



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105591383 B

(45)授权公告日 2018.02.02

(21)申请号 201610019034.4

(22)申请日 2016.01.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105591383 A

(43)申请公布日 2016.05.18

(73)专利权人 上海电力学院
地址 200090 上海市杨浦区平凉路2103号

(72)发明人 程启明 杨小龙 褚思远 张强
黄山 张海清

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 翁惠瑜

(51)Int.Cl.
H02J 1/12(2006.01)

(56)对比文件

CN 105226632 A, 2016.01.06,
CN 105226632 A, 2016.01.06,
CN 103647302 A, 2014.03.19,
US 2013/0099581 A1, 2013.04.25,

审查员 严开沁

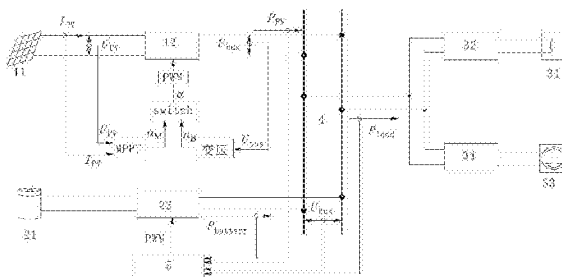
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种直流微网变功率控制装置及控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种直流微网变功率控制装置及控制方法,所述变功率控制装置包括光伏侧功率测量模块、负荷侧功率测量模块、直流母线电压测量模块和变功率控制器,所述光伏侧功率测量模块与光伏电池组件连接,所述负荷侧功率测量模块与负荷组件连接,所述变功率控制器分别连接光伏侧功率测量模块、负荷侧功率测量模块和蓄电池组件,所述变功率控制器根据光伏侧功率测量模块获得的光伏输出功率、负荷侧功率测量模块获得的负荷消耗功率以及直流母线电压测量模块获得的直流母线电压,控制蓄电池充放电功率的方向和大小。与现有技术相比,本发明避免了微网母线电压与微网功率的波动对微网工作模式切换的影响。



1. 一种直流微网变功率控制装置,所述直流微网包括通过直流母线连接的光伏电池组件、蓄电池组件和负荷组件,其特征在于,所述变功率控制装置包括光伏侧功率测量模块、负荷侧功率测量模块、直流母线电压测量模块和变功率控制器,所述光伏侧功率测量模块与光伏电池组件连接,所述负荷侧功率测量模块与负荷组件连接,所述变功率控制器分别连接光伏侧功率测量模块、负荷侧功率测量模块和蓄电池组件,所述变功率控制器根据光伏侧功率测量模块获得的光伏输出功率、负荷侧功率测量模块获得的负荷消耗功率以及直流母线电压测量模块获得的直流母线电压,控制蓄电池充放电功率的方向和大小;

所述变功率控制器根据以下关系式控制蓄电池充放电功率的方向和大小:

$$P_{bat} = P_{PV} - P_{load} + k \times (U_{bus} - U_{bus_ref})$$

式中, U_{bus_ref} 为直流母线标准电压; k 为母线电压转换调节功率的系数; P_{PV} 为光伏输出功率; P_{load} 为负荷消耗功率; U_{bus} 为直流母线电压; P_{bat} 为蓄电池充放电功率,当 $P_{bat} > 0$ 时,蓄电池充电,其充电功率为 $P_{bat_c} = P_{bat}$,当 $P_{bat} < 0$ 时,蓄电池放电,其放电功率为 $P_{bat_d} = -P_{bat}$ 。

2. 根据权利要求1所述的直流微网变功率控制装置,其特征在于,还包括蓄电池功率测量模块,该蓄电池功率测量模块分别连接蓄电池组件和变功率控制器,所述变功率控制器分别连接光伏电池组件和负荷组件,变功率控制器根据蓄电池功率测量模块获得的蓄电池充放电功率控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式。

