



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104298295 B

(45) 授权公告日 2016.06.29

(21) 申请号 201410483044.4

CN 102566646 A, 2012.07.11, 全文.

(22) 申请日 2014.09.19

US 2013249296 A1, 2013.09.26, 全文.

US 2013249295 A1, 2013.09.26, 全文.

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 511400 广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院

专利权人 南方电网科学研究院有限责任公司

周建萍, 朱建萍. “自适应变步长电导增量法的最大功率点跟踪控制”. 《上海电力学院学报》. 2014, 第 30 卷 (第 3 期), 第 235 页 - 第 239 页.

审查员 叶盛

(72) 发明人 杨苹 许志荣 周东宝 李鹏 雷金勇

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

G05F 1/67(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102780232 A, 2012.11.14, 全文.

CN 101630171 A, 2010.01.20, 全文.

CN 102436285 A, 2012.05.02, 全文.

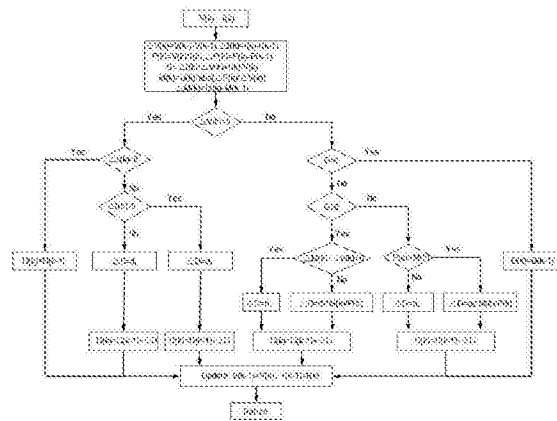
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪控制方法,该方法首先设定初始扰动步长。利用函数 $M=V*abs(dP/dV)$ 对光伏电池 P-V 曲线进行分界,在最大功率点左侧区域,当函数 dM/dV 的值大于 0 时,取步长 d_1 ;当函数 dM/dV 的值小于 0 时,取步长 d_1*M/P 。在最大功率点右侧区域,当函数 M 的值大于功率 P 时,取步长 d_2 ;当函数 M 的值小于功率 P 时,取步长 d_2*M/P 。本发明所提的方法简单实用,利用厂家提供的光伏电池板参数就可以确定初始定步长的比例关系。本发明解决了大多数最大功率跟踪控制不能同时兼顾稳态精度和动态跟踪速度的问题。



1. 一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪控制方法,其特征在于包括如下步骤:

(1) 设定最大功率跟踪算法的初始扰动步长 d_1 和 d_2 , d_1 、 d_2 分别作用于最大功率点左侧和右侧;

(2) 采样 k 时刻光伏电池输出端电压 $V(k)$ 、电流 $I(k)$;

(3) 求出 k 时刻的光伏电池输出功率 $P(k)$,计算 k 时刻的光伏电池输出电压变化量 $\Delta V(k) = V(k) - V(k-1)$ 、电流变化量 $\Delta I(k) = I(k) - I(k-1)$ 和功率变化量 $\Delta P(k) = P(k) - P(k-1)$;其中 $V(k-1)$ 、 $I(k-1)$ 、 $P(k-1)$ 为 $k-1$ 时刻的光伏电池输出电压、电流和功率;

(4) 判断 $\Delta V(k)$ 是否为0;若为0,则判断 $\Delta I(k)$ 是否为0;若 $\Delta I(k) = 0$,不改变控制电路开关管触发脉冲的占空比 D ,返回继续采样;若 $\Delta I(k) < 0$,说明系统当前工作在最大功率点处右侧,选取步长为 d_2 ,对占空比 D 施加负向扰动;若 $\Delta I(k) > 0$,说明系统当前工作在最大功率点处左侧,取步长为 d_1 ,对占空比 D 施加正向扰动;

若判断 $\Delta V(k) \neq 0$,计算 $G(k) = \Delta I(k) / \Delta V(k) + I(k) / V(k)$;若 $G(k) = 0$,不改变占空比 D 值,返回继续采样;其中 $G(k)$ 为电导函数;若 $G(k) > 0$,说明系统当前工作点在最大功率点左侧,对占空比 D 施加正向扰动,扰动步长为 d_1 ;若 $G(k) < 0$,说明系统当前工作点在最大功率点右侧,对占空比 D 施加负向扰动,扰动步长为 d_2 ;

