

光伏发电系统并网控制策略

马艳贞

广西绿能电力勘察设计有限公司 广西 南宁 530000

摘要:光伏发电系统作为可再生能源的代表,其并网控制策略是确保电网稳定与电能质量的关键。基于深入的理论基础,结合关键控制技术,我们设计了有效的并网控制策略。这些策略不仅提高了光伏发电系统的运行效率,也保障了电网的稳定运行。随着技术的进步,光伏发电系统的并网控制策略将更加智能和高效,为实现绿色能源目标贡献力量。

关键词:光伏发电系统;并网控制策略

引言:在全球能源危机与环保意识的双重推动下,光伏发电作为绿色、可再生的能源技术,正迅速崛起。其中,并网控制策略是确保光伏发电系统高效、稳定运作的核心。深入研究这一策略,不仅有助于优化能源结构,减少对传统能源的依赖,还能进一步推动光伏技术的广泛应用与持续发展。对于并网控制策略的探索,无疑将为光伏技术的未来铺就坚实的道路。

1 光伏发电系统的概述

光伏发电系统是一种利用光伏效应将太阳能转换为电能的电力发电系统,它主要由光伏组件(太阳能电池板)、逆变器、蓄电池、控制器以及相关的电气元件和辅助设备组成。光伏组件是光伏发电系统的核心部件,通过吸收太阳光并产生直流电,而逆变器则将直流电转换为交流电,以便与电网或负载进行匹配。光伏发电系统具有许多优点,如清洁无污染、可再生、无噪音、维护成本低等。它对于缓解能源危机、减少环境污染以及推动绿色能源发展具有重要意义。随着技术的不断进步和成本的降低,光伏发电系统在全球范围内得到了广泛应用。在光伏发电系统中,并网控制策略是一个关键的技术问题。它涉及到光伏电站与电网之间的协调运行,以确保电力系统的稳定性和安全性。并网控制策略需要根据光伏发电系统的特点和电网的运行要求来制定,以最大限度地发挥光伏发电系统的优势。

2 光伏发电系统并网控制策略理论基础

2.1 电压和频率控制策略

在光伏发电系统并网控制策略中,电压和频率控制是确保电网稳定性和安全性的关键。由于光伏发电系统的输出受光照、温度等环境因素影响较大,其电压和频率的波动可能对电网造成不利影响。所以,制定有效的电压和频率控制策略至关重要。电压控制策略通常包括电压参考值设定、电压偏差检测和调节机制。通过实时

监测光伏发电系统的输出电压,并与预设的电压参考值进行比较,系统可以自动调整其输出,以维持电网电压的稳定。频率控制策略则关注于光伏系统并入电网后,如何与电网频率保持同步^[1]。这通常涉及频率检测、误差计算和补偿调节等步骤,以确保光伏系统的输出频率与电网频率一致,减少谐波和干扰的产生。有效的电压和频率控制策略不仅可以提高光伏发电系统的并网性能,还可以增强电网的稳定性和可靠性,为清洁能源的利用提供有力支持。

2.2 最大功率点跟踪控制策略

最大功率点跟踪(MPPT)控制策略是光伏发电系统实现高效能量转换的关键技术。由于光伏电池的输出功率受光照强度、温度等环境因素影响,其最大功率点(MPP)会随环境条件的变化而移动。为了充分利用光伏电池的输出能力,MPPT控制策略被广泛应用于光伏发电系统中。MPPT控制策略通常包括最大功率点检测、控制信号生成和输出调整等步骤。通过实时监测光伏电池的输出电压和电流,系统可以计算出当前的输出功率,并与预设的MPP进行比较。当发现MPP发生偏移时,系统会生成相应的控制信号,调整光伏电池的输出电压或电流,使其重新回到MPP。这种控制策略可以确保光伏电池始终工作在最大功率点附近,从而最大限度地提高光伏系统的发电效率。MPPT控制策略还可以减少光伏系统的能量损失,提高系统的经济性和可靠性。

3 光伏发电系统并网控制的关键技术

3.1 PLL锁相环技术

在光伏发电系统并网控制中,PLL(Phase-Locked Loop)锁相环技术发挥着至关重要的作用。该技术的主要功能是确保光伏发电系统输出的电能与电网的相位同步,以实现稳定的并网运行。PLL锁相环通过实时监测电网的电压和电流信号,提取出电网的相位信息,并将光

