

摘要：高压变电站中产生的电磁场会对控制系统产生较大干扰，容易使电力系统控制器跑飞或者卡死，同时电力控制系统的温度、湿度、光照等外界因素也会对系统运行的稳定性产生很大影响，为解决这些问题，设计了一种基于 STM32 的具有检测并控制温湿度的物联网远程控制系统，能够监测各个工作站点工作情况，根据用户需求远程控制变电站内温湿度。

关键词：变电站；物联网；单片机；温湿度检测

中图分类号：TP212.9

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2020)11-0026-06

收稿日期：2020-09-23

# 基于物联网的变电站温湿度检测及控制系统研究

段震<sup>1</sup> 高国伟<sup>2,3</sup> 毛浩龙<sup>1</sup> 张开宇<sup>2,3</sup>

1. 北京信息科技大学，北京 100192；

2. 北京信息科技大学传感器北京市重点实验室，北京 100101；

3. 北京信息科技大学现代测控技术教育部重点实验室，北京 100192

## 一、引言

物联网被称为继计算机、互联网之后，世界信息产业的第三次浪潮。目前多个国家都在花巨资进行深入研究。物联网是由多项信息技术融合而成的新型技术体系，实现了任何物体、任何人在任何时间、任何地点使用任何路径、网络以及任何设备的连通，以互联网为平台，将传感器节点、射频标签等具有感知功能的信息网络整合起来，实现人类社会与物理系统的互联互通。将这种新一代的信息技术充分运用在各行各业之中，可以实现以更加精细的动态的方式管理生产和生活，提高资源利用率和生产力水平，改善人与自然间的关系<sup>[1]</sup>。基于变电站温湿度检测及控制的物联网温湿度控制系统是连接用户和终端传感器的平台，提供数据采集、实时监控、连接互动等功能<sup>[2]</sup>，保证了电网运行的可靠性以及综合效率的有效提升。

传统的变电站温湿度都是采用人工的方式来调节控制的，技术控制人员通过读取变电站内的温湿度计来获取现场的温湿度，然后再与标准指

标参数对比，用人为调整温湿度的方式控制电加热等。

由于人工控制温湿度一般都是根据以往的经验来操作，具有较大的随意性，对变电站温湿度控制系统造成的影响已经超越了设备正常运行所需要的具体指标参数。除此之外，还有自适应模糊 PID 控制方式来调节控制，可为变电站管理提供更精准温湿度环境保障，但由于没有考虑实验室的种类特点，导致控制误差较高<sup>[3]</sup>。本系统采用物联网技术实时获取变电站内温湿度信息并根据需求控制温湿度信息，具有实时性及准确性。

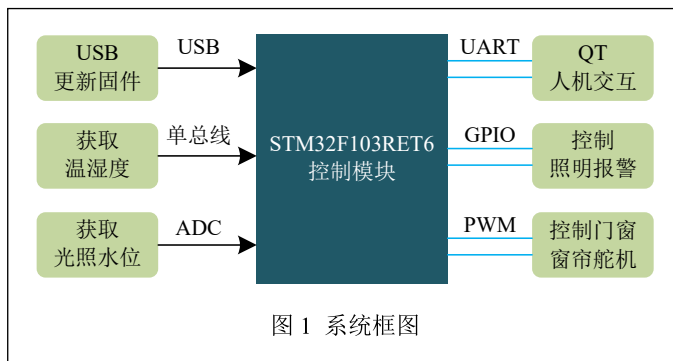


图 1 系统框图

## 二、系统总体设计

智能物联网温湿度控制系统采用远距离有线传输系统，使用 UART 协议，所以不受外部电磁辐射的限制，同时避免高压电产生的电磁辐射对人体生理健康的影响。

温湿度传感器采用 DHT11，该传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件，并与一个高性能 8 位单片机相连接。NTC 是热敏电阻，其电阻值对温度变化敏感，在不同的温度下可以呈现不同的电阻值。

光照传感器采用 TEAM6000，该传感器由一个高灵敏可见光光敏（NPN 型）三极管构成。其光照强度和基极的电流成正比，可以简单的连接该传感器的基极到模拟电压输入，通过检测电压值就可以判断当前的光照强度。可以将捕获的微小光线变化并放大 100 倍左右，轻松的被微控制器识别，并进行 AD 转换。

