电气工程中电力电子技术在新能源转换中的应用

褚 伟
特变电工西安电气科技有限公司 陕西 西安 710003

摘 要：本文聚焦电气工程领域电力电子技术在新能源转换环节的核心应用价值，系统梳理电力电子技术的技术特性与新能源转换的现实痛点，围绕整流、逆变、稳压调压三大核心应用原理展开深度解析，结合光伏发电、风力发电、储能系统、电能质量优化四大典型应用场景，明确电力电子技术在新能源全流程电能处理中的技术路径与提质效果。研究表明，电力电子技术可针对性解决新能源电能非稳态、品质缺陷等核心问题，实现非标准电能向合格并网电能的高效转换，对提升新能源利用效率、推动能源结构转型具备关键支撑作用。

关键词：电气工程；电力电子技术；新能源；能量转换；应用

引言：在全球能源结构加速向清洁化转型的行业背景下，光伏发电、风力发电等新能源装机规模持续快速扩张，新能源电能的高效转换与并网消纳已成为现代电气工程领域的核心研究方向。不同于传统火电等稳定电源的输出特性，新能源发电受自然环境因素直接影响，输出电能普遍存在参数波动大、品质缺陷多等问题，传统电工技术已无法适配其精细化电能处理需求。在此背景下，电力电子技术凭借高精度调控、低损耗变换的技术优势，成为打通新能源从自然能源到可用电能全链路的核心技术支撑。本文从技术原理与落地应用两个维度，系统阐释电力电子技术在新能源转换体系中的运行逻辑与应用价值，为相关工程实践提供理论参考。

1 电力电子技术与新能源转换概述

电力电子技术是融合电气控制理论、功率半导体器件应用与电力拓扑电路变换的综合性电气工程技术，核心工作原理是通过全控型功率器件的可控通断调节方式，改变电能的存在形态与运行参数，完成交流电能与直流电能的双向相互转化、电压幅值的连续调节以及电能波形的规整优化。相较于传统工频电工技术，该技术的电能调控精度更高、动态响应速度更快、能量传输环节的有功损耗更低，对输出特性不稳定的非稳态电源适配能力极强，能够充分满足新能源发电复杂工况下的精细化电能处理需求。新能源能量转换主要是将自然界中的光能、风能等清洁可再生能源，通过光伏阵列、风力发电机组等专用发电装置转化为可使用电能的过程。这类自然能源的输出状态极易受到光照强度、风速波动等自然环境因素的直接影响，导致发电设备输出的电能参数处于持续动态变化状态，普遍存在谐波含量超标、电压幅值偏移、频率运行不稳等电能品质问题。未经优化处理的非标准新能源电能不仅无法满足并网接入的技术规范要求，还会对供电网络内的各类用电设备产生持续性冲击，加速设备绝缘老化与机械部件磨损，引发系统性运行故障。电力电子技术可以针对性修正新能源电能的各类品质缺陷，完成非稳态电能向标准化合格电能的转换，是实现自然清洁能源向可用电能高效转化的核心技术手段，也是现代电气工程新能源高效利用体系的重要核心组成部分[1]。

2 电力电子技术在新能源转换中的核心应用原理

2.1 电能整流变换原理

整流变换是新能源电能处理流程中的基础工序，也是电力电子技术的核心基础应用方向，主要作用是将新能源发电环节产生的非标准交流电能转化为参数平稳的直流电能。部分风力发电机组等新能源发电设备受自然工况波动影响，产出的交流电能波形杂乱，电压幅值波动幅度远超常规允许范围，谐波畸变率长期超出行业标准阈值，无法直接满足直流用电设备以及后续电能深度加工环节的运行要求。电力电子整流电路依托全控型功率半导体器件的有序通断逻辑，对非标准交流电能进行定向筛选、参数整合与波形重构，滤除电能内部的高次谐波与杂波干扰，输出电压纹波符合国家电网规范、参数稳定、品质优良的直流电能。当前主流应用的可控型整流电路还可实现电能的双向可控流动，在新能源发电工况波动时同步完成功率因数校正，从源头降低电能变换环节向电网侧注入的谐波总量，进一步降低电网侧的谐波污染。该处理方式能够有效解决新能源交流发电的输出波动问题，切断风能侧的工况扰动向后续环节传递的路径，为后续电能存储、二次变换、终端供电环节提供可靠的电能基础，是新能源电能全流程标准化处理的首要核心环节[2]。

