

# Design of Integrated Automatic Condensation Control System for High Voltage Cabinet

Tingting Liu Tian Zhang Xiaoqi Guo Chengxiang Sheng Tianze Li Lanmei Cong

Linyi University, Linyi, Shandong, 276000, China

## Abstract

The design of the integrated automatic condensation control system for the high-voltage cabinet is divided into four parts: condensation sensor module, intelligent control unit module, time controller module and dehumidification and moisture removal module. According to the operation characteristics of high-voltage switch cabinet in switch room, a new anti condensation system is developed. The hot air displacement method is adopted in the system. At the same time, a slight positive pressure is ensured inside the cabinet, so that the moist air outside the cabinet or in the cable trench can not enter the switch cabinet. In order to reduce the manual control, the new scheme changes the passive anti condensation mode to the active anti condensation mode, and the intelligent control unit is more sensitive, which increases the reliability of anti condensation of switch cabinet. In order to be more intuitive, more rapid and more controllable, a data interface is set on the condensation controller to transmit the temperature inside and outside the cabinet, temperature difference and relative humidity in the cabinet to the computer factory for data recording and real-time monitoring of temperature changes. When condensation occurs, the temperature and humidity can be adjusted automatically by computer. In order to diversify the control methods, sensors are used to switch the environment manually or automatically.

## Keywords

STM32; hot air displacement method; active anti condensation

# 高压柜集成化自动凝露控制系统设计

刘亭亭 张田 郭晓琪 盛程相 李天择 从兰美

临沂大学, 中国·山东 临沂 276000

## 摘要

高压柜集成化自动凝露控制系统设计分成冷凝传感器模块、智能控制单元模块、时间控制器模块和除湿祛潮模块四个部分。根据开关室高压开关柜运行特点, 研究出一套新型防凝露系统, 该系统采用热空气置换法, 同时保证柜体内部存在轻微的正压力, 使柜体外部或电缆沟内的潮湿空气无法进入开关柜内部。为了减少人工控制, 新方案把被动防止凝露方式改变为主动防止凝露, 智能控制单元更为灵敏, 增加了开关柜防凝露的可靠性。为了更加直观化, 反应更迅速更可控, 在凝露控制器上设有数据接口, 将柜内外温度、温差和柜内的相对湿度远传至计算机厂, 进行数据记录, 实时监测温度变化。当要发生凝露时, 通过计算机自动调节温度和湿度。为了使控制方法多样化, 通过传感器一一对应手动或自动进行切换环境。

## 关键词

STM32; 热空气置换法; 主动防凝露

## 1 引言

### 1.1 研究背景

变电站大多设置在郊区, 空气湿度及气候温度变化大, 地面返潮, 开关室空气湿度大。另外, 高压开关柜由钢板拼接而成, 缝隙较多, 且开关柜均为落地式, 底部有高湿度的电缆沟<sup>[1]</sup>。因此, 室内高压开关柜内部空气湿度普遍较高, 当某一时间段供电负荷变小时, 此时在设备或绝缘件表面易形成凝露。传统的加热器尺寸比较大, 不利于在柜内布置, 若布置不当可能造成安全距离不够引起绝缘故障, 同时水汽

很多。线路都是从线路仓的电缆进线进到柜内, 所以传统的开关柜只在线路仓内部放置有加热器, 但是由于柜内并不是绝对的气密, 所以很多水汽扩散到了其他两个仓体, 尤其是母线仓, 出现了凝露现象<sup>[2]</sup>。

### 1.2 研究意义

作为当前变电站当中最常使用的电气设备之一, 高压开关柜的运行情况直接影响着变电站各项工作的顺利开展。而由于受到环境温度、湿度等影响, 高压开关柜在运行过程中往往容易受凝露的困扰, 进而对其安全运行造成了极为不利

