

Monitoring System for Intelligent Power Distribution Room

Lin Kequan¹, Chen Yingda^{2,*}, Chen Bin¹, Ou Yongtong², Chen Chongchen², Lin Junhong², Deng Ke²

¹China Southern Power Grid Company Limited, Guangzhou, China

²China Southern Power Grid Digital Grid Group Co., Ltd, Guangzhou, China

Email address:

linkq@csg.com (Lin Kequan), fifachen@qq.com (Chen Yingda), chenbin4@csg.cn (Chen Bin), ouyt@csg.cn (Ou Yongtong), chence2@csg.cn (Chen Chongchen), linjh@csg.cn (Lin Junhong), dengke@csg.cn (Deng Ke)

*Corresponding author

To cite this article:

Lin Kequan, Chen Yingda, Chen Bin, Ou Yongtong, Chen Chongchen, Lin Junhong, Deng Ke. Monitoring System for Intelligent Power Distribution Room. *Science Discovery*. Vol. 10, No. 3, 2022, pp. 120-124. doi: 10.11648/j.sd.20221003.16

Received: May 9, 2022; Accepted: May 31, 2022; Published: June 1, 2022

Abstract: There is a difference between the intelligent power distribution room and the traditional power distribution room, smart power distribution room can monitor the interior, including real-time monitoring and intelligent regulation of the internal equipment and working environment of the power distribution. At present, with the help of the power Internet of things and MQTT communication technology, the problem of information "islands" and low efficiency of information interaction in the monitoring system of the power distribution room has been solved. This paper aims to realize the monitoring system of intelligent power distribution room, firstly, in-depth analysis and research on the characteristics of monitoring objects such as electrical equipment and working environment in the distribution room are carried out. Analyze and design the principle and application of MQTT communication protocol. Then according to the interconnection characteristics of the power Internet of Things technology and the efficient and concise characteristics of the MQTT communication protocol, Design an MQTT communication system suitable for intelligent power distribution room. Finally, it was tested by practical application, This design is actually installed and tested in the power distribution room in Shaoguan City, the final test results show the feasibility and efficiency of the monitoring system for the intelligent power distribution room.

Keywords: Intelligent Power Distribution Room, Island Problem, Monitoring System, MQTT Communication

面向智能配电房的监控系统

林克全¹, 陈英达^{2,*}, 陈彬¹, 区永通², 陈重辰², 林俊宏², 邓轲²

¹中国南方电网有限责任公司, 广州, 中国

²南方电网数字电网集团有限公司, 广州, 中国

邮箱

linkq@csg.com (林克全), fifachen@qq.com (陈英达), chenbin4@csg.cn (陈彬), ouyt@csg.cn (区永通), chence2@csg.cn (陈重辰), linjh@csg.cn (林俊宏), dengke@csg.cn (邓轲)

摘要: 配电房智能化实现了配电房内部设备与环境的实时监测与智能调控, 目前借助电力物联网和MQTT通信技术, 解决了配电房监控系统中信息“孤岛”与信息交互效率低的问题。本文以实现智能配电房监控系统为目标, 首先对配电房中电气设备与工作环境等监测对象特性进行研究, 并对MQTT通信协议进行分析与设计; 然后根据电力物联网技术的互联互通特性与MQTT通信协议的高效、简洁特性, 提出适用于智能配电房的MQTT通信系统; 最后通过在广东韶关配电房实地测试, 证明了面向智能配电房的监控系统的可行性与高效性。

