



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103677066 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310655203. X

(22) 申请日 2013. 12. 05

(71) 申请人 宁波大学

地址 315211 浙江省宁波市江北区风华路  
818 号

(72) 发明人 夏银水 寇彦宏

(74) 专利代理机构 宁波奥圣专利代理事务所  
(普通合伙) 33226

代理人 邱积权

(51) Int. Cl.

G05F 1/67(2006. 01)

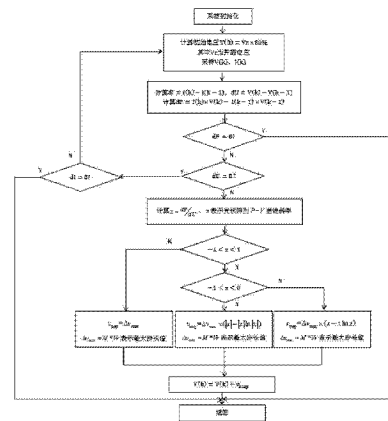
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种快速自适应步长的光伏阵列最大功率点跟踪方法

(57) 摘要

本发明公开的是一种快速自适应步长的光伏阵列最大功率点跟踪方法,该方法确定一个较小的最大功率点邻域  $U(P_{max}, \epsilon)$ ,使提出的自适应步长  $v_{step}$  自动调整步长,在最大功率点的邻域  $U(P_{max}, \epsilon)$  外,保持最大步长  $\Delta v_{max}$  进行跟踪;在最大功率点的邻域  $U(P_{max}, \epsilon)$  内,进一步迅速减小自适应步长  $v_{step}$ ,并保证最大功率点处步长  $v_{step}=0$ ,使得在保证跟踪精度的同时,提高了系统的跟踪速度。



1. 一种快速自适应步长的光伏阵列最大功率点跟踪方法,其特征在于包含以下步骤:

① 系统启动后,对光伏阵列输出电压和输出电流进行采样, $V(k)$ 表示第 $k(k=0, 1, 2, \dots, k)$ 次采样的输出电压, $I(k)$ 表示第 $k(k=0, 1, 2, \dots, k)$ 次采样的输出电流;其中,初始电压 $V(0)$ 为开路电压 $V_r$ 的80%,即 $V(0)=V_r \times 80\%$ ;

② 计算第 $k$ 次采样时的功率变化量 $dP=I(k) \times V(k) - I(k-1) \times V(k-1)$ ,并 $dP$ 进行条件判断:

A) 若满足 $dP=0$ ,则步长 $v_{step}=0$ ,可得到一组输出电压 $V(k)$ 、输出电流 $I(k)$ ,使得输出功率 $P(k)=V(k) \times I(k)$ 为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

B) 若满足 $dP \neq 0$ ,则计算第 $k$ 次采样时的输出电压变化量 $dV=V(k) - V(k-1)$ ,并对 $dV$ 进行条件判断:

a) 若满足 $dV=0$ ,则计算第 $k$ 次采样时的输出电流变化量 $dI=I(k) - I(k-1)$ ,并对 $dI$ 进行条件判断:

i. 若满足 $dI=0$ ,则步长 $v_{step}=0$ ,可得到一组输出电压 $V(k)$ 、输出电流 $I(k)$ ,使得输出功率 $P(k)=V(k) \times I(k)$ 为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

ii. 若满足 $dI \neq 0$ ,则返回步骤①;直到满足 $dI=0$ ,则步长 $v_{step}=0$ ,可得到一组输出电压 $V(k)$ 、输出电流 $I(k)$ ,使得输出功率 $P(k)=V(k) \times I(k)$ 为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

b) 若满足 $dV \neq 0$ ,则计算 $x=dP/dV$ ,其中 $x$ 表示光伏阵列 $P-V$ 曲线斜率;

i. 对 $x$ 进行条件判断:

若满足 $0 \leq x < 1$ ,则计算自适应步长 $v_{step} = \Delta v_{max} \times |x - x \ln x|$ ;

若满足 $-1 < x < 0$ ,则计算自适应步长 $v_{step} = \Delta v_{max} \times ||x| - |x| \ln |x||$ ;

若满足 $x \geq 1$ 或 $x \leq -1$ ,则计算自适应步长 $v_{step} = \Delta v_{max}$ ;

