

智能化木材含水率自动测试系统的开发

白雪冰, 张佳薇, 赵真非

(东北林业大学机电工程学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 介绍智能化木材含水率测试系统的电路设计、硬件构成和 workflow, 提出采用动态补偿方法, 可消除由零点漂移、温度漂移等引起的测量误差。经验证, 在纤维饱和点以上时, 含水率自动测试系统的平均误差小于4%; 在纤维饱和点以下时, 误差小于2%, 尤其在终含水率(14%~9%)范围内误差小于1%。

关键词: 木材; 含水率; 自动测试; 模入通道

中图分类号: TH873.7⁺

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2006)03-0035-03

Design of an Intelligent and Automatic Lumber Moisture Content Measuring System

BAI Xue-bing, ZHANG Jia-wei, ZHAO Zhen-fei

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: An intelligent MC measuring system for lumber was designed by the authors and presented in this article. The hardware circuit and software flow chart of this system are described in detail. A dynamic compensation method is applied to eliminate zero drift and temperature drift errors. A test showed that the mean errors of the measured results from this new system was less than 4% above fiber saturation point, and less than 2% below fiber saturation point, and even lower than 1% around the final MC (14%~9%). These results demonstrated the precision and reliability of the system to be effectively improved.

Key words: lumber; moisture content (MC); automatic measurement; analog input channels

木材含水率(MC)自动检测是木材干燥作业的一个重要方面, 木材含水率作为被控变量, 是干燥基准选取的指标之一, 也是木材在不同阶段干燥质量的评价标准^[1]。

传统的木材含水率测量采用称量法, 结果准确, 但不能实时在线检测含水率的变化值^[2]; 而且测量周期长、操作复杂, 易受人为因素影响。目前也有采用重量传感器在线测量木材的含水率, 但由于干燥窑内温度和湿度的变化, 对传感器精度影响较大, 甚至导致传感器腐蚀严重, 故也未能推广。相对而言, 电测法方便、快速, 是目前的发展方向, 但应用于在线测量时, 电子器件随工作环境温度的变化, 其传感器的特

性也随之变化, 必然会引入测量误差。通常的解决方法是使用多圈可调变阻器, 即在每次测量前, 手动调节变阻器, 达到消除零点漂移的目的, 但无法在线调节。对此, 笔者设计了电阻式木材含水率检测电路, 并构建了智能化木材含水率测试系统, 采用动态补偿的方法, 实时、有效地消除测试过程由零点漂移、温度漂移等引起的测量误差。

1 木材含水率检测电路的设计

试验中发现, 木材含水率在5%~95%范围内, 对应的等效电阻变换范围为从GΩ至kΩ, 二者之间呈指数变化规律, 所以, 在设计木材含水率测量电路时, 含水率的全量程宜采用分段增益的方法(第一量程: $1.0\text{ k}\Omega < R_x < 200\text{ k}\Omega$; 第二量程: $200\text{ k}\Omega < R_x < 20\text{ M}\Omega$; 第三量程: $20\text{ M}\Omega < R_x < 2\text{ G}\Omega$; 第四量程: 2

收稿日期: 2005-06-27; 修改稿: 2006-04-17

基金项目: 哈尔滨市青年科学研究基金项目(2003AFQ XJ022)“基于神经网络的木材干燥过程遗传算法优化控制建模与仿真研究”。

作者简介: 白雪冰(1966—), 男, 东北林业大学机电工程学院副教授。

$G\Omega < R_x$), 把含水率信号引入到系统中。

木材含水率检测电路如图 1 所示, 电路中选用高精度斩波自稳零放大器 ICL7650, 配合继电器构成可编程放大器。测量原理为:

$$U_{MC} = -\frac{R_f}{R_x} U_p = -\frac{5R_f}{R_x} \Rightarrow R_x = -\frac{5R_f}{U_{MC}} \quad (1)$$

式中: R_x —被测木材含水率的等效电阻值; R_f —反馈电阻值; U_{MC} —输出对应木材含水率的电压值; U_p —施加在被测木材上的定时变向直流 5 V 电压源。

从式(1)可见: 在各量程中, 当 R_f 是定值时, 电路输出电压与被测木材含水率等效电阻值成反比。

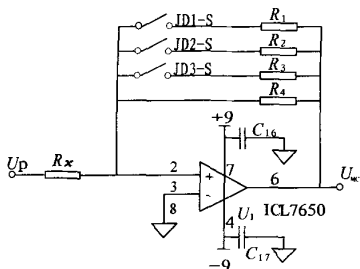


图 1 木材含水率检测电路

Fig. 1 Lumber MC measuring system circuit

2 木材含水率测试系统的设计

图 2 为智能化木材含水率测试系统的检测模入通道与主控器的接口。J1 和 J2 端子间为 8 路被测木材含水率和平平衡含水率的等效电阻; U_p 为施加在被测木材上的定时变向直流 5V 电压源; AT89C51 的 P1.0—JD1-S、P1.1—JD2-S 和 P1.2—JD3-S 控制三极管和继电器开关, 根据被测木材含水率值自选量程, 切换反馈电阻, 构成可编程放大器。