关键词：智能配电房，孤岛问题，监控系统，MQTT通信

1. 引言

配电房在配网系统中具有很重要的地位，在电网系统与用户之间发挥传输和分配电能的作用[1]。随着城市现代化的不断建设，配电房数量已经达到历史新高，作为新型配电系统的核心环节，对配电房的实时监测，高效管理就显得尤为重要，只有在配电房发生故障或异常时及时预警、报警和调控，才能确保整个电力供应网络的健康稳定运行[2,3]。智能配电房监控系统主要负责对配电房内部设备和工作环境进行测量、保护和配置，通过智能传感器监测技术与现代信息通信技术对配电房系统进行全方位监测与控制、如设备电压、电流、功耗、环境温湿度等的监控，用户以此来实时掌握配电房工作动态，并根据采集数据智能调控高耗电设备，错峰用电，节约能源，也可根据设备运行状态，实时调整配电房设备投切，以实现配电房的安全稳定运行[4,5]。

目前传统配电房存在巡检效率低、误差大、智能化水平不高的问题，早期配电房的运维监测多依赖于人工巡查或定时检查的方式，配电房监控系统均采用本地监测模式，无法实现智能联动和信息高效互通的功能，这就导致用户无法对配电房的实时状态进行监测，也不能针对配电房的突发状况进行及时调控[6, 7]。监控系统独立采集各自信息，系统内信息互通性差，无法做到信息共享，无法实现全局协调控制；信息传输方式低效，未对传输数据进

行有效处理加工，传输的简洁性、可达性较差。随着电力智能化的发展，智能配电房从早前的简单自动化，逐步发展到当前高度数字化、数据共享、高级运维的智能配电房阶段[8]。

本文对智能配电房监控系统进行深入研究，针对配电房监控系统中信息不互通、信息交互效率低的问题，设计基于物联网技术智能接入多种信息采集装置，实时动态获取设备状态、环境参数、电量参数等数据，连接各种调控设备，实现智能配电房的可观、可控和可调；设计适用于智能配电房监控系统的MQTT通信协议，充分利用MQTT通信协议的高效性，实现配电房状态的实时监测，传输数据的高效传输，从而使配电房安全可靠运行[9, 10]。

2. 智能配电房监控系统研究

配电房在电网系统中主要起电能转化和分配作用，将主电源分配到各个用电支路开关上去。智能配电房建设，主要包括完成配电设备的监测运检报告功能、运行环境的监控功能、配电设备全生命周期管理功能、配电设备运行维护功能和综合管理和竞争性业务扩展等功能，智能配电房功能介绍如表1所示。

表1 智能配电房功能介绍。

功能	功能介绍
监测运检报告功能	通过对配电房中的变压器、电力电子器件、各种电压等级配电柜以及导线的温度、局放等装置信息的采集，并依据预设报警和调控策略，根据获取的数据实时调控配电房工作状态，并对采集信息、调控过程进行记录生成监测运检报告。
运行环境的监控功能	通过探测环境中不同的物质，例如温/湿度，气体浓度，含氧量，烟雾粉尘以及电压、电流、功率等并对此进行信息的监控和分析，并结合现场设备实际情况实行预警联动，对配电房环境进行实时监测，通过对其全局信息数据的处理分析，实现各设备数据相互通信，实现统一调度。
配电设备生命周期管理功能	现在配电房设备的状态信息尤为重要，它是资产管理的重要信息之一。为采集电力设备台账、试验、缺陷等一系列生命周期信息，本设计采用物联网技术扫描了配电房设备RFID/二维码等信息标识来实现对运行设备台账的在线信息的获取，这些信息与资产管理信息进行有限的整合，以此确保设备管理档案的完整性，不仅能够智能化动态实时跟踪和集中监控管理设备的资产规划、建设、运行维护等过程，同时实现了设备生命周期的自动化与智能化管理。
配电设备运行维护功能	利用配电网地址信息、安防影像信息、维修信息、报警信息等发现配电房设备故障状态，实时故障分析判断、准确定位、智能预测故障影响范围，并根据设备状态评价结果、综合数据分析以及运维矩阵，确定设备年度运维等级及其运维策略的过程，合理调度抢修资源，高效指挥抢修工作开展，实现综合数据的智能分析、抢修高效管理、智能运维策略管理等智能运维管理。
综合管理和竞争性业务扩展	智能配电房作为动力中心不能仅限于电力供应，还应当具有数据中心和传输中心的作用，必须预留接口用于数据录入和智能小区安全工况监控、分布式电源、充电桩等，使得智能配电房满足未来物联网、智慧社区等信息化管理水平和竞争性相关业务拓展需求。

