

电气工程自动化中的仪表测控技术分析

米辰生

江苏启安建设集团有限公司 江苏 启东 226229

【摘要】：在电气工程自动化体系持续升级的背景下，仪表测控技术作为核心支撑环节，承担着电气参数采集、实时监测、精准控制与故障预警的关键职能，直接决定电气系统运行的稳定性、安全性与能效水平。本文围绕电气工程自动化领域仪表测控技术的核心内涵、分类特点展开分析，结合电力生产、工业电气控制、智能电网运维等实际场景，梳理技术应用现状与现存短板，针对性提出硬件优化、智能化升级、抗干扰强化、运维体系完善等优化策略，同时结合工程实践案例验证技术优化效果，为电气工程自动化系统的高效运行与技术迭代提供参考。

【关键词】：电气工程自动化；仪表测控技术；智能监测；系统优化；电气安全

DOI:10.12417/2811-0722.26.05.070

1 引言

随着工业智能化与电力系统数字化转型的深入推进，电气工程自动化已从传统单一设备控制，向全流程、全参数、智能化的集成管控方向发展。仪表测控技术作为电气工程自动化的“感知终端”与“控制枢纽”，通过对电压、电流、温度、压力、流量、转速等各类电气与工艺参数的实时采集、精准测量与闭环调控，保障电气设备连续稳定运行，降低故障发生率，提升能源利用效率。当前，我国电气工程自动化领域的仪表测控技术逐步向智能化、数字化、网络化转型，但在实际工程应用中，仍存在设备兼容性不足、抗干扰能力薄弱、运维管控滞后、智能化水平参差不齐等问题，制约了电气自动化系统整体效能的发挥。基于此，本文结合工程实践经验，深入剖析仪表测控技术的应用价值与优化路径，贴合电气工程专业技术人员的实操需求，为相关技术落地与系统升级提供理论与实践支撑。

2 电气工程自动化仪表测控技术核心概述

2.1 技术核心内涵与特点

仪表测控技术是融合传感器技术、信号处理技术、自动控制技术与通信技术的综合性技术，核心是通过专用测控仪表，完成电气系统运行参数的实时采集、数据转换、分析处理与指令输出，实现对电气设备与运行流程的自动化管控。相较于传统人工监测与简易仪表测量，现代仪表测控技术具备高精度、高灵敏度、实时性强、远程可控、闭环调控的核心特点，能够适配复杂工况下的电气工程运行需求，有效规避人工操作误差与安全隐患。在电气工程自动化体系中，仪表测控技术贯穿设备启停、运行监测、参数调节、故障预警、停机维护全流程，是实现无人值守、智能管控的基础前提，也是保障电力输送、工业生产、建筑配电等场景电气安全的核心技术支撑。

2.2 常用测控仪表分类及应用场景

电气工程自动化领域的测控仪表种类繁多，按照测量参数与功能可划分为四大类，各类仪表的核心功能、应用场景与技

术优势如下表所示，不同仪表协同配合，构建完整的电气参数测控体系。

表1 各类仪表的核心功能、应用场景与技术优势

仪表类型	核心测量参数	电气工程应用场景	核心技术优势
电量测控仪表	电压、电流、功率、功率因数、谐波	变电站运维、配电房管控、工业电气设备供电监测	测量精度高，支持谐波分析，适配高低压电气系统
温度测控仪表	设备绕组温度、环境温度、电缆温度	变压器、电机、开关柜温度监测，过热预警	响应速度快，可实现远程温度传输与超温报警
压力与流量测控仪表	液压系统压力、冷却介质流量、气体压力	电气设备冷却系统、液压传动电气控制系统	耐恶劣工况，稳定性强，适配连续运行场景
智能一体化测控仪表	多参数集成测量，含电量、温度、状态信号	智能电网、自动化生产线、智慧变电站	集成化程度高，支持联网通信，实现闭环控制

3 仪表测控技术在电气工程自动化中的核心应用

3.1 电力系统运行参数实时监测

仪表测控技术属于电力输配电以及变电站自动化系统的关键部分，是保证电网安全稳定运作的主要手段。电量测控仪表时刻监视母线电压，线路电流，有功功率，无功功率等重要参数，经过信号转换和数据传送后，把运行数据传送到监控后台，运维人员能在任何地点远程及时察觉电网运作状况中的电压偏离情况，功率因数不够，谐波偏高等状况。温度测控仪表主要是用来测量变压器绕组、开关柜触头、电力电缆等设备的温度变化，防止因温度过高造成绝缘老化、短路甚至火灾事故的发生，从而达到对电力系统运行状态全时段、全方位的控制。

