

一种高效三维光伏组件的设计及优化

黄奕联 陈城华 刘宇威 卢希全 苏鑫淼

北京师范大学珠海分校工程技术学院 广东 珠海 519085

【摘要】本文以优化光伏组件、提高光伏组件对太阳能的利用率和能量转化能力为目标，提出了一套基于太阳辐射气象学等模型下的可实现自动追光的三维光伏组件且改善光伏组件在发电效率方面存在的问题的设计方案，通过改善太阳能采集系统以及利用风机系统在保证光伏板安全的前提下实现有效提升光能发电效率，提升系统调控性能，延长系统寿命，使整体达到高度自动化，降低或者避免了附加的输配电成本。

【关键词】三维光伏组件；智能；自动化；高效

1 三维追光模型结构的设计

此设备是由一个三维旋转器加上光伏发电板组成的，三维旋转器主要由两个部分的旋转轴构成的（如图1所示），这些旋转轴完成了对光伏发电板的三维旋转操控。下部分的单旋转轴是操控光伏发电板使其在左右方向旋转的，旋转角度最大时，能使光伏发电板与地面呈60度倾斜；前后方向的旋转是由上部分的旋转轴共同控制的，最大的旋转角度也是呈60度。光伏发电板在这两个部分旋转轴的共同作用下形成了三维旋转，在日常的工作中实现追光，使接受光照的强度达到最大。采用双轴电机传动系统，此传动结构可以承受大重量，并且能够实现多角度度追寻光源。



图1 三维追光模型

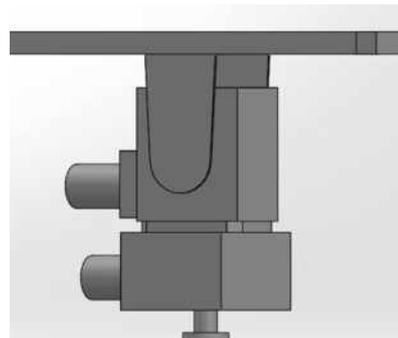


图2 双轴电机传动结构图

现今追光技术领域，大多光伏板朝向是固定的，或者存在部分二维追光的系统可以实现光伏板根据太阳移动的角度进行平面的转移角度，实现二维平面追光。然而，随着时间的变化，太阳的直射点也会发生改变，无论是固定角度还是二维追光系统都无法保证太阳光始终太阳光能一直直射在光伏板上，使得转换效率达到最大化。因而现今的二维追光技术尚存在弊端，即转化效率较低，将会造成所需的电池板面积增大，设备成本增加。因此三维追光系统的产生可谓是效能提升的关键。三维追光系统在二维追光系统的基础之上，通过两个旋转轴（如图1三维追光模型三维追光模型所示），实现了对光伏发电板的三维旋转操控，达到了接受光照的强度的最大范围，进而使得光伏板的效能转化率的大大提升。

2 系统组成

本新型系统是由太阳能电池组件本新型系统是由太阳能电池组件、三杯式风速计、蓄电池、控制逆变器、三菱伺服电机、三菱PLC控制器等组成。本新型系统可以分为四大部分：中央控制系统、能源收集系统、数据收集系统、规避系统。

(1) 中央控制系统组成

中央控制系统包括: 供电系统、数据处理系统和设备管理系统。

中央控制系统主要负责传感器以及元器件之间有益连接, 包括程序调试, 信号处理, 设备管理等。

(2) 能源收集系统

选用风力机以及光伏板专用储能电池。

(3) 数据采集系统

应用安装在光伏板上的采光定位模块, 配合控制系统可以智能的判断太阳光线的方位、采集太阳光强度。当太阳光强度达到预定值, 控制系统将会通过双轴传动电机控制光伏板垂直于太阳光, 达到最佳的采光角度。

(4) 规避系统

①三杯式风速传感器规避

产品配有三杯式风速传感器, 可以通过实时采集风速, 当实时风速达到了预设值, 控制系统将会通过双轴传动电机控制光伏板水平放置, 防止光伏板损坏, 延长使用寿命。

②静电除尘

运用 TCO 玻璃以及静电屏蔽原理能确保在清除积灰的同时不会影响光伏组件正常运作。

3 MPPT 算法

光伏电源的输出结果很容易受到环境因素的影响, MPPT 技术实施最重要的是寻找合适的 MPPT 控制算法, 太阳能电池板在最大功率点下工作, 能使其工作达到最优状态。

