



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106505552 B

(45)授权公告日 2019.01.04

(21)申请号 201610987378.4

H02J 1/14(2006.01)

(22)申请日 2016.11.10

H02J 1/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106505552 A

(56)对比文件
CN 103872701 A, 2014.06.18, 全文.

(43)申请公布日 2017.03.15

审查员 蔡健

(73)专利权人 太原理工大学
地址 030024 山西省太原市迎泽西大街79号

(72)发明人 韩肖清 任春光 米芝昌 秦文萍
王鹏 陈宇豪 张宋杰

(74)专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通合伙) 14100
代理人 朱源 王勇

(51)Int.Cl.
H02J 1/10(2006.01)

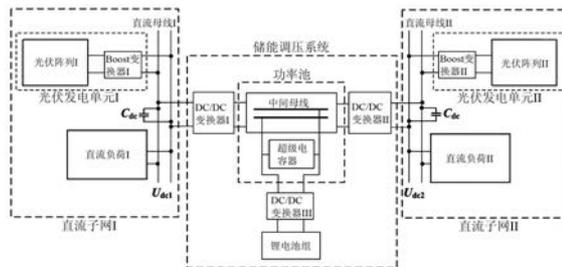
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于功率池的双层母线直流微电网及其控制方法

(57)摘要

本发明涉及直流微电网,具体是一种基于功率池的双层母线直流微电网及其控制方法。本发明解决了现有单母线直流微电网能量转换损耗高、系统运行效率低,现有双母线直流微电网容易产生功率干扰、系统运行经济性差的问题。一种基于功率池的双层母线直流微电网,包括储能调压系统、直流子网I、直流子网II;所述储能调压系统包括功率池、锂电池组、DC/DC变换器I、DC/DC变换器II、DC/DC变换器III;所述功率池由超级电容器和中间母线并联构成;所述直流子网I包括光伏发电单元I、直流负荷I、直流母线I;所述直流子网II包括光伏发电单元II、直流负荷II、直流母线II;所述直流子网I和所述直流子网II的电压等级不同。本发明适用于各种领域。



1. 一种基于功率池的双层母线直流微电网的控制方法,其特征在于:该方法是基于如下所述的一种基于功率池的双层母线直流微电网实现的;

所述基于功率池的双层母线直流微电网,包括储能调压系统、直流子网I、直流子网II;

所述储能调压系统包括功率池、锂电池组、DC/DC变换器I、DC/DC变换器II、DC/DC变换器III;所述功率池由超级电容器和中间母线并联构成;锂电池组通过DC/DC变换器III与超级电容器连接;

所述直流子网I包括光伏发电单元I、直流负荷I、直流母线I;所述光伏发电单元I由光伏阵列I和Boost变换器I构成;光伏阵列I通过Boost变换器I与直流母线I连接;直流负荷I与直流母线I连接;直流母线I通过DC/DC变换器I与中间母线连接;

所述直流子网II包括光伏发电单元II、直流负荷II、直流母线II;所述光伏发电单元II由光伏阵列II和Boost变换器II构成;光伏阵列II通过Boost变换器II与直流母线II连接;直流负荷II与直流母线II连接;直流母线II通过DC/DC变换器II与中间母线连接;

所述DC/DC变换器I、DC/DC变换器II、DC/DC变换器III均采用双向Boost-Buck电路结构;

所述直流子网I和所述直流子网II的电压等级不同;

该方法是采用如下步骤实现的:

步骤S1:设定 U_{dc1} 为直流母线I的电压;设定 U_{dc2} 为直流母线II的电压;设定 U_{L12} 、 U_{L11} 、 U_{H11} 、 U_{H12} 为DC/DC变换器I工作的电压阈值,并使得 $U_{L12} < U_{L11} < U_{H11} < U_{H12}$;设定 U_{L22} 、 U_{L21} 、 U_{H21} 、 U_{H22} 为DC/DC变换器II工作的电压阈值,并使得 $U_{L22} < U_{L21} < U_{H21} < U_{H22}$;设定 U_{sc} 为超级电容器的端电压;设定 U_{scL2} 、 U_{scL1} 、 U_{scH1} 、 U_{scH2} 为锂电池组工作的电压阈值,并使得 $U_{scL2} < U_{scL1} < U_{scH1} < U_{scH2}$;设定 SOC_{bat} 为锂电池组的荷电状态;设定 $[SOC_{batmin}, SOC_{batmax}]$ 为锂电池组的正常工作范围;

