第41卷 第6期 太 阳 能 学 报 Vol. 41, No. 6
2020年6月 ACTA ENERGIAE SOLARIS SINICA Jun., 2020

文章编号:0254-0096(2020)05-0234-08

基于 β 参数的光伏系统最大功率点跟踪算法研究

武 迪[1,2], 许春雨[1,2], 郑丽君[1,2], 宋建成[1,2], 马里千[1,2]

(1. 太原理工大学煤矿电气设备与智能控制山西省重点实验室, 太原 030024;
2. 太原理工大学矿用智能电器技术国家地方联合工程实验室, 太原 030024)

摘 要: 针对扰动观察法在最大功率点(maximum power point,MPP)附近存在振荡、跟踪步长与跟踪精度无法兼顾等问题,提出一种基于β参数的最大功率点跟踪算法,通过分析β-U曲线,在跟踪过程中分别采用变步长占空比扰动法和模糊控制法,进而提高系统跟踪速度和稳态精度。为了验证该方法的有效性,在Matlab平台对光伏系统最大功率点跟踪的稳态和动态性能进行仿真,并用"可编程直流电源"来近似模拟光伏系统进行实验研究,仿真和实验结果表明所提出的方法具有较高的稳定性能和良好的动态性能,能有效提高系统跟踪速度和控制精度,实现最大功率点跟踪。

关键词: 光伏系统; 最大功率点跟踪; β参数; 变步长占空比扰动法; 模糊控制

中图分类号: TM615 **文献标志码**: A

0 引 言

随着新能源的研究与开发,光伏发电系统作为一种可再生能源,得到了广泛研究[1-2]。但太阳电池的输出功率与输出电压(P-U)特性呈非线性,而且最大功率点会受到太阳电池的特性、光照强度、环境温度等因素的影响而变化[3],如何使光伏系统输出最大功率是光伏发电领域研究的热点问题。

在最大功率点跟踪方法研究方面,国内外进行了广泛研究。传统的最大功率点跟踪算法包括动观察法(P&O)、导纳增量法、模糊控制法、神经网络控制法。扰动观察法[4]结构简单,易实现,但由于扰动步长固定,在最大功率点处存在振荡现象,且系统的动态特性和稳态精度无法兼顾。模糊控制法[5]鲁棒性强,稳态精度高,但由于要计算斜率和斜率变化率,需要实现多次求导对硬件要求高。基于多种控制方法的复合控制算法,已被广泛应用于最大功率点跟踪中,并取得良好的控制效果。采用神经网络滑膜控制的跟踪算法[6],消除了时变和非线性不确定性对系统的影响,对外界抗干扰能力强,但需要大量数据进行训练,算法复杂不易于工程实现;采用三输入模糊控制器[7],加入β参数,虽然提高了控制精度,但由于输入量的增加使得模糊控制器设计变得更加复杂;采用外推追赶迭代法的跟踪算法[8],减少了系统迭代次数,响应速度快,但需要储存大量数据,并进行泰勒展开,严重依赖硬件的处理速度;采用自适应扰动观察法的跟踪算法[9],以太阳电流为扰动量并结合短路电流法,能够很好地跟踪外部环境变化,有一定的自适应能力,提高了跟踪的快速性,但需要对温度、光照强度变化进行估算,跟踪精度较低。

本文提出一种基于β参数最大功率点跟踪算法,利用β参数将跟踪过程分为2个阶段,在不同阶段内分别采用变步长占空比扰动法与模糊控制法,消除了在光强突变时发生的振荡问题,保证了系统在最大功率点处的稳态精度,提高了跟踪速度,增强了系统的快速性。

1 光伏系统数学模型

太阳电池等效电路如图1所示。根据太阳电池的等效电路可推出其输出电压U、电流I之间的关系式为[10]:

$$I=I_{ph}-I_o\left\{\exp\left[\frac{q(U+R_s\cdot I)}{nkT}\right]-1\right\}-\frac{U+R_s\cdot I}{R_{sh}} \quad (1)$$

工程中常使用的表达形式如式(2)~式(4)[10]:

收稿日期: 2017-11-22
基金项目: 山西省2014年回国留学人员科技活动择优资助项目(2014); 山西省青年自然科学基金(201701D221240)
通信作者: 许春雨(1970—), 男, 博士、硕士生导师, 主要从事智能电器、电力传动方面的研究。xuchunyu@tyut.edu.cn

$$I = I_{sc}\left[1 - C_1\left(e^{\frac{U}{C_2 U_{oc}}} - 1\right)\right] \tag{2}$$

$$C_1 = \left(1 - \frac{I_m}{I_{sc}}\right)e^{\frac{-U}{C_2 U_{oc}}} \tag{3}$$

$$C_2 = \left(\frac{U_m}{U_{oc}} - 1\right)\left[\ln\left(1 - \frac{U_m}{U_{oc}}\right)\right]^{-1} \tag{4}$$

