, 占比 41.23%; 风电 12821.3 MW, 占比 25.67%; 太阳能 7857.2 MW, 占比 15.73%。其中, 新能源装机 20678.5 MW, 占总装机的 41.40%^[2-3]。由于省内消纳市场空间不足、系统调峰能力有限、外送能力不畅等因素使得新能源出力受限, 甘肃成为全国弃风弃光最为严重的地区之一, 被国家能源局列入风电红色预警区域。同时按照国家“十三五”能源、电力规划目标要求, 2020 年全省弃风弃光率须控制在 5% 以内。

因此, 考虑将全省弃风弃光电量用于电价较低的农灌用电, 是一种促进新能源就地消纳和降低电力公司农业排灌售电成本亏损、缓解经营压力等问题的行之有效的方法。

1 甘肃农灌用电的发展及影响

1.1 农灌用电量的分布及发展

甘肃省农业灌溉主要分布在嘉酒、金昌、武威、兰州、白银、定西等地, 全省农业灌溉负荷分为春灌和冬灌, 春灌一般发生在全年的 4—8 月中, 冬灌一般发生在全年的 9—11 月, 负荷大小受天气变化

影响波动较大, 历年 7 月份全省各地区农业排灌负荷达到最大, 约 600~800 MW。

甘肃气候干旱少雨多风, 农作物种植结构单一, 且以高耗水的粮食作物为主。夏秋作物、经济作物比例不协调, 导致用水高峰期集中, 同时, 反季节蔬菜大棚的快速增长及农田复耕面积的增加, 使得全省农灌用电量逐步增大。同时, 随着农村经济的快速发展和国家政策的引导, 农民主动调整种植结构, 扩大了优势经济作物种植面积和套种面积, 减少了退耕还林还草的面积, 从而增加了各灌区的灌溉轮次和亩用水量, 进一步促进农灌用电量增加。

随着水利工程、灌地面积的不断增加以及对农业灌溉电价扶持, 全省农业排灌用电速度不断增长, 至 2005 年达到 4500 GWh 的高峰。2006 年针对地下水抽用过度、地下水位下降导致植被枯死、土地沙化等问题, 甘肃省在对深井灌溉采取限制措施的基础上, 对农业提灌用电采取了超基数加价政策, 来遏制农灌用电大幅增长的势头, 目前全省农灌用电稳定在 3600 GWh/年左右, 具体如图 1、图 2 所示。

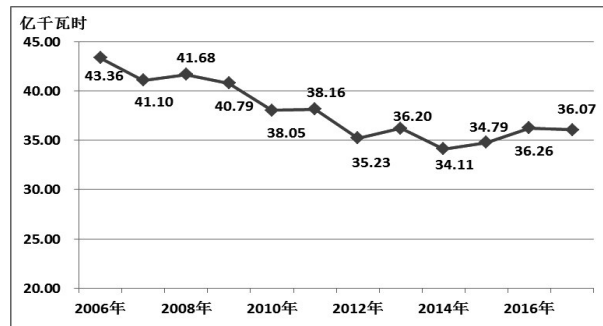


图 1 全省历年农业排灌电量情况

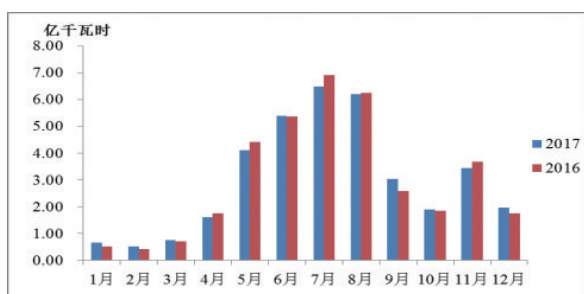


图2 农业排灌逐月电量情况

1.2 农灌电价的影响

甘肃省现行的农业排灌电价政策“以工补农”，偏重照顾国家的公共政策目标和农民的实际利益，一定程度上制约了工业经济的竞争力，加重了其他行业特别是大工业企业的成本。2007年以来，有关部门对农灌电价也进行了小幅调整，并出台了超基数加价政策。

2007年4月，省物价局下发《关于进一步完善全省农业排灌电价管理的通知》（甘价电力〔2007〕114号），要求对所有农灌电力客户全面执行农灌超基数电价，按月结算超基数电费，每年12月底在营销系统自动进行全年总结算，多退少补。

2007年7月，甘肃省电力公司下发《关于农业排灌用电有关问题的通知》（甘电司营销〔2007〕383号），规定省内直供去农业排灌基数电量以2005年基数为准。从2007年1月1日起，地下水超基数农业排灌电价在执行各扬程基数内电价基础上加价0.07元/kWh，地表水超基数农业灌溉电价在现行各扬程基数内电价的基础上加价0.02元/kWh，超基数售农业排灌电价在上述基础上折扣20%执行。

2017年，甘肃发展和改革委员会下发《关于合理调整电价结构有关事项的通知》（甘发改价管〔2017〕636号）文，对甘肃省电网销售电价进行了调整，农业排灌电价具体如表1所示。甘肃省电价体系分为居民生活、非居民照明、一般工商业、大工业和农业等5大类，其中农业灌溉电价最低。目前，农业排灌电价最低0.0905元/kWh（300 m以上高扬程提灌用电价），最高的也不过0.2325元/kWh，导致农业提灌用电价格与单位售电成本价格倒挂。以2017年实际情况为例，公司购电均价0.23185元/kWh，全省农灌售电均价0.20966元/kWh，2017年公司农灌售电量达3650 GWh，农业排灌电量形成的直接价差给

公司带来一定经营压力。

表1 甘肃省电网销售电价

用电分类	电压等级或扬程	电价(平段)/元·(kWh) ⁻¹		
一、居民生活用电	<1 kV	0.51		
	≥1 kV	0.5		
二、一般工商业用电	<1 kV	0.7688		
	1—10 kV	0.7588		
	≥35 kV	0.7488		
三、大工业用电	1—10 kV	0.4632		
	35 kV	0.4532		
	110 kV	0.4432		
	220 kV	0.4342		
四、农业生产用电	<1 kV	0.4489		
	1—10 kV	0.4389		
	≥35 kV	0.4289		
其中	贫困县农业排灌用电	<1 kV	0.2325	
		1—10 kV	0.2275	
		≥35 kV	0.2225	
	其中高扬程提灌	地下水提灌	101 m及以上	0.1905
			101—200 m	0.1205
		地表水提灌	201—300 m	0.1105
			300 m以上	0.0905

2 典型地区农灌负荷新能源供电能力分析

2.1 地区农灌负荷现状及发展

武威、白银作为农业大市，农业灌溉负荷约占全省农灌负荷的40%，农灌电量约占全省农灌电量的60%。武威、白银地区新能源资源丰富，武威新能源装机占比74%，白银新能源装机占比18%。

武威农业生产完全依赖于灌溉，农业灌溉负荷小而密集，在武威市辖区域及三县一区均有分布，大部分以0.4 kV电压等级接入系统，少数以10 kV和35 kV电压等级接入系统。近年来，武威农业排灌最大负荷为102.5 MW，排灌电量最大为494 GWh。2017年受耕地减少和政府的相关政策影响，农灌负荷有所下降。2018—2020年，地区无新增农业排灌负荷。武威近年农灌负荷、电量情况如图3所示，典型农灌变电站日负荷特性如图4所示。

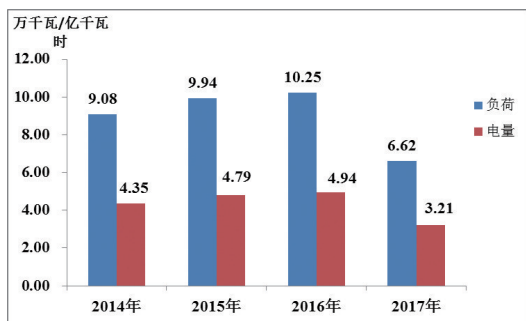


图3 武威近年农灌最大负荷、电量情况

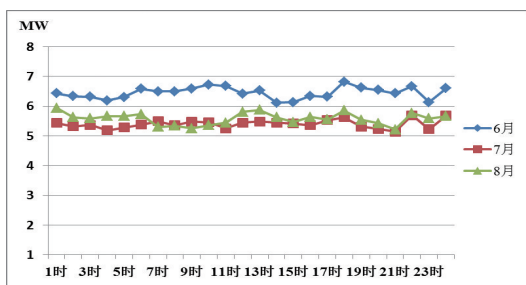


图4 武威地区典型农灌变电站日负荷特性

武威市所供负荷主要由工农业生产、居民用电负荷组成，其中工业负荷及农灌负荷比重较大。电网最大负荷出现在11月，最小负荷出现在2月。5、6、7、8月为夏季农灌期，最大负荷出现在7月。11、12月份为冬季农灌及取暖负荷期，最大负荷出现在11月份。武威电网年负荷曲线、典型日负荷曲线分别如图5、图6所示。

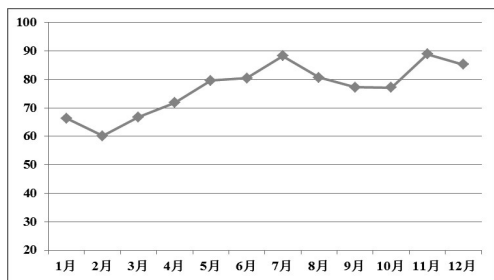


图5 武威电网年负荷曲线

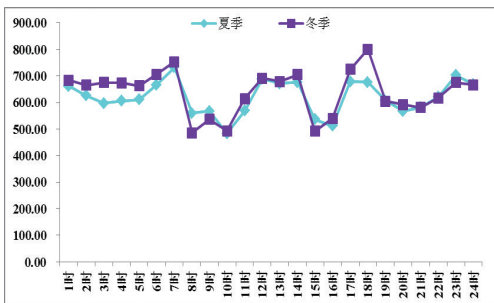


图6 武威电网典型日负荷曲线

2.2 农灌负荷新能源供电能力分析

预计到2020年，武威地区电源总装机容量3784.3 MW，其中火电808.5 MW，水电257.8 MW，风电1348 MW，光伏1370 MW。

武威地区农业排灌负荷电力平衡计算结果如表2所示。通过电力平衡计算，风电大出力和平均出力情况下，武威新能源白天、夜间均可满足地区农业排灌负荷的供电需求。风电小出力情况下，夜间有一定的缺额，农业排灌负荷若全部由新能源供电，可利用周边金昌地区新能源满足供电需求。

表2 电力平衡计算 MW

项目	2020年					
	风电大出力		风电平均出力		风电小出力	
	白天	夜间	白天	夜间	白天	夜间
一、供电负荷	104	104	104	104	104	104
二、用电负荷	102	102	102	102	102	102
三、农灌负荷	102	102	102	102	102	102
四、新能源出力	1945	849	1365	269	1163	67
1. 风电	849	849	269	269	67	67
2. 光伏	1096	0	1096	0	1096	0
五、电力盈余	1840	744	1261	165	1058	-37

武威地区农业排灌负荷电量平衡计算结果如表3所示。通过电量平衡计算可知，若考虑农灌用电全部由新能源供电，电量盈余3850 GWh，地区新能源可满足农灌用电需求。只考虑用地区弃风、弃光电量用于农业排灌的情况下，电量盈余571 GWh，地区弃电量可满足农灌用电需求。

表3 电力平衡计算 GWh

项目	2020年(考虑新能源可发电量)	2020年(只考虑弃风弃光电量)
一、农灌用电量	494	494
二、弃电量	4344	1065
1. 风电	2426	685
2. 光伏	1918	380
三、电量盈余	3850	571

3 农灌负荷新能源供电效益分析

3.1 经济效益测算

2017年，全省弃风电量9180 GWh，弃光电量

1820 GWh, 造成极大的能源浪费, 全省农业排灌电量约3600 GWh/年, 弃风弃光电量可满足全省农业排灌负荷用电。

目前, 甘肃火电上网电价为0.3078元/kWh, 新能源购电价为0.3078元/kWh, 公司购电均价0.23185元/kWh。当弃风弃光电量购电价低于购电均价时, 建议农灌负荷电量采用弃风弃光电量供电。此时, 农灌用电的售电成本降低范围可用以下公式表示:

$$C_r = (P_a(t) - P_{ac}(t)) Q_{Al}(t)$$

式中: P_a 为购电均价; P_{ac} 为弃风弃光电量购电价, 取值范围为 $0 \sim P_a(t)$; Q_{Al} 为农灌电量。

全省农业排灌电量约3600 GWh/年, 若全部使用弃风弃光电量供电, 公司售电成本最大可节约8.35亿元。

3.2 实现多赢

新能源电厂的收益主要由发电收益和政府补贴两部分组成, 其中新能源补贴主要取决于新能源发电上网电价以及燃煤标杆上网电价。利用新能源弃风弃光电量对全省农业排灌负荷进行清洁供电, 增加了新能源保障电量以外的发电量, 提高了新能源企业收益, 缓解新能源企业经营压力。

全省农灌负荷年均用电量约3600 GWh/年, 若是采用相关新能源供电交易机制, 充分利用全省弃风弃光电量, 一是可降低公司农灌售电均价与省公司购电价倒挂价差, 缓解公司农业排灌售电亏损压力; 二是进一步降低公司弃风弃光电量, 缓解弃风弃光问题, 促进2020年弃风弃光率达到5%以下目标的实现。

充分利用地区优势能源资源, 促进全省新能源消纳, 有利于地区能源产业的合理开发利用和优化配置, 推动地区经济发展, 助力打赢脱贫攻坚战和全面小康社会的建设。进一步推进循环经济、生态文明的建设, 实现能源与环境协调发展, 具有良好的社会效益和环境效益。

3.3 农灌负荷新能源供电交易建议

根据山西省经济和信息化委员会关于印发《2017年山西省电力直接交易工作方案》的通知, 将引黄提水工程列入重点交易模式。建议甘肃电力公司参照山西经验, 提请政府出台有关农灌参与电

力直接交易政策。

建议通过交易平台, 采用一定的市场化交易机制, 将省内新能源发电企业的弃风弃光电量以一定合理的价格采购, 用于远低于公司购电均价的农业排灌负荷用电, 实现优势能源资源充分利用。

4 结束语

随着新能源大规模开发, 甘肃成为全国弃风弃光最为严重的地区之一, 同时低电价的农业排灌用电给电力公司带来一定经营压力。本文提出“农业排灌采用新能源供电”的方法, 将省内弃风弃光电量用于农业排灌用电量, 实现新能源就地消纳、缓解公司经营压力、解决弃风弃光等方面多赢, 这种方法为地区经济发展提供了重要参考。

参考文献

- [1] 张宏伟. 甘肃省农业排灌电价改革的探讨[M]. 中国电力, 2011.
- [2] 国网甘肃省电力公司经济技术研究院. 西北电力设计院, 甘肃省“十三五”风电消纳能力研究[M]. 2015.
- [3] 国网甘肃省电力公司经济技术研究院, 国网甘肃省电力公司“十三五”电网发展滚动规划[M]. 2017.

(责任编辑:张峰亮)

资讯

世界首条碳纤维复合导线特高压工程正式带负荷运行

2019年12月10日, 锡盟—山东1000 kV特高压交流输变电工程配套工程——大唐锡林浩特电厂1000 kV送出线路正式并网投运, 这是世界上首条全线路应用碳纤维复合导线的特高压工程。

大唐锡林浩特电厂1000 kV送出工程起于大唐锡林浩特电厂, 止于1000 kV特高压胜利站, 线路全长14.6 km, 线路全部采用我国自主研发的碳纤维复合芯导线。与传统的钢芯导线相比, 碳纤维复合材料芯导线具有芯线强度高、导体导电率高、质量轻、温度弧垂特性好、耐高温、耐腐蚀等优点。作为该工程的重要配套设施, 大唐锡林浩特电厂至1000 kV特高压胜利站送出线路并网投运, 新增装机容量1320 MW, 不仅缓解了华北地区用电紧张状况, 还将改善华北地区特高压交流网架结构, 确保电能安全可靠输出。

来源:新华社, 国网蒙东电力

泛在电力物联网下配电 微型智能断路器技术及应用

刘林山

(吉林电子信息职业技术学院, 吉林 吉林 132021)

摘要: 文章分析了几种国内外微型智能断路器技术现状, 针对技术发展的微型化、智能化和物联网化难点, 尤其是物联网技术带来微型断路器电气性能参数实时监测优势, 提出利用边缘计算、自动识别、自主决策升级功能的思路, 并以断路器物联网化设计方案说明泛在电力物联网下应用。

关键词: 泛在电力物联网; 配电网; 微型智能断路器; 安全运行; 物联网化设计

中图分类号: TM651

2019年, 国家电网有限公司正式提出建设“坚强智能电网”和“泛在电力物联网”, 到2024年全面建成泛在电力物联网。对配电网而言, 提升信息化与自动化水平, 实现安全运行的实时感知与精细化控制成为升级泛在电力物联网的当务之急。断路器属于配电终端电器保护装置, 在配电网中具有重要作用。作为配电网的底层设备, 断路器的微型化、智能化、物联网化使得传统配电自动化四遥功能得到进一步革新, 相应地对网络结构、操作频繁性、故障率等的应用问题也提出了更高的要求。

1 泛在电力物联网下微型智能断路器现状

微型断路器常指额定电流160 A或者以下的塑壳断路器, 泛在电力物联网下, 在开展微型断路器设计、选择和应用时, 需引入智能化控制、引入物联网技术和引入微型化结构设计。其中, 智能化是利用智能控制器和人工智能技术调控断路器设备信号, 使断路器更好地保护短路电流过大引起的负载故障问题, 同时提高了断路器的综合性能。例如某公司C65系列等先进微型断路器技术; 微型化是指在满足高分断能力, 大幅度实现产品的小型化。某公司根据微型断路器高限流性能的结构特点以及小体积结构布局提出了设计新思路推出CM5X-125微型化塑料外壳式断路器。融入物联网技术的微型智能断路器主要优势在于利用物联网技术对断路器的参数进行实时监视, 例如: 检测电压、电流、触头和开关位置, 检测触头的绝缘水平超限报警, 监测断路器本身的参数预计电气特性参数。例如某公司开发的第三代智慧小微断路器和智能远程控制物联

网配电箱, 某公司“机械双创+电子双重保护”, 某公司开发的第4代断路器技术S3系列智慧式微型断路器。

2 微型智能断路器的物联网技术融合

从技术角度来看, 推进智能电网建设要求底层设备融合物联网技术。引入物联网技术包括内置式一体化物联网和外置式一体化物联网两种方案。物联网技术能够实现边缘计算、自动识别和自主决策等功能。

2.1 边缘计算

边缘计算技术使得物联网设备能够处理在“边缘”形成的数据, 这里的“边缘”是指位于设备内部或者距设备近得多的地方。泛在电力物联网中在靠近物或数据源头的网络边缘侧, 边缘计算与云计算互相协同, 就近提供智能互联服务。微型智能断路器属于现场数据源, 云计算已经不足以即时处理和分析由物联网设备即将生成的数据, 边缘计算能够发挥重要作用。实现边缘计算的关键技术为智能芯片, 可选的芯片有某公司的EdgeTPU芯片、中科院计算机所设计的“寒武纪”芯片, 将促进微型智能断路器的全息感知和智能化。

2.2 自动识别

自动识别技术是在一定程度上防止微型智能断路器产生触头故障、绝缘事故等问题。能够及时地排查出潜在的故障并能够自动报警, 减少由于断路器故障而导致的重大经济损失。泛在电力物联网是指人与设备之间的信息互联和交互, 实现信息传感与通信信息资源的共享, 形成具有自我标识、感知

和智能处理的物理实体^[1]。微型智能断路器属于这种具有感知的实体，断路器之间的协同与互动，使得有关设备之间相互感知。断路器的全息感知、泛在连接、开放共享须采用无线微型智能传感器，在需要进行在线监测断路器触头位置、温度安装温度传感器、位置传感器检测触头温度变化和位置情况。利用自动识别技术，微型智能断路器能够实现参数检测、故障信息记录、状态巡检全方位一体化。

2.3 自主决策

自主决策是人工智能技术在泛在电力物联网的应用，关键技术是为配电网提供安全技术保障。一方面，通过采用规格的低压配电综合无线传感器节点在线监测电压、电流、温度、湿度等，设定一个正常阈值，若检测的值达到预警值，就发出报警信息，报告报警位置，自动启动自诊断技术，在当前推进人工智能规划战略的时机，利用深度学习等自主决策算法修复报警位置故障；另一方面，如若断路器自身修复功能不能完全达到，需要在维修人员手机 App 研制微型智能断路器物联网远程控制平台，该平台实现三个功能：第一个功能是查询断路器联网运行状态，第二个功能是提示断路器故障引起事故的重要原因以及为避免事故的发生所采取的措施，第三个功能是实现人机交互、用户身份认证、断路器控制、数据管理与后台系统进行通信等功能。利用该平台实现人机交互解决断路器故障问题。

3 微型智能断路器物联网技术选择

在实施泛在电力物联网建设过程中，配电终端电器保护装置传统微型断路器融合物联网需选择本身结构、联网方式、运维和管理等。

3.1 触头分断能力

触头是断路器的关键部分，其分断能力决定电力系统保护功能，例如某公司 C65 系列型号的分断能力为 6000 A，额定电流为 20 A；S2 系列微型断路器是某公司限流型产品，适用于住宅及一般工业用途的终端配电线路的过电流及短路保护，具有防触电保护功能；某公司 SSM 系列电磁式漏电保护装置在我国建筑和工业领域得到广泛应用，为用户安全用电提供了可靠的保障。某公司设计的银触点触头，达到 6000 A 分断能力，微型智能断路器触点结构和

检测都是要重点考虑的，在选用微型断路器时，应先计算在该电路中的最大预期短路电流，再选择微型断路器。

3.2 温度检测方式选择

触点温度检测是泛在电力物联网应用的重要组成部分，触点温度检测主要包括热红外、色片、无线测温^[2]。选择采用无线温度传感器实现，当触头发热时会被智能传感器感知，并将检测到的温升值通过物联网传输方式传输到后台处理系统进行显示、处理、告警等。

3.3 物联网接入方式

当前，微型智能断路器接入物联网方式包含有线和无线方式。某公司的全系列 CW3 断路器配置了内置式 Wi-Fi 通信模块和外置式 Wi-Fi 模块实现物联网接入方案^[3]。某公司的智能远程控制物联网配电箱具有安全、智能的优点，利用手机 App 控制的配电箱，选择无线物联网方案。