步骤S2:当直流子网I的功率和直流子网II的功率均保持平衡时, $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$, $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$,此时光伏发电单元I和光伏发电单元II均工作于MPPT控制模式,功率池不工作;

当直流子网I的功率盈余导致 $U_{H11} < U_{dc1} \leq U_{H12}$ 时,光伏发电单元I仍然工作于MPPT控制模式,直流母线I根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向功率池放电,稳定 U_{dc1} ,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

当直流子网I的功率缺失导致 $U_{L12} \leq U_{dc1} < U_{L11}$ 时,光伏发电单元I仍然工作于MPPT控制模式,功率池根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向直流母线I放电,稳定 U_{dc1} ,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

当直流子网II的功率盈余导致 $U_{H21} < U_{dc2} \leq U_{H22}$ 时,光伏发电单元II仍然工作于MPPT控制模式,直流母线II根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向功率池放电,稳定 U_{dc2} ,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

当直流子网II的功率缺失导致 $U_{L22} \leq U_{dc2} < U_{L21}$ 时,光伏发电单元II仍然工作于MPPT控制模式,功率池根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向直流母线II放电,稳定 U_{dc2} ,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

当直流子网I的功率严重盈余导致 $U_{dc1} > U_{H12}$ 时,光伏发电单元I由MPPT控制模式切换至恒压控制模式,此时光伏发电单元I作为松弛终端,通过对Boost变换器I采用双闭环控制稳

定 U_{dc1} ,同时直流母线I根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

当直流子网I的功率严重缺失导致 $U_{dc1} < U_{L12}$ 时,按照优先级顺序切除部分直流负荷I,同时功率池根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向直流母线I放电,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

当直流子网II的功率严重盈余导致 $U_{dc2} > U_{H22}$ 时,光伏发电单元II由MPPT控制模式切换至恒压控制模式,此时光伏发电单元II作为松弛终端,通过对Boost变换器II采用双闭环控制稳定 U_{dc2} ,同时直流母线II根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

当直流子网II的功率严重缺失导致 $U_{dc2} < U_{L22}$ 时,按照优先级顺序切除部分直流负荷II,同时功率池根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向直流母线II放电,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

步骤S3:当功率池的储存能量适宜时, $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$,此时锂电池组不工作;

当功率池的储存能量盈余导致 $U_{scH1} < U_{sc} \leq U_{scH2}$ 时,功率池根据DC/DC变换器III的下垂特性曲线向锂电池组放电,直至 $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$;

当功率池的储存能量缺失导致 $U_{scL2} \leq U_{sc} < U_{scL1}$ 时,锂电池组根据DC/DC变换器III的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$;

当功率池的储存能量严重盈余导致 $U_{sc} > U_{scH2}$,或者功率池的储存能量严重缺失导致 $U_{sc} < U_{scL2}$ 时,功率池停止工作;

步骤S4:当SOC_{bat}超出[SOC_{batmin},SOC_{batmax}]时,锂电池组停止工作。

一种基于功率池的双层母线直流微电网及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及直流微电网,具体是一种基于功率池的双层母线直流微电网及其控制方法。

背景技术

[0002] 随着人们对能源和环境问题的日益关注,以风能和太阳能为代表的清洁能源越来越表现出其相对传统化石能源的优越性,但是这些分布式能源存在固有的间歇性和随机性,为了实现分布式能源的高效利用,人们整合分布式电源、储能和负荷,提出了微电网的概念。相对传统交流微电网,直流微电网控制方式简单,无需考虑无功功率、频率、相位同步等方面的问题,既可以孤岛运行,又可以并网运行,因此得到国内外专家认可。同时,大量直流源(光伏、钒电池等)和直流负荷(LED、电动汽车等)的出现和发展,为直流微电网的发展提供了前所未有的机遇。

