

基于物联网平台的太阳能-氢能发电技术研究*

何剑朋 姚屏 白路 陈美沂

(广东技术师范大学, 广东 广州 510665)

摘要: 基于物联网技术, 研究一种太阳能-氢能发电技术。将太阳光通过光电效应转换成电能; 太阳能电流与电解水制氢技术相结合产生氢气; 氢气与燃料电池发生电化学反应产生电能。实验结果表明, 太阳能-氢能发电平台运行稳定, 实现了最大发电效率的自动追踪、远程联网控制、实时显示电流和电压信息等功能, 为异种能源相结合开发利用技术提供参考与借鉴。

关键词: 光伏发电; 最大发电效率; 氢能发电; 物联网

中图分类号: TP277

文献标识码: A

文章编号: 1674-2605(2021)04-0012-05

DOI: 10.3969/j.issn.1674-2605.2021.04.012

0 引言

自改革开放以来, 我国的化石能源消耗量持续攀升; 从 2009 年起, 我国的能源生产和消费总量仅次于美国^[1]。目前, 能源总量不足以满足我国日益增长的能源消耗。为解决这个问题, 我国提出到 2020 年可再生能源供能比例上升到 16%^[2]。新能源的开发利用得到越来越多研究者的关注。其中, 对太阳能的研究较多^[3-4]。单一的可再生能源具有间歇性、不稳定的缺陷, 异种能源的结合开发为能源发展提供了新的途径^[5-8]。因此, 利用太阳能、风能等新能源发电, 结合成熟的制氢气技术、燃料电池技术, 实现异种能源综合开发利用是一条可行的工业化路线^[9]。但目前这些研究均未与无线网络结合, 无法实现远距离的实时监控, 时效性较弱。为此, 本文基于物联网技术, 研究太阳能和氢能 2 种异种清洁能源结合发电的技术, 为新能源的开发利用提供一定参考。

1 太阳能-氢能发电原理

太阳能-氢能发电是太阳光照射太阳能电池板, 发生光电效应产生电流; 太阳能电流与电解水技术结合制取氢气; 氢气与氢燃料电池发生电化学反应, 将化学能转化为电能; 电能驱动检测负载。本文利用物联网平台将移动端控制系统与新能源发电技术相结合, 并通过移动端控制系统监控发电状态^[10], 原理框

图如图 1 所示。

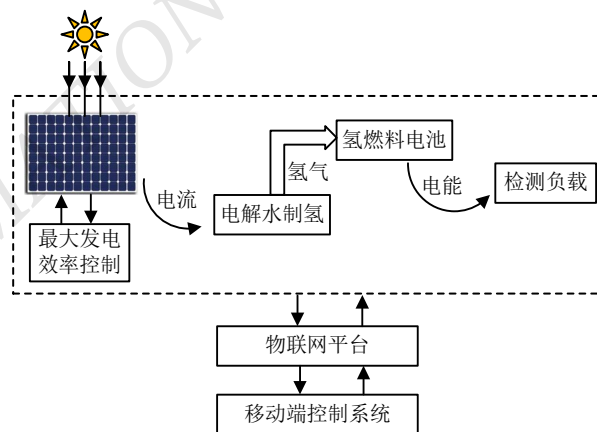


图 1 太阳能-氢能发电原理框图

2 硬件设计

太阳能-氢能发电平台的硬件设计主要分为太阳能发电、氢能发电和发电检测负载 3 个部分。

2.1 太阳能发电

太阳能发电大多采用光伏发电技术, 其原理是基于光电效应, 通过光照使半导体与金属结合的不同部位之间产生电位差。太阳光的光照强度和角度随时间的不同而不断变化。为提高太阳能发电效率, 利用光线传感阵列通过最大功率算法控制电机 360°转动, 使太阳能电池板实时追踪太阳光直射点, 即可保证太阳能电池板的发电效率在当前光照强度下的最大值, 太阳能发电原理图如图 2 所示。

50 * 基金项目: 国家自然科学基金(51805099); 广东省省级科技计划(2017B090914005); 广东省研究生教育创新计划(2017QTLXXM38); 广东省教育厅 2020 年普通高校重点科研项目(2020ZDZX2019)。

