

全力服务脱贫攻坚十大行动计划

本刊编辑部

2018年9月3日,国家电网公司印发《关于实施全力服务脱贫攻坚十大行动计划的意见》,贯彻党中央国务院脱贫攻坚决策部署,坚持精准扶贫精准脱贫,围绕强化行业扶贫、深化定点扶贫两条主线,发挥电网企业优势,深化公司服务脱贫攻坚新举措,为全面打赢脱贫攻坚战作出更大贡献。

国家电网服务脱贫攻坚十大行动计划为:

贫困地区三年电网建设攻坚行动。完成深度贫困地区电网攻坚任务。加快推进“三区两州”深度贫困地区电网攻坚建设,确保2018—2020年210亿元投资规划落地、各项重点任务全面完成。加快推进西藏阿里与藏中电网联网工程,投资83亿元,2020年建成投运。加强国家贫困县电网改造。对“三区两州”以外的381个国家贫困县,加大电网建设改造力度,积极服务守边固边工作,实施抵边村寨供电工程。消除村村通动力电空白点。

国家重点扶贫项目电力服务保障行动。高质量完成光伏扶贫项目接网。保障光伏扶贫项目接网资金需求,畅通接网工程绿色通道,全额消纳光伏扶贫电站电量,做好电站电费结算和补贴发放工作,让贫困群众尽早获益。主动做好易地扶贫搬迁电网配套工作。为光伏扶贫电站提供运维及信息服务。

扶贫项目用电无忧行动。支持扶贫项目用电需要。开辟绿色通道、特事特办,确保接电及时、供电可靠稳定。为扶贫企业提供综合能源服务。

东西协作帮扶行动。加大对西部电网资金帮扶力度。2018—2020年每年帮扶“三区两州”所在省资金规模达100亿元以上。推进对西部电网物资帮扶。2018—2020年支援西部物资规模5亿元以上。加大人才帮扶交流力度。

带动贫困家庭就业脱贫行动。帮助贫困家庭劳动力就业。针对性开展电力技能培训,就近在乡镇供电所、农网改造工程施工等优先安排劳务就业。

定点扶贫县电网补强行动。全面提升县域电网供电保障能力。根据公司贫困县脱贫攻坚电网专项规划,2020年前,全面解决湖北“三县一区”电网“低电压”、村村通动力电死角等问题。

定点扶贫精准帮扶行动。增加五县区扶贫捐赠资金投入。2018—2020年共增加五县区捐赠资金5200万元,合计捐赠资金1.24亿元,用于精准帮扶产业发展及民生改善项目。强化对各级扶贫点工作支持。

产业发展及民生改善示范行动。支持农业特色产业发展。在定点扶贫县推进农业大棚电能替代工程,帮助完成加工设备改造,建立项目收益与贫困户联结机制,实现贫困户稳定受益。实施民生改善示范项目。实施学校及居民“清洁供暖”项目、实施“安全饮水”示范项目。帮助销售贫困户农产品。

阳光助学及医疗帮扶行动。实施“国网阳光助学及医疗帮扶工程”。2018—2020年,通过国家电网公益基金会,每年安排捐赠资金1000万元,在定点扶贫五县区开展国网阳光助学和医疗帮扶。

派驻扶贫干部人才帮扶行动。加强派驻扶贫干部人才管理。充分发挥扶贫人员作用,聚焦抓党建、促扶贫,建强基层组织,帮助扶贫点高质量脱贫。

国家电网公司领导员工深刻认识全力服务打赢脱贫攻坚战的重要性、艰巨性、紧迫性,强化脱贫攻坚帮扶责任,把扶贫工作纳入重点工作,推动行动落地,加强工作协同,压实工作责任,强化监督检查,构建扶贫督查巡查工作常态机制,促进公司扶贫工作扎实、高效、规范开展。

农村电气化

李鹏

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

编委会名誉主任委员 郑宝森
 编委会主任委员 谢明亮
 编委会副主任委员 陈小良(常务) 张莲英
 刘敏 周建方 盛万兴
 丁孝华 王立地 元伟
 戈立军 孔繁钢 艾闯
 龙国标 冯晋 刘伟
 汤克艰 杜松怀 李民
 李斌 李瑞生 杨进
 杨振琦 汪发明 宋峻
 张思源 陈琳 陈俊章
 陈振宇 范伟 欧阳亚平
 岳红权 岳梦华 周开保
 郑斌 赵振宇 贾景奎
 顾联军 唐宝 黄燕
 常俊祥 谢宏伟 蔡丽华
 蔡冠中 谭跃凯 潘力志
 潘继雄

总经理兼总编 顾联军
 主编 盛万兴 耿立宏
 副主编 贺大亮
 编辑 张峰亮 刘艳玲 赵文属
 美编 周一鹏

编辑部电话 010-63123091/2
 926523091/2(系统)
 邮箱 ncdqh@csre.org.cn
 投稿 http://ncdh.cbpt.cnki.net
 35863746
 QQ交流群
 发行部 010-63123085/6/7
 926523085/6/7(系统)

广告部 010-63123056 926523056(系统)
 印刷 北京盛通印刷股份有限公司
 广告经营许可证号 京西工商广字第8205号
 户名 北京国宇出版有限公司
 开户行 工行北京会城门支行
 账号 0200 0414 0920 1503 351

每期定价 12.00元
 全年定价 144.00元

目次

1 全力服务脱贫攻坚十大行动计划本刊编辑部

◆ 典型推介 >>

5 基于节点电压控制的风电场无功控制方法赵希

9 基于蚁群算法的电力负荷预测孙海萌,孙君茹

◆ 电网建设 >>

11 针对配电网特点进行技术升级的仿真模型
瞿冬波,刘国军,庄益,张应江,杨子力,王振涛,魏峰

14 配网“三供一备”主接线保护控制方案
王林富,王彦国,邱方驰,朱中华,张斌,宋志伟

18 城市配电网自动化与网络结构优化
王国亮,谢彬,王心怡,王晓博,张媛,曹彦昆,李跃辉

21 变电站装配式钢结构优化设计俞胜

◆ 运行维护 >>

27 10 kV 配电网架空线路运行检修带电作业研究
隋喆,周军,窦娟

29 高压电缆交叉互联系统接地线夹发热的技术探讨
张鑫,王小龙,丁宝帅,林胜辉,王晶晶

32 10 kV 户外柱上隔离开关的正确使用和维护刘克礼

34 耐张绝缘子串对导线弧垂的影响张贵军

◆ 安全生产 >>

38 110 kV 输电线路雷击故障事件及预防措施研究查家骏

41 防止单相电能表接线端子烧毁及其措施
许继东,李晓辉,宋柏岩,刘明慧,刘忠宇

44 110 kV 母线差动保护动作误跳事故案例分析薛钟兵

46 轻载地区备自投误动风险分析及防范措施研究张荣海



◆ 智能电网 >>

- 48 基于相位补偿的柔性直流保护闭环测试系统
.....董华梁,王东鹏,陈涛,冯自权
- 52 配电网故障诊断及预判系张国兴,刘惠姣,郭亚宁

◆ 信息系统 >>

- 55 基于国产密码的可信用电信息采集终端
.....冯云,翟峰,梁晓兵,徐萌
- 59 高压开关机械特性非接触式测量技术
.....钱程,魏如峰,樊雷
- 61 配电网停电控制方案研究及分析
.....姚强,张健,金朝晖,陆翔,沈美琴

◆ QC小组 >>

- 63 减少配电网作业停电时间钱积宏,张智博,张慧林
- 66 提高农网低压用户电压合格率
.....陈有双,焦阳,陈福亮,柴子萱,计姍

◆ 清洁能源 >>

- 68 考虑环境效益的微电网运行控制
.....王凯,张春鹏,刘波,严森

◆ 器具设备 >>

- 71 漏电跟踪分析记录装置的研制与应用
.....吴城,吴宇红,纪涛
- 75 基于仓储标准化的定制式叉车护套应用
.....吴海军,叶飞,陈洋,臧鹏飞,王国兵

◆ 经验点滴 >>

- 77 电网建设中电气工程自动化的应用宋翔林,许勇
- 78 电气设备检修试验中的问题与对策温炜
- 79 浅谈供电系统配网建设与改造侯春生

《农电管理》2018年第10期要目

- 基于电力市场化的“全能型”供电所研究 王培东
- 基于“全能型”乡镇供电所“三型一化”营业厅功能建设与应用 张岩栋,曾庆双,冯小霞
- 快速推进“全能型”供电所建设 赵东
- 提升服务精准度 打通“最后一公里”
——国网吉林磐石市供电公司加强“全能型”乡镇供电所建设 刘加华
- 电能替代助推农村售电市场开拓 吴阳佳
- 县域配网改造“新常态”管理的研究与实践 童烈照,朱立青
- “互联网+电力营销”提升客户优质服务感知度 王琦,张纪杰
- 浅谈输变电企业标准化管理的构建与实施 郭再福
- 贴心服务职工 增强企业凝聚力 葛静
- 精准统计 专业联动 不断提升企业经营管理水平 李彦,汪李来
- 优秀文化导航 奏响幸福乐章 关敬东
- 供电所基础管理的“六制”实践 陈宝
- “四步走”工作法推进乡镇供电所小型基建项目建设 赵永平,董攀科
- 电视变迁折射美好生活 袁燕

声 明

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

In This Issue

Typical Referral

- 5 Reactive Power Control Method Research Used for Wind Power Plant Based on Node Voltage Control /Zhao Xi
- 9 Electric Power Load Predictor Based on Ant Colony Algorithm/Sun Haimeng, Sun Junru

Power Grid

- 11 Artificial Model Directed Against Distribution Network Feature to Carry Out Technical Escalation /Qu Dongbo, Liu Guojun, Zhuang Yi, Zhang Yingjiang, Yang Zili, Wang Zhentao, Wei Feng
- 14 Protection and Control Scheme of Main Electric Connection of Distribution Network with Three Power Supplies and One Standby Power Supply /Wang Linfu, Wang Yanguo, Qiu Fangchi, Zhu Zhonghua, Zhang Bin, Song Zhiwei
- 18 Urban Distribution Network Automation and Network Structure Optimization /Wang Guoliang, Xie Bin, Wang Xinyi, Wang Xiaobo, Zhang Yuan, Cao Yankun, Li Yuehui
- 21 Optimum Design Research Related to Packaged Steel Structure in Substations/Yu Sheng

Operation & Maintenance

- 27 Hot Line Working Research Related to Operating and Repair for Overhead Lines in 10 kV Power Distribution Network / Sui Zhe, Zhou Jun, Dou Juan
- 29 Technical Approaching of Earthing Clamp Heating in Cross Bonding System Suited to H.V. Power Cables /Zhang Xin, Wang Xiaolong, Ding Baoshuai
- 32 Correct Use and Maintenance Related to 10 kV Outdoor Pole-mounted Isolators /Liu Keli
- 34 Influence of Tension Insulator Strings on Conductor Sag /Zhang Guijun

Safety

- 38 Research of Lightning Fault Event and Preventive Measures Suited to 110 kV Transmission Lines /Cha Jiajun
- 41 Preventive Measures of Connecting Terminal Burn-out in Single-phase kWh Meter/Xu Jidong, Li Xiaohui, Song Baiyan, Liu Minghui, Liu Zhongyu
- 44 Fault Example Analysis of Differential Protection Incorrect Trip in 110 kV Bus/Xue Zhongbing
- 46 Analysis and Preventive Measure Research of False Action Risk for Reserve Power Supply Automatic Connection Device in Light Load Area/Zhang Ronghai

Smart Grid

- 48 Design of Closed-loop Testing System Used for Flexible DC Protection Based on Phase Compensation /Dong Hualiang, Wang Dongpeng, Chen Tao, Feng Ziquan
- 52 Development and Design of Diagnostic and Pre-predication System Suited to Distribution Network Fault /Zhang Guoxing, Liu Huijiao, Guo Yaning

Information System

- 55 Design and Research of Trustful Power Utilization Information Collect Termination Based on Code Made in China / Feng Yun, Zhai Feng, Liang Xiaobing, Xu Meng
- 59 Consultant of Non-connecting Measuring Technology for H.V. Switch Mechanical Characteristic /Qian Cheng, Wei Rufeng, Fan Lei
- 61 Research and Analysis of Outage Control Scheme in Power Distribution Network/Yao Qiang, Zhang Jian, Jin Chaohui, Lu Xiang, Shen Meijin

QC Group

- 63 Reduction of Outage Duration for Power Distribution Network Working /Qian Jihong, Zhang Zhibo, Zhang Huilin
- 66 To Heighten Voltage Percent of Pass of L.V. Consumer in Rural Village Power Network /Chen Yousuang, Jiao Yang, Chen Fuliang, Cai Zixuan, Ji Shan

Clean Energy

- 68 Microgrid Operation Control Considering Environmental Benefits /Wang Kai, Zhang Chunpeng, Liu Bo, Yan Sen

Equipment

- 71 Development and Application of Tracking Analytic and Recording Device Suited to Current Leakage/Wu Cheng, Wu Yuhong, Ji Tao
- 75 Application of Made to Order Type Fork-lift Sheath Based on Storehouse Standard /Wu Haijun, Ye Fei, Chen Yang, Zhang Pengfei, Wang Guobing

Experiences

- 77 Application Related to Electrical Engineering Automation in Automatic Power Network Construction /Song Xianglin, Xu Yong
- 78 Problems and Countermeasures in the Inspection and Repair of Electrical Equipment /Wen Wei
- 79 Talking about the Construction and Reform of Distribution Network of Power Supply System/Hou Chunsheng

(王金鼎译)

基于节点电压控制的风电场无功控制方法

赵 希

(国网江苏徐州供电公司, 江苏 徐州 221000)

摘要: 随着我国风电机组单机容量和风电场规模的增大, 利用风电机组进行无功的调节潜力也越来越大。首先分析了风电场的风电机组、变压器和集电线路的无功控制模型, 其次通过仿真研究了在风电场有功功率波动条件下, 同时收到全厂电压调节指令时, 采用基于节点电压控制的风电机组无功协同控制方法。仿真结果表明本控制策略可使风电场在满足目标电压值 U_{02} 的同时, 也能保证集电线路电压的稳定, 从而有效抑制因风电场电压调节引起的集电线路电压波动。

关键词: 风电场; 节点电压; 无功控制

中图分类号: TM732

风能发电具有随机性、间歇性和不可调度性的特点, 目前随着我国风电机组单机容量和风电场规模的增大, 风电场接入对系统的影响也越来越明显^[1]。

风电并网及接入系统引起的问题主要是电压和无功问题^[2]。目前广泛应用的双馈风机通过自身具有的有功无功调节特性, 具有一定的功率调节能力, 文献[3]通过分析风力发电机组的有功功率和无功功率输出的关系, 提出了当电网电压波动时, 通过电网侧变换器调整无功功率的单位功率因数控制模式。

虽然双馈风机和永磁直驱风机均可参与无功功率调节, 然而由于风电场包含的机组数量众多, 且一般由较长的集电线路进行电能汇集, 故须要有协同地进行各风电机组的无功调节, 方可保证全场无功控制过程中集电线路不出现限越的情况。

本文对风电场的风电机组和集电线路进行协调控制研究, 将集电线路划分为多个控制子区域, 并选择适当节点作为目标电压参考节点, 通过控制各风机的无功出力, 实现全风电场无功控制的协同。

1 风电场各元件无功损耗特性分析

在风电场节点电压控制时, 涉及的无功元件由风力发电机组、箱式变压器、集电线路组成, 以此对各元件无功特性进行分析。

1.1 双馈异步风机(DFIG)

双馈异步风力发电机的定子直接接入电网, 而转子侧经背靠背变换器接入电网。由于变换器的存在, 输入转子绕组中的电流的频率、相位和幅值是可调

的。双馈电机结构如图1所示^[4]。

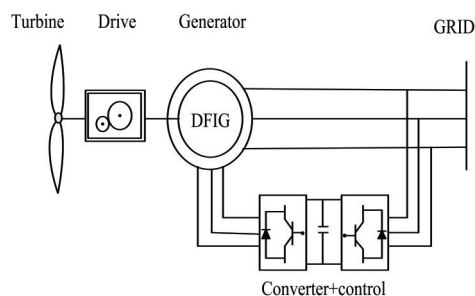


图1 双馈风电机组结构图

根据文献[5]的研究结果, 稳态运行时, 风机可视为一感应异步发电机, 其稳态等效电路如图2所示。

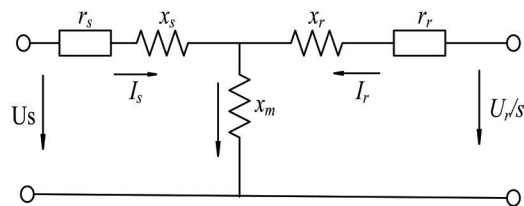


图2 双馈异步发电机等效电路图

其中, r_s 和 x_s 分别为定子电阻和电抗, r_r 和 x_r 分别为转子电阻和电抗, x_m 为励磁电抗(忽略励磁电阻), s 为转差率。

根据文献[6], 感应发电机的有功功率和无功功率分布于一个圆上, 当有功功率已知时, 其吸收的无功功率是机端电压的函数, 其解析式如式(1)、(2)所示:

$$Q_M = \sqrt{r_0^2 + (P_M - P_0)^2} + Q_0; \quad (1)$$

$$\begin{cases} P_0 = -V_i^2 \frac{r_s}{r_s^2 + (x_m + x_s)x'}; \\ Q_0 = -V_i^2 \frac{x' + x_m + x_s}{2(r_s^2 + (x_m + x_s)x')}; \\ P_0 = -V_i^2 \frac{x' + x_m - x_s}{2(r_s^2 + (x_m + x_s)x')} \end{cases} \quad (2)$$

式中： P_M 和 Q_M 分别为感应发电机的有功和无功功率； P_0 、 Q_0 和 r_0 分别表示有功和无功所在圆的圆心坐标和半径，均为感应发电机参数和端电压的函数； $x' = \frac{x_m x_r}{x_m + x_r} + x_s$ ； x_m 为激磁支路电阻； r_s 和 x_s 分别为定子电阻和电抗； x_r 为转子阻抗。

双馈风机能够调节励磁，因此双馈风机不从电网吸收无功功率，并且能够保持风机的功率因数在0.96~0.98。

1.2 变压器

变压器的等效电路如图3所示^[8]。其中， k 为变压器变比， R_T 、 X_T 、 B_T 、 G_T 分别为变压器的等值电阻，电抗，电纳，电导。

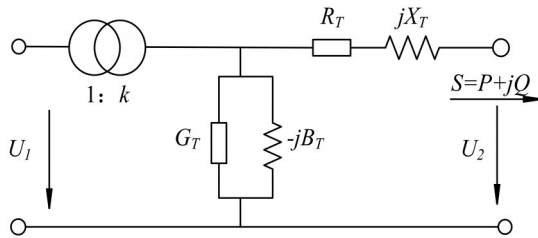


图3 变压器等值电路图
变压器的参数，其值可由式(3)求得：

$$\begin{cases} R_T = \frac{P_k U_N^2}{1000 S_N^2}; \\ X_T = \frac{U_k(\%) U_N^2}{100 S_N}; \\ B_T = \frac{I_0(\%) S_N}{100 U_N^2}; \\ G_T = \frac{P_0}{1000 U_N^2} \end{cases} \quad (3)$$

1.3 集电线路

风电场内部集电线路等值示意图如图4所示。

电流 I_1 流经阻抗 Z_1 的电压降：

$$\Delta U_{z1} = I_1 \times Z_1 = \left(\frac{S_1}{U}\right) Z_1 = \left(\frac{P_1}{U}\right) Z_1 \quad (4)$$

同理可得 Z_2 上的电压降：

$$\Delta U_{z2} = (I_1 + I_2) Z_2 = \left(\frac{P_1 + P_2}{U}\right) Z_2 \quad (5)$$

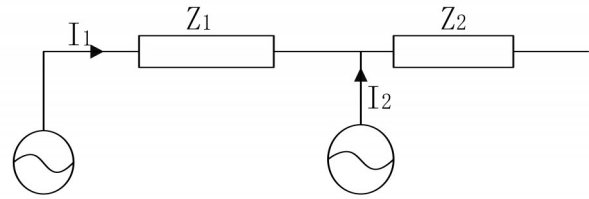


图4 风电场内部接线等值示意图

2 基于节点电压控制的AVC优化控制

2.1 节点电压优化控制方案

以一个风电场采用4段35 kV集电线路为例，首先将每段集电线路按风电接入数量，平均划分为4个控制子区，每个控制子区设定目标节点电压 U_{g1} 、 U_{g2} ... U_{g4} 。如图5所示，在调度下发电压调节指令 U_{B1} 后，通过风电场无功协调计算模块得出变压器、SVG、电容器组及风电机组群各自应承担的调节量，其中风电机组群应调节电压目标值为 U_{B2} 。

由电压目标值 U_{B2} ，按以下步骤进行潮流计算，可得到各控制子区的 U_{gi} 值。

2.2 节点电压的计算步骤

对于节点电压的控制如图5所示，主要实现步骤如下。

2.2.1 由PCC点电压 U_{B1} 计算出 U_{B2}

调度中心给出PCC点电压 U_{B1} ，无功功率协调控制环节根据 U_{B1} 计算出无功需求量，分配给电容器和SVG，根据和35 kV母线电压的要求计算出变压器的变比（变比主要影响低压侧电压，对高压侧电压无影响），由此可计算出35 kV母线电压 U_{B2} 。

2.2.2 由35 kV母线电压 U_{B2} 计算出 U_{gi}

各汇集线路分组控制，保证每个分组内，风机发出的无功等于线路消耗的无功，根据由 U_{B2} 计算出各汇集线路的分组控制区的电压，如汇集线路1的 U_{g1} 、 U_{g2} 、 U_{g3} 。

2.2.3 保持每个分组的风机电压 U_{gi} 恒定

计算每个分组控制区内无功需求，分配给机组1、3、4，机组2进行动态反馈控制，保持电压 U_{gi} 恒定。

3 仿真分析

3.1 系统阻抗的计算

根据公式可以求得系统电抗 $X_1 = 0.1847 \Omega$ ，由BPA短路扫描计算得到的系统阻抗 $Z = 0.0733 +$

$j0.1472 \Omega$, 阻抗的模长 $X_2 = |Z| = 0.1645 \Omega$; 由戴维南等值可以计算出系统的阻抗为 $Z = 0.0673 + j0.1825 \Omega$, 阻抗的模长 $X_3 = |Z| = 0.1945 \Omega$ 。三种方法求取的系统阻抗相差不大。当风机功率由 77.61 MW 变为 81.79 MW 时, 不同的系统阻抗计算出的 PCC 点无功 Q_2 如表 1 所示, 此时当电压偏移小于 0.1% 时的无功补偿量为 9.61。当风机功率由 73.78 MW 上升为 77.61 MW 时, 不同的系统阻抗计算出的 PCC 点无功 Q_2 如表 2 所示, 此时当电压偏移小于 0.1% 时的无功补偿量为 7.98。

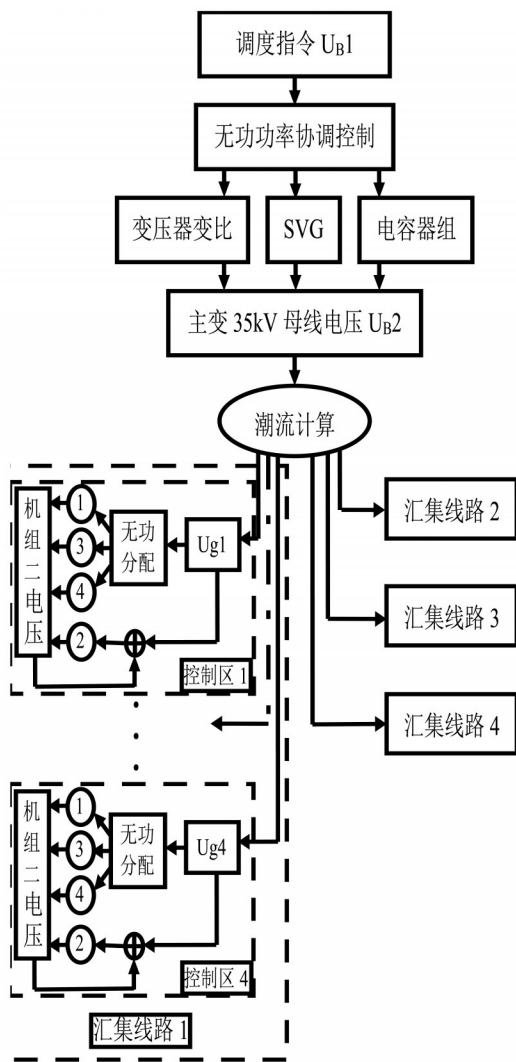


图 5 节点电压优化控制流程图

不同的系统电抗 X 对计算结果影响较小, 由系统阻抗计算出的无功补偿量离目标 9.61 Mvar 相差较大。由系统阻抗求得的预测无功的误差较大, 是由于公式推导利用两个假设: 忽略电压的横分量, 忽略有功功

率。仿真中利用 Q_{target} 计算无功, 当电压偏移较大(大约超过 3%), 或风机的功率较大(大约超过 75 MW), 由公式计算得到的无功需求量误差较大, 但无功需求的方向是正确的, 即 $Q_{target} - Q_{need} > 0$ 须增加补偿设备, $Q_{target} - Q_{need} < 0$ 要减小无功补偿设备 (Q_{target} 是计算的目标无功, Q_{need} 是当前需要的无功)。

表 1 不同系统阻抗的计算结果

系统阻抗	PCC 点无功 Q_2 /Mvar	需要的无功补偿量/Mvar	电压偏差/%
X1	22.47	10.1	0.16
X2	22.33	10.0	0.14
X3	22.44	10.1	0.16

表 2 不同系统阻抗的计算结果

系统阻抗	PCC 点无功 Q_2 /Mvar	需要的无功补偿量/Mvar	电压偏差/%
X1	22.28	8.71	0.23
X2	21.87	8.30	0.13
X3	22.02	8.45	0.17

3.2 风电场电压无功仿真分析

先假定风机的有功功率按如图 6 所示的功率变化, 在此条件下调度中心下达无功调节指令, 每风电机组根据控制子区的计算目标进行无功控制, 最终满足目标值 U_{B2} 的同时, 也保证集电线路电压的稳定。

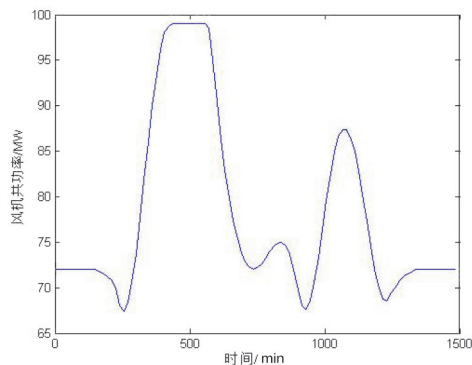


图 6 风电机组功率

当调度中心指令为保持 PCC 点电压在 1.06 p.u 时, 当 PCC 点电压超过 0.2% 时, 风电机组节点电压调节动作, 如图 7 所示, PCC 点电压在 1.058~1.062 p.u 之间。

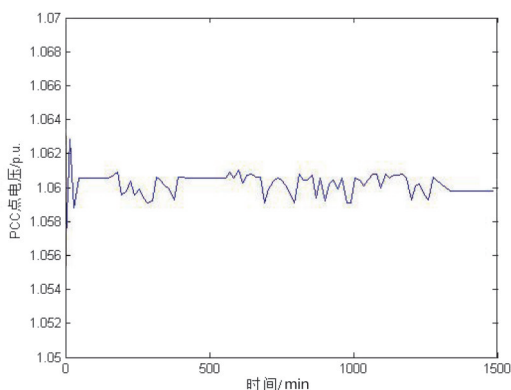


图7 PCC 点电压

此时,主变电压侧电压 U_{B2} 在 $0.99 \sim 0.995$ p.u. 之间波动,如图8所示,变化范围很小。

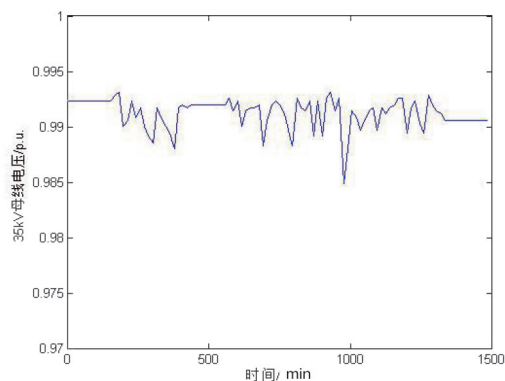


图8 主变电压侧电压

分组控制区参考电压如图9所示, U_{g1} 离 U_{B2} 母线电压最近,因为 U_{B2} 采用定电压控制,要求参与调节的风电机组在无功率不越限时,尽可能保证节点电压基本不变,所以 U_{g1} 的波动也很小,越远离 U_{B2} ,电压越高,电压波动也越大。

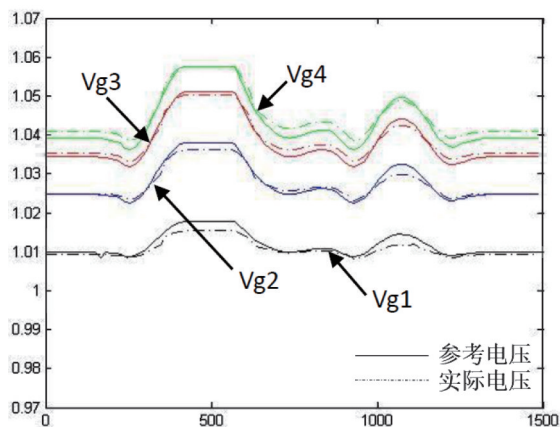


图9 分组控制区实际电压

控制后的实际电压如图9所示,当每次采样实际

电压和参考电压偏差超过 0.003 时,重新计算无功需求量,否则不计算。 U_{g1} 到 U_{g4} 的电压和参考电压之间的偏移在 0.3% 以内,表明该控制策略可以保证节点 U_{g1} 到 U_{g4} 电压的稳定,从而可实现整个风电场集电线路的电压平稳。

4 结束语

本文研究了基于节点电压控制的风电场电压无功控制策略,具体步骤如下:首先,分析了风电场的风电机组、变压器和集电线路的无功电压的控制模型,其次,通过仿真研究了风电场有功功率波动时,采用节点电压控制的无功调节方案,结果表明,本控制策略可使风电场满足目标值 U_{B2} 的同时,也能保证集电线路电压的波动很小,故而有效抑制在全风电场电压调节过程引起的集电线路电压波动。

参考文献

- [1] 万竹春. 风电场 220 kV 送出线路投单相重合闸的可行性分析[J]. 南方电网技术, 2014, 8(4): 107-111.
- [2] 秦涛, 吕跃刚, 徐大平等. 采用双馈机组的风电场无功功率控制技术[J]. 电网技术, 2009, 33(2): 106-109.
- [3] 郎永强, 张学广, 徐殿国等. 双馈电机风电场无功功率分析及控制策略[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(9): 78-81.
- [4] 陈惠粉, 乔颖, 鲁宗相等. 风电场群的无功电压协调控制策略[J]. 电力系统自动化, 2010, 18: 78-83.
- [5] 陈宁, 朱凌志, 王伟. 改善接入地区电压稳定性的风电场无功控制策略[J]. 中国电机工程学报, 2009, 10: 102-108.
- [6] 陈宁, 何维国, 钱敏慧等. 风电场无功电压控制系统设计和应用[J]. 电力系统自动化, 2011, 23: 32-36.
- [7] Rabelo B C. "Reactive power control design in doubly fed induction generators for wind turbines". IEEE Transactions on Industrial Electronics[J], 2009, 56(10): 4154-4162.
- [8] 李庚银. 电力系统分析基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011, 9: 35-50. 王鑫. 风电场动态等值模型研究[D]. 华北电力大学(河北), 2008.
- [9] 孙进, 张蜂蜜, 董文娟等. 风电场无功功率损耗问题的应用研究[J]. 新能源技术专题, 2010, 36(4): 36-39.
- [10] 石巍, 张彦昌, 张超等. 风电场无功补偿容量的估算与补偿方式选择[J]. 电力与能源, 2011, 32(3): 217-219.

作者简介

赵希(1984-),男,江苏徐州人,硕士,工程师,从事电网规划及配电自动化工作。

(责任编辑:张峰亮)

基于蚁群算法的电力负荷预测

孙海萌, 孙君茹

(国网江苏徐州供电公司, 江苏 徐州 221000)

摘要: 电力系统的负荷预测是电力系统安全调度、经济运行和科学管理的基础,也是电力系统制定发展规划的前提。在目前已存在的负荷预测技术中,对时间跨度大、影响因素多、非线性的中长期负荷的预测,并不能达到要求的精度。因此,本文选用对非线性问题有显著优化效果的仿生算法——蚁群算法,与组合预测技术相结合,解决组合预测中权重系数难以确定的问题,合理的筛选单个预测模型,获得良好的预测效果。

关键词: 电力系统; 蚁群算法; 负荷预测

中图分类号: TM615

蚁群算法,它对于中长期负荷预测这类高维数、非凸的、离散的非线性组合优化问题,效果显著。目前,国内的电力负荷蚁群算法预测技术的应用还处于研究和起步阶段,应充分发挥蚁群算法在电力系统负荷预测上的优越性,使其对中长期负荷的预测日趋完善。

1 电力负荷蚁群算法

蚁群算法的概念是由意大利学者马克·多里戈等于1991年第一次提出的,其算法原理是模拟昆虫王国中蚂蚁群体在寻找食物过程中发现最优路径的智能行为,是一种用来在图中寻找优化路径的机率型技术,它具有较好的鲁棒性、优良的分布计算机制、并易于与其他算法相结合。如今,在国内外许多学术期刊和会议上,蚁群算法已经成为一个备受瞩目的研究热点和前沿性课题。

1.1 基本蚁群算法原理^[1]

在自然界中,虽然蚂蚁的食物源总是随机散布于蚁巢周围,但经过一定时间,蚂蚁总能找到一条从蚁巢到食物源的最短路径。这源于蚂蚁在运动的过程中,释放一种神秘的物质——信息素。如图1所示。

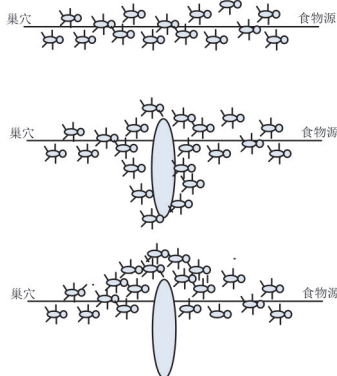


图1 现实中蚁群寻找食物的过程

一开始各只蚂蚁的分布是均匀的,不管路径长短,蚂蚁总是先按同等概率,随机的选择一条路径,同时释放出与路径长度有关的信息素,而且能感知这种物种物质的存在及其强度,并以此指导自己运动的方向。蚂蚁倾向于向信息素浓度高的方向移动,相等时间内较短路径上信息量就遗留的比较多,则选择较短路径的蚂蚁也随之增多。由于大量蚂蚁组成的蚁群集体行为表现出一种信息正反馈现象,即某一路径上走过的蚂蚁越多,则最优路径上的信息量越来越大,而其他路径上的信息量会随着时间流逝而逐渐消减,则后来者选择最优路径的概率也越大,蚂蚁个体之间就通过这种信息交流机制来搜索食物。如图2所示。

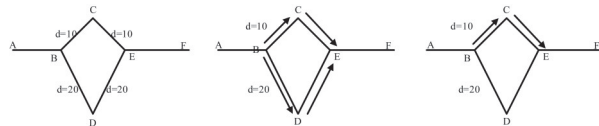


图2 蚁群运动原理图

设A、F分别为蚁巢和食物源,则蚂蚁寻食有2条途径ABCEF和ABDEF,其中,BC、CE间距离为10, BD、DE间为20。开始时,假设有50只蚂蚁从A点出发,此时各条路径上均无信息素,蚂蚁随机的选择路径;经过一段时间后,BCE和BDE上各有25只蚂蚁经过,但由于BDE的长度是BCE的2倍,则在BCE上的蚂蚁从B点与动到E点时,BCE上的信息素含量是BDE上的2倍;此时,再令30只蚂蚁从A点出发,则经过BCE的蚂蚁数为20只,经过BDE的只有10只,同时各条路径上信息素的含量也会随着时间的流逝蒸发掉。

模拟蚂蚁群体觅食行为的蚁群算法是作为一种新的计算智能模式引入的,该算法基于如下基本设

定^[2]：

蚂蚁之间通过信息素和环境进行通信。每只蚂蚁仅根据其周围的局部环境作出反应,也只对其周围的局部环境产生影响。

蚂蚁对环境的反应由其内部模式决定。因为蚂蚁是基因生物,蚂蚁的行为实际上是其基因的适应性表现,即蚂蚁是反应型适应性主体。

在个体水平上,每只蚂蚁仅根据环境做出独立选择;在群体水平上,单只蚂蚁的行为是随机的,但蚁群可通过自组织过程形成高度有序的群体行为。

1.2 电力负荷蚁群改进算法的设计

电力系统中负荷预测的蚁群算法,可以使用基于网格化分策略的连续域蚁群算法的模型,如图3所示。

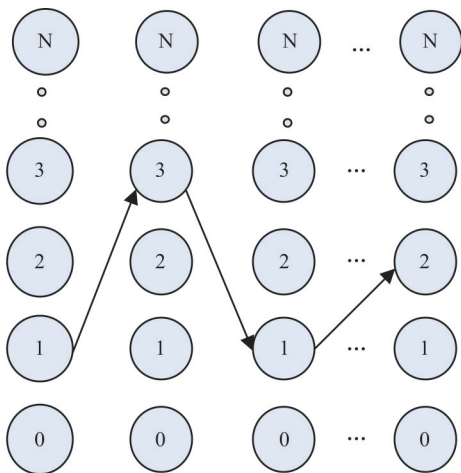


图3 状态空间图

第一步,估计各变量的取值范围

$$x_{\text{lower}} \leq x_j \leq x_{\text{jupper}} \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n)。$$

第二步,将各变量分为 N 等分,

$$h_j = \frac{x_{\text{jupper}} - x_{\text{lower}}}{N} \quad (j = 1, 2, \dots, n)。$$

第三步,若目标函数 $\max(h_1, h_2, \dots, h_n) < \varepsilon$, 则算法停止,最优解为 $x_j^* = \frac{x_{\text{lower}} + x_{\text{jupper}}}{2} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$; 否则跳至第四步。

第四步,循环次数 $N_c \leftarrow 0$, 给 τ_{ij} 矩阵赋相同的数值,设置 $Q, \rho, N_{c_{\text{max}}}$ 的初始值。

第五步,假设蚂蚁数为 num, 对每只蚂蚁按概率选择下一节点

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}}{\sum_{i=1}^{\text{num}} \tau_{ij}}。 \quad (1)$$

第六步,按更新方程:

$$\tau_{ij}^{\text{new}} = (1 - \rho) \tau_{ij}^{\text{old}} + \frac{Q}{f}, \quad (2)$$

修改信息量。其中, f 为目标函数。

若 $N_c < N_{c_{\text{max}}}$, 则跳至第五步; 否则, 找出 τ_{ij} 矩阵中每列最大的元素所对应的行 (m_1, m_2, \dots, m_n) , 并缩小变量的取值范围:

$$x_{\text{lower}} \leftarrow 2x_j - x_{\text{lower}},$$

$$x_{\text{jupper}} \leftarrow 2x_j - x_{\text{jupper}},$$

再跳至第二步。

2 结束语

在电力系统的连续域中,改进后的蚁群算法可以和组合预测相结合,解决组合预测中权重系数难以确定的问题,合理的筛选单个预测模型,获得良好的预测效果。组合算法对于提高预测精度贡献显著。蚁群算法作为一种用来在图中寻找优化路径的机率型技术,是一种求解组合最优化问题的新型通用启发式方法。它们的结合将大大减小预测误差,提高负荷预测准确度,蚁群组合优化预测技术在电网中会有广泛的应用前景。

综上所述,蚁群算法在电力系统中长期负荷预测方面的应用是可行的,且优化效果明显。应该继续研究连续域中的蚁群算法在电力系统负荷预测方面的应用,让其早日应用于实际电网中,发挥它良好的预测效果,帮助电网合理安排减少系统损失、节约资金,提高运行稳定性,最终建成安全、稳定、经济的智能化电网。

参考文献

- [1] 段海滨. 蚁群算法原理及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [2] 牛东晓, 曹树华, 赵磊, 张文文. 电力负荷预测技术及其研究[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [3] 魏伟, 牛东晓, 常征. 负荷预测技术的新进展[J]. 华北电力大学学报, 2002, 29(1): 29-31.

