

一种热敏电阻阵列式物位传感器的设计与实现

朱雪庆 周义仁 黄焱

(太原理工大学测控技术研究所, 太原 030024)

摘要: 为了满足复杂环境下的物料物位测量,设计了一个长方形的热敏电阻阵列式物位传感器。该传感器将热敏电阻排成长方形的阵列式结构,另外有一个热敏电阻安装在离热敏电阻阵列较高处用来作为测量时的参照电阻,采用热敏电阻在不同温度的环境里其电阻值的大小不同导致它两端电压不同的原理,应用 MSP430 单片机来控制阵列中热敏电阻的选通、电压数据的采集和处理,计算出物料的高度,并通过 RS485 或 RS232 总线与二次仪表或上位机进行通信,实现实时监控。

关键词: 传感器;热敏电阻;温度环境;电压采集

中图分类号: TP212

文献标识码: B

DOI: 10.3969/j.issn.1003-6970.2011.06.031

Design and Implement of Thermistors Array Material Level Sensor

ZHU Xue-qing, ZHOU Yi-ren, HUANG Yan

(Institute of Measuring and Controlling Technology Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024)

【Abstract】 To meet the complex environment of the measurement of level of material, designed a rectangular array of thermistor level sensor. The thermistor sensor arranged in a rectangular array structure. In addition, there is a thermistor mounted on a high place away from the thermistor array as a reference when measuring resistance structure. The using of principle thermistor in different temperature environment resistance of different sizes cause voltage different, the application of MSP430 microcontroller to control the thermistor array strobe, voltage data acquisition and processing to calculate the height of the material, and using RS485 or RS232 bus to communicate with the secondary instrument or upper machine, and carry out real-time monitoring.

【Key words】 Sensors ; Thermistors ; Temperature Environment ; Voltage Acquisition

0 引言

目前在国内外的各个领域里存在着各种各样测量物料物位传感器。但是许多的物位传感器常常受着使用条件的限制,或者由于价格过于昂贵,它们的使用范围受到了很大局限。比如超声波传感器只能在宽敞无粉尘的条件下使用(因为粉尘也产生反射波),压力式物料传感器只能在具备称重的条件下才能使用,雷达式物位计因为价格昂贵,辐射污染,同时安装的技术性要求高等缺点使其不能广泛的运用,而且它们都易受温度、大气压强、电磁波等环境条件的影响,使传感器的稳定性、可靠性、抗干扰性能,无法适应使用条件的要求,应用范围受到了很大局限^[1]。而本设计的热敏式物位传感器能很好的解决以上诸多的缺点。该传感器运用环境温度的差异设计而成,采用 NTC 热敏电阻作为温度感应元件,因为热敏电阻具有反应速度快,灵敏度高特点;而且该传感器与外界环境的信号交换只跟温度因素有关不受其它信号的干扰所以抗干扰能力强。因此,本传感器适用于各种复杂的环境中,使用范围相当广泛。

1 热敏电阻阵列式物位传感器的工作原理

该传感器是把同型号、同规则的热敏电阻排列成一个相等

间距的长形阵列,并且在它们每个表面都贴一个薄铜片。传感器的外表除了铜片以外其他部分运用绝缘填充材料浇铸而成,如图 1 就是传感器的外形结构。

图 2 就是传感器的信号感应部分,主要由普通的电阻与热敏电阻连接而成。热敏电阻两端的电压 VRT 就是我们需要采集进入 MSP430 进行处理的信号。



图 1 传感器的外形结构

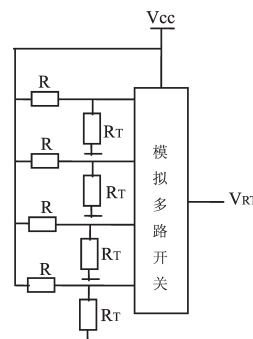


图 2 传感器的感应电路

Fig.1 Appearance and structure of the sensor Fig.2 Sensor circuit of sensor

从图 2 中可以得出计算 VRT 的数学表达式:

$$V_{RT} = V \frac{R_T}{R + R_T} \tag{1}$$

作者简介:朱雪庆(1985-),男,硕士研究生,主要研究方向:新型传感器
通信人简介:周义仁(1969-),男,副教授,主要研究方向:新型传感器及水利信息化的研究

其中, V —— R 与 R_T 两端的电压值是个常数;

R_T ——温度为 T 时的热敏电阻的电阻值;

V_{RT} ——温度为 T 时的热敏电阻上的电压值;

R ——与热敏电阻组成分压电路的电阻值。

NTC 热敏电阻的电阻值随温度的变化数学表达式^[2]为:

$$R_T = R_{T0} \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}\right) \quad (2)$$