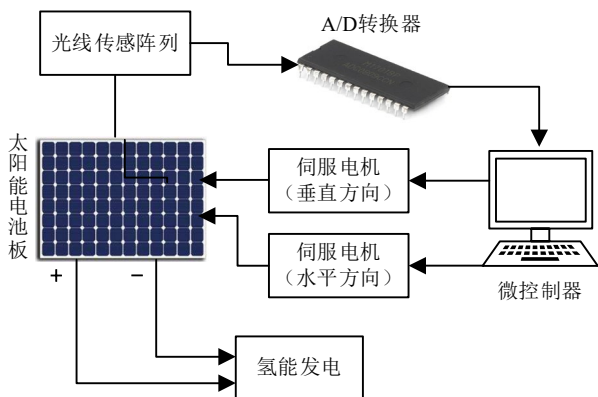


图2 太阳能发电原理图

2.2 氢能发电

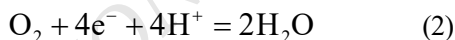
氢能作为一种清洁可再生的新能源，已成为替代传统能源的最佳选择之一。现有的制氢技术中，质子交换膜（proton exchange membrane, PEM）水电解因能够在高电流密度下工作，且具有体积小、效率高、氢气纯度高等特点而被广泛应用^[1]。

PEM 水电解制氢的工作原理是将蒸馏水导电后分离水中的氢离子和氧离子，氢原子在阳极被剥离电子，带正电荷的质子穿过质子交换膜到达阴极，带负电荷的电子又通过外部回路从阳极到达阴极，进而产生电流，化学反应如式(1)、式(2)所示。

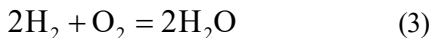
阳极（负极）：



阴极（正极）：



PEM 水电解制氢主要由电解槽、质子交换膜和氢气传输通道3大部分组成。电解槽利用太阳能电流发生水电解反应：水电解后的氢离子和氧离子通过 PEM 分别到达阳极和阴极，在阳极处产生氢气，在阴极处产生氧气；氢气通过传输通道进入氢燃料电池反应场所，与空气中的氧气和在阴极处产生的氧气进行化学反应，将化学能转化为电能，化学反应如式(3)所示。



式(1)~式(3)中， H_2 为氢气； O_2 为氧气； H_2O 为电化学反应的结果水分子； e^- 为氢气电离反应后的电子； H^+

为氢气电离反应后的氢离子。

本文采用 PEM 水电解方法制取氢气，氢能发电原理图如图3所示。

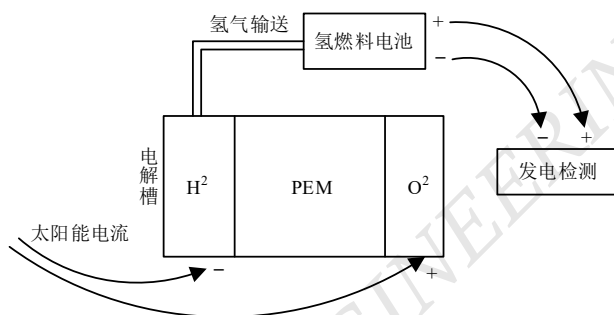


图3 氢能发电原理图

2.3 发电检测负载

发电检测负载由电表和直流电动机组成，电表显示氢燃料电池产生的电流、电压信息；直流电动机作为检测负载。若氢燃料电池产生足够的电能驱动电动机平稳转动工作，且电表显示电压信息与直流电动机规定参数一致，则证明太阳能-氢能发电技术的实践应用效果良好。

3 软件设计

为实现太阳能自动追踪最大光照强度以及远程控制发电开关的功能，设计太阳能-氢能发电控制系统。该控制系统分为微控制器软件、无线传输程序、物联网平台、移动端控制系统4部分。

