



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101789620 A

(43) 申请公布日 2010. 07. 28

(21) 申请号 201010128989. 6

(22) 申请日 2010. 03. 18

(71) 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路
2 号

(72) 发明人 孙辉 于芑

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200

代理人 侯明远

(51) Int. Cl.

H02J 7/00(2006. 01)

H02J 15/00(2006. 01)

H02J 7/02(2006. 01)

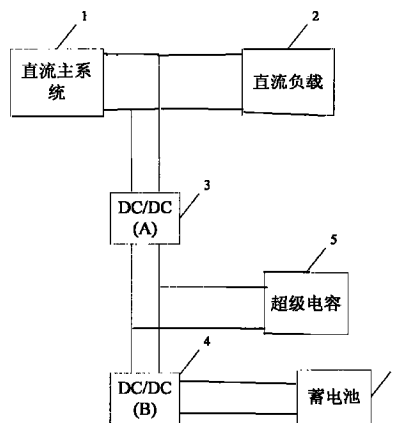
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合
储能系统

(57) 摘要

一种基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统,属于储能系统设计及应用技术领域。其特征在于:该混合储能系统通过并联方式接入主电源系统中,根据主电源特性的不同(直流、交流),选择性接入双向整流/逆变器;储能系统包括双向斩波器 DC/DC(A)3、双向斩波器 DC/DC(B)4、超级电容器 5、蓄电池 6;蓄电池和超级电容器经由双向斩波器后并联。DC/DC(A)3、DC/DC(B)4 负责储能系统的释能、蓄能控制;同时还负责蓄电池、超级电容器的充放电管理,以及储能系统出口电压的精确控制。本发明的效果和益处是有效降低储能系统的投资额度及运行成本;有效延长储能元件的使用寿命;通过斩波器及整流、逆变器的参与控制,提高储能系统可控性,具有实用性和经济性的双重优点。



1. 一种基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统,其特征在于:混合储能系统通过并联方式接入主电源系统中,当主电源系统为直流系统时,混合储能系统输出端直接并联接入直流主系统中,当主电源系统为交流系统时,混合储能系统输出端经双向整流/逆变器(9)接入交流主系统;混合储能系统由蓄电池(6)和超级电容器(5),及双向斩波器DC/DC(A)(3)、双向斩波器DC/DC(B)(4)组成。

2. 根据权利1要求所述的一种基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统,其特征在于:蓄电池(6)的出口连接到双向斩波器DC/DC(B)(4)的低压侧,双向斩波器DC/DC(B)(4)的高压侧并联超级电容器(5),而后再连入双向斩波器DC/DC(A)(3)的低压侧,双向斩波器DC/DC(A)(3)的高压侧即为本混合储能系统的直流输出端。

3. 根据权利1要求所述的一种基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统,其特征在于:该混合储能系统中的斩波器控制器采用了双向DC/DC斩波电路,通过对双向DC/DC电路的控制可以对蓄电池(6)和超级电容器(5)的充放电过程及混合储能系统的出口电压进行精确管理;该混合储能系统与交流主系统并联时的整流、逆变电路采用的是双向整流/逆变器(9),通过对双向整流/逆变器(9)的有效控制,使得交流主系统与直流储能系统间的能量交换得以高效、便捷的实现。

基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统

技术领域

[0001] 本发明属于储能系统设计及应用技术领域。涉及到一种由蓄电池和超级电容器组成的有源并联式混合系统通过并联方式接入主电源系统,对主电源系统起补偿和调节作用。特别涉及混合储能系统中储能元件的组合方式及双向斩波器、双向整流/逆变器对蓄电池、超级电容器的充放电控制。

背景技术

[0002] 电能是现代社会最便利、最清洁的重要能源,是科学技术发展、国民经济增长的主要动力。近年来,电能存储技术取得了突飞猛进的发展,电能转换与存储技术已经在电力系统、可再生能源、航天系统、通信系统、等领域得到了广泛的应用。目前常见的电力储能方式有超导储能、抽水蓄能、飞轮储能、压缩空气储能、蓄电池储能、电容器储能等。其中抽水蓄能、飞轮储能、压缩空气、超导储能等电力储能方式受技术水平、地理环境、运行条件、前期投资费用等方面的限制暂时无法进行大规模开发使用。随着电池技术的不断取得突破,交流技术的成熟及功率开关器件成本的不断下降,电池储能由于具有便捷、高效的能量吞吐能力,对运行环境无苛刻要求,运行期间维护简单,前期投资相对低廉等特点,引起了越来越多专家学者的关注研究。