本系统主要采用了串口通信、USB 更新固件、多传感器实时监

控模块，如图 1 所示。

系统主要以 STM32 为控制核心，通过单总线协议读取温湿度信息，通过 ADC 采集雨雪、光照等环境信息，通过 GPIO 和 PWM 控制蜂鸣器、执行步进电机、伺服电机等设备，最后经过 STM32 处理传感器信息，将所有信息通过 USB 和 UART 有线接口连接至终端控制室，与控制室的上位机计算机图形用户界面相对接，并通过 UART 协议交互。用 Qt 编译计算机图形用户界面来显示温湿度以及光照、雨雪信息，同时设置照明、报警、控制除湿机及步进电机按钮，方便传达命令，实现温湿度及光照、雨雪的实时更新及控制。

## 三、硬件设计

控制模块使用的是 STM32F103RET6，高性能的

ARM Cortex-M3，其为 32 位的精简指令集计算机（Reduced Instruction Set Computing, RISC）内核<sup>[2]</sup>，不仅成本低、功耗低，而且具有高性能，可任意裁剪的优势。使用 Qt 编译的计算机图形用户界面<sup>[4]</sup>显示系统信息并作为系统控制的上位机，测试结果表明，所设计的系统具有相当的可行性。

### 1、系统电路概述

系统总体电路设计如图 2 所示，电路大概分为电源模块电路、单片机最小系统电路、USB 转串口电路、传感器电路。其中各个电路实现其相应的功能。系统通过 12V 开关电源供电，电源模块为系统和单片机提供 5V 和 3.3V

