

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102355165 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 06

(21) 申请号 201110295600. 1

CN 101488668 A, 2009. 07. 22,

(22) 申请日 2011. 09. 30

CN 101697414 A, 2010. 04. 21,

(73) 专利权人 浙江大学

审查员 范励超

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 吴建德 杜进 刘正阳 何湘宁

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

代理人 胡红娟

(51) Int. Cl.

H02N 6/00 (2006. 01)

H02M 3/335 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102067436 A, 2011. 05. 18,

US 2010286836 A1, 2010. 11. 11,

US 2010295377 A1, 2010. 11. 25,

CN 101938136 A, 2011. 01. 05,

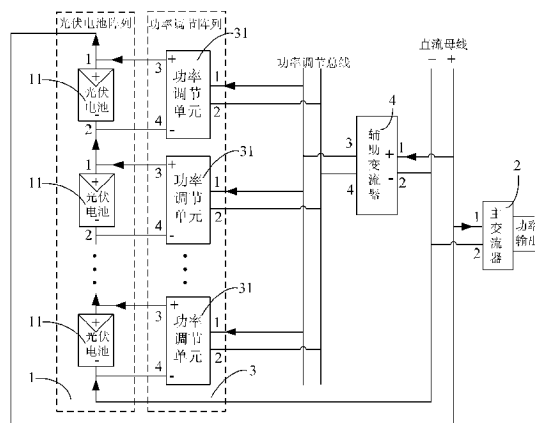
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置

(57) 摘要

本发明公开了一种具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置,包括光伏电池阵列和主变流器,光伏电池阵列包括多个串接的光伏电池,光伏发电装置还包括功率调节阵列和辅助变流器,辅助变流器的输入端与光伏电池阵列的直流母线相连,功率调节阵列包括与所述光伏电池一一对应的功率调节单元,功率调节单元与对应的光伏电池并联,功率调节单元的输入端与辅助变流器的输出端相连。本发明结构简单、成本低廉,能够自动补偿局部阴影条件下减少的输出电流、实现光伏电池单体的最大功率输出。



1. 一种具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置,包括光伏电池阵列(1)和主变流器(2),所述光伏电池阵列(1)包括多个串接的光伏电池(11),其特征在于:所述光伏发电装置还包括功率调节阵列(3)和辅助变流器(4),所述辅助变流器(4)的输入端与光伏电池阵列(1)的直流母线相连,所述功率调节阵列(3)包括与所述光伏电池(11)一一对应的功率调节单元(31),所述功率调节单元(31)与对应的光伏电池(11)并联,所述功率调节单元(31)的输入端与辅助变流器(4)的输出端相连;

所述功率调节单元(31)包括电子电力转换电路(311)、控制模块(312)和采样单元,所述电子电力转换电路(311)的输入端与辅助变流器(4)的输出端相连,所述电子电力转换电路(311)的输出端与对应的光伏电池(11)的两极并联,所述电子电力转换电路(311)的控制端与所述控制模块(312)的输出端相连,所述采样单元包括输出电流采集模块(313)、输出电压采集模块(314)和电池电流采集模块(315),所述输出电流采集模块(313)的输入端与电子电力转换电路(311)的一个输出端相连,所述输出电压采集模块(314)的输入端与电子电力转换电路(311)的输出端相连,所述电池电流采集模块(315)的输入端串接光伏电池(11)的输入端或者输出端,所述输出电流采集模块(313)的输出端、输出电压采集模块(314)的输出端和电池电流采集模块(315)的输出端分别与所述控制模块(312)的输入端相连;

所述电子电力转换电路(311)包括变压器(316)、开关器(317)、驱动模块(318)和整流滤波模块(319),所述变压器(316)的输入侧与开关器(317)串联连接并与辅助变流器(4)的输出端相连,所述开关器(317)的控制端通过驱动模块(318)与所述控制模块(312)的输出端相连,所述变压器(316)的输出侧通过整流滤波模块(319)与对应的光伏电池(11)的两极并联。

2. 根据权利要求1所述的具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置,其特征在于:所述主变流器(2)包括控制驱动单元(21)、升压模块(22)、全桥逆变模块(23)和电压变压输出模块(24),所述升压模块(22)的输入端分别与光伏电池阵列(1)的直流母线相连,所述全桥逆变模块(23)的输入端分别与升压模块(22)的输出端、光伏电池阵列(1)的直流母线相连,所述升压模块(22)、全桥逆变模块(23)的控制端分别与控制驱动单元(21)的输出端相连,所述全桥逆变模块(23)的输出端通过电压变压输出模块(24)将电能输出。

3. 根据权利要求2所述的具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置,其特征在于:所述全桥逆变模块(23)和电压变压输出模块(24)之间设有高频纹波滤除模块(25),所述高频纹波滤除模块(25)包括串接于所述全桥逆变模块(23)一个输出端的电感和分别与所述全桥逆变模块(23)输出端两电极相连的电容。

4. 根据权利要求1所述的具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置,其特征在于:所述辅助变流器(4)包括辅助控制驱动模块(41)、辅助全桥逆变模块(42)、辅助电压变压输出模块(43)和整流模块(44),所述辅助全桥逆变模块(42)的输入端与光伏电池阵列(1)的直流母线相连,所述辅助全桥逆变模块(42)的控制端与辅助控制驱动模块(41)的输出端相连,所述辅助全桥逆变模块(42)的输出端依次通过辅助电压变压输出模块(43)、整流模块(44)与功率调节单元(31)相连。

5. 根据权利要求4所述的具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置,其特征在于:所述整流模块(44)的输出端与功率调节单元(31)之间设有辅助高频纹波滤除模块(45),

所述辅助高频纹波滤除模块(45)包括串接于整流模块(44)一个输出端的电感和分别与所述整流模块(44)输出端两电极相连的电容。

具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光伏发电领域,具体涉及一种具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置。