的影响<sup>[3]</sup>。凝露现象严重影响着 10kV 电缆分支箱的安全运行。因此高压柜自动集成化凝露控制系统的研究极为重要。

### 1.3 研究现状

目前, 10kV 开关柜广泛采用全封闭型中置柜, 因其结构紧凑、操作方便等优点, 在变电站 35kV 及以下设备中被广泛应用。而高压开关柜遇潮湿季节, 在封闭式开关柜内由于水汽的存在会造成凝露现象<sup>[4]</sup>。近年来, 开关柜因凝露导致的绝缘故障频发, 轻则发生异响, 重则导致开关室内开关柜全部烧毁等恶性事故, 影响供电可靠性, 造成严重的经济损失。总体来看, 可以总结为以下两点问题。

(1) 目前大多厂家控制电路采用与非门电路来实现, 因控制电路是该控制器的关键, 影响整个控制器的性能。

(2) 驱动回路采用双向可控硅控制, 功耗高。目前驱动电路有用继电器、固态继电器, 继电器体积大, 功耗高、触电易损坏, 而固态继电器价格很高。

## 2 总体方案设计与硬件选型

上文对高压开关柜的总体设计构架进行了阐述, 下面的内容是将上文简述的方案进行具体的落实设计。

### 2.1 总体方案设计

通过电源装置、时间控制器与智能控制单元连接, 智能控制单元通过凝露控制器与凝露传感器连接, 智能控制单元接受信号控制除湿驱潮装置, 总体如图 1 所示。

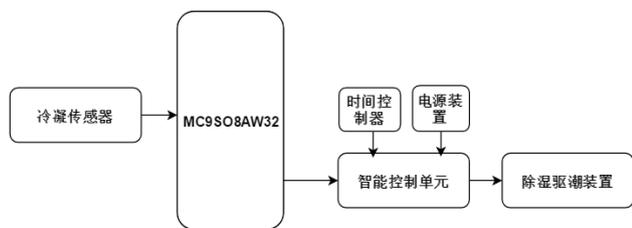


图 1 系统总体设计框图

### 2.2 硬件选型

#### 2.2.1 主控制器的选择

使用型号为 STM32f103VGT6 的单片机作为主控制器, 3 个 12 位的 s 级的 A/D 转换器(16 通道)其测量范围: 0~3.6V, 具有双采样和保持能力, 在片上集成一个温度传感器。关于时钟和启动, 在启动的时候还是要进行系统时钟选择, 但复位的时候内部 8MHz 的晶振被选用作 CPU 时钟。可以选择

一个外部的 4~16MHz 的时钟, 并且会被监视来判断是否成功。电源供电 VDD, 电压范围为 2.0V~3.6V, 外部电源通过 VDD 引脚提供, 用于 I/O 和内部调压器<sup>[5]</sup>。集成嵌入式 Flash 和 SRAM 存储器的 Cortex-M3 内核, 和 8/16 位设备相比, ARM Cortex-M3 32 位 RISC 处理器提供了更高的代码效率, 且支持 3 种低功耗模式, 从而在低功耗, 短启动时间和可用唤醒源之间达到一个最好的平衡点<sup>[6]</sup>。

#### 2.2.2 温湿度传感器的选择

一个电阻式感湿元件和一个 PCT 测温元件, 电阻式湿度传感器应当最适用于湿度控制领域, 其代表产品氯化锂湿度传感器具有稳定性、耐高温性和使用寿命长多项重要的优点; 选用 PCT 热敏电阻为感温元件, 该元件在 0° 时的电阻值为 264Ω, 制作成温度传感器探测头按图线化处理其平均温度达 16Ω/°C 左右, 采用 A/D 转换网络、与非门电路很容易实现远距离多点集中的遥测<sup>[7]</sup>。

#### 2.2.3 凝露传感器位置的选择

由于水蒸气的密度较空气密度低, 热空气密度较冷空气低, 所以系统内上部空间的空气温度和湿度略高, 故将凝露传感器安装在隔室的电气设备元件集中区域的上部。

#### 2.2.4 除湿祛潮装置的选择

通过布置的管道向高压柜中送入热风, 采用热空气置换法, 同时保证柜体内部存在轻微的正压力, 使柜体外部或电缆沟内的潮湿空气无法进入开关柜内部。柜内外各设置一个传感器, 同时使除湿祛潮装置与控制器形成负反馈, 当温度适宜时, 使整个装置处于稳态运行, 如图 3 所示。