配电房状态运检内容，整体上可归纳为电气设备和环境监测两大类，如图1所示，具体表现为：1、干式变压器、开关刀闸、电缆及接头、互感器表等主要电气设备的运检；2、配电房视频监控系统、门禁系统、水浸状况、烟雾探测、环境温湿度、空调监测等配电房环境监测。

由于配电房电气设备和环境监测的运检对象繁多而且运检手段也不相同，涉及红外测温、局放测试、远程

高清视频、特种照明、AR成像等多种运检技术，不同的监测装置通信协议不兼容，难以做到互联互通、即插即用。MQTT协议是轻量级的网络协议，适用于低带宽、不可靠的网络下提供基于云平台的远程设备的数据传输和监控[11,12]。可以在严重受限的设备硬件和高延迟及宽带有限的网络上实现，本文将高效的MQTT通信协议应用到智能配电房监控系统中，契合该协议的优势，发挥其最大效益。

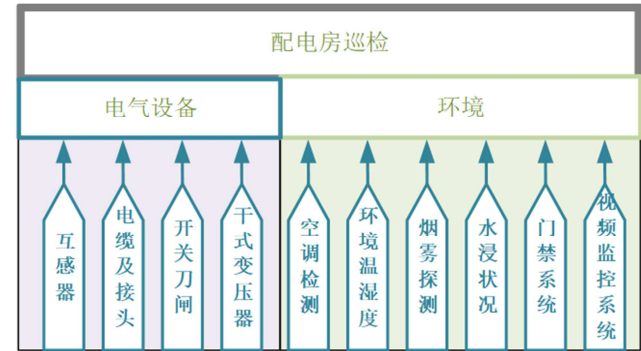


图1 智能配电房巡检内容。

3. 基于MQTT协议的智能配电房监控系统设计与实现

配电房作为电能分配枢纽，主要为低压用户配送电能，设有中压进线（可有少量出线）、配电变压器和低压配电装置。由进线柜、PT柜、计量柜、出线柜、联络柜、隔离柜组成，起到保护、计量、分配电能的作用。传统配电房监控设备多采用性能较低的嵌入式设备，不适合复杂的通信模式和大规模的软件需求[13,14]。

MQTT协议具有轻量级、成本低的优势，MQTT可以用很少的代码和有限的带宽连接远程设备，为连接远程设备提供实时可靠的信息服务，非常适用于配电房监控系统[15]。MQTT作为一种低开销、低带宽的即时通讯协议，可满足各类传感器数据接入，提供多协议内容的自适应转换，基于MQTT协议的智能配电房监控系统实时获取设备状态监测、环境安全监测、电量监测等数据，实现站区智能全面感知。实时监测设备关键点状态变化，提供过热、三相温度不平衡预警和报警功能，实现低压柜电气参数在线监测，实时电路监测负载条件，实现配电室环境综合参数（实时获取温度、湿度、SF6气体、噪声、浸水等）。

3.1. 基于MQTT协议的智能配电房监控系统设计

智能配电室监控系统具有环境、安全、电气设备状态等信息的监控功能。系统分析各种监控和报警数据。实时反映现场运行情况，通过联动控制保证配电规律的安全运行，防止因环境变化而引起的擅自活动。设备状态变化等引起的事故，符合配电室远程操作维护的规定[9]。

