

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.S1.018

# 智能配电房的系统设计和技术方案研究

刘赛足, 韩畅

(广州穗能通综合能源有限责任公司, 广州 510220)

**摘要:** [目的]为了进一步提升配网运维工作质量和效率,支撑配网技术发展向数字化、精益化、智能化转型。[方法]在大量的配电房现状问题分析以及最新监测技术调研的基础上,文章提出了智能配电房系统构架,以及系统平台和硬件设施的设计方案,并着重从环境、安防、视频、设备状态等功能模块,重点分析了智能配电房的关键技术路线。[结果]建立了智能化、可视化、自动化、互动化的新型现代化配电房。[结论]成果应用在大量的智能配电房建设当中,为我国智能配电房的规范建设提供非常重要的指导作用。

**关键词:** 智能配电房; 智能电网; 环境监测; 安防监控

中图分类号: TM76; TP277

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)S1-0100-06

## Research on the System Design and Technical Route of Smart Distribution Substation

LIU Saizu, HAN Chang

(Guangzhou Suinengtong Integrated Energy Co., Ltd., Guangzhou 510220, China)

**Abstract:** [Introduction] In order to further improve the quality and efficiency of distribution network operation and maintenance, support the transformation of distribution network technology to digitalization, lean and intelligent transformation. [Method] On the basis of a large number of distribution substation problems analysis and Latest monitoring technology research, this paper put forward the architecture of smart distribution system, and the design scheme of the system platform and hardware facilities, and focusing on the functional modules of environment, security, video and equipment status, the key technical routes of smart distribution substation were emphatically analyzed. This work provided some guidance for further study on building intelligent, visualized, automated and interactive modern smart distribution substation. [Result] A new type of modern distribution substation with intellectualization, visualization, automation and interaction has been established. and establishes a new type of modern distribution substation with intellectualization, visualization, automation and interaction. [Conclusion] The results of this paper are applied in a large number of smart distribution substation construction, which provides a very important guiding role for the standardized construction of smart distribution substation in China.

**Key words:** smart distribution substation; smart grid; environmental monitoring; security monitoring

配电房是配网的重要供电节点,而配电房的环境设施条件一直处于较低水平,由于环境因素导致设备处于非正常工作状态,配电房存在高温、静电、粉尘污染、潮湿、凝露、浸水、电缆沟长期积水、易爆气体超标、盗窃等环境问题,引起绝缘老化及损坏等,极易导致产生绝缘击穿、局部放电和

短路现象,对设备安全运行和人身安全造成严重威胁<sup>[1-3]</sup>。

为了解决以上问题,今年开展了智能配电房的科技项目<sup>[4-6]</sup>。首先对配电房现状问题进行充分的数据分析,如将某地区供电局配电网2016年全年跳闸事故作为采样数据进行统计分析,查找导致跳闸事故的主要原因,用实际运行数据论证配电房环境影响配电网安全运行的重要程度。为确保方案的可行性和技术路线的先进性,分别在珠海、南京、厦门、杭州等城市开展充分的厂家调研,并在充分

收稿日期: 2018-01-08 修回日期: 2018-05-18

基金项目: 南方电网公司科技项目“智能配电房技术规范”(技标2018-025)

的厂家技术调研基础上, 在各地区组织开展了试点建设, 从试点项目研究出具有针对性、可行性、先进性的技术研究方案。

## 1 系统构架设计

### 1.1 系统平台设计

智能配电房主站系统如图 1 所示。采用了物联网、无线传感、大数据、云计算、移动互联网、无线通信、智能检测监测、无损检测及智能分析软件等技术, 搭建安全性能强大的数据通道, 实现终端(如传感器、嵌入式设备等)和云端的双向通信。系统可以方便地将海量物联网终端连接到管理平台, 实现设备和平台之间数据采集和命令下发的双向通信, 对设备进行高效、可视化的管理, 对数据进行整合分析, 并通过与存储产品、云计算产品打通, 快速构建创新的物联网业务。



图 1 系统平台设计图

Fig. 1 Design chart of system platform

实现配电网设备在线监测、诊断与告警以及智能巡检, 达到“隐患早预警, 日常免巡维”。运维人员通过监控平台, 实现配电房整体运行状态的远程监控, 针对配电房环境相关突发事件实现自动进行预告警: 通过平台弹窗、软件智能识别、语音通知、手机 APP 提示、电话报警等多种方式通知直接责任人及主管领导等技术手段, 在配电房环境重大突发事件即将发展时刻, 第一时间将预告警发送, 并生成应急预案, 为重大突发事件处置赢得必要时间, 防止出现更大规模及更加严重的事件。

