



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103580048 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 12

(21) 申请号 201310476459. 4

(22) 申请日 2013. 10. 12

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 毛苏闽 李睿 蔡旭

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 郭国中

(51) Int. Cl.

H02J 3/32 (2006. 01)

H02J 3/01 (2006. 01)

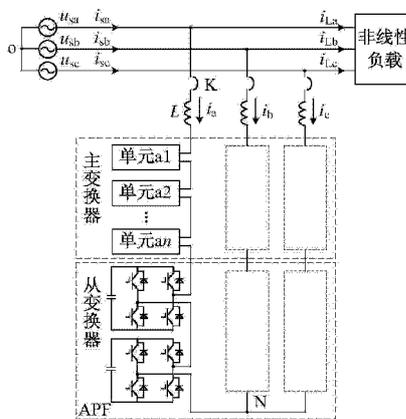
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种集成有源电力滤波器的链式电池储能系统

(57) 摘要

一种集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,包括三相的主变换器、三相的从变换器、三个连接电抗器和三个断路器,在电池储能系统的每一相,所述主变换器交流侧一端与所述从变换器交流侧一端相级联,所述主变换器交流侧的另一端分别与所述连接电抗器的一端相连,所述主变换器用于实现电网调度指令基波有功/无功功率调节;所述三相的从变换器交流侧的另一端相连接构成电池储能系统的中性点,所述从变换器起有源滤波作用;所述连接电抗器的另一端连接所述断路器的一端,所述断路器的另一端接入三相电网。本发明将储能与有源滤波技术相结合,提供更为灵活和多样的电能质量调节功能,且系统效率高,电池的循环寿命长。



1. 一种集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,其特征在于,包括三相的主变换器、三相的从变换器、三个连接电抗器和三个断路器,在电池储能系统的每一相,所述主变换器交流侧一端与所述从变换器交流侧一端相级联,所述主变换器交流侧的另一端分别与所述连接电抗器的一端相连,所述主变换器用于实现电网调度指令基波有功/无功功率调节,同时补偿负载侧产生的基波无功电流;所述连接电抗器用于滤除电池储能系统并网电流的高次谐波;所述三相的从变换器交流侧的另一端相连构成电池储能系统的中性点,所述从变换器起有源滤波作用,用于补偿负载侧产生的谐波与基波负序电流;所述连接电抗器的另一端连接所述断路器的一端,所述断路器的另一端接入三相电网,所述断路器用于在电池储能系统发生故障或维修时电池储能系统与三相电网的切断。

2. 根据权利要求1所述的集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,其特征在于,所述主变换器的每一相包括多个交流侧串联的级联单元,所述级联单元包括:H桥变换器、滤波电容、自动开关、双向DC/DC变换器和电池组,其中,所述H桥变换器的直流侧与所述滤波电容并联,所述双向DC/DC变换器通过所述自动开关与所述滤波电容并联,所述电池组与所述双向DC/DC变换器并联。

3. 根据权利要求1所述的集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,其特征在于,所述从变换器的每一相通过两个由H桥变换器的直流侧与电容并联构成的单元级联而成。

4. 根据权利要求2或3所述的集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,其特征在于,所述H桥变换器包括4个功率开关器件,每个功率开关器件由一个绝缘栅双极晶体管反并联一个二极管构成,4个功率开关器件连接成单相H桥结构,单相H桥结构用于整流与逆变,实现DC和AC能量的双向流动。

5. 根据权利要求2所述的集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,其特征在于,所述双向DC/DC变换器包括2个功率开关器件和1个平波电感,每个功率开关器件由一个绝缘栅双极晶体管反并联一个二极管构成,所述双向DC/DC变换器采用三角波比较法生成所述2个功率开关器件的门极脉冲,控制流过所述平波电感的电池充放电电流。

6. 根据权利要求2所述的集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,其特征在于,所述电池组是由一定数量的电池模块串并联组成,其中所述电池模块由一定数量的电池单体串并联组成。