当系统工作点位于最大功率点左侧时,占空比 D 的扰动步长按如下方式整定:计算 $M(k) = V(k) * \text{abs}(\Delta P(k) / \Delta V(k))$,设 $\Delta M(k) = M(k) - M(k-1)$,判断若 $\Delta M(k) / \Delta V(k)$ 大于0,则取步长为 d_1 ;若 $\Delta M(k) / \Delta V(k)$ 小于0,取步长为 $d_1 * M(k) / P(k)$,其中 $\text{abs}()$ 为绝对值函数;

当系统工作点位于最大功率点右侧时,占空比 D 的扰动步长按如下方式整定:计算 $M(k) = V(k) * \text{abs}(\Delta P(k) / \Delta V(k))$,判断若 $M(k) \geq P(k)$,则取步长为 d_2 ;若 $M(k) < P(k)$,则取步长为 $d_2 * M(k) / P(k)$;

(5) 将所得占空比值与载波信号比较输出占空比为 D 的脉冲宽度调制信号,控制升压电路中开关管的通断,实现对最大功率的跟踪,重复步骤(2)~(4)直到 $k+1$ 时刻系统工作在最大功率点。

2. 根据权利要求1所述的一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪控制方法,其特征在于:作用于最大功率点两侧的初始步长 d_1 和 d_2 ,二者满足关系式: $d_1 / d_2 = V_m / (V_{oc} - V_m)$,其中 V_m 为标准条件即光照强度为 $1000 \text{W}/\text{m}^2$,光伏电池板温度为 25°C 下光伏电池最大功率点电压, V_{oc} 为标准条件下光伏电池开路电压,外界环境条件变化时,该步长的比值恒定不变,为一常量。

一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于太阳能光伏发电技术领域,尤其是一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪控制方法。

背景技术

[0002] 太阳能资源储量丰富,易于获取,清洁无污染,是一种重要的可再生能源,近年来已得到广泛的应用。光伏发电作为太阳能发电方式的一种,已经逐步成为太阳能利用的主要形式。与传统的发电方式相比,光伏发电具有结构简单、可靠性高、零排放、无噪声、体积小、寿命长等优点。

[0003] 光伏发电系统的效率是光伏系统最重要指标之一,对光伏系统进行对大功率点跟踪是提高光伏系统的效率的重要途径,国内外许多学者提出了很多种最大功率点跟踪技术,常用的有恒压法、扰动观察法、电导增量法、其中恒压法只能在温度变换较小的范围内使用,是一种近似的最大功率点跟踪技术,跟踪精度不高。扰动观察法可以跟踪到最大功率点,但其受扰动步长的影响较大,当扰动步长较大时可以快速跟踪到最大功率点,但是在最大功率点处振荡较大;当扰动步长较小时,虽然在最大功率点处振荡较小,但是跟踪时间较长,跟踪速度不高。

[0004] 经对现有技术文献的检索发现,High-performance algorithms for drift avoidance and fast tracking in solar MPPT system(Pandey,A.,N.DasgVpta and A.K.Mukerjee,High-performance algorithms for drift avoidance and fast tracking in solar MPPT system.IEEE Transactions on Energy Conversion,2008.23(2):p.681-689.)提出一种变步长扰动观察法,能较好的兼顾系统稳态性能和动态性能。但适用范围有限,并且变步长系数确定比较麻烦。A Variable Step Size INC MPPT Method for PV Systems(Fangrui,L.,et al.,A Variable Step Size INC MPPT Method for PV Systems.IEEE Transactions on Industrial Electronics,2008.55(7):p.2622-2628.)讨论了一种变步长电导增量法,给出了变步长的步长公式,但该方法在外界条件剧烈变化的情况下跟踪效果不是很好,变步长工作区域很小,系统一直工作在定步长状态,稳态功率损失较大;系统都工作在变步长状态,动态跟踪速度较慢,即存在“死区”问题。A Novel Improved Variable Step-Size Incremental-Resistance MPPT Method for PV Systems(Mei,Q.,et al.,A Novel Improved Variable Step-Size Incremental-Resistance MPPT Method for PV Systems.IEEE Transactions on Industrial Electronics,2011.58(6):p.2427-2434.)讨论了一种新型的变步长电导增量法,提出了一种步长分界方法和步长整定公式,但是该步长分界方法计算量较大(需要进行多次求导运算),步长整定公式未能充分利用分界函数,同样增加了运算量,给该方法的实现带来一定难度。

[0005] 针对以上不足,本发明综合考虑光伏系统动态性能和稳态性能,根据光伏电池生产厂家提供的光伏电池参数确定最大功率点左侧、右侧初始步长的比例关系,并利用电压与功率对电压微分乘积的绝对值对光伏特性曲线进行分界,在不同的分界区域采用不同的

