

文章编号: 2095-2163(2019)04-0297-04

中图分类号: TM715

文献标志码: A

# 光照强度与环境温度对光伏发电系统影响的研究

张唯一, 张菁

(上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620)

**摘要:** 本文对新能源开发和利用过程中的光伏发电系统进行了深入研究。首先分析了最大功率点跟踪算法、PWM 斩波控制、蓄电池充放电原理等,并在此基础上构建了光伏系统的控制模块以及储能模块。然后根据建立的数学模型以及相关算法,搭建光伏发电系统的仿真模型,并分析在不同光照强度和环境温度下光伏发电系统的输出特性。

**关键词:** 光伏发电系统; 光照强度和环境温度; 控制模块; 储能模块

## Research on the effects of light intensity and environmental temperature on photovoltaic power generation system

ZHANG Weiyi, ZHANG Jing

(School of Electronic and Electrical Engineering, Shanghai University of Engineering and Technology, Shanghai 201620, China)

**[Abstract]** This paper has conducted in-depth research on photovoltaic power generation systems in the process of new energy development and utilization. Firstly, the maximum power point tracking algorithm, PWM chopper control and charging and discharging principle of the bottery are analyzed. After that, the control module of the photovoltaic system are constructed. Then based on the established mathematical model and related algorithms, the simulation model of the photovoltaic power generation system is built, and the output characteristics of the photovoltaic power generation system under different light intensity and ambient temperature are analyzed.

**[Key words]** photovoltaic power generation system; light intensity and ambient temperature; the control module; the energy storage module

### 0 引言

光伏发电是缓解当前能源枯竭等一系列重大问题的最有效手段<sup>[1]</sup>。光伏发电系统由太阳能电池组件模块、控制模块、蓄电池储能模块等组成,电池模块是光伏发电系统中的核心模块<sup>[2]</sup>。光伏发电系统的性能受外部环境的影响<sup>[3]</sup>。建立一个准确、通用的光伏发电系统,观察其在不同环境(光照、温度等)下的输出特性,对进一步提高系统的效率具有重要意义<sup>[4]</sup>。

光伏发电系统的输出功率与运行点有关。用 MPPT 算法求出系统的最大功率点,可以提高系统的最大功率输出<sup>[5]</sup>。通过建立仿真模型,为今后光伏发电系统的实际建设和运行奠定了基础。

### 1 光伏发电系统控制模块模型

#### 1.1 MPPT 控制模块的搭建

本次仿真 MPPT 算法采用的是扰动观察法,并在 MATLAB/Simulink 环境中对其进行了仿真,其模型如图 1 所示。

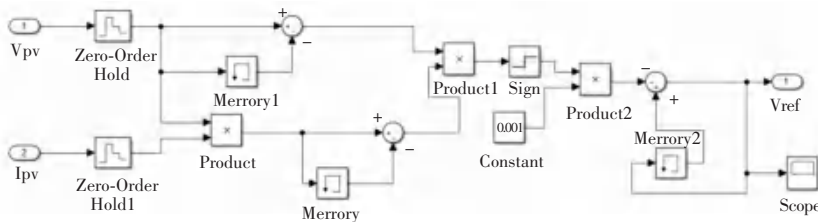


图 1 扰动观察法仿真模型

Fig. 1 Simulation model of perturbation observation method

Zero-Order Hold 是零阶保持器,其作用是对输出量进行采样,本次设计选用最大值 0.0001;

“Memory”是延时发生器,其输出是上一个采样期的输入值,并作为下个周期的比较量;“Sign”模块可以

基金项目: 机械电子工程学科建设项目(2018xk-A-03)。

作者简介: 张唯一(1995-),男,硕士研究生,主要研究方向:电力系统分析、机械电子工程。

收稿日期: 2019-03-08

判断输入的正负,并且当输入大于0时输出1,输入为0输出0,输入小于0时输出-1,作用是把正弦、余弦函数变成方波输出。

### 1.2 PWM 脉宽调制仿真模型

仿真采取的做法是通过 MPPT 得到追踪的参考信号,然后调制其波形,得到所希望的 PWM 调制波。常用的参考信号有锯齿波和等腰三角波,其中后者的应用更多一些。原理是,在交点时刻控制电路中可控开关器件的开断,通过这种方式能够得到宽度和信号波幅值成正比关系的脉冲。PWM 斩波仿真模型如图 2 所示。

