

# Grid Connection Technology and Application of Solar Power Generation in New Power Systems

Ziwen Li

Guodian Investment Hubei New Energy Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

## Abstract

This paper aims to discuss the grid connection technology and application of solar power generation in the new power system. The basic principle and composition of the solar power generation system are introduced, and the characteristics, requirements and optimization of the grid connection technology of the traditional power system and the new power system are analyzed. Focus on the interface between solar power generation system and power system and the application and standard of grid-connected technology. At the same time, the application of grid connection of solar power generation system, including distributed solar power generation system, large-scale solar power station grid connection and solar power connection in micro-grid. Further discuss the technical performance and management optimization, as well as the challenges and solutions faced in the implementation.

## Keywords

new power system; solar power generation; grid connection technology; application

## 新型电力系统中太阳能发电的并网技术与应用

李子文

国电投湖北新能源科技有限公司, 中国·湖北 武汉 430000

## 摘要

论文旨在探讨新型电力系统中太阳能发电的并网技术与应用。介绍太阳能发电系统的基本原理和组成, 分析传统电力系统与新型电力系统的并网技术的特点、要求及优化。重点讨论太阳能发电系统与电力系统的接口问题以及并网技术应用和标准。同时探讨太阳能发电系统的并网应用, 包括分布式太阳能发电系统、大规模太阳能发电站并网和微电网中的太阳能发电并网。进一步讨论并网技术性能与管理优化, 以及实施中所面临的挑战和解决方案。

## 关键词

新型电力系统; 太阳能发电; 并网技术; 应用

## 1 太阳能发电系统概述

### 1.1 太阳能发电原理

太阳能发电是基于光伏效应的原理。当光线照射到太阳能电池上时, 光子与太阳能电池中的半导体材料发生相互作用。这个过程中, 光子的能量被转化为光电子的能量, 从而产生电流。太阳能电池通常由多个组成单元(电池片)组成, 这些单元通过串联或并联的方式连接起来, 形成太阳能发电系统。太阳能发电原理的关键是半导体材料中的 P-N 结构。P-N 结构是指在太阳能电池中有一个 P 型和一个 N 型半导体层<sup>[1]</sup>。当光子击中太阳能电池表面时, 会激发出电子-空穴对, 电子会朝着 N 型半导体层移动, 而空穴则朝着 P 型半导体层移动。这样, 产生的电流就可以被太阳能电池捕获和利用。

### 1.2 太阳能发电设备和组件

太阳能发电系统包括太阳能电池阵列、电池变流器、电池储能装置和监测控制系统等。

太阳能电池阵列是将多个太阳能电池组装成一个整体, 通常安装在适当的角度和位置, 以接收最大限度的太阳光。电池变流器起到将直流电转换为交流电的作用, 并适应电网要求。电池储能装置用于存储太阳能发电系统产生的多余电能, 以便在需要时提供电力。监测控制系统用于实时监测太阳能发电系统的性能参数, 并对其进行管理和控制。太阳能发电系统还包括配套的支架、电缆、保护装置等组件, 以及配电系统和接入电网系统<sup>[2]</sup>。太阳能发电设备和组件的设计和选用, 对太阳能发电系统的效率和可靠性具有重要影响, 因此在实际应用中需根据具体情况进行合理选择和优化配置。

【作者简介】李子文(1990-), 男, 中国湖北襄阳人, 本科, 从事新能源发电研究。

## 2 电力系统并网技术

### 2.1 传统电力系统并网原理与特点

传统电力系统并网是指将多个发电机组连接到一个共同的电力系统中,以便实现电力的互相传输和供应。其原理是通过将电力从发电机输送到变电站,然后再将电能分配到消费者,实现电力的供需平衡。传统电力系统并网具有高可靠性、大规模供电、长距离输电能力、长距离输电能力、集中调度和管理等特点。传统电力系统采用了多个发电机组并联运行的方式,一旦某个发电机组出现故障,其他发电机组可以顶替其供电,保证了电力的连续供应。可以连接多个大型发电站和变电站,可以满足大规模城市和工业区域的供电需求。采用高压输电线路和变电设备,能够实现长距离的电能传输,满足不同地区间的能源互通。通过集中调度和管理,能够实现对整个电力系统的优化运行,确保电力的稳定供应<sup>[3]</sup>。

