(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2025 年 1 月 9 日 (09.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2025/007449 A1

(51) 国际专利分类号:
H02J 7/00 (2006.01) *H02J 3/32* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/126495

(22) 国际申请日: 2023 年 10 月 25 日 (25.10.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310808843.3 2023年7月4日 (04.07.2023) CN

(71) 申请人: 宁德时代新能源科技股份有限公司 (**CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LIMITED**) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 陈小波 (**CHEN, Xiaobo**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。范明山 (**FAN, Mingshan**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。刘有为 (**LIU, Youwei**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。胡璐 (**HU, Lu**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一联合知识产权代理有限公司 (**SHENZHEN ZHONGYI UNION INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO.,LTD.**); 中国广东省深圳市福田区莲花街道紫荆社区深南大道6008号深圳特区报业大厦33层, Guangdong 518034 (CN)。

(54) **Title:** MODULATION METHOD AND APPARATUS FOR CASCADED ENERGY STORAGE SYSTEM

(54) 发明名称: 级联式储能系统的调制方法及调制装置

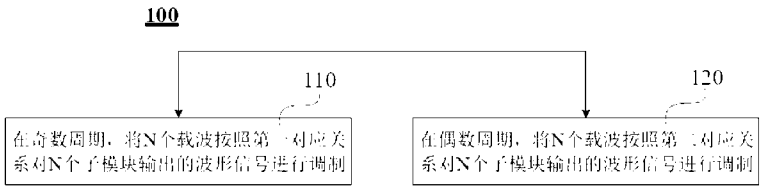


图 3

110 In an odd period, according to a first correspondence, use N carriers to modulate waveform signals output by N sub-modules

120 In an even period, according to a second correspondence, use the N carriers to modulate the waveform signals output by the N sub-modules

(57) **Abstract:** The present application provides a modulation method and apparatus for a cascaded energy storage system. The cascaded energy storage system comprises N sub-modules which are connected in cascade, wherein N is greater than or equal to 2. The modulation method comprises: in an odd period, according to a first correspondence, using N carriers to modulate waveform signals output by the N sub-modules; and in an even period, according to a second correspondence, using the N carriers to modulate the waveform signals output by the N sub-modules, wherein in the first correspondence and the second correspondence, the N carriers are in one-to-one correspondence with the N sub-modules, and the first correspondence is different from the second correspondence. The modulation method provided by the present application can solve the problem of SOC imbalance of energy storage batteries of sub-modules in phases of the cascaded energy storage system in a phase-shifted carrier modulation method.

(57) 摘要: 本申请提供了一种级联式储能系统的调制方法及调制装置，所述级联式储能系统包括级联连接的N个子模块，N≥2，所述调制方法包括：在奇数周期，将N个载波按照第一对应关系对所述N个子模块输出的波形信号进行调制；在偶数周期，将所述N个载波按照第二对应关系对所述N个子模块输出的波形信号进行调制，在所述第一对应关系与所述第二对应关系中，所述N个载波与所述N个子模块均一一对应，所述第一对应关系与所述第二对应关系不同。本申请提供的调制方法能够解决级联式储能系统在载波移相调制方法下相内子模块间储能电池的SOC不均衡问题。

WO 2025/007449 A1

[见续页]

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

级联式储能系统的调制方法及调制装置

本申请要求于 2023 年 07 月 04 日在中国专利局提交的、申请号为 2023108088433、发明名称为“级联式储能系统的调制方法及调制装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及储能系统技术领域，特别涉及一种级联式储能系统的调制方法及调制装置。

背景技术

在大容量电池储能系统中，级联 H 桥储能系统由于其扩展性强、大容量、高电压以及输出电压电流谐波含量小等优点，具有广泛的应用前景。级联 H 桥电池储能系统常用的调制策略是载波移相-脉冲宽度调制（phase shifted -pulse width modulation，PS-PWM）策略，该调制策略具有输出电能质量高、可以以较低的载波频率输出较高的等效开关频率、易于控制各单元输出功率以及易于实现模块化分布式控制等优点。

PS-PWM 调制法通过将三角载波与调制波进行比较输出控制信号，即每个子模块输出的 PS-PWM 信号均由一个三角载波与一个正弦波比较产生。由于各子模块对应的载波的初相角度存在少许差异，导致不同子模块之间输出或输入功率不完全一致，进而导致不同子模块储能电池的荷电状态（state of charge，SOC）不均衡，由此会缩短储能系统的使用寿命并会降低系统的使用效率。

技术问题

本申请的目的在于：提供一种级联式储能系统的调制方法及调制装置，能够解决级联式储能系统在载波移相调制方法下相内子模块间储能电池的 SOC 不均衡问题。

技术解决方案

本申请实施例采用的技术方案是：

第一方面，提供了一种级联式储能系统的调制方法，包括：所述级联式储能系统包括级联连接的 N 个子模块，N≥2，所述调制方法包括：在奇数周期，将 N 个载波按照第一对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制；在偶数周期，将所述 N 个载波按照第二对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制，在所述第一对应关系与所述第二对应关系中，所述 N 个载波与所述 N 个子模块均一一对应，所述第一对应关系与所述第二对应关系不同。

