



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105958930 B

(45)授权公告日 2018.02.27

(21)申请号 201610562985.6

审查员 陈小玲

(22)申请日 2016.07.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105958930 A

(43)申请公布日 2016.09.21

(73)专利权人 黄山睿基新能源股份有限公司

地址 245000 安徽省黄山市经济开发区北二路

(72)发明人 刘光宇 王合鹏 刘文良 孙海涛

(74)专利代理机构 深圳市百瑞专利商标事务所

(普通合伙) 44240

代理人 叶绿林 杨大庆

(51)Int.Cl.

H02S 20/32(2014.01)

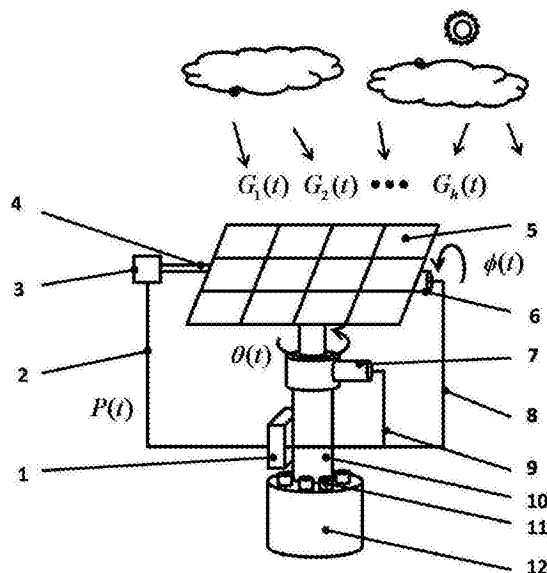
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种智慧型太阳跟踪器控制系统及其跟踪支架

(57)摘要

一种智慧型太阳跟踪器控制系统,包括光伏电池方阵,光伏电力输出单元,驱动源,电机控制器,功率采样器和极值搜索器,所述功率采样器采集光伏电力输出单元的电力信号,并将采集到的电力信号输送给极值搜索器,极值搜索器根据接收到的电力信号计算出光伏电池方阵的最佳摆放角度,并将该角度值反馈给电机控制器;电机控制器比较接收到的光伏电池方阵的角度与最佳摆放角度,再控制驱动源带动光伏电池方阵转动至最佳摆放角度位置处。本发明通过极值搜索器计算得到最大功率下的光伏电池方阵的最佳摆放角度,并根据最佳摆放角度通过电机控制器调整光伏电池方阵的角度,从而使控制器获得最大的输出功率。可广泛应用于太阳跟踪器领域。



CN 105958930 B

1. 一种智慧型太阳跟踪器控制系统,包括光伏电池方阵(5),与光伏电池方阵(5)电路连接的光伏电力输出单元(4),控制光伏电池方阵(5)转动的驱动源,电机控制器(14);其特征在于:所述电机控制器(14)接收光伏电池方阵(5)的角度信号,同时控制驱动源带动光伏电池方阵(5)转动;还设置有功率采样器(3)和极值搜索器(13),所述功率采样器(3)采集光伏电力输出单元(4)的电力信号,并将采集到的电力信号输送给极值搜索器(13),极值搜索器(13)根据接收到的电力信号计算出光伏电池方阵(5)的最佳摆放角度,并将该角度值反馈给电机控制器(14);电机控制器(14)比较接收到的光伏电池方阵(5)的角度与最佳摆放角度,再控制驱动源带动光伏电池方阵(5)转动至最佳摆放角度位置处。

2. 如权利要求1所述的智慧型太阳跟踪器控制系统,其特征在于:所述驱动源包括控制光伏电池方阵(5)高度角方向旋转的第一电机驱动系统(6)和控制光伏电池方阵(5)方位角方向旋转的第二电机驱动系统(7);所述极值搜索器(13)根据接收到的电力信号计算出光伏电池方阵(5)的最佳高度角和方位角。

3. 如权利要求2所述的智慧型太阳跟踪器控制系统,其特征在于:所述极值搜索器(13)的计算公式如下:

$$P^*(t) = \max_{\theta(t), \phi(t)} \{P(\theta(t), \phi(t), t)\}$$

式中, $P^*(t)$ 为最大反馈功率,

$\theta(t)$ 为光伏电池方阵在t时段的方位角;

