



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202906464 U

(45) 授权公告日 2013. 04. 24

(21) 申请号 201220088059. 7

(22) 申请日 2012. 03. 09

(73) 专利权人 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 1/14 (2006. 01)

H02J 3/28 (2006. 01)

H02J 7/34 (2006. 01)

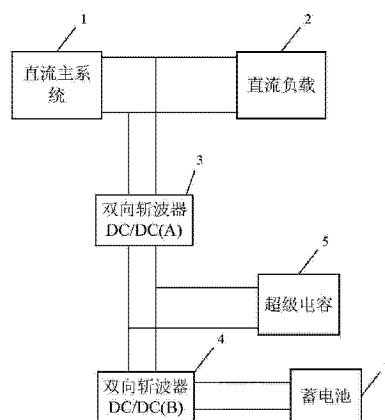
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 实用新型名称

平抑可再生能源波动功率的有源并联式混合
储能装置

(57) 摘要

一种平抑可再生能源波动功率的有源并联式混合储能装置,属于储能装置设计及应用技术领域。其特征在于:该混合储能装置并联接入可再生能源发电系统,根据不同发电系统(直流、交流),选择性接入双向整流/逆变器,混合储能装置由双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4、超级电容器 5、蓄电池 6 组成;双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4 分别控制储能装置充放电总功率和蓄电池充放电功率,以平抑可再生能源发电系统的波动功率;双向整流/逆变器运行于维持其直流侧电压稳定的状态。本实用新型的效果和益处是实现可再生能源发电系统功率平稳可控并网;同时,充分发挥蓄电池、超级电容器的储能优势,可降低储能装置投资额度并延长使用寿命,具有实用性和经济性的双重优点。



1. 一种平抑可再生能源波动功率的有源并联式混合储能装置,其特征在于:混合储能装置通过并联方式接入可再生能源发电系统中,当可再生能源发电系统为直流系统时,混合储能装置的直流输出端与发电系统的直流母线并联,当可再生能源发电系统为交流系统时,混合储能装置输出端经双向整流/逆变器(9)接入交流发电系统;混合储能装置由蓄电池(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. 根据权利要求 1 要求所述的一种平抑可再生能源波动功率的有源并联式混合储能装置,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装置的直流输出端;超级电容器(5)在混合储能装置中起功率缓冲器的作用,双向斩波器 DC/DC(B) (4)与双向斩波器 DC/DC(A) (3)的运行过程独立可控,双向斩波器 DC/DC(B) (4)负责控制蓄电池的充放电功率,双向斩波器 DC/DC(A) (3)负责对储能装置的充放电总功率进行控制。

3. 根据权利要求 1 要求所述的一种平抑可再生能源波动功率的有源并联式混合储能装置,其特征在于:该混合储能装置中的双向斩波器 DC/DC(A) (3)、双向斩波器 DC/DC(B) (4)采用 BUCK-BOOST 型双向 DC/DC 变换器的拓扑,利用该结构可以对储能装置充放电功率进行快速、精确的双向控制;该混合储能装置与可再生能源交流发电系统并联运行时,整流、逆变电路采用的是双向整流/逆变器(9),通过控制双向整流/逆变器(9)直流侧电压的稳定,将混合储能装置的功率吞吐快速、精确的传递到交流发电系统,完成对可再生能源交流发电系统输出波动功率的实时平抑。

平抑可再生能源波动功率的有源并联式混合储能装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于储能装置设计及应用技术领域。涉及到一种由蓄电池、超级电容器、双向斩波器 DC/DC(A) 和双向斩波器 DC/DC(B) 组成的有源并联式混合装置通过并联方式接入可再生能源发电系统,对可再生能源发电系统输出的波动功率进行实时的平抑,实现可再生能源发电系统的平稳并网运行。特别涉及混合储能装置中储能元件的组合方式以及双向斩波器 DC/DC(A)、双向斩波器 DC/DC(B)、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] 随着煤、石油和天然气等传统不可再生能源的日益枯竭以及全球变暖趋势的日益加剧,世界各国都开始大力开发利用绿色无污染、可再生的能源,如风能、太阳能、海洋能等。其中,利用可再生能源发电是大规模开发利用可再生能源的最有效方式之一。

