

文章编号: 1003-6199(2010)02-0028-04

基于 Buck 变换器的光伏发电系统 MPPT 控制

陈 丽, 王英健

(长沙理工大学 电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410014)

摘 要:介绍以 Buck 变换器为对象的太阳能光伏发电系统。用 Buck 变换器实现对光伏发电系统的最大功率跟踪, 采用逐次逼近法的 MPPT 控制策略, 通过调节 Buck 变换器的 PWM 占空比输出, 使得负载的等效阻抗跟随光伏电池的输出阻抗, 使光伏阵列在任何条件下获得最大功率输出, 跟踪最大功率。仿真表明 MPPT (最大功率跟踪) 控制策略的可行性。

关键词:光伏发电系统; Buck 变换器; MPPT; 逐次逼近法

中图分类号: TP27 **文献标识码:** A

The MPPT Control for Photovoltaic Generating System Based on a Buck Converter

CHEN Li, WANG Ying-jian

(College of Electrical and Information Engineering, Changsha University of science and technology, Changsha 410014, China)

Abstract: The paper introduces photovoltaic generating system based on Buck converter. the maximum power tracking can be achieved by using Buck converter, the MPPT control strategy of successive approximation method is adopted in the paper, Equivalent resistance of load will change with the output resistance of photovoltaic battery by adjusting PWM Duty Ratio output of Buck converter, which makes photovoltaic array getting the maximum power output on any condition, tracking maximum power. The experimental results confirm feasibility of MPPT control strategy.

Key words: photovoltaic generating system; buck converter; maximum power point tracking; successive approximation method

1 引 言

随着科学技术的发展, 新能源得到了越来越广泛的应用。由于光伏发电安全可靠、运行费用少、维护简单、随处可用等特点^[1], 使得光伏发电在我国得到了快速的发展, 尤其在解决偏远地区的用电问题, 发挥着重要的作用。

光伏电池的输出特性受到外界温度、光照辐射强度的影响而发生很大的变化, 使光伏电池始终能够输出最大的功率以便更有效地利用太阳能是光伏发电系统的基本要求。本文所设计的系统通过控制 Buck 变换器的 PWM 占空比输出, 调整负载

的阻抗特性, 从而调节输出功率, 使系统供需达到平衡; 并采用逐次逼近法的最大功率跟踪控制策略, 对最大功率点进行跟踪。

2 独立运行光伏发电系统

如图 1 所示, 整个独立供电的光伏发电系统由光伏电池板、DC/DC 变换器、蓄电池、控制器、逆变器等组成。光伏电池板所担负着将太阳能转换为电能的作用, 通过 DC/DC 直流转换为蓄电池和负载所需的电压; 由于太阳能和蓄电池所发出的是直流电, 当负载为交流负载时, 逆变器是不可少的; 蓄电池一般采用铅酸蓄电池, 主要用来储存太阳能电

收稿日期: 2010-01-12
作者简介: 陈 丽 (1985-), 女, 湖南岳阳人, 硕士研究生, 研究方向: 智能检测技术与装置 (E-mail: chenli19851215@126.com); 王英健 (1958-), 男, 湖南长沙人, 教授, 研究方向: 智能检测技术与装置。

池方阵受光照时所发出的电能并可随时向负载供电^[2];控制器是光伏发电系统的核心部件之一,通过调节 DC/DC 变换器的占空比,使光伏电池始终工作在最大功率点上,并实时检测系统的状态参数,做出相应的控制。

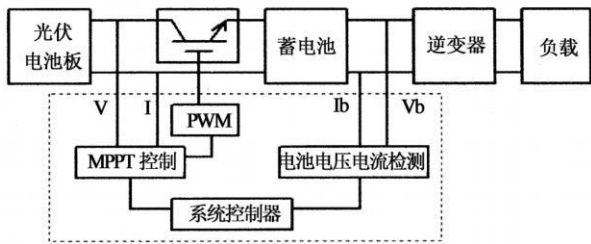


图 1 系统结构设计图

3 光伏电池的数学模型

在光照强度和环境强度一定时,太阳能光伏电池既非恒电压源,也非恒流源,也不可能为负载提供任意大的功率,是一种非线性直流电源^[3]。其等效电路如图 2 所示,等效数学模型为:

$$I_{pv} = I_{ph} - I_o \left[\exp \left[\frac{q(V_{pv} + I_{pv}R_s)}{nKT} \right] - 1 \right] - \frac{V_{pv} + I_{pv}R_s}{R_{sh}} \tag{1}$$