[0003] 传统的单母线直流微电网只有一个电压等级,所有不同电压等级的直流微源或负荷都需要经过DC/DC变换器连接到直流母线,这对于直流源和直流负荷接入微电网显然是很不方便的,不仅增加了能量转换损耗,而且降低了系统运行效率。为了提高直流微电网接入的灵活性,有关学者设计了一种双母线直流微电网,其通过双向DC/DC变换器将两直流母线连接,并设置了两套独立的混合储能系统。然而,这种双母线直流微电网存在如下问题:其一,母线谐波功率会通过DC/DC变换器会对另一母线产生干扰。其二,直流微电网中设置两套独立的混合储能系统,由此增大了系统储能成本,从而降低了系统运行经济性。因此,现有双母线直流微电网技术存在诸多缺陷,限制了其推广使用。基于此,有必要发明一种全新的直流微电网,以解决现有直流微电网存在的上述问题。

发明内容

[0004] 本发明为了解决现有单母线直流微电网能量转换损耗高、系统运行效率低,现有双母线直流微电网容易产生功率干扰、系统运行经济性差的问题,提供了一种基于功率池的双层母线直流微电网及其控制方法。

[0005] 本发明是采用如下技术方案实现的:

[0006] 一种基于功率池的双层母线直流微电网,包括储能调压系统、直流子网I、直流子网II;

[0007] 所述储能调压系统包括功率池、锂电池组、DC/DC变换器I、DC/DC变换器II、DC/DC变换器III;所述功率池由超级电容器和中间母线并联构成;锂电池组通过DC/DC变换器III与超级电容器连接;

[0008] 所述直流子网I包括光伏发电单元I、直流负荷I、直流母线I;所述光伏发电单元I由光伏阵列I和Boost变换器I构成;光伏阵列I通过Boost变换器I与直流母线I连接;直流负荷I与直流母线I连接;直流母线I通过DC/DC变换器I与中间母线连接;

[0009] 所述直流子网II包括光伏发电单元II、直流负荷II、直流母线II;所述光伏发电单

元II由光伏阵列II和Boost变换器II构成;光伏阵列II通过Boost变换器II与直流母线II连接;直流负荷II与直流母线II连接;直流母线II通过DC/DC变换器II与中间母线连接;

[0010] 所述DC/DC变换器I、DC/DC变换器II、DC/DC变换器III均采用双向Boost-Buck电路结构;

[0011] 所述直流子网I和所述直流子网II的电压等级不同。

[0012] 一种基于功率池的双层母线直流微电网的控制方法(该方法是基于本发明所述的一种基于功率池的双层母线直流微电网实现的),该方法是采用如下步骤实现的:

[0013] 步骤S1:设定 U_{dc1} 为直流母线I的电压;设定 U_{dc2} 为直流母线II的电压;设定 U_{L12} 、 U_{L11} 、 U_{H11} 、 U_{H12} 为DC/DC变换器I工作的电压阈值,并使得 $U_{L12} < U_{L11} < U_{H11} < U_{H12}$;设定 U_{L22} 、 U_{L21} 、 U_{H21} 、 U_{H22} 为DC/DC变换器II工作的电压阈值,并使得 $U_{L22} < U_{L21} < U_{H21} < U_{H22}$;设定 U_{sc} 为超级电容器的端电压;设定 U_{scL2} 、 U_{scL1} 、 U_{scH1} 、 U_{scH2} 为锂电池组工作的电压阈值,并使得 $U_{scL2} < U_{scL1} < U_{scH1} < U_{scH2}$;设定 SOC_{bat} 为锂电池组的荷电状态;设定 $[SOC_{batmin}, SOC_{batmax}]$ 为锂电池组的正常工作范围;

[0014] 步骤S2:当直流子网I的功率和直流子网II的功率均保持平衡时, $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$, $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$,此时光伏发电单元I和光伏发电单元II均工作于MPPT控制模式,功率池不工作;