背景技术

[0002] 随着化石燃料的逐步枯竭,能源问题已成为全球日益关注的重大问题,更是我国大力研究、亟待解决的具有战略意义的前沿科技问题。同时,环境恶化、气候变暖等问题又促使各国大力发展清洁、安全、低碳排放的可再生能源技术,风能、太阳能、潮汐能、地热能、燃料电池、混合动力技术等都在这样的背景下应运而生。在众多可再生能源利用中,太阳能光伏发电系统是装机容量仅次于风力发电系统的第二大发电方式,具有广阔的应用前景。太阳能光伏发电系统的相关研究也一直是学术界的研究热点,来自材料、建筑、电力系统、电子、控制等领域的学者都纷纷投身光伏发电领域的研究,推动着他它的发展和應用。电力电子技术作为横跨电力、电子、控制三大领域的交叉学科,是电能变换和控制的核心支撑技术,在包括太阳能光伏发电系统在内的可再生能源领域起着决定性的作用。目前电力电子技术在太阳能光伏发电领域的主要研究方向包括并网逆变技术、最大功率跟踪、电能质量控制、孤岛检测等,最大功率跟踪的子问题就包括光伏电池的功率调节单元设计。

[0003] 如图 1 所示,现有光伏发电装置的光伏电池阵列一般包括多个串联的光伏电池。众所周知,光伏电池的物理特性由半导体材料决定,其基本工作原理是光伏效应,即当一定能量的光线照射光伏电池时,半导体材料吸收能量,发生电子跃迁,其内部能传导电流的载流子分布状态和浓度发生变化,由此产生电动势和电流。图 2 为光伏电池的等效电路,根据光伏电池物理特性及其等效电路,可以建立光伏电池的数学模型,如下式所示:
$$I_{SC} - I_D - \frac{V_D}{R_p} - I_{PV} = 0, I_D = I_0(e^{V_D/V_T} - 1), V_{Pvcell} = V_D - R_S I_{PV}$$
;图 3 是光伏电池模块输出特性曲线。光伏电池的输出特性由材料的物理特性以及光照、温度、湿度等环境因素决定。受光照强度变化而产生的输出特性变化尤为明显;图 4 是不同光照强度下的光伏电池输出特性曲线,由图 3 的特性曲线可看出:短路电流随光照强度增加而增加,最大输出功率随光照强度增加而增加。鉴于此,光伏电池最大功率跟踪问题的研究就成为提升能量转换效率的最重要的问题。所谓的最大功率点(Maximum Power Point, MPP)即在一定的太阳辐照度和环境温度下,光伏电池运行在最大输出功率状态,而最大功率点跟踪(Maximum Power Point Tracking, MPP)即为充分利用光伏电池,实时调整光伏电池的负载电阻,使得光伏电池运行始终工作在最大功率点附近的过程。实际应用中,光伏电池往往不是单独使用的,而是多块光伏电池模块串、并联后形成光伏阵列,作为整体对外供电。每一个串联支路的支路电流必须是相同的,此时若各光伏电池模块特性不一,串联支路电流将被最小的光伏模块电流限制住,使得光伏阵列整体不能发挥最大作用。对于串联结构的光伏电池而言,局部阴影是一个很现实的问题,即光照被环境中的其他物体遮挡,导致光伏阵列各光伏模块接收的光照强度不同。此时各模块特性产生明显的离散型,特性曲线如图 5 和图 6 所示,功率-电压曲线出现多个极值点。当前的软、硬件措施均无法解决局部阴影条件下光伏阵列最大功率输

出问题。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种结构简单、成本低廉,能够自动补偿局部阴影条件下减少的输出电流、实现光伏电池单体的最大功率输出的具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:一种具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置,包括光伏电池阵列和主变流器,所述光伏电池阵列包括多个串接的光伏电池,所述光伏发电装置还包括功率调节阵列和辅助变流器,所述辅助变流器的输入端与光伏电池阵列的直流母线相连,所述功率调节阵列包括与所述光伏电池一一对应的功率调节单元,所述功率调节单元与对应的光伏电池并联,所述功率调节单元的输入端与辅助变流器的输出端相连。

[0006] 作为本发明上述技术方案的进一步改进:

[0007] 所述功率调节单元包括电子电力转换电路、控制模块和采样单元,所述电子电力转换电路的输入端与辅助变流器的输出端相连,所述电子电力转换电路的输出端与对应的光伏电池的两极并联,所述电子电力转换电路的控制端与所述控制模块的输出端相连,所述采样单元包括输出电流采集模块、输出电压采集模块和电池电流采集模块,所述输出电流采集模块的输入端与电子电力转换电路的一个输出端相连,所述输出电压采集模块的输入端与电子电力转换电路的输出端相连,所述电池电流采集模块的输入端串接光伏电池的输入端或者输出端,所述输出电流采集模块的输出端、输出电压采集模块的输出端和电池电流采集模块的输出端分别与所述控制模块的输入端相连。

[0008] 所述电子电力转换电路包括变压器、开关器、驱动模块和整流滤波模块,所述变压器的输入侧与开关器串联连接并与辅助变流器的输出端相连,所述开关器的控制端通过驱动模块与所述控制模块的输出端相连,所述变压器的输出侧通过整流滤波模块与对应的光伏电池的两极并联。

[0009] 所述主变流器包括控制驱动单元、升压模块、全桥逆变模块和电压变压输出模块,所述升压模块的输入端分别与光伏电池阵列的直流母线相连,所述全桥逆变模块的输入端分别与升压模块的输出端、光伏电池阵列的直流母线相连,所述升压模块、全桥逆变模块的控制端分别与控制驱动单元的输出端相连,所述全桥逆变模块的输出端通过电压变压输出模块将电能输出。

[0010] 所述全桥逆变模块和电压变压输出模块之间设有高频纹波滤除模块,所述高频纹波滤除模块包括串接于所述全桥逆变模块一个输出端的电感和分别与所述全桥逆变模块输出端两电极相连的电容。

