

# 浅析一种风光储一体化跟踪器

陈创修<sup>\*</sup>, 陈 亮

(浙江正泰新能源开发有限公司, 杭州 310051)

**摘 要:** 提出了一种以平单轴光伏跟踪器为主体, 将风电、光伏发电和储能三者相结合形成的风光储一体化跟踪器的设想, 然后对该装置的工作原理、结构、电气原理进行了阐述, 并从可靠性、成本和应用价值方面进行了论证, 得出了风光储一体化跟踪器是推动光伏平价上网的有效方式之一的结论。

**关键词:** 能源综合应用; 风光储一体化; 平单轴光伏跟踪器; 平价上网; 扭矩限制器

**中图分类号:** TM615 **文献标志码:** A

## 0 引言

风电和光伏发电互补并与储能相结合进行综合应用是大势所趋, 可实现技术的融合与发展。现有的风光储融合技术是以独立的风电、光伏发电系统与储能系统在能源管理端进行结合, 多侧重于电网层面的调控和融合, 而在结构和载体方面的融合尚存在不足。本文提出了一种将风电、光伏发电和储能相结合形成的风光储一体化跟踪器(下文简称“一体化跟踪器”)的设想, 其以平单轴光伏跟踪器为主体, 结合项目所在地的风资源情况, 使风电、光伏发电和储能不仅在电网层面, 而且在结构方面进行融合, 以期对推动光伏平价上网产生积极作用。

## 1 一体化跟踪器的集成原理

### 1.1 工作原理

风荷载的大小对采用光伏跟踪器的光伏发电项目的建设成本和可靠性影响较大。在光照资源和纬度相同的情况下, 采用光伏跟踪器的光伏发电项目在高风压地区的建设成本远大于其在低风压地区建设时。但若将这些在光伏发电项目中需要防范的风能通过光伏跟踪器转化成电能, 将降

低光伏支架结构的设计荷载, 提高结构的可靠性, 进而降本增效。本文提出的一体化跟踪器就具有这样的功能。

一体化跟踪器的工作原理图如图1所示。一体化跟踪器通过机械结构来判断风速: 1) 当风速低于限定值时, 一体化跟踪器正常跟踪太阳, 此时一体化跟踪器的动力来源主要是储能电池组。当储能电池组的电量高于保护电量时, 一体化跟踪器由储能电池组供电; 储能电池组的电量等于保护电量时, 一体化跟踪器由电网供电。2) 当风速达到或高于限定值时, 一体化跟踪器停止追日, 一体化跟踪器的转子在风能的作用下转动, 通过传动使风力发电机的转子转动发电。当储能电池

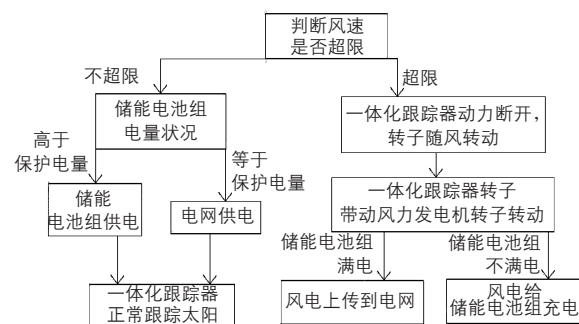


图1 一体化跟踪器的工作原理图

Fig. 1 Working principle diagram of integrated wind-PV-storage tracker

收稿日期: 2019-06-06

通信作者: 陈创修(1993—), 男, 本科、助理工程师, 主要从事光伏发电方面的研究。chuangxiu.chen@astronergy.com

组的电量不饱和时, 风电给储能电池组充电; 当储能电池组的电量饱和时, 风电上传到电网。

### 1.2 结构原理<sup>[1]</sup>

一体化跟踪器根据平单轴光伏跟踪器的运动特点, 利用扭矩限制器实现对风荷载的机械反馈。当风荷载使一体化跟踪器的转子受到的扭矩超限时, 扭矩限制器启动, 转子与减速机之间的同轴传动断开, 转子在风荷载作用下自由转动; 此时一体化跟踪器的支架不再像以往那样硬抗风荷载, 而是将风能转化为转子转动的动能, 如此一来, 一体化跟踪器的转子只承受摩擦力和离心力, 而扭矩也不再通过减速机传递到立柱和桩基, 立柱和桩基只承受转子的自重和离心力。以往立柱和桩基抵抗风荷载时承受的水平推力如今大幅减小, 二者所受弯矩也大幅减小, 从而使转子的型材截面和立柱的截面都减小, 并且桩基的设计承载力也相应减小。因此, 支架和桩基成本将会大幅降低; 同时, 产生的风电还可以进行传输和使用。