其中, R_{T0} 温度为 T_0 时的热敏电阻的电阻值;

B 热敏电阻常数。

由(1)和(2)式得出热敏电阻与温度的关系数学表达式:

$$V_{RT} = V \frac{R_{T0} \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}\right)}{R + R_{T0} \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}\right)} \quad (3)$$

其中 V 、 R 、 R_{T0} 、 B 、 T_0 皆是常数,对(3)式进行求导得

$$V_{RT}' = -\frac{R}{T^2} B R_{T0} \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}\right) \quad (4)$$

从(4)式中可知 V_{RT}' 永远小于零,因此热敏电阻上的电压是随着温度单调递减;也就是说它的电压值与温度是一一对应关系。图3是 $V_{RT}-T$ 的变化曲线。该传感器的工作原理就是运用了感应电路中的热敏电阻上的电压值在不同的温度环境中不同的特点得出的。传感器的测量原理为:测量物料时,将传感器垂直立在被测处并保证最上面的参考点不能被物料掩盖。被埋入物料的信号感应区的热敏电阻处于的温度环境与未埋入区热敏电阻的温度环境不同,热敏电阻两端的电压值 V_{RT} 也不同。运用单片机控制多路模拟开关的选通,从上到下依次采集阵列中热敏电阻上的电压。在单片机内把从热敏电阻阵列中的热敏电阻上采集来的电压值逐个的与最上面的参考热敏电阻上的电压值进行比较。比较结果相等时为0,不相等时为1;比较完一周后,统计1的个数,则测量物料的高度为1的个数乘以1cm。最后结果通过数码管显示或传输到上位机和二次仪表上显示。然后又重新从阵列的最上面的热敏电阻开始扫描;如此反复的采集、比较、计算得出物料的高度。由于热敏电阻的反应速度快,单片机扫描的周期短等特点;因此该传感器可以用于物位的实时监控测量。

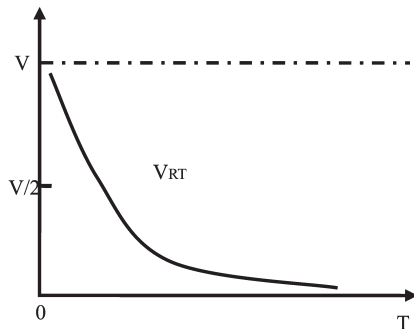


图3 $V_{RT}-T$ 变化曲线图

Fig.3 $V_{RT}-T$ curve of Fig

2 热敏电阻阵列式物位传感器的结构

2.1 传感器的外部结构的设计

本传感器是用来测量仓库中物料(形状是颗粒或粉状)的高度以及各种液体的液位。为了适应更多的测量环境,传感器芯片电路板与引线端子、外壳用绝缘填充材料浇铸后成为一个固态长方型棒式传感器。这样一来解决了一般物位传感器检测时受物料导电性的影响以及由此而产生的电腐蚀现象,不受电磁干扰的影响,抗干扰能力大大增强,提高了物位测量的稳定性和可靠性。

图1中我们可以看到,从传感器的底部往上有着排列整齐的信号采集点。各个采集点的采集面积都是 $2.5 \times 5.0\text{mm}$ 的铜片,铜片的后面贴有贴片形热敏电阻。因为铜片具有导热性好、性价比高、取材比较容易等特点,所以我选择了铜片作为热敏电阻采集外界热量的导热介质。信号采集区相靠的两铜片中心距固定为1cm,即是信号采样点之间的距离;这也决定了传感器的测量精度为1cm。当然这个距离可以根据具体测量对象的要求来修改。在传感器的顶端,设有一个信号采集点,其电路结构与其他信号采集点的电路结构完全一样。这个信号采集点采集来的信号是用来做参考信号的。在信号参考点与采集区中间有一段没有贴铜片区域;这里是该传感器的心脏,是由低功耗的MSP430单片机^[3]组成的控制中心,具有信号的采集、处理、计算、传输等功能。

2.2 传感器的电气结构的设计

热敏电阻阵列式物位传感器的电气结构原理图如图4。

单片机控制模拟多路开关,从上到下依次选通连接在多路模拟开关上的多路热感应电路某个分支来获得分支上热敏电阻的电压。把选通的那个分支的热敏电阻的电压值,通过MSP430单片机的A/D转换端口采入单片机里^[4],并进行数据处理;同时参考热敏电阻的电压值也经过另一个A/D端口采入单片机内。把采入的 R_1-R_n (信号感应热敏电阻) 上的电压值依次与 R_0 (参考热敏电阻) 上的电压值进行比较。比较结果相等时为0,不等时为1。最后把得到1的个数通过RS485或RS232总线传到二次仪表或上位机上进行观察。

图4各个部分基本电路结构分析为:

① 热感应电路部分由统一型号与规格的热敏电阻和电阻连接起来的电路。主要完成外界环境变化的感应和信号的提取。

② 多路选择电路部分以ADG732模拟多路开关芯片为中心组成的电路。主要完成热敏电阻阵列中单个热敏电阻电路的选择。

③ 微处理器部分以MSP430单片机为核心组成电路。主要完成多路开关的控制,对信号进行A/D转化、比较、计算,控制以及结果的发送。

④ 数据输出电路部分运用RS485或RS232芯片为核心

设计的通信电路。主要完成传感器与外界仪表或上位机进行通信及结果的发送。

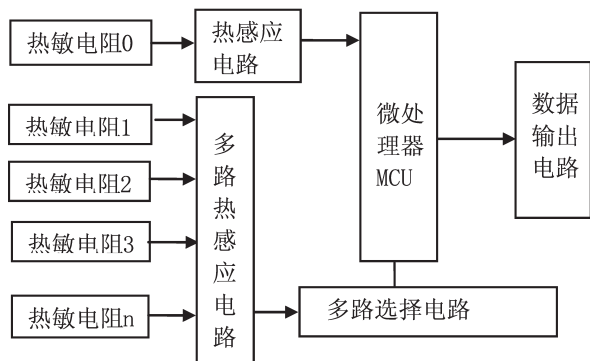


图4 传感器的电气结构原理图

Fig.4 Electrical schematic structure of sensor

3 热敏电阻阵列式物位传感器的系统设计

运用单个传感器,根据测量要求可以设计成三种系统如图5所示。一种是直接运用LED液晶显示屏显示测量结果;一种是通过RS485或RS232总线,把测量结果传到二次仪表上进行显示观察;还一种是通过RS485总线在经过RS484/RS232转换接口,把数据传到上位机上进行观察,达到物位测量智能化^[5]。第一种方案只能实现实时观察测量结果,而第二、第三种方案可以实现对物料实时监控。

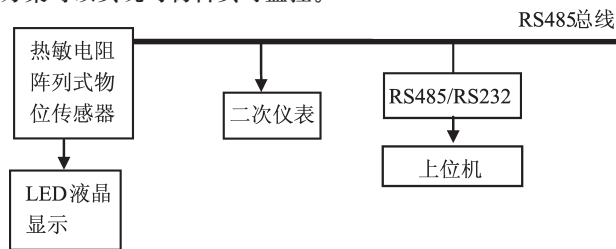


图5 传感器的系统组成结构

Fig.5 System composition of sensor

在现实生活中运用单个传感器的系统测量物料的局限性大。例如,单个系统只能测量一个仓库里的物料,并且只能测量它里面的某个处的物位(当物料是液体是能测量整个仓库里的物料);不能同时测量多个仓库、多点的、不同的物料。为了弥补这一缺陷,我们可以把多个传感器以并联方式挂在同一条RS485或RS232总线上,与一个上位机相连。每个传感器都要设有自己独一地址,这样上位机就能很快的完成对各个传感器访问、通信;而且不会出现差错。如此设计的系统,工作人员只需要坐在上位机前就可以对多个仓库的、多点的物料进行实时监控。

4 传感器实验结果和数据分析

图6即为实验时的实物测量的照片。测量时,将做长50cm的传感器立在高为48cm直径为16cm的透明并贴有精度为1mm皮尺的容器内,然后将水沿着容器壁慢慢的注入容器内,

在注入水的过程中,可以看到随着水位的上升,传感器的输出值也随之变大,下面表1即为测量时的测量结果与实际值的对照表。

表1 水位的实际值与传感器测量值的对照

Tab.1 Comparison of water level of the actual value and

Sensor measurements			
实际值/mm	测量值/mm	实际值/mm	测量值/mm
0	0	29	20
1	0	30	30
9	0	99	90
10	10	100	100
11	10	110	110
15	10	120	120
19	10	150	150
20	20	200	200
21	20	300	300
25	20		