式中，I_{ph}——光生电流，A；I_D——流入二极管的电流，A；I_L——太阳电池的输出电流，A；U_D——二极管的端电压，V；U_L——负载端电压；R_L——电池负载电阻，Ω；R_{sh}、R_s——等效并、串联电阻；C_1、C_2——修正系数。

设一般工况与标准工况相比的温度差 ΔT 和辐照度差 ΔS 分别为[10]：

$$\begin{cases}\Delta T = T - T_{ref} \\ \Delta S = \dfrac{S - S_{ref}}{S_{ref}}\end{cases} \tag{5}$$

结合式(5)、式(2)中的 I_{sc}、U_{oc}、I_m 和 U_m 可分别表示为[10]：

$$\begin{cases}I_{sc}^* = I_{sc}\dfrac{S}{S_{ref}}(1 + \alpha\Delta T) \\ U_{oc}^* = U_{oc}(1 - \gamma\Delta T)\ln(1 + \beta\Delta S) \\ I_m^* = I_m\dfrac{S}{S_{ref}}(1 + \alpha\Delta T) \\ U_m^* = U_m(1 - \gamma\Delta T)\ln(1 + \beta\Delta S)\end{cases} \tag{6}$$

式中，α、β、γ 的典型值为 $\alpha = 0.0025$ ℃、$\beta = 0.5$、$\gamma = 0.0028$ ℃；$S_{ref} = 1000$ W/m²，$T_{ref} = 25$ ℃。

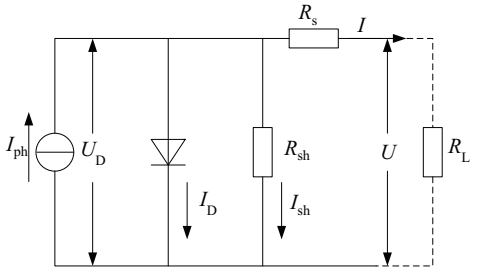


图1　太阳电池等效模型图

Fig. 1　Solar cell equivalent model diagram

根据式(2)~式(6)，通过 Matlab/Simulink 可建立太阳电池在工程应用中的数学模型，图 2 和图 3 给出了太阳电池在 $T = 25$ ℃，$S = 600$~1000 W/m² 的输出特性曲线。

2　基于 β 参数的 MPPT 原理

不同于传统的 MPPT 算法，本文利用光伏 β 参数

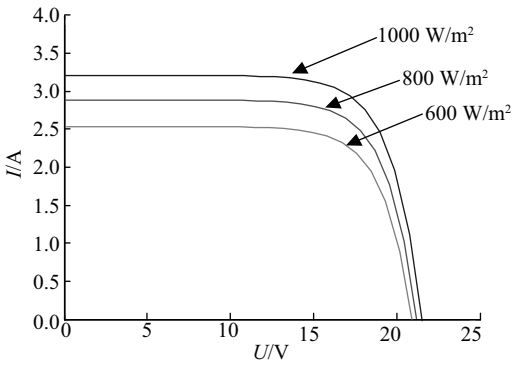


图2　不同光照下的 *I-U* 特性曲线

Fig. 2　*I-U* characteristic curves under different illumination

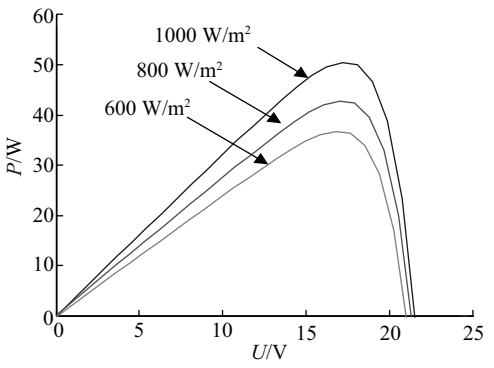


图3　不同光照下的 *P-U* 特性曲线

Fig. 3　*P-U* characteristic curves under different illumination

来实现最大功率点跟踪过程。由光伏 *P-U* 特性曲线可知，光伏输出功率 P_{pv} 与输出电压 U_{pv} 满足以下条件：

$$\frac{dP_{pv}}{dU_{pv}} = I_{pv} + U_{pv} \times \frac{\partial I_{pv}}{U_{pv}} \tag{7}$$

式中，P_{pv}、U_{pv}、I_P——光伏输出功率、电压和电流。

将式(1)作近似假设：$(U + R_s \cdot I)/R_{sh}$ 远小于输出电流，故该项可忽略，可得式(8)。

$$I_{pv} = I_{ph} - I_o\left\{\exp\left[c(U_{pv} + R_s \cdot I_{pv})\right] - 1\right\} \tag{8}$$

式中，$C = q/(AKT)$；q——电子电荷，$q = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C；A——二极管理想因子；K——玻尔兹曼常数，$K = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K；T——太阳电池的绝对温度，K。当达到最大功率点时，将式(8)代入到式(7)中并在两边同除以 U_{pv} 并取对数，可得：

$$\ln\frac{I_{pv}}{U_{pv}} - c \times U_{pv} = \ln(I_o \times c) + R_s \times c \times I_{pv} - \ln(1 + I_o \times \left\{\exp\left[c \times (U_{pv} + R_s \cdot I_{pv})\right]\right\} \times R_s \times c \tag{9}$$