$\phi(t)$ 为光伏电池方阵在t时段的高度角;

t代表时间点;

反馈功率是方位角度和高度角度的乘法函数,该输出函数通过不断调整 $\theta(t)$ 和 $\phi(t)$ 的值,得到一个反馈功率极值;通过反馈功率来判断调整方位角度和高度角度如何一步步逼近最佳角度,找到最大功率输出点,完成一次未知乘法函数搜索极值的自适应控制过程。

4. 如权利要求3所述的智慧型太阳跟踪器控制系统,其特征在于:采用线搜索迭代方法来实现极值搜索控制,从而获得一组 $\theta(t)$ 和 $\phi(t)$ ,公式如下:

$$(\theta(k+1), \phi(k+1))^T = (\theta(k), \phi(k))^T + \alpha(\nabla^{-1}P(k))\beta(k)$$

式中: $\alpha(\nabla^{-1}P(k))$ 代表功率输出搜索方向,其中 $\nabla^{-1}P(k)$ 为功率的梯度值, $\beta(k)$ 代表搜索步长,式中角度的迭代过程的调整量是由功率输出搜索方向和搜索步长的乘积来确定。

5. 如权利要求1所述的智慧型太阳跟踪器控制系统,其特征在于:所述电力信号为电压电流信号或功率信号。

6. 一种智慧型太阳跟踪支架,包括固定在地面上的安装基础(12),固定在安装基础(12)上的立柱(10),其特征在于:所述立柱(10)上设置有第二电机驱动系统(7),第二电机驱动系统(7)上设置有第一电机驱动系统(6),第一电机驱动系统(6)上设置有光伏电池方阵(5);所述立柱(10)上还设置有控制盒(1),控制盒(1)内设置有极值搜索器(13)和电机控制器(14),所述光伏电池方阵(5)连接设置有光伏电力输出单元(4)和功率采样器(3),所述功率采样器(3)采集光伏电力输出单元(4)的电力信号,并将采集到的电力信号输送给极值搜索器(13),极值搜索器(13)根据接收到的电力信号计算出光伏电池方阵(5)的最佳摆放角度,并将该角度值反馈给电机控制器(14)。

## 一种智慧型太阳跟踪器控制系统及其跟踪支架

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能跟踪系统领域,尤其是涉及一种智慧型太阳跟踪器控制系统及其跟踪支架。

### 背景技术

[0002] 在地球自转过程中,地表某固定地点的太阳能光伏发电系统受太阳环绕地球相对运动而产生光照角度变化的影。

[0003] 常规的太阳跟踪器能够有效地保证太阳能电池板时刻正对太阳,使得发电效率达到最佳状态。目前,世界上通用的太阳跟踪器的工作原理需要根据安放点的经纬度等信息计算一年中的每一天的不同时刻太阳所在的角度,将一年中每个时刻的太阳位置存储到PLC、单片机或电脑软件中,靠计算该固定地点每一时刻的太阳位置以实现跟踪。它是一类基于天文信息计算阳光角度的太阳跟踪控制方法。然而,在阴天、多云、雾霾的天气情况下,太阳直射光不再有优势,常常出现非太阳直射光产生了更高的辐照度。在这些天气情况下,同样功率的太阳能电站,会出现固定式发电比跟踪太阳式的发电不相上下。甚至,固定式产生更大的发电量。人们对基于天文信息计算阳光角度的太阳跟踪器产生质疑。此类控制原理不适用所有地区或天气。

[0004] 类似地,采用阳光象限传感器的反馈式跟踪方式,也有明显弱点。例如:乌云遮挡太阳,使得其他乌云的反射光强度大于太阳光。那么,采用阳光象限传感器的反馈式跟踪方式就会跟踪乌云反射光。而这种现象不会持久,导致整体发电量水平没有上去,反而跟踪器耗电量变大。类似地,此类控制原理不适用所有地区或天气。