### 1.3 电气原理

一体化跟踪器设计时需要选择合适的风力发电机, 其发出的电力无论是交流还是直流都可以, 交流电可通过整流电路转换为直流电, 直流电经过 Boost-Buck 电路进行转换, 再通过调波之后和同样经过 Boost-Buck 电路的光伏电流汇集, 之后再经过逆变器转换后进行输送和供电。

储能模块由储能电池组 and 控制器组成。控制器通过检测储能电池组内部电流或电压来判断是否充、放电, 并由相应的电路来进行充、放电, 实现对一体化跟踪器电能的存储和供电。该模块除了可以直接使用光伏电力和风电对储能电池组充电以外, 还可以利用外部电网对其充电。储能模块设置有保护电量, 具有过放保护功能。

同时, 需要给由光伏和风力发电部分、储能模块、控制系统构成的整个微电网设置一个总的外部负载接口, 用于协调风电、光伏发电和储能的运行、优化供电配比, 以及平抑风电和光伏发电的输出波动; 并设置供电安全装置, 防止一体化跟踪器

的电力对外部负载或电网造成冲击和破坏。

一体化跟踪器的发电系统需处于监控之下, 通过智能控制和云平台大数据算法来提前进行用电预测和风险预警。通过对负载的大量用电数据进行分析, 获取用电负荷的典型曲线; 通过分析风电、光伏发电时段特性曲线, 合理调度不同能源的功率输出比重, 以供电成本最低、功率匹配状况最佳、供电输出功率平滑度最好为目标, 进行电力的双向匹配和调度。一体化跟踪器的电气原理图如图 2 所示。

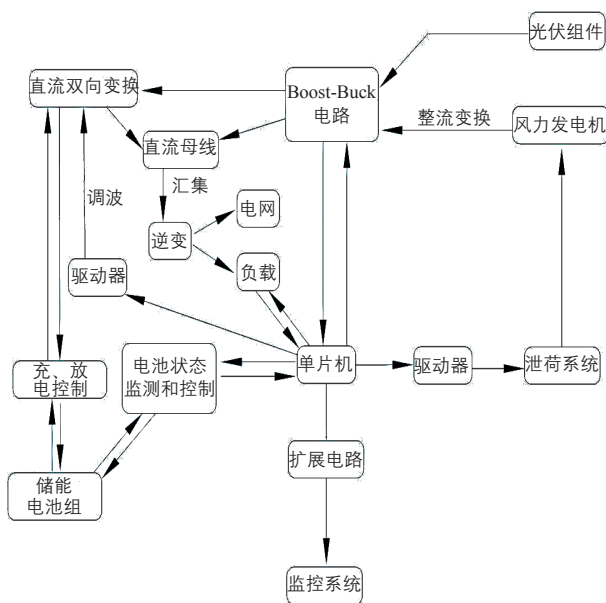


图 2 一体化跟踪器的电气原理图

Fig. 2 Electrical schematic of integrated wind-PV-storage tracker

## 2 一体化跟踪器模型

一体化跟踪器的结构设计要点包括:

1) 一体化跟踪器的转子采用一段式, 这样便于通过控制系统实现复位和重新工作。若转子为多段式, 当风速达到或高于限定值时, 一体化跟踪器的转子在风能的作用下转动, 此时一体化跟踪器上组件的角度均不同; 当风速下降到限定值以内时, 组件无法调整到统一角度, 此时, 一体化跟踪器的追日就失去了意义。