[0003] 常见的储能电池有铅酸电池、镉镍电池、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。

[0004] 随着低碳经济的提出,现代生产生活等各个领域对电能存储技术的要求也日益提高。例如在混合动力汽车中,电能存储单元不仅需要长时间大容量的稳定提供电能以保证汽车的正常运行,还需提供高倍率的尖峰功率以满足汽车启停的需求;在可再生能源领域,由于风能、太阳能具有很强的随机波动性,这就要求在风电场、光伏电场配置储能系统以平抑输出功率的波动,同样也需要储能系统具有长时间、大容量电能吞吐及高倍率尖峰功率吞吐的能力。从实际工况下的经济技术可行性的角度来考虑,若要满足生产生活中各个领域对储能系统大容量存储及尖峰功率吞吐的要求,需要储能系统同时兼具有高比功率、高比能量、高循环使用寿命的特点,以有效降低储能系统的投资额度、占地面积、自身重量,从而能够在生产生活各个领域得到广泛应用。从目前的情况来看,蓄电池或者超级电容器作为单一的储能元件,都不能满足上述要求。

[0005] 针对电池储能、超级电容器储能的上述特点,不断有专家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。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是:设计一种新型的混合储能系统,使其在可对主电源系统进行能量调节、补偿的同时减少对主系统原有运行特性的影响;所要设计的新型混合储能系统需能够灵活方便的对储能系统中的储能元件进行精确的充放电管理以提高使用寿命;该新型混合储能系统需提供友好的对外接口,以实现与主电源系统稳定、高效、便捷的能量功率交换。

[0007] 本发明的技术方案是:一种基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统,其特征在于:该混合储能系统包括双向斩波器 DC/DC(A)3,双向斩波器 DC/DC(B)4,超级电容器5、蓄电池6;当主电源系统为直流系统时,混合储能系统的输出端直接与直流主系统并联,当主电源系统为交流系统时,混合储能系统的输出端经双向整流/逆变器9后与交流主系统并联。

[0008] 该混合储能系统的特征在于:蓄电池6的出口连接到双向斩波器 DC/DC(B)4的低压侧,DC/DC(B)4的高压侧并联超级电容器,而后连入双向斩波器 DC/DC(A)3的低压侧,DC/DC(A)3的高压侧即为该混合储能系统的输出端。DC/DC(A)3与DC/DC(B)4的结构是完全一致的,其特征在于:斩波器选用双向DC/DC变换器,该斩波器可以通过控制实现由低压到高压或由高压到低压的双向能量流动。在该混合储能系统中,DC/DC(B)4负责蓄电池的充放电控制,DC/DC(A)3负责超级电容器的充放电控制,并且还要维持输出直流电压的稳定。

[0009] 本发明所设计的混合储能系统中,根据外界对储能系统蓄能或者释能的需求,灵活控制双向斩波器 DC/DC(A)3、DC/DC(B)4,使蓄电池6和超级电容器5快速、高效的进行功率、能量吞吐。由于本混合储能系统可以对出口电压进行精确控制,当接于直流主系统时,可以避免储能系统电压波动对直流主系统原有运行特性的干扰;当接于交流主系统时,可以为双向整流/逆变器提供稳定的直流侧电压,有利于双向整流/逆变器的运行。因此该混合系统可以实现与外部各类系统的无缝链接,提高了能量、功率的传输效率。

[0010] 由于超级电容器具有很长的循环寿命,快速的充放电特性以及优良的大功率输入、输出特性。因而在本混合储能系统的充放电过程中,要遵循超级电容器优先充放电的原则,这样可以减少蓄电池的使用次数,延长蓄电池的使用寿命,还能够防止脉动大功率充放电对蓄电池造成的损伤。整个混合储能系统的充放电管理方案如下所述:

[0011] (1) 混合储能系统蓄能

[0012] 此时脉动性的尖峰功率由超级电容器负责吸收,平均功率由蓄电池负责吸收。由双向斩波器 DC/DC(A)负责按照恒功率的方式从外接系统中吸收所需总功率,通过对DC/DC(B)的控制,使蓄电池按照恒流方式充电。超级电容器充电功率即为混合储能系统所吸收的总功率与蓄电池充电功率的差额,充分发挥了超级电容器功率响应特性好,对充放电过程要求较宽松的特点。通过对DC/DC(B)的控制,可以使蓄电池按照先恒流,后恒压最后浮充的方式充电,有利于提高蓄电池的循环使用寿命。当不需对蓄电池充电时,通过DC/DC(B)将蓄电池切除,此时DC/DC(A)成为超级电容器的充电控制器,可以使超级电容器按照恒流或恒功率的方式充电。可见由于两级斩波控制器的参与,使得整个混合储能系统中储能元件的充电可以按照较为理想的方式进行,可以有效延长储能元件的使用寿命。当外部主系

统为交流系统时,双向整流 / 逆变器负责将交流电量转变为稳定的直流电压提供给混合储能系统,以利于双向斩波器 DC/DC(A) 的运行。

[0013] (2) 混合储能系统释能

[0014] 当需要混合储能系统释放能量时,同样遵循超级电容器负责满足脉动型尖峰功率,蓄电池满足平均功率的原则。由双向斩波器 DC/DC(B) 按照恒功率的方式控制蓄电池放电,避免蓄电池因超倍率放电而造成的永久性损伤。超级电容器用于快速补偿蓄电池放电功率与混合储能系统所需放电总功率的差额,充分发挥了超级电容器放电速度快的优点。当主电源系统为直流系统时,通过双向斩波器 DC/DC(A) 的控制使混合储能系统输出电压始终跟随直流主电源系统电压,避免对直流主系统原有运行特性的干扰。当主电源系统为交流系统时,通过控制 DC/DC(A) 保持混合储能系统输出直流电压的稳定,也即维持了双向整流 / 逆变器直流侧电压的稳定,有利于逆变器的运行,此时双向整流 / 逆变器负责根据外界功率需求从混合储能系统中按恒功率方式抽取电能。由于 DC/DC(A) 按照恒压方式输出,使得整个混合储能系统对外呈现恒压源的特性,具有良好的响应速度。

[0015] 混合储能系统中使用的超级电容器一般采用双电层电容器。在使用过程中,一般将多个单体超级电容器通过串并联组成超级电容器组,提高超级电容器的容量及耐压水平,使其性能满足混合储能系统的需求。

[0016] 本发明的效果和益处是:

[0017] (1) 相对于单一方式储能,本混合储能系统一方面发挥了蓄电池比能量大的优势,降低了投资额度;另一方面,利用超级电容器的高比功率的特性,避免了蓄电池单独使用时的容量超额配置所造成的浪费和运行成本增加,具有广阔的应用前景。

[0018] (2) 外界所需功率发生尖峰突变时,超级电容器发挥其高比功率、充放电速度快的优势及时补偿外界功率需求,对蓄电池起保护作用。

[0019] (3) 通过斩波器 DC\DC(B) 的控制,蓄电池按照合理的方式充放电,避免小循环、高倍率充放电,延长使用寿命。

[0020] (4) 通过 DC/DC(A) 可以对该混合储能系统输出电压进行精确控制,减少了对主系统原有特性的干扰,便于与外界各类系统实现有效的功率、能量交换。

附图说明

[0021] 图 1 是基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统接入直流主系统的结构图。

[0022] 图 2 是基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统接入交流主系统的结构图。

[0023] 如图 1、图 2 中:1 直流主系统;2 直流负载;3 双向斩波器 DC/DC(A);4 双向斩波器 DC/DC(B);5 超级电容器;6 蓄电池;7 交流主系统;8 交流负载;9 双向整流 / 逆变器。