由单二极管光伏模型可知，R_s 值很小可忽略，可将式(9)简化得式(10)：

$$\ln(I_{pv}/U_{pv})-c\times U_{pv}=\ln(I_o\times c)=\beta \quad (10)$$

在忽略 R_s 的条件下，根据式(10)，在 Matlab/Simulink 可得出在 T=0~25 ℃、S=400~1000 W/m² 时太阳电池的 β-U 与 P-U 的关系曲线，如图 4 所示，β 参数与光伏输出功率、光伏输出电压均呈现单调关系，相比以光伏输出功率、电压、占空比为跟踪条件的最大功率点跟踪算法，追踪 β 参数可很好地提高跟踪速度与控制精度。

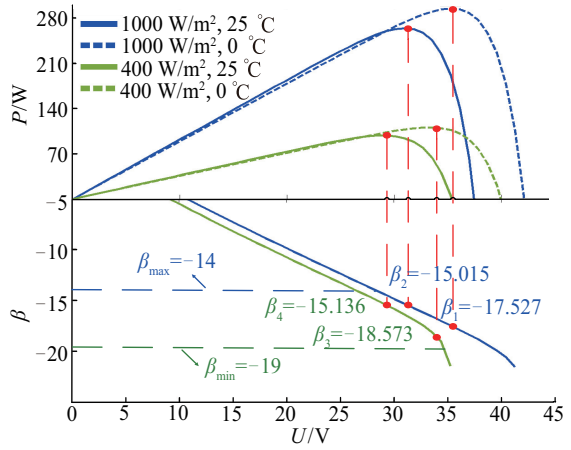


图4 在不同光照强度与温度下 P-U 曲线和 β-U 曲线

Fig. 4 P-U and β-U curves under different illumination and temperature

在主算法中，首先根据式(10)算出 β 值，然后根据 β 值判断是否在(β_{min}, β_{max})区间内，主算法流程如图 5 所示。如图 6 所示，如果 β 值不在该区间内，则说明此时系统工作点远离最大功率点，此时采用变步长的占空比扰动法，保证跟踪过程的快速性若系统工作点在(β_{min}, β_{max})区间内，此时工作点已经很接近最大功率点，这时系统切换至模糊控制法，避免在最大功率点处发生振荡。

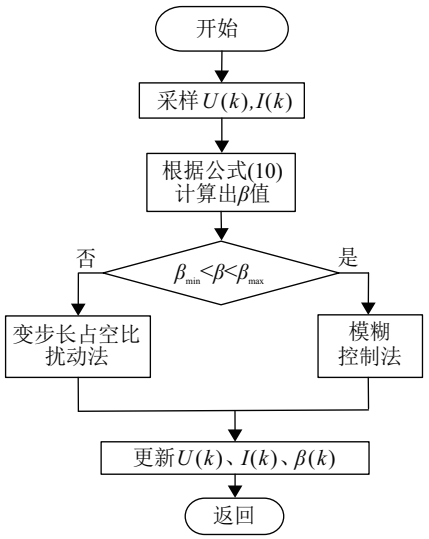


图5 主算法流程图

Fig. 5 Main algorithm flow chart

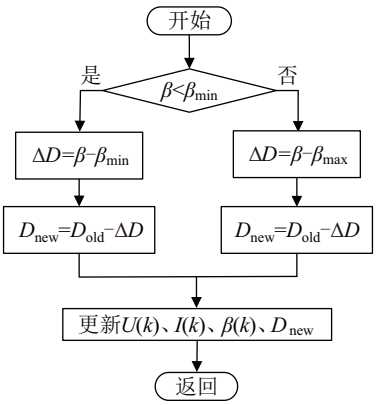


图6 变步长占空比扰动法

Fig. 6 Variable step duty cycle disturbance method

2.1 变步长占空比扰动法

由于环境温度不会随着光照强度的变化而迅速变化，可近似认为环境温度不变且忽略 R_s 的条件下，根据式(10)，在 Matlab/Simulink 可得出在 T=25 ℃、S=400 W/m² 和 T=25 ℃、1000 W/m² 时太阳电池的 β-U 与 P-U 的关系曲线，如图 7 所示，占空比 D 与光伏输出功率不是呈线性关系，同一输出功率可对应 2 个不同的占空比，而 β 参数与占空比 D 则保持了线性关系，在占空比扰动法中加入 β 参数可很好地提高跟踪速度，具体跟踪过程如下：当 $\beta<\beta_{min}$ 与 $\beta>\beta_{max}$ 时，此时采用变步长占空比扰动法。系统工作点随光照强度的变化如图 7 所示，假设目前光照强度为 400 W/m²，系统工作在 A 点，当光照强度突然上升到 1000 W/m²，系统