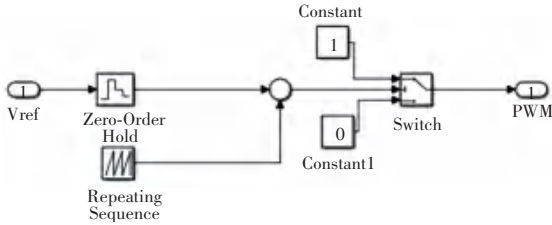


图 2 PWM 斩波仿真模型

Fig. 2 PWM chopper simulation model

Repeating Sequence 可以输出一个标准的三角波信号,与前期 MPPT 输出的比较差值,作为下一个模块的启动。Switch 接受上级的输出结果并进行判断,若大于零则接通 constant 1,若小于零则接通 constant 0,然后进一步驱动 DC/DC 电路。

### 1.3 DC/DC 斩波电路仿真模型

通过控制功率开关的占空比  $\alpha$ ,就可以获取输出的最大功率点,也实现了 MPPT 控制过程。DC/DC 变换电路常用的有升压 boost 电路和降压 buck 电路。

本模块采用 Boost 作为 DC/DC 转换的直流升压电路,这种方式不仅能够大大改善工作效率,并且也使得电路驱动变得更加简单,因此利用 Boost 升压电路 DC/DC 变换器的电路会有一个比较理想的

结果。图 3 所显示的就是 Boost 直流升压电路的运行状态:通过控制器调节 switch 开关的占空比  $\alpha$ ,就可以得到理想的输出电压。

若电流的纹波幅度高,则电感可能在整个换向周期结束之前完全放电。在这种情况下,通过电感的电流在一段时间内下降到零,虽然差别很小,但其对输出电压方程式有很大的影响。电压增益可以用如下公式计算:

$$U_s i_L t_{on} = (U_0 - U_s) i_L t_{off}, \quad (1)$$

化简得:

$$U_0 = \frac{1}{1 - \alpha} U_s. \quad (2)$$

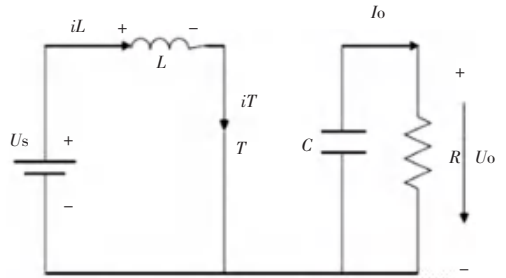


图 3 Boost 电路示意图

Fig. 3 Schematic diagram of Boost circuit

## 2 光伏发电系统仿真模型及特性分析

经过上述的设计,完成了对一个独立的光伏发电系统模型的搭建仿真。

下面对仿真进行以下说明:总系统的模型由多个子系统构成,其中包括太阳能光伏电池阵列、MPPT 控制器(包括 PWM 斩波、DC/DC 直流升压电路)和蓄电池组件。将每一部分进行封装,最后得到了一个独立的光伏发电系统模型,如图 4 所示。