## 一种集成有源电力滤波器的链式电池储能系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及中高压电力系统储能领域,尤其是一种集成有源电力滤波器的链式电池储能系统。

### 背景技术

[0002] 作为电网运行过程中“采-发-输-配-用-储”六大环节中的重要组成部分,储能技术可以解决间歇式可再生能源发电直接并网对电网的冲击,也可以用于削峰填谷平衡电网供电的峰谷差,此外,还能够应用于无功补充、调频、黑启动、孤网运行及事故备用等领域。电池储能系统在容量、功率/能量密度、寿命、运行效率及维护等方面均具有显著优势,逐渐成为研究热点及发展方向。

[0003] 基于链式结构的电池储能系统,采用耐压较低的功率开关器件来实现较高电压等级的能量转换,不需要升压变压器,在体积、重量、占地及成本上优势明显,且控制简单、易于实现模块化、扩展性好,在各种中高压大容量场合应用较为广泛。

[0004] 在现有技术中的一种链式电池储能系统,存在着以下一些缺陷:每个级联单元中H桥变换器通过滤波电容与储能电池组直接并联,主要用于电网调度指令基波有功/无功功率的调节,没有对负载侧谐波与无功功率的补偿功能,功能相对单一;电池组的串联数取决于级联单元的直流母线电压等级,而过高的串联数将降低系统可靠性;装置需要采用相对较高的开关频率以获得较好的系统输出谐波特性,系统损耗较大;装置运行时直流侧会产生2次脉动功率,且无功调节工况时,电池组将处于频繁充电/放电状态,将会影响电池的循环寿命,此外直流侧2次脉动功率也会影响系统输出波形的质量。

### 发明内容

[0005] 本发明针对上述现有技术中存在的缺陷,提出一种集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,将储能与有源滤波技术相结合,提供更为灵活和多样的电能质量调节功能,且系统效率高,电池的循环寿命长。

[0006] 为达到上述目的,本发明所采用的技术方案如下:

[0007] 一种集成有源电力滤波器的链式电池储能系统,包括三相的主变换器、三相的从变换器、三个连接电抗器和三个断路器,在电池储能系统的每一相,所述主变换器交流侧一端与所述从变换器交流侧一端相级联,所述主变换器交流侧的另一端分别与所述连接电抗器的一端相连,所述主变换器用于实现电网调度指令基波有功/无功功率调节,同时补偿负载侧产生的基波无功电流;所述连接电抗器用于滤除电池储能系统并网电流的高次谐波;所述三相的从变换器交流侧的另一端相连构成电池储能系统的中性点,所述从变换器起有源滤波作用,用于补偿负载侧产生的谐波与基波负序电流;所述连接电抗器的另一端连接所述断路器的一端,所述断路器的另一端接入三相电网,所述断路器用于在电池储能系统发生故障或维修时电池储能系统与三相电网的切断。

[0008] 所述主变换器的每一相包括多个交流侧串联的级联单元,所述级联单元包括:H

桥变换器、滤波电容、自动开关、双向 DC / DC 变换器和电池组,其中,所述 H 桥变换器的直流侧与所述滤波电容并联,所述双向 DC / DC 变换器通过所述自动开关与所述滤波电容并联,所述电池组与所述双向 DC / DC 变换器并联。

[0009] 所述主变换器采用较低的开关频率,比如 50Hz 的几倍,用于实现电网调度指令基波有功 / 无功功率调节,同时补偿负载侧产生的基波无功电流。

[0010] 所述从变换器的每一相通过两个由 H 桥变换器的直流侧与电容并联构成的单元级联而成。

[0011] 所述从变换器采用较高的开关频率来补偿不对称非线性负载产生的谐波与基波负序电流,同时还能改善电池储能系统输出谐波特性。

[0012] 所述滤波电容用于滤除直流侧电压的高次谐波,并存储一定的有功能量以用于有功调节的快速响应。

[0013] 所述 H 桥变换器包括 4 个功率开关器件,每个功率开关器件由一个绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 反并联一个二极管构成,4 个功率开关器件连接成单相 H 桥结构,单相 H 桥结构用于整流与逆变,实现 DC 和 AC 能量的双向流动。

[0014] 所述双向 DC / DC 变换器包括 2 个功率开关器件和 1 个平波电感,每个功率开关器件由一个绝缘栅双极晶体管反并联一个二极管构成,所述双向 DC / DC 变换器采用三角波比较法生成所述 2 个功率开关器件的门极脉冲,控制流过所述平波电感的电池充放电电流。