基于MQTT协议下的配电房网络监控系统结构如图2所示，若干配电房与电网相连接进行配电，而每个配电房所产生的数据与信息都会进行收集汇总。如环境监测设备的温度传感器、安防系统的监控摄像头、电气设备状态参数的电压、电流等；配电房本地数据信息汇集多数采用RS485总线等简便有线通信方式，由于物理通信连接方便、数据传输结构简单，在当前配电房中得到了广泛应用[16]。传统配电房监控系统为了兼容当前智能配电房多采用RS485等简单有线通信方式+101协议，而对于摄像头等数据量大的信息采集设备，多采

用速率快、带宽大的以太网通信方式，实现海量图像数据的汇总。

汇集的数据过程一般通过本地RS485有线通信方式+101协议传输到物联网控制器，物联网控制器再加以利用通过MQTT协议的高效简洁性+GPRS（通用分组无线业务）/4G/5G等通信网络，传输至配电房监控系统中以达到管控设备状态、采集配电房工作信息、实时监控的目的。

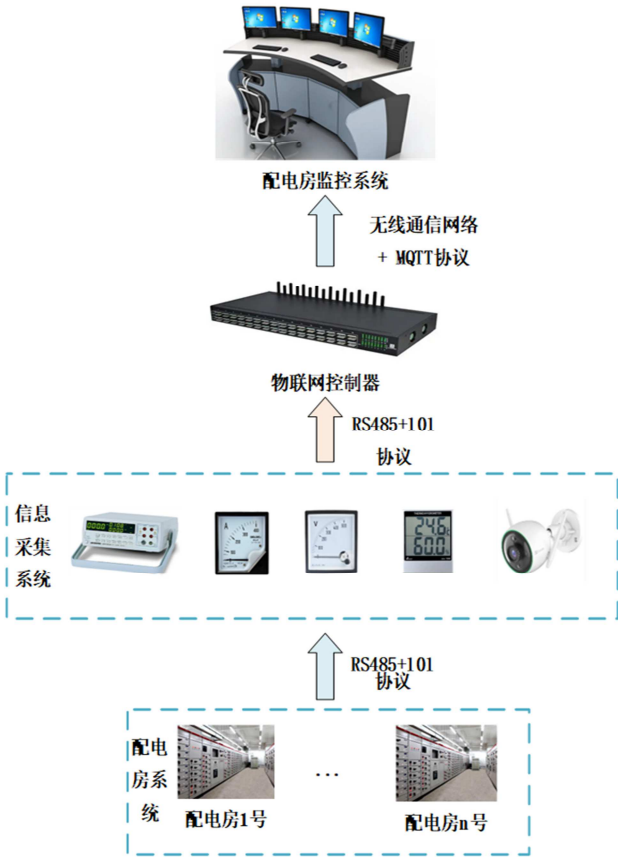


图2 配电房监控系统结构图。

3.2. 基于MQTT协议的智能配电房监控系统实现

RS485是一种定义串行通信系统中使用的串行线路电气特性的标准。它本质上是一种串行通信形式串行通信是一种发送数据的方式。它就像我们可以在许多现代计算机中找到的通用串行总线(USB)或以太网。设备设施使用串行通信将他们的设备连接在一起。

IEC 60870-5-101 [IEC101]是电力系统监控、控制和相关通信的标准，用于电力系统的遥控、远距离保护和相关电信。这完全兼容IEC 60870-5-1到IEC 60870-5-5标准，并在DTE和DCE之间使用标准异步串行遥控通道接口。该标准适用于点对点、星形、多点等多种配置。它支持不平衡（仅主启动消息）和平衡（可以是主/从启动）数据传输模式；能提供链路地址和ASDU（应用服务数据单元）地址，用于对终端站和同一网段下的不同网段进行分类；能数据被分类为不同的信息对象，每个信息对象都有一个特定的地址。

MQTT是基于TCP/IP的可靠消息传输的应用层协议。MQTT协议是一组基于发布/订阅模型的多对多协议。成员分为三类：发布者、经纪人和订阅者。发布者发布信息，订阅者订阅他们关心的信息，经纪人连接以接收发布的信

