

“智慧”引领中国能源发展

本刊编辑部

随着信息技术的发展，能源生产、运输、存储、消费等环节正在悄悄发生变化。云计算、大数据、物联网等新兴的 ICT 技术的发展，不断丰富着能源人的观念。从智能电网到能源互联网，从石化智能工厂到煤炭大数据平台，从用户侧智慧用能到汽车充电设施互联互通，我国能源产业正在变得更加“智慧”。

在全球新一轮科技革命和产业变革中，互联网理念、先进信息技术与能源产业深度融合，正在推动能源互联网等新技术、新模式和新业态的兴起。“随着能源革命的兴起，随着多元供给体系的建设，综合了电、煤、油、气、水、核、新能源、可再生能源以及储能等形式的能源互联网，为我们提供了更广阔的发展空间。”中国电机工程学会电力信息化专委会副主任刘建明这样说。

能源互联网又叫互联网 + 智慧能源，是一种互联网与能源生产、传输、存储、消费以及能源市场深度融合的能源产业发展新业态。目前，作为一种新业态，能源互联网的相关技术、模式均处于探索发展阶段。

正因如此，国家层面的顶层设计显得尤为重要。2016 年 2 月，国家能源局等部门联合发布了《关于推进“互联网 +”智慧能源发展的指导意见》（以下简称《指导意见》），对我国能源互联网的发展目标、重点任务等方面提出要求。

根据《指导意见》，2016 ~ 2018 年，我国将着力推进能源互联网试点示范工作，建成一批不同类型、不同规模的试点示范项目。2019 ~ 2025 年，着力推进能源互联网多元化、规模化发展，初步建成能源互联网产业体系，成为经济增长重要驱动力。

未来，智能电网还有望实现与其他能源网络的互联互通。《指导意见》提出，要建设以智能电网为基础，与热力管网、天然气管网、交通网络等多种类型网络互联互通，多种能源形态协同转化、集中式与分布式能源协调运行的综合能源网络。

能源互联网包括三个层面：家庭能源互联网、区域能源互联网、全球能源互联网。从目前来看，我国在这三个层面上的布局均已展开。

家庭能源互联网包括家庭能源管理系统 (HEMS)、楼宇能源管理系统 (LEMS) 等。《指导意见》提出，鼓励建设以智能终端和能源灵活交易为主要特征的智能家居、智能楼宇、智能小区等，加强电力需求侧管理。建设家庭、园区、区域不同层次的用能主体参与能源市场的接入设施和信息服务平台。

同家庭能源互联网一样，我国在区域能源互联网和全球能源互联网方面的进步同样明显。国家电网公司已经建设了利用太阳能、风能、地热能等多种可再生能源建设满足园区负荷需求的能源供给网络。“以能源网运行调控平台驱动冷、热、电、水等多种能源协同生产，可以实现园区内能源生产和能源消费的动态匹配。”

在全球能源互联网方面，全球能源互联网集团公司注册完成，全球能源互联网发展合作组织正式成立。今年早些时候，中国国家电网公司、韩国电力公社、日本软银集团、俄罗斯电网公司共同签署了《东北亚电力联网合作备忘录》。另外，《全球能源互联网发展合作宣言》已经发表，该宣言提出明确发展方向、搭建组织平台、加强理念传播、开展规划研究、推动技术创新、强化沟通交流、推进项目合作、共创美好未来等八点倡议。

从技术的角度来看，能源的互联互通，依赖于通信技术、大数据、云计算、物联网等。正如《指导意见》所提出的那样，加强支撑能源互联网的信息通信设施建设，推进信息系统与物理系统的高效集成与智能化调控，发展能源大数据服务应用，创新能源大数据的业务服务体系。

此外，由于融合了 ICT 技术，分布式能源、电动汽车充电、智慧储能、互联网能源交易等方向同样变得越来越智能。随信息技术的进步，新一轮能源技术革命正在孕育兴起，新的能源科技成果不断涌现，这将持续改变我国能源格局。

Contents 目次



刊名题字

主管 中国科学技术协会
主办 中国电机工程学会
编辑出版 北京国宇出版有限公司

连续出版物号 ISSN 1003-0867
CN 11-2181/TM

CODEN代码 NODIEE
出版日期 每月10日
地址 北京市南蜂窝路5号
邮编 100055
网址 <http://www.chinarein.com>

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

主编 盛万兴 耿立宏
编辑 张峰亮 刘艳玲 贺大亮
赵文属
美编 田旭颺

编辑部电话 010-63123091/2
926523091/2(系统)
邮箱 ncdqh@csre.org.cn
投稿 <http://ncdh.cbpt.cnki.net>
QQ交流群 35863746
学会管理部 010-63123138 926523138(系统)
市场经营部 010-63123085/6/7
926523085/6/7(系统)
广告部 010-63123041/3
广告代理 北京卓越北广告有限公司
电话 010-56029056 67616986
印刷 北京盛通印刷股份有限公司
广告经营许可证号 京西工商广字第8205号
户名 北京国宇出版有限公司
开户行 工行北京会城门支行
账号 0200 0414 0920 1503 351

每期定价 8.00元
全年定价 96.00元

1 构建低碳智能共享的能源未来 本刊编辑部

◆ 典型推介 >>>

• 北京密云 •

5 含分布式电源接入的站域备自投方案
..... 祁波, 刘新春, 李春清, 章煜宸, 彭新立

8 北京地区自动电压控制系统控制策略
..... 王霖, 刘文军, 周献飞, 芦云河, 徐赛宗, 马跃, 曹卫华

11 分布式电源对重合闸的影响及措施 孙立臣, 祁波

◆ 电网建设 >>>

13 敷设电力电缆长度复测 孙泰龙

15 基于营配调贯通的“低电压”大数据挖掘与精准定位 王卫国

17 突破行政区划的配电网互联规划 郑洁云, 张林焱

21 无人机在输电线路巡线中的应用 金文博

◆ 运行维护 >>>

23 变压器注油及补油方式的研究 张铭辉, 孙亚辉

25 输电线路防雷效果分析 刘娜, 于立叁

◆ 安全生产 >>>

27 隔离开关遥控操作试验的安全防护
..... 潘鹏飞, 纪翔, 王宝昌, 潘鸣飞

28 110 kV 变压器高压侧短路故障分析 邓威, 毛娟

31 220 kV 复合绝缘子发热故障分析
..... 黄学增, 刘发成, 刘增文, 王璟, 王同泉

33 隔离开关故障引起的主变跳闸 胡东元

34 变压器铁芯接地电流异常误判的原因分析
..... 岳彩鹏, 高春燕, 孙圣凯

◆ 农网智能化 >>>

35 多维度电网故障信息可视化系统
..... 郑晓琼, 戚矛, 王鹏辉, 熊剑, 王守明

农村电气化

中国科学技术协会优秀期刊
中国期刊方阵双效期刊
全国百家期刊阅览室指定赠刊



2016年第08期 总第351期 (1979年创刊)

《农电管理》第2016年08期要目

- 38 企业高低压配电网电气节能系统 冯晓清
- 40 基于电力调度 workflow 构建运行管理的互联互通框架 周 遥
- 42 电力营销管理信息系统中的三户模型 陈珊珊
- 45 中低压配电网监控系统 许继东, 董世伟, 李海军
- 47 一流配电网建设中的大数据理念 刘 伟

◆ QC 小组 >>

- 49 通过改装普通紧线器 提高绝缘导线施工安全水平 路竹青
- 50 10 kV 配电作业简便接地器 钱 勇

◆ 新能源 >>

- 51 小型分布式电源参与互动的协调优化技术
..... 田小东, 田野, 席赐赐

◆ 电气设备 >>

- 53 分时段负荷控制器在农网中的应用
..... 郝连河, 咸日常, 吕东飞, 许雪地, 郝洪民
- 56 多功能组合式隔离开关操作杆的设计 ... 何亮国, 钱少锋, 胡冬良
- 58 电缆沟自动除湿装置的研发 隋东阳, 李兆欣, 陶金刚

◆ 经验点滴 >>

- 60 北京市厨房电气化可行分析 孙澜涛
- 61 配电网运行中的故障及解决措施 杨泽军
- 62 浅析特高压电网运行的因素及对策 王 鑫

◆ 资讯 >>

- 63 国网北京电力首次应用无人机巡视配网线路等 4 则

◆ 网上问答 >>

- 64 问答 4 则

学与做相结合 知与行相统一
形式触动思想 行动践行承诺
——国网河南博爱县供电公司“两学一做”学习教育纪实
孙 亚

激活党建创新发展新引擎
——国网江苏泗阳县供电公司党委“两学一做”
乔 明 殷 慧

以学促做勇当先锋
——国网安徽和县供电公司开展“两学一做”专题教育纪实
昂 晓 龙

在“学”和“做”上下功夫
——会泽供电有限公司开展“两学一做”学习教育纪实
胡云花

直挂云帆济沧海
——“十二五”国网四川明珠集团有限责任公司“三个建设”
工作回眸 谢怀春 李凤琴

差异化农业生产用电治理助力多元现代农业
李小红 郑文林 潘慷敏

引入目标管理 提升农网质量 叶 强

法律手段在电费回收中的应用
车丽萍 丁佳芳 吴 磊

“3+N”打造“悦享家”基层企业文化品牌
沈家越 王岚岚

一起风灾断塔事故引发的诉讼案深思 瞿兆勤 许贵东

基于班组精益化建设提升供电所管理水平 王家军

情系万家灯火 做合格党员
——记国网安徽黄山市黄山区供电公司配电运检班
王翠玲 胡科伟

声 明

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

in This Issue

- 5 Reserve Power Source Automatic Connection Scheme Used for Station Which Have Distributed Power Source Switch in/Qi Bo, Liu Xinchun, Li Chunqing, Zhang Yucheng, Peng Xinli
- 8 Control Tactics of Automatic Voltage Control System in Beijing Area/Wang Ben, Liu Wenjun, Zhou Xianfei, Lu Yunhe, Zu Saizong, Ma Yue, Cao Weihua
- 11 Influence of Distributed Power Source on Reclosing and Measures/Sun Lichen, Qi Bo
- 13 Re-measure of Laid Power Cable Length/Sun Tailong
- 15 Big Data Excavation and Precise Location Based on Run Through Business, Distribution, and Dispatching/Wang Weiguo
- 17 Power Distribution Network Inter-connection Planning of Broken Through Administrative Divisions/Zheng Jieyun, Zhang Linyao
- 21 Applicable Analysis of Pilot-less Aircraft in Transmission Lines Patrol/Jin Wenbo
- 23 Research Related to Oil Injection and Addition Mode for Transformers/Zhang Minghui, Sun Yahui
- 25 Result Analysis of Prevention of Lightning Fault for Transmission Lines in Repair Company/Liu Na, Yu Lisan
- 27 Safe Protection of Remote Control Operation Test Suited to Disconnecting Switches/Pang Pengfei, Ji Xiang, Wang Baochang, Pang Mingfei
- 28 Fault Analyses Related to A 110 kV Transformers in HV Side Short-circuit/Deng Wei, Mao Juan
- 31 A Fault Analysis Resulted in Composite Insulator Heating/Huang Xuezheng, Liu Facheng, Liu Zengwen, Wang Jing, Wang Tongquan
- 33 A Main Transformer Tripping Analysis Resulted from Auxiliary Contact Fault Treatment of Isolator/Hu Dongyuan
- 34 Reason and Analysis of Misjudge of an Iron Core Grounding Current Abnormality in Transformer/Yue Caipeng, Gao Chunyan, Sun Shengkai
- 35 Research and Application of Multidimensional Visualized System of Power Network Fault Information in An Hui Province EHV Power Network/Zheng Xiaoqiong, Qi Mao, Wang Penghui, Xiong Jian, Wang Shouming
- 38 Electric Energy Saving System of HV and LV Power Distribution Networks Suited to Enterprise/Feng Xiaoqing
- 40 Constructing Inter-united and Inter-linked Frame for Operating Management Based on Power Dispatched Working Process/Zhou Yao
- 42 Design and Application Related to Three Household Models in Power Business and Marketing Management Information System/Chen Shanshan
- 45 Monitoring System Used for MV and LV Distribution Networks/Xu Jidong, Dong Shiwei, Li Haijun
- 47 Big Data Idea Applied in First-class Power Distribution Networks Constructions/Liu Wei
- 49 Through Modify Ordinary Tightener to Increase Safe Level of Working for Insulated Conductor/Lu Zhuqing
- 50 Development of Simple and Convenient Earthing Device Used for 10 kV Power Distribution Working/Qian Yong
- 51 Coordinated Optimization Technology Suited for Miniature Distributed Power Source Participating Interaction/Tiao Xiaodong, Tiao Ye, Xi Yangyang
- 53 Application Related to Load Controller with Divided Time Interval in Rural Village Power Networks/Hao Lianhe, Xian Richang, Lv Dongfei, Xu Xuedi, Hao Hongmin
- 56 Operating Rod Design with Multifunction Combined Used for Disconnecting Switches/He Liangguo, Qian Shaofeng, Hu Dongliang
- 58 Development of Automatic Dehumidified Device Suited for Cable Trenches/Sui Dongyang, Li Zhaoxin, Tao Jingang
- 60 Feasibility Analyses of Kitchen Electrification in Beijing City/Sun Lantao
- 61 Fault and Solved Measures of Power Distribution Network in Operation/Yang Zejun
- 62 Factors and Counter-measures to Influence UHV Power Networks Operation/Wang Xin

(王金鼎译)

含分布式电源接入的站域备自投方案

祁波, 刘新春, 李春清, 章煜宸, 彭新立

(国网北京密云供电公司, 北京 密云 101500)

摘要: 以实际工作中遇到的含分布式电源接入的变电站, 在变压器停电检修等情况下被迫停运分布式电源的现象, 分析现有备自投方案的局限性。研究完善现有备自投逻辑功能, 在不同运行方式和设备故障下, 灵活投退所接入的分布式电源和相关备自投逻辑功能, 避免分布式电源非正常停运和负荷损失, 从而为实际应用提供参考。

关键词: 分布式电源; 备自投; 局限性

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0005-03

备用电源自动投入(简称备自投)装置是电力系统中为了提高供电可靠性而装设的装置。目前以光伏发电、小水电等单机容量几十千瓦到几十兆瓦的分布式电源(DG)正在源源不断接入电力系统中, 致使原有的单侧电源放射状供电网络变为含中小型电源的多侧电源供电网络。以前的保护措施和安全自动控制策略变得不再安全可靠, 接入分布式电源后对潮流分布的影响, 对短路电流的影响, 对有关保护及安全自动装置的影响, 当前已有大量研究成果, 并建立了对应策略模型。本文以实际工作中遇到的含分布式电源接入的变电站, 在变压器停电检修时需停运分布式电源的现象, 分析现有备自投逻辑的局限性。同时研究完善现有备自投逻辑功能, 考虑在不同运行方式下, 均无需停运所接入的分布式电源, 并在此基础上提出站域备自投方案。

1 现有备自投方案的局限性

本文所述含分布式电源接入的某110 kV变电站为内桥接线, 如图1所示。正常分裂运行: 即110 kV侧111、112开关闭合, 母联145断开处于热备用; 10 kV侧201、202开关闭合, 母联245断开处于热备用; DG1、DG2分别通过10 kV#4和#5母线上的211、221开关接入该变电站。

备自投采用桥备自投方案, 现有的备自投方案: 无压跳111, 联跳211, 备自投装置启动母联145开关合闸; 无压跳112, 联跳221, 备自投装置启动母联145开关合闸。10 kV桥开关245自投方案为: #1(#2)变压器差动保护、非电量保护、高后备保护动作时, 跳开201

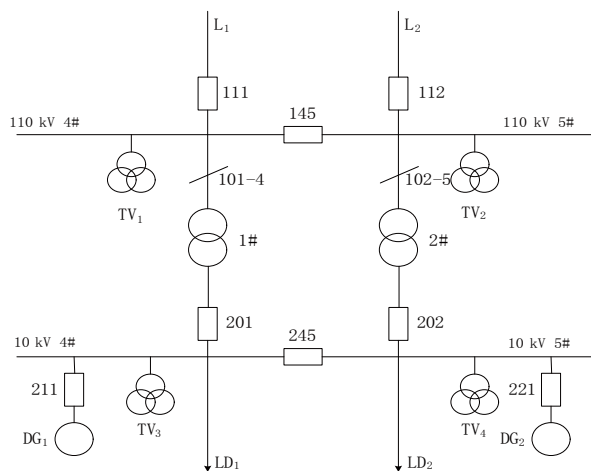


图1 某110 kV变电站系统接线图

(202)开关, 同时联跳211(221)开关, 启动母联245自投。当#1(#2)变压器低后备保护动作时, 联跳211(221)开关, 闭锁母联245开关自投。

在现有备自投方案下, 当变压器等设备停电检修或开关故障等情况下存在一定的局限性, 具体分析如下。

第一种情况, 无压跳111(112)开关, 备自投装置启动, 但由于母联145开关本身故障, 145自投重合失败, 将造成#1(#2)变压器及10 kV#4(#5)母线及所带负荷停电。

第二种情况, 无压跳111(112)开关失败, 自投将无法启动, 母联145开关不能重合, 将造成#1(#2)变压器及10 kV#4(#5)母线及所带负荷停电。

第三种情况, #1变压器单独停电检修, 通过倒方式后断开101-4、201、111、112运行, 145热备用,

#2 变 202 开关、母联 245 开关合带 10 kV#4 及 #5 母线运行。此时如果进线 L2 失压，无压跳 112，联跳 221，但未联跳 211，DG1 将通过 #2 变反送电到 110 kV#5 母线侧，母联 145 自投重合时，将造成非同期合闸。#2 变压器单独停电检修同理。

第四种情况，进线 L2 停电检修，112 开关断开，111、145 开关合上带 #1 变、#2 变运行，或 #2 变、112、145、202 均停电检修时，此时无压跳 111，联跳 211，但未联跳 221，DG2 将通过 221 向站内送电，存在人员触电安全隐患。

2 不同情况下的备自投逻辑

针对分布式电源接入下现有备自投方案的局限性，研究完善不同方式下的备自投策略，以避免分布式电源非正常停运，提高清洁能源发电效率。

针对第一种情况，进线 L1 故障失压，无压跳 111，联跳 211 开关，母联 145 自投失败，增加无压跳 111 延时联跳 201 开关，去启动 10 kV 母联 245 自投的策略，将全站负荷带出，逻辑控制图如图 2 所示。当无压启动延时 T_1 后仍无压，且 145 开关仍在分位时，启动 201 开关跳闸；当 145 自投成功或无压检定元件检测到 110 kV#4 母线及 10 kV#4 母线有压后返回。延时 T_1 应考虑躲过无压跳 111 和 145 自投重合时间。进线 L_2 发生故障失压后同理。

针对第二种情况，当无压跳 111 开关失败，145 自投无法启动时，增加延时无压跳 201 开关，启动 245 自投合闸，将全站负荷带出的策略，其逻辑控制策略如图 2 所示。112 无压跳失败后同理。

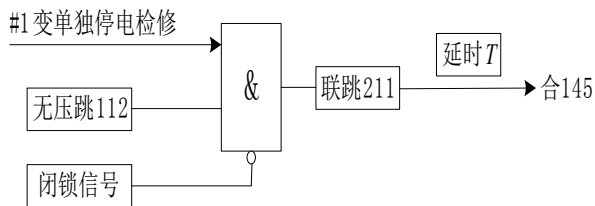


图2 方案1、2对应的逻辑控制图

以上两种情况下，均导致备自投不成功，145 开关未能合上，所以在延时联跳 201 开关逻辑控制策略中，均无需考虑 111 开关的位置，以判断母联 145 开关的位置和有无电压为准。只要通过延时 T_1 后，仍检测到 110 kV#4 母线及 10 kV#4 母线无压，145 开关仍在分位，即跳开 201 开关，自投重合 245 开关，将全站负荷带出。

针对第三种情况，#1 变单独停电检修，增加无压跳 112 联跳 211 开关，同时切断分布式电源 DG1 和

DG2，即可保证 145 自投重合时，110 kV#5 母线侧不带电，避免造成非同期合闸的后果，其逻辑控制如图 3 所示。#2 变单独停电检修同理。

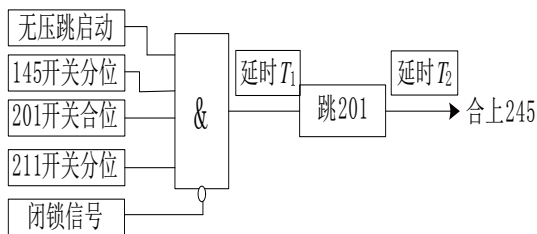


图3 方案3对应的逻辑控制图

针对第四种情况，进线 L2 停电检修，#2 变通过母联 145 开关运行，或 #2 变、112、145、202 开关均停电检修时，增加无压跳 111 联跳 221 开关，同时切断分布式电源 DG1 和 DG2，避免反电源导致人身触电风险，其逻辑控制图如图 4 所示。进线 L1 停电检修或 #1 变、111、145、201 开关均停电检修同理。

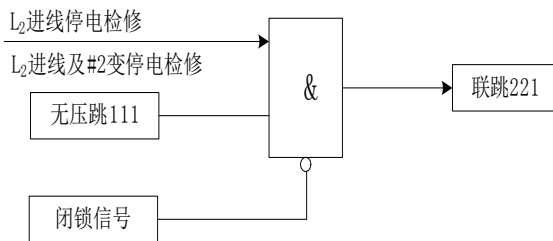


图4 方案4对应的逻辑控制图

3 站域备自投方案

在智能变电站中，站域备自投装置通过过程层网络获取所有参与备自投逻辑的断路器状态和母线电压，并可通过该网络控制相应断路器的分合闸，通过合并单元和智能终端获取备自投所需基本信息，如表 1 所示。

基于全站信息共享的智能变电站，充分利用变电站站域信息，根据开关、刀闸具体位置，在线修改变电站拓扑结构，自动跟踪变电站运行方式。根据运行方式自动识别投退相关备自投逻辑功能，随时对应改变相关开关的跳合闸策略。不同运行方式下的具体备自投方案如下。

两台变压器分裂运行，111、112 开关合，145 开关分，201、202 开关合，245 开关分，分布式电源 DG1 通过 211 开关接入 10 kV#4 母线，分布式电源 DG2 通过 221 开关接入 10 kV#5 母线。如果进线 L1 故障，检测 110 kV#4 母线无压、10 kV#4 母线无压，可采用如下备自投方案。

无压跳开 111 开关和联跳 211 开关，然后合上母联 145 开关，检测到 110 kV#4 母线和 10 kV#4 母线有压

表1 基本输入、输出信息表

类型	输入	输出
模拟量	110 kV#4、#5母线电压	
	10 kV#4、#5母线电压	
	111、112开关电流	
	201、202开关电流	
开关量	111开关位置	跳111开关
	112开关位置	跳112开关
	145开关位置	合145开关
	101-4刀闸位置	
	102-5刀闸位置	
	201开关位置	跳201开关
	202开关位置	跳202开关
	245开关位置	合245开关
	211开关位置 (DG1)	跳211开关
	221开关位置 (DG2)	跳221开关
	有关保护闭锁信号	
	有关操作闭锁信号	

后即投入成功。

无压跳开 111 开关和 211 开关后，母联 145 开关自投失败，此时 110 kV#4 母线和 10 kV#4 母线仍然无压，同时 111、211、145 开关分位，201 开关合位，通过延时无压跳开 201 开关，然后合上 245 开关，将全站负荷带出。

无压跳启动后，111 开关未能跳开，母联 145 自投未启动，此时 110 kV#4 母线和 10 kV#4 母线仍无压，同时 111、201 开关合位，145、211 开关分位，通过延时无压跳开 201 开关，然后合上 245 开关，将全站负荷带出。

进线 L2 故障，检测 110 kV#5 母线无压、10 kV#5 母线无压，其备自投方案同理。

#1 变压器单独检修，即通过倒方式后断开 101-4 刀闸和 201 开关将 1 # 变隔离，111、112 开关合，145 开关分，202、245 开关合使 #2 变压器带全站负荷。如果进线 L2 故障，检测 110 kV#5 母线无压、10 kV#5 母线无压，无压跳开 112、211、221 开关，然后合上 145 开关，将全站负荷带出。如果进线 L1 故障，当检测 110 kV#4 母线无压后仅需跳开 111 开关，无需联跳 211 开关。#2 变压器单独检修时同理。

进线 L2 停电检修，112 开关分，111、145 开关合，母联 145 自投停用，#2 变压器通过母联 145 开关带出；或 #2 变、112、145、202 开关均停电检修时，111、201、245 开关合，112、145、202 开关分，母联 145 和母联 245 自投停用。如果此时进线 L1 故障，检测到 110 kV#4 母线无压、10 kV#4 母线无压，无压跳 111

开关，联跳 211、221 开关，无需自投，防止分布式电源反电源造成人身触电。进线 L1 停电检修，或 #1 变、111、145、201 开关均停电检修时同理。

基于智能变电站的站域备自投装置根据智能终端采集上送的开关和刀闸位置确定运行方式，由程序选定相应的备自投逻辑功能，然后对备自投功能进行状态监测，满足动作条件后，出口动作分合相应的开关。

实际工程中存在将分布式电源接入传统综自站的现象，为接入分布式电源将原有综自站进行智能化改造的可能性较小。实际工程中一般对现有自投装置和主变保护等装置增加联跳分布式电源的控制电缆，同时通过增加硬压板的方式来根据不同的运行方式改投相应逻辑功能，接线复杂，且需要人工切换操作，具有一定的局限性。

4 结论

本文以 DG 接入 110 kV 内桥接线变电站的 10 kV 母线侧为例，简述了 DG 的接入对现有备自投逻辑的影响，分析了现有备自投方案的局限性。针对不同的情况和运行方式，提出了完善策略，并在此基础上提出了智能站的站域备自投方案，对传统综自站的实现方式进行了简要介绍，为实际应用提供参考。事实上，本文仅仅针对备自投进行了分析，实际应用中，还应综合全站保护策略，如需考虑变压器差动保护、非电量保护、高后备保护联跳相关分布式电源，防止分布式电源反送电影响无压判据失效，以及备自投动作引起的过负荷等策略，分布式电源 DG1、DG2 联调失败对备自投的影响等，已有大量文献进行了相关研究。随着智能电网技术的发展，相关技术的成熟，基于智能变电站的站域备自投策略、站域保护，甚至广域保护方案必将得到全面推广应用。

参考文献

- [1] 孙鸣, 许航. 含分布式电源接入的变电站备自投应用问题[J]. 电力自动化设备, 2010, 4: 144-146.
- [2] 胡立锦, 张新燕, 刘东强, 等. 备自投含风电是和常规能源不同备自投的考虑[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 7: 120-124.
- [3] 陈志峰, 吴勇, 金滇黔. 考虑山区小水电的智能型备自投装置的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 4: 120-127.
- [4] 杨忠礼, 赵慧光, 张光衡. 影响备自投正确动作原因分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 11: 97-101.
- [5] 韩伟, 杨小铭, 仇新宏, 等. 基于数字化采样的集中式保护装置[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(11): 101-104.

(责任编辑: 张峰亮)

北京地区自动电压控制系统控制策略

王 犇, 刘文军, 周献飞, 芦云河, 徐赛宗, 马 跃, 曹卫华

(国网北京密云供电公司, 北京 密云 101500)

摘要: 随着调度控制系统自动化水平的不断提高, 自动电压控制系统(AVC)在电网中的应用也随之逐渐广泛。从PAS网络建模获取控制模型, 到在SCADA中获取实时采集数据并进行在线分析和计算, 以及对电网内各变电站有载调压装置和无功补偿设备进行集中监视、统一管理和在线控制, AVC系统与EMS平台的一体化设计, 实现全网无功电压优化控制闭环运行。AVC系统在稳定电网电压、提高功率因数方面起到重要作用, 有效提高了电能质量。文章着重对AVC系统控制策略的理论依据进行研究, 并以密云电网AVC系统为例, 对其控制策略的优先级安排、电容器投切公式、无调压手段的35 kV变电站的电压控制进行了有效分析。

关键词: 自动电压控制; 无功控制; 有载调压; 电容投切

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0008-03

电力系统及电力企业管理运行的基本目标是安全、优质、经济地向用户提供电能, 其中电压合格率是电能质量重要指标之一。自动电压控制系统的作用是在确保电网安全稳定运行前提下, 保证电网电压和关口功率因数合格, 尽可能减少线路无功传输、降低电网因不必要无功潮流引起的有功损耗。在系统设计层面, 从在PAS网络建模获取控制模型, 到在SCADA中获取实时采集数据并进行在线分析和计算, 以及对电网内各变电站有载调压装置和无功补偿设备进行集中监视、统一管理和在线控制, AVC与EMS平台的一体化设计, 实现全网无功电压优化控制闭环运行。

相比于一些变电站使用的独立电压无功控制装置(VQC), AVC系统从整个地区电网的电压和无功控制角度出发, 对全网无功电压状态进行集中监视和分析计算, 以全局的角度对广域分散的电网无功装置进行协调优化控制。该系统消除了变电站电压无功控制“各自为政”的弊端, 是保持系统电压稳定、提升电网电能品质的重要技术手段, 同时也对提高整个系统经济运行水平和无功电压管理水平起到不可或缺的作用。

目前, 地区电网AVC系统的控制水平逐步提高, 实现了主站自动化高级应用软件技术的闭环控制。地区电网调度控制中心主站系统SCADA及包括状态估计、在线潮流等在内的高级应用软件已经达到实用化水平。地区电网自动化硬件水平发展已经具备了进行实时数据采集和闭环控制的能力。通过完备的高速电力数据通信网络, 利用主

站系统的SCADA应用功能, 可以在控制中心采集包括母线电压、线路潮流、开关刀闸情况等在内的实时信息, 并在控制中心远程完成电容器投切、变压器分接头升降等遥控遥调操作。在设计体系上, 主站平台支持AVC应用子系统功能扩展, 将为电压无功控制提供统一平台支撑软件。AVC应用是地区电网无功调度发展的最高阶段, 将为地区电网无功电压安全经济运行提供重要的技术支撑手段。

1 AVC系统控制策略的理论依据

1.1 变压器有载调压原理

在带负荷的情况下进行变压器有载调压, 通过改变变压器的绕组接入匝数, 来改变变压器的输出端电压进行调压。变压器在绕制绕组时就已经留出了若干个抽头, 在器身装配后将使这些抽头引到调压装置上, 这些抽头叫做分接头。为达到分接头的切换效果, 采用一种叫做分接开关的切换装置, 分接开关由一分接头“切换”到另一分接头时, 就改变了绕组的有效匝数, 即改变了变压器的变压比, 从而达到了调整电压的目的。

变压器高压绕组的电流比低压绕组的电流小, 其导线截面积较小, 绕组绕制时抽头较容易; 额定电流小的分接开关结构简单, 容易制造和安装; 变压器的高压绕组在外面, 抽头引线引出较方便。对于降压变压器来讲, 当电网电压变动时, 在高压绕组进行调压即可适应电网电压的变动, 对变压器运行有利。因此, 一般情况下, 在变压器高

压绕组上改变匝数即可进行调压。

1.2 电压与无功的关系

电压损耗由两部分组成，即有功功率在电阻上的压降和无功功率在电抗上的压降。一般说来，在超高压电网的线路、变压器的等值电路中，电抗的数值比电阻大得多。所以无功功率对电压损耗的影响很大，而有功功率对电压损耗的影响则要小得多。因此，可以得出结论，在电力系统中，无功功率是造成电压损耗的主要因素。当线路、变压器传输功率时，会产生电压损耗，因而影响了电网各处电压的高低。如果能改变线路、变压器等电网元件上的电压损耗，也就改变了电网各节点的电压状况。

总之，当变电站的电压低时，可以通过投入电容器来降低电压降，提升变电站电压。当变电站的电压高时，可以通过切除电容器来增大电压降，降低变电站电压。

2 AVC系统控制策略

2.1 AVC系统控制建模

变电站通常有主变分接头档位调整和电容器投切两种手段来控制母线电压和关口无功功率。提升变压器的分接头档位可以直接抬升电压，也能适度增加无功的消耗，增加系统无功缺额；投入电容器可以直接补偿系统无功缺额，满足用户无功需求，也能适度抬升电压。

AVC系统根据当前电压和无功的数值大小做出决策，控制站内变压器档位与电容器，经调整变化的电压和无功再次影响AVC系统的决策，从而实现闭环控制。因此本文以受控对象为研究对象，建立二维模型，描述档位、电容器、电压、无功四者的耦合关系。如图1所示，横轴表示电容器投切产生的无功变化，纵轴表示档位调节造成的电压变化，曲线的交点表示系统的运行状态。

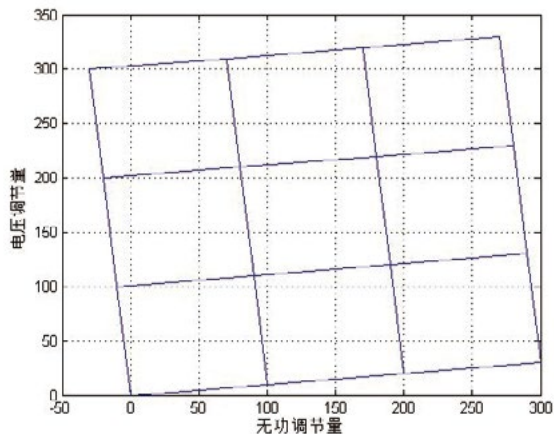


图1 调压方式对于电压无功的影响示意图

由于档位变化和电容器投切只有有限的几种情况，因此电压和无功的调节量均为离散的数值。图1中直线的交

点才为现实存在的点，每次调节相当于从一个点跳至另一个点。无功优化求解就转化为寻找与最优点距离最近的交点的问题。

当实际运行参数触发AVC系统的调整条件时，调整最多分为8种情况，对应图中每个点周围的8个点。当运行点的位置位于边界不可再调整时，若此时运行参数仍不满足系统正常运行条件，AVC系统可以调用上级电源或者下级电源的资源，整体计算最优点，保证系统处于最优的运行位置。系统的调整可采用穷举法，计算经过每一种调整方式后，系统处于新的运行点时的运行参数，并选择可实现最优参数的调整方式。为提高效率，也可先判断系统当前的电压 U 和无功 Q 等运行参数，再决定系统调整方式，下面就这种AVC系统的控制策略进行说明和分析。

2.2 AVC系统控制策略分析

在AVC控制策略中，控制对象的优先级依次为：母线电压，关口功率因数（220 kV变电站110 kV主开关处功率因数），110 kV、35 kV站变压器高压侧无功优化。

2.2.1 母线电压控制

母线电压高：当检测到某站低压侧母线电压高时，立即检查本站无功情况。下面针对无功过补，无功正常和无功欠补三种情况分析。若本站无功过补，则优先考虑切除电容器，并预判切除电容器后关口功率因数。若预判切除电容器后关口功率因数不越限，则选择越限母线下所挂一组电容器予以切除，以达到同时校正电压越限与无功越限的目的，若预判切除电容后会导致关口功率因数越限，则不切除电容器，考虑降档；若此时本站无功在合格范围内，则优先考虑降档以纠正电压，而不切除电容器，以保持电容器对本站无功的继续支持；若此时本站无功欠补，则只能降档。