智能配电房系统应与生产管理系统、地理信息(GIS)系统、配电自动化系统、调度自动化系统、运营监控平台、特大城市电网平台等数据有效对接, 实现跨系统的综合应用, 支持手机端 APP, 支撑配电网精益管理, 集成用户交互功能。

### 1.2 硬件设施设计

在现有配电房设备基础上, 通过装设智能监测装置, 如图 2 所示。全面监测配电设备、配电室环境的运行情况及性能参数, 站端设备以智能监控终端为核心, 能够接入开关柜、变压器、电缆和低压设备的传感器或智能设备(温湿度传感器、SF<sub>6</sub>传感器、水浸、噪音、局放等), 并可以通过扩展设备实现预警联动, 实现对配电房环境、视频、安防、电气设备状态等信息的监测和控制功能, 从而有效提升配电网运行环境的安全性和可靠性。

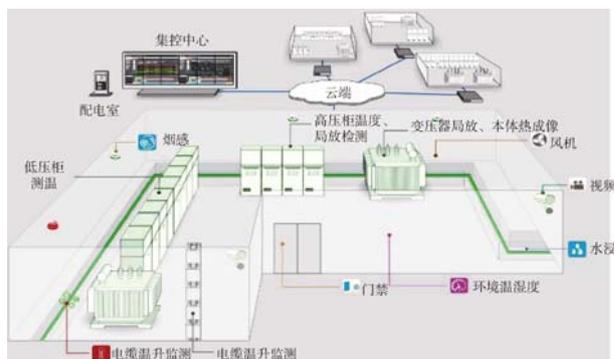


图 2 硬件设施设计图

Fig. 2 Design of hardware facilities

智能配电房还应利用物联网技术, 通过扫描配电房设备的 RFID/二维码等电子标识采集电力设备各方面信息, 包括台帐、试验、缺陷等, 实现对运行设备台帐的在线信息采集, 建立完整的设备管理档案。基于物联网技术的设备状态全生命周期管理, 将设备状态信息与资产管理信息进行有效整合, 实现对资产全生命周期“新增、调拨、维修、闲置、报废”等过程的智能化动态实时跟踪和集中监控, 提高资产全生命周期的自动化及智能化。

## 2 技术方案研究

配电房智能化以一次网架和设备为基础, 以配电房智能化系统为核心, 综合利用多类型传感与监测设备, 实现对配电房关键状态量的采集与监测。配电房关键状态量以业务应用角度按如下规则划分: 环境、安防、视频、设备状态、电气运行参

量、设备物联网标签管理六大类。

各状态量的信息采集主要在设备、场所关键点部署相应监测传感器，传感器对相应状态信息进行数字化采集处理，实现信息的实时监测。

### 2.1 环境监控

环境监控主机将各项环境数据实时发送给监控中心，如图3所示。监控中心得到数据之后立刻按照既定的阈值条件及告警策略产生相应的事项告警，并在第一时间通过语音、短信、邮件、微信等既定渠道发给相关责任用户，同时按照既定的异常处理措施来控制风机、水泵、电力控制调控机等设备的开启或关闭。

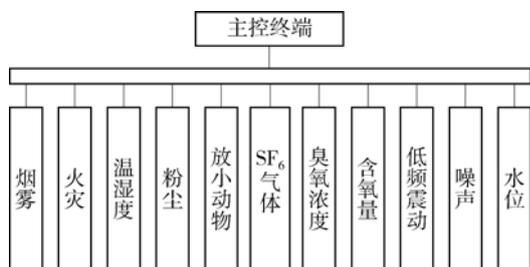


图3 环境监控子系统功能图

Fig. 3 Function diagram of environmental monitoring subsystem

#### 1) 净化通风子系统

通过启动净化通风装置进行室内外空气交换，由进风口与净化通风装置进行连接，经复膜滤袋对室外空气进行过滤，将净化空气送入室内，形成室内微正压的空气环境。

#### 2) 温湿度控制子系统

应用温度传感器采集室内各位置的相关温度信息，通过智能控制器建立反馈机制，自动控制风机的出力与启闭，实时调节气流量及对流强度，使其与热源体发热量变化的动态特性相匹配。

