



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101534074 B

(45) 授权公告日 2012.06.06

(21) 申请号 200910074112.0

G05D 3/00(2006.01)

(22) 申请日 2009.04.10

审查员 胡金云

(73) 专利权人 保定天威集团有限公司

地址 071056 河北省保定市高开区化纤北路
128号金迪花园综合楼

(72) 发明人 赵志强 王保利 焦翠坪 景崇友
王淼 韩贵胜

(74) 专利代理机构 石家庄新世纪专利商标事务
所有限公司 13100

代理人 张贰群

(51) Int. Cl.

G05F 1/67(2006.01)

F24J 2/38(2006.01)

H02N 6/00(2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 5 页

(54) 发明名称

一种最大功率跟踪控制方法

(57) 摘要

本发明提供了一种最大功率跟踪控制方法,涉及太阳能光伏发电技术领域。该方法包括:太阳跟踪系统根据光跟踪检测器的检测结果,发出相应的控制信号,控制双轴机械跟踪定位系统机械部分的运行,使太阳光始终垂直照射太阳能电池板;同时,光跟踪检测器的检测结果反馈给最大功率点跟踪控制器,结合太阳能电池板的特性跟踪最大功率点。本发明在提高太阳辐射能的利用率基础上提高系统的转换效率,可间接地降低系统成本;还可实现对并网电流的闭环控制,使逆变器输出电流与市电电压同步(功率因数为1),避免了并网电流对电网的冲击;使系统动态具有响应速度快、运行安全可靠、对市电电压无污染、并网电流谐波畸变率低等显著特点。

1. 一种最大功率跟踪控制方法,其特征在于:将太阳跟踪和最大功率点跟踪有机结合、协调控制,该控制方法包括:a、太阳跟踪:太阳跟踪系统根据光跟踪检测器的检测结果,发出相应的控制信号,控制双轴机械跟踪定位系统机械部分的运行,使太阳光始终垂直照射太阳能电池板;b、最大功率点跟踪:太阳跟踪的同时,光跟踪检测器的检测结果反馈给最大功率点跟踪控制器,即结合太阳能电池板的特性跟踪最大功率点,跟踪控制保持最大功率点的工作状态;其太阳跟踪包括以下步骤:

(1)、太阳跟踪系统由光跟踪检测器,双轴机械跟踪定位系统,单片机控制系统等几部分组成;其中,光跟踪检测器主要由光敏元件、T型隔光板、元件板和钢化玻璃外罩组成;T型隔光板将元件板分成3个区域,每个区域安放一个光敏元件;3个光敏元件的输出通过甄别电路,分离出4路输出信号;当光线垂直T型隔光板照射时,各区域中的光敏元件上的光照强度相等,它们的输出信号也相等,此时分离出的4路输出信号均为零,表示传感器的中心位置对准了太阳;当光线偏离垂直T型隔光板照射时,由于3个区域中的光敏元件受T型隔光板的影响,照射到3个光敏元件上的光照强度就不相等,因此3个光敏元件的输出信号就会有偏差,此时分离出的4路输出信号就能准确地指示出太阳偏离传感器中心位置的方向;

双轴机械跟踪定位系统机械部分主要由电池板支架、底座、两转动轴和交流电机构成,整个电池板及光跟踪检测器安装在上部的电池板支架上,光电池检测平面和电池板面平行;太阳能自动跟踪装置设计成双轴机械跟踪定位系统,即可同时在方位角和高度角两个方向上跟踪;双轴机械跟踪定位系统机械部分由电机驱动,可以使电池板在水平方向上的 360° 和垂直方向上的 $0 \sim 90^\circ$ 之间自由旋转;2个转动轴的转动部位都安装轴承,使摩擦力减小,以降低方位角和高度角两交流电机的调整功率;

(2)、太阳跟踪系统根据光跟踪检测器的检测结果,发出相应的控制信号,控制双轴机械跟踪定位系统机械部分的运行,使太阳光始终垂直照射太阳能电池板。

2. 根据权利要求1所述的最大功率跟踪控制方法,其特征在于:最大功率点跟踪MPPT,包括以下步骤:

