

浅析光伏发电并网技术

邹誉靖

四川科锐得发电有限公司 四川 乐山 614000

摘要：在全球能源格局深度变革的当下，传统化石能源的局限性与环境危害日益凸显。本文主要对光伏发电并网技术进行了浅析。阐述了光伏发电并网系统包含光伏电池阵列、功率追踪器、蓄电池组、逆变器以及交流负载与交流电网等基本结构，深入探讨了最大功率点跟踪（MPPT）技术、孤岛效应检测技术、继电保护技术和自动化技术等关键技术要点，并提出了提升电网运行效率、加强谐波控制等优化策略。通过对这些方面的研究，旨在为光伏发电并网技术的进一步发展完善提供有益参考，促进其在能源领域的更广泛应用与高效运行。

关键词：浅析光伏；发电并网；技术

引言：随着全球对清洁能源的需求日益增长，光伏发电作为一种重要的可再生能源利用形式备受关注。光伏发电并网技术的发展对于实现能源的可持续供应具有关键意义。它能够分散的太阳能资源有效整合到电网中，提高能源利用效率并减少对传统化石能源的依赖。然而，在并网过程中面临着诸多技术挑战，如如何确保光伏电池始终工作在最大功率点，如何准确检测孤岛效应以保障电网安全稳定运行，以及如何优化继电保护和自动化控制等。因此，深入研究光伏发电并网技术的各个环节，对推动新能源产业的进步极为重要。

1 光伏发电并网系统基本结构

1.1 光伏电池阵列

光伏电池阵列是光伏发电并网系统的核心部件之一，它由众多光伏电池单元串并联组成。其工作原理基于半导体的光电效应，能将太阳能直接转换为直流电能。光伏电池的类型多样，包括单晶硅、多晶硅和薄膜电池等，不同类型在转换效率、成本和稳定性等方面各有优劣。阵列的规模和布局需依据实际的发电需求与安装场地条件设计，其输出功率受光照强度、温度等环境因素显著影响。合理的阵列设计可有效提高太阳能的捕获效率，为后续电能转换与并网奠定基础。

1.2 功率追踪器

功率追踪器在光伏发电系统中起着至关重要的作用。其主要功能是实时跟踪光伏电池阵列的最大功率点，确保光伏电池始终在最佳工作状态下运行，从而提高整个系统的发电效率。它通过不断监测光伏电池的输出电压和电流，运用特定的控制算法，如最大功率点跟踪（MPPT）算法，调整负载的等效电阻或工作电压，以实现最大功率输出。在不同的光照强度和温度环境下，光伏电池的最大功率点会发生变化，功率追踪器能够快速、精准地适应这

些变化，克服传统固定电压跟踪方式的局限性，使光伏发电系统能更高效地利用太阳能资源。

1.3 蓄电池组

蓄电池组在光伏发电并网系统中承担着能量存储的关键任务。当光照充足时，光伏电池阵列产生的多余电能被蓄电池组储存起来；而在光照不足或夜间等无光照时段，蓄电池组则释放电能，为负载供电或维持系统的基本运行。蓄电池的类型有铅酸蓄电池、锂离子蓄电池等，它们在能量密度、充放电效率、寿命和成本等方面存在差异。合理选择蓄电池的容量和类型对于保障系统的稳定性和可靠性至关重要^[1]。

1.4 逆变器

逆变器是光伏发电并网系统中的关键电力转换设备。由于光伏电池阵列输出的是直流电，而电网和大多数负载使用的是交流电，逆变器的主要作用就是将直流电转换为符合电网要求的交流电。它通过复杂的电子电路和控制策略，把直流电能按照一定的频率、电压和相位转换为交流电能。逆变器的性能直接影响到电能质量和并网的稳定性。高效的逆变器能够降低电能转换过程中的损耗，提高系统整体效率；同时，它还具备多种保护功能，如过流保护、过压保护和孤岛保护等，可有效保障系统的安全运行。

1.5 交流负载与交流电网

交流负载是光伏发电并网系统电能的最终使用者，涵盖了工业、商业和家庭等各个领域的用电设备，如电动机、照明灯具、家用电器等。这些负载的功率需求和运行特性各不相同，对电能质量和供电可靠性有着不同程度的要求。交流电网则是一个庞大而复杂的电力传输与分配网络，光伏发电系统通过逆变器将电能注入交流电网，实现与电网的并网连接。在并网过程中，需要

遵循电网的相关标准和规范,确保电能的顺利传输和分配,同时不对电网的稳定性和其他用户的用电造成不良影响。电网的调度系统会对光伏发电系统的发电量进行监测和调控,使其与整个电网的电力供需平衡相协调,实现能源的优化配置和高效利用,促进可再生能源在电力系统中的大规模整合与可持续发展。