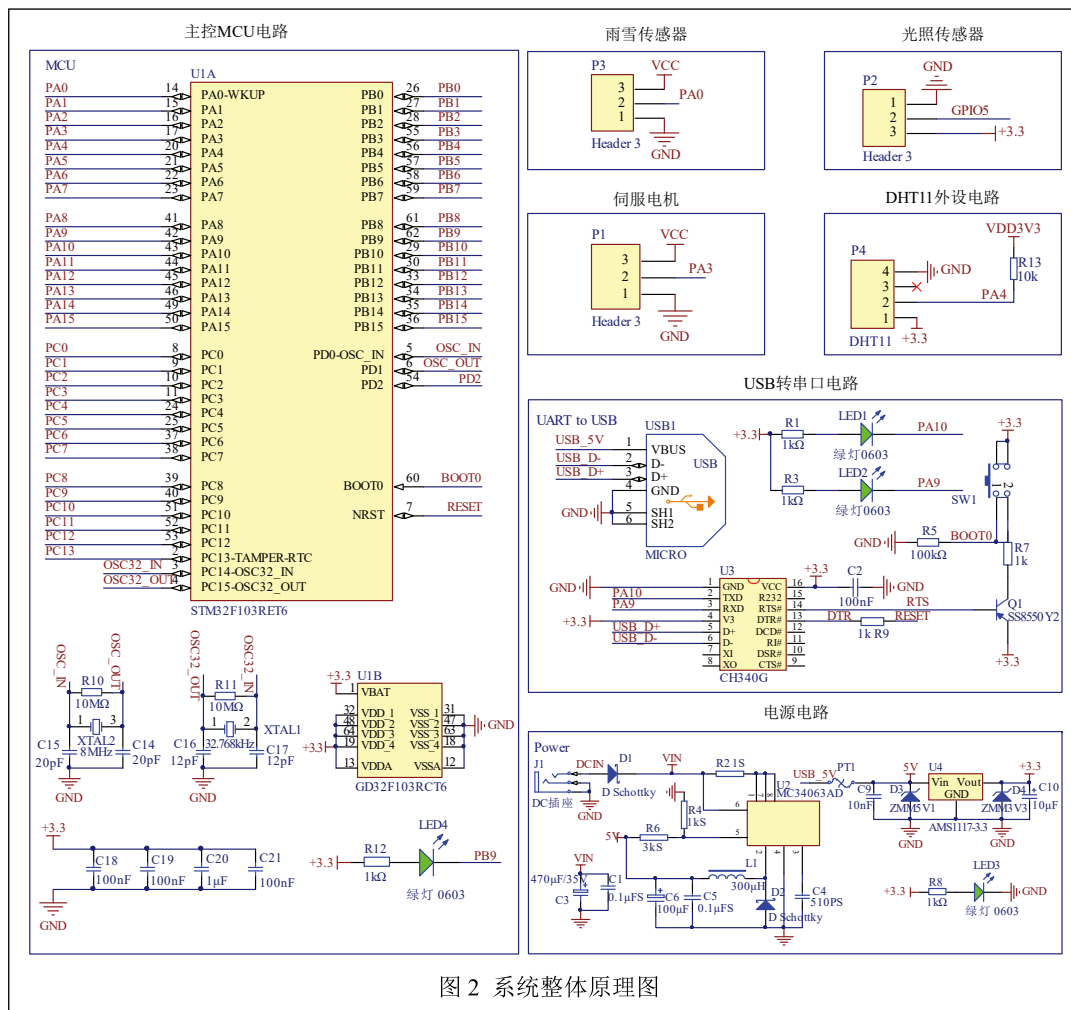


图 2 系统整体原理图

电压，USB转串口电路通过USB接口即可给单片机串口烧录程序，通过CH340G的DTR实现一键下载电路，改进了STM32单片机传统复位电路。然后主控MCU通过串口TTL接入Qt上位机，实现系统通信构建和控制。外设使用DHT11采集室外的温湿度信息，通过ADC采集光照和雨雪传感器信息。

## 2、电源模块

电源模块设计如图3所示，系统使用12V开关电源供电，适用于稳定工控的长时间供电场景。电源电路设计使用工业级MC34063降压电路将系统电压降低至5V，为外接传感器等设备供电，然后使用LDO AMS1117-3.3稳压至3.3V，为控制系统和单片机提供直流电源。输出电压可调，输出电流可达500mA，完全满足系统需求。该系统电源鲁棒性强，性能稳定可靠。

## 3、USB转串口电路

使用CH340C芯片可以完成USB转串口的功能电路。如图4所示，该电路可以使用常用Micro-USB接口对板子进行串口调试或烧录程序。另外使用CH340C的RTS和DTR引脚连接到STM32的RST和BOOT0引脚上，使得下载程序之前自动将STM32BOOT0拉高并复位进入下载模式，从而实现一键下载电路。

## 四、系统的软件设计

软件开发采用流行的开源软件Keil MDK作为Windows端开发IDE，支持C/C++编程，有许多开源的功能包以类的形式继承，使其拥有很多强大的功能。另外，Keil支持多种型号的板卡，如STC51系列，STM32系列的各种控制器，对CMSIS标准的控制器有广泛的支持。

上位机的计算机图形用户界面主要使用Qt框架。Qt具有优良的跨平台特性，支持Microsoft Windows 95/98、Microsoft Windows NT、Linux等等。Qt的良好封装机制使得Qt的模块化程度非常高，可重用性较好，对于用户开发来说非常方便。Qt提供了一种称为signals/slots的安全类型来替代callback，这使得各个控件之间的协同工作变得十分简单，能够实现更加复杂的应用程序逻辑处理。

系统下位机流程图如图5所示。系统上电后，温湿度采集节点主控STM32先对各个传感器所需的外设进行初始化，然后进入主循环。主循环中判断定时器是否溢出，若未溢出，STM32进入低功耗模式进行睡眠等待；如果定时器