2) 扭矩限制器的一端和减速机输出端同轴传动, 另一端与转子的转轴同轴传动, 这样风速一

旦超限，一体化跟踪器就会瞬时接收到反馈并启动扭矩限制器。

3) 一体化跟踪器的转子贯穿减速机，而不是直接与减速机传动。

4) 组件转动一周时不能与立柱互相干涉，并且组件固定方式要能抵抗一体化跟踪器转子的离心剪切力。

5) 一体化跟踪器转子上可设计或加装扭转减振装置，但是不需要额外的大风保护装置。一体化跟踪器的大风保护状态就是扭矩限制器启动后由单一的光伏发电切换到风能和光伏联合发电。

6) 扭矩限制器启动后，一体化跟踪器转子会自动随风调整，并调整到风荷载最小的状态。

7) 一体化跟踪器最好有消除偏心扭矩的设计，以减少损耗并保证风力发电的稳定性。

上述一体化跟踪器的结构设计要点虽然是以平单轴光伏跟踪器为基础的，但其原理同样适用于斜单轴和双轴光伏跟踪器。一体化跟踪器的模型立体图如图3所示。

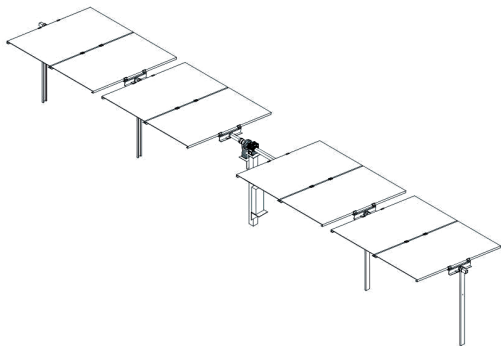


图3 一体化跟踪器的模型立体图

Fig. 3 3D view of integrated wind-PV-storage tracker model

一体化跟踪器在设计时需注意的要点：

1) 一体化跟踪器转子的主梁贯穿减速机，减速机的动力通过扭矩限制器传输到主梁上。扭矩限制器的扭矩极限值设置可从供电需求和平衡成本等多方面综合考虑，极限值过大会降低发电机的经济性，过小则会降低一体化跟踪器的效益。当风荷载超界时，扭矩限制器生效，光伏跟踪控制系统检测到此风荷载超界后进入循环检测状态，只要限制器不触发，且持续一定时间都未被

触发时，光伏跟踪器就会启动，并会根据实际情况进行继续追踪、复位或待机的操作。

滚珠式扭矩限制器的性价比高，制动响应及时，限定扭矩值大，可作为一体化跟踪器的部件。

2) 一体化跟踪器转子和发电机转子可通过带传动、链传动或其他方式来实现传动；同时可根据发电机的参数和通过转子计算的发电功率来进行等速或加、减速变换设计。

3) 一体化跟踪器的光伏跟踪控制电路和储能充、放电控制电路可以集成在控制箱内。

扭矩限制器所在节点的放大图，如图4所示。

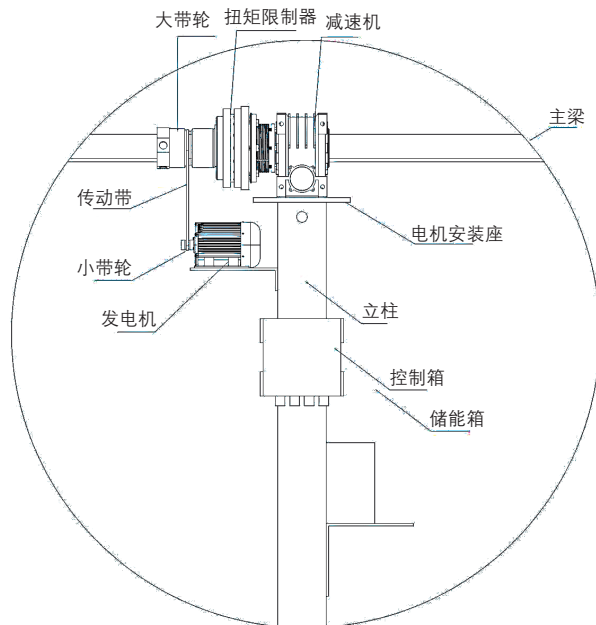


图4 扭矩限制器所在节点的放大图

Fig. 4 Enlarged view of where the torque limiter is located

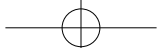
### 3 集成技术分析

虽然目前一体化跟踪器只是一种设想，但该装置所需的各部分关键构件和设备是已经存在的，本文是通过模拟和调研得到的各项数据与结论。

#### 3.1 可靠性分析

在大风状态下，相对于传统光伏跟踪器而言，一体化跟踪器的支架不是硬抗风荷载，而是将风能转化为电能，大幅提高了支架和桩基的可靠性；而且扭矩限制器和风力发电传动装置可满足复杂的室外环境使用要求。