[0015] 所述双向 DC / DC 变换器用于通过在 Boost 和 Buck 模式之间的切换,实现直流功率的双向传递,将所述的 H 桥变换器直流侧脉冲电流转化为具有一定纹波的直流电流,有效抑制 2 次脉动功率。

[0016] 所述电池组是由一定数量的电池模块串并联组成,其中所述的电池模块由一定数量的电池单体串并联组成。

[0017] 由于采用了上述技术方案,本发明的有益效果是:

[0018] 1) 将储能与有源滤波技术相结合,提供更为灵活和多样的电能质量调节功能。

[0019] 2) 主变换器开关器件多,工作频率低,开关损耗小;从变换器开关器件少,尽管工作频率较高,但总的系统功率损耗较小,系统效率高。

[0020] 3) 级联单元直流侧引入双向 DC / DC 变换器,其 Boost 升压作用降低了对电池组的端电压要求;双向 DC / DC 变换器能有效抑制 2 次脉动功率,可独立调节电池电流,避免充放电电流不均,也可以人为提供偏差以调节各电池组的荷电状态,从而保证了电池的循环寿命。

[0021] 4) 从变换器采用 2 个 H 桥变换器级联,可以获得较高的等效开关频率以及更多的输出电平,能够更好的改善系统补偿特性。

## 附图说明

[0022] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0023] 图 1 是本发明所提出的链式电池储能系统拓扑结构图;

[0024] 图 2 是图 1 中主变换器级联单元结构图;

[0025] 图 3 是本发明所提出的链式电池储能系统功能框图。

### 具体实施方式

[0026] 下面对本发明的实施例作详细说明：本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程。应当指出的是，对本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。

[0027] 在本实施例的优选例中，集成有源电力滤波器的链式电池储能系统拓扑结构图如图 1 所示，包括主变换器、从变换器（即有源电力滤波器，简称 APF）、3 个连接电抗器 L 和 3 个断路器 K。

[0028] 主变换器包括  $3n$  个级联单元  $a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_n, c_1, c_2, \dots, c_n, n \geq 3$ 。从变换器每一相通过 2 个 H 桥变换器的直流侧与电容并联构成的单元级联而成。

[0029] 主变换器的级联单元如图 2 所示，由 H 桥变换器、滤波电容 C、自动开关  $K_1$ 、双向 DC / DC 变换器和电池组 E 构成。

[0030] H 桥变换器包括 4 个功率开关器件 S1、S2、S3、S4，每个开关器件由一个 IGBT 反并联一个二极管构成，S1、S2、S3 和 S4 连接成单相 H 桥结构。双向 DC / DC 变换器包括 2 个功率开关器件 S5、S6 和 1 个平波电感  $L_1$ 。

[0031] 主变换器中 H 桥变换器直流侧与滤波电容 C 并联；双向 DC / DC 变换器通过自动开关  $K_1$  与滤波电容 C 并联；电池组 E 与双向 DC / DC 变换器相并联；每一相中，主变换器交流侧一端和从变换器交流侧一端相级联，三相从变换器交流侧的另一端相连构成电池储能系统的中性点 N。三相主变换器交流侧的另一端分别与连接电抗器 L 一端相连，连接电抗器 L 的另一端连接断路器 K 的一端，断路器 K 的另一端接入三相电网。

[0032] 链式电池储能系统功能框图如图 3 所示，负载电流  $i_l$  经过谐波与无功电流检测环节得到基波无功电流  $i_{lq}$ 、基波负序电流  $i_{l-}$  以及谐波电流  $i_h$ 。主变换器主要实现对电网调度指令基波有功 / 无功功率  $p^*$  和  $q^*$  的调节，同时补偿负载侧基波无功电流  $i_{lq}$ 。从变换器主要起到有源滤波作用，用于补偿负载侧基波负序电流  $i_{l-}$  和谐波电流  $i_h$ ，同时消除电池储能系统输出指令电压  $u^*$  与主变换器实际输出电压  $u_l$  的偏差  $\Delta u$ ，改善电池储能系统输出波形质量。最后通过调制算法产生触发脉冲控制每个级联单元的 H 桥变换器开关器件 S1、S2、S3 和 S4，调节电池储能系统输出电压的幅值和相位，从而实现上述多种功能。