溢出，STM32通过ADC读取电压，通过单总线读取温湿度，通过ADC读取光照、雨雪等传感器信息，然

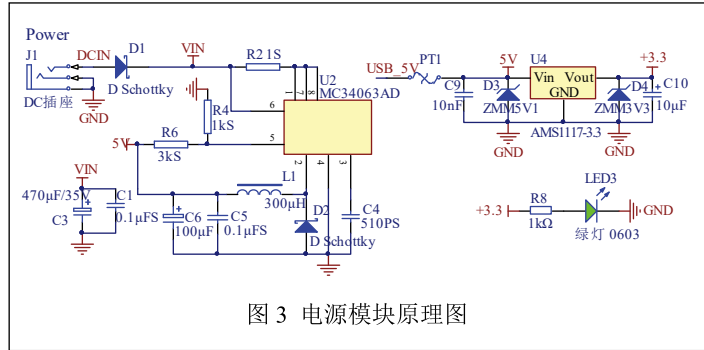


图3 电源模块原理图

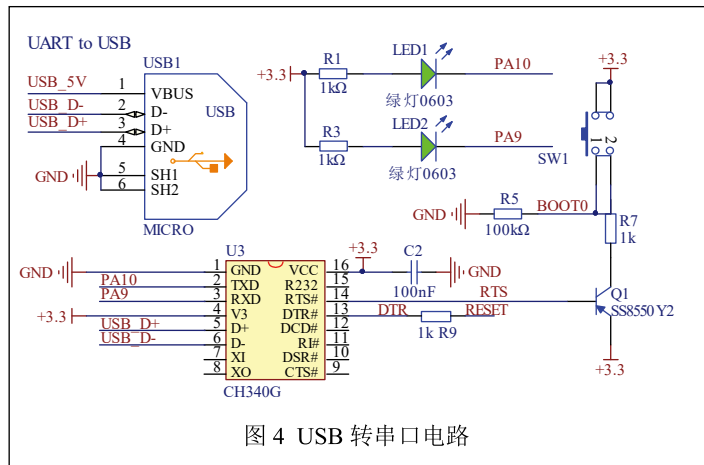


图4 USB转串口电路

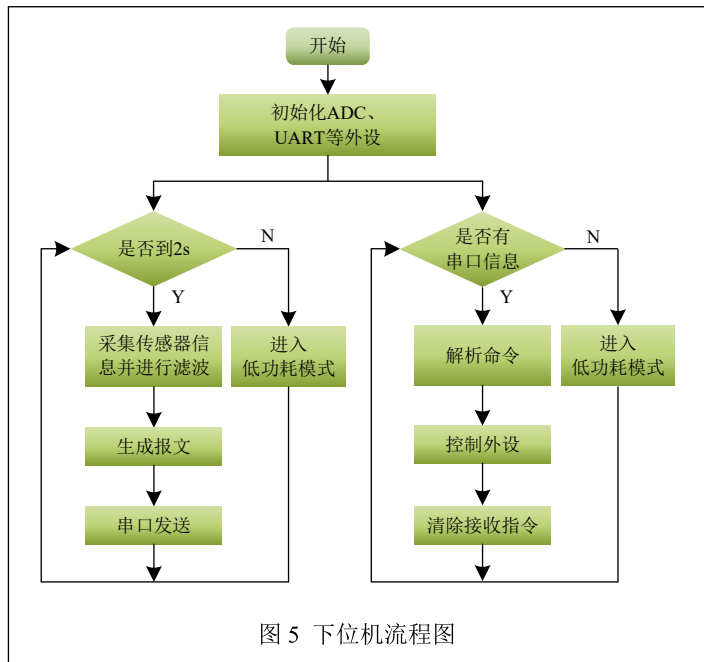
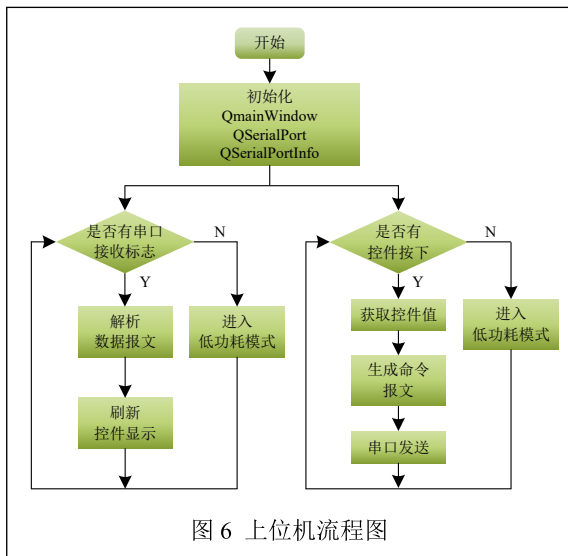


图5 下位机流程图



后通过滤波算法精确各个采样值。将本机温湿度、光照、雨雪等信息打包通过 USB 模块发送给上位机，随后重置定时器。同时，STM32 判断上位机是否发送指令，接收到指令后解析命令并发送控制信息控制舵机开启除湿机，光照报警以及窗户窗帘的开关，未接收到则进入低功耗模式进行睡眠等待。

系统上位机流程图如图 6 所示。系统上电后进行软件初始化，刷新串口，接收串口信息，判断是否有串口接收标志。“是”则解析数据报文并刷新计算机图形用户界面数据显示，以此进行循环实时更新上位机的温湿度及光照、雨雪信息；“否”则进入低功耗模式，同时判断计算机图形用户界面是否有控件按下，获取到控件值以后生成命令报文，通过串口发送到下位机，下位机接收报文以后，通过 PWM 控制舵机开