3.2 工业电气自动化闭环控制

在工业生产当中，电气工程自动化系统依靠仪表测控技术

达成对生产设备实施精准闭环控制的目的。以电机拖动系统为例，转速测控仪表对电机转速进行实时采集，并将采集的数据传送到 PLC 控制系统当中，在 PLC 控制系统内对比设定参数与实际运行参数，进而自动调节电机供电频率和电压，从而达到精确控制转速的目的；化工、冶金行业电气自控系统中压力、流量测控仪表同执行机构配合使用，对介质输送以及设备压力实施自动调节，保证生产过程的连续稳定，削减人工干涉，改善生产效率和产品质量的稳定性。

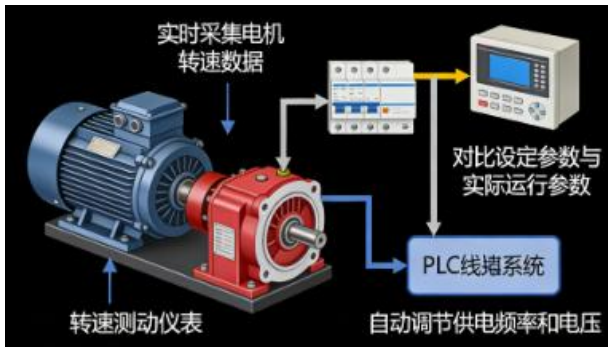


图1 工业电气自动化闭环控制流程

3.3 电气设备故障智能预警与诊断

现代仪表测控技术具有数据存储和分析的功能，通过长时间地采集设备运行参数，建立正常运行参数模型，当参数偏离正常阈值的时候，立即发出声光报警或者远程预警信号，实现故障的提前预判。对电机的电流波动、温度变化进行监测，可以对轴承磨损、绕组短路等可能存在的故障做出预先判断，分析配电系统的谐波参数可以发现由于非线性设备干扰或者线路老化所造成的问题。与传统的依靠事后维修的方式不同，基于测控数据的预判性维修可以有效地减少由于维护不当造成的设备停机时间，节约维修成本，并且能够延长电气设备的使用寿命。



图2 电气设备故障智能预警与诊断

3.4 智能电网与新能源发电协同管控

随着光伏、风电等新能源接入电网，电气工程自动化系统对仪表测控技术的要求也越来越高。智能一体化测控仪表可以及时采集新能源发电设备的输出功率、电压、频率等参数，与电网调度系统相结合来达到新能源发电和电网负荷之间的协调配合，保证电网的频率、电压稳定。与此同时测控仪表可以

对新能源发电进行能效计量、电能质量检测，给电网调度和能源结算提供准确的数据支持，促进智能电网和新能源产业共同发展。

4 仪表测控技术应用现存的主要问题

设备兼容性不好、标准度低。部分老旧电气系统的传统测控仪表和新型智能仪表之间存在着不同的通信协议，造成数据传输的壁垒，从而不能实现多仪表的数据共享以及集成管控，不同的厂家生产的测控仪表的接口标准也不一致，在后期的设备升级和更换过程中遇到很大的困难。仪表的抗干扰性还要加强。电气工程现场存在电磁干扰、电源波动、粉尘、潮湿等复杂的工况，部分测控仪表信号处理模块抗干扰能力不足，容易造成数据采集误差、信号失真等问题，影响测量精度和控制指令的准确性，严重的还会引起控制系统误动作，造成安全隐患。一些中小型企业还使用传统的机械式或者半电子式的测控仪表，没有具备数据的远程传输以及智能分析的功能，还需要人工进行记录和操作，自动化程度低；一些智能仪表的数据分析功能比较简单，只能实现简单的数据展示，不能对故障进行诊断、对能效进行分析等深层次的处理，不能满足智能化管控的要求。大多数企业的仪表采购重视度高、运维管理的轻视，缺少定期校准、检修制度，测控仪表长期运行之后出现测量精度下降、灵敏度降低等问题却没有及时进行校准更换；运维人员缺乏专业能力，对智能测控仪表操作、调试和故障排查存在不足，不能充分发挥仪表的技术作用。

5 电气工程自动化仪表测控技术优化策略

5.1 推进仪表标准化与集成化升级

为了解决设备兼容性的问题，在选择智能测控仪表的时候优先选用具有统一通信协议、标准接口的仪表，大力推行 MODBUS、PROFIBUS 等通用通信协议，消除各个厂家设备之间数据传输的壁垒，实现多仪表、多设备的数据集成控制。对老旧电气系统实施改造的时候，替换分散式的仪表，转而选用一体化测控模块，缩减设备数目，缩减线路布局，加强系统总体稳定性，削减后期升级与维护的困难。

5.2 强化仪表抗干扰性能优化

在仪表选型时选用带有电磁屏蔽、电源滤波的测控仪表以适应工业现场和电力现场复杂的环境，工程施工时规范测控仪表的布线，把信号线缆和动力线缆分开铺设，防止电磁干扰，安装信号隔离器、浪涌保护器等辅助设备，抑制电源波动及电磁干扰对测量信号造成影响，保证数据采集和传输的准确性。

