

居配电站物联网化的设计及应用

凌飞

中冶宝钢技术服务有限公司, 上海 200999

[摘要]近年来,随着电力事业的迅速发展和人民生活水平的日益提高,居配电站数量越来越多,而这些配电站绝大多数都是无人值守的,经常容易出现水涝、盗窃等情况,运行管理难度日益加重。因此,加强居配电站监控和管理,提高建筑电气自动化系统智能化,确保其正常运行,有着重要的意义。

[关键词]居配电站;物联网化;设计

DOI: 10.33142/sca.v2i7.1133

中图分类号: TP391.44

文献标识码: A

Design and Application of Internet of Things in Residential Power Stations

LING Fei

MCC Baosteel Technical Service Co., Ltd., Shanghai, 200999, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of electric power industry and the improvement of people's living standards, the number of residential power stations is increasing, and most of these substations are unattended, often prone to water. In the case of embarrassment, theft, etc., the difficulty of operation management is increasing. Therefore, it is of great significance to strengthen the monitoring and management of the residential power station and improve the intelligentization of the building electrical automation system to ensure its normal operation.

Keywords: residential power station; Internet of Things; design

引言

电气自动化系统的应用,可以实现对于建筑电气设备的全面监控和管理。其具有很多优势:监测质量更高,能够节省大量的人力,管理的效率更高,居配电站的运行更安全、可靠,降低设备运行维护的成本,可以对设备进行更加准确的调控,确保建筑的舒适性。

1 居配电站物联网化建设思路

基于“云,管,边,端”的配电物联网技术架构,在居配电站物联化建设的过程中,实现数据全采集、状态全感知,实现设备的全景监控、多业务功能承载、多源异构数据融合、端到端安全防护、设备快速接入、智能巡检、预测性维护等。

1.1 云层面

基于华为云对配电自动化主站进行云化改造,构建物联网接入平台,满足大容量、高并发数据采集与处理要求,实现海量物联网终端的有效接入。基于大数据分析 with 人工智能,深度融合多专业、多业务数据,实现居配电站运行状态全面感知、数据融合及智能应用。采用微服务架构设计,实现居配电站应用需求的灵活、快速迭代扩展。

1.2 管层面

基于宽带载波 IP 化和微功率无线通信,组建低压台区“零接线”网络层,统一通信接口和交互模型,成功解决低压智能设备类型与数量多、安装位置分散、布线困难和施工停电等问题。验证物联网通信协议 CoAP 和 MQTT 的应用场景和适用性,边与端实现低延时状态采集和实时控制,边与云实现面向“主题”发布和订阅的数据共享和交互。

1.3 边层面

依托智能配变终端的边缘计算能力,研究开发就地智能决策分析算法及 APP 应用,实现就地化故障告警、线损计算、可靠性分析、风险预警等典型应用;通过拓扑感知技术,实现低压配电网变、线、户关系的准确识别,建立实时完整的配电网拓扑关系,为运维人员提供准确的拓扑数据支撑;建立云-边高效协同机制,实现关键数据实时交互、全量数据定期备份,有效避免海量终端设备接入对云化主站带来的数据压力、带宽限制和计算性能不足等问题。

1.4 端层面

开展中压线路关键节点、低压配电台区设备物联网接入改造,探索在线局放、智能仪表、一体化智能开关等先进技术 with 物联网终端的深度融合,监测覆盖低压配网各级各类电气量、状态量、环境量,全面感知居配电站内设备运行状态,为边缘计算及高级应用提供数据支撑。

2 居配电站物联网化优化设计

2.1 电缆线路物联网化设计

1) 在电缆通道、工井内安装高低频电子标签，实现电缆通道资源及电缆路径的精细化管理。

表 1 设备监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	设备	电子标签	待定	根据实际情况进行确定