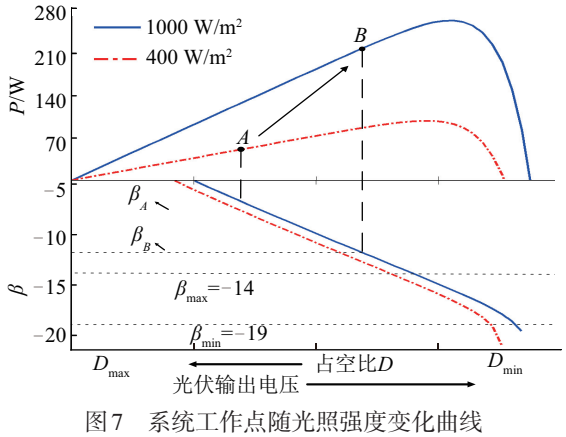


图7 系统工作点随光照强度变化曲线

Fig. 7 System operating point with illumination intensity curve

工作在 B 点，β_A、β_B 均大于 β_{max}，可判断出系统工作点在最大功率点左侧。此时 $D_{new}=D_{old}-\Delta D$，式中 $\Delta D=(\beta-\beta_{max})\cdot k>0$，$(\beta-\beta_{max})$ 为步长调整因子，k 为占空比扰动定步长。根据系统工作点位置的不同，实时调整占空比扰动步长的大小，由于是以 β 参数为跟踪目标，系统的跟踪速度得到提高。

2.2　模糊控制法

当 $\beta\in(\beta_{min},\ \beta_{max})$ 时，系统工作点已很接近最大功率点，为了避免在最大功率点处振荡，提高稳定性，系统此时切换至模糊控制法。其原理是：将采用光伏输出功率差和光伏输出电压差作为模糊控制器的输入，输出为下一时刻电压的扰动步长，如图 8 所示。Eu 和 Ep 分别为控制器输入量 eu 和 ep 所对应的模糊集，Ke 为量化因子，Ka 为比例因子。本文将输入 Eu 和 Ep 分为 5 个模糊子集，输出 Du 分为 5 个模糊子集，即：

Eu={NB，NS，ZO，PS，PB}；

Ep={NB，NS，ZO，PS，PB}；

Du={NB，NS，ZO，PS，PB}；

将 Eu，Ep 和 Du 的论域划分为 {−2,−0.5,0,0.5,2} 共 5 个等级。

NB、NS、ZO、PS、PB 分别表示负大、负小、零、正小、正大等模糊概念。

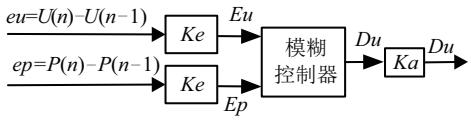


图 8　二维结构模糊控制器原理与结构示意图

Fig. 8　Two-dimensional structure fuzzy controller principle and structure

根据光伏系统的特点，隶属度函数选取为三角形。由图 7 可知太阳电池输出 P-U 特性曲线在最大功率点两侧不对称的特点，所以为了提高控制器的稳态精度和跟踪速度，本文中各变量的隶属度函数采用不均匀分布，越靠近原点，曲线斜率越陡，则在原点处的精度越高，图 9 为各变量隶属度函数图。

根据光伏 P-U 曲线，可得到如下原则：

a. 输出功率增加（$Ep>0$），输出电压增加（$Eu>0$），电压扰动步长则为正（$Du>0$）；

b. 输出功率不变（$Ep=0$），输出电压不变（$Eu=0$），电压扰动步长则为零（$Du=0$）；

c. 输出功率减小（$Ep<0$），输出电压增加（$Eu>0$），电压扰动步长则为负（$Du<0$）；

d. 输出功率不变（$Ep=0$），输出电压不为零（$Eu\neq0$），说明是在最大功率点处振荡，为了避免电压波动此时电压扰动步长则为零（$Du=0$）。

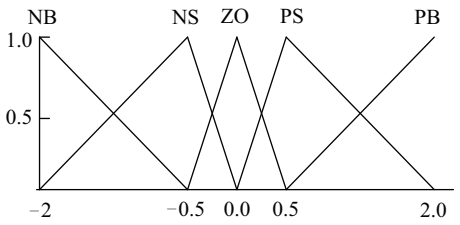


图 9　Eu、Ep 及 Du 隶属度函数

Fig. 9　Degree of membership functions of Eu, Ep and Du

根据上述原则，应用 if A and B then C 模糊规则。最后得到模糊规则表，如表 1 所示。

表 1　MPPT 模糊规则表

Table 1　MPPT fuzzy rule table

Ep	Eu				
	NB	NS	ZO	PS	PB
NB	PB	PS	PB	NS	NB
NS	PB	PS	PS	NS	NB
ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
PS	NB	NS	NS	PS	PB
PB	NB	NS	NB	PS	PB

