

# 新型远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器的研制与应用

李欣

秦川机床集团宝鸡仪表有限公司 陕西 宝鸡 721000

**摘要:** 远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器是通过监测智能高压电气设备中SF<sub>6</sub>气体的密度,从而实现对高压电气设备的监视和测量。近些年市场上应用的远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器琳琅满目,但或多或少都存在一些不足,为攻克这些不足,我们提出并研制了一种新型远传SF<sub>6</sub>气体密度控制器,通过第三方检测及现场应用,确保该远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器在变电站中能可靠运行,实现远程传输和实时在线监测,从而保证智能高压电器设备的安全运行。

**关键词:** 远传;在线监测;密度控制器;电磁干扰;SF<sub>6</sub>气体密度;温度补偿;存储

## 引言

随着中国智能电网的快速发展,智能高压电气设备作为智慧变电站的重要组成部分和关键设备,对智能电网的安全起着举足轻重的作用<sup>[1-2]</sup>。高压电气设备目前大多为GIS设备,因此监测GIS设备中的SF<sub>6</sub>气体密度就至关重要,而远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器则是通过RS485等通讯方式将设备气室内的压力、温度、密度等数据上传至后台,通过后台实时监测高压电气设备中六氟化硫气体的密度<sup>[3]</sup>。由于高压电气设备现场运行环境复杂不可预测,特别是电磁干扰非常强、高压强磁辐射比较大,目前使用的远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器存在以下不足:①电磁兼容性能差,容易造成数据丢失甚至仪表损坏;②出现信号传输不稳定。为克服这些难题,我们提出了新的解决方案。

## 1 新型远传式 SF<sub>6</sub> 气体密度控制器整体设计思路

文中是依据国网新标准要求及克服上述缺陷而提出的一种新型远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器。如图1,远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器由机械密度控制器及远传密度变送器两部分组成,控制器部分和变送器部分独立工作,共同监测SF<sub>6</sub>气体参数值,提高产品的可靠性。外形采用一体化设计,方便安装、维护、更换。机械密度控制部分可通过指针方式现场指示补偿后压力即设备内SF<sub>6</sub>气体的密度,同时可以输出报警及闭锁等开关量信号,变送器部分通过传感器采集气室数据,并在气室出现气体泄漏时发出补气、闭锁信号,实现对电气设备的安全监控,还可通过RS485串行通讯接口,采用MODBUS通讯协议,使其能够直接与计算机监测系统相连接,实现对运行设备气室内SF<sub>6</sub>气体状态参数的远程在线监测。

## 2 新型远传式 SF<sub>6</sub> 气体密度控制器结构及工作原理

### 2.1 结构设计

新型远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器采用整体式结构设

计,分为机械式SF<sub>6</sub>气体密度控制器和远传密度变送器两部分。控制器部分由接头、弹簧管、热敏双金属温度补偿元件、齿轮传动机构、接点装置、接线盒、指针、度盘及外壳等组成。

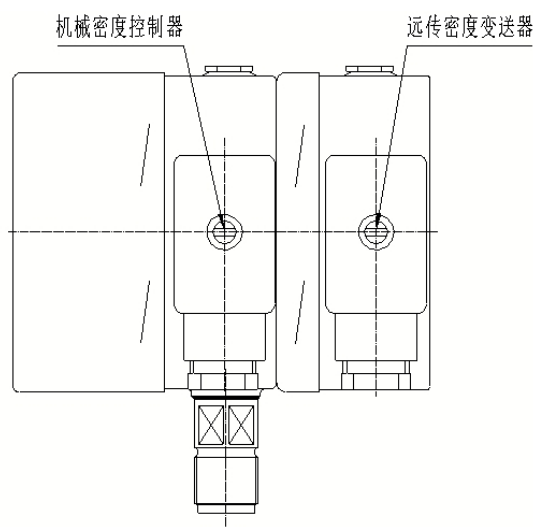


图1

变送器部分由数字传感器、485专用芯片及内置温度补偿软件、信号处理电路、485通讯电路等组成。

### 2.2 工作原理

#### 2.2.1 机械式密度控制器工作原理

气体压力通过接头被引入弹簧管内,使得弹簧管末端产生与输入压力成正比的管端位移,再通过双金属温度补偿元件传给机芯进行放大,并将管端线位移转换成角位移,带动指针旋转,在度盘上指示出被测压力。指针在旋转时带动接点装置上的活动触头旋转,并依据压力大小与固定触头发生分合,从而输出报警、闭锁开关量信号。热敏双金属温度补偿元件采取U型结构,在传递位移过程中依据环境温度变化产生伸缩变形,与环境温度变化引起的气体压力升降在弹簧管所产生的位移相抵