2) 将电缆仓内的局放、红外监测装置通过智能配变终端接入自动化主站，部署运行状态分析 APP，实时分析电缆头运行状态，异常状态发出告警信号。

表 2 电缆监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	电缆	局放感知终端(GR-PDST-03)	42	根据实际情况进行调整
2		汇集终端(GR-PDC-02)	7	根据实际情况进行调整
3		信号采集器	1	4G

3) 探索电缆中间接头的温度监测技术，在中间接头位置加装有源无线温度传感器，配置 LoRa 或其他物联网低功耗、远距离通信装置，将采集的温度数据上传至智能配变终端，以无线方式传输至自动化主站，部署温度分析 APP，跟踪中间接头的温度变化。

表 3 接头温度测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	电缆	有源无线温度传感器(珠海一多)	10	根据实际情况进行调整
2		信号采集器	1	4G

4) 在线路节点环网箱加装 PMU，客户出线侧加装 AMI，采集的电流、电压数据传入 IV 区主站，在主站部署配网态势感知分析模型，预警配网异常问题。

表 4 环网箱出线侧测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	环网箱	PMU	7	
2	客户出线	AMI	7	
2	—	信号采集器	14	4G

5) 在环网箱内加装温度、湿度、SF6 浓度传感器，与风机、加热除湿装置的启停信号一并接入智能配变终端，最终上报自动化主站，部署环控 APP，分析柜内环境状态，在异常状态下控制环控设备启动调节运行环境。

表 5 环网箱内部测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	环网箱	温湿度传感器	7	
2	环网箱	SF6 浓度传感器	7	
3	环网箱	风机控制器	7	

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
4	环网箱	加热除湿装置控制器	7	
5		信号采集器	1	4G

2.2 高压柜物联网化改造

1) 将柜面的电流表、电压表更换为数字式多功能表，安装物联网通信单元，将表计的 485 输出信号数据通过 HPLC 载波通信方式，实现与智能配变终端的数据传输（注：物联网通信单元需要配电变压器提供 220V 电源以供数据传输）。

表 6 高压柜监测配置原则

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	高压柜	多功能表（五洲电气）	10	
2	——	物联网通信单元（SDXN-301E）	2	10 个多功能表通过 485 线并联后使用
3		高压面板开孔	10	箱体面板更换



图 1 高压柜面板更换



图 2 低压柜多功能表

2) 在电缆头压接点加装无线测温传感器，监测接头温度变化；在母排搭接处，根据情况应用螺栓型无线测温传感器或有源型无线测温传感器，监测搭接处温度变化。温度数据通过 433MHz 无线链路传输至汇集单元，经物联网通信单元，将测温数据转换为 HPLC 载波方式上送至智能配变终端。

表 7 环网柜电缆接头测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	10kV 环网柜电缆接头	无线温度传感器 Yado-ETS-H2	24	每间隔 A、B、C 三相各 1 只（除母联、隔离柜外）
2		无线测温接收装置 Yado-ETJ-N3B	1	一个配电室一个
3	——	物联网通信单元（SDXN-301E）	1	