[0005] 人们渴望发明出更智能的太阳跟踪器,它的控制目标是实现太阳能发电量最大化,而不仅仅跟踪太阳或某束阳光,从而适应各种天气情况,如:晴天、阴天、雾霾天等等。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是针对现有太阳跟踪器的不足,提供一种智慧型太阳跟踪器控制系统及其跟踪支架,该系统以光伏方阵最大功率输出为跟踪器角度调节的控制目标,实现了不同天气状况下的自动化、智能化、最优化,在存在漫反射光的情况下,最大程度地发挥太阳跟踪器的工作效率,大幅度地提升了传统太阳跟踪器的控制性能。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种智慧型太阳跟踪器控制系统,包括光伏电池方阵,与光伏电池方阵电路连接的光伏电力输出单元,控制光伏电池方阵转动的驱动源,电机控制器;所述电机控制器接收光伏电池方阵的角度信号,同时控制驱动源带动光伏电池方阵转动;还设置有功率采样器和极值搜索器,所述功率采样器采集光伏电力输出单元的电力信号,并将采集到的电力信号输送给极值搜索器,极值搜索器根据接收到的电力信号计算出光伏电池方阵的最佳摆放角度,并将该角度值反馈给电机控制器;电机控制器比较接收到的光伏电池方阵的角度与最佳摆放角度,再控制驱动源带动光伏电池方阵转动至最佳摆放角度位置处。

[0008] 为方便控制光伏电池方阵的旋转,所述驱动源包括控制光伏电池方阵高度角方向旋转的第一电机驱动系统和控制光伏电池方阵方位角方向旋转的第二电机驱动系统;所述极值搜索器根据接收到的电力信号计算出光伏电池方阵的最佳高度角和方位角。

[0009] 所述极值搜索器的计算公式如下:

$$[0010] \quad P^*(t) = \max_{\theta(t), \phi(t)} \{P(\theta(t), \phi(t), t)\}$$

[0011] 式中, $P^*(t)$ 为最大反馈功率,

[0012]  $\theta(t)$ 为光伏电池方阵在t时段的方位角;

[0013]  $\phi(t)$ 为光伏电池方阵在t时段的高度角;

[0014] t代表时间点;

[0015] 反馈功率是方位角度和高度角度的乘法函数,该输出函数通过不断调整 $\theta(t)$ 和 $\phi(t)$ 的值,得到一个反馈功率极值;通过反馈功率来判断调整方位角度和高度角度如何一步步逼近最佳角度,找到最大功率输出点,完成一次未知乘法函数搜索极值的自适应控制过程。

[0016] 采用线搜索迭代方法来实现极值搜索控制,从而获得一组 $\theta(t)$ 和 $\phi(t)$ ,公式如下:

$$[0017] \quad (\theta(k+1), \phi(k+1))^T = (\theta(k), \phi(k))^T + \alpha(\nabla^{-1}P(k))\beta(k)$$

[0018] 式中: $\alpha(\nabla^{-1}P(k))$ 代表功率输出搜索方向,其中 $\nabla^{-1}P(k)$ 为功率的梯度值, $\beta(k)$ 代表搜索步长,式中角度的迭代过程的调整量是由功率输出搜索方向和搜索步长的乘积来确定。

[0019] 一种智慧型太阳跟踪支架,包括固定在地面上的安装基础,固定在安装基础上的立柱,所述立柱上设置有第二电机驱动系统,第二电机驱动系统上设置有第一电机驱动系统,第一电机驱动系统上设置有光伏电池方阵;所述立柱上还设置有控制盒,控制盒内设置有极值搜索器和电机控制器,所述光伏电池方阵连接设置有光伏电力输出单元和功率采样器,所述功率采样器采集光伏电力输出单元的电力信号,并将采集到的电力信号输送给极值搜索器,极值搜索器根据接收到的电力信号计算出光伏电池方阵的最佳摆放角度,并将该角度值反馈给电机控制器。

[0020] 本发明的有益效果:首先,假设太阳光入射方向就是产生光伏方阵功率最大输出所需的太阳跟踪器面板朝向,那么本发明调整太阳跟踪器角度的目标与基于天文计算原理的太阳跟踪器控制目标一致。虽然二者采用了不同的控制原理,但是二者达到的效果相同,都搜索到最佳方位角和高度角,使得光伏方阵输出最大功率。在这种假设条件下,本发明所述智慧型跟踪器与基于天文计算原理的太阳跟踪器性能基本一致。