母线电压低：当检测到某站低压侧母线电压低时，同样检查本站无功情况。若本站无功欠补，则优先考虑投入电容器，并预判投入电容器后关口功率因数。若预判投入电容器后关口功率因数不越限，则选择越限母线下所挂一组电容器予以投入，以达到同时校正电压越限与无功越限的目的，若预判投入电容后会导致关口功率因数越限，则不投入电容器，考虑升档；若此时本站无功在合格范围内，则优先考虑升档以纠正电压，而不投入电容器，以保持电容器对本站无功的继续支持；若此时本站无功过补，则只能升档。

2.2.2 关口功率因素控制

当母线电压合格后，进行关口功率因数控制策略，检测关口功率因数情况，即关口无功过补和欠补。相应地，AVC的无功控制可分为无功切除、无功投入两个操作方向。当关口无功过补时，按照各电容器切除后对校正区域

关口无功越限影响的灵敏度由大到小的顺序，依次预判电容器切除后对电容器所属母线电压的影响。按照上述序列，切除不会导致母线电压越限的电容器。当关口无功欠补时，同理预判投入电容器的影响并按照序列优先选择应投入的电容器。

2.2.3 单站无功控制

当母线电压合格，且关口功率因数合格时，进行单站无功控制策略，依次对本区域内各厂站无功进行判断。与关口无功情况类似，单站无功控制也可分为无功过补和无功欠补两种情况，所不同的是，单站无功控制时选择动作的电容器为本站内的电容器，其排序原则同上。电容器动作前，仍需预判该电容器动作后对电容器所属母线电压、对关口的影响。

2.2.4 系统运行状态优化

按照上述三个条件判断系统运行参数后，通过投切电容器、升降档的方式对系统进行调整，得到新的系统运行状态，此时对新状态下的系统参数进行判断。若满足系统运行条件，则完成调整过程，若不满足，则再次根据系统参数，按照上述三个判断条件对系统再次进行调整，进一步优化系统运行状态。

2.3 特殊情况下的AVC系统控制策略

一些 35 kV 变电站设备老旧，自动化、通信装置只能实现遥测、遥信功能，不能实现遥调、遥控。因此，其电压不合格时，需要调节上级 110 kV 变电站的变压器或控制上级 110 kV 变电站的电容器。此时控制策略优先级为：110 kV 变电站母线电压 > 35 kV 变电站母线电压 > 关口功率因数 > 110 kV 变电站变压器高压侧无功优化。

3 北京某地区电网的试验及分析

以北京市某地区电网电压无功自动控制系统的应为例，分析 AVC 系统控制策略的调节效果。该地区某 110 kV 变电站的受控对象为两组 10 kV 电容器及两台 110/10 降压型有载调压变压器。地区 AVC 系统每 15 min 从 EMS 系统获取一次母线电压及关口功率因数，模拟调整过程，计算出调整后的电压及无功变化情况，最终通过 EMS 系统遥控变压器档位与电容器开关，实现协调控制的目标。

该变电站所带负荷以居民用户为主，负荷特性与居民生活习惯一致。AVC 系统每天至少调整两次电压与无功补偿。以 2015 年 8 月 9 日为典型日，进行数据分析。

表 1 的数据显示，AVC 系统有效解决了随负荷变化产生的电压越限及功率因数过低的问题。

图 2 表明，母线电压严格控制在允许的运行范围内，未发生公司规定的电压越限的情况。据统计，地区全年电

表1 AVC系统自动协调控制效果

调整时间	调整原因	调整措施	调整结果
0:07:11	有功负荷减少，电压过高	档位5档降为4档	电压由10.6 kV恢复至10.47 kV
0:43:11	无功消耗减少，无功反送	切除一组电容器	关口无功由-3.4 kvar变为1.18 kvar
8:55:13	有功负荷增加，电压过低	档位4档升为5档	电压由10.1 kV恢复至10.22 kV
10:38:48	无功消耗增加，无功缺额	投入一组电容器	关口无功由2.5 kvar变为-2.23 kvar

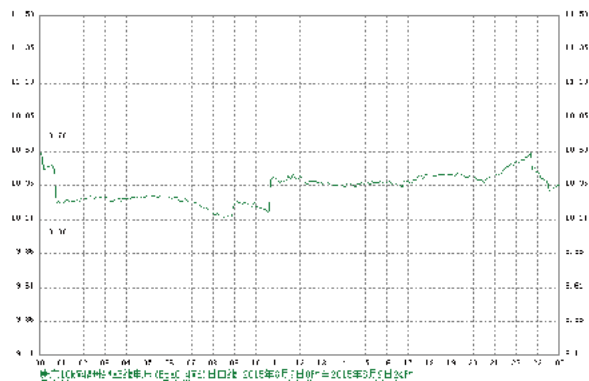


图2 母线电压典型日变化曲线

压合格率达到 99.9% 以上，功率因数维持在 0.9 以上，有效降低了线损。单个变电站每年调整档位及电容器近两千次，全地区遥控操作达两万余次，全部为 AVC 系统自动控制，大大减少了调度员的工作量，提高了调控运行效率。

4 结束语

在确保电网安全稳定运行前提下，AVC 系统保证电压和关口功率因数合格，尽可能减少线路无功传输，降低电网因不必要无功潮流引起的有功损耗，以及对电网内各变电站有载调压装置和无功补偿设备进行集中监视、统一管理、在线控制。此系统能够提高工作效率、减轻调压劳动强度，进而使无功电压管理水平得到提升。

参考文献

- [1] 陈构宜, 蔡文, 饶波, 等. 基于DDS原理的逆变器锁相技术的研究与实现[J]. 电力电子技术. 2010, 44(3): 6-8.
- [2] 陈顺, 黄守道, 王德强, 等. 基于改进瞬时无功理论的单相锁相环[J]. 电力电子技术. 2009, 43(10): 89-90.
- [3] Ciobotaru M, Teodorescu R, Blaabjerg F. A new single-phase PLL structure based on second order generalized integrator[C]. Jeju, Korea, Republic of: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2006.
- [4] 王冲, 於锋, 陈荣. 基于广义积分器的电力单相锁相环研究[J]. 高压电器. 2011, 47(4): 13-16, 22.
- [5] 袁江伟, 吕征宇. 一种新型的单相并网系统锁相环[J]. 电力电子技术. 2011, 45(7): 81-82, 100.

(责任编辑: 张峰亮)

分布式电源对重合闸的影响及措施

孙立臣, 祁波

(国网北京密云供电公司, 北京 密云 101500)

摘要: 分布式电源接入配电网后, 一旦保护因故障动作跳闸, 在分布式电源未与配电网解列的情况下, 形成由分布式电源供电的电力孤岛。这些电力孤岛虽然能够保持功率和电压在额定值附近运行, 但是将对重合闸产生潜在的威胁。文章因此分析了分布式发电并网后对重合闸的影响, 并提出了改进措施。

关键词: 合并单元; 额定延时; 分布式电源

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0011-02

1 对重合闸的影响

配电网形成电力孤岛后, 在线路断路器断开至重合闸动作这段时间内, 分布式电源与系统电源的电压相位角不再一致, 当电压相位角差达到一定值时, 将导致非同期重合闸, 进而在分布式电源和系统电源之间形成很大的冲击电流或电压。在冲击电流的作用下, 保护设备很可能误动, 使重合闸失去迅速恢复瞬时故障的能力。同时, 冲击电流也很可能对主电网和未解列的分布式并网系统中的逆变器等设备产生冲击。

如图1所示, 分布式电源通过电网110 kV终端变电站10 kV馈线接入系统后, 当分布式电源与系统连接线发生故障110 kV变电站内10 kV开关QF2跳闸后, 如果此时分布式电源内防孤岛等保护未动作, 分布式电源仍然与电网相连接, 则重合闸动作时QF2断路器合闸将可能造成非同期合闸, 导致后加速保护动作再次跳闸, 将会对系统内设备和分布式电源内设备造成严重的冲击和破坏。

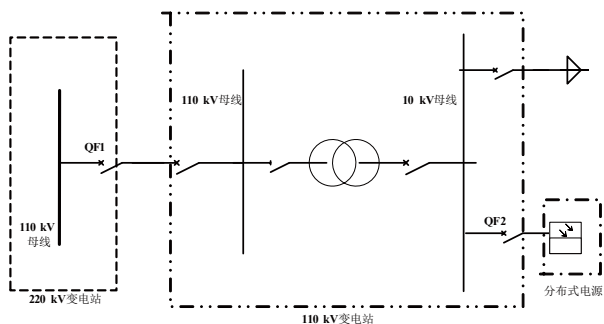


图1 分布式电源接入对重合闸非同期合闸的分析

另外, 当接入分布式电源的110 kV终端变电站上级电源线路故障QF1开关跳闸后, 当重合闸动作时, 如果此时分布式电源仍然和电网连接在一起, 则从10 kV母线

通过变压器向110 kV侧反送电, 有可能导致QF1开关重合闸时非同期现象, 也会对系统电气设备造成较大的损害。

当配电网失去系统电源后, 未解列的分布式电源会继续对故障点供电, 进行重合闸时, 分布式电源提供的故障电流阻碍了故障点电弧的熄灭, 引起故障点持续电弧, 可能导致原本的瞬时故障变为永久性故障。

如图2所示, 当分布式电源与系统联络线AB之间发生故障时, 此时电网侧断路器QF1跳闸, 如果此时分布式电源侧防孤岛等保护没有来得及动作, 分布式电流侧断路器QF2未及时断开, 分布式电源将继续向故障点反向供电, 由于工频续流的存在, 将使故障点电弧难以熄灭, 导致故障点电弧持续, 可能使故障范围扩大, 使原来瞬时故障扩大为永久性故障。

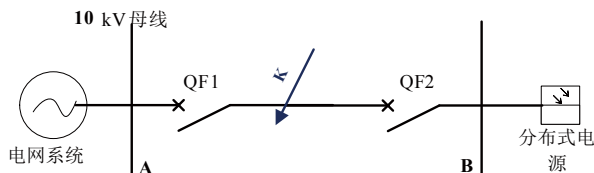


图2 分布式电源接入对故障点电弧重燃的分析

2 解决措施

接有分布式电源的主网终端线路(和分布式电源与主网的联网线路), 宜选用解列重合闸方式, 终端线路(或联网线路)发生故障时, 在分布式电源解列后, 主网侧检无压重合, 分布式电源侧不重合。因此, 分布式电源与电网之间的联络线, 不论是经专线接入, 还是T接接入等方式, 只需在靠近电网侧各断路器处采用检无压重合的方式, 确保分布式电源脱网后重合, 避免非同期合闸。下面以分布式电源经专线接入10 kV系统为例进行说明, 其他

方式同理。

分布式电源经专线接入 10 kV 系统重合闸配置方案示意图如图 3 所示，如条件许可，可在断路器 1DL 和 3DL 处配置重合闸。

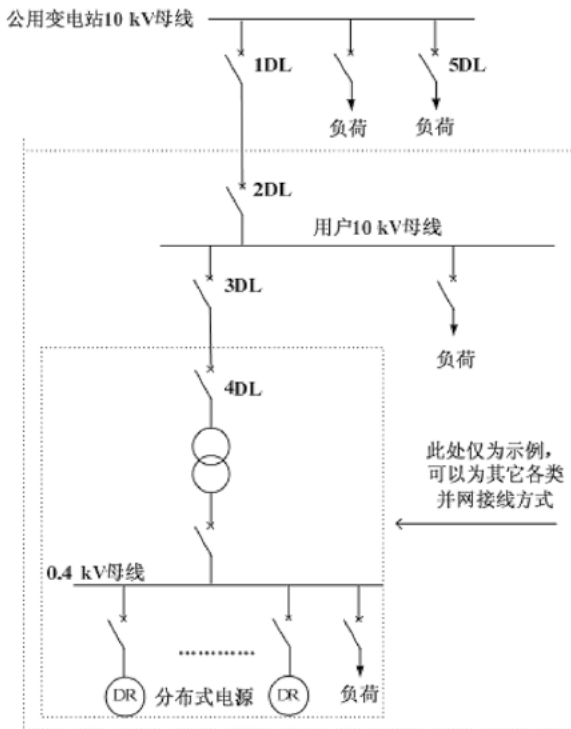


图3 光伏电源经专线接入 10 kV ~ 35 kV 系统重合闸配置方案

如图 3 所示，断路器 3DL 以下发生故障，继电保护动作使断路器 3DL 断开，在满足条件时，断路器 3DL 可重合一次，此时应采用检无压重合，确定分布式电源脱网后才能重合，防止非同期使合闸不成功。

断路器 1DL 和 2DL 之间的联络线发生故障，1DL 处继电保护动作使断路器 1DL 断开，条件许可时，可使断路器 1DL 重合闸一次，此时也应采用检无压重合的方式，确认分布式电源断开后重合，防止分布式电源返电源导致非同期合闸。

3 结束语

以上分析了分布式电源并网后对重合闸的影响，分布式电源并网除了会导致重合闸不成功外，还会导致接入分布式线路保护的灵敏度降低及拒动可能，或导致线路保护误动，以及相邻线路故障的随时保护误动并失去选择性等问题。分布式电源接入电网的影响，其实还有很多，因潮流分布的改变，由原来单一电源结构变为多电源结构，还有很多问题需要进一步研究发现并解决。

(责任编辑：张峰亮)

资讯

国内首家海洋输电技术实验室揭牌 打造领先技术研究平台 服务我国海洋经济发展

8月18日，国内首家海洋输电工程技术实验室在浙江舟山揭牌，该实验室代表了国内海洋输电工程领域的最高研究水平。

2010年1月，舟山供电公司高起点、高标准组建成立海洋输电研究所。“十二五”期间，实验室先后建成了柔性直流电缆试验场、海缆电气性能测试实验室、户外试验场等多个试验场区，同时建成了海缆模拟环境试验场和海上移动实验平台。2016年1月，海洋输电工程技术实验室获批命名，成为国内唯一专业从事海洋输电领域技术研究的机构。

近年来，实验室重点在海洋输电工程设计技术、高压试验技术、施工与装备技术等方面开展了系列研究，主编的《海底电力电缆运行规程》等行业标准获国家能源局发布；参与国家863课题《海上风电场送电系统与并网关键技术研究及应用》等10余项课题研究，在大长度电缆过电压、水下机器人开发等方面取得了原创性成果；牵头开展了“500 kV 交联聚乙烯绝缘交流海底电缆”的型式试验，实施了特殊海床环境下海缆保护方案等研究；《海洋输电关键技术研究》等诸多科研项目获得了国家电网公司科技奖项和浙江省政府科技奖项。

下一阶段，实验室将结合全球能源互联网发展的现实需要和未来方向，开展前瞻性的新技术、新课题、新应用研究和开发。重点是加快完成“500 kV 交联聚乙烯绝缘交流海底电缆”的型式试验，突破电缆现场局放试验技术；加快CNAS实验室认可申报工作，实现海洋输电工程技术实验室与相关国内外实验室互认；加快关键试验技术研究，形成国内特色鲜明的直流海缆试验开发能力。同时，实验室还将开发水下机器人技术，实现海底电缆敷设、打捞、巡查、监控的智能化，并利用风能、潮汐能、太阳能等新能源打造微电网等。

舟山供电公司负责人表示，今后将强化对全球能源海上互联战略任务、重点工程的支撑和保障，努力将实验室打造成为国内一流的海洋输电科技人才培养基地、国内领先的海洋输电工程技术研究平台，为舟山国家新区乃至我国海洋经济的发展做出更大的贡献。

7月中旬，在海洋输电工程技术实验室内，国内首次“国产500 kV 交联聚乙烯海缆”型式试验取得阶段性成果。

来源：国网浙江省电力公司

敷设电力电缆长度复测

孙泰龙

(国网江苏泰州供电公司, 江苏 泰州 225300)

摘要: 配网工程与居配工程竣工后, 工程涉及的电缆敷设工程量往往由于土建工程较为隐蔽、电缆管道实际走向与图纸不符、管道施工中存在拉管方式无法确认, 电缆工程量的计算面临较大的困难。已敷设电缆的长度得不到准确的评估, 给工程物资使用情况的审核带来困难, 为工程建设工作的闭环管理留下隐患, 文章对敷设电力电缆长度复测进行了研究, 对于电缆的使用管控具有重要作用。

关键词: 敷设电力电缆; 长度测量; 低压脉冲反射

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0013-02

1 基于低压脉冲反射法的电缆长度复测原理

电缆线路在正常传输电能的过程中, 需要尽量避免电磁波发射对波形的干扰, 导致波形失真。针对这一现象, 可以将其应用到电磁波无损探伤中, 从而实现电缆中阻抗不匹配点的快速精确定位。基于这一特性, 可以通过向电缆一端注入脉冲信号, 利用入射脉冲与阻抗不连续点位置的反射脉冲间的时间差值以及不连续点的距离成正比关系这一原理, 可以计算出不连续点的位置。通过反射脉冲的极性和幅值进行分析, 可以计算出电缆阻抗不连续点的准确位置。因此, 基于这一原理, 可以通过电磁波的传输特性完成对电缆长度的精确测量。

根据上面的理论可以知道, 当电缆线路处于正常运行状态时, 线路的特性负载阻抗与终端的负载阻抗之间相互匹配, 电磁波能够通过电缆被终端负载完全吸收, 具体如图 1 (左) 所示。而当电缆线路中的某点出现故障后, 则该位置的输入阻抗成为了前端的终端负载, 此时, 终端负载阻抗与线路的特性负载阻抗不匹配, 电磁波将会被部分或者全面发射到发送端如图 1 (右) 所示。当待测电缆发生短路故障时, 电磁波的能量将全部被反射给发送端, 且发射脉冲的极性与入射脉冲相同, 如图 2 所示。

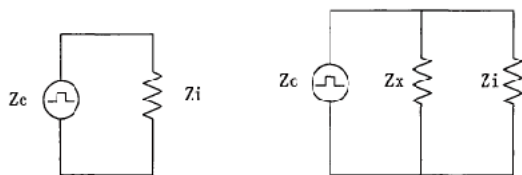


图1 阻抗匹配(左)与失配(右)

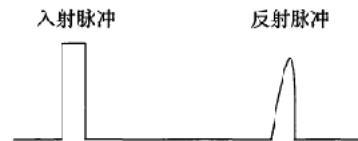


图2 入射脉冲与终点位置的发射脉冲

电缆长度测量的方法非常多, 本文提出了基于低压脉冲反射法的电缆长度测量方法。脉冲反射法是以传输线理论为基础, 在被测电缆的一端注入一个低压脉冲电压, 当所发射的脉冲信号在电力电缆线路中遇到故障点、电缆中间接头或者电缆的终端后, 线缆在该位置的阻抗会产生一定的变化, 因此会产生发射脉冲信号向入射端运动, 对发射脉冲和反射脉冲的时间差进行记录, 即可计算出电力电缆的实际长度。

2 系统设计与实现

2.1 系统方案设计

该电缆测量系统基于数字信号控制器和 FPGA 共同实现的控制处理方案, 如图 3 所示, 给出了具体的设计方案, 反射脉冲信号通过整形之后向控制处理单元发送, 然后计数器统计插入到反射脉冲中的高频脉冲信号的数量, 最后由控制处理单元将统计的数值转换为电缆长度值从 LCD 显示屏输出。

2.2 数字信号控制器系统的设计

数字信号控制器系统采用高性能数字信号控制器, 该控制器为 RS-232 串口通信。

2.3 整形电路的设计

系统采用 FPGA 控制的 ADG719 单刀双掷开关进行入射和发射脉冲隔离电路的设计, 该电路提供了高达 200 MHz 的切换速度。整形电路则基于 AD8009 超高速运

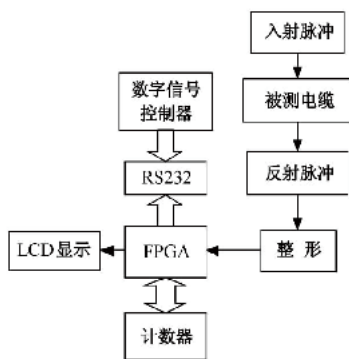


图3 系统总体设计方案

放来实现，AD8009 超高速运放提供了高达 5500 V/s 的转换速率，同时还提供了 1 GHz 的 -3dB 带宽以及良好的带内平坦度。由于 AD8009 的 IN+ 脚电压会对 IN- 脚电压产生影响，为了避免这种影响，加入了一个电压跟随装置的设计，选择 OP-07 高精度低失调运放。

2.4 FPGA测量系统的设计

FPGA 测量系统基于 EP3C16Q240C8 芯片实现，该芯片提供了 470 MHz 的工作频率，计算器的最高频率也达到了 275 MHz，能够很好地满足高频脉冲信号的计数要求。系统主要包括控制模块、脉宽计数模块以及显示模块三个部分，其中控制模块主要是控制脉冲信号的发射以及发射信号的接收、整形以及合成被测量信号；脉宽技术模块采用了 4 路 20 位的高速计数器，取平均值作为结果进行输出；显示模块则主要是用于显示电缆长度值。

3 实验数据及分析

对长度为 101.3 m、27.3 m 和 10.0 m 的三类不同电缆分别进行 5 次测量，然后对测量结果进行平均值计算，并将计算结果作为最终的测量结果输出。入射脉冲的宽度分别为 200 ns、200 ns、100 ns，高频计数信号频率为 200 MHz。

从实验数据可以看出，对于单根电缆的测量，相对误差保持在 5% 以下的范围，说明该系统可重复性较好，同时也能够看出，测量结果相对误差与线缆长度成反比，因此，通过计算能够得到高频信号数量的绝对误差。对于同一种绝缘材料的电缆来说，脉冲信号在其内部进行传播的速度是相同的，因此，当高频信号的数量绝对误差一定时，则待测电缆的长度越短，相对误差越大，如表 1 所示。

而针对测量结果产生的误差来说，其原因是多个方面的，针对该系统来说，可以采取以下几方面的措施来提高测量的精度。

表1 实验测量数据

传输线实际长度/m	计数脉冲频率/MHz	行波波速	5ns高频信号个数	测量结果/m	相对误差
101.3	200	1.98055555×10^8	206	102.09	0.78%
27.3	200	1.95625000×10^8	57	27.78	1.76%
10.0	200	1.94488189×10^8	22	10.21	2.10%

选择具有更高切换速度的开关器件，以提高系统的响应速度，从而减少延迟对测量精度的影响；

根据前面提出的测量原理可以知道，入射脉冲的宽度会对测量结果的精度产生直接影响，当脉冲宽度越大时，测量的盲区也会随之增加，导致测量结果精度下降，而当脉冲的宽度过小时，所包含的高频成分也会越多，导致脉冲信号在传播过程中的损耗增加，导致发射波发生严重的畸变，最终影响测量精度。因此，通过选择合适的脉冲宽度对于提高测量结果精度也具有一定的效果；

使用一些特定的方法尽可能的获得脉冲波速的准确值，也能够较大程度上提高测量结果的精度。本实验装置在实际应用的过程中，对脉冲波速的测量存在一定的误差，因此，可能会对测量精度产生影响，应尽量选择一些特定的方式来获取准确的脉冲波速值，从而提高测量精度。比如通过厂家提供的参数作为参考，确定脉冲波速值。

4 结束语

随着我国经济的快速发展，电缆在电力系统中的应用越来越多，应用范围也越来越广泛，而大量电缆采用隐蔽敷设方式，目前常用的电阻直接测量法和行波法在电缆长度过大或者电缆工艺规格较多的情况下，测量效果并不理想。对此，本文提出了一种基于低压脉冲反射法的电缆长度测量，同时进行了测量系统的设计，其具有小巧便携、操作简便、可推广性强等特点，对于提高电缆测量精度，减轻测量工作人员工作强度具有重要作用。

参考文献

- [1] 宋建辉. 基于时域反射原理的电缆测长若干关键技术研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2010.
- [2] 樊寅逸. 基于低压脉冲反射法的电缆故障检测系统设计[J]. 信息与电脑(理论版), 2011(11): 85-86.
- [3] 网络电缆长度测量仪、通信电缆排障仪[J]. 科技创新与品牌, 2013(03): 81.
- [4] 宋建辉, 于洋, 陈亮. 时域反射电缆测长测量精度影响因素分析[J]. 沈阳理工大学学报, 2012(01): 23-27.

(责任编辑: 张峰亮)

基于营配调贯通的“低电压” 大数据挖掘与精准定位

王卫国

(国网湖北黄冈供电公司, 湖北 黄冈)

摘要: 针对用户侧“低电压”点多面广、影响巨大且难以提前监测与定位的现实, 提出了一种基于现有信息化条件(尤其是营配调贯通)下的监测与定位解决方案, 利用智能电能表的测量功能以及用电信息采集系统的数据处理功能, 实现了对用户侧电压的监测, 填补了各个部门对用户侧电压实施监测的空白, 为及时发现配网供电质量“短板”, 从而为安排配网改造项目、改善居民供电质量提供了技术支撑和数据支撑。

关键词: 智能电能表; 营配调贯通; 大数据

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0015-02

1 研究课题背景

1.1 “低电压”情况简介

长期以来, 国网湖北省电力公司受理的用户电能质量(“低电压”)投诉居高不下, 以2016年1至6月为例, 国网湖北省电力公司共受理“低电压”投诉478起, 平均每月79.7起。

作为湖北省电力公司的下属单位, 黄冈供电公司的“低电压”问题也十分突出, 2016年1至6月, 黄冈供电公司共受理“低电压”投诉112起, 平均每月18.7起, 占湖北省电力公司类似投诉总数的23.43%, 在各地市公司中数量位居第1位。黄冈供电公司的“低电压”配电台区数量较多、分布较广、影响较大, 解决存量“低电压”的工作任务十分紧迫。

1.2 “低电压”问题处置的难度

一是用户“低电压”不能提前监测。由于现有信息系统不能测量用户侧电压数据, 因此“低电压”的发现都是“事后型”, 即发生“低电压”问题且导致用户投诉后, 才采取措施进行现场核实。

二是用户“低电压”详细情况难以掌握。“低电压”既有管理造成的(比如三相负荷不平衡), 也有设备原因造成的, 并且设备原因也是多种多样(超半径、超容量、小线径等); 既有瞬时的、季节性的, 也有长时间和长期的; 既有严重“低电压”的(比如单相电压低于160V), 也有一般“低电压”的。以现有的管理方式和技术手段, 难以准确掌握。

三是“低电压”又是动态发生的, 整治了“低电压”台区, 如果由于用户用电热情高涨, 增加了更多的用电设备, 超出了设计供电能力, 也可能再次导致“低电压”问题的发生。因此对其整治效果应及时跟进, 但现有的技术手段也

是难以落实。

1.3 “低电压”监测与定位现状

随着近几年供电部门信息化技术的不断推广和使用, 已有部分信息化系统实现了对部分电压等级、部分重点区域的电压监测功能, 但依然存在较多不足。

SCADA系统监测: 实时监测变电站母线电压, 只能监测到变电站10kV母线电压, 不能监测配网变压器以及用户侧电压。

电能质量在线监测系统: 通过专用的电压监测仪分别监测A、B、C、D四类电压质量, 但D类电压监测属抽样监测, 每百台公变设置2台监测仪, 不能满足大范围实时监测电压的要求。

用户投诉: 用户电器不能正常使用时通过95598进行投诉, 但基于用户的专业能力、表达能力以及对电力系统的熟悉程度, 难以准确表述“低电压”现象、发生位置、严重程度等相关情况, 导致配电网“低电压”问题难以精准判断和定位, 因此只能采取台区维护人员现场实测的方式, 对“低电压”进行核实。该方法的准确性、反应速度都难以满足要求。

2 实施方案简介

2.1 用户“低电压”监测主要原理

用户“低电压”监测利用现有信息化系统为依托, 不需建设新的信息化系统, 只对现有信息化系统功能进行拓展和整合, 利用“大数据”工具进行挖掘和分析。其主要运用营销部门建设的用户用电信息采集系统(以下简称用采系统), 利用智能电能表的电压、电流采集功能, 运用用采系统的数据处理功能, 来实现配变和用户电压、电流等数据的采集、分析和处理。

2.2 具体实施过程与步骤

第一步,利用智能电能表的电压、电流采集功能,将用户侧的电压、电流采集后,再将数据通过电力载波传送到台区集中抄表终端,再由抄表终端通过 GPRS 等通信方式传送到用采系统服务器。

第二步,利用大数据挖掘工具对以上数据进行处理,找到低于 198 V 的电压值以及其他重要数据。

一是挖掘配变台区总表每日 96 点、用户电能表 24 点的电压值。如该值小于等于参比电压的 90.00% (198 V),则计为“低电压”。

二是挖掘配变台区总表每日 96 点三相电流值,通过三相电流比对以及与额定电流值进行比对,判断配变台区是否重(过)载、是否三相不平衡。如任一相电流达到额定电流的 80%,则判定为重载;达到或超过 100%,则判定为过载;三相电流的差值达到或超过 20%,则判定为三相负荷不平衡。

第三步,利用大数据分析工具对挖掘出来的数据进行分析,通过智能电能表的 ID,再利用营配贯通和“大数据”技术,精准定位该电能表的用户名称、配变台区、中压线路以及供电所名称,从而实现“低电压”的精准定位。

第四步,通过分析“低电压”的程度、出现的时刻与频度以及三相平衡状况,再综合分析台区容量、台区电量、供电户数(营销系统可提供)等数据,可分析出“低电压”的规律特征和主要原因,从而为下一步的整治提供参考。

3 创新点和特色

3.1 拓展了现有智能电网的功能

利用现有信息化系统为依托,不再建设新的信息化系统,只对现有信息化系统功能进行拓展和整合。

一是拓展了智能电能表功能应用,除了利用智能电能表的抄表功能,还拓展应用了智能电能表的电压、电流采集功能。

二是拓展了集抄系统的数据处理功能,除了采集、存储与传输抄表数据,还实现了对配变和用户电压、电流等数据的采集和传输功能。

3.2 应用了大数据挖掘和共享技术

本项目首先是共享了营销、用采系统的数据资源,再基于海量数据进行挖掘和处理,对黄冈供电公司 25000 余台配电变压器以及 10 万余个用户的日运行数据(每个台区及低压用户每日 96 点电压、电流值)进行分析,数据量极为庞大,常用的 Excel 工具难以满足使用需求,必须使用大数据挖掘和分析工具。

3.3 融合了跨专业信息技术和业务

本项目的技术方案中,需要融合营销系统、用电采集系统、生产管理系统(PMS)和营配调贯通等多个业务系统,

以及需要采用多个“大数据”挖掘和分析工具,高度依赖于现有成熟的计算机、网络以及“大数据”技术的融合贯通,反过来也促进了上述系统和业务的融合贯通。

3.4 安全经济等性能较高

一是实用性高,本课题全方位、多角度开展配电网“低电压”实时监测,监测模型以日频度进行数据更新,及时性、灵活性较好,可高度满足各类管理人员的数据需求,具有很强的实用性。

二是安全性高,本课题通过信息化系统监测配电网运行电压,改变了以往人工现场实测电压的方式,避免了工作人员登高、带电测试等作业行为,从而规避了该类作业行为的安全风险。

三是经济性高,利用已有系统和设备来实现,除需要增加数据处理平台外,不需另外新建系统和设备,投资很小。使用信息化手段实现电气测量,不需要配网运维人员到现场作业,节省了相关的人、财、物费用。

4 项目的成果及成效

4.1 能精准定位“低电压”设备

利用现有信息化系统,采用“大数据”挖掘和分析工具,可实时筛选出“低电压”配电台区和重点用户的营销编码,再利用营配调贯通技术,可精准定位到台区的生产运行编号以及 10 kV 线路名称直至供电所、供电公司名称。

4.2 能指导配网设备运维与改造

通过监测“低电压”、重(过)载、三相不平衡情况,可综合分析出导致“低电压”的主要原因,比如是否因为重(过)载或者三相不平衡等,从而可为相应的整治措施提供数据参考。

4.3 能降低供电服务的投诉风险

通过监测和分析“低电压”出现的频度和严重程度,提前介入做好用户疏导和解释工作,争取用户的理解和支持,减少甚至杜绝用户的投诉,从而降低优质服务投诉风险。

4.4 能监测配网项目改造成效

通过精准定位“低电压”配电台区后,及时跟踪该台区列入项目储备、可研批复、投资计划的时间和状况,评估整改措施的落实情况。待台区整改措施落实后,再对该片供电区域(台区含地理坐标信息)的电压进行监测比对,从而可以评估配网项目的改造成效。

该项目在黄冈供电公司试运行以来,可有效定位台区和用户“低电压”。自 2016 年 1 月起,累计发现“低电压”台区 1307 个,低压用户“低电压”6534 起。在异动问题整改进程中,有效解决“低电压”台区 927 个,处理用户“低电压”4866 个,有效降低用户投诉 4866 起,黄冈供电公司 5 月份以后的“低电压”投诉呈现明显好转态势。

(责任编辑:张峰亮)

突破行政区划的配电网互联规划

郑洁云, 张林焱

(国网福建省电力有限公司经济技术研究院, 福建 福州 350012)

摘要: 随着居民用电需求的不断上升, 省、市、县(区)行政区划边界配电网“低电压”、频繁停电等问题日益突出。通过突破行政区划配电网互联工程, 电网资源能够获得高效整合, 使得提升配电网供电可靠性的成本有效降低。首先对边界地区的基本特点、电网存在问题展开分析; 其次, 针对边界地区的自然特点、电网特点提出互联项目的立项原则, 并对互联线路的运行方式进行了分析; 最终以闽赣及福建省内突破行政区划配电网互联规划为案例, 对其规划成效进行分析, 证明了突破行政区划配电网互联规划有效提升了配电网供电可靠性。

关键词: 突破行政区划; 配电网互联; 供电可靠性; 运行方式; 供电距离

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0017-04

根据“十三五”配电网规划着力解决单线单变、单辐射供电可靠性差、“低电压”等问题的思路, 提高高压电网 N-1 通过率、进一步梳理中压网架、提高供电可靠性、满足用户需求成为配电网规划的关键。在常规配电网规划中, 对于各市(县)边界地带, 由于地处电网末端, 上级电源点少, 负荷分散, 往往由中压线路长距离供电, 造成频繁停电、“低电压”等问题, 供电可靠性差。

传统的规划局限于各市(县)行政区域内, 文献[1]针对偏远边界地区用电特点, 提出了3种主要的供电优化技术, 但均为针对本行政区内的电网改造优化, 投资成本高, 对偏远地区而言经济性较差; 文献[2]提及的中压线路接线模式也为从本侧电网进行加强, 但对于边界地区, 新架设线路路径环境与原有线路相近, 供电可靠性提升成效不够显著。本文研究内容突破行政区划就近建立联络, 不仅增强了末端电网的供电可靠性, 而且线路建设成本大大降低, 更避免了在负荷密度低的偏远地带新增电源布点造成的资源浪费。

本文结合国网福建省电力有限公司在闽赣配电网互联及本省突破行政区划配电网互联规划中的工作实践, 深入研究边界电网存在问题, 从而提出突破行政区划配电网互联原则, 并对互联线路运行方式进行研究, 最后分析突破行政区划配电网互联规划成效。

1 接壤区域基本特点

1.1 自然条件

根据我国大陆架分布, 各地行政区交界地带主要分为以下几类。

山地: 根据我国大陆板块地形走势, 主要分布在西部

内陆地区, 这类地区为山脉地带, 多千米以上高峰, 地广人稀, 或坐落有森林、自然保护区, 经济水平相对落后, 用电负荷密度较低。高海拔阻隔对电力线路架设造成地势上的阻碍, 电力线路更难以深入自然保护区内供电。