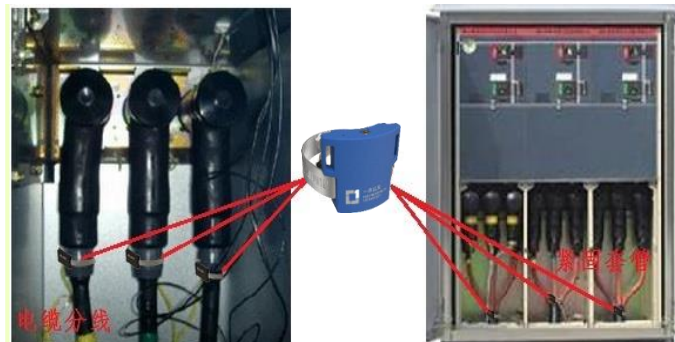


图 3 无线温度传感器

2.3 低压柜物联网化改造

1) 在台区进线柜总开关负荷侧加装台区监测单元，实现线路拓扑结构的自动识别。

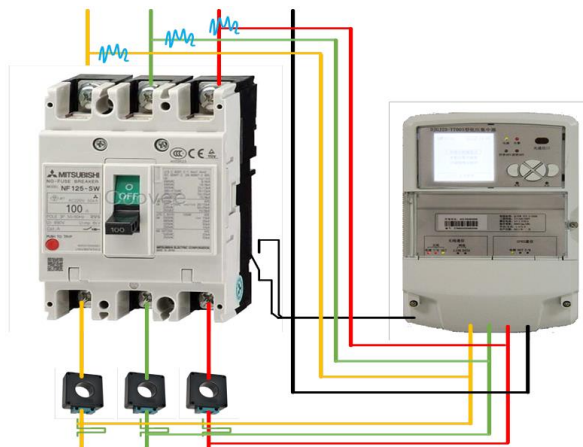


图4 数字式多功能表

2) 现有低压柜的电流表、电压表更换为数字式多功能表。低压进、出线间隔的电流、电压数据经 HPLC 载波模块上送至智能配变终端。

表8 低压柜监测配置原则

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	低压进线柜	多功能表（五洲电气）	2	进线柜 2 面
2	低压出线柜	多功能表（五洲电气）	20	出线柜 4 面，每面各 5
3	电容补偿柜	多功能表（五洲电气）	2	电容补偿柜 2 面
4	母联柜	多功能表（五洲电气）	1	母联柜 1 面
5	——	物联网通信单元（SDXN-301E）	9	每面柜体各 1

3) 将低压进、出线开关改造为具备电动操作机构、控制模块和载波模块的开关，实现开关电流、电压数据及位置信号向智能配变终端的实时上送，以及终端对开关的遥控功能（确认进线开关、母联开关是否可远程控制）。

表9 进、出线柜监测配置原则

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	低压出线柜	电动操作机构（开关柜厂家）	20	出线柜共 4 面，每面配置 5 个
2	低压进线柜	电动操作机构	2	进线柜共 2 面
3	母联开关	电动操作机构	1	母联柜 1 面
4	——	物联网通信单元（SDXN-301E）	0	

4) 将无功补偿控制器的信号经载波装置传入智能配变终端，实现无功补偿投切容量监测及分片投切控制功能。

表10 补偿柜监测配置原则

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	补偿柜	智能电容器	2	
2	——	物联网通信单元（SDXN-301E）	0	与多功能表共用

5) 在低压母排搭接点、电缆头压接点, 加装无源无线测温传感器, 采集接触点位置的温度数据。数据以 433MHZ 无线方式传输至汇集单元, 通过物联网通信单元转换为 HPLC 方式送入智能配变终端。

表 11 低压柜监测配置原则

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	低压进线柜	无源无线温度传感器 Yado-ECT-BD1	6	低压进线柜 2 面, 每柜 3 点
2	电容补偿柜	标准型无线传感器 Yado-ETS-BD433A	6	电容补偿柜 2 面, 每柜 3 点
3	联络柜母排连接处	标准型无线传感器 Yado-ETS-BD433A	3	联络柜 1 面, 每柜 3 点
4	低压出线柜	无源复合型传感器 ECT-KK-29	60	低压出线柜 4 面, 每面 5 路, 每路出线 3 点
5		无线测温接收装置 Yado-ETJ-N3B	0	与上共用



图 5 低压柜内背面照片



图 6 低压柜柜内无线传感器

2.4 低压侧物联网化的优化设计

1) 取消表前开关, 将客户表后开关更换为具备电流电压采集、遥控分合闸和载波通信功能的智能微断开关, 实现对客户负荷和停送电状态的精细监测 (注: 一个 2P 的智能微断占用普通微断 3P 宽度)。