其中 $\Delta v_{max} = M \times V_r$ 表示最大步长值; $M$ 表示自适应步长修正常数; $|\cdot|$ 表示求绝对值操作;

ii. 修正并替代输出电压值 $V'(k) = V(k) + v_{step}$ ,对输出电流进行重新采样由 $I'(k)$ 替代 $I(k)$ ;

iii. 当自适应步长 $v_{step} \neq 0$ 时,返回步骤①;

当自适应步长 $v_{step}=0$ 时可得到一组输出电压 $V'(k)$ 、输出电流 $I'(k)$ ,使得输出功率 $P'(k) = V'(k) \times I'(k)$ 为最大功率点,实现最大功率点的跟踪。

## 一种快速自适应步长的光伏阵列最大功率点跟踪方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光伏阵列最大功率点跟踪方法,尤其是涉及一种快速自适应步长的光伏阵列最大功率点跟踪方法。

### 背景技术

[0002] 最大功率点跟踪 (MPPT) 技术几乎是光伏系统中最重要的一部分。在恒定电压法、扰动观察法 (Perturb and Observe, 简称 P&O)、导纳增量法 (Incremental Conductance, 简称 IncCond) 等经典方法基础上,已提出了大量改进的 MPPT 方法并加以应用。其中,为克服最大功率点跟踪速度与精度的矛盾,自适应步长法应运而生。

[0003] 近来, A. K. Abdelsalam 在文献“High-performance adaptive perturb and observe MPPT technique for photovoltaic-based microgrids” (IEEE Transactions on Power Electronics, 26(4), 2011) 提出由光伏阵列两个连续功率信号的差值  $\Delta P$  产生自适应扰动,他定义自适应步长  $v_{step_1} = M \times |\Delta P|$ 。其中, M 值为实验确定的常数,  $|\Delta P|$  表示功率信号的差值  $|P_i - P_{i-1}|$ 。K. - J. Lee 在文献“An adaptive maximum power point tracking scheme based on a variable scaling factor for photovoltaic systems”

(IEEE transactions on Energy conversion, 27(4), 2012) 则将公式  $\frac{dP_{max}}{dU} = I + U \times \frac{dI}{dU} = 0$  变形,得到  $dP_{max} = I \times dU + U \times dI$ , 定义自适应步长  $v_{step_2} = M \times |I \times dU + U \times dI|$ 。这两种自适应步长的选取,实质上是  $v_{step} = M \times |dP/dU|$  的变形,可保证在距离最大功率点较远的位置时,自适应步长  $v_{step}$  较大;而在最大功率点附近时,自动减小步长  $v_{step}$ ,以消除最大功率点附近因大步长引起的振荡,提高了跟踪精度。但该自适应步长  $v_{step}$  受光伏特性曲线 P-V 曲线斜率影响大,当 P-V 曲线斜率较大时,自适应步长  $v_{step}$  较大;当 P-V 曲线斜率较小时,自适应步长  $v_{step}$  较小,这就限制了它的跟踪速度。

[0004] A. Ahmed 在文献“A Fast PV Power Tracking Control Algorithm With Reduced Power Mode” (IEEE transactions on Energy conversion, 28(3), 2013) 中将公式

$\frac{dI}{dU} = -\frac{I}{U}$  变形,定义  $v_{step_3} = M \times \left| \frac{\left| \frac{dU}{dI} \right| - \left| \frac{U}{I} \right|}{\max\left(\left| \frac{dU}{dI} \right|\right)} \right|$ , 其中  $\max(|dU/dI|)$  表示对实验产生的一组  $|dU/dI|$  数据取最大值。靠近最大功率点的过程中 ( $dP/dU > 0$ ), 当 U 增加时,  $|dU/dI|$  减小, 而  $|U/I|$  增加, 导致自适应步长  $v_{step}$  减小, 直到在最大功率点处  $|dU/dI| = |U/I|$ , 保证自适应步长  $v_{step} = 0$ 。但是该方法在解决跟踪速度和跟踪精度这一对矛盾时,依然未能提出有效的策略。