3.4 物联网下的数据流

微型智能断路器产生的数据源利用物联网组网方式上传到云服务器，数据分析、运维服务皆在云服务器上完成，一旦断路器有故障发生，云管理平台的服务器进行调整和优化完成返回控制断路器，断路器物联网数据流形成了数据闭环，数据闭环能提供两种服务：一种是管理和接收断路器数据并存储，保证其完整和处理准确；另一种是升级“四遥”功能，实现对断路器在自身故障诊断不能完成时的远程控制，即对配电管理的依据和断路器远程运维支持。

3.5 信息安全技术

接入物联网，微型智能断路器数据的安全问题是至关重要的，研发新型的适合的信息安全技术，一是保障数据可靠、快速传输到云服务器，二是防止数据泄露、抵御黑客攻击。实现泛在物联网信息互联、数据处理是需要突破的难点。

4 微型智能断路器物联网设计方案

某校园为实施智慧校园建设，计划将校园建筑物电气断路器升级为物联网远程监控方式。建议方案如下。

首先，明确微型断路器本身的分流能力，按

GB14048.2的标准来选用微型断路器，应安装在供专业人员操作的箱柜中，如各楼层的照明总配电箱。市场上使用较普遍的断路器额定电流从1 A到63 A不等，在选用微型断路器时，应该先计算在该电路中的最大预期短路电流，再选择微型断路器。

其次，基于物联网技术的智能配电网框架中包括感知层、传输层和应用层^[4]。感知层有由智能传感器、新型MEMS传感器组成的终端实现对关键的电量信号和非电量信号进行采集。传输层的通讯模块选择，按照无线或有线联网模式选择特西电气的Wi-Fi通讯模块；嵌入10/100 Mbit/s以太网，支持802.11b、802.11g、802.11n，支持WEP、WPA/WPA2和GPRS模块；S3-T30通信模块提供19大安全智能保障。在故障监测过程中，固定sink节点和移动sink节点通过ZigBee无线协议组织网络完成数据闭环巡查采集和管理控制工作。在应用层实现对微型智能断路器的电气指标实时检测与记录并进行研究判断是否安全的自诊断功能，可采用特西电气的智能远程控制物联网配电箱，具有集合漏电、过流、短路、过压、过温、打火、防雷保护功能，智能化的故障诊断显示和手机App智能管理平台。

5 结束语

泛在电力物联网下断路器的微型化、智能化和融合物联网是新需求。考虑结构设计、电气性能参数检测、物联网组网技术、人工智能技术，接入物联网技术的微型断路器能够具有边缘计算、自动识别和自主决策功能。在智慧校园建设应用中，以新型智慧断路器等物联设备为基础，构建智能配网框架，包括新型MEMS传感器终端、手机App和自主诊断应用层的设计，能够实现监测微型智能断路器的电气指标实际运行情况，对故障断开点能够精准定位、即时信息处理及推送并能够快速处理故障等，提升了配电网的智能化和可靠性。

参考文献

- [1] 杨东升, 王道浩, 周博文, 等. 泛在电力物联网的关键技术与应用前景[J]. 发电技术, 2019(02): 107-114.
- [2] 杨伟炳, 徐怡恺, 杨银赞. 智能配电网中智能中压开关柜关键技术研究[J]. 农村电气化, 2019(03): 66-68.
- [3] 陈培国, 管瑞良, 陈平. 新一代智能化断路器与物联网技术的融合[J]. 电器与能效管理技术, 2018(21): 10-13.
- [4] 宋艳, 王笑棠, 卢武, 等. 基于物联网技术的智能终端感知技术现状分析[J]. 电器与能效管理技术, 2018(21): 53-59.

(责任编辑:张峰亮)

资讯

2019年中国能源研究会年会在京召开

2019年12月4日,2019中国能源研究会年会在北京国际会议中心拉开帷幕。本次年会以“中国能源高效发展——能源合理增量及结构优化”为主题,围绕促进我国能源结构优化和效率提升,加快形成能源节约型社会,构建清洁低碳、安全高效的能源体系等议题展开集中研讨。能源领域的两院院士、权威专家和政府有关部门领导,能源研究会会员、能源企业和科研院所的参会代表近900人共襄盛会。

中国能源研究会理事长吴新雄为年会致开幕词,国家能源局总工程师向海平、中国科协学会服务中心主任申金升出席开幕式并致辞。大会开幕式由中国能源研究会常务副理事长史玉波主持。

这次研究会举办以“中国能源高效发展”为主题的年会,进一步围绕中心、服务大局,为政



府领导、专家学者和企业代表搭建平台,深入研究,积极探讨,交流经验,集思广益,更好为推进能源治理体系和治理能力建设,推动“十四五”能源高效发展、高质量发展贡献智慧和力量。结合中国能源研究会的实际,推动能源高效发展,要把握重点、抓准关键,围绕重点课题开展好专题研究和交流研讨。

本次年会还举行了颁奖仪式,包括中国能源研究会能源创新奖颁奖、能源优秀科普作品颁奖以及能源科普教育基地授牌。

来源:中国能源研究会

农村微电网并网对配电网的影响

李海平

(国网北京市电力公司, 北京 西城 100032)

在我国农村地区建立微电网, 作为能源互联网的有益补充, 具有重要意义。一方面, 我国农村地域辽阔, 具有丰富的可再生能源, 为微电网的建立提供了有利的条件; 另一方面, 在农村配电网中引入微电网不仅可以解决偏远地区远距离输电的弊端, 还可以通过应用泛在电力物联网的技术实现协同控制, 提高供电的可靠性、连续性、经济性。

1 农村微电网并网对配电网运行的影响

农村地区供电分散, 一类负荷较少, 因此大多数配电网由单辐射线路构成, 与城市配电网相比, 存在着网架薄弱、供电半径较长、线损较大、安全可靠较低等不足之处^[1]。同时, 由于我国农村地域差异显著, 各地能源分布和经济发展的情况有很大不同, 生活习惯与住宅类型也有较大区别, 因此微电网必然呈现出多样性, 其并网将会改变配电网潮流的方向, 对农村电网带来深刻的影响。

1.1 对配电网稳定性的影响

微电网既能从配电网中吸收功率, 也能向配电网输送功率, 从而改变了配电网中功率传递的单向性, 将会影响配电网中电压和功角的稳定。

当微电网从配电网中吸收功率时, 可将微电网看作一个可控的集中负荷, 此时对配电网稳定性的影响可以忽略; 当微电网向配电网输送功率时, 随着微电网渗透率的不同, 对配电网电压和功角稳定的影响程度也会不同。微电网的高渗透率将会对配电网的稳定性产生不利的影 响, 渗透率的大小主要取决于农村配电网的传输限制、微电源的容量、微电网并网的结构和位置、农村地区微电网的建设标准以及国家的能源政策等。

1.2 对配电网电压的影响

1.2.1 对稳态电压分布的影响

农村配电网在稳态运行的情况下, 电压沿线路的潮流方向逐渐降低。微电网并网后, 线路上传输的功率将由微电网与配电网功率交换的情况而定,

各节点的电压也会随之升高或者降低。

当微电网从配电网中吸收功率时, 将加剧节点功率的下降; 当微电网向配电网输送功率时, 将减小线路的传输功率, 对各节点电压提供支持。电压升降程度与微电网的并网位置和微电网与配电网之间交换功率的大小有关, 微电网集中并入同一节点, 对电压的影响程度要弱于分布在多个节点上; 不改变微电网的并网位置, 总交换功率越大, 对节点电压的影响程度就越深。

1.2.2 对系统电压波动的影响

农村配电网中有功、无功负荷随时间的变化会引起系统电压的波动, 并且沿线路末端方向, 电压的波动越来越大。当微电网并网后, 由于风、光等微电源受天气影响很大, 如果不加储能和控制环节, 将会加剧系统电压的波动; 反之, 如果利用相应的储能和控制系统使得微电网与负荷协调运行, 即当负荷变化时, 微电网与配电网的交换功率也相应变化, 则可以抑制系统电压的波动。

1.3 对配电网电能质量的影响

微电网是建立在电力电子技术基础之上的, 因此微电网并入农村配电网后可能会引起各种扰动, 从而将影响配电网的电能质量。

1.3.1 对电压闪变的影响

农村地区微电网的并网会受到用户需求、国家政策等因素的影响, 微电网并网时间的不确定性将引起配电网的电压闪变。

微电网与配电网之间功率的交换情况与微电源的出力、负荷的需求、微电网采用的控制策略有关, 如果交换功率的大小和流向发生突变, 将引起配电网的电压闪变。

微电网与负荷的不协调运行以及电压反馈控制设备的相互作用, 也会导致电压闪变。

1.3.2 对电压暂降的影响

农村配电网发生短路故障时, 微电网的并网可能会改变整个电网电压暂降的情况, 当微电网向配

电网输送功率时，输送功率越大，阻止电压暂降的效果越好，但是随着注入功率的不断增加，将导致部分节点的电压超出额定电压；当微电网从配电网中吸收功率时，则会加深配电网的电压暂降。

1.3.3 对谐波的影响

微电网中含有大量的电力电子装置，这些装置担负着能量传递、负荷投切等重要功能，其开关的频繁开断将引起电压、电流的波形发生畸变，微电网并网后将造成配电网的谐波污染。当微电网位置固定时，微电网输出功率与节点负荷之比越大，电压谐波畸变越严重；当微电网输出功率一定时，其并网位置越接近配电线路的末端，线路各负荷节点的电压、电流谐波畸变越严重。

1.4 对配电网可靠性的影响

农村配电网可靠性相对城市配电网较低，而微电网的引入将大大改善这一现状。一方面，微电网与负荷协调运行，一定程度上减小了配电线路的输送功率，增加了输电的裕度；另一方面，当配电网发生严重故障时，微电网可以脱离配电网孤岛运行，以减小停电面积和停电时间，提高配电网供电的可靠性。当然，微电网并网位置不恰当、微电网与配电网协调控制不当致使继电器误动作、微电网与配电网交换功率波动过大时，将会降低配电网的供电可靠性。

1.5 对配电网继电保护的影响

由于农村配电网大多是单辐射型网络，支路上仅装有熔断器，所以整个网络的保护不具有方向性。当微电网并网之后，辐射型的网络将变成遍布微电源和负荷的互连网络。由于大量配电网故障是瞬时性故障，此时微电网不需要转化为孤岛运行，于是将改变配电网故障电流的大小、方向和持续时间；此外，微电网的内部故障也会影响配电网的继电保护，主要将产生以下新情况。

网络互联要求保护设备应具有方向性，否则会出现拒动或者误动，甚至导致相邻无故障线路的跳闸。

微电网并网后故障电流的大小将发生变化，各处继电器的整定值应根据实际情况重新设定。

考虑微电网与配电网的协调保护，采用大量方向型继电器元件替代农村配电线路中的熔断器，需

要评估其经济性。

1.6 对配电网线路损耗的影响

当微电网从配电网中吸收功率时，此时微电网相当于负荷，配电线路传输总功率将增大，线损也将增大。当微电网向配电网输送功率时，此时微电网相当于电源，其安装位置越靠近负荷降损效果越明显，安装位置确定后，若输送功率小于配电网节点负荷，此时增加输送功率，配电线路传输功率减小，线损减小；若输送功率大于配电网节点负荷，此时增加输送功率，微电网将向远方节点输送功率，降损效果不明显，甚至会出现线损增大的情况。

1.7 对配电网运行的其它影响

微电网并网还会对配电网的系统频率、线路潮流、故障电流、绝缘水平、并网变压器、电力市场、控制策略等方面产生影响^[2]。

2 农村微电网并网对配电网规划的影响

微电网的并网将增大农村配电网的复杂性和不确定性，这就要求在传统的配电网规划方法的基础上做出相应的调整和改变。总的来说，微电网并网对配电网规划的影响主要体现在以下两个方面。

微电网并网数量、位置的不确定性和受气候条件影响微电源输出电能的随机性增加了规划区内电力负荷预测的难度。

微电网并网将增加配电网的节点数，同时考虑大量微电网并网对配电网运行的多种影响以及微电网向上级电网倒送功率的情形，将增强规划目标函数的高维数、非线性和随机性，如何合理地确定变电站的容量和位置、配电网的网架结构，建立含有微电网的农村配电网规划模型成为迫切需要解决的问题。

参考文献

- [1] 国家电网公司农电工作部组编. 农网发展重点应用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [2] Mozina C J. Impact of smart grid and green power generation on distribution systems[J]. IEEE Innovative Smart Grid Technologies, 2012:1-13.

作者简介

李海平(1988—),男,工程师,硕士,主要研究方向为配电网和可再生能源发电技术。

(责任编辑:张峰亮)

超高压输电线路架设 跨越高速公路施工技术

黄小浪

(国网湖北送变电工程有限公司, 湖北 武汉 430061)

摘要: 针对超高压输电线路架设状况, 对跨越高速公路施工技术的使用状况进行分析, 总结当前施工中存在的
影响因素, 旨在通过问题的分析构建针对性的解决方案, 以提升超高压输电线路架设跨越高速公路施工的整体
质量, 推动行业的稳步发展。

关键词: 超高压; 输电线路; 高速公路; 施工

中图分类号: TM727.1

在当前社会经济运行及发展中, 高速公路的建设充分满足当前交通行业的运行及发展需求。对于新建的输电线路架线施工中, 跨越高速公路作为施工中的重点、难点, 在施工中经常会面临一定的问题, 若这些问题不能得到针对性的解决, 会影响高速公路输电线路施工的稳定性和安全性。因此, 在当前高速公路施工中, 应该将超高压输电线路架设作为重点, 通过跨越高速公路施工技术的综合性分析, 进行施工方案的完善, 提高工程施工管理者的综合素养, 以提升输电线路施工的整体质量, 满足工程项目的建设及发展需求。

1 超高压输电线路架设跨越高速公路施工的相关内容

1.1 超高压输电线路架设特点

通过对超高压输电线路架设工程的施工状况的分析, 其特点体现在以下几个方面: 第一, 在输配电设备使用中, 无论是电力电容、避雷器还是电力变压器等, 都需应该选择能耗较低的设备, 以有效降低输电线路的资源损耗。第二, 在线路杆塔搭设施工中, 通过双回路鼓型塔以及干字形耐张设备的使用, 可以有效降低工程项目的成本, 满足跨越高速公路施工技术的使用需求。第三, 线路以及架空地线选择中, 架空地线应该选择综合性的技术方案, 以改善电力线对通信线的影响, 全面提升分期架线方法使用的科学性^[1]。

1.2 超高压输电线路架设跨越高速公路施工的必要性

在超高压输电线路架设中, 通过跨越高速公路施工技术的综合运用, 可以有效保证工程项目的施工

安全, 缩短周期, 推动当前高速公路产业的稳步运行。由于超高压输电线路架设跨越高速公路施工可以提高作业进度, 降低跨越施工成本, 充分保证跨越环境的安全性, 增强施工的整体价值, 以推动当前高速公路产业的经济化、稳步化发展。

2 超高压输电线路架设跨越高速公路施工技术

2.1 施工准备工作

在超高压输电线路架设跨越高速公路施工中, 为了提高工程施工的准确性, 准备工作应该明确以下内容: 第一, 应该配备经验丰富、具有专业性的施工队伍, 施工之前需要对施工图以及施工环境进行仔细研究, 以保证施工工作按照预定的方案进行施工。施工人员组织中, 应该选择经验丰富、专业技术较强的小组成员, 要求施工人员按照跨越方案提供参考依据, 为之后的施工做好准备。第二, 在准备工作中, 也应该设置跨越所需的材料及配件, 跨越施工方案执行之前, 应该针对高速公路的特点, 进行平截面的测绘, 并准确的计算跨越点交叉角、跨越高度等, 之后制定科学化的执行方案, 为之后的施工提供科学化的参考方案。第三, 在准备方案完成之后, 应该向有关部门申请施工手续, 以实现各项施工工序的稳步进行。第四, 针对跨越施工的基本状况, 总结施工中面临的风险问题, 并对潜在的风险进行预测及分析, 之后执行应急方案, 保证各项施工方案的科学执行^[2]。

2.2 明确施工技术

2.2.1 跨越架搭设施工

在该项目施工中, 施工人员需要在跨越架施工

中确定对高速公路与线路的交叉点，并对中心点进行准确测量，以实现跨越位置勾画的科学性。而且，在跨越架主体是施工中，立柱之间的距离应该保持在1.5 m的位置，主要是为了在最大限度上保持跨越架的稳定性。跨越架搭设中，也需要在跨越架的上部进行加固处理，并使用双杆加护的方法，以提升跨越架搭设的整体质量。

2.2.2 跨越施工参数计算

通过对跨越高速公路施工现状的分析，在跨越施工参数计算中，须准确计算跨越架的长度，当跨越线路以及被跨越物之间没有垂直交叉现象，需要确定跨越架的宽度(L)，一般情况下，跨越架的宽度L的计算方法如公式(1)所示。

$$L = \frac{e + 4}{\sin\beta} \quad (1)$$

式中：e为施工线路两边的距离；β为跨越线路以及被跨越线路之间所形成的角度。应该注意的是，在计算中，应该科学计算跨越架所承受的载荷状态，提升跨越施工参数计算的合理性^[3]。

2.2.3 展放导地线

结合跨越高速公路施工的特点，在输电线路架设中，应该将展放导地线工程施工作为核心，针对输电线路架设的状况，进行工程张力放线的处理，使导线一直处于架空的状态。而且，在施工中，也需要进行拉力的牵引，牵引中通过绳子的作用，保证高速公路的正常运行，避免线路脱落在高速公路上，保证车辆在高速公路上的稳定运行。

2.2.4 紧线及摘除跨越架

通过对跨越架工程施工状况的分析，在跨越架拆除中，应该在保证建筑工程施工质量的同时，进行拆除顺序以及拆除方案的明确，以保证各个部门之间的相互配合，实现跨越架拆除工作的快速、有效及安全性运行，为超高压输电线路架设跨越高速公路施工工序的完善提供参考^[4]。

2.3 确定安全施工方案

针对超高压输电线路架设跨越高速公路施工状况，总结安全施工的重要性，旨在通过安全措施完善，进行输电线路架设方案的完善，以保证输电线路工程施工的稳定性，为高速公路输电工程施工工序的稳步进行提供支持。通常状况下，在超高压

输电线路架设跨越高速公路安全施工中应该做到：第一，输电线路架设跨越高速公路施工中，安全系数的确定是较为明确的，为了保证整个工程施工程序的稳步进行，应该按照工程项目的施工流程，进行施工项目的安全性确定，以保证施工的安全。第二，施工单位工作人员需要在完成输电线路架设的基础上，明确施工人员、监督人员以及指导人员的具体职能，相关人员根据专业性的施工方案，执行各项施工方案，以便在提高架空线路施工人员专业素养的同时推动行业的发展。第三，对于架空线路的施工，应该在监督人员以及指导人员的指导下，进行架空线路施工工作的完善，以提升超高压输电线路架设跨越高速公路施工的安全性，为当前高速公路施工行业的运行及发展提供支持^[5]。

3 结束语

总而言之，在当前超高压输电线路架设跨越高速公路施工中，为了提升输电线路施工的整体效率，施工人员应该掌握具体的施工工序，通过超高压输电线路架设特点以及施工必要性的分析，进行各项施工工序的完善，以提升超高压输电线路架设跨越高速公路施工的安全性。对于施工人员，在工程施工中，应该认识到准备工作、施工技术以及安全施工的重要性，结合高速公路的基本特点，进行工程项目的整合，提高超高压输电线路架设跨越高速公路施工的整体质量，而且施工人员也应该提高自身的综合素养，通过施工人员专业职能的展现，实现各项施工工序的稳步进行，全面提升施工人员的专业素养，推动行业的稳步发展，从而提升施工企业的核心竞争力。

参考文献

- [1] 陈孝阳. 超高压输电线路架设跨越高速公路的施工技术研究[J]. 住宅与房地产, 2016(27): 121-122.
- [2] 粟学祥. 探析超高压输电线路架设跨越高速公路的施工工艺[J]. 低碳世界, 2016(36): 86-87.
- [3] 周克林. 浅谈输电线路架设跨越高速公路施工技术[J]. 中国新技术新产品, 2017(23): 82-83.
- [4] 吴建国. 超高压输电线路工程架线施工中新技术的运用[J]. 中国战略新兴产业, 2018, No.160(28): 193.
- [5] 陈伟, 陈建红. 110KV输电线路跨越高速公路更换导地线的施工技术分析[J]. 电子制作, 2014(8x): 230-230.