步长。

发明内容

[0006] 本发明的目的是为了解决上述现有技术中存在的不足之处,提供一种基于多步长的光伏电池最大功率跟踪方法,能同时减少光伏系统稳态功率损失和提高动态跟踪速度,优化光伏发电系统最大功率跟踪算法的设计步骤。

[0007] 本发明的目的通过如下技术方案实现。

[0008] 一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪控制方法,其包括如下步骤:

[0009] (1)设定最大功率跟踪算法的初始扰动步长 d_1 和 d_2 , d_1 、 d_2 分别作用于最大功率点左侧和右侧;

[0010] (2)采样 k 时刻光伏电池输出端电压 $V(k)$ 、电流 $I(k)$;

[0011] (3)求出 k 时刻的光伏电池输出功率 $P(k)$,计算 k 时刻的光伏电池输出电压变化量 $\Delta V(k)=V(k)-V(k-1)$ 、电流变化量 $\Delta I(k)=I(k)-I(k-1)$ 和功率变化量 $\Delta P(k)=P(k)-P(k-1)$;其中 $V(k-1)$ 、 $I(k-1)$ 、 $P(k-1)$ 为 $k-1$ 时刻的光伏电池输出电压、电流和功率;

[0012] (4)判断 $\Delta V(k)$ 是否为0;若为0,则判断 $\Delta I(k)$ 是否为0;若 $\Delta I(k)=0$,不改变控制电路开关管触发脉冲的占空比 D ,返回继续采样;若 $\Delta I(k)<0$,说明系统当前工作在最大功率点处右侧,选取步长为 d_1 ,对占空比 D 施加负向扰动;若 $\Delta I(k)>0$,说明系统当前工作在最大功率点处左侧,取步长为 d_2 ,对占空比 D 施加正向扰动;

[0013] 若判断 $\Delta V(k) \neq 0$,计算 $G(k)=\Delta I(k)/\Delta V(k)+I(k)/V(k)$;若 $G(k)=0$,不改变占空比 D 值,返回继续采样;其中 $G(k)$ 为电导函数;若 $G(k)>0$,说明系统当前工作点在最大功率点左侧,对占空比 D 施加正向扰动,扰动步长为 d_2 ;若 $G(k)<0$,说明系统当前工作点在最大功率点右侧,对占空比 D 施加负向扰动,扰动步长为 d_1 ;

[0014] (5)将所得占空比值与载波信号比较输出占空比为 D 的脉冲宽度调制信号,控制升压电路中开关管的通断,实现对最大功率的跟踪,重复步骤(2)~(4)直到 $k+1$ 时刻系统工作在最大功率点。

[0015] 进一步的,作用于最大功率点两侧的初始步长 d_1 和 d_2 ,二者满足关系式: $d_1/d_2=V_m/(V_{oc}-V_m)$,其中 V_m 为标准条件即光照强度为 $1000W/m^2$,光伏电池板温度为 $25^\circ C$ 下光伏电池最大功率点电压, V_{oc} 为标准条件下光伏电池开路电压,外界环境条件变化时,该步长的比值恒定不变,为一常量。

[0016] 进一步的,当系统工作点位于最大功率点左侧时,占空比 D 的扰动步长按如下方式整定:计算 $M(k)=V(k)*abs(\Delta P(k)/\Delta V(k))$,设 $\Delta M(k)=M(k)-M(k-1)$,判断若 $\Delta M(k)/\Delta V(k)$ 大于0,则取步长为 d_1 ;若 $\Delta M(k)/\Delta V(k)$ 小于0,取步长为 $d_1*M(k)/P(k)$,其中 $abs()$ 为绝对值函数。

[0017] 进一步的,当系统工作点位于最大功率点右侧时,占空比 D 的扰动步长按如下方式整定:计算 $M(k)=V(k)*abs(\Delta P(k)/\Delta V(k))$,判断若 $M(k) \geq P(k)$,则取步长为 d_2 ;若 $M(k)<P(k)$,则取步长为 $d_2*M(k)/P(k)$ 。

[0018] 与现有技术相比,本发明具有以下效果:本发明提供一种简单的确定初始步长关系的方法,利用相关函数对光伏 $P-V$ 特性曲线分界的思想,采用两种定变步长和两种变步长跟踪光伏电池的最大功率点,提高了最大功率点跟踪的速度和稳定精度,降低了系统振荡,

能快速稳定地跟踪光伏电池的最大输出功率,满足系统最大功率跟踪的要求。

附图说明

[0019] 图1是一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪算法流程图;