[0021] 其次,假设阳光最强方向就是产生光伏方阵功率最大输出所需的太阳跟踪器面板朝向,那么本发明调整太阳跟踪器角度的目标与基于阳光象限检测原理的太阳跟踪器控制目标一致。虽然二者采用了不同的控制原理,但是二者达到的效果相同,都搜索到最佳方位角和高度角,使得光伏方阵输出最大功率。在这种假设条件下,本发明所述智慧型跟踪器与基于阳光象限检测原理的太阳跟踪器性能基本一致。

[0022] 再次,假设太阳光入射方向或者阳光最强方向(二者有可能不同,如:乌云反射光往往大于被遮挡的太阳直射光)不是产生光伏方阵功率最大输出所需的太阳跟踪器面板朝向,那么本发明调整太阳跟踪器角度的目标就比传统的太阳跟踪器有明显优势,产生更大

的发电量,性能最佳。

[0023] 综上所述,本发明所述智慧型跟踪器基本原理不但能够在常规条件下达到传统太阳跟踪器提升光伏发电效率的指标,而且能够在光漫反射、光源不明显的环境下确保光伏发电效率的提升,比传统太阳跟踪器有明显优势。能够推广应用。因此,本发明所述太阳跟踪器,更智能化、更优化、现代化,能够在不同环境条件下提高光伏电站的电力输出效率,具有通用性,可以推广应用,具有很好的实用价值。

[0024] 以下将结合附图和实施例,对本发明进行较为详细的说明。

## 附图说明

[0025] 图1为本发明智慧型太阳跟踪器的结构示意图。

[0026] 图2为本发明的控制原理图。

[0027] 图3是时控太阳跟踪器的控制原理框图。

[0028] 图4是光控太阳跟踪器的控制原理框图。

[0029] 图中:1.控制盒、2.功率反馈信号线、3.功率采样器、4.光伏电力输出单元、5.光伏电池方阵、6.第一电机驱动系统、7.第二电机驱动系统、8.第一电机控制电源线与信号线、9.第二电机控制电源线与信号线、10.立柱、11.安装机构、12.安装基础、13.极值搜索器、14.电机控制器。

## 具体实施方式

[0030] 实施例,如图1所示,本发明太阳跟踪器的基本控制电路拓扑结构与基本机械安装结构描述如下。一种智慧型太阳跟踪支架,包括设置在立柱10上的控制盒1,控制盒1内设置有电路连接的极值搜索器13和电机控制器14,极值搜索器13与功率反馈信号线2电路连接,第一电机控制电源线与信号线8、第二电机控制电源线与信号线9分别与电机控制器14电路连接。控制盒1固定在立柱10上,并通过安装机构11固定在地面安装基础12上面。功率采样器3分别与光伏电力输出单元4与功率反馈信号线2电路连接。光伏电池方阵5与光伏电力输出单元4电路连接。光伏电池方阵5的底座依次与第一电机驱动系统6和第二电机驱动系统7连接。第一电机驱动系统6置于第二电机驱动系统7之上,第二电机驱动系统7置于立柱10之上。所述光伏电池方阵5的底座、第一电机驱动系统6和第二电机驱动系统7共同构成本跟踪器的支架。图中 $G_1(t)$   $G_2(t)$   $\cdots$   $G_h(t)$ 为各点漫反射的辐照度。

[0031] 基于智慧型太阳跟踪支架,太阳跟踪器有两个方向的自由度,是一个双轴运动系统。如果在第一电机驱动系统6或者第二电机驱动系统7不工作,那么太阳跟踪器退化为一个单轴运动系统。在双轴工作模式下,若第一电机驱动系统6产生运动作用,太阳跟踪器的光伏方阵面板能够在高度角方向旋转;若第二电机驱动系统7产生运动作用,太阳跟踪器的光伏方阵面板能够在方位角方向旋转。

[0032] 由上述运动结构的原理可知。一方面,若第一电机驱动系统6接收到第一电机控制电源线与信号线8的驱动电流以及控制信号,则控制盒1内置的电机控制器可以任意控制第一电机驱动系统6的旋转,进而控制太阳跟踪器的面板在高度角方向旋转;同时,能够接收第一电机控制电源线与信号线8反馈回来的电机旋转角度或速度的信号;构成一套高度角的反馈控制系统。另一方面,若第二电机驱动系统7接收到第二电机控制电源线与信号线9