表 12 客户端监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	低压客户	智能微断开关 (山东卓文)	320	共 4 栋楼、8 个单元, 每个单元两个分支箱、共 16 个分支箱。其中 4 个单元, 42/单元, 另外 4 个单元, 38/单元
2		通讯模块	32	共 32 个表箱
3		物联网通信单元 (SDXN-301E)	32	每个表箱 1 微断



图7 低压智能微断开关

2) 安装表箱监测单元, 进行表箱断路器监测和用户表后开关监测, 实现用户进线电气量测量和同步抄表、数据冻结等。

表13 表箱监测配置原则

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	表箱	表箱监测单元	32套	32个表箱



图8 表箱整体图

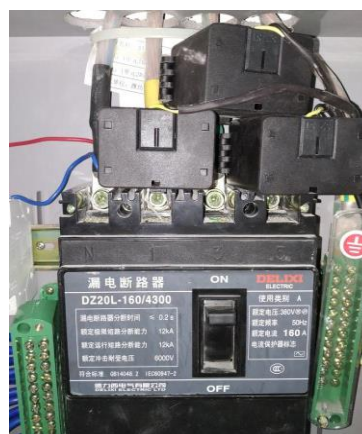


图9 表箱检测单元

2.5 新能源负荷设备的优化设计

选择合适位置建设小型示范性光伏发电站, 并入小区公建用电; 在小区地下停车场建设交、直流充电桩, 为小区提供电动汽车充电服务。

1) 将光伏并网控制单元通过以太网或光纤与智能配变终端实时通信, 实现对光伏发电并网电流、电压的实时监测; 同时经控制单元对并网开关进行分合闸控制。

2) 将储能装置控制单元接入智能配变终端, 实现对储能站充放电状态及电流、电压的实时监测; 通过对并网开关

的控制，实现对储能站状态的控制。

3) 将充电桩信息通过载波方式与智能配变终端实现信息交互，实时监测充电功率、电流、电压等数据，并实现对充电功率的控制。

表 14 充电桩监测配置原则

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	---	光储充智能微网	1	
2	---	物联网通信单元 (SDXN-301E)	3	

2.6 配电室环境监测的优化设计

1) 加装烟雾传感器，实时监测配电室烟雾情况，发现火灾提前预警。

表 15 烟雾监测配置原则

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	烟雾	烟雾传感器	4	
2	---	物联网通信单元 (SDXN-301E)	1	



图 10 烟雾传感器及其控制单元

2) 在配电室四个角落安装温湿度传感器，监测配电室整体温湿度，传感器以 433MHZ 无线链路将温度数据上传至汇集单元，通过物联网通信单元转换为 HPLC 方式送入智能配变终端。

表 16 湿度监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	配电室	无线温湿度传感器 Yado-ETC-S3	4	配电室四面各 1 只



图 11 无线温湿度传感器

3) 加装风机及排风扇监测控制单元，与温湿度监测、SF6 监测三者联动，实现环境信息监测与控制。

表 17 风机、排风扇监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	风机及排风扇	风机及排风扇控制单元（国瑞）	4	
2	——	物联网通信单元	1	



图 12 风机及控制单元

在电缆沟等低洼位置安装水浸传感器，避免电缆浸泡，发生短路等故障。

表 18 电缆沟监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	电缆沟等	水浸传感器（国瑞）	2	
2	——	物联网通信单元（SDXN-301E）	2	



图 13 水浸传感器及控制单元

5) 加装门磁开关及门禁系统，实现配电室进入进出状态监测及人员管理。

表 19 门状态监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	门状态	门磁开关（国瑞）	2	
2	门状态	门禁系统	2	
3	——	物联网通信单元（SDXN-301E）	4	



图 14 门禁系统

6) 加装灯控单元，与门磁开关等联动，实现配电室内灯光智能控制。

表 20 灯监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	灯	灯控单元 (国瑞)	1	
2	—	物联网通信单元 (SDXN-301E)	1	