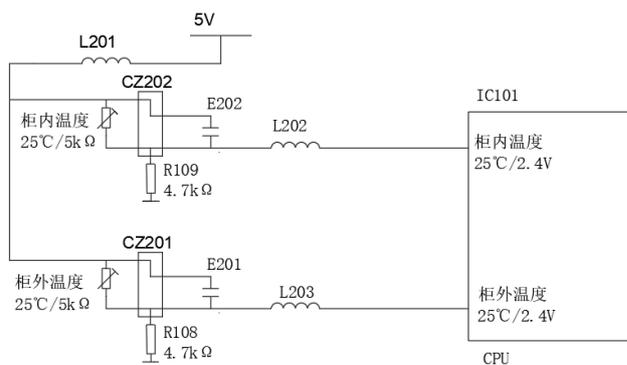


图 3 除湿祛潮装置

## 3 系统硬件设计

通过分析确定了系统的各个模块, 进行硬件选型分析,

并确定了应用于设计的硬件，下面对各个模块如何实现系统要求进行说明。

### 3.1 单片机最小系统设计

整个系统的运行离不开单片机的工作，单片机可以说是整个系统的大脑，其最小系统是完成参数测量内容的核心，每个模块都是围绕单片机最小系统构建的。

CPU 对采样信号进行处理计算，根据测量得到温湿度值与预先设定的各种保护数值进行对比、记录，由此来判断开关柜的温湿度状况是否正常，若不正常则驱动除湿祛潮装置<sup>[8]</sup>。外部扩展了铁电存储器，用于存储一些重要的参数，即使以后升级程序也不会丢失先前的重要数据。

### 3.2 除湿祛潮——送风管道的布置

送风管道的主管道敷设于一次电缆沟内，各开关柜的支管道通过开关柜电缆室底部依次延伸至电缆室、断路器室及母线室，并在各隔室内设置带防护网的排风口，潮湿空气由开关柜顶部泄压通道处的通风口排出，管道走向及柜内气体流动方向如图 4 所示。