(1). 用微处理器作为独立的光伏发电系统或并网型光伏发电系统内控制脉宽调制脉冲的形成电路中的最大功率点跟踪控制器,检测所述光伏发电系统中太阳能电池光伏阵列的输出电压 V_n ,输出电流 I_n ;

(2). 该微处理器计算当前输出电压 V_n 和上一控制周期的输出电压采样值 V_p 之差 ΔV ,以及计算当前输出电流 I_n 和上一控制周期的输出电流 I_p 之差 ΔI ,并判断:

若, $\Delta V = 0$,

则,判断 ΔI 是否等于0,

若, $\Delta V \neq 0$,

则,判断 $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n$ 是否等于0;

步骤(3). 根据步骤(2)的判断结果:

若, $\Delta I = 0$,则, $V_p = V_n$, $I_p = I_n$,返回;

若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n = 0$,

则, $V_p = V_n$, $I_p = I_n$, 返回;

步骤 (4). 根据步骤 (3) 的判断结果:

若, $\Delta I \neq 0$,

则, 判断 ΔI 是否 > 0 ,

若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n \neq 0$,

则, 判断 $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n > 0$ 否;

步骤 (5): 根据步骤 (4) 的判断结果:

若, $\Delta I > 0$,

则, 线性地减少该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值, 调节 PWM 驱动信号, 一直到 $V_p = V_n$, $I_p = I_n$, 返回;

若, $\Delta I < 0$,

则, 线性地增加该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值, 调节 PWM 驱动信号, 一直到 $V_p = V_n$, $I_p = I_n$, 返回;

若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n > 0$,

则, 线性地减少该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值, 调节 PWM 驱动信号, 一直到 $V_p = V_n$, $I_p = I_n$, 返回;

若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n < 0$,

则, 线性地增加该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值, 调节 PWM 驱动信号, 一直到 $V_p = V_n$, $I_p = I_n$, 返回。

一种最大功率跟踪控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能光伏发电技术领域,具体是一种太阳能光伏发电最大功率跟踪控制方法。

背景技术

[0002] 在光伏发电系统中,要提高系统的整体效率,一个重要的途径就是实时调整太阳能电池的工作点,使之始终工作在最大功率点附近,这一过程就称之为最大功率点跟踪(Maximum Power Point Tracking,MPPT)。另一个重要的途径就是实时跟踪太阳,使太阳能电池板始终垂直于太阳光,通过提高太阳光的利用率来提高总体的转换效率。

[0003] 现有的光伏发电系统一般只采取上述途径中的一个,没有将上述两种途径有机地结合起来,固此造成不能充分利用太阳辐射能的结果。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种最大功率跟踪控制方法,实现太阳跟踪技术和最大功率点跟踪技术的协调控制,使光伏阵列在不同的光照及温度变化的条件下都能输出最大功率,在提高太阳辐射能的利用率基础上提高系统的转换效率,提高太阳能的利用率,并间接地降低系统成本。

[0005] 本发明的主要技术方案是:一种最大功率跟踪控制方法,其特征在于:将太阳跟踪和最大功率点跟踪有机结合、协调控制,该控制方法包括:

[0006] a、太阳跟踪:太阳跟踪系统根据光跟踪检测器的检测结果,发出相应的控制信号,控制双轴机械跟踪定位系统机械部分的运行,使太阳光始终垂直照射太阳能电池板;

[0007] b、最大功率点跟踪:太阳跟踪的同时,光跟踪检测器的检测结果反馈给最大功率点跟踪控制器,即结合太阳能电池板的特性跟踪最大功率点,跟踪控制保持最大功率点的工作状态。

[0008] 所述的太阳跟踪可包括以下步骤:

[0009] (1)、太阳跟踪系统由光跟踪检测器,双轴机械跟踪定位系统,单片机控制系统等几部分组成;其中,光跟踪检测器主要由光敏元件、T型隔光板、元件板和钢化玻璃外罩组成;T型隔光板将元件板分成3个区域,每个区域安放一个光敏元件;3个光敏元件的输出通过甄别电路,分离出4路输出信号;当光线垂直T型隔光板照射时,各区域中的光敏元件上的光照强度相等,它们的输出信号也相等,此时分离出的4路输出信号均为零,表示传感器的中心位置对准了太阳;当光线偏离垂直T型隔光板照射时,由于3个区域中的光敏元件受T型隔光板的影响,照射到3个光敏元件上的光照强度就不相等,因此3个光敏元件的输出信号就会有偏差,此时分离出的4路输出信号就能准确地指示出太阳偏离传感器中心位置的方向;

