



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 107026463 A

(43) 申请公布日 2017. 08. 08

(21) 申请号 201610070869. 2

(22) 申请日 2016. 02. 02

(71) 申请人 天津理工大学

地址 300384 天津市西青区宾水西道 391 号

(72) 发明人 周雪松 林怡彤 马幼捷

(74) 专利代理机构 天津天麓律师事务所 12212

代理人 王里歌

(51) Int. Cl.

H02J 3/32(2006. 01)

H02J 3/38(2006. 01)

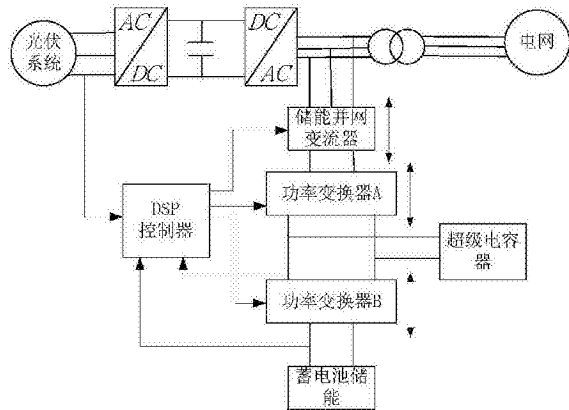
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统

(57) 摘要

一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统,其特征... ①快速、精确的功率实时调节光伏发电系统输出的波动功率; ②具有高功率密度、高能量密度、长循环寿命的特性; ③通过两个功率变换器,对能量进行精确分配; ④利用计算机高速的数据计算和数据处理能力,大大提高了该控制系统的可靠性。



1. 一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统,包括光伏系统,其特征在于它包括混合储能系统、双向整流/逆变器单元、DSP控制器单元、功率变换器A、功率变换器B以及储能并网变流器单元;其中,所述混合储能系统包括超导储能系统以及蓄电池储能系统,所述储能并网变流器单元的交流侧与电网直接连接,其直流侧与双向整流/逆变器单元连接;所述双向整流/逆变器单元与混合储能系统单元连接;所述DSP控制器单元的输入端分别采集光伏系统、功率变换器B以及混合储能系统的输出信号,其输出端分别连接储能并网变流器单元、功率变换器A及功率变换器B的输入端。

2. 根据权利要求1所述一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统,其特征在于所述双向整流/逆变器单元是由功率变换器A和功率变换器B构成;其中所述功率变换器A一侧与储能并网整流逆变器单元连接,另一侧分别与功率变换器B及超级电容储能单元连接;所述功率变换器B的另一侧与蓄电池储能单元连接。

3. 根据权利要求1所述一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统,其特征在于所述双向整流/逆变器单元由可控整流电路组成;所述可控整流电路由可关断晶闸管或者绝缘栅双极型晶闸管类的大功率电力电子器件与二极管并联构成三相整流桥式电路;其直流侧与功率变换器A相连,交流侧与电网中光伏发电系统的输出端连接。

4. 根据权利要求1所述一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统,其特征在于所述功率变换器A和功率变换器B分别是由电容C1、电感L1、三极管G1、二极管D1、电容C2、二极管D2、三极管G2、电感L2和电容C3构成;其中,所述三极管G1和三极管G2呈反相连接;所述电容C2连接于三极管G1的集电极和三极管G2的集电极之间;所述二极管D1并联在三极管G1的集电极和发射极之间;所述电感L1一端连接三极管G1的集电极,另一端与储能并网整流逆变器单元的直流输出端E1连接;所述电容C1并联在电感L1和三极管G1两端;所述二极管D2并联在三极管G2的集电极和发射极之间;所述电感L2一端连接三极管G2的集电极,另一端与储能单元的直流输出端E2连接;所述电容C3并联在电感L2和三极管G2两端。