3　系统仿真

在 Matlab/Simulink 中搭建仿真模型，光伏阵列参数如下：开路电压 $U_{oc}=37.5$ V，短路电流 $I_{sc}=9.18$ A，最大功率点处电压 $U_m=30.1$ V，最大功率点处电流 $I_m=9.18$ A，光照强度曲线如图 11 所示。

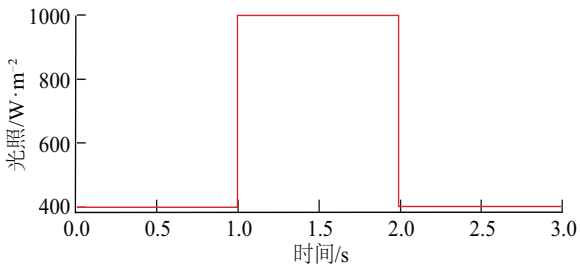
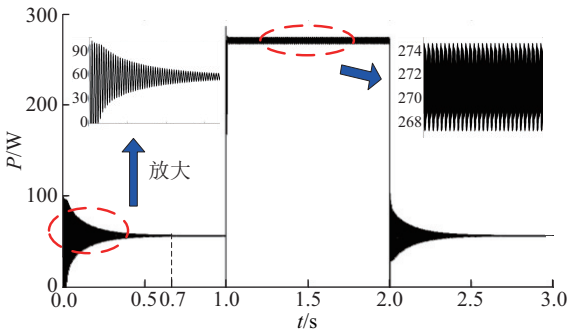


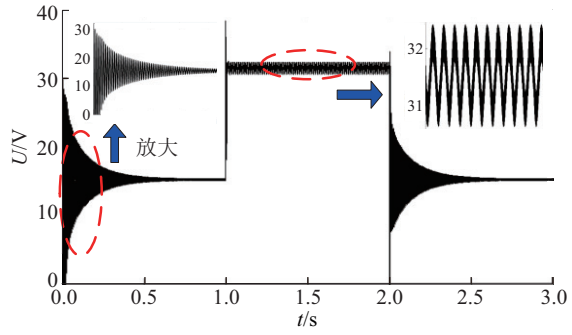
图 10　光照强度曲线

Fig. 10　Illumination intensity curve

0.05 V 定步长 P&O 的仿真波形如图 11 所示、模糊控制-扰动观察法（FLC+P&O）的仿真波形如图 12 所示、基于 β 参数的 MPPT 算法如图 13 所示。



a. 功率跟踪情况

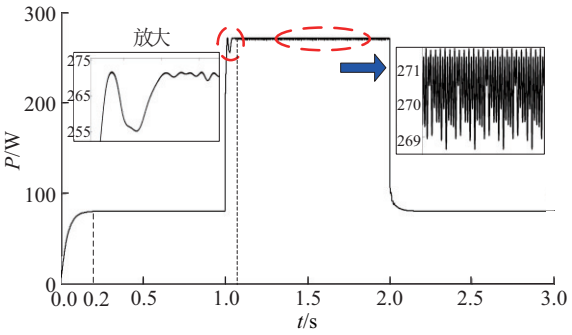


b. 电压跟踪情况

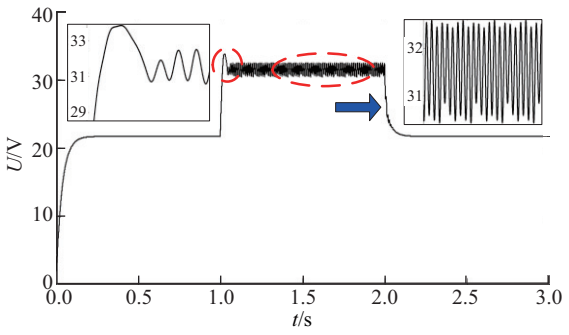
图11 扰动观察法

Fig. 11 Disturbance observation method

由图 11 可看出，0.05 V 定步长 P&O 在系统启动与光照强度突然减小时，光伏输出电压与输出功率均会发生剧烈振荡，光伏输出电压振荡约为 15 V、输出功率振荡约为 50 W，达到最大功率点的跟踪时间为 0.7 s，当系统达到稳定后，输出电压存在约 1 V 的波动。当光照强度突然变大，光伏输出电压会突增到 39 V，随后再达到最大功率点处的电压值并在最低光照强度（$S=400\ \mathrm{W/m^2}$）时，输出功率仅达到 50 W，远小于在该光照强度条件下的最大功率（$S=400\ \mathrm{W/m^2}$，$P_{max}=80\ \mathrm{W}$），在 $S=1000\ \mathrm{W/m^2}$ 时，输出功率存在约 6 W 的波动，输出电压存在约 2 V 的波动。



