



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115065086 B

(45) 授权公告日 2023. 03. 31

(21) 申请号 202210977831.9

H02J 3/38 (2006.01)

(22) 申请日 2022.08.16

H02J 7/10 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H02M 3/158 (2006.01)

申请公布号 CN 115065086 A

H02M 7/797 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

(43) 申请公布日 2022.09.16

(56) 对比文件

(73) 专利权人 深圳戴普森新能源技术有限公司

CN 109149754 A, 2019.01.04

地址 518000 广东省深圳市南山区粤海街道高新区社区科技南路18号深圳湾科技生态园12栋裙楼401

审查员 陈雪

(72) 发明人 莫翔学 兰金秋 陆华峰

(74) 专利代理机构 北京中索知识产权代理有限公司 11640

专利代理师 邹长斌

(51) Int. Cl.

H02J 3/32 (2006.01)

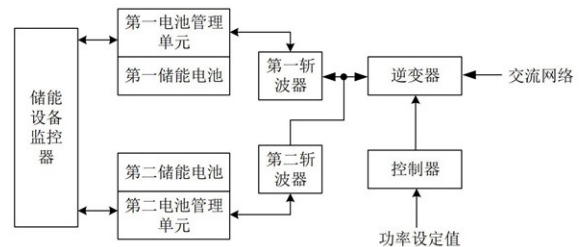
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

储能设备中逆变系统及控制方法

(57) 摘要

本发明公开储能设备中逆变系统及控制方法,应用于储能领域或系统控制领域;解决的技术问题是储能设备中逆变系统储能设备的储能逆变控制下的储能问题,采用的技术方案是一种储能设备中逆变系统,包括储能设备监控器、电池管理单元、储能电池、斩波器、逆变器和控制器。一种储能设备中逆变系统及控制方法,包括:(S1)控制器检测逆变器电能信号的脉冲宽度,计算控制器内部参考电流波形信号和逆变器输出电能信号之间的误差;(S2)根据监测结果确定直流电能是位于逆变器输出电能特性曲线上最大功率点的开路电压侧还是短路电流侧;(S3)控制逆变器输出使逆变器直流电能工作点遵循最大功率点,本发明大大提高了储能设备的储能效率。



1. 一种储能设备中逆变系统,其特征在于:所述储能设备中逆变系统包括:

储能设备监控器;用于实时监测储能电池储能运行状态;所述储能设备监控器采用W77E58单片机作为微控制器进行控制储能电池的监控,储能设备监控器通过SCADA技术采集储能电池的运行状态信息,利用GPRS无线网络通信技术与Internet网络通信技术在储能电池工业监控场合进行远程监控;

电池管理单元;用于计算与自适应调节储能电池储能状态;所述电池管理单元采用纳什均衡算法策略对储能电池进行自适应调节,步骤包括:

步骤1:电池管理单元根据储能设备中逆变系统的需求制定出相应的储能纳什均衡算法策略,储能电池内能源函数为:

$$F = \sum_{i=1}^n v(\pi_1, \pi_2, \pi_3) \quad (1)$$

式(1)中, $F$ 表示储能电池内能源函数, $i$ 表示储能能源信息序号, $n$ 表示储能能源信息总数, $v$ 表示算法控制能源的均衡速度, $\pi_1$ 、 $\pi_2$ 、 $\pi_3$ 分别表示风电能、光热能和微电能的能源录入参数;

步骤2:根据模型中录入能源的参数进行纳什均衡算法策略自适应调节,调节函数表示为:

$$Q(S) = v(S, \pi_1, \pi_2, \pi_3) \quad (2)$$

式(2)中, $Q(s)$ 表示储能电池内能源的调节函数, $s$ 表示储能电池随时间变化的储能状态;经过纳什均衡算法策略自适应调节之后储能电池中的能源保持稳定,此时设定的能源储存指标为:

$$P_m = \frac{\sum_{t=1}^{96} (P_v \Delta t + P_w \Delta t)}{96 \Delta t} \quad (3)$$

式(3)中, $P_m$ 表示设定的能源储存指标, $P_v$ 表示储能电池能源输入指标, $P_w$ 表示储能功率指标, $t$ 表示经过纳什均衡算法策略自适应调节时间, $\Delta t$ 表示纳什均衡算法策略自适应调节前后的时间差;

步骤3:对于经过自适应调节达到均衡的储能设备中逆变系统,若进行能源供应需保证供应的最优化:

$$a = \begin{cases} \arg \max Q_1(s, \Delta a) & q_0 \leq \varepsilon \\ a_{rand} & q_0 > \varepsilon \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中, $a$ 表示纳什均衡算法策略下最优能源供应函数, $\Delta a$ 表示均衡状态下的能源供应变化, $Q_1$ 表示纳什均衡算法策略下能源供应的有效率, $q_0$ 表示初始能源输出量, $\varepsilon$ 表示纳什均衡算法策略指标系数, $s$ 表示储能电池随时间变化的储能状态, $a_{rand}$ 表示非均衡状态下的能源供应函数;

步骤4:对制定的最优能源供应纳什均衡算法策略进行分析,通过对比不同状态下有效率差确定制定纳什均衡算法策略函数的优越性,即:

$$\Delta Q = \left\| \sum_{i=1}^n Q_1 - \sum_{i=1}^n Q_2 \right\|_2 \leq \sigma \quad (5)$$

式(5)中,  $\Delta Q$ 表示能源有效供应差值,  $Q_2$ 表示未达均衡状态的能源供应有效率,  $i = 1, \dots, n; n = 3$ , 1表示风电, 2表示光热能, 3表示微电能;  $\sigma$ 表示储能电池允许的最大能源供应差阈值;通过公式(1)~(5)电池管理单元使得储能电池内保持能源均衡;

储能电池;用于储存能源;所述储能电池能够储存风电、光热能和微电能能源;

斩波器;用于将电压值固定的直流电转换为电压值可变的直流电;所述斩波器是双向斩波器,双向斩波器包括功率开关,用于储能电池的充电和放电,使得在放电方向上使用双向斩波器的功率开关具有最大允许值与充电方向中使用的功率开关不同的电流;

逆变器;用于将直流电能转变成定频定压或调频调压交流电能;所述逆变器包括三个功率开关,逆变器将储能电池与直流母线接通,逆变器驱动交流网络释放的电能输送到直流母线中去,直流母线中的电能流经斩波器到达储能电池中;