[0024] 图 3 是基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统中双向斩波器的结构原理图。

[0025] 图 4 是基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统中双向整流 / 逆变器的结构原理图。

具体实施方式

[0026] 以下结合技术方案和附图详细叙述本发明的具体实施方式。

[0027] 如图 1 所示,当本发明基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统接入直流主系统中时,系统组成包括直流主系统 1、直流负载 2、双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4、超级电容器 5、蓄电池 6。在此系统中,混合储能系统并联接入直流主系统 1 中。超级电容器 5、蓄电池 6 作为储能单元,根据直流负载 2 的需求和直流主系统 1 的运行情况,通过双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4 的控制来吸收和发出能量,对直流主系统起补偿和调节作用。通过双向斩波器 DC/DC(A) 3 的控制,可以调节混合储能系统出口电压与直流主系统电压保持一致,减少了对直流主系统 1 原有运行特性的干扰,实现二者能量、功率的高效传输。

[0028] 如图 2 所示,当本发明基于蓄电池和超级电容器的有源并联式混合储能系统接入交流主系统中时,系统组成包括交流主系统 7、交流负载 8、双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4、超级电容器 5、蓄电池 6、双向整流 / 逆变器 9。在此系统中,混合储能系统并联接入交流主系统 7 中。超级电容器 5、蓄电池 6 作为储能单元,根据交流负载 8 的需求和交流主系统 7 的运行情况,通过双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4 的控制来吸收和发出能量,对交流主系统 7 起补偿和调节作用。双向整流 / 逆变器 9 用于负责直流混合储能系统与交流主系统 7 间能量形式的转换。当需要混合储能系统释放能量时,双向整流 / 逆变器 9 工作于逆变状态,使得混合储能系统输出的直流电量回馈到交流主系统中。通过双向斩波器 DC/DC(A) 3 的控制,可以调节混合储能系统的输出电压(即双向整流 / 逆变器 9 的直流侧电压)保持恒定,从而有助于双向整流 / 逆变器 9 的稳定运行;当需要混合储能系统吸收能量时,双向整流 / 逆变器 9 工作于整流状态,使交流主系统中的交流电量变为直流电量而被混合储能系统所吸收。双向整流 / 逆变器的存在使得直流系统与交流系统间的能量、功率的高效传输得以实现。

[0029] 蓄电池 6 接入双向斩波器 DC/DC(B) 4 的低压侧,双向斩波器 DC/DC(B) 4 的高压侧并入超级电容器,并接入双向斩波器 DC/DC(A) 3 的低压侧,双向 DC/DC(A) 3 的高压侧即为混合储能系统的直流输出端。由于超级电容器 5 本身的响应速度远远高于蓄电池 6,此外超级电容器 5 与直流输出端之间所经途径比蓄电池 6 要少经过一级斩波环节,因此无论是混合储能系统充电还是放电,超级电容器 5 都可优先进行充放电。此外,超级电容器 5 还具有良好的脉动大功率适应特性、较长的循环使用寿命、快速充放电等特点。当需要混合储能系统进行脉动大功率充放电及小循环充放电时,以上电路拓扑结构及超级电容器 5 本身的特点都保障了超级电容器 5 优先进行充放电,减少了蓄电池的使用次数,提高了蓄电池的使用寿命。

[0030] 在需要混合储能系统发出功率时,当超级电容器 5 剩余容量较大时,双向斩波器 DC/DC(A) 3 工作在恒压输出状态(运行于升压方向)以保证直流侧电压的稳定,双向斩波器 DC/DC(B) 4 停止工作,将蓄电池断开,此时混合储能系统相当于以超级电容器 5 为源的恒压源,所需要发出功率完全由外界需要所决定,无需额外的调整控制,这样进一步提高了系统的响应速度。当超级电容器剩余容量不足时,需要蓄电池 6 参与工作,双向斩波器 DC/DC(B) 4 通过控制蓄电池的出口电流,使得蓄电池 6 按照恒功率特性发出电能(运行于升压方向),此时超级电容器 5 的放电功率即为蓄电池 6 放电功率与外界所需总功率之间的差

