

# 变电站监控系统中智能化仪表的应用

景程

华立科技股份有限公司, 中国·浙江 杭州 310023

**摘要:** 随着电力行业的发展和智能化技术的进步, 变电站监控系统正逐步向智能化、自动化方向迈进。智能化仪表作为变电站监控系统中的重要组成部分, 其应用对于提高电力系统的稳定性、安全性和经济性具有重要意义。论文详细探讨了智能化仪表在变电站监控系统中的应用, 包括其功能、特点、优势以及面临的挑战, 并提出了相应的解决方案。

**关键词:** 智能化仪表; 变电站监控系统; 电力系统; 稳定性; 安全性

## Application of Intelligent Instruments in Substation Monitoring System

Cheng Jing

Holley Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310023, China

**Abstract:** With the development of the power industry and the advancement of intelligent technology, substation monitoring systems are gradually moving towards intelligence and automation. As an important component of the substation monitoring system, intelligent meters have great significance for improving the stability, safety, and economy of power systems. This paper discusses in detail the application of intelligent instruments in substation monitoring systems, including their functions, characteristics, advantages, and challenges, and proposes corresponding solutions.

**Keywords:** intelligent instruments; substation monitoring system; power system; stability; security

## 1 引言

变电站是电力系统的重要组成部分, 其运行状态的实时监控对于保障电力系统的稳定运行至关重要。智能化仪表作为一种新型的测量与控制设备, 具有高精度、高可靠性、多功能等特点, 在变电站监控系统中得到了广泛应用。

## 2 智能化仪表的功能与特点

### 2.1 功能

智能化仪表在变电站监控系统中担任着多重关键任务, 其核心功能涵盖了数据采集、处理、显示以及控制(见表1)。这些功能共同确保了变电站的高效、稳定运行, 为电力系统的整体安全提供了坚实的支撑。

①实时测量电压、电流、功率等关键的电气参数。其参数是评估变电站运行状态的基础数据, 对于及时发现潜在问题、预防故障具有至关重要的作用。智能化仪表的高精度测量能力, 使得这些数据的准确性得到了有力保障, 为后续的数据处理和分析提供了可靠的基础。

②对测量数据进行简单的采集, 进一步对这些数据进行深入的处理和分析。通过先进的算法和模型, 其能识别出数据中的异常模式, 从而提供故障预警信息。这种预警机制有助于运维人员及时作出响应, 防止小问题演变为大故障, 大大提高了变电站的运行效率和安全性。

③具备强大的数据显示功能。通过内置的显示屏或者

与外部监控系统的通信接口, 智能化仪表可以将处理后的数据实时上传, 使得运维人员能够直观地查看变电站的运行状态。这种透明化的数据展示方式, 进一步提升了运维效率, 也为决策提供了有力的数据支持。

④接收并执行监控系统控制指令。在必要时, 运维人员可通过远程控制系统对变电站进行实时调整, 以确保其稳定运行。这种远程控制功能极大地提升了变电站管理的灵活性和响应速度, 为电力系统的稳定运行提供了有力的技术保障。

表 1 智能化仪表的功能

功能类别	具体内容	作用与意义
数据采集	实时测量电压、电流、功率等电气参数	这些参数是评估变电站运行状态的基础数据, 对于及时发现潜在问题、预防故障具有至关重要的作用
数据处理与分析	对测量数据进行深入处理和分析, 识别数据中的异常模式, 提供故障预警信息	有助于运维人员及时作出响应, 防止小问题演变为大故障, 提高变电站的运行效率和安全性
数据显示	通过显示屏或通信接口实时上传处理后的数据	使运维人员能够直观地查看变电站的运行状态, 提升运维效率, 为决策提供数据支持
控制功能	接收并执行监控系统的控制指令, 实现远程控制	提升变电站管理的灵活性和响应速度, 为电力系统的稳定运行提供技术保障

## 2.2 特点

智能化仪表作为现代工业测量与控制领域的重要技术之一，其独特特点赋予了它广泛的应用前景。其中，高精度测量、多功能集成、强大的通信能力以及高可靠性是智能化仪表最为显著的特点（见表 2）。

①高精度测量能力。其能力得益于先进的测量技术和算法的应用。这些仪表通过使用高精度的传感器和精密的信号处理技术，能准确地捕捉和测量各种电气参数，如电压、电流、功率等。这种高精度的测量不仅为工业生产和能源管理提供了准确的数据支持，并为故障诊断和预警提供了可靠的依据。

