

新能源并网技术下的电气工程自动化挑战与对策研究

王汉峰

中国能源建设集团北京电力建设有限公司 北京 100024

摘要: 在全球倡导绿色发展的大背景下, 新能源产业迅猛崛起, 以风电、光伏为代表的新能源大规模接入电网成为趋势。本文聚焦新能源并网技术下电气工程自动化领域, 深入剖析所面临的挑战及应对策略。新能源并网虽为能源转型带来机遇, 却使电气工程自动化面临稳定性、电能质量、控制与保护等难题, 如新能源发电间歇性致电网波动、谐波影响电能质量等。为此, 文章提出应用储能技术、治理谐波、开发先进控制策略等对策, 旨在提升电气工程自动化在新能源并网情境下的适应性, 推动电力行业向清洁、高效、可靠方向迈进, 助力新能源与传统电力系统深度融合。

关键词: 新能源并网技术; 电气工程; 自动化挑战; 对策研究

引言: 在全球能源转型浪潮中, 新能源并网技术蓬勃发展, 成为缓解传统能源危机、改善环境问题的关键路径。太阳能、风能等新能源凭借清洁、可再生特性, 逐步在能源格局中崭露头角。电气工程自动化作为电力系统高效运行的核心支撑, 在新能源并网大趋势下, 迎来全新机遇与严峻挑战。如何化解新能源并网给其带来的稳定性、电能质量等多方面难题, 实现两者协同共进, 成为当下电力领域亟待攻克的重要课题, 对保障能源安全、推动可持续发展意义深远。

1 新能源并网技术概述

新能源并网技术是实现新能源高效利用、接入常规电网的关键技术体系, 其主要涵盖光伏并网、风电并网及储能系统并网等多种类型。在光伏并网技术领域, 通过太阳能电池将太阳能转化为电能, 再借助最大功率点跟踪 (MPPT) 技术, 让光伏电池稳定工作在最大功率点附近, 大幅提升发电效率。常用的MPPT算法有扰动观察法、电导增量法等。光伏逆变器则将直流电转换为交流电, 实现与电网连接, 其需具备高效、稳定等性能, 以满足电网接入标准。风电并网技术方面, 风力发电机控制技术对风机转速、桨距角等参数进行调控, 实现功率调节与稳定并网。常见控制策略包括最大功率跟踪控制、恒功率控制等。风电变流器把风机产生的交流电转换为符合电网要求的交流电, 具备高转换效率、低谐波含量等特性, 保障风电系统稳定运行。像大型风电场, 众多风机通过先进的控制技术和变流器设备, 将风能转化为电能并成功并入电网。储能系统并网技术同样关键, 其包含储能变流器技术 (PCS) 和储能系统管理技术。储能变流器作为电网与储能系统接口, 完成电能双向转换及充放电控制。储能系统管理技术则对电池进行

全方位管理与监控, 确保安全、高效运行^[1]。

2 新能源并网技术下电气工程自动化面临的挑战

2.1 稳定性挑战

2.1.1 新能源发电的间歇性和波动性

太阳能、风能等新能源的发电功率受自然条件影响较大, 具有明显的间歇性和波动性。例如, 太阳能光伏发电依赖于光照强度和时间, 白天光照充足时发电功率较高, 而夜晚或阴天时发电功率则大幅下降甚至为零。风力发电同样受到风速、风向等因素的影响, 风速不稳定导致风机的输出功率波动频繁。这种间歇性和波动性使得新能源接入电网后, 会对电网的功率平衡产生冲击, 增加了电网频率和电压稳定控制的难度。当大量新能源接入电网时, 如果不能有效应对其功率波动, 可能导致电网频率偏差超出允许范围, 影响电力系统的正常运行, 甚至引发系统振荡和停电事故。

2.1.2 对电网电压和频率的影响

新能源发电的接入改变了电网原有的潮流分布, 可能导致局部地区电网电压出现偏差。例如, 在光伏或风电集中接入的区域, 当发电功率较大而负荷较小时, 多余的电能无法及时被消耗, 会使电网电压升高; 反之, 当发电功率不足而负荷较大时, 电网电压则会降低。此外, 新能源发电的波动性还会引起电网频率的波动。由于电网的频率与发电和用电功率的平衡密切相关, 新能源发电功率的不稳定会破坏这种平衡, 导致电网频率波动。而电网频率的不稳定会影响到各类用电设备的正常运行, 尤其是对频率敏感的设备, 如电动机、变压器等, 可能会降低其使用寿命甚至损坏设备。