主控器的 P15、P16、P17 控制 74HC4051 的地址选通端; P14 控制 74HC4051 的使能端 INH, INH 高电平有效。模拟开关组选用 74HC4051, 顺序采样 8 路木材含水率和 2 路平衡含水率信号。

在含水率检测过程中, 为了弥补因内部元件参数性能或外部工作条件变化带来的误差, 设置了动态补偿单元。在被测的 4 个量程内, 设置标准电阻 R_{s1} 、 R_{s2} 、 R_{s3} 、 R_{s4} , 在每次测量周期中进行自校准。在 CPU 开始工作的 T_1 周期(零点测量周期)内, 将输入端自动接

地, 得到 U_0 值并存储; T_2 周期(标准电阻测量周期)内, 将标准电阻接入进行测量, 得到 U_s 值并存储; 再在 T_3 周期(木材电阻测量周期)内, 将待测电压接入测得 U_x 值后存储。将这 3 个数值按公式^[3]进行计算处理, 求得其精确的折算待测值, 提高检测精度。

通过对动态补偿过程的分析可知, 整个测试系统的精度由标准电阻 R_s 的精度决定, 因此, 系统需选用足够精度的标准电阻 R_s 作为标准信号源。在设计中, 对各路含水率的测量(R_x 、 R_s 、零点)在 5 s 内完成, 系统增益的变化可视为常量, 系统误差 E_0 在 CPU 的 3 个测量周期内($T_1 \sim T_3$)保持不变; 在 3 个测量周期之外, 增益变化不引入误差, 系统的误差也可以被消除。

系统的其他环节, 如传感器、放大器、模拟电子开关、继电器等, 在测量周期所需时间内保持短暂稳定; 在测量周期所需时间间隔之外产生的零点漂移、温度漂移等, 都不会引入测量误差。这种实时在线自校准功能, 可以采用低成本电子器件, 达到高精度测量的目的。自校准技术用于木材干燥窑自动测试系统, 可实现高精度智能化动态补偿的功能。

3 木材含水率测试系统的工作流程

含水率测量程序流程见图 3。系统在含水率测

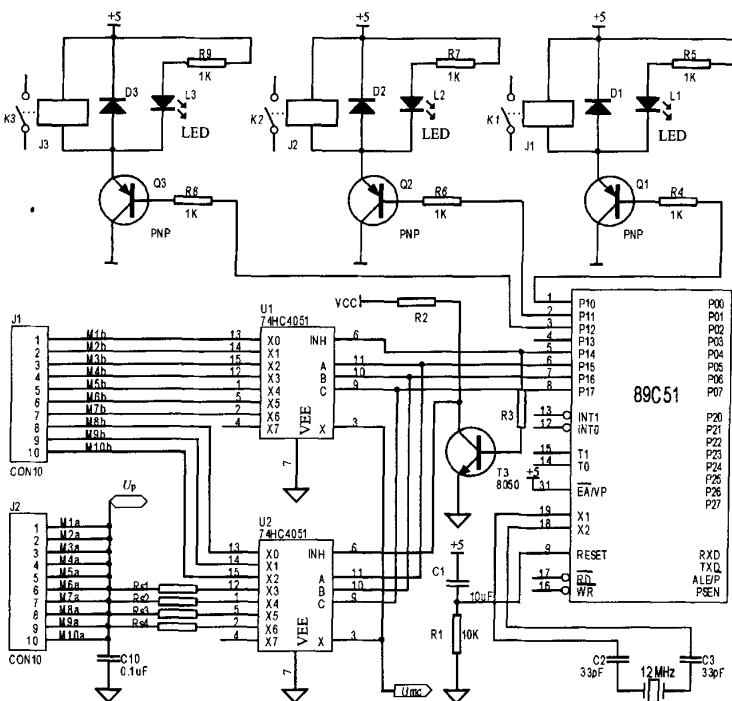


图 2 含水率检测模入通道与主控器的接口

Fig. 2 Interface of MC analog input channels to MCU

量过程中实现自校准,并进行动态补偿。其测量过程:
首先选通零点,测量零点对应的频率值 f_1 ,数字滤波后存入数据缓冲区;然后连续测量两点标准电阻 R_s 和被测电阻 R_x 对应的频率值 f_s 、 f_x ,数字滤波后存入数据缓冲区;最后把 f_1 、 f_s 、 f_x 综合计算得出含水率对应电阻值,查电阻-含水率表,线性插值后,得出被测木材含水率值。

