

自动化技术在电力工程中的应用

贾靖

国网山西省电力公司怀仁市供电公司

摘要：为加强对电力运输的监控，减少故障频率，提高电能运输质量，本文结合具体案例，对自动化技术在电力工程中的应用进行分析研究，通过对电力工程自动化技术应用面临的挑战与问题内容阐述，结合具体案例，对自动化技术的具体应用进行概括总结，旨在充分提高自动化技术的应用效果，加强对电力工程的监控质量，在提供高效稳定电量的同时，也全面促进社会经济的不断发展。

关键词：自动化技术；电力工程；应用

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2023.10.126

引言

在当今世界，随着全球能源需求的不断增长以及对可持续发展的追求日益加剧，电力工程领域面临着前所未有的挑战和机遇，为了满足这些需求，提高能源效率，保障电网的可靠性与安全性成了当务之急，而自动化技术作为一种创新工具和解决方案，正逐渐成为实现这一目标的关键，它通过集成先进的监控、控制系统和智能算法，不仅极大地优化电力系统的操作和管理，同时还促进能源的有效分配与利用，显著提升了电网的性能和经济效益。

一、电力工程自动化技术应用面临的问题挑战

当前电力工程中应用自动化技术时，虽然带来了诸多改进和优化，但也面临着一系列挑战，首先高昂的初始投资成本是一个主要障碍，自动化系统的引入涉及昂贵的硬件和软件设备，以及这些系统的集成和部署费用，并且技术的快速迭代更新也构成了一定挑战，随着新技术的不断涌现，旧有的自动化系统可能迅速变得过时，这要求电力行业必须持续进行技术更新和维护，以保持其自动化系统的先进性和有效性。其次专业人才的缺乏也是一个不容忽视的问题。自动化技术的有效运用和维护需要具备相关专业知识和技能的人才，但目前在电力工程领域相关人才比较匮乏，并且由于自动化技术的引入增加了系统的复杂性，导致操作和管理的难度增加，更为复杂的系统需要更高级别的监控和控制，对操作人员的技能和经验提出了更高的要求。最后随着自动化系统越来越多地依赖于网络连接，网络安全成了一个不容忽视的问题，电力自动化系统逐渐成为网络攻击的目标，最终会破坏电力供应的稳定性和安全性，产生较大的经济损失。

二、案例分析

以某电力公司为例，受各种环境因素的影响，该公司面临着日益增长的能源需求和老化的基础设施挑战，

为了提高其电网的效率和可靠性，该公司启动了一项采用智能电网技术的先行项目，该项目集成了先进的自动化技术，包括分布式能源资源管理、智能传感器、以及基于人工智能的预测维护系统。在项目实施的首年内，通过安装10000多个智能传感器和500个智能终端，成功实现了对全网电流、电压、功率等关键参数的实时监控和分析。使得电力调度更加灵活高效，故障检测时间缩短了40%，大大提高了电网的稳定性和安全性。此外该公司还引入了基于机器学习的预测性维护模型，准确预测了85%的设备故障，从而减少了意外停电事件，在经济效益方面，智能电网技术的应用使得公司的运营成本在一年内降低15%，并通过优化能源分配，将碳排放量减少20%。在保障良好经济效益的同时，社会效益也更加突出。

三、电力工程中自动化技术的具体应用分析

（一）电力系统监测与控制

1. SCADA系统应用

SCADA系统（监控与数据采集系统）是电力工程领域自动化技术的核心组成部分，该系统可通过实时监控和控制电网的运行状态，保证电力系统的高效和可靠运行，其中SCADA系统主要由监控中心、通信网络、数据采集单元和控制单元组，在对电力系统进行监测的过程中，SCADA系统中的传感器和智能仪表负责实时收集各种电力设施的运行数据，如电压、电流、频率以及变压器和开关的状态信息，这些数据通过采集单元被实时发送到监控中心，将收集到的数据通过有线或无线通信网络传输到监控中心后，使用通信技术包括光纤、卫星链接、无线电波等，确保数据传输的速度和可靠性，上传完成后监控中心的计算机系统会对接收到的数据进行处理和分析，将数据转化为易于理解的图形和报告，通过用户界面展示给操作员，使得操作员能够实时监控电力系统的整体运行状态和任何特定设备的性能，之后基于

监控到的数据，操作员或自动控制逻辑可以远程控制电力系统中的设备，如启动或停止发电机、调节变压器的输出以及打开或关闭电网中的开关，这种控制不仅限于日常运行，还包括应对紧急情况，如故障隔离和系统恢复，此外在报警与事件处理方面，SCADA系统能够自动识别异常和潜在的故障，向操作员发出警报，包括超出预设阈值的电压或电流异常，设备故障等，同时系统还可支持事件记录和分析，帮助工程师诊断问题原因，优化运行策略。