关除湿机、开关灯报警及窗户窗帘的开关，未获取到控件信息则进入低功耗模式。运行结果如图 7 所示。

运行结果：

系统上电后，主控芯片开始初始化，各指示灯亮并正常工作，计算机图形用户界面显示，如图 8 所示，点击打开按钮，上位机显示下位机串口传输信息，计算机图形用户界面显示温湿度、光照、雨雪传感器信息。如图 9 显示，用户界面每两秒刷新一次，刷新数

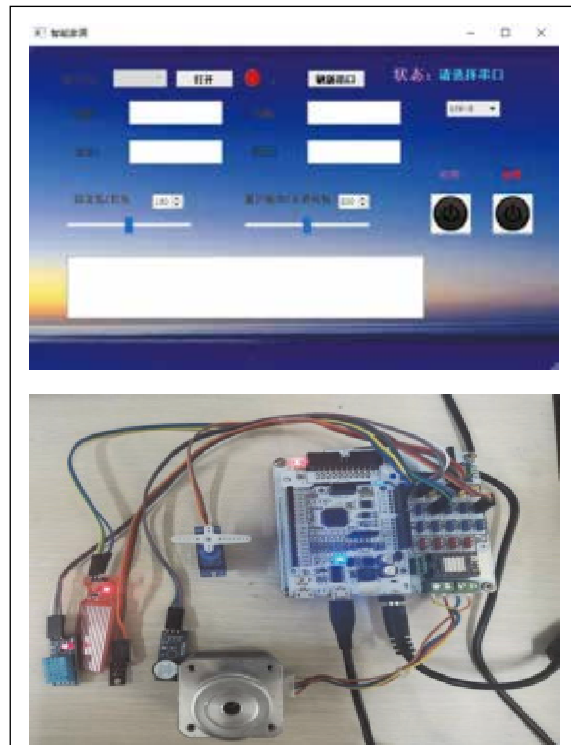




图 10 发送指令

据如数据窗口所示：ms26.0833.000179180500000。26.08 为温度传感器信息；33.00 为湿度传感器信息；0179 为光照传感器信息；180 为除湿机舵机参数；500 为窗户窗帘舵机参数；000 为雨雪传感器、报警器、照明信息。通过计算机图形用户界面按键来控制照明、报警、舵机开启等操作，刷新数据如图 10 数据窗口所示：sendcd29059011。290 为除湿机舵机参数；590 为窗户窗帘步进电机参数；11 为照明报警参数。

表 1 结果是在实验室进行的模拟测试，通过连续 24 小时和 30 次的按键测试，每两小时作为时间间隔测量的温湿度信息。从数据中看出，传感器测量数据跟实际温湿度基本相同，误差范围小，系统正常运行，没有出现错误，可以判断此系统稳定可靠。

### 五、系统特点

智能物联网温湿度控制系统具有以下特点：

1、STM32F103C8T6 是意法半导体推出的以 Cortex-M3 为内核的中性能单片机，首款基于 ARMv7-M 体系结构的 32 位标准 RISC 处理器<sup>[5]</sup>，具有极高的性能。作为嵌入式 ARM 处理器，它为实现 MCU 的需要提供了低成本的平台、缩减的引脚数目、降低的系统功耗，大批量生产可降低生产成本。

2、系统电源为有线电源供电和 12V 锂电池电源供电方式。有线电源可以提供稳定

的电源供电，同时配备一块 12V 的锂电池作为备用电池，可在有线电源断电情况下提供稳定电源，保证系统的正常运行，大大提高了系统的可持续输出性。

3、系统使用远距离有线传输方式进行数据传输，可以有效减少电磁干扰对电力系统控制器的跑飞或者卡死，同时，远距离传输方式也避免电磁辐射对人体生理健康产生的影响。

4、系统可以将各处数据采集节点采集的温湿度、光照、雨雪等相关信息进行采集、融合、滤波等处理，使用 USB 设备将多个变电站之间数据采集节点的数据传输到一个上位机进行观测。

5、各个采集节点通过 USB 和 UART 有线传输设备形成局域有线网，将附近各个位置的数据信息汇聚。所有信息通过 USB 和 UART 转发至上位机，实现系统自动化统计各变电站数据信息并进行实时监测，提供预警功能。

6、系统设置照明、报警，舵机控制除湿机、窗户、窗帘开关功能。系统可以使操作者根据数据采集节点上传到上位机的数据对各变电站进行温湿度控制，通过上位机可下达照明、报警功能，同时通过舵机控制除湿机、窗户、窗帘的开关功能，实时控制变电站内温湿度，大大减少劳动力，提高经济效益。