[0010] 双轴机械跟踪定位系统机械部分主要由电池板支架、底座、两转动轴和交流电机构成,整个电池板及光跟踪检测器安装在上部的电池板支架上,光电池检测平面和电池板

面平行；太阳能自动跟踪装置设计成双轴机械跟踪定位系统，即可同时在方位角和高度角两个方向上跟踪；双轴机械跟踪定位系统机械部分由电机驱动，可以使电池板在水平方向上的 360° 和垂直方向上的 $0 \sim 90^\circ$ 之间自由旋转；2 个转动轴的转动部位都安装轴承，使摩擦力减小，以降低方位角和高度角两交流电机的调整功率；

[0011] (2)、太阳跟踪系统根据光跟踪检测器的检测结果，发出相应的控制信号，控制双轴机械跟踪定位系统机械部分的运行，使太阳光始终垂直照射太阳能电池板。上述太阳跟踪，也可用现有技术的其他方法，如日运动轨迹跟踪方法等。

[0012] 所述的最大功率点跟踪 (MPPT) 可包括以下步骤：

[0013] (1). 用微处理器作为独立的光伏发电系统或并网型光伏发电系统内控制脉宽调制脉冲的形成电路中的最大功率点跟踪控制器，检测所述光伏发电系统中太阳能电池光伏阵列的输出电压 V_n ，输出电流 I_n ；

[0014] (2). 该微处理器计算当前输出电压 V_n 和上一控制周期的输出电压采样值 V_p 之差 ΔV ，以及计算当前输出电流 I_n 和上一控制周期的输出电流 I_p 之差 ΔI ，并判断：

[0015] 若， $\Delta V = 0$ ，

[0016] 则，判断 ΔI 是否等于 0，

[0017] 若， $\Delta V \neq 0$ ，

[0018] 则，判断 $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n$ 是否等于 0；

[0019] 步骤 (3). 根据步骤 (2) 的判断结果：

[0020] 若， $\Delta I = 0$ ，则， $V_p = V_n$ ， $I_p = I_n$ ，返回；

[0021] 若， $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n = 0$ ，

[0022] 则， $V_p = V_n$ ， $I_p = I_n$ ，返回；

[0023] 步骤 (4). 根据步骤 (3) 的判断结果：

[0024] 若， $\Delta I \neq 0$ ，

[0025] 则，判断 ΔI 是否 > 0 ，

[0026] 若， $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n \neq 0$ ，

[0027] 则，判断 $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n > 0$ 否；

[0028] 步骤 (5)：根据步骤 (4) 的判断结果：

[0029] 若， $\Delta I > 0$ ，

[0030] 则，线性地减少该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值，调节 PWM 驱动信号，一直到 $V_p = V_n$ ， $I_p = I_n$ ，返回；

[0031] 若， $\Delta I < 0$ ，

[0032] 则，线性地增加该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值，调节 PWM 驱动信号，一直到 $V_p = V_n$ ， $I_p = I_n$ ，返回；

[0033] 若， $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n > 0$ ，

[0034] 则，线性地减少该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值，调节 PWM 驱动信号，一直到

$V_p = V_n, I_p = I_n$, 返回；

[0035] 若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n < 0$,

[0036] 则, 线性地增加该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值, 调节 PWM 驱动信号, 一直到 $V_p = V_n, I_p = I_n$, 返回；

[0037] 该方法在同步坐标系下通过 PI 的补偿作用调节光伏并网逆变器输出的有功电流 i_q 实时跟踪经过 MPPT 算法给定的参考电流 I_{ref} 以使光伏阵列稳定工作在最大功率点的同时, 使并网输出电流完全与市电电压同步 (功率因数为 1), 当然也可根据本地负载的要求实现无功补偿功能, 因为该方案对并网电流进行了闭环控制, 并网时对电网无冲击影响; 采用双定时器方案既提高了动态响应保护速度, 又改善了并网电流的波形。

