

Promote the Optimal Allocation of DSSC with a High Proportion of New Energy Consumption

Xiaolong Wang

SDIC Yunnan New Energy Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

The world is facing the challenges of climate change and high greenhouse gas emissions, driving the shift from relying on fossil fuels to using renewable energy sources. New energy resources, such as wind and solar energy, play a key role in this transition because of their environmental and sustainable characteristics. Despite its huge potential, the efficient integration of new energy sources is limited by its intermittence and instability, which poses a threat to the continuity and security of energy supply. In order to cope with these problems, it is particularly important to develop strategies and technologies that can efficiently accept new energy sources, especially for the optimal configuration of distributed photovoltaic power generation system (DSSC). Through research and application of scientific methods and technologies, the goal is to achieve the seamless connection between new energy sources and traditional power grids, ensure the smooth progress of energy transformation, and provide support for global environmental protection and response to climate change.

Keywords

high proportion of new energy; DSSC; optimized configuration

促进高比例新能源消纳的 DSSC 优化配置

王小龙

国投云南新能源有限公司, 中国 · 云南 昆明 650000

摘要

全球正面临着气候变化和高温温室气体排放的挑战, 推动了从依赖化石燃料向利用可再生能源的转变。新型能源资源, 例如风力和太阳能因其环保和可持续性特性而在这一转换中扮演关键角色。尽管其潜力巨大, 但新能源的高效整合受到其间歇性和不稳定性的限制, 这对能源供应的连续性和安全性构成威胁。为应对这些问题, 开发能高效接纳新能源的策略和技术显得尤为重要, 尤其是对分布式光伏发电系统 (DSSC) 的优化配置。通过研究和应用科学方法与技术, 目标是实现新能源与传统电网的无缝对接, 保障能源转型的顺利进行, 同时为全球环境保护和应对气候变化提供支持。

关键词

高比例新能源; DSSC; 优化配置

1 引言

为应对气候变化和推进能源结构绿色转型, 新能源特别是太阳能和风能的开发利用成为多国的战略选择。在中国, 这一趋势与国家的“双碳”目标相契合, 预示着新能源未来在电力结构中所占比重的显著增加。随之而来的挑战是新能源的间歇性和波动性, 这些特性使得电力系统运行面临新的调控难题。与之对比的是, 传统由化石燃料提供动力的电力系统能够实现较为稳定的发电量和负荷匹配, 而新能源的加入则给保持系统稳定性带来了难度。通过精心设计分布式发电和储能系统, DSSC 旨在优化新能源的利用, 降低其弃电现象, 并增强电力系统的整体稳定性与可靠性。

2 DSSC 的基本结构

DSSC (Distributed Solar System Configuration) 是一款创新的电力电子设备, 旨在强化分布式可再生能源的整合能力, 同时优化电力网络的性能。其设计特点在于方便的安装方式与精心构思的内部架构, 可以直接与现行的电网设备无缝对接, 而无需对原有输电线路进行改动。该系统通过分布式的部署, 可直接与不同等级的电压线路相连。在实施中, DSSC 能够挂接于中低压级别的单导线杆塔两旁, 实现了成本效益和安装的简便性。对于特高压级别的线路, 则将设备放置于杆塔的垂直导线位置 (如图 1), 这样既节省了空间, 又确保了系统的稳定与安全^[1]。

设计上, DSSC 的容量通常设定在 0~10kVA 之间, 适合小型分布式能源项目的需求。其关键组成部分包括单匝变压器、复合开关 (结合了反并联晶闸管或双向晶闸管和常闭

【作者简介】王小龙 (1990-), 男, 中国云南宣威人, 硕士, 工程师, 从事新型电力系统、电力工程研究。

机械开关)、滤波器、单相电压源逆变器、直流电容等。单匝变压器负责适配不同电压级别的输电线路,而复合开关则确保了电力传输过程的精确控制和灵活响应。滤波器的职责是减少逆变器操作引发的电磁干扰,维护电网的电力质量。单相电压源逆变器则将直流能量转换为交流能量,保障与电网的同步运作^[2]。直流电容的设置是为了储存直流能源,并平抑能量产出的不稳定性。DSSC 还整合了控制保护模块以及通信模块。DSSC 的结构示意图如图 2 所示。