2.1.3 系统振荡问题

新能源并网系统中, 由于变流器等电力电子设备的

广泛应用，其控制环节和电网条件的复杂性增加了系统振荡的风险。例如，当多个新能源发电单元通过逆变器接入电网时，逆变器之间的控制参数相互影响，可能引发系统的低频振荡。此外，新能源发电系统与电网之间的阻抗匹配不当，也会导致系统振荡的发生。系统振荡会使电网中的电流和电压出现周期性的波动，严重时会使电力系统稳定性，导致设备损坏和大规模停电事故。

2.2 电能质量挑战

2.2.1 谐波问题

新能源发电设备中的逆变器、变流器等电力电子装置在工作过程中会产生大量的谐波电流。这些谐波电流注入电网后，会使电网电压波形发生畸变，影响电能质量。谐波会导致电气设备发热增加、效率降低，缩短设备的使用寿命。例如，谐波会使变压器的铁损和铜损增加，引起变压器过热；谐波还会干扰通信系统，影响通信质量。对于一些对电能质量要求较高的用户，如医院、精密制造业等，谐波问题可能会导致其设备无法正常运行，造成严重的经济损失。

2.2.2 电压波动和闪变

新能源发电的波动性不仅会影响电网的频率和电压稳定性，还会导致电压波动和闪变问题。当新能源发电功率快速变化时，会引起电网电压的快速波动，这种电压波动如果超过一定范围，就会产生电压闪变现象。电压闪变会使照明设备闪烁，影响人的视觉舒适度，同时也会对一些对电压敏感的设备造成损害，如计算机、精密仪器等。对于工业用户来说，电压波动和闪变可能会导致生产过程中的废品率增加，影响生产效率和产品质量。

2.3 控制与保护挑战

2.3.1 复杂的控制策略需求

新能源并网系统的运行特性与传统电力系统有很大不同，这就要求电气工程自动化系统具备更加复杂和智能的控制策略。例如，在新能源发电功率波动较大的情况下，需要实现对发电单元、储能系统和电网之间的协调控制，以维持系统的稳定运行。还需要考虑不同新能源发电设备之间的协同工作，以及与传统电源的配合。这就需要开发先进的控制算法和模型，实现对系统的精确控制和优化调度。然而，目前的控制技术在应对新能源并网带来的复杂性方面还存在一定的局限性，难以满足实际运行的需求。

2.3.2 保护装置的适应性问题

传统的电力系统保护装置是基于固定的电源和负荷特性设计的，而新能源并网后，电网的结构和运行方式发生了很大变化，使得传统保护装置的适应性面临挑

战。例如，新能源发电单元的接入改变了电网的故障电流分布，可能导致传统的过流保护、距离保护等装置误动作或拒动作。此外，新能源发电设备中的电力电子装置在故障时的暂态特性与传统电气设备不同，现有的保护装置难以对其进行有效的保护。

2.3.3 通信与信息交互的难题

新能源并网系统中，大量的分布式发电单元、储能设备和智能用电设备需要实时进行通信和信息交互，以实现系统的协调控制和优化运行。然而，目前的通信网络在可靠性、带宽和实时性方面还存在不足，难以满足新能源并网系统对通信的要求。例如，在一些偏远地区，通信信号可能不稳定，导致数据传输中断或延迟，影响系统的控制效果。此外，不同厂家生产的设备之间在通信协议和接口标准上存在差异，也增加了系统集成和信息交互的难度^[2]。

3 应对新能源并网技术挑战的对策

3.1 稳定性提升对策

3.1.1 储能技术的应用

储能系统可以在新能源发电功率过剩时储存电能，在发电功率不足时释放电能，起到平抑功率波动、稳定电网的作用。例如，采用锂电池储能系统，通过合理的充放电控制策略，能够快速响应新能源发电功率的变化，有效减少其对电网的冲击。同时，储能系统还可以参与电网的调峰、调频和备用服务，提高电网的灵活性和可靠性。为了充分发挥储能系统的作用，需要进一步优化储能系统的配置和控制策略，降低储能系统的成本，提高其能量转换效率和使用寿命。

3.1.2 优化电网结构与调度

通过加强电网基础设施建设，优化电网结构，提高电网的输电能力和稳定性。例如，建设坚强的智能电网，采用柔性交流输电技术（FACTS）和高压直流输电技术（HVDC），增强电网对新能源发电的接纳能力。在电网调度方面，引入先进的能量管理系统（EMS）和广域测量系统（WAMS），实现对新能源发电、负荷需求和电网运行状态的实时监测和精确预测。根据预测结果，合理安排发电计划，优化电网潮流分布，确保电网在各种工况下都能保持稳定运行。