(责任编辑:张峰亮)

木结构建筑电气设计关键技术

高晓明

(上海建筑设计研究院有限公司, 上海 黄浦 200041)

摘要: 木结构建筑是中国建筑史上最重要的建筑形式之一, 其电气设计直接影响到木结构建筑的使用安全。结合木结构寺庙项目的工程实例, 笔者着重对木结构电气管线敷设、木结构电气消防、木结构防雷接地等方面的电气设计关键技术进行分析和探讨。

关键词: 木结构建筑; 管线敷设; 电气消防; 防雷接地

中图分类号: TM865

中国是世界上最早使用木结构建造房屋的国家之一, 在木结构的应用方面拥有数千年的历史和经验。但是, 近年来由于城市发展的快速增长以及对建筑安全性有着更高的要求, 钢筋混凝土及钢结构建筑的占比越来越大。同时, 由于木材的高成本和木结构设计、生产加工、施工人才的匮乏, 也大大制约着木结构建筑的发展。着眼于建筑电气设计来说, 国内就没有专门针对木结构建筑的电气设计规范, 而限于木结构本身易燃、易受潮的特点, 设计时需要特别注重其管线敷设、电气消防、防雷接地等关键技术的实施方案。

1 木结构电气管线敷设

木结构建筑电气管线敷设设计主要关注两个方面: 管线的防火保护和管线隐蔽美观。管线的防火保护可以依据《建筑设计防火规范》及《木结构设计标准》规范的相关条文进行设计, 而电气管线的隐蔽美观是木结构建筑效果的重要因素。

1.1 管线类型

木结构建筑内部的管线大致有以下2类: 在顶部敷设的管线和在地面敷设的管线。在顶部敷设的管线主要包括室内照明、室内顶装空调、火灾自动报警探测器、安防监控摄像机等; 在地面敷设的管线主要包括室内插座、室内落地空调、电话网络面板等。

1.2 管线敷设方式分类及要点

建筑内部的管线敷设方式大致有以下3类: 顶面敷设、墙面敷设和地面敷设。每类管线敷设方式又分为明敷和暗敷。和常规的公共建筑不同的是, 木结构建筑的梁、柱、楼板、墙均采用木材, 特别是木结构梁和木结构柱, 一般是整根的木材, 因此

在管线敷设时须要注意以下方面。

第一, 木结构柱内通常无法暗敷竖向管线。常规建筑中竖向垂直对齐的管线一般可在混凝土柱中暗敷, 但木结构柱通常采用整根原木, 且长度较长, 在木材工厂时就无法通长钻孔, 更不可能到现场开槽, 因此木结构建筑内竖向管线一般采用明敷或墙内暗敷。

第二, 木结构竖向墙面管线暗敷时须注意横向地木伏、墙木伏及水平横梁对管线的影响。木结构建筑中有很大一部分是古建筑或仿古建筑, 其地木伏、墙木伏及水平横梁一般为整个墙面, 当竖向管线与之交叉时, 无法通过翻弯或横向绕行避开, 而只能采取在木伏、水平横梁上预留洞的方案。和木柱相比, 木伏在纵向的高度较短, 在木材工厂内可以对其进行预留洞, 在机电安装时金属管就可以通过预留洞进行竖向的穿越, 图1、图2为某寺庙建筑墙面插座管线安装示意图。配电箱至插座采用SC20热镀锌钢管, 配电箱为管线起点, 出配电箱后沿木结构墙中间50 mm厚空腔向下敷设, 穿越墙木伏、地木伏处打洞直径25 mm, 然后埋地敷设至插座正下方, 再沿木结构墙中间50 mm厚空腔向上敷设, 穿越墙木伏、地木伏处打洞直径25 mm。

第三, 注意预留管线施工空间及日后检修条件。由于电气管线有可能出线老化、损坏的情况, 因此设计时必须预留日后检修的条件。仍以图1、图2为例, 在平面插座的位置设置过路盒, 并提资木结构建筑和结构专业深化单位过路盒位置。木墙一侧的木板采用活动结构, 便于日后的检修。

第四, 无法暗敷的管线在明敷时需要结合木结构建筑特点隐蔽敷设。由于电气管线数量较多, 考

虑建筑物室内的美观，电气管线一般优先采用暗敷的形式，但是，由于木结构建筑特别是古建筑、仿古建筑的特点，部分管线无法暗敷时，须与木结构建筑设计和室内设计充分沟通，尽量采用隐蔽的敷设方案。图3、图4为某寺庙建筑室内及泛光照明管线安装示意图。配电箱至室内照明及泛光照明灯具采用SC20热镀锌钢管，配电箱为管线起点，出配电箱后沿木结构墙中间50 mm厚空腔向上敷设，穿越墙木伏处打洞直径25 mm，穿越水平横梁及檩条处打洞直径25 mm，穿越至横梁上方，室内照明贴横梁背面敷设至各照明灯具，泛光照明贴檩条向外敷设至屋檐内边后翻转180°至屋檐外边，穿越水平横梁及檩条处打洞直径25 mm。

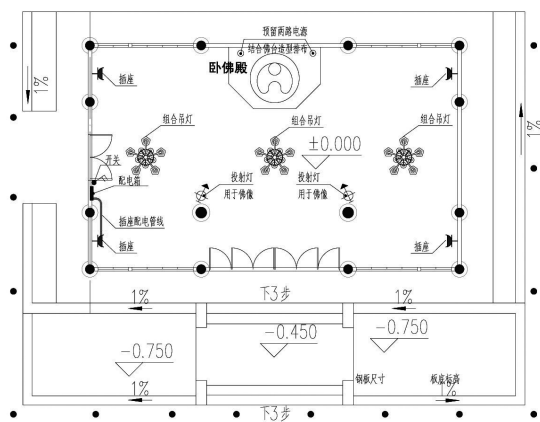


图1 插座配电管线平面示意图

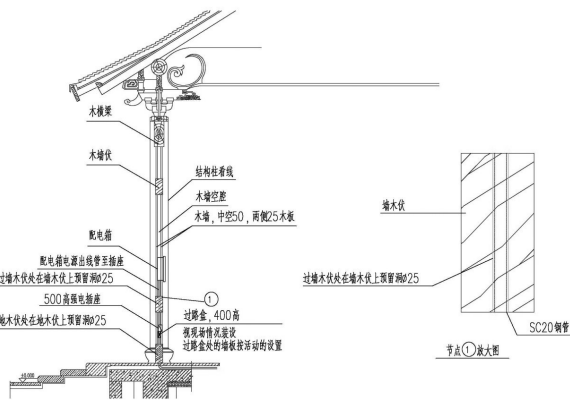


图2 插座配电管线剖面示意图及节点图

第五，预留孔洞须定位。和装配式建筑类似，所有墙木伏、地木伏、横向木梁上的预留孔洞都须在木结构加工厂内预制，因此各预留孔洞在图纸中必须进行定位和数量标注，必要时还需要增加部分节点详图。

2 木结构电气消防设计

2.1 木结构建筑火灾自动报警系统的设置

根据前文提及的相关规范，总建筑面积大于1500 m²的木结构公共建筑应设置火灾自动报警系统，木结构住宅建筑内应设置火灾探测与报警装置。但是，由于木结构内可燃物较多，且空间一般较小，火灾发展相对较快，建议建筑面积小于等于1500 m²的木结构公共建筑也设置火灾自动报警系统。当木结构建筑为锯齿形屋顶和坡度大于15°的人字形屋顶，应在每个屋脊处设置一排点型探测器；当木结构建筑房间室内高度大于12 m²时，应根据不同的场所在线型光束感烟探测器、管路吸气式感烟探测器、图像型感烟火灾探测器、火焰探测器中选择2种及以上火灾参数的火灾探测器。

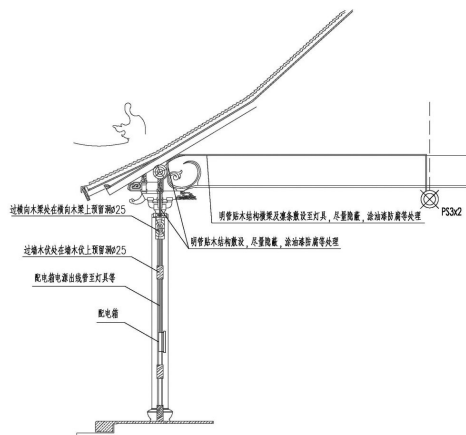


图3 室内照明配电管线平面示意图

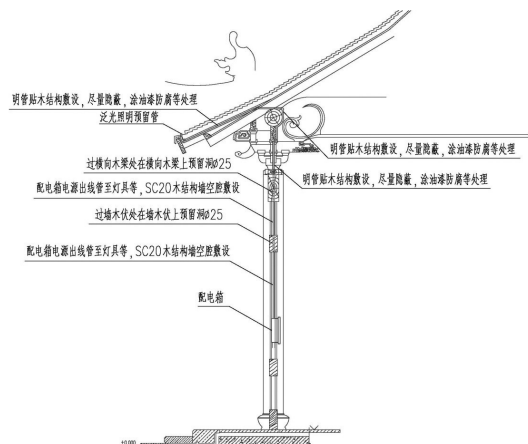


图4 泛光照明配电管线平面示意图

2.2 木结构建筑其他电气消防系统的设置

木结构建筑内最大的火灾隐患是电气火灾，因

此建议设置电气火灾监控系统。

对于室内高度大于12 m²的空间场所以及照明线路上方无法设置其他探测器的场所，应设置具有故障电弧功能的电气火灾监控探测器。故障电弧检测技术，是通过分析被监测线路上的电流信号，可以准确检测到线路上是否有串联故障电弧、并联故障电弧和接地故障电弧的发生。该技术在0.5 s的时间内即可检测到线路上故障电弧的发生，可以在导线绝缘层和周围可燃物尚未燃烧前发出报警信号，有效地降低了由于接触不良、绝缘老化、机械外力等因素导致的电气火灾发生的概率。

3 木结构防雷接地设计

3.1 一般设计流程

对于一般的木结构建筑，设计时要先判别其是否为古建筑。古建筑的定义为现遗存的按古代传统营造的古代建筑。

如果木结构建筑属于古建筑，则其防雷设计应参照规范GB 51017—2014《古建筑防雷工程技术规范》进行设计。在古建筑防雷设计前，应进行现场勘察，并应编写勘察报告。古建筑防雷应根据其文物价值、发生雷电事故的可能和后果划分为第一级、第二级2个级别，并根据相应的级别进行防雷接地设计。

如果木结构建筑不属于古建筑，则其防雷设计应参照规范GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》进行设计。根据建筑的重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性和后果，按防雷要求分为3类即一类、二类、三类防雷建筑物，并根据相应的类别进行防雷接地设计。

3.2 木结构建筑屋面接闪器的选用

当屋面为金属屋面时，且金属屋面的连接方式、材质等要求满足规范时，宜优先利用其屋面作为接闪器。例如木结构寺庙如果采用金属瓦片时，可以利用其金属瓦片直接作为接闪器。

当屋面为非金属屋面时，采用明敷接闪器。明敷接闪器可采用接闪带或者接闪带结合避雷短针的形式。当木结构建筑外立面要求较高时，可采用暗敷接闪带结合避雷短针的形式。图5为某寺庙建筑屋面防雷示意图。整个屋面的最上层为非金属材质的蝴蝶干挂瓦，无法利用其作为接闪器，故采用其下一层的满铺钢板作为暗敷接闪带，另在屋脊屋角

等最高点设置避雷针，这样既满足了规范，又很好地兼顾了建筑的外立面美观。

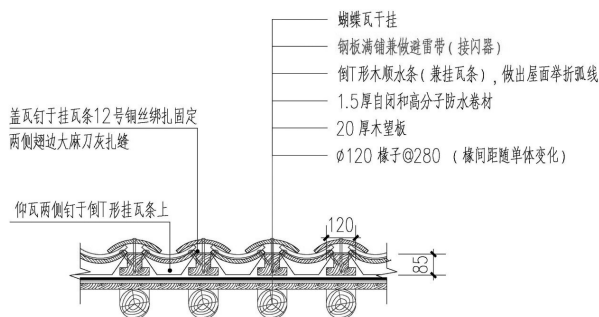


图5 利用满铺屋面钢板作为暗敷接闪器

3.3 木结构建筑防雷引下线的选用

木结构建筑的防雷引下线和其他电气管线相同，均无法在木结构柱内敷设，木结构内也没有钢筋可以利用，因此木结构建筑应设置专设引下线。专设引下线优先沿木结构墙、柱等外表面明敷并应经最短路径接地；当木结构外立面要求较高时可采用暗敷，但应选用直径不小于10 mm的圆钢或截面不小于80 mm²的扁钢。引下线在距室外地面上0.3~1.8 m处装设断接卡，并应采用绝缘导管进行保护。

3.4 防接触电压和跨步电压的措施

木结构建筑一般面积比较小，当其专设引下线数量少于10根时，应采取防止接触电压和跨步电压，例如在引下线3 m范围内地表层敷设5 cm²厚沥青层或15 cm²厚砾石层。

4 结束语

以上是笔者在木结构建筑电气设计过程中的一些心得和体会，对于一些具有特点的设计内容提出自己的设计思路，欢迎各位同行的指正和批评。

参考文献

- [1] 公安部天津消防研究所. 建筑设计防火规范: GB50016—2014(2018年版) [S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [2] 中国建筑西南设计研究院有限公司, 四川省建筑科学研究院. 木结构设计标准: GB50005—2017(2017年版) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [3] 中国建筑科学研究院. 古建筑防雷工程技术规范: GB51017—2014 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [4] 中国中元国际工程公司. 建筑物防雷设计规范: GB50057—2010[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.

(责任编辑:张峰亮)

变电站带负荷多点无线同步向量测试方法的研究与实现

胡龙¹, 王海滨², 丘汉标¹, 黄鑫¹, 高腾²

(1. 国网福建省电力公司南平供电公司, 福建 南平 353000;

2. 西安双英科技股份有限公司, 陕西 西安 710075)

摘要: 介绍在相位伏安表的基础上, 研制数字无线传输方式的模数转换装置, 能够多点同步测量二次三相电压、三相电流及任意点之间的相位, 解决现场试验工作中存在的试验电缆过长所引起的问题; 同时还能够实现抗干扰高精度模数转换, 能够在严酷的电磁干扰现场, 较宽地输入范围内实现保证精度的幅值和相位测量。带负荷测试时能够以统一的电压基准, 多点同步测量, 测量结果统一合成向量图, 直接显示, 方便判别, 提高效率。

关键词: 带负荷向量测试; 无线电压基准; 多点无线相位同步测量

中图分类号: TM721

1 变电站采取无线带负荷测试方法的原因

变电站新建或大修完成后, 须通过带负荷测试, 对电压、电流互感器二次回路极性相序接线进行检查, 以保证保护正确动作。通常带负荷向量测试采用相位伏安表进行, 即通过测量相对于基准电压的三相电流相位并判断极性相序, 以检测二次电流、电压回路的正确性。在常规变电站的测试中, 电压、电流模拟量都位于同一保护装置屏后, 通过三相相位伏安表能够轻松完成。但是在智能变电站中, 电流互感器二次输出模拟量位于各间隔合并单元上, 电压互感器的二次输出模拟量位于母线电压合并单元上, 两者相距数米甚至数十米, 保护屏位置不再有全部的电压、电流二次模拟量输入, 此时带负荷向量的测试是个相对困难的问题。

2 工作原理与技术方案

2.1 硬件设计方案

无线带负荷向量测试仪设计方案包括 1 个测量显示主机和 2 个测量显示从机组成, 测量主从机各带有电源, 之间为无线通信, 利用数字通信和同步指令, 可实现不同测量点的三相电流、电压的幅值、相位、频率等电参数的同步测量计算, 所有输入测量结果以同一测量基准在一个向量图中在显示器上统一直接显示, 从而进行 TV 核相和带负荷向

量测试。

硬件设计的基本思路是对输入信号取样经隔直放大后送入 ADC 进行采样转换, 然后通过单片机对采样结果加以分析和处理, 再将处理好的数据通过 LCD 屏幕显示出来, 或者将结果通过蓝牙或 USB 传送给其他设备。根据这个思路得到硬件方案的模块框图如图 1 所示。

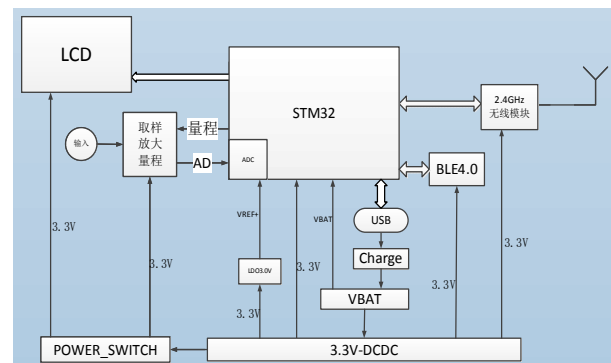


图1 无线带负荷向量测试仪硬件设计框图

表1 同一个输入电压主从机之间相位测量值(°)

输入相位	U_1 相位	U_1 相位误差	U_2 相位	U_2 相位误差	U_3 相位	U_3 相位误差
60	60.1	0.1	59.8	-0.2	60.1	0.1
120	120.1	0.1	119.9	-0.1	120.3	0.3
180	179.8	-0.2	179.5	-0.5	180.2	0.2
240	240.1	0.1	240.1	0.1	240.0	0.0
300	300.1	0.1	300.1	0.1	300.0	0.0

从图1中可以看出整个测量设备主要由5个大的模块组成,分别是MCU、LCD、无线通信、采样电路和电源模块,小模块有USB、蓝牙、电压基准电路、充电电路等。电源模块是由电池供电,经由电源管理VBAT后输入给3.3 V稳压电路,再给其他模块供电。

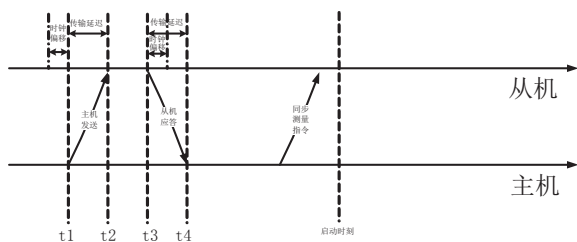


图2 测量同步示意图

2.2 工作过程

图2为测量同步示意图,上面时间轴为从机基准时钟,下面时间轴为测量主机时钟,测量主机于时刻 t_1 发送同步命令给从机,从机收到同步命令时,也记录从机时钟时刻 t_2 ,从机接收完成后,于从机时刻 t_3 向测量主机回复发送同步响应命令,命令中带有 t_2 和 t_3 ,测量主机接收到同步响应命令时,记录测量主机接收时钟时刻 t_4 ,利用这4个时钟时刻,可以计算出测量主机和从机的时钟偏移Offset和传输延迟Delay。

$$t_2 - t_1 = \text{Delay} + \text{Offset},$$

$$t_4 - t_3 = \text{Delay} - \text{Offset}.$$

因此, $\text{Delay} = ((t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)) / 2,$

$$\text{Offset} = ((t_2 - t_1) - (t_4 - t_3)) / 2.$$

根据时钟偏移调整测量主机的时钟与从机的时钟同步,根据传输延迟,设定下一次测量启动时刻,测量主机向从机发出启动测量指令,测量指令带有启动时刻,测量主机和从机在启动时刻同步启动测量。测量完成后测量主机通过串行无线通信模块读取测量从机测量结果,并计算测量从机与测量主机间各通道的幅值、相位等电参数或信号间的关系,并将结果输出至显示器显示。

2.3 试验效果

测量主从机每个电压、电流幅值的最大误差都在0.2%量程的精度以内,而最关键的测量是主从机之间的相位测量结果如表1所示(均以同一个100 V

电压基准进行,同一个输入电压3个测量主从机电压之间相位差)。

3 结束语

基于数字无线通信的智能变电站带负荷测试仪包括1个测量显示主机和2个测量从机,可利用无线通信技术实现不同测量点的三相电压、电流的频率、幅值、相位等电参数的同步测量计算,可以在不同电压等级侧进行分开同步测量,还可将所有主机和分机测量结果以同一测量基准在显示器上统一在一个向量图中直接显示,从而进行TV核相和带负荷向量测试,解决了智能变电站不在同一位置的电压电流之间测相难题,也适用于传统变电站。

参考文献

- [1] 贺家李. 电力系统继电保护技术的现状与发展[J]. 中国电力, 1999, 32(10).
- [2] 林冶, 唐志军, 邓超平, 等. 智能变电站二次系统现场调试技术研究[J]. 电力与电工, 2012, 32(2): 4-6.
- [3] 徐大伟. 基于M-Bus的远程抄表系统的研究与开发[D]. 华北电力大学, 2015.

作者简介

胡龙(1987—),男,硕士研究生,主要从事继电保护和电力电子技术的研究。

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

贵州电网获中国电力科技进步一等奖

近日,2019年中国电机工程学会年会在北京召开,由贵州电网公司联合上海交通大学、北京四方继保自动化股份有限公司、清华大学等单位共同参与完成的“集成多能源系统的主动配电网关键技术研究及应用”项目荣获2019年度中国电力科学技术进步一等奖,实现了贵州电网公司中国电力科学技术进步一等奖零的突破。

“集成多能源系统的主动配电网关键技术研究及应用”项目基于贵州电网公司承担的首个863计划课题“集成可再生能源的主动配电网研究及示范”和近年来在分布式电源、智能配电网领域研究成果,以可再生能源在配电网层面的优化消纳为目标。

来源:中国电力新闻网

基于电容补偿的主变通流试验

许继东, 刘明慧, 刘忠宇, 丁小龙

(国网东丰县供电公司, 吉林 辽源 136300)

摘要: 通过主变通流试验, 在主变送电前就可以完成差动保护电流相位检查, 做到预先发现并消除缺陷。当前主变通流试验存在的问题是, 有些主变在通流试验时电源电流较大, 常用发电机无法满足要求。提出采用电容器补偿通流主变吸收的感性无功功率, 再辅以其他措施, 从而做到使用常见的5 kW三相发电机就可以完成所有主变的通流试验。

关键词: 主变通流试验; 差动保护电流相位; 电容补偿; 相位伏安表

中图分类号: TM761

1 主变通流试验的作用

由于具有选择性好、动作快、采集电量单一等优势, 主变纵联差动保护(以下简称差动保护)应用越来越普遍, 已经成为大容量以及重要主变的主保护。差动保护基于节点电流定律, 主变各侧电流必须按照规定的相位关系接入保护装置, 否则主变带负荷运行时会出现差流乃至保护跳闸。为了避免差动保护误动事故, 要求遵循如下规定: 在差动保护初次投入、主变各侧电流互感器更换以及差动保护回路有作业的情况下, 主变送电后带负荷运行前要求退出差动保护, 并进行各侧差流相位关系检查, 无问题后恢复差动保护。差动保护退出期间, 主变处于无主保护运行状态, 存在安全风险。另外, 如果发生电流相位关系有误情况, 纠正需要时间, 可能会造成延误送电事件。因此, 在主变送电前采用一次通流方式预先完成差动保护电流相位检查工作具有积极的现实意义。除了可以检查差动保护电流相位外, 主变通流试验还可以检查其他保护以及监控、计量、故障录波等所有电流回路的完整性, 核对主变及主变各侧电流互感器变比, 利于及早发现并消除缺陷。

2 目前主变通流试验存在的问题

试验电源应优先选择最容易得到的三相380 V或单相220 V, 可以根据现场情况取自站用变压器、临时施工变压器或者移动式发电机。实际工作中, 主变停电作业时站用变常常也失电, 因而采用移动式发电机作为试验电源更为可靠。在检修、试验部门, 220 V/2 kW单相发电机、380 V/5 kW三相发电

机最为常见。如果采用这类规格的发电机作为试验电源, 对于容量较小的主变, 可以完成通流试验。但随着主变容量的增大, 其短路阻抗就会减小, 发电机就会过载、跳闸, 通流试验无法完成。

3 基于电容补偿的主变通流试验

3.1 试验电源的选择

结合电力生产的实际, 应充分利用现有的220 V/2 kW单相发电机、380 V/5 kW三相发电机作为试验电源。采用单相电源进行主变通流试验, 一条电源线需要加在电流互感器的一端, 另一条电源线需要加主变中性点刀闸的一端, 两点相距较远, 这时就需要加大电源线线径以降低线路电压损失。由于电源线线径大、线路长, 也加大了试验工作的工作量。另外在通流试验过程中还需要将电源线倒换相别2次。采用单相电源优点也有, 就是发电机重量较小, 易于搬运。采用三相电源进行主变通流试验, 除了发电机重量较大外, 不存在采用单相电源时存在的其他问题。权衡利弊, 还是采用三相电源进行主变通流试验更为有利。