式中, I_{ph} 为 光生电流; I_o 为 二极管的反向饱和电流; V_{pv} 为 光伏电池输出电压; q 为 单位电荷 ($1.6 \times 10^{-19} k$ 库 仑); k 为 玻 耳 兹 曼 常 数 ($1.38 \times 10^{-23} J/K$); T 为 绝 对 温 度 (K); n 为 二 极 管 指 数。

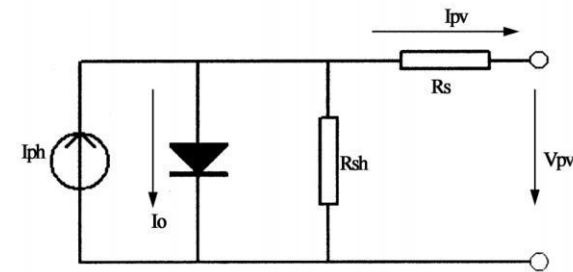


图 2 光伏电池等效电路

现代光伏电池中,旁路电阻 R_{sh} 的值一般都很 大,所以在进行理想电路的计算时,可以忽略不计。

4 Buck 变换器特性

Buck 电路属于串联型开关变换器,又称降压 变换器,由电压源、串联开关、电感器和二极 管构 成^[4]。如图 3 所示。

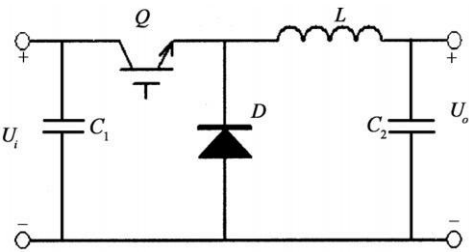


图 3 Buck 变换器

变换器的输入输出关系如下:

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T} = \alpha \tag{2}$$

假设 L 值为无穷大,且负载电流平直。则有:

$$I_i = \alpha I_o \tag{3}$$

联合(2)、(3) 可得出:

$$\frac{U_o}{I_o} = \frac{\alpha U_i}{\frac{1}{\alpha} I_i} = \alpha^2 \frac{U_i}{I_i} \tag{4}$$

则可知,

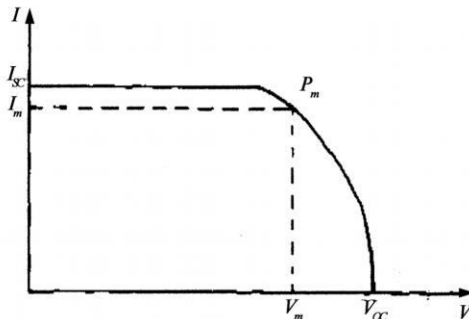
$$R_o = \alpha^2 R_i \tag{5}$$

式中 t_{on} —— Q 处于通态的时间, t_{off} —— Q 处于断态的时间, T —— 开关周期, α —— 导通占空比,简称占空比或导通比。

由(5) 式可知,通过对占空比的调整可以起到调整输出负载阻抗大小的作用,利用光伏电池的软负载特性达到对其光伏电池工作点电压进行调整的目的,实现跟踪控制光伏阵列的输出始终工作在最大功率点处,这样就可以提高光伏电池输出效率,使光伏电池得到最大的利用。

5 MPPT 控制策略

如图 4 所示^[5],在一定的光照强度和环境温 度下,光伏电池可以工作在不同的输出电压,但是 只有在某一点输出电压时,光伏电池的输出功率才 能达到最大值。



I—电流; I_{sc} —短路电流; I_m —最大工作电流; V—电压; V_{oc} —开路电压; V_m —最大工作电压; P_m —最大功率

图 4 光伏电池的伏安特性曲线

本文采用逐次逼近法的 MPPT 控制策略, 根据 DC/DC 变换器的特性, 对 PWM 占空比输出进行调整, 通过改变当前的阻抗情况来满足最大功率输出的要求, 使系统运行在当前工况下的最佳状态。