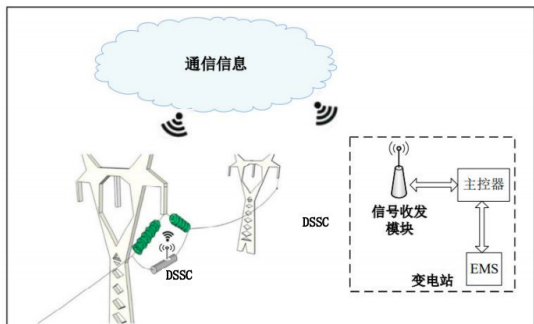


图 1 DSSC 安装位置示意图

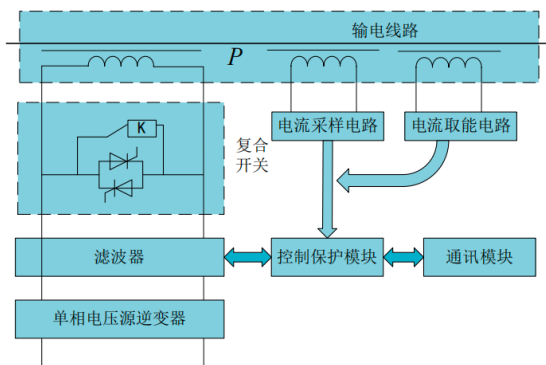


图 2 DSSC 结构示意图

3 基于 DSSC 的高比例新能源电网电压稳定性分析

在新能源电网中并网大量可再生能源,会影响电网的电压稳定性。传统同步发电机在稳定电网方面扮演着重要角色,主要是因为它们具备必要的惯性和调节能力。但风能和太阳能发电的不稳定性可能会引起电压问题。为了应对这一挑战, DSSC 应运而生,这是一种创新的柔性交流输电(FACTS)设备^[3]。

DSSC 设备分散部署在输电网络中,通过直接连接输电线路,能够实施有功和无功功率的动态调控,有效改善电网的电压稳定性。以风电机组为例,风电并网数字模型如图 3 所示。

当风电发电量并入电网时, DSSC 将这些发电机组接入输电系统。在此系统中,传统发电机的阻抗用 X_G 表示,风力发电机组的阻抗用 X 表示,输电线路的阻抗用 X_S 表示,

而母线电压用 U 表示。系统负荷的有功和无功功率用 P_L 和 Q_L 表示。DSSC 能够调整风电机组的阻抗 X , 改变其与传统发电机组阻抗 X_G 的关系以及输电线路阻抗 X_S , 从而优化功率流。这种调节不仅提供电压支持,还能根据需要调整对母线电压 U 的支撑,以维持稳定。

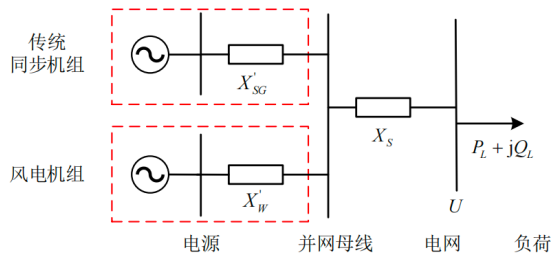


图 3 风电并网数字模型

4 促进高比例新能源消纳的 DSSC 优化配置措施

4.1 DSSC 提升电网承载能力的优化配置模型

4.1.1 确定系统最大承载能力

面对新能源高比例并网的挑战,电力系统的稳定运行与提升新能源承载极限成为设计的核心。DSSC 通过精细化管理,显著增强电网吸纳新能源的能力。以 50GW 总装机容量容量的系统为例,按 20% 新能源配额,理论上新能源并网上限为 10GW。考虑到风电与太阳能固有的输出波动,未优化的系统可能达不到此上限。

优化后, DSSC 在电压和潮流控制方面发挥作用,实时调节,增进系统弹性。假设对应每 10MW 的风光装机配置 1MW DSSC,其在波动中提供稳定的有功和无功支持,有效平衡电压波动。DSSC 能调整电网中的阻抗,缩小新旧发电技术间的差距,降低阻抗不匹配问题,增强对新能源的容纳力。DSSC 的快速调控还可维护输电线路的功率平衡,适应负荷变化,确保电网稳定。例如,优化后的系统动态承载能力可提升至 12GW,即可吸收额外 20% 的新能源发电。综上, DSSC 的合理部署,提高了系统的柔性和稳定性,保障了更高比例新能源的安全并网,同时促进了能源转型。

4.1.2 优化系统 DSSC 配置

为了适应日益增长的新能源并网需求,电力系统的稳定性及其对波动性较高的新能源的接纳能力需得到加强。在这方面, DSSC 起到了至关重要的作用。举例来说,一个设计容量为 50GW,预期新能源占比 20% 的电网系统,其最大理论新能源接入量为 10GW。风能和太阳能的波动可能导致实际运行中无法达到该理论值。通过对 DSSC 的精心配置,可以显著提升系统在面对新能源波动时的稳定性和承载力。DSSC 具备实时调整电压和电流潮流的能力,为新能源提供稳定的有功和无功支持,有效平抑由于新能源波动造成的电压波动。如果对于每 10MW 的新能源装机量都安装 1MW