3.2 主变等值电路

变压器一侧三相短路时, 其等值电路由一个电阻元件 R_0 和一个电抗元件 X_0 串联而成, 如图1所示。以一台型号为SMZ20000/66的主变为例, 额定电压比为66/10.5 kV, 短路电压百分数为8.99%, 负载损耗为82.00 kW。通过计算可以得出等值电路中电阻分量为0.89 Ω , 电抗分量为19.56 Ω , 电阻分量为电抗分量的4.6%。事实上所有主变情况都是类似的, 在等值电路中电阻分量所占比重都是很小的。在做主变通流试验时电阻分量可以忽略不计, 主变只是

吸收感性无功功率。为了使380 V/5 kW三相发电机能够完成所有主变通流试验，可以采用电容器来补偿主变吸收的感性无功功率。从原理上讲，只要电容器容量选择适当，380 V/5 kW三相发电机完全可以完成所有主变的通流试验。

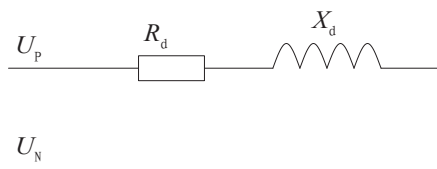


图1 主变短路等值电路

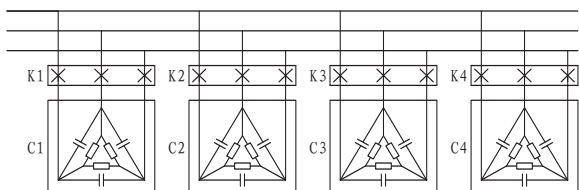


图2 电容箱内部元件配置

3.3 电容箱

为了安全防护以及便于使用，应采用一个电容箱，将所有电容器及其附属元件都置于电容箱内。电容箱应采用金属外壳、开门式结构。电容箱内部元件配置如图2所示。电容器采用自愈式低压并联补偿电容器，为三相一体式结构、 Δ 型接线、内置放电电阻。电容 C_1 容量为5 kvar，电容 C_2 容量为10 kvar，电容 C_3 容量为20 kvar，电容 C_4 容量为40 kvar，额定电压都是400V。空气开关K1~K4用于4只电容器的电流保护以及投退控制。通过空气开关K1~K4的投退组合，电容箱补偿容量可以形成5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75 kvar，总共15级，级差都是固定的5 kvar。实际应用时，电容箱应与发电机直接进行线路连接。

3.4 实施实例

某66 kV变电站采用典型的内桥接线，如图3所示。图中1#主变容量为20 MVA，Ynd11接线，额定电压比为66/10.5 kV，负载损耗为82 kW。66 kV两条进线、66 kV内桥电流互感器变比都是200/5 A，1#主变10 kV侧电流互感器变比为1200/5 A。三相发电机标称容量5 kW，标称电压400 V。

1#主变通流试验。一般先行考虑在主变电压较

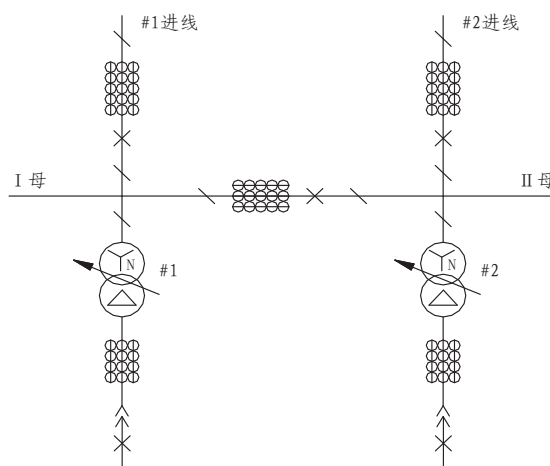


图3 内桥接线

低侧短接，在电压较高侧施加试验电源，这时主变吸收的无功功率较小。将1#主变分接开关调整到额定位置，拉开66 kV 1#进线线路侧刀闸、66 kV内桥I母侧刀闸，合上66 kV 1#进线开关及母线侧刀闸、1#主变高压侧刀闸，用25 mm²的短路线将1#主变低压侧电流互感器与开关间三相短接，用10 mm²的电源线将发电机和66 kV 1#进线线路侧刀闸电流互感器侧连接。算出1#主变短路等值阻抗为19.58 Ω ，进而算出1#主变在通流试验时吸收无功功率为8.18 kvar，这个数值大于发电机额定容量5 kW，需要投入电容器进行无功补偿。电容器投入方式有2种，1种是只投入5 kvar的电容器，另1种是只投入10 kvar的电容器。注意要先行投入电容器，然后再启动发电机接通试验电源。电源接通后，66 kV 1#进线电流互感器一次电流为11.80 A、二次电流为0.295 A，1#主变低压侧电流互感器一次电流为74.16 A、二次电流为0.309 A。微机保护装置和相位伏安表的电流相位识别门槛通常不超过0.03 A，远小于通流主变电流互感器二次电流，电流相位很容易检查。对于Ynd11接线的主变来说，在其微型差动保护装置中高压侧电流应超前于低压侧同名相电流150°。1#主变高、低压侧间电流相位检查结束后，还须进行66 kV内桥侧和低压侧电流相位检查。这时要拉开66 kV内桥II母侧刀闸，合上66 kV内桥I母侧刀闸，将试验电源转移至66 kV内桥开关和电流互感器间。当1#主变还有中压侧时，还需要在低压侧短接后在中压侧施加试验电源，或者在中压侧短接后在高压侧施加试验电

(下转52页)

浅谈供电企业的低压线损治理

张欣然¹, 李男²

(1. 国网北京城区供电公司, 北京 西城 100034; 2. 北京房供电力工程有限公司, 北京 房山 102408)

摘要: 线损管理工作是衡量供电企业管理水平的重要指标之一。面对电网结构的客观条件, 综合分析影响线损指标的各种因素, 通过强化内部管理、提高现场排查科技手段等方法, 逐步消除对线损的不良影响, 使线损管理工作再上一个新台阶。

关键词: 低压; 线损管理; 降损措施

中图分类号: TM761

电能经输电线路和变压器时因元件存在电阻而发热, 产生的功率损耗称为线损。而对于衡量供电企业管理这一综合性的经济技术指标来说, 线损率不仅仅指的是理论, 而是综合线损, 主要包含管理线损和技术线损两方面, 以下统称“线损”。

国网北京城区供电公司西城供电服务中心位于北京核心区地段, 供电服务主要是北京老西城地区24万户电力客户, 辖区内有党政机关重要客户以及普通电力客户。供电区域内客户使用电力设备位置多为老旧平房、住宅小区、商业用户, 供电方式复杂, 管理困难。尤其是线损指标在一个阶段高居不下, 对城区公司各项经济指标产生严重影响, 线损指标的居高不下也影响了企业用电管理的水平, 现实情况严重且复杂。

1 低压线损的组成

线路导线(含接户线)流过电流时在导线电阻上消耗的电能。

未计入售电能量的电器设备消耗的电能。其中包括: 用户电能表线圈消耗的电能, 单相感应式电能表每月每只约1 kWh, 单相电子式电能表每月每只约0.3~0.4 kWh; 配电室或配电箱中交流接触器消耗的电能, 每月每只20多kWh; 配电室或配电箱中剩余电流动作保护器消耗的电能; 配电室或配电箱中熔断器接触不良消耗的电能; 线路上未装表计量的有线电视放大器消耗的电能; 用户电能表故障处理少补回的电能。

其他原因引起的电能损耗包括: 绝缘子击穿或绝缘子表面污秽等原因导致低压线路漏电或放电; 线路通过树木、攀藤植物等对大地的放电; 电能表或互感器的误差, 包括本身误差、使用环境造成的

附加误差和接线错误等造成的差错等; 线路或接户线接头接触不良所耗电能; 人为窃电; 抄表差错, 估抄、漏抄和错抄; 个别配电台区存在的电力电缆因线径偏小发热, 或三相四线制线路错误使用三相三线铠装电缆外加一根中性线接线, 因零序电流在电缆金属保护层中生成涡流造成的电能损耗; 谐波可能对电子式电能表造成干扰少计的电能。

2 低压降损措施

经过近些年城区公司对电网的改造, 首都核心区电网现在已经具备高度自动化且电力设备均为国内电网优选产品, 变压器、导线等设备都是国内较先进的设备生产厂家生产, 产品自身功耗趋于领先水平。那么硬件设备已经达到了要求, 怎样才能更好地降低线损率呢? 那就要从管理用电水平上下功夫。

2.1 合理利用“三相就地平衡”法

三相四线制低压供电时, 当三相电压在用户末端呈现电压降, 由于各相用户负荷分配不均匀, 造成三相电流不平衡, 影响配电变压器供电能力, 造成电能损失。平衡三相电流时, 首先要从用户末端进行测量, 根据测得的电流数据, 再依次调配400 V分支末端的各相用户, 力求达到负荷均衡。其次, 要根据配电变压器共有几路出线, 分别测量各路出线的线电流, 依据测量数据, 平衡各路出线负荷, 达到配电变压器低压出线端各路负荷与分支末端用户负荷的平衡效果, 才能解决因三相电流不平衡造成的电能损失。测算表明, 当各相电流分配误差达到25%以上时, 配电变压器的电路线损率将超过9%, 可见三相电流不平衡的损失率。

2.2 计量管理

电能表的选择应尽量统一标准, 严格精确等级,

杜绝不合格产品流入电网计量。根据线损分析和供电服务中心统计出的产生线损过高的直接原因，不定时现场校验计量装置和电能表计。

2.3 确保抄表、推广采集,保证线损率计算的准确度

抄表到户工作很繁重,也很复杂,需要投入大量的人力和精力,但往往出现当关口表采集完成后,用户的表计不能及时抄收。因此做到采抄同步,就必须从两方面入手。一是组织合理安排抄表,固定抄表周期,要求抄表到位,严格考核力度,杜绝代抄、估抄、错抄、漏抄表计,只有保证了抄收表计的准确性,才能精确计算线损率,根据计算的线损率,来分析在管理低压用户方面存在的漏洞,从而采取措施校正偏差。二是更大面积的推广自动采集装置,提高自动化采集实用化率,避免采抄不同步的现象发生。

2.4 加强反窃电工作,动用法律和社会手段杜绝窃电

加强反窃电工作,其实也是职工责任心的反映。随着科学技术的不断进步,当一种新型的防窃电技术得到应用的同时,窃电设备也应运而生,给反窃电工作带来难度。通过每月的线损反映,管理人员就能找出是否存在窃电现象,及时检测,善于在实际工作中发现问题,提出措施并加以改进,杜绝窃电给企业带来不应有的损失。

3 西城供电服务中心线损管理现状及目标

目前,西城供电服务中心在治理线损指标上取得阶段性的成果。为了使线损管理工作更为精益化,线损管理工作正按照公司年度同业对标指标有序开展。

从表1中可以看出,在某一个时间段,西城供电服务中心线损治理指标是相对较低的。经过分析治理,合格率从17.21%上升至77.76%,已经接近80%的目标,这里面既有对老旧设备的更新换代,也有下大力气对用电秩序的整治,尤其是对窃电的整治,取得了非常大的成果。

表1 线损合格率对比

供电单位	2017年10月线损			2019年8月线损			对比情况	
	总在运台区数	合格数	占比/%	总在运台区数	合格数	占比/%	合格数量提升	合理率提升/%
西城供电服务中心	2068	356	17.21	1884	1465	77.76	1109	60.55

3.1 线损“四分”之一线损分线管理现状及目标

线损分线管理作为推进线损“四分”管理工作的主线,西城供电服务中心现在已经实现了用户电源核查与录入系统化,线损分线统计依据此项工作进行,通过线损管理系统提取营销MIS中变电站出线挂接的所有用户售电量与关口电量采集系统提取变电站出线供电量进行供电电量的线损率计算,得出线路线损率,分线线损的统计为线损工作的开展提供了有力的数据依据,使得线损工作更加有的放矢。

为配合线损分线管理工作的开展,同时也为了增加电缆网用户监控数量,西城供电服务中心加大对用户信息的录入管理和分析,利用数据实现台区线损的同步分析,有针对性的依法打击窃电行为,取得了巨大的成果。

3.2 实例一

0000753XXX用户属于月坛北街配电室1号配变,此台区之前线损率在8%左右,2019.3.29日处理完0000753XXX用户窃电后,台区线损恢复正常,线损率稳定在2%左右。如图1所示。



图1 月坛北街一号变治理后线损指标走势图

相对实际案例:北京市西城区月坛北街是火锅城,用户编号为0000753XXX,用户类别为商业用电。我中心工作人员在核查台区线损时发现此台区线损异常,怀疑有窃电现象,随即安排工作人员前往现场调查。

现场窃电查处。到达现场后,我中心用电检查

人员首先联系用户到场。说明来意后开启表箱，发现端子排虚接，如图2所示，导致三相电流均不经过电表，属于窃电行为。证据确凿，户主承认了他的窃电行为。随后对其进行了法治教育及释法，成功追回80471.43元电费，并罚款241414.29元。

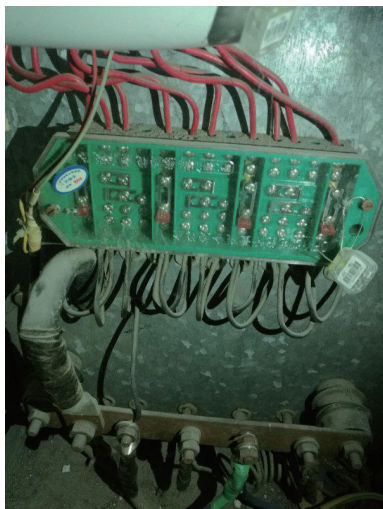


图2 窃电现场虚接端子排

3.3 实例二

1023809XXX用户属于南丰路010柱变，此台区之前线损率在15%左右，2019.01.05日处理完1023809XXX用户窃电后，台区线损恢复正常，线损率稳定在1%左右。如图3所示。



图3 南丰路柱变治理后线损指标走势图

相对实际案例。北京市西城区后英子胡同X号，用户编号为1023809XXX，使用居民为孙XX，用户类别为城镇居民用户。我中心工作人员在核查台区线损时发现此台区线损异常，怀疑有窃电现象，随即安排工作人员前往现场调查。

现场窃电查处。到达现场后，我中心用电检查人员首先联系用户到场。说明来意后开启表箱，发现其接线绕越计量装置，如图4所示。属于窃电行

为。证据确凿，户主承认了窃电行为，随后对其进行了法治教育及释法，成功追回644.56元电费，并罚款1933.68元。



图4 窃电现场绕越计量装置

4 结束语

低压线损治理的好坏，直接影响到企业经济效益，是企业的生存之本，加强低压线损治理，降低线损率，对企业的持续性发展有着深远意义。加大电力客户信息的管理核对，及时组织专业人员对台区供用电指标进行数据分析，及时找出漏洞制止不当用电行为，强化守法用电秩序，只有这样才能为更广大的电力客户提供更优质电能和更优质服务，践行“人民电业为人民”的企业宗旨，实现社会效益和经济效益的共同良性发展。

参考文献

- [1] 刘伯涛，论加强低压台区管理的重要性[J]，沈阳高等专科学校校报，2002(4)。
- [2] 李玉祥，对低压线损实行责任管理[J]，华北电业，2002(12)。
- [3] 谭琦光，浅论配电网线损管理要点[J]，广东科技，2008(20)。

作者简介

张欣然(1967—)，男，工程师，就职于国网北京城区供电公司营销部；

李男(1991—)，男，助理工程师，就职于北京房供电力工程有限责任公司。

(责任编辑：刘艳玲)

高压电缆试验故障分析

刘 轩

(国网冀北北京送变电有限公司, 北京 房山 102401)

摘要: 高压电缆是输送电能的重要电力设备, 对某变电站的 220 kV 高压电缆在进行交流耐压试验过程中的放电故障进行了分析, 针对现场的实际情况, 综合各方面因素考虑, 最终确定放电的原因。

关键词: 高压电缆; 交流耐压; 放电

中图分类号: TM755

2019年2月1日, 对某220 kV变电站1#主变与220 kV GIS连接的高压电缆进行交流耐压试验时, 发现其C相主变侧高压电缆终端绝缘击穿。

1 现场情况介绍

在220 kV GIS交流耐压通过的情况下, 进行220 kV高压电缆耐压试验;

试验接线是通过220 kV GIS的出线间隔的出线套管(三相短接)施加电压, 利用5#母线将电压传递到1#主变进线间隔, 进而使电压施加到高压电缆, 220 kV GIS除以上两间隔外其余间隔全部断开与母线的连接且接地, 4#母线接地;

三相高压电缆主变侧终端电缆仓绝缘油试验合格, 真空注满绝缘油且静止时间达到48 h以上; 三相高压电缆GIS侧终端所处气室SF₆压力正常, SF₆气体微水试验合格;

试验仪器是800 kV串联谐振装置, 试验前测量高压电缆主绝缘>50000 MΩ、护层过压保护器及其引线的绝缘电阻>150 MΩ, 随后将高压电缆接地箱中的过压保护器短路接地。

施加电压时间为1 h, 试验电压为216 kV。

当试验电压升至216 kV后开始计时, 9 min后串联谐振装置突然断电, 试验操作台显示高压闪络, 主变侧监护人员听到非常明显的放电声音, 并且看到明显的放电弧光, 220 kV GIS室内高压电缆终端无异常, 初步确认为C相主变侧高压电缆终端。再次检查试验接线及参数设置, 均为正确。30 min后, 再次进行耐压试验, 当试验电压升至130 kV时串联谐振装置断电, 试验操作台显示高压闪络, 确认为C相主变侧高压电缆终端。立即测量C相高压电缆绝缘电阻, 发现其绝缘电阻值明显降低, 确认该相高压电缆主变侧终端绝缘击穿, 因此将其退出试验,

只进行A、B相高压电缆耐压试验, 试验通过。

2 故障位置

高压电缆型号为CONNEX6 (6-S)。该高压电缆终端为插拔式, 由插头和插座2部分组成。

2019年2月3日, 对故障高压电缆终端解体检查, 现场图像如图1所示。



图1 故障高压电缆终端解体检查

图1显示的是该高压电缆终端的插头部分, 从下至上分别是应力锥、顶肩、膨胀锥以及套在膨胀锥上的触环。现场检查该部分无任何放电痕迹。

如图2、图3、图4所示, 该高压电缆终端的插座部分, 有非常明显的放电痕迹, 已无法使用。

在更换了高压电缆终端插座部分后再次进行交流耐压试验, 试验前、后绝缘电阻无明显变化, 主变电缆仓绝缘油色谱分析试验结果显示无乙炔成分, 试验通过。

3 故障原因分析

此次220 kV高压电缆交流耐压试验击穿的原因是高压电缆终端插座绝缘损坏造成的, 通过图片可以发现, 插座内壁放电点恰好是安装完毕后插头导体顶肩所处的位置, 该位置电场分布密集, 电场强度高, 而插头经过检查无任何放电痕迹, 因此可以

断定是插头顶肩部位直接对插座内壁放电造成绝缘损坏。有4种原因可能会造成这种放电：分析如下。



图2 插座部分内壁



图3 插座部分外壁带电运行时处于1#主变的电缆仓中



图4 插座部分外壁放电痕迹的近景图像

原因1，在插头顶肩与插座放电点之间有异物，例如细小的沙粒、铁屑等，改变了插头顶肩与插座内壁之间原本均匀分布的电场，形成了尖端放电导致绝缘击穿；

原因2，在插头插入插座的过程中没有保持垂直，插头的接触系统（金属部分）接触到了插座光滑无痕的内壁，绝缘受损及电场分布不均导致绝缘击穿；

原因3，插座外壁放电点处有绝缘损伤，造成击穿放电；

原因4，插座在生产厂家制造的过程中有严重的缺陷。

第2个原因的可能性很大。理由是根据以往高压电缆绝缘击穿原因分析，在高压电缆本体没有严重的损伤（例如受到外力导致变形、铠甲破裂导致受潮等）或制造工艺差（例如绝缘层不均匀、屏蔽层断裂等）的情况下，都是高压电缆终端的安装问题造成绝缘击穿。而高压电缆终端最容易放电的位置是应力锥，该位置电场分布最密集，应力锥代替屏蔽层起到均匀分布电场的重要作用，安装过程中稍有疏忽就容易造成放电。此次高压电缆终端放电是在顶部，应力锥没有任何放电迹象，绝缘没有损坏，第二次交流耐压试验通过更是说明了这一点。因此极有可能是在安装的过程中，由于高压电缆重量很大，安装人员在使用滑轮组吊装高压电缆时没有控制好插头的垂直方向，导致在插入的最后阶段插头的接触系统触碰到插座的内壁，将插座绝缘损坏，最终在交流耐压试验时绝缘击穿导致放电。

4 改善措施

厂家制作安装专用工装，保证对接时插头与插座的同心性，避免内壁出现因安装造成的机械力划伤；安装过程中，厂家及安装人员加强对安装工艺质量的管控，在发生磕碰时及时停止安装，对磕碰处进行及时处理或更换，避免带伤完成安装造成更严重的设备故障或运行隐患。

5 结束语

GIS仓内高压电缆较常规电缆而言，结构复杂，通过解体检查及故障分析，确认此次高压电缆耐压试验击穿放电的原因为安装过程中插座内壁被划伤，造成绝缘损伤而导致了放电击穿。

参考文献

- [1] 周泽存. 高电压技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [2] 张仁豫. 高电压试验技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [3] 梁曦东. 高电压工程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] 朱德恒, 严璋. 高电压绝缘[M]. 北京: 清华大学出版社, 1992.