5. 根据权利要求1所述一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统,其特征在于所述DSP控制单元是控制功率变换器A与功率变换器B、以及储能并网整流逆变器单元的核心,是由TMS320F28335控制芯片、驱动电路和采样电路组成;所述采样电路的输入端采集电网交流侧三相电压、电流信号以及双向功率流变换器单元的输入端电压电流信号;所述驱动电路通过接受TMS320F28335控制芯片的驱动命令控制双向功率流变换器单元以及储能并网整流逆变器单元中电力电子开关器件的导通与关断。

6. 根据权利要求1所述一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统,其特征在于所述DSP控制单元由电源转换芯片TPS767D318为其供电。

7. 一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统的工作方法,其特征在于它包括以下步骤:

①当光伏系统发出的功率高于电网所需功率时,储能并网变流器单元开始工作,并处于整流状态;

②分别由功率变换器A和功率变换器B对溢出的电能进行重新分配;

③由超级电容器储能单元吸收电能中的高频能量,而蓄电池储能单元则吸收低频能量;

④当DSP控制器检测到光伏发电系统发出的功率高出设定值时,DSP控制器控制变流电

路使之处于整流状态,同时检测功率变换器A、功率变换器B的电感L1、电感L2的电流 I_{LA} 、 I_{LB} 以及蓄电池组端电压 U_{bat} 、超级电容器组端电压 U_{cap} ,控制两个功率变换器对过多的电能进行分配;超级电容器吸收高频能量,而蓄电池吸收低频能量。

8.根据权利要求7所述一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统的工作方法,其特征在于所述步骤④中DSP控制器控制变流电路和功率变换器具体步骤包括以下几步:

- ①启动模数转换信号;
- ②对控制器进行初始化;
- ③对交流侧和直流侧以及超级电容和蓄电池的电压、电流通过传感器采样;
- ④将采样结果保存到相应的寄存器中;

⑤对采样结果进行计算,然后将控制信号传输到相应的元件中,对变流电路和两个功率变换器进行控制。

一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统

(一)技术领域：

[0001] 本发明属于电力电子技术以及电力系统储能技术的交叉领域，特别是应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统。

(二)背景技术：

[0002] 近年来，随着传统能源的急剧消耗以及对环境污染的加剧，新能源产业得到极大关注和大力支持。光伏发电作为最廉价的能源之一，光伏发电得到了广泛的应用。然而，自然光受海拔、气候、温度、地形等多种自然因素的影响具有很强的不可控性、波动性和间歇性，且难以进行准确预测和大量存储。随着光伏发电出力在电力系统中所占比例的增加，光伏发电功率的波动性、间歇性以及不可控性会破坏电网原有的功率以及能量平衡，进而给电网在规划建设、运行调度和电能质量等方面带来巨大挑战。

[0003] 在并网光伏系统中配置适量的储能系统，对风电场的输出功率进行调节，可提高光伏发电出力的可控性，使得光伏发电系统成为灵活可控的电源。当光伏发电出力较大，但电网负荷较低时，由储能系统对光伏发电系统的输出功率进行长时间、大容量的能量存储；待电网负荷达到峰值且对光伏发电系统的出力需求增加时，储能系统将已存储的能量向电网输出，供用户使用。储能元件本身并不具备主动与光伏发电系统进行精确功率交换的能力，需要加入充放电控制器，对储能元件的充放电功率进行精确控制。当前单一的储能装置不能完全满足工程的要求。将不同的储能方式进行有机组合，使不同储能方式的储能特性得以互补，可以提高储能系统的整体性能，同时降低储能系统的投资、运行成本。

[0004] 常见的储能电池有铅酸电池、镍镉电池、氢镍电池、锂离子电池等。从循环寿命、功率密度、能量密度三方面评价来看，每种电池都有其各自的优势与不足，总体来说普遍具有低比功率、高比能量、低循环使用寿命的特点，这就限制了电池储能系统在负载脉动较大的场合的应用。超级电容器是近些年来新兴的一种电力储能器件，它具有循环使用寿命长、工作温度范围宽、充放电速度快、功率密度大，能量密度相对较低等特点。超级电容器的以上优点恰好可以与蓄电池的缺点进行有效的互补。

