

# Application of intelligent sensor technology in experimental teaching of detection technology and instrumentation

Changjun Liu Xiulian Li

Shandong Vocational and Technical College of Labor, Jinan, Shandong, 250022, China

## Abstract

As the theoretical foundation and technological cornerstone of modern detection and control systems, intelligent sensor technology plays a pivotal role in university electrical engineering education. Integrating this technology into the experimental curriculum of "Detection Technology and Instrumentation" not only expands technical boundaries but also aligns teaching practices with contemporary industrial system architectures. By incorporating core technologies such as self-calibration, self-diagnosis, signal fusion, and real-time compensation into the course, students gain comprehensive understanding of advanced electrical engineering detection systems while enhancing practical skills and engineering application capabilities. This paper explores implementation strategies for applying intelligent sensor technology in the course through three dimensions: technical principles, pedagogical integration, and experimental applications. The study provides actionable references for educators seeking to optimize experimental teaching methodologies in detection technology education.

## Keywords

intelligent sensor technology; detection technology and instrumentation course; experimental teaching; connection; application

# 智能传感器技术在检测技术与仪表课程实验教学中的应用

刘长军 李秀莲

山东劳动职业技术学院, 中国·山东 济南 250022

## 摘要

智能传感器技术作为现代检测控制系统的理论核心和技术基础,在高校电气工程专业《检测技术与仪表》课程实验教学中引入其不仅有助于拓宽实验教学的技术边界,并且能够让教学更加符合现代工业检测系统的结构与功能特点。同时智能传感器中自校准、自诊断、信号融合、实时补偿等关键性技术引入到《检测技术与仪表》课程实验教学中还可以使学生更加充分地了解和掌握先进的电气工程检测系统的相关内容以及增强他们的实践操作和工程应用能力。有鉴于此,文章基于相关研究与实践背景下,由技术原理、教学融合和实验应用三大方面着手阐述智能传感器技术应用于《检测技术与仪表》课程实验教学的具体路径与实践方式,以供参考。

## 关键词

智能传感器技术; 检测技术与仪表课程; 实验教学; 联系; 应用

## 1 引言

《检测技术与仪表》课程是电气工程专业一门十分重要的专业课。该课程的总体目标是使学生具备现代生产与智能制造过程中各种电量、非电量参数的智能

感知与数据处理能力,为将来从事电气自动化、测量与控制等多领域工作提供必要的、可拓展的知识和技能。随着第三次信息技术浪潮与第四次工业革命历史机遇的到来,高校对新工科人才的培养提出了新的需求。如何激发学生的学习兴趣,让学生具备扎实的理论基础知识、工程应用的实践能力以及广阔的专业视野成为了当前《检测技术与仪表》

课程实验教学改革的主要方向之一。

## 2 智能传感器技术概述

智能传感器技术是在原有传感器的基础上集成了微处理器、信号调理电路和自适应算法模块,对检测信号开展采集、处理、分析及信息交互,并且具有自动校准信号,自补偿误差、自诊断状态以及自适应调节参数等优点。目前我国智能传感器的加工工艺材料、MEMS 微结构设计、嵌入式处理单元及高精度 A/D 转换等方面都取得了很大的成就,并发展出了如高精度压力传感器、微型温度传感器、多维加速度传感器、光纤传感器等产业<sup>[1]</sup>。得益于智能传感器技术的融入,在电气工程检测领域凭借着算法集成实现信息获取、多源数据融合、数据校正以及非线性补偿等功能,如此一来提升了整个检测系统的稳定性和可靠性。同时该技术的

【作者简介】刘长军(1972-),男,中国山东济南人,讲师,从事电气自动化技术研究。

应用还可让检测仪表拥有环境自适应性,这使其面对复杂电气系统时精准开展温度、压力、电流、电压等多物理量检测,同时还可结合环境变化自动调整检测参数,从而保证检测结果的准确性和可靠性。

### 3 智能传感器技术和检测技术与仪表课程实验教学的联系

《检测技术与仪表》作为高等院校中一门电气工程专业的基础实践课,教学目标旨在让学生掌握并较好地操作物理量检测技术、信号调理技术、数据转换技术和仪表系统集成技术。传统实验教学通常依靠分立传感器及模拟信号处理电路暴露出如实验精度不高、数据动态性受限及难以重复等弊端,而应用智能传感器技术后可促使该课程实验教学实现了“单点测量”到“系统感知”的转变,并且给实验平台提供高度集成化、自动化和可重构的检测体系。简单而言,该技术的应用借助于内置的数字处理模块集成采样滤波、线性化修正及漂移补偿等功能,使得实验装置的结构更加简化、测量精度更高。同时智能传感器通过 I<sup>2</sup>C、SPI、CAN 等通信接口连接实验数据采集系统,可以直接获取到实测数据的变化规律和动态响应特性,方便学生直接进行判别分析。另外,将智能传感器技术引入《检测技术与仪表》课程实验教学的测试环节能够开展更加多元化的场景测试,如多参量同时测试、非接触式测量、状态检测等,这样一来不仅可以让学生充分了解到电气工程检测系统结构和功能特点,同时在实践的过程中掌握到相关知识,最终达到理论教学与工程实践的有机结合。