[0011] 所述辅助变流器包括辅助控制驱动模块、辅助全桥逆变模块、辅助电压变压输出模块和整流模块,所述辅助全桥逆变模块的输入端与光伏电池阵列的直流母线相连,所述辅助全桥逆变模块的控制端与辅助控制驱动模块的输出端相连,所述辅助全桥逆变模块的输出端依次通过辅助电压变压输出模块、整流模块与功率调节单元相连。

[0012] 所述整流模块的输出端与功率调节单元之间设有辅助高频纹波滤除模块,所述辅助高频纹波滤除模块包括串接于整流模块一个输出端的电感和分别与所述整流模块输出

端两电极相连的电容。

[0013] 本发明具有下述优点：

[0014] 1、本发明的光伏发电装置包括功率调节阵列和辅助变流器，辅助变流器的输入端与光伏电池阵列的直流母线相连，功率调节阵列包括与所述光伏电池一一对应的功率调节单元，功率调节单元与对应的光伏电池并联，补偿光伏电池在局部阴影条件下减少的输出电流，通过主变流器实现光伏电池单体的最大功率输出，本发明使得光伏阵列在各光伏电池单体特性不统一，特别是局部阴影情况下，各光伏电池间实现能量自动均衡，保证任一光伏电池在自身环境条件下最大功率输出，从而获得最大的发电效率。

[0015] 2、功率调节单元的输入端与辅助变流器的输出端相连，从电能传输方向上看，从光伏阵列输出的电能经辅助变流器输出到功率调节总线，再经功率调节单元回到光伏模块，从而形成一个功率闭环反馈机制，这种能源闭环结构能够根据光伏阵列的实时输出，对不平衡的光伏模块进行快速均衡补偿，从而达到最大功率输出，这种结构省略了传统方式的储能结构，免去了寻找外部能量来源，考虑储能环节响应速度，性能指标，使用寿命的麻烦，具有结构紧凑、体积小，维护方便，可靠性强的优点。而且由于本系统在电能输出环节上设计了一个闭环反馈，因此功率调节单元只需采用单向 DC-DC 电路来实现，而不需要采用复杂的双向 DC-DC 电路，从而简化电路设计，降低了系统成本。

[0016] 3、本发明控制方法灵活，具有很好的工程可操作性、普适性和通用性。用户在保持原有光伏系统结构的前提下，只需将增加一个公用的辅助变流器，同时每个光伏电池上并联功率调节单元，即可实现所述功能。所述的普适性和通用性还体现在本发明的使用不受光伏阵列数量、空间布局等的限制，理论上可适用于任意数量、任意布局方式的光伏阵列，即插即用，数量在合理范围内可无限扩展。

[0017] 4、本发明能降低光伏系统并网发电成本，通过辅助变流器和功率调节单元能够提高能量转换效率的基础上可间接降低发电成本，有效降低上网电价，从而使光伏系统并网发电变得更为可行。

[0018] 5、本发明能延长光伏电池的使用寿命。能量不均衡输出不仅限制光伏电池的能量转换效率，同时进一步降低了不平衡部分光伏电池模块的使用寿命。特别是被局部阴影覆盖的光伏电池阵列局部，如没有有效的保护措施可能导致电流倒灌、发热损坏等不利影响。并联电力电子变流器功率模块和采用先进控制算法后，相关问题的担忧可有效避免。

[0019] 6、本发明能够在传统光伏发电系统基础上进行改造，工程安装简单，成本低廉，使用和后期维护便捷。

附图说明

[0020] 图 1 为现有光伏发电装置的框架结构示意图。

[0021] 图 2 为光伏电池的等效电路。

[0022] 图 3 为光伏电池模块输出特性曲线。

[0023] 图 4 为不同光照强度下的光伏电池输出特性曲线。

[0024] 图 5 为一种局部阴影条件下光伏阵列输出特性曲线。

[0025] 图 6 为另一种局部阴影条件下光伏阵列输出特性曲线。

[0026] 图 7 为本发明实施例的框架结构示意图。

[0027] 图 8 为本发明实施例功率调节单元的框架结构示意图。

[0028] 图 9 为本发明实施例功率调节单元的电路原理结构示意图。

[0029] 图 10 为本发明实施例主变流器的电路原理结构示意图。

[0030] 图 11 为本发明实施例辅助变流器的电路原理结构示意图。

[0031] 图例说明：1、光伏电池阵列；11、光伏电池；2、主变流器；21、控制驱动单元；22、升压模块；23、全桥逆变模块；24、电压变压输出模块；25、高频纹波滤除模块；3、功率调节阵列；31、功率调节单元；311、电子电力转换电路；312、控制模块；313、输出电流采集模块；314、输出电压采集模块；315、电池电流采集模块；316、变压器；317、开关器；318、驱动模块；319、整流滤波模块；4、辅助变流器；41、辅助控制驱动模块；42、辅助全桥逆变模块；43、辅助电压变压输出模块；44、整流模块；45、辅助高频纹波滤除模块。

具体实施方式

[0032] 如图 7 所示，本发明实施例具有全局最大功率输出功能的光伏发电装置包括光伏电池阵列 1 和主变流器 2，光伏电池阵列 1 包括多个串接的光伏电池 11，光伏发电装置还包括功率调节阵列 3 和辅助变流器 4，辅助变流器 4 的输入端与光伏电池阵列 1 的直流母线相连，功率调节阵列 3 包括与光伏电池 11 一一对应的功率调节单元 31，功率调节单元 31 与对应的光伏电池 11 并联，功率调节单元 31 的输入端与辅助变流器 4 的输出端相连。