[0005] 本专利提出了采用蓄电池和超级电容器混合使用储存电能的方式。该方式使得电池储能和超级电容器储能各自的优势得以互补其中蓄电池用以满足大容量电能吞吐的需求超级电容器用以满足尖峰功率吞吐的需求。采用混合储能方式在能够有效节省储能系统投资及体积、重量的前提下，可大大提高储能系统的整体性能，使其在国民经济各个生产生活领域有着广阔的应用前景。

(三)发明内容：

[0006] 本发明的目的在于提供一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统，它可以克服现有技术的不足，是一种结构简单、稳定性好、可控性强的混合储能系统

[0007] 本发明的技术方案：一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统，包括光伏系统，其特征在于它包括混合储能系统、双向整流/逆变器单元、DSP控制器单元、功率

变换器A、功率变换器B以及储能并网变流器单元；其中，所述混合储能系统包括超导储能系统以及蓄电池储能系统，所述储能并网变流器单元的交流侧与电网直接连接，其直流侧与双向整流/逆变器单元连接；所述双向整流/逆变器单元与混合储能系统单元连接；所述DSP控制器单元的输入端分别采集光伏系统、功率变换器B以及混合储能系统的输出信号，其输出端分别连接储能并网变流器单元、功率变换器A及功率变换器B的输入端。

[0008] 所述双向整流/逆变器单元是由功率变换器A和功率变换器B构成；其中所述功率变换器A一侧与储能并网整流逆变器单元连接，另一侧分别与功率变换器B及超级电容储能单元连接；所述功率变换器B的另一侧与蓄电池储能单元连接。

[0009] 所述储能系统的双向整流/逆变器单元由可控整流电路组成；所述可控整流电路由可关断晶闸管或者绝缘栅双极型晶闸管类的大功率电力电子器件与二极管并联构成三相整流桥式电路；其直流侧与功率变换器A相连，交流侧与电网中光伏发电系统的输出端连接。

[0010] 所述功率变换器A和功率变换器B分别是由电容C1、电感L1、三极管G1、二极管D1、电容C2、二极管D2、三极管G2、电感L2和电容C3构成；其中，所述三极管G1和三极管G2呈反相连接；所述电容C2连接于三极管G1的集电极和三极管G2的集电极之间；所述二极管D1并联在三极管G1的集电极和发射极之间；所述电感L1一端连接三极管G1的集电极，另一端与储能并网整流逆变器单元的直流输出端E1连接；所述电容C1并联在电感L1和三极管G1两端；所述二极管D2并联在三极管G2的集电极和发射极之间；所述电感L2一端连接三极管G2的集电极，另一端与储能单元的直流输出端E2连接；所述电容C3并联在电感L2和三极管G2两端。

[0011] 所述DSP控制单元是控制功率变换器A与B、以及储能并网整流逆变器单元的核心，是由TMS320F28335控制芯片、驱动电路和采样电路组成；所述采样电路的输入端采集电网交流侧三相电压、电流信号以及双向功率流变换器单元的输入端电压电流信号；所述驱动电路通过接受TMS320F28335控制芯片的驱动命令控制双向功率流变换器单元以及储能并网整流逆变器单元中电力电子开关器件的导通与关断。

[0012] 所述DSP控制单元由电源转换芯片TPS767D318为其供电。

[0013] 一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统的工作方法，其特征在于它包括以下步骤：

[0014] ①当光伏系统发出的功率高于电网所需功率时，储能并网变流器单元开始工作，并处于整流状态；

[0015] ②分别由功率变换器A和功率变换器B对溢出的电能进行重新分配；

[0016] ③由超级电容器储能单元吸收电能中的高频能量，而蓄电池储能单元则吸收低频能量；

[0017] ④当DSP控制器检测到光伏发电系统发出的功率高出设定值时，DSP控制器控制变流电路使之处于整流状态，同时检测功率变换器A、功率变换器B的电感L1、电感L2的电流 I_{LA} 、 I_{LB} 以及蓄电池组端电压 U_{bat} 、超级电容器组端电压 U_{cap} ，控制两个功率变换器对过多的电能进行分配；超级电容器吸收高频能量，而蓄电池吸收低频能量。