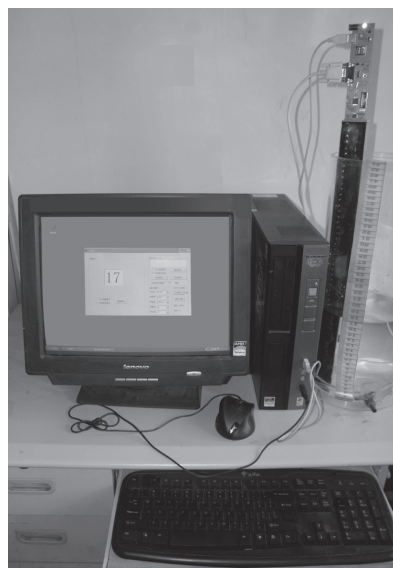


图6 传感器测量图

Fig.6 Measurement diagram of sensor

从表1中可以看出实际值在0~9mm内是测量不出结果的,也就是说传感器存在10mm的盲区,这10mm的盲区是相邻两个信号检测点的间距。我们可以根据物料测量的要求来调节检测点的间距来改变它的盲区大小。因为只有当检测点被水(或物料)掩盖时,热敏电阻上的电压才会与暴露在空气中的参考热敏电阻的电压不同;才会使比较的结果变为1得出被掩盖的热敏电阻的个数和物料的高度。该传感器具有一个10mm的恒定误差,该值是有传感器的结构决定的,不随测量范围、测量环境的变化而变化。在测量比较高的物料时,1cm的误差就显得比较小了所以该传感器更适用于测量范围比较大的地方。

5 结论

该传感器更换环境测量或测量不同物料时无需重新调零,因为制作的热敏电阻和电阻是同型号同规则的,即使换了测量环境或测量的物料,通过热敏电阻之间比较得出的测量结果是不会有变化的。同时测量多个仓库不同物料时,不会对测量结

果带来任何差错;因为测量多个仓库不同物料设计的多个传感器的系统,在测量物料时,每个传感器是单独工作的互相间没有任何影响,它们只是把测量结果发送到同一个上位机上进行监控和观察。传感器的工作不受热敏电阻变化的非线性影响,因此无需对热敏电阻进行线性校正;因为传感器的工作原理是通过不同的温度环境中热敏电阻的电压值进行比较得出物位,所以只要求热敏电阻上的电压与温度成一一对应关系即可,不要求变化呈线性变化,而该传感器的信号采集端的热敏电阻两端的电压与温度正是成一一对应关系。传感器系统的安装与操作非常简单,只需把传感器垂直立在需要测量处并把所有的传感器都通过RS485或RS232与一台上位机相连;因此,一个工作人员就可以完成多个仓库物料的监控。该设计的传感器具有以上诸多优点,能够弥补许多测量物料传感器的不足。

参考文献

- [1] 周义仁.热敏式数字物位传感器:中国,CN200810054953.0[P],2008-09-24.
ZHOU Y R. Thermal digital level sensor:China, CN200810054953.0[P],2008-09-24. (in Chinese)
- [2] 李加升.NTC热敏电阻及其应用分析[J].荆门职业技术学院学报,2007,22(6):37-39.
LI J S. NTC Thermistor and Its Applied Analysis[J]. Journal of Jingmen Technical College,2007,22(6):37-39. (in Chinese)
- [3] 李波,陈光华,吴来杰等.基于热敏电阻的多通道高精度温度测量系统[J].仪表技术与传感器,2008,(06):87-88.
LI B, CHEN G H, WU L J et al. Multi-channel High Precision Temperature System Measurement Based on NTCR[J]. Instrument Technique and Sensor, 2008, (06):87-88. (in Chinese)
- [4] 秦龙.MSP430单片机应用系统开发典型实例[M].北京:中国电力出版社,2005.
QIN L. Application MSP430 MCU typical example of system development[M].Beijing: China Electric Power-Press,2005. (in Chinese)
- [5] 周义仁,吕青,马福昌.数字式物位传感器的智能化研究[J].传感器与微系统,2006,25(6):22-24.
ZHOU Y R, LV Q, MA F C. Intelligent study on digital material-level sensor[J]. Transducer and Microsystem Technology, 2006,25(6): 22-24. (in Chinese)
- [6] THOMAS C. RATLIFF. A comparison of Dodgson's method and the Borda count. Economic Theory [J], 2002, 20(2): 357-372.
- [7] 束洪春,孙向飞,司大军.电力变压器故障诊断专家系统知识库建立和维护的粗糙集方法[J].中国电机工程学报,2002,22(2):32-35.
SHU C H, SUN X F, SI D J. A RS approach to founding and maintaining ES knowledge base for fault diagnosis of power transformer [J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2002, 22(2):32-35.
- [8] LIN C E, LING J M. An expert system for transformer fault diagnosis using dissolved gas analysis[J]. IEEE Trans. on Power Delivery 1993, 8(1):231-238.
- [9] 费业泰.误差理论与数据处理[M].机械工业出版社,2004.
FEI Y T. Error Theory and data processing [M].China Machine Press,2004.
- [10] 钱旭耀.变压器油及相关故障诊断处理技术[M].中国电力出版社,2006.
QIAN X Y. Fault diagnosis of transformer oil processing technology and related translation [M].China Electric Power Press, 2006.
- [11] 盛聚,谢式千.概率论与数理统计[M].高等教育出版社,2008.
SHENG J, XIE S Q. Probability and statistics [M].Higher Education Press,2008.

上接第100页