[0003] 受自然环境、天气、气候等因素的影响,风能、太阳能、海洋能等可再生能源的能量具有很强的随机性、脉动性和不可控性。由于发电系统的输出功率取决于一次能源的供给,因此可再生能源发电系统的输出功率具有很强的随机波动性。这种波动的电能并网输出后,会破电网原有功率/能量平衡,进而会给电网在电能质量、运行调度、规划建设等方面带来一系列负面影响,严重威胁电网的安全稳定运行。对可再生能源发电系统输出的波动功率进行实时平抑,实现功率平稳并网输出,是保障可再生能源发电系统并网安全稳定运行的关键之一。

[0004] 储能装置普遍具有快速、灵活、可控的功率/能量双向吞吐能力,适用于与可再生能源发电系统进行快速、精确的功率交换,进而实现对波动功率“削峰填谷”的平抑。采用储能装置平抑可再生能源发电系统输出的波动功率时,发电机组仍可延续原有运行模型,无需对发电机组进行额外的技术改造。同时,可再生能源发电系统实时输出的偏大或者偏小的波动功率经储能装置缓冲后,最终都会送入到电网中,在储能效率足够高的前提下,功率调节过程中的能量损失很小。随着储能技术的不断成熟,储能元件成本的不断下降,利用储能装置实时平抑可再生能源发电系统输出的波动功率,提高输出功率的可控性,使其成为可调度的发电单元,成为当前的主流方式和研究的热点。

[0005] 利用统计学研究可以发现,可再生能源发电系统实时输出的随机波动功率可分解为长时间、持续性的稳态波动功率和突发性的尖峰功率波动。此外,可再生能源发电系统输出功率的波动还呈现频繁往复性的特性。因此,若要实现对波动功率的全面、实时平抑,不仅需要储能装置具有长时间、大容量的电能吞吐能力(用于平抑稳态波动功率),还要求储能装置具有良好的大功率充放电响应能力(用于平抑尖峰波动功率)。从降低储能装置投资和运行成本的角度出发,用于实时平抑可再生能源发电系统波动功率的储能装置需兼具有高功率密度、高能量密度和长循环使用寿命的特性。

[0006] 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。电池储能、超级电容器储能由于具有便捷、高效的能量/功率吞吐能力、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,在国民生产生活的各个领域得到了广泛使用。

[0007] 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、钠硫电 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功率密度、高能量密度、低循环使用寿命的特点。因此,蓄电池仅适用于调节稳态波动功率,可充分发挥其能量密度大的优势。但是,蓄电池独自用于平抑可再生能源发电系统输出的波动功率时,不仅需要功率的超额配置(用于平抑突发性的尖峰功波动率),引起投资成本的升高;还会因进行频繁往复性的充放电而导致使用年限的缩短。

[0008] 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。因此,超级电容器同样不能满足实时平抑可再生能源发电系统波动功率对储能装置的性能需求。由于其功率密度大的优势,超级电容器适用于平抑尖峰波动功率。

[0009] 根据超级电容器与蓄电池的储能特性,不断有专家提出了采用蓄电池-超级电容器混合储能的方式。该方式使得蓄电池储能和超级电容器储能的各自优势得以互补。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。蓄电池-超级电容器混合储能使得储能装置的整体性能得到了大大提高,能够满足实时平抑可再生能源发电系统波动功率对储能装置的性能需求,可有效节省储能装置的投资及运行成本。

发明内容

[0010] 本实用新型要解决的技术问题是:设计一种新型的混合储能装置,使其能够与可再生能源发电系统进行快速、精确的功率/能量交换,实现对可再生能源发电系统输出波动功率“削峰填谷”的平抑;所要设计的新型混合储能装置需兼具有高功率密度、高能量密度、高循环寿命的特性(即满足实时平抑可再生能源发电系统波动功率对储能系统的性能需求);该新型混合储能装置需实现对不同储能元件充放电功率的独立精确调节,进而能够在实时平抑波动功率的过程中充分发挥不同储能元件的储能优势。

[0011] 本实用新型的技术方案是:一种平抑可再生能源波动功率的有源并联式混合储能装置,其特征在于:该混合储能装置包括双向斩波器 DC/DC(A) 3,双向斩波器 DC/DC(B) 4,超级电容器 5、蓄电池 6;当可再生能源发电系统为直流系统时,混合储能装置的直流输出端与发电系统的直流母线并联;当可再生能源发电系统为交流系统时,混合储能装置的直流输出端经双向整流/逆变器 9 与交流发电系统并联。