控制器;用于控制逆变器的直流检测与脉宽调制;所述控制器检测参考电流波形信号和逆变器输出电流信号之间的误差;

其中储能设备监控器与电池管理单元连接,储能电池耦合在电池管理单元上,电池管理单元与斩波器双向连接,交流网络输入交流电能经过逆变器调制后到达斩波器,斩波器经过电池管理单元到达储能电池进行能源存储。

2. 根据权利要求1所述的一种储能设备中逆变系统,其特征在于:储能电池包括第一储能电池和第二储能电池;所述储能电池通过第一储能电池和第二储能电池同时进行电能的充电过程与放电过程。

3. 根据权利要求1所述的一种储能设备中逆变系统,其特征在于:斩波器包括第一斩波器和第二斩波器;所述第一斩波器和第二斩波器分别对应着第一储能电池和第二储能电池,所述第一斩波器和第二斩波器实现充电过程与放电过程。

4. 根据权利要求1所述的一种储能设备中逆变系统,其特征在于:斩波器包括两个功率开关,第一个功率开关为绝缘栅极双极晶体管型号,第二个功率开关为双极型的功率晶体管型号;逆变器包括三个功率开关,三个功率开关采用金氧半场效晶体管型号。

5. 根据权利要求1所述的一种储能设备中逆变系统,其特征在于:控制器包括:

直流检测;用于检测储能设备中逆变系统的直流母线电能状态;所述直流检测采用直接式检测法,通过控制器内放大电路将电能信号放大,再通过A/D转换电路将其转化为数字信号;

脉宽调制控制;用于调制逆变器电压与频率;所述脉宽调制控制利用控制器的数字输出对一系列脉冲的宽度进行调制来等效地获得所需要的电压与频率波形;

工作电源;用于向控制器供电;所述工作电源为MS-100-5型号直流电源,能够向控制器提供5V电压;

SPI总线通信接口;用于控制器外接通信信号输入或者输出;

其中直流检测、脉宽调制控制、工作电源和SPI总线通信接口耦合在控制器上。

6. 一种根据权利要求1-5任意一项所述的储能设备中逆变系统进行储能的逆变方法,其特征在于:包括以下步骤:

(S1) 控制器检测逆变器脉冲序列电能信号的脉冲宽度, 计算控制器内部参考电流波形信号和逆变器输出电能信号之间的误差;

(S2) 根据监测结果确定直流电能是位于逆变器输出电能特性曲线上最大功率点的开路电压侧还是短路电流侧;

(S3) 基于确定结果控制逆变器输出, 使逆变器直流电能工作点遵循最大功率点。

7. 根据权利要求6所述的逆变方法, 其特征在于: 当确定逆变器直流电能工作点位于最大功率点的开路电压侧时, 使逆变器直流电能工作点向最大功率点移动, 以及降低逆变器输出, 使得当确定逆变器直流电能工作点位于最大功率点的短路电流侧时, 逆变器直流电能工作点转移到开路电压侧。

## 储能设备中逆变系统及控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及储能领域或系统控制领域,且更确切地涉及储能设备中逆变系统及控制方法。

### 背景技术

[0002] 在由分布式电源、储能装置、能量转换装置、负荷、监控和保护装置等组成的微电网中,储能设备中逆变系统作为储能装置之一是微电网是必不可少的组成部分。储能设备中逆变系统由双向逆变器与电池组构成储能系统,能有效调控电力资源,平衡昼夜及不同季节的用电差异,保障电网安全,是可再生能源应用的重要前提和实现电网互动化管理的重要手段。储能设备中逆变系统适用于各种需要动态储能的应用场合,在电能富裕的时候将电网的交流电转换成直流电存储在电池组中实现电能储能,电能不富裕的时候将电池组中存储的电能逆变为交流电后向电网输出进行补偿。

[0003] 传统的储能逆变器仅具有单种能源类型储能功能,没有多种能源类型储能均衡的进阶功能,即无法根据风电能、光热能和微电能的多种能源储能之间的运行情况调整储能逆变器的逆变策略,通常需要额外安装其他设备来实现上述进阶功能,存在设备冗余的缺点。

### 发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明公开储能设备中逆变系统及控制方法,能够进行多种能源储能之间的储能均衡,调整储能设备中逆变系统的逆变策略。

[0005] 为了实现上述技术效果,本发明采用以下技术方案:

[0006] 一种储能设备中逆变系统,其特征在于:所述储能设备中逆变系统包括:

[0007] 储能设备监控器;用于实时监测储能电池储能运行状态;所述储能设备监控器采用W77E58单片机作为微控制器进行控制储能电池的监控,储能设备监控器通过SCADA技术采集储能电池的运行状态信息,利用GPRS无线网络通信技术与Internet网络通信技术在储能电池工业监控场合进行远程监控;

[0008] 电池管理单元;用于计算与自适应调节储能电池储能状态;所述电池管理单元采用NEA策略对储能电池进行自适应调节,步骤包括:

[0009] 步骤1:电池管理单元根据储能设备中逆变系统的需求制定出相应的储能NEA策略,储能电池内能源函数为:

$$[0010] \quad F = \sum_{i=1}^n v(\pi_1, \pi_2, \pi_3) = C_{ge} \& C_{gc} \& C_{gp} \quad (1)$$

[0011] 公式(1)中, $F$ 表示储能电池内能源函数, $i$ 表示储能能源信息序号, $n$ 表示储能能源信息总数, $v$ 表示算法控制能源的均衡速度, $\pi_1$ 、 $\pi_2$ 、 $\pi_3$ 分别表示风电能、光热能和微电能的能源录入参数, $C_{ge}$ 、 $C_{gc}$ 、 $C_{gp}$ 分别表示风电能、光热能和微电能能源函数式;

[0012] 步骤2:根据模型中录入能源的参数进行NEA策略自适应调节,调节函数表示为:

[0013]  $Q_i(s) = v_i(s, \pi_1, \pi_2, \pi_3) \quad (2)$

[0014] 公式(2)中,  $Q_i(s)$  表示储能电池内能源的调节函数,  $s$  表示储能电池随时间变化的储能状态; 经过NEA策略自适应调节之后储能电池中的能源保持稳定, 此时设定的能源储存指标为:

[0015] 
$$P_m = \frac{\sum_{t=1}^{96} P_v \Delta t + P_w \Delta t}{96 \Delta t} \quad (3)$$

[0016] 公式(3)中,  $P_m$  表示设定的能源储存指标,  $P_v$  表示储能电池能源输入指标,  $P_w$  表示储能功率指标,  $t$  表示经过NEA策略自适应调节时间,  $\Delta t$  表示NEA策略自适应调节前后的时间差;

[0017] 步骤3: 对于经过自适应调节达到均衡的储能设备中逆变系统, 若进行能源供应需保证供应的最优化:

[0018] 
$$a = \begin{cases} \arg \max Q_1(s, \Delta a) & q_0 \leq \varepsilon \\ a_{rand} & q_0 > \varepsilon \end{cases} \quad (4)$$

[0019] 公式(4)中,  $a$  表示NEA策略下最优能源供应函数,  $\Delta a$  表示均衡状态下的能源供应变化,  $Q_1$  表示NEA策略下能源供应的有效率,  $q_0$  表示初始能源输出量,  $\varepsilon$  表示NEA策略指标系数,  $s$  表示储能电池随时间变化的储能状态,  $a_{rand}$  表示非均衡状态下的能源供应函数;

[0020] 步骤4: 对制定的最优能源供应NEA策略进行分析, 通过对比不同状态下有效率差确定制定NEA策略函数的优越性, 即:

[0021] 
$$\Delta Q = \left\| \sum_{i=1}^3 Q_1 - \sum_{i=1}^3 Q_2 \right\|_2 \leq \sigma \quad (5)$$

[0022] 公式(5)中,  $\Delta Q$  表示能源有效供应差值,  $Q_2$  表示未达均衡状态的能源供应有效率, 3表示风电能、光热能和微电能三种能源类型,  $\sigma$  表示储能电池允许的最大能源供应差阈值; 通过公式(1)~(5)电池管理单元使得储能电池内保持能源均衡;

[0023] 储能电池; 用于储存能源; 所述储能电池能够储存风电能、光热能和微电能能源;

[0024] 斩波器; 用于将电压值固定的直流电转换为电压值可变的直流电; 所述斩波器是双向斩波器, 包括功率开关, 用于储能电池的充电和放电, 使得在放电方向上使用的双向斩波器的功率开关具有最大允许值与充电方向中使用的功率开关不同的电流;

[0025] 逆变器; 用于将交流电能转变成定频定压或调频调压直流电能; 所述逆变器包括三个功率开关, 逆变器将储能电池与直流母线接通, 逆变器驱动交流网络释放的电能输送到直流母线中去, 直流母线中的电能流经斩波器到达储能电池中;

[0026] 控制器; 用于控制逆变器的直流检测与脉宽调制; 所述控制器检测参考电流波形信号和逆变器输出电流信号之间的误差;

[0027] 其中储能设备监控器与电池管理单元连接, 储能电池耦合在电池管理单元上, 电池管理单元与斩波器双向连接, 交流网络输入交流电能经过逆变器调制后到达斩波器, 斩波器经过电池管理单元到达储能电池进行能源存储。

[0028] 作为本发明的进一步技术方案, 储能电池包括第一储能电池和第二储能电池; 所述储能电池可通过第一储能电池和第二储能电池同时进行电能的充电过程与放电过程。

[0029] 作为本发明的进一步技术方案, 斩波器包括第一斩波器和第二斩波器; 所述第一

斩波器和第二斩波器分别对应着第一储能电池和第二储能电池,以及充电过程与放电过程。

[0030] 作为本发明的进一步技术方案,斩波器包括两个功率开关,第一个功率开关为绝缘栅极双极晶体管型号,第二个功率开关为双极型的功率晶体管型号;逆变器包括三个功率开关,三个功率开关采用金氧半场效晶体管型号。

[0031] 作为本发明的进一步技术方案,斩波器还包括升压转换级,升压转换级对应着斩波器的升压模式,升压模式下斩波器N1节点处开关闭合,电能流过二极管D和功率开关K汇聚节点N4,之后流过电感L到达储能电池中。

[0032] 作为本发明的进一步技术方案,斩波器还包括降压转换级,升压转换级对应着斩波器的降压模式,降压模式下斩波器N1节点处开关闭合,电能流过功率开关K和二极管D汇聚节点N3,之后流过电感L到达储能电池中。

[0033] 作为本发明的进一步技术方案,控制器包括:

[0034] 直流检测;用于检测储能设备中逆变系统的直流母线电能状态;所述直流检测采用直接式检测法,通过控制器内放大电路将电能信号放大,再通过A/D转换电路将其转化为数字信号;

[0035] 脉宽调制控制;用于调制逆变器电压与频率;所述脉宽调制控制利用控制器的数字输出对一系列脉冲的宽度进行调制,来等效地获得所需要的电压与频率波形;

[0036] 工作电源;用于向控制器供电;所述工作电源为MS-100-5型号直流电源,能够像控制器提供5V电压;

[0037] SPI总线通信接口;用于控制器外接通信信号输入或者输出;

[0038] 其中直流检测、脉宽调制控制、工作电源和SPI总线通信接口耦合在控制器上。

[0039] 作为本发明的进一步技术方案,一种储能设备中逆变系统及控制方法,步骤包括:

[0040] (S1)控制器检测逆变器脉冲序列电能信号的脉冲宽度,计算控制器内部参考电流波形信号和逆变器输出电能信号之间的误差;

[0041] (S2)根据监测结果确定直流电能是位于逆变器输出电能特性曲线上最大功率点的开路电压侧还是短路电流侧;

[0042] (S3)基于确定结果控制逆变器输出,使逆变器直流电能工作点遵循最大功率点。

[0043] 作为本发明的进一步技术方案,控制器增加逆变器输出,当确定逆变器直流电能工作点位于最大功率点的开路电压侧时,使逆变器直流电能工作点向最大功率点移动,以及降低逆变器输出,使得当确定逆变器直流电能工作点位于最大功率点的短路电流侧时,逆变器直流电能工作点转移到开路电压侧。

[0044] 本发明有益的积极效果在于:

[0045] 区别于常规技术,本发明能够进行多种能源储能之间的储能均衡,没有多种能源类型储能均衡的进阶功能,即根据风电能、光热能和微电能的多种能源储能之间的运行情况调整储能逆变器的逆变策略,不需要额外安装其他设备来实现上述进阶功能,减少了设备需求成本。

## 附图说明

[0046] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现

有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图,其中:

- [0047] 图1展示了一种储能设备中逆变系统总体结构图;
- [0048] 图2展示了储能设备中逆变系统进一步放大结构图;
- [0049] 图3展示了储能设备中逆变系统复杂控制方法流程图;
- [0050] 图4展示了三种储能系统的储能容量对比图。

### 具体实施方式

[0051] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明,应当理解,此处所描述的实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明;

[0052] 如图1所示,一种储能设备中逆变系统,其中包括储能设备监控器、电池管理单元、储能电池、斩波器、逆变器和控制器。

[0053] 在具体实施例中,储能设备监控器用于实时监测储能电池储能运行状态。所述储能设备监控器采用W77E58单片机作为微控制器进行控制储能电池的监控,W77E58是台湾华邦公司生产的与MCS51系列单片机兼容的可多次编程的快速微处理器,在它内部集成有32K的可重复编程的flash ROM、256字节的片内存储器、1K的 用MOVX指令访问的SRAM、可编程的看门狗定时器、3个16位定时器、2个增强型的全双工串行口、片内RC振荡器、双16位数据指针等诸多功能。在很多场合,几乎不用扩展外围芯片就能够满足系统要求,而且,由于它采用了全新设计的微处理器内核,去除多余的时钟和存储周期,因此,在相同的晶振频率下,根据不同的指令类型,其运行速度一般比传统8051系列快1.5到3倍,一般情况下,平均可达 2.5倍以上。另外,由于W77E58采用全静态CMOS设计,能工作在低速晶振频率下,因此,和普通的8051相比,若W77E58采用低速工作频率,在相同的指令吞吐量下,W77E58的节电性能也将大大提高。

[0054] 在具体实施例中,储能设备监控器通过数据采集与监视控制(Supervisory Control And Data Acquisition,SCADA)技术采集储能电池的运行状态信息,SCADA技术应用领域很广,可以应用于电力、冶金、石油、化工、燃气、铁路等领域的数据采集与监视控制以及过程控制等诸多领域。在电力系统中,SCADA系统应用最为广泛,技术发展也最为成熟。它在远动系统中占重要地位,可以对现场的运行设备进行监视和控制,以实现数据采集、设备控制、测量、参数调节以及各类信号报警等各项功能,即我们所知的“四遥”功能。RTU(远程终端单元),FTU(馈线终端单元)是它的重要组成部分。在现今的变电站综合自动化建设中起了相当重要的作用。SCADA由很多任务组成,每个任务完成特定的功能。位于一个或多个机器上的服务器负责数据采集,数据处理(如量程转换、滤波、报警检查、计算、事件记录、历史存储、执行用户脚本等)。服务器间可以相互通讯。有些系统将服务器进一步单独划分成若干专门服务器,如报警服务器,记录服务器,历史服务器,登录服务器等。各服务器逻辑上作为统一整体,但物理上可能放置在不同的机器上。分类划分的好处是可以将多个服务器的各种数据统一管理、分工协作。利用通用分组无线服务(General packet radio service,GPRS)无线网络通信技术与Internet网络通信技术在储能电池工业监控场合进行远程监控;



[0055] 再具体实施例中,电池管理单元用于计算与自适应调节储能电池储能状态。所述电池管理单元采用纳什均衡算法(Nash Equilibrium Algorithm,NEA)策略对储能电池进行自适应调节,步骤包括:

[0056] 步骤1:电池管理单元根据储能设备中逆变系统的需求制定出相应的储能NEA策略,储能电池内能源函数为:

$$[0057] \quad F = \sum_{i=1}^n v(\pi_1, \pi_2, \pi_3) = C_{ge} \& C_{gc} \& C_{gp} \quad (1)$$

[0058] 公式(1)中, $F$ 表示储能电池内能源函数, $i$ 表示储能能源信息序号, $n$ 表示储能能源信息总数, $v$ 表示算法控制能源的均衡速度, $\pi_1$ 、 $\pi_2$ 、 $\pi_3$ 分别表示风电能、光热能和微电能的能源录入参数, $C_{ge}$ 、 $C_{gc}$ 、 $C_{gp}$ 分别表示风电能、光热能和微电能能源函数式;

[0059] 在NEA策略中,纳什均衡是博弈论中一种解的概念,它是指满足下面性质的策略组合:任何一位玩家在此策略组合下单方面改变自己的策略(其他玩家策略不变)都不会提高自身的收益,纳什均衡可以分成两类:“纯策略纳什均衡”和“混合策略纳什均衡”。所谓纯策略是提供储能电池要如何进行能源均衡博弈的一个完整的定义。策略集合是由储能电池能够施行的纯策略所组成的集合,而混合策略是对每个纯策略分配一个概率而形成的策略,混合策略允许储能电池随机选择一个纯策略。混合策略博弈均衡中要用概率计算,因为每一种策略都是随机的,达到某一概率时,可以实现收益最优。因为概率是连续的,所以即使策略集合是有限的,也会有无限多个混合能源策略。

[0060] 步骤2:根据模型中录入能源的参数进行NEA策略自适应调节,调节函数表示为:

$$[0061] \quad Q_i(s) = v_i(s, \pi_1, \pi_2, \pi_3) \quad (2)$$

[0062] 公式(2)中, $Q_i(s)$ 表示储能电池内能源的调节函数, $s$ 表示储能电池随时间变化的储能状态;经过NEA策略自适应调节之后储能电池中的能源保持稳定,此时设定的能源储存指标为:

$$[0063] \quad P_m = \frac{\sum_{t=1}^{96} P_v \Delta t + P_w \Delta t}{96 \Delta t} \quad (3)$$

[0064] 公式(3)中, $P_m$ 表示设定的能源储存指标, $P_v$ 表示储能电池能源输入指标, $P_w$ 表示储能功率指标, $t$ 表示经过NEA策略自适应调节时间, $\Delta t$ 表示NEA策略自适应调节前后的时间差;