丘岗: 海拔相对较低, 为百米左右小山, 主要为过渡地带, 分布在向沿海过渡的地市、县(区)边界地区, 人口密度适中, 负荷密度有所上升。

平原: 地势广袤平坦, 多分布于沿海地市、县(区)边界地区以及我国主要的平原地区, 人口密集, 适于城市的建立、发展, 经济发达, 负荷密度高。

流域: 对于流域广布地带, 地市、县(区)常以水域作为行政区划界限。由于沿河多为酒店、住宅区, 负荷密度较为集中。但电力线路架设廊道受限, 水域跨度较大时, 廊道主要依托于桥梁等, 或采用高压铁塔架设高压通道。

以福建省为例, 山海特性明显, 福建省际及省内市(县)间接壤地区主要分为山区和沿海丘岗、流域两种类型。最大的武夷山脉位于闽赣边境上, 最高峰黄岗山海拔 2 157.8 m, 地势上的阻隔对突破行政区划互联工程廊道可行性产生一定影响。沿海接壤地区主要位于福州、莆田、泉州、厦门等地市, 地势平坦, 对互联工程阻力较小。

1.2 用电特征

针对不同地形边界区域, 对其用电情况进行分析。

1.2.1 山地

由于山区村落零散、常住人口低于户籍人口, 最大用电负荷、用电量总体偏小, 多频繁跳闸线路。

以闽赣接壤地带为例, 福建省侧接壤 8 市(县)用电量分别仅占福建省、福建农网用电量的 3.0%、4.7%; 江西省侧接壤 12 市(县)用电量分别仅占江西省、江西农网用电量

的7.3%、10.2%。从分布上看,70%以上的负荷集中在县城,而边界乡镇由于海拔较高,负荷密度仅0.1~1 MW/km²,部分自然村落负荷密度不足0.05 MW/km²。

1.2.2 丘岗、平原、流域

根据地区主导产业类型,这三类边界地区人口密集情况、用电需求有所差异,但总体上超出山区水平较多,且一般情况下,流域负荷密度大于平原,又大于丘岗地区。负荷密度主要在1~10 MW/km²,电网多重载线路。

以福建省地市间位于沿海地区的12个接壤县(区)为例,用电量达福建省用电量的26.4%,县(区)用电水平达山区接壤县(区)的6倍。

2 接壤区域配电网存在问题分析

鉴于110 kV变电站基本实现了跨市(县)的110 kV站间联络,突破行政区划配电网互联项目主要考虑35 kV、10 kV电压等级,下面根据图1建立的接壤地区配电网现状评价体系,就省际、地市际、县(区)际接壤电网现状问题作一分析。

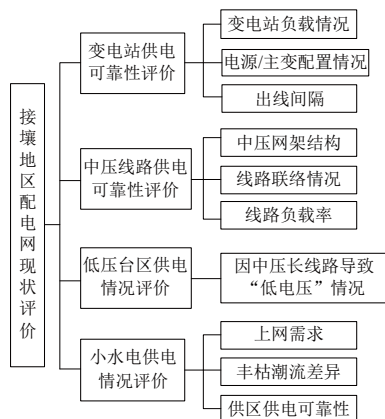


图1 接壤地区配电网现状评价体系

2.1 乡镇电网以35 kV为主、N-1通过率较低

接壤地区边界乡镇的主要电源为35 kV电网,存在单线单变和变电站多级串供问题,网架结构薄弱。以福建为例,省际接壤的8个县区平均主变N-1通过率不到70%,单辐射结构为35 kV线路的主要接线方式,供电可靠性有待提升。

2.2 乡镇中压线路以辐射式接线为主、供电半径长

中压网架结构以辐射式接线为主,N-1通过率、联络率低于所在省县城平均水平,仍存在线径25 mm²、35 mm²的小截面导线,总体转供能力较差。超15 km的中压长线路占比较大,山区多频繁停电线路,线路末端电压降落大,电能质量较差。

2.3 部分边界地区存在因中压长线路而导致的台区首端“低电压”

配电网基础设施建设薄弱问题一直是我国配电网发展

长期以来要解决的难题,“低电压”问题更是县域、近郊电网普遍存在的老难题。近几年,随着电网公司对配电网建设的重视度不断提高,“低电压”问题有所缓解,但对于偏远的边界地区,电源点单一,单辐射长线路供电往往导致配变首端即出现“低电压”,进一步降低了边界地区的供电质量。

2.4 边界偏远村落由自供区供电,供电质量差

由于电网发展的历史原因,现阶段全国电网仍存在一定比例自供区。多数边界地区的偏远村落则由规模较小的小型电厂供电,往往发输电设备老旧,供电环节缺乏高效、有序的管理,对电能质量没有指标约束。同时,一些自供区依靠的电源稳定性差,如小水电等,受自然条件影响大,供电可靠性难以保障。

3 互联技术原则

各电压等级项目应优先考虑通过本省、本地市、县(区)内部配电网加强,确实无法通过本行政区内加强或通过本行政区内部加强代价较大的情况下,考虑通过建设跨行政区联络项目予以加强。

3.1 35 kV电网

35 kV联络项目以加强县(区)间联络为主,符合以下条件且“十三五”期间未规划通过本县域新建第二回线路,可考虑提出省际、地市际、统一地市接壤县(区)间35 kV联络项目提高供电可靠性。

单辐射线路供电且故障情况下重要负荷无法通过下级电网全部转供的35 kV变电站;单辐射长线路(大于20 km)或频繁停电线路供电的,能与接壤县(区)就近形成35 kV联络的35 kV变电站;由小型电厂供电的、能与接壤县(区)就近形成35 kV联络的偏远乡镇、村落,优先考虑建设35 kV配电站,可从邻近县(区)35 kV电网取电。

考虑到供电经济性和线路压降,联络加强的35 kV电网应符合以下限定条件:正常运行方式下35 kV供电距离不宜超过30 km;联络的35 kV线路N-1通过率达100%;单回线路故障方式下,通过110 kV变电站串接供电的35 kV变电站座数不宜超过3座。

3.2 10 kV电网

10 kV联络项目应以加强县(区)间联络为主,提出省际、地市际、同一地市内接壤县(区)间的10 kV联络项目。

单辐射或长距离供电(大于15 km)、末端能与接壤县(区)就近形成联络的中压线路;位于雷区、覆冰区等自然环境恶劣区域的频繁跳闸的辐射式中压线路;因10 kV线路季节性重过载而产生“低电压”问题、末端能与接壤县(区)就近形成联络的中压线路;由小型电厂供电的、能

与接壤县(区)就近形成 10 kV 联络的偏远乡镇、村落。

考虑到供电经济性和线路压降,联络加强的 10 kV 电网应符合以下限定条件:根据《配电网规划设计技术导则》对供电距离的要求,正常运行方式下,10 kV 线路供电距离不宜超过 15 km;线路故障情况时或发生季节性“低电压”情况下,不少于 50% 的负荷能通过联络线路转供。

4 互联线路运行方式分析

4.1 35 kV 互联线路

对 35 kV 单线变电站提供第二回电源线,使 35 kV 变电站形成单链接线方式。由于原 35 kV 单线变电站主变台数不超过 2 台,而突破行政区划配电网互联线路的调度、计量、管理较常规项目存在不同,新建的 35 kV 联络线路上各级开关一般均处于热备用运行状态,作为 35 kV 线路 N-1 的备用线路。单/双主变运行方式接线图分别如图 2(a)、(b) 所示。

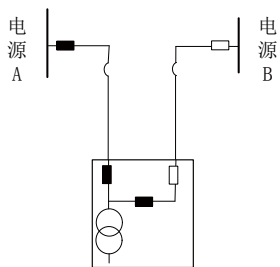


图2(a) 35 kV单主变电站互联线路运行方式

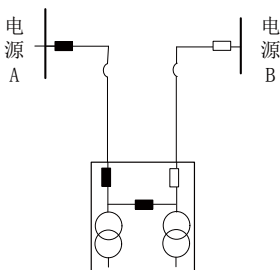


图2(b) 35 kV双主变电站互联线路运行方式

在该运行方式下,正常情况变电站仅有单回线路供电,当原电源进线故障时,变电站瞬时停电范围为正常情况下双线供电变电站的一倍。但通过 35 kV 侧备自投动作,能短时间内迅速恢复正常供电。

对 35 kV 水电站进行电源改接,满足部分边界地区电站上网需求。针对部分接壤乡镇 35 kV 电源并网改接需求,对其提供第二回 35 kV 电源线路,在电站升压站设联络开关,正常情况改由新建线路供电,原有线路作事故时相互支援。运行方式接线图如图 3 所示。

4.2 10 kV 互联线路

线路末端相连,联络开关常开,作事故支援。这种运行方式中,至少有一侧线路全线或仅后端线路为辐射式。

对于单侧长线路的互联,一般作较短线路支援长线路联络目的考虑,在较短线路末端故障情况下,长线路可作短时

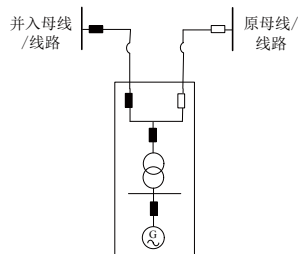


图3 35 kV水电站互联线路运行方式支援作用。运行方式如图 4 所示。

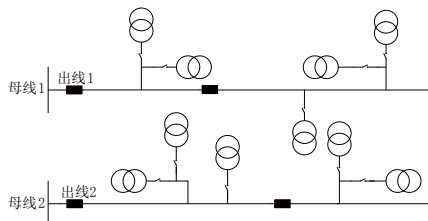


图4 10 kV互联线路运行方式一

线路分别为首端与末端相连,联络开关常开,作首段互联线路支援末端互联线路考虑。这种运行方式针对线路首末端分别相近、末端线路又无联络的现状电网,通过突破行政区划互联,增强末端辐射状较长线路的供电可靠性。运行方式如图 5 所示。

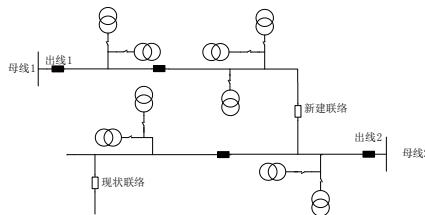


图5 10 kV互联线路运行方式二

线路末端相连,联络开关常闭,一侧线路转带对侧线路末端负荷。这种运行方式针对因中压长线路导致末端台区首端“低电压”的中压线路或重载线路,通过切割末端“低电压”台区负荷,消除台区“低电压”或解决线路重载问题。对于季节性“低电压”,则联络开关仅在用电高峰期闭合。运行方式如图 6 所示。

线路分别为首端与末端相连,联络开关常闭,首端互联线路转带末端互联线路部分负荷。这种运行方式针对线路首末端分别相近、一侧线路末端又存在因中压长线路造成的台区首端“低电压”或线路重载情况,通过一侧线路首端切割转带对侧线路末端负荷,来解决存在问题。运行方式如图 7 所示。

这种运行方式较第三种建立了可靠性更高的互联线路,但需注意的是负荷切割应在支援线路的承载范围内,

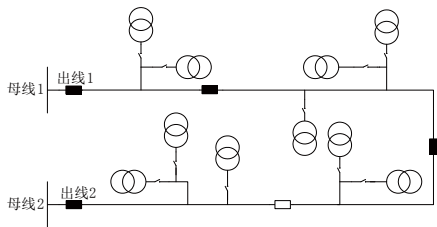


图6 10 kV互联线路运行方式三

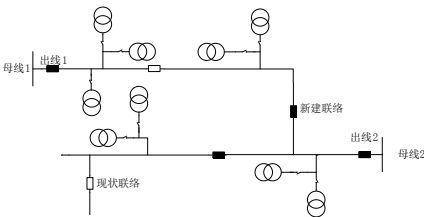


图7 10 kV互联线路运行方式四

不致使线路末端产生新的供电问题。

5 案例分析

5.1 闽赣配电网互联项目成果

闽赣接壤地区中压线路 $N-1$ 通过率有所提高。通过规划,至2015年底,共有8条10 kV线路由单辐射变为单联络结构,单条线路实现故障情况下最高66.7%的负荷转供。

闽赣接壤地区“低电压”问题有所缓解。通过规划,预计至2016年底,接壤县区内共有15台配变首端“低电压”台区通过负荷切改缩短中压供电半径消除台区“低电压”。

5.2 福建省内配电网互联项目成效

5.2.1 35 kV电网

通过福建省内突破行政区划配电网互联规划,接壤县(区)35 kV变电站 $N-1$ 通过率得到有效提升。2016—2018年,共有8座35 kV单线变电站实现双电源线供电, $N-1$ 通过率达到100%,这些变电站均位于农村电网,有效提高了县(区)边界乡镇配电网的供电可靠性。

5.2.2 10 kV电网

电网末端中压线路 $N-1$ 通过率有效提升。通过福建省内突破行政区划配电网互联规划,接壤县(区)的单辐射、频繁停电线路的供电可靠性得到提升。2016—2017年,共有36条10 kV线路 $N-1$ 通过率得到提升,其中,14条线路由单辐射结构变为单联络结构,实现故障下所带负荷的有效转供。

有效减少偏远乡镇因中压长线路导致“低电压”台区数。通过福建省内突破行政区划配电网互联规划,接壤县(区)的“低电压”问题从上级电网获得了彻底解决。2016—2017年,共有46台配变首端“低电压”台区通过

中压网络切改获得有效治理。互联规划充分利用相邻县(区)电网资源,从上级电网对“低电压”问题进行有效整治,避免了对低压台区的重复性无效整改。

解决偏远小水电供电村落供电质量差问题。通过福建省内突破行政区划配电网互联规划,部分县(区)常年由小水电供电的偏远村落实现了公用电网可靠供电。规划2016年南平2个村由末端小水电供电改接入公用电网,通过接壤县(区)电网实现中压网络短距离可靠供电,综合电压合格率大大提升。

6 总结

通过突破行政区划配电网互联规划,边界电网存在的单线变电站、中压线路单辐射及“低电压”等供电问题得到有效解决,供电可靠性有效提升。同时也证明了本文提出的互联技术原则对闽赣及福建省内突破行政区划配电网互联项目的适用性,并对今后开展类似项目规划提供了一定的参考。

由于省际、省内在实际的规划建设、调度管理、运维管理及计量等环节还需统一的协调、管理,并且省际与省内项目、省内不同市(县)间的项目还存在不同公司管理上的差异,仍需要通过具体的调研、分析,最终确定实用、高效的管理模式,这也是推动突破行政区划配电网互联项目顺利实施的制度保障。

参考文献

- [1] 王涛, 马悦, 闫立秋, 等. 偏远地区典型供电模式研究[J]. 电网与清洁能源, 2012, 28(12): 30-33.
- [2] 谢晓文, 刘洪. 中压配电网接线模式综合比较[J]. 电力系统及其自动化学报, 2009, 21(4): 95-98.
- [3] 肖白, 周潮, 穆钢. 空间电力负荷预测方法综述与展望[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(25): 78-92.
- [4] H. Lee, Willis. 配电系统规划参考手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013: 845-889.
- [5] 羌丁建, 寿挺, 朱铁铭, 等. 高压配电网规划评价指标体系与综合评价模型[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(21): 52-57.
- [6] 方向晖. 中低压配电网规划与设计基础[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004: 101-115.
- [7] 国家电网公司. Q/GDW 1738-2012配电网规划设计技术导则[S]. 2013.
- [8] 葛少云, 何文涛, 刘洪. 基于供电模型的中压配电网智能规划——三角形三联络供电模型的自动布线[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(16): 122-126.
- [9] 肖峻, 贺琪博, 苏步芸. 基于安全域的智能配电网安全高效运行模式[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(19): 52-60.
- [10] 马静, 马伟, 王增平. 基于联络关系的主变故障负荷转供方案[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(19): 1-7.

(责任编辑: 张峰亮)

无人机在输电线路巡线中的应用

金文博

(国网北京电力经济技术研究院, 北京 西城 100055)

1 基本情况

无人驾驶飞机 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。机上无驾驶舱, 但安装有自动驾驶仪、程序控制装置等设备。地面、遥控站人员通过雷达等设备, 对其进行跟踪、定位、遥控、遥测和数字传输。可反覆使用多次。广泛用于空中侦察、监视、通信、反潜、电子干扰等。在我国无人机民用方面应用很广泛, 如防灾减灾、交通监管、资源探测等。

随着我国经济快速发展, 对能源的需求越来越大, 超高压大容量电力线路正大幅扩建。到 2020 年, 中国将建成 15 个特高压直流输电工程, 并成为世界上拥有直流输电工程最多、输送线路最长、容量最大的国家。随着输电高压等级的不断提高和输送线路长度的不断增长, 输电线路巡线作业的安全、稳定、高效运行越来越重要。输电线路分布点多面广, 所处地形复杂, 自然环境恶劣, 因为受到持续的机械张力、雷击闪络、材料老化、人为的影响而产生倒塔、断股、磨损、腐蚀、受力等损伤, 必须及时修复或更换。利用无人飞机进行输电线路巡线研究是一项新技术, 目前已在电力系统试点进行应用。与常规人工巡检方法相比较, 此项技术更为先进有效, 可以成为保障线路安全运行的一种新的经济可行的手段。

无人机具备 GPS 自主线路导航控制、地理匹配自动控制、线路杆塔自动跟踪、摄像快速对焦成像技术等飞行控制功能, 使安装的可见、红外热像摄像设备自动对焦到线路杆塔等目标, 快速曝光, 生成高清晰的地面杆塔、线路、树林、绝缘子、金具等可见、红外影像, 具备自动输电网故障识别摄像功能, 这样就可以进行无人飞机自动飞行巡线, 输电网故障自动识别功能, 使输电线路巡线走向自动化方向发展。

2 研究及应用现状

自开展输电线路直升机、无人机和人工协同巡检模式试点工作以来, 电网企业广泛开展调研, 开展各类型无人机现场测试和试点工作, 逐步开展无人机项目。

国网北京市电力公司已熟练掌握刀锋 SF-300B 型固定

翼和 CASIC-X4 型四旋翼飞机的飞行技巧, 已进入到飞行巡视实际工作中, 实时采集北京电网生命线 220 kV、110 kV 输电线路周围环境信息。外力或雷击等导致输电线路发生掉闸后, 采用四旋翼无人机对现场事故点进行检查, 协助故障巡视人员进行故障点查找和现场故障问题分析。针对输电线路缺陷, 尤其是导线断股等现场人员受视角等原因较难判断的缺陷, 采用四旋翼无人机进行现场缺陷点的检查, 协助现场人员进行缺陷问题分析判断, 效果明显。

国网冀北电力公司用固定翼无人机对线路走廊下施工、违章建筑物、构筑物进行巡检。小型旋翼无人机先后参与了万顺一线跳闸故障点查找、高天三回线路验收等工作, 在销钉缺失、未开口、导线轻微磨损等缺陷查找中发挥了明显作用。同时开展直升机、固定翼无人机与人工缺陷巡检效果评估工作。整理以往直升机航巡、固定翼无人机航巡作业和人工巡视作业数据, 对在平原、山区等不同地形发现的缺陷类型、数量、所处位置和重复发现率等数据进行统计分析。

国网福建省电力公司初步验证了利用大型旋翼无人机通过空中中继对输电线路进行超视距巡检的可行性, 充分总结大型旋翼无人机巡检系统研制和试验飞行经验。完成试点线路数据信息高精度采集, 为确保无人机飞行安全, 采用先进的数据采集设备, 对 220 kV 闽建线、闽高 I 路、500 kV 福东 I、II 回等线路杆塔重新采集了杆塔坐标, 精度可达到误差 1 m 以内。成立了小型多旋翼无人机巡检飞行柔性班组, 目前共有 6 人在无人机飞行平台制造单位完成培训并取得飞行合格证。

国网四川省电力公司与总参 60 所合作开展 Z-5 型无人直升机巡检及应急保障适用性研究, 研制出适应高海拔、大面积、复杂气象等条件下电力设备巡检无人直升机。完成试点线路杆塔地理坐标校核, 利用小型旋翼无人机开展多次飞行巡检工作, 包括“4·20”芦山地震后对地处震区地形条件复杂的 500 kV 雅蜀一二线部分区段特巡、大负荷试验期间 ± 800 kV 复奉线巡查性巡视和 500 kV 蜀景一线、蜀山二线、桃龙一二线、桃资一二线、等部分重点区段飞行特巡和防汛监测。

国网辽宁省电力公司与沈阳自动化研究所建立战略合作机制, 强化培训机制, 开展专项培训, 目前已熟练掌握 W-40 型旋翼无人机巡检系统现场作业技能, 且初步具备自行开展

相关培训工作能力。利用无人机对清源县南口前镇洪水重灾区 66 kV 中南一、二号线 194 ~ 196 号塔进行巡视；在全运会保电期间，利用无人机巡检系统辅助班组对 500 kV 北辽线、沙蒲 1、2 号线、沈沙 1、2 号线进行巡视。

3 无人机基础检测技术

近年来，无人机等低空飞行器的利用，不仅大大丰富了参与变化检测的遥感平台，使遥感图像的获取变得更加便捷，也推动了快速变化检测技术的发展。因此开展基于无人机平台的遥感图像变化检测研究具有重大的实际意义和应用前景。

3.1 红外热像仪检测法

线路接头发生故障会引起接触电阻增加，当负荷电流流过时，会导致局部过热。绝缘子串中出现低零值绝缘子时，在运行电压作用下也会出现过热。这些故障部位由于局部过热会辐射出比周围设备较强的红外图像，对设备故障区域做出判断。

3.2 电子光学检测法

由于架空输电线路绝缘子串中每片绝缘子上的电压分布是不均匀的，离导线最近的几片绝缘子上的电压降最大。当出现零值绝缘子时，沿绝缘子串上的电压将重新分布，离导线最近的几片绝缘子上的电压将升高，会引起表面局部放电或增加表面局部放电的强度。根据表面局部放电时产生光辐射的强度，就可知道绝缘子串的绝缘性能。

3.3 激光振动检测法

从振动的频谱看，已开裂的绝缘子的中心频率与正常时不同。如将超声发生器所产生的超声波用抛物型反射镜对准被测绝缘子激起微小振动，然后将激光对准此被测绝缘子，根据反射回来的信号的频谱分析，就可判定绝缘子是否已经开裂。

3.4 多角度多光谱成像技术

机载多角度多光谱成像系统 (AMTIS) 是 863 项目“机载多角度、多光谱成像技术”的研究成果，硬件功能能满足获取从可见光到热红外 3 个波段 9 个角度的图像，是目前唯一可以获取热红外多角度图像的设备。通过图像采集、拼接，查看线路走廊的三维地形，线下横纵剖面图、正摄影像图、物体与线路的距离图，实现地理定位，监视线路走廊情况，进行各种距离量测和危险点精确地理定位。

4 结束语

利用无人机巡检，可大大降低人工劳动强度、减少作业风险，后期图像处理能力强、效率高，辅助决策能力强，且不受天气、地理、环境的影响，成本及维护费用低，可识别输电线路多种缺陷、线下隐患、外力破坏等工作，未

来将在电力系统中发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 杨敏祥, 李卫国. 等. 无人直升机在输电线路巡检中的应用及关键技术问题探讨[J]. 智能电网. 2011, 42-45.
- [2] 张吴明, 杨又华, 等. 机载多角度多光谱成像技术在电力系统中的应用[J]. 华中电力. 2006(6):31-32.

(责任编辑: 张峰亮)

资讯

世界首个特高压GIL综合管廊工程开工

8月16日，淮南—南京—上海 1000 kV 交流特高压输变电工程苏通 GIL 综合管廊工程（以下简称“苏通 GIL 综合管廊工程”）开工。这是世界上首次在重要输电通道中采用特高压 GIL 技术，通过江底隧道穿越长江，是目前世界上电压等级最高、输送容量最大、技术水平最高的超长距离 GIL 创新工程。

苏通 GIL 综合管廊工程位于江苏苏通大桥上游 1 km 处，上层敷设两回（6 相）1000 kV 气体绝缘金属封闭线路（GIL），下层预留两回 500 kV 电缆以及通信、有线电视等市政通用管线。工程起于南岸（苏州）引接站，止于北岸（南通）引接站，隧道长 5530.5 m，盾构机直径 12.1 m，是穿越长江大直径、长距离过江隧道之一。总投资约 47.63 亿元，计划于 2019 年建成投运。

作为世界上首个特高压 GIL 综合管廊工程，建设面临多个罕见难题——将建设目前国内埋深最深、水压最高的隧道，技术难度大、施工挑战高；GIL 位于输电线路中部，工频电压耐受水平高，对 GIL 可靠性要求高；需重新研发全套设备，开发专用运输、安装设备和工器具，并形成一整套可指导工程建设运行的技术规范。

建设苏通 GIL 综合管廊工程意义重大。该工程是华东特高压交流环网合环运行的“咽喉要道”和控制性工程，建成后，将形成华东特高压受端环网，大大提高华东地区接受区外电的能力，满足华东地区经济社会发展对电力的需求，将新增受电能力 35000 MW，每年可减少发电用煤 2 亿吨，减排二氧化硫 96 万吨、氮氧化物 53 万吨、烟尘 11 万吨，对促进经济社会与生态环境和谐发展具有重要意义。同时，苏通 GIL 综合管廊工程是特高压输电领域的重大技术创新，为特高压、超高压输电提供了新的方向，也将进一步提高国内电工装备制造水平，持续提升我国在世界电网技术和电工装备制造领域的影响力和竞争力。

来源：国家电网报社

变压器注油及补油方式的研究

张铭辉, 孙亚辉

(国网福建省电力有限公司检修分公司, 福建 福州 350001)

摘要: 分析了一起变压器大修注油时喷油事故的原因, 提出了变压器正确的注油方式及两种简单实用的补油工艺, 变压器大修后破真空注油的同时须进行排气, 避免挤压气体造成喷油事故, 后续补油可采取常规补油或者抽真空补油的方式, 将设备中的气体、水分的含量降到最低。

关键词: 变压器; 注油; 补油

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0023-02

变压器油是变压器的重要组成部分, 它具有质地纯净、绝缘性能良好、理化性能稳定、粘度较小的特点, 在变压器中起到绝缘和冷却的作用^[1]。油中水分、气体、杂质含量多少直接决定了其击穿电压的高低及油品质的优劣。变压器正确的注油及补油工艺能有效地减少油中水分、气体、杂质的含量, 降低变压器油的老化速率, 大大提高其使用寿命。

1 真空注油

变压器吊罩大修后, 器身会暴露在空气中, 必然吸附了部分的空气及水分, 若直接对其进行注油, 这些空气与水分就会残留在变压器内部, 使油发生氧化, 油品劣化, 绝缘性能下降, 甚至发生局部放电, 影响变压器的安全性和可靠性。为保证变压器大修后的质量, 220 kV 及以上电压等级的变压器均要求进行真空注油。

真空注油在变压器重新落罩、附件复装完毕后进行, 根据变压器的散热器、油枕等附件能否承受真空, 决定是否带附件进行抽真空。

2 喷油事故分析

2.1 喷油事故

对公司某 110 kV 变压器进行吊罩大修, 变压器具有以下特点: 油枕为外油式金属波纹管结构, 冷却方式为油浸自冷式, 有压力释放阀, 变压器总油重为 12 t。

变压器大修落罩后, 完成了散热器、套管及油枕的复装工作, 但瓦斯尚未复装。关闭散热器蝶阀, 用滤油机从变压器顶部瓦斯管道进行抽真空。达到指定真空度后关闭阀门保持 2 h, 真空度满足要求, 进行真空注油

直至没过铁芯。将瓦斯管道上所连接的抽真空皮管拆除, 解除真空后, 继续注油。由检修人员打开散热器上下蝶阀, 进行散热器注油, 检修人员先完成散热器下蝶阀的开启工作, 但当散热器上蝶阀被打开的瞬间, 油从瓦斯管道口喷出, 并伴随有大量气体排出, 持续 10 s 后停止喷油。

2.2 原因分析

变压器的散热器由于无法承受真空压力, 抽真空时将散热器上下蝶阀关闭, 真空注油完成后, 破真空继续注油, 变压器内部油位已高于散热器下蝶阀如图 1 所示。

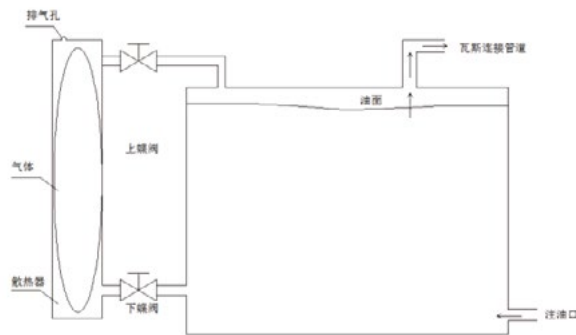


图1 变压器散热器未注油

开启散热器下蝶阀时, 器身内部的变压器油在自身重力作用下, 涌入散热器, 将内部气体挤压至散热器顶部, 由于散热器顶部排气孔未打开, 内部气体一直处于挤压状态, 如图 2 所示。

变压器始终保持注油状态, 当检修人员打开散热器上蝶阀时, 器身中的变压器油在补油压力与自身重力压力下, 从散热器下蝶阀进入散热器, 致使气体从散热器上蝶阀涌入变压器器身, 在气体的推动下, 器身内的压力瞬间增大, 致使油从瓦斯管道口喷出, 如图 3 所示。

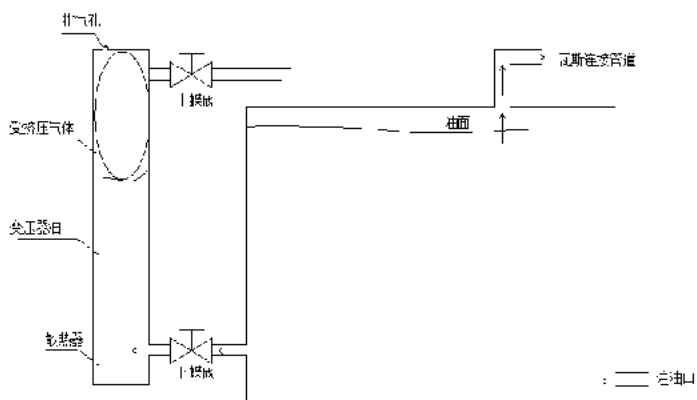


图2 散热器下蝶阀开启

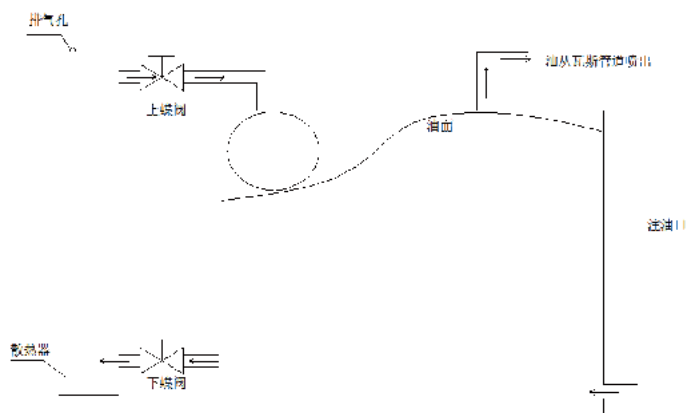


图3 油从瓦斯管道喷出

3 注油

变压器真空注油油位没过铁芯后，破真空继续注油，要采取正确的注油方式，避免发生喷油事故，并最大程度地减少油与空气的接触，降低油中气体含量。

在打开散热器蝶阀前，应先停止变压器本体注油，然后打开散热器上蝶阀，使散热器与变压器本体连通，再打开散热器上部排气孔，然后缓慢打开下蝶阀，并继续补油，油在自身重力压力以及注油压力下进入散热器，并将气体推至变压器本体与排气孔排出。待油位略高于器身后，停止变压器的下部注油，并关闭注油阀门，进行后续补油工作。

4 补油

为防止变压器油氧化、受潮及老化，现在变压器油枕一般采用胶囊式或者波纹管结构，如图4所示。

变压器注油完成后，须从油枕的注、放油口进行补油工作。安装瓦斯，打开瓦斯处蝶阀，使油枕与变压器本体相通。变压器油枕可以采用以下两种简单实用方式进行补油：

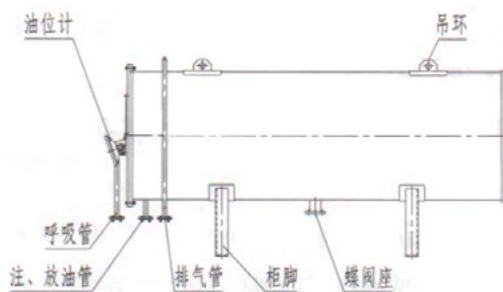


图4 变压器油枕

常规补油。关闭油枕排气口阀门，从胶囊或者波纹管呼吸口处进行注气或抽气，使油位计指针指到相应温度的刻度线为止，关闭呼吸口阀门，使油位计保持不动。打开油枕排气口，从油枕下部注、放油口进行缓慢注油，气体在油的推动下从油枕排气口排出，直至油从排气口流出，并呈现油柱状后停止注油，关闭排气口阀门。静置规定的时间后，再次打开油枕排气口，继续缓慢注油，直至油再次从排气口流出，并呈现油柱状后停止注油，关闭排气口阀门，打开呼吸口完成补油。

抽真空补油。打开油枕排气口、呼吸口阀门，从油枕注油口注入变压器油，直至油位高于油枕底部后停止注油。从呼吸口处对胶囊或波纹管抽真空后关闭呼吸口阀门，从油枕排气口对油枕进行抽真空，完成后关闭排气口，打开呼吸口，继续注油，直至油位计指针指到相应温度的刻度线后停止注油，完成补油工作。

5 结束语

变压器大修后破真空注油的同时须进行排气，避免挤压气体造成喷油事故，后续补油可采取常规补油或者抽真空补油的方式，将设备中的气体、水分的含量降到最低。

参考文献

- [1] 陈敢峰. 变压器检修[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004.
- [2] 姜贵生. 变压器假油位的危害及正确注油方法[J]. 电工技术, 1996,(8): 13-15.
- [3] 刘文佳. 浅谈大型变压器真空注油需要注意的几个问题[J]. 科技信息, 2011,(5): 358-359.
- [4] 王向阳, 司雪峰, 赵建军. 电力变压器带电补油装置浅析[J]. 高压电器, 2005,(6): 478-480.
- [5] 张浩, 刘露露. 变压器补油的注意事项[J]. 农村电工, 2013,(8): 23.