2 光伏发电并网关键技术

2.1 最大功率点跟踪(MPPT)技术

光伏电池的输出特性受光照强度、温度等环境因素影响呈现非线性,其输出功率存在一个最大功率点。MPPT技术的目的就是在任何光照和温度条件下,都能实时且自动地跟踪并调整光伏电池的工作点,使其始终运行在最大功率点附近,从而最大化地利用太阳能资源。该技术主要通过硬件电路和控制算法实现。常见的硬件电路包括DC-DC变换器等,它能够调节光伏电池的输出电压或电流。控制算法则依据不同的原理,如最大功率点跟踪算法中的最大功率跟踪法、最大功率电压跟踪法等。这些算法通过不断监测光伏电池的电压、电流等参数,计算出当前的功率值,并与之前的功率值进行比较,然后根据比较结果调整硬件电路的工作状态,以实现向最大功率点的逼近。例如,当光照强度增加导致光伏电池输出电压升高时,MPPT控制器会调整DC-DC变换器的占空比,使光伏电池的输出电压和电流重新匹配到最大功率点对应的状态。MPPT技术的有效应用能够显著提高光伏发电系统的发电效率,降低发电成本,对于光伏发电的大规模应用和推广具有极为重要的意义。

2.2 孤岛效应检测技术

孤岛效应是指在电网因故障或停电等原因断开后,光伏发电系统仍继续向局部负载供电,从而形成一个电力孤岛的现象。孤岛效应检测技术旨在及时、准确地发现这种异常情况,以保障电力系统的安全稳定运行以及维修人员的人身安全。第一,主动式检测方法是较为常用的一类,例如频率偏移法。它通过主动在逆变器输出端注入微小的频率扰动信号,正常并网时,由于电网的强大“钳制”作用,频率变化微小难以察觉;而当孤岛形成后,因没有了电网的约束,负载与逆变器之间的相互作用会使系统频率发生明显变化,通过监测频率的变化情况就能判断是否出现孤岛。第二,还有基于通信的检测方法,它借助专用的通信线路或电力线载波通信等手段,在电网与光伏发电系统之间建立信息交互通道。电网端实时向光伏系统发送自身运行状态信息,光伏系统据此判断是否与电网连接正常。一旦通信中断或接收到电网故障信号,便可迅速检测到孤岛效应并采取相应

措施,如停止发电。第三,被动式检测方法则是通过监测电网的电压、电流、频率等参数的变化来判断孤岛是否发生。例如电压幅值检测,当孤岛形成后,由于负载与逆变器的匹配关系改变,电压幅值可能会超出正常范围,若检测到电压异常变化持续一定时间,即判定出现孤岛。这些检测技术相互配合、互为补充,确保对孤岛效应的高可靠性检测^[2]。

2.3 继电保护技术

由于光伏发电具有间歇性、波动性以及其独特的电力电子设备接入等特点,使得继电保护面临新的挑战。

(1)针对光伏电源的接入,需要重新考虑保护的配置与整定。例如,传统的电流保护在光伏电源接入后可能会出现误动或拒动情况。因此,要根据光伏电站的容量、接入位置等因素,对电流速断保护、限时电流速断保护和过电流保护的定值进行优化调整,确保在故障发生时能够快速、准确地切除故障线路,同时又不会因光伏电源的影响而误动作。(2)对于光伏逆变器等电力电子设备,要设置专门的保护措施。由于逆变器在运行过程中可能会出现过流、过压、过热等故障,继电保护装置需要实时监测这些参数,一旦超出正常范围,立即启动保护动作,如封锁脉冲信号、断开连接电路等,防止故障扩大,保护设备安全。(3)还要考虑光伏并网系统与电网之间的协调保护。在电网发生故障时,既要保证光伏系统能够按照要求快速响应,协助电网恢复稳定,又要防止在电网故障清除后,光伏系统重新并网时的冲击对电网和自身设备造成损害。通过采用先进的继电保护技术与通信技术相结合,实现光伏并网系统与电网之间的信息共享与协同保护,从而提高整个电力系统的可靠性和安全性。

2.4 自动化技术

在系统运行方面,自动化技术实现了对光伏电池阵列、逆变器等设备的智能控制。例如,通过自动化控制系统能够根据光照强度、温度等环境条件自动调节光伏电池的工作状态,优化最大功率点跟踪,确保发电效率始终处于较高水平。在监控领域,自动化技术构建起了完善的监测网络。借助各类传感器,实时采集光伏电站设备的运行数据,包括电压、电流、功率、设备温度等参数。这些数据被传输至监控中心后,自动化软件系统会对其进行分析处理,一旦发现数据异常,立即发出警报,以便运维人员及时进行故障排查与修复,大大提高了系统的可靠性和维护效率。在管理上,自动化技术有助于实现对光伏发电并网系统的远程调度与优化配置。通过与电网调度系统的信息交互,依据电网的负荷需求、电能质量要求等,自动化