[0065] 在NEA策略中,每个纯策略都是一个“退化”的混合策略,某一特定能源储存指标纯策略的概率为1,其他的则为0。故“纯策略纳什均衡”,即参与之中的所有储能能源类型都使用纯策略;而相应的“混合策略纳什均衡”,之中至少有一位玩家使用混合策略。并不是每个博弈都会有纯策略纳什均衡,例如“钱币问题”就只有混合策略纳什均衡,而没有纯策略纳什均衡。不过,还是有许多博弈有纯策略纳什均衡。甚至,有些博弈能同时有纯策略和混合策略均衡。

[0066] 步骤3:对于经过自适应调节达到均衡的储能设备中逆变系统,若进行能源供应需保证供应的最优化:

$$[0067] \quad a = \begin{cases} \arg \max Q_1(s, \Delta a) & q_0 \leq \varepsilon \\ a_{rand} & q_0 > \varepsilon \end{cases} \quad (4)$$

[0068] 公式(4)中,  $a$ 表示NEA策略下最优能源供应函数,  $\Delta a$ 表示均衡状态下的能源供应变化,  $Q_1$ 表示NEA策略下能源供应的有效率,  $q_0$ 表示初始能源输出量,  $\varepsilon$ 表示NEA策略指标系数,  $s$ 表示储能电池随时间变化的储能状态,  $a_{rand}$ 表示非均衡状态下的能源供应函数;

[0069] 在NEA策略中, 能源供应的最优化路线是储能电池均衡所有类型能源的关键所在, NEA策略指标系数 $\varepsilon$ 即为能源供应的最优化路线关键参数阈值, 掌握了 $\varepsilon$ 的具体取值即了解了能源储能输出与输入的最大量, 这样有益于计算能源有效供应差值。

[0070] 步骤4: 对制定的最优能源供应NEA策略进行分析, 通过对比不同状态下有效率差确定制定NEA策略函数的优越性, 即:

$$[0071] \quad \Delta Q = \left\| \sum_{i=1}^3 Q_1 - \sum_{i=1}^3 Q_2 \right\|_2 \leq \sigma \quad (5)$$

[0072] 公式(5)中,  $\Delta Q$ 表示能源有效供应差值,  $Q_2$ 表示未达均衡状态的能源供应有效率, 3表示风电能、光热能和微电能三种能源类型,  $\sigma$ 表示储能电池允许的最大能源供应差阈值; 通过公式(1)~(5)电池管理单元使得储能电池内保持能源均衡。NEA策略主要对存在关联的事物形成博弈局面, 在博弈过程中个体间的变化会导致整体的变动, 而若个体改变状态, 则博弈中的其它个体均不会发生改变, 即在群体性管理中必存在Nash平衡。NEA策略能够保证储能系统中能源发生变化时, 对需求侧的影响达到最小, 使能源供应效率最大化。在算法中利用公式(4)确定能源供应的有效性, 从而确保能源储能系统运行的可靠性。

[0073] 在具体实施例中, 储能电池用于储存能源, 主要能够储存风电能、光热能和微电能能源。斩波器用于将电压值固定的直流电转换为电压值可变的直流电。所述斩波器是双向斩波器, 包括功率开关, 用于储能电池的充电和放电, 使得在放电方向上使用的双向斩波器的功率开关具有最大允许值与充电方向中使用的功率开关不同的电流。逆变器用于将直流电能转变成定频定压或调频调压交流电能。所述逆变器包括三个功率开关, 逆变器将储能电池与直流母线接通, 逆变器驱动交流网络释放的电能输送到直流母线中去, 直流母线中的电流经斩波器到达储能电池中。控制器; 用于控制逆变器的直流检测与脉宽调制; 所述控制器检测参考电流波形信号和逆变器输出电流信号之间的误差。

[0074] 在具体实施例中, 储能设备监控器与电池管理单元连接, 储能电池耦合在电池管理单元上, 电池管理单元与斩波器双向连接, 交流网络输入交流电能经过逆变器调制后到达斩波器, 斩波器经过电池管理单元到达储能电池进行能源存储。如果希望更详细地评估位于电池下游的电能存储系统部分的复杂性和总体成本, 则有必要确定功率开关的数量和尺寸, 其尺寸与相同考虑的最大电压的电流成比例。如果两个逆变器没有斩波器, 逆变器的输入电压可能会发生变化, 例如1.5倍。然后应在电流上施加1.5的超大系数。因此, 需要多个功率开关, 此外, 需要两个控制系统, 一个是相对复杂的设备, 增加了电能储存系统的复杂性和总体成本。逆变器输入流为交流电, 交流电由交流网络提供, 交流电是指电流方向随时间作周期性变化的电流, 在一个周期内的平均电流为零。不同于直流电, 它的方向是会随着时间发生改变的, 而直流电没有周期性变化。通常交流电(简称AC)波形为正弦曲线。交流电可以有效传输电力。但实际上还有应用其他的波形, 例如三角形波、正方形波。生活中

使用的市电就是具有正弦波形的交流电。

[0075] 在具体实施例中,储能电池包括第一储能电池和第二储能电池,通过第一储能电池和第二储能电池同时进行电能的充电过程与放电过程。斩波器包括第一斩波器和第二斩波器,分别对应着第一储能电池和第二储能电池,以及充电过程与放电过程。逆变器只需要一个控制系统。这些计算是在将两个电池连接到共享逆变器的情况下进行的。连接到共享变频器输入端的电池数量可能会非常严格地大于两个,这种关联的数量最好在2到15之间,最好在5到10之间。连接到共享逆变器的电池数量越高,上述偏差通常越明显。当连接到共享变频器的所有电池的充电和放电功率要求的不对称性处于相同方向时,即,另一方面,当所有电池都有更高的充电功率要求或所有电池都具有更高的放电功率要求时,之前的偏差将减少,因为只有功率成分增益才会出现在不对称双向料斗上,在共享逆变器上,功率元件的增益也不会产生降低效应。可以使用对称斩波器来代替部分不对称斩波器:尽管如此,本发明的降级版本在降低电能存储系统的成本和复杂性方面产生了较低的增益。