(责任编辑: 刘艳玲)

输电线路防雷效果分析

刘娜, 于立叁

(国网北京检修分公司, 北京 西城 100069)

摘要: 近几年, 输电线路的雷害引起跳闸逐渐增多, 雷击跳闸成为困扰供电安全的一个难题。因此, 如何有效防止雷击故障的发生, 对防雷技术进行综合研究, 尽量降低雷击跳闸率, 减少输电线路的雷害故障成为电力系统安全稳定运行的一项重要课题。本文对北京地区历史防雷效果进行综合分析, 对避雷器、并联间隙、避雷针等安装效果进行分析, 为后期防雷工作开展提供支撑。

关键词: 输电线路; 线路跳闸; 耐雷水平; 综合防雷方案

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0025-02

1 避雷器安装情况及效果分析

检修分公司所辖线路共计安装间隙型避雷器 1284 支, 其中 35 kV 30 支, 110 kV 492 支, 220 kV 756 支, 500 kV 6 支。平原安装 887 支, 山区安装 397 支。生命线安装 51 支, 串供转带线路安装 246 支。避雷器主要安装在雷击故障、缺失架空地线、接地电阻高阻值等线路。

自 2005 年安装至今, 1027 支 / 次避雷器发生动作, 主要集中在东北和西北地区, 其中发生动作次数较多线路为 220 kV 珠聂一二、下达一二、110 kV 怀密一二线路。从运行数据分析: 已安装避雷器能有效保护杆塔, 历史雷击故障中, 未出现安装避雷器的杆塔发生雷击故障, 运行 8 年以上避雷器经检查设备运行, 读数动作准确, 建议雷电活动频繁区域、雷击高发线路、高阻值地区安装避雷器。

2 并联间隙安装情况及效果分析

检修分公司所辖线路共计安装并联间隙 591 对, 110 kV 线路安装 270 基, 35 kV 线路安装 321 基。串供转带线路安装 127 基。避雷器主要安装在大部分 35 kV 线路及重要 110 kV 线路。

架空线路遭雷击时, 绝缘子串上产生很高的雷电过电压, 保护间隙的雷电冲击放电电压低于绝缘子串的放电电压, 保护间隙能够首先放电。接续的工频电弧在电动力和热应力作用下, 通过并联间隙所形成的放电通道, 被引至招弧角端部, 固定在招弧角端部燃烧, 从而保护绝缘子免于电弧灼烧。建议 35 kV 线路加装并联间隙、110 kV 线路试点安装并联间隙、220 kV 及以上线路不安装并联间隙。

3 避雷针安装情况及效果分析

检修分公司所辖线路共计安装防绕击避雷针 131 基, 但是这些避雷针安装的同时缺乏监测装置, 无法监测其可靠动作, 不能准确反应评估防雷效果, 需要长期运行维护, 不建议大面积安装。

4 绝缘配置改造情况及效果分析

检修分公司 2015 年梳理了所辖 36 条串供、转带风险线路双路差绝缘情况, 共 389 基, 不满足不平衡差绝缘防雷要求, 建议分三年列储备计划开展专项防雷整治。

5 接地测试、降阻工作及效果分析

检修分公司通过分析杆塔接地网开挖检查情况、近 5 年接地电阻测试及整治情况, 发现线路杆塔接地电阻呈现下列特征。

5.1 接地电阻老化率呈逐年上升趋势

2011—2015 年测试记录分析, 近 5 年, 线路杆塔接地电阻不合格率逐渐增加, 如表 1 所示。2013—2015 年接地电阻测试结果在剔除了保质期内需要返工处理的基础上, 每年不合格杆塔约 20%, 主要原因是投运 20 年以上老旧杆塔, 接地装置不断老化、锈蚀, 与周围水土接触紧密程度发生变化等因素, 接地电阻阻值逐渐增高。

5.2 山区线路传统降阻方式效果不明显

2008—2015 年降阻对比分析如表 2 所示, 2008 年奥运会前期, 公司开展过大规模接地电阻整治工作, 2013 年开始加大了整治力度, 从整治效果分析。

平原线路 (共计 9401 基) 杆塔降阻效果较好, 降阻后

表1 2011—2015年测试记录

时间/年	不合格数量/基	合格数量/基	总数/基	不合格率/%	备注
2011	955	7093	8048	11.87	普测
2012	770	5566	6336	12.15	抽测
2013	556	9728	10284	5.41	普测
2014	1262	4344	5606	22.51	抽测
2015	2294	9573	10322	22.22	普测

表2 2008—2015年降阻工作

时间(年)	杆塔降阻工作量/基	采用降阻方式
2008	1056	普通方式
2009	0	
2010	248	模块、离子棒
2011	654	模块、离子棒
2012	528	模块、离子棒
2013	796	普通方式
2014	1551	普通方式
2015	1317	普通方式

可确保5年内阻值低于7Ω，另有286基平原线路杆塔降阻后，阻值变化极小，主要集中在密云地区如110kV怀密一二线、南口地区如110kV聂章二口支线，分析原因为线路处在砂石土质，降阻换土后经雨水冲刷，水土流失，接地电阻阻值增高，逐渐接近原值。

921基山区采用常规降阻模式效果不佳，极少部分土质稍好区域采用模块、离子棒等方式降阻则能维持3年左右。现检修分公司山区不合格接地杆塔有498基，占山区杆塔的54%。

5.3 79基山区杆塔阻值下降不明显

经近8年的反复尝试，有79基山区杆塔地处岩石山顶，周围地质为石头，采用模块、离子棒等降阻方式，阻值下降不明显，如表3所示，无法达到规程要求。

表3 第一批新型降阻材料应用测试结果

电压等级	线路名称	杆号	A腿	B腿	C腿	D腿	表型	地形	最大值
220kV	下达一二	2	70		57.5		钳式	山区	70
220kV	下达一二	3	71.5		112		钳式	山区	112
220kV	下达一二	4	47.1		47.1		钳式	山区	47.1
220kV	下达一二	5	56		60		钳式	山区	60

5.4 新技术新工艺的试用与效果分析

山区杆塔降阻工作采用传统方式和敷设铜包钢接地棒方式降阻效果不明显，针对山区高土壤电阻率杆塔，检修分公司2015年试点采用REO、柔性石墨专用降阻装置，2014年底在220kV下达一二#56、昌下一二#30试点应用，经验收降阻效果明显，如表4所示。

表4 第一批新型降阻材料应用测试结果

电压	路名	杆号	降阻方式	2014年降阻前/Ω	2015年测试结果/Ω
220kV	下达一二	56	REO	21	1.6
220kV	昌下一二	30	柔性石墨	56	11.9

2015年选取500kV昌海线等67基重要山区线路开展试点降阻工作，竣工后经验收62基能够达到规程要求，

降阻效果最明显是昌海#116从420Ω降到12.6Ω，其它5基不合格杆塔阻值虽未达到规程要求，但接地电阻值下降明显，其中500kV昌海线#97阻值235Ω，采用REO降阻后阻值25.9Ω，如表5所示。

表5 第二批新型降阻材料应用测试结果

电压等级	线路名称	杆塔号	地形	2014年降阻前阻值/Ω	2015年普测阻值/Ω	降阻方式
110kV	密高	#41	山区	45.1	5.7	柔性石墨
500kV	昌海	#97	山区	235	25.9	REO

REO接地降阻装置是首次把电离子棒技术应用到输电线路上的，通过离子棒中的电离子液向土壤中释放，改变土壤结构，起到降阻泄流的作用。土壤预处理剂可快速成膜，锁住土壤中的水分，使其保湿期延长起到泄流的作用，为新型降阻技术；柔性石墨主要以石墨为主，用抗腐蚀和耐高温的高强纤维作为抗拉的骨架部分，掺有少量的碳纳米管，增强材料导电性，其降阻原理与接地模块相似，两种新型专用降阻装置目前测试结果表明短期效果良好，长期是否会反弹有待进一步跟踪测试分析。检修分公司计划缩短应用REO、柔性石墨降阻杆塔的测试周期为2次/年，以便分析阻值反弹趋势，为大面积应用积累分析数据。

6 结束语

国网北京市电力公司对检修公司防雷要求不断提高，以降低35kV及以上线路雷击跳闸率为目标，“因地制宜、综合治理”开展差异化防雷工作，对生命线、串供带线路、常态化保电线路、电网风险预警线路提出不同差异化防雷措施，公司针对上述线路开展全方位防雷工作，根据近几年雷击跳闸情况及防雷措施效果分析，检修公司所辖线路最有效防雷手段为：安装避雷器、降阻、差异化绝缘，通过近5年改造，线路反击、绕击故障明显降低，雷击双跳线路故障率明显降低。

参考文献

- [1] 易辉. 我国输电线路运行现状及防雷保护[J]. 高电压技术, 2001, 27(6): 44-45.
- [2] 钟政权. 10kV配电线路防雷保护措施[J]. 中国新技术新产品, 2012, 06: 102-103.
- [3] 付学文, 魏智娟, 张志芳. 架空输电线路防雷措施研究[J]. 电气自动化, 2012, 02: 52-56.
- [4] 张廷瑞. 浅析架空输电线路防雷措施[J]. 机电信息, 2012, 12: 20-21.
- [5] 张重诚. 山区雷电的特殊象征分析与防直接雷击[M]. 高电压技术, 1998.
- [6] 罗真海. 广州电网送电线路的综合防雷措施[J]. 高电压技术, 2001, 27(增): 560.
- [7] 甘德辉. 降低接地电阻的几种方法[J]. 农村电气化, 2002. (责任编辑: 刘艳玲)

隔离开关遥控操作试验的安全防护

潘鹏飞, 纪翔, 王宝昌, 潘鸣飞

(国网辽宁大连供电公司, 辽宁 大连 116011)

大连南关岭 500 kV 变电站扩建改造, 在过渡施工过程中, 各间隔需要进行隔离开关的遥控操作试验, 以防止投运后一次设备、二次设备的误动和拒动。因此, 该试验必须保证正确性。隔离开关遥控操作试验是由监控系统发送遥控命令报文给 RTU, 通过合上 RTU 遥控继电器触点, 闭合跳闸或合闸回路, 将变电站的隔离开关进行合、分的操作过程。

1 扩建工程概况

南关岭 500 kV 变电站的 500 kV I 母线、500 kV 王南#1 线间隔、500 kV 母联兼旁路等新建设备安装, 在王南线(旧间隔)不停电的情况下进行, 各间隔过渡到监控系统原则结合安装施工时间一并完成。

#1 主变本次新增断路器, 改造施工时由旁路带送, 过渡到监控系统原则结合 500 kV 停电施工时间一并完成。

220 kV 部分间隔由于一次设备须轮停施工, 过渡到监控系统时间按停电时间进行, 原则上二次施工时间配合一次施工时间完成。

2 隔离开关遥控操作试验的安全防护措施

2.1 技术防护措施

在母线带电的情况下, 进行间隔改造施工。必须先由检修人员做好安全措施: 断开隔离开关电机的操作电源, 对电机进行捆绑, 拔掉电机联动销子。

隔离开关遥控试验时, 应保证只有试验间隔的隔离开关遥控压板在合位(即在同一时间内, 只有一个遥控压板在合位)。以保证压板与一次设备对应的正确性。

间隔改造施工结束后, 应拆除所有旧回路, 避免隔离开关遥控回路中存在寄生回路。

2.2 组织防护措施

监控系统的隔离开关遥控操作试验, 原则上结合各阶段过渡进行。在过渡前, 监控系统与五防系统应提前做好通信调试工作, 完成操作逻辑和闭锁条件试验, 为过渡做好准备。在过渡期间的监控系统隔离开关遥控操作试验时, 不应用微机五防的防误功能, 不考虑操作的顺序和逻辑关系。在线路送电时采用五防机模拟, 监控系统操作, 同时验证操作顺序和逻辑关系。

监控系统提前进行遥控压板内部检验操作试验, 过渡期间隔离开关操作试验时, 保证只有试验间隔的遥控压板投入, 其他所有压板退出, 确保不出现误操作。

监控系统隔离开关遥控操作试验过程中, 如果母线带电, 采用断开隔离开关电机的操作电源, 对电机进行捆绑, 拔掉电机联动销子等安全措施, 来保证施工安全。操作时隔离开关拐臂不接触母线, 模拟实际操作至隔离开关交流接触器(运行人员操作)。远动负责核实隔离开关合、分位置。检修专业配合确认交流接触器的动作状态, 防止合、分操作反向。

3 隔离开关遥控操作试验的实施

3.1 旁路间隔试验的安全注意事项

保证断路器至母线隔离开关间接地隔离开关、V 母隔离开关至电流互感器间接地隔离开关在开位。检修专业做好安全措施, 经运行人员确认后, 从监控系统分别操作 I、II、V 母隔离开关。远动专业负责核实隔离开关位置信号。

保证 I、II、V 母隔离开关在分位。由运行人员分别拉、合开关至母线隔离开关间接地隔离开关、V 母隔离开关至电流互感器间接地隔离开关, 远动专业负责核实位置信号。

3.2 线路间隔试验的安全注意事项

线路由旁路带时, 由于 V 母带电, 因此只能做两个母线隔离开关、开关至母线隔离开关间接地隔离开关、甲隔离开关至电流互感器间接地隔离开关试验, 试验方法同专用旁路。

线路停电时, V 母隔离开关在做好安全措施后, 进行遥控操作试验, 甲隔离开关可直接操作。线路侧接地隔离开关, 结合线路作业, 由运行人员拉、合, 进行位置信号试验。

4 结束语

南关岭 500 kV 变电站扩建改造历经 3 个月圆满结束, 期间隔离开关的遥控操作没有发生误动现象。该技术在复杂的停电过渡中, 减少了 12% 的施工时间, 有效降低了施工安全风险。经实践检验隔离开关遥控操作试验的安全防护措施可靠, 可以有效保障人身和设备安全。

(责任编辑: 刘艳玲)

110 kV变压器高压侧短路故障分析

邓威, 毛娟

(中山供电局, 广东 中山 528400)

摘要: 遭受短路冲击是变压器损坏的主要原因, 尤其是近区短路, 将可能使变压器绕组因承受巨大的电动力而移位或变形。某 110 kV 变压器因台风天气发生高压侧套管出线短路接地故障, 文章对其进行了探讨分析。通过绕组直流电阻、绝缘电阻、 $\tan \delta$ 及电容量、绝缘油色谱分析等常规试验, 并结合频响法、电抗法绕组变形测试及运行工况, 对设备内部健康状况进行了分析判断。最后, 根据诊断结果, 提出调整设备运维策略, 为设备安全运行提供了重要依据。

关键词: 变压器; 高压侧; 短路; 绕组变形

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0028-03

外部短路故障是导致变压器损坏的主要原因^[1-2], 出口附近短路, 绕组将遭受巨大的电动力冲击^[3]。温度急剧升高, 机械结构薄弱点出现扭曲、鼓包或位移等变形, 甚至导致绝缘破坏、饼间击穿、匝间短路、主绝缘击穿等故障^[4-6]。很多学者已对变压器出口短路故障等进行了深入研究^[7-9], 但有关降压变压器高压侧短路故障的分析报道少见。

本文针对一起降压变压器高压侧出现套管短路故障, 进行电气、油化试验综合分析, 结合设备运行工况科学诊断设备状况, 为设备安全运行提供技术支撑, 避免盲目解体造成资源浪费。

1 故障实例

某变电站 110 kV 一次设备主接线为双母线带旁路方式, 1M、2M 母线分列运行。#1 主变 (型号: SZ9-50000/110, 联结组别: YnZ11)、#2 主变 110 kV 中性点不接地运行, 10 kV 母线采用中性点经接地变消弧线圈接地方式。

#1 主变高压侧短路故障, 比率差动、差动速断动作, 跳开 #1 主变 110 kV 侧开关 1101 和 10 kV 侧开关 5501, 故障录波信息为 #1 主变 110 kV C 相故障, 一次电流为 7.28 kA。为综合分析设备健康状况, 确定设备是否可以继续运行, 制定设备分级运维措施及风险管控措施, 本文对该设备进行了一系列跟踪试验分析。

2 测试和分析

2.1 频响法绕组变形测试

频响法绕组变形测试能灵敏反映设备内部分布电容、电感参数的变化, 为变压器遭受短路冲击后的内部受损判断提供重要依据, 也是国家标准、行业标准规定的短路故

障分析方法。为判断变压器内部故障类型及故障程度, 对各绕组进行了绕组变形测试, 并结合历史试验结果进行综合分析。

2.1.1 横向比较

短路故障发生后, 测得主变高压绕组、低压绕组的频谱响应曲线分别如图 1、图 2 所示。

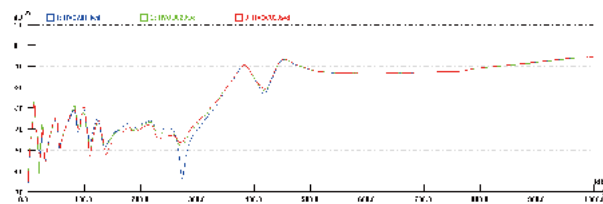


图1 高压绕组频谱图

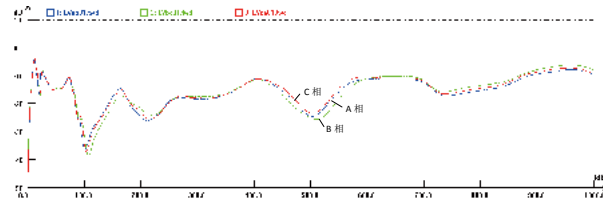


图2 低压绕组频谱图

高压绕组频谱曲线在低频段、高频段谐振峰点基本一致, 重合较好, 根据相关系数判断正常。但 A 相绕组 250 kHz 附近、B 相绕组 10 kHz 附件出现尖顶波, 该频率附件已发生谐振, 须引起关注。低压绕组频谱曲线三个频段的峰谷基本一致, 无明显异常。

2.1.2 纵向比较

低压绕组频谱曲线谐振峰谷基本一致, 相关系数较高, 在此不作进一步分析。高压绕组 A、B、C 三相纵向比较结果如图 3 至图 5 所示, 其中蓝色、绿色、红色、黄色分别为 2009 年 9 月、2013 年 4 月、2013 年 5 月、2013 年 9 月测得数据。

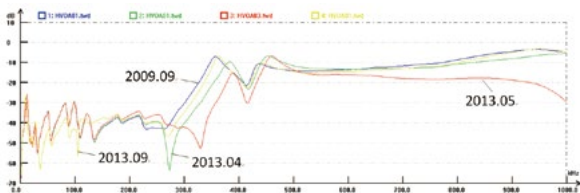


图3 高压A相绕组频谱图

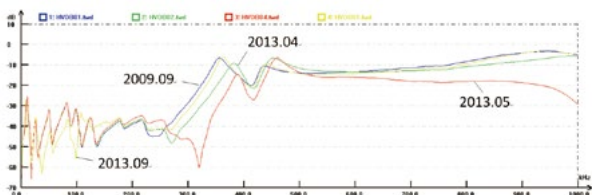


图4 高压B相绕组频谱图

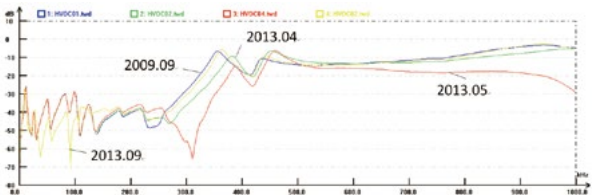


图5 高压C相绕组频谱图

对比2009年9月至2013年5月(故障后)曲线,高压绕组低频段重合好,表明无匝间短路故障。中频段重合较差,谐振峰向高频方向移动,部分幅值下降,部分幅值上升,表明存在轻度的饼间局部变形及绕组幅向变形。高频段幅值下降,表明引线对地电容增大,向外壳方向移动。

对比故障后2013年5月及2013年9月曲线,低频段谐振峰未消失,但向高频方向移动且幅值下降,表明绕组无匝间短路故障。高频段幅值上升,表明对地电容减小,引线向绕组方向移动。整段曲线比较,低频段部分谐振峰点向高频方向移动,而且峰值下降;中频段部分谐振点向低频方向移动,峰点升高。根据峰值变化情况,表明存在明显饼间局部变形。分析原因为电动力作用下部分固定不牢线饼被挤压,部分拉长,饼间电容改变。使得等值电路中一些电感变大,一些变小,与电感并联的饼间电容也随之改变。

综合设备运行工况分析,变压器发生高压侧短路故障后,对绕组变形的影响不大。但经过迎峰度夏(7-9月)期间长时间高温重载运行后,使得绕组饼间局部变形更为明显。结合相关系数判断,其中高压C相绕组变形相对A、B相更为严重。

2.2 电抗法绕组变形测试

故障后短路阻抗电压百分比 $U_k\%$ 结果如表1所示。

2013年5月试验结果与出厂值比较基本一致,符合规程要求。但是2013年9月测得的短路阻抗与出厂值偏差较大,均在4%以上。表明变压器迎峰度夏期间高温重载

表1 短路阻抗电压 $U_k\%$

分接	出厂值/ $\%$	2013年5月		2013年9月	
		测试值/ $\%$	偏差	测试值/ $\%$	偏差/ $\%$
1	14.3	14.411	0.78%	13.60	-4.90
9	13.8	13.845	0.33%	13.13	-4.86
17	13.5	13.518	0.13%	12.92	-4.30

运行后,漏抗发生变化,存在明显绕组变形。不符合DL/T1093-2008《电力变压器绕组变形的电抗法检测判断导则》要求“容量在100MVA及以下且电压等级在220kV以下的变压器绕组参数的相对变化均不应大于 $\pm 2.0\%$ ”。

同时,根据《广东电网公司基于风险管控的主变压器运维方案(试行)》,绕组变形测试异常,或短路阻抗与原始值的相对变化大于 $\pm 3\%$ 应吊罩检修或返厂大修。

2.3 $\tan\delta$ 及电容量试验

为进一步确认主变内部是否存在局部绝缘缺陷,套管遭受短路冲击绝缘状况,测量变压器绕组连同套管的 $\tan\delta$ 、电容型套管 $\tan\delta$ 及电容量,结果如表2、3所示。

表2 绕组连同套管 $\tan\delta$ $\%$

	2009年9月	2013年9月
高一低地	0.262	0.264
低-高地	0.260	0.263

表3 套管 $\tan\delta$ 及电容量 ($\tan\delta$ 单位: $\%$, 电容量单位: pF)

	2009年9月		2013年4月		2013年5月		2013年9月	
	$\tan\delta$	电容量	$\tan\delta$	电容量	$\tan\delta$	电容量	$\tan\delta$	电容量
A	0.263	373.0	0.308	371.5	0.305	373.3	0.328	370.1
B	0.259	372.2	0.352	371.7	0.3	372.3	0.312	370.5
C	0.253	376.9	0.298	378.3	0.292	376.7	0.353	375.0
O	0.318	484.1	0.343	480.8	0.383	482.1	0.351	479.6

变压器绕组、套管的 $\tan\delta$ 及电容量均满足规程要求,且与历史数据比较无明显变化。表明变压器本体内部不存在明显的局部绝缘缺陷,无绝缘严重劣化及击穿故障;套管主绝缘性能无明显异常。

2.4 绝缘油色谱试验

变压器发生突发性短路故障时,过热及电弧放电的能量将导致变压器油分解,产生的气体溶解于油中,可能引起瓦斯继电器动作于告警信号或跳闸。根据油中溶解气体组分分析,利用5种特征气体(C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , H_2 , CH_4)构成的三对比值,可以有效判断变压器内部的故障性质及严重程度。油色谱试验结果如表4所示。

分析故障后(2013年5月8日)变压器油中气体组分,总烃、 H_2 、 C_2H_2 含量均符合规程要求。依据DL/T722-2000编码规则,充油设备内油、绝缘纸在故障下裂解产生气体组分含量的相对浓度与温度的依赖关系,比值编码为(0, 0, 0),判定变压器内部未发生过热、低能放电及电弧放电故障。2013年5-9月,气体组分无明显变化,无乙炔出现,表明设备内部无潜在性过热及放电缺陷。

此外,经测试主变绕组直流电阻、本体绝缘电阻及吸

表4 油色谱试验结果

日期	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	CO	CO ₂	总烃
2012年 1月11日	23.75	17.2	3.93	3.26	0	483	1697	24.39
2013年 1月18日	24.34	19.48	4.73	3.99	0	486	1322	28.2
2013年 4月7日	22.43	18.44	4.35	3.82	0	453	1281	26.61
2013年 5月8日	25.24	19.56	4.6	4.03	0	493	1385	28.19
2013年 7月3日	27.78	19.48	4.41	3.87	0	500	1457	27.76
2013年 8月7日	28.77	20.44	4.76	4.15	0	515	1579	29.35
2013年 9月2日	26.89	20.08	4.48	3.96	0	497	1526	28.52
2013年 9月27日	26.68	20.47	4.7	4.06	0	485	1871	29.23

收比试验合格。各项测试表明变压器主绝缘、纵绝缘无明显异常。

3 故障判定处理

经过故障后跟踪试验, 变压器绕组直流电阻、绝缘电阻、tanδ及电容量、绝缘油色谱试验结果正常, 说明设备内部绝缘无明显异常, 不存在匝间短路、过热及放电等缺陷。但是, 频响法及电抗法绕组变形测试结果表明高压侧部分绕组存在明显变形, 其中以C相最为严重, 与故障录波短路情况吻合; 低压绕组无明显变形。变压器高压侧短路故障后, 在迎峰度夏期间受高温重载影响, 绕组变形比短路故障时更为严重。

根据本次跟踪试验判断结果, 对设备运维提出以下建议。

按照《广东电网公司基于风险管控的主变压器运维方案(试行)》中变压器绝缘性能的要求执行, 该变压器绝缘性能无明显异常, 可以继续运行。

加强设备运维或监视运行, 开展油色谱在线监测, 并每季度开展一次油色谱试验, 半年进行一次绕组变形跟踪测试, 视情况择机安排停电试验或检修。

4 结束语

遭受短路冲击是变压器损坏的主要原因, 分析判断变压器故障后的受损情况, 是判定变压器是否可以继续运行及何时进行停电检修的重要依据。文章通过一系列跟踪试验, 判定主变内部主绝缘、纵绝缘无异常, 绕组存在局部变形, 较短时间内还可以继续安全运行, 但应缩短试验周期或监视运行状况。

通过绕组变形、绕组直流电阻、短路阻抗、空载试验等电气试验及油色谱分析等化学试验可以有效判定主变内

部情况, 但还应综合考虑设备故障原因、保护动作情况、运行工况及周围环境的影响。只有认真分析设备故障前后各项特征参数的变化趋势, 掌握设备内部真实状况, 才能有效保障设备安全运行, 不造成检修资源的浪费。

参考文献

- [1] 王楠, 王军亮, 肖建超, 等. 110 kV变压器油色谱异常故障的分析[J]. 电力安全技术, 2014, 16(5):40-43.
- [2] 李晨, 李强, 孙昭昌, 等. 变压器绕组变形的影响因素及出口短路后分析[J]. 变压器, 2013, 50(8):66-70.
- [3] 黎大健, 赵坚. 变压器短路损坏原因分析及对策[J]. 广西电力, 2013, 36(5):34-36.
- [4] 江波, 吴键. 变压器绕组变形实例[J]. 自动化应用, 2014, (1):55-58.
- [5] 龙凯华, 杨海超, 马继先, 等. 电力变压器绕组变形诊断有效性研究[J]. 变压器, 2013, 50(9):54-57.
- [6] 张思良, 姚周飞, 吴超. 基于集中参数模型的变压器频率响应仿真研究[J]. 华东电力, 2013, 41(9):1987-1990.
- [7] 李强, 孙昭昌, 胡东, 等. 接地故障对变压器绕组变形试验的影响[J]. 变压器, 2013, 50(10):58-59.
- [8] 胡海宁, 周力行, 李季高, 等. 近区短路对变压器的影响及诊断方法[J]. 变压器, 2013, 50(11):73-76.
- [9] 李强, 胡东, 孙昭昌, 等. 一台220 kV变压器短路故障分析[J]. 变压器, 2014, 51(2):74-75.

(责任编辑: 刘艳玲)

资讯

■ 锡盟—山东1000 kV特高压交流输电工程建成投运

7月31日9时50分, 锡盟—山东1000 kV特高压交流输电工程顺利通过72 h试运行, 正式投入运行。

工程新建锡盟、北京东、济南3座变电站和承德串补站, 新增变电容量15000 MVA, 新建输电线路2×730 km。

工程是纳入国家大气污染防治行动计划“四交四直”特高压工程中首个全线投运的工程, 也是我国华北地区首个特高压交流输电项目。

在工程建设中, 国家电网公司充分实践公司总部决策统筹、省公司现场建设管理、直属单位专业技术支撑的管理模式, 统筹各方资源, 发挥集团化运作优势, 形成建设合力, 大力推行技术创新, 首次采用1100 kV户内GIS、变压器和高抗全方位隔震、直升机吊装组塔等新技术, 克服了气候条件恶劣、抗震要求高、有效施工期短、设备难度大、政策处理困难等诸多不利因素, 用21个月的时间, 高标准、高效率、高水平完成了建设任务, 全面实现了安全、质量、进度、投资等建设目标。

来源: 《国家电网报》

220 kV复合绝缘子发热故障分析

黄学增, 刘发成, 刘增文, 王 璟, 王同泉

(国网山东省电力公司潍坊供电公司, 山东 潍坊 261061)

摘要: 对一起 220 kV 复合绝缘子发热故障进行了深入分析, 介绍故障发现的过程, 并根据精确测温结果判断绝缘子棒芯劣化。进行模拟试验及解剖检查, 确定了判断的正确性。提出一系列防范措施, 为类似缺陷的发现提供了借鉴和参考。

关键词: 复合绝缘子; 红外精确测温; 绝缘老化

中图分类号: TM561

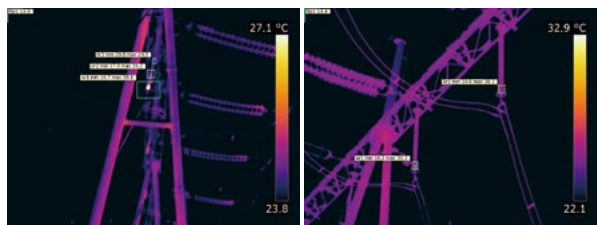
文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0031-02

1 缺陷发现过程

220 kV 寒亭变电站 220 kV 潍寒二线绝缘子为 2004 年 10 月生产, 型号为 FXBW-220/100。

2016 年 4 月 6 日 (大气温度 20 °C, 湿度 42%) 对该吊串进行测温 (采用普通镜头), 发现 A 相下侧温度为 58.1 °C, 与其他部位温差明显, 图谱如图 1 所示。



(a) 西侧拍摄 最高温度 58.1 °C, 温差 33.6 K
(b) 东南侧拍摄 最高温度 30.3 °C, 温差 2.2 K
图 1 线进线侧 A 相吊串发热

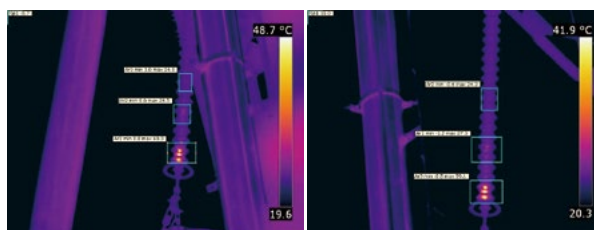
2016 年 4 月 10 日 (大气温度 22.5 °C, 湿度 50%) 对该吊串进行精确测温 (采用长焦镜头), 不同方位测试如图 2 所示。

根据 DL-T 664-2008《带电设备红外诊断应用规范》, A 相绝缘子串发热为电压致热型, 温升与相间温差均超过要求值 1 K, 判断为危急缺陷。根据以上的红外图谱, 可以得出如下结论: 在发热明显时, 采用普通镜头与长焦镜头都可以准确判别故障; 在发生设备发热故障时, 应从多角度进行测温, 以便准确分析, 防止误判。

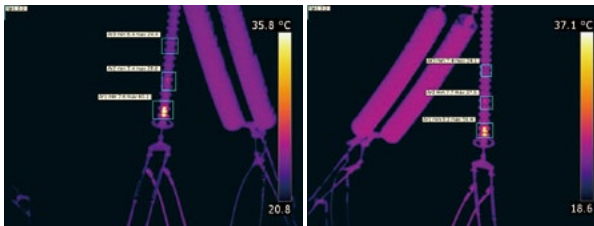
查询到 2015 年 9 月 30 日进行该站红外测温的记录, 如图 3 所示。

最高温度 28.8 °C, 温差 1.2 K。

由于温差较小, 测温人员采用 P30 等级的红外测温仪 (采用普通镜头), 不能清晰地测量高处悬挂的复合绝缘子的护套, 参考测温时变电站绝缘子普遍出现导线侧呈现红外热点的情况, 误判为污秽。



(a) 西侧拍摄 最高温度 60.3 °C, 温差 35.4 K
(b) 西南侧拍摄 最高温度 59.1 °C, 温差 34.8 K



(c) 西北侧拍摄 最高温度 60.1 °C, 温差 35.7 K
(d) 东北侧拍摄 最高温度 56.4 °C, 温差 32.3 K



(d) 东南侧拍摄 最高温度 35.5 °C, 温差 10.5 K

图 2 不同方位测试红外图谱

2 原因分析

2.1 外观检查

将更换下来的发热绝缘子进行外观检查, 发现由导线侧起第 1 ~ 2 大伞之间、5 ~ 6 大伞之间有明显裂纹, 其他部位无异常。

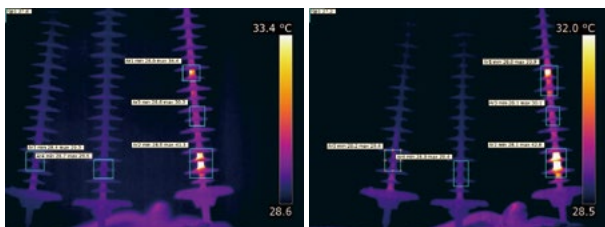
2.2 试验室试验情况

4 月 13 日 (大气温度 32 °C, 湿度 47%) 在实验室对

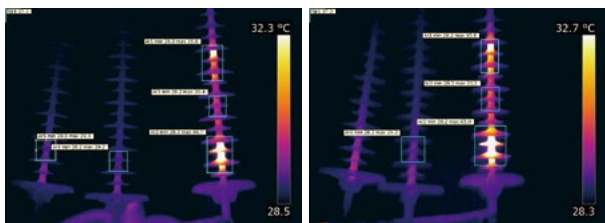


图3 红外测温记录

更换下来的该组吊串模拟运行电压在不同时间段对该组吊串进行红外测温，不同时间测温图谱如图4所示。



(a) 试验加压2分钟发热情况 最高温度41.3 ，温差11.7 K (b) 加压5分钟发热情况 最高温度42.8 ，温差13.4 K



(c) 加压10分钟发热情况 最高温度49.7 ，温差20.5 K (d) 加压20分钟发热情况 最高温度65 ，温差35.7 K

图4 模拟加压下红外图谱

经模拟加压可以发现：A相吊串1~2，5~6大伞裙间有明显发热且温度上升明显；对比运行测温图，图2及图3，运行测温只检测到了1~2伞裙发热点。

故A相吊串故障点集中在1~2，5~6大伞裙间，实际测温由于位置原因，拍摄到全部故障点比较困难，应多角度、多位置进行检测。

2.3 解剖情况

对绝缘子进行解剖，从导线侧数第6大伞以后开始剥离有难度，解剖后发现未发热部分芯棒为淡绿色，表面光滑，芯棒纤维完好，发热部分芯棒颜色变白，1~2大伞周围约10 cm长的芯棒表面已粉化，玻璃纤维外露，护套与芯棒间的界面粘接松动，护套与芯棒非常容易剥离，如图5所示。