[0018] 所述步骤④中DSP控制器控制变流电路和功率变换器具体步骤包括以下几步：

[0019] ①启动模数转换信号；

[0020] ②对控制器进行初始化；

[0021] ③对交流侧和直流侧以及超级电容和蓄电池的电压、电流通过传感器采样；

[0022] ④将采样结果保存到相应的寄存器中；

[0023] ⑤对采样结果进行计算，然后将控制信号传输到相应的元件中，对变流电路和两个功率变换器进行控制。

[0024] 本发明的工作原理：在有源并联式混合储能系统(APHESS)中，功率变换器A承担的任务为：精确控制APHESS充放电总功率 P_{whole} 的大小及方向。当光伏发电系统的实时输出功率 P_{real} 小于发电指令目标 P_{ref} 时，功率变换器A控制APHESS以功率 $P_{\text{whole}}=P_{\text{ref}}-P_{\text{real}}$ 释放能量，补偿光伏发电系统输出功率的不足；当 P_{real} 大于 P_{ref} 时，功率变换器A控制APHESS以功率 $P_{\text{whole}}=P_{\text{real}}-P_{\text{ref}}$ 从光伏发电系统中吸收能量，并进行储存。通过功率变换器A的控制，使得APHESS的吞吐功率能够满足实时调节光伏发电系统输出的随机、无规则波动功率的需求。在APHESS中，功率变换器B承担的任务为：精确调节蓄电池充放电功率 P_{bat} 的大小及方向。通过功率变换器B可对蓄电池的充放电过程进行精确控制，有利于延长蓄电池的使用寿命。

[0025] 在APHESS进行功率吞吐的过程中，超级电容器起到功率/能量缓冲器的作用。因此，功率变换器A与功率变换器B可以实现解耦控制，进而独立完成各自的控制目标。超级电容器充放电功率的大小 $|P_{\text{cap}}|$ 为储能系统充放电总功率与蓄电池充放电功率之间的差值

[0026] 在 P_{whole} 一定时，通过功率变换器B控制 $|P_{\text{bat}}|$ ，可以实现 $|P_{\text{cap}}|$ 的精确可控。即通过功率变换器B对蓄电池充放电功率的控制，可以实现APHESS的充放电总功率在蓄电池和超级电容器间的灵活分配。APHESS的结构组成为蓄电池和超级电容器发挥各自的储能优势，分别调节 P_{wave} 中的稳态波动功率 P_{steady} 和尖峰波动功率 P_{peak} 奠定了基础。

[0027] 此外， G_1 和 G_2 是反相的中间连接储能电容 C_2 。另外， G_1 与 D_1 反相并联。同样 G_2 与 D_2 反相并联。其中， L_1 与 L_2 和 C_1 与 C_3 用来平稳电压电流，过滤电压和电流的谐波。 E_1 表示为接整流电路的直流侧， E_2 表示接储能装置。

[0028] 功率流变换器(见图3)的输入输出电流方向可以使正，也可以是负。其特点是：输出输入电流没有脉动、电压可以再0与 ∞ 之间变化、开关晶体管发射集接地。

[0029] 本发明的优越性在于：①储能电池与超级电容器有机结合，通过快速、精确的功率实时调节光伏发电系统输出的波动功率；②通过对蓄电池和超级电容器所承担功率调节任务的合理分配，使储能系统具有高功率密度、高能量密度、长循环寿命的特性；③通过两个功率变换器，对能量进行精确分配；④利用计算机高速的数据计算和数据处理能力，大大提高了该控制系统的可靠性。

(四)附图说明：

[0030] 图1为本发明所涉一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统的总体结构示意图。

[0031] 图2为本发明所涉一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统的电路结构示意图。

[0032] 图3为本发明所涉一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统中功率变换器A和功率变换器B的电路结构示意图。