2.2 电能逆变变换原理

自然清洁能源的固有不稳定性，使得新能源发电的输出功率始终处于实时动态变化状态，直接造成发电侧端口电压出现高频大幅波动，电压幅值超出额定区间的过压、欠压工况，都会直接干扰后端电气系统的正常运行，触发继电保护装置误动，带来绝缘击穿、设备损坏等安全隐患，严重时甚至会引发局部供电网络的连锁故障。电力电子稳压调压技术依托直流电压变换等专用电力电子电路，可通过高精度电压采样单元实时采集发电终端的输出电压状态，结合预设的额定电压阈值与保护阈值完成全链路闭环运算，根据电压波动的幅度与方向动态调整电路的占空比参数与运行模式，对输出电压完成精准的抬升或降压调节。在光照强度、风速等外部条件持续变化引发发电功率波动的全工况下，该技术都可实现毫秒级响应的闭环动态调控，始终保持输出电压参数的平稳恒定，将电压偏差控制在国家行业标准允许的极小范围内，杜绝电压频繁波动对输电线路、储能装置、用电终端造成的冲击与额外损耗，延缓电气设备的老化速率，大幅提升新能源全流程供电过程的稳定性与长期运行安全性。

2.3 电能稳压与调压原理

自然清洁能源的固有不稳定性，使得新能源发电的输出功率始终处于实时动态变化状态，直接造成发电侧端口电压出现高频大幅波动，电压幅值超出额定区间的过压、欠压工况，都会直接干扰后端电气系统的正常运行，触发继电保护装置误动，带来绝缘击穿、设备损坏等安全隐患。电力电子稳压调压技术依托直流电压变换等专用电力电子电路，可通过高精度电压采样单元实时采集发电终端的输出电压状态，结合预设的额定电压阈值完成闭环运算，根据电压波动的幅度与方向动态调整电路的占空比参数与运行模式，对输出电压完成精准的抬升或降压调节。在光照强度、风速等外部条件持续变化引发发电功率波动的全工况下，该技术都可实现毫秒级响应的闭环动态调控，始终保持输出电压参数的平稳恒定，将电压偏差控制在国家行业标准允许的极小范围内，杜绝电压频繁波动对输电线路、储能装置、用电终端造成的冲击与额外损耗，大幅提升新能源全流程供电过程的稳定性与运行安全性[3]。

3 电力电子技术在主要新能源转换中的具体应用

3.1 光伏发电能量转换中的应用

光伏发电依托半导体界面的光电伏特效应原理将自然光能直接转化为电能，由大量光伏组件串并联组成的光伏阵列，其输出的基础电能为典型的非稳态直流形态。自然光照强度、环境温度、云层移动遮挡、局部阴影覆盖的持续动态变化，会造成光伏组件的输出直流电压与发电功率出现大幅随机波动，甚至引发多峰功率输出的复杂工况，输出电能的稳定性能极差，完全无法直接对接后续储能充电或并网馈送环节。（1）电力电子技术在光伏发电体系中，主要承担电能参数优化与全工况适配的核心作用。通过升压、降压类直流调压变换电路对波动的直流电能进行闭环稳压矫正，消除光照与温度变化带来的电能波动问题，保障直流母线的电能输出状态长期维持在额定区间内平稳运行。同时依靠并网型逆变电路将稳压后的优质直流电能转化为符合国家电网并网规范的标准交流电能，适配离网终端独立供电、分布式并网馈送、集中式电站远距离输电等各类用电场景。（2）配套的电力电子专用控制电路可实现全时段最大功率点跟踪功能，动态优化发电组件的能量输出状态，精准锁定不同工况下的最优工作点，充分挖掘单位面积光伏阵列的光能转化潜力，减少光电转换与电能传输过程中的有功损耗，显著提升光伏发电系统的整体能量利用效能与全场景适配能力[4]。

3.2 风力发电能量转换中的应用

风力发电依靠自然风能驱动风机叶轮与多级传动机构运转，带动异步发电机完成机械能到电能的转换，自然风速的随机波动、风向的频繁切换、湍流扰动等气象特性，会让风机产出的交流电能在频率与幅值上持续大幅变动，输出电能的谐波含量超标、三相参数一致性极差，电能品质完全无法满足并网或直接供电的基础要求，无法直接投入使用。（1）电力电子技术是当前主流变速恒频风力发电系统中，电能优化提质的核心技术方式。首先通过全控型功率器件搭建的可控整流电路，将风机产出的非标准变频交流电能转化为状态稳定的直流电能，从根源上消除风速波动带来的电能参数紊乱问题，切断风能侧的工况扰动向后续供电环节传递的路径。再通过适配电网并网规范的并网逆变电路对直流电能进行二次转化，生成参数统一、符合运行标准的工频交流电能，完成全流程的电能标准化处理。（2）配套的电力电子调控装置可以动态匹配风机的实时运行状态，实时调整电能变换环节的占空比等运行参数，适配不同风力条件下的发电工况，在低风速区间提升风能捕获效率，拓展风机的有效发电区间，在高风速区间完成功率限幅与桨距角协同管控，避免机组过载运行，显著提升风力发电的全工况运行稳定性与最终输出的并网电能品质。