[0012] 该混合储能装置的特征在于:蓄电池 6 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,而后连入双向斩波器 DC/DC(A) 3 的低压侧,双向斩波器 DC/DC(A) 3 的高压侧即为该混合储能装置的输出端;超级电容器(5)在混合储能装置中起功率缓冲器的作用,双向斩波器 DC/DC(A) 3 与双向斩波器 DC/DC(B) 4 的运行过程独立可控,双向斩波器 DC/DC(B) 4 负责控制蓄电池的充放电功率,双向斩波器 DC/DC(A) 3 负责控制储能装置的充放电总功率。

[0013] 本实用新型所设计的混合储能装置中,根据平抑可再生能源发电系统输出波动功率的需求,灵活控制双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4,使蓄电池 6 和超级电容器 5 快速、精确的进行功率、能量吞吐。在本混合储能装置中,由于超级电容器的能量 / 功率缓冲作用,双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4 可以实现解耦控制。通过双向斩波器 DC/DC(B) 4 精确控制蓄电池的充放电功率,可以将储能装置充放电总功率(由双向斩波器 DC/DC(A) 3 控制)在蓄电池和超级电容器之间灵活分配,为蓄电池、超级电容器分别调节不同类型波动功率奠定了结构基础。

[0014] 超级电容器具有功率密度大、循环寿命长、充放电响应速度快的特性,因此适用于平抑可再生能源发电系统输出的尖峰波动功率。蓄电池由于具有能量密度大的优势,因此应成为储能装置中的主要能量来源。在平抑波动功率的过程中,由于超级电容器的参与,蓄电池的充放电响应频率得到了降低,同时避免了进行大功率充放电,因此可显著延长蓄电池的使用寿命。

[0015] 在实时平抑可再生能源发电系统输出波动功率的过程中,为实现蓄电池和超级电容器各自储能优势的充分发挥,延长储能装置的使用寿命,为该混合储能装置的运行制定能量管理规则为:在储能装置进行能量 / 功率吞吐的过程中,超级电容器要始终遵循优先充放电的原则;蓄电池作为后备能源,用于对超级电容器的荷电状态进行实时调节。超级电容器通过遵循优先充放电的原则,可充分发挥其功率密度大、充放电响应速度快、循环寿命长的优势,实现对尖峰波动功率以及往复性波动功率的平抑。蓄电池通过对超级电容器荷电状态的实时调节,将成为平抑可再生能源发电系统稳态波动功率的最终能量来源,使其能量密度大的优势得到了充分发挥。

[0016] 根据能量管理规则及平抑可再生能源发电系统输出波动功率的需求,设计有源并联式混合储能装置的运行过程如下:

[0017] (1) 混合储能装置蓄能

[0018] 当可再生能源发电系统实时输出功率大于发电指令目标值时,储能装置吸收可再生能源发电系统输出的过多的功率,并进行能量存储。在这一过程中,双向斩波器 DC/DC(A) 负责控制储能装置的蓄能总功率,以满足实时平抑波动功率的需求;根据超级电容器实时端电压的变化,双向斩波器 DC/DC(B) 负责控制蓄电池进行额定倍率的充放电,实现对超级电容器荷电状态的实时调节

[0019] (2) 混合储能装置释能

[0020] 当可再生能源发电系统实时输出功率小于发电指令目标值时,储能装置释放能量以补偿可再生能源发电系统输出功率的不足。在这一过程中,双向斩波器 DC/DC(A) 控制储能装置的释能总功率,以满足平抑波动功率的需求;双向斩波器 DC/DC(B) 负责控制蓄电池进行额定倍率的充放电,实现对超级电容器荷电状态的实时调节。

[0021] 混合储能装置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,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装置的需求。

[0022] 本实用新型的效果和益处是:

[0023] (1) 在双向斩波器 DC/DC(A)、双向斩波器 DC/DC(B) 的控制下,该混合储能装置能够与可再生能源发电系统进行快速、精确的功率 / 能量交换,从而实时平抑可再生能源发

电系统输出的波动功率,实现功率的平稳可控输出,可显著提高可再生能源发电系统并网运行的安全稳定性。

[0024] (2) 本混合储能装置兼具有高功率密度、高能量密度、长循环使用寿命的储能特性。相对于单一方式储能,本混合储能装置可有效降低储能装置的投资和运行成本,具有广阔的应用前景。