3. 根据权利要求2所述的直流微网变功率控制装置,其特征在于,所述变功率控制器根据以下判定准则控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式:

a. 当 $P_{bat} \geq P_{bat_c_max}$ 时,光伏电池组件采用下垂控制,蓄电池组件采用极限功率充电,负荷组件正常工作, $P_{bat_c_max}$ 为蓄电池极限功率;

b. 当 $P_{bat} \leq -P_{bat_d_max}$ 时,光伏电池组件采用MPPT控制,蓄电池组件采用极限功率放电,逐渐切除负荷组件, $P_{bat_d_max}$ 为蓄电池放电功率极限值;

c. 当 $0 < P_{bat} < P_{bat_c_max}$ 时,光伏电池组件采用MPPT控制,蓄电池组件采用非极限功率充电,负荷组件正常工作;

d. 当 $-P_{bat_d_max} < P_{bat} < 0$ 时,光伏电池组件采用MPPT控制,蓄电池组件采用非极限功率放电,负荷组件正常工作。

4. 一种直流微网变功率控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 检测光伏电池组件的光伏输出功率 P_{PV} 、负荷组件的负荷消耗功率 P_{load} 以及直流母线的直流母线电压 U_{bus} ;

2) 根据步骤1)中的检测结果控制蓄电池组件中蓄电池充放电功率的方向和大小;

所述步骤2)中,根据以下关系式控制蓄电池充放电功率的方向和大小:

$$P_{bat} = P_{PV} - P_{load} + k \times (U_{bus} - U_{bus_ref})$$

式中, U_{bus_ref} 为直流母线标准电压; k 为母线电压转换调节功率的系数; P_{bat} 为蓄电池充放电功率,当 $P_{bat} > 0$ 时,蓄电池充电,其充电功率为 $P_{bat_c} = P_{bat}$,当 $P_{bat} < 0$ 时,蓄电池放电,其放电功率为 $P_{bat_d} = -P_{bat}$ 。

5. 根据权利要求4所述的直流微网变功率控制方法,其特征在于,该控制方法还包括以下步骤:

3) 检测蓄电池组件的蓄电池充放电功率 P_{bat} ,根据蓄电池充放电功率 P_{bat} 控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式。

6. 根据权利要求5所述的直流微网变功率控制方法,其特征在于,所述步骤3)中,控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式具体为:

a. 当 $P_{bat} \geq P_{bat_c_max}$ 时,光伏电池组件采用下垂控制,蓄电池组件采用极限功率充电,负荷组件正常工作, $P_{bat_c_max}$ 为蓄电池极限功率;

b. 当 $P_{bat} \leq -P_{bat_d_max}$ 时,光伏电池组件采用MPPT控制,蓄电池组件采用极限功率放电,逐渐切除负荷组件, $P_{bat_d_max}$ 为蓄电池放电功率极限值;

c. 当 $0 < P_{bat} < P_{bat_c_max}$ 时,光伏电池组件采用MPPT控制,蓄电池组件采用非极限功率充电,负荷组件正常工作;

d. 当 $-P_{bat_d_max} < P_{bat} < 0$ 时,光伏电池组件采用MPPT控制,蓄电池组件采用非极限功率放电,负荷组件正常工作。

一种直流微网变功率控制装置及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种直流微网平衡控制技术,尤其是涉及一种直流微网变功率控制装置及控制方法。

背景技术

[0002] 近年来随着我国经济的发展,能源短缺与环境污染两大难题日益突出,而这两大问题主要是因为化石能源的消耗与大量使用引起的,因而发展清洁、高效、无污染的能源成为解决这两大难题最有效的途径。然而太阳能、风能等清洁能源无法像水能一样集中起来发电,因此分布式发电技术应运而生,然而分布式发电具有对大电网的冲击较大、影响配电网静态稳定性等不足之处,为了改正分布式发电的缺点以及更有效地利用新能源,微网的概念被提了出来,微网是由分布式电源、分布式储能单元与相应负荷组成的独立可控的小型分布式发电系统。微网可以分为直流微网和交流微网两种类型,考虑到与大电网的接入问题,目前微网主要以交流微网的形式存在,相对于交流微网而言,直流微网因不需要考虑无功功率以及电压的相位和频率,因此直流微网系统结构简单,能量转换少,供电质量高,相比交流微网更有优势,所以近年来直流微网得到了快速的发展。