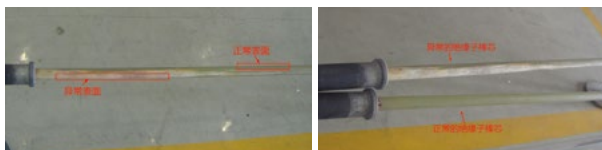
芯棒颜色为白色，说明芯棒已发生质变，玻璃纤维受到损伤，整体强度下降；

芯棒表面起毛、粉化、玻璃纤维外露，说明该处已老化变质严重；

由图4(C)异常表面与正常表面对比图，可知异常表面集中在棒芯一侧，另一侧仍表面正常，这与图2不同方位测试红外图谱中，由于所测位置不同，测量温度有很大差别相吻合。



(a) 绝缘子解体后芯棒情况 (b) 发热部分芯棒已粉化



(c) 异常表面与正常表面对比 (d) 异常棒芯与正常棒芯对比

图5 绝缘子解剖图

2.4 原因分析

拆除绝缘子均压环，剥离金具根部护套，排除了金具与护套密封不严进水的原因，初步分析认为本次缺陷是由芯棒质量不良引起。1~2大伞部位芯棒生产过程中即存在隐患，又是电场最集中的部位，随着运行时间的延长，产生局部放电，局放逐步发展，出现过热现象，如果不及时发现，很快会发生芯棒断裂故障。

B、C相复合绝缘子均压环上部温升在1.5 K左右，其他复合绝缘子也基本类似，分析认为此部位电场集中，可能为电晕放电引起，排除缺陷导致。

3 经验体会

本次测温是使用FLIR-P660(含7度镜头)。P30等级的红外测温仪不能有效发现该类缺陷(指该类缺陷尚处于萌芽期)。因为复合绝缘子特别是吊线串、直线串复合绝缘子悬挂高度高，P30等级的红外测温仪受距离系数和镜头的限制，不能清晰地测量高处悬挂的复合绝缘子的护套，不能有效发现缺陷，且容易误判。

进行红外精确测温时，应从多角度对被试设备进行测试，力求全面测量设备的红外图谱，正确评判设备运行状态，防止误判。

针对疑似缺陷，应当安排定期复测，掌握其发展状态，防止误判，防止因缺陷跟踪不及时导致的故障扩大。

加强带电测试工作，红外精确测温能够有效地发现设备过热缺陷，对运行中的设备定期开展红外精确测温是十分有必要的，能够及时发现各种设备电流型致热、电压型致热及电磁性致热等众多过热故障。

与传统的瓷质绝缘子相比，合成绝缘子无须进行零值检测工作，应加强对合成绝缘子带电检测工作，及时掌握合成绝缘子的运行状态，做到缺陷早发现，早消除。

(责任编辑：刘艳玲)

隔离开关故障引起的主变跳闸

胡东元

(国网江西省永丰县供电公司, 江西 永丰 331500)

1 跳闸情况

永丰县某 35 kV 变电站, 调度监控人员反映变电站 #2 主变低压侧 9023 刀闸位置时合时分, 经常报警。事故当日 15:10, 变电运维班人员到该变电站巡视检查, 发现刀闸辅助接点锈蚀严重, 需要更换。准备将 #2 变退出运行转检修, 进行刀闸辅助接点更换工作。15:17, 取得调度员同意后, 后台远方断开 #2 主变 10 kV 侧 902 开关, 保护装置报文控制回路断线, 随后向调度申请断开 #2 主变 35 kV 侧 302 开关, 正常。现场检查时发现 902 开关实际位置在断开与合上之间, 用绝缘棒手动下拉 902 开关拉环, 无法拉动, 反向将 902 开关拉环向上拉动, 902 开关合闸 (操作机构指示开关在合闸位置), #2 主变带电, 同时 #1 主变比率差动保护动作, 301、901 开关跳闸, 全站失压。跳闸时全站损失负荷 2000 kVA。

2 故障前运行方式

该变电站是一座 35 kV 户外式变电站, 10 kV 为户外布置, 10 kV 断路器型号为 ZW32-12。主变 2 台, #1 主变容量 5000 kVA, #2 主变容量 6300 kVA, 10 kV 电容器 991 容量 300 kvar。35 kV 母线和 10 kV 母线都采用单母线接线方式。35 kV 线路 2 回, 10 kV 出线 6 回。两主变并列运行, 各线路均处于运行状态, 电容器处于冷备用。

3 保护动作及处理情况

3.1 保护动作及告警信息

15:17:00, 在后台分开 #2 主变 902 开关, 保护动作报文: 控制回路断线。15:21:41, 在后台分开 #2 主变 302 开关, 保护动作报文: 开关由合至分位。15:21:42, #1 主变 301、901 开关动作, #1 主变 CAT221 保护装置动作报文: 比率差动动作, 差动电流 $I_a = 1.81 \text{ A}$, $I_b = 0.93 \text{ A}$, $I_c = 0.43 \text{ A}$ 。

装置逻辑判断 I_c 为高压侧额定电流, 经计算高压侧二次额定电流为 4.12 A, 主变比率差动整定值为 $0.4I_c$, 动作电流门槛值 I_{op} 为: $0.4I_c = 0.4 \times 4.12 = 1.648 \text{ A}$ 。差动电流 $I_a = 1.81 \text{ A}$, 大于动作电流门槛值, 保护动作。

3.2 处理情况

#1 主变跳闸后, 为尽快恢复供电, 根据现场情况,

将 #1 主变转检修, 投入 #2 主变运行, 恢复全站供电。对 #1 主变进行检查。经检查 #1 主变本体及两侧开关等一次设备均正常, 主变油样化验及高压试验均正常。检查二次比率差动保护逻辑回路正常, 检查保护定值正确。对 #1 主变进行检查正常后, 将 #1 主变投入运行, #2 主变退出运行, 对 902 开关进行检修, 更换 9023 隔离开关辅助接点。

4 跳闸原因分析

#1 主变比率差动保护 (差动电流 $I_a = 1.82 \text{ A}$) 动作, 301、901 开关跳闸, 全站失压。#1 主变跳闸原因为 #2 主变从低压侧送电, #2 变压器励磁涌流通过 #1 主变, 导致 #1 主变比率差动保护动作。

操作人员在后台操作 #2 主变低压侧 902 开关分闸后, 保护动作 CAT221 装置出现控制回路断线报文。操作人员分析为分闸不到位, 导致开关辅助接点不到位, 因此到现场检查发现 902 开关分合闸指针在断开与合上之间, 认为开关没有分到位 (实际已经分开), 只不过是由于开关分合闸指示及开关辅助接点没有到位, 导致出现回路断线报文。操作人员为使 902 开关分闸到位, 用绝缘棒手动分 902 开关, 拉不动, 反向将 902 开关合上, #2 主变带电, 导致 #2 主变由 10 kV 侧 902 开关反向充电, 由于 #2 主变 35 kV 侧高压侧开路, #2 主变励磁涌流通过 #1 主变侧流入, 导致 #1 主变差动保护动作。

5 防范措施

严格执行操作规范规定。对于无法直接进行判断开关状态的, 应通过 2 个以上的判据进行判断。严格执行降压变压器停送电操作程序, 停电时, 先停负荷侧, 后停电源侧; 送电时, 先送电源侧, 后送负荷侧。

加强变电站设备运行维护工作, 及时做好设备大修, 确保设备处于正常状态。对于故障率较高开关设备, 进行更换, 或者对 10 kV 侧设备为户外的变电站进行技术改造为户内设备, 提高变电站设备可靠性。

设计单位在设计变电站主变 10 kV 侧设备, 应设计为户内布置, 以减少在实际运行中常常发生开关设备故障, 提高变电站可靠性。

(责任编辑: 刘艳玲)

变压器铁芯接地电流异常误判的原因分析

岳彩鹏, 高春燕, 孙圣凯

(国网山东省电力公司聊城供电公司, 山东 聊城 252000)

摘要:介绍了一起由于泄露电流传感器与铁芯扁铁结构配合不当, 导致不同测试位置泄露电流不一样, 从而引起相关人员错误认为铁芯接地电流严重超标的事例, 对异常原因进行了分析, 并提出了相关建议, 如将表计放置在穿心传感器线圈上部以消除传感器外壳感应电流的影响, 加强对在线监测装置进行及时的维护检查。

关键词:铁芯接地电流; 泄露电流传感器; 接地扁铁; 钳形电流表

中图分类号: TM561

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0034-01

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

1 事故经过

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

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

2 原因分析

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

由于接地线扁铁和穿心传感器金属部位接触, 将钳形电流表钳在传感器下端测试时, 测试电流包括接地扁铁中电流 I_1 和穿心传感器线圈中感应电流 I_2 , I_2 数值较大, 导致现场测试电流超标。于是试验人员用纸和矿泉水瓶盖将变压器铁芯接地扁铁与泄露电流传感器隔开后进行测试, 测试数据为1.9 mA和0.8 mA, 符合规程要求。确定铁芯接地电流在线监测数据超标是由泄露电流传感器与将铁芯接地扁铁贴在一起所致。

3 现场处理情况

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

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

4 整改建议

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

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

(责任编辑: 刘艳玲)

多维度电网故障信息可视化系统

郑晓琼¹, 戚 矛¹, 王鹏辉², 熊 剑¹, 王守明¹

(1. 国网安徽省电力公司检修公司, 安徽 合肥 230061;
2. 安徽民生电力集团有限责任公司, 安徽 合肥 230061)

摘要: 介绍多维度故障信息可视化系统在安徽超高压电网的应用, 通过对系统的构架、主要功能、应用实例、存在问题及解决措施的介绍与分析, 进一步验证本方法在电网故障信息分析与处理过程中的正确性和有效性。

关键词: 多维度; 故障信息; 可视化; 超高压

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0035-03

随着安徽超高压电网无人值守工作的快速推进, 国网安徽省电力公司检修公司按区域划分成立了7个500 kV运维班, 实行由一个500 kV运维班管辖几个500 kV变电站的运维模式。运维人员集中在运维站上班, 受控站不再安排运维人员驻守。

当电网发生事故时, 运维人员要及时了解各受控站的保护装置、故障录波、行波测距等故障信息, 以便正确、快速地将故障情况汇报给各级调度部门并向管辖调度提出故障处理意见, 进而有效地进行故障处理。

多维度电网故障信息可视化系统是整合现有故障录波器、继电保护、行波测距信息, 并在电网发生故障后, 快速形成故障综合分析报告并提供直观的信息展示平台, 该系统在省检修公司的应用取得良好效果, 并成为无人值守验收的必备条件。

1 系统架构组成

多维度电网故障信息可视化系统是建立在 IEC 61850 规范基础上, 由前置通信、数据处理、数据发布3部分组成。系统结构如图1所示。

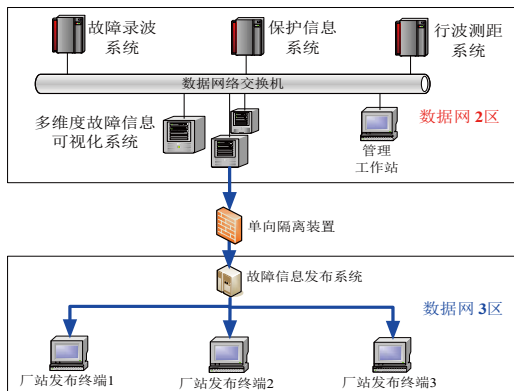


图1 系统结构图

前置通信部分主要与继电保护故障信息、故障录波组网、行波测距主站按照 IEC 61850 规范进行通信。数据处理部分实时处理主站各专业系统上送的数据, 进行综合分析与处理。数据发布部分处理各种应用平台的用户请求, 并实时反应区域超高压电网涉及的二次设备运行状态以及故障过程中智能设备的动作行为信息。

1.1 前置通信

前置通信中的各前置通信软件一方面要实时处理保护信息主站、故障录波主站、行波测距主站上送的突发信息, 并完成数据的入库; 另一方面命令处理软件将客户端下发的各种类型的数据请求命令上传至系统内部软总线, 各专业主站系统通信软件通过系统内部软总线获取用户命令, 将命令执行结果再次回传至系统内部软总线, 并同时完成数据入库工作。前置通信数据流如2所示。

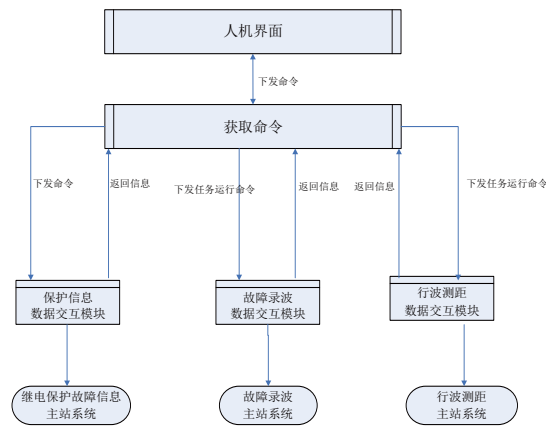


图2 前置通信数据流示意图

1.2 数据处理

故障数据处理软件主要基于电网故障分析规则库在不同专业主站系统上送的信息中实时识别真实的电网故障, 并通过保护出口信息与录波文件中开关通道变位信息进行多维

度统一计算与分析；系统同时根据开关变位信息划定故障区域，并及时获取故障区域内相关行波测距的测距信息。文件处理软件负责将继电保护以及故障录波器相关录波文件数据入库，同时检查文件数据的完整性与合法性。数据建模软件主要基于设备模型文件完成系统基础数据的建模。

1.3 数据发布

数据发布提供了系统数据发布涉及配置和维护，主要包括监控系统图形的绘制、设备信息查询和展示、数据发布权限的管理等。具体功能由以下各软件完成：数据维护软件构建区域特、超高压电网变电站一二次设备之间的管理关系、访问权限；图形绘制软件提供监控拓扑的绘制、关联等，供监控软件调用；监控软件提供实时数据的展示、历史数据的检索与分析等其他功能应用。

2 系统的主要功能

多维度故障可视化系统的主要功能是通过保护信息、故障录波、行波测距主站系统采集变电站内相关二次设备的实时与非实时运行、配置和故障信息，对这些二次设备进行运行状态监视、配置信息管理和动作行为分析，在电网故障时能快速地进行故障分析，为运行人员提供预警，提高特、超高压电网故障信息管理的自动化水平。其主要功能应用如图3所示。

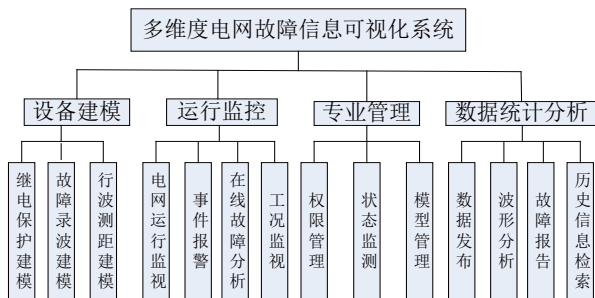


图3 多维度故障可视化系统的主要功能应用简图

2.1 设备建模

设备建模主要是参照 Q/GDW 396-2014《IEC 61850 工程继电保护应用模型》中相关规范，将要接入变电站的继电保护、故障录波和行波测距建立相应的模型文件。模型文件使用标准的 XML 文件格式定义，按照文件的结构层次分别对每个 XML 标记进行处理，提取相应的属性以及元素，经过分析处理后生成相应的数据记录，并保存到数据库中。

2.2 运行监控

多维度故障信息可视化系统能对主站端的保护主站、故障录波组网、行波测试系统的运行状况进行监测，对运行设备的参数进行查询。该系统采用图形导航、目录检索和匹配查询 3 种操作方式。在图形导航方式下，采用与电气一次接线图方式一致的图形化管理和图形化信息发布方式，通过

点击电网地理接线图上任意一个子站，可调出该子站任何间隔电气设备一二次运行信息；对子站系统除图形导航方式外，还可以按照“变电站→电压等级→间隔→一二次设备→属性”的树型目录结构进行层次检索，不用画面切换即可快速定位到所需的信息。匹配查询方式下，可根据变电站、间隔、一二次设备类型或名称进行查询，列出满足上述条件的所有对象，并可以直接定位该对象的相关信息。

2.3 专业管理

专业管理主要是对多维度故障信息可视化系统进行维护和管理。

2.3.1 权限管理

为了加强多维度故障信息可视化系统运行的安全性，对该系统设置了严格的权限管理功能，可以为不同级别的用户进行功能操作制订，并对所有用户的操作进行记录，一旦出现问题可以做到有据可寻。

2.3.2 设备管理

设备管理功能主要是录入、编辑、查询各种装置的基本信息，包括装置台账信息、各种参数等，同时提供与整定计算等系统的接口，为参数管理提供条件。

2.3.3 数据库及数据库管理系统

数据库能满足保护信息系统、故障录波组网、行波测距系统基本功能所需的全部数据，数据库实现了数据的结构化存储。

数据库管理主要是将各变电站送来的各种信息进行处理，方便地进行不同条件下的查询业务。如按各种编号(如单位、厂站、线路等)、设备型号、报告类型(动作报告、启动报告、告警报告等)、时间段等多种条件查询，并能实现查询后的转存备份、统计分析、打印历史记录等工作。

2.4 数据统计分析功能

当电网发生故障时，多维度故障信息可视化系统根据收到的保护信息主站、故障录波主站、行波测距主站上传的故障信息实时地在监视画面上显示，以图形画面方式和语音提示方式推出事故报警提示和故障简报，以及在全网接线图上对应的站点及故障线路，以动态闪烁的方式快速直观地显示故障站点和故障线路，辅助运维人员快速处理。以线路故障为例，故障综合产生的简报内容包括：变电站名称、故障线路、断路器编号、故障时间、故障类型、故障点、故障相、重合闸时间、重合闸是否成功这些简要信息量。所有的故障信息均以故障为索引记录至系统数据库备查。

2.5 多维度可视化故障报告

故障信息可视化系统提供专家系统分析功能。专家系统应具有以下特性：应能综合利用断路器跳闸信息和保护动作信息，推理迅速、准确；应具有较高的容错性，在保护设备发生拒动、误动，断路器、保护动作信息不完备等

昭关变保护信息系统

一次设备	二次设备	故障测距	重合情况	故障相别	继电保护动作情况	故障时间
5032开关	5032开关PSLG32保护	-	-	AN	综重电流启动;断路器保护启动;失灵重跳A相;综重合闸启动	2014-08-09 14:39:01:228
5033开关	5033开关PSLG32保护	-	重合失败	AN	综重电流启动;断路器保护启动;失灵重跳A相;综重合闸启动;综重合闸出口;失灵重跳A相;失灵重跳三相	2014-08-09 14:39:01:138
当关5324线路	500kV当关5324线PSLG32线路第一套保护 91.49km	-	-	AN	差动保护动作;保护跳闸动作;差动永跳跳闸动作;接地距离一段动作;保护跳闸动作;保护二跳出口跳闸动作	2014-08-09 14:39:01:102
当关5324线路	500kV当关5324线REDE70线路第二套保护 47%	-	-	LIN	差动保护动作;三相跳闸(TRIP-TR3P)动作;保护跳闸;接地距离I段(ZM1-TRIP)保护动作;	2014-08-09 14:39:01:108

昭关变故障录波系统

一次设备	二次设备	故障测距	故障性质	故障相别	开关状态	故障量	故障时间
当关5324线路	昭关500kV线路故障录波器	89.683km	永久	AN	正常	A相故障电压:127.810kV;A相故障电流:0.275kA;B相故障电压:123.751kV;B相故障电流:3.177kA;C相故障电压:117.124kV;C相故障电流:0.517kA;开关动作情况:正常;故障性质:永久;	2014-08-09 14:39:01

500kV昭关变行波测距系统

一次设备	二次设备	故障测距	故障时间
500kV5324当关线	500kV线路行波测距	98.868km	2014-08-09 14:39:01

图4 多维度电网故障信息可视化系统故障报告图

情况下同样可给出推理结论;当上传信息不完备时,系统能按照可信度高低给出可能的故障设备;系统应具有解释能力,即在给出故障设备的同时,给出推理的依据,供用户参考;系统应具有较好的开放性,允许用户在使用过程中补充新的内容或修改已有内容。

2.6 数据发布

多维度电网故障信息可视化系统具备信息 Web 发布功能,通过故障信息系统为不同权限的用户提供不同的数据、页面、图形和功能便于其他部门人员查询、浏览。Web 发布的信息主要包括各类保护动作情况的综合信息、重大事故后的二次设备动作行为的综合信息。

故障信息可视化系统 Web 发布功能应充分考虑国家统一发布的《电力二次系统安全防护方案》要求,经过电力系统专用物理隔离装置进行不同级别安全区的隔离,只允许数据从高级别的安全区向低级别的安全区单向传输。

3 多维度电网故障信息可视化系统的应用实例

以2014年8月9日当关5324线故障为例,以系统截图的方式来直观展示多维度电网故障信息可视化系统给出的故障报告,如图4所示。

由图4可见,故障综合产生的简报内容包括:变电站名称、故障线路、断路器编号、故障时间、故障类型、故障点、故障相、重合闸时间、重合闸是否成功这些简要信息量。所有的故障信息均以故障为索引记录至系统数据库备查。

在图4中双击对应二次设备名称即可查看该二次设备的详细动作信息和波形。

多维度电网故障信息可视化系统在电网故障时不但能给出信息齐全的故障报告,而且还能调取受控站保护装置和录波器的详细报告,让运维人员能查阅到全面、正确的故障信息。另外该系统对进口保护装置的故障报告还实现了英汉转换,更方便运维人员调阅。

4 多维度电网故障信息可视化系统在实际应用中遇到的问题及解决措施

多维度故障信息可视化系统在实际应用中发现其存在的问题主要是在多重复合型故障时不能正确反应。例如2015年12月某变电站500kV线路对侧开关电流互感器故障,导致本侧线路中开关和边开关跳闸。但该线路中开关失灵保护误动,跳开同一串上的主变压器三侧开关。多维度故障信息可视化系统对此类复合型故障不能给出正确的报告。

解决措施:多维度故障信息可视化系统除了采集保护动作报文,同时也采集开关位置变化信息。通过对开关变位信息和保护信息的综合判断来区别故障次数和类别,这样就可以对复合型故障给出正确的报告。另外采集了开关变位信息后,也能容易区分是故障还是现场保护调试。

5 结束语

系统通过对500kV变电站故障录波器系统、保护信息系统、行波测距系统在电网故障时输出的故障信息进行智能融合和二次处理,形成了更加全面、系统的故障信息报告和故障录波图形。其在安徽超高压电网的应用,有效辅助了运维人员在电网故障时对故障信息提取,实现了故障信息提取时间的大幅度缩减。同时该系统还对故障信息进行分析判断,结合故障信息模型、跳闸信息诊断专家库进行信息的过滤判断,形成智能判断故障报告,提供给运维人员辅助进行故障判断和处理。进一步提高了故障处理的正确率和及时率,确保了安全超高压电网的安全运行。

参考文献

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

(责任编辑:贺大亮)

企业高低压配电网电气节能系统

冯晓清

(国网河南新密市供电公司, 河南 新密 452370)

摘要: 为了能够提升我国配电网系统设计水平, 对我国企业高低压配电网电气节能系统设计进行了分析, 并探讨了合理的设计方案。在企业配电网的高压侧, 提出高压品质补偿系统, 在配电网的低压侧, 提出混合型的无功补偿器, 该方案能够满足企业配电网的无功补偿需求。

关键词: 高低压配电网; 电气节能; 设计水平

中图分类号: TM727.3

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0038-02

针对企业运行中存在的电能资源浪费问题, 在高低压配电网电气节能系统设计中制订相应的防范措施, 提高节能性, 进而降低企业的用电成本。需要注意的是企业的高低压配电网电气节能设计不仅要满足企业的用电需求, 还应该保障企业正常运转, 对供电系统进行完善让其能够更好地适应企业生产, 这样是企业高低压配电网电气节能系统设计必须考虑的问题。在企业配电网的高压侧, 提出高压品质补偿系统 (HVVQC), 该系统由 TCR 和滤波器构成, 能够对高压配电网中的谐波和无功进行治理。在配电网的低压侧, 提出 DSTATCOM 和 TDC 两种无功补偿装置, 二者结合提出混合型的无功补偿器 (HVC), 该系统由于补偿容量大、能够连续调节和成本低, 可满足企业配电网的无功补偿需求。

1 设计内容概述

优质节能电气产品是保证配电系统稳定运行的关键, 所以进行企业高低压配电网电气节能设计必须注重接触器、继电器、高低压电气开关、节能型变压器的选择, 采取就地实施补偿和分级补偿来降低不同功率设备所导致的能源损失, 在进行电能计量时借助成本核算和分级计量, 对配电系统中的电能使用情况进行控制, 避免电能浪费。

2 设计方案

企业高低压配电网电气节能系统设计的内容包含了电能技术、电能无功功率动态补偿、电能传输过程中的治理和谐波动态、数据的传输与分析、电能损害信息的采集等, 来解决企业用电过程中的电能损耗问题, 促进企业实现电气节能的目标。企业高低压配电网电气节能系统必须将企业用电系统的每个部位、环节都涵盖, 企业能够借助网络

传输或者现场总线技术将高低压配电网电气节能系统布置到企业的供电网络节点上, 让其更好地管理企业用电过程中存在的电能资源浪费问题。

此外进行企业高低压配电网电气节能系统设计还应注意符合先进技术、经济适用、公用、减少企业成本的原则, 确保高低压配电网电气节能系统的设计能够在减少企业成本的基础上满足电气节能的要求, 改善企业的供电系统, 保证企业的用电质量, 为企业创造更高的经济效益。

企业高低压配电网电气节能系统设计具体可以分为 3 个层面: 高压配电网、低压配电网和整体的管理与监控。在高压配电网中, 建立综合的 HVVQC 电气节能系统的结构, 借助多种电能治理装置进行组合, 其在整个企业高低压配电网电气节能系统中占有重要位置。低压配电网部分能够实现对配电网低压侧提供无功连续补偿的治理技术, 能够从细节上对配电网的电能进行优化与完善; 整体的管理与监控主要是指企业高低压配电网系统对所有的电气节能系统进行管理与监控的结构, 该部分包含了监测和控制两个子系统, 控制与监测子系统应用数字控制器, 针对企业高低压配电网电气节能系统中电能滤波装置、无功补偿装置进行实时的监控与管理, 将运行中存在的问题及时反馈, 并采取措施进行防治。监测子系统的主要作用是控制系统中数字控制器运转和监控监测、对数字控制器所发送的信息进行报警和监测等。

无功补偿技术和谐波治理技术是企业高低压配电网电气节能系统设计中的主要节能技术。

无功补偿技术主要包含 3 类, 分别是集中补偿、分组补偿和就地补偿。集中补偿方法将无功补偿装置设置在企业总降压变压器的 6 ~ 10 kV 的母线上, 提高供电网络的整体功率因数, 进而能够达到降低企业用电过程中无功功率损耗的目的。分组补偿方式是将无功补偿的装置安装在

功率因数较低的企业供电网络中的母线上,实施无功功率的分散补偿,来达到降低企业用电过程中无功功率损耗的目的;就地补偿方法将无功补偿装置直接安装在电感性用电设备和电动机附近,就地对企业用电过程中的无功功率损耗进行补偿。从总体上来说,以上3种方法优点各异,也存在一定的缺点,企业在进行设计时应根据自身情况合理的选择或者组合应用,实现对企业高低压配电网电气节能系统的优化。

企业在运行的过程中大功率电气数量较多,在对低压侧实施谐波治理时容易因为低压负载多在低压侧产生谐波较大的情况,导致企业电子计量仪的电能使用量增加,同时也会给企业的日常用电带来一定的影响,长此以往会损坏企业电器并且直接对电器的正常应用造成影响。所以在进行企业高低压配电网电气节能设计时,应把谐波治理技术融入到系统中,从而对企业用电过程中产生的谐波进行有效治理,降低谐波污染,同时也降低电能损耗。

3 系统设计

3.1 HVHQC整体结构

在企业配电网高压侧,HVHQC担负着连续调节无功和动态治理谐波的作用。在该系统中谐波治理的部分包含了基波谐振支路、输出滤波器、电压型逆变器、整流电路等,而无功调节部分主要包含了注入电容和TCR,无功调节部分对进入高压母线的无功电流实施补偿,维持电网母线的电压,改善功率因数的作用;谐波治理部分是对TCR调节和负载中所出现的谐波进行动态治理,降低母线电流畸变发生率,改善电网的电能质量,二者结合,共同实现对高压配电网无功和谐波的治理。

3.2 HVC整体结构

在配电网低压侧,HVC具有补偿低压配电网中无功的效果,在整个低压配电网电气节能中具有不可或缺的重要地位。HVC系统的补偿容量较大,能够连续地进行无功补偿,且造价相对较低,能够进行大规模的应用。HVC系统主电路包含投切电容器组、晶闸管模块、连接电抗、电压型逆变器等。启动电路的主要作用是在DSTATCOM进行逆变器工作前,应用整流电路给直流侧的电容进行充电,当直流侧的电容电压达到了参考电压以后再将整流电路的开关断开。HVC中的投切电容器组能够达到“粗补”的效果,而DSTATCOM则是根据所需要的无功实施连续的容性至感性的调节,达到“精补”效果。

无功补偿和谐波治理在企业电气节能中具有关键的作用,如果企业想要实现全方位的电气节能,仅仅从这两方面着手是远远不够的。企业高低压配电网电气节能还应从无功优化、节能管理、配置优化等方面进行,做好以上几

方面的工作在企业电气节能方面同样能够产生不容忽视的重要作用,因此为了降低企业的电能损耗,在一定程度上促进企业的经济效益,还应该对节能系统内各部件的影响进行深入的研究。现阶段科研人员对电气节能系统中各部件相互因素的影响效果考虑较少。如果未来能够对该方面进行研究,克服系统间影响因素,能够确保装置安全稳定运行,能够促进节能效果提升。另外,现阶段仅仅是从单方面对运行效果进行研究,多种配电网节能系统同时工作时,如何将这些装置进行协调达到最佳的节能效果,也须进一步研究。

4 具体应用

某厂的电网送端为10 kV母线运行的10.5 kV电压,总额定无功负荷是80 Mvar,共有6个负荷节点,负荷节点的可用额定补偿容量为65 Mvar。精炼分厂使用6300 kVA的变压器为中频炉等电负荷进行供电。应用本文所提出的新方法进行无功补偿与运行优化,得出实施本文所提出的新方法后,系统无功补偿容量节省了6%,装备投资明显降低,全网网损降低20.1%,并且低于小规模补偿点的无功补偿效果更佳。

5 结束语

经济的增长和科技的不断发展,为配电系统设计的优化和完善提供了有力支持,对供电系统进行细化,让其既能保持相互独立又能实现共同合作,进而能够确保企业日常工作能够顺利地展开,在提升企业工作效率的同时也保证了产品的质量。另外对于部分突发情况,建立完善的体系进行良好地应对,当供电系统发生故障不能供电时应使用应急电源进行供电,降低企业损失。此外进行企业供电配电网节能系统的设计,首先应对企业的实际情况进行了解,针对企业存在的问题进行针对性地规划,确保供电系统能够满足企业供电需求,并与企业相关部门积极沟通、相互合作,确保所设计的企业高低压配电网电气节能系统能够满足企业各方面的需求,并且在该系统投入实际应用以后,持续对整个系统进行不断的优化。

参考文献

- [1] 李春艳. 低压配电设计中的节能措施论述[J]. 城市建设理论(电子版), 2012(36): 92.
- [2] 李子雷, 王琳. 总线型低压配电网功率损耗分析[J]. 建筑电气, 2013(7): 49-52.
- [3] 徐克江, 严金权. 低压配电线路导线截面选择与节能[J]. 城市建设理论(电子版), 2012(27): 8-13.
- [4] 张一丰. 低压配电设计中节能问题的探讨[J]. 城市建设理论(电子版), 2014(16): 3231-3231.