[0025] (3) 根据蓄电池、超级电容器的储能特性以及可再生能源发电系统输出功率的随机波动特性,设计蓄电池用于平抑稳态波动功率,超级电容器用于平抑尖峰及往复性功率波动,充分发挥了蓄电池、超级电容器的各自储能优势,有利于延长储能装置的使用寿命。

[0026] (4) 该混合储能装置的结构可实现储能装置充放电总功率在蓄电池和超级电容器之间灵活分配,为蓄电池和超级电容器发挥各自储能优势分别平抑不同类型的波动功率奠定了结构基础。

[0027] (5) 通过双向斩波器 DC/DC(A)、双向斩波器 DC/DC(B) 的升压斩波作用,可以提高储能装置的电压等级,降低对蓄电池和超级电容器的电压等级需求

附图说明

[0028] 图 1 是有源并联式混合储能装置接入可再生能源直流发电系统的结构图。

[0029] 图 2 是有源并联式混合储能装置接入可再生能源交流发电系统的结构图。

[0030] 如图 1、图 2 中 :1 可再生能源直流发电系统 ;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 可再生能源交流发电系统 ;8 交流负载 ;9 双向整流 / 逆变器。

[0031] 图 3 是有源并联式混合储能装置中双向斩波器 DC/DC(A)、双向斩波器 DC/DC(B) 的结构原理图。

[0032] 图 4 是有源并联式混合储能装置中双向整流 / 逆变器的结构原理图。

具体实施方式

[0033] 以下结合技术方案和附图详细叙述本实用新型的具体实施方式。

[0034] 如图 1 所示,当本实用新型有源并联式混合储能装置接入可再生能源直流发电系统(如光伏系统)中时,系统组成包括可再生能源直流发电系统 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,混合储能装置输出端并联接入可再生能源直流发电系统 1 的直流母线。根据可再生能源直流发电系统 1 的实时输出功率与发电指令目标的偏差,通过双向斩波器 DC/DC(A) 3 控制混合储能装置的充放电总功率,对可再生能源直流发电系统 1 输出的波动功率进行“削峰填谷”的平抑,使得可再生能源直流发电系统 1 的输出功率平稳跟随发电指令目标。根据超级电容器端电压的变化,双向斩波器 DC/DC(B) 4 控制蓄电池 6 进行额定倍率的充放电,实时调节超级电容器 5 的荷电状态。

[0035] 如图 2 所示,当本实用新型有源并联式混合储能装置接入可再生能源交流发电系统(如风力发电、海洋能发电系统)中时,系统组成包括可再生能源交流发电系统 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,混合储能装置经双向整流 / 逆变器 9 并联接入可再生能源交流发

电系统 7 中。根据可再生能源交流发电系统 7 的实时输出功率与发电指令目标的偏差,通过双向斩波器 DC/DC(A) 3 控制混合储能装置的充放电总功率,对可再生能源交流发电系统 7 输出的波动功率进行“削峰填谷”的平抑,使得可再生能源交流发电系统 7 的输出功率平稳跟随发电指令目标。根据超级电容器端电压的变化,双向斩波器 DC/DC(B) 4 控制蓄电池 6 进行额定倍率的充放电,以实现超级电容器 5 荷电状态的实时调节。双向整流 / 逆变器 9 用于负责直流混合储能装置与交流发电系统 7 间能量形式的转换。当可再生能源交流发电系统 7 实时输出功率小于发电指令目标时,需要混合储能装置释放能量,双向整流 / 逆变器 9 工作于逆变状态,将混合储能装置输出的直流电量回馈到交流发电系统中;当可再生能源交流发电系统 7 实时输出功率大于发电指令目标时,需要混合储能装置吸收能量,双向整流 / 逆变器 9 工作于整流状态,将交流电量转变为直流电量,从而被混合储能装置所吸收。双向整流 / 逆变器 9 工作于维持直流侧(即混合储能装置直流接口)电压稳定的状态,进而将混合储能装置的功率吞吐快速、精确、高效的传递到交流并网侧,实现对可再生能源交流发电系统 7 输出波动功率的实时平抑。