额。当超级电容器 5 放电深度过大时,此时蓄电池 6 的放电功率不仅需要满足外界需求,还需额外发出功率对超级电容器 5 进行充电,该充电方式近似于恒功率充电。此时双向斩波器 DC/DC(A) 3 仍然工作在恒压输出状态,保证混合储能系统输出直流电压稳定,以及时将电能传送到外部系统。

[0031] 在需要混合储能系统吸收功率时,当超级电容器 5 剩余容量不足,还有较大的储能空间时,双向斩波器 DC/DC(A) 3 工作在恒功率输出状态(运行于降压方向),将由外部吸收的功率传到超级电容器 5 处进行恒功率充电。当超级电容器将要充满时,需要蓄电池 6 吸收功率,DC/DC(B) 4 通过控制低压侧的电流对蓄电池 6 进行恒功率充电(运行于降压方向),由于蓄电池 6 的端电压变化不大,因此该充电方式在一定的时间段内近似于恒流充电,该方式避免了蓄电池因大电流充电而造成的损伤。当蓄电池接近充满时,通过 DC/DC(B) 4 的控制对蓄电池 6 进行恒压限流方式的充电,蓄电池的该充电过程基本符合蓄电池的理想充电方式,有利于延长蓄电池的使用寿命。

[0032] 由上面的分析可见,在整个混合储能系统中,斩波器 DC/DC(A) 3、DC/DC(B) 4 负责能量的发出与吸收及超级电容器 5、蓄电池 6 的充放电管理,这就需要斩波器具有快速的响应速度,良好的能量双向流动特性。本发明中斩波器选用的是双向 DC/DC 斩波电路,DC/DC(A) 3 与 DC/DC(B) 4 的结构完全一致。

[0033] 如图 3 所示,双向 DC/DC 斩波电路由储能电感 L1、功率开关管 G1、G2,续流二极管 D1、D2 及输出滤波电容 C1 组成。低压侧电源正端经过储能电感 L1 接到功率开关管 G1 的漏级、功率开关管 G2 的源级,功率开关管 G1 的源极接入斩波器的负端,功率开关管 G2 的漏极接入高压侧电源的正端,滤波电容 C1 并联到高压侧两端,续流二极管 D1、D2 反并联到功率开关管 G1、G2 的漏—源级之间。通过对功率开关管 G1、G2 的进行通断控制,可以实现能量由低压侧到高压侧或由高压侧到低压侧的双向流动,现将该斩波电路的工作模式进行如下分析(假设高压侧与低压侧都接有能量源):

[0034] (1) 模态 1,功率开关管 G1 导通,功率开关管 G2 关断,低压侧电源通过 G1 对储能电感 L1 充电,电感电流增大。

[0035] (2) 模态 2,功率开关管 G1 关断,功率开关管 G2 导通,此时由于电感 L1 电流不能突变,电流仍从低压侧到高压侧通过续流二极管 D2 续流,此时从低压侧到高压侧的电流逐渐减少。

[0036] (3) 模态 3,此时仍然是功率开关管 G1 关断,功率开关管 G2 导通,当电感中从低压侧到高压侧的电流逐渐减小为零后,由高压侧电源经功率开关 G2 对电感 L1 进行反向充电,此时流经电感 L1 的反向电流逐渐增大。

[0037] (4) 模态 4,功率开关管 G1 导通,功率开关管 G2 关断,此时由于电感 L1 电流不能突变,电感 L1 中的反向电流沿着续流二极管 D1 反向续流,此时电感 L1 中的反向电流逐渐减小,当电感 L1 中的反向电流减少到 0 时,又重新进入模态 1,从而开始下一次控制循环。

[0038] 由上述分析可见,在一个循环周期内,通过对功率开关管 G1, G2 进行通断控制,可以实现能量在低压侧与高压侧之间的双向流动,当一个周期内由低压侧流向高压侧的能量大于由高压侧流向低压侧的能量时,斩波器运行于升压斩波状态,反之斩波器运行于降压斩波状态。每个周期内两个方向流动能量的大小取决于功率开关管 G1, G2 的通断时间,以及低压侧电源与高压侧电源能量的大小。通过对斩波器加入闭环控制,不仅可以控制能量