息并将其转发给订阅者。MQTT协议数据交互是通过主题发布/订阅实现的。图3是使用MQTT协议进行实际信息交互的示意图。

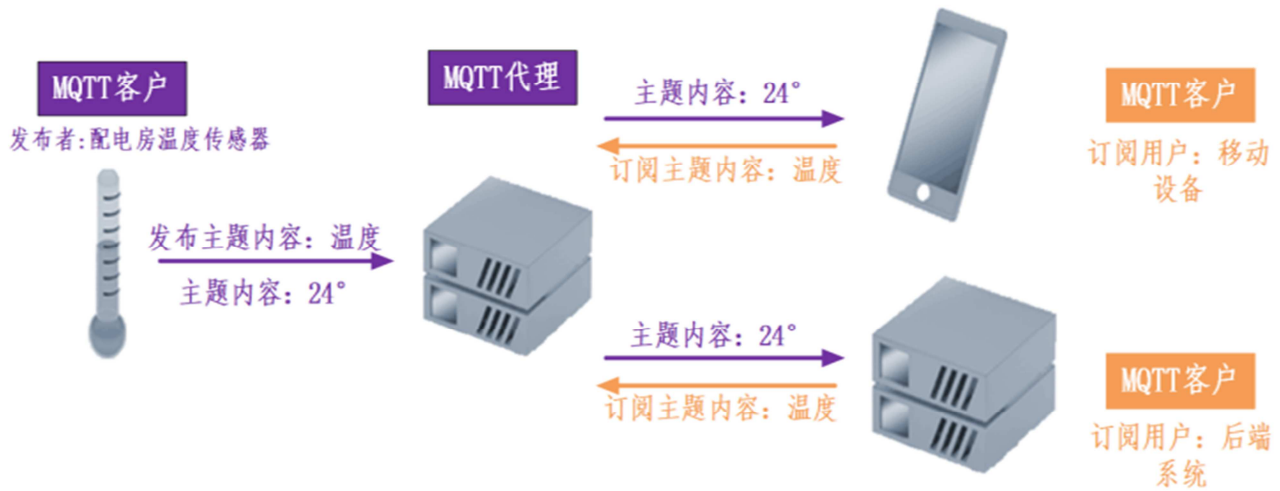


图3 MQTT协议案例信息交互示意图。

在配电房监控系统中，本文为解决配电房站存在的信息“孤岛”问题，加强其与智能电网的信息交互和协同调度，设计考虑现有配电房控制器很多采用RS485方式，在配电房站上增设配电房智能信息汇集器，不仅可以实现配电房控制器所传送的信息汇总和上传到远端的云平台，还可以接入配电房微网控制器、智能并网开关等其他电力智能电子设备的信息。

设计基于MQTT协议的智能配电房监控系统，系统通过RS485或以太网与配电房信息采集系统进行连接，通过101协议进行信息交互，实现配电房的智能监测；配电房智能信息汇集器通过101协议汇总站内所有配电房的信息后，再由网关来通过4G网络将信息数据传入远端的配电房监控云平台，可以实现配电房运行状态的远端监测甚至操作控制，有助于减少偏僻配电房的值守人员数量甚至实现配电房的无人值守，协议转换过程如图4所示。