作者简介

孙海萌(1982—),男,硕士,工程师,主要从事配电网规划与研究。

孙君茹(1988—),女,本科,工程师,主要从事高电压技术工作。

(责任编辑:张峰亮)

针对配电网特点 进行技术升级的仿真模型

瞿冬波, 刘国军, 庄益, 张应江, 杨子力, 王振涛, 魏峰

(云南电网有限责任公司曲靖供电局, 云南 曲靖 655000)

《南方电网发展规划(2013—2020年)》(以下简称规划)规则中对电网服务质量要求:到2020年,电网安全稳定水平、供电可靠性和经济指标进一步提升,城乡用户供电可靠率分别超过99.97%和99.92%,部分重点城市电网技术装备可靠性达到国际先进水平。规划同时对电网节能增效做出了明确要求:到2015年,电网综合输配电损耗率不超过7.75%,到2020年,在西电东送中规模进一步扩大的情况下,电网综合输配电损耗率力争降到最低。

云南电网有限责任公司在未来5年,总投资不低于305亿元,重点解决电网的薄弱环节,加快地区县农村电网改造升级,提升农村地区装备水平及农网运行维护能力,促进地方经济社会发展。配电网升级改造的重点是加大投资力度进行10 kV线路规划建设,更换原有10 kV和低压台变线路,更换配电变压器、新增布点等。对于影响范围较小、改造需求迫切、投资过大或投入产出比过小的需求点,需要进行技术升级改造。一般做法是生产部门据各自的需求,以及相关人员的评估和建议进行项目申报,采购相应的设备进行技术升级改造。但是由于项目需求方对现有的技术治理方案了解不够全面,对方案的效果和适用条件了解不深,导致技术升级改造后还存在不适用,效果不佳的风险。

本规划对成熟的配电网技术升级方案进行梳理并结合各类典型设计方案,与配电网特点进行匹配,开发出一套仿真模型。该仿真模型可以适用于任何配电网环境,可以根据项目的特点和数据,导出适合本规划的技术升级方案,并给予相关的指导建议和注意事项。针对配电网特点进行技术升级的仿真模型应用,可以避免规划需求方盲目申报项目,造成重复建设和资源浪费,提高项目改造效率和治理效果,提高城乡用户供电可靠率,提升农村地区配电网装备水

平及运行维护能力。

1 研究内容

1.1 研究目标

目前云南电网公司重点工作是解决电网的薄弱环节,加快配电网改造升级,提升农村地区装备水平及农网运行维护能力,促进地方经济社会发展。配电网升级改造的重点是加大投资力度进行10 kV线路规划建设、更换原有10 kV和低压台变线路、更换配电变压器、新增布点等。而对于影响范围较小、改造需求迫切、投资过大或投入产出比过小的需求点,需要进行技术升级改造,由设计规划部门和相关人员评估,进行项目申报,对项目需求点进行技术升级改造。

国家电网公司对于此次配电网的升级改造格外重视,除了投入大量资金进行配电网升级改造外,还专门组织人员编辑相应的技术指导性文件《配电网低电压综合治理培训教材》,并下发到基层单位。该教材包含五部分:第一部分是典型运维管理措施,包括调整配变分接头档位等6个典型案例;第二部分是变电站中压母线电压治理,包括变电站压控调容无功补偿装置等3个典型案例;第三部分是中压线路末端“低电压”治理,包括35 kV配电化等5个典型案例;第四部分是配变台区“低电压”治理,包括新增配变布点等9个典型案例;第五部分是配网“低电压”监测,包括智能公变监测系统等3个典型案例。教材的推广便于一线工作人员开拓思路,寻找差距,取长补短,为配电网升级改造工作提供示范。

对于配电网模型的研究从电力系统建立时就已经开始,随着电力系统模拟技术的发展进步,模拟方法不同,使用配电网模型也不尽相同。目前配电网系统模拟方法大致分成3种:物理模拟系统、计算机的数字仿真、电子混合模拟技术。但是对于配电网特点

进行技术升级的仿真模型目前还没有研究先例。技术升级改造的一般做法是生产部门根据各自的需求,以及相关人员的评估和建议进行项目申报,采购相应的设备进行技术升级改造。配电网特点进行技术升级的仿真模型的建立,有助于一线工作人员开拓思路,深入了解技术方案的优劣,扬长避短,提升项目改造效率和治理效果。

所以本规划的研究目标为:针对配电网特点进行技术升级的仿真模型开发,建立10 kV电压治理子模型,建立低压台区技术升级子模型,对分析模型生成技术治理方案进行验证。

1.2 研究主要内容

根据配网的改造投入的加大及配网的改造难度的增加,云南地区山多、平原少,配网线路复杂,根据不同的现场及负荷采用哪种更经济的配网改造的设计方案是需要探索的过程。此项目是对目前配电网现存的问题进行综合性研究,并建立相应的仿真模型,根据不同的现场情况和相关参数,形成针对性的技术升级指导方案。

本规划还要对形成的典型方案进行验证,做到理论与实践相结合,确保建模的准确性、形成改造方案的可行性和全面性。

主要内容包括:根据10 kV线路的带载率、电压、功率因数、线径、供电半径、负荷分布情况和负荷性质等实际情况,建立10 kV电压治理子模型,如针对供电半径过长引起的“低电压”和由于小水电并网发电引起的高电压,分析模块可以形成线路改造或电网自动调压的技术指导方案。根据台区的首末端电压、三相电流、功率、功率因数、负荷分布、用电时间、配变带载率、线损等实际情况,建立低压台区技术升级子模型,如针对负荷季节性变化大,电压合格率低,分析模块可以形成更换变压器为调容调压变压器的技术升级指导方案。挑选合适的线路和台变,对仿真模型形成技术升级方案进行实际对比验证,验证项目包括10 kV“低电压”治理方案、10 kV无功补偿方案、变压器降损调压方案、台区三相不平衡治理方案、台区末端“低电压”治理方案等。

1.3 主要技术内容

1.3.1 针对配电网特点进行技术升级的仿真模型开发
针对配电网特点进行技术升级的仿真模型是集

合了现有的各类典型设计方案,国内外成熟的配电网问题技术治理手段。通过建立配电网问题的模型,生成技术治理的指导性方案,可以有效地提高现有问题治理的准确性和提高改造效率。

1.3.2 建立10 kV电压治理子模型

根据10 kV线路的带载率、电压、功率因数、线径、供电半径、负荷分布情况和负荷性质等实际情况,建立10 kV电压治理子模型,如针对供电半径过长引起的“低电压”和由于小水电并网发电引起的高电压,分析模块可以形成安装10 kV调压器的技术升级指导方案。

1.3.3 建立低压台区技术升级子模型

根据低压台区的首末端电压、三相电流、功率、功率因数、负荷分布、用电时间、配变带载率、线损等实际情况,建立低压台区技术升级子模型,如针对负荷季节性变化大,电压合格率低,分析模块可以形成更换变压器为调容调压变压器的技术升级指导方案。

1.3.4 对分析模型生成技术治理方案进行验证

本规划需要对分析模型根据各种现场情况生成的技术治理方案的可行性进行实际验证。通过采用生成的技术治理方案进行项目升级改造,比对改造前后实际数据和模型的理论数据,验证方案的准确性和可行性,并对模型进行修正。需要验证的技术改造方案包括:10 kV调压技术方案、10 kV线路无功补偿技术方案、配电变压器降损调压方案、低压台区三相不平衡治理方案、低压台区末端电压治理方案。

1.4 开发设计原则

1.4.1 开放性

仿真模型系统设计充分考虑系统结构、硬件平台、软件平台等方面的开放性,并具有灵活的扩展功能。

1.4.2 先进性

需紧跟国内外先进的开发技术和思想,在满足电力行业要求的前提下,严格保证“仿真模型系统软件”产品具有较强的先进性。

1.4.3 实用性

仿真模型系统软件的系统设计不仅体现当前业务、技术和管理的需要,同时还需充分考虑实用性,满

足当前各层次、各环节应用中处理的便利性和可行性,在实用的基础上逐步向更高指标过渡,以提高系统的安全优化性能为主要目标,最大限度满足电力调度运行和生产管理的需要,提高企业的经济效益。

1.4.4 伸缩性

仿真模型系统在设计初期,就已经充分考虑其可扩展性和可维护性,保证软件能够满足多方面、长时间的使用。

1.4.5 集成性

仿真模型系统设计时,充分考虑高级应用软件集成性需求,软件支持未来升级 IEC 61970/61968 CIM/CIS 标准,图形文件可以满足 SVG 格式公共图形标准升级的要求。软件系统可以被应用到一体化平台上。

1.4.6 安全性

对于仿真模型系统来说,为保证其安全可靠地运行,本系统有一套完备的安全体系,一整套切实可行的安全技术。

网络安全技术:防火墙技术、安全协议、用户身份识别、电子证书、IP 地址控制等。

数据交互控制技术:只对网络内的前置机进行点对点数据交互控制。

采用 MD5 数据加密技术。

用户、角色和安全组的权限分配和控制。

提供可靠的数据备份和灾难恢复系统。

操作日志。

1.5 技术指标

1.5.1 用户界面需求

仿真模型系统软件的人机界面设计力求软件界面风格与色调符合南方电网公司统一的标准,界面简约,用户操作简约快捷,用户体验良好。

1.5.2 实时性

仿真模型系统单次优化所用时间(从获得数据开始到输出优化策略为止) ≤ 10 s。

画面调用响应时间 ≤ 2 s。

1.5.3 可靠性

仿真模型系统硬件平均无故障时间(MTBF) > 30000 h。

仿真模型系统平均无故障时间(MTBF) > 100000 h

1.5.4 可用性

仿真模型系统控制措施可用率 100%;仿真模型

系统方案优化合格率 $> 100\%$,计算方法为全月优化方案成功次数/全月优化方案总次数 $\times 100\%$;优化模块收敛率 $> 90\%$ 。

1.5.5 系统负荷

CPU 平均负荷率(任意 10 min) $< 25\%$ 。

2 理论研究步骤

针对配电网特点进行技术升级的仿真模型可以模拟所有配电网供电环境,并集合了现有的各类典型设计方案和国内外成熟的配电网问题技术治理手段。在此基础上,开展关键理论与技术研究,理论研究包括:配电网模型建立研究,配电网问题仿真研究,配电网技术升级方案研究,技术解决方案理论仿真研究。

3 理论研究和试验内容的因果关系

针对配电网特点进行技术升级的仿真模型的理论研究,是整个项目研究的基础和必要条件,也是最终项目目标达成的主要依据。

关键理论与技术,将指导相关的工程实施。

配电网模型研究:对复杂的配电网实际情况进行模型建立,这是整个项目的基础。

配电网问题仿真研究:对配电网的薄弱点、故障点进行仿真,模拟出现场实际情况,对于本项目判断问题和最终形成方案具有指导性意义。

配电网技术升级方案研究:筛选和整理国内外成熟的配电网技术升级方案,与仿真模型对接,通过调整模型参数,模拟现场实际情况,就能输出对应的技术解决方案,并能根据参数不同进行调整。

技术解决方案理论仿真研究:对现有的技术手段反复,验证方案的可行性,确保录入模型的方案的准确性。

4 结束语

通过研究建立起了与实际情况相符的技术升级仿真模型,构建起了 10 kV 电压治理子模型、低压台区升级子模型,有效地验证了模型所生成的治理方案,为配电网技术升级改造提供了有力的支持。

(责任编辑:张峰亮)

表1 分布式配电保护自愈装置基本型和综合型的区别

保护控制功能	分布式配电保护自愈装置基本型	分布式配电保护自愈装置综合型
线路光纤纵差保护	两条主干线路	三条联络线路和一条备用线路
线路网络拓扑保护	主干线路	
母线差动保护	相同	
各间隔的过流保护(两段)、零序过流保护	相同	
各间隔的过流后加速保护(可经复压闭锁)、零序过流后加速保护	相同	
各间隔的重合闸	相同	
失灵保护	相同	
无压跳闸功能	变电站、联络切换房的对侧开关	无
远跳功能	主干线路	三条联络线路和一条备用线路
大电流闭锁跳闸	相同	
TA断线跳闸	相同	
不停电传动功能	相同	
测控	测控功能	
自愈	不自备,但接收综合型发来的过载预判闭锁自备投的命令	具备
	自备投合闸对象	主干路径上的1个开环开关
		3个联络线开关

过流(或零序过流)及方向标志的组合信号,判断线路区段内故障并跳闸;组合信号通过GOOSE传递。

网络拓扑保护分为网络过流保护和网络零序过流保护2种,可分别选择是否经方向闭锁。

网络拓扑保护的方向:对于相过流,规定母线指向线路为正方向;对于零序过流,规定线路指向母线为正方向。

网络拓扑保护固定延时50ms动作。

线路网络过流保护闭锁时或母差保护闭锁时,自动开放相应开关的后备过流I段保护。

线路网络零序过流保护闭锁时或母差保护闭锁时,自动开放相应开关的后备零序过流I段保护。网络零序过流保护通过TA断线闭锁防误动(含快速TA断线判据),如图2、图3图4所示。

若本侧网络拓扑保护闭锁,则同时闭锁对侧。

2.2.3 母线差动保护

单母线的母线差动保护。母差保护不经电压闭

锁,具备TA断线防误动功能(含快速TA断线判据)。

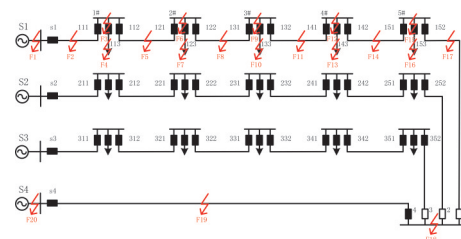


图2 故障点示意图

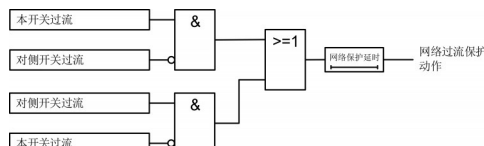


图3 线路相间故障时的网络过流保护逻辑(单侧电源供电时)

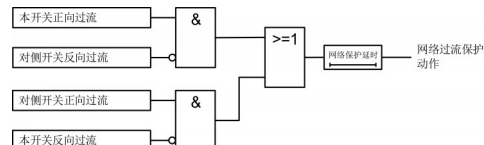


图4 线路相间故障时的网络过流保护逻辑(合环运行时)

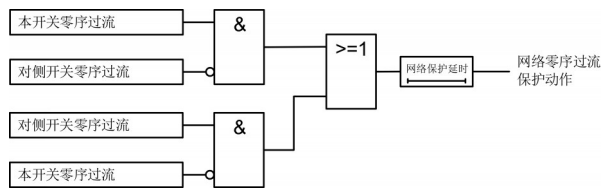


图5 线路单相接地故障时的网络零序过流保护逻辑(非合环运行时)

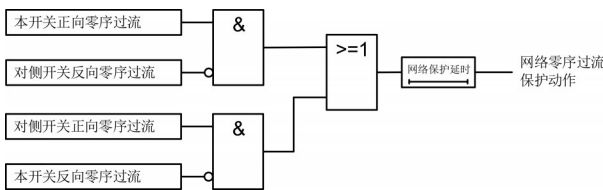


图6 线路单相接地故障时的网络零序过流保护逻辑(合环运行时)

2.2.4 过流保护和零序过流保护

各间隔分别设置两段过流保护,可分别投退经方向、复压闭锁。

各间隔分别设置两段零序过流保护,其中零序过流 II 段固定报警(不跳闸)。零序过流 I 段具备 TA 断线防误动功能(含快速 TA 断线判据),如图 5、图 6 所示。

2.2.5 过流后加速保护和零序过流后加速保护

各间隔分别设置一段过流后加速保护,可分别投退经复压(低压或负序电压)闭锁。

各间隔分别设置一段零序过流后加速保护。

2.2.6 重合闸

线路间隔的一次重合闸。

闭重信号有:母差保护动作、失灵保护动作、无压跳闸动作、远跳动作、TA 断线跳闸、大电流闭锁跳闸。

2.2.7 失灵保护

实现各间隔的失灵保护功能:若保护元件(除失灵保护、远跳保护、TA 断线跳闸之外的其他保护)动作跳闸而开关拒跳,则跳母线上其他开关并闭重,此时其他开关不再判过流。

2.2.8 TA 断线跳闸功能

间隔 TA 断线报警同时跳闸,并远跳线路对侧开关;闭锁重合闸,闭锁零序过流 I 段;TA 断线跳闸不启动失灵保护。

2.2.9 无压跳闸功能

本线路联络开关处于自投充电状态,投入无压跳闸功能的开关之前为合位、有压状态,转变为无流、母线无压,经延时,本开关跳闸并闭重,保证只动作一次。配置原则如下:

主干路径上变电站对侧开关、联络切换房对侧开关,可选择投入此功能。主干路径上的其他开关不需要此功能。

联络切换房的线路开关不需要无压跳闸功能。

2.2.10 远跳功能

当母差保护动作、失灵保护动作、TA 断线跳闸、手跳变电站侧开关时远跳线路对侧开关,并闭重。

被远跳的开关闭重,不启动失灵保护。

两段过流保护、零序过流保护动作以及无压跳闸动作时不远跳对侧开关。

利用光纤纵差保护的专用通道和 GOOSE 通信通道,实现远跳功能。

2.2.11 大电流闭锁跳闸功能

当保护元件判出要跳闸时,若相电流大于大电流闭锁跳闸定值,则闭锁跳闸并记忆,等到变电站侧出线开关保护跳闸后,检测到无压无流才跳闸并闭重,同时远跳对侧开关。

大电流闭锁跳闸出口前,开关应不启动失灵保护,防止失灵保护误动。

2.2.12 不停电传动功能

配置相应菜单,允许通过人机界面进行操作,实现不停电传动断路器功能。人机操作界面应采取必要措施,防止误操作。

不停电传动断路器操作时,保护装置应能驱动对应的跳闸出口继电器闭合,继电器闭合时间建议取 40~100 ms,同时正确点亮装置面板跳闸指示灯。

不停电传动断路器操作期间,保护装置应能正确输出相应的状态变位、告警、动作等信息。

为便于进行事后分析,不停电传动断路器操作应形成对应的动作报告和录波文件。

保护装置自检异常或者判断出外回路异常时,应采取必要措施,禁止操作人员通过保护装置进行不停电传动断路器操作。

保护装置处于不停电传动操作状态时,应不影响装置其余保护功能运行。

保护装置应在重合闸充电完成时,才允许进行不停电传动。

3 仿真测试

针对深圳罗湖试点工程配电网合环运行的典型

架构搭建 RTDS 平台,结合动态仿真的方式来校验基于区域信息的配网保护和控制功能。仿真测试可展示任一点发生故障后的保护行为、开关分合情况、自愈执行结果。

搭建图 1 的 RTDS 测试环境,两侧变电站莲塘站、晴月站,中间 1-5 配电房各配置一台集成基于区域信息的保护和控制功能的智能一体化配网终端。

模拟主干线上任一点发生故障的情况,F1~F7 类型可为接地故障,也可为相间故障;校验故障发生后保护正确动作且开关跳开、保护拒动或开关失灵后的开关分合行为和自愈控制行为。

对于任一点发生故障,基于区域信息定位故障,判断故障隔离结果,符合条件后自愈合闸。以 F2 相间故障为例,对基于区域信息的保护和控制行为分析如下:F2 故障,配置在配电房 1 环出线、配电房 2 环进线的光纤差动保护瞬时动作,发保护动作信号;基于区域信息,确定第一时间发送保护动作信号的开关间隔,用来定位故障。开关若成功跳开,发送的配电房 1 环出线开关和配电房 2 环进线开关的状态信息变为分位;若配电房 2 环进线开关拒跳,则失灵保护动作跳环进线所在母线的的所有开关,并向配电房 5 环进线开关发远跳指令;配电房 1 环出线开关拒跳后动作行为类似。根据实时发送的开关状态信息,判断隔离故障情况。

基于区域信息,实时判断联络开关两侧母线有压、无压信号。正常情况下因为合环供电,F2 故障后联络开关两侧均不失压,自愈不需动作;在莲塘变与配电房 3 间的馈线检修,转为开环运行时,在 F2 故障后,联络开关判断单侧失压,投入自愈功能。若配电房 2 环进开关成功跳开,则结合故障定位情况确定成功隔离故障,并基于区域信息选择配电房 2 环进开关进行过负荷预判,选取其在故障时刻前发送的有功功率信号,若配电房 5 的联络开关满足过负荷预判则合闸恢复供电,否则放电。

验证莲塘变电站、晴月变电站内发生故障导致母线无压后保护、自愈行为。

验证配电房内出线、母线、环进/环出线发生故障的保护、自愈行为,并选择某个配电房接入小电源,分析未来分布式电源接入后对配电网继电保护的影响,对定值配合、保护区域、重合闸配合等关键技术开展前瞻性研究。

4 结束语

本项目为深圳罗湖配网建设成高可靠性、智能化示范电网提供切实可行的保护和控制方案,实现快速识别并隔离故障,最大范围保证供电。研制能满足未来多电源区域配网保护和控制要求的智能配电终端设备,制定基于区域信息的配网保护控制智能配电终端的接口标准,提升我国的电力装备技术水平。

该项目成果推广和应用后,将带来智能配电网的自愈能力、供电可靠性及经济性等方面的明显提升,产生良好的经济效益和较大的社会效益。本项目结合智能配电网的试点工程为依托进行试运行,积累配网保护控制的标准化设计、运行经验。经过进一步总结实际运行经验和必要的技术完善后,可在全国电网推广应用。

作者简介

王林富(1993—),男,助理工程师,主要从事电网运行管理工作。

王彦国(1983—)男,硕士,工程师,主要从事电力系统 110 kV 及以下继电保护研究和工程应用工作。

邱方驰(1987—)男,高级工程师,主要从事电网运行管理工作。

朱中华(1980—),男,硕士,高级工程师,主要从事电力系统中低压保护装置研发工作。

张斌(1985—)男,高级工程师,主要从事电网运行管理工作。

宋志伟(1985—),男,硕士,工程师,主要从事电力系统 110 kV 及以下继电保护研究和工程应用工作。

(责任编辑:张峰亮)

资讯

青海西宁供电利用无人机排查线路安全隐患

“经过无人机巡视,110 kV 达朔线无防汛隐患。”9月12日,青海西宁供电公司输电运维人员在现场向工区汇报无人机防汛隐患排查结果。

西宁供电公司针对近期出现的局部强降雨天气,通过开展“人防+技防”的防汛隐患大检查,西宁供电公司全面提高输电线路无人机巡视利用率,特别对处在拉脊山、大板山等无人区、高海拔、大跨越区域线路的 110 kV 尼红线、达朔线加强巡视,共发现各类隐患 1200 多个,严重及以上缺陷消缺率达 100%,确保了输电线路的安全稳定运行。

来源:《国家电网报》

城市配电网自动化与网络结构优化

王国亮¹, 谢彬¹, 王心怡¹, 王晓博¹, 张媛², 曹彦昆², 李跃辉²

(1. 国网郑州供电公司, 河南 郑州 450000; 2. 天地电研(北京)科技有限公司 北京 102206)

摘要:随着科学技术的快速发展,城市配电网的发展速度与应用范围也得到了很大的提升,综合化、智能化及多元化特点逐渐形成。而在电信企业进一步加深了对城市配电网自动化的认识之后,其配网建设的改造重点也逐渐倾向于城市配电网自动化建设。本文首先对城市配电网自动化及通信网络概念及其自动化、结构优化的必要性进行了分析,随后对城市配电网自动化与通信网络现状及城市10 kV配电网网络结构现状进行了阐述,并在此基础上探讨了配网自动化、配网结构优化方案等,以期推动城市配电网的进一步发展。

关键词:城市配电网;自动化;网络结构;优化

中图分类号: TM727

配电网自动化指的是在配电网设备中通过现代计算机、通信技术的应用实现监视与控制功能,进而将配电网设备半自动或全自动的运行实现。配电网自动化能够有效推动网络结构的优化、供电可靠性与电能质量的提升及保护与运行管理程序的简化,是实现现代化电网的必然趋势,使整个配电网管理与技术水平得到全方位的提升。

1 城市配电网自动化与通信网络的现状

1.1 因电网基建检修引发的光缆、电路中断

由于基建检修中断了光缆和通信电路的事件频频发生,电网基建检修修复工作大幅上升,要使电网的运行具备安全性、稳定性,通常都必须借助通信网络升级的重要通信业务。而传统方式下升级业务,普遍都对通信维护人员提出提前前往损伤地点的要求,同时需要对光缆路由进行更改或是对业务电缆硬件搭接方式的更改实现迂回,而采用此类方式进行维护,不但费时费力,同时也缺乏可靠性,无法实现业务的快速过渡。此外,早期建设的光纤网络构造缺乏稳固性及安全性,其运行的稳定性也无法得到可靠的保障。

1.2 难以实现无人站的有效维护,延长了业务恢复时间

我国大部分变电站在社会经济的进一步发展下也逐渐朝着无人值守转化,故而一旦变电站有故障产生,通信维护人员要想开展维修工作,时常都会遇到电缆临时施工、交通不便等问题,延长了修复时间,进而对通信维护效率构成了影响。

1.3 传输可靠性受电路转接环节的影响

传统方式下要想将不同传输网络之间的业务连

接,离不开2M电路在DDF架上硬件搭接的方法,而该方式尽管能够实现业务连接,但同时也会使传输设备端口资源出现严重的浪费情况,每年因转接电缆而造成的通信故障频频发生,对电路传输的可靠性造成了直接影响。

2 城市10 kV配电网网络结构现状

我国城市配电网10 kV供电线路通常都是以沿街道辐射的架空线为主,依据T接向杆变或直接供电给高压用户。而因变电站、开闭所处于市区的缘故,被限制了出现位置,因此上杆通常在电缆出现之后^[2]。而各个新建设的街道、开发区及小区等,通常都是在电缆沟内敷设10 kV电缆并供电至环网柜或箱变。配电网自动化功能的实现与配电网网络结构之间的关系十分密切,网络结构若是过于简单或复杂都会对配电网自动化功能的实现构成阻碍。

图1为典型树状网络,以树状方式从变电站以10 kV出现朝着柱上变压器、高压用户供电,并未在主干线上进行分段开关的设置,分支线上也没有分支开关,故当线路任一点有永久性故障出现时,全线路都会停电。由此不难发现,配电网自动化实施中,此类线路必须以具体的供电程度为根据,将配电网自动化方式确定并落实网络结构优化改造。

图2则是多个电源点联网的配电网。该网络电源点有4个,配电线路5条。通常情况下,当永久故障发生在变电站4至分段开关5之间的线路时,因有多电源的缘故,调度员能以当时负荷情况为根据合理选择将分段开关2或3或4合上,以此恢复分段开关5未产生故障端的供电。如果借助配电网自动化主站系

统对供电恢复时,因具有较多可变条件的缘故,软件运算复杂性更高,故需简化网络。

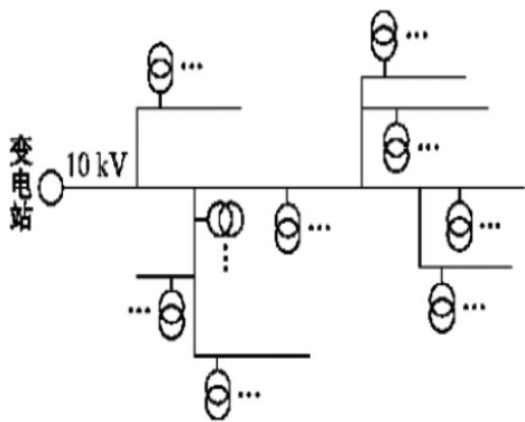


图1 典型树状网络

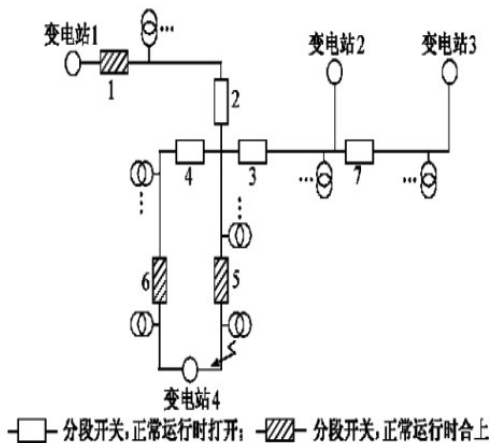


图2 多个电源电网

3 配网自动化分析

3.1 配网自动化技术准则

在建立配电网自动化时需以可靠、分散的原则为中心。配网自动化系统中的电源、通信系统、配网设备及配网线路规划等部分都必须落实可靠性^[9]。而因配网需以具体地域为根据进行分配的缘故,所以在建立配网自动化时必须分级处理。

3.2 合理规划配网自动化

配网自动化的合理划分是以供电线路对各个区域供电需求为根据进行的,同时对各个区域实施分段管理。因此,当某区域有配网故障出现时,运维管理人员可在配网自动化管网系统的帮助下将该区域与其他区域的连接隔断,如此便可为整个配网系统运行的安全性提供保障,可有效控制因故障而产生的损失。

要想确保配网自动化系统运行的安全性、稳定性,并对配网自动化系统故障进行有效处理,运维管理人员需充分运用计算机信息技术及相关配电设备的合理使用。针对配网架构上采用的配网零部件,必须具备对外界恶劣环境抵抗的能力,同时使用寿命也必须较长。

3.3 建立健全配网站

对于配网自动化系统而言,配网站是其调控中心,当落实了配网站的建立之后能实时开展针对配网系统的数据检查、电网数据分析及在线控制等。配网站具备集中、一体的特点,其建立体现出了分散式配网框架的管理与控制。

4 配网结构优化方案

4.1 环网形式

在对环网结构进行优化时,应以现有的存在于网络环网形式中的问题为根据,实现馈线自动化,形成环网供电,开环运行,下图3为一次网络结构。根据图3不难发现“DL”为变电站开关,B为开闭所断路器,S为配电室环网负荷开关,B2(B4)保护DL1(DL2)保护相配合。以开闭所开关为依据将变电站馈线开关受到的冲击减少,如此也可减少变电站所保护的動作次数。在图3所示的B2、S1、S2、S3、S4、S5、B4处装设配电终端单元(FTU),以此将以通信系统处理为主的集中式馈线自动化实现。具体处理技术为:在分闸位置进行电路开关的分设,一旦内侧开关闭合、余下开关中有故障出现,那么另一个开闭所开关会将保护装置立即启动并处理故障。当第一个开关配电终端出现电流故障时,借助智能终端对故障所在位置判断,并将一、二开关间线路及时断开,将故障隔离。

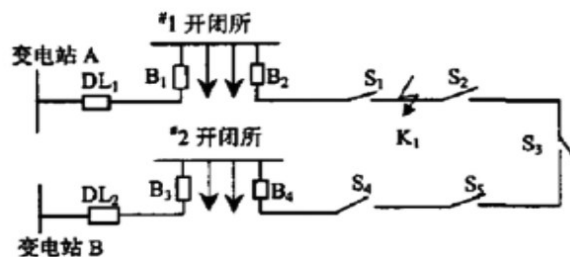


图3 环同电缆方式

5.2 架空配电网的优化

依据电流式重合器、分段器推动配网线路自动化环网供电实现主要是为了将运行条件降低,如负荷密

度不集中或受资金限制,操作方便简单,能将故障迅速隔离、供电迅速转移,能够有效提高电网供电可靠性^[4]。图4为例,CB1和CB2重合一次,T1为间隔;F1处有故障出现后,CB1断路器会检测到故障电流开断,而故障若是为永久性,CB1就无法成功重合,会将闭锁再次开断,而故障若为瞬间性,则会有成功重合,线路送电恢复。联络重合器是R3检测到失压T2后合闸,那么供电就成功转移。而有故障出现在F2时,故障电流开断会被出现断路器检测到,电流越限S1检测到,电流过零计数一次分闸时CB1会成功重合。

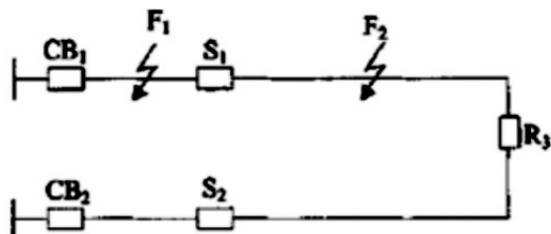


图4 重合器、分段器配合环网供电图

4.3 辐射状配电网优化

以辐射型单电源为主的供电方式仍广泛运用在市郊与农村配电网中,多台分段器、单台重合器的设置,加以配合有利于隔离与供电恢复自动化的实现。将一台能与多台分段器配合的重合器安装在辐射网络结构下的变电站断路器上,该重合器可实现二次重合功能,当有故障发生在线路时,在重合器的作用下可将电流切断,不但能将主变受到的近区短路的冲击次数减少,还能将重合器与分段器配合需要的二次重合问题解决。但是,该系统却存在一旦有故障发生,整个配网都会全部跳闸的缺点,周围无故障配网的供电可靠性也就会受到影响,而在后期维修时所需花费的人力、财力十分多,所以多在郊区使用。

5 配电网自动化相匹配的开关站保护配置方案

方案一:配电网开关站进出线开关采用断路器。开关站进线断路器在此类情况下可不加保护设置,开关站有断路线存在时可进行速度保护、反时限过流保护的设置。城区中压配电网配出线路一旦有短路的情况出现,继电保护都无法将时限、定值选择实现^[5]。其实,城区中压配电网配出线路短路后,开关站出线保护动作跳开断路器时,上一级中压变电所出口也会再次将断路器合上,如此一来也就能为配电网开关站恢复供电。

方案二:配电网开关站出线开关选用负荷开关,进线开关选用断路器。开关站出线断路器在此类情况下可不加保护设置,而进线断路器需进行速断保护、反时限过流保护的设置。城区中压配电网配出线路短路之后,继电保护也就无法将时限、定值的选择时限。其实,城区中压配电网配出线路短路后,开关站出线保护动作跳开断路器时,上一级中压变电所出口断路器动作跳闸,提供保护。此外,因变电所出口断路器加设了重合闸的缘故,在重合闸的动作下,变电所出口断路器会再次合上,如此一来能为开关站进线上区段恢复供电。同时,在微机自动化功能的作用下,配电网开关站可实时测试开关站各回路故障发生时的瞬间电流值,并将故障出现判别出来,跳开开关站进线断路器后并及时跳开故障线路负荷开关,在完成故障线路负荷开关跳开确认后,再次合上进线断路器,如此能为配电网开关站恢复供电。

6 结束语

电力系统通信在城市配电网自动化及网络结构优化的应用下得到了很大的改善,而电力通信领域中配电网的发展也极为可观。随着电网的不断发展,城市配电网自动化及网络结构优化具备了丰富的接口、灵活的组网、较高可靠性,故而能够发挥出更为重要的作用。城市配电网自动化及网络结构优化工程一旦实现,就必然能使整个传输网的可靠性及传输容量得到大幅度上升。

参考文献

- [1] 胡益飞, 谭超, 曹蕊蕊. 配网结构优化及配网自动化探讨[J]. 商品与质量, 2016(29): 33-34.
- [2] 吕春红, 公培彬, 李泉江. 中国城市配电网自动化与网络结构优化[J]. 工业2015(10): 318.
- [3] 席昌文. 配网结构优化及配网自动化探讨[J]. 华东科技: 学术版, 2015(10): 287.
- [4] 王东. 中国城市配电网自动化与网络结构优化[J]. 工业, 2015(49): 129-130.
- [5] 陈正邦. 城市配电网自动化与网络结构[J]. 低碳世界, 2015(21): 90-91.