3.1 微控制器软件

本文采用 Arduino UNO 作为微控制器，对光源等信号进行分析、处理和控制。Arduino UNO 包括最大发电效率算法和无线传输/应答控制信息2部分。

最大发电效率算法通过光线传感阵列获取当前太阳光的光照强度，并通过 A/D 转换器转换成数字信号；Arduino UNO 通过最大发电效率算法，分析光线传感阵列读取的光照强度，并发送控制信号至伺服电机；伺服电机控制太阳能电池板往光照强度大的方向移动，直到光线传感阵列获取的光照强度在设定的阈值内，则认为达到平衡状态，此时的光照强度为最大光照强度。

光线传感阵列由 4 个光线传感器组成, 分别位于光线传感阵列的左上 (A_0)、左下 (A_1)、右上 (A_2)、右下 (A_3)。设光线传感阵列上下方光照强度的差值为 H , 左右方光照强度的差值为 S , 阈值为 θ , 当前光照强度为 P 。

比较光线传感阵列上下方光照强度: 令 $H = \frac{A_0 + A_2}{2} - \frac{A_1 + A_3}{2}$, 若 $H > 0$, 说明上方光照强度较大, $P = \frac{2H}{A_0 + A_2} \times 100\%$, 若 $P > \theta$, 则伺服电机

(垂直方向) 控制太阳能电池板向上移动; 若 $H < 0$, 说明下方光照强度较大, 此时 $P = \frac{2H}{A_1 + A_3} \times$

100%, 若 $P > \theta$, 则控制太阳能电池板向下移动, 直到 $P \leq \theta$ 上下方光照强度达到平衡。

比较光线传感阵列左右方光照强度: 令 $S = \frac{A_0 + A_1}{2} - \frac{A_2 + A_3}{2}$, 若 $S > 0$, 说明左方光照强度较大, $P = \frac{2S}{A_0 + A_2} \times 100\%$, 若 $P > \theta$ 则伺服电机

(水平方向) 控制太阳能电池板向左移动; 若 $S < 0$, 说明右方光照强度较大, 此时 $P = \frac{2S}{A_2 + A_3} \times 100\%$,

若 $P > \theta$ 则控制太阳能电池板向右移动, 直到 $P \leq \theta$, 左右方光照强度达到了平衡。

3.2 无线传输程序

本文选用 ESP8266-01S 为无线传输芯片, 实现联网、远程监控等功能。ESP8266-01S 对物联网平台传输的信息进行分析, 并将分析结果通过串口传输到微控制器; 微控制器对相应的控制信号做出应答。无线传输程序流程图, 如图 4 所示。

3.3 物联网平台

物联网平台主要包括应用

层、平台层、传输层和感应层, 如图 5 所示。

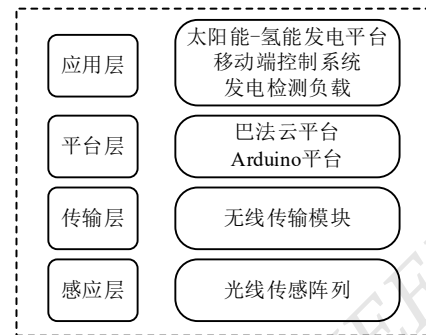


图 5 物联网平台

感应层由光线传感阵列组成, 实现光照强度最大化, 产生最大发电效率; 传输层由无线传输模块组成, 负责数据收发; 平台层由巴法云平台 and Arduino 平台组成, 分别与感应层和应用层通讯; 应用层由太阳能-氢能发电平台、移动端控制系统和发电检测负载组成, 对感应层采集到的数据进行计算和处理。