[0003] 微网控制的要点为保持微网内功率的平衡,对直流微网而言其母线电压是判定系统功率是否平衡的重要指标,可以通过调节直流母线电压来控制微网功率的平衡,因此目前直流微网主要采用电压分层控制策略来控制其直流母线电压的稳定,进而控制微网功率的平衡。然而分层控制以电压为判定基准就会不可避免的受到母线电压的影响,而直流微网在正常运行时母线电压并非绝对的直流而是小范围内波动的,而且微网不同模式切换时也会对母线电压造成一定的冲击,而这些母线电压波动可能会导致微网不同工作模式间的频繁切换,而通过增加蓄电池空闲模式或采取电压滞环控制等策略来解决这种状况,又会造成微网控制的延时等一些新的问题,这是分层控制固有的不足之处。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是针对直流微网的分层控制策略中母线电压直接影响微网模式切换的问题,而提供一种以功率作为微网工作模式切换判定基准、能有效维持微网功率平衡及电压稳定的直流微网变功率控制装置及控制方法。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种直流微网变功率控制装置,所述直流微网包括通过直流母线连接的光伏电池组件、蓄电池组件和负荷组件,所述变功率控制装置包括光伏侧功率测量模块、负荷侧功率测量模块、直流母线电压测量模块和变功率控制器,所述光伏侧功率测量模块与光伏电池组件连接,所述负荷侧功率测量模块与负荷组件连接,所述变功率控制器分别连接光伏侧功率测量模块、负荷侧功率测量模块和蓄电池组件,所述变功率控制器根据光伏侧功率测量模块获得的光伏输出功率、负荷侧功率测量模块获得的负荷消耗功率以及直流母线电压测量模块获得的直流母线电压,控制蓄电池充放电功率的方向和大小。

[0007] 所述变功率控制器根据以下关系式控制蓄电池充放电功率的方向和大小：

$$[0008] \quad P_{bat} = P_{PV} - P_{load} + k \times (U_{bus} - U_{bus_ref})$$

[0009] 式中, U_{bus_ref} 为直流母线标准电压; k 为母线电压转换调节功率的系数; P_{PV} 为光伏输出功率; P_{load} 为负荷消耗功率; U_{bus} 为直流母线电压; P_{bat} 为蓄电池充放电功率, 当 $P_{bat} > 0$ 时, 蓄电池充电, 其充电功率为 $P_{bat_c} = P_{bat}$, 当 $P_{bat} < 0$ 时, 蓄电池放电, 其放电功率为 $P_{bat_d} = -P_{bat}$ 。

[0010] 还包括蓄电池功率测量模块, 该蓄电池功率测量模块分别连接蓄电池组件和变功率控制器, 所述变功率控制器分别连接光伏电池组件和负荷组件, 变功率控制器根据蓄电池功率测量模块获得的蓄电池充放电功率控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式。

[0011] 所述变功率控制器根据以下判定准则控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式：

[0012] a. 当 $P_{bat} \geq P_{bat_c_max}$ 时, 光伏电池组件采用下垂控制, 蓄电池组件采用极限功率充电, 负荷组件正常工作, $P_{bat_c_max}$ 为蓄电池极限功率;

[0013] b. 当 $P_{bat} \leq -P_{bat_d_max}$ 时, 光伏电池组件采用MPPT控制, 蓄电池组件采用极限功率放电, 逐渐切除负荷组件;

[0014] c. 当 $0 < P_{bat} < P_{bat_c_max}$ 时, 光伏电池组件采用MPPT控制, 蓄电池组件采用非极限功率充电, 负荷组件正常工作;

[0015] d. 当 $-P_{bat_d_max} < P_{bat} < 0$ 时, 光伏电池组件采用MPPT控制, 蓄电池组件采用非极限功率放电, 负荷组件正常工作。

[0016] 一种直流微网变功率控制方法, 包括以下步骤:

[0017] 1) 检测光伏电池组件的光伏输出功率 P_{PV} 、负荷组件的负荷消耗功率 P_{load} 以及直流母线的直流母线电压 U_{bus} ;

[0018] 2) 根据步骤1) 中的检测结果控制蓄电池组件中蓄电池充放电功率的方向和大小。

[0019] 所述步骤2) 中, 根据以下关系式控制蓄电池充放电功率的方向和大小:

$$[0020] \quad P_{bat} = P_{PV} - P_{load} + k \times (U_{bus} - U_{bus_ref})$$

[0021] 式中, U_{bus_ref} 为直流母线标准电压; k 为母线电压转换调节功率的系数; P_{bat} 为蓄电池充放电功率, 当 $P_{bat} > 0$ 时, 蓄电池充电, 其充电功率为 $P_{bat_c} = P_{bat}$, 当 $P_{bat} < 0$ 时, 蓄电池放电, 其放电功率为 $P_{bat_d} = -P_{bat}$ 。