2. 智能传感器应用

智能传感器能够监测电网中的多种参数，如电压、电流、频率以及温度等，根据这些关键指标，通过实时监测后运维人员可以及时发现问题所在，比如过载、电力损耗或是设备故障，从而采取必要的措施，比如采取调节发电量、重新分配电网负荷或是执行维护工作等手段，以避免故障发生，保证电力供应的连续性和可靠性，相比其他传感器，智能传感器显著优势是能够支持高级数据分析和预测性维护，通过将收集到的数据送入分析软件或机器学习模型中，可以预测电网的行为，甚至在问题发生前进行预警，例如通过分析历史数据，智能系统可以识别出设备故障的早期迹象，允许运维团队提前介入，从而显著降低故障率和维修成本，此外智能传感器也是实现电网自动化的关键，不仅可以自动收集数据，还可以根据预设的规则自动调节设备运行状态，如自动开启或关闭断路器以响应电网负荷变化，或是自动调整发电量以满足电力需求，从而提高电网的响应速度和灵活性。最后随着物联网技术的发展，智能传感器与仪表的集成性和互操作性也在不断提高，因此需要将来自电网各个部分的数据可以更加无缝地集成在一起，为运维团队提供一个全面的视角，帮助相关人员更好地理解和管理整个电力系统。

(二) 电力负荷管理

1. 需求响应技术

需求响应（DR）技术是一种关键的电力系统管理工具，旨在通过激励电力消费者调整其电力使用模式来应对电网的即时供需变化，目前在DR技术的实施方法中主要分为两大类，分别为价格基础的需求响应和激励基础的需求响应，价格基础的需求响应通过变化电价来影响消费者的用电行为，例如在高峰时段提高电价，以鼓励消费者减少用电，从而降低电网负荷，该方法效果直接依赖于消费者对价格变化的敏感度，激励基础的需求响应则是通过提供直接经济激励来鼓励消费者在特定时段减少电力消耗或启动备用电源，一般需要通过签订需求

响应协议来实现，其中规定在电网需求高峰时减少用电的具体要求和对应的奖励机制，例如一个工厂可能同意在需求高峰时减少生产线的运行，以换取电力公司提供的经济补偿。

除了直接影响消费者用电行为外，DR技术还利用高级自动化和实时数据分析来优化电力供应，通过部署智能电表和能源管理系统，电力公司能够实时监测电网状态并精准预测电力需求，从而提前调整电力分配策略，减少不必要的能源浪费，并确保电网的稳定运行。在实际应用中DR技术已经证明能有效减轻电网负荷，尤其是在极端天气或其他导致突增电力需求的情况下，通过减少对昂贵和污染重的备用发电机组的依赖，DR技术还有助于降低整个系统的运营成本和环境影响。

2. 分布式能源资源集成

分布式能源资源（DERs）的集成是现代电力系统中一个关键的发展方向，主要是将太阳能、风能等小规模电力生成设施的广泛部署于电网各个节点，旨在提供更加灵活和可靠的电力供应，在进行集成过程中，需要利用先进监控系统如智能传感器和物联网（IoT）设备来实时收集DERs的输出数据，包括发电量、消耗量和存储能力，这些数据经过分析后可以为电网运营商提供决策支持，以最佳方式调度各种能源资源。然后采用虚拟电厂（VPP）的概念，将分散的DERs通过网络技术集中管理，同时VPP利用高级预测算法和实时数据处理，预测电网需求和各DERs的供电能力，自动调整产能分配，确保电网供需平衡，例如当太阳能产量高但需求低时，VPP可以自动指令储能设备存储多余电能，而在需求高峰时释放这些电能，在集中管理过程中，可通过实施需求响应（DR）程序，自动化技术能够在电网负荷高峰时，远程控制某些DERs降低功率输出或启动储能系统，以减轻主电网的压力，不仅增强了电网的稳定性和可靠性，也为DERs所有者提供了额外的经济激励。此外在集成过程中，还可集成先进的通信技术，如5G网络，能够提供高速、可靠的数据传输，确保所有DERs及时响应中央控制室的调度命令，这种高效的数据交流机制能够有效维护电网平衡，及时响应突发事件，降低损失程度。

(三) 预测性维护

1. 基于条件监测与维护

该应用过程主要利用高级传感器和分析工具对电力设备的运行状况进行实时监测，需要依靠持续收集设备的运行数据，如温度、振动、电流和电压等关键指标，通过这些数据的实时分析，自动化系统能够识别出设备性能下降或潜在故障的迹象，同时这种基于条件的维护