3.4 移动端控制系统

为实现无线监控, 采用 App Inventor 平台开发移动端控制系统^[12], 其流程图如图 6 所示。

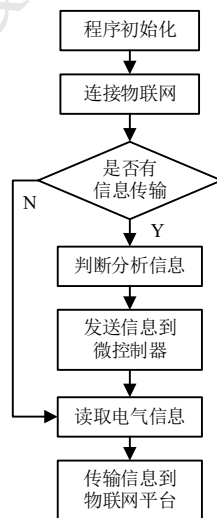


图4 无线传输程序流程图

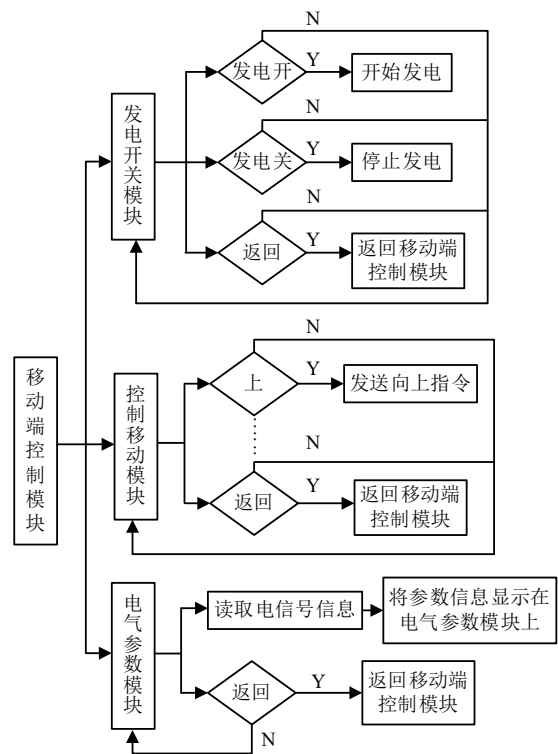


图 6 移动端控制系统流程图

移动端控制系统包括移动端控制主界面、发电开关、控制移动、电气参数等模块，如图7所示。其中，移动端控制主界面模块实现操作界面选择；发电开关模块实现发电开关控制；控制移动模块控制太阳能电池板自动追踪；电气参数模块实时显示太阳能电池板和氢燃料电池产生的电压信号。



图7 移动端控制系统

4 实验

为验证基于物联网平台的太阳能-氢能发电技术的可行性，进行技术验证实验，实验平台如图8所示。

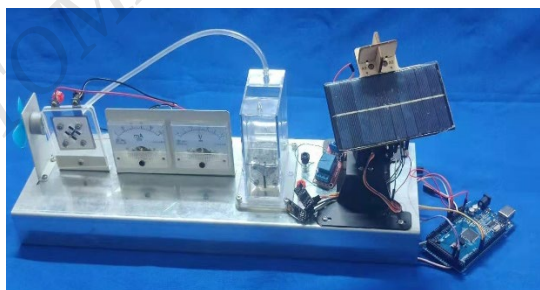


图8 实验平台实物图

经实验测试可实现的功能有：

- 1) 太阳能电池板能够实现自动追踪光线，以充分利用最佳光源，提高发电效率；
- 2) 检测负载能正常运行，太阳能-氢能发电成功；
- 3) 使用移动端控制系统能够远程控制太阳能电池板移动和发电开关；
- 4) 能有效读取太阳能电池板和氢燃料电池发电电压并显示出来。

5 结论

本文研究了基于物联网平台的太阳能-氢能发电技术，并进行了相应的实验，得出以下结论：

- 1) 利用最大发电效率算法，实现太阳能电池板自动追踪太阳光的最大直射点，解决太阳能不稳定、间歇性的问题；
- 2) 太阳能发电与氢能发电相结合，证明了异种能源发电的可行性；
- 3) 利用物联网技术开发的移动端控制系统，可实时、远程控制发电平台、读取电压信息，实现设备的智能化发展。

参考文献

- [1] 白鹤.基于太阳能利用的分布式冷热电联供系统的优化研究[D].保定:华北电力大学,2012.
- [2] 佚名.国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)[J].中国安防,2006(1):27.
- [3] 吕松.高效太阳能热电发电系统设计及热电转换性能研究[D].合肥:中国科学技术大学,2019.
- [4] AHMAD G E, SHENAWY E T E. Optimized photovoltaic system for hydrogen production[J]. Renewable Energy, 2006, 31(7):1043-1054.
- [5] 张财志.太阳能电解水制氢系统的建模与仿真研究[D].成都:西南交通大学,2009.
- [6] 王志强.新能源发电与电能质量问题浅析[J].中国化工贸易,2017,009(35):253-254.
- [7] 李春华,朱新坚,胡万起,等.光伏/燃料电池联合发电系统的建模和性能分析[J].电网技术,2009,33(12):88-93,111.
- [8] 白树华.风光氢联合式独立发电系统应用研究[D].重庆:重庆大学,2007.

(下转第57页)