[0076] 在具体实施例中,斩波器包括两个功率开关,第一个功率开关为绝缘栅极双极晶体管型号,第二个功率开关为双极型的功率晶体管型号;逆变器包括三个功率开关,三个功率开关采用金氧半场效晶体管型号。每个电池与共享逆变器输入端的其他电池并联,在直流母线处。一些电池的尺寸可用于能源应用,另一些用于电力应用。它们的输出电压将不平衡。不对称双向斩波器,是一种可逆直流/直流转换器,在充电方向和放电方向上尺寸不同,I插入每个电池和连接到共享逆变器输入的直流母线之间。不对称双向斩波器的可逆性可通过使用可逆组件或将两个双向单向斩波器并联在相反方向上操作来实现。不对称双向斩波器的尺寸适合每个链在两个方向上的功率需求,每个链包括电池和不对称双向斩波器的串行关联。对于在充电方向上所需功率更大的链,用于调节该方向电压的功率开关比另一方向的功率开关口径更大,反之亦然,对于放电方向所需功率更大的链条。

[0077] 在具体实施例中,斩波器还包括升压转换级,升压转换级对应着斩波器的升压模式,升压模式下斩波器N1节点处开关闭合,电能流过二极管D和功率开关K汇聚节点N4,之后流过电感L到达储能电池中。波器还包括降压转换级,升压转换级对应着斩波器的降压模式,降压模式下斩波器N1节点处开关闭合,电能流过功率开关K和二极管D汇聚节点N3,之后流过电感L到达储能电池中。第一斩波器和第二斩波器都是升压斩波器。在经验丰富的逆变器的输入端使用升压斩波可以使逆变器具有更高的固定电压,因此特别是在减小功率开关的尺寸方面,以及减少的磁路。共享逆变器的输入电压有利地包括300到2000 V之间,最好在400到1500 V之间,更优选在800到1200 V之间,这表示高电压。

[0078] 在具体实施例中,每个电池都有一个与之相适应的管理单元,因此能够适应所用电能存储装置类型的应用和技术的能源或电力需求。通过每个相关的管理单元,每个相应的非对称双向斩波器根据不同的充电和放电要求,不对称地控制其各自电池1或2在充电方向和放电方向的两个方向上的电流。

[0079] 在具体实施例中,如图2所示,储能设备中逆变系统的信号流向为:通过交流网络输入交流电能信号到达逆变器。交流电能通过电感L流入三条支路,三条支路与功率开关分别汇聚于节点N6、N7、N8,通过三个功率开关进行电能信号调频调压转化成为直流电能信号并到达直流母线与直流母线节点N5,直流母线连接到控制器的直流检测接口与脉冲调制控制接口,由控制器进行直流检测和脉冲调制。直流信号通过直流母线流入到斩波器内节点

N2出,期间经过ADC进行调制。根据储能电池需求经过降压模式下电路或升压模式下电路,最终汇聚在节点N1出,通过节点N1输出到储能电池中进行能源储存。

[0080] 在具体实施例中,控制器包括直流检测、脉宽调制控制、工作电源和SPI总线通信接口。直流检测用于检测储能设备中逆变系统的直流母线电能状态,直流检测采用直接式检测法,通过控制器内放大电路将电能信号放大,再通过A/D转换电路将其转化为数字信号。脉宽调制控制用于调制逆变器电压与频率。脉宽调制控制利用控制器的数字输出对一系列脉冲的宽度进行调制,来等效地获得所需要的电压与频率波形。工作电源用于向控制器供电,工作电源为MS-100-5型号直流电源,能够像控制器提供5V电压。SPI总线通信接口,用于控制器外接通信信号输入或者输出。其中直流检测、脉宽调制控制、工作电源和SPI总线通信接口耦合在控制器上。

[0081] 在具体实施例中,一种储能设备中逆变系统及控制方法步骤包括:(S1)控制器检测逆变器脉冲序列电能信号的脉冲宽度,计算控制器内部参考电流波形信号和逆变器输出电能信号之间的误差;(S2)根据监测结果确定直流电能是位于逆变器输出电能特性曲线上最大功率点的开路电压侧还是短路电流侧;(S3)基于确定结果控制逆变器输出,使逆变器直流电能工作点遵循最大功率点。其中逆变器输出的增加和减少分别通过增加和减少参考电流波形信号的幅度来执行。监测脉冲序列信号的脉冲宽度,当脉冲宽度的变化在指定时间内基本消失时,确定直流电源输出特性曲线上的工作点位于最大功率点的开路电压侧,并且当脉冲宽度的变化在经过指定时间后没有消失时,确定工作点位于最大功率点的短路电流侧,然后,基于该确定,通过脉宽调制控制执行开关元件的开/关操作。当脉冲宽度大于预设的最大允许宽度时,确定操作点位于最大功率点的短路电流侧。设置直流电能工作点处每单位时间电压变化的上限值,并将上限值与监测的电压变化进行比较,以确定直流电能工作点通过输出特性曲线的位置。

[0082] 在具体实施例中,控制器增加逆变器输出,当确定逆变器直流电能工作点位于最大功率点的开路电压侧时,使逆变器直流电能工作点向最大功率点移动,以及降低逆变器输出,使得当确定逆变器直流电能工作点位于最大功率点的短路电流侧时,逆变器直流电能工作点转移到开路电压侧。当增加逆变器输出的操作与保持逆变器输出不变的操作交替执行时,监测直流电源工作点处电压的单位时间变化以及参考电流波形信号和逆变器输出电流信号之间的误差;当直流电源工作点处的电压降低且电压变化不超过上限值时,或当误差在指定时间内基本消失时,确定直流电源工作点将位于最大功率点的开路电压侧;当直流电能工作点处的电压降低且电压变化超过上限值时,或者当在经过指定时间后误差没有消失时,确定直流电能工作点将位于最大功率点的短路电流侧。

[0083] 在具体实施例中,本发明针对现代化能源储能问题进行分析,通过能源信号采集和供应中产生的各种效率数值,对其储能过程进行仿真,根据实验过程记录结果,将仿真数据整理成图表形式进行分析。实验过程在Intel i9 9600KF计算机,4.0GHz CPU和64+128GB内存双核PC机运行。仿真数据传输方式WLAN 5G信号传输,信号传输速率>4.5MB/s,算法程序运算误差<1.5%;仿真参照对象为方案一(松弛调峰储能系统)、方案二(区域热网储能模型),在此环境下进行仿真对比,参数配置如表1所示:

[0084] 表1环境参数与配置软件

实验环境	类型	参数
[0085] 能源类型	分布式能源	风电、光热、电池
储能模型	微网储能	满载量=85%
计算机	I9 9600KF	64+128GB
算法程序	NEA 策略、方案一、方案二	误差<1.0%
虚拟软件	VMWare Player 16	

[0086] 根据公式(4)计算能源有效率,将实验中各项参数统计数据。进而验证本研究的有效性,将实验结果汇总数据表,最终显示分布式储能系统数据记录表如表2所示。

[0087] 表2分布式储能系统数据记录表

储能方式	储能容量/MW	能源利用率/%	计算误差/%
[0088] 本设计	867.59	88.3	0.86
方案一	764.46	74.6	1.26
方案二	621.78	68.1	1.34

[0089] 通过表2数据输入到仿真软件中,本发明采用的分布式能源储能系统的储能容量为867.59MW,最大能源利用率达到88.3%,计算误差为0.86%;方案一采用的松弛调峰储能系统储能容量为764.46MW,最大能源利用率达到74.6%,计算误差为1.26%;方案二设计的多区域热网储能容量为621.78MW,最大能源利用率达到68.1%,计算误差为1.34%。由此看出本发明对能源储能技术的设计具有较高可行性。

[0090] 根据实验结果显示三种不同方案的储能容量条形图,通过对比方式分析各系统容量差值,系统储能容量条形图如图4所示。其中本发明最大储能容量为867.59MW;方案一采用的松弛调峰储能系统最大储能容量为764.46MW;方案二设计的多区域热网储能方式最大储能容量为621.78MW。通过计算得到方案一和方案二与本发明储能容量差值分别为103.13MW、245.81MW,由此可知两者本发明储能设备中逆变系统储能性能最好。

[0091] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这些具体实施方式仅是举例说明,本领域的技术人员在不脱离本发明的原理和实质的情况下,可以对上述方法和系统的细节进行各种省略、替换和改变;例如,合并上述方法步骤,从而按照实质相同的方法执行实质相同的功能以实现实质相同的结果则属于本发明的范围;因此,本发明的范围仅由所附权利要求书限定。