[0033] 本实施例的功率调节单元 31 共同通过功率调节总线与辅助变流器 4 相连，功率调节总线可以是直流形式，也可以是交流形式，功率调节单元 31 呈电流源输出特性，与光伏电池 11 并联进行能量补偿，功率调节单元 31 经辅助变流器 4 从光伏阵列输出直流母线抽取能量，用于光伏电池的能量均衡和补偿，功率调节单元 31 进行实时性较高的分布式最大功率跟踪，为相应光伏模块补偿电能以达到该模块的最大功率输出，主变流器 2 进行全局最大功率跟踪，在功率调节单元 31 对不平衡的模块进行均衡的机制上实现全局最大功率输出，即使在光伏阵列在各光伏模块特性不统一、特别是局部阴影情况下，各光伏模块间实现能量自动均衡，保证任一光伏模块在自身环境条件下最大功率输出，从而实现光伏阵列全局最大功率输出；而且实现每一光伏模块最大功率输出和光伏阵列全局最大功率输出的同时，变流器仅处理输出功率中不平衡部分，最大程度减少了功率变换环节带来的能量损耗。本实施例中，光伏电池 11 光伏电池可以是单晶硅光伏电池、多晶硅光伏电池或非晶硅光伏电池，每个光伏电池的输出端引出，与功率调节单元 31 的输出端相连。

[0034] 如图 8 所示，功率调节单元 31 包括电子电力转换电路 311、控制模块 312 和采样单元，电子电力转换电路 311 的输入端与辅助变流器 4 的输出端相连，电子电力转换电路 311 的输出端与对应的光伏电池 11 的两极并联，电子电力转换电路 311 的控制端与控制模块 312 的输出端相连，采样单元包括输出电流采集模块 313、输出电压采集模块 314 和电池电流采集模块 315，输出电流采集模块 313 的输入端与电子电力转换电路 311 的一个输出端相连，输出电压采集模块 314 的输入端与电子电力转换电路 311 的输出端相连，电池电流采集模块 315 的输入端串接光伏电池 11 的输入端或者输出端，输出电流采集模块 313 的输出端、输出电压采集模块 314 的输出端和电池电流采集模块 315 的输出端分别与控制模块 312 的输入端相连。电子电力转换电路 311 为能量单向流动的 DC/DC 变流器。

[0035] 电子电力转换电路 311 可以采用反激、正激、推挽、半桥、全桥等不同的电路拓扑，

控制模块 312 采样功率调节单元的输出电压、输出电流,以及相应光伏电池的输出电流,通过算法调节输出电流,使与该功率调节单元并联的光伏模块输出功率达到最大,或者使功率调节单元与并联光伏模块的净输出功率(即光伏模块输出功率加上功率调节单元输出功率减去功率调节单元输入功率)达到最大。

[0036] 如图 9 所示,电子电力转换电路 311 包括变压器 316、开关器 317、驱动模块 318 和整流滤波模块 319,变压器 316 的输入侧与开关器 317 串联连接并与辅助变流器 4 的输出端相连,开关器 317 的控制端通过驱动模块 318 与控制模块 312 的输出端相连,变压器 316 的输出侧通过整流滤波模块 319 与对应的光伏电池 11 的两极并联。

[0037] 如图 10 所示,主变流器 2 包括控制驱动单元 21、升压模块 22、全桥逆变模块 23 和电压变压输出模块 24,升压模块 22 的输入端分别与光伏电池阵列 1 的直流母线相连,全桥逆变模块 23 的输入端分别与升压模块 22 的输出端、光伏电池阵列 1 的直流母线相连,升压模块 22、全桥逆变模块 23 的控制端分别与控制驱动单元 21 的输出端相连,全桥逆变模块 23 的输出端通过电压变压输出模块 24 将电能输出。主变流器 2 采用具有最大功率跟踪输出功能的并网逆变器或独立逆变器或 DC/DC 电源,主变流器是本系统中唯一向外部提供电能的装置,内部采用最大功率跟踪(MPPT)算法,以获取最大输出功率。主变流器 2 实现光伏阵列模块全局最大功率点跟踪,功率调节单元 31 实现每个光伏电池的最大功率点跟踪和能量输出,主变流器 2 的全局 MPPT 算法与功率调节单元 31 的分布式 MPPT 算法分别独立运行、控制策略相互配合,使每个光伏电池 11 都工作在最大功率点,从而实现全局的最大功率输出。本实施例中,控制驱动单元 21 由控制器 U1、驱动电路 U2、驱动电路 U3 组成,控制器 U1 采用 TI 公司的 TMS320F2812 或 TMS320F28035,驱动电路 U2 采用 IR 公司 IR2110,驱动电路 U3 采用 ONSEMICONDUCTOR 公司 MC34152。升压模块 22 为 L1、D1、T5 组成一个 boost 电路,用于将输入电压提升到一定范围。全桥逆变模块 23 为 T1、T2、T3、T4 构成一个全桥逆变电路,电压变压输出模块 24 为变压器 Tx1。全桥逆变模块 23 和电压变压输出模块 24 之间设有高频纹波滤除模块 25,高频纹波滤除模块 25 包括串接于全桥逆变模块 23 一个输出端的电感 L2 和分别与全桥逆变模块 23 输出端两电极相连的电容 C2。全桥逆变模块 23 输出的电流通过 L2、C2 滤除高频纹波,最后经变压器 Tx1 并入电网。

[0038] 辅助变流器 4 为能量单向流动的 DC/DC 变流器。如图 11 所示,辅助变流器 4 包括辅助控制驱动模块 41、辅助全桥逆变模块 42、辅助电压变压输出模块 43 和整流模块 44,辅助全桥逆变模块 42 的输入端与光伏电池阵列 1 的直流母线相连,辅助全桥逆变模块 42 的控制端与辅助控制驱动模块 41 的输出端相连,辅助全桥逆变模块 42 的输出端依次通过辅助电压变压输出模块 43、整流模块 44 与功率调节单元 31 相连。辅助变流器 4 将光伏电池阵列 1 输出的部分能量转化为低压直流或交流形式的电能,以简化功率调节单元的设计。辅助变流器 4 的主电路可以采用单向 DC/DC 电路或单向 DC/AC 电路,输出电压保持恒定。本实施例中,辅助控制驱动模块 41 由驱动电路 U1 和控制器 U2 组成,控制器 U2 采用 TI 公司的 TMS320F28035,驱动电路 U1 采用 IR 公司 IR2110,辅助全桥逆变模块 42 为 T1、T2、T3、T4 组成一个全桥逆变电路,辅助电压变压输出模块 43 采用高频变压器 Lm 实现,整流模块 44 由 D1、D2 组成的全波整流电路。整流模块 44 的输出端与功率调节单元 31 之间设有辅助高频纹波滤除模块 45,辅助高频纹波滤除模块 45 包括串接于整流模块 44 一个输出端的电感 L1 和分别与整流模块 44 输出端两电极相连的电容 C1。辅助全桥逆变模块 42 输出的电流