[0033] 图4为本发明所涉一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统的结构流程示意图。

(五)具体实施方式：

[0034] 实施例：一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统(见图1)，包括光伏系统，其特征在于它包括混合储能系统、双向整流/逆变器单元、DSP控制器单元、功率变换器A、功率变换器B以及储能并网变流器单元；其中，所述混合储能系统包括超导储能系统以及蓄电池储能系统，所述储能并网变流器单元的交流侧与电网直接连接，其直流侧与双向整流/逆变器单元连接；所述双向整流/逆变器单元与混合储能系统单元连接；所述DSP控制器单元的输入端分别采集光伏系统、功率变换器B以及混合储能系统的输出信号，其输出端分别连接储能并网变流器单元、功率变换器A及功率变换器B的输入端。

[0035] 所述双向整流/逆变器单元是由功率变换器A和功率变换器B构成；其中所述功率变换器A一侧与储能并网整流逆变器单元连接，另一侧分别与功率变换器B及超级电容储能单元连接；所述功率变换器B的另一侧与蓄电池储能单元连接。

[0036] 所述储能系统的双向整流/逆变器单元(见图2)由可控整流电路组成；所述可控整流电路由可关断晶闸管或者绝缘栅双极型晶闸管类的大功率电力电子器件与二极管并联构成三相整流桥式电路；其直流侧与功率变换器A相连，交流侧与电网中光伏发电系统的输出端连接。

[0037] 所述功率变换器A和功率变换器B分别是由电容C1、电感L1、三极管G1、二极管D1、电容C2、二极管D2、三极管G2、电感L2和电容C3构成(见图3)；其中，所述三极管G1和三极管G2呈反相连接；所述电容C2连接于三极管G1的集电极和三极管G2的集电极之间；所述二极管D1并联在三极管G1的集电极和发射极之间；所述电感L1一端连接三极管G1的集电极，另一端与储能并网整流逆变器单元的直流输出端E1连接；所述电容C1并联在电感L1和三极管G1两端；所述二极管D2并联在三极管G2的集电极和发射极之间；所述电感L2一端连接三极管G2的集电极，另一端与储能单元的直流输出端E2连接；所述电容C3并联在电感L2和三极管G2两端。

[0038] 所述DSP控制单元是控制功率变换器A与B、以及储能并网整流逆变器单元的核心，是由TMS320F28335控制芯片、驱动电路和采样电路组成；所述采样电路的输入端采集电网交流侧三相电压、电流信号以及双向功率流变换器单元的输入端电压电流信号；所述驱动电路通过接受TMS320F28335控制芯片的驱动命令控制双向功率流变换器单元以及储能并网整流逆变器单元中电力电子开关器件的导通与关断。

[0039] 所述DSP控制单元由电源转换芯片TPS767D318为其供电。

[0040] 一种应用于光伏发电系统的有源并联式混合储能系统的工作方法(见图4)，其特征在于它包括以下步骤：

[0041] ①当光伏系统发出的功率高于电网所需功率时，储能并网变流器单元开始工作，并处于整流状态；

[0042] ②分别由功率变换器A和功率变换器B对溢出的电能进行重新分配；

[0043] ③由超级电容器储能单元吸收电能中的高频能量，而蓄电池储能单元则吸收低频能量；

[0044] ④当DSP控制器检测到光伏发电系统发出的功率高出设定值时，DSP控制器控制变流电路使之处于整流状态，同时检测功率变换器A、功率变换器B的电感L1、电感L2的电流

I_{LA} 、 I_{LB} 以及蓄电池组端电压 U_{bat} 、超级电容器组端电压 U_{cap} ，控制两个功率变换器对过多的电能进行分配；超级电容器吸收高频能量，而蓄电池吸收低频能量。