[0033] 主变换器中每个双向 DC / DC 变换器采用三角波比较法生成开关器件 S5 和 S6 的门极脉冲，控制流过平波电感的电池充放电电流，通过在 Boost 和 Buck 模式之间的切换，实现直流功率的双向传递。

[0034] 本实施例所述的电池储能系统不仅可以对电网侧的有功 / 无功调度指令进行调节，而且同时能对负载侧进行谐波与无功功率补偿，促进间歇性可再生能源发电并网，解决电压波动与闪变、谐波与电压三相不平衡等多种电能质量问题。

[0035] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是，本发明并不局限于上述特定实施方式，本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改，这并不影响本发明的实质内容。

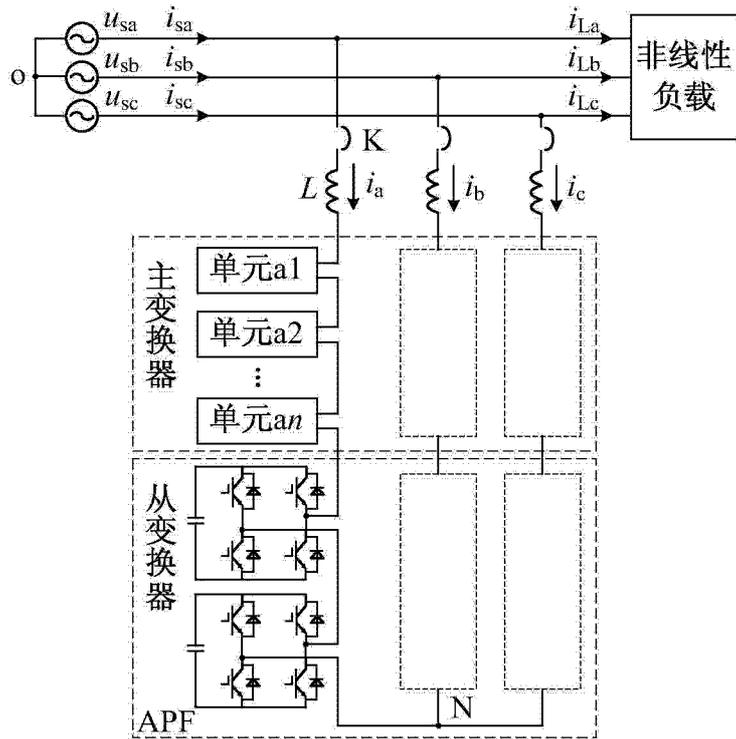


图 1

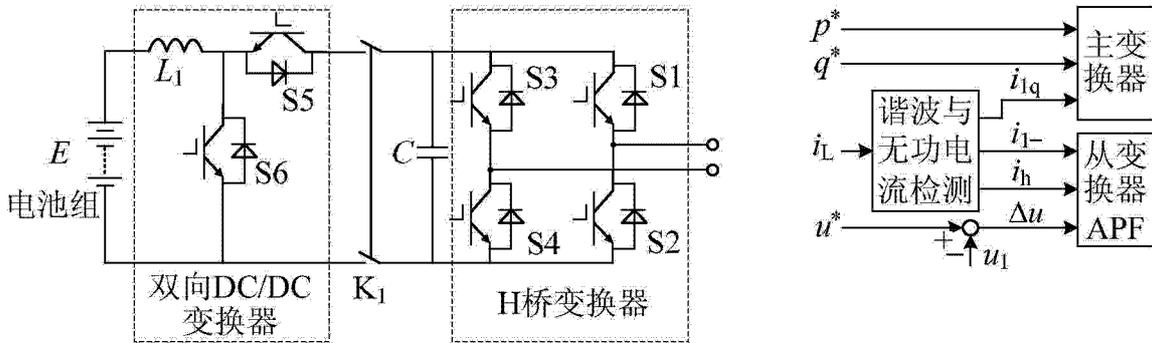


图 2

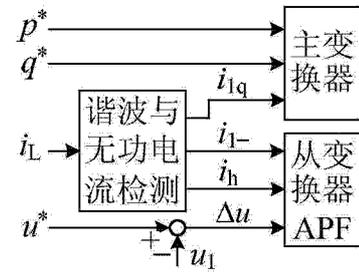


图 3