经高频变压器 Lm 隔离后,通过 D1、D2 整流和 L1、C1 滤波,输出一个直流隔离电源。

[0039] 以上所述仅为本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不仅限于上述实施方式,凡是属于本发明原理的技术方案均属于本发明的保护范围。对于本领域的技术人员而言,在不脱离本发明的原理的前提下进行的若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

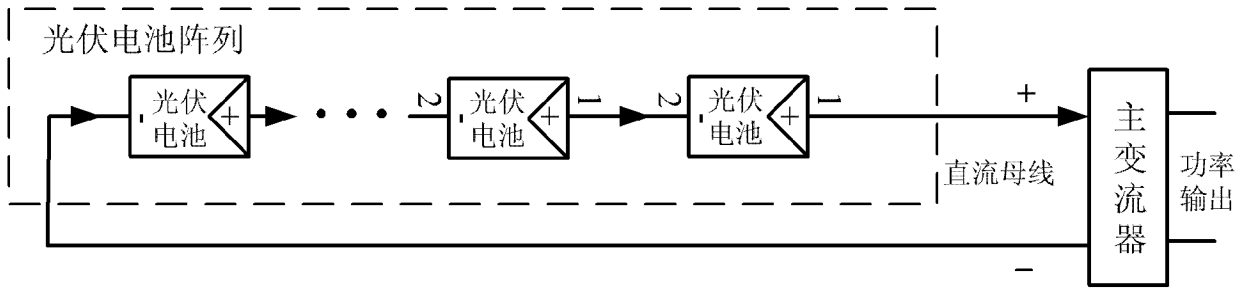


图 1

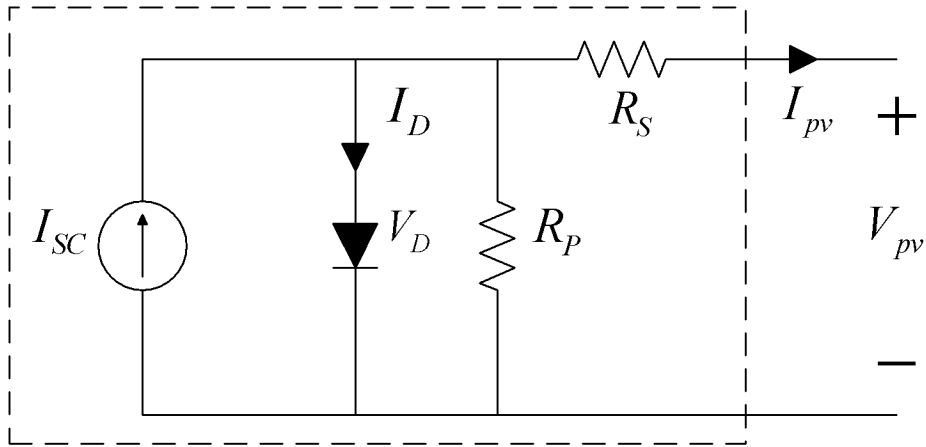


图 2

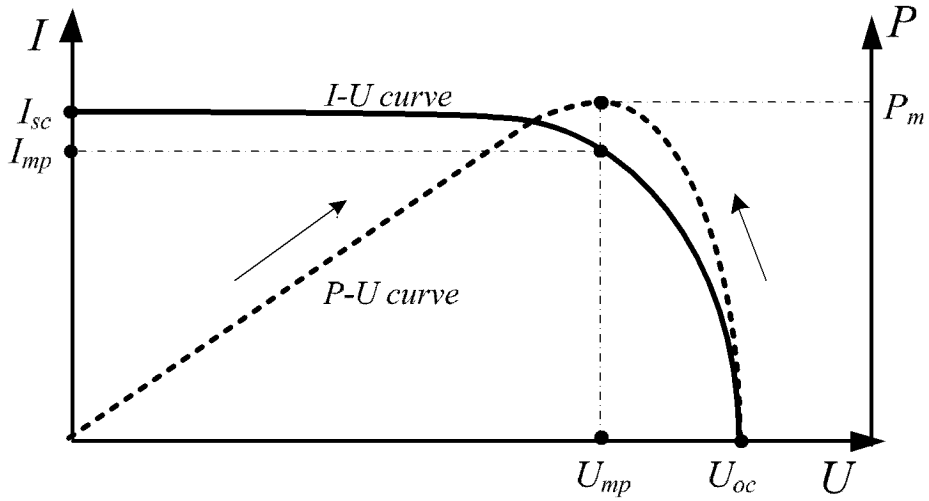


图 3