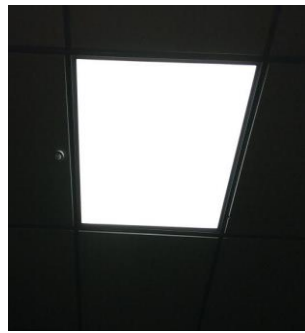


图 15 灯控单元



图 16 环境信息综合控制箱

7) 加装视频监控装置，每台变压器前安装 1 个摄像头 (共计 4)、门口处安装 1 个摄像头 (共计 2)，在高、低压柜的左右两侧及中间部分各安装 1 个摄像头 (共计 6)。

表 21 配电室监测测点配置

序号	监测对象	监测产品配置		备注
		型号	数量	
1	配电室	摄像头 (国瑞)	12	
2	—	以太网交换机 (24 口)	1	



图 17 摄像头



图 18 环境信息综合控制箱

2.7 通信管网建设的优化设计

1) “云-边”通信层建设

“云-边”通信层主要是满足云化 IV 区主站与具备边缘计算功能的 DTU、TTU 等终端的通信需求，传输距离较远，具有高可靠、低时延、差异化的通信需求。根据各地区不同的通信条件，通信方式上主要采用 4G 无线 VPN 通道、4G 无线专网、光纤 EP0 等，通信协议全部采用 MQTT，满足高速并发的数据传输需求，在云主站侧以消息队列的方式接收边层上送数据，降低通道双向通信的数据压力，提升通信的可靠性和稳定性。

2) “边-端”通信层建设

“边-端”通信层主要是满足承载边缘计算功能的终端与各类末端采集、控制终端的通信需求。通信协议采用主流的物联网 CoAP 协议，通信方式分为以下两种：

①HPLC 高速电力线载波方式：目前的中低压配网设备的二次装置上部分具备了 485 通信功能，可将设备级的物联网通信单元以 485 方式读取设备采集、控制数据，例如高压柜二次保护装置、低压柜多功能表等，就地将数据直接转化为 HPLC 方式与边缘计算终端进行数据交互。在下一步的物联网化一二次融合设备中，可直接采用装置级的物联网通信单元，设备自身将数据直接通过 HPLC 方式实现与边缘计算终端的数据交互。

②微功率无线方式：针对部署在高低压开关柜内的温度及湿度监测等终端，受安装位置、设备绝缘要求等因素限制，不便于采用有线通信方式的终端，重点应用本地微功率无线通信，实现“边-端”数据交互。

3 结语

居配电站物联网化建设融合了“安防”、“环境监测”、“设备状态监测”、“动力电气设备控制”四大类在线监控对象，并且内建丰富的联动控制逻辑，可以有效地对居配电站的运行状况进行实时在线监控和保护；同时，为无人值守居配电站提供通信平台，实现运行信息的遥信、遥测、遥控，运维人员可以通过远程计算机或手机等终端设备直接查看站内运行状态，并远程开门、控制风机启停等操作。一旦有报警事件发生，也能在第一时间将报警事件上传并推送到运维人员手机上，从而让居配电站的管理更规范、运行更安全、信息交流更快捷实时，对提高设备运行可靠性、安全性、稳定性上提供了良好的保障。

[参考文献]

- [1]周超,吴家祺.基于物联网和光纤环网的光伏电站集成监控系统方案[J].太阳能,2019(05):34-37.
- [2]陈晓洁,杨启明,梁国晓,顾家如,杨晓伟,府雪元,庄仲武.居配电站变压器噪声治理[J].电工技术,2018(24):38-42.
- [3]宋超,施春波,卞晓亮,高勤践.适用于配电自动化综合监控系统的站端本地化新型联动规则[J].农村电气化,2017(05):41.
- [4]吕国,李艳芳,张梁,白振荣.物联网技术在变配电站监测系统中的应用[J].河北建筑工程学院学报,2014,32(01):131-133.

作者简介：凌飞（1991-），男，山东烟台人，单位：中冶宝钢技术服务有限公司，国企员工。