### 4 智能传感器技术在检测技术与仪表课程实验教学中的应用

#### 4.1 基于智能温度传感器的多点温度监测实验系统设计

针对《检测技术与仪表》课程实验教学优化上,检测系统的开发环节可基于智能温度传感器的多点温度监测实验系统设计,以培养学生对电气设备运行状态的高精度、实时化测温分析<sup>[2]</sup>。该实验系统设计上采用数字输出型智能温度传感器作为测量元件,传感器内部集成了高线性度温度检测模块、信号调理电路及 A/D 转换部分,并借助 CMOS 工艺实现温度—数字信号一体化转换。实验系统整体结构设计以 PC 总线架构,使用地址码的方式接入多个采集节点,再由微控制单元(MCU)作为主控芯片来进行轮询与同步通信任务调度。各个测点的传感器都配有自己独立的采样时序以及数据缓存寄存器,可以保证多通道温度信号在毫秒级时间差内完成同步采集,以检查电气设备关键部位动态温度场分布。系统软件设计采用分层结构,底层驱动模块实现总线初始化与节点寻址,中间层完成温度数据解码与校准算法调用,上层数据处理单元执行温度场拟合与曲线平滑运算。传感器自带的温漂补偿与线性修正模块通过内部 EEPROM 存

储标定参数,实现自动零点修正与增益匹配,显著提高测量一致性。实验教学中,教师可设置不同电气负载工况,控制加热单元功率变化,利用实时采集的多点温度数据绘制时域响应曲线,并通过对比各测点温升速率差异,引导学生分析导体热惯性及热传导延迟特性。系统还通过传感器自诊断功能检测通信异常、数据丢失及温度漂移状态,MCU 在检测到异常标志位后可触发中断处理流程并记录故障信息。整体实验系统在硬件层面实现模块化组装,软件层面具备可扩展的接口协议,既能满足教学演示的实时可视化需求,又能支撑学生开展多变量的特性建模与算法验证实验。

#### 4.2 基于智能压力传感器的动态响应与线性补偿实验

《检测技术与仪表》课程实验教学中基于智能压力传感器的动态响应和线性补偿实验的应用,其目的在于搭建精度高、可重构的教学测试平台,从而验证传感器的动态特性和不同的线性化算法。该实验选择高集成度 MEMS 智能压力传感芯片,内部集成了微型放大单元、温度补偿模块以及数字信号处理核芯,以 SPI 总线和主控处理器通信开展数据高速交互。具体实验教学中压力传感器输出端口由 24 位  $\Delta-\Sigma$  型 ADC 采集输入至主控模块,通过 MCU 实时采集传感器采样数据,完成一阶差分滤波与多项式拟合,进而对非线性和温漂产生的零点偏移和灵敏度漂移进行修正;对于动态响应测试,采取可调式电控压力源生成阶跃信号,同时采样率按 1kHz 记录瞬态响应曲线,随后要求学生利用数据处理软件得到上升时间、超调量、稳态误差等参数,接着再以二阶系统模型求得传感器的时间常数与阻尼比;对于线性补偿实验,指导学生比较多段分段线性拟合和最小二乘多项式校正两种方法下的量化范围与不同算法在线性化过程中残差的分布规律,并通过本实验模块自身模块中的数字低通滤波与自适应噪声抑制模块消除外界环境的干扰<sup>[3]</sup>。数据标定环节基准源选择标准压力计,应用多点标定方法得到传感器输出的增益矩阵和偏移系数,同时借助实验软件自动生成补偿曲线并保存到传感器内 EEPROM 中,以达到参数自动修正的目的。此外,实验教学中教师应注重指导学生开展动态响应数据的频域特点分析,同时基于快速傅里叶变换提取系统的频响曲线,验证传感器带宽与响应延时的一致性。上述实验的教学包括智能传感器信号采集、动态特性建模和线性化补偿算法实现等核心环节,达到训练学生的闭环理论计算与实验验证的目的。

#### 4.3 基于智能加速度传感器的振动测量与频谱分析实验

《检测技术与仪表》实验教学中基于智能加速度传感器的振动测量与频谱分析实验,其主要运用嵌入式信号处理结构达到机械系统振动特性采集、分析。建立实验平台环节以集成数字信号处理单元的智能加速度传感器为检测装置,同时在内部嵌入高速模数转换器和自适应采样机制,这不仅能实时量化不同频带振动信号,同时还可以完成采样速率的