[0036] 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,而后接入双向斩波器 DC/DC(A) 3 的低压侧,双向斩波器 DC/DC(A) 3 的高压侧即为混合储能装置的输出直流接口。由于超级电容器 5 本身的响应速度远远高于蓄电池 6,且超级电容器 5 到混合储能装置直流输出端 所经途径比蓄电池 6 少经过一级斩波环节,因此无论是混合储能装置充电还是放电,该结构都有利于发挥超级电容器 5 充放电响应速度快的优势。对双向斩波器 DC/DC(A) 3、双向斩波器 DC/DC(B) 4 而言,超级电容器 5 起到了功率 / 能量缓冲器的作用,因此可以实现二者之间的解耦控制。即双向斩波器 DC/DC(A) 3 与双向斩波器 DC/DC(B) 4 可以独立完成各自的控制目标,二者的工作状态互不干扰。其中,双向斩波器 DC/DC(A) 3 用于控制储能装置的充放电总功率,以满足平抑可再生能源发电系统输出波动功率的需求;双向斩波器 DC/DC(B) 4 用于控制蓄电池 6 进行额定倍率的充放电,以实时调节超级电容器 5 的荷电状态。根据能量管理规则,为超级电容器 5 设定最优工作区域,当超级电容器 5 的端电压处于最优工作区域内时,蓄电池 6 停止工作,超级电容器 5 优先进行充放电以完成平抑波动功率的任务;当超级电容器 5 的端电压偏离最优工作区域时,蓄电池 6 进行额定倍率的充放电,对超级电容器 5 的荷电状态进行实时调节。

[0037] 可再生能源发电系统实时输出功率小于发电指令目标时,双向斩波器 DC/DC(A) 3 控制储能装置以二者功率的差额进行恒功率放电,以补偿可再生能源发电系统输出功率的不足。在这一过程中,当超级电容器 5 的端电压低于最优工作区域的下限时,双向斩波器 DC/DC(B) 4 控制蓄电池 6 以额定倍率放电,以补充超级电容器的能量;当超级电容器 5 的端电压位于最优工作区域时,双向斩波器 DC/DC(B) 4 停止工作,以将蓄电池 6 断开,超级电容器 5 独自平抑可再生能源发电系统输出的波动功率。

[0038] 可再生能源发电系统实时输出功率大于发电指令目标时,双向斩波器 DC/DC(A) 3 控制储能装置以二者功率的差额进行恒功率充电,以吸收可再生能源发电系统输出的过多的功率。在这一过程中,当超级电容器 5 的端电压大于最优工作区域的上限时,双向斩波器 DC/DC(B) 4 控制蓄电池 6 以额定倍率充电,以吸收超级电容器 5 的能量;当超级电容器 5 的端电压位于最优工作区域时,双向斩波器 DC/DC(B) 4 停止工作,以将蓄电池 6 断开,超级电容器 5 独自平抑可再生能源发电系统输出的波动功率。当蓄电池 6 接近充满时,通过双向

斩波器 DC/DC(B)4 控制蓄电池 6 进行恒压限流方式的充电。该充电过程基本符合蓄电池 6 的理想充电方式,有利于延长蓄电池 6 的使用寿命。

[0039] 由上述分析可见,在有源并联式混合储能装置中,双向斩波器 DC/DC(A)3、双向斩波器 DC/DC(B)4 负责混合储能装置的充放电控制,以满足实时平抑可再生能源发电系统输出波动功率的需求,这就需要二者具有快速的响应速度以及灵活可控的能量双向流动特性。本实用新型中,双向斩波器 DC/DC(A)3 与双向斩波器 DC/DC(B)4 皆选用 BUCK-BOOST 型双向 DC/DC 变换器的拓扑。

[0040] 如图 3 所示,BUCK-BOOST 型双向 DC/DC 变换器由储能电感 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(也即功率开关管 G2 的源级),功率开关管 G1 的源极接入变换器的负端,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,现将该变换器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):

[0041] (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。

[0042] (2) 模态 2,功率开关管 G1 关断,功率开关管 G2 导通,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感电流逐渐减少。

[0043] (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,流经电感 L1 的反向电流逐渐增大。

[0044] (4) 模态 4,功率开关管 G1 导通,功率开关管 G2 关断,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。