[0005] 2013 年 3 月公开的专利“一种用于光伏阵列步长快速自适应的最大功率点跟踪方法”, 针对上述问题, 提出以下策略: 定义自适应步长

[0006]  $v_{step_4} = \Delta v_{max} \times \ln(|dP/dV| + 1) / \ln(|dP/dV| + 1) + 1$ , 满足在 P-V 曲线斜率较大时, 自适应步长  $v_{step}$  较大; 当 P-V 曲线斜率较小时, 依然能保持相对较大的自适应步长  $v_{step}$ , 直到到达最大功率点邻域  $U(P_{max}, \epsilon)$  内, 才开始迅速减小步长, 从而在保证跟踪精度的同时, 提高了跟踪速度。

[0007] 那么,如何由定性分析转化为定量分析,确定一个较小的最大功率点邻域  $U(P_{\max}, \varepsilon)$ ,成为在保证跟踪精度的同时,进一步提高跟踪速度的关键,同时也成为本发明的重点。

### 发明内容

[0008] 本发明所要解决的是提供一种在保证跟踪精度的同时,进一步提高跟踪速度的快速自适应步长的光伏阵列最大功率点跟踪方法。

[0009] 本发明解决上述技术问题所采取的技术方案为:一种快速自适应步长的光伏阵列最大功率点跟踪方法,包含以下步骤:

[0010] ①系统启动后,对光伏阵列输出电压和输出电流进行采样, $V(k)$ 表示第  $k(k=0, 1, 2, \dots, k)$ 次采样的输出电压, $I(k)$ 表示第  $k(k=0, 1, 2, \dots, k)$ 次采样的输出电流;其中,初始电压  $V(0)$ 为开路电压  $V_r$ 的80%,即  $V(0)=V_r \times 80\%$ ;

[0011] ②计算第  $k$ 次采样时的功率变化量  $dP=I(k) \times V(k)-I(k-1) \times V(k-1)$ ,并  $dP$ 进行条件判断:

[0012] A) 若满足  $dP=0$ ,则自适应步长  $v_{\text{step}}=0$ ,可得到一组输出电压  $V(k)$ 、输出电流  $I(k)$ ,使得输出功率  $P(k)=V(k) \times I(k)$ 为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

[0013] B) 若满足  $dP \neq 0$ ,则计算第  $k$ 次采样时的输出电压变化量  $dV=V(k)-V(k-1)$ ,并对  $dV$ 进行条件判断:

[0014] a) 若满足  $dV=0$ ,则计算第  $k$ 次采样时的输出电流变化量  $dI=I(k)-I(k-1)$ ,并对  $dI$ 进行条件判断:

[0015] i. 若满足  $dI=0$ ,则步长  $v_{\text{step}}=0$ ,可得到一组输出电压  $V(k)$ 、输出电流  $I(k)$ ,使得输出功率  $P(k)=V(k) \times I(k)$ 为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

[0016] ii. 若满足  $dI \neq 0$ ,则返回步骤①;直到满足  $dI=0$ ,则步长  $v_{\text{step}}=0$ ,可得到一组输出电压  $V(k)$ 、输出电流  $I(k)$ ,使得输出功率  $P(k)=V(k) \times I(k)$ 为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

[0017] b) 若满足  $dV \neq 0$ ,则计算  $x=dP/dV$ ,其中  $x$ 表示光伏阵列  $P-V$ 曲线斜率;

[0018] i. 对  $x$ 进行条件判断:

[0019] 若满足  $0 \leq x < 1$ ,则计算自适应步长  $v_{\text{step}}=\Delta v_{\text{max}} \times |x-x \ln x|$ ;

[0020] 若满足  $-1 < x < 0$ ,则计算自适应步长  $v_{\text{step}}=\Delta v_{\text{max}} \times ||x|-|x| \ln|x||$ ;

[0021] 若满足  $x \geq 1$ 或  $x \leq -1$ ,则计算自适应步长  $v_{\text{step}}=\Delta v_{\text{max}}$ ;

[0022] 其中  $\Delta v_{\text{max}}=M \times V_r$ 表示最大步长值; $M$ 表示自适应步长修正常数; $|\cdot|$

[0023] 表示求绝对值操作;

[0024] ii. 修正并替代输出电压值  $V'(k)=V(k)+v_{\text{step}}$ ,对输出电流进行重新采样由  $I'(k)$ 替代  $I(k)$ ;