a. 功率跟踪情况

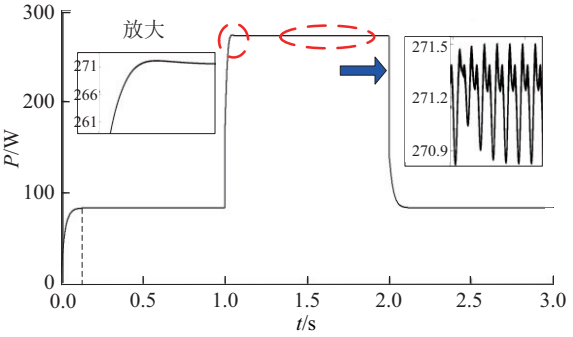


b. 电压跟踪情况

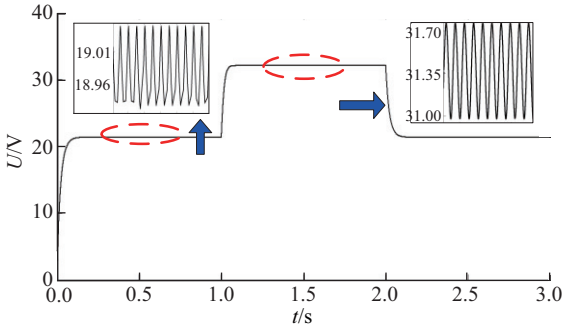
图12 模糊控制-扰动观察法

Fig. 12 Fuzzy control-perturbation and observation method

由图 12 可看出，当采用模糊控制-扰动观察法时，系统在启动与光照强度突然减小时均未发生电压与功率振荡现象，达到最大功率点时的跟踪时间为 0.2 s，当系统达到稳定后，输出电压存在约 0.8 V 的波动。但当光照强度突然增大时，光伏输出电压突增到 33 V，相比起使用 0.05 V 定步长 P&O 算法时，减少了 6 V。在光照强度降到最低时（$S=400\ \mathrm{W/m^2}$），基本能达到最大功率，但在最大功率点处仍存在 2 W 的功率波动和 2 V 的电压波动。



a. 功率跟踪情况



b. 电压跟踪情况

图13 基于 β 参数的MPPT

Fig. 13 MPPT based on β parameter

由图 13 可看出，当采用基于 β 参数的 MPPT 算法时，系统在整个跟踪过程中均未发生振荡，跟踪准确，达到最大功率点时的跟踪时间为 0.1 s，相比起前 2 种算法，其跟踪速度更快。在最大功率点处功率波动为 0.6 W，电压波动为 0.7 V，在稳态时的输出更为稳定。

通过仿真可看出，系统只经过 0.1 s 就达到最大功率点且在稳态误差仅有 2.2%。在光照强度突变处，系统无振荡，跟踪准确，可见基于 β 参数的 MPPT 算法响应速度快，稳态精度高。

4　实验验证

为了进一步验证该控制算法的可行性，搭建了基于 DSP 芯片（TMS320F28335）的实验平台，实验平台如图 14 所示。实验参数如表 2 所示。在本系统中，采用可编程直流电源（62050H-600S）来模拟光伏阵列。

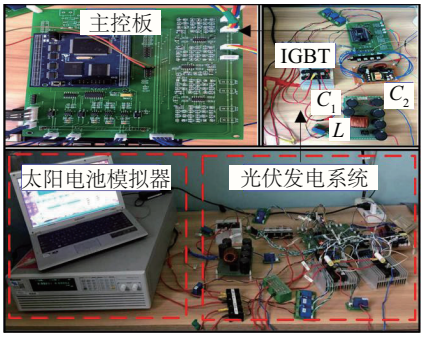


图14　实验平台

Fig. 14　Experimental setup

表2　实验参数

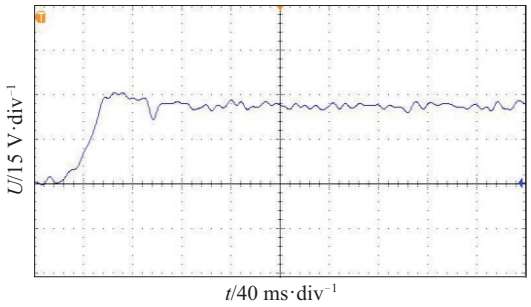
Table 2　Experimental parameters

参数	数值
额定功率 P_N/kW	3
Boost 变换器电感 L/mH	3
Boost 变换器输入电容 C_1/μF	1120
Boost 变换器直流母线电 C_2/μF	2240
Boost 变换器开关频率 f/kHz	20

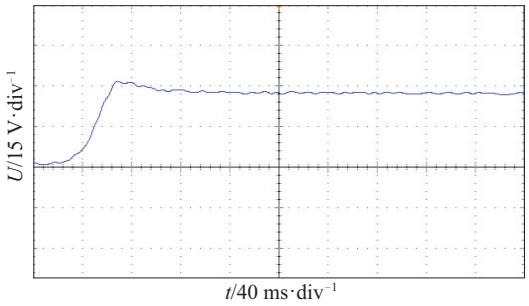
在本实验中设置光伏曲线为：开路电压 $U_{oc}=37.5$ V；短路电流 $I_{sc}=9.18$ A；最大功率点处的电压 $U_m=30.1$ V；最大功率点处的电流 $I_m=8.7$ A。最大功率点跟踪算法采用不同的控制方法：1）0.5 V 定步长 P & O；2）基于 β 参数的 MPPT 算法。为验证上述 2 种跟踪算法的性能，对不同跟踪算法进行稳态和动态实验。