[0022] 该控制方法还包括以下步骤:

[0023] 3) 检测蓄电池组件的蓄电池充放电功率 P_{bat} , 根据蓄电池充放电功率 P_{bat} 控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式。

[0024] 所述步骤3) 中, 控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式具体为:

[0025] a. 当 $P_{bat} \geq P_{bat_c_max}$ 时, 光伏电池组件采用下垂控制, 蓄电池组件采用极限功率充电, 负荷组件正常工作, $P_{bat_c_max}$ 为蓄电池极限功率;

[0026] b. 当 $P_{bat} \leq -P_{bat_d_max}$ 时, 光伏电池组件采用MPPT控制, 蓄电池组件采用极限功率放电, 逐渐切除负荷组件;

[0027] c. 当 $0 < P_{bat} < P_{bat_c_max}$ 时, 光伏电池组件采用MPPT控制, 蓄电池组件采用非极限功率充电, 负荷组件正常工作;

[0028] d. 当 $-P_{bat_d_max} < P_{bat} < 0$ 时, 光伏电池组件采用MPPT控制, 蓄电池组件采用非极限功率放电, 负荷组件正常工作。

[0029] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0030] (1) 本发明以光伏输出功率、负荷消耗功率为主,以直流母线电压变化量为辅作为调节蓄电池充放电的大小和方向的基准,能有效维持微网功率的平衡和电压的稳定。

[0031] (2) 本发明采用变功率方法对直流微网进行控制,摒弃了母线电压作为微网工作模式切换的基准,而以当前微网分布式单元输入输出功率的为主,以其下一段时间的功率值为辅作为微网工作模式切换的基准,避免了微网母线电压与微网功率的波动对微网工作模式切换的影响。

附图说明

[0032] 图1为本发明的结构示意图;

[0033] 图2为变功率控制原理图;

[0034] 图3为蓄电池控制原理图;

[0035] 图4为采用两种不同控制策略时直流微网母线电压变化曲线,其中,(4a)为变功率控制曲线,(4b)为分层控制曲线;

[0036] 图5为采用两种不同控制策略时直流微网冗余功率变化曲线,其中,(5a)为变功率控制曲线,(5b)为分层控制曲线。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0038] 本实施例提供一种直流微网变功率控制装置,直接以微网内功率为判断依据绕开了直流母线电压,避免了直流母线电压对微网工作正常切换的影响。

[0039] 如图1所示,直流微网通常包括通过直流母线4连接的光伏电池组件、蓄电池组件和负荷组件,光伏电池组件包括相连接的光伏电池11和BOOST变换器12,蓄电池组件包括相连接的蓄电池21和双向DC/DC变换器22,负荷组件包括相连接的直流负荷31和DC/DC变换器32以及相连接的交流负荷33和DC/AC变换器34,BOOST变换器12、双向DC/DC变换器22、DC/DC变换器32和DC/AC变换器34均与直流母线4连接。

[0040] 本实施例的变功率控制装置包括光伏侧功率测量模块、负荷侧功率测量模块、直流母线电压测量模块和变功率控制器5,光伏侧功率测量模块与光伏电池组件连接,负荷侧功率测量模块与负荷组件连接,变功率控制器分别连接光伏侧功率测量模块、负荷侧功率测量模块和蓄电池组件,变功率控制器根据光伏侧功率测量模块获得的光伏输出功率、负荷侧功率测量模块获得的负荷消耗功率以及直流母线电压测量模块获得的直流母线电压,控制蓄电池充放电功率的方向和大小。

[0041] 当直流微网正常运行时,变功率控制器根据以下关系式控制蓄电池充放电功率的方向和大小:

[0042]
$$P_{bat} = P_{pv} - P_{load} + k \times (U_{bus} - U_{bus_ref})$$

[0043] 式中, U_{bus_ref} 为直流母线标准电压; k 为母线电压转换调节功率的系数,是因测量误差或其他原因而导致的蓄电池充放电功率不足或者剩余时,用来更正蓄电池充放电功率