作者简介

王国亮(1984—),河南安阳,学历:硕士,高级工程师、技师,研究方向:电力系统运行及电网规划研究。

(责任编辑:张峰亮)

变电站装配式钢结构优化设计

俞胜

(国网电力科学研究院,江苏 南京 211100)

摘要:为有效改善传统建设模式的制约,提高变电站建设全过程精益化管理和建设效率,推进现场机械化施工,实现智能变电站“标准化设计、工厂化加工、模块化建设”的要求。本文以变电站配电综合楼建筑为研究对象,进行装配式建筑结构形式、楼层体系等成套方案的研究。

关键词:钢结构;预制装配;优化设计

中图分类号: TM727

国家电网公司倡导的输变电工程的“两型三新一化”,就是在设计建设过程中,遵循“资源节约型、环境友好型和工业化”原则,积极采用“新技术、新材料、新工艺”。在通用设计基础上,遵循差异化原则,在确保安全可靠前提下,减少占地,降低建设和运行的总体成本,是落实科学发展观的重要体现。

建筑工业化、模块化是我国建筑业的发展方向。建筑工业化、模块化是在工厂环境中制造建筑构件,并运输至事先准备好的项目现场进行安装,又称为预制式建筑。

可持续性预制式建筑与传统建筑方式相比最明显的优势之一。同时,预制式构件建造过程本身避免了现场施工产生的环境影响和噪声污染,生产的产品在其生命周期内能源利用效率较高,产品在拆卸后依然有大量的材料及部品可再利用。

拥有更快的建造速度。与传统建造方式相比,预制式建筑由于是工业化生产,标准化设计,能达到更快的建造速度。

可以提供优质的产品。预制式建筑采用优质的建筑材料,由专业工厂标准化生产,在避免因劣质材料和恶劣天气影响施工质量的同时,可以通过标准化控制手段、现代化检测手段以及工业化生产手段保证建筑质量及质量的稳定性。

可以提供多样化产品。工业化生产不仅可以提供成套装修或未装修住宅产品外,还能为传统建筑方式生产提供部品构件,包括室内板墙系统、厨卫单元、外墙系统等等。

建设标准化、模块化智能变电站是按照变电站功能要求,实现变电站全过程“资源节约、环境友好”,推进标准化设计和模块化建设,降低变电站建设和运行成本,倡导国家电网公司变电站工程建设的方向,推

进标准化、模块化建设。其原则是:以人为本、环境友好,以用为先、简洁适用,创新优化、节约资源。

在设计理念上,要贯彻标准化设计,推行全过程和全寿命周期最优化设计,提高变电站建设的效率和效益。结构设计就要在遵循现行设计规程、规范的前提下,深化和完善变电站典型设计,推进标准化和工业化进程。

1 结构选型

与其他建筑结构形式相比,装配式建筑是一种最符合“绿色建筑”概念的结构形式。最适用于工厂化生产,可以装配式结构的设计、生产、施工、安装通过平台实现一体化,变“现场建造”为“工厂制造”,提高建筑的工业化和商品化水平。同时,其施工安装便捷,缩短施工周期,且可以实现现场干作业,降低环境污染,材料还可以回收利用,符合国家倡导的环境保护政策。

1.1 主要结构形式

配电综合楼由于工艺布置的需要,具有荷载大、跨度、空间大、防火要求高的特点,荷载等级已远超轻钢结构的适用范围,其结构装配体系与单层建筑相比有很大差异。目前常用的结构形式主要有现浇钢筋混凝土框架结构、钢框架结构、钢框架-支撑体系结构、预制式混凝土框架结构。

1.1.1 现浇混凝土结构

现浇混凝土结构指在现场原位支模并整体浇筑而成的混凝土结构。其主要工序:现场绑扎钢筋笼,现场制作构件模板,然后浇筑混凝土,主要为湿作业。

现浇混凝土结构缺点主要有必须在现场施工、工序繁多、需要养护、施工工期长,大量使用模板等。同时,钢筋混凝土结构的施工养护受作业人员的水平及

天气影响较大,建设质量及工期不易固定,且在混凝土体积大、养护情况不佳的情况下易开裂。

1.1.2 预制装配式混凝土框架(PC)结构

预制装配式混凝土框架(PC)结构体系在预制构件设计、连接、制造等领域均有一定的成果和经验但还不成熟,受制于产业化规模偏小、施工技术不成熟等问题的制约,普遍存在“快而不省”的局面,与传统现浇混凝土结构相比建设成本增加约10%左右。

预制装配式混凝土框架(PC)结构体系主要结构构件均采用工厂化生产,现场装配,仅梁柱连接节点需现场“湿作业”,可减少建设周期,提高施工质量,但存在运输、吊装困难等缺点。

1.1.3 钢结构

钢结构作为绿色环保产品,与传统的混凝土结构相比较,具有在环保节能、工厂化生产等方面具有明显优势。钢结构具有强度高、自重轻、抗震性能好、工业化程度高、外形美观、施工时间短、占地面积小、空间感强等一系列优点。在美国,低层建筑如两层楼以下的非居住型建筑市场已有70%以上采用钢结构,多层钢框架典型结构体系,但是钢结构存在耐火及耐腐蚀性能稍差、造价较高的缺点。

钢结构、预制式混凝土框架(PC)结构和现浇钢筋混凝土框架结构三种结构方案比选结果如表1所示。

1.2 结构方案选择

钢框架结构按照其抗侧力体系,可以分为无支撑钢框架结构和钢框架-支撑体系。无支撑钢框架是钢结构建筑的常用形式,沿房屋的纵向和横向均采用框架作为承重和抵抗侧力的主要构件所构成的结构体系。钢框架-支撑体系是一种理想的抗侧力体系,它是在钢框架体系的基础上演变而来,即在框架体系中的某一跨或某几跨间,沿框架竖向设置由框架梁、柱和支撑斜杆共同构成的支撑桁架,与钢框架一起共同承担侧向荷载。目前两种结构形式应用均较为广泛,建筑物可根据布置特点、建筑高度和抗震设防烈度等选择结构体系。

1.2.1 梁柱截面形式选择

目前钢结构设计中,钢柱截面主要有方钢、热轧H型钢、焊接工字钢等形式。选择合理的截面形式,可以利用截面的力学特性,达到减小用钢量的目

的。配电综合楼钢框架柱主要为双向压弯构件,通过PKPM软件中STS和satwe模块,选取H型钢和箱形柱两种截面形式进行对比分析,分析结果对比如表1所示。

表1 配电综合楼结构体系方案比较

比较内容	钢结构	预制式混凝土框架(PC)结构	现浇钢筋混凝土框架结构
结构性能	塑性韧性好、强度高、自重轻、施工机械化程度高、施工周期短、外部造型美观、可塑性强,适用于多层和高层建筑,具有优良的抗震性能。	结构特性一般,抗震节点构造措施复杂,适用于多层和高层建筑的结构。	具有良好的结构特性,为多层和高层建筑最常见的结构型式。
制造拼装	钢结构是实现工业化生产的理想结构型式,全部实现工厂化制作,现场拼装速度快,产品质量有保证。	预制混凝土柱、梁可实现工厂化生产,梁柱连接节点现场连接较为复杂,现场需二次“湿”作业;预制混凝土梁、柱运输吊装不便。	多数工作主要由手工劳动完成,现场湿作业生产效率低,施工工期偏长。
耐久年限	钢结构防腐耐久年限不小于15年,50年设计基准期需进行维护。	耐久年限不低于50年。	耐久年限不低于50年。
建筑防火	钢结构需涂装防火涂料,满足耐火极限要求。	防火性能良好,一般无需防护。	防火性能良好,一般无需防护
工程造价	约3500元/m ²	约3000元/m ²	约2800元/m ²

计算结果表明:两种截面的框架结构在整体刚度上相差不大,表现为前三周期基本相同,每延米钢材用钢量相当,考虑H型钢柱焊接变形小,加工、安装方便。因此配电综合楼优先采用H型钢柱,如表2所示。

表2 两种截面形式框架结构对比分析表

截面类型 类别	箱形柱 400×400×10×10	H型钢 HM488×300×11×18
第一周期/s	0.87	0.88
第二周期/s	0.84	0.85
第三周期/s	0.70(扭转)	0.73(扭转)
层间位移	1/1388	1/1222
最大长细比	82	112
每延米重量/kg	135	129

钢梁主要为受弯构件,推荐选用焊接H型截面,可根据实际跨度和受力特性,灵活调整钢梁高度和腹板、翼缘厚度。节点连接较为简单、灵活。

1.2.2 结构体系对比分析

假定配电综合楼为户内站,一栋楼方案。电气设备布置较为紧凑,受工艺布置影响,支撑布置常常受到限制。在不影响工艺专业布置的前提下,选取内侧纵横向框架各两跨布置柱间支撑。通过有限元软件PKPM中STS模块,对比配电综合楼纯框架结构和钢框架-支撑结构在不同侧向力作用下(设防烈度分别为6度0.05g、7度0.10g和8度0.20g)结构振型、周期、位移及用钢量变化趋势,并根据分析结果推荐配电综合楼最优设计方案。

种结构体系形式在3种设防烈度地震作用下,结构周期、位移比和柱、支撑截面统计、用钢量分析如表3、表4和表5所示。

表3 无支撑钢框架结构形式不同地震作用下对比表

地震作用类别	6度(0.05g)	7度(0.10g)	8度(0.20g)
第一周期/s	0.85	0.76	0.59
第二周期/s	0.83	0.74	0.57
第三周期/s	0.71(扭转)	0.63(扭转)	0.49(扭转)
层间位移	1/1388	1/610	1/492
框架柱	HM488×300×11×18	HM588×300×12×20	HN700×300×13×24

表4 钢框架-支撑结构形式不同地震作用下对比表

地震作用类别	6度(0.05g)	7度(0.10g)	8度(0.20g)
第一周期/s	0.62(扭转)	0.58(扭转)	0.53(扭转)
第二周期/s	0.45	0.44	0.43
第三周期/s	0.31	0.30	0.29
层间位移	1/2684	1/1643	1/937
框架柱	HM450×300×11×15 HM488×300×11×18	HM488×300×11×18	HM550×300×12×20
支撑	HW250×250	HW250×250	HW300×300

表5 无支撑钢框架与钢框架-支撑结构用钢量对比

地震作用项目	6度(0.05g)	7度(0.10g)	8度(0.20g)
无支撑钢框架	127 t	144 t	208 t
钢框架-支撑	128 t	128 t	137 t

由上述计算结果可知,无支撑钢框架结构布置较为规整,前两阶振型均为平动,第三阶振型为扭转,满足周期比的要求;钢框架-支撑结构体系由于需要考虑电气专业设备布置、运输通道和建筑造型,支撑位置受限,虽然能够提供更好的侧向刚度有效减小结构侧移,但是结构整体抗扭转刚度较小,结构体系第一振型为扭转,对抗震不利。

在抗震设防烈度为6度时,对二层钢结构地震作用基本不起控制作用,无支撑钢框架和钢框架-支撑结构均能提供较好的侧向刚度,两者用钢量大体相当;随着抗震设防烈度的提高,地震作用逐渐增大,钢框架-支撑结构体系的优势越发明显,在有效控制侧移的同时,大大减小了用钢量;纯框架结构为了减小侧移,需不断加大梁柱截面,方可满足抗震要求,使得梁柱截面明显增加,用钢量大幅上升。因此配电综合楼推荐采用无支撑钢框架结构。

1.3 楼、屋面结构选型

常见屋面板结构有:全现浇混凝土楼板、装配整体式混凝土楼板、钢骨架轻型屋面板、钢筋桁架楼承板组合楼板、压型钢板组合楼板、装配式预制混凝土板。其中全现浇混凝土楼板、装配整体式混凝土楼板与钢结构梁的连接不适用于钢结构体系。

1.3.1 装配式预制混凝土板

预制装配式钢筋混凝土楼板是在工厂或现场预制好的楼板,然后人工或机械吊装到房屋上经灌缝而成。此做法可节省模板,改善劳动条件,提高效率,缩短工期,促进工业化水平。但预制楼板的整体性不好,灵活性也不如现浇板,更不宜在楼板上穿洞。

1.3.2 压型钢板组合楼板

压型钢板组合楼板,适用于钢框架结构中的整浇楼面、屋面,即用压型钢板为底板模板,现场绑扎钢筋,后再浇注混凝土系形成的组合楼板。压型板轻便,易于搬运和架设,不易发生火灾,便于铺设通讯、电力、通风、采暖等管线,运输、储存、堆放和装卸都极为方便,安全性能可靠。

1.3.3 钢筋桁架楼承板(V型和M型)组合楼板

钢筋桁架楼承板是将楼板中的钢筋在工厂采用进口设备加工成钢筋桁架,并将钢筋桁架与镀锌钢板在工厂焊接成一体的组合模板。

传统的钢筋桁架楼承板(V型)在桁架腹杆与压型钢板焊接节点处,由于焊接时产生的高温融化了压型钢板表面的镀锌层,失去了镀锌层的保护,钢板底模的耐久性变差,在使用过程出现锈蚀的现象;同时因为顶棚不做吊顶等二次装修,从感官上底模表面的焊点也影响了整体效果。厂家在此开发出了一种新型的钢筋桁架楼承板(M型)。

M型优点:M型采用直立肋设计,直立肋宽度达2~3 mm,与钢筋桁架腹杆钢筋的焊点承载力约为普通V型肋板型焊点承载力的1.5倍。钢筋桁架与底模焊点的距离约5 mm、底模无焊点、无锈点、无孔洞,底面平整美观。较普通“V”型钢筋桁架楼承板有更强的焊点承载力。

(M型)钢筋桁架楼承板能轻松地完成双向板施工及使用,在钢结构倒装法施工中,最大无支撑间距可达5 m以上,铺设时临时固定简便,机电线管加设方便,临时开洞基本无需加固。

从总体比较来看,钢筋桁架板要比普通楼承板节省很多,主要体现在现场钢筋捆扎量节省一半以上,临时支撑量和现场人工及管理费用大大减少,无需抗剪和防火报告,后期没有维护费用。

1.3.4 楼板结构体系对比分析

表6 楼板结构体系方案比较

比较内容	钢筋桁架楼承板	装配预制混凝土板	压型钢板组合楼板
结构性能	钢筋加工成桁架,不用支模拆模;楼盖平面整体刚度好。	预制楼板的整体性不好,灵活性也不如现浇板	压型钢板和上浇筑混凝土形组合楼板,整体性较好。
制造拼装	现场浇筑,工厂化程度高;质量有保证;方便施工,现场钢筋工作小。	工厂预制好楼板,机械吊装到房屋上经灌缝而成,运输吊装、现场拼装较困难	工厂化程度低,现场钢筋绑扎工作量较大。
耐久年限	耐久年限不低于50年。	耐久年限不低于50年。	耐久年限不低于50年。
建筑防火	防火性能好。	防火性能好。	防火性能好。
价格	90~140元/m ²	90~140元/m ²	40~60元/m ²
楼板综合造价	180~230元/m ²	180~230元/m ²	190~210元/m ²

如表6所示,3种装配式楼板体系综合造价基本相当,钢筋桁架楼承板与装配式预制混凝土压型钢板组合楼板相比,其结构性能、工厂制作、现场拼装方面较优,满足“标准化设计、工厂化加工、装配式建设”要求。

通过对钢结构、现浇钢筋混凝土框架结构、预制式混凝土框架结构3种常见结构形式优缺点进行对比分析,并综合考虑本站配电综合楼的受力和布置特点,推荐采用钢结构。

对H型钢、箱形柱2种截面类型框架柱进行受力分析,结果表明:2种截面的框架结构在整体刚度上相差不大,每延米钢材用钢量相当,考虑H型钢柱焊接变形小,加工、安装方便。因此配电综合楼优先采用H型

钢柱。钢梁选用H型截面,可根据计算结果灵活调整梁高和腹板、翼缘厚度,且节点连接较为简单、灵活。

由计算分析可知,抗震设防烈度较低时,地震作用较小,无支撑钢框架和钢框架-支撑结构均能提供较好的侧向刚度;随着抗震设防烈度的提高,地震作用逐渐增大,钢框架-支撑结构体系的优势越发明显,在有效控制侧移的同时,大大减小了用钢量;纯框架结构为了减小侧移,需不断加大梁柱截面,使得梁柱强度没有充分利用。

屋面采用钢筋桁架楼承板组合楼板,大量降低现场钢筋绑扎工作量。具有轻型大跨、预制装配、快速施工的特点,符合装配式结构的要求。

2 钢结构防腐和节点设计

2.1 钢结构防腐

2.1.1 冷喷锌防腐

冷喷锌工艺是通过涂装工艺在金属构件表面形成锌金属保护膜(锌盾),具有阴极保护(阳极牺牲)功能。冷喷锌材料经常温喷涂干燥后,镀层中纯锌含量在96%以上,这是冷喷锌与普通富锌类涂料的根本区别。

2.1.2 热镀锌防腐

热镀锌防腐是将金属构件表面经过预处理后全部浸入某种熔融金属溶液里,熔融金属与构件表面形成的冶金界面经过扩散形成金属覆盖层以达到防腐目的。热镀锌工艺的优点是金属覆盖层和基层结合很好,防腐蚀性较热喷涂高,但也存在热镀锌层易脱落,工件表面粗糙度低,涂层结合力差,污染环境等问题。

2.1.3 有机涂层防腐

有机涂层防腐方法是1种常用的钢结构防腐蚀方法,有机涂层防腐方法的防腐年限一般最长为10年,局部处理不当的防腐薄弱环节1~2年后就会出现锈蚀。而变电工程使用寿命一般为40~50年,在寿命周期内必须进行数次防腐维修,加上变电站需要长效运行,要尽可能避免停电检修,因此,有机涂层腐蚀防护在变电工程应用中有一定局限性。

2.1.4 防腐方案比较

有机涂层的防腐年限最长不超过10年,一般5—7年后必须进行彻底重涂。在30年的使用周期内,冷喷锌防腐方案总体费用为一次性投入费用。冷喷锌与有机涂层防腐方案经济性比较如表7所示。

表7 冷喷锌与有机涂层防腐方案经济性比较

防腐方式	首次防腐费用 /元·m ⁻²	防腐年限/年	重涂方式	年防腐费用 /元·m ⁻²
冷喷锌	55~64	30	免维护	1.83~2.13
有机涂层	38~45	10	5~7年左右须重涂	8.56~8.8

现只比较冷喷锌与热镀锌防腐方案的经济性,如表8所示。

表8 冷喷锌与热镀锌防腐方案经济性比较

防腐方式	首次防腐材料费用 /元·t ⁻¹	破损修复方式	防腐年限	维修方式	环保性能
冷喷锌	1200	冷喷锌现场覆涂,修补处防腐性能与未修补处一致	>30年	免维护	无三废
热镀锌	1400~1800	采用环氧富锌涂料修补,修复处为防腐薄弱处	>30年	免维护	污染较大

由表8可知,冷喷锌防腐方案的经济性明显比热镀锌方案好,它有效克服了热镀锌的缺点,防腐性能优越,适应性广,维护和修补方便,节能环保,全寿命周期成本低,具有明显的社会效益。

在室内环境下,冷喷锌涂料具有与热浸锌相当的防腐蚀性性能,提供阴极保护及屏障保护双重功能,可常温便捷施工,方便修复,与传统防腐涂料相比,大幅提高钢结构防腐耐久年限,减少后期维护,因此本文推荐主要钢结构采用冷喷锌进行防腐处理。

2.2 节点设计

钢框架梁柱连接节点的基本设计原则就是节点必须能够完全传递被连接板件的弯矩和剪力,充分发挥钢材的塑性性能,保证钢框架梁柱节点在地震作用下少发生甚至不发生脆性破坏。

在抗震设计中,直接的满焊连接无法满足要求,要通过抗震措施来加强。本文建议采用加强梁端截面并将塑性较自梁端外移来避免强震下梁柱连接处焊缝破坏的做法,目的相对地加大了梁端的局部截面,减小了该处的局部应力,确保结构发生延性破坏,保证在大震作用下,实现大震不倒的抗震设计目

标。

钢结构框架连接节点采用翼缘焊接、腹板栓接的连接形式,保持上翼缘平整,腹板采用10.9级高强螺栓,承载力高、抗震性能好,减少现场焊接工作量。

3 结束语

针对标准配送式变电站“标准化设计、工厂化加工、装配式建设”的要求,综合考虑装配型式、材料选择等因素,运用预制装配新技术、新材料,对建筑平面布置、结构选型、楼、屋面体系、高强钢选用、防腐处理、节点设计等方面进行方案比选优化,推荐采用无支撑钢框架和钢筋桁架楼承板结构体系,具有工业化程度高、外形美观、绿色、节能环保等一系列优点。

采用钢结构装配结构体系,具有抗震性能好、施工速度快、工业化程度高、外形美观、绿色、环保等一系列优点,利于围护、拆卸方便,建筑结构预制率达95%。

综合对比抗震设防烈度为6~8度时,无支撑钢框架和钢框架-支撑2种结构体系的结构性能和用钢量,在地震烈度较低(6度)时,两者用钢量基本相当,结构位移变形较小,无支撑钢框架层间位移1/1388,远远小于规范要求,地震对结构不起控制作用。本文推荐采用无支撑钢框架结构,在用钢量基本相当的情况下,实现较大的室内空间,方便设备管线布置,减少构件件数量,施工更加快捷。

对H型钢、箱形柱2种截面类型框架柱进行受力分析,2种截面的框架结构在整体刚度上相差不大,每延米钢材用钢量相当,考虑H型钢柱焊接变形小,加工、安装方便。因此变电站配电综合楼优先采用H型钢柱。

全楼框架柱统一归并为1种截面HM488×300×11×18,框架梁采用焊接H型钢,方便施工和钢材采购。

屋面采用新型钢筋桁架楼承板(M型)组合楼板,压型钢板底模采用直肋设计,M型钢筋桁架腹杆钢筋的焊点承载力约为普通V型肋板型的1.5倍且钢筋桁架腹杆与直肋焊点与底模距离约5mm,底模无焊点、底面平整美观、耐久性能好。

经分析比较采用冷喷锌防腐,其具备热镀锌及富锌涂料的双重优点,可常温便捷施工,广泛适用于各

种钢铁构件与设施,长效、环保,可实现20年免维护,定期维护后使用寿命50年的要求。

钢结构采用翼缘焊接,腹板10.9级高强度螺栓栓接的连接形式,现场安装快捷、高效,结构抗震性能好。

参考文献

- [1] 中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会. 装配式钢结构建筑技术研究及应用[M]. 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] 张必胜, 王宇坤, 班洁. 标准配送式智能变电站工程装配式建筑物的应用[J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2014(10):22-24.
- [3] 钮鹏, 姜继红, 梁栋. 装配式钢结构设计与施工[M]. 清华大学出版社, 2015.
- [4] 装配式钢结构建筑技术标准: GB/T 51232-2016[S]. 中国建筑工业出版社, 2016.
- [5] 中国建筑标准设计研究院. 装配式建筑系列标准应用实施指南[M]. 中国建筑工业出版社, 2016.
- [6] 陈传新, 程超, 李志. 变电工程钢结构防腐方法选择[J]. 电力建设, 2009(3):33-35.
- [7] 马晓爽. 变电站钢结构防腐设计研究[J]. 科技资讯, 2011(11):19-21.
- [8] 刘勇, 李风雷, 刘建秋. 变电站户外钢构支架的腐蚀和防护研究[J]. 工业建筑, 2012(8):26-37.
- [9] 聂正春, 李明全. 钢结构节点抗震措施简述[J]. 四川建筑, 2010(12):50-52.

作者简介

俞胜(1974-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向包括智能电网、电力系统规划设计与运行、电力市场管理等。

(责任编辑:张峰亮)

资讯

广东电网机巡第一时间起飞开展勘灾抢修

9月17日10:00,一台有人直升机在江门起飞,计划对中山500kV狮桂甲乙线等灾后线路进行有人直升机特巡作业。利用直升机、无人机,可实现高效、快速电网巡查及勘灾,为整体应急抢修部署提供关键数据支撑。今年台风山竹来临前,该公司20架固定翼无人机在湛江、茂名、阳江集中开展防风特巡作业,累计完成1823km防风特巡,共发现17处隐患并全部及时整改,大大降低了台风带来的损害。同时根据台风路径变化及时转场粤东,将作业能力突出的油动固定翼无人机全部安置在核心变电站、发电厂、线路走廊密集区域附近周边。

来源:中国电力新闻网

10 kV 配电网架空线路运行检修带电作业研究

隋喆¹, 周军², 窦娟²

(1. 国网陕西省电力公司, 陕西 西安 710048; 2. 国网咸阳供电公司, 陕西 西安 710048)

摘要: 配网带电作业是确保电力基础设施安全运行的有效措施, 可以促进供电服务质量的提高, 使人们的正常生活和企业的安全生产得到保证。笔者结合自身工作实践经验, 阐述了10 kV配网带电作业在线路运行检修中的优势, 对10 kV配网架空线路带电操作的特点进行了探讨, 提出了带电作业的安全注意事项, 以供参考。

关键词: 10 kV配网架空线路; 带电作业; 运行检修

中图分类号: TM755

随着人们对电能质量要求的不断提升, 供电公司也要不断提升供电的安全性, 做好对10 kV配电网架空线路的相关检验工作。同时, 在对10 kV配电网架空线路实际检修的过程中, 带电维修作业所发挥出来的作用也极其明显, 所以对10 kV配电网架空线路运行检修带电作业予以深入的研究具有重要的现实意义。

1 10 kV 配电网带电作业在线路运行检修中的优势

1.1 缩短工作时间, 减少工作量

正常停电检修须展开相应安全技术措施, 停、送电和挂、拆接地线会耗时较长。例如, 对10 kV进行五个检修作业项目, 停电检修平均工作实践在3.8 h左右, 需要4~8位作业人员, 不少于2台作业用车; 而运用带电作业检修通常需要花费2.15 h, 最多需要4名工作人员, 作业车辆1台即可。虽然带电作业最开始成本投入较大, 但立足于长远的角度, 停电工作时运行相比而言, 人力和物力的付出有所减少, 车辆和人员在往返集结过程中的无效费用和工时得到了降低。

1.2 提高供电可靠性

据相关资料统计显示, 2015年, 我国因停电导致的直接损失高达800亿元。以此为基础, 在我国10 kV配电网带电维修作业的深入开展下, 使社会停电时间得到了显著降低, 进而有效挽回了因停电导致的经济损失, 促使供电可靠性的提高。

1.3 及时处理线路缺陷

10 kV配电网带电作业方法具有快速、方便的特

点, 设备发生故障时, 作业人员不用像过去的停电作业方法, 先告知沿线用户, 让其提前做好准备, 只须要第一时间借助绝缘防护工作处理线路缺陷, 就能把线路检修工作完成。促进了10 kV配电网线路抢修效率的提高, 使电量损失有效减少。

2 10 kV 配电网架空线路带电操作的特点

2.1 10 kV 配电网线路带电作业方式

明确10 kV配电网线路带电作业的相关划分方式, 能够有效地掌握带电作业的方法与工具, 以此来提升带电作业的效率。

结合相关作业工具, 能够将10 kV配电网线路带电作业有效地划分为绝缘杆、绝缘手套以及综合不停电作业法3种, 而就带电作业的相关基本方式而言, 能够将划分为中间电位、等电位以及间接作业法3种。其中, 中间电位作业法还可以被称为绝缘手套法; 等电位作业法又被叫作同电位作业法或直接作业法; 间接作业法还可以被称为低电位与零电位作业法。

2.2 10 kV 配电网带电作业方法的特殊性

10 kV配电网线路带电作业法所具备的特殊性主要表现在: 第一, 其与等电位作业法之间不适用。这主要是因为10 kV配电网线路电压不高, 相互之间的距离很近, 同时配电设备非常密集, 且复杂性较强, 使带电作业的空间范围受到了限制, 带电作业工作人员的工作难度由此加大。工作人员在作业过程中发生线路短路的现象频率较高。由此可以看出, 等电位作业方法在10 kV配电网线路带电作业中并

不适用。

第二,带电作业离不开多重的绝缘保护。保证10 kV带电作业的安全性应展开多重绝缘保护,例如绝缘斗臂车当中的绝缘工作斗是带电作业多重绝缘保护体当中的主绝缘体。多重绝缘保护能够有效避免带电作业因为电路带电而导致的安全事故。

第三,绝缘手套作业法是10 kV配电网架空线路主要采用的方法。同时还需要采取相关辅助工作技术方式,即绝缘杆作业法。带电作业的工作人员须通过绝缘设备来进行具体的维护与检修工作。绝缘杆在这一环节中可要求工作人员和检修的带电体保持适当距离,在保证安全的同时维护操作带电体。

第四,10 kV配电网线路带电作业的安全技术。安全技术是使操作人员安全性得到保证的重要途径。具备技术措施的支撑,可以促进带电作业安全性的提高。

3 带电作业的安全注意事项

3.1 带电作业人员应注意的事项

带电作业的工作人员应接受专业培训,通过考试后,才可以持证上岗。同时,带电作业人员还应对相关工作操作规范、规程和及时导则等相关知识予以熟悉,可以运用有效的触电急救方法和紧急救护方法。供电公司在这一过程中还应对建立健全培训制度,固定带电工种。

3.2 10 kV 配电网线路带电作业的安全措施

除此之外,电力工作人员还需要积极提高10 kV配电网线路带电作业安全性。在日常作业的过程中,有效地掌握带电作业的基本原理与方法,熟知绝缘工具的实际运用范围。此外,作业人员还需要深入学习《配电线路带电作业技术导则》《电业安全工作规程》等文件,并根据各项规范展开作业。除此之外,为了提高配电网带电作业效率,电力企业还需要科学地对各类设备进行管理,并分类管理各类设备,提高作业的可靠性和安全性。

在带电作业管理中,电力企业需要对各级管理部门的职责予以明确,安排专业人员组建成督察小组,从而实时管理带电作业,有效提高各项效益。此外,还要积极建立带电作业情报交流机制,及时掌握带电作业动态。

根据我国电力行业的相关规章制度来说,通常而言,在雨、雾、雷等天气不好的情况下,电力技术人员不能展开任何形式的带电作业。

3.3 明确带电作业的工作规范和管理制度

要想确保配电网架空线路在带电作业方面所具备的安全性,须明确带电作业的相关管理制度以及工作规范,让带电作业管理能够得到有效的保障,所以供电企业应对管理部门的具体职责予以详细的划分,结合10 kV配电网线路带电作业的相关特点,安排专职专责。

其次,供电企业还须设置技术管理机制,通过技术管理能够对带电作业的相关项目予以有效的开发,同时把技术管理工作做好,还能保管好技术管理资料,以此来夯实后续工作顺利实施的基础。

另外,还须认真执行带电作业指导书以及相关工作制度,促进工作效率的提升。

4 结束语

带电作业即为在高压电设备上展开电力检修和电力测试的一种作业方法,也是防止停电,确保电力正常供应的有效手段。10 kV配电网架空线路开展带电作业尤为重要,通过带电作业,可以有效提升供电稳定性与安全性;在实际的操作中,应高度重视带电操作,应用行之有效的操作方法,增强学习与培训,构建出完善的操作规范,以此来促进作业安全的有效提升,防止发生事故,从而实现经济效益和社会效益的最大化。

参考文献

- [1] 解经天. 10 kV带电作业在配电网架空线路应用探索[J]. 华东科技: 学术版, 2017(12): 302-302.
- [2] 李文献. 10 kV配电网架空线路运行检修带电作业解析[J]. 中国战略新兴产业, 2017(48).
- [3] 邱雁庄, 范义. 输电线路状态检修及其带电作业[J]. 工程技术: 引文版, 2017(1): 00197-00197.
- [4] 袁立伟. 浅谈10 kV配电网架空线路运行带电检修特点及措施[J]. 中国新技术新产品, 2017(22): 67-68.
- [5] 董晓智. 浅谈10 kV配电网架空线路运行检修带电作业[J]. 工程技术: 文摘版, 2016(5): 00152-00152.
- [6] 杨连森. 基于10 kV配电网架空线路运行检修带电作业研究[J]. 军民两用技术与产品, 2016(4): 92-92.

(责任编辑:刘艳玲)

高压电缆交叉互联系统 接地线夹发热的技术探讨

张鑫, 王小龙, 丁宝帅, 林胜辉, 王晶晶

(国网辽宁省电力有限公司营口供电公司, 辽宁 营口 115000)

摘要: 针对一起高压电缆交叉互联系统接地线夹严重发热缺陷, 通过对该交叉互联系统接地线夹发热查因和对其发热所致的潜在风险分析, 提出交叉互联系统接地线夹发热紧急带电处理的方法: 通过加装临时引流线, 可充分分流电流达90%以上, 30 min内降低发热点温度到常温。该方法也适用于同类电缆交叉互联系统接地线、单段电缆线保户端接地线被盗或损坏的缺陷处理。能有效解决重要保供线路申请停电难的问题, 大大提高消缺效率, 同时还为进行带电处理接地线发热作业的人员提供可靠的安全保障。

关键词: 高压电缆; 交叉互联系统; 接地; 发热; 带电处理

中图分类号: TM247

高压输电电缆由于安全稳定、供电质量优、对环境要好等多方面的优势而广泛应用于城市电网新建及技改工程之中。在如此高速增长的态势下, 运行中发现的缺陷也存在多样性。快速处理缺陷尤为重要, 高压电缆缺陷的带电消除是保障供电的可靠手段。

本文以220 kV电缆04号终端交叉互联系统总接地线夹发热缺陷处理为例, 通过对常温下与异常发热接地线护套环流的测量与比较, 分析了发热原因, 阐述此缺陷存在的风险, 提出了带电快速处理缺陷的方法和建议。

1 设备概况

220 kV线路为架空和电缆混合线路, 220 kV线路电缆为T接电缆, 于2005年竣工投运, 电缆长6.65 km。

2 事故发生

某运维中心值班员在巡视中, 发现220 kV某线电缆交叉互联系统接地箱的总接地端发热, 夜间肉眼能观察到接电线连接构架的线夹位置发红现象, 如图1所示, 联板处的连接螺栓严重烧损。



图1 接地线夹发热发红位置

事件发生后, 变电运维室立即组织班组人员到现场进行金属护套接地环流测试和发热点红外线测温工作, 并制定消缺计划。

3 缺陷分析

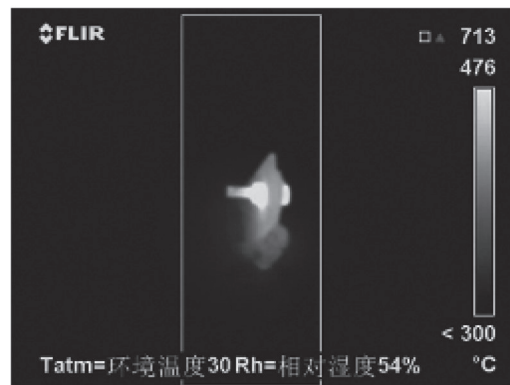


图2 接地线夹发热点红外成像图

次日, 运维班组人员到现场使用红外成像仪测量发热点温度高达713 °C, 如图2所示。使用钳形电流表测量此端护套环流A相为11.2 A、B相为16 A及C相为19.1 A, 总接电为18.7 A电流。发热点联板对地电压为2 V, 当前负荷为398.2 A。为排除是否存在环流或其他电流入侵, 电缆班组人员对交叉互联系统的另一端进行护套电流的测量, 得出A相16.4 A、B相为18.9 A及C相为11.6 A, 总接电电流为10.3 A。在正常运行时, 如图3所示。03号与04号电缆终端两端交叉互联系统的接地电流A相与B相约等于16 A, B相与C相约等于19 A, C相与A相约等于11 A, 因为所测的电流相差不大, 所以可以判断为正常运行的感

应电流。如果两对应的电流相差过大,应查找原因,可能存在电缆护套击穿产生环流,或站内接电线多点接地产生大电流,从而产生接触点发热。本文重点分析接电点发热处理过程及安全注意事项,对于接地环流过大产生的原因未做分析和探讨。

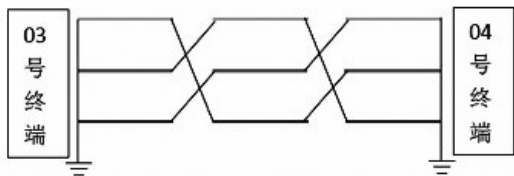


图3 交叉互联图

根据《输电设备缺陷标准库(运行分册)2015版》规定:发热点温度大于 130°C ;高于正常发热点部位的温差 40°C 以上;相对温差大于95%,且发热点温升大于 15°C 时的单芯电缆接地线缺陷为紧急缺陷,需要在24 h内处理修复。当前缺陷即属于紧急缺陷。

4 缺陷带电处理

4.1 带电处理的使用范围及注意事项

电缆交叉互联系统接地线夹严重发热缺陷,因考虑到人员及设备的安全,通常缺陷处理方法是对线路进行停电处理。

由于紧急缺陷消缺时限短,申请停电作业处理较为耗时,考虑负荷、时间等因素限制,电缆班组人员决定带电修复该电缆交叉互联系统接地线夹发热。

为保证带电作业时人身安全,应关注天气、作业环境、线路带电作业时的可靠性要求。

一是,带电作业应选择天气良好时进行,禁止雷雨天气进行,并且关注线路安全区域的天气情况,因为雷雨天气造成的线路跳闸,会对带电作业人员造成伤害。

二是,因为该变电站电力系统中主变经中性点接地,一旦线路发生短路故障,故障电流经接地线与大地构成回路,此时接触接地线将造成人员伤害事故,所以应检查电缆线路全线的安全性,以免线路外力破坏事故造成线路跳闸。

三是,同时应关注同一变电站输电线路出线的运行情况,因为如果其他线路发生短路故障,故障电流也会存在通过此处接电线与大地构成回路。必要时将安排人员对线路进行带电修复作业过程中的特殊巡视。

四是,如果条件允许,带电作业宜选择线路负荷较低时段进行。因为当线路负荷电流较低时,电缆金属护套产生的感应电流也比较小,从而在带电作业时更利于保证作业人员的人身安全。

4.2 带电作业的进行

作业前工具材料准备:绝缘手套,引流线,电流钳表,测温仪,打磨工、接地电缆、线耳、螺栓等。

作业步骤如下。

第一,带电修复前,测温电缆金属护套接地电流(交叉互联系统两端接地均需要测量),测发热点电压,测量发热点温度。

第二,打开接地箱盖,戴好绝缘手套,在总接电线端子联板处并联安装一条临时引流接地线,如图4所示,使其接电电流从发热接电线转移到临时引流接电线流向大地,分别测量发热接地线和临时接地线的接地电流,如图5所示,对比第一步骤中测量电流值,判别电流是否已转移至临时引流线流向大地,分别测量临时引流线及发热接地线各连接点温度。



图4 安装临时引流接地线

第三,待发热点温度降低后(为了快速降温,可以在发热点浇水冷却),拆除接地线发热点线夹联板,再次测量临时引流线上接地电流及温度,确定接地电流已安全转到引流线上。

第四,观察联板接触面,将锈蚀、发热损伤部分充分打磨后重新将接地线线夹可靠安装,如损伤至无法修复时需要换新的接地线,如图6所示。安装完成后测量接地线线夹与联板接触面的接地电阻为 $3\ \mu\Omega$,

接地电阻低于 $20\ \mu\Omega$ 为合格。根据笔者多年的工作经验,此类联板的接触电阻可达到低于 $5\ \mu\Omega$ 以下。



图5 测量临时接地线的接地电流



图6 测量接地线线夹及联板接触面间接地电阻
第五,拆除临时引流线,测量修复后的接地线接地电流及各接触面的温度。

4.3 带电处理效果检测与分析

完成消缺工作后,对电缆护套的接电电流进行测量,发热点进行红外测温,测得各项数据符合要求。

该起高压电缆交叉互联系统接地线夹严重发热缺陷带电处理方法高效、安全、可靠。其关键步骤在于加装临时引流线,通过临时引流线的分流作用,可减少流过发热接地线的电流大小,降低发热点温度,为检修人员提供安全的作业环境。

通过运行实践可知:接地线于联板接不紧密位置的发热,通过加装临时引流线,可充分分流电流达90%以上,30 min内降低发热点温度 $<30\ ^\circ\text{C}$ (此时环境温度为 $30\ ^\circ\text{C}$)为快速降温,可以在发热点用浇水冷却。若线路负荷较重,接电环流值较大时,可通过增加临时引流线的截面、数量,增大其分流流量,使人员在发热点位置带电处理时更安全可靠。

5 措施和建议

接地线线夹发热产生原因:接触不良、护套过电压或长期大电流运行等。线路故障时流过故障电流,大电流通过会使螺栓产生刚性变形,从而无法起到固定线夹的作用。针对上述原因,提出如下预控措施。

严把验收关,检查新电缆线路的交叉互联系统接地线安装是否与设计一致,各接触面的接地电阻是否合格,接地线线夹与联板是否充分接触。

按照《输变电线路运维策略及管控机制实施细则》,做好定期定量的测温、护套环流测量、电缆线路预试定检工作,及时发现问题设备。

做好故障线路特殊巡视工作,包含该线路的交叉互联系统检查、跟踪测温,护套电流测量等项目。

对电缆运行人员开展测温、护套环流测量等培训。

6 结束语

针对该起高压电缆交叉互联系统接地线夹严重发热缺陷,提出一种通过增加引流线分流,减少发热点环流,降低发热点温度的带电处理方法,解决重要保供电线路申请停电难的问题,大大提高消缺效率,同时还为进行带电处理接电线发热作业的人员提供可靠的安全保障,为以后发生同类型事故的快速处理提供可行性建议与方法。

此带电处理方法也适用于同类型电缆交叉互联系统接地线、单段电缆带保护端接地线被盗或损坏的缺陷处理。

参考文献

- [1] 带电设备红外线诊断应用规范: DL/T 664—2008[S].
- [2] 输变电设备缺陷标准库(运行分册)[S]. 2015.
- [3] 程琳,都小利,田彦,等. 基于接地线电流的电力电缆故障诊断方法研究[J]. 电线电缆, 2017, (06):32—35.
- [4] 杨巧源. 高压电缆终端接头联板应用电阻测法预防发热的探讨[J]. 高电压技术, 2011, 37.
- [5] 高青松,杨靖. 电力电缆故障诊断研究综述[J]. 贵州电力技术, 2016, (05):54—58.