地调整光伏发电系统的发电量和并网功率,使其能够更好地融入电网运行体系,实现能源的高效分配与利用,自动化技术还能对储能设备进行智能管理,合理安排充放电策略,进一步提升整个系统应对电力供需变化和保障电力稳定供应的能力,推动光伏发电并网系统向智能化、高效化方向不断发展。

3 光伏发电并网的优化策略

3.1 提升电网运行效率

(1) 在电网规划与设计层面,需充分考虑光伏发电的分布特点和出力特性。对于光伏电站集中接入的区域,合理规划变电站的布局与容量,缩短电能传输距离,减少线路损耗。例如,采用智能电网技术,通过先进的传感器和通信网络,实时监测电网的潮流分布,动态调整输电线路的运行参数,使电能能够以最优路径传输,降低线路电阻损耗和无功损耗。(2) 优化光伏电站的并网接入方式。采用先进的电力电子变换器,提高逆变器的转换效率和电能质量。例如,采用高频隔离型逆变器,可减少变压器的体积和损耗,同时改善输出交流电的谐波特性。并且,通过分布式光伏电站的多点接入电网,形成分布式能源网络,与集中式发电相互补充,提高电网的灵活性和可靠性,避免因单一电源故障或出力波动对电网运行造成过大影响。(4) 建立智能的电网调度与控制系统。该系统能够精准预测光伏发电的出力变化,结合负荷需求,提前制定发电计划和调度策略。在不同时段,根据光照强度和用电峰谷情况,合理安排光伏电站的发电功率和储能设备的充放电,实现削峰填谷,平衡电网供需。例如,在白天光照充足且用电低谷时,将多余的光伏发电储存起来;而在用电高峰时,释放储能电能或调整光伏电站的输出功率,减少电网的调峰压力,从而提高整个电网的运行效率,促进光伏发电与电网的协调发展,实现能源的高效利用和可持续供应。

3.2 加强谐波控制

(1) 光伏发电系统中的逆变器等电力电子设备是谐波产生的主要源头。为加强谐波控制,应优化逆变器的设计与控制策略。采用先进的脉宽调制(PWM)技术,如空间矢量脉宽调制(SVPWM),通过精确控制开关器件的导通与关断时间,降低输出电流的谐波含量,提

高逆变器的开关频率,使谐波频谱向高频段移动,便于后续滤波处理。(2) 在电网接入点处设置合适的滤波器是控制谐波的有效手段。无源滤波器结构简单、成本较低,由电感、电容和电阻等元件组成,可针对特定次数的谐波进行滤除,如常用的单调谐滤波器和高通滤波器等,能够有效削减低次谐波分量。然而,无源滤波器存在滤波特性固定、易与电网阻抗发生谐振等缺点。因此,有源滤波器应运而生,它能够实时检测电网中的谐波电流,并通过控制电路产生与之大小相等、方向相反的补偿电流,注入电网从而抵消谐波。将无源滤波器与有源滤波器结合使用,可充分发挥两者优势,实现更全面、高效的谐波控制。(3) 加强对光伏发电系统的谐波监测与管理也不可或缺。建立完善的谐波监测网络,实时掌握电网中的谐波状况,以便及时发现问题并调整控制策略,制定严格的谐波排放标准 and 规范,要求光伏发电企业严格遵守,促使其在设备选型、系统设计和运行维护等环节充分考虑谐波控制要求,从源头上减少谐波的产生与注入,保障电网的电能质量,为各类电力设备的安全稳定运行创造良好条件,促进光伏发电并网技术的可持续发展^[1]。

结束语

综上所述,光伏发电并网技术在当今能源转型进程中占据着举足轻重的地位。通过对其基本结构、关键技术以及优化策略的深入剖析,我们看到了这一技术的复杂性与重要性。尽管仍面临诸多挑战,如最大功率点跟踪的精准度提升、孤岛效应检测的可靠性强化、继电保护与自动化水平的进一步完善以及谐波控制的持续优化等,但随着科技的不断进步与研究的深入开展,光伏发电并网技术必将不断成熟,为全球能源可持续发展贡献更为卓越的力量,开启清洁能源广泛应用的崭新篇章。

参考文献

- [1]于晓旭.太阳能光伏发电并网技术的应用探究[J].装备维修技术,2020(2):183-184.
- [2]刘劲.影响光伏并网发电谐波水平的主要因素分析[J].电工技术,2019(12):66-67.
- [3]陈炜,艾欣,吴涛,等.光伏并网发电系统对电网的影响研究综述[J].电力自动化设备,2019(2):26-32.