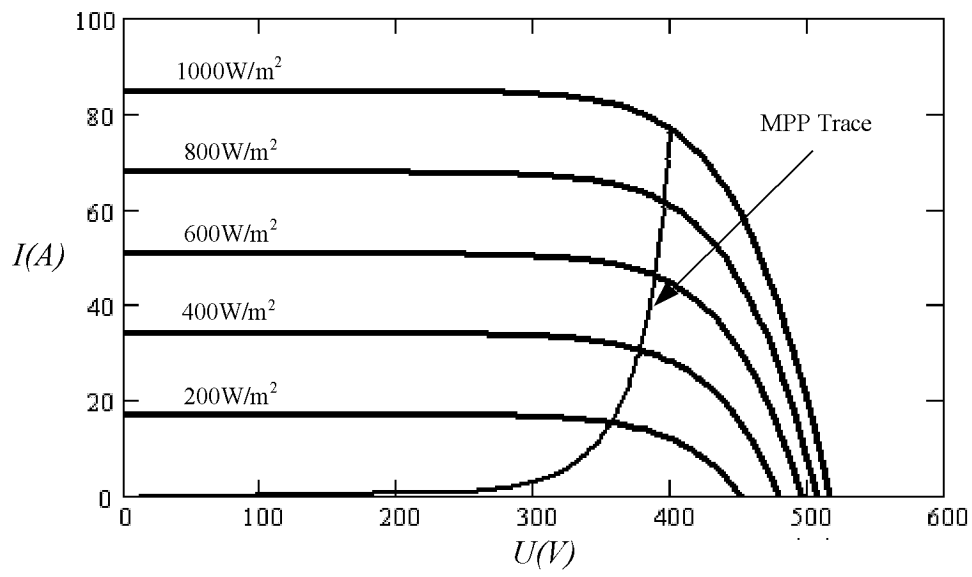


图 4

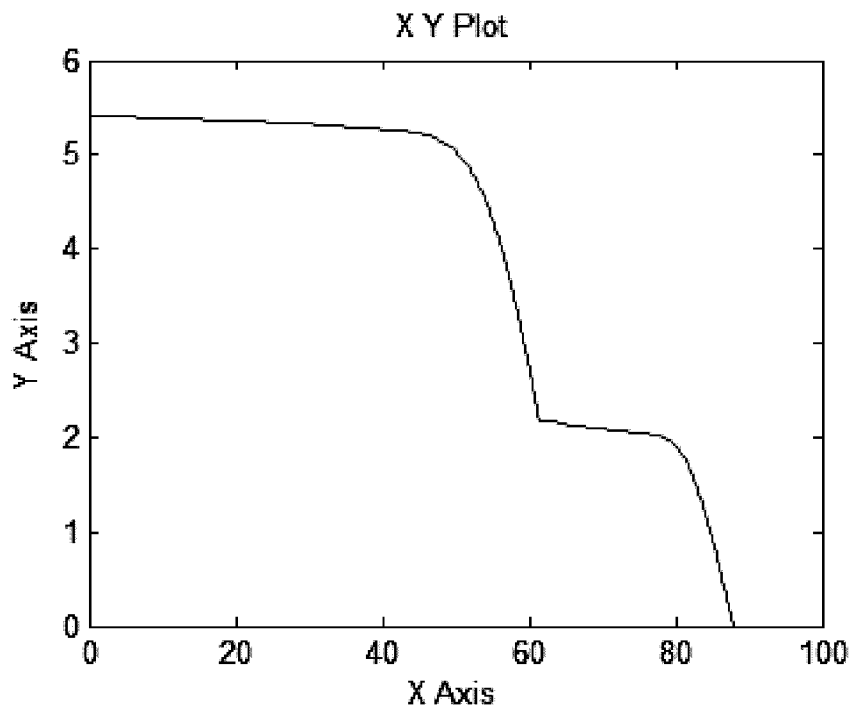


图 5

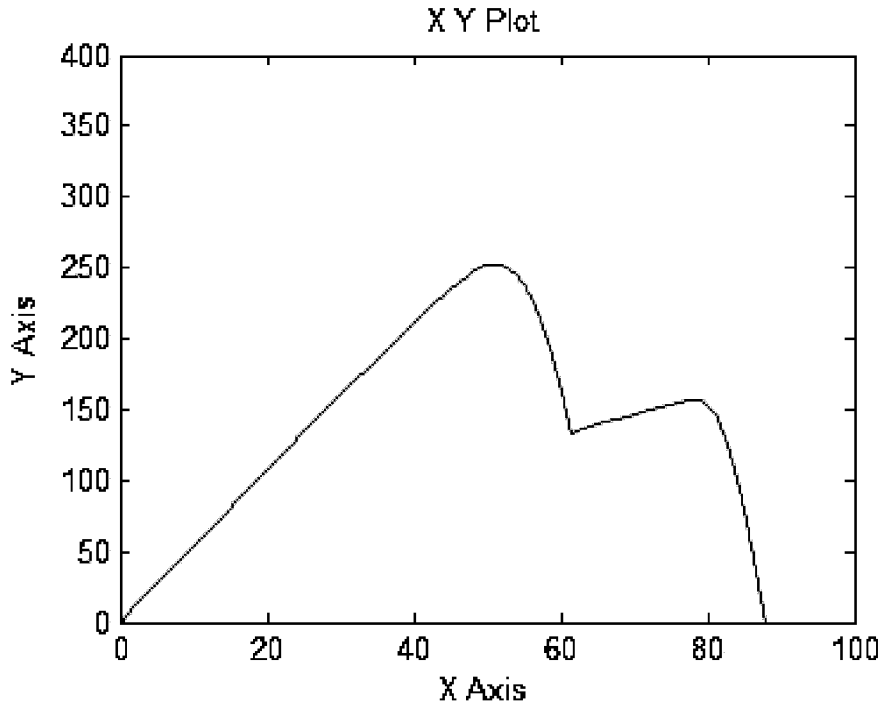


图 6

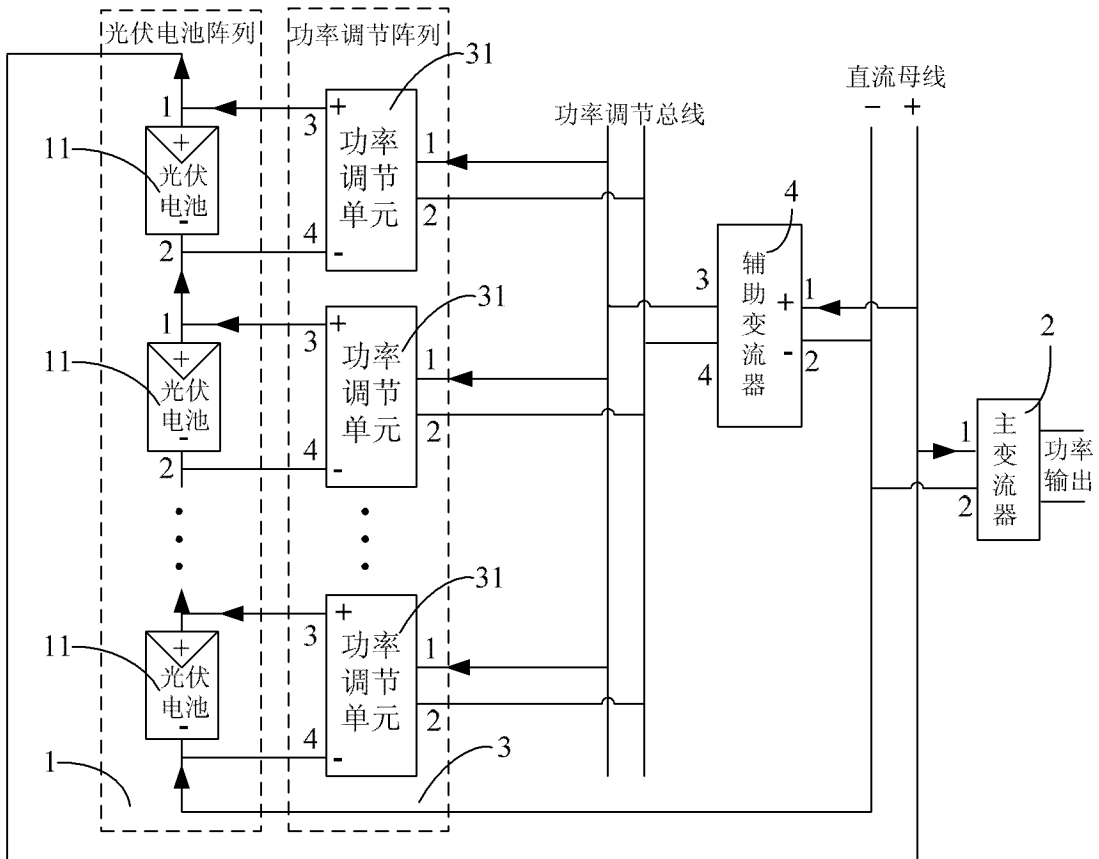


图 7