[0025] iii. 当自适应步长  $v_{\text{step}} \neq 0$ 时,返回步骤①;

[0026] 当自适应步长  $v_{\text{step}}=0$ 时可得到一组输出电压  $V'(k)$ 、输出电流  $I'(k)$ ,使得输出功率  $P'(k)=V'(k) \times I'(k)$ 为最大功率点,实现最大功率点的跟踪。

[0027] 与现有技术相比,本发明先对  $dP$ 进行计算,避免已到达最大功率点,却依然盲目计算自适应步长  $v_{\text{step}}$ 的特殊情况发生;对  $dV$ 、 $dI$ 进行计算,应对因光照突变导致输出电流

变化  $dI \neq 0$ , 而自适应步长  $v_{\text{step}}=0$  的特殊情况, 系统重新启动, 寻找新的最大功率点。本发明的主要优势在于确定一个较小的最大功率点邻域  $U(P_{\text{max}}, \varepsilon)$ , 使得在最大功率点的邻域  $U(P_{\text{max}}, \varepsilon)$  外, 即  $dP/dV \geq 1$  或  $dP/dV \leq -1$  时, 提出的自适应步长  $v_{\text{step}} = \Delta v_{\text{max}}$ , 保持最大步长  $\Delta v_{\text{max}}$  对最大功率点进行跟踪; 在最大功率点的邻域  $U(P_{\text{max}}, \varepsilon)$  内, 即  $-1 < dP/dV < 1$  时, 提出的自适应步长  $v_{\text{step}} = \Delta v_{\text{max}} \times ||dP/dV| - |dP/dV| \ln |dP/dV||$ , 达到迅速减小自适应步长, 并保证最大功率点处步长  $v_{\text{step}}=0$  的要求, 使得在保证跟踪精度的同时, 提高了系统的跟踪速度。

### 附图说明

[0028] 图 1 为光伏特性曲线 P-V 曲线;

[0029] 图 2 为本发明流程结构框图;

[0030] 图 3A 为 matlab 仿真自适应步长  $v_{\text{step}_1} = M \times |\Delta P|$ 、

[0031]  $v_{\text{step}_2} = M \times |I \times dU + U \times dI|$ 、

$$[0032] \quad v_{\text{step}_3} = M \times \frac{\left| \frac{dU}{dI} - \frac{U}{I} \right|}{\max\left(\left| \frac{dU}{dI} \right|\right)},$$

[0033]  $v_{\text{step}_4} = \Delta v_{\text{max}} \times \ln(|dP/dV| + 1) / \ln(|dP/dV| + 1) + 1$ 、

$$[0034] \quad v_{\text{step}_5} = \begin{cases} \Delta v_{\text{max}} \times \left| \frac{dP}{dU} \right| - \left| \frac{dP}{dU} \right| \ln \left| \frac{dP}{dU} \right|, & \left| \frac{dP}{dU} \right| < 1 \\ \Delta v_{\text{max}}, & \left| \frac{dP}{dU} \right| \geq 1 \end{cases}$$

[0035] 时曲线;

[0036] 图 3B 为图 3A 的局部放大图;

[0037] 图 4A 为 matlab 仿真自适应步长  $v_{\text{step}_1} = M \times |\Delta P|$ 、

[0038]  $v_{\text{step}_2} = M \times |I \times dU + U \times dI|$ 、

$$[0039] \quad v_{\text{step}_3} = M \times \frac{\left| \frac{dU}{dI} - \frac{U}{I} \right|}{\max\left(\left| \frac{dU}{dI} \right|\right)},$$

[0040]  $v_{\text{step}_4} = \Delta v_{\text{max}} \times \ln(|dP/dV| + 1) / \ln(|dP/dV| + 1) + 1$ 、

$$[0041] \quad v_{\text{step}_5} = \begin{cases} \Delta v_{\text{max}} \times \left| \frac{dP}{dU} \right| - \left| \frac{dP}{dU} \right| \ln \left| \frac{dP}{dU} \right|, & \left| \frac{dP}{dU} \right| < 1 \\ \Delta v_{\text{max}}, & \left| \frac{dP}{dU} \right| \geq 1 \end{cases}$$

[0042] 时最大功率点跟踪曲线;