的驱动电流以及控制信号,则控制盒1内置的电机控制器可以任意控制第一电机驱动系统7的旋转,进而控制太阳跟踪器的面板在方位角方向旋转;同时,能够接收第二电机控制电源线与信号线9反馈回来的电机旋转角度或速度的信号;构成一套方位角的反馈控制系统。

[0033] 因此,一种智慧型太阳跟踪器控制系统,其中电机控制器14、第一电机驱动系统6、第二电机驱动系统7、第一电机控制电源线与信号线8、以及第二电机控制电源线与信号线9构成一套常规的反馈控制系统,用于控制太阳跟踪器的方位角和高度角。

[0034] 本发明的第二套反馈回路是由电机控制器14、极值搜索器13、功率反馈信号线2、功率采样器3、光伏电力输出单元4、光伏电池方阵5组成的电力反馈控制系统。基本工作原理为,光伏电池方阵5产生的电力信号(如:电流、电压、功率)通过光伏电力输出单元4输送到功率采样器3;由功率采样器3检测到光伏电池方阵5的功率信号,并通过功率反馈信号线2反馈到控制盒1。由控制盒1内置的极值搜索器搜索到最佳的方位角和高度角的参考量。并把此参考量反馈到控制盒1的电机控制器,给电机控制器提供了方位角和高度角的最佳参考量,从而搜索太阳能发电的最大功率点。

[0035] 因此,本发明所述智慧型太阳跟踪器,是一类通过调整太阳跟踪器的方位角和高度角,搜索光伏电池方阵的最大功率输出点。结合数学表达式:

$$[0036] \quad P^*(t) = \max_{\theta(t), \phi(t)} \{P(\theta(t), \phi(t), t)\}$$

[0037] 式中,反馈功率是方位角度和高度角度的惩罚函数,该输出函数存在一个极值。智慧型跟踪器采用的控制策略是通过反馈功率来判断调整方位角度和高度角度如何一步步逼近最佳角度,找到最大功率点输出,完成一次未知惩罚函数搜索极值的自适应控制过程。在技术上,可采用线搜索迭代方法来实现极值搜索控制

$$[0038] \quad (\theta(k+1), \phi(k+1))^T = (\theta(k), \phi(k))^T + \alpha(\nabla^{-1}P(k))\beta(k)$$

[0039] 式中,角度的迭代过程的调整量是由功率输出搜索方向和搜索步长的乘积来确定。

[0040] 结合图2做进一步说明,图2是智慧型太阳跟踪器的控制系统框图。该框图有两套控制回路。第一套控制回路,反馈了太阳跟踪器的高度角和方位角两个变量。电机控制器基于这些反馈变量可以判断太阳跟踪器实际的高度角和方位角。然后,比较方位角和高度角的参考值,给出正确的控制指令。第二套控制回路,反馈了置于太阳跟踪器面板上的光伏方阵的电力信号,如:功率(有反馈的电流、电压的乘积计算)。通过极值搜索器判断高度角和方位角的最佳值,并反馈给电机控制器,用于比较真实的方位角和高度角,由电机控制器给出正确的控制指令 $U(t)$ 。因此,在两套控制回路的共同作用下,太阳跟踪器通过调节方位角、高度角搜索到光伏方阵的最大输出功率,从而发挥太阳跟踪器提升光伏方阵性能的目的。

[0041] 参考图3,陈述本发明所述基本控制原理与基于天文计算基本控制原理的太阳跟踪器的区别如下。传统基于天文计算原理的太阳跟踪器控制目标是将面板朝向太阳光的入射方向。常规而言,太阳光方向根据当地天文地理信息计算而定。因此,方位角和高度角的参考值是计算得来的信息,而不是控制系统反馈回来的信息,是一个开环控制过程,用数学公式描述如下:

$$[0042] \quad (\theta(k), \phi(k))^T = (\theta_r(t), \phi_r(t))^T$$

[0043] 式中,方位角度和高度角度由天文地理公式计算得出。而本发明是基于功率反馈

的极值搜索控制系统。

[0044] 参考图4, 陈述本发明所述基本控制原理与基于阳光象限检测基本控制原理的太阳跟踪器的区别如下。传统基于天文计算原理的太阳跟踪器控制目标将面板朝向阳光最大强度的地方。若阳光强度有偏差, 方位角和高度角朝光弱的象限移动, 最终达到四象限的平衡, 面板朝向了阳光最强方向。它是一类反馈控制系统。它的反馈原理是基于阳光象限传感器四象限阳光是否平衡来判断是否面板指向最大阳光方向, 用公式表达

$$[0045] \quad (\theta(k+1), \phi(k+1))^T = (\theta(k), \phi(k))^T + \text{sign}(\text{quadrant})\beta$$

