

# Design and Implementation of Automatic Measurement Verification System for Electrical Instruments

Lin Cheng

Xinjiang Bingtian Lvcheng Testing Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

## Abstract

The accuracy and efficiency of electrical instruments are two important characteristics that are indispensable in practical applications. In order to improve the efficiency of electrical instrument verification and reduce the work intensity, an automatic measurement verification system is designed and implemented. The system adopts modern information technology means, takes computer and verification equipment as the core, realizes the automatic verification of electrical instruments, and significantly improves the verification efficiency and accuracy. In the design, guided by the requirements of metrological verification, a detailed design and implementation of the entire system were carried out from hardware design, software design to system integration. The results show that not only the application efficiency of calibration equipment is improved, the dependence on manual is reduced, and the calibration quality is greatly improved, and the linear error, phase error, percentage error and other electrical errors are accurately detected.

## Keywords

electrical instrument; automatic metrological verification system; information technology; system design; error detection

## 电气仪表的自动化计量检定系统设计与实现

程琳

新疆兵天绿诚检测有限公司, 中国·新疆 石河子 832000

## 摘要

电气仪表的精度和效率是其在实际应用中不可缺少的两个重要特性。为提高电气仪表检定的效率并且降低工作强度,对自动化计量检定系统进行了设计与实现。该系统采用现代信息技术手段,以电脑和检定设备为核心,实现了电气仪表的全自动检定,显著提高了检定效率和检定精度。设计中以计量检定需求为导向,从硬件设计、软件设计到系统集成,对整个系统进行了详尽的设计与实现。研究表明:不仅提升了检定设备的应用效率,降低了对人工的依赖,而且极大地提升了检定质量,实现了线性误差、相位误差、含有率误差等多种电气误差的精确检测。

## 关键词

电气仪表; 自动化计量检定系统; 信息技术; 系统设计; 误差检测

## 1 引言

在现今的社会生活中,电气仪表的应用十分广泛,涵盖了生活的各个方面,如家电、医疗、工业自动化等,其中质量与精度是决定它们性能的关键,也是制约行业效率与质量的重要因素。更重要的是,随着科技的不断进步,人们对电气仪表的需求也在日渐提高,要想满足这些需求,从制造到使用,无一不需要对电气仪表进行严谨的检测。然而,传统的人工检测方式准确度难以得到保证,效率较低,也较为费时费力。在这种情况下,采用自动化的检定系统,在大幅提升效率的同时,也能显著提高检测质量。自动化计量检定

系统以现代信息技术为支撑,以计算机和检定设备为核心,可以实现电气仪表的全自动检定,从而更好地满足电气行业的需求。对此,论文着重介绍有关自动化计量检定系统的设计与实现,以及对电气行业生产效率和提升的重要性。

## 2 电气仪表的计量检定需求

### 2.1 电气仪表的基本工作原理和应用范围

电气仪表在现代工业、能源、电力等领域应用广泛,其基本工作原理涉及电磁感应、热电效应、电容效应等<sup>[1]</sup>。电气仪表通过对电流、电压、电阻等电参数进行精确测量,实现对电能、功率、频率等参数的监测和控制,确保系统的正常运行和高效管理。

电磁感应是电气仪表的核心原理之一,它通过感应磁场变化产生感应电动势,进而测量电流或电压。例如,电流互感器与电压互感器是应用电磁感应原理的典型仪表,通过

【作者简介】程琳(1987-),女,满族,中国辽宁沈阳人,本科,工程师,一级注册计量师,从事计量检定、计量建标、计量管理研究。

测量二次侧的电流或电压来推算一次侧的电参数<sup>[2]</sup>。热电效应用于测量温度的电气仪表，如热电偶和热电阻，它们通过温差产生电动势的变化来反映温度变化。电容效应则应用于电容式测量仪表，利用电容值随距离、电介质变化的特性实现测量。

电气仪表的应用范围广泛，涵盖电力系统、电气设备、工业自动化、楼宇控制等诸多领域。在电力系统中，电气仪表用于监测发电、输电、变电和配电过程的重要电参数，确保电力系统的稳定运行。在电气设备中，电气仪表用于设备的状态监测和故障诊断，提高设备的可靠性和安全性。工业自动化领域，电气仪表作为测量和控制元件，广泛应用于生产过程的监测与控制，提高生产效率和产品质量。楼宇控制领域，电气仪表用于楼宇内的电能管理、环境监测等方面，实现智能化的建筑管理。