5.3 加快智能化与数字化技术融合

逐步淘汰传统的低效测控仪表，用智能一体化测控仪表来代替它，该款产品带有数据处理芯片以及联网模块，支持数据的远程传输、云端存取和智能分析。借助大数据以及物联网技术创建电气工程自动化测控平台，把多台仪表的采集数据汇总

到平台上,从而达到全系统参数的集中监测,可视显示并远程操控的目的,创建故障诊断、能效分析模块,用数据建模实现设备故障自动诊断、能耗异常预警,提高系统的智能化管理水平。

5.4 完善运维管控与人员培训体系

建立健全测控仪表定期校准、检修制度,按照仪表使用规定和工程需要,定期对测量精度、灵敏度进行检测,对精度不合格的仪表及时维修或者更换,保证仪表始终处于最佳工作状态。加强运维人员的业务培训,主要对智能仪表的操作、系统的调试、故障的查找、数据的解读等各方面进行培训,提高运维人员的业务水平,充分发挥出仪表测控技术的优势。

6 工程实践案例分析

6.1 案例工程概况

本次以中型装备制造企业的生产车间电气自动化系统为案例进行改造,该车间主要完成机械零部件的加工生产任务,同时配套有多个自动化生产线以及大功率发电机组、变压器、配电开关柜等主要电气设备。改造之前,车间电气测控体系采用传统的分散式仪表,各仪表来自不同的厂家,通信协议不同,只能进行本地的参数显示,不能进行远程的数据传输,日常运维要依靠人工进行巡检并做好记录。由于受到现场电磁干扰、粉尘潮湿等工况的影响,仪表的测量误差比较大,设备过热、电流异常等故障不能提前预警,造成频繁出现生产线非计划停机的现象,不但影响生产进度,而且增加了设备维修和能耗成本,需要对仪表测控系统做专项优化改造。

6.2 测控系统改造实施方案

根据车间电气设备布置和运行的实际需要,严格执行前文提出的设计原则来制定相应的改造方案。第一,更换了全部原有的传统仪表,使用统一 Modbus 通信协议、标准接口的智能一体化测控仪表来覆盖电量、温度、转速、压力这四种主要参数的监测工作,实现了多仪表数据传输标准统一,构建车间集中式测控后台,消除数据传输的壁垒。第二,加强现场抗干扰

处理,重新规范车间测控线路布线,将仪表信号线缆和高压动力线缆分开铺设,保持安全间距,在仪表信号输入端加装信号隔离器和电磁屏蔽装置,优化电源滤波配置,抵抗现场电磁干扰和电源波动的影响。第三,完善运维管控体系,对测控仪表进行月度校准、季度检修制度,明确运维人员岗位职责,同时对智能仪表的操作、数据读取、故障初步排查等做专项培训,保证改造后系统的正常运转。

6.3 改造效果与效益验证

改造工程完工之后,就对车间电气自动化测控系统展开为期三个月的连续运行观测,各项主要指标均符合预期标准。系统数据采集精确度达到 99.5%以上,信号传送无失真,设备的故障预警准确率高达 98%,可以及时发觉电机绕组过热、电流增大变大、线路接触不良这些危险情形。车间电气设备故障率比上一年下降了 40%,非计划停机时间明显减少,生产线运行连续性提高,总体能源利用效率提高了 12%,设备维修费用、生产能耗费用均有所降低。此次改造充分验证了仪表测控技术优化策略的实际可行性,也给其他类似的工业电气自动化系统测控升级提供可以复制的经验。

7 结论

仪表测控技术是电气工程自动化体系不可缺失的重要部分,它所处的技术水平及运用效果同电气系统安全稳定以及高效运行有着直接联系。随着电气工程自动化的快速发展,向着智能电气、数字化电气、网络化的电气不断前进,仪表测控技术的发展也在随之改变。推进设备标准化、加强抗干扰性能、融合智能技术、完善运维体系可以很好地克服目前存在的不足,充分发挥测控仪表的效能。

随着人工智能、5G 通信等技术的不断渗透到仪表测控当中,仪表测控技术会向着更加精确、更加智能、全部采用无线的方式进行发展,从而促使电气工程自动化的系统不断发展,给工业智能化转型和电力系统的高质量发展提供更为雄厚的技术支持。

参考文献:

- [1] 徐宝武.仪表测控技术在电气工程自动化中的应用研究[J].模具制造,2025,25(02):26-28.
- [2] 吴家前.电气工程自动化中的仪表测控技术分析[J].科技资讯,2024,22(09):87-89.
- [3] 袁君,朱菁文,张长帅.电气工程自动化中的仪表测控技术探究[J].现代交通与冶金材料,2023,3(S1):151-153+157.
- [4] 陈娇,邓露凡.电气工程自动化中的测控技术应用研究[J].信息与电脑(理论版),2023,35(21):7-9.
- [5] 王雅欣.浅谈电气工程自动化中的仪表测控技术[J].电动工具,2023,(03):31-32.DOI:10.16629/j.cnki.1674-2796.2023.03.010.