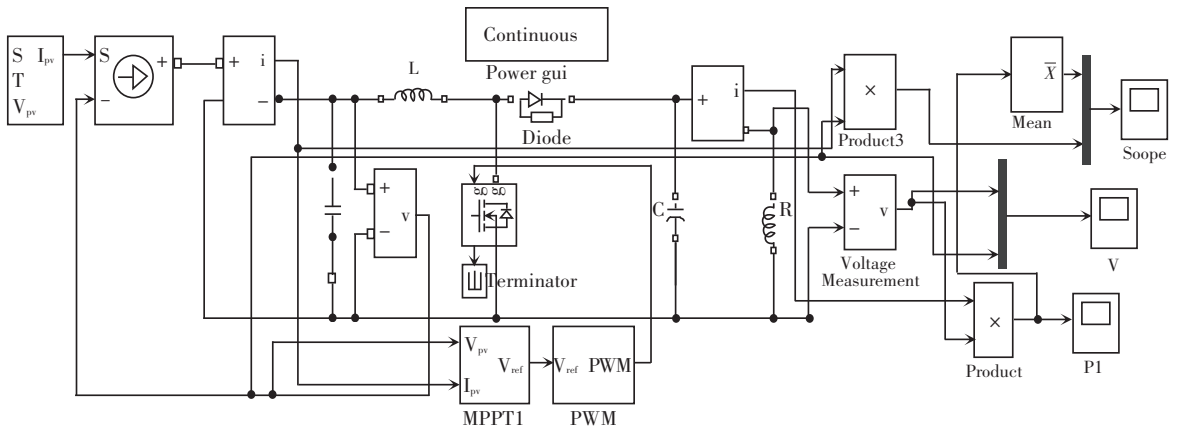


图 4 独立光伏发电系统

Fig. 4 Independent photovoltaic power generation system

根据商家给出的参数, 设定电感值  $L = 10 \cdot e^{-3} H$ , 电容值  $C = 300 \cdot e^{-6} F$ , 等效负载  $R = 20 \Omega$ , Diode 模块采用默认数据。本次设计中用到的太阳能光伏电池的参数见表 1。

表 1 太阳能电池相关参数

Tab. 1 Relevant parameters of solar cells

短路电流 $I_{sc} / A$	开路电压 $V_{oc} / V$	峰值电流 $I_m / A$	峰值电压 $V_m / V$
7.36	22.7	6.80	17.7

### 2.1 标准情况下的仿真分析

首先, 在正常的外界条件下 (太阳辐射强度  $S_{ref} = 1\ 000\ w/m^2$ , 外界温度  $T_{ref} = 25\ ^\circ C$ ) 对建立好的模型进行仿真, 观察在 MPPT 追踪前后的功率、电压仿真曲线, 运行后的结果如图 5, 图 6 所示。

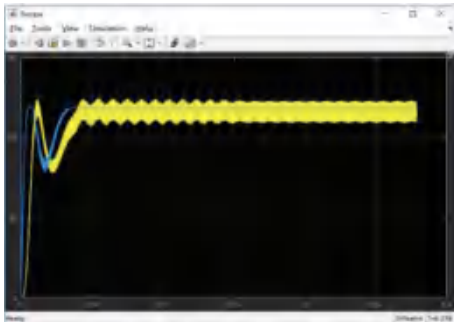


图 5 经过 MPPT 追踪后的功率  
Fig. 5 Power tracked by MPPT

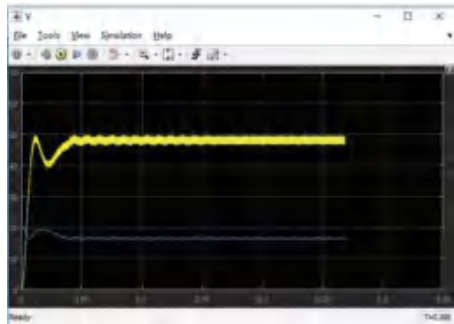


图 6 经过 MPPT 追踪后的电压  
Fig. 6 Voltage tracked by MPPT

由图 6 可知, 本次设计中用到的直流升压电路的升压比为  $53.71/17.68 \approx 3$ 。

### 2.2 温度 $T$ 发生变化时的仿真

太阳能光伏发电系统在实际运行过程中, 一般放在室外, 会受到周围环境温度的影响。每天早晚有一定的温差, 每年的 4 个季节温度也不一样, 所以本次设计基于不同温度条件下, 进行了相应的仿真实验。环境温度数据见表 2, 仿真曲线如图 7、图 8 所示。