当湿度即将超标的情况下，自动将户内气流动控制方式改为“降湿”模式，可在较短的时间内降低室内空气的相对湿度，防止室内空气凝露对电气设备造成威胁。

#### 3) 防水浸子系统

针对配电房或电缆沟的水位监测，常用的浸水探测器为浮球式液位传感器、投入式水位传感器、水浸传感器。

浮球式液位传感器的工作原理为液位达到预设高度时，液位开关内的磁簧开关会闭合，输出报警信号。

投入式水位传感器是利用水压压力与水的高度成比例的原理，通过测得水的压力，得到具体液位高度。当电缆沟内水位报警联动水泵工作时，可实时查看水位数据，确认水泵是否正常工作或是否需要其他应急措施。

水浸传感器是基于液体导电原理，用电极探测是否有水存在，再用传感器转换成干接点输出。通常具有常开和常闭两种输出状态。

对于能安装水泵的场所，建议选用投入式水位传感器监测水位并联动水泵工作；对于未安装水泵的场所，建议选用水浸传感器监测配电房或电缆沟浸水状态。

#### 4) 排毒增氧子系统

配电房因 SF<sub>6</sub> 开关柜有泄露发生，所以需要对其 SF<sub>6</sub>、氧气(O<sub>2</sub>)气体进行监测。开关柜局部放电可能局部损坏电介质，进而引发事故。在局部放电过程中，会产生臭氧(O<sub>3</sub>)，通过监测 O<sub>3</sub> 浓度变化，能够间接检测开关柜局部放电。

气体传感器主要分为以下几种类型：电化学气体传感器、红外气体传感器、催化燃烧气体传感器。针对配电房内的气体监测，若采用催化型可燃气体传感器，具有一定的安全隐患，而且传感器受中毒物质的毒害和长期加热以及表面污染等影响，传感器的灵敏度会缓慢下降，不建议采用；电化学气体传感器主要优点是气体的高灵敏度以及良好的选择性，不足之处是有寿命的限制一般为两年；红外气体传感器的原理防中毒，为光电转换器件，使用寿命长，但结构复杂，成本高，且在配电房中仅适用于 SF<sub>6</sub> 的监测，O<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 的监测暂无红外探测传感器。基于以上分析，SF<sub>6</sub> 建议采用红外气体传感器，O<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 建议采用电化学气体传感器。

在 SF<sub>6</sub> 开关柜低位区域安装 SF<sub>6</sub> 和 O<sub>2</sub> 传感器，实时监测 SF<sub>6</sub>、O<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 含量，并将数据传输至主控终端。当 SF<sub>6</sub> 浓度超过 1 mL/L 或氧量低于 18% 时，应报警，并自动开启净化通风系统，机组连续向室内底部送风作用下，将 SF<sub>6</sub> 泄漏气体有序地从专用排放口溢出户外，确保安全规程要求排放标准。

#### 5) 防烟雾、火灾系统

目前技术较为成熟且应用广泛的烟雾探测器为离子型烟雾探测设备，当传感器监测到烟雾，即发出告警信号。

烟雾、火灾发生时,立即关闭通风管道和所有风机,驱动防火隔离阀窗迅速关闭,切断火情蔓延途径,并使室内缺氧自动熄火,熄火后,启动净化通风系统将烟雾排出房外。

为加强配电房灭火器管理,也可采用智能灭火器箱,箱门打开、灭火器重量减轻或灭火器被拿起时,向主控终端发出报警信号,还可对内部灭火器检验周期进行管理。

#### 6) 噪声、低频振动监测

配电房的噪声和低频振动主要来源于变压器,一般只在变压器房内安装噪声和低频振动传感器,用于监测变压器噪声和低频振动情况。当噪声传感器和低频振动传感器检测变压器噪声和低频振动超过既定的限值时,应在变压器房墙体采用隔音墙和变压器地基减振装置,有效预防噪声或低频振动情况,防止变压器噪声和低频振动扰民。