作者简介

刘轩(1988—),男,本科,工程师,电力工程,电气设备试验。
(责任编辑:刘艳玲)

调试过程中 35 kV 线路 相序接反引起的故障

董济康

(国网山东郑城县供电公司, 山东 郑城 276100)

1 故障经过

1.1 故障前运行方式

220 kV 沭河站通过 110 kV 沭昌线、沭南线分别对 110 kV 归昌站、郯南站供电。110 kV 归昌变电站通过 35 kV 归杨线对 35 kV 杨集站供电。110 kV 郯南站通过 35 kV 郯花线对 35 kV 花园站供电。事故前准备将 110 kV 归昌站 35 kV 归杨线 634 开关转检修, 检修内容为开关改定值、保护检验。事故前变电站系统图如图 1 所示。

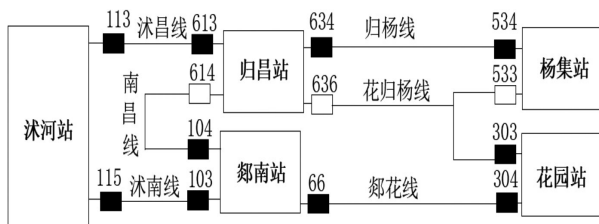


图1 事故前变电站系统图

事故当日 08:35, 调控人员将 35 kV 杨集站负荷由 35 kV 归杨线合环调至 35 kV 花杨归线供电。在遥控操作将 35 kV 杨集站 35 kV 花杨归线 533 开关由热备用转运行时, 08:36, 110 kV 郯南站 35 kV 郯花线 66 开关限时电流速断保护跳闸, 重合闸未启动, 35 kV 郯花线 66 开关分闸。同时 110 kV 归昌站 35 kV 归杨线 634 开关瞬时速断保护跳闸, 重合成功。

1.2 故障后现场运行方式

110 kV 归昌站通过 35 kV 归杨线对 35 kV 杨集站供电, 并串带 35 kV 花杨归线对 35 kV 花园站供电。调控人员安排运行人员及检修人员现场落实故障信息、检查现场设备, 同时通知线路工区巡视线路, 查看线路是否存在故障点。事故后变电站系统图如图 2 所示。

1.3 事故处理情况

08:52 供电所汇报, 35 kV 花园站所带 10 kV 线

路用户存在电动机反转的情况。

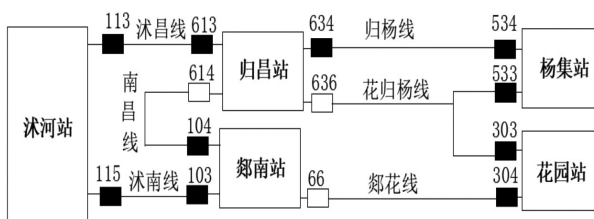


图2 事故后变电站系统图

09:00 经变电运维人员现场确认认为 110 kV 郯南站 35 kV 郯花线 66 开关机构卡涩, 导致 66 开关的重合闸未正常启动。

09:40 将 110 kV 郯南站 35 kV 郯花线 66 开关转检修处理机构卡涩问题。10:20 郯南站 35 kV 郯花线 66 开关转检修处理结束, 将 35 kV 花园站负荷停电调至 35 kV 郯花线供电。

10:30 线路工区汇报巡视 35 kV 归杨线、花杨归线全线线路均未发现异常情况, 线路运行正常。

10:50 线路工区在 35 kV 杨集站 35 kV 花杨归线#1 杆处核相发现 35 kV 花杨归线路 AC 相序接反, 申请将 35 kV 花杨归线路转为检修状态处理。线路调相结束, 重新进行线路核相。核相相序相位正确, 申请送电。相关保护调整后, 11:10 将 35 kV 杨集站负荷由 35 kV 归杨线合环调至 35 kV 归杨线供电, 将 110 kV 归昌站 35 kV 归杨线 634 开关转为检修状态, 许可检修工作开工。

2 故障原因分析

35 kV 郯花线、归杨线、花杨归线路保护采用 NSR612RF-D03 型微机线路保护装置, 设三段式保护, 其中: 35 kV 郯花线 66 开关瞬时速断保护, 二次定值 13.5 A, 时限 0 s; 限时限电流速断保护, 二次定值 12.5 A, 时限 0.3 s; 过电流保护, 二次定值 5.3 A, 时限 1.7 s。35 kV 归杨线 634 开关定值瞬

时电流速断保护，二次定值 16.5 A，时限 0 s；限时限电流速断保护，二次定值 13.2 A，时限 0.3 s；过电流保护，二次定值 5.1 A，时限 1.5 s。35 kV 花杨归线 303 开关瞬时电流速断保护，二次定值 25.5 A。限时限电流速断保护，二次定值 20.5，时限 0.3 s。过电流保护，二次定值 6 A，时限 1.3 s。

而由于 35 kV 花杨归线线路在春检检修过程中存在线路断开情况，而线路工区未做核相工作，导致 35 kV 花杨归线 AC 相序接反，相当于整个大的环网线路 AC 相间短路故障，短路电流瞬间增大，造成 35 kV 线路保护动作跳闸。

35 kV 郟花线故障电流二次值为 13.2 A，达到 II 段保护 66 开关限时限电流速断保护启动，延时 0.3 s 跳闸。35 kV 归杨线故障电流二次值为 16.8 A，达到 I 段保护 634 开关瞬时电流速断保护启动跳闸。但由于 35 kV 花杨归线 303 开关保护定值设置不合理，未与 35 kV 郟花线线路保护进行配合，导致上级 35 kV 郟花线线路保护越级跳闸。

(上接 48 页)

源，然后检查两侧电流相位。在主变以各种方式通流时，除了检查差动保护电流相位，还应检查其他保护以及监控、计量、故障录波等所有电流回路的完整性，并检查主变变比及主变各侧电流互感器变比。至此，1#主变通流试验完成。#2 主变通流试验方法与 1#主变相同。

3.5 电流互感器二次电流较小时的对策

如果主变各侧电流互感器变比较大或者主变短路阻抗较大，通流试验时电流互感器二次电流就会减小，可能会低于微机保护装置和相位伏安表的电流相位识别门槛。遇到这种情况可以采用以下 2 种办法。一个办法是反向施加试验电源，就是将主变电压较高侧短接，在电压较低侧施加试验电源，这时由于主变负载阻抗大大降低，因而短路电流就会大大提高。另一个办法是，用单根网线线芯绕制 2 个匝数为 N 的空心线圈，将其分别串入保护屏对应电流试验端子，再用相位伏安表夹测这 2 个空心线圈，这时相位伏安表的电流相位识别灵敏度就会提升 N 倍。

3 采取措施

对 35 kV 花园站 35 kV 花杨归线 303 开关定值调整，瞬时电流速断保护二次定值改为 12.5 A，时限 0 s；限时限电流速断保护，二次定值 11.5 A，时限 0.2 s；过电流保护，二次定值 5.1 A，时限 1.3 s，与上级保护时限形成时限配合。对相关变电站保护定值进行检查，尤其是保护时限配合的检查，确保继电保护的正确动作。对检修工作人员及调控人员督促加强日常危险点的学习，认识核相工作的重要性。对变电站设备进行定期巡视，定期检查，定期检修，防止因设备问题，造成不能正常启动，导致事故停电，对客户造成损失。

作者简介

董济康(1990—)，男，本科，负责县公司生产经营月报统计、县公司夏冬季负荷实测数据统计及县公司设备可开放容量统计工作。

(责任编辑：刘艳玲)

4 结束语

通过主变通流试验，可以预先发现并消除电流回路存在的缺陷。基于电容补偿的主变通流试验，使用常见的 5 kW 三相发电机就可以完成，而且操作步骤简单，因此作业单位容易实施。通过采取调整试验电源施加位置、在保护屏电流试验端子处串接多匝线圈提升相位伏安表灵敏度这 2 项有力措施，这种通流试验可以适用于所有类型的主变。

参考文献

- [1] 戈宝军，梁艳萍，温嘉斌. 电机学[M]. 北京：中国电力出版社，2009.
- [2] 黄旭东. 变压器一次通流试验及弱小电流的测量方法[J]. 上海电力，2009，2.
- [3] 欧阳本凯，宋述宏. 变压器无负荷时的差动保护极性测试[J]. 电工技术，2010，3.
- [4] 王立博，陈晓燕. 浅论相量分析法在差动保护误动故障分析中的应用[J]. 中国电力企业管理，2014，9.

作者简介

许继东(1970—)，男，吉林东丰人，电气工程师，从事继电保护工作。

(责任编辑：刘艳玲)

电力企业服务渠道数据整合技术

张维¹, 王庆娟¹, 蒋颖¹, 楼斐¹, 胡如一²

(1. 国网浙江省电力科学研究所, 浙江 杭州 310014;

2. 浙江华云科技信息有限公司, 浙江 杭州 310008)

摘要: 随着大数据新一代信息技术的迅猛发展, 电力企业各业务系统的数据量越来越大, 未来数据中心面临的重大挑战是如何将海量散的服务渠道数据进行整合从而使资源共享的难题。文章主要分析电力企业服务渠道数据现状, 并基于大数据存储技术, 提出了一种将数据抽取、数据复制、程序接口等相结合的服务渠道数据整合解决方案, 实现多源渠道数据高效整合, 支撑全渠道运营情况分析、渠道引流策略等渠道运营相关工作的开展。

关键词: 服务渠道; 数据整合; 大数据

中图分类号: TM-9

随着互联网+电力营销持续推进, 近年来电力企业逐步建成线上线下一体化服务网络, 通过开展服务渠道优化, 电子服务渠道已成为电力企业重要服务载体, 发挥用户服务专业面向用户和市场的前端作用, 服务渠道数据整合分析重要性日渐提升。但目前服务渠道数据集成暂未确定统一标准, 多源渠道数据无法高效整合, 阻碍全渠道运营情况分析、用户渠道偏好、渠道效能评估体系以及渠道引流策略等渠道运营工作的有效深入开展, 数据价值难以充分发挥。

目前大部分研究成果主要集中在渠道数据分析挖掘等方面, 针对电力企业服务渠道数据整合技术研究成果较少。文献[1]~[6]对不动产、电力调度、智能配网用户等不同行业数据的整合技术进行研究及验证, 由于不同行业数据类型、体量、分布不尽相同, 上述研究成果虽对电力企业服务渠道数据整合研究有一定参考价值, 但在数据整合技术, 比如数据计入完整性、时效性、稳定性等方面不够完善。

本文重点关注电力企业营销服务渠道数据集成环节, 针对多源渠道数据如何从原有业务系统有效地集成汇聚问题, 结合实际场景, 提出了一种将数据抽取、数据复制、程序接口等相结合的服务渠道数据整合解决方案。该方案能够满足多种业务应用需求, 在实现数据高效整合的前提下, 保障整合过程中尽可能地减少对源端系统的影响。

1 渠道数据分析

目前电力企业服务渠道呈现多元化特点, 分布

较广、数据结构多样、数据体量较大、数据时效性要求高等特点, 需要从业务及技术两方面考虑, 将渠道数据进行归类, 方便数据整合到新的环境中后能够满足所有渠道运营分析使用需求。

从业务方面, 站在以省级单位的角度, 按建设投资主体、运营主体划分为自建自营渠道、非自建自营渠道和非自建非自营渠道三类。自建自营是指由省级供电单位投资建设, 并进行独立运营的渠道; 非自建自营是指由国家电网有限公司或第三方投资建设, 但根据职责划分省级供电企业在本区域内承担相应运营业务的渠道; 非自建非自营是指由国家电网有限公司或第三方投资建设并统一运营的渠道, 如表1所示。

表1 渠道划分表

	自建自营	非自建自营	非自建非自营
线上渠道	掌上电力(官方版)	掌上电力 2019版	95598网站
	掌上电力(企业版)	95598热线	电e宝
	浙江微信公众号		国网商城
	浙江支付宝生活号		银行服务渠道
			支付宝生活交费 微信生活交费
线下渠道	营业厅(柜台)		
	营业厅(自助终端)		

从技术方面, 按数据接入与存储技术可以将渠道数据分为结构化业务数据和用户行为日志两类。

结构化业务数据,一般情况下此类数据表一般存在全部的增删改操作,数据更新频率往往视业务需求变化决定,即可实时更新也可以按照特点要求进行批量更新。用户行为日志数据,是指用户每次访问网站产生的行为数据(访问,浏览,搜索,点击等),此类数据只存在插入操作,不涉及到数据变更等,且有明确的增量时间戳。

2 渠道数据整合技术

以浙江电力为例,各渠道数据分别存储在 Gbase 数据库、运营支撑平台数据库、老掌电(掌上电力(官方版)和掌上电力(企业版))数据库、微信数据库等7个省侧数据库和电商数据库等2个总部侧数据库,涉及约600张数据表。其中总部渠道数据和部分用户行为日志数据通过数据分发组件下发到省侧数据仓库,本文主要研究省侧渠道数据整合技术,但渠道数据整合面临源头多、数据量大、数据处理速度不一致,接入标准不统一等问题。基于上述问题,本文重点研究了数据存储技术及数据接入技术,提出了一种以 Gbase 8a 为数据仓库、MySQL 为缓存数据库、OGG 为同步工具,采用存量+增量以及多种数据接入方式的通用渠道数据整合方案,数据整合流程图如图1所示。

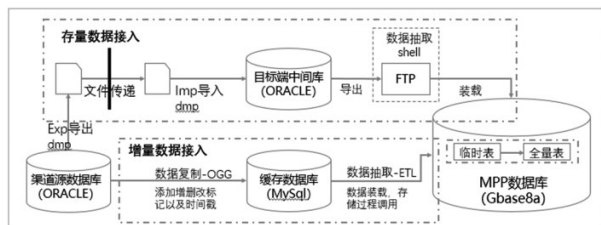


图1 渠道数据整合流程图

2.1 数据存储技术

2.1.1 数据仓库

数据仓库主要用于处理复杂的分析计算,并且提供直观易懂的查询结果来支撑决策。在大数据领域,现有数据仓库主要有大规模并行处理 MPP、开源 Hive、阿里大规模计算服务 MaxCompute。它们各有优劣,适用于不同的场合。其中 MPP 架构的新型数据库集群,重点面向行业大数据,拥有高效的分布式计算模式,能够实时地返回查询与计算结果。比较适合在企业 BI 分析、报

表计算、查询分析等分析类应用领域有着极其广泛的应用。本文采用 MPP 数据仓库 Gbase 8a 用于存储海量渠道数据。

2.1.2 关系数据库

关系数据库主要用于基本的、日常的事务处理。当前企业的关系数据库集群越来越青睐使用 MySQL 存储事务用业务数据。然而 MySQL 在高并发读写方面仍然存在一定的瓶颈,当数据量很大时 MySQL 的查询效率会变得很低,这也使得 MySQL 不适用于存储与查询大规模的业务数据。MySQL 仅存储短期业务数据,用来支撑一些在线事务类业务应用。本文中 MySQL 作为增量数据存储的缓存库。

2.2 数据接入技术

2.2.1 数据接入方式

本文采用的数据接入的方式主要有:数据抽取、数据复制、文件导出导入和程序接口方式。

数据抽取方式:数据抽取用于批量定时数据同步,通常采用 JDBC 方式,但抽取时对源库性能影响较大,一般尽量避免海量数据抽取。

数据复制方式:复制方式即实现数据在两个数据节点之间实时地保持一致的一种数据备份复制方式。本文采用同步复制工具 OGG,但 OGG 数据复制方式仅支持关系数据库之间的数据同步,无法与数据仓库进行数据同步。

文件导入方式:文件导出导入方式即先将源端数据以文件形式从数据库导出,并通过文件传输方式传输到目标端将文件导入到数据库。该方式适用于大批量数据一次性从一个数据库快速复制到另一个数据库中。

程序接口方式:程序接口方式即基于源端数据结构及技术特点,通过自开发数据接口方式采集源端数据,并将解析后的数据写入到目标端的技术。该方式相对比较灵活,一般适用于小批量数据实时同步。

2.2.2 存量与增量数据接入

由于各个服务渠道的数据存在存储数据库类型多样、数据结构多样、数据体量大、增量多且快的特点,如进行全量数据接入存在效率低、稳定性差,对源端性能也会造成影响。鉴于以上原因,我们针对存量、增量数据采用不同的接入方法,将存量数

据先采用文件形式从源端导出到中间 Oracle 数据库，再通过数据抽取方式导入目标 MPP 数据仓库；对于增量数据，采用 OGG 方式将捕获的增量数据从 Oracle 同步到 MySQL 缓存库，然后再通过数据抽取方式按天将增量数据从 MySQL 抽取到 MPP 数据仓库中。

由于 OGG 方式要求源端与目标端数据表应保持一致，而在 MySQL 中不会存储与源端 Oracle 中相同的全量数据，因此数据复制过程中需要对目标端 OGG 及表结构做一些额外的处理，目标端数据表增加增删改的标识字段(新增 I、改 U、删 D)，同时添加时间戳字段，如图 2 所示，目标端 OGG 解析增量数据并判断记录是否在目标端存在，如不存在则插入，反之则覆盖更新。

操作类型	主键	字段2	字段3	操作时间
insert	1	2	3	2019/8/1 12:00:00
update	1	4	6	2019/8/1 15:00:00
delete	7	8	9	2019/8/1 15:30:00
update	2	3	6	2019/8/2 10:30:00
insert	3	5	5	2019/8/2 10:40:00

主键	字段2	字段3	FLAG	date	Date_Time
1	4	6	U	2019/8/1	2019/8/1 15:00:00
7	8	9	D	2019/8/1	2019/8/1 15:30:00
2	2	3	U	2019/8/2	2019/8/2 10:30:00
3	5	5	I	2019/8/2	2019/8/2 10:40:00

图2 数据复制增加字段示意图

增量数据进入到 MySQL 中后，通过数据抽取方式将数据抽取批量加载到 MPP 数据仓库中临时表，并调用 MPP 数据仓库存储过程将全量数据表和增量表进行合并完成数据增量更新。

3 渠道数据整合验证

本文的重点于增量数据接入验证，因此本次验证针对渠道增量数据接入场景搭建环境并进行了实验。实验环境主要包括 Oracle 集群、MySQL 集群、MPP 数据仓库 Gbase 8a 集群环境。分别选取掌上电力(2019版)和微信渠道业务数据及用户行为日志数据进行数据模拟测试，各类模拟数据1亿条，日增量数据1200万条，整个数据整合效率及稳定性如表2所示，掌上电力和微信1亿条全量数据接入耗时4.12 h，1200万条增量数据接入耗时90.6 s，数据差异均为0；用户行为日志1亿条全量数据接入耗时4.02 h，1200万条增量数据接入耗时47.6 s，数据差异均为0。

综合上述验证结果，基于增量数据接入方式，可以实现数据能够高效而准确地同步，且对目标端

服务器性能影响较小，该方案可以有效适用于电力企业服务渠道数据整合。

表2 渠道数据整合验证结果

数据类型	数据总量	数据增量	全量数据接入		增量数据接入	
			数据差异	消耗时间/h	数据差异	消耗时间/s
掌上电力和微信数据	1亿条	1200万条	0	4.12	0	90.6
用户行为日志数据	1亿条	1200万条	0	4.02	0	47.6

4 结束语

本文分析了电力企业服务渠道数据特点，并基于电力企业现有数据存储等基础环境，提出了一种将数据抽取、数据复制、程序接口相结合的服务渠道数据整合解决方案。经过实验验证，该方案基于存量、增量混合数据接入实现方式，能够在不影响源端生产系统性能前提下，高效实现多源异构服务渠道数据之间的整合，同时整合后的渠道数据存储 MPP 数据仓库中可以满足后续全渠道数据查询分析、报表计算、数据挖掘等渠道运营工作需求，此研究成果具有较高应用价值。

参考文献

- [1] 程丽丽. 基于 SuperMap 的不动产登记数据整合建库研究[J]. 测绘通报, 2015(S1): 7-10.
- [2] 赵卫平. 基于 ETL 技术的不动产数据整合建库方法[J]. 勘察科学技术, 2017(S1): 176-179.
- [3] 曲朝阳, 陈贺新. 基于 Spark 的电力调度数据整合模型[J]. 计算机工程与应用, 2017(S1): 65-70.
- [4] 李亢, 李新明, 刘东. 多源异构装备数据集成研究综述[J]. 中国电子科学研究院学报, 2015(2): 162-163.
- [5] 刘波, 时盟. 基于大数据技术的智能配电网用户接入方案分析[J]. 机电信息, 2017(9): 21-22.
- [6] 杨德胜, 陈江江, 张明. 电力大数据高速存储及检索关键技术研究与应用[J]. 电子测试, 2014(3): 61-63.