4.1　稳态试验

为对比 2 种算法的稳态性能，对其分别作稳态实验。图 15a 为 0.5 V 定步长 P&O 算法的稳态实验波形，图中曲线为“可编程直流电源”模拟的光伏系统输出电压。图 15b 为 β 参数的 MPPT 算法稳态实验波形。



a. 0.5 V 定步长 P&O



b. β 参数的 MPPT 算法

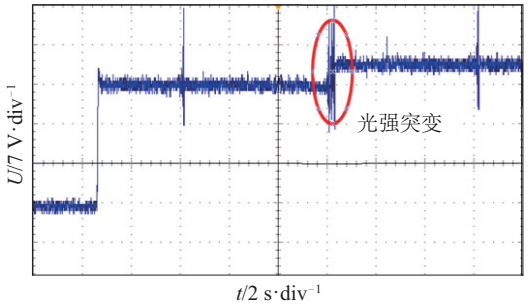
图15　最大功率点跟踪稳态实验波形

Fig. 15　Steady-state experimental waveforms of MPPT

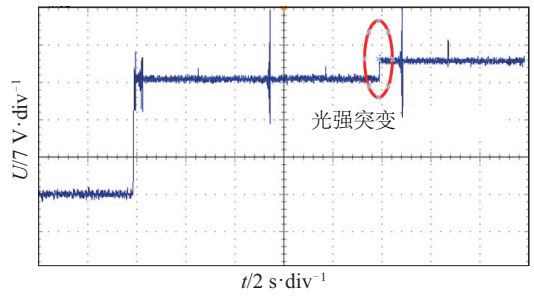
由图 15a 稳态的实验波形可知：采用 0.5 V 定步长扰动观察法，其跟踪时间为 70 ms，在最大功率点处存在幅度约为 5 V 的波动；由图 15b 稳态的实验波形可知：采用 β 参数的 MPPT 算法，其跟踪时间为 40 ms，达到最大功率点时，输出电压波动幅度仅为 0.5 V，从而验证了 β 参数的 MPPT 算法有很好的稳态特性。

4.2　动态试验

为了比较不同跟踪算法的动态性能，对两种算法进行动态实验。图 16a 为 0.5 V 定步长 P&O 算法的动态



a. 0.5 V 定步长 P&O



b. β参数的MPPT算法

图16 最大功率点跟踪动态实验波形

Fig. 16 Dynamic experimental lifeforms under MPPT

实验波形；图16b为β参数的MPPT算法的动态实验波形。在$t=10$ s时光照从500 W/m^{2}突变到1000 W/m^2。

从图16a和图16b动态的实验波形看出：当光照强度发生突变时，采用0.5 V定步长扰动观察法达到稳定的时间为0.4 s，输出电压存在幅度约为3 V的波动，且在光照突变处，电压振荡最为明显，振荡幅度最大可达约10 V；采用β参数的MPPT算法达到稳定的时间为0.1 s，输出电压存在幅度约为1 V的波动，在光强突变处，电压无明显振荡，过渡过程平稳。从以上实验数据表明：采用β参数的MPPT算法具有很好的动态性能。

将仿真与实验数据整理，并将系统的稳态和动态参数指标列入表3。

表3 仿真与实验数据

Table 3 Simulation and experimental data

	算法	稳态实验		动态实验	
		跟踪时间/s	电压波动/V	光照强度突变处的电压振荡/V	电压波动/V
仿真	0.05 V定步长P&O	0.70	1.0	9	2.0
	FLC+P&O	0.20	0.8	3	2.0
	β参数控制策略	0.10	0.2	不明显	0.7
实验	0.5 V定步长P&O	0.07	5.0	10	3.0
	β参数控制策略	0.04	0.5	不明显	1.0

由表3可看出，β参数控制策略的仿真和实验数据之间存在误差，产生该误差的原因是仿真中的条件均是理想条件。通过实验对比可看出：在稳态实验中，β参数控制策略的电压波动相较于P&O算法减少了90%，在动态试验中，其电压波动减少了66.67%。通过实验进一步验证了所提算法的准确性与有效性，因此由实验与仿真可得出所提基于β参数跟踪算法具有更快的动态响应、更好的稳定性，对外界抗干扰能力强，系统有较强的鲁棒性。

5 结 论

本文提出一种基于β参数的最大功率点跟踪算法，在跟踪初段，以追踪β参数代替功率，采用变步长占空比扰动法，提高了跟踪速度。当工作点接近最大功率点时，系统切换至模糊控制法，保证系统在最大功率点处的稳定性。仿真与实验结果均证明β参数的最大功率点跟踪算法可有效解决定步长最大功率点跟踪方法在稳态精度、跟踪速度和跟踪步长之间的固有矛盾，提高系统寻优效率和跟踪速度，在最大功率点处输出稳定，输出电压振荡较小，使系统具有很好的稳、动态性能，在光伏发电系统中具有较好应用前景。