### 2.2 新型电力系统的特点与要求

新型电力系统是指在传统电力系统基础上,引入了新技术和新能源资源,实现对电网的智能化和可持续发展,有多能源互联、智能化管理、网络互联互通的特点。新型电力系统将传统发电方式与可再生能源相结合,包括风能、太阳能、水能等,实现多能源的互联互通,提高能源利用效率。采用先进的信息和通信技术,实现对电网的智能化监控、调度和管理,提高电力系统的效率和稳定性<sup>[4]</sup>。引入了储能技术,可以将多余的电能储存起来,在需求高峰时释放,提高供电的灵活性和可靠性。通过互联网等通信网络,实现电力系统之间的互联互通,促进能源互换和共享。新型电力系统的要求包括高效能源利用、能源安全保障以及环境友好。新型电力系统要提高能源利用效率,减少能源浪费,实现低碳、清洁的能源供应。要确保能源供应的安全性和稳定性,降低能源中断和故障的风险。要减少对环境的污染,降低温室气体排放,推动可持续能源发展。

### 2.3 太阳能发电系统与电力系统的接口问题

太阳能发电系统与电力系统的接口问题主要包括逆变器功能、接口电压和频率、并网保护装置、功率调节。太阳能发电系统产生的直流电需要通过逆变器转换成交流电,与电力系统的交流电进行匹配<sup>[5]</sup>。太阳能发电系统的输出电压和频率需要和电力系统的标准相一致,才能实现无缝并网。为了确保太阳能发电系统与电力系统的安全运行,需要加装并网保护装置,如过欠压保护、过流保护等。太阳能发电系统的功率可能会随着天气条件的变化而波动,需要通过功率调节装置来适应电力系统的需求。

### 2.4 并网技术和标准

并网技术是分布式发电系统与电力系统进行连接和协调运行的技术。为了确保并网运行的安全和稳定,制定了一系列的技术标准和规范。常见的并网技术和标准包括 IEEE 1547,美国电气和电子工程师协会(IEEE)发布的标准,

规定了分布式发电系统与电力系统并网的技术要求和测试方法。VDE-AR-N 4105,德国电工技术协会(VDE)发布的标准,规定了分布式发电系统接入电力系统的技术要求和电气性能。GB/T 19963,中国国家标准化管理委员会发布的标准,规定了分布式光伏发电系统接入电力系统的技术要求和试验方法。UL 1741,美国安全实验室(UL)发布的标准,规定了分布式能源资源的接入电力系统的安全性要求和测试方法。这些技术标准和规范旨在确保分布式发电系统与电力系统的互联互通,降低对电力系统的影响,保障电网运行的安全和稳定。

## 3 太阳能发电系统的并网应用

### 3.1 分布式太阳能发电系统

分布式太阳能发电系统是将太阳能光伏发电设备安装在各个分散的地点,将所产生的电能直接供给附近的用户,同时也可以将多个分布式发电系统与电力系统进行并网。这种系统的优点包括灵活性高、输电损耗低以及可以利用建筑物上的空闲区域进行发电。分布式太阳能发电系统的并网应用主要包括自用型并网、储能型并网、网络并网几个方面。将太阳能发电系统产生的电能首先满足自己的用电需求,多余的电能则通过并网方式卖给电力公司,实现自给自足。将产生的电能储存在电池等储能设备中,以备不时之需,同时也可以将多余的电能通过并网方式卖给电力公司。多个分布式太阳能发电系统通过互联网等通信网络相连接,形成一个虚拟的电力网络,可以共享电能和实现需求的调节。

### 3.2 大规模太阳能发电站的并网技术

大规模太阳能发电站是将大面积的光伏电池板集中布置起来的发电系统,通常容量较大,需要与电力系统进行并网。对于大规模太阳能发电站的并网技术,主要涉及输电线路、逆变器技术、并网保护装置、调度管理这几个方面。太阳能发电站产生的电能需要通过高压输电线路与电力系统相连接,确保有效的输送和传输。太阳能发电站的直流电输出需要经过逆变器转换为交流电,以与电力系统的交流电相匹配。为了确保太阳能发电站与电力系统的安全运行,需要加装并网保护装置,如过欠压保护、频率保护、功率调整等。通过中央调度系统对大规模太阳能发电站进行监控、调度和管理,实现优化的电力系统运行。

### 3.3 微电网中的太阳能发电并网

微电网是一种小型电力系统,可以独立运行或与主电网相连接。太阳能发电在微电网中具有重要的作用,可以提供稳定的电力供应。太阳能发电在微电网中的并网应用主要包括独立运行、主备运行、电网互联。太阳能发电系统可以为微电网提供独立的电力供应,不依赖于主电网的输电。为微电网提供主要的电力供应,当太阳能发电不足或夜晚无法发电时,可以通过主电网进行补充供电。微电网中的太阳能发电系统可以与主电网相连接,以实现电力的共享和能量

的互补,提高供电的可靠性。在微电网中,太阳能发电与其他能源资源(如风能、储能等)结合应用,旨在实现微电网的自给自足和可持续发展。通过并网技术的应用,太阳能发电能够更好地满足微电网的电力需求,并实现对电力系统的支持。