在电气和控制方面，一体化跟踪器新增的储



能控制装置和电力转换电路的可靠性取决于电子芯片的可靠性，目前电子芯片技术可满足要求。

综上，一体化跟踪器在 25 年设计年限内能够可靠地工作。

3.2 成本分析

选取 1 个单元的光伏阵列，将采用一体化跟踪器和采用传统光伏跟踪器的成本进行比对，具体如表 1 所示。

表 1 2 种跟踪器的成本对比  
Table 1 Cost comparison of two kinds of trackers

参数	传统光伏跟踪器	一体化跟踪器
组件数量 / 块	96	96
容量 /W	34560	34560
支架用钢量 /kg	1728.0	1036.8
支架成本 / 元	13824.0	8294.4
土地成本 / 元	1350	1377
桩基成本 / 元	6630	6630
控制箱成本 / 元	1000	1200
组件成本 / 元	59790	59790
驱动器成本 / 元	850	462
传动成本 / 元	2600	3000
储能成本 / 元	0	1012
发电机成本 / 元	0	694
发电设备成本 / 元	7000	7000
线缆成本 / 元	260	270
施工成本 / 元	900	900
综合成本 / 元	94204.0	90629.4
日发电量 /kWh	207.36	340.36

由表 1 可知，相对于传统光伏跟踪器，一体化跟踪器的土地成本、传动成本、控制箱成本、发电机成本、储能成本及线缆成本虽较高，但其支架成本却远低于传统光伏跟踪器。若采用一体化跟踪器就相当于将光伏支架的设计由高风压情况下的设计转变为低风压情况下的设计，节约的

这部分支架成本足以抵消发电机和储能成本所带来的成本提升。因此，在设计得当的情况下，一体化跟踪器的成本会比传统光伏跟踪器的更低。

3.3 应用价值分析

一体化跟踪器的应用场景包括：

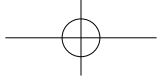
- 1) 高风压和超高风压这些不适合建设光伏电站的地区。采用一体化跟踪器可在将风能转化为电能的过程中降低支架的结构设计要求。
- 2) 光照资源一般而风资源丰富的地区。通过风电和光伏发电互补可保证项目收益。
- 3) 偏远的山区、地广人稀的草原、海上孤岛等建设大规模电站不便，经济效益低的地区。通过利用地形优势和环境优势，可协调调度风光储联合发电。
- 4) 需要降低跟踪支架成本的场景，比如建设物料运输成本高、支架材料采购成本高的地区。可利用大数据技术进行光伏电站建设前的模拟和发电预测，均衡分配和调度光伏发电和风电的比例，使该地区的能源得到综合利用，以推动光伏平价上网。

4 结论

本文提出了一种风光储一体化跟踪器的设想，对该装置的结构和工作原理进行了介绍，并进行了成本分析。结果显示，虽然一体化跟踪器增加了发电机和储能成本，但其节省了支架成本，并增加了风电方面的经济效益，仍具有应用优势。该技术有利于风光储综合应用的推广，有助于推动光伏平价上网。

【参考文献】

[1] 新疆大学. 一种风光储联合发电系统及方法: 105896603[P].2016-08-24.



## ANALYSIS OF A INTEGRATED WIND-PV-STORAGE TRACKER

Chen Chuangxiu, Chen Liang

(Zhejiang CHINT New Energy Development Co., Ltd., Hangzhou 310051, China)

**Abstract:** This paper proposes a concept of a flat single-axis PV tracker as the main body, which combines wind power, PV and energy storage to form an integrated wind- PV-storage tracker. The working principle, structure and electrical principle of the device are explained from the aspects of reliability, cost and application value, the conclusion was drawn that the integrated wind-PV-storage tracker is one of the effective ways to promote PV parity on grid.

**Keywords:** comprehensive energy applications; integration of wind-PV-storage; flat single-axis PV tracker; parity on grid; torque limiter