[0015] 当直流子网I的功率盈余导致 $U_{H11} < U_{dc1} \leq U_{H12}$ 时,光伏发电单元I仍然工作于MPPT控制模式,直流母线I根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向功率池放电,稳定 U_{dc1} ,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

[0016] 当直流子网I的功率缺失导致 $U_{L12} \leq U_{dc1} < U_{L11}$ 时,光伏发电单元I仍然工作于MPPT控制模式,功率池根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向直流母线I放电,稳定 U_{dc1} ,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

[0017] 当直流子网II的功率盈余导致 $U_{H21} < U_{dc2} \leq U_{H22}$ 时,光伏发电单元II仍然工作于MPPT控制模式,直流母线II根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向功率池放电,稳定 U_{dc2} ,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

[0018] 当直流子网II的功率缺失导致 $U_{L22} \leq U_{dc2} < U_{L21}$ 时,光伏发电单元II仍然工作于MPPT控制模式,功率池根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向直流母线II放电,稳定 U_{dc2} ,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

[0019] 当直流子网I的功率严重盈余导致 $U_{dc1} > U_{H12}$ 时,光伏发电单元I由MPPT控制模式切换至恒压控制模式,此时光伏发电单元I作为松弛终端,通过对Boost变换器I采用双闭环控制稳定 U_{dc1} ,同时直流母线I根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

[0020] 当直流子网I的功率严重缺失导致 $U_{dc1} < U_{L12}$ 时,按照优先级顺序切除部分直流负荷I,同时功率池根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向直流母线I放电,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

[0021] 当直流子网II的功率严重盈余导致 $U_{dc2} > U_{H22}$ 时,光伏发电单元II由MPPT控制模式切换至恒压控制模式,此时光伏发电单元II作为松弛终端,通过对Boost变换器II采用双闭环控制稳定 U_{dc2} ,同时直流母线II根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

[0022] 当直流子网II的功率严重缺失导致 $U_{dc2} < U_{L22}$ 时,按照优先级顺序切除部分直流负

荷II,同时功率池根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向直流母线II放电,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

[0023] 步骤S3:当功率池的储存能量适宜时, $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$,此时锂电池组不工作;

[0024] 当功率池的储存能量盈余导致 $U_{scH1} < U_{sc} \leq U_{scH2}$ 时,功率池根据DC/DC变换器III的下垂特性曲线向锂电池组放电,直至 $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$;

[0025] 当功率池的储存能量缺失导致 $U_{scL2} \leq U_{sc} < U_{scL1}$ 时,锂电池组根据DC/DC变换器III的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$;

[0026] 当功率池的储存能量严重盈余导致 $U_{sc} > U_{scH2}$,或者功率池的储存能量严重缺失导致 $U_{sc} < U_{scL2}$ 时,功率池停止工作;

[0027] 步骤S4:当SOC_{bat}超出[SOC_{batmin},SOC_{batmax}]时,锂电池组停止工作。

[0028] 与现有直流微电网相比,本发明所述的一种基于功率池的双层母线直流微电网及其控制方法具备如下优点:一、本发明通过设置两个电压等级不同的直流子网,提高了直流源和直流负荷接入的灵活性,由此不仅有效减少了能量转换损耗,而且有效提高了系统运行效率。二、本发明通过设计功率池,实现了两个直流子网互为备用,由此有效避免了两个直流子网的谐波功率相互干扰。三、本发明通过采用两个直流子网共用一套储能调压系统的结构,有效节省了系统储能成本,由此有效提高了系统运行经济性。四、本发明通过设计两个直流子网、锂电池组、功率池之间的功率交换机制,实现了微电网高、低频波动功率在功率池和锂电池组之间的合理分配,由此有效延长了锂电池组的使用寿命。

[0029] 本发明有效解决了现有单母线直流微电网能量转换损耗高、系统运行效率低,现有双母线直流微电网容易产生功率干扰、系统运行经济性差的问题,适用于各种领域。

附图说明

[0030] 图1是本发明中一种基于功率池的双层母线直流微电网的结构示意图。

[0031] 图2是本发明中DC/DC变换器I的下垂特性曲线示意图。

[0032] 图3是本发明中DC/DC变换器II的下垂特性曲线示意图。

[0033] 图4是本发明中DC/DC变换器III的下垂特性曲线示意图。

[0034] 图2中: U_{dcr1} 表示直流母线I的额定电压; $I_{poolmin}$ 表示功率池的充电电流的限值; $I_{poolmax}$ 表示功率池的放电电流的限值; I_{1ref} 表示功率池经DC/DC变换器I充放电电流的参考值。