作者简介

张鑫(1982—),男,硕士,汉族,辽宁省营口市人,工作于国网辽宁省电力有限公司营口供电公司。

(责任编辑:刘艳玲)

10 kV 户外柱上 隔离开关的正确使用和维护

刘克礼

(国网淇县供电公司, 河南 淇县 456750)

10 kV 柱上隔离开关是一种主要用于“隔离电源、倒闸操作、连通和切断小电流电路, 无灭弧功能”的开关器件, 具有结构简单、经济实用、操作方便的特点。因其具有在分位置时, 触头间有符合规定要求的绝缘距离和明显的断开标志; 在合位置时, 能承载正常回路条件下的电流及在规定时间内异常条件(例如短路)下的电流的开关设备。给架空线路检修创造了一个安全作业环境, 增强了作业人员的安全性, 所以在农村 10 kV 架空配电线路应用非常广泛。本文主要针对单极户外隔离开关相关问题进行探讨。

1 隔离开关的主要故障分析

由于受酸雨侵蚀、粉尘污染、制造缺陷、设计和维护不当, 长期过负荷等因素影响, 隔离开关在运行中存在锈蚀氧化、传动卡涩、接头发热、接触不良、瓷绝缘子裂纹等问题, 给电网的安全稳定运行和人身安全造成很大的隐患。

产品质量。尽管对电力设备的采购逐步实行标准化管理和集中规模招标, 产品问题仍然是诱发故障主要因素之一, 主要表现是制造工艺粗糙, 弹簧弹性不好, 触头接触不够紧密, 容易造成火花, 甚至由于弹簧弹性不好, 导致运行中触头自动脱落。另外铁构件部分防腐工艺处置简单, 运行后严重锈蚀, 影响分合。

接触部分过热。过热原因较多, 主要是压紧弹簧的弹性减弱, 或压紧弹簧的螺栓松动所造成的, 其次是接触部分的表面氧化, 主要是铜铝接触引起氧化, 使电阻增加, 温度升高, 高温又使氧化加剧, 循环下去会造成事故。接触面接触不严密引起氧化。再次, 接触面小, 由于操作不到位, 引起触头接触面位置不正确造成接触不良而发热。

绝缘子损坏。操作隔离开关时用力过猛, 或隔离

开关与引线连接得较差, 造成瓷瓶断裂。另外因脏污而发生污闪事故, 在雨雪或雷雨天出现表面放电现象(闪络)而损坏, 或者绝缘子本身质量欠佳而损坏。

隔离开关分合故障。隔离开关的操动机构或开关本身的转动部分生锈, 会引起分合不灵的故障。若是冬天, 则要考虑冻结。隔离开关和静触头严重发热, 也会熔接在一起造成失灵。由于弹簧弹性不好, 也会出现触刀自动脱落导致线路不能正常运行。

引线联接部位故障。主要是因为隔离开关和引流线通过铜铝过渡线夹。型号选用不当, 压接工艺处置不当, 均容易导致故障发生。铜铝过渡设备线夹最好选用钎焊的铜铝过渡设备线夹, 现在好多磨擦焊的铜铝过渡设备线夹发生断裂, 每年都会有多次这样的事发生, 造成的损失很大, 最好选用钎焊的。其次, 螺栓、设备线夹与导线在分合操作时震动, 使螺栓、设备线夹处出现松动变形引起发热。

外力破坏和操作不当导致隔离开关损坏。鸟害和异物等对设备损坏是近年来的主要故障原因之一。另外操作不当, 也是故障频发的一大原因。架空线路隔离开关考虑到树木和其他安全情况, 一般装设高度较高, 地面操作距离不够, 须借助绝缘操作杆进行操作, 一般绝缘操作杆是三节一副, 可在地面正常操作对地 5 m 以下的工具。

2 防止柱上隔离开关故障的主要对策

2.1 注重隔离开关的安装图施工设计和合理选型

正确选择安装位置。10 kV 公共配电网不建议单独安装隔离开关, 主干电缆两端不应该安装隔离开关, 现有的应逐步拆除。配变高压侧不建议单独安装隔离开关, 应根据容量大小配置跌落式熔断器或断路器, 装设有跌落式熔断器的变压器高压侧, 无必要再配置隔离开关。主干线路断路器两侧应装设隔离开关。另外较大分支线电源侧要装设断路器, 所以配合

断路器应装设隔离开关。用户分解处安装智能分界开关,所以也要配置隔离开关。具体型号一般选用单极GW9或则HGW9。另外负荷较小的分支线,不建议直接安装隔离开关,可选配跌落式熔断器,起到一定的保护作用,同时也具备明显的断开点。

注意设计深度。安装支架采用热镀锌产品,固定可靠。带电部分对地距离不小于4.5 m。另外注意与设备或者线路引流线的联接。选配合适的设备线夹,螺栓型设备线夹改为压接型的设备线夹。正确绘制安装图,标注对地距离、各隔离开关之间的安装间距等尺寸。设计阶段要考虑鸟害问题,加装绝缘护套,避免异物和鸟害导致的故障。

复合绝缘结构设计科学合理,较好解决了瓷外套防污能力差、易开裂的问题。选用优质的环氧树脂玻璃棒作内支架材料,抗拉强度高达3.5 kN以上。可以选择复合绝缘子结构的隔离开关。

户外柱上隔离开关的选择质量要求。底座应采用3 mm不锈钢板弯制或采用3 mm Q235钢板弯制,并使用不锈钢螺栓,接线板与导线连接使用热镀锌螺栓,不锈钢材质采用304不锈钢。操动机构中机构弹簧、紧固件应具有防锈、防腐功能。宜采用防松紧固设计,保证接触良好,避免运行中发热故障。

2.2 正确安装隔离开关

严把电气材料入网关。优选设备质量优良,信誉度较好的厂家产品。对于产品质量差,运行故障频发的相关供应单位,及时向采购单位反馈。

安装前开箱检查。外观检查:绝缘支撑件应无裂纹、破损脏污。铸件应无裂纹、砂眼及锈蚀;隔离断口检查:隔离开关刀刀合闸时接触紧密,分闸时不小于200 mm的空气间隙,隔离断口清晰易见。裸露带电对地距离不少于4.5 mm,柱上隔离开关相间距离,根据运行经验,最好不小于500 mm。

隔离开关一般采用倒装方式也可以垂直或倾斜安装(动触头在下方),用M12D的螺栓将底架固定在横担上合适的位置,应方便在地面上用令克棒钩拉及合上闸刀,并确保操作时底架不会松动。进线应接到静触头侧,出线应接到动触头侧,三相开关之间应保持适当的距离,以免短路。

安装后检查隔离刀合闸时应能顺利地合入静触头并具有良好的接触。手动操作3~5次,操作应平

稳,接触良好。安装完毕并经检查证实符合要求,即可投入运行。

严格执行三级验收制度和运行1年后二次验收制度。对照验收指标逐项进行检查。在交接中还要做电气试验,对于试验不合格的坚决不能进入电网运行。

2.3 隔离开关的正确操作和运行维护

采用正确的操作方式。避免采用长操作杆进行远距离操作。一般隔离开关安装高度超过5 m,不能再用电缘操作杆对单极隔离开关进行操作,需要熟练的登高人员登杆操作或者高空作业车等。

首先在操作隔离开关时,应先检查相应回路的断路器确实在断开位置,以防止带负荷拉、合隔离开关。线路停、送电时,必须按顺序拉、合隔离开关。停电操作时,必须先拉断路器,后拉隔离开关。送电操作顺序与停电顺序相反,严禁带负荷拉隔离开关。同时拉隔离开关时应先拉开中相后来两边相,合隔离开关与此相反。

操作中,如发现绝缘子严重破损、隔离开关传动杆严重损坏等严重缺陷时,不得进行操作。雷雨过后,及时进行特殊巡视,观测雷害情况,如有闪络痕迹,及时安排检修更换。

每月定期巡视1次和每半年至少安排1次夜间巡视,主要侧重巡视以下内容:绝缘子部分是否完好,有无破损、脏污、闪络;触头是否良好,有无过热、烧损、融化;引线连接是否完好,设备线夹是否有发热;安装是否牢固;操作机构及底座支架是否锈蚀等。

做好预防检测措施。运行维护人员要定期巡视隔离开关触头和与线路连接的设备线夹接头发热情况。通过夜间巡视发现一部分问题外,利用负荷高峰和重要保电准备前等重要节点,通过红外测温技术,及时发现设备温度变化情况。

3 结束语

10 kV柱上户外隔离开关已经普遍应用,做好产品设计、材料选型、安装位置选择,加强安装检修、检查验收,正确操作管理和运行维护,可以减少故障发生,对配电线路安全运行可靠供电起着重要作用。

(责任编辑:刘艳玲)

耐张绝缘子串对导线弧垂的影响

张贵军

(昆明供电局, 云南 昆明 650011)

摘要:目前,输电线路普遍采用高压送电线路,由于我国地形非常复杂,常规输电线路张力紧线需要通过观测弧垂来保证架线质量,在架空线路导线的施工中,弧垂是否合格对线路的安全有着直接的影响,因此,在线路竣工后验收的过程中必须做好弧垂的测量工作。本文对影响导线弧垂测量的因素进行了简单分析,并阐述了输电线路紧线施工中的弧垂观测方法,最后通过数据分析得出耐张绝缘子串对导线弧垂的影响,以供参考。

关键词:输电线路;导线;弧垂;耐张绝缘子串

中图分类号:TM726

在架空线路中,架空线上任一点的弧垂是指该点距两悬点连线的垂向距离,通常所指的弧垂是指架空线的最大弧垂,用“ f ”来表示。在验收中,须准确分析弧垂的误差,以得到最精确的测量数据。

如果导线的弧垂偏小,导线应力将增大,这对导线机械强度提出了更高的要求;如果导线弧垂过大,则导线与被跨物间的距离较短,容易对线路的安全稳定运行造成影响,此外,导线易摆动,容易导致相间短路或导线对杆塔放电等故障。在施工时,对输电导线的弧垂进行准确测量是非常重要的一个环节。弧垂设计值、施工记录值和验收测量值之间的关系^[1]为 $f_{\text{施工记录值}} < f_{\text{弧垂设计值}} \approx f_{\text{验收测量值}}$ 。

为了使架空线在任何气象条件下,都能保证导线对地、对被交叉跨越物的电气距离,符合技术规程的要求,同时保证架空线对杆塔的作用力必须满足杆塔强度条件。因此设计时根据所在地区气象、架空线参数、档距以及悬挂点高差等条件,通过一系列计算,确定架空线适当的弧垂值。施工时,根据设计资料以及现场实际情况,计算出观测档的弧垂值 f ,并进行精确的弧垂观测,这样才能保证施工质量,从而提高线路的安全运行。

在架空输电线路的放线过程中,有的耐张绝缘子串(以下简称耐张串)串重较小、串长较短,此时,通常忽略耐张串对放线弧垂的影响;随着串重和串长的增加,耐张串对放线弧垂和导线张力的影响逐渐增大,可能导致交叉跨越距离不能满足要求和档内应力增大使杆塔处于危险运行状态,此时,需要考虑耐张串对放线弧垂的影响。

1 影响导线弧垂测量的因素

导线弧垂的影响因素主要涉及以下内容。

1.1 初伸长

输电导线的初伸长是客观存在的,在施工中也是不可避免的。初伸长直接影响着导线的弧垂,其产生的主要过程如下:在展放过程中,导线受到了较大的拉力作用,产生了较大的塑性伸长,属于导线的第一次变形;在架设好后,由于杆塔的支撑和自身的重力,导线受到一个较大的水平拉力,继续伸长;在运行过程中,导线受到各种自然因素的影响,在较小程度上被拉长,拉长量较小。但由于设计和施工时采取了相应的补偿措施,因此,初伸长对导线弧垂的测量影响不大。

1.2 气温、导线温度

如果气温和导线温度发生了变化,会使导线发生热胀冷缩效应,从而影响到导线弧垂的大小。温度越高,导线的伸长量就越大,弧垂也就越大。在施工现场,温度的测量往往使用温度计,通过现场测量温度值进行弧垂测量值的换算;但由于每次测量温度计的位置及所接受的光照强度不同,因此也将造成一定的误差。

1.3 环境因素——风

风会使导线和杆塔的负荷量增加^[2];改变导线与杆塔之间的距离。影响施工现场导线弧垂的测量参数,从而使得导线弧垂测量值存在一定的误差。

1.4 附件安装

在施工时,弧垂的观测和调整在装设附件之前就已经完成。装设附件后,附件自身质量将会加重线路的垂直荷载,导致测量弧垂时产生一定的误差。同时,将导线从滑车装入线夹后,由于结构不同,线路悬挂点的高度也将出现误差。但整体而言,附件安装对导线弧垂测量的影响不大。

2 施工过程中导线弧垂的观测方法

2.1 弧垂观测档的选择

一条送电线路通常由若干个耐张段构成,每一个耐张段至少有一个档或多个档组成,仅一个档的耐张段成为孤立档;由多个档组成的耐张段,称为连续档。孤立档按设计提供的安装弧垂数据观测该档即可;在连续档中,并不是每个档都进行弧垂观测,而是从一个耐张段中选择一个或几个观测档进行观测。为了使整个耐张段内各档的弧垂都达到平衡,应根据连续档的多少,确定观测档的档数和位置。文献[3]对观测档的选择有下列要求:

- 一是紧线段在5档及以下时应靠近中间选择一档;
- 二是紧线段在6~12档时应靠近两端各选择一档;
- 三是紧线段在12档以上时应靠近两端及中间可选3~4档;

四是观测档宜选档距较大和悬挂点高差较小及接近代表档距的线档;

五是弧垂观测档的数量可根据现场条件适当增加,但不得减少。

2.2 常见的弧垂观测方法

传统的导线弧垂观测的方法一般有驰度板观测法、角度法、中点高度法等^[4]。文献[5]介绍了一种利用任意点高度法观测弧垂的方法,大大提高了测量效率。驰度板观测法又分为等长法和异长法两种,即在观测档两端的杆塔上绑上弧垂板借助观测人员以目视或望远镜进行弧垂观测;这种方法在架线施工上得到了广泛的应用,但该观测法易受地形、塔高、视力差异、作业量大等因素制约,使得驰度板观测法不适用于大档距线路的测量和日常检修维护工作中的测量。角度法是利用经纬仪测量角度计算弧垂,一般分为档端法、档内法、档外法;它解决了驰度板观测法中的视力限制、目测误差、作业量大等问题。中点高度法适用于平地无高差的线档,在实际的操作过程中需首先丈量档距 l ,再选定档距中央 $l/2$ 处,选择观测点定点工作量比较大。

3 耐张串对导线弧垂的影响

3.1 观测档观测弧垂值的计算公式

架空线弧垂示意图如图1所示。

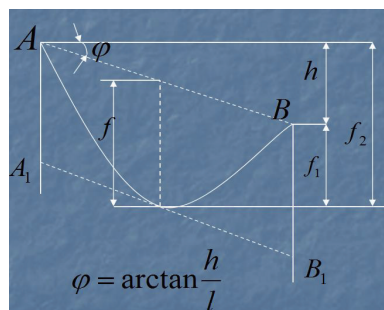


图1 架空线弧垂示意图

其中: f 为观测档的观测弧垂, m ; h 为导线悬挂点的高差, m ; f_1 为导线低悬挂点与弧垂最低点之间垂直距离, m ; f_2 为导线高悬挂点与弧垂最低点之间垂直距离, m ; l 为观测档架空线的档距, m ; φ 为观测档架空线悬挂点的高差角。

观测档架空线悬挂点高差 $h < 10\%l$ 时,观测档观测弧垂的计算公式为

$$f = \frac{l^2 g}{8\sigma} = f_p \left(\frac{l}{l_p} \right)^2 = f_0 \quad (1)$$

观测档架空线悬挂点高差 $h \geq 10\%l$ 时,观测档观测弧垂的计算公式为

$$f_\varphi = \frac{l^2 g}{8\sigma \cos \varphi} = \frac{f_p}{\cos \varphi} \left(\frac{l}{l_p} \right)^2 = f_0 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right] \quad (2)$$

式中: f 为观测的观测弧垂(指平行四边形切点垂度), m ; f_0 为悬挂点高差 $h < 10\%l$ 时,档距中点弧垂, m ; f_φ 为悬挂点高差 $h \geq 10\%l$ 时,档距中点弧垂, m ; l_p 为耐张段架空线代表档距, m ; f_p 为对应于代表档距的架空线弧垂, m ; φ 为观测档架空线悬挂点的高差角; l 为观测档架空线的档距; σ 为架空线的水平应力, N/mm^2 ; g 为架空线的比载, $N/(m \times mm^2)$ 。

3.2 观测档内一端联有耐张串

观测档内架空线一端联有耐张串的示意图如图2所示。其中(a)表示高悬挂点端联有耐张串;(b)表示低悬挂点端联有耐张串。

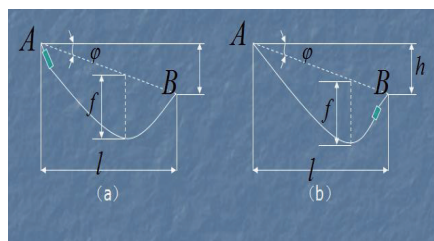


图2 观测档内一端联有耐张串示意图
观测档架空线悬挂点高差 $h < 10\%l$ 时,观测档观

测弧垂的计算公式为

$$f = f_p \left(\frac{l}{l_p} \right)^2 \left(1 + \frac{\lambda^2}{l^2} \times \frac{g_o - g}{g} \right)^2 = f_o \left(1 + \frac{\lambda^2}{l^2} \times \frac{g_o - g}{g} \right)^2 \quad (3)$$

观测档架空线悬挂点高差 $h \geq 10\%l$ 时,观测档观测弧垂的计算公式为

$$f = \frac{f_p}{\cos\varphi} \left(\frac{l}{l_p} \right)^2 \left(1 + \frac{\lambda^2}{l^2} \times \frac{g_o - g}{g} \right)^2 = f_\varphi \left(1 + \frac{\lambda^2}{l^2} \times \frac{g_o - g}{g} \right)^2 \quad (4)$$

$$g_o = \frac{G}{\lambda S} \quad (5)$$

式中: g_o 为耐张串的比载, $\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$; G 为耐张串的重量, N ; λ 为耐张串的长度, m ; S 为架空线的截面积, mm^2 。

3.3 观测档内两端联有耐张串

观测档内架空线两端联有耐张串的示意图如图3所示。此时,该观测档为孤立档。

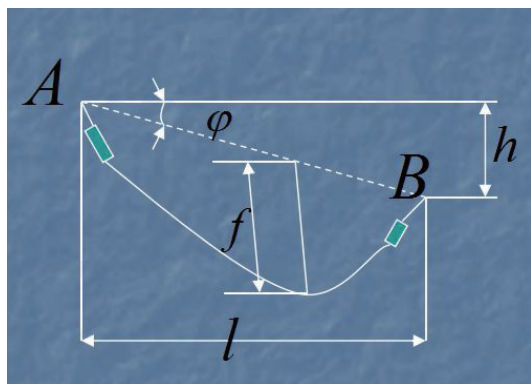


图3 观测档内两端联有耐张串示意图

孤立档架空线悬挂点高差 $h < 10\%l$ 时,孤立档观测弧垂的计算公式为

$$f = f_o \left(1 + 4 \frac{\lambda^2}{l^2} \times \frac{g_o - g}{g} \right) \quad (6)$$

孤立档架空线悬挂点高差 $h \geq 10\%l$ 时,孤立档观测弧垂的计算公式为

$$f = f_\varphi \left(1 + 4 \frac{\lambda^2 \cos^2 \varphi}{l^2} \times \frac{g_o - g}{g} \right) \quad (7)$$

3.4 工程实例

3.4.1 计算条件

本工程实例主要考虑耐张串长度和重量相同而档距不同对导线弧垂的影响,档距和耐张串重量相同而

耐张串长度不同对导线弧垂的影响,以及档距和耐张串长度相同而耐张串重量不同对导线弧垂的影响。其主要计算参数如下:导线型号 LGJ-300/25,导线的截面积 $S = 333.31 \text{ mm}^2$,两端悬挂点高差 $h = 18 \text{ m}$,代表档距 $l_p = 225 \text{ m}$,观测时温度 20°C ,对应温度下代表档距的弧垂 $f_p = 2.84 \text{ m}$,导线的比载 $g = 0.031128 \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$,耐张串长度 $\lambda = 2.565 \text{ m}$,重量 $G = 1116 \text{ N}$ 。

3.4.2 耐张串对导线弧垂的影响

其中耐张串长度和重量相同而档距不同对导线弧垂的影响如表1所示,档距和耐张串重量相同而耐张串长度不同对导线弧垂的影响如表2所示,档距和耐张串长度相同而耐张串重量不同对导线弧垂的影响如表3所示。其中:A表示观测档内一端联有耐张串,B表示观测档内两端联有耐张串。

表1 耐张串长度和重量相同而档距不同对导线弧垂的影响

l/m	$g_o/\text{N} \cdot (\text{m} \cdot \text{mm}^2)^{-1}$	φ	f_o/m	f/m	
				A	B
140	1.3054	$7^\circ 19' 35''$	1.109	1.139	1.169
160	1.3054	$6^\circ 25' 18''$	1.445	1.475	1.505
180	1.3054	$5^\circ 42' 38''$	1.827	1.857	1.887
200	1.3054	$5^\circ 8' 34''$	2.253	2.283	2.313
220	1.3054	$4^\circ 40' 39''$	2.724	2.754	2.784
240	1.3054	$4^\circ 17' 21''$	3.240	3.271	3.301
260	1.3054	$3^\circ 57' 37''$	3.801	3.832	3.862
280	1.3054	$3^\circ 40' 42''$	4.407	4.437	4.468
300	1.3054	$3^\circ 26' 11''$	5.058	5.088	5.118
400	1.3054	$2^\circ 34' 36''$	8.985	9.015	9.045

从表1看出,耐张串串重及串长一定时,随着档距的增加,一端联有耐张串的观测档弧垂及两端联有耐张串的观测档弧垂,较不考虑耐张串影响时的弧垂均有所增大,但增大不多。相对于较小档距的孤立档而言,弧垂改变较小,但导线应力改变则较大,杆塔受力也随之有较大变化,容易影响线路的安全稳定运行。

表2 档距和耐张串重量相同而耐张串长度不同对导线弧垂的影响

λ/m	$g_0/N (m \cdot mm^2)^{-1}$	φ	f_0/m	f/m	
				A	B
2.2	1.522	4°34'26"	2.849	2.875	2.901
2.4	1.395	4°34'26"	2.849	2.877	2.905
2.6	1.288	4°34'26"	2.849	2.880	2.910
2.8	1.196	4°34'26"	2.849	2.882	2.915
3.0	1.116	4°34'26"	2.849	2.884	2.919
3.2	1.046	4°34'26"	2.849	2.886	2.924
3.4	0.985	4°34'26"	2.849	2.889	2.928
3.6	0.930	4°34'26"	2.849	2.891	2.933
3.8	0.881	4°34'26"	2.849	2.893	2.937
4.0	0.837	4°34'26"	2.849	2.896	2.942

从表2看出,档距和耐张串重量一定时,随着耐张串长度的增加,一端联有耐张串的观测档弧垂及两端联有耐张串的观测档弧垂不考虑耐张串影响时的弧垂均有所增大。同时,随耐张串串长的增加,弧垂差值逐渐增大,串长越长,弧垂差值越大。

表3 档距和耐张串长度相同而耐张串重量不同对导线弧垂的影响

G/N	$g_0/N (m \cdot mm^2)^{-1}$	φ	f_0/m	f/m	
				A	B
800	0.936	4°34'26"	2.849	2.870	2.892
900	1.053	4°34'26"	2.849	2.873	2.897
1000	1.170	4°34'26"	2.849	2.876	2.903
1100	1.287	4°34'26"	2.849	2.879	2.908
1200	1.404	4°34'26"	2.849	2.882	2.914
1300	1.521	4°34'26"	2.849	2.884	2.919
1400	1.638	4°34'26"	2.849	2.887	2.925
1500	1.755	4°34'26"	2.849	2.890	2.930
1600	1.871	4°34'26"	2.849	2.893	2.936
1700	1.988	4°34'26"	2.849	2.895	2.942

从表3看出,档距和耐张串长度一定时,随着耐

张串重量的增加,一端联有耐张串的观测档弧垂及两端联有耐张串的观测档弧垂不考虑耐张串影响时的弧垂均有所增大。同时,随耐张串重量的增加,弧垂差值逐渐增大,串重越重,弧垂差值越大。

3.4.3 结果分析

耐张串串重及串长一定时,随着档距的增加,一端联有耐张串的观测档弧垂及两端联有耐张串的观测档弧垂较不考虑耐张串影响时的弧垂均有所增大,但增大不多。

耐张串串重和串长增加时,弧垂差值增加较为明显。对于长耐张串、大吨位耐张串在设计中应予以足够重视。

4 结束语

通过考虑观测档档距、耐张串长度及耐张串重量三个因素,采用控制变量法,得出下列结论。

耐张串串重及串长一定时,随着档距的增加,一端联有耐张串的观测档弧垂及两端联有耐张串的观测档弧垂较不考虑耐张串影响时的弧垂均有所增大,但增大不多。相对于较小档距的孤立档而言,弧垂改变较小,但导线应力改变则较大,杆塔受力也随之变化较大,易影响线路的安全稳定运行。

观测档档距和耐张串重量一定时,随着耐张串长度的增加,弧垂差值逐渐增大,串长越长,弧垂差值越大。

观测档档距和耐张串长度一定时,随着耐张串重量的增加,弧垂差值逐渐增大,串重越重,弧垂差值越大。

综上所述,对于长耐张串、吨位较大耐张串的小档距耐张段导线架线弧垂在设计中应予以足够重视。

参考文献

- [1] 谭光平. 浅谈影响架空线路弧垂测量的因素[J]. 科技与创新, 2014(24): 106.
- [2] 张小龙. 论输电线路紧线施工中弧垂观测与调整方法[J]. 电力建设, 2016(9): 187-188.
- [3] GB 50233-2014. 110 kV~750 kV 架空输电线路施工及验收规范[S]. 北京: 中国计划出版社出版, 2014.
- [4] 唐云岩. 送电线路测量[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [5] 吴世平. 110 kV 及以下输电线路弧垂测量方法的改进[J]. 安徽电力, 2017(2): 6-10.

(责任编辑:刘艳玲)

110 kV 输电线路雷击故障事件及预防措施研究

查家骏

(新疆兵团勘测设计院(集团)有限责任公司,新疆 石河子 832000)

摘要:由一起110 kV输电线路雷击故障事件,在对雷电反击跳闸、雷电绕击跳闸发生原因进行分析的基础上,探讨了110 kV输电线路的防雷保护措施。

关键词:110 kV输电线路;雷击故障;预防措施

中图分类号:TM726

电力系统的组成中,输电线路十分重要。当前正处于经济快速发展的时代,针对输电线路供电可靠性的要求高。而因输电线路与自然环境直接接触的缘故,极易遭受外界影响、损伤,雷击便是最为主要的一个方面。我国电网故障分类统计显示,个别跳闸率偏高地区中,因雷击而造成输电线路跳闸的次数约占总次数的50%~70%,而地形复杂、土壤电阻率高、多雷山区,严重威胁了电网的安全运行。鉴于此,通过积极有效措施的实施,将线路雷击跳闸次数降低,以便电网得以实现安全、顺利的运行,进而为电网企业经济效益提供保障。

1 110 kV 输电线路雷击故障事件

我国A市某地区110 kV输电线路部分杆塔信息如表1所示。根据表1发现,该线路防雷方式主要基于“堵塞型”防雷理念,如降低地网电阻、架设避雷线(0°保护角)^[2]。降低地网电阻可使线路受雷电反击概率降低,架设避雷线可在一定程度上使线路免受雷电直击。

表1 110 kV输电线路各杆塔信息

杆塔号	架空地线保护角/°	接地电阻设计值/Ω	接地电阻实测值/Ω
5	0	15	3.7
12	0	15	3.2
27	0	15	4.2
72	0	30	17
96	0	15	4.2
102	0	15	4.2
105	0	15	5.0
129	0	15	3.8

该地区于2009—2012年期间,110 kV输电线路杆塔耐雷水平、雷击事故类型如表2所示。该线路于2009年投运起,共发生10起累积跳闸故障,分别为5起反击与5起绕击;72号杆塔有2次雷击反击事故发生,雷电流值依次为31.3、29.1 kA,远比57 kA反击耐雷水平低,是异常雷击跳闸。

表2 A市某地区110 kV输电线路塔2009—2012年耐雷水平及雷击事故类型

杆塔号	雷击类型	反击耐雷水平/kA	绕击耐雷水平/kA	雷电流大小、极性/kA
5	绕击	53.00	7	-31.6
12	绕击	62.00	7	-27.4
27	绕击	62.70	7	-156.4
72	反击	57.00	7	-31.3
96	绕击	53.00	7	86.7
102	反击	60.77	7	-35.2
105	绕击	54.42	7	-23.4
129	反击	79.40	7	-123.2

2 110 kV 输电线路故障发生原因

2.1 110 kV 输电线路雷电反击跳闸发生原因

110 kV输电线路雷电反击跳闸发生原因有关于雷电陡度和冲击电阻。线路遭受雷电反击类型由雷击档距反击、雷击杆塔反击组成^[2]。上文提到72号杆塔有2次雷击反击事故发生,借助公式推导对雷电陡度和冲击接地电阻与线路实际耐雷水平之间的联系进行分析。雷击塔顶时,绝缘子串承受冲击电压:

$$U_j = I \left[\beta \left(R_{ch} + \frac{L_{gl}}{\tau_i} \right) + \frac{h_d}{\tau_i} \right] \quad (1)$$

式中: U_j 为冲击电压; I 为导致反击闪络跳闸的雷电幅

值; β 为避雷线分流系数; R_{ch} 代表的是冲击接地电阻; L_{gt} 为塔身电感; τ_i 为雷电波前时间; h_d 为导线对地高度。

该地区 110 kV 输电线路 72 号杆塔采用的玻璃绝缘子串,设闪络电压为 $U = 720$ kV,根据相关资料得知 $\beta = 0.88$, $L_{gt} = 0.5 \times 30.5 = 15.25$, $h_d = 21$ m。雷电流幅值 I 为 29.1 kA 时,绝缘子串会有闪络发生,表示 $U_j \Rightarrow U = 700$ kV。将数据代入上式中: $R_{ch} + \frac{39}{\tau_i} > 27.34$ 。通过上述推导得知,倘若杆塔实际冲击接地电阻 $R_{ch} > 27.34 \Omega$,那么雷电流幅值为 29.1 kA 的雷电可使杆塔产生反击闪络;冲击接地电阻相等于是工频接地电阻时 ($R_{ch} = 17 \Omega$),雷电波前时间 $\tau_i < 39 / (27.34 - 17) = 3.77 \mu s$ 的雷电流仍可将该绝缘子串击穿。大陆度雷电流击在杆塔或档距都会有具有更大破坏力的反击闪络产生^[3]。这也是仅有 29.1 kA 和 31.3 kA 雷电流的雷电将具有 57 kA 耐雷水平杆塔绝缘子串击穿的主要原因。

2.2 110 kV 输电线路雷电绕击跳闸发生原因

110 kV 输电线路避雷线保护角为 0° ,与规程设计要求、EGM 完全屏蔽绕击条件完全相符。然而,该线路于 2009 年起雷电异常绕击跳闸事故共有 5 起,借助于库仑力作用的电气几何模型展开分析。

基于库仑力作用的电气几何模型原理为:雷电下行先导与地面有一定距离存在时,地面及地面上突出物会有不同于先导所带电荷极性的电荷感生出来。根据库伦定理发现,该感应电荷必然与先导电荷有吸引力存在^[4]。输电线路系统中,杆塔、导线、避雷线对雷电下行先导有着最大的吸引力,下行先导对其会进行雷击放电。若以 Q_b 代表避雷线感应的异形电荷量;以 Q_d 来代表架空导线感应的异性电荷量;以 Q_1 代表雷电先导电荷量;以 R 来代表雷电先导与避雷线间的距离与雷电先导与导线间相等的距离;以 K 来表示导线与雷电先导间的库仑力 $F_{Q_1Q_b}$ 和避雷线与雷电先导间的库仑力 $F_{Q_1Q_d}$ 的比值。那么:

避雷线与雷电先导间库仑力 $F_{Q_1Q_b}$ 为

$$F_{Q_1Q_b} = \frac{Q_1 Q_b}{4\pi R^2} \quad (2)$$

导线与雷电先导间的库仑力 $F_{Q_1Q_d}$ 为

$$F_{Q_1Q_d} = \frac{Q_1 Q_d}{4\pi R^2} \quad (3)$$

两库仑力比值 K 为

$$K = \frac{F_{Q_1Q_b}}{F_{Q_1Q_d}} = \frac{Q_b}{Q_d} = \frac{2\pi R_d l}{2\pi R_b l} = \frac{R_d}{R_b} \quad (4)$$

通常情况下,避雷线设计半径小于架空导线。根据资料显示,该地区 110 kV 输电线路避雷线半径 $R_b = 4.0$ mm;架空导线半径 $R_d = 11.3$ mm。代入上式可得 $K = 2.825$,也就是说架空导线对雷电先导的吸引力是避雷线对雷电先导吸引力的 2.825 倍^[5]。而以此为根据,110 kV 输电线路避雷线保护角为 0° 仍会受雷电绕击的原因为:架空导线有着比雷电先导更大的吸引力,击距相同或雷电先导与避雷线更近时,架空导线会吸引雷电先导,导线进而受到雷击。

3 110 kV 输电线路的防雷保护措施

3.1 降低杆塔接地电阻

雷电防护措施中,降低杆塔接地电阻十分有效,通过杆塔冲击接地电阻的降低,使其抗雷能力得到提升,以此将输电线路抗雷能力优化。立足于原理而言,该技术是通过在硬件上对接地点及外形进行优化、对埋入深度进行调整等,进而完成接地电阻值的调整。

首先,水平外延接地。该措施通常是以特定情况为主要实施对象(该地区存在水平放射时)。水平放射技术的使用不但能使接地电阻有效减少,还能将冲击接地电阻减小,但是会使施工成本大幅度上升;其次,深埋式接地极。线路处于地下深处土质电阻率极低的位置时,通常都会选取深埋式接地极,以便对雷电进行有效防范^[6]。在埋设接地极时,对于埋设位置必须科学地进行选择,并对参数进行合理设定。如可以将地下水较高的地方作为优先选取位置,也可进行对口的地底接地设备的设置等;最后,填充降阻剂。倘若技术人员在输电线周围搜集到了低电阻率物质,那么就可以将其价值充分发挥。在具体实践中,首先要通过充分、全面的考虑,将该物质是否具有好的经济价值、低电阻率、施工便捷及较小的流失率等特性确定。反之,倘若施工现场附近并未有此类物质存在,那么技术人员可人为进行降阻剂的添加,以此将其降阻特性加强。

3.2 更换新型绝缘子

剖析线路绝缘能力的过程中,由于绝缘子不

但能对线路绝缘性能造成影响,同时也会对线路抗雷击能力产生决定性作用,故而必然会面对的一个问题。鉴于此,在线路绝缘子的选择过程中,必须以实际情况为根据合理进行选择,在严格把控质量问题的同时将运营管理工作充分落实,抵制所有存在问题的绝缘子。而对于逐渐老化、工作多年的绝缘子来说,不仅要检查低值以下的绝缘子,同时还要进行更换。倘若该地方雷击事件时常发生,那么就必须以一定程度的强化措施处理绝缘子,如扩充数量。相关资料中显示,该措施能使输电线路的抗雷击水平与绝缘性能得到一定的提升,能够有效控制跳闸事故的发生。根据现有情况而言,110 kV输电线路主要采用具备高强度、轻重量、清洁无污染的合成绝缘子,且有利于日常维修工作的开展。但是,该合成物质在频发雷击现象时极易有跳闸的问题产生,故而还须进行进一步优化、改进。

3.3 架设耦合地线

根据操作来看,架设耦合地线是将一根用于接地的线路加装在输电线导线下面,通过此类方式将输电线路抗雷击能力完善,并对输电线路反击跳闸的现象进行控制。通常情况下,该措施的主要实施对象为较高接地电阻的输电线路^[7]。在耦合地线的作用下,能使导线与地线之间的耦合效应得到提升,一旦有雷击现象出现,线路就会有更强的感应电压产生,绝缘子串受到的冲击电压就会相应得到缓解;同时,还能将杆塔分流系数减少,一旦接地电阻数值达到一定界限,接地装置就会散流来自雷电的电流,如此将塔顶电位控制在一定限度内。此外,仍须重视的是,输电线两边的耦合地线可使地线获得更强的屏蔽性能,能对雷电绕击事故的发生进行有效控制。耦合地线铺设中需注重各个技术环节,如杆塔结构的精准设置、强度的控制等,以便精准校核耦合地线与地面的距离,将其与导线之间的配合工作落实,以此实现耦合地线的科学、合理架设,使其与实际情况相符合。

3.4 综合防雷装置

综合防雷装置属于一种技术防雷产品,其基本原理为:依托雷云对地闪电之前,雷云对地面突出物—防雷体之间的高电场,在防雷体特别结构的帮助下产

生核电粒子,使得一层离子覆盖层形成在被保护设备上及附近,以此将被保护物屏蔽,对其电场分布进行改善,并对雷电先导进行抑制使其朝着被保护物发展,将原本可能产生的1 kA/ μ s的雷电脉冲朝着1A/s的慢放电转化,进而实现防雷效果。对于接地电阻来说,应以10~15 Ω 为佳。具体保护范围为:单支综合防雷装置保护范围:保护角80°,保护范围 $\geq 5h$ (h 为防雷体与地面相距的高度);双支综合防雷装置联合保护范围:两支距离不超过10 h 时,中间地带保护宽度为0.86 h 。两支中间距离为10 h 时,应以单支保护范围进行计算。

4 结束语

根据上文分析得知,输电线路在运行过程中受到的最为严重的危害来自雷击故障,而雷电活动具有随机性,因地面环境、地理、地质及气象等方面的不同也会造成不同危害程度的雷电,输电线路应以具体场合为依据合理选择有效的综合防雷措施,以杆塔接地电阻的降低、线路绝缘水平的提升当作线路防雷工作开展的重要基础,以此推动线路耐雷水平的提升,为电网的供电可靠性提供有效保障。

参考文献

- [1] 斯迪克·买买提,阿力木江·萨米. 110 kV高压输电线路受雷击跳闸分析及防范措施[J]. 工业, 2016(8): 00177-00177.
- [2] 陈睿. 高压输电线路防雷分析及防范措施探讨[J]. 电工技术: 理论与实践, 2015(12): 38-38.
- [3] 吴昊. 江苏省如皋地区110 kV输电线路雷击跳闸率分析及防雷措施研究[D]. 华北电力大学(北京), 2016.
- [4] 叶浪宏. 浅析110 kV输电线路故障原因及防范措施[J]. 大科技, 2017(12).
- [5] 江红庆, 徐成林, 李来宏. 110 kV线路遭雷击故障分析及防范措施[J]. 冶金动力, 2016(1): 15-17.
- [6] 杨生平. 110 kV输电线路送电故障分析[J]. 设备管理与维修, 2018(1): 64-65.
- [7] 范玉森. 浅析110 kV输电线路规划设计中杆塔定位及路径选择[J]. 电子测试, 2016(10x): 136-137.