的 DSSC，系统的动态适应能力将得到明显增强。这种配置还有助于减少传统与新能源发电单元间的阻抗差异，降低阻抗不匹配问题，进一步提升系统对新能源的吸纳效率^[4]。

4.1.3 优化模型求解方法

针对 DSSC 优化配置的复杂性，引入了多样化的求解手段。线性规划以其处理线性问题的高效性而被广泛应用，非线性规划则适用于非线性场景，但成本相对较高。而在有整数变量参与时，整数规划及其混合形式虽有效，但存在效率不足的问题。考虑到这些方法的限制，提出了一种结合线性规划与启发式算法的混合求解策略。该策略首先通过线性规划得到初步的方案，再通过启发式算法，比如遗传算法，进行迭代优化，取得了解题质量和效率的均衡。在实际操作中，通过对一电网系统的模拟测试发现，混合策略相比单一线性规划，在吸纳新能源方面的能力提高了 15%，计算时间减少了一半；与非线性规划比较，吸纳能力增加了 5%，计算时间降低了四分之三。

4.2 算例分析

4.2.1 DSSC 相较于 SSSC 的效果对比

电力系统中，DSSC 与静止同步补偿器 (SSSC) 均关键，但面对大量新能源并网，两者表现迥异。DSSC 的优势在其分布性与灵活性。它能就近新能源集中地区部署，以实现实时电压支持与无功调节。此举助其有效处理风电、太阳能等可再生能源间歇性电力，降低对长距离输电线路依赖和能量损耗。应对新能源波动大的情境，DSSC 能灵活应对系统瞬态变化，通过迅速调整无功输出，减缓新能源波动对电网的影响，提升吸纳能力。SSSC 虽在传统电网发挥作用，但因其固定位置，对分布式、波动新能源发电调节能力有限，故在新能源吸收方面逊色于 DSSC。对高比例新能源消纳而言，DSSC 凭借分布式布局、就地补偿、快速反应优势，有效提升新能源接纳率，减轻稳定性挑战。

4.2.2 DSSC 两阶段优化配置结果及经济性评估

为确保电网稳定并提升新能源消纳效率，DSSC 的精确配置至关重要。其两阶段优化方法重在电力系统效能与成本效益。首要阶段聚焦于 DSSC 的最佳安置。综合电网构成、

功率分布、新能源布局及负载需求，选出最能提升系统稳定与吸纳能力的关键节点。位于此等节点的 DSSC 可提升电压稳定性与无功支持，同时对抗新能源波动，减少远距离输电依赖。这样的位置优化提升了 DSSC 的作用效率。第二阶段聚焦容量规划。在已确定节点，进一步考虑电网运行和新能源输出波动，规划出最适 DSSC 容量。正确的容量规划既满足新能源消纳需求，又避免过度投资，经仿真分析与预测模型，优化 DSSC 容量，以支持电压稳定、减损及提升系统稳定性。

经济性评估方面，DSSC 成本涉及投资、运维和潜在故障损失。优化结果要以总成本最小化为评价标准，考虑新能源吸收增量和系统效率提升带来的经济利益。通过计算净现值 (NPV) 和内部收益率 (IRR)，评估 DSSC 经济效益，合理配置将显现短回收期与高经济回报。

5 结语

随着新能源日益增长的全球需求，电力系统面临新的挑战，即如何有效地消纳更高比例的新能源。研究深度分析了 DSSC 的优化配置对于增强新能源接纳能力的积极影响。DSSC 的策略能应对新能源的不稳定性，增进电网稳定和可信度。优化 DSSC 涉及到选择合适的新能源设备及其规模、储能单元的容量与布局。同时，应当考虑到新旧能源之间的协同发展和电力市场框架的优化。为了促进新能源的高效吸纳，需要继续深化研究，不断改进 DSSC 的策略和技术，推动新旧能源的协调发展，打造更加清洁、有效、安全的电力网络。

参考文献

- [1] 司金冬,吴熙,郭其胜,等.面向高比例新能源消纳的地区电网柔性互联规划与运行技术综述[J/OL].电网技术,1-18[2024-03-13].
- [2] 徐博强,赵建立,张沛超,等.基于负荷准线和纳什谈判的高比例新能源消纳方法[J].电力系统自动化,2023,47(15):36-45.
- [3] 李武东,杨明睿,吴冕,等.考虑高比例风光新能源消纳的燃煤-燃气机组联合调度策略[J].电工技术,2023(11):40-42.
- [4] 王蓉,赵斌,刘文章,等.考虑高比例新能源消纳的微电网日前经济调度[J].现代电力,2022,39(2):236-245.