[0045] 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 的通断控制,可以实现能量在低压侧与高压侧之间的双向流动。当一个周期内电感中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,变换器运行于升压斩波状态;反之,变换器运行于降压斩波状态。电感在每个周期内沿正反两个方向存储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电压的大小。在高压侧、低压侧电源电压确定的情况下,通过调节功率开关管 G1、G2 的导通时间,便可精确控制电感能量(电流)的方向和大小。

[0046] 对于双向斩波器 DC/DC(A)3,其低压侧电压由超级电容器 5 端电压确定,其高压侧电压由双向整流/逆变器控制稳定。因此,根据超级电容器 5 端电压的大小,调节开关管 G1、G2 的占空比,控制电感电流的大小和方向,可实现对储能装置吞吐总功率大小和方向的精确调节。双向斩波器 DC/DC(A)3 中,电感电流的调节采用加入 PI 环节的电流闭环控制。

[0047] 对于双向斩波器 DC/DC(B)4,其低压侧电压由蓄电池 6 端电压确定,其高压侧电压由超级电容器 5 端电压确定。根据蓄电池 6 端电压的大小,调节开关管 G1、G2 的占空比,控制电感电流的大小和方向,可实现对蓄电池吞吐功率大小和方向的精确调节。双向斩波器

DC/DC(B)4 中,电感电流的调节采用加入 PI 环节的电流闭环控制。

[0048] 有源并联式混合储能装置对可再生能源交流发电系统 7 输出波动功率进行实时平抑时,需要双向整流 / 逆变器 9 的参与,使得电能能够在直流储能装置与交流发电系统之间精确、快速、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发电系统中。在 (d, q) 同步旋转坐标系下,该双向整流 / 逆变器 9 可以实现有功电流和无功电流的解耦控制。有源并联式混合储能装置和双向整流 / 逆变器 9 联合运行时,混合储能装置的功率吞吐会引起双向整流 / 逆变器 9 直流侧电压(即直流侧电容 C2 的电压)的变化。为实现将混合储能装置的功率吞吐快速、精确的传递到交流并网侧,在双向整流 / 逆变器 9 的有功电流环的外部加入电压环。即,双向整流 / 逆变器 9 工作于维持直流侧电压(即直流侧电容 C2 的电压)稳定的状态,从而将双向整流 / 逆变器 9 直流侧的功率吞吐(即混合储能装置的功率吞吐)传递到交流并网侧。当混合储能装置释放能量时,会引起双向整流 / 逆变器 9 直流侧电压的升高,为维持直流侧电压的稳定,双向整流 / 逆变器 9 会将混合储能装置的输出功率传递到交流并网侧(即工作于逆变状态);当混合储能装置吸收能量时,会引起双向整流 / 逆变器直流侧电压的降低,为维持直流侧电压的稳定,双向整流 / 逆变器 9 将从交流系统中吸收能量以满足混合储能装置的蓄能需求(即工作于整流状态)。

[0049] 上述双向 DC/DC 变换器、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,不仅减少了装置的体积,缩短了开发时间,也增强了装置的可靠性,适应了当今功率器件的发展方向。