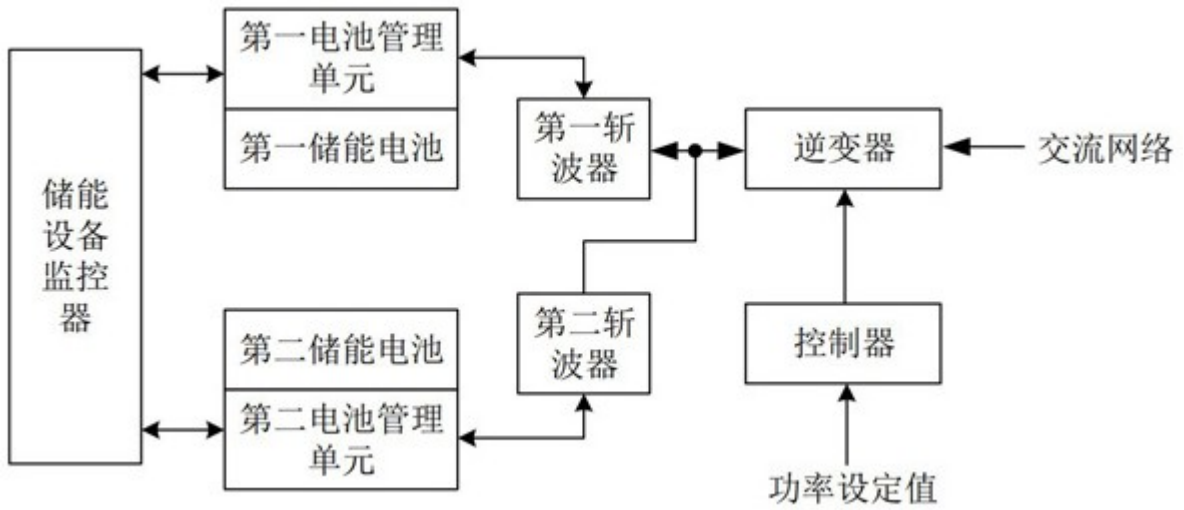


图1

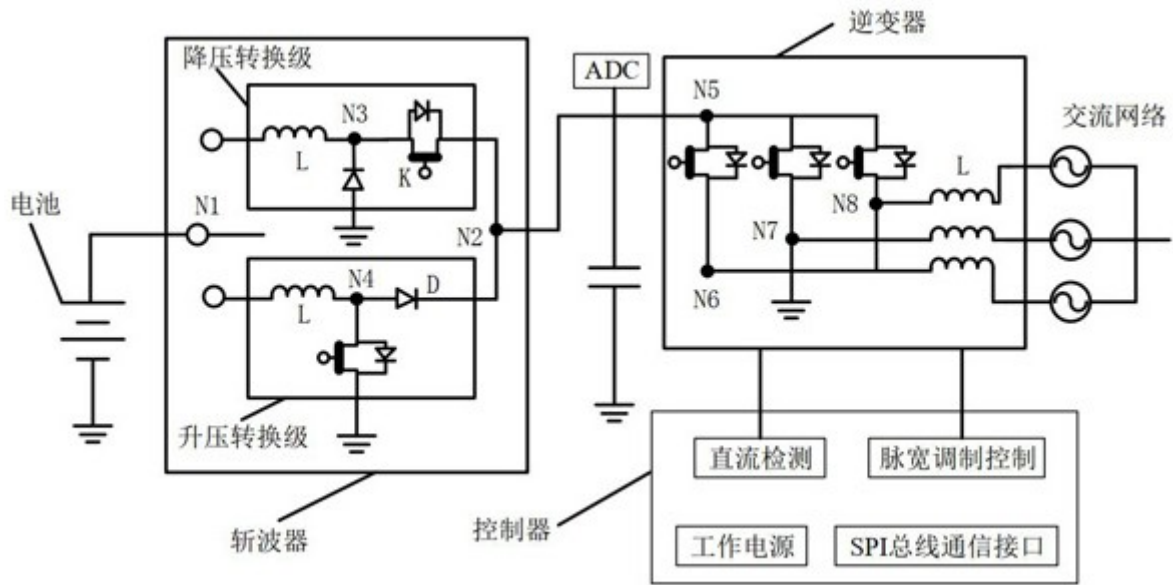


图2

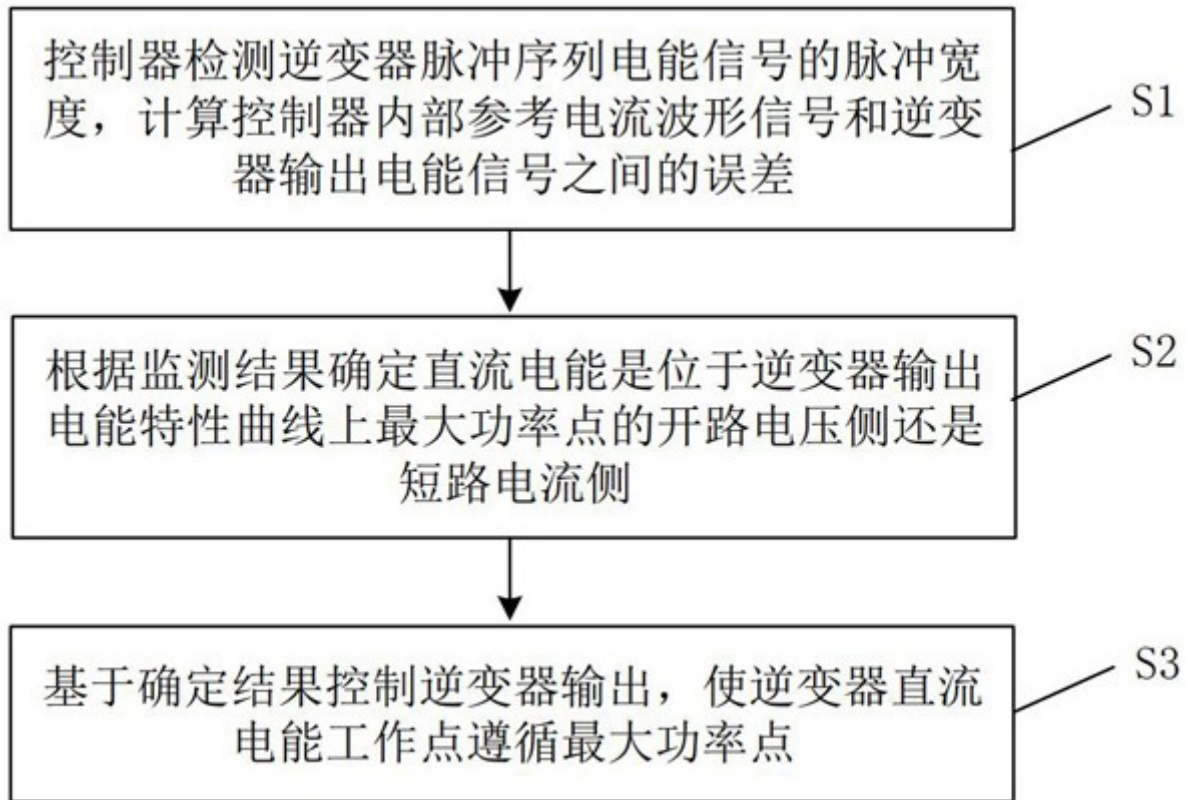


图3

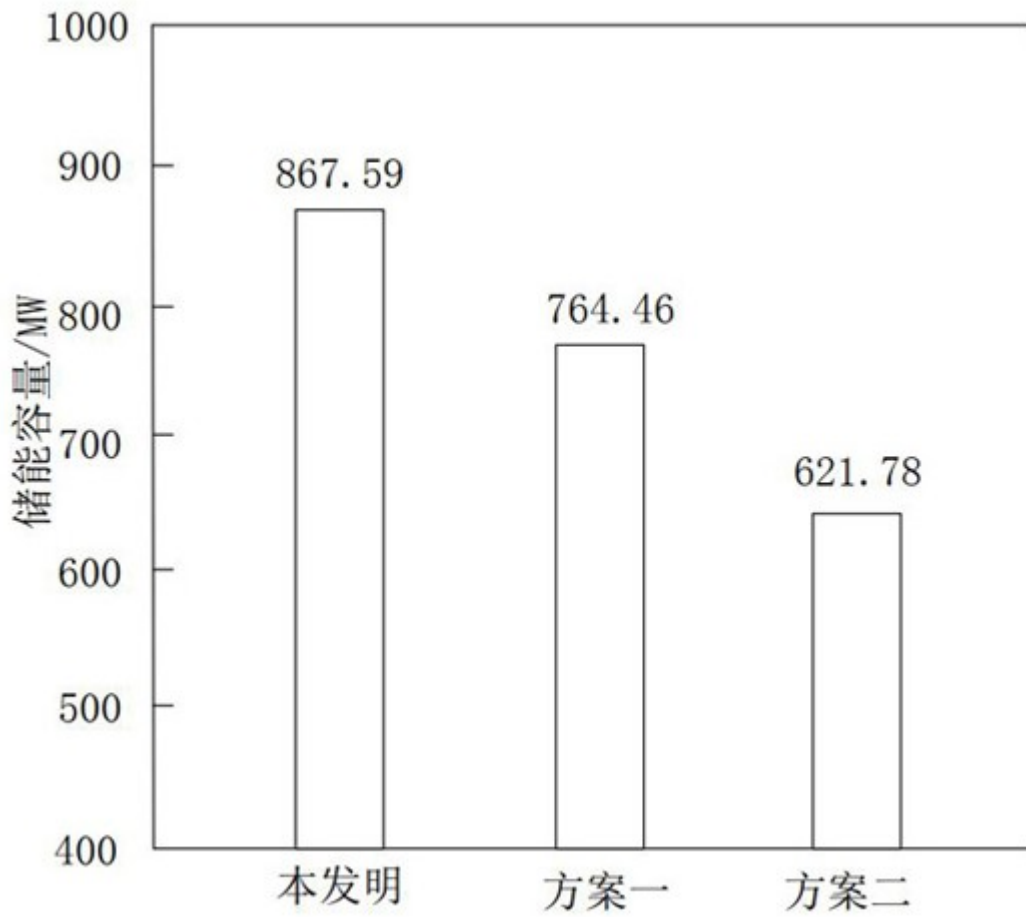


图4