作者简介

查家骏(1991-),男,陕西西安,本科,从事工作方向电气工程及其自动化。

(责任编辑:刘艳玲)

防止单相电能表 接线端子烧毁及其措施

许继东¹, 李晓辉², 宋柏岩², 刘明慧¹, 刘忠宇¹

(1. 国网东丰县供电公司, 吉林 辽源 136300; 2. 国网辽源供电公司, 吉林 辽源 136200)

摘要: 针对当前大量单相费控智能电能表因为接线端子烧毁而报废的问题, 提出增加端子过热保护电路的措施, 端子过热告警可以在电能表盘面上显现, 还可以上传到集中器、用户用电信息采集系统。由于充分利用了单相费控智能电能表的现有资源, 新增端子过热保护电路结构简单、工作可靠、成本低廉。采用这种电能表可以有效消除接线端子过热造成的经济损失以及火灾风险。

关键词: 单相费控智能电能表; 接线端子; 过热; 热敏电阻; 迟滞电压比较器

中图分类号: TM933.4

随着电能计量技术进步、载波通信技术逐步完善以及供电企业管理提升, 目前低压用户计量普遍采用单相费控智能电能表。这种电能表里有一只磁保持继电器, 供电企业可以根据用户电费结余情况远方进行停、复电操作。由于多种原因, 这种电能表接线端子会发生过热现象。如果未能及时发现和处理, 接线端子及表壳就会被烧毁, 致使电能表报废。接线端子过热有时还会引发火灾, 火灾会把整个表箱内电能表烧毁。据统计, 某县每年有1000多块单相电能表由于接线端子过热而烧毁, 更换费用每块需要400元, 每年经济损失几十万元。电能表损坏后, 造成电量丢失, 电量追补也比较麻烦。另外, 这些报废电能表含有铅、锡等有毒有害重金属, 变成电子垃圾后还会污染土壤和水源, 破坏资源和环境。

三相费控智能电能表通常都与电流互感器配接, 三相电能表电流回路电流要比单相电能表小得多, 另外三相电能表数量要比单相电能表少得多, 这两个原因会使三相电能表接线端子过热烧毁频次要比单相电能表少得多。因此, 须着力解决的是单相电能表接线端子烧毁问题。

1 管理措施

第一, 强化安装时工艺标准。表线端头去皮长度要合适, 表线端头要送到端子尽头, 两个端子螺钉都要压紧线芯, 只有这样才能使接触面积达到最大、接触电阻减到最小; 第二, 定期巡视和维护。事实上安装时工艺良好的表记运行一段时间后, 表线与接线端

子的接触状况也会发生变化, 因此也需要维护人员定期去现场检查。目前由于远方抄表模式的普遍应用, 客观上造成维护人员去现场检查表记的频次要比以前少得多, 以致表记接线端子过热缺陷不能及时发现和处理; 第三, 要根据用户负荷状况及时配置电流互感器, 单相电能表不可以长期频繁超负荷运行。

2 接线端子过热保护

为了适应抄表方式以及管理方式发生的重大变化, 同时也为了降低表记维护人员工作量以及运维单位维护费用, 还应该在技术措施上想办法, 通过完善电能表电路设计, 使其具有接线端子过热保护功能。

2.1 基本设想

电能表接线端子温度超过设定的断电温度时, 利用电能表内磁保持继电器切除负荷。此时端子过热告警在电能表盘面上显现, 还可以上传到有关业务管理系统。接线端子温度回落到设定的复电温度时, 磁保持继电器接通电能表负荷。为了利于缺陷管理, 端子过热告警通过现有按键人工解除。端子过热保护电路应力求结构简单、工作可靠、成本低廉、消耗功率小。

2.2 端子过热检测电路与现有电路的联系

为了实现上述设想, 要在单相电能表现有电路的基础上新增端子过热检测电路。新增的端子过热检测电路与现有电路的连接如图1所示。端子过热检测电路输出端与电能表微处理器的某一并行I/O端口连接^[1]。

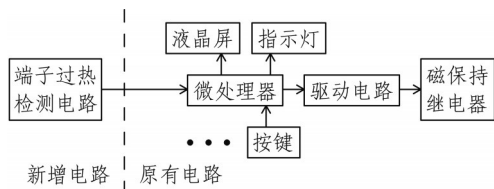


图1 端子过热检测电路与现有电路的连接

2.3 温度采样点数量及位置

可以在电能表接线端子1和2间的绝缘体内以及3和4间的绝缘体内预设孔洞,将2只热敏电阻分别安装在2个孔洞内。采用这种方案的优点是,只要设置2个温度采样点就可以将电能表4个接线端子过热信息有效采集上来,温度采样点数量达到最少。

2.4 告警信息处理方式

依托现行通信方式,通过问答式规约,集中器以及用户用电信息采集系统可以采集到电能表端子过热告警。通过完善用户用电信息采集系统软件模块配置,完成端子过热告警信息提取、整理和汇总。另外为了便于现场管理,通过修改电能表微处理器运行软件,端子过热告警利用盘面报警灯发出,或通过液晶显示屏上增设端子过热标识符方式发出。

2.5 端子过热检测电路

端子过热检测电路如图2所示。负温度系数热敏电阻RT1、RT2完成两点端子温度采集。2个电压比较器输出端并联,共用一个上拉电阻R6。电阻R4上的分压作为温度比较基准电压,同时提供给2个电压比较器的同相输入端。共用上拉电阻和基准电压一方面减少了元件数量,同时也节省了微处理器I/O端口资源。电阻R5、二极管D串联后作为反馈支路跨接在电压比较器的输出端和同相输入端。整个端子过热检测电路消耗功率不到10 mW,可以和微处理器共用3.3 V稳压电源^[2]。

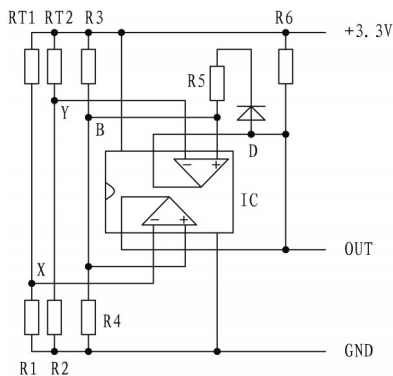


图2 端子过热检测电路

由于电压比较器输出端和同相输入端存在反馈支路,电压比较器工作在迟滞传输方式。迟滞比较器(又可以称为滞回比较器、斯密特触发器)可以提高保护电路抗干扰能力,防止频繁断电复电,延长磁保持继电器寿命^[3]。该端子过热检测电路断电温度设定值约为80℃,复电温度设定值约为50℃。

2.6 端子过热保护工作过程

当电能表接线端子不存在过热现象时,负温度系数热敏电阻RT1、RT2阻值都很大,端子过热检测电路中X、Y点电位都低于B点基准电位,两个电压比较器输出晶体管都截止,端子过热检测电路输出高电平给微处理器,微处理器即认定端子不存在过热现象。任一接线端子存在过热现象,热敏电阻RT1或RT2阻值减小,X点或Y点电位上升。当温度采样点温度超过设定的断电温度80℃时,X点或Y点电位高于B点基准电位,对应电压比较器输出状态翻转,端子过热检测电路输出低电位给微处理器,微处理器发出指令,磁保持继电器分闸,电能表负荷被切除,接线端子升温被限制,电能表得到保护。此时电能表盘面报警灯发出报警或者液晶显示屏上端子过热标识符显现,集中器、用户用电信息采集系统采集到端子过热告警信息。当过热的接线端子温度回落到设定的复电温度50℃时,对应电压比较器输出状态再次翻转,端子过热检测电路输出高电位给微处理器,微处理器发出指令,磁保持继电器关合,电能表负荷被接通。经过现场确认、过热端子处理后,维护人员在现场通过表盘按键解除端子过热告警。

2.7 元件选择

在图2中,IC选择常用的双电压比较器LM393P。为了减小电路功率消耗与电流热效应对热敏电阻的影响,热敏电阻RT1、RT2选择NTC100k。热敏电阻NTC100k在80℃时电阻为12.236 kΩ,为了提高温度检测灵敏度,电阻R1、R2都选择12 kΩ^[4]。与电阻R1、R2对应,电阻R4也选择12 kΩ。为了减小电压比较器输出低电位时的功率消耗,上拉电阻R6选择4.7 kΩ。二极管D选择M1。图2中所有电阻功率规格都为1/16 W。电阻R3、R5完成温度设定,接下来单独说明其选择方法。

2.8 温度设定

在典型的迟滞电压比较器电路中,电阻R5直接

跨接在比较器输出端和输入端,不串联二极管D。如果采用典型的迟滞电压比较器,断电温度设定和复电温度设定二者互相影响,计算也比较复杂^[3]。在反馈支路中增加二极管D后,断电温度设定和复电温度设定就各自独立互不影响了,同时计算也大为简化。增加二极管D后,断电温度设定由电阻 R_5 完成,复电温度设定由电阻 R_3 完成,可以根据接线端子、表壳材料耐受高温能力等因素进行调整。基于电压比较器输入电阻在兆欧级这个特征,电阻 R_3 、 R_5 选择步骤如下^[3]。

首先确定断电温度设定值和复电温度设定值。本文算例中断电温度设定值为 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$,复电温度设定值为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。查询厂家提供的温度阻值对照表,热敏电阻NTC100k电阻值在 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为 $35.880\text{ k}\Omega$,在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为 $12.236\text{ k}\Omega$ ^[4]。

接着确定电阻 R_3 。端子温度在复电设定值 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, X 、 Y 两点电位为 $U_{X50} = U_{Y50} = R_1 U / (R_1 + R_{T1}) = R_2 U / (R_2 + R_{T2}) = 0.827\text{ V}$ 。为了使电压比较器输出状态从低电平变成高电平, B 点电位应近似等于 X 、 Y 两点电位。根据二极管D处于截止状态以及电阻 R_4 、 R_3 分压关系,电阻 $R_3 = R_4 / (U - U_B) / U_B$,电阻 R_3 应选择 $36\text{ k}\Omega$ 。

最后确定电阻 R_5 。端子温度达到断电设定值 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, X 、 Y 两点电位为 $U_{X80} = U_{Y80} = R_1 U / (R_1 + R_{T1}) = R_2 U / (R_2 + R_{T2}) = 1.634\text{ V}$ 。为了使电压比较器输出状态从高电平变成低电平, B 点电位应近似等于 X 、 Y 两点电位。流经电阻 R_4 的电流为 $I_{R4} = U_B / R_4 = 0.136\text{ mA}$,流经电阻 R_3 的电流为 $I_{R3} = (U - U_B) / R_3 = 0.046\text{ mA}$ 。根据二极管D处于导通状态以及节点电流定律,流经电阻 R_5 的电流为 $I_{R5} = I_{R4} - I_{R3} = 0.09\text{ mA}$ 。由于流经二极管D的电流很小,二极管正向压降可以取 0.5 V 。由此可以求出电阻 R_5 应为 $R_5 = (U - U_B - 0.5) / I_{R5} - R_6$,电阻 R_5 应选择 $8.2\text{ k}\Omega$ 。

3 结束语

由于充分利用了单相费控智能电能表的现有资源,新增端子过热检测电路结构简单、工作可靠、成本低廉。可以设想,采用这种电能表可以有效消除接线端子过热造成的经济损失以及火灾风险,具有确定的现实意义和应用价值。建议生产企业和供电企业积

极尝试生产和使用这种具有端子过热保护功能的单相电能表,在取得成熟经验的基础上逐步扩大其应用范围。

参考文献

- [1] 辛友顺, 单片机应用系统设计与实现[M]. 福建: 福建科技出版社, 2005.
- [2] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/27227/TI/LM393P.html>.
- [3] 张志恒, 电子技术基础[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [4] <https://club.1688.com/article/31960724.html>.

作者简介

许继东(1970—),男,电气工程师,从事继电保护管理工作。

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

天津实现配电线路可控自愈全覆盖

9月6日,国网天津市电力公司完成全部5224条10 kV配电线路馈线自动化“一线一案”方案编制工作。作为天津电力“世界一流城市配电网建设工程”的试点内容,该方案对提高天津地区配电网供电可靠性,保障天津电力“1001工程”顺利实施具有重要作用。

据悉,馈线自动化是指配电线路利用自动化终端实现对故障区域的感知隔离和恢复供电,是提升城市配网供电可靠性和故障修复效率的重要技术手段。针对天津地区每条10 kV配电线路特征,天津电力因地制宜梳理编制馈线自动化建设改造和投运方案,实现天津配电线路可控自愈全面覆盖。

在方案编制工作中,天津电科院历时一个月组织天津地区10家供电单位以及天津电力设计院等4家设计单位,依据生产管理信息系统图模信息和用电信息采集系统的负荷数据,开展存量配电自动化线路的馈线自动化方案校验,对增量配电自动化线路的馈线自动化方案进行优化设计,探索电压时间型就地式馈线自动化在城镇和农村区域的实用化方案,目前已完成全部5224条10 kV配电线路馈线自动化“一线一案”方案编制任务。

来源:中国电力新闻网

110 kV 母线差动保护动作 误跳事故案例分析

薛钟兵

(国网扬州供电公司, 江苏 扬州 225000)

摘要:介绍了某变电站发生的一起110 kV母线差动保护动作误跳开关的事故案例,通过现场检查情况分析了误跳的原因为隔离开关辅助接点接触不良所致,在此基础上,提出了相应的预控措施,分析总结了隔离开关辅助接点位置不正确对母线差动保护的影响。

关键词:母线差动保护;隔离开关辅助接点;误跳

中图分类号:TM774

1 事故发生过程

1.1 事故前电网运行方式

某220 kV甲变电站发生故障时正值整站改造,当时处于特殊运行方式。该站220 kV母线和2台主变都处于停役中,只有110 kV母线完成改造投入运行,且为正、副母线分列运行方式。110 kV正母线由220 kV乙变电站通过甲乙7C3线路转供,110 kV副母线由220 kV乙变电站通过甲乙7C4线路转供。系统接线方式如图1所示。

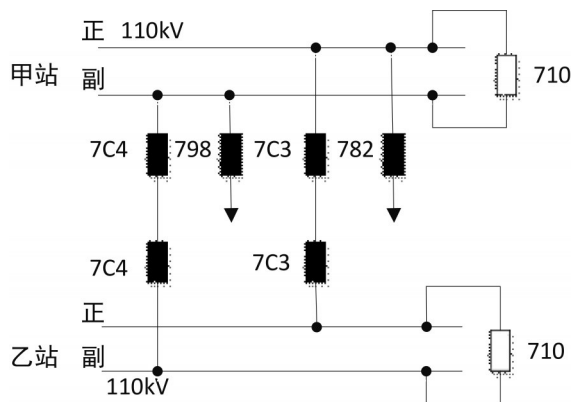


图1 事故前电网运行方式

1.2 事故象征及检查结果

2017年4月4日,监控报甲变电站110 kV母线差动保护动作,跳开正母线上所有开关和副母线上798开关,甲变电站110 kV正母线失电。现场检查汇报称110 kV母联7101隔离开关A相引线上方有飘带飘至门型框架(该框架接地)导致接地故障,母线差动保护动作,而798开关跳闸系母线差动保护辅助接点接触不良引起误动。

2 事故分析

根据母线差动保护动作逻辑,大差作为区内故障判别,小差作为故障母线选择,即当大差元件动作时,根据各连接元件的隔离开关位置计算母线的小差电流,最后决定故障发生在哪条母线。蒋王变110 kV母联710开关正母侧隔离开关接地故障,属于正母线范围内故障,大差动作,正母小差动作,跳开110 kV正母线上所有开关,由于副母小差平衡,副母上所有开关(包括798开关)均不应跳闸,但这里却跳闸了。

在微型母线差动保护装置中,由软件计算来识别母线的运行方式。当计算出某支路有电流而无隔离开关位置信号时,发出报警信号,并按照装置原来记忆的隔离开关位置计算差流,并根据当前系统的电流分布状况自动校核隔离开关位置的正确性。当发现隔离开关辅助接点状态与实际不符时,即发出“开入异常”“装置告警”信号,在状态确定的情况下自动修正错误的隔离开关接点^[1]。在本事故中,虽然798开关母线隔离开关辅助接点接触不良,理应可以由母线差动保护装置自动修正隔离开关位置,但由于正常运行时线路一直处于空载状态,支路电流近似为零,正副母线的小差均没有差流出现,导致软件无法完成自动校核,也就无法修正隔离开关接点,这就使得798开关处于一种不确定的母线结排状态,这就解释了798开关误动的可能。

3 预控措施

通常,对于开关的母线隔离开关同时合上时母

线差动保护会发“切换继电器同时动作”或“互联”信号,而对于开关的母线隔离开关辅助接点同时没有接触到位的情况则比较难以发现。经过进一步调查发现,现场运维人员在平时没有及时发现隔离开关位置异常信号,究其原因,这里设计的110 kV间隔交流电压回路断线信号采取了接线,如图2所示。



图2 间隔交流电压回路断线信号接线1

其中YQJ为线路母线隔离开关辅助位置继电器常闭接点,S1为开关辅助接点。这种接线的缺点是开关热备用时不能及时发现处于合闸状态的母线隔离开关辅助接点接触不好问题。针对于此,可以考虑采用不串截开关辅助接点的接线方式,如图3所示。



图3 间隔交流电压回路断线信号接线2

其中YQJ为线路母线隔离开关辅助位置继电器常闭接点。这种接线的优点在于开关处于热备用状态时,能及时发现母线隔离开关辅助触点接触不好的问题,但也存在一个弊端,当间隔处于冷备用状态时,交流电压回路断线信号常亮,引起干扰。总之,两者有利有弊,须权衡利用。

4 隔离开关辅助接点对母线差动保护影响

4.1 接点接触不良对母差影响

隔离开关辅助接点接触不良是指隔离开关主接点在闭合状态而隔离开关辅助接点在断开状态。母线差动保护取母线上各单元的母线侧隔离开关的辅助接点,用以判断该单元运行在哪段母线,决定该单元电流接入哪段母线的小差计算,同时正确出口跳闸。如果隔离开关辅助接点接触不良,母线差动保护虽然具备隔离开关位置修正功能,但其对于隔离开关位置的判断和修正是基于支路有电流的情况下进行,

如果支路电流很小或者空载运行,那么母差对该支路就无法修正隔离开关位置,这就导致发生区外故障时,母线差动保护可能会误动。

除此之外,在母线倒排过程中,如果出现隔离开关辅助接点接触不良,则母线差动保护装置无法自动判别“互联”方式,这时如果互联压板没有人为投上,母联开关又已改为非自动,此时如果任一母线发生故障,都依靠母联失灵跳开另一母线,延长故障切除事迹,可能造成系统稳定破坏,而互联方式下,母线差动保护不进行故障母线的选择,大差动作,复合电压开放即出口跳开2条母线上所有开关。

4.2 接点粘连对母差影响

隔离开关辅助接点粘连是指隔离开关主接点已分开而辅助接点仍在闭合状态。通常,在双母线方式中母线隔离开关发生辅助接点粘连会发切换继电器同时动作信号,可能造成母线停电时压变从二次侧反送电,使正常运行母线的电压互感器二次回路空气开关跳开,继而造成所有运行线路的交流二次回路电压消失,可能导致保护失压误动。另外,母线隔离开关发生辅助接点粘连还会导致母线差动保护自动判别为“互联”方式,此时若发生区内故障,将会导致2条母线上所有开关全部跳开,扩大了事故范围。

5 结束语

本文结合工作中发生的一起110 kV母线差动保护动作误跳开关的事故案例浅析对隔离开关辅助接点的认识,分析了接点接触不良和接点粘连对母线差动保护的影响。在日常工作中,往往忽略隔离开关辅助接点的检修和维护,而事实证明这恰恰是安全生产的隐患,须引起足够的重视。

参考文献

[1] 朱斌. 电网设备监控实用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2015.

作者简介

薛钟兵(1987-),男,工学硕士,工程师,主要从事地区电网调控运行的研究工作。

(责任编辑:刘艳玲)

轻载地区备自投误动风险分析 及防范措施研究

张荣海

(广东电网有限责任公司韶关供电局, 广东 韶关 512026)

摘要:常规的进线/母联备自投在紧线轻载运行情况下防TV异常失压后误动作的措施不足,存在备自投误动作的风险。鉴于此,结合过往的备自投误动案例,基于常规进线/母联备自投的动作逻辑,分析了常规进线/母联备自投在轻载地区使用中存在的风险,并提出了相应的技术防范措施。通过现场测试证明,本文提出的防范措施是可靠有效的。

关键词:轻载;备自投;误动;防范措施

中图分类号:TM762.1

随着电网规模的不断扩大以及满足用户对供电可靠性的要求,在220 kV及以下电压等级的变电站中大多都安装了进线/母联备自投装置。当主供电源发生故障时,备自投装置能够跳开主供电源开关,投入备用电源开关,以提高系统的供电可靠性^[1]。但是由于常规备自投的动作逻辑对进线轻载运行时的情况考虑不足而导致其误动的事件时有发生^[2-5]。备自投装置误动,严重时会造成变电站全站失压,从而使用户停电,对电网的安全稳定运行造成诸多不良的影响。针对于此,本文基于常规备自投的动作逻辑,分析了常规备自投在轻载地区使用中存在的风险,并提出相应的技术防范措施。

1 常规备自投在进线轻载时存在的风险分析

目前,常规的进线/母联备自投的动作逻辑为:当母线三相电压均低于母线无压判据定值,主供线路电流小于无流判据定值,且备供线路/备用母线的电压大于备供线路/备用母线有压判据定值时,备自投经延时 t_1 动作跳开主供线路开关,后再经延时 t_2 合上备供线路或母联开关。备自投装置动作逻辑如图1所示。

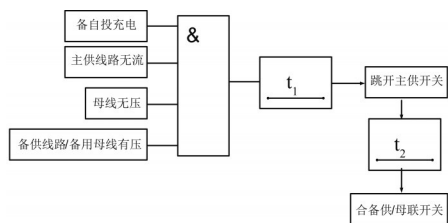


图1 常规备自投动作逻辑图

按上述备自投动作逻辑,当主供线路轻载运行时(负荷电流小于备自投装置整定的无流定值),如果发生母线TV异常失压,备自投将会动作出口。备自投装置可以设置无流定值来判别主供线路是否处于运行状态,其一般按照线路的正常负荷电流大小进行整定。根据运维经验,无流定值整定过大可能会导致备自投误动,而无流定值整定过低又可能导致备自投装置拒动。

根据南方电网对备自投的要求^[6],备自投装置应具备完善的在线自检功能,包括硬件损坏、功能失效和二次回路异常等;当任一元件(出口继电器可除外)损坏后,能及时发现异常状态,发出告警指示,并根据异常对装置功能的影响情况,闭锁相关备自投功能;TV断线等影响备自投装置功能的异常发生后,备自投装置应有防止误动作的措施并闭锁相关功能,各类关键异常情况应上送至监控。

而目前所用的备自投异常告警及闭锁逻辑设计仍不完善,针对主供线路轻载运行的特殊工况,在母线TV空开跳闸等异常发生后,备自投未能有效闭锁相关功能,也没有采用相应有效的措施防范备自投异常动作风险。

综上所述,常规的进线/母联备自投在轻载等特殊运行情况下防TV异常失压后误动作的措施不足,存在备自投误动作的风险。

2 针对轻载地区的备自投改进措施

针对轻载运行方式下,TV二次侧异常失压导致

备自投无法有效闭锁功能、且存在变电站失压风险的备自投装置,可从以下几个方面入手研究提出风险防控措施:备自投动作逻辑优化(如合理设置防误判据)、二次回路优化(如合理选择TV变比档位、新增接入用于防误的开关量或者电气量)、设备选型(如采用精度更高的备自投装置提高无流定值整定的灵活性)、备自投运行方式优化(如线路备自投改为母联备投、退出备自投运行)等。

本文主要从二次回路增加用于防误的开关量方向进行了研究,提出了以下针对性的备自投防误动措施。

根据备自投的动作逻辑,母线失压的判据是要求三相电压均小于无压定值,即某单相或者某两相失压,备自投装置并不会判定为母线失压,不会引起备自投装置误动。因此,将TV二次电压空开更换为单相空开,虽能一定程度上提高了备自投的动作可靠性,但仍不能杜绝由于TV二次侧空开跳闸而导致二次电压三相失压的备自投误动风险。因此,本文还提出将TV三相联动的二次电压空开换成单相空开,并且每个单相空开增加一个故障告警接点(SD接点)和一个状态辅助接点(OF接点)。

每段母线二次电压空开的SD接点并联接入测控装置,用于发信,如图2所示。发信回路由三相辅助接点并联接入发信回路,以确保任一相空开跳闸均能及时发信通知运维人员进行检查。

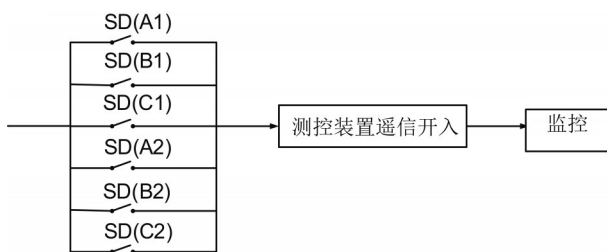


图2 TV二次空开脱扣告警回路示意图

每段母线二次电压空开的3个OF接点串联后再并联,经闭锁功能压板后接入备自投的闭锁开入如图3所示(图中以两段母线为例)。

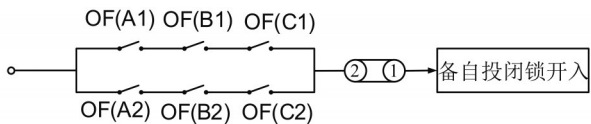


图3 TV二次空开脱扣闭锁备自投回路示意图

采用3个OF接点串联经压板接入备自投的闭锁开入,若出现3个单相电压空开均跳闸后,备自投装置就收到闭锁备自投的开入信号,装置放电,避免由于电压空开跳闸而引起备自投装置误动。完整的闭锁回路如图4所示,该闭锁功能的投退,可由压板进行控制。

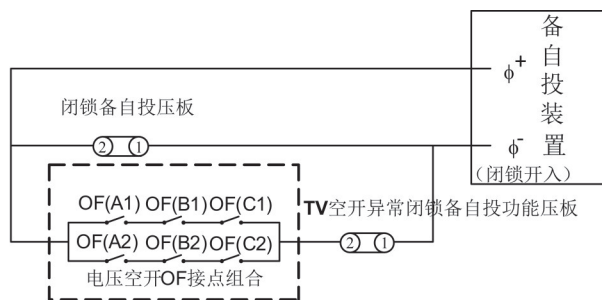


图4 针对轻载地区的备自投防误动措施示意图

3 结束语

备自投装置作为变电站最常用、最重要设备之一,其动作的正确性对电网的安全可靠运行起着至关重要的作用。为提高常规备自投在轻载地区的动作可靠性,本文提出了采用单相TV二次电压空开,并扩展其辅助接点的方法,对常规备自投闭锁回路及发信回路进行完善。通过现场测试证明,该方法可适用于各种电压等级的常规线路/母联备自投,在轻载地区具有较大的实用意义和推广价值,可供设计、施工、运行相关单位参考。

参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心. 国家电网公司继电保护培训教材[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [2] 张荣海. 分段备自投误动事件分析及其改进措施[J]. 电工技术, 2015(10): 64, 67.
- [3] 邹戈, 朱育熹. 重动并列装置失电引起备自投动作事件[J]. 农村电气化, 2012(8): 34-35.
- [4] 马力, 宋庭会, 库永恒. 防止母线TV断线引起备自投不正确动作的研究与改进[J]. 继电器, 2008, 36(2): 79-81.
- [5] 罗钰玲, 周明华, 周义水. 某110 kV变电站备自投误动作分析及处理[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2015, 29(4): 7-9.

作者简介

张荣海(1983-), 硕士, 毕业于重庆大学电气工程学院, 继电保护高级技师/工程师, 研究方向为电力系统继电保护与自动化。

(责任编辑: 刘艳玲)

基于相位补偿的柔性 直流保护闭环测试系统

董华梁¹, 王东鹏¹, 陈涛¹, 冯自权²

(1. 广东电网有限责任公司汕头供电局, 广东 汕头 515000;

2. 北京博电新力电气股份有限公司, 北京 海淀 100080)

摘要:分析了柔性直流控制保护装置的启动回路差动保护逻辑,明确了启动回路差动保护数字报文和模拟量同步采样的要求;其次,提出一种基于相位补偿实现数字FT3报文和模拟量电压电流同步输出的方法,解决启动回路差动保护的采样。在此FT3报文解析的基础上形成了FT3数据模板库,由此提出一种软硬件相结合的柔性直流保护装置闭环测试的系统,实现启动回路差动保护等保护逻辑的自动测试。最后,利用故障录波器对数字FT3报文和模拟量电压电流信号进行录波分析,验证了基于相位补偿方法实现的柔性直流保护测试系统的可行。

关键词:相位补偿;数模一体;柔性直流;测试;同步性;FT3报文

中图分类号:TM715

随着中国对环境治理的日益重视,风力发电、光伏发电等清洁能源越来越受到人们的重视。风电和光伏发电由于其自身发电原理特性限制,极易受风速、光照等环境气候因素的影响,发电功率和电能质量非常不稳定。如果贸然将风光发电直接接入交流大电网,极易引起电压闪避,影响整个大电网的电能质量和电网频率,同时,会给整个大电网带入谐波污染,导致输电线路、变压器和电机损耗增加,浪费宝贵的清洁能源,而且电网发生微小故障时,易导致风光发电基地切除,会导致全网电压崩溃,严重时会造成整个交流电网结构崩溃等重大电网事故。

柔性直流输电通过对无功功率的动态控制,精确控制有功潮流,改善并网系统电能质量,提高并网系统暂态稳定性,为风光发电并入大电网提供了可靠的技术保证,极大促进了我国风光发电产业的发展^[1-3]。同时,柔性直流输电也促进了西电东送,北电南送的国家战略发展,很好地解决我国能源分布不均衡的问题^[4]。

目前南方电网公司和国家电网公司都在开展柔性治理输电的研究工作,例如,南方电网公司于2013年建成了世界第一个多端柔性直流输电示范工程—南澳±160 kV多端柔性直流输电工程^[5]。该工程远景

广东电网有限责任公司科技项目资助

项目编号:GDKJXM20162087

规划为四端柔性输电,将南澳等岛屿的风电输出到内陆,目前三端柔性输电换流站已经顺利运行近5年。总结近几年的运维报告,发现其每年二次系统定检严重依赖柔性直流控制保护厂家,且无法实现启动回路等保护逻辑、保护定值的现场校验^[6-7]。究其原因,主要是因为柔性直流保护采样数据为数字FT3报文和模拟量同步采样模式^[8],而国内外无针对柔性直流保护装置的数模一体仪器同步输出测试仪器。

本文主要针对柔性直流保护装置的启动回路差动保护逻辑进行分析,介绍一种基于相位补偿方式实现的柔性直流保护测试系统,解决柔性直流换流站无法实现现场定检的问题。

1 柔性直流控制保护策略

1.1 柔性换流站保护

柔性直流保护装置包括换流器保护装置和站级保护装置^[9-10]。其中,站级保护是整个柔性直流换流站的核心保护,主要防止危害直流换流站内设备的过应力以及危害整个系统(含交流系统)运行的故障。柔性直流保护装置保护功能区域主要分为5部分,交流区保护、启动回路区保护、换流器区保护、直流极区保护和直流汇流母线区保护。

交流区保护主要保护交流变压器,保护采样为模拟量采样,其功能配置及作用与传统交流变压器保护一

致;交流母线区保护主要保护柔性直流启动回路,其主保护为启动回路差动保护,启动回路采样网侧为模拟量电压电流信号,阀侧为数字FT3电压电流信号;换流器区保护主要保护换流桥臂和换流阀,其通过换流器控制功能来限制和消除故障,保证换流阀和保护系统的安全运行,其采样为数字FT3信号;直流极区保护主要保护柔性直流正负极输电线路,通过直流过流保护、过/欠压保护和交直流碰线保护来快速切除直流线路故障,达到保护设备和系统的目的,其采样为数字FT3信号;直流汇流母线区保护存在于多端柔性直流输电的汇流换流站,主要保护直流汇流母线,通过汇流母线差动保护功能实现故障的快速切除,其采样为数字FT3信号。

在柔性直流换流保护功能中,启动回路区保护由于须同时采集模拟量电压电流信号和数字FT3电压电流信号,其保护功能的校验在整个柔性直流换流站中最为困难。

1.2 启动回路差动保护原理

站级保护是整个柔性直流换流站的核心保护^[11-12],通常被称为柔性直流保护,主要防止危害直流换流站内设备的过应力以及危害整个系统(含交流系统)运行的故障。柔性直流换流站二次系统采样结构如图1所示。

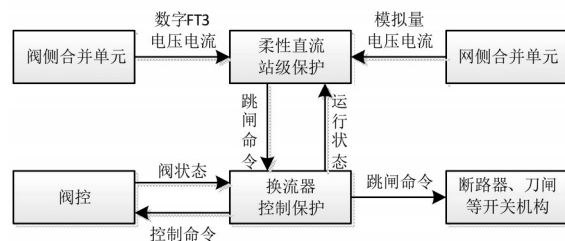


图1 柔性直流换流站二次系统采样结构

阀控装置实现对换流阀的监视和控制功能,其将换流阀的工作状态以FT3报文形式传送给换流器控制保护装置,换流器控制保护根据采集到的相关阀信号和整个换流器运行状态进行逻辑判别,由相关保护逻辑出口实现对换流阀的控制,最是实现整个换流器的安全可靠运行的目的。站级保护装置通过采集阀侧合数字FT3电压电流信号和网侧交流模拟量电压电流信号实现对换流站启动回路等区域差流计算,满足启动回路差动保护动作条件时,站级保护装置发送跳闸命令,通过换流器控制保护装置实现对断路器、

刀闸等开关机构的跳闸操作,从而切除故障。

2 柔性直流保护装置测试系统设计

2.1 测试系统结构设计

基于现场应用的柔性直流保护测试系统由软件部分和硬件部分组成^[13]。硬件部分采用模块化结构设计,由电流放大器插件、电压放大器插件、FT3插件、主板插件和电源插件等结构构成。电源插件将220 V交流电转换为12 V和360 V直流电源,12 V直流电源用于FT3插件和主板插件的供电及控制输出,360 V直流电源用于电流放大器和电压放大器的功率输出供电。主板插件ARM芯片通过以太网或内置Wi-Fi模块与PC机连接,接收上位机软件下发的控制输出数据命令。ARM芯片经过底层逻辑运算处理和FT3报文编译处理后,通过FPGA芯片将相关数据同步传输给不同模块插件的分控FPGA芯片。对于FT3插件,主板的FPGA芯片将要发送的FT3报文数据直接转发给FT3插件的分控FPGA芯片,实现FT3报文从多口同步输出。对于电压电流放大器插件,主板的FPGA芯片将控制输出的数字数据命令通过AD转换模块转换为模拟量信号,分别传输给对应的电流放大器模块和电压放大器模块,实现模拟量电压电流的同步信号输出。在整个控制输出环节,各插件均采用FPGA进行相关的信号控制输出,而FPGA采用并行数据传输原理,保证了整个测试系统的输出同步性^[14]。

基于PC机的软件部分主要由手动试验、状态序列、过流保护、差动保护等测试模块和FT3报文模板库组成。手动试验、状态序列主要实现交流模拟量和数字FT3信号的电压、电流信号及硬接点和数字FT3的开关量信号的动态控制;过流保护、差动保护测试模块通过导入柔性直流保护设定定值参数,自动进行故障计算,根据计算结果控制电压、电流信号和开关量信号的动态变化,模拟相关保护故障;FT3报文模板库通过收集不同柔性直流保护厂家和柔性直流换流站的通讯协议,编制FT3数据模板,形成相应的数据文件库,为后续柔性直流换流站定时检修提供测试手段。

2.2 相位补偿实现数模同步输出

要实现柔性直流保护装置测试,必须实现数字报文和FT3报文的同步输出^[15]。目前,数字报文输出的继保测试仪的控制主要通过FPGA来实现,而模拟量输出

的继保测试仪的控制主要通过DSP来实现。要想实现数字报文和模拟量的同时输出,只能采用FPGA来实现,因为FPGA不仅具备高速的大数据计算处理能力,而且还能实现时标的精确控制。在模拟量与数字FT3报文实际同步输出时,数字FT3电压电流报文由于需要底层FPGA根据上位机软件预先组织编辑报文,发送延缓时间较长,而模拟量电压电流通过物理器件直接发送,其延缓时间可以忽略不记,会导致其有一定的同步误差 ΔT ,换算为角差即 $\Delta\varphi$,模拟量与数字FT3报文同步误差分析如图2所示。

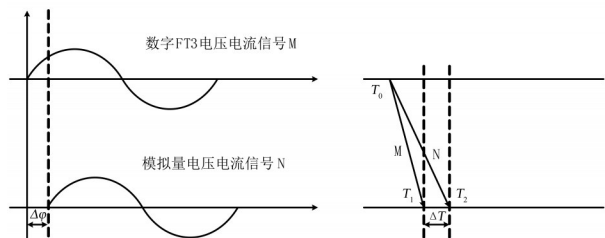


图2 数字FT3报文与模拟量同步误差分析

通过相关试验可以测试出同步控制输出时,数字FT3电压电流报文比模拟量电压电流信号输出慢 ΔT 。为了实现模拟量电压电流与数字FT3电压电流报文同步,以数字FT3报文为基准,对模拟量进行初始相位补偿。中国电网频率固定为50 Hz,即每周波20 ms,可知 $1\ \mu\text{s}$ 对应 0.018° ,将 ΔT 换算为对应的角差 $\Delta\varphi$,即输出模拟量电压电流初始相位补偿 $\Delta\varphi$ 。之后,每秒钟计算一次模拟量电压电流信号与数字FT3电压电流报文实际发送时间差 $|T_2 - T_1|$,根据 $|T_2 - T_1|$ 差值每秒钟对模拟量进行动态补偿。根据相关标准规定,数字量和模拟量同步误差不能超过 $10\ \mu\text{s}$,为了取得更高的同步精度,补偿门槛设置为 $5\ \mu\text{s}$,即 0.09° ,即当 $|T_2 - T_1|$ 差值大于 $5\ \mu\text{s}$ 时,对模拟量相位进行相应的角度补偿,从而实现模拟量电压电流信号和数字FT3报文同步。