(责任编辑:张峰亮)

变电站告警信息处置辅助系统

马丽, 晋文杰, 蒋国立

(国网山西省黎城县供电公司, 山西 黎城 047600)

随着电力系统的发展和电网规模不断扩大, 电网结构日趋复杂, 电力调控工作也面临诸多挑战。电力调控运行主要是通过监控和调度两方面对整个电网实施管理。因此, 就作为收集电网信息的“眼睛”——电力监控系统来说, 提高监控信息管理和分析能力显得尤为重要。

当前电力监控系统主要是通过调控直采和告警直传的形式来接收变电站的“四遥”信息, 从而了解站内一二次设备及辅助系统运行状态, 其中事故和异常告警信息是反映电网设备故障和异常情况, 直接威胁电网安全与设备运行, 是需要实时监控、及时处理的重要信息, 由于其可理解性差, 这使得调控员在处理信息时存在一定的难度。

为了提高调控员对告警信息的处置能力, 改变以往只是凭借经验进行处理的现象, 辅助调控员迅速准确地分析判断告警信息, 缩短查找故障原因所消耗的时间, 国网黎城县供电公司调控分中心创新研发了变电站告警信息处置辅助系统。

1 系统工作原理

变电站告警信息处置辅助系统是基于与调控自动化监控系统同一网段的独立系统, 能与监控系统同时接收变电站上传的所有告警信息, 并对接收到的告警信息进行信息释义、原因分析、处理原则等相关解释, 有利于协助调控员迅速准确地分析判断告警信息, 做出正确处理, 缩短查找故障时间, 提高电网设备安全运行水平。

2 系统组成与功能

变电站告警信息处置辅助系统核心结构, 如图1所示。

告警信息释义: 首先依照省调下发的《山西电网调度集中监控典型信息处置手册》, 结合所辖变电站设备实际情况, 分别对变电站一二次设备、公共

设备和辅助设备等的的所有监控信号进行梳理分析, 最终总结归纳出适合公司设备的12类共59项典型释义; 其次对照典型释义对各站所有监控信息分别从信息释义、原因分析、造成后果、处置原则、缺陷分类和处理周期等6个方面逐条进行规范解释, 作为标准信息数据进行数据导入。

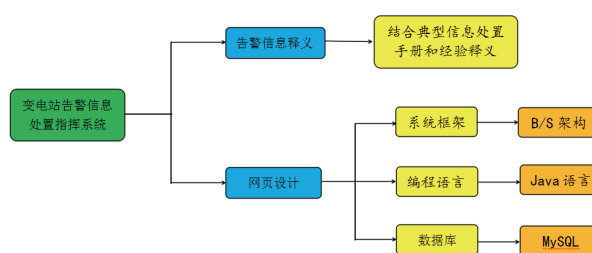


图1 系统结构

系统框架采用B/S架构: 分别从组件层、逻辑层设计2个方面进行系统实现。如图2所示。

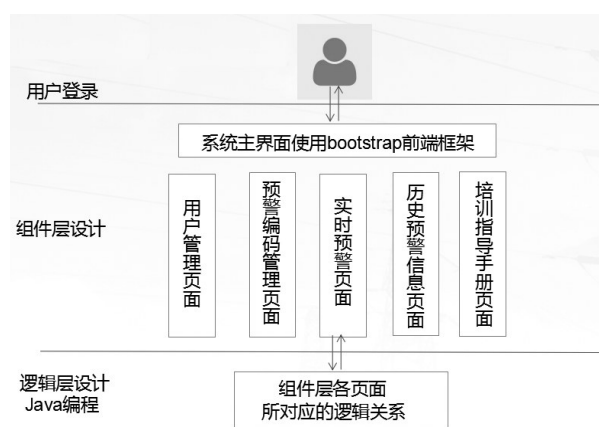


图2 系统框架

在系统开发过程中, 组件层是用户使用系统的接口, 使用的组件决定了系统的界面。逻辑层设计主要是定义系统中每个组件做什么行为, 以及何时做这些行为, 是系统实现的关键。

3 各模块功能介绍

登录页面。在密码框内输入正确的密码点击

“提交”按钮即可进入首页，否则系统会出现“密码错误，请重新输入！”的提示。

3.1 预警编码管理

在首页点击“预警编码管理”按钮，即可进入预警编码管理页面，点击右上角的导入/导出，即可实现对编制好的信息释义表的导入/导出，同时也可以实现对单条记录的编辑功能。

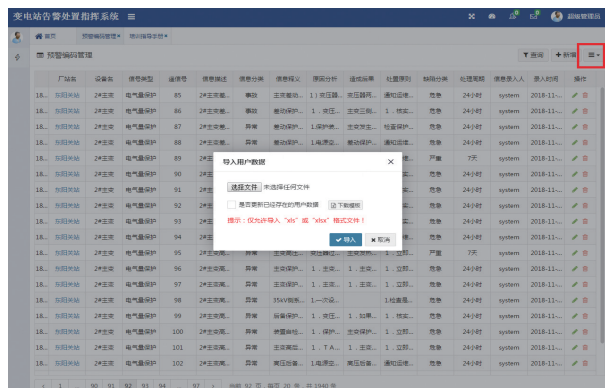


图3 整体导入/导出

3.2 实时预警

该功能为本系统核心功能，首先需要和监控服务器属同一网段内，即加入到该局域网中；再者须在监控服务器软件中增加配置，使所需数据转发到本地服务器中，再通过104协议进行传输。而本地则须对104协议进行解析编译，找出数据中所含遥信号以及该条数据所属站点。通过数据中的遥信号来获取该条信息中所包含的其他信息。存入MySQL数据库中，再使用WebSocket进行数据库监管，若数据库中新增加一条数据，就实时的在列表中展示出来。

在首页点击“实时预警”按钮，即可进入实时预警页面，点击每条告警信息的原因分析、造成后果、处置原则等可以实现放大推送的功能。

3.3 历史预警信息

在首页点击“历史预警信息页面”按钮，即可进入历史预警页面，点击查询，我们可以对以前发生过的告警信息的发生时间、处理情况及处理时间进行查询，同时还可以看到以前发生过的告警信息是由什么原因引起的及该原因出现的次数。

3.4 统计分析

在统计分析页面中，本系统可以统计不同的变

电站统计告警信息发生的次数，也可以统计不同的设备类型统计告警发生的次数，便于调控员进一步发现设备的家族性缺陷。

3.5 培训指导手册

在首页点击“培训指导手册”按钮，即可进入培训指导手册页面，通过翻看文档，即可完成对本系统的学习。

4 系统应用

2018年9月，变电站告警信息处置辅助系统研发成功，在经过功能测试后，经领导批准，在黎城调控分中心进行了安装。试运行期间，系统运行正常，因其实用性强、操作简单、使用方便、可扩展性强等特点，能够辅助调控员快速正确地处理变电站告警信息，得到了广泛认可。

2018年11月2日，35 kV黄崖洞站10 kV分段500开关控制回路断线动作，调控员根据变电站告警信息辅助指挥系统重点给出的6点原因指挥运维人员进行现场检查，查出故障是控制保险熔断引起的，最终在2 h内将故障成功处理。

2018年11月11日，35 kV东阳关站10 kV C540电容器弹簧未储能动作，调控员根据变电站告警信息处置辅助系统重点给出的4点原因指挥运维人员进行现场检查，查出故障是储能电机损坏引起的，最终在3 h内将故障处理完毕。

本系统投入运行以后，对调控员正确判断、处理事故有很大的帮助，大大提高了处理电网设备异常、故障的工作效率，使调控运行工作在安全、质量、效率和效益等方面有了很大的提升。

5 结束语

变电站告警信息处置辅助系统的应用，能够为调控员在处理事故、异常时提供技术支持，提高了故障处置效率，缩短了故障处理时间，得到了调控、变电运维人员的广泛认可。同时该项目成果不仅能应用于调控处置变电事故、异常工作中，还能应用于调控日常培训，提高调控员的专业技能水平，为安全生产提供了有力的保障。

(责任编辑:袁航)

提高高淳农网低压采集线损合格率

戴彬, 孔丹军, 张广红

(南京三新供电服务有限公司高淳分公司, 江苏 南京 210000)

1 选题理由

低压线损管理是农电管理工作一项重点工作, 是供电企业管理水平逐步提高的体现, 近几年, 国家电网公司对农村电网建设及管理力度逐年加大, 作为服务基层的农村供电所, 都在积极响应, 采取各种有力措施, 努力降低低压电网线损。2018年江苏省电力公司对各单位低压集抄系统月线损合格率的考核指标为99%。2018年3—8月, 高淳农网月均低压采集线损合格率为98.51%, 达不到上级公司要求, 即高淳农网低压采集线损合格率有待提高。

2 现状调查

现状调查一: 小组针对高淳农网2018年3—8月低压采集线损合格率进行调查统计, 台区取样总数为704, 如表1所示。

从表中看到, 高淳农网近6个月中只有2个月的线损合格率达到上级公司要求。

现状调查二: 小组接着从用采系统中导出2018年3—8月农网被取样的704个台区的低压台区采集线损不合格的异常情况, 并按异常类型和异常次数进行了统计, 统计如表2所示。

结论二: 从表格中可以看出参与率未达标是导致高淳农网低压采集线损合格率低的主要原因, 而用户采集失败就会导致参与率低。由此可以判定, 台区用户用电数据采集失败是问题的症结所在。

3 设定目标

小组成员根据现状调查和主要症结的分析测算,

决定将线损合格率由原来的98.51%提高至99.50%。

表2 农网低压台区采集线损不合格的台区异常情况统计表

异常情况	异常情况台次	累计异常次数	频率/%	累计频率/%
参与率未达标	54	54	85.71	85.71
三相不平衡	4	58	6.35	92.06
供电半径超标	2	60	3.17	95.23
超负荷	1	61	1.59	96.82
其他	2	63	3.17	100.00
合计	63	—	—	—

4 原因分析

本小组针对确定的目标, 于2018年9月24日在会议室召开讨论分析会, 大家集思广益、深入剖析, 并将讨论结果运用关联图分析如图1所示。

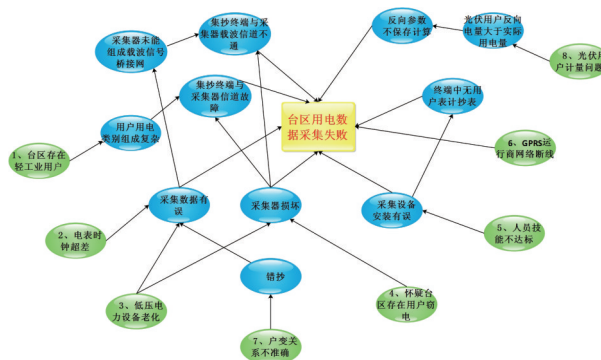


图1 关联图

5 要因确认

小组严格按照确认计划, 对现有的末端因素进行现场调查、统计分析、数据比较等验证方法确认,

表1 2018年3—8月高淳农网低压采集月线损合格率

项目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	合计
台区总数	704	704	704	704	704	704	4224
线损不合格台区	12	6	12	6	14	13	63
线损合格率/%	98.3	99.15	98.3	99.15	98.01	98.15	98.51 平均值

表3 对策表

序号	要因	对策	目标	措施	地点	完成时间
1	电表时钟超差	更换采集模块	时钟超差表计采集模块更换率达到100%	1. 查找数据,通过分析确定需要更换的表计。筛选出不合格台区中所有时钟超差>5 min的表计,提出电量长期为0,模拟计算电量,得到5个受到电表时钟超差影响而线损不合格的台区。 2. 现场勘察,在更换采集模块后,对电表进行召测。	会议室、用电现场	2018-12-11
2	GPRS运营商网络断线	加装信号加强装置同时与GPRS运营商协调加强信号	使受到GPRS信号稳定率达到100%	1. 查找数据找出因GPRS信号不好导致经常掉线的采集终端。 2. 现场勘察,并将现场数据对接,确认采集终端掉线频率。 3. 加装采集增强装置进行调试。 4. 与GPRS运营商沟通协调加强信号强度	会议室、用电现场	2018-12-18
3	用户违约窃电	对疑似窃电用户,公司组织开展营业普查,现场确认窃电用户	查处窃电用户整改率达到100%	1. 根据采集系统,找出疑似窃电用户。 2. 现场堪查,查找违约用电属实证据。	用电现场	2018-12-24

最终确定3条要因:电表时钟超差;GPRS运营商信号不好;用户违约窃电。

6 对策制定及实施

制定对策如表3所示。

更换采集模块。通过采集系统导出影响台区线损的时钟超差表计,进行现场调时差或更换,并在系统内数次召测核对,确保无误。

加装信号增强装置同时与GPRS运营商协调加强信号。小组成员对采购信号放大器进行测试,确认可以使用。并将组装好的485无线通信模块安装至采集失败表计上。

加大对《电力法》及其配套法规的宣传力度,加大对窃电违法犯罪行为的打击力度。对疑似窃电

7 效果检查及巩固措施

小组对高淳农网活动后的低压集抄系统月线损合格率及进行了统计,如表4所示。

针对因GPRS信号不好导致经常掉线的采集终端,加装采集增强装置并进行调试纳入班组作业指导书,在公司范围内推广应用。

安排专人定期检索采集系统中的电量异常用户,特别是在迎峰度夏、迎峰度冬期间电量突增的,找出疑似窃电用户,突击进行夜查,并坚持开展反窃电大比武活动。

通过检索采集系统中的电量异常用户情况,公司开展营业普查活动,抓获9个窃电用户,共计追补电费1.1万元,收取违约使用电费3.3万元。

表4 2018年12月—2019年5月的低压集抄系统月线损合格率

单位	年月	总台区数	不合格台区数	合格台区数	低压线损合格率/%
农网	2018.12	704	6	698	99.15
	2019.01	704	5	699	99.29
	2019.02	704	3	701	99.57
	2019.03	704	4	700	99.43
	2019.04	704	6	698	99.15
	2019.05	704	2	702	99.72

8 结束语

QC小组通过“提高农网低压采集线损合格率”的课题活动,有效提高了成员素质。成员各展所长,充分发挥了各自的主观能动性,提高了团队成员协同作战的能力,增强了团队的凝聚力。

通过本次QC活动,不但达到了预定的课题目标,小组成员也学会了在解决实际问题中学会使用以PDCA为核心思想的工作方法;既提高了客户满意度,维护了公司优质服务形象,为公司行风评议打下坚实基础,也实现同业对标指标进位争先。

(责任编辑:刘艳玲)

新型一体化绿色能源箱的研制

邬成锋, 雷象兵, 陈华杰, 汪敏东, 吕杰

(国网浙江海宁市供电有限公司, 浙江 嘉兴 314400)

1 现状分析

新能源汽车作为三大国民经济先导产业, 在政策鼓励下近几年呈现高速增长态势。截至2018年底, 中国电动汽车保有量已超过261万辆, 全国累计建设公共充电桩的数量为30万个, 私人充电桩47.7万个, 车桩比例高于3:1, 不利于电动汽车的迅速发展。因此, 下阶段还将继续大力建设充电设施, 预计2020年我国将新增480万个充电桩。但目前充电桩建设普遍存在布局不合理、配套设施电力投入成本大、建设滞后等问题, 导致充电桩数量增速较慢, 已成为制约电动汽车普及的一个突破点。

根据现有社会上电动汽车与充电桩的连接及充电模式, 可将充电桩分为以下几类。

1.1 快速直流充电桩

如图1所示, 除了充电时间短, 速度快外, 存在以下几个问题: 电力投入成本高, 需专变供电设施, 土建基础浇筑, 电缆敷设; 占用较大空间、选址困难, 车位集中专用; 设备投资成本大, 单个充电桩成本在2万元以上。



图1 快速直流充电桩

1.2 交流慢充电桩

如图2所示, 交流慢充电桩电力投入成本较高, 需公变专线供电、需设置独立配电控制箱; 占用较

大空间, 选址困难, 需车位集中区块; 设备投资成本较大, 单个充电桩成本在0.5万元以上。



图2 交流慢充充电桩

充电桩建设主要分为充电桩安装和充电桩电力配套设施建设两部分, 由充电桩厂家和电力企业分别完成, 包括充电桩选址、电源点选择、专线引入、控制箱安装、管线敷设以及充电桩安装等环节。如图3所示。



图3 充电桩建设简图

在此过程中, 受到电力基础设施不配套、充电桩用地难、建设成本高等原因影响, 导致充电桩选址困难、布局不合理、电力投资成本高、充电不方便等情况, 已成为下一步推广充电设施的关键瓶颈, 亟待研究出一种占地小、投资成本低, 对周边环境影响小、布局方便的绿色新型能源箱来作为新能源汽车的充电保障。

2 原因分析

通过逐一分析现阶段市面中出现的交、直流充电桩以及不同形式充电设施的建设和使用难点, 寻找问题原因, 总结并归纳出以下几方面:

占用空间较大, 难于选址。传统充电桩模块化

的设计特点，使其安装需占用较大的空间，且位置的选择上也有较高的要求，无法直接在普通车位上直接应用，难以广泛分布。需要设计更便捷的充电设施，能利用现有停车位边的电杆、车棚立柱等公用设施作为支撑和电源设立点，不占用额外空间，可广泛安装，使用便捷，解决传统充电桩布点困难的特点。

电力投入成本高，适应性差。传统充电桩供电要求较高，接电时须从公用变压器放置专线供电，并设置独立的配电控制箱。而不同充电桩现场的安装条件与所须的供电距离往往存在较大差异，使供电企业难以控制充电桩安装成本，无法标准化实施。须结合供电企业自身特点，将供电点、计量装置、充电控制模块等集中布置在同一控制箱内，减少中间环节的连接，节省成本，并提高适应性。

使用率低，难以管理。传统个人充电桩及电源箱的使用往往仅限于充电桩主人，单一电源表箱固定用户使用也造成社会资源的浪费，电源箱的共享存在充电桩主人难以计收充电费用和实时掌握充电桩信息。须配套设计一款App，通过扫码付费用电，满足其他用户的用电需求（如脱离用电、临时用电等），实现共享用电，同时充电桩主人也可通过扫码随时了解充电桩运行使用情况。

3 对策实施

本项目的技术方案，主要是对原有三相计量箱进行改造，在不降低原计量箱防护等级的基础上新增开口，保留表前断路器，并将远程计时模块、显示模块、语音模块、交流接触、剩余电流动作保护器及插座等复杂元件集成到同一计量箱内，解决充电桩配套设施建设复杂等问题，适用于多种场合安装。电气原理如图4所示，具体方案如下。

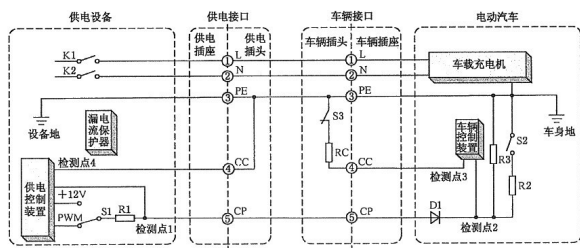


图4 绿色能源箱电气原理图

3.1 改造升级三相计量箱

绿色能源箱箱体由三相计量箱改造而来，既能保证内部元件有充足的安装空间，又能有效降低改造成本。与原有充电桩配套设施相比，能源箱占用空间大幅缩小，并可针对遍布大街小巷汽车停车位旁的电杆、路灯杆、车棚立柱进行安装，满足海宁地区低压电杆等1万多个公共设施有效改造，不占用额外空间，解决传统充电桩布点困难的问题。



图5 绿色能源箱外观图

3.2 集成内部元件

绿色能源箱内部将供电点、计量装置、充电控制模块等集中布置，包含隔表前离闸开关、二次线路断路器、控制模块及数字显示屏、交流接触器、漏保及空开等元件，并配置多个不同规格的充电插口，如图6所示。集成化设计能有效缩小充电桩配套设施各控制模块间的距离，减小整体体积，降低配套设施的材料成本及施工成本，大幅提高充电桩配套设施的建设效率。



图6 绿色能源箱内部布局图

3.3 扫码实时管理

如图7、图8所示,通过配套设计绿色能源箱管理App,与内部充电控制模块配合,其他用户可通过扫码直接使用充电桩充电,或在能源箱插座接入其他设备进行临时三相用电,实现共享用电;充电桩主人也可通过扫码实时管理能源箱及充电桩。

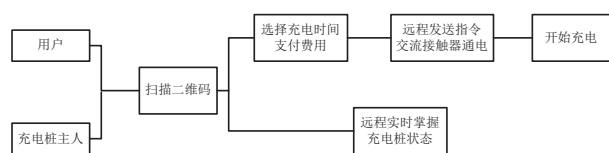


图7 充电桩管理控制简图



图8 扫码充电与管理界面

4 效果评价

新型一体化绿色能源箱,从外观设计、内部布局 and 综合管理三方面入手有效解决传统充电桩建设中存在的选址困难、电力投资成本高、充电不方便等问题,取得了较好的实施效果。

降低电力企业成本,加快充电桩建设。新型一体化绿色能源箱通过改造升级三相计量箱,将原有充电桩配套设施集成到同一表箱内,大大减小配套设施空间及成本,能适应各类复杂的充电桩安装环境,提高安装的灵活性,降低安装难度,加快充电桩建设。

降低用户充电难度,提升充电桩使用率。新型一体化绿色能源箱实现充电桩配套设施集成化,具有较好的适应性,能有效降低充电桩安装的门槛,

方便用户安装与使用。同时,通过充电桩管理App,个人充电桩也可满足他人充电需求,提高充电桩使用率,实现共享用电。

规范充电桩建设,促进电动车行业健康发展。新型一体化绿色能源箱能有效改善充电桩配套设施建设标准参差不齐的现状,推动充电桩配套建设标准化,实现充电桩快速、有序增长,促进社会资源共享。同时进一步推动实施电能替代,海宁地区年替代电量预计达到5000 MWh,为电动车行业的飞速健康发展提供有力支撑。

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

国网新疆电力:用户停电信息实现“秒”级感知

2019年12月12日,新疆首个智慧电力物联网小区在乌鲁木齐市禧粤居小区试运行,实现用户停电信息“秒”级感知。由国家电网有限公司主导实施,在全国主要城市推广试点,挖掘泛在电力物联网客户侧价值的“智慧小区”“智慧台区”模式首次在新疆落地。

禧粤居作为全疆首个智慧电力物联网小区,全部393户与供电服务指挥平台实现联网,约2万个关键信息将被实时感知。一旦用户停电,供电公司将在60s内获取停电用户的相关信息和地理位置,并自动向属地运营部门发送任务单,及时主动提供抢修和用电服务。

智慧电力物联网小区应用HPLC(高频低压载波技术)智能感知终端、物联代理终端(融合终端)两大新技术,前者是信息传输的提速器、后者是信息的分析处理器。新技术的应用同时实现了四大功能:营配融合规约一体解析;营配末端设备自动拓扑识别;配用电设备停电“秒”级感知;中低压线损的分布式管理。通俗地说,上述功能向供电服务人员提供了一幅可视化、精确到门牌号的电网全景图,动态实时反映小区居民的用电情况,确保用户的“送电快递”使命必达。

拥有“秒”级感知能力的智慧电力物联网小区,提升了服务的精准性,降低用户等待时间,提升服务的质量。

来源:国网新疆电力有限公司

用户综合用能在线监测 与优化控制关键技术研究

范来富¹, 邵兴登¹, 张建浩², 徐岩²

(1. 国网淮安供电公司, 江苏 淮安 223001; 2. 华北电力大学(保定), 河北 保定 071000)

摘要: 随着国家能源结构的转型, 用户综合用能关键技术研究迫在眉睫。文章研究了综合用能专属能源控制器应用, 通过能源控制器对用户“水、气、电、热、冷”等多种用能数据、“温度、压力”等传感测量数据、开关状态等工况数据进行采集, 运用边缘计算、物联网通信、大数据分析等技术, 实现园区、社区、建筑等类型用户的各类用能信息采集与融通共享。设计用户综合用能耦合优化模型, 开展用户用能设备的在线监测与优化策略研究, 实现用能设备状态全面感知与综合用能智能优化控制, 支持用户侧微网场景下的能源开发、转化、储能、传输、消费全过程的一体化监控。

关键词: 综合用能; 在线监测; 优化控制; 数据采集; 综合能源控制器

中图分类号: TM727

从能源革命的现实路径来看, 推动能源消费方式的重构是我国能源消费革命的基础, 基于用户侧的分布式能源体系建设是我国能源体系重构的关键, 可再生能源的就地开发、综合互补和高效利用是构建多元供能与用能体系的核心, 而基于区域能源网络和智能电网技术基础上的能源流通网络将成为我国构建安全、高效、绿色、多元的现代能源体系的重要支撑。除自上而下引导作用外, 更需要自下而上的力量驱动。