[0046] 式中, 角度的迭代过程的调整量是由象限差值符号和搜索步长的乘积来确定。相比较而言, 本发明的控制目标是对最大功率点的极值搜索, 反馈信号是实时功率输出, 控制目标是光伏方阵的最大功率输出。它与本发明的反馈原理不同。

[0047] 因此, 本发明与传统的开环或闭环控制系统有本质上的区别。事实上, 本发明比传统的开环或闭环控制系统有优势。

[0048] 首先, 假设太阳光入射方向就是产生光伏方阵功率最大输出所需的太阳跟踪器面板朝向, 那么本发明调整太阳跟踪器角度的目标与基于天文计算原理的太阳跟踪器控制目标一致。虽然二者采用了不同的控制原理, 但是二者达到的效果相同, 都搜索到最佳方位角和高度角, 使得光伏方阵输出最大功率。在这种假设条件下, 本发明所述智慧型跟踪器与基于天文计算原理的太阳跟踪器性能基本一致。

[0049] 其次, 假设阳光最强方向就是产生光伏方阵功率最大输出所需的太阳跟踪器面板朝向, 那么本发明调整太阳跟踪器角度的目标与基于阳光象限检测原理的太阳跟踪器控制目标一致。虽然二者采用了不同的控制原理, 但是二者达到的效果相同, 都搜索到最佳方位角和高度角, 使得光伏方阵输出最大功率。在这种假设条件下, 本发明所述智慧型跟踪器与基于阳光象限检测原理的太阳跟踪器性能基本一致。

[0050] 再次, 假设太阳光入射方向或者阳光最强方向(二者有可能不同, 如: 乌云反射光往往大于被遮挡的太阳直射光)不是产生光伏方阵功率最大输出所需的太阳跟踪器面板朝向, 那么本发明调整太阳跟踪器角度的目标就比传统的太阳跟踪器有明显优势, 产生更大的发电量, 性能最佳。

[0051] 综上所述, 本发明所述智慧型跟踪器基本原理不但能够在常规条件下达到传统太阳跟踪器提升光伏发电效率的指标, 而且能够在光漫反射、光源不明显的环境下确保光伏发电效率的提升, 比传统太阳跟踪器有明显优势。能够推广应用。因此, 本发明所述太阳跟踪器, 更智能化、更优化、现代化, 能够在不同环境条件下提高光伏电站的电力输出效率, 具有通用性, 可以推广应用, 具有很好的实用价值。