步骤1:上位机软件设置数字FT3报文和模拟量电压电流输出数值,测试系统运行时,数字FT3报文初次补偿 $\Delta\varphi$ 。

步骤2:FPGA动态记录数字量和模拟量实际输出延时,并换算为对应的相位,计算数字FT3报文和模拟量相位差 $|\varphi_2 - \varphi_1|$ 。

步骤3:当 $|\varphi_2 - \varphi_1|$ 大于 0.09° 时,FPGA对模拟量初始相位进行补偿,否则初始相位不做任何处理。

步骤4:通过柔性直流保护装置启动回路保护采

样模块进行查看分析,验证经过补偿后数字FT3报文与模拟量是否实现同步输出。

2.3 启动回路差动保护自动测试

设置启动回路差动保护的保护区,根据启动回路差动方程进行差流计算^[16]。设定模拟量电流的初始幅值和相位,根据差动方程计算出使差动保护可靠动作的数字FT3电流的门槛值。在相关测试系统中,同步输出模拟量电流和数字FT3电流,启动回路差动保护进行相关保护采样。根据差流计算改变模拟量电流和数字FT3电流,使启动回路差动保护可靠动作,并根据启动回路差动保护的保护区来判断相关逻辑的正确性。同时,通过对比施加差动保护故障电流的时刻 T_1 和获取保护出口的时刻 T_2 ,自动计算保护出口时间即 $|T_2 - T_1|$ 。整个环节通过闭环控制实现保护动作逻辑、保护动作定值和保护区出口时间的整体测试^[17-18]。其具体流程如图3所示。

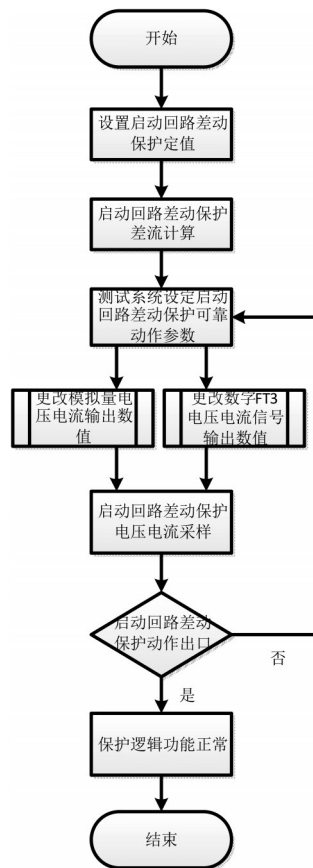


图3 启动回路差动保护自动测试原理

步骤1:对柔性直流保护装置启动回路差动保护的保护区、保护控制字和相关软硬压板进行设置。

步骤2:将保护区定值录入到测试系统,启动回路差动

测试模块根据内置差动方程进行差流计算,计算出使保护可靠动作的数字FT3电流值和模拟量电流值。

步骤3:运行测试系统,测试系统首先输出额定电压电流信号,消除柔性直流保护装置采样异常信号,5 s之后,输出模拟启动回路故障的数字FT3电流值和模拟量电流值。

步骤4:通过测试系统开入量接点监视启动回路保护动作出口,模拟启动回路故障后,启动回路差动保护动作,测试系统根据开入量接点判断启动回路动作正常与否并计算出保护动作出口时间。

3 相位补偿试验分析

利用国内某厂家数字和模拟通用录波装置进行相关的验证试验,测试经过相位补偿后柔性直流测试系统输出的模拟量三相电压输出和数字量三相电压的同步性。将柔性直流测试系统数字FT3报文输出和模拟量电压输出分别连接到录波装置对应的数字报文采集口和模拟量电压采集端口,测试系统控制输出数字FT3三相电压为依次为 $57.74\text{V}\angle 0^\circ$ 、 $57.74\text{V}\angle -120^\circ$ 、 $57.74\text{V}\angle 120^\circ$,模拟量三相电压为依次为 $57.74\text{V}\angle 0^\circ$ 、 $57.74\text{V}\angle -120^\circ$ 、 $57.74\text{V}\angle 120^\circ$,三相相位为 0° 、 -120° 和 120° ,录波装置记录到的数字FT3三相电压与模拟量三相电压角差。序号1、2、3的通道分别为模拟量三相电压通道,序号10、11、12的通道分别为数字FT3报文三相电压通道,模拟量与数字FT3报文三相电压角差分别为A相角差 0.034° 、B相角差 0.012° 、A相角差 0.007° ,完全满足测试系统数字量与模拟量同步误差不超过 $10\ \mu\text{s}$ 即 0.18° 的要求。因此,通过动态相位补偿的方法完全能够满足柔性直流测试系统对数字FT3报文和模拟量同步的要求。

4 结束语

针对柔性直流保护装置启动回路无法检修问题,本文介绍了一种柔性直流保护测试系统。该系统通过FPGA对模拟量初始相位进行动态补偿,使数字报文和模拟量电压电流实现同步输出,软件模块设计了一套实现柔性直流保护装置启动回路保护自动化测试的流程,通过启动回路差动保护动作方程实现启动会场差动保护自动测试。同时,利用数字和模拟通过录波装置验证了相位补偿方法实现数模同步的可行

性。基于相位补偿的柔性直流保护测试系统对柔性直流保护装置的现场定时定性检修提供了一种新的思路和手段。

参考文献

- [1] 徐政. 柔性直流输电系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [2] 吴博, 李慧敏, 别睿, 等. 多端柔性直流输电的发展现状及研究展望[J]. 现代电力, 2015, 32(2): 9-14.
- [3] 马为民, 吴方劼, 杨一鸣, 等. 柔性直流输电技术的现状及应用前景分析[J]. 高电压技术, 2014, 40(08): 2429-2439.
- [4] 汤广福, 贺之渊, 庞辉. 柔性直流输电工程技术研究、应用及发展[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(15): 3-14.
- [5] 魏伟, 许树楷, 李岩, 等. 南澳多端柔性直流输电示范工程系统调试[J]. 南方电网技术, 2015, 9(01): 73-77.
- [6] 李洁, 黄凯璇, 陈志伟, 等. 南澳柔性直流输电工程换流阀保护拒动原因分析[J]. 广东电力, 2017, 30(11): 114-119.
- [7] 冯满盈, 李岩, 许树楷, 等. 南澳多端柔性直流输电示范工程仿真和测试[J]. 南方电网技术, 2015, 9(01): 68-72.
- [8] 胡文旺, 唐志军, 林国栋, 等. 柔性直流控制保护系统方案及其工程应用[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(21): 27-33.
- [9] 李斌, 何佳伟, 李晔, 等. 多端柔性直流系统直流故障保护方案[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(17): 4627-4637.
- [10] 杨柳, 黎小林, 许树楷, 等. 南澳多端柔性直流输电示范工程系统集成设计方案[J]. 南方电网技术, 2015, 9(01): 63-67.
- [11] 董云龙, 包海龙, 田杰, 等. 柔性直流输电控制及保护系统[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(19): 89-92.
- [12] 梁少华, 田杰, 曹冬明, 等. 柔性直流输电系统控制保护方案[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(15): 59-65.
- [13] 李保恩. 智能变电站继电保护装置自动测试平台的研究和应用[J]. 电力系统保护与控制, 2017, V45(7): 131-135.
- [14] 林雪华, 郭琦, 郭海平, 等. 基于FPGA的柔性直流实时仿真技术及试验系统[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(12): 33-39.
- [15] 林国新, 唐志军, 翟博龙, 等. 智能变电站无线战域测试系统的同步策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, V44(24): 148-153.
- [16] 华文, 赵晓明, 黄晓明, 等. 模块化多电平柔性直流输电系统的启动策略[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(11): 51-57.
- [17] 孙晓云, 高鑫, 刘延华. 柔性直流输电换流器故障特性分析及诊断研究[J]. 电力系统保护与控制, 2017, V45(2): 75-84.
- [18] 吴庆范, 付艳, 张克辉, 等. 柔性直流输电系统交流母线差动保护研究[J]. 电力系统保护与控制, 2017, V45(3): 100-104.

(责任编辑:贺大亮)

配电网故障诊断及预判系统

张国兴, 刘惠姣, 郭亚宁

(鼎阳智电慧服科技股份有限公司, 河北 保定 071051)

摘要: 配电网中分布着数量众多的电气设备, 各电气设备在运行过程中都对应着其特有的运行特征参数, 通过配电网故障诊断及预判系统对这些运行参数以及周边环境参数进行收集、分析和处理后, 可以精准地呈现出各电气设备以及整个配电网所处的运行状态, 对已经发生的故障做出快速诊断和定位, 并对今后一段时期内的运行趋势和即将发生的故障做出精准预判。系统还可以根据事先设定好的权限向运维人员发出故障预警、执行或下发多种指令来确保在事故发生前消除故障隐患, 最大限度地避免设备在运行过程中发生故障, 达到提前防范的目的。

关键词: 配电网; 故障诊断; 运行趋势; 预判

中图分类号: TM711

作为直接面向电力用户的基层网络, 配电网中电力设备种类繁多、保护装置配合复杂, 拓扑结构具有很强的变化性和不确定性, 上述特征也就决定了对配电网中电气设备进行故障诊断及预判技术的复杂性。我国电气设备故障诊断及预判技术发展较晚, 其常规模式可以归结为故障—查询故障—排除故障。配网设备发生故障后, 其诊断方法是在一定的理论基础上, 通过对各级各类保护装置所产生的相关信息进行汇总和分析, 并结合运维人员的实践经验, 对故障性质和故障点做出判断, 这种诊断模式具有明显的被动性和滞后性。

随着科技的进步, 越来越多的高精尖电气设备投入使用, 上述传统诊断模式暴露出了功能单一、过于依赖运维人员的经验及综合素质、诊断速度慢、正确率低、对设备的运行数据利用及挖掘不够充分、重诊断轻预判等弊端, 这些弊端严重影响着故障诊断技术的快速发展。

为了解决在故障诊断技术发展过程中出现的问题, 突破现有的发展瓶颈, 研究了一种新型的故障诊断及预判系统, 该系统基于神经网络和大数据分析, 拥有强大的数据挖掘和自主学习能力, 可采集并分析处理配网运行过程中各电气设备的电压、电流等电气量信息, 配电室的温湿度、浸水程度、风速、SF₆含量等环境参数信息, 并辅以视频信息, 从而使该系统具备配电网电能质量监测、常见故障诊断和处理、故障的前瞻性和预判等功能。

1 系统构成

一种基于神经网络和大数据分析的配电网故障诊断及预判系统由硬件和软件2部分构成。硬件部分主要完成数据的采集、上传、存储和人机交互功能, 主要包括数据采集与处理单元、通信管理单元、后台监控中心和远程客户端4大模块。

数据采集和处理单元可采集配电网及相关电气设备的运行状态参数、周边环境参数及重点区域的视频信息。设备运行参数主要包括开关状态、电气量参数、局放参数、弧光参数; 周边环境参数主要包括温湿度、水浸、SF₆气体浓度等。采集的数据可经由通信管理单元上传至后台监控中心。数据采集和处理单元还可以执行由后台监控中心或远程客户端下发的指令如风机水泵的开启、门禁的开启、开关状态的变更等, 从而改变配电网相关设备的运行状态和运行环境从而消除故障隐患。

通信管理单元起到采集单元数据的上传和监控中心命令的下发的中转站作用。后台监控中心主要包括云服务器、监控大屏、事故打印机、UPS电源等。监控中心可对数据采集和处理单元上传的状态信息进行存储、分析, 完成信息查询、故障诊断及预判功能, 并将指令下发至数据采集和处理单元, 将设备的运行状态和诊断和预判的结果在远程客户端显示。

远程客户端部分包括PC端和手机移动端。远程用户只要安装浏览器就可以进行使用。用户可通过

浏览器查询配网中各被监控的电气设备运行的实时历史数据。用户还可以根据系统提示输入电气设备进行故障诊断所必须的相关信息,故障诊断系统通过后台运算后将诊断或预测结果经由浏览器展示给用户。远程用户可以实时更新数据库和知识库,使诊断系统日趋完善。

故障诊断系统的软件核心为基于神经网络和大数据分析的故障诊断及预判技术,该技术把神经网络和传统的专家诊断系统创造性的结合起来,由神经网络部分完成故障知识的获取、推理和知识库的维护工作,专家诊断系统负责系统故障信息的输入和输出,并对神经网络的数据进行处理。神经网络与专家诊断系统凭借其各自的优势,可以像故障诊断专家一样搭建起一套直观的联想和逻辑验证系统。该系统通过对数据采集单元上传的数据进行充分的处理和挖掘,实现故障的精准预判及故障的定位、诊断和处理。

基于神经网络和大数据分析的故障诊断和预判系统主要由数据库、知识库、推理机、解释系统学习系统、人机交互界面等6大部分组成,其结构图如图1所示。

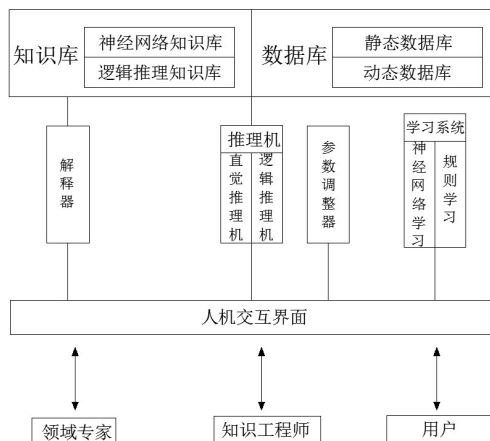


图1 故障诊断和预判系统结构图

该故障诊断系统的知识库由神经网络知识库和逻辑推理知识库组成。神经网络知识库中主要存放神经网络的权值、阈值等,逻辑推理知识库中主要存放电气领域的专业知识。

该系统的数据库由静态数据库和动态数据库组成。静态数据库主要存储相对稳定的参数或数据,如某电气设备的额定电压、电流,SF₆气体的达标浓度等,该部分参数一旦设定后不会频繁变动。动态数据

库存放诊断系统运行过程中由数据采集和处理单元实时采集到的动态参数,如某特定时刻某电气设备的电压、电流、配电室的温度、配电室的湿度等值,这些动态参数是进行故障诊断和预判不可或缺的数据。

与传统的故障诊断系统不同,该诊断系统的推理机由直觉推理机和逻辑推理机组成,分别对应知识库中的神经网络知识库和逻辑推理知识库,从而使得系统兼具直觉联想和逻辑验证的功能。当进行故障诊断和预判时,可将与逻辑推理知识库中相匹配的故障征兆参数送入逻辑推理机中进行求解,不匹配的故障征兆参数可转化为数据分析的输入样本,由直觉推理机进行推理求解。从而充分发挥神经网络和诊断系统的各自优势,使整个故障诊断和预判系统高效可靠的运行。

学习系统包括神经网络学习和规则学习2部分,其中神经网络学习为其主要学习机制。在建立系统时,选取配电网电气设备一些有代表性的、兼容性的故障样板进行训练和测试,训练系统的权值和阈值,并将它们送入神经网络知识库。当对故障进行诊断或者预判时,可通过推理机调用知识库进行诊断或预判。

该系统的故障诊断和预判系统的工作流程描述如下:系统采用基于逻辑知识的系统推理机制和基于数值计算的神经网络推理机制来诊断不同性质的问题,整个故障诊断和预判系统以并行方式运行,极大地提高了诊断的效率。电气设备的相关运行参数通过数据采集和处理单元送入动态数据库,故障诊断和预判系统将动态数据库中的数据信息与逻辑推理知识库中的故障征兆进行匹配,若二者之间存在着匹配关系,则转入逻辑推理机,运用传统的诊断思维进行诊断和预判;若逻辑推理知识库中不存在类似的故障征兆,则采用神经网络的推理机制进行运算,通过直觉推理机,调用数据分析知识库,计算出推理结果。诊断结果出来后,要对诊断过程进行解释,对系统对应的逻辑推理知识库进行更新。逻辑推理知识库的更新可等同于经验的积累,这是一个循序渐进的过程,随着系统应用年限的提升其逻辑推理知识库会愈加丰富。工作流程图如图2所示。

该系统的故障诊断和故障定位为基功能,其精髓为故障预判。成套系统通过对采集的数据进行充分

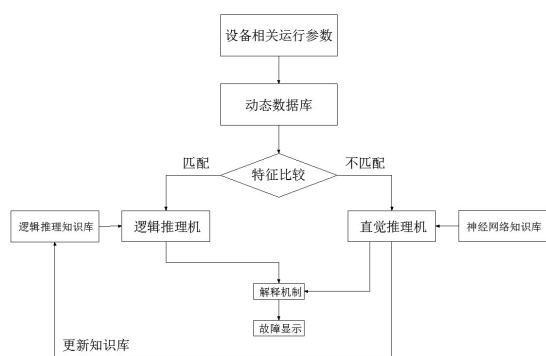


图2 工作流程图

的分析挖掘,对被监测电气设备未来可能发生的故障进行精准预判,并动用多种权限、执行多种命令赶在事故发生前消除该故障隐患。

2 关键技术总结

配电网故障诊断和预判系统整合了电气参数监控、环境参数监控、视频监控等各个子系统,做到了多系统的综合监控、综合管理、上传数据的综合诊断和分析,提高了系统的高效性,降低了多系统维护和管理成本。系统采用基于神经网络和大数据分析的诊断系统,可对各子系统上传的数据进行充分的分析和挖掘,不仅可以完成故障诊断和预判、实现故障的精准定位,还可以依据采集到的相关数据,出具最优的技术方案,为配电网代维服务提供数据支撑。系统从设计、开发到产品选型都严格遵守可靠性和实用性的原则,尽可能的采用成熟的技术、具备较强的容错能力。

该诊断系统在集成过程中吸收并采纳了多种先进技术,如图像编码压缩技术、基于神经网络和大数据分析的诊断技术等。成套系统在设计过程中充分考虑了后期的可扩展性以及同其他相关设备的对接时的便利性,完全采用标准化、模块化的设计、严格遵循相关的国际/国内/行业标准。系统在设计过程中注重软硬件的稳定性、易用性以及日常维护的便利性、人机界面友好,对操作人员的专业素养要求较低。系统在设计时充分考虑到了被监控电气设备安全、网络传输安全和数据存储安全,通过在在数据采集端采取完善的技术措施,保证在数据采集的过程中不影响电气设备的正常运行;在数据采集和监控中心之间以及监控中心和远程客户端之间,采取了可靠的技术手

段来防止非法访问和入侵,采集的数据采取数据采集端分布存储和监控中心云平台集中存储管理相结合的方式,对数据的访问采用严格的用户权限控制,并做好异常快速应急响应和日志记录。

3 系统优点

基于神经网络和大数据分析的故障诊断系统和预判系统,诊断速度快,准确率高。

不仅可以实现故障诊断和故障定位,还可以实现故障预判,并在故障发生前下发指令消除故障隐患。

客户端具备手机移动端功能,实现了故障诊断和预判客户端移动化。

服务器采用云服务器,具有高密度、高可扩展性、占地面积小、功耗低、虚拟化能力强大。

4 结束语

配电网故障诊断和预判系统,具备故障诊断和故障前瞻性预判等功能,该系统基于神经网络和大数据分析,不仅可以实现故障精确诊断和定位,还可以实现故障预判,并可通过手机客户端将诊断结果和处理方案发送至运维人员。应用该系统后,不但可以在设备发生故障后极大的提高诊断效率和诊断的正确率,还可以在故障发生前发出警示或下发相应的指令,通过运维人员或者自动设置的程序启动相关的设备,消除故障隐患。

参考文献

- [1] 秦泽宇, 秦玥, 叶浏青, 等. 多项式模型下的地区电力负荷预测[J]. 大众用电, 2017(05): 28-29.
- [2] 张雅超, 牛敏, 惠永杰, 等. 电力负荷预测系统的分析与设计[J]. 电子制作, 2014(04): 240.
- [3] 刘金智. 电力负荷预测技术发展趋势研究[J]. 科技创新导报, 2014(03): 43.
- [4] 王亮红. 基于时间序列分解技术的电力负荷预测乘积模型[J]. 东北电力大学学报, 2013(06): 45-47.

作者简介

张国兴(1978—),男,本科,工程师,研究方向为高防护电力开关设备及其自动化。

刘惠姣(1981—),女,河北保定人,硕士,工程师,研究方向电力系统分析、运行与控制。

郭亚宁(1969—),男,河北保定人,本科,工程师,公司技术总工。

(责任编辑:贺大亮)

基于国产密码的可信用电信息采集终端

冯云,翟峰,梁晓兵,徐萌

(中国电力科学研究院有限公司,北京 海淀 100192)

摘要:分析基于国产密码算法的可信计算体系,梳理采集终端所面临的安全风险,将基于国产密码算法的可信技术应用于采集终端的安全加固。从总体架构、可信启动、信任链传递3个方面开展了基于TCM的可信采集终端设计与研究,有效提升采集终端的安全防护能力,保护采集终端信息安全。

关键词:国产密码;用电信息采集终端;可信计算;TCM

中图分类号:TM734

随着我国智能电网的逐步发展,用电信息采集系统的建设日益完善。当前用电信息采集系统中部署了大量采集终端终端设备,与系统主站、智能电能表等之间进行频繁的命令通信和数据通信^[1]。

据统计,当前绝大部分的安全攻击事件均是由终端设备发起,终端设备很容易遭到如拒绝服务攻击、窃听、非法入侵等各种类型的安全威胁和攻击,进而造成敏感信息的泄露以及终端被黑客控制的风险,从而对整个系统的正常运行产生威胁^[2-3]。作为用电信息采集系统中的重要组成部分,采集终端传输和存放着用电信息采集系统大量重要数据,但终端系统的安全性却没有受到足够的重视。

可信计算的概念^[4]的提出,使人们将解决信息安全问题的思路转移到解决终端安全问题上来。可信计算作为一种新型的主动防御技术,其从终端安全入手,通过定义终端上的可信计算环境,为终端设备提供了一种新的安全解决方案,日益受到人们重视。我国在可信计算领域的研究已经从最初的跟踪学习过度到了自主创新阶段,研究水平日益国际领先。同时,我国高度重视信息安全,国产密码得到了快速发展。基于国产密码的可信计算技术,有效扭转了当前我国关键信息系统的安全防护技术严重依赖国外的局势^[5],提升了我国安全技术领域的自主可控能力。

因此,本文结合用电信息采集系统当前现状,将基于国产密码算法的可信计算技术应用于终端设备的安全加固,提出基于国产可信计算的用电信息采集终端的安全设计方案,可有效提升当前用电信息采集终端的安全性,有着迫切的现实需求与研

究意义。

1 基于国产密码算法的可信计算体系

1.1 可信计算概述

可信系统的概念由Anderson JP于20世纪70年代初第一次提出。1999年,IBM、HP、Intel和微软等几家著名IT企业联合成立了可信计算平台联盟TCPA(trusted computing platform alliance),并于2003年将其改组为可信计算组织TCG(trusted computing group)。TCG作为一个非盈利组织,其目的是促进可信计算平台标准的制定,目前已经制定了一系列的可信计算技术规范^[6-9]。

可信计算技术以由物理、技术及管理安全确保的可信根为起点,建立起一条信任链,从硬件平台、到操作系统,再到上层应用,一级度量认证一级,一级信任一级,从而确保整个系统环境的可信^[10]。

1.2 可信计算平台概述

可信计算平台指为用户提供可信服务的计算机软硬件实体,其核心部件是可信计算平台模块(TPM)^[11]。以TPM为信任根,TCG的信任机制是通过可信度量、可信报告和可信存储来实现^[12]。

可信度量:在可信系统中,实体在转移控制权前,均须对待转实体进行度量校验,校验通过,控制权才可转移。一般采用计算待转实体当前摘要值是否与预期摘要值相同作为校验依据。通过可信度量,信任得以逐级传递,进而建立一个可信的应用环境。

可信报告:判定平台是否可信是通过可信报告的机制来实现的。挑战方可以通过报告机制来获取TPM中度量信息和存储度量日志,只有验证通过才可表明该平台此时处于可信状态。

中国电力科学研究院有限公司青年基金

项目编号:JL84-18-001

可信存储:TPM具有较高的硬件安全性能,又具备证明的能力,可以实现对重要信息的封装,使得数据得以加密存储,更好地保护数据的完整性和机密性。

1.3 基于国产密码的可信密码模块TCM

密码技术在可信计算中占据重要地位,可信计算不仅涉及密码算法,还包括密码协议,密钥管理,证书配置等诸多方面。我国国产密码近年来发展迅速,提出了SM1、SM2、SM3、SM7等诸多国产密码算法,在电力、金融、互联网等领域的安全防护中均有应用。

在可信计算领域,2007年12月中国可信计算平台联盟CTCP制定了我国自己的可信密码模块(trusted cryptography module, TCM)规范。该规范结合我国具体国情,较TCG的TPM标准有了诸多改进,主要体现在以国内密码算法为基础、采用对称和非对称密码相结合、采用双证书体系3个方面。TCM基本组成结构如图1所示。

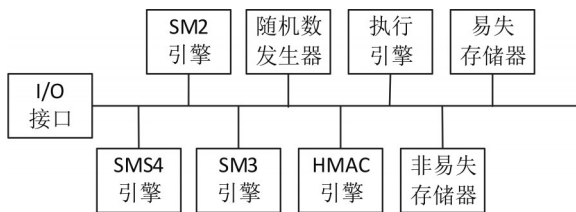


图1 TCM组件结构

在算法使用方面,TCM中全部使用国产密码。杂凑算法由原先的SHA1改为SCH;非对称密码算法采用椭圆曲线数字签名算法(SM2-1)、椭圆曲线密钥交换协议(SM2-2)、椭圆曲线公钥加密算法(SM2-3);此外,TCM还加入了对称密码算法的使用,降低了密钥管理、数据加密和授权协议的复杂程度,对称密码算法采用SMS4算法。

2 基于国产密码的可信采集终端安全加固方法

2.1 用电信息采集终端面临的安全风险分析

采集终端作为用电信息采集系统中的关键设备,在系统中起着承上启下的作用:向上与主站系统进行远程通信,实现数据的远程传输;向下与智能电能表进行本地通信,收集并处理电表数据,减轻电能表数据存储与处理负担。

采集终端由于其部署位置以及功能上的特殊性,面临着诸多安全风险,具体如表1所示。

表1 采集终端面临的安全风险

风险类型	风险描述
物理攻击	攻击者直接断采集终端本身或链接线路进行物理上的破坏,造成用电数据泄露、信息缺失等,对用户隐私带来风险
信息被窃听、伪造、重放以及篡改	攻击者通过非法手段,对采集终端中的数据进行窃听、伪造、重放、篡改等操作,给用电信息采集系统业务的正常开展以及用户数据隐私带来安全风险
拒绝服务攻击	攻击者通过对采集终端的网络带宽进行非法消耗性,导致采集终端无法继续工作

针对各种安全威胁,采集终端目前采取的安全加固措施包括物理封装、电路保护、安全硬件等。但是由于采集终端部署环境复杂,导致采集终端不能被有效地监控,物理防护无法有效阻止攻击发生;安全硬件加密能力与采集终端数据需求仍存在一定差距;对于承担了采集终端主要工作的操作系统和应用程序,目前尚无完善的检测手段;采集终端目前采用模块化设计,即使各功能模块安全,各模块之间组合工作仍会存在安全风险^[13]。

2.2 基于TCM的可信采集终端工作原理

采集终端作为实现我国用电信息采集系统“全覆盖,全采集,全费控”的重要设备之一,其安全防护研究十分必要。可信计算为采集终端的安全防护提供了新的思路,可以从根本上提升采集终端的安全性。

构建可信采集终端的基本思想是将TCM芯片植入采集终端系统中,调用TCM的保护功能、完整性度量功能和认证功能,有效实现采集终端系统的安全可信。

基于TCM的可信采集终端系统,关键是实现可信启动并将信任逐级传递下去。基于TCM可信采集终端启动应由TCM可信根开始,TCM需对Bootloader(操作系统加载程序)的完整性进行验证,验证通过后,才能启动Bootloader,并将控制权转移给Bootloader;进而Bootloader通过调用TCM的功能函数来验证操作系统完整性,验证操作系统可信之后,操作系统开始运行,并获得Bootloader向其转移的控制权。之后,操作系统通过可信度量,验证应用程序的

可信,并将控制权转移给应用程序。进而,应用程序通过逐级度量、逐级转移的方式,逐级验证各应用程序的安全可信,并将控制权依次转移,实现各种可信应用。

可信采集终端系统通过可信的逐级传递,保证了底层硬件、操作系统、上层应用程序的可信启动及可信运行,增强了安全防护能力。

3 基于TCM的可信采集终端设计

3.1 可信用电信息采集终端总体架构

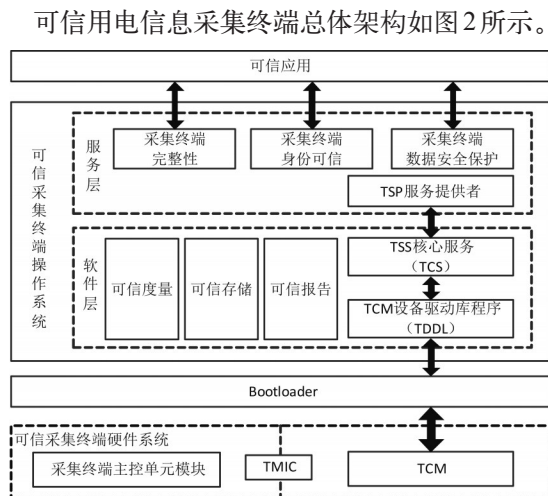


图2 可信用电信息采集终端总体架构

可信采集终端与一般采集终端的区别是加入了TCM可信芯片,可信芯片中的可信密码模块作为可信根,配合可信采集终端操作系统,实现采集终端的完整性、身份可信以及数据安全保护等功能。

可信采集终端架构主要包括可信硬件系统、可信操作系统以及可信应用程序3大部分。可信采集终端硬件系统中,TCM通过可信模块接口电路TMIC(trusted module interface circuit)与采集终端主控单元模块进行通信,TMIC同时具备协助TCM完成对Bootloader的可信验证与启动控制的功能,后文将详细介绍。可信操作系统主要包括软件层和服务层,基于TCM支撑软件TDDL、TCS以及TSP,完成可信度量、可信报和可信存储3大功能,实现采集终端完整性验证、身份认证以及安全保护,为采集终端应用程序提供可信服务。

3.2 可信采集终端的可信启动

可信采集系统终端主控单元模块结构如图3所示,主要由CPU基本电路、输入输出电路、通信接口

电路、语音控制电路、可信模块接口电路以及其他电路等组成,其中可信模块接口电路是可信采集终端特有,用来实现与可信密码模块TCM芯片的通信。CPU基本电路主要包括微处理器MCU、数据存储单元、程序存储器、时钟电路、辅助电路等。

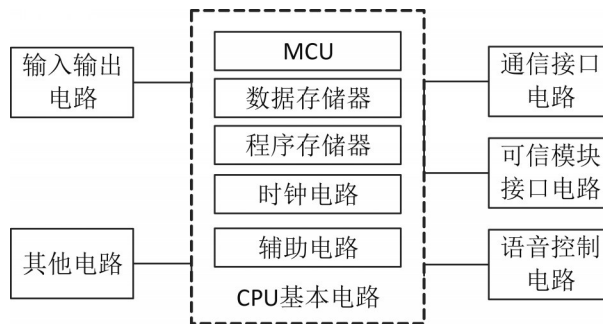


图3 采集系统终端主控单元模块原理框图

可信模块接口电路TMIC是可信采集终端系统实现的关键,除提供TCM与MCU之间的通信信道之外,还具备协助TCM完成对Bootloader可信启动的功能。

可信采集终端系统可信启动具体过程是:系统加电后,TCM先启动并自检;自检完毕后TMIC读取Bootloader至TCM里进行完整性验证;若完整性校验通过,TMIC建立MCU与Bootloader的实际连接,TCM发送许可信号给MCU处理器,Bootloader开始启动;若校验出错则将系统复位。

3.3 可信采集终端的信任链传递

可信采集终端系统的信任链传递的关键如何可信启动,实现信任的逐级传递^[14-15]。可信启动过程,指从系统加电开始到操作系统装载完毕,此时信任链单向传递;可信启动完成后,操作系统开始运行,并将信任传递给应用程序,由于应用系统众多,信任链传递可以采取树形等多种形式,视具体情况而定。可信采集终端的信任链传递如图4所示。

可信采集终端的信任链传递具体过程如下。

step1,系统加电,TCM初始化,启动自检。

step2,TCM通过TMIC读取Bootloader至TCM中。

step3,TCM计算Bootloader的hash值,与预存基准值比较,检验Bootloader的完整性校验。若Bootloader校验通过,进入step4,TCM将控制权交给Bootloader,否则返回step1。

step4,Bootloader通过TMIC建立与MCU间的实

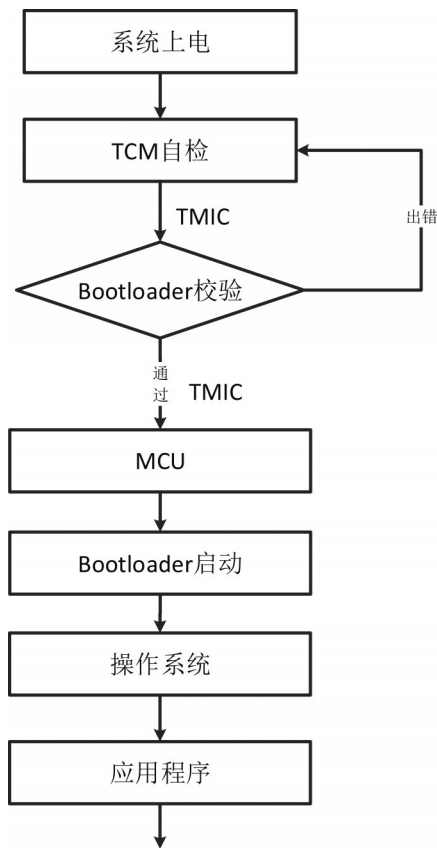


图4 可信采集终端的信任链传递
际连接,TCM通过TMIC向MCU发送许可信号,启动Bootloader。

step5, Bootloader调用TCM的接口命令,计算操作系统hash值,并通过与基准值进行比较,完成完整性校验。若校验通过,Bootloader将控制权交给操作系统,进入step6,否则进行恢复并报告错误。

step6,操作系统计算应用程序hash值,并通过与基准值进行比较完成完整性校验,校验通过后将控制权交给应用程序,进入step7,否则进行恢复并报告错误。

step7,应用程序进入运行。

通过逐级度量、如此信任的方式传递信任链,验证各应用程序的安全可信,从根本上保护整个采集终端系统安全。

4 结束语

智能电网的逐步信息化与互动化使得用电信息采集终端的安全性日益重要。近年来,我国国产密码技术与可信技术发展迅速,本文将基于国产密码的可信计算技术应用于用电信息采集系统终端的安全加固,从总体架构、可信启动、信任链传递3个方面开展

了可信采集终端设计研究,有效增强采集终端的安全防护能力,为采集终端设备的安全加固带来了新的思路。

参考文献

- [1] 张少敏,王志男,王保义.基于可信计算的用电信息采集终端完整性检测方案[J].电力自动化设备,2017,37(12):60-66.
- [2] 许瑞辉.基于可信计算嵌入式配电终端的研究与实现[D].北京:华北电力大学,2014.
- [3] 沈昌祥,张焕国,冯登国,等.信息安全综述[J].中国科学E辑:信息科学,2007,37(2):129-150.
- [4] Department of Defense Computer Security Center. Department of Defense Trusted Computer System Evaluation Criteria. DoD 5200.28-STD.USA; DOD, 1985.
- [5] 沈昌祥,公备.基于国产密码体系的可信计算体系框架[J].密码学报,2015,2(5):381-389.
- [6] Trusted Computing Group. TCG[OL]. <https://www.trusted.computinggroup.org>.
- [7] Trusted Computing Group. TCG规范列表[OL]. <https://www.trusted.computinggroup.org/specs/>.
- [8] Trusted Computing Group. TCG Specification Architecture Overview[EB/OL]. Revision 1.4, 2007.
- [9] Trusted Mobile Platform Protocol Specification Document [EB/OL]. http://www.trusted-mobile.org/TMP_Protocol_rev1_00.Pdf
- [10] 杨蓓,吴振强,符湘萍.基于可信计算的动态完整性度量模型[J].Computer Engineering, 2012, 38(2).
- [11] YU Z, ZHANG W, DAI , et al. A trusted architecture for virtual servers with trusted platform module and certify-cafe authority [J]. Journal of Signal Processing Systems, 2017, 86(2 /3): 327-336
- [12] Mukhamedov A, Gordon A D, Ryan M. Towards a verified reference implementation of a Trusted Platform Module [M] //Security Protocols YVII. Springer Berlin Heidelberg , 2013:6981.
- [13] 赵波,倪明涛,石源,等.嵌入式系统安全综述[J].武汉大学学报(理学版),2018,64(02):95-108.
- [14] 徐明迪,张焕国,张帆,等.可信系统信任链研究综述[J].电子学报,2014,42(10):2024-2031.
- [15] 常德显,冯登国,秦宇,等.基于扩展的可信虚拟平台信任链分析[J].通信学报,2013,34(5):31-41.