根据仿真图可以看出, 环境温度升高, 系统的输出功率、电压等均会下降, 然而环境温度降低时, 光

伏系统的输出量则会变多。不难看出, 环境温度的改变与太阳能光伏发电系统的输出特性是成反比关系的。尽管如此, 环境温度的改变对于系统输出特性的影响还是比较微弱的。

表 2 环境温度  $T$  变化

Tab. 2 Change of ambient temperature  $T$

时间段/s	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4
环境温度 $T / ^\circ C$	0	25	50	30

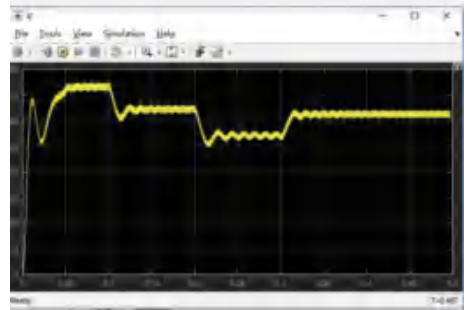


图 7 太阳能光伏阵列电压仿真曲线

Fig. 7 Voltage simulation curve of solar photovoltaic array

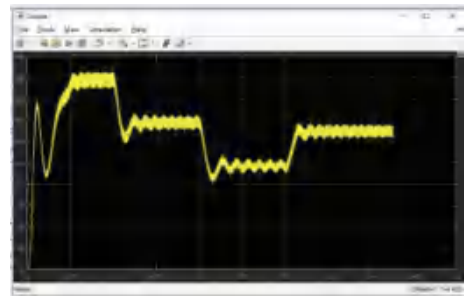


图 8 太阳能光伏阵列功率仿真曲线

Fig. 8 Power simulation curve of solar photovoltaic array

### 2.3 太阳辐射强度 $S$ 改变时的仿真

太阳能光伏发电系统在实际运行过程中, 一般放在室外, 所以光照也会给其带来一定的影响, 所以对  $S$  发生变化时进行仿真是有意义的, 本次设计基于光照条件下, 进行了相应的仿真实验。太阳辐射强度变化见表 3。

表 3 太阳辐射强度  $S$  变化

Tab. 3 Change of solar radiation intensity  $S$

时间段/s	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4
辐照强度 $S / (w \cdot m^{-2})$	1 000	600	800	1 000

光照量  $S$  对太阳能光伏发电系统输出特性的影响比较大, 当光照量  $S$  变化很大 (由  $1\ 000\ w/m^2 \rightarrow 600\ w/m^2$ ), 且辐射强度不太高时, 太阳能光伏系统的输出功率并不稳定, 会跳动。根据实验可以推测, 光照弱的地方, 太阳能光伏系统的性能差, 所以阴天、雨天等天气不利于系统运行。根据上下 2 条曲线对比可以看出, 直流升压回路促进了输出的稳定性。

### 3 结束语

太阳能光伏电池输出与外界环境温度  $T$  和太阳辐照强度  $S$  具有明显的非线性特征,只有在特定的电压值下才有最大的输出功率,通过 MPPT 控制找到最大功率点有助于提高光伏发电的效率。

本文通过仿真搭建出来的光伏发电系统模型,验证了光伏发电的输出特性。在未来的研究中,可以尝试建立系统的实物模型,以便于更好地对新能源开发利用进行深入地研究。

### 参考文献

- [1] 刘皓明, 宁健, 朱芳芳, 等. 考虑随机性分布式电源的配电系统潮流计算[J]. 电力需求侧管理, 2014, 16(1): 11-14.
- [2] 许洪华. 中国光伏发电技术发展研究[J]. 电网技术, 2007, 31(20): 77-81.
- [3] 张立梅, 唐巍, 赵云军, 等. 分布式发电对配电网影响的综合评估[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 132-135, 140.
- [4] 李晶, 许洪华, 赵海翔, 等. 并网光伏电站动态建模及仿真分析[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(24): 83-87.
- [5] 王飞, 余世杰, 苏建徽, 等. 太阳能光伏并网发电系统的研究[J]. 电工技术学报, 2005, 20(5): 72-74, 91.
- [6] 王成山, 郑海峰, 谢莹华, 等. 计及分布式发电的配电系统随机潮流计算[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(24): 39-44.
- [7] 李振坤, 陈星莺, 刘皓明, 等. 配电网供电能力的实时评估分析