单一的分布式能源由于能量密度低、间歇性强, 往往无法满足能源消费的需求, 而分布式能源系统是综合考虑了各种能源之间的有机整合与集成优化, 构建出的一种集成多种能量输入(如太阳能、风能、天然气、生物质能)、多种产品输出(冷、热、电、洁净水和化工产品等)、多重能量转换单元(光伏电池、微型燃气轮机、内燃机等)耦合一体的复杂能量系统。基于常规分布式能源技术耦合了环境势能、可再生能源、常规能源系统、新型区域综合能源规划、智能电网和智能通信控制技术等, 通过用户综合用能的在线监测和优化控制, 可以更好地实现能源、环境和经济效益的统一。

1 用户用能需求分析

用户能源需求主要包括电负荷、热负荷、冷负荷、燃油负荷和燃气负荷等, 各类能源消费种类在产业领域、建筑领域和交通领域均有体现。

电负荷方面, 可具体分为纯用电负荷和电转化负荷。其中, 纯用电负荷是指单纯的电力消耗设备, 如产业领域的工业机床、建筑领域的家用电器、交通领域的电动汽车。电转化负荷是指将电能转化为热、冷等其他能源形式加以利用的电力消耗设备, 如产业领域的电蒸汽锅炉、建筑领域的家用空调。

热负荷方面, 可具体分为蒸汽负荷和热水负荷。其中, 蒸汽负荷属于高参数、高品质的热能资源, 主要用于产业领域的生产工艺用热、建筑领域的医疗消毒等需求。热水负荷能量品位相对较低, 主要用于用户采暖负荷需求, 包括产业领域的厂房采暖和建筑领域的采暖需求。

冷负荷方面, 可具体分为制冷负荷和空调负荷。其中, 制冷负荷是指以营造低温环境为目的的冷负荷需求, 其制冷温度相对较低, 常用于冷冻、气体液化等, 包括产业领域的空气分离、建筑领域冷库等典型负荷。空调负荷则是指为满足空气调节需求、提高办公、生活舒适度的冷负荷, 其制冷温度相对较高, 包括产业领域的厂房空调、建筑领域的空调等典型负荷。

燃油负荷方面, 是用户侧终端用能的重要种类之一, 包括产业领域的工业燃油设备, 通过锅炉将燃油转化为热能加以利用; 交通领域也是燃油的重要消费环节, 通过传统燃油汽车将燃油能量转换为机械能, 进而驱动汽车行驶。

燃气负荷方面, 在用户侧终端用能中应用范围

较为广泛，主要包括产业领域的工业燃气设备、建筑领域的家用燃气、交通领域的天然气汽车等。

2 用能数据采集种类与方式研究

2.1 数据采集方式

通过在线监测平台构建，确定适应平台的终端采集的时间间隔、精度等关键参数与要求，目前采集方式主要有以下几种，一是实时采集，由终端直接采集指定采集设备的相应数据项，或采集相应设备存储的各类能源数据、参数和事件数据；二是定时自动采集，由终端根据主站设置的方案自动采集数据；三是自动补抄，终端对在规定时间内未抄读到的数据应有自动补抄功能，当补抄失败时，生成事件记录，并向主站报告。

2.2 数据交互通信端口

通过优化控制关键技术研究，确定满足优化控制要求的上、下行通信方式及相应技术路线。上行通信，采用具备无线与有线可选通信方式，应包括但不限于包括互联网、无线专网、以太网、电力载波等。下行通信，应满足综合能源服务业务多场景接入需要，具备接入电、水、燃气、集中供冷供热等采集设备接口^[8]，支持执行装置等接入，具备有线与无线可选通信方式，具备无线与有线主流可选通信方式有RS-485、HPLC、M-Bus、LoRa、ZigBee、CAN等。

2.3 监测数据对外交互技术路线

一是具有互联网通信功能，能够使用互联网协议传输综合能源业务相关信息；二是能够升级，通过升级适应未来的互联网协议；三是具有通信故障报警、记录及恢复功能，应按照DL/T 1867要求，采用统一信息模型与系统主站进行信息交互；四是备有安全加密功能，包括支持白名单识别认证；五是支持双向加密传输功能要求，支持网络防火墙。

2.4 相关参数采集

电参数采集：电参数采集使用智能电能表，主要采集数据包括以下几种，一是电能表的输出值，包括相电压、线电压、电流、单相有/无功功率、总有/无功功率、单相视在功率、总视在功率、正向有功电能、反向有功电能、正向无功电能、反向无功电能、功率因数、频率等；二是电能表的状态量，

包括断路器位置信号、刀闸位置信号、手车位置信号、阀开关信号、设备故障信号、通信告警信号、事故总信号等。

热力参数采集：热力参数采集使用热量表，主要采集参数包括以下几种，一是热量表的输出值，包括实时流量、累计流量、供回水温度、温差和累计工作时间等；二是状态量，包括阀位位置信号、故障信号等。

燃气参数采集：燃气参数采集使用远传式气表，主要采集参数包括以下几种，一是气表的输出值，包括实时时间、实时流量，累积量、表记地址等；二是状态量，包括阀位位置信号、故障信号等。

环境参数采集：环境参数采集采用相应的温湿度传感器等，采集环境温度、湿度等。

3 单体设备模型建立

3.1 储能系统模型

储能系统主要考虑充放电功率以及当前电量，因此对蓄电池内部充放电电路过程不作精细的数学建模，储能系统模型如图1所示。

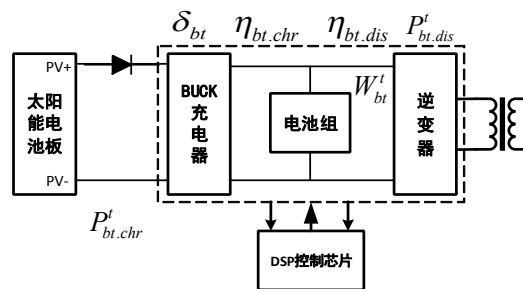


图1 储能系统模型

3.2 电锅炉模型

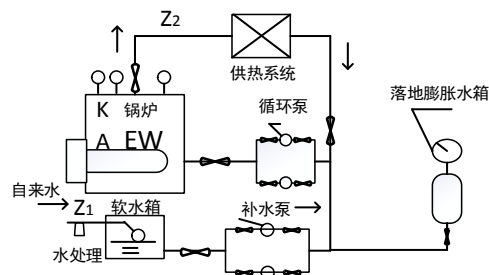


图2 电锅炉模型

常见的电锅炉包括分体电锅炉和一体化电锅炉。电锅炉的加热体主要有光电加热、电磁加热、PTC

模块加热、电热管加热^[10]。主要组成部：蓄水箱，锅炉体，控制柜。电锅炉模型如图2所示。

3.3 燃气锅炉模型

常见的燃气锅炉包括燃气开水锅炉、燃气热水锅炉、燃气蒸汽锅炉。燃气锅炉模型如图3所示。

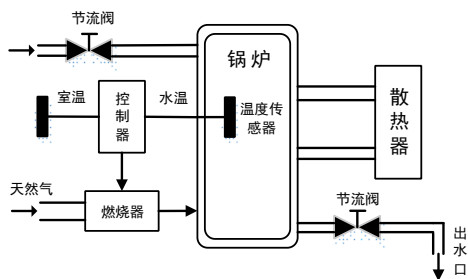


图3 燃气锅炉模型

4 在线监测与优化控制应用

用户用能在线监测与优化控制应用的整体思路主要包括三部分，一是输入（用户侧能源需求、供给侧系统设备参数、其他环境参数），二是优化配置（设定的优化目标、调度运行的边界条件），三是输出（供给侧设备的类型及容量、供给侧调度运行策略）。

首先，在用户综合用能需求分析的基础上提出系统的优化问题；其次，针对系统方案、结构、技术参数、运行策略中的协同优化变量进行性能分析；再次，基于系统优化所提出的评估目标进行数学建模处理，在满足约束条件的前提下，判断是否为系统最优化结果，若不能满足条件，则采用寻优算法对变量输入进行修正，如此循环直到得出协同优化的最优方案^[11]。如图4所示。

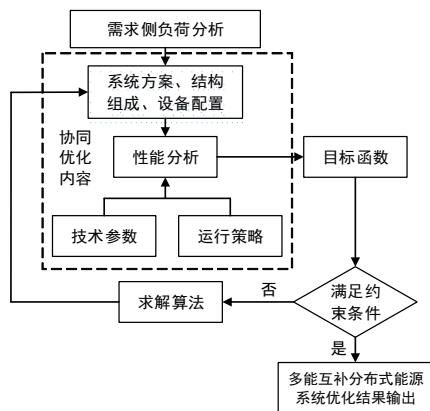


图4 用户综合用能需求分析流程图

4.1 优化控制整体思路

4.1.1 用户资源禀赋与适应性分析

根据用户资源禀赋和外围环境资源条件，对用户用能进行供能系统配置适应性分析。主要包括：资源类型、资源情况、应用技术和适用性分析以及潜力分析。

4.1.2 用户能源需求与主要设备分析

根据用户用能历史数据（电负荷、热负荷、冷负荷和电量、供热量、供冷量以及气象数据等）和能源需求预测结果，对园区负荷特性进行分析；结合供能系统配置适应性分析结果，确定园区供能系统主要设备（燃料成本、初始投资成本、运维成本、设备特性和适用场合）。

4.1.3 用户能源供给与能源转换模型的建立

用户智慧能源供给侧供电、供热、供冷设备和储能设备模型的建立，以及电、热、冷能源之间的转换模型的建立。

用户能源供给能源系统优化模块由优化变量、目标函数、约束条件和求解算法构成。一般而言，系统优化设计的出发点决定了数学模型中的目标函数，其主要从热力学性能、经济性能和环境性能3个方面进行考察^[11]。

4.2 深化在线监测应用

为解决用户综合用能中存在的问题，依托用户综合用能在线监测技术系统架构，实现多种能源协调，开展园区内的用户供、用能数据的监测、诊断与优化控制。

4.2.1 数据监测

基础数据：配电设备、天然气和冷热供应管网设备状态数据。

公共区域数据：路灯、充电桩、电梯等负荷数据。

环境数据：气象、温度、湿度等环境数据。

用户负荷数据：水、电、气、热负荷数据。

4.2.2 数据诊断

以能源诊断为核心，实现用户用能全环节、多层次、多维度的分析优化管理。

能源消费诊断：对各种能源消费情况分析，包括电力和天然气能源消费总量，消费占比、变化趋势等。

设备故障诊断：对能源设备状态进行诊断分析，包括电网和气网运行状态、用能设备状态等，可实现故障报警等。

4.2.3 数据控制

依据实时电价预测结果，供冷、供热价格，结合设备参数信息，以用能经济性最优为控制目标，实现锅炉供能方式的选择，以及电储能工作策略的实施。

4.2.4 边缘计算

运用边缘计算，提高用户综合通用监控系统的运行速度与精度。通过在供能用能设备上部署小型边缘计算模块，对下实现数据的高精度高实时性采集，及时进行数据处理形成关键数据；对上实现高效率通信，占用较小的带宽传输关键数据。同时对于复杂设备，在边缘计算模块中集成主要的控制策略，既能实时根据设备的实时状态进行及时反馈与控制，又能接受上层高度指令进行运作。

4.3 系统构架与布置

基于“云管边端”架构的用能控制系统，云通过管与边、端连接，边通过底端设备层对下层数据进行采集和控制，云、边、端之间通过通信管网通道实现数据交互。

“云”为省级用户侧用能服务管理平台，可以实现对全省多个用户用能控制系统的云监控、云存储、云计算和云应用等。

“管”分为互联网和用采通道两种通信管道，可支持有线通信和无线通信两种方式，包括用户用能系统智能传感、用能/供能数据传输通道以及融合通信。

“边”是指在用户侧部署本地用能控制系统，对底层用能/供能设备进行数据采集、分析和控制，实现用能侧的冷热电负荷管理以及供能侧的能源协同优化。

“端”是指公共区域及用户侧所有的底层用能/供能设备，供能设备包括光伏发电系统、储能单元、电锅炉、燃气锅炉、热泵机组，用能设备包括公共区域的路灯、充电桩，以及用户侧冷、热、电设备。

综合能源智能控制终端上行与上级控制中心连接，将数据上传至上级控制中心，下行与数据采集装置和执行机构连接，获取电气冷热数据和控制命

令的下达，典型部署方式如图5所示。

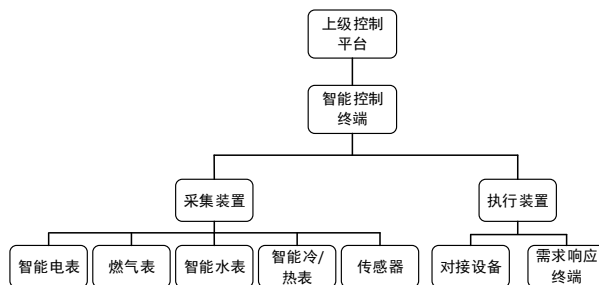


图5 综合能源智能控制终端部署方式

5 结束语

本文研究了综合用能专属能源控制器应用，通过能源控制器对用户“水、气、电、热、冷”等多种用能数据、“温度、压力”等传感测量数据、开关状态等工况数据进行采集，实现用户各类用能信息采集与融通共享；设计用户综合用能耦合优化模型，开展用户用能设备的在线监测与优化策略研究，实现用能设备状态全面感知与综合用能智能优化控制。

参考文献

- [1] 马天男, 王超, 彭丽霖, 等. 多源异构大数据下综合能源系统用户用能行为预测分析研究[J]. 智慧电力, 2018, 46(10): 86-95.
- [2] 刘欢. 基于电力系统整体能效的电网运行与规划研究[D]. 东南大学, 2016.
- [3] 李现京. 电力需求侧用能优化决策支持系统研究[D]. 华北电力大学, 2017.
- [4] 王萌. 居民用户能效监测与分析系统设计[D]. 华北电力大学(北京), 2017.
- [5] 朱慕. 电能服务管理系统的设计与实现[D]. 电子科技大学, 2016.
- [6] 康玮颖. 滨海供电公司智能用能系统提升改造研究[D]. 天津大学, 2014.
- [7] 郭亮. 电力用户用电数据采集及监控在需求侧管理中的应用研究[D]. 山东大学, 2010.
- [8] 梁浩宇, 向运琨, 易浩波. 用户侧泛在电力物联网的建设应用[J]. 大众用电, 2019, 34(08): 13-14.
- [9] 吴鸣, 骆钊, 季宇, 等. 基于模型预测控制的冷热电联供型微网动态优化调度[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(24): 7174-7184+7431.
- [10] 王鹏. 基于FPGA的电锅炉智能控制系统研究[D]. 西华大学, 2013.
- [11] 卢胤龙, 韩明新, 任洪波, 等. 多能互补分布式能源系统优化设计研究进展[J]. 上海电力学院学报, 2018, 34(03): 229-235.

(责任编辑:张峰亮)

一种非抽真空无弧分断高压断路器

刘津立, 李英杰, 刘春苗

(中冀电力集团股份有限公司, 河北 保定 071000)

摘要: 通过在高压断路器触头上增设石墨材质过渡触头、绝缘盖、氧化锌阀片, 在无抽真空、无须检测电压过零点的前提下, 提供一种主触头无烧灼、无燃弧、无弹跳震颤, 能够彻底安全频繁分段、成本低廉的新型高压断路器。

关键词: 断路器; 非抽真空; 氧化锌阀片; 无弧分段; 软启动特性

中图分类号: TM572

真空断路器是开闭电力线路并保护线路正常运行的重要设备, 该设备损坏造成的电力传输中断在线路故障中占有很大的比重, 在故障原因之中, 灭弧室气密性不足真空度降低, 触头烧灼氧化磨损、弹簧震颤弹跳损坏, 电弧重燃无法灭弧等故障往往导致断路器爆炸。

1 存在的问题

现有断路器灭弧方法主要为: 利用真空、六氟化硫(SF₆)气体、绝缘油的介质灭弧法, 利用气体或油吹弧法, 利用狭缝灭弧法, 利用多断口灭弧法, 这些灭弧方法结构复杂成本高昂并且灭弧不完美触头仍有磨损烧灼, 安全可靠仍待提高; 现有真空灭弧方案随着关断次数增加, 触头燃弧蒸发的导电颗粒会不断污染破坏真空室绝缘内壁, 使其绝缘能力降低, 燃弧气体也会不断削弱真空度, 因此真空室损坏是必然趋势。

此类设备均不能避免触头的磨损烧灼, 这说明传统的以灭弧为核心的断路器分断方案已经不能满足需求, 急需一种结构简单, 成本低廉的新型断路器来弥补上述设备的不足。

2 解决方案

2.1 具体方案

一种无弧分断高压断路器包括进出线接电排、灭弧分断室、支撑装置、控制装置, 特点是: 内部灭弧分断室不抽真空, 其外观尺寸与其他真空灭弧室基本相同, 如图1图2所示, 其内部的动静触头呈凹凸耦合结构, 静触头为凹型筒状结构, 外筒材质为铜, 称为铜静触头, 是主电路长期闭合工作期间的电流路径, 内筒材质为石墨, 称为石墨静触头,

是主电路开闭瞬间导通时的电流路径; 动触头为凸状结构: 凸起部分由绝缘盖、石墨动触头、绝缘筒、氧化锌阀片、铜动触头组成, 铜动触头底端与动导电棒相连。其中绝缘盖的厚度大于石墨动触头外露部分的厚度, 动触头的高度大于动触头的直径, 氧化锌阀片的运行电压小于线电压。

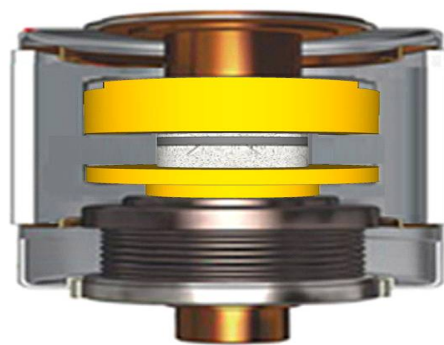


图1 无弧分断室

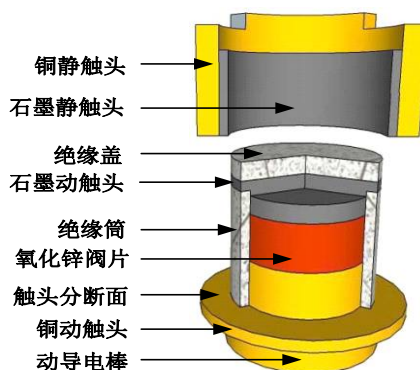


图2 触头剖面示意图

2.2 方案原理

燃弧和电流的本质相同, 燃弧是不依附于导体的电流, 均为光子汇聚而来, 开闭导体电路, 仅须开闭光子通道即可。在不同电场强度下, 等同材质

的导体其燃弧半径不同，在等同电场强度下，不同材质材料的抗击穿间隙不同，导电率越低抗击穿间隙越大，陶瓷材料无击穿间隙仅有爬电距离，金属氧化物避雷器的击穿间隙为200~300 V/mm。10 kV线路石墨电极其最小不击穿间隙为2~4 mm^[1]，而众所周知等同条件下铜电极的最小不击穿间隙大约为8~10 mm。

即在等同间隙等同电场强度下，材料电阻率越大，产生的燃弧强度越低；石墨的熔点为3850±50℃，即使经超高温电弧灼烧，重量的损失很小，热膨胀系数也很小。石墨强度随温度提高而加强，在2000℃时，石墨强度提高一倍。石墨的导电能力约为铜的1/500，导热系数随温度升高而降低，在极高温下成绝热体。使用石墨作为分断触头比使用铜作为分断触头产生的燃弧强度降低为原来的 $U^2/R = 1.7 \times 10^{-8} / (8 \sim 13) \times 10^{-6} \approx 1/500$ 。即在常压下仅仅使用触头替换就达到并超过真空分断的效果。

不可以直接将现有动静触头替换为石墨，因为此时石墨等同于一个发热电阻，会引起爆碎。

2.3 开闭步骤

此断路器工作步骤如下，图3~图8中蓝色箭头为电流路径：

步骤1，如图3所示，动触头和静触头处于分断状态，静触头上的绝缘盖将静触头和动触头隔离遮挡起来，其下部的石墨动触头产生感应电压，只要该感应电压小于避雷器的运行电压和操作冲击电压，则该感应电压能量会被氧化锌阀片持续转化为小于1mA的弱电流排泄掉，由于这种排泄效应的存在，静触头上的辐射电磁场无法逾越石墨动触头在铜动触头分断面直接产生击穿电弧，此时线路始终处于

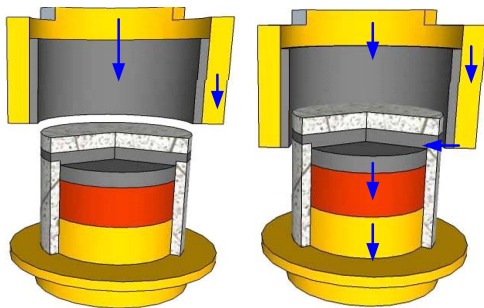


图3 继续分离内部燃弧导通状态(左)

图4 深度接触内部导通状态(右)

分断状态。

步骤2，如图4所示，动触头进一步向静触头靠拢，其顶端的绝缘盖逾越静触头下端，石墨动触头和石墨静触头接触，线电压瞬间击穿氧化锌阀片阈值线路导通，此时电流路径轨迹为：铜静触头→石墨静触头→石墨动触头→氧化锌阀片→铜动触头→动导电棒。

步骤3，如图5所示，动触头凸出端进一步深入静触头筒内直到铜动静触头分断面完全闭合，此时铜动静触头的分断面等同于短路了图2中的电流路径，此时电流路径轨迹变更为：铜静触头→铜静触头分断面→铜动触头分断面→铜动触头→动导电棒；此电流路径导通后，氧化锌阀片上下两端电压差值小于阀片的阈值，此时氧化锌阀片关闭自身电流路径，断路器进入长期稳定工作状态。

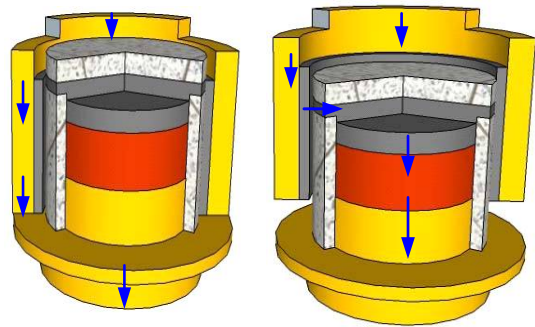


图5 完全闭合导通状态 图6 初始分断内部导通状态

步骤4，如图6所示，动静触头初步分断，铜静触头的分断面和铜动触头分断面初始分离，电阻瞬间增大，电压瞬间暴增，但此时石墨静触头和石墨动触头仍然处于接触中，瞬间暴增的电压瞬间击穿氧化锌阀片阈值，氧化锌阀片导通泄流，此时电流路径与步骤2电流路径相同。