[0043] 图 4B 为图 4A 的局部放大图。

### 具体实施方式

[0044] 以下结合附图实例对本发明作进一步详细描述。

[0045] 如图 2 所示, 一种快速自适应步长的光伏阵列最大功率点跟踪方法, 包括以下步骤:

[0046] ①系统启动后, 对光伏阵列输出电压和输出电流进行采样,  $V(k)$  表示第  $k(k=0, 1, 2, \dots, K)$  次采样的输出电压,  $I(k)$  表示第  $k(k=0, 1, 2, \dots, K)$  次采样的输出电流;

其中,初始电压  $V(0)$  为开路电压  $V_r$  的 80%,即  $V(0)=V_r \times 80%$ ;例如,采用典型的太阳能电池板 Solarex MSX60,开路电压  $V_r=21.000V$ ;那么,初始电压  $V(0)=V_r \times 80%=16.800V$ ,初始电流  $I(0)=3.5952A$ ;第一次采样,即  $k=1$ ;  $V(1)=16.905V$ ,  $I(1)=3.5760A$ 。

[0047] ②计算第  $k$  次采样时的功率变化量  $dP=I(k) \times V(k)-I(k-1) \times V(k-1)$ ,并  $dP$  进行条件判断:

[0048] A) 若满足  $dP=0$ ,则步长  $v_{step}=0$ ,可得到一组输出电压  $V(k)$ 、输出电流  $I(k)$ ,使得输出功率  $P(k)=V(k) \times I(k)$  为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

[0049] B) 若满足  $dP \neq 0$ ,则计算第  $k$  次采样时的输出电压变化量  $dV=V(k)-V(k-1)$ ,并对  $dV$  进行条件判断:

[0050] a) 若满足  $dV=0$ ,则计算第  $k$  次采样时的输出电流变化量  $dI=I(k)-I(k-1)$ ,并对  $dI$  进行条件判断:

[0051] i. 若满足  $dI=0$ ,则步长  $v_{step}=0$ ,可得到一组输出电压  $V(k)$ 、输出电流  $I(k)$ ,使得输出功率  $P(k)=V(k) \times I(k)$  为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

[0052] ii. 若满足  $dI \neq 0$ ,则返回步骤①;直到满足  $dI=0$ ,则步长  $v_{step}=0$ ,可得到一组输出电压  $V(k)$ 、输出电流  $I(k)$ ,使得输出功率  $P(k)=V(k) \times I(k)$  为最大功率点,实现最大功率点的跟踪;

[0053] b) 若满足  $dV \neq 0$ ,则计算  $x=dP/dV$ ,其中  $x$  表示光伏阵列  $P-V$  曲线斜率;

[0054] i. 对  $x$  进行条件判断:

[0055] 若满足  $0 \leq x < 1$ ,则计算自适应步长  $v_{step}=\Delta v_{max} \times |x-x \ln x|$ ;

[0056] 若满足  $-1 < x < 0$ ,则计算自适应步长  $v_{step}=\Delta v_{max} \times ||x|-|x| \ln |x||$ ;

[0057] 若满足  $x \geq 1$  或  $x \leq -1$ ,则计算自适应步长  $v_{step}=\Delta v_{max}$ ;

[0058] 其中  $\Delta v_{max}=M \times V_r$  表示最大步长值; $M$  表示自适应步长修正常数; $|\cdot|$  表示求绝对值操作;

[0059] ii. 修正并替代输出电压值  $V'(k)=V(k)+v_{step}$ ,对输出电流进行重新采样由  $I'(k)$  替代  $I(k)$ ;

[0060] iii. 当自适应步长  $v_{step} \neq 0$  时,返回步骤①;

[0061] 当自适应步长  $v_{step}=0$  时可得到一组输出电压  $V'(k)$ 、输出电流  $I'(k)$ ,使得输出功率  $P'(k)=V'(k) \times I'(k)$  为最大功率点,实现最大功率点的跟踪。