#### 7) 防小动物

对于电气设备安全运行存在较大威胁的小动物预防,采用在每个房间安放一台智能驱鼠器,产生20 kHz~55 kHz超声波,有效刺激并能够导致鼠类感觉到威胁及不安。

## 2.2 安防监控

通过安装电子锁等门禁装置、红外双鉴探测器、语音对讲系统,并结合视频监控,对配电房环境进行安防监控。

1) 门禁应具备门状态信号上传至监控终端,并与风机、照明、视频等设备进行联动。

2) 门禁具备信息记录功能,门禁自动记录运行人员出入设备区域时间及个人信息。

3) 远程语音对讲系统应实现与主站的双向语音对讲功能。

4) 红外入侵探测器监测红外感应点的状态,一旦发现布防后有入侵,环境监控主机接收数据后,现场启动声光报警器,并立刻上报监控中心并告警。

5) 安装在现场的声光报警器在出现外界入侵时,发出强烈的声光报警信号,以达到提醒现场人员注意的目的。

## 2.3 视频监控

在配电房内安装红外网络球机和枪机摄像机,用于电房内安防监控和设备运行状态监控。视频监控系统可以进行实时循环录像,事故时可在主站进

行实时抓拍。因为视频数据容量非常大,对于数量众多的配电房,为节省主站存储容量和通信传输容量,正常状态下的视频数据可设定仅在配电房本地保存,后台系统不作保存,异常视频数据本地保存并上传系统存储和管理。

摄像机通过配电房监控终端将视频数据上传至监控中心或就近监控分站的硬盘录像机,进行数据存储,并可根据需求进行操作,调节球机的摄像角度:

1) 具备人脸比对、人脸识别、入侵侦测、越界侦测、进入区域侦测、离开区域侦测、人员行为侦测、物品遗留侦测、视频遮挡侦测等功能。

2) 支持报警信号(环境、安防、设备状态)及视频预置位的联动。

3) 可实现与环境监测系统联动,根据环境监测系统的预警或告警区域,查看特点区域情况,供人工确认。

4) 可实现与安防设备系统联动,当某区域发生入侵报警时,自动联动视频监控系统,并自动将对应位置的图像画面切换至监控屏幕上。

5) 可实现与设备状态系统联动,对电力设备的操作和运行状态进行拍照和录像,给运维人员判断设备运行状态正常与否提供佐证。

6) 录像优先级从高到低依次为手动、外部报警、视频检测、定时。

## 2.4 设备状态监测

设备状态监测主要分为温度监测和局放监测。对现有配电房的智能化改造中,基于安全性考虑,其监测技术应以减少停电安装、减少人工运维、不影响设备检修为基本原则。设备状态监测设备应摒弃一般传感器破坏原设备结构(如在母线上打孔、解体开关柜组件等)的做法,采用吸附、凸轮式、绑带式等安装方式,不能影响设备原有性能(如动热稳定性、温升性能、绝缘安全距离、绝缘爬距等绝缘性能)。

### 2.4.1 温度监测

针对关键触点的温度测量可直接反应设备的工作情况,可有效避免设备老化或接触不良引发的故障或火灾的发生。采用温度传感器对容易发生温升故障的变压器高低压接线桩、干变铁芯、干变绕组、中压柜、低压柜出线接线头等设备关键点温度状态进行在线监测,并将设备状态信息接入系统,

实现温度预警和风机联动。

温度传感器建议采用目前技术较为先进的无源无线技术,采用温差技术、电压取电技术、电流取电技术作为主电源工作,不采用电池供电或外接电源,通过无线技术传输数据,无需现场布线,无需电池供电,避免因电池寿命短而带来的繁重维护工作。

## 2.4.2 局放监测系统

### 2.4.2.1 局放危害性

局部放电是电路绝缘及载流故障的主要征兆,据统计电路故障中的绝缘及载流故障的占比高40%~60%,因此,实时监测局部放电非常必要且重要; $O_3$ 、含氧量、 $SF_6$ 的测量可侧面反应设备绝缘故障的发生。

### 2.4.2.2 局放检测方法

局部放电常用的几种方法局部放电检测方法如表1所示,应根据不同的放电部位和放电特点,配置相应的监测方案。

表1 局放各种检测方法

Tab. 1 Various monitoring methods are placed in partial discharge

局放检测方法	特高频法	超声波法	高频电流法	暂态地电波
检测方法种类	电测法	声测法	电测法	电测法
频率范围	300 MHz ~ 1 500 MHz	20 kHz ~ 200 kHz	3 MHz ~ 30 MHz	3 MHz ~ 100 MHz
故障定位	时差法精确定位(分米(粗略)、声级)、声电联合合法精确定位(厘米级)	时差法定位、电联合合法精确定位(厘米级)	无法精确定位	无法精确定位
适用放电类型	电晕、悬浮、绝缘、沿面	电晕、悬浮、沿面、颗粒	电晕、悬浮、沿面、绝缘	电晕、悬浮、沿面
传感器类型	特高频天线	接触式/非接触式	穿心式	电容型
设备应用情况	GIS/变压器/开关柜/电缆	GIS/变压器/开关柜	变压器/电缆	开关柜