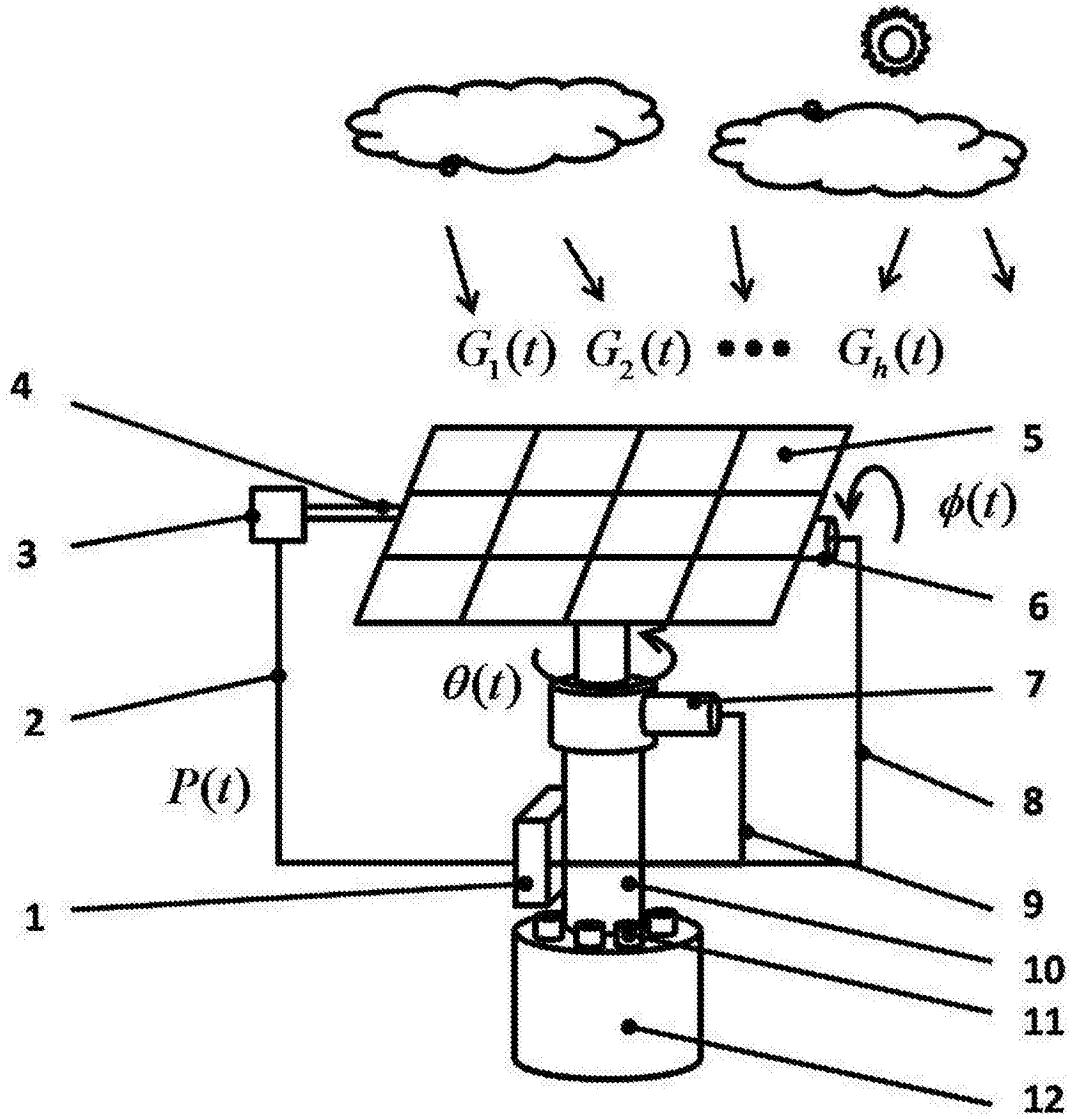


图1



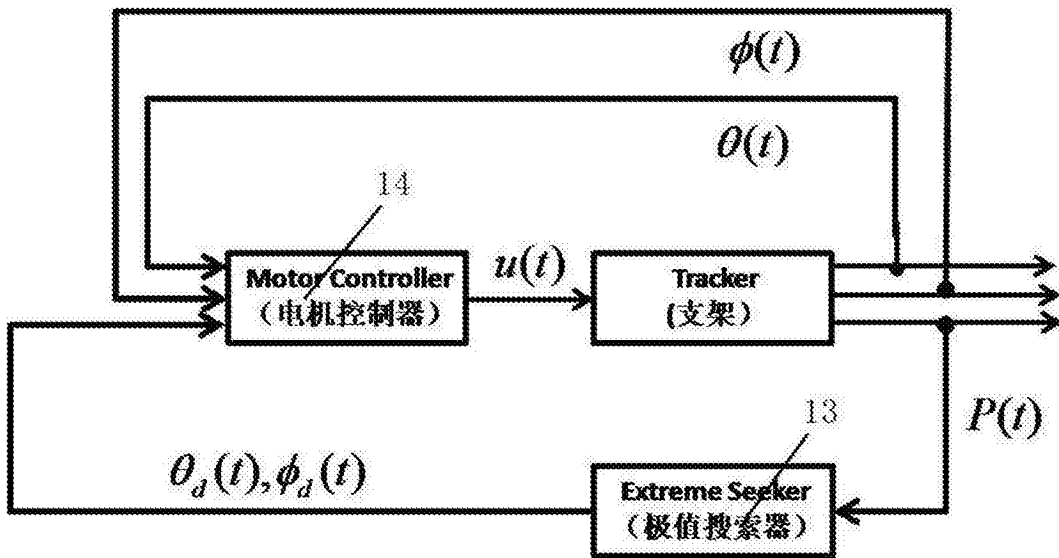