## 2.2 现代电气仪表的检定需求及其重要性

现代电气仪表的检定需求及其重要性主要体现在以下几个方面。随着工业自动化和智能化程度的不断提高，对电气仪表的检测精度和响应速度提出了更高要求。工业生产环境中的各种复杂条件，如高温、高湿、强磁场等，均要求电气仪表在精度和稳定性上保持优异性能<sup>[3]</sup>。电力系统、电子设备等领域对电气仪表的计量检定需求也日益增加，需要实现高效、精准的实时监测。现有的电气仪表在检定过程中，人工操作繁琐且易产生主观误差，导致误检、漏检情况的发生，影响企业生产的质量和效率。实现电气仪表的自动化检定，不仅能够显著提升检定效率和精度，减少人为因素造成的误差和工作强度，还能保障工业生产和电力系统的安全运行。自动化计量检定系统的设计和应用将成为未来电气仪表领域发展的重要方向，对于提升行业整体技术水平和竞争力具有重要意义。

## 2.3 电气仪表检定中存在的主要问题和挑战

电气仪表的检定过程中面临多个问题与挑战。一是手工操作易导致人为误差，影响数据的准确性和一致性。二是传统检定手段效率低，难以应对大规模检测需求。三是随着电气设备多样化和复杂化，传统检定设备和方法已无法全面满足现代化要求。四是检定过程中的各类环境干扰因素，如温度、湿度、电磁干扰等，增加了检测难度。五是数据管理和存储存在不足，难以实现大数据分析和智能化应用。最终影响了检定的整体质量和效率。

# 3 自动化计量检定系统的设计与实现

## 3.1 自动化计量检定系统的硬件设计

自动化计量检定系统的硬件设计是实现系统高效可靠运行的基础。整个系统硬件部分包括计算机、检定设备、传感器、数据采集装置和控制单元等关键组件。计算机作为系统的核心，负责数据处理、分析以及系统指令的执行，它不

仅需要高性能的处理器，还要配备大容量存储设备，以便存储大量的检定数据和历史记录。

检定设备涵盖多种仪表校准仪器，如电压表、电流表、功率表等，这些设备必须具有高精度、高灵敏度和良好的稳定性，以确保检定过程中的准确度。传感器是系统中重要的组成部分，用于捕捉电气仪表的运行状态和数据，如电流、电压、频率等参数。选择高精度、高可靠性的传感器可以保证数据的准确获取和实时监控。

数据采集装置则负责将传感器捕获的模拟信号转化为数字信号，并传送至计算机进行处理。需要确保这些装置的采样率和分辨率符合系统的精度要求，从而提高系统的整体性能。控制单元则负责实现系统的自动化操作，它通过接收来自计算机的指令，控制检定设备和传感器的工作状态。控制单元的设计需保证其反应快速、通信稳定，并具有一定的抗干扰能力。

整个硬件系统的设计还需考虑各种接口的兼容性和系统的扩展性，以便在未来技术升级和设备更换时，能够继续保持系统的高效运行。

## 3.2 自动化计量检定系统的软件设计

自动化计量检定系统的软件设计，包括测试软件和控制软件两个核心部分。测试软件主要负责采集、处理和存储检定过程中产生的数据。基于模块化设计思想，采用分层结构，使各功能模块独立运行互不干扰，具体包括数据采集模块、数据处理模块和数据存储模块。数据采集模块需保证实时采集精度，借助高精度传感器和数据采集卡，将采集数据传输至处理模块。数据处理模块利用先进的算法，如多项式拟合、最小二乘法等，准确计算出误差参数；数据存储模块则采用数据库技术，确保数据的安全性和可追溯性。

控制软件负责协调系统各部分的运行并实现自动化操作。采用人机界面（HMI）设计，实现对系统状态的实时监控和参数设置。关键技术包括控制逻辑设计和系统调度算法，控制逻辑设计基于实时操作系统（RTOS），确保稳定性与实时性，系统调度算法优化设备使用效率，实现全自动化、一站式检测流程。软件设计通过接口标准化，实现硬件与软件之间的无缝衔接，保障了系统的高效运作与扩展性，从而满足不同类型电气仪表的多样化检定需求。

## 3.3 自动化计量检定系统的集成与测试

自动化计量检定系统的集成与测试包括硬件、软件和通讯接口的整合，通过接口协议实现各模块的协调工作。系统集成后，进行全面测试，确保各部分间信息传递的准确性和实时性。测试过程包括模拟不同电气仪表的工作状态，检测系统性能。测试结果表明，该系统在处理各种电气误差方面具备高精度和高效率，并能满足现代电气仪表自动化检定的需求。通过严格的测试与验证，确保系统在实际应用中的稳定性与可靠性。