(责任编辑: 贺大亮)

基于电力调度 workflow 构建运行管理的互联互通框架

周 遥

(国网江苏宿迁供电公司, 江苏 宿迁 223800)

摘要: 智能电网系统在我国已经有了成熟的发展, 技术水平高、设备配置先进为电力调度工作形成完整的网络结构, 其控制系统流程规范, 数据交互运用 E 语言进行描述, 配合消息邮件进行数据的互通, 构建运行管理的纵向与横向的立体式交叉的互联互通框架, 以调控电网的正常工作。利用所构建的电力调度框架, 在电网系统的上下层级业务流程中得以顺利开展, 也保证各区域之间的网络基站能够协调统一, 实现完整的工作流程和封闭式循环模式, 达到数据共通资源共享的目的。

关键词: 电力调度; 工作流; 框架构建; 互联互通

中图分类号: TM73

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0040-02

电子信息时代对电力的需求量逐年增加, 这对电网调度和驾驭电力的能力提出了新的要求, 大范围电力资源优化配置与各区域协调管理在新形势下的国民用电水平, 要增强系统化、自动化、智能化的运行能力。为适应和保障电网安全稳定运行, 我国自主研发了智能电网调度控制系统, 该系统由电力调度控制平台统一作业, 能够时刻对电网进行监控, 并在紧急情况下预测和发现问题, 并且自动实行解决方案、运行管理, 还能完成安全检查。

1 我国电网调控机构电力调度的现状

目前国内的电网调控机构, 省级以上单位都依靠该平台总的自动运行管理系统来进行工作, 包括综合性业务、核心管理业务和电力调度业务等内容, 在数据上也能够实现互相共享和线上交流。在这个运行管理系统的作用下, 安全区以内的电网调控机构内部运行稳定、数据接收正常、业务关联紧密, 各个不同级别的调控机构之间也能够使用自带的电力调度 workflow 实现工作流程的相关操作, 联系实例间的数据传输。而安全区以外控制机构之间的数据传输和业务交流上则存在着一些问题。这可能是由于业务办理流程系统不同, 在安全区以外的流程没有协同流转的统一标准, 以及业务数据处理能力差等情况造成。

不同的业务流程系统内部数据交换可以从数据的共享和互通情况进行考虑, 不同系统之间对数据的处理速度是不同的, 处理方式也不一样, 要达到统一就必须解决这两点。而不同调控机构之间的数据要求也不同, 如基础信息、

设备台账和问题缺陷数据; 机构内部的业务标准不同, 数据处理结果也不同, 信息不能够合并运算。在行业内部, 也有能够解决这些问题的服务体系架构 (SOA), 这种框架针对系统数据的互联互通问题, 但是却不能保证系统数据的安全, 并且存在工作运行效率低的问题, 也给调控机构带来诸多不便, 并且这些技术均来自国外, 对系统的维护和改进都不能自主完成, 某种程度上制约了电力调度 workflow 构建的发展。

2 智能电网调度控制系统基础平台

2.1 构建运行管理的互联互通框架的实现过程

首先, 实现共同的管理标准, 是对纵向机构之间相互监督制约的系统性调控, 全面进行内部循环机制, 环环相扣, 各项工作内容明确, 落实到位, 确保流程准确无误。对管理过程严格审查和把关, 进行相关的业务考核和评定, 实现经手人责任制。对不符合规范要求的工作流程及时做出反应, 按照实际要求可控性协同内部解决。所以共同的管理标准可以帮助实现规范一致的工作流程。

其次, 共同的系统平台能够实现集约型专业型管理, 帮助管理体系有具体的系统进行工作, 提升调度控制管理水平和效率。以 D5000 平台为标准, 统一使用电力调度 workflow 构建数据的互联互通, 控制系统流程规范, 数据交互运用 E 语言进行描述, 配合消息邮件在纵向与横向的立体式交叉体系中发挥作用, 共同的系统平台更为方便的是能够统一工作流程、统一运行结果、统一系统模式以及统一数据, 并进行统一的数据传输, 极大地方便了不同范

围和区域之间的交流。

最后,共同的流程是在以上两点统一后自然产生的规范性流程,在运作中只要按照共同的管理标准和平台运行,流程就不会出错,业务进行阶段不同区域机构之间也可以随时接手,而国家级、省级之间也可以建立起监督流程,随时检查业务流程,加快了审批审查的速度。

2.2 电力调度流程的特点

电力调度的工作流程必须适用于电力系统的特殊性,电力调度中心常采用分区分级调度的形式来进行工作和管理,机构之间也是相互制约和监督的。所以,电力调度的重点就是加强各机构之间的信息交流。电网的信息安全性也是重点工作之一,根据国家提出的要求,电力的管理和调度工作要分步分区控制,保证只通过需要和必要的信息数据,而不受到外界因素的影响。调度工作的流程不是独立存在的,需要其他相关的系统进行配合工作,如 workflow 服务常需要集合生产管理系统来实现。

按照电力调度 workflow 的特点可以得出结论,数据交互运用 E 语言进行描述,再配以消息邮件进行数据的互通,再借助于 D5000 平台实现,就能建立完整、安全、稳定的工作流程,在分享信息和传输数据时保证及时、准确和有效。不过当前调度 workflow 集成服务调用仍然存在一系列问题,必须结合系统平台的实际运用加以改善和实现,借助于 D5000 平台服务在系统内部具体实现,为电力调度合理化工作流程提供一种新的方向和思路。

3 基于电力调度 workflow 构建运行管理互联互通框架的实际应用

3.1 工作流程的智能化运行和管理

D5000 平台的构建是服务于电网系统的实时监管、调度、分析、运行和管理的系统平台,搭建各机构系统之间通信的桥梁,实现一体化智能运行,从而提高工作效率和电网的稳定运行。在工作流程上对安全核验、计划优化、控制额度、设备情况等应用服务的反应,自动完成电力的合理调度。电力系统网络覆盖面广,辐射状发散于各个方向,多使用自动化电力设备,只能保障故障自动排除和修复,保证供电正常,传统配电对网络系统中的电量配送和管理是没有作用的,这使得许多电能传输和配送中有重复和浪费。而要做到可以主动分配和管理就必须使用智能平台,这种高渗透率的接入方式能在较小的模式下改变局部范围的配电工作,而多个这样的接入点就能形成规模控制,对整个辐射范围电力公司就能整体把控,不仅可以做到传统配电系统所做的被动工作,更能迅速解决电流短路、设备异常情况和非正常运行状态等问题。

3.2 区域间系统互联互通的实现

电网系统的区域性横向联接,可以打破电网数据资源的壁垒,做到数据共享和资源优化,提高生产效率和配电能力。在面对不同区域出现的问题时,D5000 平台可以将设备信息、电网运行状态、电网资料信息、设备设施信息、检查反馈信息、问题所在和修复情况、校验信息提供给他同平台的系统^[3],及时、全面地让专家修复或改进平台。该互通类似于飞机上的黑匣子,可以完整记录和归档所有的系统运行数据,以便进行横向比较和数据的调用,从而更好地优化设备、提高系统稳定性。

3.3 上下级电力机构实现工作的透明

信息数据的实时监督给上下级关系的电力机构也带来了便利,一般来说由国家电力调度控制中心监督和管理其分中心及省级电力调度控制中心,在透明的数据信息互联互通中,国调中心可以随时根据不同情况进行下属单位的电力调度工作,对其反馈的信息进行采集和分析,生成计划或方案,针对目标明确地对地区所属机构进行电力调度指示和修改意见,而该机构也能够立即做出反应,快速地完成任务,所有数据都在平台上进行沟通和实现,不会因为系统不兼容而影响地区配电问题,造成不良后果。

4 结束语

综上所述,在我国大力发展信息化技术的今天,构建运行管理的互联互通框架须依靠更加智能和先进的计算机系统,而智能电网调度和控制系统的总体框架要采用纵向和横向的立体式交叉运营管理,利用数据信息的互联互通,各电力机构在区域之间共同进退与协作,在上下级电力机构之间达成统一思想,共同维护和稳定电网的电力调度工作。这种框架的构建与实现不只依靠数据库的存储,各机构之间都能来回调用,在工作流程中也不拘泥于套路,各步骤中都有可调配数据,更容易整体把握,又可以个体分析。运行管理的互联互通也是相对而言的,系统平台的开发和利用还有进步空间,只有不断提高工作态度,不单纯依靠计算机系统,才能构建出更加完善的电网系统。

参考文献

- [1] 程旭,梁云,俞俊. 电力调度分布式 workflow 设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(21): 93-97.
- [2] 杨笑宇,庞郑宁,樊启俊,冷喜武,朴林,李勇,李军. 基于电力调度 workflow 构建运行管理的互联互通框架[J]. 电力系统自动化, 2015, 1(39): 177-181.
- [3] 刘英博,张力,卢亚辉,等. 一种基于构件的开放性 workflow 集成框架[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(7): 1350-1353.

(责任编辑:贺大亮)

电力营销管理信息系统中的三户模型

陈珊珊

(广东电网有限责任公司中山供电局, 广东 中山 528401)

摘要: 明确电力行业三户(客户、用电户、结算户)定义的基础上, 分别设计了三户与其有直接相关关系的数据表关系模型, 并给出了三户间的E-R模型图, 详细阐述了三户有关的运用及主要功能, 并对其在中国南方电网一体化营销管理系统使用中的特点进行了说明。

关键词: 三户模型; 实体关系; 营销系统

中图分类号: TM711

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0042-03

社会经济水平的提高和新一轮电力体制改革的启动, 促使电力企业在提升客户服务能力、真正解决客户的用电问题和服务问题^[1]、提高客户满意度等方面成为内生动力。中国南方电网公司在建设全网一体化的电力营销管理信息系统时引入了三户(客户、用电户、结算户)模型。

1 电力三户模型及设计

用户需求是电力营销管理系统信息模型不断趋于完善的主要驱动力, 三户模型运用是从被动营销向“以客户为中心”转变而产生的结果。在营销信息系统模型中包括客户信息、设备信息、拓扑信息、量测信息和地理信息5大要素。本文只介绍与客户信息要素有关的相关内容, 其他要素不再赘述。

1.1 数据表设计

1.1.1 客户及直接相关数据表

与客户关联比较紧密的业务对象有证件、客户关系、联系人及联系方式等。客户的区分标准一般是证件号码, 即相同的证件号码一般不允许建立两个或两个以上客户。

1.1.2 用电户及直接相关数据表

与用电户关联比较紧密业务的对象包括合同、电源信息、计量点、运行电能表、运行互感器、用电设备、担保信息等。用电户区分标准一般是合同, 一份供用电合同对应建立一个用电户。

每个用电户都必须有一个客户与之对应, 同一个客户在系统中可能因用电地址不同, 会有多个用电户与之对应。用电户与计量点之间是一对多关系(一个用电户下可以有一个或者多个计量点, 每个计量点只能属于唯一确定的一个用电户)。

1.1.3 结算户及直接相关数据表

与结算户关联比较紧密的业务对象包括银行账户、增

值税信息等。营销管理系统中与费用相关的业务一般都可以由结算户来处理。结算户的区分标准相对灵活一些, 一般可根据交费的银行账号来建立不同的结算户。

营销管理系统要求的最小计费单元是计量点, 因此结算户是通过用电户下的计量点来与之发生关联。结算户与计量点是一对多关系(一个结算户可以为一个或多个计费计量点交费, 每个计费计量点至少要确定一个唯一结算户来交费)。

1.2 三户间的实体关联关系

营销管理系统包含若干实体, 三户模型设计中有关客户、用电户、结算户和计量点之间的E-R图如图1所示。计量点是一个特殊的实体, 一方面是电网中的一个节点, 通过它电网与用电户建立联系; 另一方面是电费计费的最小单元, 通过它与结算户建立联系。

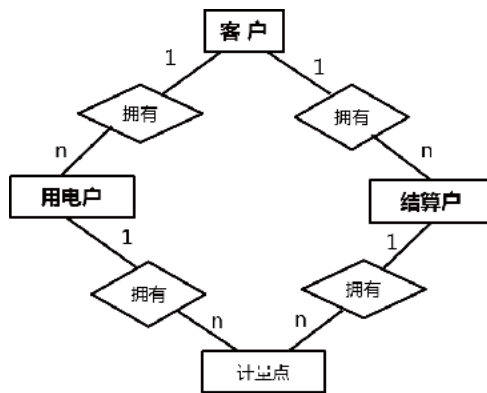


图1 三户实体关系图

用电户和结算户通过计量点来体现出多对多关联关系: 一个用电户可能对应多个结算户(用电户有多个计量点, 每个计量点都由不同的结算户来交费), 多个用电户也可能对应一个结算户(一个结算户同时为多个用电户交费)。从而在信息系统中满足如业主交费、租户交费、多户

合并一起交费、一户按照计量点分别交费等各种情况需求。

2 与三户有关的主要功能设计

电力营销管理信息系统包括业扩管理、电量电费管理、客户服务、计量管理、用电稽查检查、电力市场交易等多个业务模块。本文提出的将原来系统的一户扩展为三户,涉及业扩管理、电量电费管理和客户服务等三个模块;其他模块以用电户作为基本管理单元沿用旧有的模式运行,不在功能中体现客户与结算户的内容。涉及到的3个模块实现主要功能有:客户资料三户建档、三户的状态转换以及对外服务的实现。

2.1 客户资料的建档

按照《供电营业规则》相关规定,用户的建档源于用户的业扩新装。实际工作中新装分多种情况,如高/低压新装,虽然统一为新装,但系统实现在遵循业务与三户建档之间的逻辑全覆盖^[4]原则的前提下,剔除不必要的冗余、重复录入。新装一定有用电户的新建,客户、结算户的建档取决于用户是否已经在系统中办理过业务(或用户需求)。

2.2 三户在业务中的状态转换

三户在系统中的转换主要体现在电量电费管理模块中。电量电费管理模块是由用户电量、电费、账单、收费、发票、欠费、催收、欠费停电等功能模块组成。

一户管理模式下,上述各功能管理的最小单位是用户,颗粒度划分太大;而用户与用户之间没有联系,导致业务办理时一次管理的对象又太小。

以一户多计量点为例,如图2所示,同一个用电户(连锁超市)有1、2楼两个计量点,传统方法支持一个用户交费。假设小区办公要求再租用连锁超市A幢办公楼的二楼计量点之后与B幢办公楼的大楼计量点一起交费,则系统将不予支持;如果将连锁超市的两个计量点实行分户当做两户看待,系统只支持分开两户交费,不能满足用户一起交费的诉求。

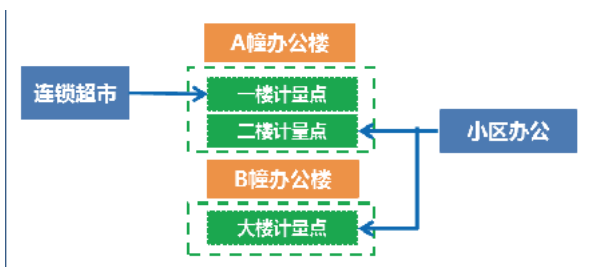


图2 一户多计量点收费

本文三户模型的设计,将电量电费管理模块各业务功能划分成若干环节(或状态),确定三户其中一户作为其环节中的管理单元,简化后的电量电费管理模块各环节与

三户之间的关系如图3所示。

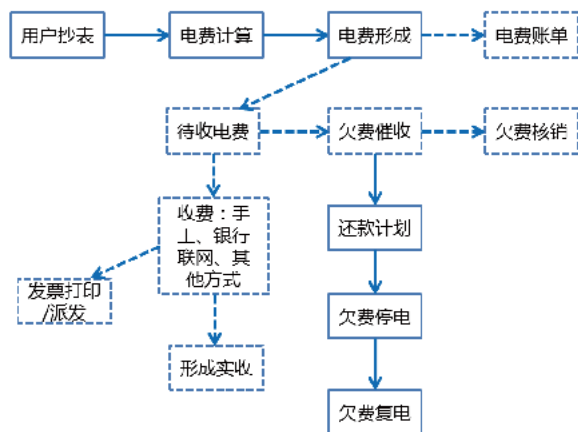


图3三户在电量电费管理模块各环节流转示意图

图3中13个环节(或状态)转换过程中,实线表示从上一个环节到下一个以用电户为管理单元环节;短实线表示从上一个环节到下一个以结算户为管理单元环节。以用电户为管理单元的有用户抄表、电费计算、还款计划等6个环节;以结算户为管理单元的有电费账单、待收电费、欠费催收等7个环节。按照《供电营业规则》合同管理要求,用电户是合同主体,由此还款计划、欠费停电和欠费复电环节等3个环节必须以用电户为管理单元。

根据三户模型的系统设计,各计量点的电量电费单独计算,并与结算户建立关联,结算户成为电量电费的合计单元。

2.3 三户相关的对外服务

营销系统向用户提供的编号是在与用户签订合同时确定,是三户模型中的用电户的编号,此编号是用户办理业务时常用的检索依据。依据用电户—结算户—客户之间的关联关系进行编号互查,满足用户业务办理需要。

用户单据(发票、电费账单等)上的用户联系信息,以图3电量电费模块各环节对应的(用电户/结算户)管理单元为准,保证联系信息的唯一性,且不至于混淆。

3 系统特点

基于三户模型的电力营销管理系统的设计,在实际应用中特别是客户服务方面带来重大转变。对于解决现场业务模型复杂多变、用户要求多种多样、用户业务办理繁琐等问题收到良好的效果。

3.1 以客户为中心的系统设计

以前的系统设计“以我为主”按照电网设备及拓扑结构搭建系统,用电客户只是与电网设备计量点相关联的一个实体^[5],处于系统设计边缘。

基于三户模型的设计,如图4所示,则是“以客户

为中心”的功能部署:用电客户位于系统数据管理中心,中间层列举的是围绕客户服务基本功能,最外层列举的是高级应用功能^[6]。对用户提供服务也发生本质转变,不再是用户围着设备转,强调用户驱动或供需互动^[7]的充分沟通。以计划停电通知为例,以前电网维护、检修等工作需要停电,会直接通知用户;现在在掌握用户生产班次、负荷类别等特点情况下,先和用户协商,在停电时间上与用户达成一致才安排停电,且对于不停电设备合理安排保供电。

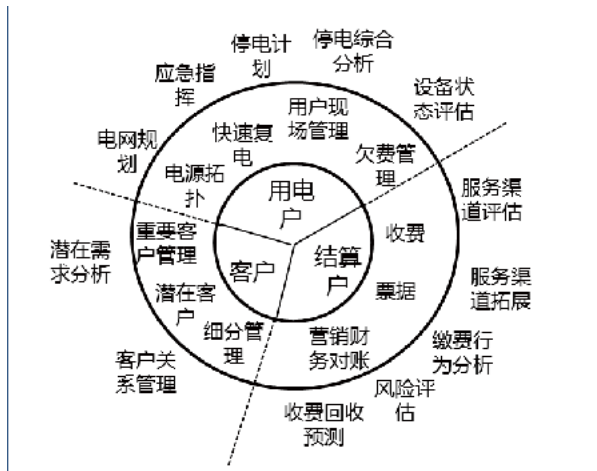


图4 以客户为中心的系统功能设计示意图

3.2 支持复杂的业务模型,满足用户多样性的需求

直接服务于用户的电力营销管理信息系统,响应用户各种要求是其基本工作。一户设计的系统,用户与管理区域密切相关,用户之间无联系,系统使用受到限制。三户模型中的客户、结算户不再受管理区域限制,作用的范围在系统全局,用户在办理业务和面向用户提供服务时三户间的关系可以多种组合、灵活搭配,给用户服务带来极大方便。以结算户管理为例,结算户是跨不同区域的全局实体,且与更小的计量点相关联,可以将大型跨区域集团公司的多家分子公司(不论地址是否分散、场所是否自用/租用)进行计量点归集,实现电费一次收取、发票打印一张,而其范围限制只与电力企业营销系统(市级、省级或网级)集中度有关。

3.3 提升用户全方位管理与服务

传统的供电客户与供电企业签订供用电合同时,与用电地址一一对应,其个人信息在合同签订后才能确定纳入供电的信息化管理。但在日常的供电服务中,供电部门要为很多非用电客户提供服务,如为租户提供交费账号变更、联系方式变更等服务,为有潜在用电需求的个人或企业提供咨询服务,但由于他们并非传统的供电客户,其信息未能得到有效管理,导致供电部门白白流失大量客户信息。三户模型的设计有效弥补了系统不足。

已建立供用电关系的客户,通过客户可快速查找、定位到其物业和不同用电地点、依据不同用电类别、用电容量等用电行为习惯,提高个性化服务,为服务策略的制订提供更多有用信息。以前是对应“用电地址”进行服务,现在是对应“人”进行服务,以前对于拥有多处物业及用电地址的客户会重复投入同质性的服务资源,现在通过客户可快速过滤或合并同性性质用电点,服务只需投入一次,大大节省企业服务成本。

4 结束语

电力营销管理系统是一个庞大的系统,本文只介绍了与三户模型有关的内容,通过在南方电网已成功运行的一体化营销管理信息系统的实践,表现出良好的实际应用效果。本文的工作主要包括以下几个方面。

将用电客户的信息细分为客户、用电户及结算户,并处于信息管理的核心位置。根据需要三户分别用于不同的服务目标;客户、结算户独立于行政区域的管理,用电户通过计量点与电网直接相联系,便于复杂情况下的模型适用。

在新的模型下设计三户如何建档,三户在营销管理系统电量电费模块中各环节的具体应用和相关对外服务。

本文提出适应管理变更的需求,变“以我为主”为“以客户为中心”的系统业务模型设计;简要说明新的业务模型在满足客户多样化需求方面的优势、客户服务方面的便利。广东电网的实践说明,面向日趋复杂的形势与多样化的用户需求,有关三户模型更多系统的功能应用需要在实践中不断完善。

参考文献

- [1] 金晖俊,章丹妮,岑迪庆. 电力市场中电力营销开拓的主要问题及对策研究[J]. 华东电力, 2014, 42(12): 2662-2664.
- [2] 陈丹双,宋旭翊,朱悦念,金燕芬. 面向广电运营商的新型三户模型[J]. 广播与电视技术, 2012, 39(5): 30.
- [3] 宋丽萍. 探讨BOSS三户模型的设计与实现[J]. 有线电视技术, 2011(6): 41-42,46.
- [4] 钱忠胜,缪准扣. 基于规格说明的若干逻辑覆盖测试准则[J]. 软件学报, 2010, 21(07): 1536-1549.
- [5] 杜礼锋. 营配一体化系统及其信息集成平台[J]. 电脑与微电子技术, 2010(11): 92-95,102.
- [6] 王志英,张诗军,邓琨. 统一电网信息模型在南方电网的应用[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(5): 127-130.
- [7] 王锡凡,肖云鹏,王秀丽. 新形势下电力系统供需互动问题研究及分析[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(29): 5018-5028.

(责任编辑:贺大亮)

中低压配电网监控系统

许继东¹, 董世伟², 李海军¹

(1. 国网吉林东丰县供电有限公司, 吉林 东丰 136300;

2. 国网吉林东辽县供电有限公司, 吉林 东辽 13620)

摘要: 通过对电力用户用电信息采集系统功能进行扩展, 使其具备中低压配电网监控功能, 从而解决中低压配电网盲供问题。这种中低压配电网盲供问题解决方案具有监控信息完整、投资少、运行费用低的明显优势。

关键词: 中低压配电网; 盲供; 监控; 电力用户用电信息采集系统

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0045-02

1 中低压配电网盲供问题

随着社会和经济的不断发展, 电力用户对供电可靠性和电能质量的要求也越来越高, 供电可靠率和电压合格率已经成为政府电力监管部门关注的重要内容, 同样也成为供电企业内部进行考核的主要指标。

随着多年的建设和改造, 目前我国绝大部分地区 35 kV 以上高压电网调度监控系统已经基本达到实用化水平。基于电网调度监控系统稳定可靠的“四遥”乃至“五遥”功能, 调度员对所辖电网运行状况就能够做到尽在掌握, 电网调度监控系统为电网安全稳定运行提供了强有力的技术支持和信息保障。

相对于 35 kV 以上高压电网, 中低压配电网的特点是线路长、设备多、覆盖广、规模大。中低压配电网如果采用现行标准成套设备实现运行监控功能则投资将会极其巨大, 在可预见的时期内难以实施。由于中低压配电网运行监控功能的缺失, 供电公司对中低压配电网供电状况无法实时、全面掌握, 将会导致以下几种情形发生。第一种情形是某段中低压配电网故障停电后, 只有等到停电用户的报修电话, 供电公司才能获知, 运维员才会去处理。这种情形无疑增加了用户的停电时间, 降低了用户的供电可靠性; 第二种情形是中低压配电网计划外私自停电时无法发现, 大量实践说明私自停电作业由于失去监管很容易引发安全事故; 第三种情形是当某处中低压配电网出现低电压、配电变压器过载等问题时管理人员也都无法及时掌握, 容易造成配电变压器烧损事故。上述三种情形都会增加用户不满意度甚至造成用户投诉事件, 供电企业为了进一步提升管理水平和服务质量, 须努力破解中低压配电网的这几点问题。

2 中低压配电网监控系统

2.1 电力用户用电信息采集系统现状

智能电能表的推广以及电力用户用电信息采集系统(以下简称采集系统)的应用为供电企业成功解决了电能量抄收问题。目前, 采集系统一般都能够覆盖所有配电变压器台区以及所有中低压用户。采集系统抄表成功率一般都在 99% 以上, 相信随着技术进步和管理提升, 抄表成功率无疑还会持续提高。目前采集系统采集功能单一, 基本就是采集电能表里的电能量数据。电能量采集时间间隔很长, 一般每个月才全面采集一两次。可见, 采集系统网络数据流量非常小, 绝大部分时间都是空闲的, 采集系统设备利用率异常低下。

2.2 包含电能量采集功能的中低压配电网监控系统基本设想

可以设想, 由于某种原因某段中低压配电网失电, 失电网络内智能电能表与采集系统间通信中断, 采集系统就无法采集到失电网络内电能表数据。基于这个特征, 可以对采集系统进行相应设计, 即采集系统自动定期召唤采集, 发现通信中断的电能表, 就判定和该电能表关联的中低压配电网及用户处于失电状态, 经过处理后就可以发出失电告警信息。扩展了运行监控功能的采集系统其任务范围和任务重心都发生了很大变化, 系统名称应进行重新定位。由于中低压配电网运行监控功能更为重要和常用, 所以新系统名称以中低压配电网监控系统(以下简称监控系统)为宜。

发生了故障的电能表或者集中器和监控系统间的通信也会中断, 运维值班人员可以通过电话联系用户来确定真实情况。实际工作中为了降低电量追补难度, 专业管理

人员都是希望能够尽早取得电能表或者集中器故障信息。当然这种情况会很少见，因为现在的采集系统抄表成功率是很高的。

2.3 监控系统基本结构和功能

监控系统由电能采集和运行监控两大模块组成。电能采集模块完成现行的采集系统用电信息采集功能。运行监控模块由运行工况、远程控制、数据统计、参数设置及辅助信息组成。运行工况提供实时运行信息查询功能，所辖中低压配电网内所有智能电能表里的电压和电流，在运行工况里都可以进行实时查询。同样，具有远程控制功能或者加装了远程控制终端的真空断路器、空气断路器、漏电断路器能够采集到的电压、电流、漏电流以及开关位置，在运行工况里也都可以进行实时查询。远程控制可以对中低压配电网内具有远程控制功能的真空断路器、空气断路器或漏电断路器完成停电、复电操作。数据统计可以对监控系统内所有用户历史采集数据进行存储，可以对这些历史数据进行查询，可以对所有用户的电压合格率、供电可靠率进行统计，可以生成所有用户的日负荷曲线及日电压曲线。显然这些查询及统计信息可以帮助专业管理人员为变压器选型、电压管理、供电可靠率管理、三相负荷平衡管理提供重要参考。“参数设置”可以对采集方式、电流越限报警值及时延、电压越限报警值及时延、互感器变比等参数进行设定。辅助信息中应录入配电网开关设备以及用电客户的一些基本信息，例如影响用户受电的开关名称及其编码、用户的联系电话等，监控系统在处理告警信息和推出告警窗口时要用到这些基本信息。

运行监控发出采集指令后，对采集上来的数据进行检查，发现没有应答的电能表，就将其列入失电告警缓存区。运行监控具有逻辑判断功能，当配电网出现大范围失电事件时，运行监控可以定位出断电点开关名称，从而可以极大简化后续推出的失电告警信息。能够采集到数据的电能表，将采集电压、电流和设定值进行比较、判断，发现越限的，将其列入越限告警缓存区。为了消除电压、电流瞬间波动影响，只把连续多个采集轮次依然越限的采集点推送到越限告警窗口。监控系统在推送失电告警、越限告警信息时，同时还发出语音告警信号。为了便于确认告警信息，上述告警窗口中会有用户名称、位置及联系电话等信息。告警信息被确认后，只有当后续采集轮次告警信息内容发生变化时，告警窗口才会再次推出，告警语音才会再次发出。

电能抄收人员在进行电能采集时以及运维人员进行远程开关操作时，运行监控里的采集指令应能自动关闭、退让，这样可以防止不同指令互相干扰。电能采集和开关远程操作时间占比很小，对运行监控数据采集带来的影响几乎可以忽略。即使在电能采集和开关远程操作

时间内漏掉需要报警的信息，也无关大局，因为这些漏掉需要报警的信息可以在电能采集和开关远程操作后被迅速予以恢复。

监控系统内电力用户越多、采集数据类别越多、数据传输越慢，运行监控单个采集周期就越长，报警信息推出延迟就越大。运行监控召唤采集电能表数据时，一般只要采集电压、电流即可，电能等数据不必采集，这样可以减小通信网络数据流量。为了尽快推出报警信息，应该设法提高网络通信速率和召唤采集频率。

2.4 监控系统的应用

目前在我国供电企业管理模式中，供电所承担着所辖中低压配电网的运维任务，供电所还承担着供电优质服务的企业责任和社会责任。因此，监控系统应以供电所为单位进行搭建，这样可以减少中间环节，进而提高运维工作效率。每个供电所都有限定的中低压配电网管辖范围，每一套监控系统都面向限定的中低压配电网，也就是面向特定的供电所。为了保证监控系统稳定可靠运行以及采集数据的完整，供电所还应配置 UPS 设备。

供电所所辖配电网规模较小，专属的监控系统采集数据量不大。在采用多种提高采集速率的技术方案后，监控系统全网采集周期可以小于 1 min。也就是说，从用户出现失电事件开始到监控系统发出失电告警的时间小于 1 min。

为了使监控系统能够稳定可靠完成针对各类线路断路器的远方控制功能，目前还需要制订集中器和各类线路断路器的硬件接口标准和数据接口标准。

2.5 监控系统的优势

监控系统在不影响电能采集的情况下，同时还可以完成中低压配电网运行监控功能，而且几乎可以覆盖全部中低压配电网、所有配电变压器台区、所有用户，因而可以有效解决中低压配电网盲供问题。很明显，这种解决中低压配电网盲供问题的方式具有不需要组建专用数据通信网络、采集数据范围宽、投资少、运行费用低的优势，而且优势异常突出。

3 结束语

由于中低压配电网盲供问题在我国各地普遍存在，供电公司职能部门无法及时掌握中低压配电网实时运行工况和统计数据，这种状况严重制约了供电企业电网安全管理水平以及服务客户水平的进一步提升。有了供电企业的现实需求和密切配合，应用软件开发单位应该有能力和动力整合出具有实用价值的监控系统，这种新型应用系统值得供电企业和软件开发单位积极探索和尝试。

(责任编辑：贺大亮)

一流配电网建设中的大数据理念

刘 伟

(国网江苏省电力公司建湖县供电公司, 江苏 建湖 224700)

在电力系统中, 配电网作为电力输送的关键纽带, 是整个电力系统中的核心。随着我国社会经济快速发展对电力供应的需求, 配电网建设成为国家发展与社会建设中关注的焦点。为了使我国电网始终保持优势, 更好地服务社会发展, 电力系统开始全面推进一流配电网建设。在大数据时代, 数字化配电网成为一流配电网建设的重要内容, 将大数据理念应用于一流配电网建设中成为当前一流配电网建设的主流趋势。不过, 对一流配电网的建设来说, 大数据理念的应用仍具有较大的挑战性。

1 一流配电网建设中大数据理念应用现状与挑战

大数据是时下的热门话题, 其在商业及互联网领域中的应用研究如火如荼, 而在一流配电网中的应用还处在起步阶段。配电网大数据, 基于不同的数据来源, 大致可以分为3类: 一类为电力企业量测数据, 一类为电力企业运营数据, 还有一类为电力企业外部数据。配电网中的不同类别数据彼此作用, 为配电网的运行与发展提供服务。如人口的大规模迁徙会对用户用电量产生影响, 电网建设规模和运行方式又会被用户用电情况变化所影响, 从而给电力企业在区域能源发展规划及营销策略制订等方面提供决策参考。

配电网大数据有其鲜明特征, 配电网大数据不仅来源广泛, 生成速度很快, 而且粒度精细, 在这些一次特征下导致配电网大数据呈现出一些二次特征, 如数据量较大、数据信息比较丰富、在处理上较为困难等。配电网大数据具有繁杂的生产方式, 用电行业、种类及个体等不同, 使配电网数据源也显示出相应的差异化, 数据更加精细化。一流配电网内部系统中, 积累了大量运营数据, 但当前一流配电网建设对大数据的利用比较偏重于电力企业量测数据, 对运行数据及外部数据的研究还不多, 很多大数据的价值未得到充分开发与应用。

随着现代电力企业在服务质量上的不断提升, 开始大规模地涌入非结构化或半结构化类型数据, 其中不仅包含视频、语音, 而且包含着图像、文本等, 如视频监控数据、GIS数据等层出不穷。传统的数据处理技术, 面对数据集的日益庞大与复杂化, 已经无法满足其处理需求, 对与一流配电网数据特征相契合的大数据应用技术进行寻找十

分必要。

2 大数据理念在一流配电网建设中的应用对策与建议

针对一流配电网建设中大数据理念应用挑战, 要促进配电网数据在处理与利用方面效率的提升, 在对大数据进行应用的基础上, 必须为配电网数据提供高效采集和存储的支撑, 只有如此才能对一流配电网建设中各类高级分析应用进行展开。根据一流配电网建设现状来说, 大数据理念可以应用于以下几方面。

2.1 大数据在配变重过载预警与网络降损中的应用

配变重过载预警是一种促进配电网供电能力得以提升的预警机制。配变重过载预警是通过中期预警模型和短期预警模型的构建展开的: 中期预警按年进行, 通过监测分析每台配变负载情况, 以及对用户、资产的关联分析, 提供决策参考给配变年度技改投资, 避免发生配变重过载; 短期预警按周进行, 通过用电采集系统中配变数据, 对每台配变的负荷特性、配变发生重过载的概率等进行分析, 以及时地识别可能出现重过载的配变, 以便于电网应急预案的制订。主要依托大数据平台, 通过用电信息采集系统对配变运行数据进行实时采集, 然后借助先进的大数据处理方法和挖掘分析技术, 对基于单体配变且适合当地地域、气候、经济发展特点的配电网重过载风险预警模型加以构建, 从而推动配变重过载风险预警的实现, 促进配电网重过载水平有效降低, 提升配电网的运营效益的同时, 提升其风险防控能力, 促进配电网供电能力的提升。

此外, 在对电能进行分配和使用的过程中, 具有一定的损耗性, 通过电网大数据分析结果则可以对损耗的时空分布特性精确感知, 制订个性化用电方案。在关联分析电价与用户在用电行为模式等方面的数据, 可以得知面对电价等激励机制时用户的敏感度, 在同时考虑用户用电行为方式受分布式电源接入及运行策略影响的基础上, 对联合优化模型进行建立, 该模型除了包含分布式发电, 而且包含用户用电峰谷分时电价。在联合优化模型条件下, 可借助用户能效水平及用电行为特征等数据对智能化用电方案进行制订, 对节电潜力进行挖掘, 实现降低用户购电

成本的目标,促进配电网削峰填谷能力的提升。还可对与配电网线损相关的因素进行挖掘,如用户用电行为模式、网架结构等,通过对其关联关系的挖掘可清晰地识别高损耗线路及区域,在此基础上对网络损耗数据关联模型加以建立,为用户用电提供指导,对电网运行方式及发电侧发电计划进行调整,从而使配电网在运行成本上得以有效降低,实现配电网资产利用率的提高。

2.2 大数据在配电网项目全过程管控与需求侧管理中的应用

大数据理念也可以被应用于配电网项目全过程管控方面,对其管控也具有明显促进作用。配电网工程不仅项目多、规模小,而且时间紧、工期长,具有较多的管理协同点和较广的交叉面,在关键流程环节上存在执行效率不高的问题。为了促进配电网工程项目执行效率的提升,对配电网项目执行过程中存在的问题实施快速定位,对项目推进情况全面掌握,即可基于大数据技术对配电网项目采取全过程管控。根据一流配电网建设项目相关管理系统,如生产管理系统、ERP等,通过对“全面覆盖”以及“重点突破”原则的采取,从各个维度如效率、效益、数量等入手,开始于“项目前期”,结束于“项目关闭”过程,坚持两条主线即“现场施工”与“预算执行”,对关联监测、穿透分析等方法加以采用,对配电网项目全过程中实时进展情况的开展进行分析,实现对异动流程环节的定位。

大数据理念还可以被应用在配电网需求侧管理中,为配电网中供用电平衡的维持提供保障,推动DG渗透率的提高,进一步降低负荷的峰值。另外,对调度中心来说,配电网中拥有分布式发电单元的用户都是其可以调控的对象。这些对象在配电网运行的过程中,积累了大量的运行数据,如用户智能表计数据等。通过对这些数据的有效挖掘,可以为需求侧管理策略的制订提供更加合理有效的数据参考;同时有利于对用户进行行为心理分析,为分布式能源用户电价补偿等政策的制订提供有效的参考,这些数据的利用也是一流配电网建设中大数据的重要应用方向。

2.3 大数据在智能配用电领域中用电预测与协同调度的应用

在一流配电网建设工作不断推进的过程中,对智能配用电的需求越来越大,大数据的应用范围也更加广阔。我们可以通过大数据处理平台,存储和提取多源异构数据,提高配电网数据存储能力,实现其对配电网的能量优化调度;也可以通过大数据聚类分析法,对用户负荷进行分类,通过关联分析法对天气、日期等影响因素与负荷的关联关系进行构建,通过回归决策树分析法,对基于知识学习和规则挖掘智能预测系统进行建立,从而促进短期负荷预测精度的提升;还将大数据技术应用在配电网运行监测中,

通过对数据的实时采集,促进其处理效率的提升。通过对配电网数据资产价值的深入挖掘,大数据的支撑作用在一流配电网建设运营中将会逐步实现和日益明显。

对智能配电网的规划和运行来说,其中精准的用电预测结果发挥着十分积极的作用。在分析用户用电行为特征的基础上,可以对立足大数据这一前提的自适应用电预测模型进行建立,通过该模型所得到的预测结果不仅精度更高且粒度更细,同时能够推动电源与负荷协同调度的实现。首先,可实现对用电量宏观变化趋势的预测。用户用电量数据受多方面因素影响,通过与其他数据因果关系分析,能够使用电变化趋势的预测成为可能,可实现对用户用电量抽象关系的量化表征,借助自适应用电预测模型从整体上把握与感知用户在用电量上的宏观变化趋势。其次,可实现对局部用电量精细化的预测。在局部空间或部分逻辑分类中,用户个体或用户群组会有所不同,针对这种不同可通过差异化的建模方法,对针对性较强的用电预测模型库加以建立,从多维度对用户用电特性实施分解,在不同维度下根据用户的不同通过不同模型采取精细化预测,促进用电预测精度的提升。最后,可实现电源与负荷协同调度。在分布式电源发电与用户用电预测结果的基础上,利用配电网错峰资源聚类分析,对可调度资源错峰潜力进行量化评估,同时通过不同类型电源和负荷的优化组合原则,完成错峰资源的分层优化及自动分配,即可实现电源与负荷的协同调度。

在一流配电网建设运营过程中,大数据具有非常广阔的应用前景。针对我国一流配电网建设中的大数据应用现状,在一流配电网建设中应进一步挖掘大数据的应用价值,为一流配电网建设提供有力支撑。

参考文献

- [1] 芮毅. 浅谈一流配电网的合理规划[J]. 科技致富向导, 2014(30): 170.
- [2] 李国杰, 程学旗. 大数据研究: 未来科技及经济社会发展的重大战略领域——大数据的研究现状与科学思考[J]. 中国科学院院刊, 2012(06): 647-658.
- [3] 宋亚奇, 周国亮, 朱永利. 智能电网大数据处理技术现状与挑战[J]. 电网技术, 2013, 37(04): 927-935.
- [4] 王璟, 杨德昌, 李猛, 等. 配电网大数据技术分析与典型应用案例[J]. 电网技术, 2015(11): 3114-3121.
- [5] 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[J]. 电子测试, 2014(3): 62-63.
- [6] 赵江河, 陈新, 林涛, 等. 基于智能电网的配电自动化建设[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18): 33-36.
- [7] 范明天, 张祖平, 苏傲雪, 等. 主动配电系统可行技术的研究[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(22): 12-18.