自动调整,减少过采样或者欠采样的情况发生。振动台上使用变频器调节激振力和频率大小以使得电机、轴承等被测件可以在不同的激振条件下得到响应特性重现。要求学生以多通道同步采样结构并行采集 x、y、z 三轴向加速度分量,确保振动矢量分解准确及幅频响应一致。经过传感器内的数字滤波及窗函数算法处理后,消除频谱泄漏及边缘效应,提高 FFT 运算幅值解析度。教师在指导过程中可引导学生基于频谱幅值峰值位置分析共振点特征,结合机械结构固有频率模型验证系统的谐振响应规律。此外,实验采用时域触发与频域锁相同步控制技术,实现多通道数据的相位一致采样,为后续特征参数提取与模态识别提供数据支撑。数据传输与可视化部分通过高精度数字接口实现实时频谱图输出,学生可根据采样速率及频率分辨率设置分析不同阶次振动模式的幅频特性变化<sup>[4]</sup>。整个实验体系在教学实施中通过参数可调的控制策略与内嵌算法可编程接口,使学生能够深入理解数字信号处理在传感器检测环节中的实现过程及其对测量精度的影响。该实验结构设计充分体现了智能传感器技术在《检测技术与仪表》课程中由传统模拟检测向数字化、集成化转变的教学特征。

#### 4.4 基于智能光纤传感器的电气设备状态监测实验

基于智能光纤传感器的电气设备状态监测实验以光纤布拉格光栅(FBG)为核心敏感单元,通过精确设计的光路与信号调理结构实现高压电气设备运行参数的多维检测。实验平台构建在分布式光纤传感网络基础上,各传感节点采用波分复用(WDM)方式在同一光纤链路中传输反射信号,实现多点同步监测。系统解调模块集成高稳定度宽带光源、光谱解调仪及微处理单元,形成光强解调、波长漂移修正及信号线性化一体化的数据处理架构。实验教学过程中,学生依据给定的温度与应变加载条件,通过可调恒温腔与应力加载装置分别施加外界扰动,实时采集 FBG 反射波长的变化曲线,并利用系统内嵌算法进行应变与温度双参分离计算。针对数据采集端以高精度 A/D 转换、时间同步控制的技术方案来保证各通道信号的相位一致性和幅值可比性的特点,

同时再借助于光谱基准校准单元以标准 FBG 参考光栅来进行波长零点的修正和系统响应线性的校准,从而增强检测精度。实验教学过程中教师要求学生独立完成包括光路损耗、传感节点反射特性测试以及信号噪声比的检测工作,从而促使其掌握从光信号调理到最后波长解调的全过程实验的操作方法。此外,采用不同的模块化接口能够使得实验平台可以根据具体实验对象选择相对应的光栅中心波长和反射带宽等的组合,以满足不同对象监测的实验要求<sup>[5]</sup>。最后,数据处理方面使用嵌入式信号滤波和温度漂移补偿算法,这能够保证检测反射波谱在复杂的电磁场环境下依然具有很好的稳定性和重复性。学生使用本实验平台可以在真实的电气设备运行模拟的环境下准确地采集传感器的信息并且完成对实验参数的分析,从而让他们了解整个智能光纤传感系统的配置方式及实验测量的过程。

## 5 结语

综上所述,智能传感器技术快速发展的红利为高等院校《检测技术与仪表》课程实验教学带来了全新技术支持与教学转变,借助于智能温度传感器、压力传感器、加速度传感器与光纤传感器引入到实验教学当中,在推动实验内容的系统化与数字化升级的同时,还可以让学生通过检测实验操作建立起系统思维及工程认知,从而更好地培养其创新和工程实践能力。

## 参考文献

- [1] 王东霞,温秀兰.新工科背景下检测技术与自动化仪表"金课"建设[J].中国现代教育装备,2023(15):104-106.
- [2] 刘兆栋,张伟,李振兴.检测技术与仪表课程学生学习评价改革探索[J].创新教育研究,2021,9(2):4.DOI:10.12677/CES.2021.92054.
- [3] 孟雪.新工科建设背景下"检测技术与仪表"课程混合式教学改革路径[J].西部素质教育,2023,9(19):127-130.
- [4] 周灿,凌玉华,陈致蓬,等.以应用为导向的检测技术与仪表课程教学改革[J].湖南工业职业技术学院学报,2023,23(4):116-120.
- [5] 刘宁宁,刘一波,陈铭.《检测技术及仪表》课程教学内容体系优化研究[J].2021.