[参考文献]

[1] ARRIOLA N A A, RAMOS M C, Coordinated maximum power point tracking in modular photovoltaic power systems [C]//TENCON 2015-2015 IEEE Region 10 Conference, IEEE, Macao, China, 2016: 1-5,

[2] 陈亮，张永革，许建奎，等. 杂食鱼群算法在光伏系统MPPT控制中的仿真研究[J]. 太阳能学报，2017，38(2)：333-338.
CHEN L, ZHANG Y G, XU J K, et a1.Research of omnivorous afsa in MPPT control of PV systems [J]. Acta energiae solaris sinica, 2017, 38(2): 333-338.

[3] 王立舒，蒋赛加，王君，等. 基于混合策略的光伏MPPT算法优化控制[J]. 太阳能学报，2016，37(6)：1396-1402.
WANG L S, JIANG S J, WANG J, et a1. Optimization control of PV MPPT algorithm based on mixed strategy [J]. Acta energiae solaris sinica, 2016, 37(6): 1396-1402.

[4] 党选举，杨阳，姜辉，等，基于不完全微分的自适应步长扰动观察法MPPT控制[J]. 太阳能学报，2016，37(12)：3022-3029.
DANG X J, YANG Y, JIANG H, et a1. MPPT control

of adaptive step size perturb & observe method based on incomplete differential[J]. Acta energiae solaris sinica, 2016, 37(12): 3022-3029.

[5] 吴大中, 王晓伟. 一种光伏MPPT模糊控制算法研究[J]. 太阳能学报, 2011, 32(6): 808-813.
WU D Z, WANG X W. A photovoltaic MPPT fuzzy controlling alogorithm[J]. Acta energiae solaris sinica, 2011, 32(6): 808-813.

[6] 阳同光, 桂卫华, 基于神经网络滑模控制光伏系统最大功率点跟踪[J]. 太阳能学报, 2016, 37(9): 2386-2392.
YANG T g, GUI W h. Maximun power point tracking of photovoltaic system based on neural network sliding model control[J]. Acta energiae solaris sinica, 2016, 37(9): 2386-2392.

[7] LI X S, WEN H Q. A fuzzy logic controller with beta parameter for maximum power point tracking of photovoltaic systems [C]//2016 IEEE 8th International Power Electronics and Motion Control Conference, Hefei, Anhui, China, 2016.

[8] 杨奕, 王建山, 杨元培, 等, 基于外推追赶迭代法的MPPT算法仿真[J]. 高电压技术, 2017, 43(7): 2355-2361.
YANG Y, WANG J S, YANG Y P, et a1. Simulation of MPPT algorithm based on the extrapolation ehasing method[J]. High voltage engineering, 2017, 43(7): 2355-2361.

[9] KOLLIMALLA S K, MISHRA M K. A novel adaptive P&O MPPT algorithm considering sudden changes in the irradiance[J]. IEEE transactions on energy conversion, 2014, 29(3): 602-610.

[10] 陈亚爱, 周京华, 李津, 等, 梯度式变步长MPPT算法在光伏系统中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2014, 35(19): 3156-3161.
CHEN Y A, ZHOU J H, LI J, et a1. Application of gradient variable step size MPPT algorithm in photovoltaic system[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 35(19): 3156-3161.

MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHM OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM BASED ON β-PARAMETER

Wu Di[1,2], Xu Chunyu[1,2], Zhen Lijun[1,2], Song Jiancheng[1,2], Ma Liqian[1,2]

(1. *Shanxi Key Laboratory of Mining Electrical Equipment and Intelligent Control, Taiyuan University of Technology, Taiyuan* 030024, *China*; 2. *National & Provincial Joint Engineering Laboratory of Mining Intelligent Electrical Apparatus Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan* 030024, *China*)

Abstract: Maximum power point tracking is one of the key techniques in photovoltaic power generation systems. To reduce oscillation at maximum power points (MPP) and to make tracking step size and tracking accuracy compatible, β parameter is proposed to track the MPP of photovoltaic system in this paper. By analyzing the β-U curve, the tracking process is divided into two phases with the value of β. At different phases, the variable step duty cycle disturbance method and the fuzzy control method are used to track the MPP which can further improve the system optimization efficiency and the tracking speed. In order to justify the effectiveness of this method, the static and dynamic properties of the maximum power point tracking of photovoltaic system is simulated using the Matlab simulation software, and the experiments are conducted by using a "programmable DC power" to roughly simulate the photovoltaic systems. The results show that this method exhibits satisfactory static property and excellent dynamic performance, and can effectively improvethe tracking speed and control accuracy of the system, thus achieving successful tracking of MPP.

Keywords: photovoltaic system; maximum power point tracking; β-parameter; variable step duty cycle disturbance method; fuzzy control method