### 2.4.2.3 开关柜局放在线监测方案

由表1可知,适用于开关柜的局放检测技术有三种:特高频法、超声波法、暂态地电波法。而根据运行部门统计,开关柜最常发生的局放部位主要为潮湿环境引起的沿面放电、外绝缘质量和安装工艺不良引起的电缆间放电、静触头盒相间气隙放电

缺陷、穿柜套管放电、绝缘内部放电,以上放电类型主要体现为超声波异常,其次为特高频异常。而超声波检测技术基本覆盖暂态地电波的放电类型,所以开关柜局放在线监测方案建议采用特高频技术+超声波技术相结合的方案,声电联合进行监测,能够监测开关柜局放的各种缺陷。

### 2.4.2.4 变压器局放在线监测方案

由表1可知,适用于变压器的局放检测技术有三种:特高频法、超声波法、高频电流法。如采用超声波法,受变压器噪声干扰太大,不建议使用。所以变压器局放在线监测方案建议采用特高频技术+高频电流技术相结合的方案,能够监测变压器局放的各种缺陷。

## 2.5 电气运行参量监控

将配网自动化系统(参量:三相电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率、三相不平衡度、开关开合控制状态、保护状态)和计量自动化系统(智能电表)接入智能配电网系统。通过配电房配网自动化系统、计量系统和营销系统的配合,可以对辖区内用户用电量、用电信息进行监控,实现遥测、遥信、遥控、遥调、远方抄表计费、供电质量检测、计量表计在线检测和防窃电、预售电量控制、负荷预测、催交电费业务,信息共享和网络连接、有序用电等功能,最终实现配电管理和用电营销的一体化。

## 2.6 设备物联网标签管理

将场所名称、电力资产条形码、型号、试验、缺陷、名称等规范中明确的信息写入RFID电子标签,按规定贴附或吊附在电力资产上,通过对RFID识别技术以及与设备唯一ID的关联,能够有效校验移动端采集信息的准确性和可靠性。电力公司通过移动终端读取标签内容,实现对运行设备台账的在线信息采集,建立完整的设备管理档案。

## 3 结论

本文介绍了一种新型的智能配电房监控系统。在该系统中,主要从环境、安防、视频、设备状态、电气运行参量、设备物联网标签管理等方面,完成了对配电房的全面监控,提高配电运维的安全性、可靠性、智能性,实现配电房的远程智能化巡检,以及运行设备台账的物联网标签管理,满足综合管理和竞争性业务扩展的需求。基于本文的研究

成果, 本文作者进一步编制了全国第一份内容较为全面的智能配电房技术规范, 以及全国第一份智能配电房标准图纸。本文成果应用在大量的智能配电房建设当中, 为我国的智能配电房的规范建设提供非常重要的指导作用。

**参考文献:**

[1] 王海华. 先进智能电网及全新用户体验规划设想的探讨 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(1): 1-7.  
WANG H H. Discussion on the advanced smart grid and whole new customers' experience [J]. Southern Power System Technology, 2017, 4(1): 1-7.

[2] 张永棠, 罗海波. 基于 SDN 的智能电网故障恢复策略 [J]. 广东电力, 2017, 30(8): 74-79  
ZHANG Y T, LUO H B. Fault recovery strategy for smart grid based on SDN [J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(8): 74-79.

[3] 黄翔, 陈志刚. 智能电网大数据信息平台研究 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(1): 17-21.  
HUANG X, CHEN Z G. Research on big data information platform for smart grid [J]. Southern Power System Technology, 2015, 2(1): 17-21.

[4] 国家能源局. 智能变电站监控系统技术规范: DL-BT 1403—2015 [S]. 北京: 国家能源局, 2015.

[5] 国家电网公司. 电力设备带电检测技术规范(试行): Q/GDW [S]. 北京: 国家电网公司, 2010.

[6] 国家电网公司. 电力设备高频局部放电带电检测技术现场应用导则: Q/GDW 11400—2015 [S]. 北京: 国家电网公司, 2015.

**作者简介:**



LIU S Z

**刘赛足** (通信作者)

1984-, 女, 海南临高人, 工程师, 学士, 主要从事智能配电网研究、配电网规划设计、新能源微电网设计工作 (e-mail) lizzy5152@163. mail. com。

**韩畅**

1985-, 男, 河南周口人, 工程师, 硕士, 主要从事供配电网规划、系统研究、智能电网等方面的研究工作 (e-mail) 18802019980@139. com。

(责任编辑 高春萌)

**能源知识**

**智能配电房系统示意**