[0035] 图3中: U_{dcr2} 表示直流母线II的额定电压; $I_{poolmin}$ 表示功率池的充电电流的限值; $I_{poolmax}$ 表示功率池的放电电流的限值; I_{2ref} 表示功率池经DC/DC变换器II充放电电流的参考值。

[0036] 图4中: I_{batmin} 表示锂电池组的充电电流的限值; I_{batmax} 表示锂电池组的放电电流的限值; I_{batref} 表示锂电池组的充放电电流的参考值。

具体实施方式

[0037] 一种基于功率池的双层母线直流微电网,包括储能调压系统、直流子网I、直流子网II;

[0038] 所述储能调压系统包括功率池、锂电池组、DC/DC变换器I、DC/DC变换器II、DC/DC

变换器III;所述功率池由超级电容器和中间母线并联构成;锂电池组通过DC/DC变换器III与超级电容器连接;

[0039] 所述直流子网I包括光伏发电单元I、直流负荷I、直流母线I;所述光伏发电单元I由光伏阵列I和Boost变换器I构成;光伏阵列I通过Boost变换器I与直流母线I连接;直流负荷I与直流母线I连接;直流母线I通过DC/DC变换器I与中间母线连接;

[0040] 所述直流子网II包括光伏发电单元II、直流负荷II、直流母线II;所述光伏发电单元II由光伏阵列II和Boost变换器II构成;光伏阵列II通过Boost变换器II与直流母线II连接;直流负荷II与直流母线II连接;直流母线II通过DC/DC变换器II与中间母线连接;

[0041] 所述DC/DC变换器I、DC/DC变换器II、DC/DC变换器III均采用双向Boost-Buck电路结构;

[0042] 所述直流子网I和所述直流子网II的电压等级不同。

[0043] 一种基于功率池的双层母线直流微电网的控制方法(该方法是基于本发明所述的一种基于功率池的双层母线直流微电网实现的),该方法是采用如下步骤实现的:

[0044] 步骤S1:设定 U_{dc1} 为直流母线I的电压;设定 U_{dc2} 为直流母线II的电压;设定 U_{L12} 、 U_{L11} 、 U_{H11} 、 U_{H12} 为DC/DC变换器I工作的电压阈值,并使得 $U_{L12} < U_{L11} < U_{H11} < U_{H12}$;设定 U_{L22} 、 U_{L21} 、 U_{H21} 、 U_{H22} 为DC/DC变换器II工作的电压阈值,并使得 $U_{L22} < U_{L21} < U_{H21} < U_{H22}$;设定 U_{sc} 为超级电容器的端电压;设定 U_{scL2} 、 U_{scL1} 、 U_{scH1} 、 U_{scH2} 为锂电池组工作的电压阈值,并使得 $U_{scL2} < U_{scL1} < U_{scH1} < U_{scH2}$;设定 SOC_{bat} 为锂电池组的荷电状态;设定 $[SOC_{batmin}, SOC_{batmax}]$ 为锂电池组的正常工作范围;

[0045] 步骤S2:当直流子网I的功率和直流子网II的功率均保持平衡时, $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$, $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$,此时光伏发电单元I和光伏发电单元II均工作于MPPT控制模式,功率池不工作;

[0046] 当直流子网I的功率盈余导致 $U_{H11} < U_{dc1} \leq U_{H12}$ 时,光伏发电单元I仍然工作于MPPT控制模式,直流母线I根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向功率池放电,稳定 U_{dc1} ,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

[0047] 当直流子网I的功率缺失导致 $U_{L12} \leq U_{dc1} < U_{L11}$ 时,光伏发电单元I仍然工作于MPPT控制模式,功率池根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向直流母线I放电,稳定 U_{dc1} ,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