太阳能光伏发电的最大功率追踪需要建立在太阳辐射强度的预测之上。太阳辐射的逐日或者逐时观测数据构成了随机性很强的时间序列同时温度对光伏发电的量也有一定的影响。可以通过提取每天早上八点到晚上八点的辐照数据, 将前三天作为输入后一天作为输出构造训练矩阵。通过辐射量以及温度建立测试矩阵以及训练矩阵并导入进行 bp 网络训练。

文献 [1] 提出一种在多峰值下寻找全局最大值的 MPPT 算法^[1], 以及文献 [2] 提出一种基于线性函数的自适应步长滞环比较法的最大功率点跟踪方法, 应用至本设计, 能准确地跟踪光伏阵列的最大功率点, 提升 mppt 的跟踪效果。

3.1 局部阴影情况下的功率补偿

当有局部阴影时, 对光伏阵列将产生一定的影响。各个光伏模块呈并联关系, 当有一个模块受到局部阴影模块干扰时, 受局部干扰模块的电流将产生一定的变化, 当有局部干扰时, 电流值将减小, 这也进而导致了光伏阵列的 P-V 曲线图产生了双峰值, 为了消除双峰

值, 将采用储能电池组补偿局部阴影时的光伏输出功率缺额, 以达到维持光伏输出功率恒定的目的。

参考文献 [3] 中, 选择采用的是太阳能电池—超级电容器件作为储能电池组进行功率补偿。太阳能电池—超级电容器是通过将太阳能电池背电极作为超级电容的阳极, 将两者融合成一个新型大的三端口器件, 使系统的结构复杂程度降低。根据所受阴影遮挡程度可分为两种情况, 对于轻度阴影时, 可由光伏组件中的超级电容对太阳能电池功率缺额进行全补偿, 保持串联电流恒定, 从而保持光伏阵列输出功率的单峰值。在重度阴影时, 超级电容只能对部分太阳能电池功率缺额进行补偿, 此时阵列输出无法达到单峰值。光伏阵列通过太阳能电池—超级电容器件三端口相互连接构成了开关网络, 使每个太阳能电池—超级电容器件的端口一和端口三与任意的端口一和端口二并联, 进而形成超级电容放电回路。在每个太阳能电池—超级电容器件的对角线上并上一个开关, 对角线上的开关实际上是控制每个太阳能电池—超级电容器件的功率补偿的变换器 buck-boost 电路拓扑。

Buck-boost 电路也称作升降压斩波电路, 其主要由可控开关 (MOS 管或者 IGBT 等)、二极管、电感以及电容组成, 在使用过程中, 经常在栅极加入脉冲信号, 使栅极与发射极构成电压差, 进而让 IGBT 导通。二极管则是由 N 型半导体以及 P 型半导体结合成的, 当 PN 结外加正向电压时, 则二极管正向导通。Buck-boost 电路也正是主要利用这两个器件的这些性质来构成的。调整电路占空比的大小, 电路就能发挥升降压作用, 当占空比大于 1/2 时电路升压, 当占空比小于 1/2 时电路起到降压的作用。可控开关是由脉冲信号触发其关断或者导通的。由于超级电容放电是根据光伏模块所缺的功率而定, 因此可以采用功率反馈的 PWM 控制, 通过控制电路开关的通断实现超级电容的放电。

3.2 三杯式风速计规避系统

三杯式风速计应用广泛、运行稳定、造价低且能够满足光伏板的应用需求。通过在光伏板上安装三杯式风速计来检测风速, 当风速达到一定程度时, 支架顶上的三个半球形空杯就绕垂直轴旋转。检测到风速风向过大, 会对光伏板产生不良影响后, 将会与光伏板的三维传动结构进行联动, 把光伏板水平放置以减少损耗。



图3 风速风向传感器实际应用图

3.3 光伏板的智能除尘

在光伏组件运行过程中,太阳能板表面会沉积灰尘,从而影响光伏组件对于太阳光的接收,降低太阳光的利用率,造成发电量的损失。能够高效且低成本的除尘不仅能保持光伏组件的高转换效率,还能降低光伏电站的维护成本支出。为了更好地解决光伏组件积灰降低转换效率和缺水地区无法采用大量水清洗的问题,将静电除尘技术应用于光伏组件上。运用TCO玻璃以及静电屏蔽原理能确保在清除积灰的同时不会影响光伏组件正常运作。