电流路径轨迹具体为：铜静触头→石墨静触头→石墨动触头→氧化锌阀片→铜动触头→动导电棒；

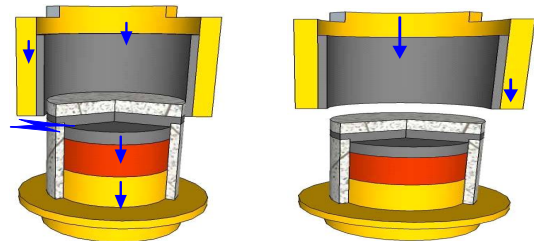


图7 继续分离内部燃弧导通状态 图8 彻底分离状态

步骤5,如图7所示,动静触头进一步分离,当石墨静触头下端和石墨动触头上端外表面分离之时,二者之间产生燃弧分断现象,其电流路径为:铜静触头→石墨静触头→(燃弧)→石墨动触头柱→氧化锌阀片→铜动触头→动导电棒。

步骤6,如图8所示,动静触头彻底分离,燃弧电压随着动静触头距离的加大进一步降低到某个阈值之后,由于无后续能量并且在间隙和氧化锌阀片作用下内部燃弧熄灭不会重燃。至此断路器一个完整分断周期结束。

2.4 氧化锌阀片阈值的选定

如图9所示,采用如下测试方法选定氧化锌阀片的型号,将放电极连接到相应电压等级的线路上,其下方依次摆放连接一个绝缘遮挡板、受电棒、氧化锌阀片、放电计数器并牢固接地,不断地更换氧化锌阀片型号和数量,经实验验证得出结论如下:

安全间距与氧化锌阀片型号、绝缘遮挡板的大小形状厚度、放电极形状、受电极形状、受电极材料的介电常数均有关系,并且当氧化锌阀片的运行电压大于放电电压时,无论安全间距多么小,都不会引发放电计数器动作。

并且对于10 kV/35 kV/45 kV/110 kV线路,只要选取合适厚度的氧化锌阀片和绝缘挡板,均可以获得0~10 mm的安全间距,并且绝缘挡板的厚度与选取的氧化锌阀片的厚度成反比,并且绝缘挡板的厚度越厚,击穿氧化锌阀片时的冲击电流越小。

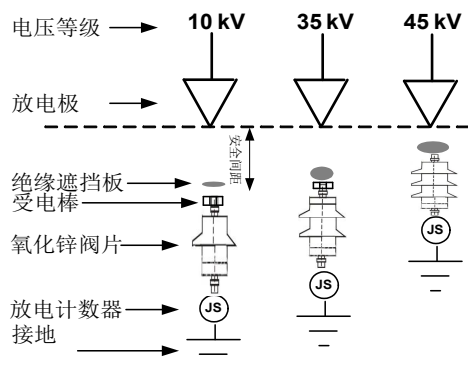


图9 氧化锌阀片抗击穿实验

3 方案优点

此新型断路器,无须抽真空、无须检查电压过零点,动静触头接触面无烧灼、无燃弧、无弹跳震

颤,能够彻底安全频繁分段,可靠性从原理上成倍增加,可完全取代进口产品。

主触头使用低价紫铜和石墨代替铜合金电阻率低,在长期导通状态下无热辐射,触头无须老化,无抽真空耗能,可节约20%~70%综合成本。

本方案闭合线路之时电流成阶梯(可多阶梯)增加,具有软启动特性,可通过对低压断路器微小的改动,使该新型低压断路器代替低压软启动器对后续电机设备进行直接开关操作,无过电压冲击,可大大延长下游设备使用寿命。

本方案可以在空气中分断,同时具有隔离开关+负荷开关+软启动器三合一功能,因为抽屉式高低压开关均为隔离开关+断路器接线方式,因此以此方案改造高低压开关柜,可使柜体体积缩小一半,成本降低一半,并且检修方便,安全可靠。

此方案改造跌落开关可分断大负荷线路并且无外露燃弧,改造发电机出口断路器和SF₆开关,可使体积大大缩小成本降低70%,并大大提高输配电的可靠性。

4 结论与展望

本方案开创性的将以吹弧灭弧为核心的传统线路分断方法,用变更燃弧发生地点,降低燃弧强度,变更燃弧材料的方法取代,彻底实现了在动静触头主分断面进行无弧分断的目的,本方案将使切断高压超高压线路和切断低压线路一样简单容易,提高了输配电的可靠性。

参考文献

- [1] 李黎,郭良福. 石墨电极空气间隙的自击穿统计特性分析[J],中国电机工程学报,2012.
- [2] 徐国政. 高压断路器原理和应用[M]. 清华大学出版社,2000.
- [3] 关永刚,黄瑜琬. 真空断路器电磨损监测技术的改进[J],高压电器,2001.
- [4] 王季梅,钱予圭. 论高压真空灭弧室和真空断路器的产品开发[J],高压电器,2010.

作者简介

刘津立(1972—),男,河北保定人,学士 主要研究方向为高压电力安全输送。

(责任编辑:刘艳玲)

户外箱柜防雨设施的研制及应用

高 潮

(国网福建省电力有限公司检修分公司, 福建 福州 350013)

摘要: 目前变电站内的户外箱柜没有实际有效的防雨设施, 变电站工作人员雨天进行户外箱柜作业时, 会因为担心雨水淋湿箱柜内元器件及端子, 导致运维人员倒闸操作速度减慢, 现场抢修作业困难等多种情况。户外箱柜防雨设施安装在箱柜箱门侧顶端, 结构简单, 操作方便。需要雨天气箱柜作业时, 将遮雨篷拉开, 能够在箱门顶端形成一面扇形的遮雨篷, 不用时折叠收进收纳盒。该设施在雨天打开户外箱柜柜门作业时, 有效地阻止了雨水淋入箱柜内部。

关键词: 变电站; 箱柜; 防雨

中图分类号: TM63

1 技术背景

变电站户外箱柜种类繁多, 包括端子箱, 汇控箱, 机构箱等等, 这些箱柜内的电子元器件及接线端子所构成的回路, 保证了变电站保护动作, 信号传输等功能, 对变电站的稳定运行起着至关重要的作用。如果箱柜内进水, 便会造成箱内的元器件、端子受潮, 极有可能导致保护装置误动, 造成线路跳闸, 设备损坏, 严重威胁着电网的稳定运行。目前, 变电站户外箱柜没有实际的防雨设施。通常雨天时, 非特殊情况下, 变电站工作人员不会轻易打开户外箱柜进行检修维护或操作。然而也存在以下几种特殊情况: 第一, 现场倒闸操作遇到雨天, 运维人员会等到雨势减小后再打开柜门小心操作, 不但有雨水淋入箱柜内部的安全隐患, 又影响了操作速度; 第二, 当紧急抢修遇到下雨时, 检修人员需要用彩条布搭简易遮雨篷才能打开柜门进行紧急检修, 工作效率较低, 且彩条布保管不当, 容易在变电站内形成漂浮物, 影响设备的安全运行。因此, 变电运维现场急需一种户外箱柜的防雨设施, 能够在雨天打开箱柜时帮助工作人员挡住雨水。这个防雨设施不但帮助运维人员雨天操作时可以放心大胆地打开箱柜, 还能够为检修人员紧急抢修时形成一个更加安全的作业环境, 保证箱柜内元器件及接线端子不会被雨水淋湿。

2 户外箱柜防雨设施工作原理

户外箱柜防雨设施由折扇式遮雨篷及收纳盒两部分组成。折扇式遮雨篷的设计理念来源于折扇,

折扇式遮雨篷的扇骨边长略小于箱门宽度, 遮雨篷的一个边横向固定在箱柜顶端, 使用时手动将折扇的另一个边拉开, 即可在箱柜顶端形成一个扇形的遮雨篷, 遮雨篷开启角度略大于箱柜门开启角度, 确保雨水不会从遮雨篷与箱门的间隙中淋入箱柜内, 也不会淋湿箱门内侧。遮雨篷完全打开后用插销将遮雨篷卡住, 防止遮雨篷布因应力回弹。遮雨篷固定边扇骨处外装了一个长度等于箱门宽度的收纳盒, 收纳盒有一个可纵向开启的小门, 遮雨篷不使用时能够折叠收进收纳盒内, 避免遮雨篷没有使用时受日晒导致遮雨篷脆化等问题造成寿命折损, 且避免了遮雨篷在没有使用时淋雨积水, 容易在打开遮雨篷时造成整面遮雨篷向下滴水, 严重影响遮雨篷使用时的遮雨效果。

图1为防雨设施设计图, 图2图3为防雨设施现场使用图。

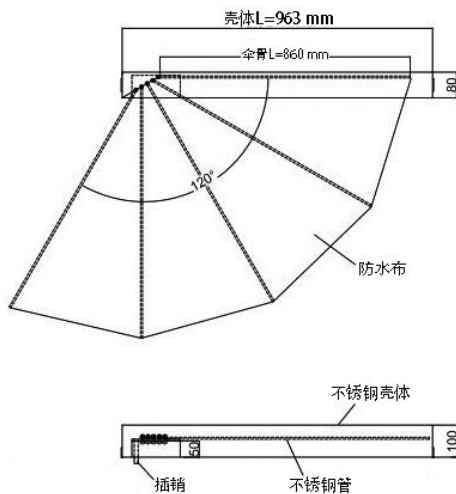


图1 防雨设施设计图



图2 防雨设施现场使用图



图3 防雨设施现场使用图

3 户外箱柜防雨设施的创新性

户外箱柜防雨设施不同于传统的箱柜遮雨檐，檐边短小，通常最多只比箱柜宽5 cm，无法防止在打开箱门时雨水在风力的作用下直接淋入箱柜内。新研制的户外箱柜防雨设施能够展开大面积的遮雨篷布，能够极其有效地防止雨水淋入。

所研制的户外箱柜防雨设施结构简单，安装方便，适用性强，工艺制造成本低。它不同于传统耐力板遮雨篷，面积大，不能折叠，安装在变电站户外箱柜这类高度不高的箱柜上容易刮伤工作人员，同时在台风频发的福建区域容易受台风侵扰在变电站内形成漂浮物的安全隐患，同时其不同于传统的曲臂式伸缩篷，结构复杂，成本高昂，维护不便。

所研制的户外箱柜防雨设施设计了遮雨篷收纳盒，在兼顾了遮雨篷收纳后整体箱柜美观的问题上，

还避免了遮雨篷长期日晒影响遮雨篷布的寿命问题，同时也避免了遮雨篷折叠状态下的积水，容易在打开遮雨篷时造成整面遮雨篷向下滴水的问题。收纳盒的设计，提高了防雨设施的美观度，同时还延长了遮雨篷布的使用寿命，提高了防雨效果。

在遮雨篷轴端支点处设计的一个固定插销，能够在遮雨篷完全打开时插上，确保遮雨篷不会因为应力收缩，能够锁住遮雨篷使其处于完全打开的状态。

防雨设施设计了遮雨篷的下沉措施，确保当大雨情况下遮雨篷大量积水不会往箱体方向流，而是往远离箱体的方向排出，避免了雨水倒灌会箱体的危险。

4 户外箱柜防雨设施的综合效益

新研制的户外箱柜防雨设施，能够有效防止雨水淋入箱柜内部，大大降低元器件寿命缩短或损坏，接线端子受潮、短路，保护误动造成开关异常跳闸、设备损坏事故的概率，有效避免了一系列安全隐患，保障了电网的安全稳定运行。

新研制的户外箱柜防雨设施的结构简单，安装方便，适用性强，工艺制造成本低，可以广泛应用于变电站户外箱柜，具有广阔的市场发展前景，极具推广价值。

5 户外箱柜防雨设施的应用情况

目前，户外箱柜防雨设施已先后投入福建省1000 kV特高压榕城变电站、500 kV三阳变电站、500 kV陈田变电站等多座变电站使用。通过实际应用，运维人员普遍反映装置整体结构合理、材质优良、使用便捷，能够有效地防止小雨乃至中雨天气，雨水淋入箱柜内部，有效避免了一系列安全隐患，保障了电网的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 邹超勋. 变电站户外端子箱规范化探讨[J]. 机电信息, 2018(21): 156-157
- [2] 谢福强. 清溪变电站户外端子箱防潮维护[J]. 农村电气化, 2014(9): 21-22

(责任编辑:刘艳玲)

10 kV 配电网馈线自动化自愈系统浅析

陈朝新

(南方电网广东清远清新供电局, 广东 清远 511800)

随着人们生活水平的日益提高, 人民对于电力的需求与要求越来越高, 为满足人民追求美好生活的电力需要, 10 kV 配电网也在不断完善当中。但是早期配电网的建设比较落后, 主要着眼在提升传输容量(大线径)、一定程度的可靠性提高(环网转供), 对于变电站外电力线路运行方式的转变, 缺乏自动控制、快速转供电, 无法适应社会的快速发展。所以, 电网企业升级改造 10 kV 配电网, 其中重要工作是升级配电网馈线自动化自愈系统, 即以故障发生时能够快速隔离故障、非故障段自我恢复、不影响用户正常供电或将影响降至最小为目的, 进一步提升配网故障快速复电效率, 减少用户故障停电时间。

1 我国的 10 kV 配电网馈线自动化现状

相较发达国家而言, 我国在 10 kV 配电网馈线自动化的发展上还处于比较基础的阶段。目前, 为了达到馈线自动化的目的, 主要采用 2 种方式, 第一种馈线自动化方式是不依靠配电主站以及配电子站进行控制的就地型, 第二种是依靠配电终端和配电主站或者是配网子站达到相互配合的集中型。但是这 2 种模式在使用的过程中, 我们还是遇到了一些问题。

就地型模式。就地型模式不依靠配电主站和配电子站, 可以实现故障隔离和非故障自我恢复功能, 设备为重合器、分段器等。优点是组网简单, 建设费用少, 不需要建设通信和主站系统。缺点是仅在故障时起作用, 正常运行时不能起监控作用, 若调整运行方式, 则需要到现场修改定值; 线路发生故障时, 须多次分合才能找到故障点, 对系统冲击较大。

集中型模式。集中型模式是在配电架空线路的分段、联络处安装负荷开关或在电缆线路的开闭所、配电室环入环出点装设环网开关或断路器, 同时在这些负荷、环网开关现场装设 FTU、RTU, 通过通

信设备与主站连接, 当线路发生故障时由现场终端采集故障信息并发送到主站, 由主站的计算机系统研判故障区域, 发出分合闸指令实现故障处置。优点是依托强大的通信系统、完整统一的自动化体系平台, 除了可以实现故障隔离和非故障自我恢复功能外, 还可以全面、实时地检测电网信息。缺点是对通信网络依赖很大, 尤其是对于边远地区, 受通信基站布点较散且少的影响, 部分自动化端线可能会出现掉线的情况, 一旦通信系统瘫痪就会造成整个自动化系统瘫痪; 建设成本较高。

综上所述, 我国目前使用的 10 kV 配电网馈线自动化的 2 种模式, 都不是最佳的馈线自动化方式, 因为其存在的共性问题, 一旦出现故障就需要通过出线断路器跳闸的方式来解决, 这就意味着故障会使整个馈线跳闸。

2 实现馈线自动化对于配电网架的要求

建设配电网馈线自动化自愈系统, 需要同时满足 3 个条件。一是具备“三遥”功能的自动化开关。目前广东地区的珠三角区域, 自动化建设起步较早, 将自动化开关替代传统的真空开关、SF₆开关, 覆盖自动化的线路比例高, 而清远等粤北地区自动化建设起步较晚、进度也较慢。二是具备合环转供电条件。结合系统运行方式安排, 合环转供电需要转供电目标对象均处于同一个 220 kV 环网内, 部分已覆盖自动化的线路, 因所处的 220 kV 环网不同, 将无法实现合环转供电。三是具备线路负荷全转供的条件。由于早期缺乏长远规划, 网架结构不完善, 在农村地区主要采取单辐射的布线方式, 无法实现转供电; 或者可以转供电, 但 10 kV 线路负荷率均较高, 只能转移部分负荷。

3 10 kV 配电网馈线自动化自愈系统技术条件

由于 10 kV 配电网馈线自动化自愈系统较复杂, 因此, 应满足一定的关键技术条件。一是馈线组应

为“手拉手”“两供一备”等接线方式；二是在环网联络开关具备合环转供电条件，且处于热备用状态；单一线路应能完全承载馈线组内的所有负荷；三是联络点开关应已完成联调并投入遥控；四是自动化开关必须投入保护跳闸功能，且形成级差，其他开关宜退出跳闸压板，避免影响自动化开关动作；五是馈线图模与现场一致，开关定值与定值单一致；六是自动化开关与主站完成联调；七是运行中的自动化终端处理通信状态；八是自动化终端应安装加密模式。

4 如何建设 10 kV 配电网自愈系统

配电网馈线自动化模式的选择。应基于地区特点，合理选择就地型或集中型馈线自动化系统。对于城市化进程较快的地区，通信网络较发达，负荷比较集中，用电需求较大，对电力的持续稳定有较高的要求，宜主要考虑集中型馈线自动化系统；对于边远山区，通信网络建设发展不充分不平衡，相对薄弱的通信网络是馈线自动化自愈系统的短板，宜有针对性地选择就地型馈线自动化系统。

电网建设以馈线组为基本单元。合环转供电作为馈线自动化自愈系统必不可缺的一个条件，应充分考虑馈线组内的相关自动化线路处于同一 220 kV 环内；另外，对于可靠性要求较高的线路或负荷，应选择同一 220 kV 环网内但不同变电站。同一馈线组的网架应同步规划、同步建设、同步投入，以满足互相全转供的需要。

馈线自动化自愈系统目标技术方案。结合近年来配电自动化建设经验，广东电网形成了相对完善、超前的自动化建设方案，包括以下几点：

中心城区宜采用电缆线路实现智能分布式馈线自动化，环网节点开关选用断路器柜自动化成套开关，配置智能分布式馈线自动化、电压电流型馈线自动化、速断、零序电流、重合闸和“三遥”功能。

其他供电分区电缆线路实现电压电流型馈线自动化，主干线分段、联络环网节点开关宜选用断路器柜自动化成套开关，配置电压电流型馈线自动化、速断、零序电流、重合闸和“三遥”功能。

各供电分区架空线路实现电压电流型馈线自动化，分段开关、联络开关宜选用柱上自动化断路器

开关或负荷开关成套设备，电压电流型馈线自动化和“三遥”功能，重要分支线开关选用柱上自动化断路器成套设备，配置“三遥”功能。

新建电缆线路或存量电缆线路全线改造时，应同步规划建设通信光缆。新建架空线路或存量架空线路全线改造时，宜同步规划建设通信光缆。

优化主干线分段、大分支线的自动化开关布点。配网线路相对复杂，考虑定值整定级差，难以在每条分支线设置自动化开关，因此，自动化开关布点应安排在主干线分段、大分支线等位置。

综上所述，随着我国 10 kV 配电网的规模不断扩大，对于配电网安全稳定运行的挑战也越来越大。当前，10 kV 配电网馈线自动化自愈系统中还存在很多的问题，需要电网企业结合实际情况，构建适合自身发展的 10 kV 配电网馈线自动化自愈系统，促进 10 kV 配电网智能化管理水平。

参考文献

- [1] 吴瑀, 庄红军, 李军, 等. 10 kV 配电网馈线自动化自愈系统[J]. 贵州电力技术, 2017, 20(4): 18-20.
- [2] 叶杰文. 10 kV 配电网馈线的自动化系统控制技术[J]. 中国新技术新产品, 2017, 337(3): 19-20.
- [3] 杨洋. 10 kV 配电网自动化关键技术的研究[J]. 科学技术创新, 2017(35): 20-21.
- [4] 谢卫华, 张用, 毋炳鑫. 无源光网络在海岛配电自动化中的应用研究[J]. 电气应用, 2017(11): 90-94+99.

(责任编辑:袁航)

资讯

山东青岛公司:电力北斗地基增强系统落地应用

2019年12月12日,山东青岛公司在110 kV 顾家变电站开展基于电力北斗地基增强系统的无人机自动巡线以及基于厘米级定位的作业现场人员安全管控两项应用,实现了电力北斗地基增强系统落地应用。这一重大突破标志着电力北斗地基增强系统正式启用,在北斗技术应用方面进入厘米精度时代。

近年来,青岛公司不断探索北斗系统在电力行业的应用,尝试将北斗与电力生产和管理相结合,为智能电网、泛在电力物联网、能源互联网的建设提供导航定位、精密授时、短报文通信服务等基础技术支撑。

来源:国网山东省电力公司

《农村电气化》《农电管理》 2020年订阅单

订阅热线：010-63123085/6，926523085/6（系统）；传真：010-63123087，926523087（系统）。

订单获取方式：《农村电气化》《农电管理》2019年第10期至2020年第3期；农村电气化官网 <http://www.chinarein.com>；微信扫描右侧二维码订阅。

电子版订单传送地址：外网邮箱 1401907901@qq.com；内网邮箱 ndzwh@bj.sgcc.com.cn。

邮政地址：北京市西城区南蜂窝路5号北京国宇出版有限公司发行部；邮政编码：100055。



以下填表内容为发书凭据，请用楷书认真填写，并将此订阅单通过邮箱或传真方式回传。

订阅数量	农村电气化	全年定价	144.00元	汇款总额	订阅单位盖章
	(册)	书款合计	(元)		
	农电管理	全年定价	120.00元		
	(册)	书款合计	(元)		
收书单位				邮编	
详细地址	省 市 县(区)				
收书人				联系电话	
请选择发票：	<input type="checkbox"/> 增值税专用发票 <input type="checkbox"/> 增值税普通发票			发票收件人	
如需增值税专用发票，请提供贵单位以下各项信息(务必完整)。普通发票，只填单位名称和税号					
单位名称				税号	
开户行				地址	
账号				电话	
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	收款商户号	111340222	单位名称	北京国宇出版有限公司	
	收款地址	北京西城区南蜂窝路5号607室		邮编	100055
注意事项		请务必注明汇款人姓名及电话，以免影响对账查询			