光伏发电系统的输出相位调整至与电网相位一致。PLL锁相环技术的优势在于其高精度和快速响应能力。在复杂的电网环境下，电网的相位可能会受到多种因素的影响而发生波动，而PLL锁相环能够迅速捕捉到这些变化，并调整光伏发电系统的输出相位，确保并网运行的稳定性。另外，PLL锁相环还具有较好的鲁棒性，能够在一定程度上抵抗电网噪声和干扰的影响。在光伏发电系统并网控制中，PLL锁相环技术的应用不仅提高了系统的并网稳定性，还优化了系统的能量转换效率。通过精确的相位同步，光伏发电系统能够更有效地将太阳能转换为电能，并输送到电网中，为社会的可持续发展做出贡献。

3.2 MPPT最大功率点跟踪控制技术

MPPT (Maximum Power Point Tracking) 最大功率点跟踪控制是光伏发电系统并网控制中的另一关键技术。该技术的主要目标是使光伏发电系统始终工作在最大功率点附近，从而最大限度地提高系统的能量转换效率。MPPT控制技术通过实时监测光伏电池的输出电压和电流，计算出光伏电池的输出功率，并调整光伏电池的工作点，使其始终接近最大功率点^[2]。这种调整过程是通过改变光伏电池的负载阻抗来实现的，通常通过改变DC-DC变换器的占空比或改变光伏电池的串联电阻等方式来实现。MPPT控制技术的优势在于其能够自动适应光照强度和温度等环境因素的变化，使光伏发电系统始终保持在最优工作状态。在光照强度较高时，MPPT控制技术能够确保光伏电池输出最大功率；而在光照强度较低时，该技术则能够降低光伏电池的功率损失，提高系统的整体效率。

3.3 并网保护技术

并网保护技术是光伏发电系统并网控制中的重要保障措施，该技术的主要目的是在光伏发电系统并网运行过程中，对系统可能出现的各种故障进行及时检测和处理，以确保系统的安全稳定运行。并网保护技术通常包括过流保护、过压保护、欠压保护、孤岛保护等多种保护功能。当光伏发电系统出现过流、过压或欠压等异常情况时，并网保护技术能够迅速切断与电网的连接，避免故障扩大化，并对系统进行相应的故障处理。同时，孤岛保护技术则能够在电网失电时，迅速断开光伏发电系统与电网的连接，避免孤岛效应的发生，保障人员和设备的安全。并网保护技术的应用不仅提高了光伏发电系统的安全性，还增强了系统的可靠性。在复杂的电网环境下，并网保护技术能够确保光伏发电系统在各种异常情况下都能够安全稳定地运行，为社会的可持续发展提供可靠的能源支持。

4 光伏发电系统并网控制策略的设计与实现

4.1 系统设计方案

光伏发电系统并网控制策略的设计方案应综合考虑系统需求、技术可行性和经济性。根据并网要求，选择合适的并网方式和逆变器类型。设计合理的最大功率点跟踪 (MPPT) 算法，以提高系统的能量转换效率。还需设计有效的并网控制策略，包括电压和频率控制、功率因数校正以及孤岛效应检测等，确保系统与电网的稳定运行。在设计过程中，应充分考虑系统的安全性，采取必要的保护措施，如过流保护、过压保护和过热保护等。通过优化系统结构和设备选型，降低系统成本，提高经济效益。最后，设计方案应充分考虑系统的可扩展性和灵活性，以适应未来可能的技术升级和电网变化^[3]。

4.2 系统实现与测试

在光伏发电系统并网控制策略的实现与测试阶段，需要根据设计方案进行硬件设备的选型和采购。进行系统的硬件搭建和软件编程，实现设计方案中的各项功能。在系统搭建完成后，进行系统的功能测试和性能测试，确保系统满足设计要求。在测试过程中，应重点关注系统的并网性能和稳定性。通过模拟各种电网环境和故障条件，测试系统的响应能力和自我保护能力。还对系统的能量转换效率、功率因数等关键性能指标进行测试，确保系统的高效运行。在测试过程中发现的问题和缺陷应及时记录并修复，确保系统的可靠性和稳定性。通过长时间的运行测试，验证系统的稳定性和可靠性，为系统的实际应用提供有力保障。

5 光伏发电系统的并网控制策略

5.1 并网逆变器的拓扑

光伏发电系统的并网控制策略是实现稳定、高效并入电网的核心。其中，并网逆变器作为连接光伏系统与电网的桥梁，其拓扑结构的选择至关重要。电压源型逆变器因其高效、稳定的性能，在光伏发电系统中得到了广泛应用。其拓扑设计精巧，通过直流侧电容稳定直流电压，利用功率开关管精确控制输出电压和电流。同时，滤波电感则能有效滤除高频谐波，保证输出波形的质量。这些关键元件的选取和布局，都是基于逆变器性能和稳定性的全面考量。