的流动方向,还可以对低压侧电压、电流及高压侧电压、电流的大小进行精确控制,这为斩波器在混合储能系统中的使用奠定了技术基础。

[0039] 混合储能系统接入交流主系统 7 时,需要双向整流 / 逆变器 9 的参与,使得电能能够在直流侧与交流侧之间高效传输。如图四所示,双向整流 / 逆变器 9 的结构为:功率开关管 G3、G4、G5 的漏极连接到一起接到直流侧电容 C2 的正极,功率开关管 G3、G4、G5 的源极分别与功率开关管 G6、G7、G8 的漏极相连接,功率开关管 G6、G7、G8 的源极连接到一起接到直流侧电容 C2 的负极。续流二极管 D3、D4、D5、D6、D7、D8 依次反并联在每个功率开关管的漏 - 源极之间。L2、L3、L4 为交流侧滤波电感,滤波输出后接入三相交流主系统中。通过对以上各功率开关管进行通断控制可以实现对双向整流 / 逆变器 9 的运行方式(整流方式、逆变方式)、直流侧电压、交流侧有功功率、交流侧无功功率等进行有效控制,使之成为交流主系统 7 与混合储能直流系统之间电量传输的有效纽带。当混合储能系统释能时,需控制双向整流 / 逆变器 9 运行于逆变状态,同时控制其交流侧输出功率满足交流主系统 7 对混合储能系统功率的需求。当混合储能系统蓄能时,需控制双向整流 / 逆变器 9 运行于整流状态,同时控制其直流输出电压(即直流侧电容 C2 的电压)保持恒定,使对混合储能直流系统呈恒压源状态,以便于混合储能直流系统从中抽取所需电能。

[0040] 上述双向斩波器、双向整流 / 逆变器 9 中的功率开关管可选用绝缘栅双极型晶体管(IGBT),它是一种可关断器件,具有开关响应速度快,导通压降低等特点。在实际使用过程中可采用 IPM 功率模块,IPM 内部在集成了 IGBT 及其反并联二极管的基础上还带有驱动、逻辑、控制、检测和保护电路,不仅减少了系统的体积,缩短了开发时间,也增强了系统的可靠性,适应了当今功率器件的发展方向。