消,从而达到温度补偿的目的。

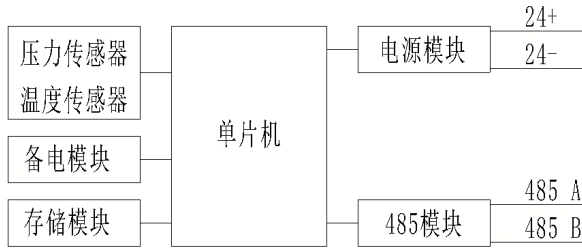
### 2.2.2 密度变送器工作原理

变送器压力和温度的测量是通过I<sup>2</sup>C数字传感器测量,将设备内SF<sub>6</sub>气体的压力和温度转换成I<sup>2</sup>C电信号,送入单片机进行处理后经RS485通信电路输出。

变送器密度(补偿后压力)的测量是依据单片机内的温度补偿软件对上述压力及温度信号通过SF<sub>6</sub>气态方程进行综合运算处理,得到设备内SF<sub>6</sub>气体在基准温度(20℃)条件下的等效压力(即补偿后压力),然后通过RS485通信电路输出。

### 3 新型远传式 SF<sub>6</sub> 气体密度控制器硬件电路设计

硬件电路设计分为电源电路、信号处理电路、RS485通信电路、抗干扰电路以及存储电路。通过RS485通信电路可与远程监测系统组成压力、温度、密度等参数的采集。硬件电路设计思路图如下:



#### 3.1 电源电路设计

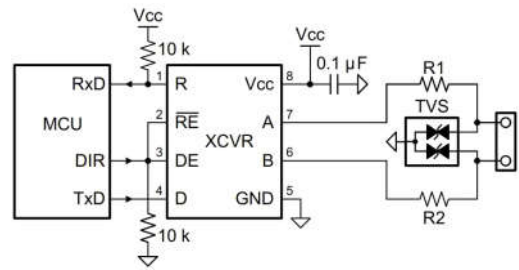
对于一个完整的电子产品电路设计来说,首要问题就是为整个系统提供电源的供电模块<sup>[4]</sup>。变送器部分的电源电路设计采用直流电源供电方式,单片机采用STM32意法单片机,电源模块选用MORNSUN的稳压电源模块,可以为单片机提供一个稳定可靠的电源供电,并且此模块为隔离电源,电路设计中电源无正负之分,减少现场因电源正负极接错而造成的元器件损坏问题,引起设备故障,带来不必要的经济损失。

#### 3.2 信号处理电路设计

压力和温度信号的采集通过I<sup>2</sup>C数字传感器输出,该传感器既可输出压力信号,也可输出温度信号,它将GIS设备内SF<sub>6</sub>气体的压力和温度转换成I<sup>2</sup>C电信号,送入单片机进行处理后经RS485通信电路输出。

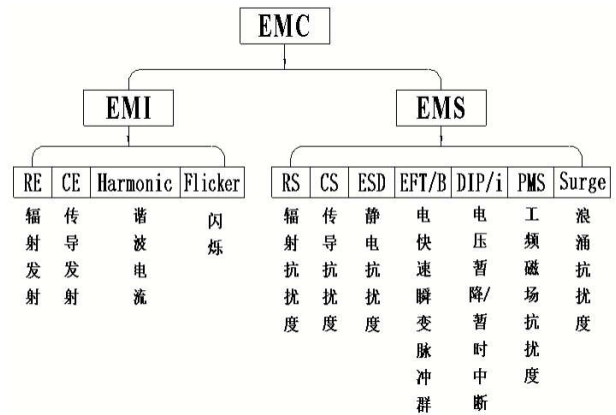
#### 3.3 RS485通讯电路设计

RS485是一种半双工通信,最多支持32个节点,传输距离远,最远可达1219m,接收灵敏度高(200mV),最高的传输速率高达10Mbps。在多站点、远距离通信等领域得到了广泛应用。此通讯电路MCU端使用的是UART的引脚,接收与发送的状态需要通过RE和DE两个引脚去控制。其设计原理可参考下图:



### 3.4 抗干扰电路设计

由于远传SF<sub>6</sub>气体密度控制器使用场合为高压变电站,现场环境恶劣,电磁干扰严重,因此在电路设计中需考虑EMC的要求:包括静电放电、射频磁场、工频磁场、脉冲磁场、阻尼振荡、电压暂降、电快速瞬变脉冲群、浪涌、射频场感应传导骚扰<sup>[5]</sup>等因素对电路造成的严重影响。



抗干扰电路设计的基本原则:

#### 1) 清除或抑制干扰源

内部干扰源可通过合理的电气设计在一定程度上予以消除,外部干扰源可采取措施如并接电容、串接电阻或电感等方式予以消除或抑制。

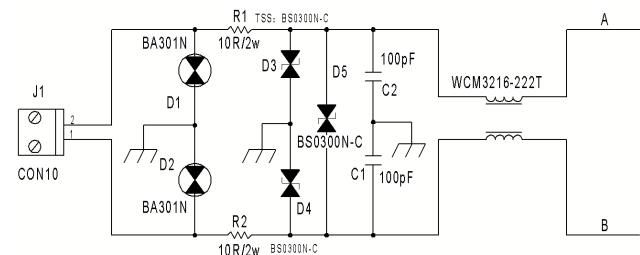
#### 2) 破坏干扰的传输通道

破坏干扰的传输通道可通过一些技术措施来解决,例如通过合理接地、屏蔽、隔离、滤波等方式来实现。

#### 3) 提高敏感元器件的抗干扰性能

在电路设计中可通过合理的电路布置、敏感元器件的选取等方式来改善或提高敏感元器件的抗干扰性能。

#### 4) 常见的抗干扰电路设计如下图:



(1) D1、D2为气体放电管,主要用来泄放共模浪涌能量,气体放电管击穿电压300V,通流量1kA;

(2) D3、D4、D5为半导体放电管,主要用来泄放共模以及差模浪涌能量,半导体放电管型号BS0300N-C,其导通电压为40V,通流量为100A;

(3) R1、R2选用10Ω 1/2W的电阻,因半导体放电管启动电压要低于气体放电管,为保证气体放电管能顺利的导通,泄放大能量必须增加此电阻(R1、R2)进行分压,确保大部分能量通过气体放电管泄放,半导体放电管作精细防护;

(4) C1、C2电容值可以根据实际的情况进行选择,从22pF至1000pF,典型值为100pF时能有效减小共模干扰;

(5) 共模电感选择100MHz时阻抗为2200Ω的器件能减少共模干扰;

(6) 在实际测试中如果接口存在EMC问题,以上元器件均可调整,具体元器件调整参数参照《常用电磁兼容器件选型规范》。

#### 4 新型远传式 SF<sub>6</sub> 气体密度控制器软件设计

根据SF<sub>6</sub>气体状态方程Beattie - Bridgman方程如下所示:

$$p = (RTB - A) d^2 + RTd$$

$$A = 73.882 \times 10^{-5} - 5.132105 \times 10^{-7}d$$

$$B = 2.50695 \times 10^{-3} - 2.12283 \times 10^{-6}d$$

$$R = 56.9502 \times 10^{-5} \text{ s}$$

式中:

P—压力, 0.1MPa;

D—密度, kg/m<sup>3</sup>;

T—温度, K。

新型远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器软件设计主要用于单片机编程及通讯测试。单片机软件的主要功能是通过数字传感器测量SF<sub>6</sub>气体的实时温度及压力,通过上述经验方程,得出补偿到20℃对应的压力值即密度等效补偿后

压力,然后通过RS485通信电路输出,并通过RS485通讯方式远传至上位机,本远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器采用常用的Modbus协议。仪表的软件设计流程是系统初始化→压力、温度数据采集→上述数据转换为密度值→数据输出→上位机检测;通讯测试即为上位机软件,它的主要功能包括发送修改地址、对时、标定零点、标定满量程等命令信息,软件接收仪表发送的命令处理反馈信息、仪表的测量压力、密度、温度、报警等信息。

#### 5 现场应用

新型远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器经过在西开股份、泰开电力、山东电工、江苏思源中、高压开关公司等众多项目的实际应用,以其性能可靠、信号稳定、操作便捷及抗干扰能力强等优势,得到广大电力公司的一致高度评价。随着国际国内的智能化电网的迅速发展,新型远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器开发迎合了国际智能化电网的需求,适应了国内智能化发展的潮流,市场前景广阔。

#### 结束语

本文从新型远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器的研制与应用两方面入手,讲述了该控制器的结构设计、工作原理、抗干扰设计及软件设计,并简述了该控制器在现场的应用情况。从文中可以看出,此远传式SF<sub>6</sub>气体密度控制器的研制不但满足了国网标准要求,又适应了电力系统的使用要求。

#### 参考文献

- [1]申春红,苏晓毅,潘巧梅等,智能高压开关控制系统检测装置[J].高压电器,2015,51(4):19-23.
- [2]王润华.SF<sub>6</sub>气体监测系统在GIS组合电器中的应用[J].上海电力,2006(5):23-25.
- [3]周晓威,陈振生.UP908型数字式SF<sub>6</sub>密度及应用[J].电气开关,2004(1):5-7.
- [4]邱志敏,邱航.智能仪表原理与设计技术175.
- [5]《电磁兼容 试验和测量技术》GB/T 17626系列