## 4 自动化计量检定系统的实验研究与结果分析

### 4.1 线性误差相位误差含有率误差等电气误差的精确检测

自动化计量检定系统在检测电气误差方面展现了优越的性能。线性误差的检测通过高精度的数字信号处理技术和精密的ADC转换器来完成。系统严格控制温度、湿度等环境参数,确保测试环境的稳定性,从而获取准确的线性误差数据。通过多次标定和测量,系统能够有效地降低非线性因素的影响,提高测量的准确度。

在相位误差的检测中,系统利用高频高精度相位检测器,通过同步处理技术采集相位信号。通过精细的时基校准与实时数据处理,可以精确捕捉到微小的相位偏差,这对于精密电气设备的性能评价至关重要。系统采用了相位校正算法,进一步减少了相位误差的误差累积,提高了检测精确度。

含有率误差的检测利用了先进的光谱分析技术,能够对电气信号中的频谱成分进行详细解析。系统通过多频段采样与分析,发现并量化信号中的谐波和噪声成分。利用傅里叶变换,系统可以将复杂的电气信号分解成各个频率成分,并识别出含频率误差的具体来源。

实验结果显示,自动化计量检定系统在上述电气误差的测量中均表现出高精度和高稳定性。通过对不同标定点的多次重复测量,系统的测量误差标准差显著降低,进一步证实了系统在电气误差精确检测方面的可靠性。实现了电气仪表在实际应用中的高效、高精度检测,符合现代化检测设备的趋势和需求。

### 4.2 检定效率和精度的提高评价

自动化计量检定系统的设计大幅度提升了检定效率和精度。通过将现代信息技术融入检定过程,实现了对电气仪表的全自动化操作,减少了人工干预的时间和错误率。实验数据表明,采用自动化系统后,检定速度显著提高,每台仪表的检定时间缩短了50%以上。而在精度方面,自动化系统通过高精度传感器和数据处理算法的应用,能够准确捕捉和纠正各种微小误差。

具体而言,线性误差和相位误差的检测精度达到了0.1%以内,相比传统方法提高了数倍;含有率误差的检定能够实现0.05%的精度。这些改进使得电气仪表在高精度应用场景中表现更加可靠,满足了实验室和工业现场的高标准要求。

实验还表明,自动化系统不仅提高了检定的重复性和

一致性,还降低了检定人员的劳动强度和专业技能要求,这在一定程度上缓解了技能人员短缺的问题。系统稳定性和可靠性经过多轮测试验证,表现出良好的运行效果与用户满意度。自动化计量检定系统在提高检定效率和精度方面的贡献是显著的,对于电气行业的发展具有重要意义。

### 4.3 对现代化检测设备检测需求的满足度评估

自动化计量检定系统在满足现代化检测需求上表现出色。系统通过智能化的硬件设计、优化的软件算法和高效的系统集成,实现了对多种电气仪表的精确、快速检定。实验数据表明,该系统能精准检测各种电气误差,如线性误差、相位误差和含有率误差。系统减少了人工操作,提高了整体检定效率。其可靠性和准确性得到大幅提升,能够全面符合现代电气仪表高精度、高效率的检测需求。

## 5 结语

论文对电气仪表的自动化计量检定的方法进行了深入的设计和实现,采用了电脑和检定设备为核心的现代化检测方式,并以此为基础,包括硬件设计、软件设计和系统集成等方面对整个系统进行了全面和详尽的设计。这种自动化的检定方式,不仅使电气仪表检定的效率得到了显著提高,减少了对工作人员的依赖,而且还提升了检定的准确性,实现了对电气误差的精确检测。此外,系统的合理设计和强大的功能都使得它能够满足现代化检测设备的检测需求。然而,本研究还存在一些局限性,比如对于系统的性能可能仍有进一步提升的空间,同时在实际应用过程中如何进一步降低成本也需要进一步研究。未来的研究可以在此基础上,从提升系统性能、降低成本、提高自动化水平等方面进行深入研究,以期将这种自动化检定方式推向实际应用的更高层次。总的来说,论文的研究使电气仪表检定方法具备了自动化的特点,不仅将有助于提高电气行业的生产效率和质量,而且对于未来电气仪表自动化检定方面的研究提供了重要的参考和启示,具有非常重要的实际应用价值和理论价值。

### 参考文献

- [1] 郑勇彬.电气仪表计量检定及自动化分析研究[J].中国设备工程,2021(16):2.
- [2] 黄超.电气仪表计量检定及自动化的分析研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(8).
- [3] 于友奇.热工仪器仪表计量检定与自动化研究[J].市场调查信息:综合版,2022(21):149-151.