的系数; P_{PV} 为光伏输出功率, 其随光照强度、环境温度与输出电压的变化而变化; P_{load} 为负荷消耗功率; U_{bus} 为直流母线电压; P_{bat} 为蓄电池充放电功率, 当 $P_{bat} > 0$ 时, 蓄电池充电, 其充电功率为 $P_{bat_c} = P_{bat}$, 当 $P_{bat} < 0$ 时, 蓄电池放电, 其放电功率为 $P_{bat_d} = -P_{bat}$ 。

[0044] 本发明的另一实施例中, 变功率控制装置还包括蓄电池功率测量模块, 该蓄电池功率测量模块分别连接蓄电池组件和变功率控制器, 变功率控制器分别连接光伏电池组件和负荷组件, 变功率控制器根据蓄电池功率测量模块获得的蓄电池充放电功率控制光伏电池组件和负荷组件的工作模式。

[0045] 假设光伏当采用MPPT控制时, 其输出功率随时间的增加而增加; 当蓄电池正常运行时, 所测量的输入功率为恒定值。如图2为本实施例实现变功率控制的原理图, 由图中可以看出:

[0046] 1) 当 $t = t_1 \sim t_3, t_4 \sim t_5$ 时,

[0047] a. $U_{bus} = U_{bus_ref}$, 说明功率的测量没有误差, 此时蓄电池的充放电功率应为: $P_{bat} = P_{PV} - P_{load}$;

[0048] b. $-P_{bat_d_max} < P_{bat} < P_{bat_c_max}$, 说明蓄电池的充放电功率没有达到极限值, 此时蓄电池应采用变功率充放电, 光伏电池采用MPPT控制, 负载正常运行, $P_{bat_c_max}$ 为蓄电池极限功率;

[0049] 2) 当 $t = t_3 \sim t_4$ 时, 从图中可以看出负荷实际突然下降然而其测量值不变, 导致测量误差的出现, 如果由 $P_{bat} = P_{PV} - P_{load}$ 可知, 此时蓄电池实际充电功率小于理应充电功率, 导致微网内有功率冗余, 进而引起母线电压升高, 为了更正由于测量误差或其他原因而导致微网功率的不平衡, 此时蓄电池的充放电功率应为: $P_{bat} = P_{PV} - P_{load} + k \times (U_{bus} - U_{bus_ref})$;

[0050] 3) 当 $t = 0 \sim t_1$ 时, 在光伏输出功与负荷消耗功率等条件不变时, $P_{bat} < -P_{bat_d_max}$, 此时蓄电池放电功率达到甚至超过其极限值, 而为了保证安全蓄电池的放电功率应小于或等于其极限功率, 此时应逐渐切除负荷以减小蓄电池的放电功率, 其大小为: $P_{load} \approx P_{PV} - P_{bat} = P_{PV} + P_{bat_d_max}$;

[0051] 4) $t = t_5 \sim t_6$ 时, 在光伏输出功与负荷消耗功率等条件不变时, $P_{bat} \geq P_{bat_c_max}$, 此时蓄电池充电功率达到甚至超过其极限值, 而为了保证安全蓄电池的充电功率应小于或等于其极限功率, 此时光伏电池采用下垂控制以减小光伏电池的输出功率, 其大小为: $P_{PV} \approx P_{load} + P_{bat} = P_{load} + P_{bat_c_max}$ 。

[0052] 图3为蓄电池变功率控制原理图, 从图中可以看出蓄电池变功率控制, 可以分为非极限变功率控制和极限变功率控制两种模式;

[0053] 1) 非极限变功率控制的原理为:

[0054] 蓄电池充放电功率的给定值为 $P_{bat_ref} = P_{PV} - P_{load} + k \times (U_{bus} - U_{bus_ref})$; 将蓄电池充放电功率的实际值与给定值的差值作为PI调节器的输入, 通过控制双DC-DC的占空比使蓄电池实际充放电功率为:

[0055] $P_{bat} = P_{bat_ref} = P_{PV} - P_{load} + k \times (U_{bus} - U_{bus_ref})$;

[0056] 2) 极限变功率控制的原理为:

[0057] 蓄电池极限充放电功率的给定值为 $P_{bat_ref_max}$, $P_{bat_ref_max}$ 是环境温度 T 与荷电状态 SOC 的函数, 随着 T 和 SOC 的变化而变化, 将蓄电池充放电功率的实际值与极限充放电功率的给定值的差值作为PI调节器的输入, 通过控制双DC-DC的占空比使蓄电池实际充放电功率