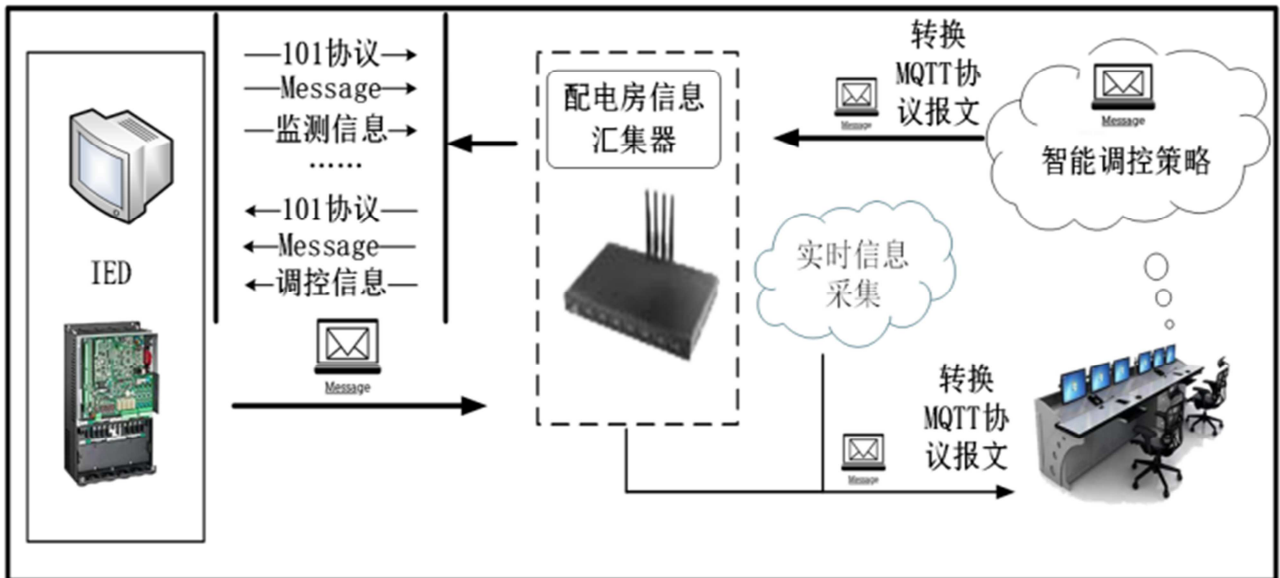


图4 协议转换示意图。

4. 智能配电房监控系统应用示范

本文所述的配电房监控系统已应用于韶关配电房站中，配电房智能网关通过MQTT协议将数据传输至远端的调度中心，如图5所示。

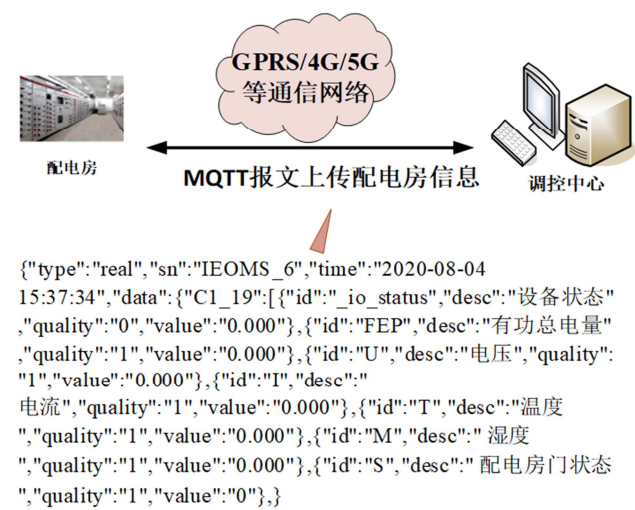


图5 配电房监控系统报文传输图。

其中，MQTT协议传输的部分配电房总电量、有功、无功、电流大小和电压大小等运行状态的内容如下所述：

```
{
  "type": "real",
  "sn": "IEOMS_6",
  "time": "2020-08-04 15:37:34",
  "data": {
    "C1_19": [
      {
        "id": "_io_status",
        "desc": "设备状态",
        "quality": "0",
        "value": "0.000"
      },
      {
        "id": "FEP",
        "desc": "有功总电量",
        "quality": "1",
        "value": "0.000"
      },
      {
        "id": "U",
        "desc": "电压",
        "quality": "1",
        "value": "0.000"
      },
      {
        "id": "I",
        "desc": "电流",
        "quality": "1",
        "value": "0.000"
      },
      {
        "id": "T",
        "desc": "温度",
        "quality": "1",
        "value": "0.000"
      },
      {
        "id": "M",
        "desc": "湿度",
        "quality": "1",
        "value": "0.000"
      },
      {
        "id": "S",
        "desc": "配电房门状态",
        "quality": "1",
        "value": "0"
      }
    ]
  }
}
```