## 4 并网技术的性能与管理优化

### 4.1 太阳能发电的功率控制策略

太阳能发电的功率控制策略是为了确保太阳能发电系统与电力系统的稳定运行,以及最大程度地利用太阳能资源。常规定功率控制(P-Q控制),通过控制逆变器输出的有功功率和无功功率,使其在一定范围内稳定工作。有功功率控制用于调节发电机组的输出功率,无功功率控制用于调节系统的电压和谐波水平。最大功率点跟踪(MPPT)控制,通过追踪太阳能发电系统的当前最大功率点,调整逆变器的工作状态,使其输出尽可能多的电能。MPPT控制可根据实时太阳能辐射、温度等参数进行优化控制。通过合理的功率控制策略,太阳能发电系统能够更好地适应电力系统的需求变化,实现优化的能源利用和电力系统的稳定运行。

### 4.2 并网电压稳定与谐波监测

并网电压稳定和谐波监测是确保太阳能发电系统与电力系统协同运行的重要方面。电压稳定控制,通过监测电力系统的电压变化,太阳能发电系统可以调整逆变器的输出电压来维持电力系统的电压稳定。可以采用电压频率调制(V/F控制)或电压无分量控制来实现。谐波检测与滤波,太阳能发电系统的逆变器产生的谐波可能对电力系统的稳定性和负荷设备产生不利影响。谐波监测系统可以实时监测电网中的谐波水平,并采取相应的滤波措施来减少谐波的影响。无功功率控制,通过调节逆变器的无功功率输出,来维持电力系统的功率因数和电压稳定。可以采用功率因数控制或无功功率优化控制来实现。电能质量监测,通过监测电力系统的电压波形、频率、电流谐波等参数,可以及时检测到问题,并采取相应的措施来维护并网电力的质量和稳定性。

### 4.3 自适应能量管理与负载管理

自适应能量管理和负载管理是为了最大程度地利用太阳能发电系统的能量,以及合理分配和调度电力系统的负载。通过电力系统的数据采集和分析,将储能系统与太阳能发电系统相结合,将多余的太阳能储存起来,在晚间或低辐射时段释放,以满足负荷需求,提高能源利用效率和供电稳定性。通过负荷侧管理,根据各个负荷设备的能耗特征和用户需求,合理地调度和控制负荷的使用,以实现对电力系统

的负载均衡和节约能源。利用优化算法(如遗传算法、粒子群算法等)对太阳能发电系统和负载进行协同调度,以达到最佳的能源利用效果和供需匹配。通过自适应能量管理和负载管理,可以最大限度地提高太阳能发电系统的利用率,减少能源浪费,并确保电力系统的可持续运行和稳定供电。同时,也为用户提供了更加灵活和经济高效的能源管理方式。

## 5 并网技术实施中的挑战

### 5.1 网络稳定性和可靠性

并网技术实施中面临的主要挑战之一是确保电力系统的稳定性和可靠性。由于太阳能发电具有间断性和不确定性,其波动性可能会对电力系统的稳定性产生影响。大规模并网还可能导致电力系统的频率和电压波动。

### 5.2 电力质量问题

太阳能发电系统的并网可能导致电力质量问题,如电压波动、频率偏差、谐波等问题,影响电力系统的稳定和设备的正常运行。

### 5.3 安全问题与防护措施

并网技术实施中面临的另一个重要挑战是确保电力系统的安全。太阳能发电系统的连接可能导致电力系统的过电压、短路等问题,甚至可能对网络安全产生威胁。

## 6 结语

在新型电力系统中,太阳能发电的并网技术和应用不仅具有重要意义,还为可持续能源发展提供了巨大机遇。通过先进的逆变器技术、功率控制策略和智能调度管理,可以实现太阳能发电系统与电力系统的高效协同运行。太阳能发电的并网应用包括分布式太阳能发电、大规模太阳能发电站的并网以及微电网中的太阳能发电并网等。这些应用使太阳能发电系统能够更好地满足能源需求,减少对传统能源的依赖,推动电力系统的洁净化和可持续发展。

### 参考文献

- [1] 张颖,张顺新.太阳能光伏并网发电系统技术探讨[J].黑龙江科技信息,2012(23):70-72.
- [2] 王万里.新能源并网发电系统及其相关技术[J].河南科技,2020,39(29):146-148.
- [3] 孙玫.光伏发电并网系统的相关技术分析[J].中国科技纵横,2016(14):138.
- [4] 温全.新能源并网发电系统的关键技术和发展趋势[J].科学与财富,2022,14(4):7-9.
- [5] 彭科翔,彭彦博.并网太阳能光伏发电及自动化技术的应用分析[J].光源与照明,2023(11):126-128.