图2

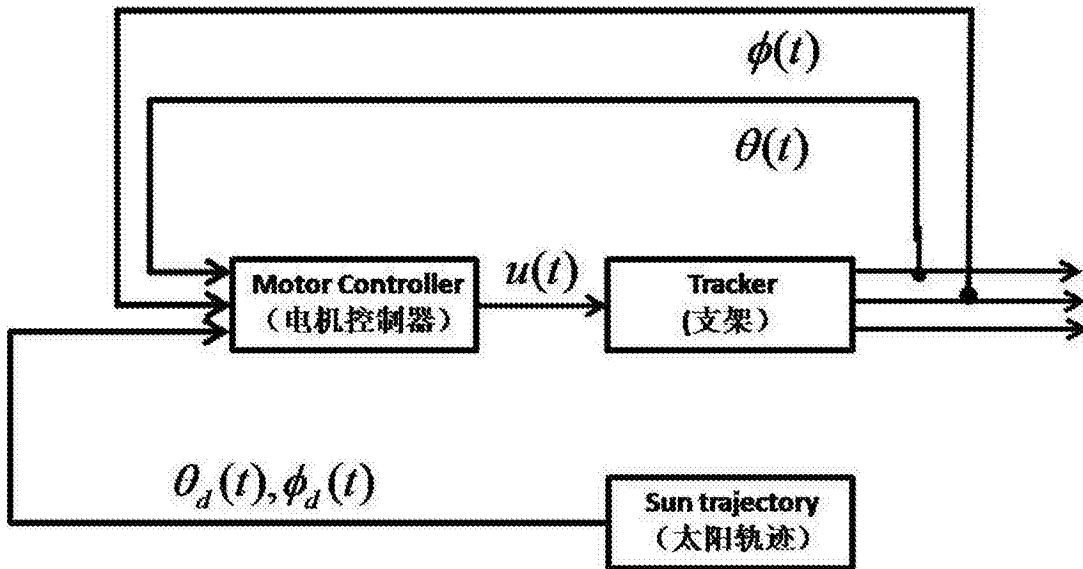


图3

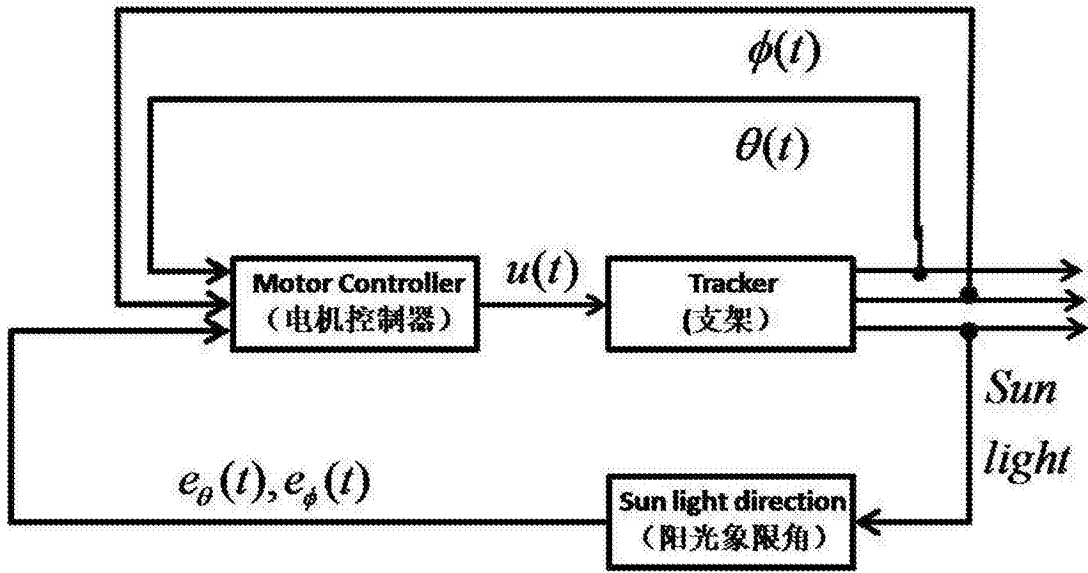


图4