[0062] 根据以上步骤,第一次采样时,即  $k=1$ ;功率变化量  $dP=I(1) \times V(1)-I(0) \times V(0)=0.053W$ 、输出电压变化量  $dV=V(1)-V(0)=0.105V$ 。显然  $dP \neq 0$ ,  $dV \neq 0$ ,则计算  $x=dP/dV=0.505 \geq 0$  并且  $x < 1$ ,那么,自适应步长  $v_{step}=\Delta v_{max} \times |x-x \ln x|=0.089$ 。修正并替代输出电压值  $V'(1)=V(1)+0.100=16.994V$ ,对输出电流进行重新采样由  $I'(k)=3.5584A$  替代  $I(k)$ 。显然,自适应步长  $v_{step} \neq 0$  时,则返回步骤①,直到当自适应步长  $v_{step}=0$  时可得到一组输出电压  $V'(k)$ 、输出电流  $I'(k)$ ,使得输出功率  $P'(k)=V'(k) \times I'(k)$  为最大功率点,实现最大功率点的跟踪。

[0063] 本发明的最大功率点跟踪 (MPPT) 方法的可行性和有效性可以通过以下仿真结果进一步说明。

[0064] 表 1

[0065]

MPPT 控制算法	输出功率	输出电压	启动到达稳态的时间	改进的速度 (%)
$v_{step\_1}$	60.4214W	17.19V	0.0392s	—
$v_{step\_2}$	60.4674W	17.07V	0.0359s	—
$v_{step\_3}$	60.4727W	17.01V	2.6452s	—
$v_{step\_4}$	60.4727W	17.01V	0.0204s	0
$v_{step\_5}$	60.4727W	17.02V	0.0133s	34.8

[0066] 表 1 为在相同测试平台(测试平台理论最大功率点功率 60.4727W,最大功率点电压 17.02V)下,不同 MPPT 方法的仿真数据。表 1 表明在相同的测试平台下,本发明方法同自适应步长  $v_{step\_1}$  和  $v_{step\_2}$  相比,跟踪精度改善,接近理论最大功率点;在跟踪速度方面有所提高,其中较自适应步长  $v_{step\_4}$  提高 34.8%。采用本发明方法和其他四种方法的自适应步长仿真曲线比较如图 3 所示,最大功率点跟踪仿真曲线比较如图 4 所示。图 3 中将最大功率点邻域表示为  $U(17.02, 0.27)$ 。只分析光伏阵列 P-V 特性曲线上升阶段,自适应步长  $v_{step\_3}$  满足距离最大功率点较远的位置  $v_{step\_3}$  较大;而距离最大功率点较近的位置、乃至到最大功率点处,自适应步长  $v_{step\_3}$  单调递减为零的条件,但是  $v_{step\_3}$  不存在确定的最大步长  $\Delta v_{max}$ ,在常数 M 的选择上存在跟踪速度与跟踪精度之间的矛盾。 $v_{step\_2}$  和  $v_{step\_1}$  相似,在距离最大功率点较远的位置  $V=14.00V$  就开始减小,相比  $v_{step\_4}$  和  $v_{step\_5}$ ,需要更久的时间达到最大功率点。在最大功率点较近的位置  $V \in (14.00V, 17.29V)$ ,  $v_{step\_4}$  开始逐步减小,而  $v_{step\_5}$  依然保持着较大、稳定的步长,直到最大功率点邻域  $U(17.02, 0.27)$  内,  $v_{step\_5}$  才开始迅速减小,并且在最大功率点处步长  $v_{step\_5}=0$ ,得到了较高的跟踪速度和跟踪精度。图 4 表明在相同的测试平台下,本发明方法的跟踪速度优于其他四种方法。表 2 为图 4 中五种 MPPT 方法在跟踪最大功率点时的跟踪数据。结合表 2 和图 4 可知,  $v_{step\_4}$  需要 5 步完成 60.4727W 的跟踪;  $v_{step\_2}$  在第 9 步完成 60.4679W 的跟踪,跟踪精度较高,与理论最大功率点存在 0.008% 的误差;  $v_{step\_3}$  在第 9 步完成 60.4234W 的跟踪,跟踪精度不高,与理论最大功率点存在 0.082% 的误差;而本文提出的步长函数  $v_{step\_5}$  仅需要 3 步完成 60.4727W 的跟踪,表明本发明方法在保证跟踪精度的同时,提高了系统的跟踪速度。

[0067] 表 2

[0068]