[0048] 当直流子网II的功率盈余导致 $U_{H21} < U_{dc2} \leq U_{H22}$ 时,光伏发电单元II仍然工作于MPPT控制模式,直流母线II根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向功率池放电,稳定 U_{dc2} ,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

[0049] 当直流子网II的功率缺失导致 $U_{L22} \leq U_{dc2} < U_{L21}$ 时,光伏发电单元II仍然工作于MPPT控制模式,功率池根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向直流母线II放电,稳定 U_{dc2} ,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

[0050] 当直流子网I的功率严重盈余导致 $U_{dc1} > U_{H12}$ 时,光伏发电单元I由MPPT控制模式切换至恒压控制模式,此时光伏发电单元I作为松弛终端,通过对Boost变换器I采用双闭环控制稳定 U_{dc1} ,同时直流母线I根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

[0051] 当直流子网I的功率严重缺失导致 $U_{dc1} < U_{L12}$ 时,按照优先级顺序切除部分直流负荷

I,同时功率池根据DC/DC变换器I的下垂特性曲线向直流母线I放电,直至 $U_{L11} \leq U_{dc1} \leq U_{H11}$;

[0052] 当直流子网II的功率严重盈余导致 $U_{dc2} > U_{H22}$ 时,光伏发电单元II由MPPT控制模式切换至恒压控制模式,此时光伏发电单元II作为松弛终端,通过对Boost变换器II采用双闭环控制稳定 U_{dc2} ,同时直流母线II根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

[0053] 当直流子网II的功率严重缺失导致 $U_{dc2} < U_{L22}$ 时,按照优先级顺序切除部分直流负荷II,同时功率池根据DC/DC变换器II的下垂特性曲线向直流母线II放电,直至 $U_{L21} \leq U_{dc2} \leq U_{H21}$;

[0054] 步骤S3:当功率池的储存能量适宜时, $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$,此时锂电池组不工作;

[0055] 当功率池的储存能量盈余导致 $U_{scH1} < U_{sc} \leq U_{scH2}$ 时,功率池根据DC/DC变换器III的下垂特性曲线向锂电池组放电,直至 $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$;

[0056] 当功率池的储存能量缺失导致 $U_{scL2} \leq U_{sc} < U_{scL1}$ 时,锂电池组根据DC/DC变换器III的下垂特性曲线向功率池放电,直至 $U_{scL1} \leq U_{sc} \leq U_{scH1}$;

[0057] 当功率池的储存能量严重盈余导致 $U_{sc} > U_{scH2}$,或者功率池的储存能量严重缺失导致 $U_{sc} < U_{scL2}$ 时,功率池停止工作;