[0038] 上述最大功率点跟踪, 也可用现有技术的其他方法, 如扰动观察法等。

[0039] 本发明的积极效果是: 本发明一方面能够实时跟踪太阳, 使太阳光始终垂直照射太阳能电池板, 提高太阳光的利用率, 另一方面通过无差拍预测电流控制调节光伏阵列的输出电流, 从而实现光伏阵列的 MPPT 控制。即通过太阳跟踪和最大功率点跟踪的协调控制, 大幅度地提高了太阳能转换效率和系统稳定性。

[0040] 本发明的优点是在光照强度发生快速变化时, 光伏阵列输出电流仍能以近似线性的、快速的、平滑的方式跟踪其变化, 能够很好地实现光伏阵列最大功率点跟踪控制。在追求最大太阳光转化利用效率的同时, 减少由于极端有害载荷的出现对系统造成损害。

[0041] 与现有技术相比, 本发明不仅可实现太阳跟踪技术和最大功率点跟踪技术的协调控制, 使光伏阵列在不同的光照及温度变化的条件下都能输出最大功率, 在提高太阳辐射能的利用率基础上提高系统的转换效率, 提高太阳能的利用率, 而且可间接地降低系统成本。采用高速数字信号处理器, 应用 C 语言动态定点算法, 应用同步电流矢量 PI 控制方法实现对并网电流闭环控制, 在实现跟踪光伏阵列最大功率的同时, 还可实现对并网电流的闭环控制, 使逆变器输出电流与市电电压同步 (功率因数为 1), 避免了并网电流对电网的冲击; 采用双定时器方案, 使控制滞后周期缩小到 5 微秒内, 既提高了动态保护响应速度, 又降低并网电流的谐波畸变率。使系统动态具有响应速度快 (控制周期 5 微秒以内), 运行安全可靠, 对市电电压无污染, 并网电流谐波畸变率低等显著特点。

[0042] 以下结合实施例作详述, 但不作为对本发明的限定。

具体实施方式

[0043] 1). 太阳跟踪系统由光跟踪检测器, 双轴机械跟踪定位系统, 时钟电路, 单片机控制系统和远程监控系统等几部分组成。

[0044] 其中, 光跟踪检测器主要由光敏元件、T 型隔光板、元件板和钢化玻璃外罩组成。T 型隔光板将元件板分成 3 个区域, 每个区域安放一个光敏元件。3 个光敏元件的输出通过甄别电路, 分离出 4 路输出信号。当光线垂直 T 型隔光板照射时, 各区域中的光敏元件上的光照强度相等, 它们的输出信号也相等, 此时分离出的 4 路输出信号均为零, 表示传感器的中心位置对准了太阳。当光线偏离垂直 T 型隔光板照射时, 由于 3 个区域中的光敏元件受 T 型隔光板的影响, 照射到 3 个光敏元件上的光照强度就不相等, 因此 3 个光敏元件的输出信号就会有偏差, 此时分离出的 4 路输出信号就能准确地指示出太阳偏离传感器中心位置

的方向。

[0045] 双轴机械跟踪定位系统机械部分主要由电池板支架、底座、两转动轴和交流电机构成,整个电池板及光跟踪检测器安装在上部的电池板支架上,光电池检测平面和电池板面应平行。太阳能自动跟踪装置设计成双轴机械跟踪定位系统,即可同时在方位角和高度角两个方向上跟踪。由双轴机械跟踪定位系统机械部分电机驱动,可以使电池板在水平方向上的 360° 和垂直方向上的 $0 \sim 90^\circ$ 之间自由旋转。2 个转动轴的转动部位都安装轴承,使摩擦力减小,以降低方位角和高度角两交流电机的调整功率。