②多功能集成。其可以记录关键事件，如设备启动、停止、故障等，还能进行谐波分析和电能质量监测。这种多功能集成让智能化仪表成为工业生产和能源管理中的重要工具，为运维人员提供了全面的数据分析和故障排查手段。

③强大的通信能力。这些仪表支持多种通信协议，如 Modbus、Profibus、Ethernet 等，可轻松与上位机系统或其他智能设备进行无缝对接。这种强大的通信能力使得智能化仪表能够方便地与其他系统集成，实现数据的远程监控和管理。

④高可靠性。智能化仪表通常采用模块化设计，让各个功能模块相对独立，便于维护和更换。并且其还具有良好的抗干扰能力和稳定性，能在恶劣工业环境中长时间稳定运行。这种高可靠性保证了智能化仪表在工业生产中的长期稳定运行，降低了故障率和维护成本。

表 2 智能化仪表的特点及优势

特点	描述	技术应用	优势
高精度测量	准确捕捉和测量电气参数	先进的测量技术、高精度的传感器、精密的信号处理技术	为工业生产和能源管理提供准确数据支持，为故障诊断和预警提供可靠依据
多功能集成	集成事件记录、谐波分析、电能质量监测等功能	关键事件记录技术、谐波分析技术、电能质量监测技术	提供全面的数据分析和故障排查手段，成为工业生产和能源管理中的重要工具
强大的通信能力	支持多种通信协议，与上位机系统或其他智能设备无缝对接	Modbus、Profibus、Ethernet 等通信协议的支持	方便与其他系统集成，实现数据的远程监控和管理
高可靠性	模块化设计，良好的抗干扰能力和稳定性	模块化设计理念、抗干扰技术	保证在恶劣的工业环境中长时间稳定运行，降低故障率和维护成本

## 3 智能化仪表在变电站监控系统中的应用

### 3.1 实时监控

智能化仪表在现代电网运行中，实时监控功能让变电站各项电气参数，如电压、电流、功率因数等，始终处于运

行人员的掌控之中。引入其仪表代表了技术的进步，更是电网安全稳定运行的重要保障。

具体来说，智能化仪表通过其高精度传感器和先进的数据处理技术，能实时监控变电站内的各项关键电气参数。其参数包括但不限于电压、电流以及功率因数，都是评估电网运行状态的重要依据。电压稳定性直接关系到电力设备的正常运行和用户的用电质量，而电流大小和波动则能反映出电网负载情况和存在的异常。功率因数则是衡量电网效率的重要指标，其高低直接影响到电网的经济运行。

智能化仪表不仅能实时采集这些数据，还会通过内置数据处理单元进行即时分析，将复杂的电气参数转换成直观、易懂的图形或数字信息，呈现在运行人员面前。这样，运行人员即使没有深厚的电气专业知识，也能快速准确地把握电网的实时状态。

除了实时监控外，智能化仪表还具备数据存储和远程传输功能。能将所有监控数据保存下来，供日后分析或用于生成报告。其数据还可以通过安全通信网络，实时传输到远方的监控中心或管理平台，让电网运行状态在任何时候、任何地点都能被及时掌握。

另一个重要特点是其自我诊断和预警功能。一旦发现电网参数异常，如电压波动过大、电流超载或功率因数偏低等，仪表会立即发出警报，并通过显示屏或远程通信方式通知运行人员。这种即时的反馈机制，有效缩短了故障发现和处理的时