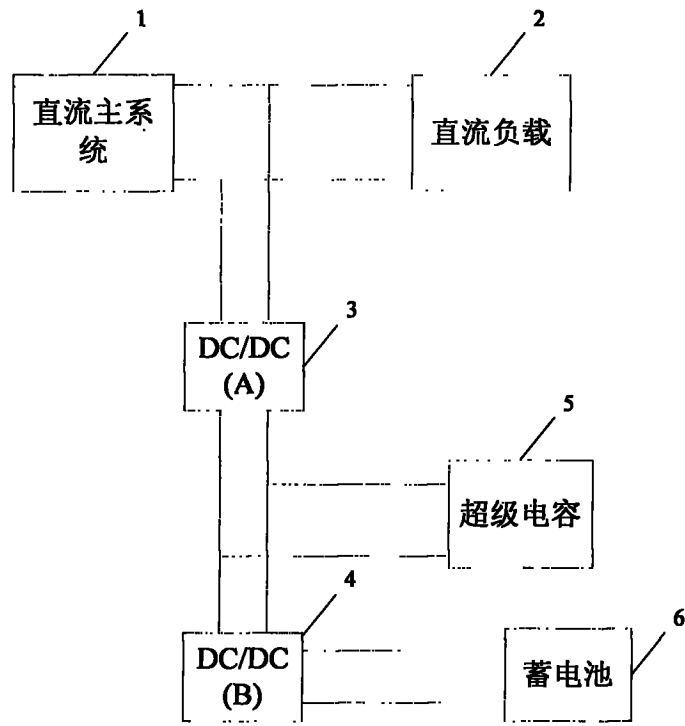


图 1

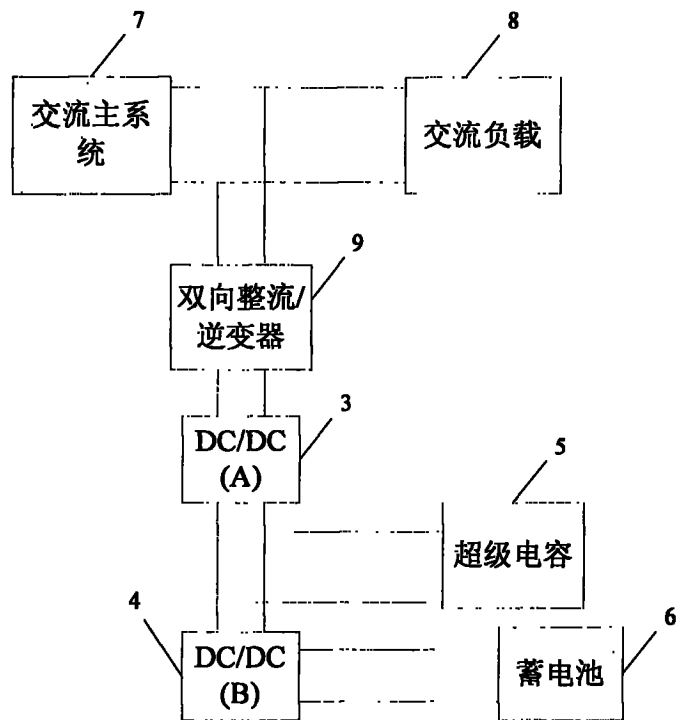


图 2

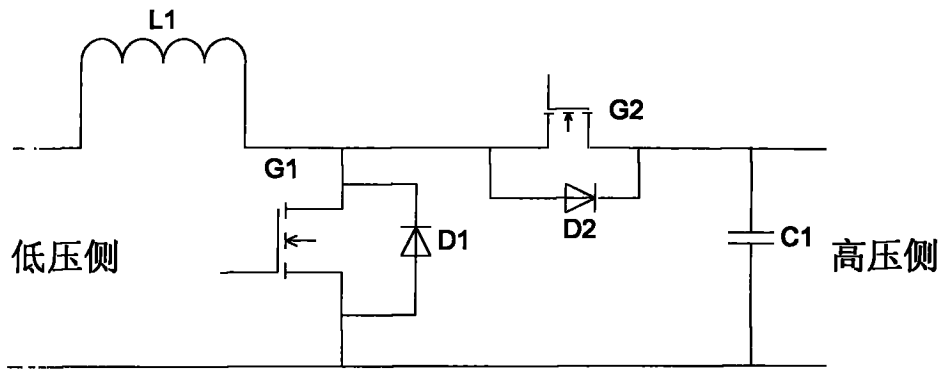


图 3

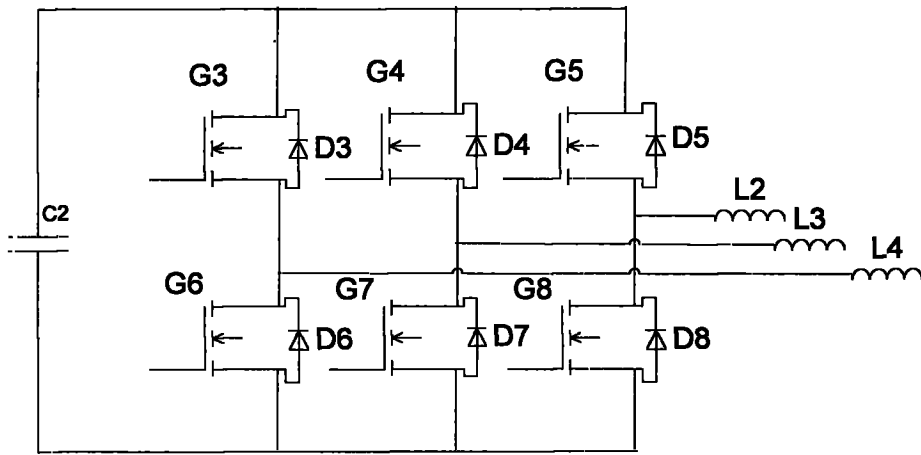


图 4