5. 总结

伴随着我国智能电网的不断发展，配电房监控系统自然而然需要往自动化、数字化、智能化方向发展。本文基于MQTT协议的配电房监控系统，也是顺应发展趋势并更新与加强配电房在电网中的信息交互，缓解甚至避免海量配电房的信息“孤岛”问题，为较好整合电力资源、推动能源发展、提高配电房监控水平提供新的方式与技术。本文创新性提出将电力物联网技术与MQTT通信协议相结合，实现了对配电房内部设备与环境实时监测与智能调控，最终基于MQTT的智能配电房监控系统成功应用与韶关配电房，应用效果良好，可以有效实现对配电房监测与调控。

参考文献

[1] 高小容.物联网传感技术在智能配电房中的应用探索[J].长江信息通信, 2021, 34 (08): 69-71。

[2] 刘建川,林晓新.浅析配电房的智能化系统[J].佛山陶瓷, 2022, 32 (02): 48-50+53。

[3] 吴观龙.基于智能配电房的建设方案研究[J].科技创新与应用, 2019 (26): 121-122。

[4] Liu Lei, Chen Lezhu, Xu Sheng,Xu Yongjia, Shi Chenjun. Design and implementation of intelligent monitoring terminal for distribution room based on edge computing [J]. Energy Reports, 2021, 7 (S7).

[5] Ma Wenjie, Wang Yanru,Guo Wenjing, Bao La, She Rui. Construction of IoT management system for intelligent monitoring of distribution room [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1948 (1).

[6] Shuifeng Wu, Wu Shuifeng, Mao Wenqi, Li Gang, Gan Shengliang, Liu Yun,Yan Ying. IoT based cloud monitoring system for high-voltage power distribution room in the electric substation [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1684 (1).

[7] 吴思昊.配电房运行环境综合监测评估方法研究[D].厦门理工学院, 2020。

[8] 黎计仲,温桂龙,林华宇,朱培金.面向中低压配电房的智能云运维系统的研究与实现[J].现代建筑电气, 2021, 12 (09): 31-35。

[9] 马帅帅,吴桂初,梁步猛,郑佳伟,王京京,周星雨.基于MQTT协议的电能监控系统设计及其应用[J].现代建筑电气, 2022, 13 (02): 9-14。

[10] 李志锋,王智东,王金阳,张紫凡,吴灿,温永森,罗艺华.基于MQTT的小水电监控系统[J].环境技术, 2022, 40 (01): 163-166。

[11] 侯万万.基于MQTT的边缘智能计算动态感知调度策略的研究[D].北京工业大学, 2020。

[12] Liu Qing, Hou Jixin,Yan Yu,Wang Xiaochao,Liu Xiaohu. Research on Cloud-edge Interaction Technology of Power Internet of Things Based on MQTT Protocol [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2022, 2166 (1).

[13] Hue Axelle, Sharma Gaurav, Dricot JeanMichel. Privacy-Enhanced MQTT Protocol for Massive IoT [J]. Electronics, 2021, 11 (1).

[14] 宋光华.智能配电房监控系统的技术研究[J].通信电源技术, 2018, 35 (02): 82-84。

[15] 周长鹏,王智东,李志锋,冯瑞珏,杨树丰,曾献煜.基于心跳机制的电动汽车充电CAN报文研究[J].环境技术, 2021, 39 (03): 181-185。

[16] Sundarrajan M,Narayanan A E,Srithar V. Securing the MQTT Protocol using Enhanced Cryptographic techniques in IoT Surroundings [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1767 (1).