为 $P_{bat}=P_{bat_ref_max}$ 。

[0058] 图4为直流微网在采用两种不同控制策略时母线电压变化曲线。由图可见,微网在采用变功率控制时母线电压波动小于微网在采用分层控制时母线电压波动,且微网在采用变功率控制时母线电压遭受冲击的次数也明显小。因此,变功率控制时微网电压稳定的效果明显优于分层控制。

[0059] 图5为直流微网在采用两种不同控制策略时冗余功率变化曲线,由图可见,采用变功率控制时最大冗余功率波动明显采用分层控制时最大冗余功率波动为,说明变功率控制时微网功率平衡的效果明显优于分层控制。

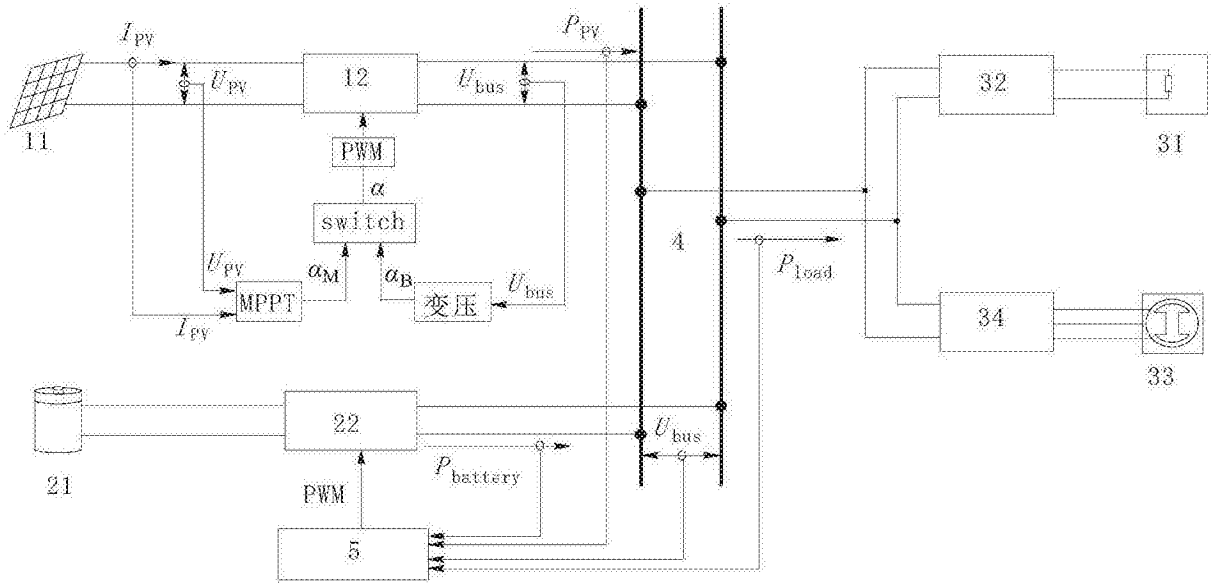


图1

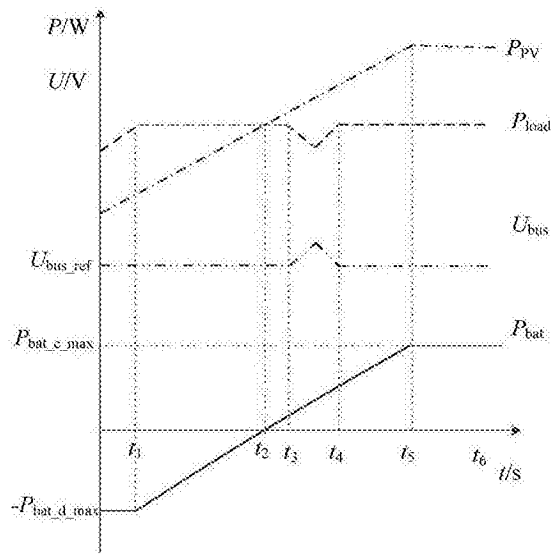


图2

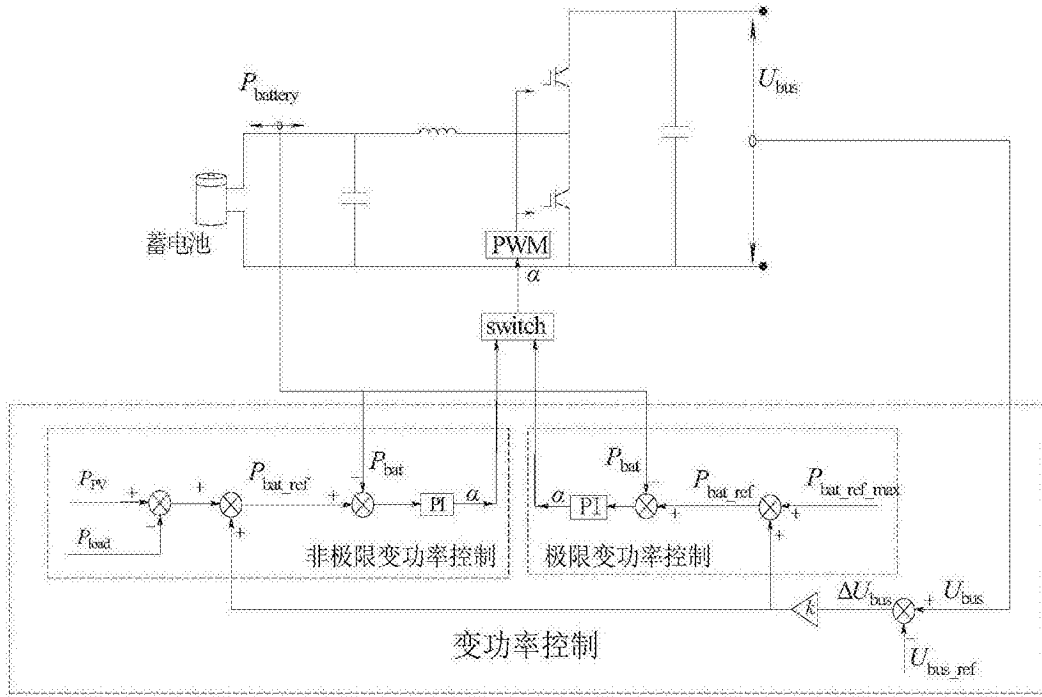


图3

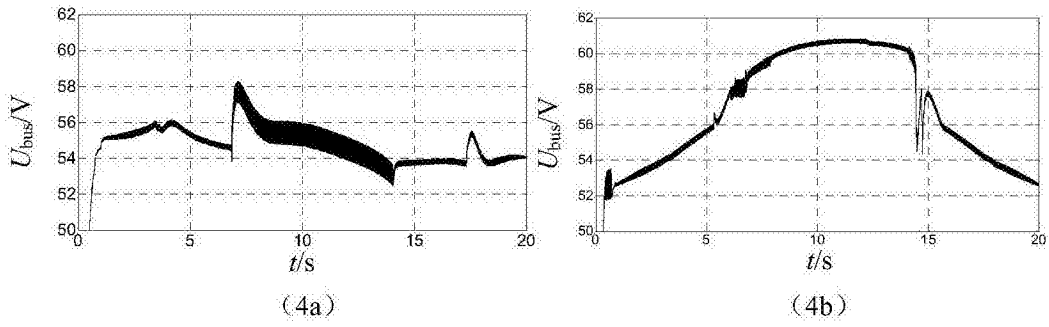


图4

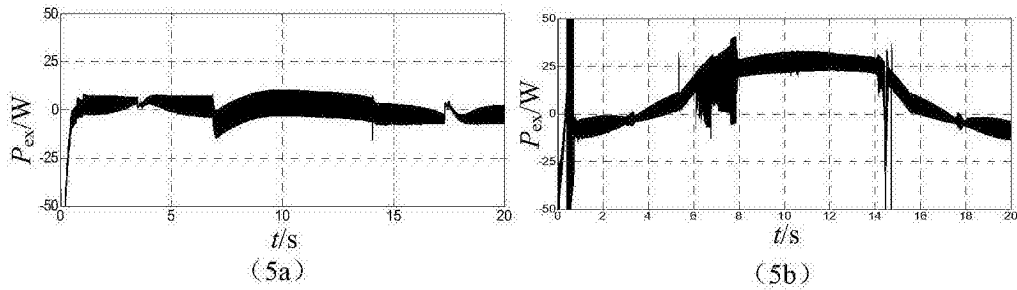


图5