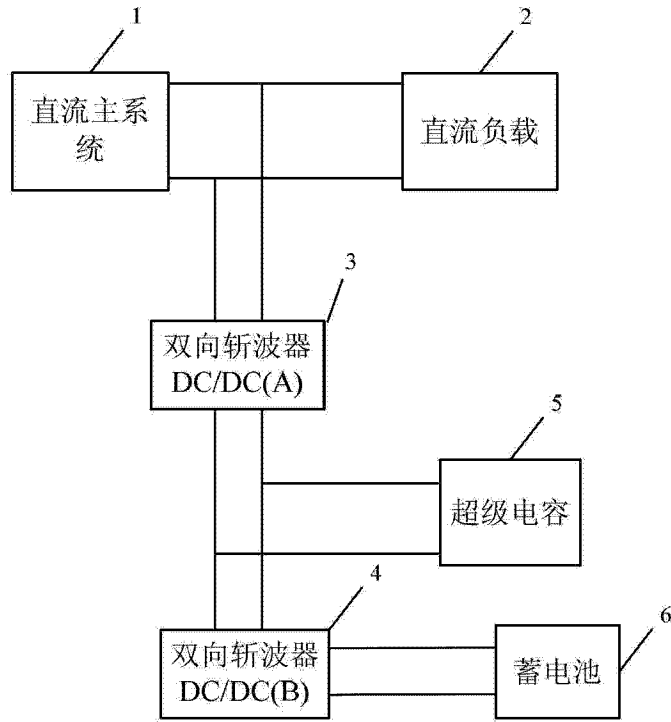


图 1

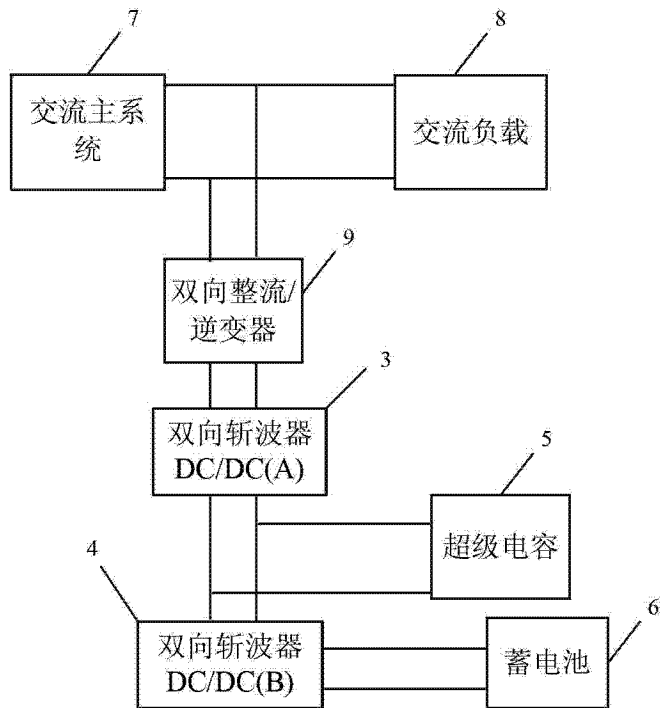


图 2

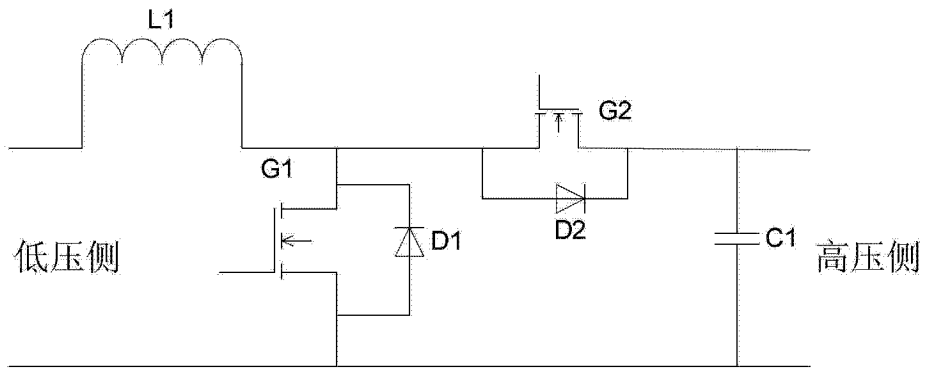


图 3

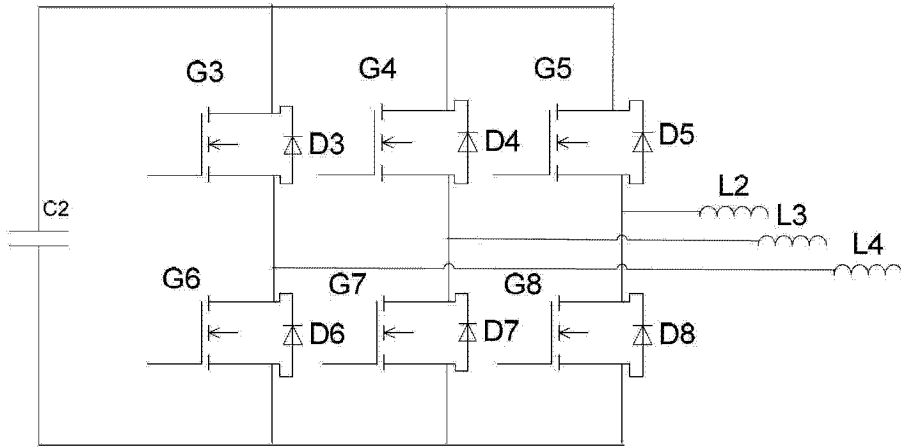


图 4