[0046] 2). 太阳跟踪系统根据光跟踪检测器的检测结果,发出相应的控制信号,控制双轴机械跟踪定位系统机械部分的运行,使太阳光始终垂直照射太阳能电池板。

[0047] 3). 与此同时,光跟踪检测器的检测结果反馈给最大功率点跟踪控制器,主 CPU 按相应的控制策略发出控制指令,协调最大功率点 (MPPT) 跟踪控制器的工作状态,使整个光伏发电系统能够结合太阳能电池板的特性跟踪最大功率点,既加快了系统的动态响应速度,又提高了太阳辐射能的利用率。

[0048] 4). 用微处理器作为独立的光伏发电系统或并网型光伏发电系统内控制脉宽调制脉冲的形成电路中的最大功率点跟踪控制器,检测所述光伏发电系统中太阳能电池光伏阵列的输出电压 V_n , 输出电流 I_n ;

[0049] 5). 该微处理器计算当前输出电压 V_n 和上一控制周期的输出电压采样值 V_p 之差 ΔV , 以及计算当前输出电流 I_n 和上一控制周期的输出电流 I_p 之差 ΔI , 并判断:

[0050] 若, $\Delta V = 0$,

[0051] 则, 判断 ΔI 是否等于 0,

[0052] 若, $\Delta V \neq 0$,

[0053] 则, 判断 $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n$ 是否等于 0;

[0054] 步骤 (3). 根据步骤 (2) 的判断结果:

[0055] 若, $\Delta I = 0$, 则, $V_p = V_n$, $I_p = I_n$, 返回;

[0056] 若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n = 0$,

[0057] 则, $V_p = V_n$, $I_p = I_n$, 返回;

[0058] 步骤 (4). 根据步骤 (3) 的判断结果:

[0059] 若, $\Delta I \neq 0$,

[0060] 则, 判断 ΔI 是否 > 0 ,

[0061] 若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n \neq 0$,

[0062] 则, 判断 $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n > 0$ 否;

[0063] 步骤 (5): 根据步骤 (4) 的判断结果:

[0064] 若, $\Delta I > 0$,

[0065] 则, 线性地减少该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值, 调节 PWM 驱动信号, 一直到 $V_p = V_n$, $I_p = I_n$, 返回;

[0066] 若, $\Delta I < 0$,

[0067] 则,线性地增加该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值,调节 PWM 驱动信号,一直到 $V_p = V_n, I_p = I_n$,返回;

[0068] 若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n > 0$,

[0069] 则,线性地减少该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值,调节 PWM 驱动信号,一直到 $V_p = V_n, I_p = I_n$,返回;

[0070] 若, $I_n + \frac{\Delta I}{\Delta V} V_n < 0$,

[0071] 则,线性地增加该微处理器输出的参考电流 I_{ref} 的值,调节 PWM 驱动信号,一直到 $V_p = V_n, I_p = I_n$,返回。

[0072] 该方法在同步坐标系下通过 PI 的补偿作用调节光伏并网逆变器输出的有功电流 i_q 实时跟踪经过 MPPT 算法给定的参考电流 I_{ref} 以使光伏阵列稳定工作在最大功率点的同时,使并网输出电流完全与市电电压同步(功率因数为 1),当然也可根据本地负载的要求实现无功补偿功能,因为该方案对并网电流进行了闭环控制,并网时对电网无冲击影响。采用双定时器方案既提高了动态响应保护速度,又改善了并网电流的波形。

[0073] 最大功率点跟踪控制(MPPT)策略采用实时检测光伏阵列的输出功率,通过一定的控制算法预测当前工况下阵列可能的最大功率输出,使负载曲线与光伏发电曲线相匹配,从而满足光伏阵列输出最大功率的条件。这样即使光伏电池在照度、温度变化的环境下,光伏发电系统仍然可以工作在当前工况下的最佳状态。采用高速数字信号处理器,应用 C 语言动态定点算法,实现了光伏阵列最大功率跟踪的同时使光伏并网电流完全与市电电压同步,功率因数为 1,对并网电流能够完全实施闭环控制,不会对电网造成任何冲击,提高了动态保护响应速度,运行安全可靠,对市电电压无污染,并网电流谐波畸变率可低于 4%。

[0074] 经试验测定,采用上述控制方法的并网逆变器较以往的固定式并网逆变器可提高太阳辐射能的利用率 30%~50%之间。