- [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(6): 36-39, 62.
- [8] 于雷, 王立地, 纪建伟, 等. 基于 PV 节点分布式电源的弱环网潮流计算[J]. 沈阳农业大学学报, 2013, 44(3): 373-376.
- [9] 谷文卓. 配电网最大供电能力的定义、模型与计算方法[D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [10] 陈浩, 张焰, 俞国勤, 等. 配电网最大供电能力计算方法[J]. 中国电力, 2009, 42(8): 20-23.
- [11] 刘洪, 郭寅昌, 葛少云, 等. 配电系统供电能力的修正计算方法[J]. 电网技术, 2012, 36(3): 217-222.
- [12] 国宗, 韦钢, 李明, 等. 含分布式电源的配电网供电能力评估方法[J]. 现代电力, 2015, 32(4): 56-61.
- [13] YU B, MATSUI M, JUNG Y, et al. A combined active anti-islanding method for photovoltaic systems[J]. Renewable Energy, 2008, 33(5): 979-985.
- [14] HUNG G K, CHANG C C, CHEN C L. Automatic phase-shift method for islanding detection of grid-connected photovoltaic intertens[J]. IEEE Power Engineering Review, 2002, 22(9): 55.
- [15] YU G J, JUNG Y S, CHOI J Y, et al. A novel two-mode MPPT control algorithm based on comparative study of existing algorithms [C]//2002 Conference Record of the Twenty-Ninth IEEE Photovoltaic Specialists Conference. New Orleans, LA, USA: IEEE, 2002: 1531-1534.
- [16] De CASTRO L N, Von ZUBEN F J. Learning and optimization using the clonal selection principle [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002, 6(3): 239-251.
- [17] De SOTO W, KLEIN S A. Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance[J]. Solar Energy, 2006, 80: 78-88.

(上接第 296 页)

(2) 组件准备阶段。由程序员对引用的各类组件模板进行二次开发,即对组件接口进行业务功能开发,当然也可以直接使用具体应用组件或第三组件,根据需求设计实现目标应用程序的开发。整体架构又可分子框架,主要是面向粗颗粒组件进行设计,例如日志、安全等这一类功能。

(3) 装配阶段。由于本框架容器是组件的载体,所以容器可以看成是组件的活动场所,程序员只要操控组件装配接口,即可组装程序。在云服务器上进行装配完成部署。因此利用本框架可以软件一体化开发、部署和发布。同时也易于维护及升级软件,在云服务器上装配的应用程序具有很高的伸缩性,不但组件装卸,还可以对单个组件某个功能进行装卸。当应用程序需要升级或添加某项功能时,可以将相关组件接口进行直接升级与功能添加的开发,既便于维护也便于拓展功能。

### 4 结束语

本文实现了可移植、可扩展、可复用的针对实时流数据计算的高性能分层式组件式的中间件软件系统,为云环境下提供一种面向组件的统一的开发、部署和集成方式中间件软件开发方法,并可以使应用软件在云计算平台进行大数据处理与弹性计算,极大发挥云平台的优势。实践证明,本软件架构有效性、易构、安全、可靠性。

### 参考文献

- [1] 左海春. 跨平台移动轻量级动态装配式软件开发框架设计研究[J]. 河北省科学院学报, 2017, 34(3): 7-10.
- [2] 虞佳晋. 面向分布式实时嵌入式系统的通用组件模型的研究与实现[D]. 南京: 东南大学, 2017.
- [3] 王慕所. 面向组件的通信中间件技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.