[0058] 步骤S4:当 SOC_{bat} 超出 $[SOC_{batmin}, SOC_{batmax}]$ 时,锂电池组停止工作。

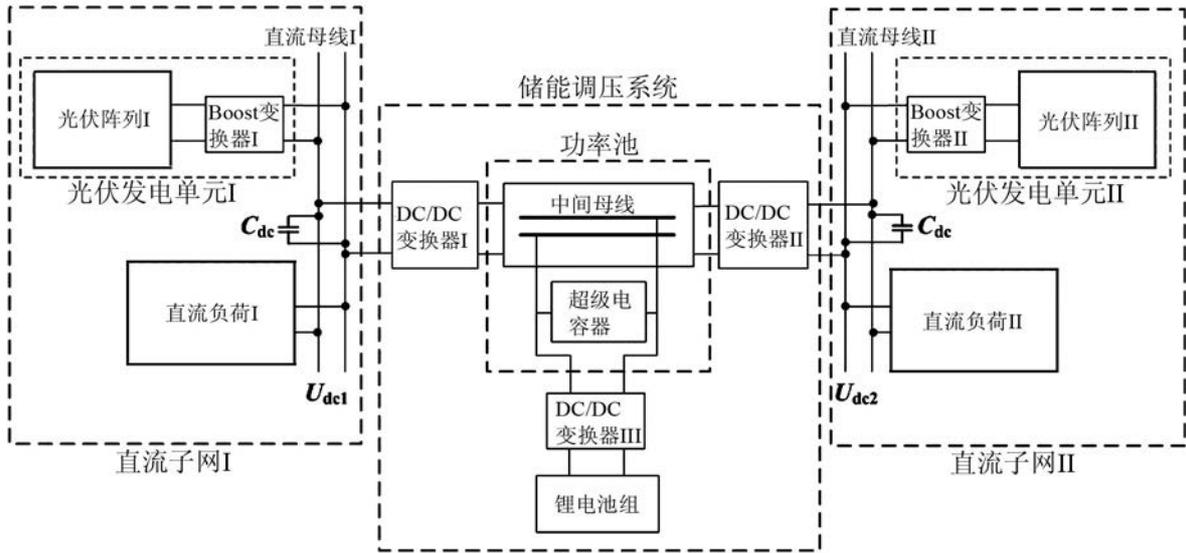


图1