7、软件开发采用流行的开源软件 KEIL MDK 作为 Windows 端开发 IDE。支持多种型号的板卡，如 STC51、STM32 系列的各种控制器<sup>[6]</sup>。编程简单，通用性强，在提高数据处理能力的同时也提高了实用性。

8、通过 Qt 编译计算机图形用户界面，实时显示各数据信息，并配有控制按钮，界面简洁明了，操作简单，实现方便的远程控制与信息查看。操作者通过计算机图形用户界面与 STM32F103 单片机主控电

表 1 温湿度模拟测试结果

温湿度模拟测试结果（温度 / 湿度）								
时间	传感器数据	实际数据	时间	传感器数据	实际数据	时间	传感器数据	实际数据
0	22.10/35.00	22.18/35.10	8	23.10/33.00	23.21/33.20	16	25.9/31.00	25.79/31.50
2	22.13/34.00	22.43/33.80	10	25.61/32.00	25.65/32.50	18	24.4/32.00	24.75/32.80
4	22.62/32.00	22.52/32.30	12	27.71/30.00	27.41/30.70	20	23.5/34.00	23.26/34.30
6	20.02/36.00	19.97/36.20	14	27.4/29.00	27.46/29.40	22	22.6/35.00	22.36/35.20

路通信, 将操作者所进行的控制指令由计算机输入 STM32F103 单片机接口控制电路, 再由 STM32F103 单片机接口控制电路控制器的输出。

## 六、结束语

设计的基于物联网的变电站温湿度检测及控制系统具有很高的使用价值, 集温湿度显示、光照雨雪显示和智能控制温湿度于一体, 大大提高了工程安全。整个系统设计简单、方便、稳定性高。系统使用了廉价的控制结构, 实时控制变电站内温湿度, 大大减少劳动力, 提高经济效益, 具有较大的市场应用前景。

## 参考文献

- [1] 刘强, 崔莉, 陈海明. 物联网关键技术与应用 [J]. 计算机科学, 2010, 32(6): 1-4+10.
- [2] 华国环, 张文锋, 邱立争. 基于 STM32F103 的涂镀层测厚仪 [J]. 仪表技术与传感器, 2020, (08): 40-43.
- [3] 骆方舟. 黑龙江工业学院学报 (综合版). 2020 年 08 期第 68-73 页
- [4] 苏建国, 唐家萍, 李迅, 李梦群. 基于物联网的 500kV 地下变电站温湿度检测系统研究 [J]. 电力与能源, 2020, 41(4): 395-397.
- [5] 王秋静, 张大威, 吕文伟, 安钢. 基于 STM32F103 单片机的电刺激器系统研制 [J]. 中国医学装备, 2020, 17(08): 5-8.
- [6] 严建平. 基于 STM32F103 的多通道光测试系统的设计 [J]. 广东通信技术, 2020, 40(09): 70-74.

## Temperature and Humidity Detection and Control System of Substation Based on the Internet of Things

DUAN Zhen<sup>1</sup>, GAO Guo-wei<sup>2,3</sup>, MAO Hao-long<sup>1</sup>, ZHANG Kai-yu<sup>2,3</sup>

(1. Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China; 2. Beijing Sensor Key Laboratory, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100101, China; 3. Key Laboratory of Modern Measurement & Control Technology, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China)

**Abstract:** The electromagnetic interference in high-voltage substation will produce large interference on the control system, which is easy to make the power system controller run away or get stuck. At the same time, external factors of the power control system such as temperature, humidity, illumination will also have a great impact on the stability of the system operation. To solve these problems, a remote control system is designed. This system which is based on STM32 can detect and control the temperature and humidity. It can monitor the working conditions of each work station and remotely control the substation temperature and humidity according to the needs of users.

**Key words:** Substation; The Internet of things; MCU; Temperature and humidity detection

## 作者简介

段震: 北京信息科技大学, 硕士研究生, 研究方向为智能检测技术。

通信地址: 北京市海淀区清河小营东路 12 号

邮编: 100192

邮箱: duanztry@163.com

高国伟: 北京信息科技大学传感器北京市重点实验室, 主任, 研究员, 博士, 研究方向为新型传感器及系统。

毛浩龙: 北京信息科技大学, 硕士研究生, 研究方向为智能仪表与自动化装置。

张开宇: 北京信息科技大学传感器北京市重点实验室, 硕士研究生, 研究方向为智能检测技术。