(责任编辑: 贺大亮)

通过改装普通紧线器 提高绝缘导线施工安全水平

路竹青

(国网山西省电力公司黎城县供电公司, 山西 黎城 047600)

1 选题理由

普通紧线器广泛应用于线路施工中的紧、放线操作,对于架空裸导线,使用起来方便、牢固可靠。但对于绝缘导线,有可能发生打滑、松脱现象,从而造成事故隐患。为了控制施工过程中的轻伤、障碍,确保人身、设备安全,确定“通过改装普通紧线器,提高绝缘导线施工安全水平”为本次QC活动课题。

2 现状调查

为了验证普通紧线器是否能直接应用于绝缘导线,QC小组进行了试验。在绝缘导线上做出标记,然后在该处使用紧线器进行紧线操作,结果紧线器发生了移动,与绝缘线上的标记距离大约为10 cm,由此可以看出使用普通紧线器对绝缘导线进行紧线,会发生打滑、松脱现象,存在安全隐患。

3 设定目标

通过试验发现,使用普通紧线器对绝缘导线进行紧线的缺点是显而易见的,而且在实际施工中,线路的张力比试验时要大得多,引发事故的可能性也就更大。为了确保在放线、紧线时,对架空绝缘线路进行安全操作,QC小组决定改装紧线器,通过加大紧线器与绝缘导线之间摩擦力,杜绝打滑、松脱等现象的发生,以此提高绝缘导线施工安全水平。

4 分析原因及要因确定

根据现状调查和设定目标,结合QC小组成员对实际情况分析、研究后,从绝缘线、紧线器两方面分析紧线、放线时引起打滑、松脱的原因。

绝缘线方面:导线的绝缘层为塑料材质,外皮光滑,与紧线器之间的摩擦力较小,易发生移动,温度低时,此现象更严重。绝缘层材料质地较软,紧线时容易损伤脱落,温度高时,此现象更严重。因此,绝缘导线绝缘层的材质原因是造成紧线、放线时发生打滑、松脱的主要原因。

紧线器方面:线夹部位为金属材质,质地较硬,对于

光滑塑料不能保证足够的摩擦力,且易损伤绝缘导线的绝缘层。因此,紧线器的金属线夹也是造成紧线、放线时发生打滑、松脱的主要原因。

5 制订对策

QC小组成员集思广益,制订了相应的措施和对策。对于紧线器金属线夹质地硬,对光滑绝缘导线不能保证足够的摩擦力,易损伤绝缘层等现象,采取改装紧线器,更换原金属线夹为楔形绝缘耐张线夹,来加大紧线器与绝缘导线之间的摩擦力,防止绝缘层受损伤。因为楔形绝缘耐张线夹材质为橡胶,且与导线接触部位为钝齿形,不仅可以保护绝缘层,而且有效防止了绝缘导线打滑、松脱现象的发生,提高了绝缘导线施工安全水平。

6 对策实施

为了验证改装后紧线器的使用效果,QC小组又进行了试验,将两种紧线器的两端分别固定在电杆上,中间夹在导线截面为35 mm²的同一根绝缘线上,并在导线接触部位做出标记,进行紧线操作,结果原紧线器发生了位移,出现了松脱,这就是实际工作中存在的安全隐患。而经过改良后的紧线器没有发生位移,且接触良好,成功实现了活动目标。

7 效果检查

通过以上试验和施工现场的使用,改装后的紧线器能够对绝缘线提供足够的摩擦力,提高了绝缘线路架设过程中的安全可靠水平,消除了紧放线操作中的安全隐患,而且操作简便,在增强安全可靠性的同时也缩短了施工时间,减少了电量损失。投用以来,未发生过一次松脱现象,达到了活动的目标。

8 巩固措施

由于绝缘线专用紧线器的线夹部位为绝缘材质,时间久了,可能发生老化、损坏现象,因此要定期检查其使用情况,发现异常及时更换、处理,提高绝缘导线施工安全水平。

(责任编辑:贺大亮)

10 kV 配电作业简便接地器

钱 勇

(国网辽宁铁岭供电公司, 辽宁 铁岭 112000)

1 选题理由

每当电力系统进行停电检修作业时, 作业人员总会按照停电、验电、装设接地线的顺序一步一步落实安全技术措施。到装设接地线的步骤时, 员工总会按照旧有模式, 取出扳手, 一根根拆下接地线末端的螺栓, 再俯身将线鼻与接地极重叠, 最后将螺栓一根根穿入孔洞, 逐个旋紧螺帽, 遇到螺栓锈蚀, 紧固吃力时就会更加耗时。拆除接地线时又要按照上述安装接地线时相反的顺序操作。正常接地线安装耗时 5 min, 如果遇到螺栓锈蚀严重, 紧固吃力就会增加 2 ~ 3 min。整个安装和拆除过程步骤繁琐, 不够省时省力。

上述的这种传统螺栓紧固接地线安装方式非常适合长期固定式的电气连接, 比如各种变电站、配电设施的永久性接地。对于电网作业的临时接地极连接, 虽然此种连接方式可以保证接地装置牢固却难免让人觉得操作性不强且设计不够人性化。因此, 为了改善现状成立了简便接地装置研制的 QC 小组, 2013 年 5 月开始着手设计制作既省时又省力的简便接地工具。

2 目标设定

设计一种简便接地装置, 达到操作时间减少 90% 以上, 步骤减少 60% 以上, 操作过程必须兼具简便、安全、可靠的原则。

3 方案的选择

QC 小组在确定了简便接地装置研制的目标后, 根据现场的实际工作经验, 初步确立了 3 种设计方案:

- 第 1 种是弹簧夹子式的接地装置;
- 第 2 种是 U 型夹紧设计 (加装旋钮) 的接地装置;
- 第 3 种是曲轴压缩簧片紧固的接地装置。

由于第 1 种装置虽然具有简便性、省时省力但是接地的可靠性达不到设计标准, 因此将其舍去。第 2 种设计装置虽然抛弃了使用手动工具, 减少了步骤, 也节省了人力, 但是由于仍然需要旋转螺栓不够节省时间, 因此也将其舍去。经过 QC 小组综合评定选用第 3 种设计方案即采用曲轴压缩簧片紧固的方案。

该方案的基本原理是: 将传统接地扁铁的末端加装一个可以与接地线鼻快速连接的装置, 取名简便接地器。现设计的接地连接器外部呈扣帽式, 可以防止雨雪的侵蚀。接地器内部安装有钢质的弯曲簧片和曲轴。使用时将接地线末端的线鼻卡入到接地器固定的滑道内, 通过手动旋转外部联动压杆使得内部曲轴同步旋转, 曲轴的长轴距部分压动预定位置的钢质簧片, 使其发生弹性形变, 产生更强大的机械压力压紧线鼻及接触的接地器内壁。

在试制的阶段, QC 小组又针对接地器与线鼻接触的内壁接触不良的问题提出预先在接地器与线鼻结合处安装铜质的接触板, 充分保证接地可靠性。在曲轴与簧片之间涂抹润滑油, 保证机构传动灵活。在操作杆的操作幅面边沿安装限位卡子, 使得简便接地器更具有操作性和更加人性化。在操作杆上加装了绝缘手柄, 保证了操作人员的人身安全。在接地器外层涂装防锈漆, 提高设备防腐能力。

此装置的设计原理达到接地线鼻与接地器牢固相连的目的。安装、拆除都十分方便, 省时、省力且安全可靠, 完全达到了 QC 小组最初的设定目标。

4 对策制订及实施

方案确定后, QC 小组制订了对策实施计划, 经过 8 次改进, 10 kV 配电作业简便接地器研制成功并且通过了电气试验、安全监察、生产技术部门的验收。2013 年 7 月至 2014 年 5 月在全公司各配电班所推广和试用, 配电基层班所的一线操作人员反映良好。

5 确认效果

经统计分析, 该技术应用后, 与常规配电作业前做接地相比, 装设接地时间由原来的 5 min 变成现在的 5 s, 节约时间 4.92 min, 时间缩短 98.33%。步骤上由原来的两个重复的拆开螺栓、穿螺栓、旋紧螺栓 (6 个步骤), 进化到将线鼻卡到固定位置、压杆下压固定 (2 个步骤)。简化了 67% 的操作步骤。作业结束后拆除接地线仍然要重复以上的步骤, 使用新设备拆除接地时间为 3 s, 拆除接地节约时间 4.95 min, 时间缩短 99%。

(责任编辑: 贺大亮)

小型分布式电源参与互动的协调优化技术

田小东¹, 田野², 席盼盼¹

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210061;
2. 国网吉林九台市供电有限公司, 吉林 九台 130500)

摘要: 随着分布式电源大量接入配电网, 配电网络的运行、控制等都将面临重大变化, 使传统的配电网调度变得更加复杂, 因此研究分布式电源与配电网互动机制及协调优化控制具有重要的现实意义。文章对主动配电网中小型分布式电源参与互动的协调优化技术进行研究, 提出了协调优化控制策略, 并通过仿真算例进行了验证。

关键词: 小型分布式电源; 配电网; 控制

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0051-02

随着分布式能源利用的日趋广泛, 分布在负荷附近的分布式电源越来越多地接入配电网。传统的配电网中, 大量分布式能源接入配电网后也带来越来越多的影响, 如供电经济型和节点电压、潮流、短路电流、网络供电可靠性等, 而对于大量分布式能源的接入, 同样需要维持原有的可靠性, 故被动配电网正在向主动控制和主动管理方向发展。主动配电网相对传统配电网具有了一定的资源调节能力。但分布式发电并网后, 传统的单电源辐射状配电网变成了一个遍布电源和负荷的多电源系统, 改变了配网辐射状的结构及配网潮流, 配电网络的运行、控制等都将面临重大变化, 而分布式电源的随机性、间歇性等固有点使之成为配电网的运行不稳定因素, 也使传统的配电网调度变得更加复杂, 因此研究分布式电源与配电网互动机制及协调优化控制具有重要的现实意义。

1 小型分布式电源参与互动协调优化控制模型

小型分布式电源主要指家庭用或楼宇用单个或少数几个风力发电、光伏发电及少量电动汽车等, 主要目的是降低家庭或楼宇用电成本, 降低家庭或楼宇负荷波动, 提供家庭或楼宇用户用电质量。本文以智能楼宇为研究对象, 图1为楼宇小型分布式电源优化运行控制模型。

图中分布式电源既可通过独立逆变器为楼宇负荷供电, 也可以通过并网逆变器向配电网馈电。以各分布式电源的输出功率、EV充电和放电功率以及可控负荷用电功率为优化变量, 建立智能楼宇微电网系统可调资源多目标优化运行数学模型。

2 多目标优化控制策略

针对上述可调资源多目标优化控制模型, 制定智能楼

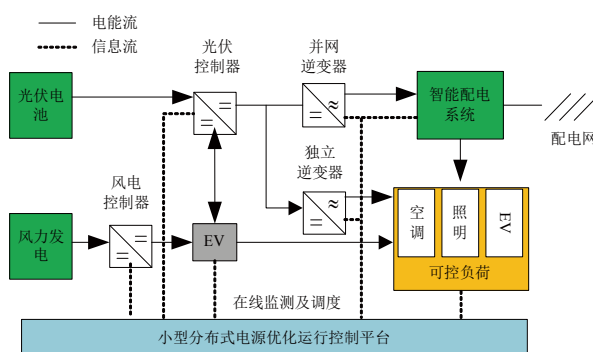


图1 楼宇小型分布式电源优化运行控制模型
宇多目标优化控制策略, 如图2所示。

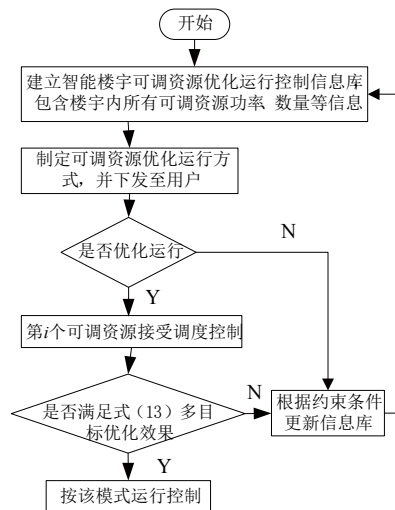


图2 优化运行控制策略

首先, 建立智能楼宇可调资源优化运行控制信息库, 该信息库包含智能楼宇内光伏电池、风力发电、EV、可控负荷等所有可调资源, 然后制定可调资源优化运行方式, 并下发给楼宇内可调资源, 第*i*个可调资源接到通知

后判断是否允许接受优化运行方式,若不是则根据约束条件更新信息库,若是则判断是否满足多目标优化目标,若满足则按该模式优化运行,若不满足则需根据约束条件继续更新信息库。

3 仿真算例分析

算例中优化周期为1天,分为24个时段,采用MATLAB软件编程实现。假定楼宇内可调资源分布,如表1所示。

表1 楼宇内可调资源概况表

可调资源	数量	P_{ei}/kW	$C_{ei}/万元$	$Li/年$
PV系统	5套	8	1	15
WT系统	10套	10	0.4	10
EV	50辆	30	0.8	3
空调系统	60套	5	-	-
照明设备	180套	0.1	-	-

表1中,由于模型中仅考虑空调和照明设备用电量,未考虑其安装成本等,故表中未给出相应额定功率、安装成本及使用年限。

该智能楼宇日基础负荷曲线如图3所示,并根据表1给出光伏、风电出力曲线。由日基础负荷曲线可知,每日用电高峰时段主要为10点到15点以及18到22点,每日最高负荷约在20点左右,最低负荷约在凌晨5点左右。

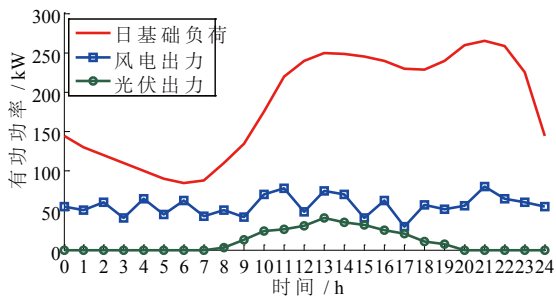


图3 智能楼宇日基础负荷、分布式电源出力预测曲线

依据图2优化运行控制策略,并结合表1数据建立可调资源优化控制模型。模型中假定分时电价信息由表2给出, t_1 和 t_2 时长在决策迭代过程中根据负荷需求实时更新,用户售电电价 c_0 取0.7元/kWh。

表2 分时电价表

时间段	t 取值	电价/元
0时至7时	[0,7]	0.35
7时至9时	[7,9]	0.5
9时至11时	[9,11]	0.7
11时至17时	[11,17]	0.5
17时至21时	[17,21]	0.8
21时至22时	[21,22]	0.5
22时至0时	[22,24]	0.35

图4给出优化运行控制后及随机参与用电负荷与日基础负荷曲线的对比。

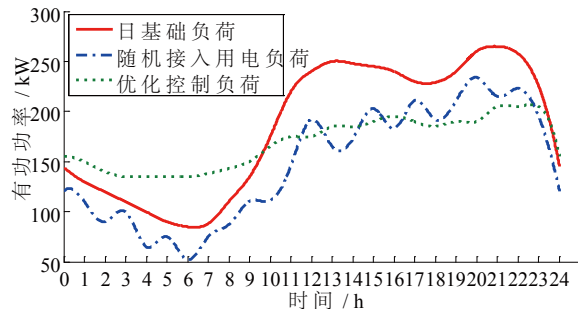


图4 优化前后日负荷曲线分析

由图4分析可知,风电、光伏等分布式电源随机接入后,虽然负荷曲线整体有所下降,但是由于风电及光伏发电的波动性,对电网产生严重波动干扰,但是通过优化控制后输出的负荷曲线波动大大减小,且峰谷差也明显缩小。该结果表明所提模型能够实现平抑负荷波动目的,另外根据计算得出上述三种情况下的用电费用,如图5所示。

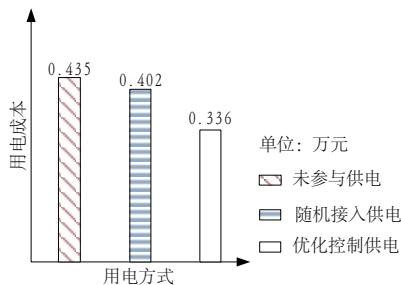


图5 不同用电方式用电费用比较

图5中,由于分布式电源的随机接入,增大了其折旧及维护成本,使得日用电费用相对于未参与供电前仅降低了330元,而优化控制供电时日用电成本相对于未参与供电前下降了990元。

4 结束语

本文对主动配电网中小型分布式电源参与互动的协调优化技术进行研究,小型分布式电源主要以台区内用电单位为例,本文以智能楼宇为研究对象,分析分布式电源与配电网的互动机制及协调优化技术,建立了小型分布式电源参与互动协调优化控制的模型,给出了协调优化控制策略,并通过仿真算例进行了验证。小型分布式电源参与互动是不同类型分布式电源智能决策方法研究内容一部分,为后续研究分布式电源与配电网互动机制及协调优化控制奠定了一定基础。

参考文献

[1] 张建华, 黄伟. 微电网运行控制与保护技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.

(责任编辑: 张峰亮)

分时段负荷控制器在农网中的应用

郝连河¹, 咸日常¹, 吕东飞², 许雪地¹, 郝洪民²

(1. 山东理工大学电气与电子工程学院, 山东 淄博 255049;

2. 国网山东省电力公司淄博供电公司, 山东 淄博 255000)

摘要: 在农网中, 农业季节性用电负荷占据很大比重, 在用电高峰期变压器重过载现象严重, 传统的解决办法是由供电所工作人员到田间地头组织用户轮流用电, 这一方式需要到现场拆、接线停送电, 工作量大, 风险高, 存在安全隐患。采用分时段负荷控制器, 可以避免农灌用电高峰期用电扎堆的现象, 通过实施有序计划用电, 解决变压器过载问题。并且能根据负荷变化和需求随时自动调整供电时间, 大大减少了工作人员的现场工作量。此装置最大的特点在于当配变不超载时, 能够最大限度地满足客户用电需求; 当配变超载时, 自动执行有序用电方案。

关键词: 配电变压器; 重过载; 分时用电; 分时段负荷控制器

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0053-03

随着农村经济的快速发展, 农灌区供电设备所供负荷不断增加, 农灌用电负荷具有季节性强、负荷集中的特点, 现有的部分农灌配电变压器容量满足不了所有负荷全开的情况, 因此在农灌用电高峰期时, 配电变压器极易处在过负荷运行状态, 以至于每年都会有变压器烧毁事故的发生, 此外配变超负荷运行还会造成线损加大, 造成线路末端用户出现低电压等问题。本文结合某台区实际情况, 简单介绍了分时段负荷控制器的工作原理及取得的效益。

1 农村配电网负荷特点

1.1 农村配电网负荷主要有三个特征

1.1.1 季节性特征

农村用电负荷的性质决定了农村配电网的季节性特征。春季和夏季是农灌负荷用电的高峰期, 用电时间段较为集中, 经常导致变压器出现重过载的情况, 长时间的超负荷运行极易烧毁变压器, 造成供电中断和资产损失, 影响电力企业优质服务水平。

1.1.2 时段性特征

一般情况下农村地区在 10:00—15:00 和 18:00—22:00 这两个时间段的用电量较大, 在这两个时间段内, 除较为集中的农业生产用电外, 大规模的使用大功率家用电器, 也是导致配变频繁出现重过载的重要原因。

1.1.3 区域性特征

在一些偏远贫困山区、城乡结合明显的生活富足地区和小作坊比较多的地区, 用电特征千差万别, 由于配变容量不足, 再加上生产、生活的用电量较大, 导致配变更易出现重过载现象。

1.2 目前负荷控制的现状

目前所采用的控制季节性农灌高峰负荷方法为人工干预控制: 一是农灌季节时由农电工进行全天巡视监测, 这种方法费时费力, 效果很差; 二是根据制定好的停送电时间表人为地对每条线路进行轮流停送电, 此方法能解决配变超负荷问题, 但是解决不了单条线路超负荷的情况, 对线损影响大, 效果同样不佳。大多数配电变压器的过负荷保护依靠高压熔丝保护, 400 V 出线保护则依靠空气开关和 RT0 熔断器, 主要解决的是对地短路、相间短路等大电流故障, 这种传统的保护装置具有造价低, 接线简单, 针对大电流故障时动作迅速、效果明显的特点。因为熔体的熔断电流一般为 400 V 线路额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍, 而当线路超负荷时, 流过线路的电流甚至都达不到线路额定电流的 1.5 倍, 也就达不到熔断器和空气开关的动作电流, 从而不能及时切断负荷, 使配变仍旧处在超负荷运行状态, 存在安全隐患。在配变短期内无法增容, 或为了保持全年设备的高利用效率, 或为了保证配变长期经济运行而不宜进行增容改造时, 如何在保证配变和其配套设备安全的情况下, 最大限度地发挥变压器容量和最大限度地满足客户用电需求, 是急需解决的问题。

2 分时段负荷控制器工作原理

2.1 功能介绍

将分时段负荷控制器连接到线路后, 通过电流互感器在配电变压器出线侧取电流信号, 通过中间继电器控制交流接触器的得电与失电, 从而对线路的停送电进行控制, 通过设定热继电器的动作电流达到控制总负荷的目的。此装置在保护配变及其配套设备的同时, 能够最大限度地利用配变电

压器容量和最大限度地满足客户用电需求。

把分时段负荷控制器安装在配电盘上，用于控制配电室出线为两路及以上的情况，装置主要有以下几个功能：

热继电器可以根据配变容量和所带负荷情况设定动作电流，一般把动作电流设定为配变额定电流的 70%。当配变负载率在 70% 以下时，农户用电将不会受到影响；当配变负载率超过 70% 时，将会自动断电。

当过电流时会自动实施轮流限电，为执行有序用电方案提供了技术保证。

可以通过电子时钟设定供电的时间段。

可以根据负荷变化自动转换用电和限电方式，不需人工操作。

如图 1 所示，某台区配变容量 100 kVA，两路出线属于季节性动力用电专线，农灌 I 线 6 眼机井总功率为 54 kW，农灌 II 线 7 眼机井总功率为 60 kW，如果同时给两条线路供电，就会出现配变重载的情况，造成线路末端机井电压低。把分时段负荷控制器安装在配电盘上，按照制定的有序用电表，用定时开关钟来设置上午 6:00—12:00 农灌 I 线为保电线路，农灌 II 线为备停线路，如果配变负载率不超过 70%，两条线路正常供电，如果负载率超过 70%，农灌 II 线就会跳闸断电；12:00—18:00 时间段两条线路再进行轮换。客户按制定好的计划表用电，电压质量得到了明显提高，有效解决了用电高峰期线路末端用户的低电压和变压器重过载的问题。

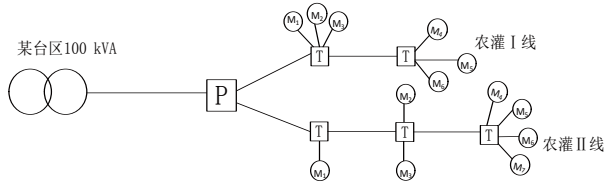


图1 某台区供电情况

2.2 基本原理

如图 2 和图 3 所示，回路中的时控开关连接于中间继电器 ZJ 的线圈控制信号接点，时控开关可以按照需要，随意设定时段控制中间继电器 ZJ 线圈的吸合，所属中间继电器 ZJ 的常闭常开接点分别连接至热继电器 RJ1 和 RJ2 的常闭接点，热继电器 RJ1 和 RJ2 的三相分别串联，两个热继电器 RJ1 和 RJ2 与母线上电流互感器 TA 串联组成回路，热继电器 RJ1 和 RJ2 常闭信号出线连接于分路线路的控制接触器上。所属时控开关是微电脑时控开关，所示热继电器 RJ1 和 RJ2 为三相继电器。

通过微电脑时间控制器设定中间继电器 ZJ 常闭接口吸合的时间段，也就保证了 1 路交流接触器的得电时间段，从而控制了 1 路电流的通断时间，在该时间段内 2 路交流接触器的通电与否取决于热继电器 RJ2 的开断，只要保证母线感

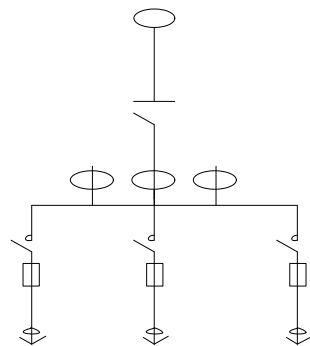


图2 母线/交流接触器

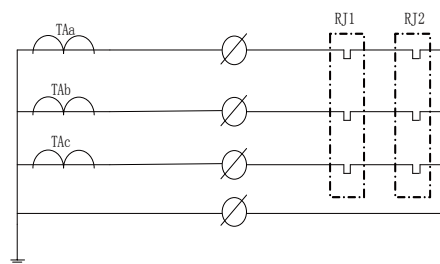


图3 电流回路

应电流未超过 RJ2 的动作电流，就可保证 2 路正常供电。同理，通过微电脑时间控制器设定中间继电器 ZJ 常开接口吸合的时间段，保证了 2 路交流接触器的得电时间段，此时 1 路通电只要保证 1 路感应电流小于热继电器 RJ1 所设置的动作电流即可。整个装置通过设定时间控制开关，可以分时段地控制两条分路线路的停送电，热继电器 RJ1 和 RJ2 则保证了线路过负荷时可以自动断电。

2.3 各元器件的选择及安装要求

2.3.1 电流互感器

首先根据配变容量和额定电压计算出变压器的额定电流，然后再根据得到的变压器额定电流选择电流互感器。电流互感器的选择应该遵循如下原则：所选择的电流互感器的一次侧额定电流应当大于变压器的额定电流，同时所选择的电流互感器的一次侧额定电流的 50% 应当小于变压器的额定电流。比如变压器额定电流是 100 A，选 200/5、300/5、400/5、500/5 的都可以，如果变压器所带的负荷重就选择 400/5 的，负荷轻就选择 300/5。

电流互感器的安装应遵循以下原则：一是电流互感器的安装必须牢固，电流互感器外壳的金属外露部分应可靠接地；二是同一组电流互感器应按同一方向安装，以保证该组电流互感器一次及二次回路电流的正方向均一致，并尽可能地方便地看到铭牌；三是电流互感器二次侧不允许开路，如果二次双回路互感器只用一个二次回路时，另一个二次回路应可靠短接；四是低压电流互感器二次侧最好不接地。因为低压计量装置使用的导线、电能表及互感器的绝缘等级相同，能承受的最高电压基本一致；另外二次绕组接地后，整套装

置一次回路对地的绝缘水平降低,易使有绝缘弱点的电能表或互感器在高电压作用(如受感应雷击)时损坏。从减少遭受雷击损坏出发,也以二次侧不接地为佳。

2.3.2 热继电器

热继电器选择热过载继电器,适用于交流 50 Hz、电压 660 V,电流 0.25 ~ 160 A 的长期工作或间断长期工作的一般交流电动机的过载保护,具有断相保护、温度补偿、动作灵活、检查手动复位和自动复位的功能,并有手动断开常闭触头的按钮和电流调节盘。热继电器的选择应满足以下几个方面的要求:满足触点容量;额定动作电流 ≤ 0.95 倍的低压额定电流;动作次数 >1000 次。

JR36B-20 型热继电器可满足上述要求。

2.3.3 中间继电器

中间继电器用于自动控制系统中,用以增加控制触点的数量及容量,扩大控制范围、提高控制能力等。选择时,必须充分考虑其使用环境、机械性能、激励线圈输入参量和触点输出参量。使用环境主要包含海拔高度、环境温度、湿度和电磁干扰等。考虑控制系统的普遍适用性,兼顾必须长年累月可靠运行的特殊性,装置关键部位必须选用具有高绝缘、强抗电性能的全密封型中间继电器,目前主要有金属罩密封型和塑封型,金属罩密封型性能要优于塑封型。因为只有全密封型中间继电器才能够经受得住长期的恶劣环境、并且具有良好的电接触稳定性、能够可靠地切换负载。机械性能主要包含振动、冲击、碰撞等应力作用要素。对控制系统主要考虑到抗地震应力作用能力和抗机械应力作用能力,宜选用采用平衡衔铁装置的小型中间继电器。激励线圈输入参量要素主要是指过激励、欠激励、低压激励与高压(220 V)输出隔离、远距离有线激励、电磁干扰激励等参量要素,这些都是确保电力系统自动化装置可靠运行必须认真考虑的因素。触点输出参量要素主要指的是触点负载性质和触点负载量值,根据触点负载性质划分,有容性负载,电机负载,电感器线圈负载,接触器线圈负载,阻性负载等;触点负载量值指的是开路电压量值和闭路电流量值,如低电平负载、小电流负载、大电流负载等。

选择中间继电器时除了要考虑上述条件外,也应当满足相应电压等级,此处选择 380 V 的中间继电器。

2.3.4 熔断器

当电气设备正常运行时,熔断器不应熔断;而当出现短路时,应立即熔断;在电流发生正常变动(如电动机起动过程)时,熔断器不应熔断;在用电设备持续过载时,应延时熔断。对熔断器的选择主要包括对熔断器类型的选择和对熔体额定电流的选择。熔断器的额定电流要根据负载情况进行选择。如电阻性负载或照明电路,这类负载启动过程很短,运行电流较平稳,一般按负载额定电流的 1 ~ 1.1 倍选

择熔体的额定电流,进而选择熔断器的额定电流;再比如电动机等感性负载,这类负载的启动电流为额定电流的 4 ~ 7 倍,一般选择熔体的额定电流为电动机额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍。因此,熔断器难以起到过载保护的作用,而只能用作短路保护使用,过载保护应用热继电器才行。熔断器作为一种过载及短路保护电器元件,能够及时将过载线路断开,RT28N-32 型熔断器即可满足要求。

2.3.5 微电脑时间控制器

微电脑时间控制器的作用是控制两条低压回路的通断,实现分时送电,可选择 AK-2(KG16T) 型时间控制器。

3 分时段负荷控制器应用效果分析

3.1 安全效益

将该装置应用在农户、农灌及供电性质类似的企业客户台区,大大降低了配变过负荷烧坏的危险系数,达到了用电客户与供电企业双赢的良好局面。解决了长期以来配电变压器无可信的防过负荷保护装置的难题,实现了单相过负荷控制,将负荷高峰期农灌配电变压器烧坏的几率减小到 0,同时大大减少了人为操作次数,提高了安全性,杜绝了工作人员往返配电室带来的交通安全隐患,设备烧毁带来的操作安全隐患,保障了人身安全。

3.2 经济效益

未安装该装置之前某供电所每年都出现变压器烧毁的情况,直接造成数十万元的经济损失。通过将该装置安装在过负荷配电设备上,能有效避免因超负荷导致变压器烧毁的情况发生,装置总造价不足 200 元,成本虽低却能产生很大的经济效益。

3.3 社会效益

该装置的投入使用产生了极大的社会效益,保障了广大电力客户用电的合法权益,保障了人民的正常生产生活秩序,随着各项指标数据的改善,减少了电话投诉事件,电力客户满意度保持较高水平,得到了广大电力客户的普遍肯定。

4 结束语

通过装设分时段负荷控制器,可以自动执行农灌用电高峰期时的有序用电方案,解决变压器过载、用户低电压等问题,保障每线每户用电的合法权益。当配变不超载时,能够最大限度地满足客户用电需求,超载时自动执行有序用电方案,同时减少工作人员现场的工作量,并且能够根据负荷变化和需求随时调整供电时间。由此可见,在某些农灌台区装设分时段负荷控制器可以方便地解决一些棘手问题,成本低、效益高,值得在农网中推广。

(责任编辑:刘艳玲)

多功能组合式隔离开关操作杆的设计

何亮国, 钱少锋, 胡冬良

(国网浙江杭州供电公司, 浙江 杭州 310009)

摘要: 随着我国经济发展水平的不断提高, 各种变电站应用到的技术也在不断进步, 其中, 变电站隔离开关操作杆是隔离开关的一个重要组成构件, 从功能上划分为: 隔离开关本身自带的操作杆, 不用额外设计安装, 可以与隔离开关一起携带使用; 可以手动摇晃的操作杆, 适合使用在 110 kV 以上的母线隔离开关中, 执行的操作非常少; 杠杆式操纵杆, 分为大小孔, 能够直接插入到操作孔内执行操作。作为隔离开关不可或缺的一部分, 为使操作更加方便、安全, 本文对组合式多功能隔离开关操作杆设计与应用进行分析。

关键词: 变电站; 隔离开关操作杆; 设计

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0056-02

变电站内很多隔离开关操作的自动化程度较低, 依然采用人工拉合的方法, 费时又费力, 很多操作人员擅自拉合操作, 致使加挂机构被锁到了外部, 甚至将隔离开关拆分, 极大威胁到生产安全。变电站对隔离开关的管理疏忽, 不能及时发现隔离开关的适用问题。各种隔离开关操作装置的配备让隔离开关看似更加完整, 但在类型选择上存在盲目性, 很多装置携带不便, 操作效率不高。由此, 本文描述一种组合式隔离开关操作杆设计方法, 旨在为隔离开关操作装置设计与应用提供借鉴。