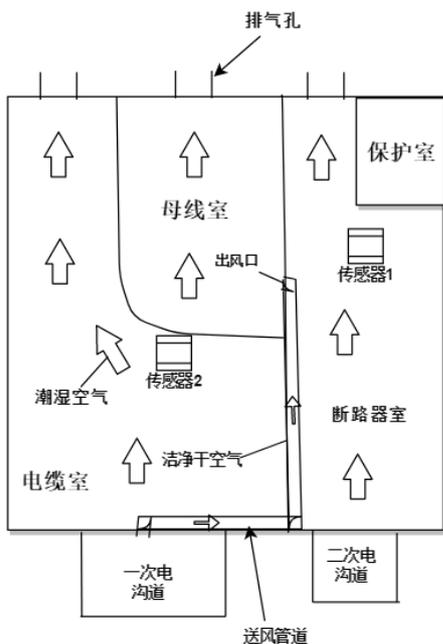


图 4 送风管道示意图

### 3.3 报警电路设计

报警元器件选择了有源蜂鸣器，在单片机监测温、湿度传感器，传感器中有数值超过预先设定的值时报警，二极管导通同时蜂鸣器报警。电路图如图 5 所示。

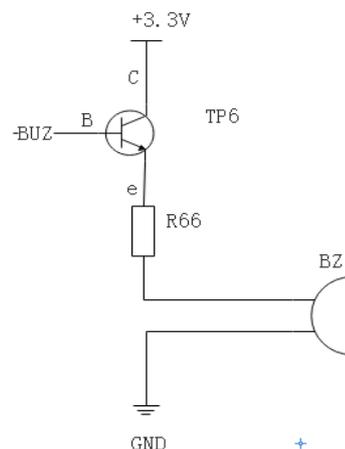


图 5 蜂鸣器电路示意图

### 3.4 A/D 转换电路设计

温湿度传感器产生的模拟信号单片机无法直接识别读取，A/D 转换芯片 ADC0832 相当于信号转换器，将模拟信号转换为单片机可以读取的数字量信号，STM32 的 1 管脚为片选控制位，单片机控制该管脚来操控该芯片，2 管脚和 3 管脚各为一路输入信号，4 管脚 GND，5 管脚、6 管脚为控制转换芯片进行转换运行和单片机数据传输的 DI 和 DO，8 管脚电源。A/D 转换原理图如图 6 所示。

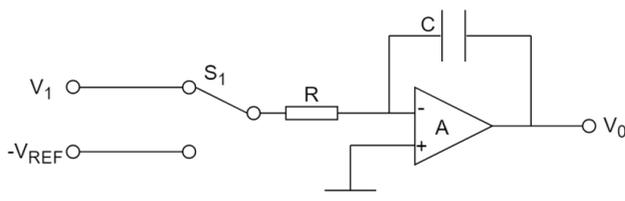


图 6 A/D 转换原理图

### 3.5 系统结构图设计

该系统主要由空气干燥净化处理、送风管道及温、湿度信息采集等部分组成如图 7 所示。

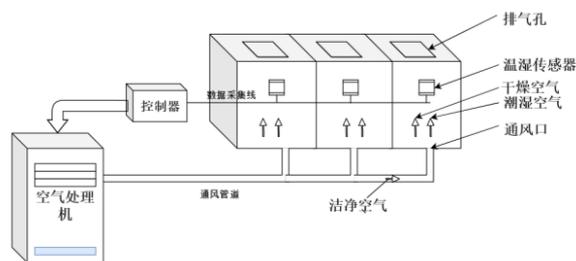


图 7 系统结构图

## 4 系统软件设计

中国在高压开关柜中采用自动加热除湿控制器防止凝露已有十几年的研究历史,这种加热除湿控制器在抗潮湿、防凝露保证高压设备可靠运行起到了积极作用,但在有的地区应用中也出现了一些问题。新型高压开关柜内部空间十分紧凑,为保证在高湿地区内部绝缘水平,保证装置可靠工作,对柜内防潮、防凝露提出了更高的要求。为此,笔者结合实际需求,系统软件进行了如下设计。

### 4.1 系统总体软件主程序设计

CPU 对开关柜温湿度进行测量,根据测量得到温湿度值与预先设定的各种保护数值进行对比、记录,由此来判断温湿度状况是否正常,若不正常则驱动除湿装置动作以达到合适温湿度<sup>[9]</sup>,如图8所示。

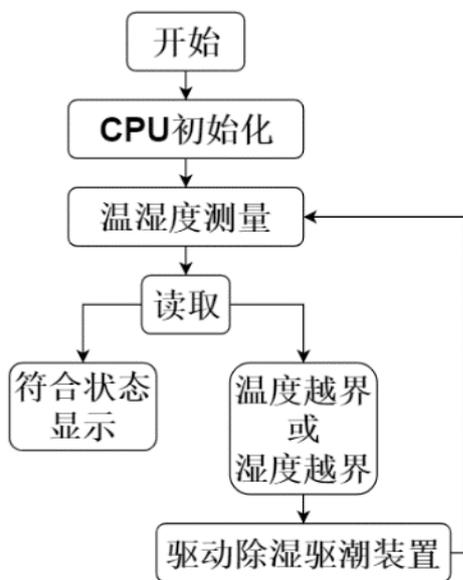


图8 主程序设计图

### 4.2 温、湿度检测模块主程序设计

温、湿度需要实时传输至单片机,单片机发出一次至少18ms的低电平延时和一次20~40us的延时来触发传感器的工作,传感器采集后一直将传输的数据传递至单片机,单片机从湿度参数读取开始,先采集整数部分,然后采集小数部分,温度参数也是从整数部分开始,最后单片机需要将原始数据进行处理。