3.1.3 虚拟同步发电机技术的应用

虚拟同步发电机技术（VSG）通过控制逆变器的输出特性，使其模拟同步发电机的运行特性，为电网提供惯性和阻尼支撑。VSG技术能够有效改善新能源发电系统的稳定性，提高其对电网扰动的适应能力。例如，当电网发生频率波动时，VSG可以像同步发电机一样自动

调整输出功率,抑制频率变化,增强电网的稳定性。通过推广应用VSG技术,可以使新能源发电设备更好地融入电网,提高整个电力系统的稳定性和可靠性。

3.2 电能质量改善对策

3.2.1 谐波治理技术

采用谐波治理装置,如静止无功补偿器(SVC)、有源电力滤波器(APF)等,对新能源发电设备产生的谐波进行治理。APF能够实时检测电网中的谐波电流,并产生与之大小相等、方向相反的补偿电流,从而抵消谐波电流,使电网电压波形恢复正常。同时,在新能源发电设备的设计和选型过程中,应选用低谐波的电力电子装置,并优化其控制策略,从源头上减少谐波的产生。

3.2.2 电压波动和闪变抑制措施

为抑制电压波动和闪变,可以采用动态电压恢复器(DVR)、静止同步补偿器(STATCOM)等设备。DVR能够快速检测电网电压的波动情况,并通过注入适当的电压来补偿电压偏差,保持负载端电压的稳定。STATCOM则可以根据电网的需求动态调节无功功率,维持电网电压的稳定,减少电压波动和闪变的发生。此外,通过优化新能源发电设备的控制策略,使其能够根据电网电压的变化自动调整输出功率,也可以有效抑制电压波动和闪变。

3.3 控制与保护优化对策

3.3.1 开发先进的控制策略

研究和开发适用于新能源并网系统的先进控制策略,如模型预测控制(MPC)、分布式协同控制等。MPC能够根据系统的预测模型和未来的运行目标,提前计算出最优的控制策略,实现对新能源发电系统和电网的协同控制。分布式协同控制则可以使多个分布式发电单元和储能设备在分布式的架构下实现协同工作,提高系统的整体运行效率和稳定性。同时,结合人工智能和机器学习技术,对系统的运行数据进行实时分析和学习,不断优化控制策略,提高系统的自适应能力和智能化水平。

3.3.2 改进保护装置与策略

针对新能源并网系统的特点,研发新型的保护装置

和保护策略。例如,采用基于故障分量的保护原理,利用新能源发电设备故障时产生的故障分量特征来实现快速、准确的保护。同时,利用通信技术实现保护装置之间的信息共享和协同工作,提高保护的可靠性和选择性。此外,还可以引入智能保护技术,如基于神经网络的保护算法,通过对大量故障数据的学习和训练,使保护装置能够更好地识别故障类型和故障位置,实现对新能源并网系统的有效保护。

3.3.3 加强通信与信息交互建设

构建高速、可靠、安全的通信网络,满足新能源并网系统对通信的需求。采用光纤通信、无线通信等多种通信方式相结合的方式,提高通信网络的覆盖范围和可靠性。同时,统一通信协议和接口标准,促进不同设备之间的互联互通和信息交互。利用云计算、大数据等技术,建立新能源并网系统的信息管理平台,实现对系统运行数据的集中存储、分析和处理。通过加强通信与信息交互建设,提高系统的智能化管理水平,为实现新能源并网系统的高效控制和保护提供有力支持^[3]。

结束语

综上所述,新能源并网技术与电气工程自动化的融合发展,是电力行业实现可持续进步的必由之路。尽管当前在稳定性、电能质量、控制与保护等层面遭遇诸多挑战,但通过采用储能技术、优化电网架构、治理谐波、开发先进控制策略以及改良保护装置等一系列举措,可显著增强电气工程自动化在新能源并网情境下的运行效能与可靠性。随着技术的持续创新与完善,新能源并网规模将进一步扩大,电气工程自动化系统也将愈发智能与高效。

参考文献

- [1]王鹏翔.变电站备自投及保护中分布式新能源并网技术探析[J].电力设备管理,2024,(20):143-145.
- [2]李伟敏.风电新能源数字化发展与并网技术探讨[J].中国自动识别技术,2024,(05):143-146.
- [3]洪兆金,陈月琴.新能源数据中心的交直流并网技术研究[J].电信快报,2024,(01):145-148.