1 设计背景

电网运行的基点是变电站, 也是对电压进行调整的基准点, 倒闸是变电站运行当中的重要操作, 依据相关规定, 倒闸需要准备好相关工具, 比如, 隔离开关操作杆、短路片、防误装置等, 佩戴绝缘手套, 穿绝缘靴, 准备好验电器^[1]。

通过实际应用显示, 不同类型隔离开关使用当中存在一些问题, 操作的步数不一致, 各种类型的隔离开关规格也不统一, 操作时间有 3 min, 也有 10 min, 还有 2 h 的, 操作的准备环节上需要花费 20 min 左右的时间。如果发现工具没有达到匹配标准, 须重新安装、匹配, 又会浪费很多时间, 使操作效率大大降低。还有一方面, 因为缺少优化管理, 操作人员经常错拿工具, 甚至忘记携带工具, 对各个工具管理、存放不注重, 经常出现工具丢失的情况, 降低了使用效率。为了减少隔离开关操作杆选择不当引起的事故, 将操作效率提高, 提升安全水平, 就要在隔离开关操作杆应用与管理上加强, 细化管理与监督, 将定置水平提高^[2]。下面对进一步改进操作杆的方法进行分析。

2 设计目标

基于以上问题, 主要设计出一种多功能、使用与携带更加方便的操作杆, 实际上就是一种隔离开关操作装置, 装置分为连接的操作杆与操作杆的接头两部分, 对接头进一步细分, 分为基座以及同侧的自动延伸的竖向板块, 其中没有凿出一个沟槽, 而是在两侧设计了连接的柱, 并配置了套管, 多功能操作杆如图 1 所示。



图1 多功能操作杆

3 设计思路

隔离开关操作杆在使用中难免会受到外界环境影响出现锈蚀, 为了防止出现锈蚀影响到使用效果, 延长使用周期, 可以采取的表面处理方法是: 在表面涂层、或者喷漆, 还可以在表面镀锌, 主要作用是减少腐蚀, 还能增加抗磨性, 镀完以后表面会更加光滑、平整。加工方法是将上图 1 中的操作杆分解出三个不同的零部件, 主要目的是进行限位, 不同零部件使用盈 5 丝连接, 要想使这些零部件全部连接, 应配合使用盈 12 丝。将弹簧销分解出不同零件, 使用线切割法对零件进行加工, 在加工过程中让两个分解出来的零件相互配合完成, 使用过盈与氩弧焊相结合的方法。为了使弹簧销在操作时不出现脱落应对其紧密连接, 方法就是让两个零部件充分连接, 这样还可以使拆

装更加方便。使用的是无缝钢管，#21 钢强度内外径分别为 20 mm、16 mm；#40 钢强度重量为 5 kg，尺寸分别为：650 mm、78 mm、50 mm。



图2 样本展示

4 实施方法

通过图 2 能够更加清晰地看到隔离开关操作装置的基本形态，在装置中，设计了接头与操作杆，总共有三个接头连接一个操作杆，而在接头中设计出 3 个基座，在基座的同一侧有竖向的板块，并在板块中开一个沟槽，使人在操作时更容易握住。设计了套管与接柱，使隔离开关操作杆强度增大，更加有利于操作与生产。设计完以后，将操纵杆插入到隔离开关操作孔当中就可以与隔离开关一起使用。在图 2 中，通过对比设置两个套管的隔离开关操作杆与没有套管的操纵杆，发现，有套管的更有利于操作；操作杆连接接头，通过转动竖向板的沟槽能够使隔离开关有效运转，这是因为沟槽与转动轴相连，使兼容电站的隔离开关操作得以实现。

参考图 2 操作杆与接头采取拆分连接的方法，在操作杆圆管中都开凿了几个通孔，能够与底板相连接，并且连接柱也能够与通孔保持互连；将连接柱安装在圆管中以后，能够通过将竖板外露的方式让隔离开关转动轴运转，从而实现操作；操作杆上的接头并不是从一个方向与操作杆连接的，而是从不同方向进行连接，使两者相互作用，从而完成操作。

通过图 2，发现操作杆的连接柱上设置了一个挡块，这个挡块的作用是对延伸到通孔的连接柱进行控制，能够使连接柱控制在标准长度内，这样才能在隔离开关与圆管的配合上更加紧密、精确，减少操作误差。通过观察还可以发现，弹性突起存在连接柱上，并且在每一个通孔内都设置了插入弹性突起的卡接部位，这些部位的设置使竖向挡块与接头相互抵用，同时，卡接部也与弹性突起进行连接。通过卡接部与弹性突起的密切配合，不仅使操作杆的工作效率提高，还能使接头连接以后的不受控动作减少，再加上外力作用，致使操纵杆与接头处于相互游离的状态，减少了固定性，在拆分上也变得更加方便，不仅使组装的时间减少了还能减少换装浪费的时间，将操作效率大大提高。最后，在设计研究新型的操纵杆过程中，会连接柱与通孔螺纹，通过这种连接方式让操作杆在拆分上更加方便、快捷。

5 创新点与改进方法

通过设计四合一操作杆，不仅使隔离开关应用起来操作更加方便、舒适，将生产效率提高，还能满足不同规格的使用要求。在拆解与组装上也更加简单、方便，对比过去的连接，可靠性更强；通过反复的实验调试发现，使用过程中没有出现脱落，也没有出现零部件对不上的情况。总体质量较轻，并且尺寸符合隔离开关规格要求，不管是应用与携带都非常便利。虽然操作杆的设计有很多创新之处，能够增强使用效果，但很多时候，操作人员不能掌握正确的隔离开关操作方法，使用完以后随意放置；设备型号较多，全部进行改进是一个庞大的工程，费时又费力；隔离开关操作杆可以选择的型号较多，不能结合具体操作需要进行选择，经常出现拿错或者忘拿的情况；操作杆接口位置形状不统一；基于这些问题，可以采取以下对策进行改进。

将隔离开关操作杆的类型统一，统一预留出人工操作的部分，对接头部分截断，让操作杆的手柄位置与接头连接上，这样才能使操作手柄位置更加精细与标准；将操作杆选择的标准制定出来，让每一个隔离开关都对应一个操作杆，将对应的代码填写到表格中。在操作杆制作工具箱中，需要将各部分零部件统一放置到一个工具箱内，然后将不同操作功能的工具划分好，防止零部件遗漏或者丢失，使操作效率提高；分段式截断并且确定连接头。鉴于不同电压等级对隔离开关应用有着不同需求，促使隔离开关操作杆的长短与接口形态存在差异，可以将操作杆分出不同的节数，然后进行统一截断，分为操作柄、中间连接杆以及专用操作接头几部分，不同的部位都使用螺丝连接起来，在操作时只需要让接头与手柄连接就可以，如果是应用在 220 kV 以上隔离开关，须将操作杆适当延长，让力矩更加合理，满足不同力矩要求；制作组合工具箱，让工具箱在保证安全的同时，还能同时容纳隔离开关与手柄、操作杆等，使用泡沫隔膜将各个部分区分开，规范摆放，取放更加容易，减少出现错拿或者漏拿的失误。

6 结束语

本文主要对组合式隔离开关操作杆设计背景、设计思路以及设计成果进行了分析，发现，在变电操作当中隔离开关的应用非常广泛，也是变电站不可或缺的内容，但是依然存在效率低、携带与操作不方便的问题，影响到生产效率，通过本组操作杆设计研究，通过安装一个有效的、合理的操作杆能够与隔离开关更好的配合应用，节省人力、物力与资源浪费，在今后使用中还要进一步加强设计强化，为生产提供更为有效地支持。

(责任编辑：刘艳玲)

电缆沟自动除湿装置的研发

隋东阳, 李兆欣, 陶金刚

(国网山东省电力公司诸城市供电公司, 山东 诸城 262200)

摘要: 变电站电缆沟及城区道路两旁电缆沟内易积水、湿气大等问题, 导致线路、分支箱、环网柜等电力设备凝露侵蚀严重, 影响了使用寿命, 对电网和设备的安全运行构成了极大的隐患, 对防凝露措施做了进一步研究, 在综合采取了检查井防水处理、设备运行环境改善、设备本体改进、电缆本体处理等措施后, 研发了一套电缆沟自动除湿装置。电缆沟自动除湿装置以服务器为中心, 以变电站电缆沟、线路环网柜、分支箱、电缆工井、隧道等为载体分散设置电缆沟自动除湿模块, 电缆沟自动除湿模块可实现现场数据的实时监测、分析, 实现了对整个电网系统电缆沟湿度情况的全面掌握和控制。

关键词: 电缆沟; 自动除湿; 模块

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1003-0867(2016)08-0058-02

变电站电缆沟及城区道路两旁电缆沟内易积水、湿气大等问题, 导致线路、分支箱、环网柜等电力设备凝露侵蚀严重, 影响了使用寿命, 对电网和设备的安全运行构成了极大的隐患, 甚至影响了供电可靠性和供电质量。根据前几年的现场实验经验, 公司对防凝露措施做了进一步研究, 在综合采取了检查井防水处理、设备运行环境改善、设备本体改进、电缆本体处理等措施后, 研发了一套电缆沟自动除湿装置。

1 工作原理

电缆沟自动除湿装置以服务器为中心, 以变电站电缆沟、线路环网柜、分支箱、电缆工井、隧道等为载体分散设置电缆沟自动除湿模块。电缆沟自动除湿模块可实现现场数据的实时监测、分析, 通过逻辑判断后自动控制通风装置启停, 并可通过显示窗实现人机操作。各个独立的电缆沟自动除湿模块, 通过 GPRS 无线通信模块或有线网络与服务器相连, 构成电缆沟自动除湿装置, 可完成数据采集、传输、存储、分析、判断、预警、人机交互等功能, 实现了对整个电网系统电缆沟湿度情况的全面掌握和控制。

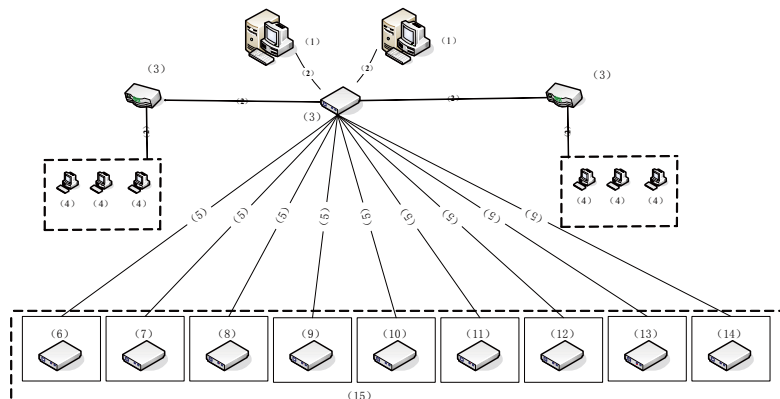
2 装置组成

电缆沟自动除湿装置由电缆沟自动

除湿模块、通信网络和服务器组成。鉴于电缆线路分布的广泛性和点多面广的实际情况, 将电缆沟自动除湿模块分散式设置在电缆沟内, 基于通信网络实现服务器与自动除湿模块的数据交换。电缆沟自动除湿模块是本装置的核心部件, 由排气扇、湿度探头和湿度控制器组成, 可独立运行完成预定功能。

3 核心模块介绍

排气扇是自动除湿装置的关键部件, 根据以往经验, 若直接安装在箱体侧面上, 防雨性能差。经过多次现场研究及实验后, 选择将排气扇安装在防锈性能较好的不锈钢弯管上, 该弯管采用半圆形设计, 直径须与排



图中：1、服务器，2、以太网，3、防火墙/路由器，4、浏览工作站，5、Internet/GPRS，6、电缆温度在线监测单元，7、温度、湿度自动监测控制单元，8、门禁单元，9、小动物防范单元，10、烟感单元，11、水灾监控单元，12、电缆接地完好性监测单元，13、视频监控单元，14、局部放电在线监测单元

图1 电缆沟自动除湿装置原理图



图2 电缆沟自动除湿装置工作站界面

气扇尺寸吻合，一端固定排气扇，外面加装不锈钢防护网，另一端固定在箱体上，并在接口处用密封胶密封，完全克服了雨雪进入电缆沟的问题，且能有效地防尘、防小动物，电缆沟自动除湿装置原理如图1所示。

湿度探头使用数字式探头，安装于电缆沟内壁或电缆沟湿度较大的部位，便于及时探测电缆沟湿度变化，并通过抗干扰能力强的连接线将信号传输至湿度控制器。该湿度探头具有精度高、测量范围大、信号传输远、使用年限长、抗干扰强等优点，完全满足电力设备运行寿命周期内的使用要求。

湿度控制器采用数字式显示模块，是电缆沟自动除湿模块的大脑，安装在箱体、电力部件或其他便于读数及现场操作的位置，通过控制线与湿度探头和排气扇连接，实现对湿度探头和排气扇的供电，并实时收集湿度探头检测到的数据，当现场湿度到达设定的预警值时，触发排气扇启动开关，当现场湿度低于设定的预警值时，排气扇关闭。

服务器为电缆沟自动除湿模块功能的补充和完善，湿度控制器通过GPRS无线通信模块或有线网络将现场数据传输至服务器，服务器对数据进行收集、存储、分析，并通过人机界面显示，若数据经逻辑判断后触发规约，将通过计算机等人机交互终端预警，接收人员进行判断后，采取相应调整措施或远程启动设备，若不选择人为干预，将自动控制设备的启停，实现除湿功能的遥测、遥信、遥控，电缆沟自动除湿装置工作站界面如图2所示。

4 突出优势

电缆沟自动除湿装置是公司对以往的防凝露措施做

了深入研究、综合比较及现场试验后，研制出的新型电缆沟除湿产品，优势如下。

组成简单：电缆沟自动除湿装置由电缆沟自动除湿模块、通信网络和服务器三部分组成，且各组成部件可独立工作，不会影响相互间数据。

功能可靠：通过GPRS无线通信模块或有线网络将各个电缆沟自动除湿模块与服务器相连，通过系统的智能分析、预警提示，自动控制等措施实现了整个电网系统电缆沟湿度情况的全面掌握和控制。

核心模块功能强：电缆沟自动除湿模块为核心模块，可实现现场数据的实时监测、分析、实时上传数据、现场人机交互，并自动或远程人工介入控制通风装置启停，且各模块可独立于系统单独工作。

现场模块稳定：感应探头为精度高、抗干扰强的数字式探头，信号传输采用传输远、抗干扰强的传输线，湿度控制器采用数字式显示、可人机交互的模块，完全满足功能要求。

现场防范到位：排气扇采用不锈钢材料、弯管型半圆设计、不锈钢网防护、密封性安装等做法，实现了主动除湿的理念，并克服了设备锈蚀严重、雨雪渗入、灰尘危害、小动物进入等安全隐患。

扩展性强：电缆沟自动除湿模块使用可扩展型兼容控制板，采用通用规约及通信接口，各模块之间无干扰且接入模块数量不受限制，可根据需要实现温度检测模块、烟感模块、水灾模块、视频监控模块等功能模块的接入。

(责任编辑：刘艳玲)

北京市厨房电气化可行分析

孙澜涛

(北京华商能源管理有限公司, 北京 东城 100062)

在北京燃气消耗中,生活消费和餐饮业用天然气18.82亿 m^3 /年,占天然气消耗总量的16.6%,生活消费和餐饮业用液化石油气429000t/年,占液化石油气消耗总量的85%,燃气大部分都是厨房用气,如采用“全电厨房”技术实施“以电代气”,可大力缓解北京对燃气能源的依赖。

1 经济性比较

耗能设备的运行经济性与能源价格息息相关,由于中国经济社会发展不平衡,不同地区的能源价格存在差异,按照用户对象类型和使用区域的不同,炊具消费者可以分为4类:农村民用、农村商用、城镇民用、城镇商用。农村经济落后,其商用餐饮业发展远远落后于城市,主要炊事活动集中在民用领域,从农村民用、城镇民用、城镇商用3方面对“气改电”适用性进行评价分析。按照能源市价,在热等效条件下使用燃气灶与电炊具经济性对比如表1所示。

表1 经济性比较

灶具类型	能源类型	能源单价	每户月用量	每户月费用/元
农村民用	石油气	2.67元/kg	13.1 kg	35.0
城市民用	天然气	2.28元/ m^3	15.05 m^3	34.3
城市商用	天然气	2.92元/ m^3	15.05 m^3	44.0
城市商用	天然气	3.16元/ m^3	15.05 m^3	47.6
农村民用	电	0.4883元/kWh	60.6 kWh	29.6
城市民用	电	0.4883元/kWh	60.6 kWh	29.6
城市商用	电	0.8元/kWh	57.2 kWh	45.8

注:每户2.5人,参考《通州区“十二五”时期燃气发展建设规划》,《顺义区“十二五”时期燃气发展建设规划》。

从表1中可以看出,在民用领域,电炊具与燃气炊具相比有10%以上的节能潜力。在商用领域,由于商业电价较高,节能潜力相对较小,但是在医院、监狱、学校等一些执行相对较低的政策性电价行业,估算其节能潜力在20%以上,经济效益明显。

2 电炊具应用的主要问题

在电网建设方面,农村与城镇相比,是电网建设的薄弱地区,农村终端用户分散、电网负荷率低、电网投资效益差,个别地区存在电力供应紧张的问题。笔者结合近几年农村煤改电的相关经验,认为可以对节能技术进行综合利用,在农村煤改电配电网改造的有利条件下,解决电炊具供电容量不足的问题。

目前北京地区“煤改电”主要有3种方式:分户蓄热式电采暖、集中电锅炉采暖、分散式低温空气源热泵采暖。其中分户蓄热式电采暖技术应用最广,是利用高效蓄能技术,在晚间低谷电价时段加热并将储存,白天释放储存的热能,可节省电费。对于应用蓄热式电采暖技术的农户来说,在白天,晚上用于采暖的电容量处于闲置状态。如果在白天能够把这部分电容量利用起来,则能够改善电网配电网投资的经济性。

一般民用炊事活动主要集中在白天,目前“煤改电”用户平均每户新增容量为9kVA,基本可以满足白天电炊具6kW用电负荷的需要。

城镇用户方面,大部分城镇居民家庭电容量有限,也没有农村“煤改电”创造的有利条件。而对于城镇商业用户,由于城镇餐饮业发达,炊事耗能大,如果在医院、监狱、学校、电网企业等可以享受优惠电价的企事业单位使用电炊具,其节费效果非常明显。

3 结论

根据以上的论述,对电炊具在各领域应用的优势和劣势总结如表2所示。

表2 优劣分析

类型	优势	劣势
农村民用	结合煤改电,可以解决电源容量不足的问题	居民对电炊具接受度低
农村商用	无	规模小,对电炊具接受度低
城市民用	无	对电炊具接受度低,家庭电容量不足
城市商用	对电炊具接受度相对较高,特殊行业的节费效果明显	电容量不足

根据表2的总结,应将北京市农村民用、城镇商用领域作为电炊具的推广的重点。同时,仅以商用用户为例,北京目前有12万家餐饮单位,每个餐饮单位平均3个炉头,每天工作2h,每年使用200天,若全部以电炊具替代燃气炊具,则每年可减少燃气使用6亿 m^3 ;按照每家餐饮单位因使用电炊具平均增加45kW供电负荷计算,可增加替代电量约2100GWh。因此,大力推广使用电炊具可以增加电网企业的售电量,有利于电网企业的发展。

(责任编辑:贺大亮)

配电网运行中的故障及解决措施

杨泽军

(国网冀北电力有限公司张家口供电公司, 河北 张家口 075000)

配电网是电力系统中非常重要的组成成分,随着国家经济发展,社会用电量持续增加,配电网规模不断增加,社会对电力供应的稳定性要求也越来越高。但是配电网直接运行在自然环境中,受到各种因素的影响,各类故障是无法避免的,如何在第一时间排除故障恢复供电成为研究人员最为关注的问题。

1 配电网常见运行故障

配电网运行故障主要有配电运行环境导致的故障、配电网结构问题导致的故障和线损过大导致的故障3类。

配电运行环境导致的故障,包括意外断电、线路分布欠合理、污闪;配电网结构不合理,包括配电变压设备分布不合理、开关传动设备不合理、继电保护设置问题;线损过大,主要是配电网自身消耗偏高。

2 配电网运行故障解决措施

2.1 进一步加强避雷性能

配电网直接暴露在自然环境下,容易遭受雷击造成大规模线路和设备烧损,做好避雷工作对保护配电网设备至关重要。

2.2 改进配电网结构

为了进一步降低配电网故障概率,要根据供电负荷变化情况对配电网结构进行优化改进,不断提高环网效率。线路出现问题之后,停电作业时可以利用环网继续供电,在缩小停电范围的同时保证供电质量,减小对正常生产生活的影 响。与此同时,线路荷载检查过程中,工作人员要制订一个科学合理的应急预案,适当延长线路负荷较高区域检测时间,尤其是用电高峰期。配电网运行维护工作人员要对供电设备进行定期检查,老旧设备要及时更换,在降低配电线路故障率的同时控制线损。一般情况下,环网结构采用拉手形式运行,安全性和稳定性得到了保障,而自身稳定性不理想的配电网可以采用双向回路结构,能够获得更高的结构稳定性,但是也应该考虑到投资规模的增加。

2.3 配电网适应能力提升

配电网运行在恶劣的自然环境下,容易受到外部因素影响而导致故障,所以要采取有效的防护措施。首先,配电线路要做好防雷工作,设置有效的防雷设施,在防雷设备安置过程中寻求气象部门的协助,确定高危雷区,对以往雷击

故障数据进行统计分析,核对雷击多发区域,选择视野开阔、无高层建筑区域进行安置防雷设备。与此同时,配电网应该加快设备的更新改造工作,选择性能更加优异的绝缘子,提高绝缘性能,避免污闪。维护工作人员要定期检查接地网的绝缘情况,确保其性能数值符合相关标准要求,每年都要测量一次接地网阻值,如果数值不符合标准要求,要及时更换。与此同时,为了避免自然灾害造成的配电网线路和设备损坏,应该进一步强化配电网抗风险能力,加强线路杆塔,施工防撞土墩,及时转移杆塔至安全地带,处于风口位置的线路可以设置四方拉线、人字拉线。在电网建设规范阶段,应该对配电网网点规划设计进行优化,做好基础工作,全面调查分析线路沿线情况,选择合适的导线截面,优化网点设置,提高线路稳定性,降低线损。

2.4 非健全信息故障诊断

配电网漏报故障信息主要是通信障碍、故障采集与检测装置故障、采集装置电源故障、互感器故障和故障电流采集方法不合理等原因导致的,误报故障类型主要有采集装置故障、电流互感器故障等。使用过流脱扣和本地保护的情况下,配电自动化系统能够采集各个开关状态判断是否处于故障状态和是否在故障状态下跳闸来判断系统保护动作是否正常。但是配电自动化系统主站接受的开关状态信息会受开关辅助接点抖动、自动化终端电源通信故障等影响而出现偏差,所以故障判断之前首先要估计或者确认开关状态。采集装置故障在发生之前往往就已经表现出一定的迹象,配电网调度工作人员能够在故障发生之前就了解到采集装置的非健康状态,迅速在配电自动化主站系统中将该设备注销,主站将忽视该设备传输的信息,电流互感器故障之前的特征也比较明显,调度人员确认之后,标记其为故障状态,再组织人员现场维修。

3 结束语

电力系统逐渐向着智能化的方向发展,电力系统规模越来越大,运行管理人员数量却越来越少,电力系统自动化程度越来越高,虽然智能化电网的运行稳定性越来越高,但是配电网故障的排除仍然依赖基于人力的设备运行维护工作,研究配电网运行故障解决措施对减少故障损失,降低故障概率有着重要意义。

(责任编辑:贺大亮)

浅析特高压电网运行的因素及对策

王鑫

(太原钢铁(集团)有限公司, 山西 太原 030003)

1 影响特高压电网运行的因素及其成因

潮流控制风险。特高压电网的潮流控制理论上可以调节各区域通过的电能,但由于实际运行过程中各区域电网发电机的结构、调节能力存在着差异,极易出现潮流控制困难的现象。使得各区域电网的负荷值出现波动,进而造成对整个特高压电网输送系统的破坏。

继电保护装置的稳定性风险。对于继电保护装置本身来说,自身的稳定性主要来源于其保护性。如果特高压电网配置的保护过于单一,一旦继电保护装置失效或没有反应,就会造成安全事故范围的进一步扩大;如果出现误动或失灵,就会造成特高压电网运行系统出现严重超载,进而引发大面积跳闸停电的现象。

高压输送设备的故障风险。特高压电网的运行与输送,也会造成特高压电网系统出现功率失衡。对于特高压电网运行的稳定性是极其不利的。这方面的故障主要分为内部和外部两类:外部因素主要是极端气候、错误操作等造成的;内部因素则主要是电气设备以及线路的老化造成的。

2 特高压电网运行安全风险解决方式

增强继电保护装置的性能。由于特高压电网运行和输送的特殊性,因此要配置继电保护装置来保障其运行的可控性。以便在出现故障时及时切除部分发电机组,使整体电网不会出现较大的波动。所以在规划和设计特高压电网时,要重点强化继电保护装置的配置与运用,并对其进行定期性巡检,以保障其始终处于良好的运行状态。

优化电网架构及其运行方式。这样可以从根本上减少特高压电网运行过程中安全风险因素的威胁。同时,还可以通过交直流电间的相互协调来提高其对电网调控的能力,进而减少因大规模潮流转移而出现的线路超载。而且优化特高压电网的架构及其运行方式也可以使电网本身达到规避安全风险的目的,减少因为检修方式引起的电网系统负荷转移及其连带故障。

建立健全特高压电网安全风险的预警与管控机制。除了采用合理科学的技术措施来规避特高压电网运行过程中的安全风险之外,还应该对特高压电网运行过程中的安

全风险预警与管控工作予以高度重视。一方面,要建立健全安全事故预警和应急预案,根据安全事故自身的特点和等级进行合理分类,制订出行之有效的处理方法;另一方面,还应加强对相关工作人员的管理和培训,使之对特高压电网运行系统有可能面临的安全风险具有正确性的认识,并且可以严格按照相关的运行和操作规程来解决,从而避免人为操作失误导致事故的发生。

增强相关的安全稳定措施。为有效对特高压电网运行系统的正常运行提供有效保护,应该采取行之有效的,同时又安全稳定的管制措施。并可以根据实际发生的情况,有选择性地对电网的负荷和机组进行切断。当然,这首先要对特高压电网在运行时所采取的安全稳定措施进行规划与设计,使之具备较强的针对性和实际部署性,进而达到相互配合、有效协调的目的;其次,要保证特高压电网在运行时所使用的安全稳定装置和继电保护装置的正常化,以确保特高压电网运行系统的稳定性。这样即便系统出现突发情况也可以及时解决和应对。

对安全风险形成常态化机制。特高压电网运行的相关部门还应该对其安全风险管理工作及内容进行长期的监管。建立和完善详细的安全风险管理制度,提高相关工作管理人员对特高压电网运行系统的正确认识,培养对其安全风险进行管理的自主意识,使其能够严格地按照相关规范标准来进行管理操作,将特高压电网运行的安全风险管理工作常态化与规范化。同时,加强相关管理人员的专业性技能培训,提高其自身的管理水平,防止因人为因素引发的事故。

3 结束语

特高压电网的运行和对电能的输送给现代人们的生产和生活带来了便利,但其自身的复杂性、多样性又决定了其在运行过程中难免会受到其他不安全因素的影响。因此,为减少和降低这些因素给特高压电网运行带来的干扰与危害,必须在对特高压电网的运行进行综合分析和总结的基础上,积极建立相对应的策略,以此来保障特高压电网的正常运行。

(责任编辑:贺大亮)

■ 国网北京电力首次应用无人机巡视配网线路

8月2日,国网北京市电力公司首次应用无人机开展10 kV配网架空线路巡视试点工作,以提升配网运维检修精益化水平,进一步降低配网故障率。

国网北京电力此次应用的无人机为小型多旋翼无人机,巡视线路为位于北京门头沟区的10 kV清水路。该线路位于山区,山路崎岖陡峭,人工巡视难度较大。而此次应用的小型多旋翼无人机具有机动灵活、安全稳定和快捷高效的特点,可有效代替人工巡视,通过实时拍照回传,对配电线路本体缺陷、通道隐患进行快速、精确核查,在各种险要、复杂地形情况下安全、高效地执行巡视任务,有效解决部分位于山区险要地形的10 kV线路巡视困难的问题。

应用无人机巡视10 kV配网架空线路目前在国内尚无经验可循。为做好本次无人机巡视工作,国网北京电力专业人员认真探讨,编制了详细的无人机巡视方案,明确无人机巡视的飞行路线、巡视重点以及安全措施。本次巡视利用无人机独特的空中视角优势,共计查出4处常规手段难以发现的设备缺陷。

来源: 国网北京市电力公司

■ 国网北京省级计量中心(智能表库)能源站投入试运行

近日,位于北京市大兴区西红门镇大白楼村的国网北京省级计量中心(智能表库)能源站,经过北京华商能源管理有限公司组织6个多月的施工后,正式投入试运行,标志着能源站已经能够为主体项目提供冷热能源。

华商能源公司通过考察论证,在技术上创新性提出:以地源加空气源热泵为基础、集控系统保证节能运行的综合性方案;在运作模式上创新性提出:由华商能源公司负责能源站的建设及运营;国网北京电科院计量中心为能源站提供场地并供电,每年以购买供冷供热费用(扣除为能源站供电费用)的模式。华商能源公司为保证方案的可行性和有效性,组织中国建筑设计院、哈尔滨工业大学等单位专家对项目方案进行论证评审,并在项目施工期间紧密和建设各方紧密联系,最终保证了项目的顺利试运行。

计量中心能源站项目的顺利投运,为北京地区受地质、施工条件限制的建筑物如何使用节能技术、为能源站的建设与运行模式提供了一个范例,对如何提高建筑节能起到了积极推动作用。

来源: 北京华商能源管理有限公司

■ 三大直流连续50天满功率平稳运行

截至8月18日,四川境内的±800 kV复奉、锦苏、宾金三大特高压直流输电线路已连续50天满功率平稳运行,输送功率分别为6400、7200、8000 MW,每日外送电量达519 GWh。

国网四川省电力公司提前采取措施,组织四川电力检修公司等13家单位对三大特高压直流输电通道和配套交流线路,开展全方位、全覆盖的集中排查和交叉隐患排查,消除输变电设备缺陷230余项。在三大特高压直流线路满负荷运行期间,派驻308名巡线工,在沿线增设18个保电站,同时增加巡检频次。

面对2016年迎峰度夏大负荷运行压力及厄尔尼诺现象带来的不利影响,国网四川电力检修公司严格落实三大直流满功率运维保障方案,积极做好应对持续高温大负荷的准备,切实加强电网设备监视维护,强化六大水电通道以及川电外送通道关键设备的巡视和维护,加强各地500 kV变电站负荷监测、设备运维消缺及故障抢修等工作,全力保障三大特高压直流输电线路迎峰度夏期间满功率运行。

来源: 国网四川省电力公司

■ 南方电网500 kV云南鲁西背靠背换流站扩建工程正式开工

近日,南方电网公司500 kV云南鲁西背靠背换流站扩建工程正式开工,计划2017年汛前建成投产。

该工程总投资7.3亿元,将扩建1个1000 MW常规直流单元,装设6台398 MVA常规直流换流变压器,整流侧装设2组160 Mvar无功补偿、逆变侧装设3组11 Mvar无功补偿,以及配套通信及二次系统。工程投产后将增加云电外送能力1000 MW(届时云电外送总送电能力将达25600 MW),2017年可增送云南外送电量3000 GWh,以后每年可增送云南外送电量4000 GWh,有利于促进云南清洁水能消纳。

鲁西背靠背直流工程是南方电网公司首个背靠背直流异步联网工程,在世界上首次采用大容量柔性直流与常规直流组合模式,柔直单元容量、直流电压均为世界最高水平。工程一期建设1000 MW常规直流单元加1000 MW柔性直流单元,其中常规直流单元已于2016年6月30日建成投产。

来源: 南方电网公司

(责任编辑: 贺大亮)



专线专柜客户一般安装几套计量装置？

10 kV 专线专柜客户，由于变电站 10 kV 间隔限制，无法安装独立的计量柜，变电站外也找不到安装独立计量箱的位置。客户配电设计单位建议使用开关柜自带的电流互感器和母线电压互感器用于计量，也就是公用线路上考核计量点的安装方式。在此想请教一下，专线专柜客户有独立的计量装置吗？本地区 10 kV 一般是一套考核计量装置，一套主计量装置，35 kV 及以上一般用考核计量装置做为主计量装置吗？

yk54071503：供电企业所属的变电站，开关柜的间隔是很宝贵的。一般不适宜在开关柜前面安装独立的计量柜。因为计量柜没有特别的保护措施，会给整个母线带来不安全因素。为了方便管理，规程要求应该采用集中的电能表屏。如果为了电流互感器配置的方便，以及现场校验方便，可以在出现第一基杆以后，安装组合式计量箱。用户侧变电站，因为有专用线路开关保护和管理上的需要，按照规程应该选择第一面开关柜作为独立的专用计量柜（里面包含了电流互感器和电压互感器）。如果没有间隔，可以考虑在进线以前的线路上，安装组合式计量箱。专线用户计量点应该在电源接入处，也就是供方变电站。同一个电能计量点，没有必要分结算用和考核用，数据共享就可以了。计量点多反而造成安全隐患、资金浪费、数据差异以及管理工作量增加。特别重要计量点可以安装主辅两只电能表，也没有必要安装两套电能计量装置。

三相四线高压计量 b 相对地电压 100 V，是什么原因造成的？

yk54071503：如果接线没问题，则是系统单相接地了。如果接线按照规定，可能是中性点没有接地，或者其他相接地，检查一下相线对中性点的电压。接地正确，对地电压应该是相电压，相电压与互感器极性反接没有关系。如果都排除了，就只有互感器变比不对。比如把开口三角绕组接到计量上了，建议测量线电压查找原因。

负荷很大，需要多根电缆，每个电缆上有一个零序电流互感器，应该采取串联还是并连接线？

yk54071503：并联，因为串联会使变比改变。如果电缆最终在负荷端并联，则三相电流分配不尽相同。是不是零序电流就难说了。两回路和两根电缆并联是不一样的，两回路零序互感器可以各归各的，内阻抗再小，计算也是一样的，不能忽略。

beyondlzk：每个零序电流互感器都是个独立电流源，电流互感器二次侧内阻抗大，通常视为电流源，串联是行不通的，如母差保护的电流互感器，都是电流互感器二次侧并联在一起的。

10 kV 计量电压互感器能否不安装熔丝保险，如不装有什么危害？

有一高压用户 10 kV 计量电压互感器熔丝保险管每年雨季都会出现故障，追补电量很麻烦，请教能否撤掉该保险设备？后果是什么？

beyondlzk：保险是保护用的，没有保险可能会直接导致电压互感器出现故障，建议换 1 A 或者 2 A 的保险。

yk54071503：电压互感器不管是 YY 还是 VV 连接，都有一定的谐振几率。可以适当增大熔丝的容量，不装熔断器是不可取的。少计电量，是计量事故，线路速断，是安全事故。电力系统还是安全放在第一位，少计电量总是可以有办法解决的。组合式计量箱，不可能安装专用的电压互感器熔丝，但应该有断路器进行保护。建议考虑室内安装互感器，换一个地点安装互感器，避开谐振条件。

（责任编辑：刘艳玲）