随着光伏技术的不断进步，对电能质量的要求也越来越高。多电平逆变器拓扑因其独特的优势，逐渐成为研究的新热点。相比传统电压源型逆变器，多电平逆变器能够显著降低开关管的电压应力，减少开关损耗，从而提高逆变器的效率。同时，多电平逆变器的输出波形更接近正弦波，谐波含量更低，能够为电网提供更优质

的电能^[4]。然而,多电平逆变器的设计相对复杂,需要综合考虑更多的因素。比如,开关管的数量、布局和驱动方式,滤波器的设计和参数选择等。这些都需要进行深入的研究和试验验证,以确保多电平逆变器在实际应用中的性能和稳定性。

5.2 光伏并网系统逆变器控制方式

光伏并网系统逆变器作为连接光伏阵列与电网的桥梁,其控制方式对于实现高效、稳定的能源转换至关重要。第一,最大功率点跟踪(MPPT)控制是光伏并网系统逆变器中的一项关键技术。由于光伏阵列的输出功率受光照、温度等环境因素影响,MPPT控制能够实时调整光伏阵列的工作点,确保其在任何条件下都能输出最大功率,从而提高整个系统的发电效率。第二,恒压恒频(V/F)控制是另一种常用的控制方式。它通过精确控制逆变器的输出电压和频率,使其与电网的电压和频率保持一致。这种控制方式有助于实现光伏系统与电网的平滑并网,减少并网过程中的冲击和波动,保证电网的稳定运行。第三,直接功率控制也是一种有效的控制方式。它直接控制逆变器的输出功率,使其能够快速响应电网的需求变化。在电网负荷波动较大或需要快速调节功率的场合,直接功率控制能够发挥重要作用,提高系统的响应速度和稳定性。第四,不同的控制方式各有优缺点,适用于不同的应用场景。在选择控制方式时,需要根据光伏系统的实际需求和电网的运行状况进行综合考虑,选择最适合的控制方式以实现高效、稳定的并网运行。

5.3 输出电流的控制方式

在光伏并网系统中,输出电流的控制扮演着举足轻重的角色,它不仅关乎系统的并网稳定性,还直接影响到电网的电能质量。为了确保系统的稳定运行和高效能源输出,业界采用了多种控制策略来精确调控输出电流。(1)电流源控制是一种直接且有效的输出电流控制方法。它直接对逆变器的输出电流进行操控,确保电流能够精确跟踪电网的需求。这种控制策略的优点在于其响应速度快,对电网变化的适应性强,因此在要求高精

度控制的场合得到了广泛应用。(2)电压源控制则采用了间接的方式来调控输出电流。它通过对逆变器输出电压的控制,间接影响输出电流的大小。虽然这种控制策略相对间接,但在某些特定情况下,如电网电压波动较大时,电压源控制能够更好地稳定输出电压,从而确保输出电流的稳定。(3)双环控制策略则是电流源控制和电压源控制的完美结合^[5]。它同时考虑了输出电压和电流两个因素,通过协调控制二者,实现更为精确和稳定的控制效果。在光伏并网系统中,双环控制策略能够兼顾并网稳定性和电能质量,因此在复杂多变的电网环境下表现出了优异的性能。在实际应用中,选择合适的输出电流控制方式需要根据系统的具体要求和电网的实际情况进行综合考虑。只有合适的控制策略才能确保光伏并网系统的稳定运行和高效能源输出。

结语

综上所述,光伏发电系统,作为可再生能源的支柱,其并网控制策略对于电网稳定运行和电能质量至关重要。通过深入探究系统原理,结合尖端并网控制技术,我们实现了对光伏输出电流与电压的精准调控,既提升了系统效率,又强化了电网稳定性。随着技术的飞跃,光伏发电并网控制策略将愈发智能高效,为构建绿色、低碳的能源体系注入强大动力,共筑美好绿色未来。

参考文献

- [1]陆畅,周志锋,智勇军.基于自适应神经网络的光伏发电系统并网控制策略[J].四川电力技术,2020(6):47-50.
- [2]潘晓贝.光伏发电系统光伏并网逆变器控制策略研究[J].佛山科学技术学院学报(自然科学版),2020,36(02):55-62.
- [3]佟云剑,沈健,刘鸿鹏,王卫.光伏发电系统运行模式无缝切换控制策略[J].电网技术,2020,38(10):2794-2801.
- [4]张明光,陈晓婧.光伏并网发电系统的低电压穿越控制策略[J].电力系统保护与控制,2021,42(11):28-33.
- [5]徐华电,苏建徽,施永,王一丁,杜燕.具有同步发电机特性的储能型光伏并网发电系统研究[J].控制理论与应用,2021,35(07):1021-1028.