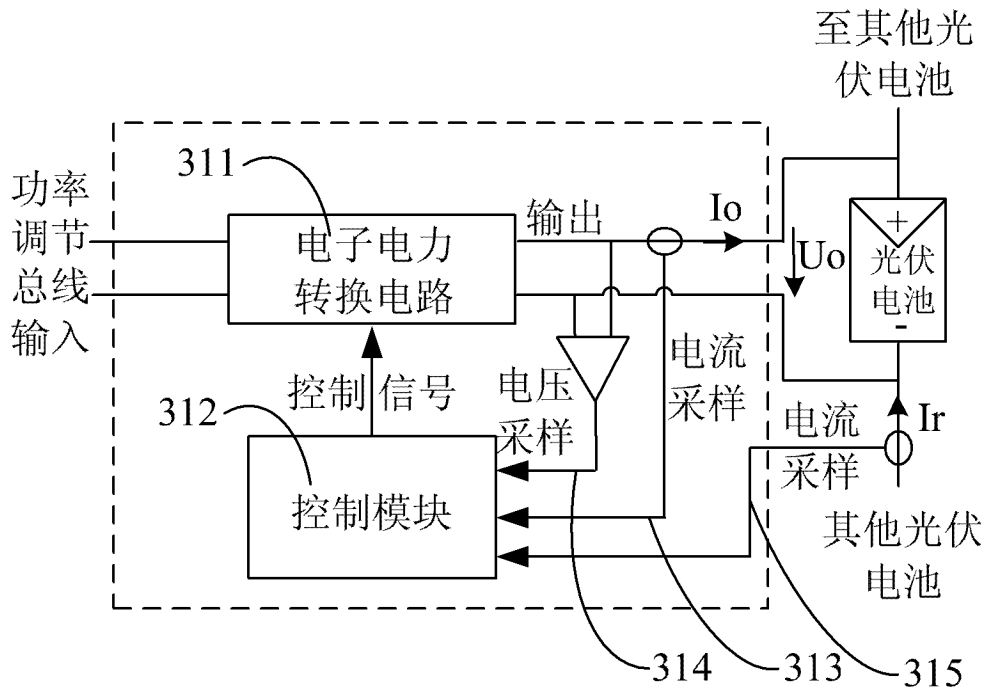


图 8

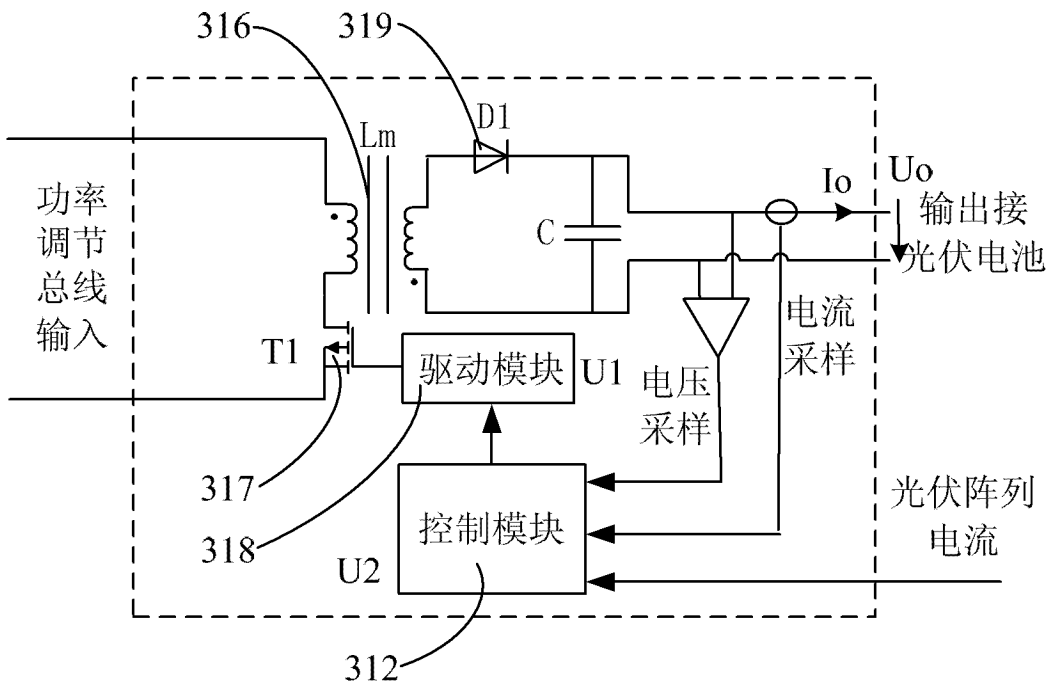


图 9

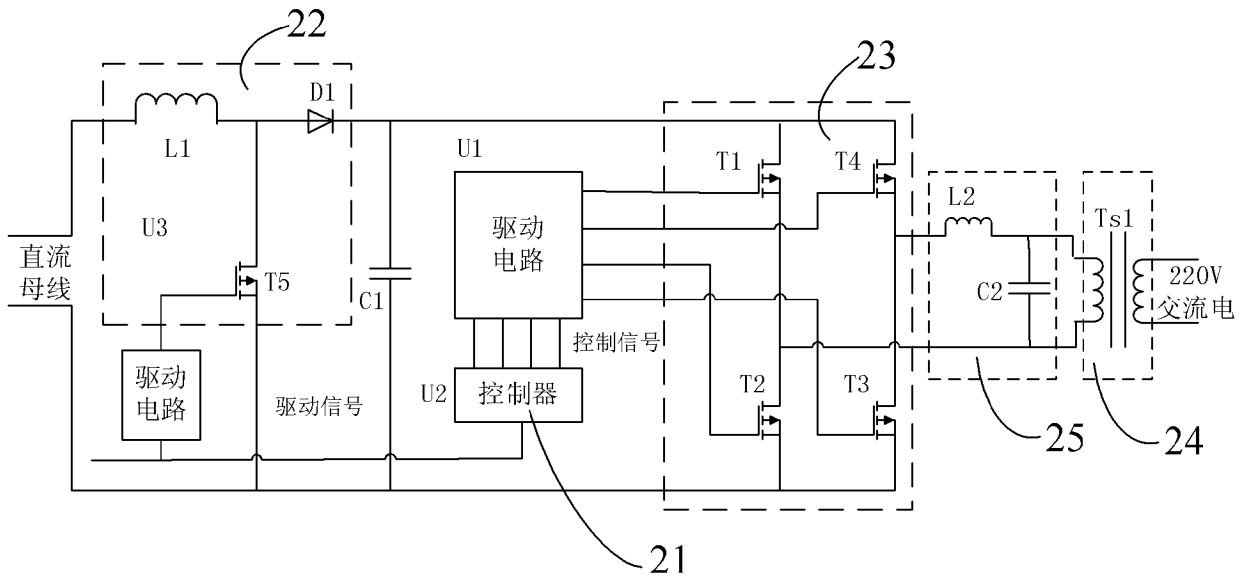


图 10

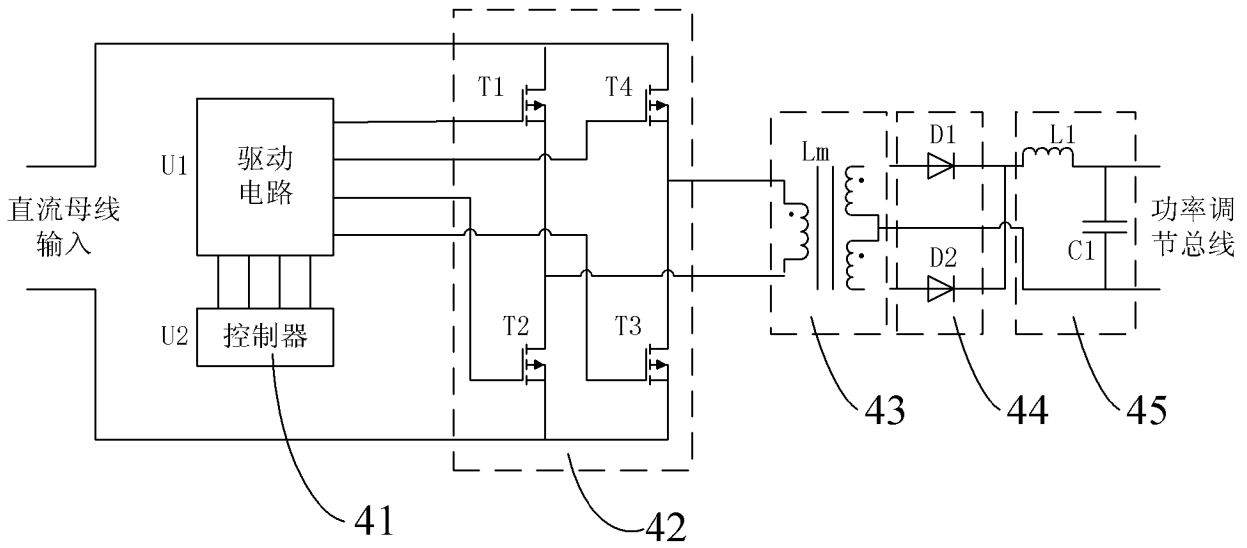


图 11