[0045] 所述步骤④中DSP控制器控制变流电路和功率变换器具体步骤包括以下几步：

[0046] ①启动模数转换信号；

[0047] ②对控制器进行初始化；

[0048] ③对交流侧和直流侧以及超级电容和蓄电池的电压、电流通过传感器采样；

[0049] ④将采样结果保存到相应的寄存器中；

[0050] ⑤对采样结果进行计算，然后将控制信号传输到相应的元件中，对变流电路和两个功率变换器进行控制。

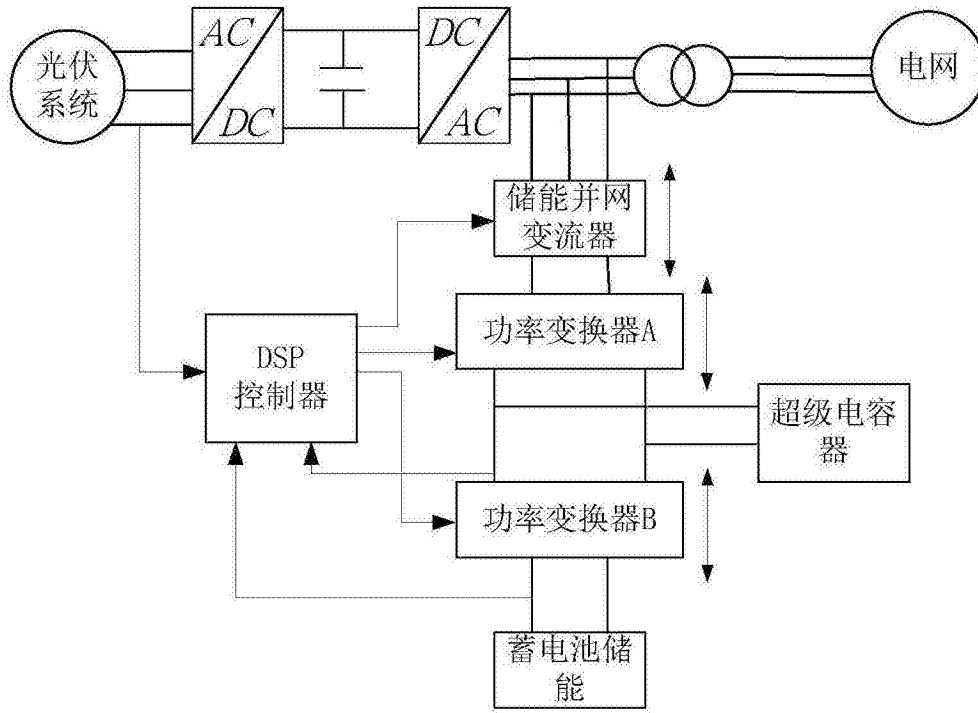


图1

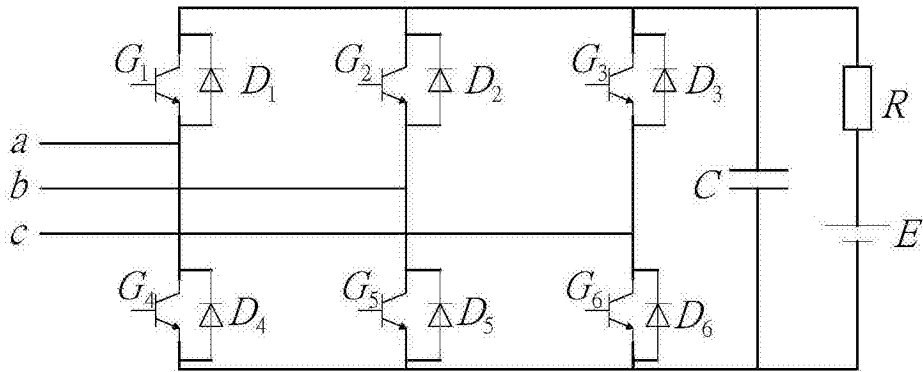


图2

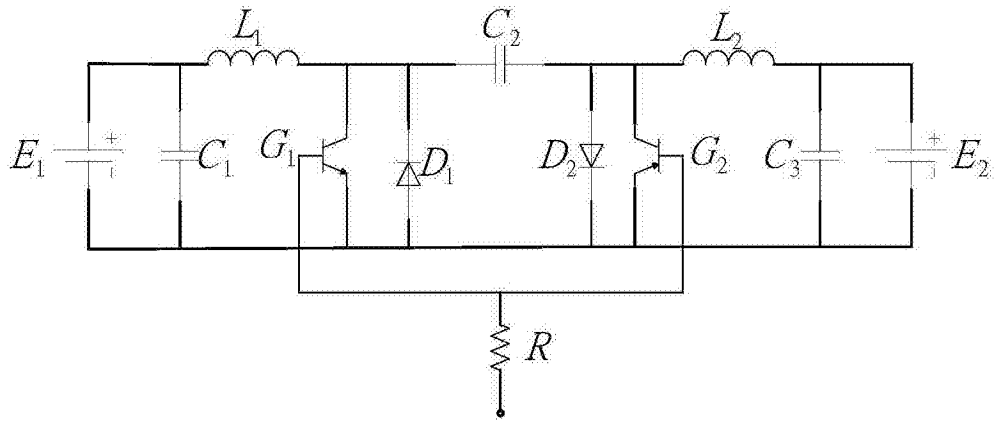


图3

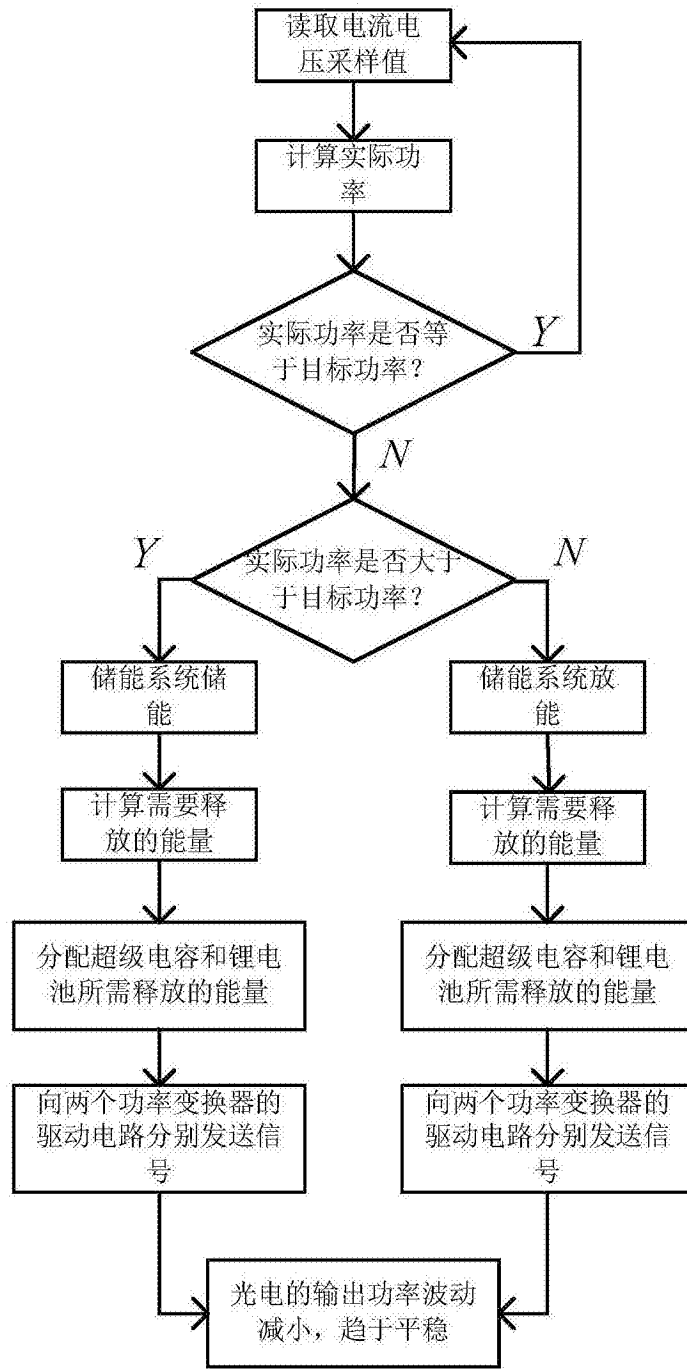


图4