逐次逼近法的 MPPT 控制策略的基本原理, 如图 5 所示。在系统启动时, 设定最初的占空比 D , 固定步长 T , P_t 、 D_t 为 t 时刻光伏发电系统输出功率和占空比值, 首先以一定的趋势调节 PWM 占空比输出, 对 $t-1$ 、 t 时刻所对应的光伏发电系统输出功率进行比较, 然后确定下一步 PWM 占空比输出。当 $P_t > P_{t-1}$ 时, t 时刻所对应的系统输出功率比 $t-1$ 时刻所对应的输出功率更加接近最大功率点 P_{max} , 则占空比输出按照原趋势继续进行, 直到系统输出功率达到最大功率点; 当 $P_t < P_{t-1}$ 时, 则 $t-1$ 时刻所对应的系统输出功率比 t 时刻所对应的值更加接近最大功率点 P_{max} , 占空比输出调节为与原趋势相反的方向输出, 直到系统输出功率达到最大功率点。

6 系统仿真

应用 MATLAB 工具箱 SIMULINK 对系统

进行仿真, 光伏发电系统仿真模块由光伏电池模块、蓄电池模块、DC/DC 变换器模块等构成, 如图 6 所示。温度 T 、光照强度 Q 、 V_m 、 V_{oc} 、 I_m 和 I_{sc} 依次为 $25^{\circ}C$ 、 $1_{kw}/m^2$ 、 $30V$ 、 $40V$ 、 $10A$ 、 $15A$ 。