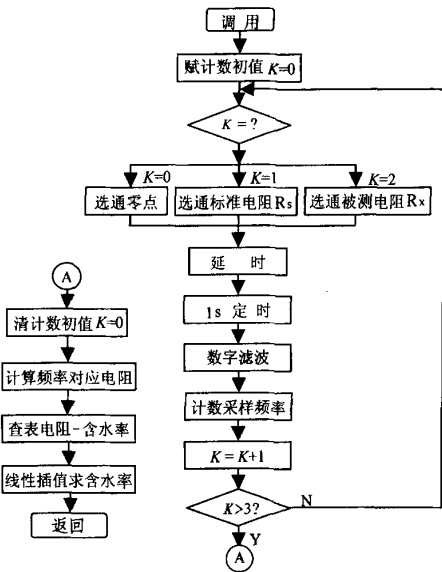


图 3 含水率测量程序流程图
Fig. 3 Flow diagram of MC measuring program

4 检验试验

试材为伊春林业局的水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*),加工成尺寸为 1 000 mm×100 mm×50 mm(长×宽×高)的板材,共计 1 m³,采用自行研制 MCGZ-1 型干燥窑进行干燥。窑内各点的温湿度随位置的不同而分布不均匀,尤其在风机推动气流换向时,各点数值差异较大^[4]。为了提高测量精度,在进风端和出风端各设置一个温度 and 平衡含水率测量点,在材堆的上、中、下位置,设置木材含水率测量点。采用本研究研制的木材含水率测量系统,对于干燥窑内各项参数进行测量。各点测量的平均值,以及与称量法对比的数据列于表 1。

图 4 显示,在木材含水率较高的初始阶段,2 种测量方法的差值达 5%,但该阶段干燥速度较快,误差对干燥质量影响不大;在纤维饱和点以上时,系统的平均测量误差<4%;达到纤维饱和点后,平均测量误差<2%,尤其是在终含水率(14%~9%)范围内,测量误差<1%,可满足木材干燥时含水率测量精度的要求。

表 1 智能化系统的含水率测试值与称量法数值的比较
Tab. 1 Comparison between intelligent measuring system and weighting method

温度/℃		平衡含水率/%		含水率/%		
进风端	出风端	进风端	出风端	系统测量	称量法	误差
19.7	20.1	18.9	19.8	68.7	74.0	5.3
49.2	48.8	17.9	19.5	50.9	54.3	3.4
49.2	51.9	18.9	19.8	42.1	43.6	1.5
56.0	57.6	16.4	17.6	34.1	36.8	2.7
59.7	59.8	12.5	12.0	29.9	32.1	2.2
61.8	61.2	10.5	10.6	25.6	28.2	2.6
67.0	68.5	10.2	8.6	21.9	23.5	1.6
66.9	67.5	5.8	5.4	16.6	17.7	1.1
65.8	64.5	14.0	11.3	13.8	14.7	0.9
69.3	67.9	8.9	8.7	12.6	12.4	-0.2
67.6	68.9	14.2	12.3	10.5	9.8	-0.7
67.5	67.8	8.7	11.2	9.8	8.5	-1.3

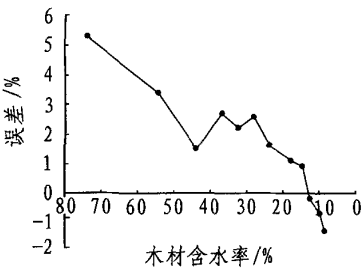


图 4 智能化系统木材含水率测试值与称量法数值的误差曲线
Fig. 4 Error curves of intelligent measuring system and weighting method

5 结论

通过验证试验可知,笔者等研制的木材含水率自动测试系统,可克服传统称量法不能实时检测干燥过程含水率值、测量周期长、操作复杂等缺点;采用的动态补偿方法,能消除在线测试过程中,由零点漂移、温度漂移等引起的测量误差,有效提高系统的测量精度和工作可靠性。

参考文献:

[1] 曹军,张佳薇. 智能化木材干燥窑的数据采集系统[J]. 自动化仪表,2004(1):27-29.
[2] 于洋,张宏勋,张艳秋. 窑用木材含水率联机测量系统[J]. 电子测量与仪器学报,2000(2):57-60.
[3] CAO J, ZHANG J W. Lumber moisture content(MC)online measuring system based on dynamic compensation method[C], Proceedings of 3rd International Symposium on Instrumentation Science and Technology, Xian, China, 2004(8):1017-1022.
[4] 李纪平. 小型 PLC 网络在木材干燥窑控制系统中的应用[J]. 木材工业,2003,17(1):23-26.

(责任编辑 向 琴)