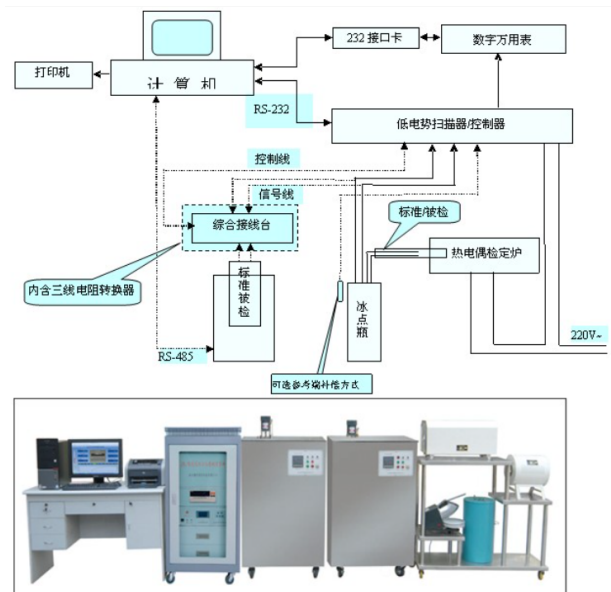


图 1 变电站智能仪表实时监控示意图

### 3.2 故障诊断与预警

通过对实时测量数据的精细处理，智能化仪表能够精准地捕捉到电网中的各类异常情况，如电压的瞬时波动或长期的谐波污染等，从而有力地确保了电网的稳定运行。

在电网的众多监控指标中,电压稳定性无疑是最为关键的。电压不稳定会导致电力设备的性能下降,更可能引发电网设备的损坏,严重时甚至会造成电网的大面积故障。而智能化仪表则通过持续不断地监测电压数据,对任何异常的电压波动进行即时反应。一旦发现电压出现非正常的升降,智能化仪表会迅速启动内置的预警系统。这种预警系统通过多种方式,如声光报警、电子邮件或短信,确保运行人员能够在第一时间得知异常情况并作出反应。

谐波污染是另一个电网中普遍存在的问题,其主要来源于各种非线性负载设备。谐波对电网的纯净度构成威胁,会干扰其他电气设备的正常运行。智能化仪表拥有对电网波形数据进行深入分析的能力,可通过高级算法,如傅里叶变换,精确地识别出谐波成分。当检测到谐波污染超过预设的安全阈值时,预警系统同样会被激活。

值得一提的是,智能化仪表在发出预警的同时,还会提供一套详尽数据报告。这份报告会详细列出异常发生的确切时间、持续时间,以及异常的具体数值和特征等信息。这些数据对于运行人员来说非常重要,因为不仅可帮助快速定位故障点,还能准确评估问题的严重性和可能的影响。此外,通过与历史数据对比分析,并揭示出电网运行中的异常模式,从而为预测和预防潜在问题提供有力的数据支持。

在接收到预警后,运行人员需迅速根据仪表提供的数据进行故障排查。先确定异常具体位置和根本原因,然后根据问题的性质采取相应的解决措施。例如,对于电压波动问题,需要调整变压器的设置或启动无功补偿装置来稳定电压;而对于谐波污染问题,则应该安装谐波滤波器或更换为更高效的电气设备。

### 3.3 电能质量监测

智能化仪表是现代电力技术的杰出成果,在电能质量监测领域的应用日益广泛。该仪表全面监测电网的电能质量,涵盖电压波动、频率偏差及谐波含量等关键指标,为电能质量的提升提供了坚实的数据支撑。

电能质量对于电力设备正常运行、用户用电体验及电力系统稳定至关重要。因此,对电能质量进行精确全面的监测显得尤为重要。智能化仪表通过高精度传感器和先进的数据处理技术,能够实时捕捉并分析电网中的各项电能质量参数。

在电压监测方面,智能化仪表能详细记录电压的瞬时值和变化趋势。当电压出现大幅波动或持续偏离正常范围时,仪表会迅速发出警报,并通过深入的数据分析帮助运维人员准确识别问题根源,如线路阻抗不匹配、负载变化或设备故障等。在频率监测上,智能化仪表同样表现卓越。电网的标准频率通常是 50Hz 或 60Hz,频率的任何偏差都可能对电力设备造成损害。该仪表能实时跟踪电网频率,一旦检测到频率偏差超出允许范围,会立即触发预警系统,提醒运维人员及时调整。

在此基础上,智能化仪表还能有效监测谐波含量。谐波主要由电力系统中的非线性负载产生,会对电网造成污染,影响电能质量。该仪表能对电网中的谐波进行频谱分析,精确测量各次谐波的含量,并通过详细的数据报告展示谐波污染的程度。这些数据为电力工程师提供了宝贵的参考,有助于他们设计和实施有效的谐波抑制措施。除了提供电能质量监测数据外,智能化仪表还具备数据存储和远程传输功能。这意味着运维人员可以随时随地访问仪表的监测数据,实现电能质量的远程监控和管理,从而大大提高了电能质量管理的效率和响应速度。