作者简介

冯云(1992—),女,汉族,山西临汾人,硕士,主要从事电力计量及用电信息安全技术研究。

翟峰(1979—),男,汉族,山东人,硕士,高级工程师,主要从事电力计量及用电信息安全技术研究。

梁晓兵(1978—),男,汉族,河南人,博士,高级工程师,主要从事密码技术,信息安全方面的研究。

徐萌(1990—),女,吉林人,硕士,主要从事电能计量与密码技术研究。

(责任编辑:贺大亮)

高压开关机械特性非接触式测量技术

钱程, 魏如峰, 樊雷

(宁波供电公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 针对高压开关的拒动、误动、慢分和三相严重不同期等机械故障可能造成严重事故的问题, 对运行中的高压开关相关机械特性参数进行测量, 判断高压开关能否正常工作, 从而进行及时的维护和检修。为此, 研究高压开关机械特性非接触式测量的技术已迫在眉睫。基于图像处理技术和光传导技术的日趋成熟, 将相关技术引入到高压开关机械特性测试系统中, 实现快速准确地非接触式测量高压开关机械特性。

关键词: 高压开关; 机械故障; 图像处理; 光传导; 测量

中图分类号: TM711

随着电力系统规模的不断扩大以及电力控制技术的更加深化, 各种高压开关等通断电控制器件越来越被广泛的应用^[1]。电力系统正常运行时, 用它来进行倒换运行方式, 把设备或线路接入电路或退出运行, 起到控制作用; 当电气设备或线路发生故障时, 断路器用来快速切除故障, 保证无故障部分正常运行, 起到保护作用^[2]。可见, 在操作分合闸, 重要负荷的开断中高压开关发挥着极其重要的作用。

而电力系统出现异常使得高压开关出现的各种机械故障所造成的事故, 给电力系统的稳定和国家财产带来不利和损失。大量统计数据表明, 高压开关事故的80%左右是由机械故障造成的^[3]。

为保证高压电气成套设备安全运行, 防止电力系统出现异常, 当高压开关产生拒动、误动、慢分和三相不同期等故障时需对运行中的高压开关相关机械特性参数进行测量, 判断高压开关能否正常工作, 从而进行及时的维护和检修。而常规的机械特性测试试验中, 夹具和传感器安装复杂, 不同的设备和不同的测试人员测量出来的参数误差较大, 还会延长停电检修时间。基于图像处理技术和光传导技术的日趋成熟, 将相关技术引入到高压开关机械特性测试系统中, 实现快速准确地非接触式测量高压开关机械特性。

1 设计原理

系统架构图如图1所示。在有限空间下准确、快速地采集信号, 然后将信号传送给计算机进行数据处理, 测量出相关机械特性参数的数值与参考数值范围进行对比, 判断出高压开关是否正常, 能否正常工作,

从而进行及时的维护和检修。

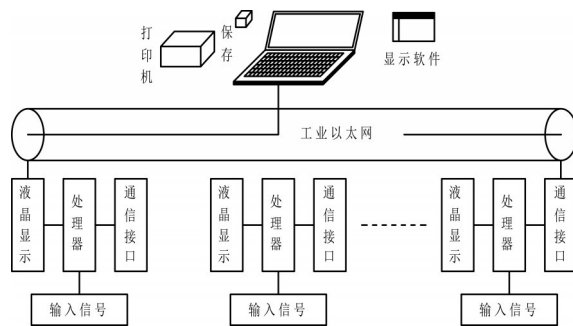


图1 系统架构图

2 设计方案

2.1 信号检测

根据不同的现场检测情况设计出2种方案进行信号的检测, 具体方案如下。

2.1.1 激光位移传感器检测

该方案是在高压开关中的垂直滑动部位上安装一个光反射杆, 该光反射杆随动触头一起运动。在底板上安装激光传感器, 以此来测量激光传感器与光反射杆之间的距离, 如图2所示。激光传感器上输出的信号送入数据处理设备进行处理, 得到距离变化与时间的曲线关系图, 从图2中可得出真空断路器的各项性能参数。激光位移传感器的重复测量精度一般都能达到1 μm, 完全能满足本项目的测量精度要求。

该方案适合无接触、高精度、有光差的情形下使用。

2.1.2 微型拉杆式直线位移传感器检测

该方案将激光传感器用微型拉杆式直线位移传感器代替, 就是此方案的监测方法。微型拉杆式

直线位移传感器是接触式监测,允许极限运动速度可达到5 m/s,重复测量精度为10 μm,相对线性精度为±0.3%。完全能满足本项目的测量精度要求。

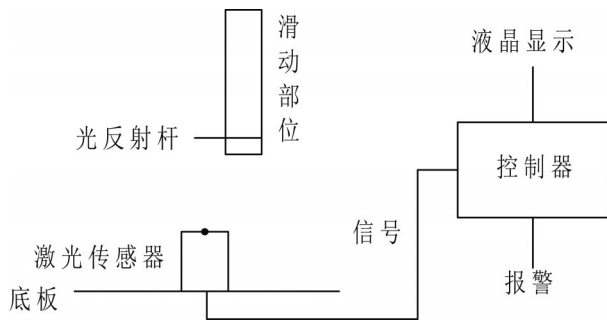


图2 非接触测量系统图

该传感器的安装视实验情况可作调整,以最大限度地不影响高压开关机械性能及方便安装。

该方案适合有接触、要实现数字化的情形下使用。

2.2 现场数据采集与显示

由于高压开关的运动距离为5~15 mm之间,最大运动速度一般为1 m/s左右,为满足要求的测量误差,应尽量使信号测量频率达到10 kHz,这样的话,就能在最大运动速度下每间隔0.1 mm得到一个采样值。

根据以上测量得到的位移—时间曲线图,就可以从图中计算出目前高压开关的检测项目值,并与要求值对比,显示是否超标。

现场液晶显示的内容包括:开(合)闸曲线图、检测项目数值及要求值等。

2.3 现场数据采集与监控间的数据传输

当现场数据采集过后,现场数据采集的数据和监控室间的数据将传输给电脑,传输方式采用有线传输或者无线传输(安装GPRS模块),视用户要求而定。

2.4 监控室数据处理与显示

监控室收到现场传输来的数据后,对现场数据进行处理,上位机负责监控现场设备的工作状态,实现报警管理(含手机发送功能)、历史数据存档、合(开)闸曲线图显示、历史数据查询、检测项目指标生成与要求值显示表、报表生成、图表打印等功能。

本系统要使用的上位机选用常用于工业控制的工控机。工控机是专门用于工业控制的特殊计算机,与普通计算机相比,优势很多,机箱上有专门电源,电源有较强的抗干扰能力,机箱应采用钢结构,有较强

的防磁、防尘、防冲击能力,具有连续长时间工作的能力。

3 误差分析

针对高压开关各检测项目的测量误差要求,分析出本设计方案的测量误差的主要来自于传感器的测量误差、数据处理产生的误差、信号测量频率产生的误差。

由于传感器的测量精度相当高,可达10 μm,相对线性测量精度达±0.3%,因此传感器的测量误差可忽略不计。

至于数据处理产生的误差,可通过算法的优化来达到最大程度地消除,因此它产生的误差也相当小。

由于受到信号测量频率的限制,应尽量将信号处理的测量频率提高来减小误差。

经分析得出,如果信号测量频率为5 kHz时,高压开关最大运行速度按1 m/s计算,则在最大运动速度下为每间隔0.2 mm采一次样。按最大运动行程为5 mm计算,这时的测量最大误差为4%;若按最大运动行程为15 mm计算,这时的测量最大误差为1.33%。

如果信号测量频率为10 kHz时,高压开关最大运行速度按1 m/s计算,则在最大运动速度下为每间隔0.1 mm采一次样。按最大运动行程为5 mm计算,这时的测量最大误差为2%;若按最大运动行程为15 mm计算,这时的测量最大误差为0.667%。

4 结束语

本设计方案源于保障高压电气成套设备安全运行,防止电力系统出现异常导致的高压开关产生拒动、误动、慢分和三相不同期等故障,要对运行中的高压开关相关机械特性参数进行测量,判断高压开关能否正常工作,从而进行及时的维护和检修,本研究设计出一种高压开关机械特性非接触式测量技术。本设计通过测量得出的曲线和特性,和离线常规测量的界面及参数种类一致;曲线中含有包络线和主触头分合闸曲线。可以对原始数据实现保存、查询、打印、传输、报警等功能。

(责任编辑:贺大亮)

配电网停电控制方案研究及分析

姚强,张健,金朝晖,陆翔,沈美琴

(国网浙江平湖市供电公司,浙江平湖 314000)

配电网作为电力系统中不可缺少的内容,并且一旦发生停电的现象,就会影响电力系统的正常运行。因此,本文针对配电网停电控制方案中的相关内容,展开了分析和阐述,其目的就是保证电力系统运行的有效性,保证人们日常稳定用电,对其行业的发展也是非常有利的。

1 配电网停电控制分析

在配电网停电控制方案编制之前,一定要明确其基础内容和业务流程,这样才能保证配电网停电控制方案的有效性和合理性。下面就对功能和业务流程的详细内容,展开了分析和阐述,

1.1 基础内容

1.1.1 故障判断

配电网停电控制系统主要是在停电事故发生以后,可以及时检测出故障发生的位置,并且根据故障发生的情况派遣专门的维护人员,这样可以在一定程度上保证停电故障维护的工作效率。同时,系统可以将各项数据进行收集和储存,为后期工作的查询和使用,提供了相对便利的条件。另外,通过网络模型的方式,判断故障点产生的位置,并且根据准确的网络数据对于当前的网络结构进行分析,最终确定故障点的位置。网络模型的构建要包含用户信息和配电网连接等方式,这样可以为后期系统故障排除和检查,起到辅助作用。

1.1.2 故障抢修

在停电故障发生以后,要第一时间确定故障产生的位置,维修人员根据系统提供的各项信息和数据,展开故障抢修和维护工作,以此保证配电网系统运行的稳定性和安全性。但是,在故障抢修的过程中,要在现场做好相应的隔离措施,并且根据现场的实际制定相应的抢修方案。同时,在抢修的过程中,可以利用计算机系统起到配合的作用,

并且要根据相应的业务流程展开抢修工作,保证该项工作的有效性。

1.1.3 后期故障分析

在停电故障消除恢复供电以后,维护人员要对停电故障产生的原因、事故位置、时间、以及产生所造成的后果进行分析和阐述,并且做出相应的报告,这样可以为后期类似工作的展开,提供了相对便利的条件。

1.2 业务控制流程

1.2.1 数据信息

要明确数据信息的各项流程,并且要掌握系统与其他系统数据之间关系,这样可以为配电网停电控制方案的制订,提供来相对便利的条件,保证方案设计的标准性。另外,要在系统数据接口与其他接口相互连接,实现数据和信息共享的运行模式。

1.2.2 停电业务处理

停电处理流程主要包括有计划停电、故障停电等方面。因此,在配电网停电控制方案设计的时候,首先要判断是哪一种故障,并且根据故障的特点选择相对合适的维护方式;其次,针对不同的故障,了解其特点,如计划停电要分析最佳停电隔离点分析和负荷转移分析,并且在进行停电检修或者限电之前,要进行模拟倒闸操作,这样主要是保证线路以及配电设备容量处于标准的状态,避免影响电力系统的正常运行。

2 配电网停电控制方案设计分析

完善的配电网停电控制方案,是保证电力系统稳定运行的基础。本段内容针对配电网停电控制方案设计的相关内容,展开了分析和阐述。

2.1 系统平台设计

系统平台是配电网停电控制方案设计的基础,具体内容可以从以下几点展开。

一般情况下,系统应用程度是以VB6.0为主要的开发工具,并且也是目前计算机编程最为常用的一种系统语言,它不仅功能较为强大,在数据库管理方面也相对叫便利和灵活。但是,在设计的过程中,一定要明确其功能,如查询、修改数据、统计、打印等方面,保证系统功能的多样性。另外,需要与系统数据库进行有效连接,如Jet数据库、开放式数据库等方面,为后期系统数据的查找提供了相对便利的条件。

在设计的时候,可以引用GIS软件,主要是将用户接口使应用系统集成在桌面系统,这些接口可以在GE Smallword环境中开发或采用VB等专用工具建立,以此保证配电网停电控制方案的先进性。同时,通过利用浏览器和现场遥控器加强数据传输的效果,分析系统运行是否处于稳定的状态,降低配电网停电故障产生的概率,保证配电力系统运行的稳定性和安全性。

在系统设计的时候,一定要注重数据库的设计,根据系统的特点和运行环境选用合适系统模式,通常情况是以Microsoft SQL server 2000为主。

2.2 确定控制系统和其他系统之间的关系

配电网停电控制系统在运行的时候,是不能单独存在的,一定要与其他运行系统相互连接,这样才能将配电网停电控制系统的功能和作用全面发挥。同时,在设计的过程中,一定基于设备管理、维修人员调度和运行调度等方面为基础,这样可以保证停电计划和停电事故处理的全面性。另外,一定要明确停电控制项目,主要包括:获取停电报告以后需要在第一时间判断系统产生故障的原因和位置;根据分析所获取的数据,调遣相应的工作人员维修恢复供电;针对不同的故障形成各种报告,并且存档以便后期使用。

2.3 负荷转移设计

负荷转移设计是配电网停电控制方案中影响最重要的内容。因此,在设计的时候,一定考虑综合因素,保证负荷转移设计的合理性。

对开关变位点或者故障点等方面进行分析和明确,并且利用较为显眼的颜色进行标注。

在负荷转移设计的时候,一定要基于GIS的基础之上,分析网络拓扑结构,分析网络的连接点信息,这样可以判断定点区域联络点与其他线路之间的关系。

最大限度地恢复供电,并且将其作为目标函数。同时,一定要降低开关操作次数,保证电压、电流、负荷等方面额平衡性,将配电网辐射状态下供电作为重点考虑的对象,这样才能保证设计方案的有效性。

在可视化界面上,确定拉闸地点以及开关动作的步骤,这样可以保证配电网停电控制系统运行的稳定性。

3 配电网停电控制系统的实现

某电力企业在配电网停电控制系统方案设计的时候,明确该系统与其他配电网管理之间数据信息、停电业务等相关内容以后,对配电网停电控制系统的实现进行了明确,具体的内容如下。

设计停电管理系统在运行的时候,须基于配电网调度所的基础之上,并且利用Internet网络实现信息和数据显示和查询等工作,并且系统和其他系统也会有效完成数据交换等工作。同时,通过利用大屏幕显示配电网停电故障的处理过程,并网将调度所与维护中心相互连接,这样可以保证停电故障抢修的及时性,提升配电网停电控制方案实施的效果。

配电网停电控制系统与其他相互连接,可以有效实现和信息共享的模式,并且利用专业和经验较强的工作人员执行该方案,可以有效实现可视化控制模式,进而展现力配电网停电控制方案的作用和效果。

4 结束语

综上所述,本文从不同方面对配电网停电控制方案的相关内容,展开了分析和阐述,其目的就是降低停电故障产生的概率,并且保证配电网停电控制方案实施的效果,以及电力系统运行的稳定性,进而为人们提供良好的用电环境,对电力行业的发展,也是非常有利的。

参考文献

- [1] 郭佩,朱有产.基于停电管理系统的配电网停电研判方案[J].电力信息与通信技术,2017(9):75-79.
- [2] 强春雨.配电网停电管理分析及可靠性的措施探讨[J].科研,2016(8):4.
- [3] 李先奇,曾致远,张勇传等.配电网停电管理系统分析与设计[J].电力系统保护与控制,2015,33(23):55-59.

(责任编辑:贺大亮)

减少配电网作业停电时间

钱积宏,张智博,张慧林

(国网辽宁喀左县供电公司,辽宁 喀左 122300)

1 选题理由

2016年喀左县域内配电网停电作业共242项,累计停电时间2019 h。作业次数多,停电时间长。喀左县因配电网停电作业接到用户投诉工单5件、意见工单8件、咨询工单13件。为此QC小组决定选择“减少配电网作业停电时间”为课题。

2 现状调查

课题确定后,QC小组成员将2016年配电网停电作业数量和停电时间作为调查统计对象。经调查统计2016年配电网累计停电210次、停电时间2019 h,配电网重复停电作业165次,重复停电1361 h。重复停电时间占总停电时间的67.4%,是配电网作业停电次数多、时间长的症结。

3 目标确定

本次活动的目标值为减少配电网作业停电时间680.5 h。

4 原因分析

QC小组根据人、法、环3方面进行分析,得出以下末端因素:工作量大、人员少,培训时间短,未执行标准化作业,计划编制不合理,巡视质量不高,用户工程作业未与计划作业配合。

5 要因确定

末端因素1:工作量大、人员少。对2016年农网改造升级工程量和各供电所作业人数进行了统计。2016年农网改造升级工程集中在南哨、十二德堡、大营子、老爷庙、平房子供电所。供电所平均作业人数为6人,工作量大、人员少。结论:工作量大、人员少是要因。

末端因素2:培训时间短。通过翻阅2016年培训记录,对培训时间、人数进行了统计。配电专业年参

培人数289人次,培训时间43课时。理论考试与实际操作考试成绩均在70分以上。结论:培训时间短是非要因。

末端因素3:未执行标准化作业。对2016年标准化作业指导书执行情况进行了统计。2016年10 kV配电网停电作业242项,执行标准化作业指导书作业242项,全部作业均执行标准化作业指导书。结论:未执行标准化作业是非要因。

末端因素4:计划编制不合理。对2016年4—5月、9—10月10 kV配电网重复停电作业次数、时间进行了统计。2016年4—5月8条10 kV配电线路2个月内重复停电3次及以上,9—10月3条10 kV配电线路2个月内重复停电3次及以上,配电网作业计划未统筹安排。结论:计划编制不合理是要因。

末端因素5:巡视质量不高。对2016年10 kV配电网临时检修作业数量进行了统计。2016年因巡视质量不高,部分线路、设备缺陷发现不及时,配电网临时检修作业33项,累计停电时间183.5 h。结论:巡视质量不高是要因。

末端因素6:用户工程作业未与计划作业配合。对2016年用户工程作业与计划作业配合情况进行了统计。2016年用户工程作业与计划作业配合作业4次,占比6%。由于用户工程作业量小、作业地点分散、作业时间不确定、送电时间紧等特殊原因,通常不能与供电企业10 kV配电线路计划停电检修作业相结合,造成重复停电。结论:用户工程作业未与计划作业配合是要因。

6 制订对策

6.1 制订对策

针对确认的要因,制订对策方案选择评价表,如表1所示。

6.2 具体实施措施

QC小组召开专题会议,集思广益,确定出解决问题的多种方案,分析论证和咨询,确定最终实施对策。

表1 对策方案选择评价表

序号	要因	对策	可行性分析	结论
1	工作量大、人员少	实施综合大检修,提高作业质效	管理部门统筹调配作业人员,协助供电所完成大规模的作业	可行
2	计划编制不合理	加强计划编制,规范计划管理	作业计划实行各部门联合审核制度,规范计划编制	可行
3	巡视质量不高	实行设备运维第一责任人管理制度,提高线路巡视质量	把配电设备运维管理落实到人,激发配电运维人员的工作积极性,提高线路巡视质量	可行
4	用户工程作业不能与计划作业配合	推行带电作业,缩短停电时间	对需要紧急送电的用户工程,协调实行带电作业	可行

相关部门进行验收,最后进行综合绩效评估,具体对策如表2所示。

7 实施对策

7.1 实施1, 实施综合大检修,提高作业质效

7.1.1 现场勘察

每项配电网综合大检修项目实施前,县公司领

导、运维检修部、安全监察质量部、调度控制中心、安全生产部及相关供电所人员共同进行现场勘察,详细掌握线路、设备存在的隐患、缺陷情况,核对工作地段线路的实际运行情况、沿途的地理环境、交叉跨越情况,分析施工过程中存在的安全隐患,制定切实可行的预控措施。为保证配电网综合大检修质量,每项作业至少组织现场勘察2次,为配电网综合大检修工作方案的编制提供了准确的资料和数据。

7.1.2 方案制订

配电网综合大检修实施方案,由县公司运维检修部根据现场勘察内容统一编制,具体实施内容由配电网综合大检修项目实施单位配合完成,主要包括配电网综合大检修项目概况、主要作业内容和单位、实施进度安排、项目领导组织机构组建、项目实施期间配电网运行方式及负荷转带安排、安全组织技术措施等。工作方案在实施前经过朝阳供电公司运维检修部、安全监察质量部、调度控制中心审批。

7.1.3 大检修推演及培训

配电网综合大检修项目实施前3~5天,由运维检修部组织安质部、调控中心、安全生产部、相关供电所开展配电网综合大检修推演及培训会。根据配电网综合大检修作业实施方案,结合现场作业简图,详细部署配电网综合大检修作业任务,明确作业现场责任分工,确定所需物料和工器具,确保作业现场的安

表2 对策实施表

序号	主要原因	对策	目标	措施
1	工作量大、人员少	实施综合大检修,提高作业质效	完成7条线路综合大检修	现场勘察,熟悉现场环境、掌握现场危险点;编制配电网综合大检修工作方案时,统筹调配作业人员;召开综合大检修推演及培训会,部署落实方案;大检修作业实施
2	计划审核不严	加强计划编制,规范计划管理	2个月内重复停电不超过3次	设置计划负责人;定期召开作业计划讨论会
3	巡视质量不高	实行设备运维第一责任人管理制度,提高线路巡视质量	临时检修作业不超过10项	设置配电线路、设备运维第一责任人;第一责任人按周期对线路、设备进行巡视,消除缺陷;管理部门对第一责任人进行考评
4	用户工程作业未与计划作业配合	推广带电作业,缩短停电时间	实施带电作业10次	用户工程作业实施带电作业

全风险能够提前预知和防控。

7.1.4 作业实施

7项综合大检修,涉及10 kV甘卧线、平店线、大兴线、公三线、公塔线、北岳线、前大线(前六联线)共8条线路。配电网综合大检修作业项目的实施,将不需要停电的作业项目在停电前完成。配电网综合大检修共完成农网改造升级、大修、技改、生产维护和用户工程112项,班组作业人员193人,车辆37台,消缺135件。

实施效果确认:对配电网综合大检修项目实施前后配电网停电作业情况进行了统计,综合大检修项目实施前后累计减少配电网重复停电次23次、停电时间127 h,累计处理缺陷135处,完成7条线路综合大检修作业任务,该对策目标达成。

7.2 实施2,加强计划编制,规范计划管理

设置运维检修部专工为计划管理负责人,每月12日、“春秋检”前召开作业计划讨论会,组织安全监察质量部、调度控制中心、安全生产部对月计划作业时间、停电方式安排、负荷转带方案等内容进行审核。根据设备运行状况、试验周期、缺陷处理、反措落实、技改大修、基建工程、营销工程、用户工程、市政迁改等,以及配电网结构及运行方式变化、负荷性质变化等情况,统筹安排停电作业计划。每周一利用生产周例会,对下周作业计划进行协调部署。经统计2017年1—10月共合并作业58项,减少停电次数39次。

实施效果确认:对2017年4—5月、9—10月10 kV配电网停电作业情况进行了统计,2017年4—5月、9—10月配电网单条线路2个月内重复停电作业不超过3次,该对策目标达成。

7.3 实施3,实行设备运维第一责任人管理制度,提高线路巡视质量

设立配电线路设备第一责任人,制订《配网设备运维第一责任人管理实施方案》,落实第一责任人工作职责,按周期对所辖配电线路、设备进行全面巡视,确保配网设备验收、资料、巡视、测量、消缺、抢修工作质量,及时发现和消除配电线路、设备缺陷。建立配电设备运维第一责任人奖惩规定,将第一责任人工作评价与员工绩效挂钩。激发配电运维人员的工作积极性、增强责任感,提高线路巡视质量。2017年累计对第一责任人通报处罚和奖励26次,其中通报处罚12次/罚金800元,通报奖励14次/奖励7000元,及时

发现并处理设备的重大缺陷14次。

实施效果确认:对2017年配电网临时检修作业次数进行统计,2017年配电网临时检修作业7次,停电时间22 h,该对策目标达成。

7.4 实施4,推行带电作业,缩短停电时间

2017年1—10月,县公司共完成带电作业10次,多供电量37.38 kWh。带电作业的实施提高了10 kV配电网线路的检修效率,降低了停电时间和次数,保障用电客户稳定供电,减少了停电用户数。在不断提高供电可靠率,确保用电客户持续稳定用电的同时,也进一步促进优质服务向着更高层次推进。

实施效果确认:对2017年配电网带电作业实施次数进行统计,2017年实施配电网带电作业10次,减少停电时间31 h,该对策目标达成。

8 实施成效

8.1 与目标值对比

对策实施后,QC小组成员对2017年配电网停电作业情况进行统计、记录,2017年配电网停电作业累计134次、停电时间1247 h。对比2016年,累计减少配电网作业停电时间772 h,超过目标值680.5 h。

8.2 社会效益

通过QC活动的开展,减少了配电网作业停电次数和时间。因配电网作业停电引起的用户投诉工单由2016年的5件降低至2017年的1件,意见工单由2016年的8件降低到2017年的3件,咨询工单由2016年的13件降低到2017年的6件,全县客户满意度进一步提高。

8.3 经济效益

通过QC活动的开展,减少了由于重复停电造成的停电时间。供电可靠性有了较大提高,供电可靠率由2016年的99.9399%提高到了2017年的99.9668%,提高了0.0269个百分点。提高了供电量,增加了企业效益,增加售电量21.4万kWh,增加售电效益10.7万元。

8.4 无形效益

本次QC活动的实施,不仅顺利的完成了本次课题的预期目标,而且QC小组成员在质量意识、分析问题能力、QC方法的运用和团队协作精神等方面都得到大幅提升,为今后QC活动的开展奠定了良好的基础。

(责任编辑:贺大亮)

提高农网低压用户电压合格率

陈有双,焦阳,陈福亮,柴子莹,计 姍

(国网冀北电力有限公司迁西县供电分公司,河北 迁西 064300)

1 选题理由

Q/GDW 1738—2012《配电网规划设计技术导则》明确规定,农村地区即D类供电区的用户电压合格率不低于99.30%。2017年1—5月罗屯镇用户电压平均合格率仅为98.16%,较专业技术标准及公司要求99.30%差距较大,即亟待提高罗屯镇用户电压平均合格率。选定本次活动课题为提高农网低压用户电压合格率。

2 现状调查

对2017年1—5月罗屯镇共90个台区中居民生活用户、农业生产用户、工业用户、商业用户四类用户对其电压情况进行了统计分析,计算得出全镇的电压采样总次数为117504次,通过用户信息采集系统中查询出这期间4类用户的电压合格次数和不合格次数,分别计算出电压合格率如表1所示。

表1 2017年1—5月罗屯镇电压合格率调查

用户分类	合格次数	不合格次数	采样总次数	合格率
生活居民用户	60239	1863	62102	97.00%
农业生产用户	37189	221	37410	99.41%
商业用户	13160	53	13213	99.60%
工业用户	4758	21	4779	99.56%
合计	115346	2158	117504	98.16%

由表1可知,由用户信息采集系统中实际抽样采集的数据显示出罗屯镇除居民生活用户电压合格率97.00%小于99.30%外,其他各类用户的电压合格率均满足要求。

3 设定目标

QC小组成员就目标的设定召开会议,根据现状

调查阶段的分析测算结果,决定将本次活动的课题目标设定为由原来的98.16%提高到99.37%。

4 分析原因

2017年6月2日,QC小组召开会议,运用了“头脑风暴法”对造成“电压值越下限”各种因素进行了分析,并绘制了鱼骨图,如图1所示。

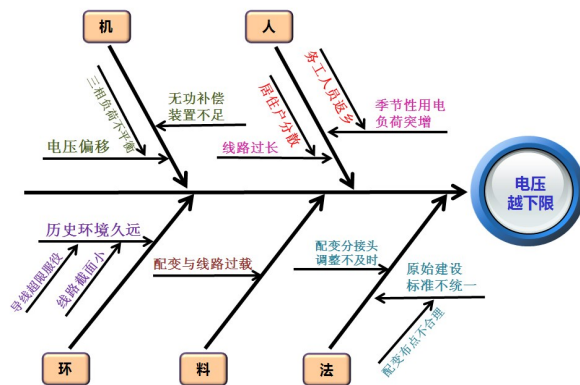


图1 原因分析鱼骨图

根据鱼骨图,QC小组成员找出了9个末端因素:导线超年限服役、无功补偿装置布点不足、三相负荷不平衡、配变分接头调整不及时、线路截面小、配变重过载、配变布点不合理、务工人员返乡、居住户分散。

其中,务工人员返乡和居住户分散2个末端因素为小组能力范围以外的原因,予以排除,最终共确定7点末端因素。

5 要因确认

为了确认这7点原因哪些是造成电压越下限的主要原因,采用了现场调查、统计分析、数据比较等验证方法对其进行了逐一确认。最终确定了3条要因:线路截面小、配变布点不合理、无功补偿装置布点不足。

6 制订对策

根据确认3条要因,QC小组成员集思广益召开

表2 对策表

序号	要因	对策	目标	措施
1	无功补偿装置布点不足	增加无功补偿装置数量,提高功率因数	功率因数低于0.85的台区必须安装无功补偿	现场确认配电箱是否有安装位置;督促现有动力用户安装无功补偿装置;对台区无功实行集中补偿;提升无功补偿专业技术水平
2	线路截面小	改造不合标准的线路,更换大导线截面线路,合理切改负荷,平衡负荷分配	供电的低压主干线路导线截面原则上不低于70 mm ²	利用农网升级改造的有利时机进行线路升级改造工程;进行线路切改,平衡区域负荷,倒切负荷,解决“卡脖子”问题;完善电压检测手段,保证线路末端电压质量,提升电压质量保障能力
3	配变布点不合理	优化提升配变布点,缩短线路供电半径,以降低线路损耗,提高电压质量和供电可靠性	达到“小容量、密布点、短半径”的技术要求,低压线路不大于500 m	对于低压线路供电半径满足要求,但是变压器容量不足的综合台区,采取配电变压器就地增容的方法解决低电压问题;新增配变布点,提高供电能力;优化配变位置,接近负荷中心

会议,严格按照“5W1H”的原则制定针对性较强的对策和目标,多措并举,并安排专人负责实施,对策表如表2所示。

7 对策实施

加大线路截面。2017年罗屯镇对174条低压线路的进行线径升级,累计长度69770 m。通过农网升级改造、技改大修等工程的实施改造不合标准的线路,通过更换大截面导线、合理切改线路负荷等对策使低压主干线路截面均在70 mm²以上,解决线径细导致的低电压“卡脖子”问题,达到对策目标。

缩短供电半径。2017年通过线路切改、改造不合标准台区等14项工程的实施,切割了供电半径超限的线路,使其源荷半径均在供电范围内。对供电半径500 m低压用户大于30户的低压线路,采取增加配变布点的方式进行改造。2017年罗屯镇新增配变台区8个,新增总容3200 kVA。

提高功率因数。2017年罗屯镇对所有台区不合标准的无功装置进行改造升级,共计13项,新增电容补偿310 kvar。对配变台区无功实行集中补偿,督促现有动力用户安装无功补偿装置等。

8 效果检查

QC小组选取迁西公司罗屯镇2个低压台区按上述对策实施,通过为期1年的实践活动,罗屯镇2个台区电压合格率由课题实施前2017年初的98.16%提

高至2017年底的99.42%,超过课题设定目标99.37%。

9 巩固措施

采取多项固措施确保为农村地区“能用电、用上电、用好电”提供坚强可靠的电力支撑。

落实质量技术标准化,科学规划、提前布点,切实提升中低压电网的供电能力。按照“小容量、密布点、短半径”的原则,保证线路末端电压质量。

多措并举健全电压检测体系,建立常态化监控治理机制。对配变供电半径导线线径、配变负荷及电压水平进行全面掌控。

加强员工技术培训与责任使命,提升无功优化计算与优化补偿工作水平。努力做到无功分层、分压、动态就地平衡。

10 总结和下一步打算

QC小组利用先进科学的QC工具与方法,查找并解决了生产技术方面的问题与症结,有效提高了罗屯镇用户电压合格率,确保了农村用户用电质量,得到了公司领导的认可。

通过开展本次QC活动,小组成员的综合素质得到了很大的提高,小组成员在团队精神、质量意识、QC知识、个人综合能力、解决问题的信心等方面都有了长足的进步,更加增强了团队的凝聚力和战斗力。

(责任编辑:贺大亮)

考虑环境效益的微电网运行控制

王凯^{1,2}, 张春鹏^{1,2}, 刘波^{1,2}, 严森^{1,2}

(1. 南京海兴电网技术有限公司, 江苏 南京 211100

2. 杭州海兴电力科技股份有限公司, 浙江 杭州 310011)

摘要: 随着风能、光能等清洁能源的应用日益广泛, 为社会与生活带来了更多便利, 并提供了能源基础。由于风能与光能的不稳定性, 独立电网发电会给负载带来很多的不便之处, 因此建立风光互补系统, 一来可以提高电网的稳定性, 另一方面可以增加电网的运行效益, 本文研究的就是风光互补微电网的优化运行。在建立微电网数学模型的基础上, 运用粒子群算法对微电网中的几个变量进行优化仿真, 通过一系列分析得到微电网的最大收益。

关键词: 微电网; 粒子群算法; 优化运行; 最大收益

中图分类号: TM732

1 问题的提出及研究意义

随着全球科技的发展, 新能源的研究以及运用都到了一个全新高度, 并且运用新能源发电已经成为一种全球发电的主导方式。

近年来, 我国的供电系统变得更加丰富多样化。各个领域新的技术以及各种新能源的不断产生, 微电网在国内各个地区的应用也变得更加广泛起来。然而, 独立发电存在着各种各样的问题, 风力发电受各种因素限制, 相当不稳定; 光伏发电受太阳光限制, 没有阳光就不能发电; 水力发电占地面积大, 耗资相当巨大且不易掌控。因此, 建立互补微电网是非常有必要的, 通过对几种新型能源发电的了解, 风电与光伏发电的具体特性, 将其放入一个微电网中进行互补发电, 首先可以使微电网达到稳定运行, 其次是风电与光伏的建设资金较小, 通过建立风光互补微电网, 找出合适的优化方法对微电网进行优化, 并得到微电网在运行中的最大收益。

2 研究思路

通过风力和光伏二者替代性电力输送、储备、和负载形成微型电力输送数学形态, 将其和传统电力网络进行联通, 确保其稳定性。形成储能设备的替代互补和区域负载并行的微型电力网络。储备方式基于风力电能进行实时的电力输出, 弥补了二者替代对于传统电网依靠, 最终创造出一种传统电力网络和微型电力网络共生的、检验的情况。通过光伏、风力替代

的微型电力网络作为一般出发点, 既可以确保电力网络联系, 又可以做到二者互补、稳定运行, 同时还能实现光伏和风力发电电量互补。传统电网和微型电力电网的联系, 使得他们都具备了稳定性。在创设微型电力电网模型的前提下, 对于仿真计算采用粒子群优化算法, 进一步剖析收益和电力的发展情况。

3 粒子群算法的基本原理和步骤

粒子群算法, 即 PSO 中, 把所优化的问题当作一个大环境, 把所求的最优解比作搜索环境中粒子在全局的最优位置。要优化函数的自变量会对应着一个矩阵中的许多粒子, 每个粒子都有一个适值, 并且有一个速度矩阵对应着粒子矩阵, 所以每个粒子在空间中飞行的方向和距离都会由一个速度决定。首先会找到一个粒子的当前最优位置, 然后粒子就会根据各自的速度随着当前最优粒子不断进行搜索。

首先, 对粒子群进行初始化, 得到一个粒子群矩阵, 然后得到最优解的过程并不地迭代更新。在每一次迭代中, 粒子会更新自己的两个极值: 第一个是粒子自身根据速度寻优找到的最优解, 叫做当前最优位置; 另一个则是通过与当前最优位置相比较, 得到的全部粒子中的最优解, 叫做全局最优位置。

在一个 D 维的空间中, 由 N 个粒子组成一个种群, 得到一个 N 行 D 列的矩阵, 其中第 i 个粒子表示为一个 D 维的行向量, 记为

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD}) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

与这个种群矩阵相对应的会有一个速度矩阵, 第 i 个

粒子也是一个 D 维行向量,记做

$$V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD}) \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

第 i 个粒子的当前最优位置为

$$g_{best} = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD}) \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

整个种群的全局最优位置为

$$g_{best} = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD}).$$

找到当前最优位置和全局最优位置之后,粒子要根据如下的公式(1)和(2)来更新自己的速度和位置:

$$v_{id} = w * v_{id} + c_1 r_1 (p_{id} - x_{id}) + c_2 r_2 (p_{gd} - x_{id}) \quad (1)$$

$$x_{id} = x_{id} + v_{id} \quad (2)$$

式中: w 为惯性权重,它的存在是粒子在寻优的过程中会保持先前的飞行经验; c_1, c_2 为加速常数,学名叫学习因子; r_1 和 r_2 为产生的随机数,范围是 $[0, 1]$ 。

式(1)右边由三部分组成,分别是惯性部分、认知部分和经验部分。惯性部分反映了粒子运动的习惯,粒子会保持着自己先前的运用状态继续飞行;认知部分反映了粒子根据自身历史记录进行飞行,粒子朝着自身历史最佳位置飞行的趋势;经验部分粒子之间互相配合的种群历史经验,粒子有朝着种群历史最佳位置飞行的趋势,根据经验,通常 $c_1 = c_2 = 2$ 。 $i = 1, 2, \dots, D$ 。 w 是 $[0.8, 1.2]$ 之间的一个合适的数值。 v_{id} 是粒子的速度, $v_{id} \in [-v_{max}, v_{max}]$, v_{max} 是常数,由用户设定用来限制粒子的速度。 r_1 和 r_2 是范围在 $[0, 1]$ 的随机数。

粒子群算法的步骤为:

设定种群参数,包括群体规模 N , 每个粒子位置 x 和速度 v ;

初始化粒子群;

计算粒子的目标函数,记录每个粒子的个体极值,找出当前最优位置中最大的一个为全局最优位置;

依据公式更新位置与速度;

计算各粒子的目标函数值,更新并记录粒子当前最优位置和全局最优位置;

检查终止条件,是否达到最大迭代次数或是否满足了足够好的适应值或最优解是否停滞不再变化,是则迭代终止,输出结果;否则继续迭代。

4 微电网优化运行算例分析

在风光互补微电网的优化运行中,我们须进行

的讨论就是在各项约束条件下,对风能和光能以及蓄电池的电量分配调度情况进行优化,风能对负载提供的电能、蓄电池的充放电状况和光对负载提供的电能在优化过程中重要的角色,也是我们要在微电网优化运行中得到最大收益的关键所在,因此,就要将风对负载提供的电能、蓄电池的充放电状况和光对负载提供的电能作为变量进行优化,故粒子矩阵可表示为

$$x = [P_{wdi1}, P_{wdi2}, \dots, P_{wdi24}, P_{xi1}, P_{xi2}, \dots, P_{xi24}, P_{ldi1}, P_{ldi2}, \dots, P_{ldi24}] \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

在知道目标函数与这个 24×3 维 N 列的粒子矩阵的情况下,则可以按照粒子群算法的流程对目标函数进行最大收益求优。

蓄电池是风光系统的储能核心,它的首要作用在于去除可能因为天气或其他原因而导致电能供给与需求的失衡,减少大电网交换时可能引起的不稳定,在整个系统中具有调控电能与平衡负荷的用处。当风光机组的发电量比负荷需求大时,剩余的电量可以给蓄电池进行充电,反之,如果风光机组发电量不足时,蓄电池则会放电,补充负荷需求。

粒子群算法中的参数设置如下:粒子数 $N = 40$; 学习因子 $c_1 = c_2 = 2$; 惯性权重 $w = 1.2$; 最大迭代次数 $T = 100$ 。根据风光互补微电网模型的建立,并结合实际,我们将一天分为 24 h,以风光互补微电网在 24 h 内电能运行调度的最大收益为目标函数,依据公式对微电网的最大收益进行求解,公式为

$$\max F = \sum_{t=1}^N \{ C_1 (P_{wDt} + P_{lDt}) + C_2 |P_{st}| + C_2 (P_{wst} + P_{lst}) - (C_3 - C_1) P_{st} \}.$$

经过一系列的仿真优化运算,得到了各电源的发电运行情况。得到了风电供给负荷的功率、光伏发电供给负荷的功率、蓄电池的充放电情况以及风光互补微电网与大电网的功率交换状况,从而实现了风电、光伏发电、蓄电池的联合优化调度运行,使得微电网获得了最大收益。

5 结果分析与结束语

通过粒子群算法对数学模型的运算,得到所有粒子的当前最优位置曲线和全局最优位置的追踪曲线为:如图 1~4 所示。

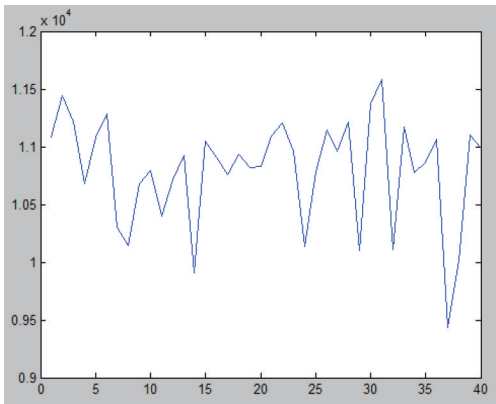


图1 当前最优位置变化曲线

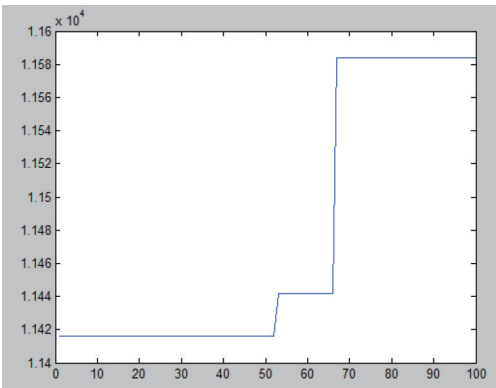


图2 全局最优位置追踪曲线

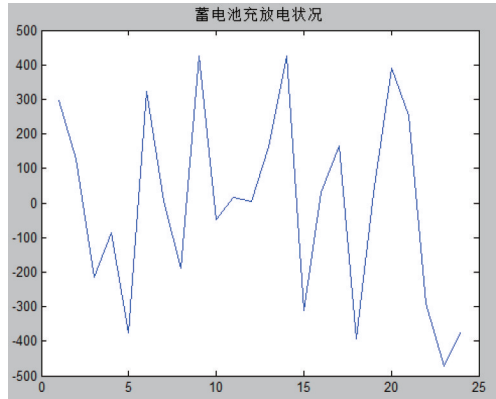


图3 蓄电池的充放电情况

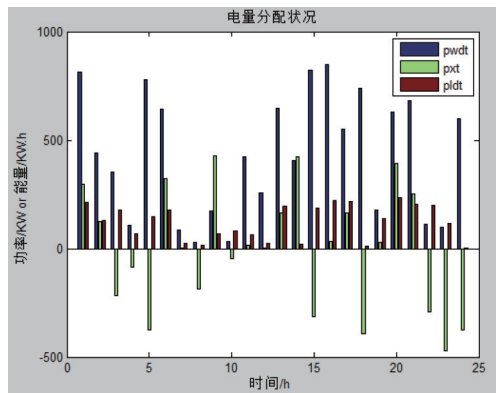


图4 电量分配状况

通过运用粒子群算法对风光互补微电网的仿真，图2中得到了粒子群中全局最优位置的跟踪曲线，图中的全局最优位置在100次的迭代过程中，由 1.141×10^4 随着迭代次数的不断增多最终变为 1.158×10^4 ，不但数据在合理范围之内，而且寻优过程合理，得到的全局最优位置通过调用适应度函数，根据最大收益公式对微电网最大收益进行运算，算出的微电网24 h的最大收益为 1.085×10^4 元。

通过对数学模型的仿真，可以得到蓄电池的充放电曲线、各个电源在此微电网的出力情况以及互补系统与电网之间电量交互情况。

由图3，可以得知蓄电池在24 h内有多次的充放电情况，且每次充放电都会对微电网的运行带来一定的价值。

图4表示24 h风电以及光电对负荷的出力情况，通过数据可知，互补系统除了每日为负载提供足够的电量以外，还可以有剩余的电量存储，为微电网的运行提供了安全可靠的便利。

结果表明，风能与光能发电是发展迅速的清洁能源中技术最为成熟的。在建立互补微电网时运用风光并网运行，可以提升微电网的运行效益，同时也可以保证电力系统安全稳定的运行，使用户的用电更加安全可靠。采用粒子群算法，可以使微网优化运行的方式更为简便，精度要求不高的情况下，粒子群算法的收敛特性处于优势地位。通过仿真得到了一系列可靠的数据，了解了在风光互补微电网中加入蓄电池，在整个电力系统中对电能进行分配调度的可行性。风光互补微电网与电网进行电量交换的数据可靠，且均属于合理数据，所以此时的电力系统可以正常运行，并且微电网按照最优运行方式为用户供电时也可以获得最大收益，且在合理范围之内。

参考文献

- [1] 尚志娟. 风光互补微电网的优化运行研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
- [2] 未瑞. 风力发电项目技术经济综合评价理论及应用研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2009.
- [3] 李越. 中国风电特许权项目综合分析及改进建议研究[D]. 华北电力大学(北京), 2007.