[0020] 图2是传统定步长电导增量法和改进型变步长电导增量法仿真效果图。

具体实施方式

[0021] 下面结合实施例及附图,对本发明作进一步详细的说明,但本发明的实施方式不限于此。以下若有未特别说明的过程或符号,均是本领域技术人员可参照现有技术实现的。

[0022] 如图1,一种基于多步长的光伏发电系统最大功率跟踪控制方法,包括如下步骤:

[0023] 第一步,根据光伏电池生产厂家提供的光伏电池参数:标准条件下光伏电池开路电压 V_{oc} 、标准条件下光伏电池最大功率点电压 V_m ,计算系统工作在最大功率点左侧和右侧时初始步长的关系,二者之比等于 $V_m/(V_{oc}-V_m)$;参考计算结果确定初始步长 d_1 和 d_2 。

[0024] 第二步,通过电压传感器、电压传感器采集光伏电池板电压和电流,将采集到的电压和电流经过电压、电流调理电路,送至数字信号处理器(DSP)中,通过 $V \cdot I$ 计算出当前时刻的功率 P ,计算前后两时刻功率偏差 $\Delta P(k)$ 、前后两时刻电压偏差 $\Delta V(k)$ 、前后两时刻电压偏差 $\Delta I(k)$ 。计算当前时刻功率对电压的导数。其中功率对电压的导数,可以采用前后两时刻功率偏差 $\Delta P(k)$ 除以前后两时刻电压偏差 $\Delta V(k)$ 来近似求解功率对电压的导数。

[0025] 第三步,判断前后两时刻电压偏差 $\Delta V(k)$ 绝对值是否小于设定精度 ε_1 ,设定精度 ε_1 大小决定系统最大功率跟踪的稳定性,设定精度 ε_1 选择太大将增加系统在最大功率点波动,一般是越小越好。

[0026] 第四步,如果小于设定精度 ε_1 ,判断前后两时刻电流偏差 $\Delta I(k)$ 绝对值是否小于设定精度 ε_2 ,如果同样满足,则不改变占空比 D 的值。如果不满足,判断 ΔI 是否大于零,如果大于零,说明系统工作在最大功率点左侧,则以设定步长 d_1 对占空比 D 施加正向扰动;否则,说明系统工作在最大功率点右侧,以设定步长 d_2 对占空比 D 施加负向扰动。

[0027] 如果电压偏差 ΔV 绝对值大于设定精度 ε_1 ,计算函数 $G(k) = \Delta I(k) / \Delta V(k) + I(k) / V(k)$ 的值。若 $G(k)$ 等于0,则不改变占空比 D 的值。

[0028] 若 $G(k) > 0$,说明系统当前工作在最大功率点左侧,计算 $M(k) = V(k) * \text{abs}(\Delta P(k) / \Delta V(k))$;判断若 $\Delta M(k) / \Delta V(k)$ 大于0,则取步长为 d_1 ,对占空比 D 施加正向扰动;若 $\Delta M(k) / \Delta V(k)$ 小于0,取步长为 $d_1 * M(k) / P(k)$,同样对占空比 D 施加正向扰动;

[0029] 若 $G(k) < 0$,说明系统当前工作点在最大功率点右侧,计算 $M(k) = V(k) * \text{abs}(\Delta P(k) / \Delta V(k))$;判断若 $M(k) \geq P(k)$,则取步长为 d_2 ,对占空比 D 施加负向扰动;若 $M(k) < P(k)$,则取步长为 $d_2 * M(k) / P(k)$,同样对占空比 D 施加负向扰动;

[0030] 第五步,将所得占空比值与载波信号比较输出占空比为 D 的脉冲宽度调制信号,控制升压电路中开关管的通断,来达到最大功率跟踪的目的。

[0031] 如图2,对于同一块光伏电池板,光伏板参数为开路电压44.2V,短路电流5.2A,最大功率点电压35.7V,最大功率点电流4.95A,光伏电池最大输出功率177W,取传统定步长算法步长值为0.001,取变步长电导增量法步长值 $d_1 = 0.001$, $d_2 = 0.004$ 。仿真结果证实该方法相对于传统定步长(虚线)和变步长电导增量算法(实线),能提高了最大功率点跟踪的速度

和稳定性。

[0032] 以上对本发明所提供的一种基于多步长的光伏发电系统的最大功率跟踪方法进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