### 3.4 远程控制与管理

智能化仪表凭借其卓越的智能化和自动化水平,已逐渐成为现代电力系统管理的中坚力量。其仪表不仅展现出非凡的本地监控功能,而且能够与上位机系统实现高效的信息交互,接收并精确执行远程控制指令,进而推动变电站走向无人值守和远程管理的先进模式。

智能化仪表与上位机系统的联动,为其赋予了非凡的灵活性和可操控性。在传统变电站运营模式中,大量工作人员需进行现场操作和持续监控。然而,智能化仪表与上位机系统的紧密结合,彻底打破了这一传统模式。这种高效的通信能力,得益于稳定、可靠的通信协议和接口设计。确保了数据传输的精确性和实时性,使得上位机系统能够即时获取仪表的实时数据,并据此发出相应的控制指令。

借助与上位机系统的通信,智能化仪表能够迅速响应各种远程控制要求。例如,在变电站设备出现故障时,上位机系统能迅速发出指令,智能化仪表则会立即切断故障设备的电源,有效防止故障的进一步蔓延。并根据电网的实时运行状态和用户需求,上位机系统可以远程调整仪表的工作设置,以达到电网运行的最优化。在此基础上,这种通信方式还为变电站的无人值守创造了条件。在传统模式下,工作人员需定期进行设备检查和数据记录。如今,这些任务均可通过远程指令完成。运维人员只需在远程监控中心操作上位机系统,智能化仪表便能自动执行这些任务,并将相关数据及时回传,供运维人员进行综合分析和决策。智能化仪表还具备主动向上位机系统发送警报信息的功能。一旦检测到电网电能质量异常,如电压大幅波动、频率偏离标准范围或谐波含量超标等情况,仪表会立即通过通信接口将警报信息发送给上位机系统。让运维人员能够在第一时间获悉电网的异常状况,并迅速采取应对措施。图 2 为变电站远程控制示意图。

总的来说,通过与上位机系统的通信,智能化仪表实现了远程控制和管理,为变电站的无人值守提供了强大的技术支撑。这种创新变电站管理模式进一步提升了电网管理的效率和响应速度,并有效降低了运维成本和安全风险,为电力系统稳定运行和用户用电体验提供了有力保障。



图 2 变电站远程控制示意图

### 4 结语

智能化仪表在变电站监控系统中的应用对于提高电力系统的稳定性、安全性和经济性具有重要意义。随着技术的不断进步和应用需求的不断提高，智能化仪表将会在未来发挥更大的作用。所以，应该继续关注智能化仪表技术的发展动态，加强技术研发和创新，为推动电力行业的可持续发展做出贡献。

#### 参考文献：

[1] 傅亚启,张逸康.电力监控系统在智能变电站中的应用[J].科学中国人,2021(28):93-96.  
 [2] 宋昆,陈存.智能变电站二次设备的新型在线监测系统设计和应用[J].自动化与仪器仪表,2018(12):139-141.  
 [3] 宋孟华,王泽,姜潜基,等.变电站智能监控系统设计与实现[J].工业仪表与自动化装置,2023(3):8-11.  
 [4] 唐标,李博,刘斯扬,等.基于移动应用的布控球在变电站仪器仪表监测中的应用[J].电气应用,2020(12):68-73.

[5] 许飞,唐曙光,刘文涛,等.变电站远程智能巡检系统研究与应用[J].自动化仪表,2022(4):81-85.  
 [6] 伍太萍,程正,叶忠海,等.变电站集中监控数据智能分析研究[J].自动化与仪器仪表,2018(4):42-45.  
 [7] 陈志明,宁艳.基于实时数据的变电站在线智能巡检系统设计[J].电子设计工程,2022(14):73-76.  
 [8] 王帅,姜敏,李江林,等.全维度智能变电站设备状态监测关键技术研究[J].电测与仪表,2020(7):82-86.  
 [9] 张世琦,苗俊杰,李峻宇,等.基于深度学习的变电站表计智能识别方法[J].河北电力技术,2022(4):1-5.  
 [10] 彭志远,谷湘煜,杨利萍,等.面向变电站机器人的仪表检测与场景理解技术[J].计算机工程与设计,2021(12):3540-3547.  
 [11] 周仁才,陈众,郑旭江,等.基于变电站的智能化监控管理系统设计及功能研究[J].电力系统装备,2019(3):239-240.

作者简介：景程（1990-），女，中国浙江金华人，硕士，工程师，从事电力仪表研究。