### 4.3 A/D 转换模块主程序设计

ADC0832 工作时要先进行初始化,单片机要求发送3次

脉冲给 A/D 芯片,第一次为起始位,将DI置高,第二次脉冲后设置输入方式,第三次的信号为通道的选择,完成以上步骤时才可进行采集,采集时采集两次,第一次从右至左读取数据,第二次从左至右读取数据,最终两次采集的数据相等才可以输出。为了增加采样速率,本设计中 A/D 转换芯片采用不断采集的方式采集数据,将每次采集的数据都直接放入数组中,通过按下开始采集的按键就可以使电路一直保持在采集状态。每次循环对通道0和通道1各采集一次。

## 5 系统调试

上节实现了系统的各个模块的软件编程处理,分别满足了设计要求并将各个模块协调。本节将对各个模块间的连接进行系统调试,先分别测试模块的使用性能,最终整合,调试整个系统的运行,确保系统能正确稳定的工作。

### 5.1 温湿度模块调试

在仿真电路中给温湿度传感器设定好温度阈值为-65℃—23℃,湿度为85%RH,通过数码管观察显示的实时温、湿度值。左侧4位数码管为温度,右侧4位数码管为湿度。

### 5.2 A/D 转换功能调试

A/D 转换模块是系统工作的根本,采集电路若不能成功的采集数据,后续处理将无法继续进行。本设计采用两路通道的传输方案,发送时分别发送两个通道的数据,所以每个通道都需要单独调试来验证转换的正确性,单独调试成功后再将两路通道同时采集调试,给系统稳定工作提供保障<sup>[10]</sup>。为了确定转换结果的正确,调试时使用不同电压信号进行调试,这样调试结果比较直观。在ADC0832的通道0输入端加5V的电压,单片机采集后发送数据,在仿真软件数码管观察数据的实时值。

### 5.3 整体运行调试

各个模块单独调试时均通过,整体运行程序测试,温湿度传感器模拟器产生模拟量数值传输 A/D 转换模块, A/D 转换模块传输数据至单片机,凝露模块做出相应反应。

## 6 结语

高压柜自动集成化凝露控制系统在现在化的生活中的需求量越来越大,论文提出的系统的硬件电路及软件设计方案,所设计的凝露控制器能实现系统的控制要求。

本设计出于成本考虑, 优先选用了性价比高的元器件, 如果换成价格更高更精密的元器件, 则可测量的环境参数的实时性和精确度还能提高, 在此方面的性能还有提升空间。

### 参考文献

- [1] 沈建位, 汪家养, 俞慧忠, 等. 高压开关设备凝露控制器的研制 [J]. 电气开关, 2008, 46(06): 30-31+35.
- [2] 李传江. 高压开关柜新型防凝露系统的研究与应用 [J]. 华电技术, 2016(08): 16-18+24+77.
- [3] 邓金权. 分布式温湿度自动控制系统的研究机器应用 [D]. 成都: 四川大学, 2013.
- [4] 任致程. 周中电力电测数字仪表原理与应用指南 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [5] 王成. 嵌入式微控制器 S08AW 原理与实践 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.
- [6] 孙兴丽. 开关柜智能操控装置的实现 [J]. 高压电器, 2009(04): 13-14.
- [7] Zhang J, Shao T, Wang Y, et al. A new type of dehumidifier for enclosed high-voltage switchgear cabinet [J]. TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering, 2012(07): 1637-1643.
- [8] 赵冀. 高压开关柜安全操作规程及事故案例解析 [J]. 机电信息, 2013(12): 95+97.
- [9] 曾文清. 高压开关柜防凝露技术研究与实践 [J]. 冶金动力, 2016(10): 49-50.
- [10] 李克鹏. 开关柜防凝露的措施 [J]. 电世界, 2018(11): 30-31.