3.3 储能系统能量转换中的应用

新能源发电具备明显的间歇性与强波动性特征，云层遮挡光照、自然风力停歇、极端天气扰动都会直接造

成发电出力骤降甚至短时中断，储能装置可以实现新能源富余电能的规模化存储与按需定向释放，保障新能源供电全流程的连续性与稳定性，而储能装置的充放电全周期运行均依靠电力电子技术实现全链路精准闭环调控。（1）在储电充电阶段，电力电子双向变换电路可将新能源侧输出的非标准电能，调整为完全适配储能设备额定要求的电能形态与电压电流参数，依据储能单元的实时荷电状态、电芯温度等运行数据动态调整充电功率曲线，实现平稳安全、低损耗的充电过程，避免电能参数不匹配引发的储能电芯过充、过热、电流冲击等异常工况，降低储能循环寿命的衰减速率，减少不必要的设备损耗与运行故障。（2）在放电供电阶段，通过反向电能变换处理，将储能设备输出的非稳态直流电能修整为符合供电标准的优质电能，精准匹配不同电压等级、不同用电属性负载的接入要求，保障各类用电设备平稳运行。电力电子技术实现了储能系统充放电全流程的精细化管控，可毫秒级响应新能源侧的功率波动指令，有效平抑新能源发电的瞬时出力差，完成不同时段的电能跨周期合理调配，大幅提升新能源体系的整体能量利用效率与并网消纳能力。

3.4 新能源电能质量优化中的应用

新能源发电设备直接产出的原始电能普遍存在波形畸变率超标、多频次谐波干扰、运行功率因数偏低等典型品质问题，这类非标准电能直接接入电气系统后，会大幅降低各类用电设备的运行效率，加剧输电线路的有功线损与用电设备的绝缘老化、机械部件磨损，长期带缺陷运行还会触发继电保护装置误动作，给整个供电网络带来不可忽视的系统性安全隐患。（1）电力电子技术可通过有源滤波、无功动态补偿等定向处理方式，完成新能源电能的深度优化提质。依托全控型功率器件搭建的专用电力电子装置，实时采集供电全回路的电能运行参数，精准识别并动态抵消电能内部的各次谐波杂质，快速修复畸变的电能波形，保证最终输出的电能波形规整平滑，总谐波畸变率严格控制在国家电网规范允许的极小范围内。（2）装置能够动态追踪电气系统的实时无功功率缺口，毫秒级响应完成定向无功补偿，大幅提升新能源供电侧的运行功率因数，降低电能传输过程中的无功环流带来的无效损耗，优化全链路的供电环境，从谐波抑制、无功补偿、电压稳定多个维度同步提升新能源电能品质，完全满足现代电气工程系统长期安全稳定的运行要求，为新能源的大规模并网消纳提供可靠的技术支撑[5]。

结束语

随着新能源产业的持续升级与电力电子器件性能的迭代优化，电力电子技术将在新能源转换体系中承担更核心的角色。未来，更高效率、更高集成度的电力电子装置将进一步降低新能源电能变换环节的有功损耗，拓展新能源发电的全工况适配区间，持续提升新能源电能的输出品质与并网稳定性。该技术的深度普及不仅可有效破解新能源消纳的行业痛点，还将为构建高比例新能源接入的新型电力系统提供坚实的技术底座，助力电气工程领域实现能源利用效率与清洁化水平的双重提升，推动全社会能源体系向安全、高效、低碳的方向稳步转型。

参考文献

[1]翁晓斌.电气工程中的新能源并网技术研析[J].电力设备管理,2025,(8):95-97.

[2]侍国文.电力电子转换器在新能源系统中的应用研究[J].信息与电脑,2025,37(5):89-91.

[3]陈子瑞,吕达峰.电力电子技术在电气工程中的应用[J].大众标准化,2020,2(6):157-158.

[4]王东.电力电子技术在新能源领域中的运用实践[J].IT经理世界,2025,28(9):127-129.

[5]田利霞.电力电子技术在电气工程自动化中的创新应用[J].时代漫游,2021,(3):24-26.