方法还包括预测性维护的概念，即通过分析历史和实时数据来预测设备故障的可能性和时间，确保维护工作可以在故障发生前进行，极大地减少意外停机时间和维护成本，同时提高电力系统的整体可靠性和效率。

2. 人工智能与机器学习应用

在现代电力工程领域，人工智能（AI）与机器学习（ML）技术正在引领一场变革，尤其是在设备监测和预测性维护方面。这些技术能够分析来自电力系统各部分的大量数据，识别潜在的问题，从而实现故障预测和避免大规模停电。

机器学习模型能够处理和分析由传感器、智能表计和其他监测设备收集的庞大数据集，例如通过实时监控变压器、电缆和其他关键设备的温度、振动和电流，机器学习算法可以识别出设备性能的微妙变化，这些变化可能预示着将来的故障，预测过程中可使用时间序列预测，比如长短期记忆网络（LSTM），来模拟设备的正常行为模式并检测任何异常。

而机器学习技术支持预测性维护策略，能够基于历史数据和实时性能分析预测设备未来的故障，通过应用诸如决策树、随机森林或深度学习网络等算法，技术人员可以预测设备何时可能会发生故障，并据此安排维护，而不是依赖传统的定期或反应性维护程序，该方法应用不仅减少意外停机的频率，而且提高了整个电力系统的可靠性和效率。在具体应用的过程中，将人工智能与机器学习有效结合，能够优化维护资源的分配，通过预测最可能需要维护的设备和部件，电力公司可以优先考虑高风险区域，从而更有效地使用有限的维护资源。

（四）电力系统安全保护

1. 电网保护应用

在电网保护应用中，自动化继电保护是电网保护策略中的核心，继电器会自动监测电流和电压的变化，当检测到异常情况（如过电压、过电流或短路）时，继电保护系统能迅速切断故障区域，防止故障扩散到电网的其他部分，这种快速响应减少了电网损害的范围和严重程度，提高了系统的整体安全性。同时采用自适应保护技术，利用实时数据和先进的算法，根据电网的运行状态和环境条件动态调整保护设置，通过对电网负载和拓扑结构实时变化的全面考虑，从而更有效地防止和管理故障，例如在分布式发电资源日益增加的今天，自适应保护技术能够确保保护方案随着电网结构的变化而更新，避免保护盲区的产生，并且故障定位与隔离技术也是一项重要的自动化应用，通过高速通信网络和GIS（地理信息系统）技术，可以快速精确地定位故障点，

自动控制开关装置隔离故障段落，同时指派修复任务，极大地缩短恢复供电的时间，并为维护人员提供准确的故障位置信息，最后利用高级监控和分析工具，如相量测量单元（PMU）和宽区域监测系统（WAMS），提供对电网状态的深入洞察力，实时监测电网的健康状况，及早警示潜在的不稳定现象，从而使操作人员可以采取预防措施，避免大规模的电力系统故障。

2. 网络安全

在网络安全保障中，需要实施严格的身份验证和访问控制机制，通过使用多因素认证和最小权限原则，确保只有授权用户才能访问系统资源，并限制其访问范围至仅需之最，之后将加密技术应用于数据传输和存储过程中，以防止数据在传输过程中被截获或篡改，及存储时被未经授权的访问，运用端到端加密可以确保数据即使在公共网络中传输也能保持私密性和完整性，并且在此基础上部署入侵检测和预防系统（IDPS），以此能够实时监控网络流量，以识别并阻止潜在的恶意行为，结合最新的安全信息和事件管理（SIEM）系统，可以有效地分析日志数据，及时发现异常行为，快速响应安全事件，最后定期进行安全演练和漏洞评估是维持电力系统网络安全的关键，通过模拟各种网络攻击场景，电力企业可以评估其防御措施的有效性，并根据评估结果调整安全策略，修补潜在的安全漏洞。

结语

综上所述，随着技术的不断进步和创新，自动化技术在电力工程中的应用将更加广泛和深入，能够带来更加智能、高效和可靠的电力系统，因此在后续技术应用中，需要不断提高重视，在新技术融合和创新思维的推动下，确保自动化技术将继续在电力工程中扮演关键角色，引领走向更加绿色、智能化的道路，促进我国电力行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 许素玲. 电气自动化技术在电力工程中的应用探索[J]. 中国设备工程, 2021, 12.
- [2] 刘善忠. 自动化技术在电气工程中的应用探析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017, 01.
- [3] 吕文渊. 电气自动化技术在电力工程中的应用与发展[J]. 光源与照明, 2023, 03.
- [4] 许素玲. 电气自动化技术在电力工程中的应用探索[J]. 中国设备工程, 2021, 12.

作者简介: 贾靖(1994年6月), 男, 山西省忻州市代县, 本科, 助理工程师, 研究方向: 电力工程。