(责任编辑:张峰亮)

漏电跟踪分析记录装置的研制与应用

吴城,吴宇红,纪涛

(国网浙江德清县供电有限公司,浙江 德清 313200)

摘要:智能总保投入运行后,由于剩余电流超限和频繁动作预警故障排查时,造成基层供电所的工作量剧增、排查时间过长、故障点定位难等问题,研究一套不需要拆卸线路使用且可以根据故障点排查要求进行现场实测或临时安装远程监测的漏电跟踪分析记录装置,投入使用后得到了临时安装零停电,客户用电零影响,故障排查零返工的成效,同时还使优质服务得到提升,检修作业安全风险得到降低等效果,实现了智能总保运维检修成本的控制。

关键词:智能总保;剩余电流;装置;远程监测

中图分类号:TM403.5

德清县供电有限公司早在2014年已完成公变侧总保更新为智能型工作,智能总保大量投入使用后,近几年来在排除剩余电流超限预警与频繁动作时,工作量剧增,而在排查过程中,故障点查找难、排除时间长和多日返工现象较普遍,造成了企业在智能总保运维检修成本的逐年上升。

1 故障预警事件处理时间分析

智能总保剩余电流超限预警与频繁动作频发季节为每年的用电高峰、梅雨季节、湿度较大和恶劣天气,因此,选择负荷相对较高及梅雨季节乾元供电所2016年7月间64起故障预警事件进行分析。

1.1 故障排查数据分析

2016年7月德清公司乾元供电所共发生剩余电流超限预警40起,频繁动作24起,如表1所示。其中绝缘磨损13起,占比20.31%;误报信息4起,占比6.25%;用户线路27起,占比42.19%;电器设备19起,占比29.69%,不能正确动作1起,占比1.56%。再深入分析,发现用户线路和电器设备属用户侧,而绝缘磨损为线路侧,误报信息和不能正确动作为智能总保本体软件和设备故障。归纳分析,2016年7月乾元供电所共发生用户侧故障46起,占比71.88%;线路侧13起,占比20.31%;智能总保本体故障5起,占比7.81%。因此,造成智能总保剩余电流超限预警和频繁动作的预警事件都集中于用户侧。

1.2 故障排查时间分析

乾元供电所2016年7月排查总耗时134098 min,平均2095 min,其中剩余电流超限预警排查及处理总时长95416 min,平均时长为2385 min,最长6445 min;

频繁动作排查及处理总时长38682 min,平均时长为1612 min,最长4622 min,如表2所示。

表1 乾元供电所2016年7月智能总保预警信息统计表

类别	绝缘磨损	误报信息	用户线路	电器设备	不能正确动作	小计
剩余电流预警	8	3	13	16	—	40
频繁动作	5	1	14	3	1	24
合计	13	4	27	19	1	64
占比/%	20.31	6.25	42.19	29.69	1.56	

表2 乾元供电所2016年7月总保预警处理时长统计表

单位: min

类别	绝缘磨损	误报信息	用户线路	电器设备	不能正确动作	处理时长小计
剩余电流预警	14349	3812	35510	41745	—	95416
频繁动作	7680	1221	23927	4414	1440	38682
合计	22029	5033	59437	46159	1440	134098

1.3 故障排查压力与成本分析

乾元供电所2016年7月间64起剩余电流超限预警和频繁动作,按每次平均出动人工6人计算(一般排查人员配置为运维人员5名,驾驶员1名。排查时,1人留守公变侧监控智能总保剩余电流波动情况,4人分2组,逐条分支线或接户线及逐户分(合)户保进行排查),共投入384人/次,当月工作量为13409工时,平均每起处理周期在2095 min,期间故障隐患有随时跳闸停电的风险。

2 造成排查效力低的主要原因

2.1 排查工具缺乏

当前供电企业剩余电流测量使用的工具与仪器有钳形电流表、剩余电流测量仪及专用剩余电流测试仪,前2款体积较小并携带方便,但只能现场实测及实时读数,无数据记录与通信功能,因此,不能做长时间跟踪与记录,更谈不上数据分析。另外钳型电流表量程为A级,而剩余电流测量需要mA级,因此测量时影响精度。最后是专用剩余电流测试仪,体积较大,测试过程流程复杂,使用范围也限于公变侧完成。

2.2 故障时段为负荷高峰

农村地区负荷较高的时段为每天18:00—22:00,而该时段也是供电员工下班时间,如果由抢修人员去完成,由于故障原因复杂、用户分布广、排查工作量大等特点,明显会影响抢修任务。

2.3 家保无数据显示

目前农村用户侧都安装有末端剩余电流保护器(又称为家保,另称为户保),安装率已达到100%,但该保护器无数据显示功能,如遇小剩余电流汇集故障时,对运维检修人员排查故障点带来较大困难,当前排查的常用方法是逐户断开保护器或解开分支线、接户线,然后逐条线或每户送电,当遇到智能总保跳闸或公变侧监控人员报告剩余电流超限后才能确定故障点范围,但有时还会遇到送电不成功的用户再次断开,再送另一户,公变侧智能总保还是报警。

3 漏电跟踪分析记录装置设计方案

由于农村地区低压线路分支与接户线较多且分散严重,以及剩余电流超限,现场排查时临时使用等特点,定位于采用钳口式的小型装置,同时,能满足携带方便、体积小、重量轻及防盗等功能,使用时不影响线路的正常供电,并能做到剩余电流自动监测、数据曲线自动生成、故障研判自动完成和预警短信自动发送等功能,达到排查时故障点自动定位,预警短信自动筛选等要求,做到能很好解决基层运维人员对剩余电流超限故障点查找难、耗时长的问题。因此,需要根据农村地区剩余电流排查工具缺乏现状,研制一款具备钳型电流表特性,但有数据采集、储存、分析、远程传输、短信预警等功能。

3.1 装置结构设计

装置主体由钳形传感器、屏蔽层、信号放大滤波电路、微控制器单元、LCD显示与键盘输入电路、存储及时钟电路、锂电池及电源电路、GPRS通信模块和红外通信电路组成,如图1所示。

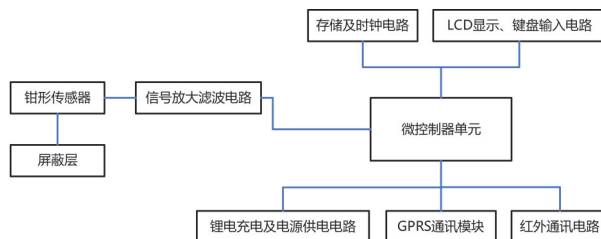


图1 漏电跟踪分析记录装置结构图

3.2 钳形传感器设计

钳形传感器包括互感器铁芯及绕制在上面的线圈,铁芯由高磁导率的铁镍合金1J85构成,互感器铁芯线圈外部还包裹有多片铁镍合金1J85屏蔽片,可以屏蔽大电流相线的强磁场对互感器的干扰^[3],如图2所示。



图2 装置外观设计图及使用构想图

3.3 装置电路结构

屏蔽层与钳形互感器进行连接,信号放大滤波电路则连接于钳形互感器,然后再连接微控制器单元,而存储及时钟电路、LCD显示及键盘输入电路、GPRS通信模块、红外通信电路和锂电充电电路及电源供电电路与微控制器单元连接。

锂电充电电路及电源供电电路将3.3V锂电池经升压电路转为5V给各单元电路供电^[1],插入充电器时为锂电池进行充电。存储及时钟电路包括非易失存储器、实时时钟,为微控制器单元提供当前时间信息和存储数据。LCD显示及键盘输入包括液晶显示器及键盘、发光管。红外通信电路由红外接收管、红外发射管组成,微控制器通过将串口输出信号38kHz调制通过红外发射管输出,红外接收管将红外信号解调为TTL电平^[2]。

3.4 装置数据处理

信号放大滤波电路连接钳形互感器的输出,将正比于线路漏电流的微弱信号滤除干扰波形放大后送入微控制器单元,微控制器单元的AD转换器将模拟信号转换数字信号,并对数字信号进行处理。微控制器定时将所采样的信号与预设的阈值比较,如信号超过阈值微控制器生成漏电超限记录;微控制器定时将所采样的信号与前几个周期的信号进行比较,一旦信号变化量超过阈值微控制器生成漏电突变记录,并将定期存储信号作为曲线数据,同时生成曲线,供运维人员判断。

3.5 GPRS通信模块功能

GPRS通信模块采用SIM900A模块,属于双频GSM/GPRS模块,设计完全采用SMT封装形式和工业标准接口,工作频率为GSM/GPRS 900/1800 MHz^[4],可以低功耗实现语音、SMS、数据和传真信息的传输,该模块特点是性能稳定,性价比高,能满足多种需求。

4 装置主控软件设计

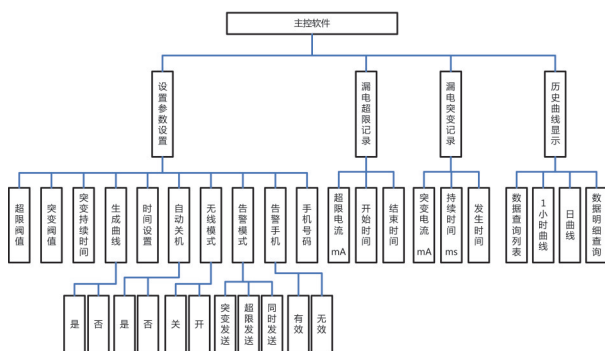


图3 主控软件结构图

主控软件由设备参数设置、漏电超限记录、漏电突变记录、历史曲线记录组成如图3所示。其特点是将实测剩余电流数据与各项设定阈值进行数据比对,完成1 min数据储存,1 h和日曲线形成,实现定向告警信息手机短信发送,确保数据储存、分析与通信安全。

4.1 设备参数设置

主要完成超限阈值、突变阈值、突变持续时间、曲线记录、自动关机、日期设置、无线模式、告警模式、告警手机、手机号码的设置。

4.2 漏电超限记录

主控软件接收到漏电信号后,与设定的各阈值展

开比较,当发生超限及持续时间超过设定值,则自动记录漏电超限发生时间、剩余电流值,当漏电信号恢复到正常值时记录超限结束时间。该功能主要用于实测数据筛选与查询,可以根据设置的超限阈值,将超限值的剩余电流数据形成分析数据,供运维人员快速进行故障研判。

4.3 漏电突变记录

由突变剩余电流值、持续时间和发生时间组成。实测漏电信号与前几个周波的漏电值进行比较,但漏电信号发生阶跃变化且变化值超过设定值且持续时间超过设定值时,微控制器开始计时,当漏电信号恢复到正常值或持续时间超过一定值时,微控制器自动记录突变记录。该功能可以解决现场实测剩余电流大于超限阈值+突变阈值且持续时间达到突变持续时间阈值时,进行告警信息快速短信发送,帮助运维人员可按告警级别排序进行故障点排查。

4.4 历史曲线记录

分为1 h曲线、日曲线和1 min记录数据查询三项功能。1 h曲线和日曲线主要用于当手机接到告警信息后对数据进行分析,运维人员可以根据曲线特性确定故障类型,实现快速故障定位,缩短排查时间。而1 min数据查询可以帮助运维人员根据剩余电流数据进行快速故障点判断与缩短排查范围。

5 应用效果

5.1 故障排查时间得到缩短

2017年7月德清公司乾元供电所共发生剩余电流超限预警59起,频繁动作18起。其中用户侧故障57起,占比74.03%;线路侧8起,占比10.39%;智能总保本体故障12起,占比15.58%,如表3所示。

表3 乾元供电所 2017年7月智能总保预警信息统计表

类别	绝缘磨损	误报信息	用户线路	电器设备	不能正确动作	小计
剩余电流预警	5	12	19	23	—	59
频繁动作	3	—	13	2	—	18
合计	8	12	32	25	—	77
占比/%	10.39	15.58	41.56	32.47	—	—

排查总耗时89415 min,平均1161 min,其中剩余电流超限预警排查及处理总时长75448 min,平均

时长为 1279 min, 最长 1778 min; 频繁动作排查及处理总时长 13967 min, 平均时长为 776 min, 最长 1680 min, 如表 4 所示。

表 4 乾元供电所 2017 年 7 月总保预警处理时长统计表
单位: min

类别	绝缘 磨损	误报 信息	用户 线路	电器 设备	不能正 确动作	处理时 长小计
剩余电流 预警	5703	6559	29582	33604	—	75448
频繁动作	1567		10664	1736	—	13967
合计	7270	6559	40246	35340	—	89415

5.2 人力资源得到节省

成果应用后, 乾元供电所 2017 年剩余电流超限预警和频繁动作按每次平均出动人工 3 人计算(排查人员配置为运维人员 2 名, 驾驶员 1 名), 共投入 231 人次, 当月工作量为 4471 工时, 平均每起处理周期在 1161 min, 如图 4 所示。智能总保运维费 $231 \times 500 \times (1161 \div 1440) = 9.31$ 万元。



图 4 排查现场应用

6 结束语

根据乾元供电所应用数据统计表明, 漏电跟踪分析记录装置投入使用后平均排查时间从原 2095 min 降至 1161 min, 降幅达 44.58%, 并且还降低了运维人员排查时的安全风险, 起到了故障排除于频繁动作事件发生前, 使企业的生产和用户的生活用电得到了较大幅度的保障, 大大提高了供电企业优质服务形象。

参考文献

- [1] PARRY John, MCINTYPE Bill. 无电感器的锂电池升压电路[J]. 电子设计技术, 1998(4): 48.
- [2] 吕建民, 于仲华, 张海鹏. 38 kHz 调制红外发送和接收装置: CN, CN 202798730 U[P]. 2013.
- [3] 甘志伟, 闫凯. 基于 SIM900A 的无线数据采集卡设计与实现[J]. 山西电子技术, 2013(1): 55-58.

(责任编辑: 刘艳玲)

资讯

贵阳市智能化抢修提升电力获得感

“不停电或少停电, 离不开新技术的运用。”贵州贵阳供电局城北分局运行班班长王冕对智能化新技术的运用赞不绝口。

9月13日, 该公司运行班对线路进行抢修。作业时, 组员杨金铎拿出他们自主研发的组合式操作杆, 将加长杆套在 10 cm 长的开关工具上, 把作业面延伸到柜体外, 稍稍用力, 便可进行开关作业。

“柜体外操作, 不受狭小的空间限制, 操作方便。”在工作现场, 杨金铎展示了它的“威力”。“组合式操作杆能与 80% 的设备工具相连, 重量才 5 kg, 比以前巡查带的操作杆轻了, 投用 1 年多来, 我们实现了巡线轻装上阵。”巡线和抢修时不用带着笨重的工具, 节约了抢修时间, 缩短了客户停电时间。

智能化手段不断运用在抢修过程中, 不但减轻了工作人员的工作难度, 更重要的是减少了停电时间, 大大提高了客户的获得感。

保障居民用电的妙招, 远不止一例。

户外开关柜门测温技术的突破, 也是及时发现设备工况和减少停电时间的重要保障。通过在柜门上增设一块特制玻璃, 使热成像仪可穿透玻璃检测内部设备温度, 不开箱、不操作, 不影响居民用电。

“户外柜体运行环境潮湿, 设备巡查频次多, 如果采取开柜检查, 耗时不说, 也会影响供电。”王冕说, 看似一个简单的突破, 经过了 12 次的试验和对比, 制定了可穿透测温、防爆等选材标准。

截至目前, 贵阳供电局城北分局已获得实用新型专利 4 项, 职工技术创新奖 2 项, 技改贡献奖 2 项。今年, 该局已立项科技创新项目 4 个, 旨在运用新技术和科学的管理体系, 减少客户停电时间。

来源: 中国电力新闻网

基于仓储标准化的定制式叉车护套应用

吴海军¹,叶飞¹,陈洋¹,臧鹏飞¹,王国兵²

(1. 国网黄山供电公司,安徽 黄山 245000; 2. 国网祁门县供电公司,安徽 祁门 245600)

摘要:黄山供电公司针对仓储行业中叉车的作业行为采取专项保护措施,突出解决现有的货叉与塑料托盘间的接触磨损、大批量重复性作业中货叉尺寸的反复调整以及货叉与周围设施间的碰撞隐患等现实问题,自主设计、加工生产定制护套。其采用铁件作为主体构架,母线绝缘套作为外保护层,并利用不同长度的中间连接件固化货叉作业宽度,借助锁扣确保货叉与护套贴合紧密。与现行常规护套成品相比具有选材坚固耐用、护套贴合紧密、作业尺寸固化、工作效率倍增、经济适用性高等优点。

关键词:仓储;叉车护套;定制

中图分类号:TM63

1 定制护套应用背景

2014年以来,国网公司全面开展各级仓库标准化建设,持续规范仓储作业管理。叉车在仓储作业中扮演着极其重要的作用,如何准确规范使用好叉车成为仓储管理的一项重要课题。总结近几年的仓储作业经验,还存在以下现实问题需要解决。

1.1 货叉与塑料托盘间的接触磨损

在仓储作业区,无论是叉车装卸还是搬运货物,作业人员无法严格按托盘规格与货叉宽度合理匹配,造成托盘受力不均,引起托盘损坏;货叉与塑料托盘两种不同材料之间长期反复接触,也会造成托盘磨、破损,性能降低。2014—2016年期间,黄山公司仓库所配置的托盘先后已损坏42只,损坏率高达18%,造成了一定的经济损失。

1.2 规模作业中货叉尺寸的反复调节

公司标准化仓库适用于托盘存储的物资年均共计约2500万元左右,主要有电表箱、电能表、金具、绝缘子、真空开关等。叉车在大批量重复性作业中,经常要对两个货叉进行人工调整来适应不同的托盘作业孔尺寸,而且人工调节不易掌控,费时费力,整体作业效率仅为53%。

1.3 货叉与周围设施间存在碰撞隐患

在大型仓库中,用叉车装卸、搬运货物非常频繁,难免会与仓库中的货架发生碰撞,会造成货叉与防护栏、牛腿或是附近工作人员发生碰撞,形成安全隐患。

2 定制护套研制技术

2.1 补偿作业面摩擦受力,减少托盘磨损

常规护套无论是采用尼龙缠绕还是聚氨酯套装,

在作业过程中都是借助货叉本身的支撑力与托盘产生力的作用,仅是将托盘的损伤转移到护套上来。

定制护套采用铁件主体构架,并在表面加装母线绝缘套热缩紧固,为货叉增加双层防护,保证护套本身的坚固耐用和抗干扰。该做法将两种材料的直接磨损转换为近似材料间的接触摩擦,货叉与铁件主体构架的摩擦受力直接补偿裸露货叉与托盘间的受力,承担起作业面上主体受力。母线绝缘套与塑料托盘间的摩擦受力替代裸露货叉的出力。这样一来,从货叉层层向上传递到托盘的摩擦力逐渐减小,即用双层护套补偿了货叉带给托盘的直接摩擦受力,给托盘带来的损伤最小。

2.2 补偿重复性载荷能力,提高作业效率

$$\sigma_{\max} = \sigma_w + \sigma_1 \leq [\sigma];$$

$$\sigma_w = M_{\max}/W = 6PC/a^2b;$$

$$\sigma_1 = P/F = P/ab。$$

式中: M_{\max} 为最大弯矩; P 为货叉的计算载荷; C 为载荷中心距; W 为抗弯截面模量($a^2b/6$); F 为截面面积($F = ab$); σ_1 为轴向应力; σ_w 为弯曲正应力; $[\sigma] = \sigma_s/n$ 为许用应力(σ_s 为货叉用料的屈服极限、 n 为安全系数)。

叉尖挠度为

$$f_e = \frac{PCL}{EI} \left(\frac{C}{l} (3l - C) + 6e + 2h \right) \leq [f]。$$

式中: l 为货叉长度; E 为钢的弹性模量; I 为货叉截面惯性矩(等截面看待) = $a^3b/12$; $[f]$ 为叉尖允许挠度,取值 $l/50$ 。

经过货叉强度和刚度分析,如图1、2所示。双重防护护套将货叉厚度提升1倍多,对货叉承载力有较

大提升。同时采用中间连接扁铁将两个独立的护套绑定,固化货叉作业尺寸,避免在大批量重复性作业时人工调整货叉宽度,实现“一次更换、即插即用”,解放了人力资源,大大提高作业生产效率。

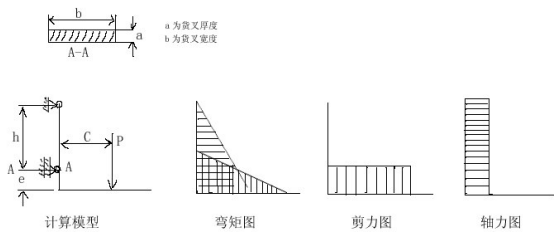


图1 货叉强度受力分析图

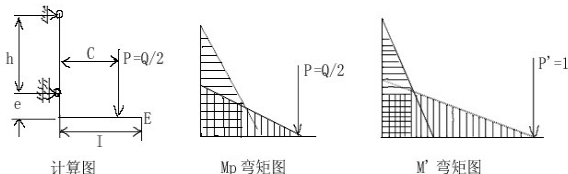


图2 货叉刚度校核分析图

2.3 补偿驾驶员操作视野,延伸前行视野

从现场作业经验来看,驾驶员在行驶过程中会以货叉顶端作为参考边界来判定操作视野内的安全性。定制护套长度一般为1.5~2 m,可以延长驾驶员的前行视线,增大驾驶半径。而且叉车以后轮为导向,特别是90°转弯时,货叉容易被两边门架遮挡,让驾驶员失去边界判断。加装护套之后,可有效改善驾驶员操作视野,帮助其在后轮驱动转向时依托货叉来判定前方视线范围,确保安全通过。

2.4 补偿作业区防护潜力,减小碰撞损伤

定制护套基于坚固耐用的防护材料,在一定程度上遮蔽了货叉尖锐锋利部分,可有效减小叉车与货架、人员发生碰撞时的损伤程度。

2.5 补偿原发性环保出力,助力绿色仓储

定制护套基于母线绝缘套包裹铁件的做法,具备材料易得、经久耐用、适应性强等特点,使用寿命达到同类型橡胶护套的5倍以上,具有非常好的可持续、环保特性,从源头上保证材料选择、加工和使用等环节的绿色环保。

3 定制护套应用效果

3.1 产品制作

根据货叉尺寸专门量制外护套主体构架,采用一定厚度的铁片焊接而成,并用高温收缩技术将母线绝

缘套包裹在铁件表面。结合托盘规格及不同方向的货叉作业间距,利用扁铁作为中间连接件与铁件拼接,要求连接件长度匹配不同尺寸的托盘,定制成套连接件。还在护套底部专门设计加工一对锁扣,防止护套在作业过程中因为转向、升降及伸缩等滑脱而造成货物滑落,如图3、4所示,定制护套数据如表1所示。

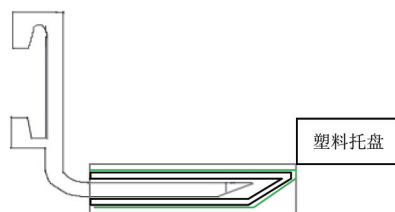


图3 带双重护套下作业面示意图

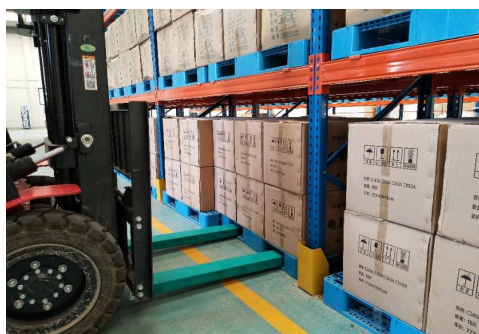


图4 定制护套现场应用图

表1 定制护套应用统计表

应用场景:物资到货,由叉车装卸至公司仓库

应用地点	物资	数量/箱	托盘规格/mm	进叉尺寸/mm	护套规格/mm	用时/min	节约用时/min
运输车—仓库	计量表计	86	1200 × 1000	1000	600	112	120
	真空开关	45	1200 × 1000	1200	720	86	92
	金具	132	1200 × 1000	1200	720	143	152

3.2 成效显著

国网黄山供电公司采用定制护套进行仓储作业后,延伸了货叉长度,固化了作业宽度,减小了作业磨损,增加了作业安全,大幅提高重复性作业效率。

(责任编辑:刘艳玲)

电网建设中电气工程自动化的应用

宋翔林,许勇

(国网湖北省电力有限公司黄冈供电公司,湖北 黄冈 438000)

在当前社会背景下,电气工程自动化技术应运而生,其对于电网建设而言,具有不可磨灭的重要作用,能够保障电网趋于智能化、自动化发展。

1 电网建设中电气工程自动化的应用

1.1 应用于变电站

在变电站中电气工程自动化的实际应用,其实就是利用了计算机技术、信息传输技术,通过实践证明,综合利用这两项技术能够降低有关工作人员的工作难度。在变电站中科学、合理地应用电气工程自动化技术,促使有关工作人员能够24 h监测变电站运行情况,有效保障各类电气设备能够正常、稳定运行,进而能够提高电力系统运行的安全性。与此同时,变电站保护功能设备采用自动化控制的方式,不用花费多余的时间与精力对其进行整定。在变电站中应用电气工程自动化技术,其中最主要的技术创新表现为摒弃传统广泛使用的电磁化装置,而是选择应用微机化装置,促使变电站控制趋于智能化、自动化。

1.2 应用于电力电网系统中的调度

在实际建设电网的过程中,灵活应用电气工程自动化技术能够有效提高电网调度的自动化,其实就是指提高计算机系统、显示器、报警设备等自动化。提高电网调度自动化,对于电网建设工作而言具有非常大的积极作用,主要表现为以下3个方面:24 h监测电力系统,及时、准确地掌握电力运行过程中的各种信息,并结合信息来展开相应的评估工作,从真正意义上做到电力资源的经济调度;科学、合理地分析并处理电力运行过程中出现的安全事故,电网调度的自动化能够及时、准确地监测到电力运行故障,并且及时提醒有关工作人员做好故障调控工作,在整个监测、提醒、解决过程中,还能够进行自动分析,为将来电力系统运行奠定良好基础;保障有关工作人员的人身安全。显而易见,电力工业存在极高风险,现代高压电传输更是具有非常大的风险。有关工作人员在

实际操作过程中,稍微有所偏差将会出现严重后果,影响工作人员的人身安全。而电网调度的自动化能够有效、实时监控信息,有效保障工作人员的人身安全。由此可见,电力工作人员能够通过实时监测来及时发现问题,并在此基础上进行具体问题具体分析,寻找解决这些问题的有效措施,并加以落实,进而有效降低电力系统中存在的安全隐患。

1.3 应用于发电厂

电气工程自动化技术还应用于发电厂,一般应用于发电厂的分散监控系统中,保障电力工作人员有效监控电力生产的实际情况。通常情况下,采用的结构形式为分层分布式,将其应用在发电厂电力系统之中,能够有效提高发电厂工作效率以及工作质量,并且能够保障发电厂电力系统安全、稳定运行。笔者结合自身多年的工作经验可知,发电厂分散监控系统将信息传输网络、各工作站、以及Ethernet以太网均包含在内,能够实时接收各类数据,如脉冲量、变送器、热电阻等。与此同时,在接收这些数据的过程中,系统会进行图像化处理,并且还会检测发电厂的所有设备,保障发电厂控制系统趋于智能化、自动化。

2 结束语

综上所述,建设电网至关重要、刻不容缓,其能够节约电力资源,保障生产生活用电安全,有利于推动社会主义市场经济以及社会生产力的进一步发展。电气工程自动化技术作为一门新兴核心技术,能够有效推进电网建设。鉴于此,在电网实际建设过程中,电气工程自动化技术得以广泛应用,应用于变电站、发电厂、以及电网调度之中。随着时间的推移,电气工程自动化技术在电网建设以及电力系统中应用越来越深入、越广泛,能够有效降低供电消耗的能源,能够有效提高企业与社会的经济效益,保障电力工业能够稳健发展。

(责任编辑:贺大亮)

电气设备检修试验中的问题与对策

温炜

(佛山综合能源有限公司, 广东 佛山 528000)

在运用电力资源以及电力系统的阶段中,要将系统中的电力电气设备检修充分的重视起来,并在最大限度上进一步的确保电力系统的长期化运行。但是对于电气设备的检修而言,其会牵扯到诸多专业化的技术,以及电气设备的高压试验则需要专业化的人士来予以操作。由此可见,电气设备的高压试验工作尤为关键。

1 高压电气设备检修试验存在的问题

1.1 高压电气设备检修试验技术存在的问题

首先是接地方面的问题,这是高压电气设备检修试验中出现的最为普遍的一类问题,特别是电容器检修试验的方面。在一般情况下,接地问题可以分成2类:滤波器接地问题与测试设备接地问题。

其次则是避雷针引线问题,具体在进行高压电气设备检修试验的阶段中,在电网中避雷装置电阻过大或者是出现断开的情况下,检修试验工作人员失误性的将避雷器引线剪断,随即而引发电力系统漏电方面的问题,进而直接影响到电气设备检修试验的安全可靠性与精准性。

最后则是试验测量结果不够精准,在具体实施高压电力设备检修试验的阶段中,测量结果不够精准,当然这也是经常性会发生的问题。试验方式、人员、场地环境等都会影响到最终的结果,在测量实验中最为关键的因素就是人为因素。

1.2 高压电气设备检修试验问题形成的原因

首先是检修试验工作人员工作方面的态度不严谨。也就是在实施设备检修试验的阶段中,检修试验工作方面的重视度较低,那么针对高压电气设备实施全方位、细致化的观察,相应的也就会直接性的忽略到高压设备方面的安全隐患,从而也会缩小高压设备隐蔽方面的安全问题,进而使得检修试验方面的精准性变低;其次,欠缺健全和合理化的检修试验方面和制度。

2 高压电气设备检修试验的改进对策

2.1 建立全面完善的试验计划

在具体实施高压电气设备检修试验的根本前提就是方案计划,所以全方位健全的方案技术尤为关键。在初步拟定方案的时候,可以预先针对当前工作模式所出现的问题进行分析与研究,并将其中的经验总结出来。值得注意的就是,要不断的促进试验技术人员自身的专业技术与素养,从根本上进一步强化设计检修试验规划人员的技术考核力度。

2.2 执行严格的高压电气设备检修体系

在检修试验高压电气设备的过程中,健全的检修体系不可或缺,检修要及时地传送数据到相应的监控体系中,运用科学、合理化的管理系统来按部就班地予以实施,从而更好地将高压设备运行的情况判断出来。构建高压电气设备检修体系主要是从两方面来进行着手,分别是管理系统和诊断系统,在高压电气设备之中所蕴含的信息量较大,必须要将其中各个静态与动态信息及时地储存下来。

2.3 确保试验仪器的精准度

针对检修试验仪器设备的精准性来说,会直接影响到最终试验检测的结果,在严重的时候还会出现设备故障的情况。因此用于高压试验检测工作的设备仪器,应符合相应的标准。试验仪器必须要由专业化的机构来予以检测,达标之后才能予以采用。

3 结束语

为了确保高压电气设备始终处在一个正常化的运行状态,高压电气设备检修试验工作的作用尤为关键,因此强化检修试验的能力则是主流趋势。所以,要在重视检修试验问题的形势下,从专业化的层面来进行行之有效的处理,进一步强化技术人员的专业化能力,从根本之上来提升检修试验的质量。

(责任编辑:贺大亮)

浅谈供电系统配网建设与改造

侯春生

(国网银川供电公司,宁夏 银川 750001)

配电网的发展直接关系到企业和千家万户,供电企业和百姓的生活变化日新月异,配电网建设发展已满足不了人民美好生活的需求,存在一定的差距,该问题亟待解决,所以加强供电系统配网建设与改造势在必行。

1 供电系统配网改造中存在的问题

1.1 供电系统配网改造难度高

结合配电网的基本特性而言,通常情况下配电网的建设以及改造一般都要提前进行,具有超前性的特点,这也成为了配电网改造过程中最主要技术难点。因为一般情况下,在城市建设过程中,很难确保每个环节都能得到协调发展,除此之外也很难对区域经济发展方向做出精准预测,尤其是电力负荷的预测离不开基础性调研数据支撑,以上综合情况促使配网建设规划也就很难做到前瞻性和精细性。城市配电系统如果不合理,会直接影响人们的日常生活以及日常生产,也会给电力企业造成不良影响。

1.2 配网建设与城市发展的矛盾

伴随着国民经济的飞速发展,各地区都在根据自身的特点不断地加强地区经济建设。尤其是受改革开放政策的影响,为了提升地区经济的增长速度,许多企业都在不断的进行深化改革以及提升对外招商引资的力度。在上述过程中,企业进行新的项目投建或者新的设备投入的效率非常高,这样就增加了对配电网升级的需求。而一般情况下,电力企业在进行电网建设的时候,经常采用输变电配套设备提供企业所需的电力,但是这种方案只能暂时的缓解问题,却无法从根本上解决问题,长此以往二者建设进程和速度上不匹配会不断加剧,进而导致配网建设总是处于被动状态。

2 配网建设以及改造问题的有效处理方法

2.1 制订合理的建设及改造计划

每一个健康高效的企业都应该根据市场的行

情以及行业形势制定合理的发展计划,当然电力企业也不例外,关于供电系统配网建设与改造,具体实施计划可以围绕着以下几点开展:首先,借助科学的测量仪器以及先进的软件,提升电力企业基础数据进行收集整理分析,尤其是电力企业负荷增长量的统计预测工作;其次,借助科学技术对配电网结构不断地进行优化改造,因为从实际运行的情况来看,配电网结构的优化不仅能够有效地提升配电系统的安全性和稳定性,而且还能够有效地提升电力资源传输效率和利用率,从而有效地提升电网系统的工作效率;最后,选择优良的配网设备,配电系统中在进行一系列设备选择的时候,应该综合的考虑设备的安全性和稳定性,同时还应综合的考虑安装运输以及日常维护的便利性和可操作性等诸多特性。

2.2 优化配网结构

大量实践表明,配电网结构的优化有利于提升整个的系统的工作效率,其中配电系统与负荷增长以及安全可靠性的匹配尤为重要,因为这直接关系到整个配电网的管理效益。因此从城市电网安全可靠性以及经济性的角度而言,必须要优化配网结构,最终减少各种不良影响。

3 结束语

综上所述,作为绿色能源之一的电力能源与人们的生产生活联系越来越密切,所以电力行业的发展、供电系统配网建设与改造等都变成了日益紧迫重要问题。本文主要对供电系统配网建设与改造的基本情况进行了介绍,并在此基础上提出了建议,望本文能够对相关领域研究的工作人员有所帮助,并最终促使我国供电系统配网建设能够顺利开展。

(责任编辑:贺大亮)

《农村电气化》《农电管理》 2019年订阅单



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

订阅单获取方式:两刊2018年第9期至2019年第3期正文最后一页;<http://www.chinarein.com>;
或通过订阅热线索取。

外网邮箱:1401907901@qq.com;内网邮箱:genglihong@bj.sgcc.com.cn

地址:北京市西城区南蜂窝路5号;邮政编码:100055。

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

订阅数量	农村电气化	年单价	144.00元	汇款总额	订阅单位盖章
	(册)	合计			
	农电管理	年单价	120.00元		
	(册)	合计			
收书单位				邮编	
详细地址	省 市 县(区)				
收书人				联系电话	
如需发票,请选择发票种类:	<input type="checkbox"/> 增值税专用发票 <input type="checkbox"/> 增值税普通发票			发票收件人	
如需增值税 专用发票 ,请提供贵单位以下各项信息(务必完整)。 普通发票 ,只填单位名称和税号。					
单位名称				税号	
开户行				地址	
账号				电话	

银行汇款	工商银行账号	0200 0414 0920 1503 351			
	工行开户行	工行北京会城门支行			
	收款户名	北京国宇出版有限公司			
邮局汇款	收款商户号	111340222	单位名称	北京国宇出版有限公司	
	收款地址	北京西城区南蜂窝路5号607		邮编	100055
注意事项		注明汇款人姓名及电话			

RURAL ELECTRIFICATION