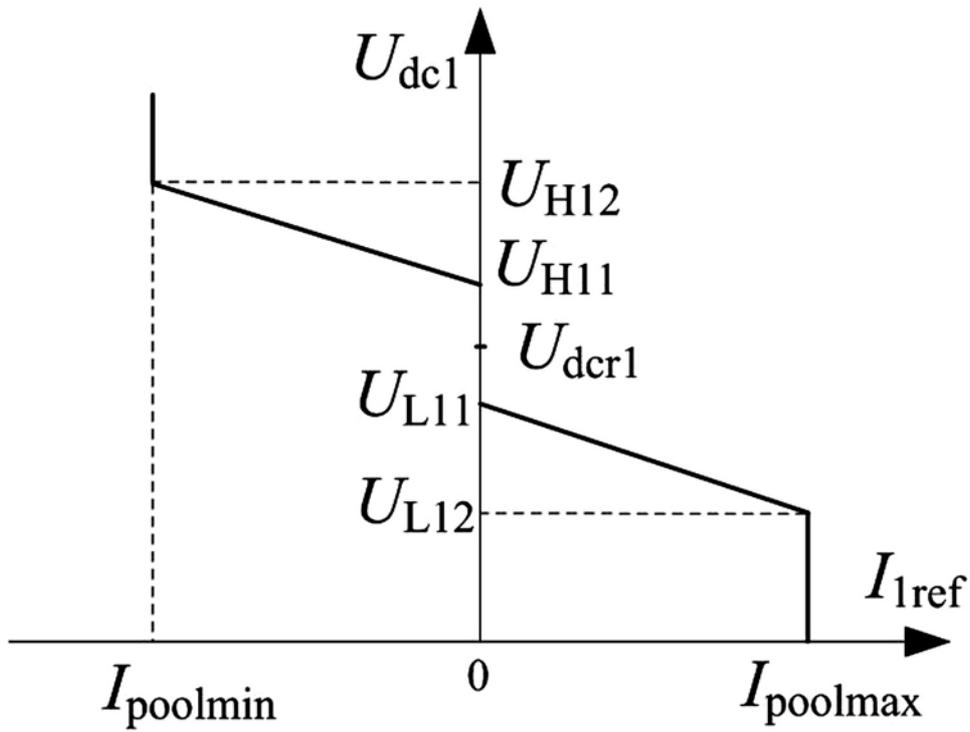


图2

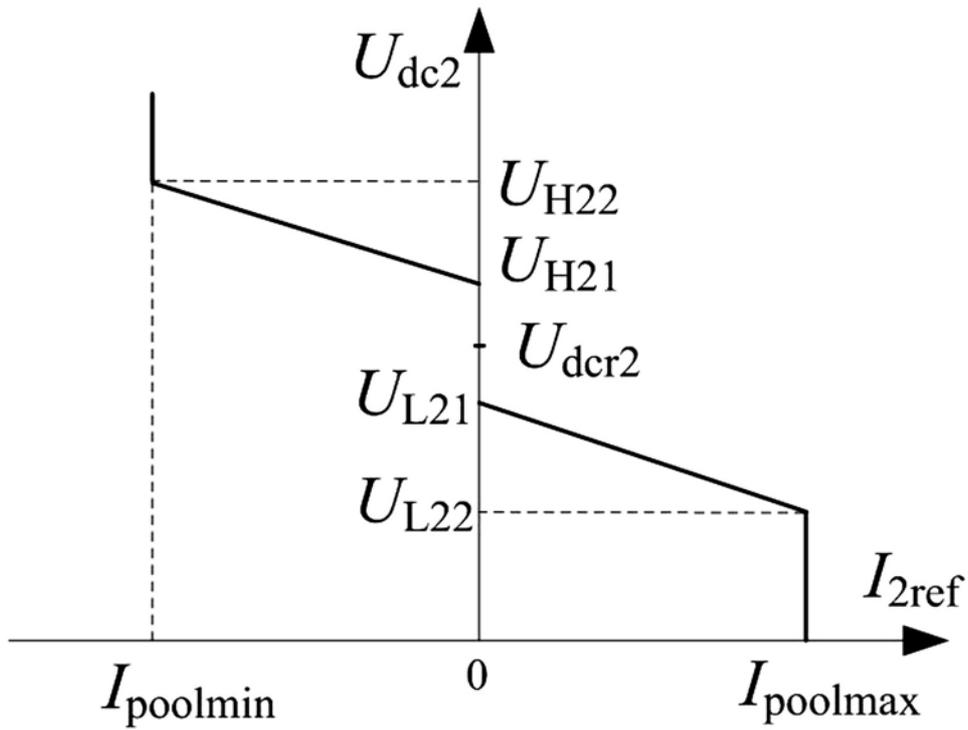


图3

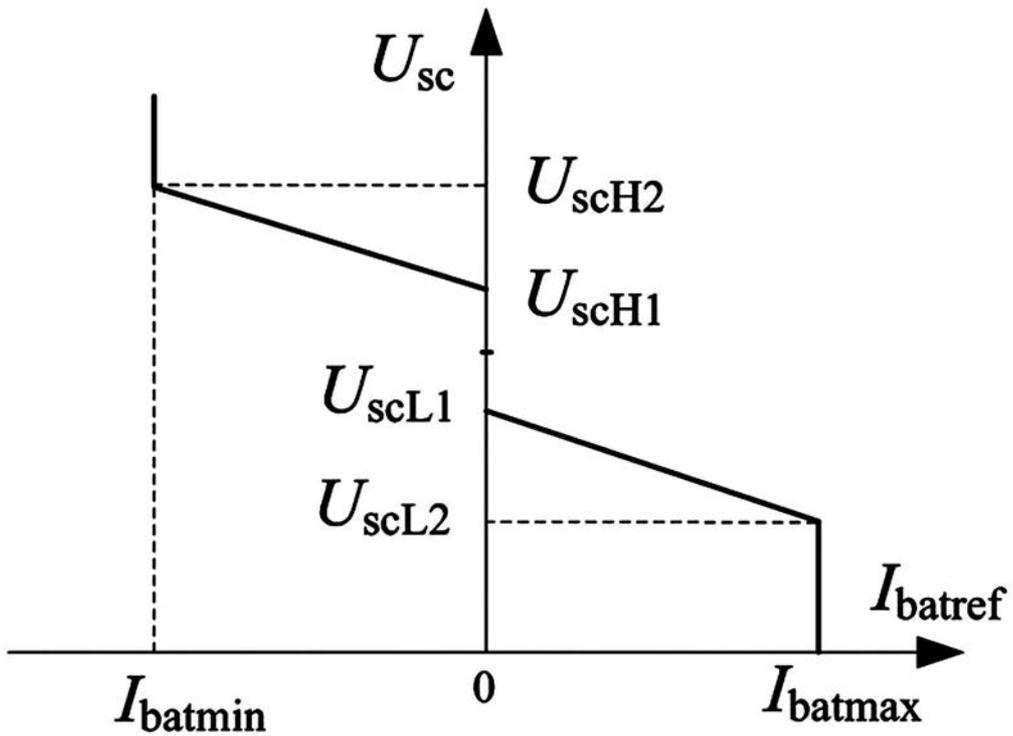


图4