功率点	$v_{step\_1}$	$v_{step\_2}$	$v_{step\_3}$	$v_{step\_4}$	$v_{step\_5}$
1	26.5763	32.4762	60.1774	60.2008	60.4529
2	48.1562	53.5172	60.3041	60.3235	60.4719
3	59.8171	57.8430	60.4092	60.4155	60.4727
4	56.8518	55.2887	60.4511	60.4608	
5	59.2934	58.4491	60.4653	60.4727	
6	60.2408	60.1690	60.4701		
7	60.4035	60.4538	60.4718		

---

8	60.4214	60.4674	60.4727		
9	60.4234	60.4679			



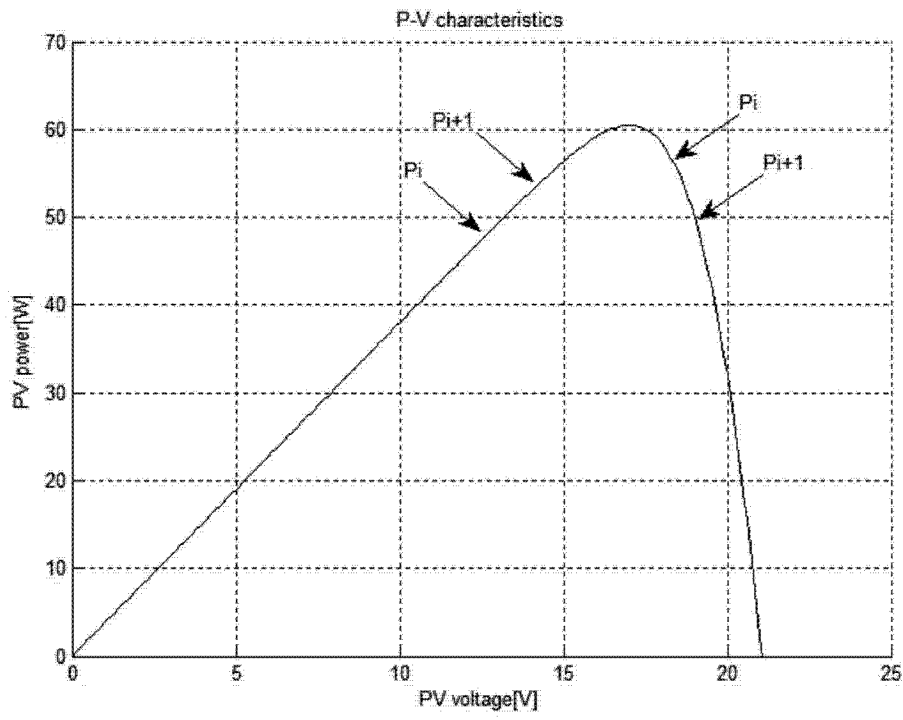


图 1

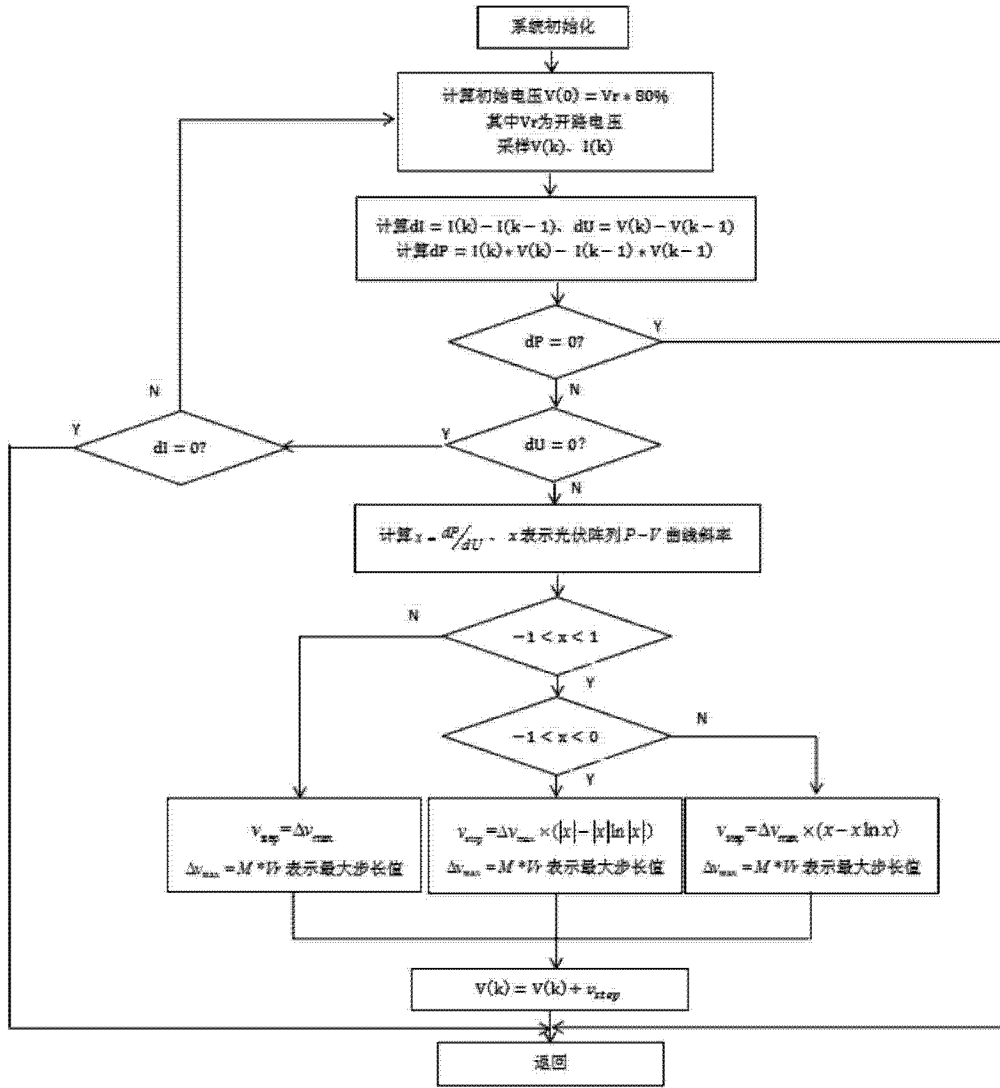


图 2

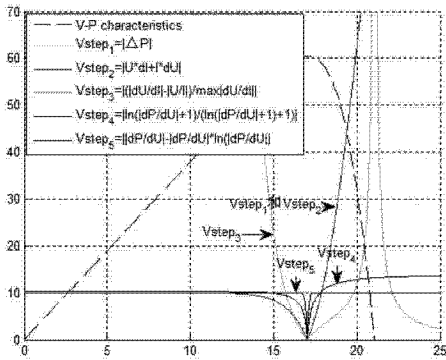


图 3A

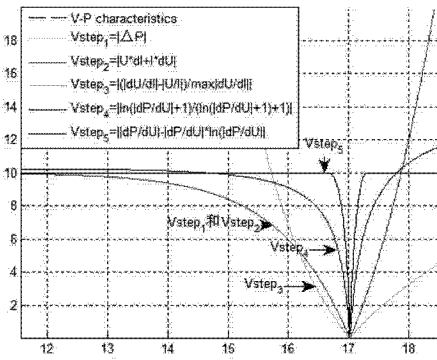


图 3B

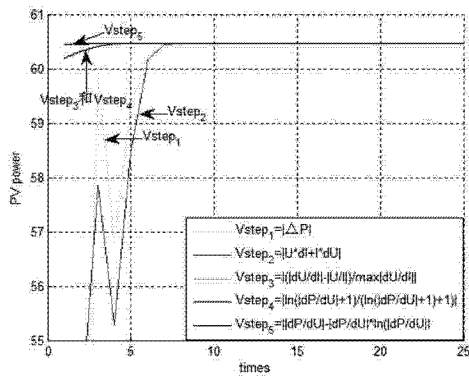


图 4A

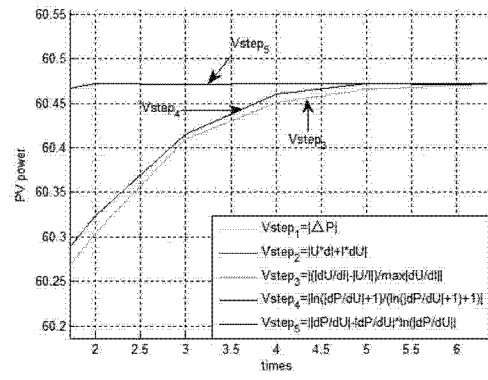


图 4B