其中光伏电池板仿真模块如图 7 所示。

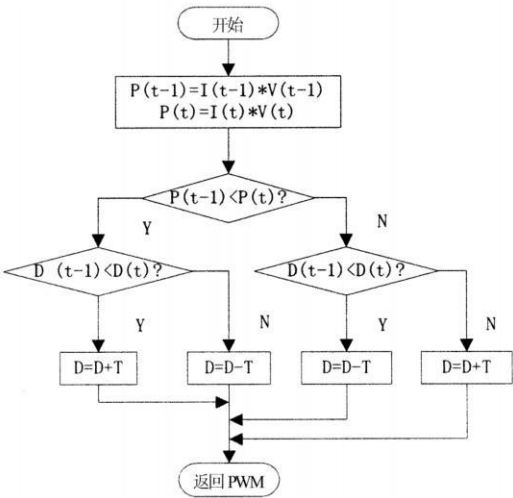


图 5 逐步逼近法图

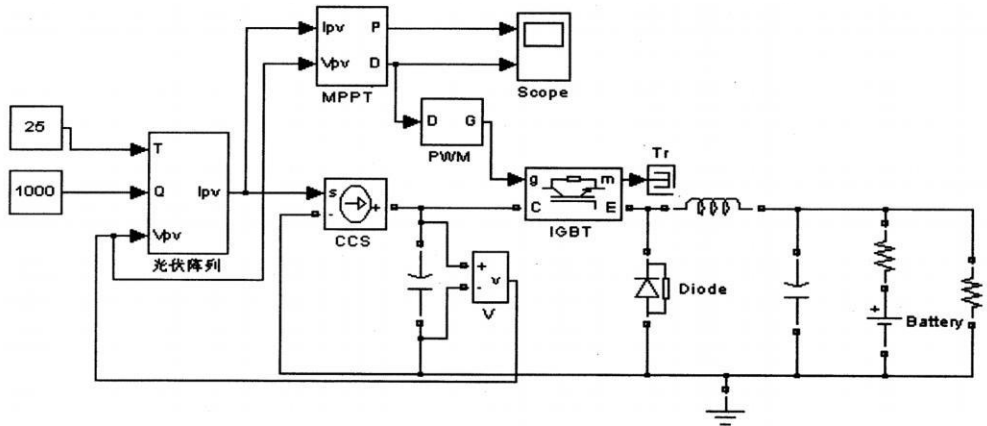


图 6 MPPT 控制的系统仿真模型

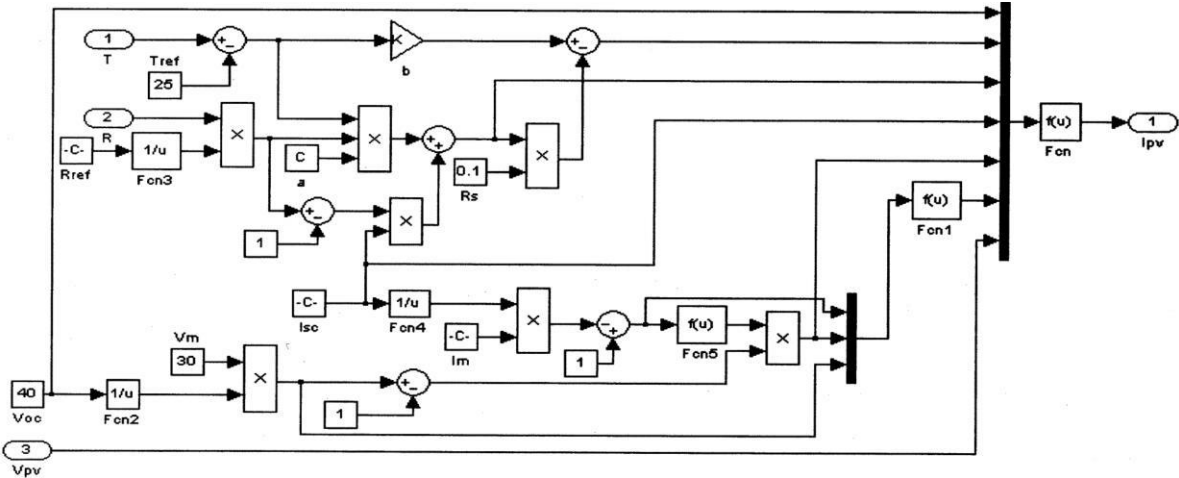


图 7 光伏阵列仿真模型

MPPT 控制策略仿真结果如图 8 所示。

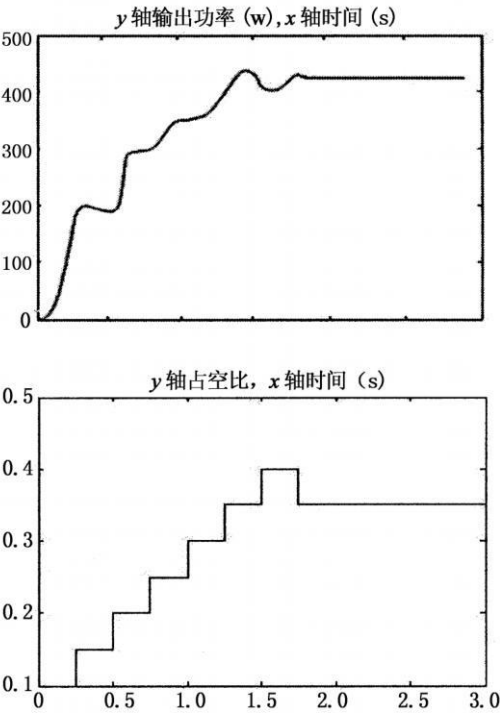


图 8 MPPT 功率追踪图

从上图可以看出,通过对 PWM 占空比的输出调节,实现了对最大功率点的跟踪,从而证明了逐步逼近法的 MPPT 控制策略的正确性。

6 结束语

太阳能光伏发电系统中,如何提高光伏电池的利用率,实时调整光伏电池的工作点成为一个关键性的问题。本文采用的基于 Buck 变换器光伏发电系统的 MPPT 控制方法,通过调节 PWM 占空比输出,使得负载的等效阻抗跟随光伏电池的输出阻抗,从而使得光伏电池输出功率最大,实现了对最大功率点的跟踪。

参考文献

[1] 春兰、王生铁·独立运行光伏发电系统功率控制研究[D]·包头:内蒙古工业大学,2007.

[2] 赵争鸣、刘建政·太阳能光伏发电及其应用[M]·北京:科学出版社,2005.

[3] 胡静、张建成·基于数值方法的光伏发电系统 MPPT 控制算法研究[J]·电力科学与工程,2009,25(7): 1—6.

[4] 王兆安、黄俊·电力电子技术[M]·北京:机械工业出版社,2000.

[5] EDUARDOL Ortiz-Rivera· Maximum Power Point Tracking using the Optimal Duty Ratio for DC—DC Converters and Load Matching in Photovoltaic Applications[J]·IEEE·2008, 20(7): 67—73.