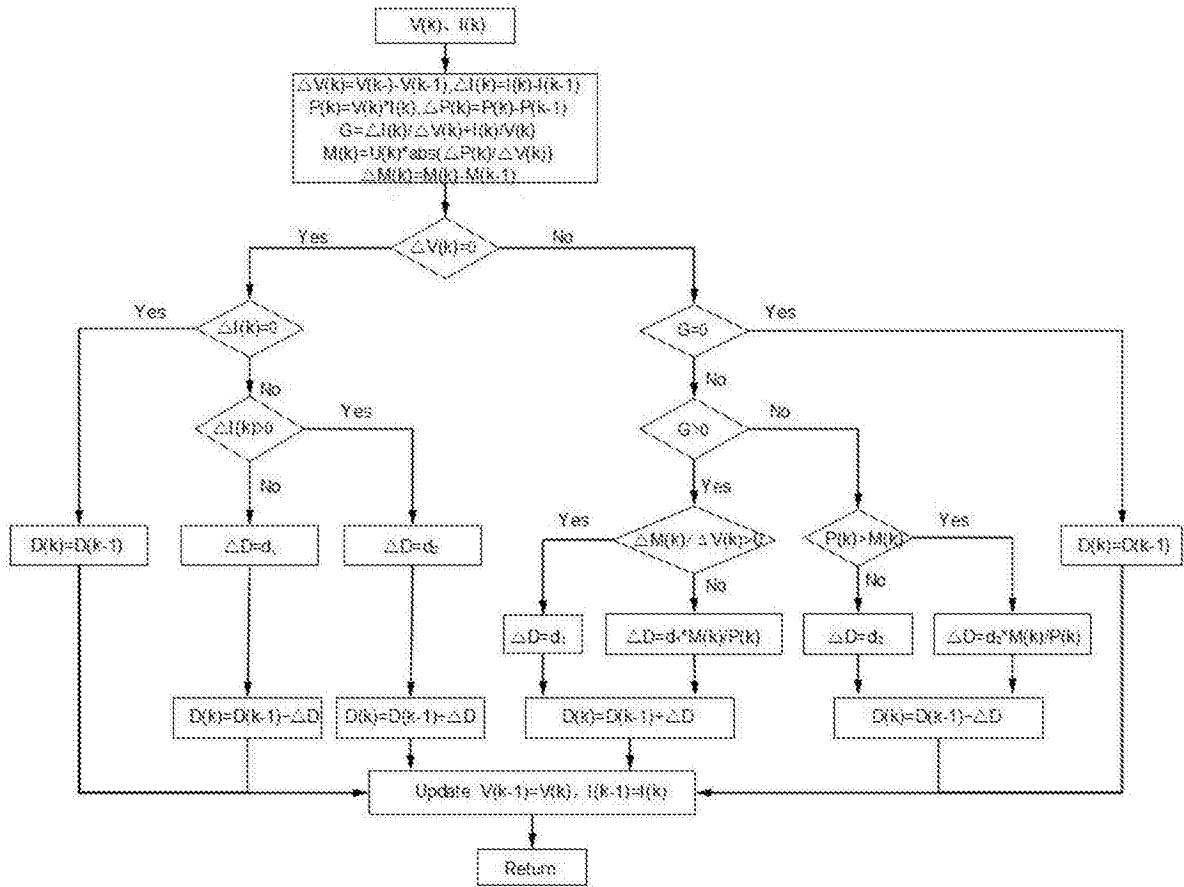


图1

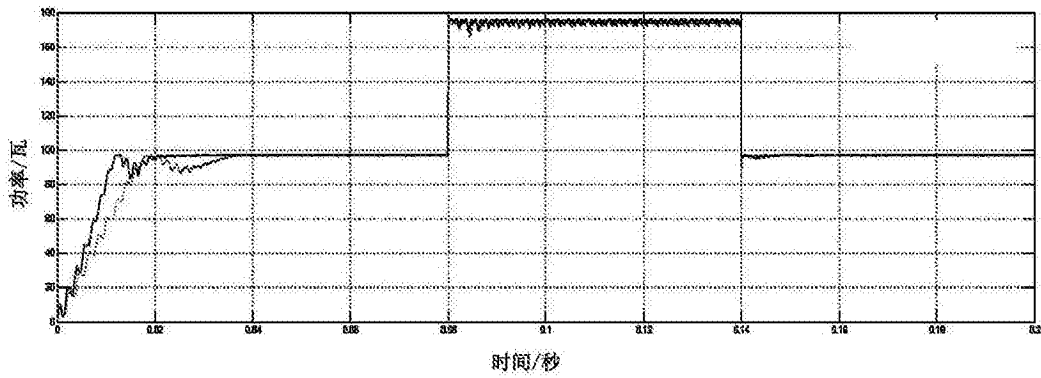


图2