静电除尘器的性能很大程度取决于粉尘的比电阻,正常效率相对应的比电阻范围大致在 $104\sim 105\Omega\cdot\text{cm}$,施加在覆盖光伏板上的电压升至一定值时,接有直流电源的阴极线和接地阳极线会形成一个静电场。通过离子发生器吹出负离子风使得含有粉尘颗粒带电。由于阴极发生电晕放电、含有粉尘的气体被电离,此时带负电的气体粒子在力的作用下,会向阳极运动,从而达到静电除尘。

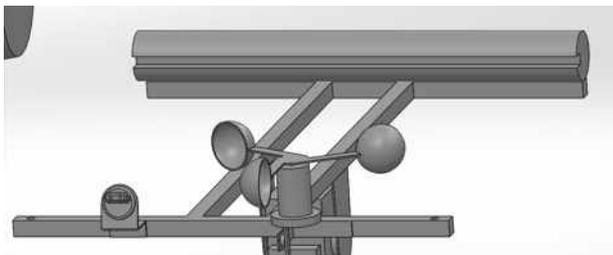


图4 离子发生器模型图

4 结束语

目前已存在的众多发电系统都具有一定程度的局限性,本文从理论及实际工程经验入手,进行的是新能源方向的研究,基于优化光伏组件以提高光伏系统发电效率的目标,着重于三维光伏发电组件能效的最优控制策略,设计了一款能控制光伏板进行三维旋转,从多角度进行太阳光最大功率点的自动追踪,并利用智能除尘装置对太阳能板表面进行定时清洁的三维光伏组件。同

时通过风速传感器检测实时风速风向,并采取相应的规避算法,减小太阳能板的受风力,在高效发电的同时保证光伏系统的高效稳定运行。

此套三维光伏组件的高效控制策略与普通控制策略相比,提高光伏组件对特殊环境的机动性,在延长了光伏组件的同时更能够有效地提高能源的利用率、发电效率。本文分析了此套三维光伏组件的特性及其组成,重在论述其设计实施环节的优化事项,总结设计思路及优化流程供业内相关人员参考借鉴。根据全球新能源理念的风向以及国家政策的支持,若能将该高效控制策略下的三维光伏组件运用到光伏产业中,将能更好地利用清洁能源缓解火力发电带来的环境压力。

【参考文献】

- [1] 黄嘉斌.局部阴影下光伏阵列 MPPT 算法的研究[J].工业控制计算机,2017,30(03):140-141+151.
- [2] 潘健,梁佳成,黎家成,李坤.阴影光照条件下光伏阵列的最大功率点跟踪方法[J].华侨大学学报(自然科学版),2020,41(04):541-548.
- [3] 张宁,杨洪明,徐岩,王懂.局部阴影条件下太阳能电池-超级电容器件的充放电控制方法[J].电力系统保护与控制,2020,48(04):72-79.
- [4] 张风,白建波,郝玉哲,张臻,姜猛.光伏组件表面积灰对其发电性能的影响[J].电网与清洁能源,2012,28(10):82-86.
- [5] 朴在林,张萌,丁文龙.户用型光伏电池板积灰密度对转换效率影响研究[J].中国农机化学报,2015,36(04):238-241.
- [6] 孟伟君,朴铁军,司徒亮,张文华,于俊峰,陈志燕.灰尘对光伏发电的影响及组件清洗研究[J].太阳能,2015(02):22-27+34.
- [7] 白恺,李智,宗瑾,翟化欣,赵洲,刘斌.积灰对光伏组件发电性能影响的研究[J].电网与清洁能源,2014,30(01):102-108.
- [8] 樊一娜,郭鑫源.多模型下对光伏阵列最佳安装倾角的设计[J].贵州电力技术,2017,20(01):85-92.
- [9] 弋峰.光伏电站抗台风专题研究[J].山西科技,2016,31(06):66-70.
- [10] 张舒鹏,董树锋,徐成司,韩荣杰,寿挺,李建斌.规模化储能参与电网调频的双层控制策略[J].电力系统自动化:1-9. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1180.TP.20200717.1718.012.html>.
- [11] 周鹤宁,鞠振河.储能式光伏电站发电效率优化方法分析[J].电子元件与信息技术,2020,4(04):146-148.
- [12] 庄元富.分布式光伏电站发电效率提升策略[J].装备维修技术,2020(02):179.
- [13] 南子文.太阳能电池板最佳倾角与纬度的数学关系分析[J].电子世界,2020(05):9-10.
- [14] 苏刚,郝浩东,席悦,车克南.遗传算法优化BP神经网络在太阳散射辐射估算领域的应用[J].天津城建大学学报,2019,25(02):120-124.

【项目名称】2020年“攀登计划”广东大学生科技创新培育专项资金(pdjh2020b0725)