在一种可能的实现方式中，每一个载波在所述第一对应关系与所述第二对应关系中所对应的子模块均不相同。

在一种可能的实现方式中，部分载波在所述第一对应关系与所述第二对应关系中所对应的子模块相同。

在一种可能的实现方式中，在所述第一对应关系中的第 i 个载波，与所述第二对应关系中的第 N+1－i 个载波，对应同一个子模块，其中，i 的值越大第 i 个载波的初相角度越大，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

在一种可能的实现方式中，将所述 N 个载波按照初相角度从小到大进行排序后划分为 M 个载波组，每个载波组包含的载波数量相同并且大于 1，M 为偶数（例如 2、4 或 6 等），

在所述第一对应关系中的第 i 个载波组的载波，与所述第二对应关系中的第 M+1－i 个载波组的载波，对应相同的子模块，其中，i 取遍不大于 M 的所有正整数。

在一种可能的实现方式中，所述 N 个载波中第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i，或者，所述 N 个载波中第 i 个载波的初相角度为（π/N）×i，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

在一种可能的实现方式中，每个子模块包括并联设置的储能电池、吸收电容以及变流器。

在一种可能的实现方式中，所述级联式储能系统包括级联 H 桥或者级联半桥。

在一种可能的实现方式中，所述载波包括三角载波或者梯形波。

第二方面，提供了一种级联式储能系统的调制装置，所述级联式储能系统包括级联连接的 N 个子模块，N≥2，所述调制装置包括：第一调制单元，用于在奇数周期，将 N 个载波按照第一对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制；第二调制单元，用于在偶数周期，将所述 N 个载波按照第二对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制，在所述第一对应关系与所述第二对应关系中，所述 N 个载波与所述 N 个子模块均一一对应，所述第一对应关系与所述第二对应关系不同。

在一种可能的实现方式中，每一个载波在所述第一对应关系与所述第二对应关系中所对应的子模块均不相同。

在一种可能的实现方式中，部分载波在所述第一对应关系与所述第二对应关系中所对应的子模块相同。

在一种可能的实现方式中，在所述第一对应关系中的第 i 个载波，与所述第二对应关系中的第 N+1－i 个载波，对应同一个子模块，其中，i 的值越大第 i 个载波的初相角度越大，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

在一种可能的实现方式中，将所述 N 个载波按照初相角度从小到大进行排序后划分为 M 个载波组，每个载波组包含的载波数量相同并且大于 1，M 为偶数（例如 2、4 或 6 等），在所述第一对应关系中的第 i 个载波组的载波，与所述第二对应关系中的第 M+1－i 个载波组的载波，对应相同的子模块，其中，i 取遍不大于 M 的所有正整数。

在一种可能的实现方式中，所述 N 个载波中第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i，或者，所述 N 个载波中第 i 个载波的初相角度为（π/N）×i，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

在一种可能的实现方式中，每个子模块包括并联设置的储能电池、吸收电容以及变流器。

在一种可能的实现方式中，所述级联式储能系统包括级联 H 桥或者级联半桥。

在一种可能的实现方式中，所述载波包括三角载波或者梯形波。

第三方面，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序，当所述计算机程序在电子设备上运行时，使得所述电子设备执行前述第一方面中任一种实现方式所提供的调制方法。

第四方面，提供了一种级联式储能系统的调制装置，包括：处理器；存储器；以及计算机程序，所述计算机程序被存储在所述存储器中，当所述计算机程序被所述处理器执行时，使得所述调制装置执行前述第一方面中任一种实现方式所提供的调制方法。

第五方面，提供了一种计算机程序产品，包括：计算机程序代码，当所述计算机程序代码在电子设备上运行时，使得所述电子设备执行前述第一方面中任一种实现方式所提供的调制方法。

第六方面，提供了一种芯片，包括：处理器，用于从存储器中调用并运行计算机程序，使得安装有所述芯片的电子设备执行前述第一方面中任一种实现方式所提供的调制方法。

可以理解地，上述第二方面、第四方面提供的调制装置、第三方面提供的计算机可读存储介质、第五方面提供的计算机程序产品以及第六方面提供的芯片均用于执行前述第一方面所提供的调制方法，因此，其所能达到的有益效果可参考上文所提供的对应的方法中的有益效果，此处不再赘述。

有益效果

本申请实施例提供的第一方面的有益效果在于：N 个载波与 N 个子模块具有第一对应关系和第二对应关系这两种对应关系，能够轮流交替的使用这两种对应关系将 N 个载波施加给 N 个子模块。由于第一对应关系与第二对应关系是不相同的，在相邻的两个周期内，N 个子模块中的至少部分子模块将被施加两个不同的载波进行调制。即可以轮流交替的由两个不同的载波来对同一个子模块输出的波形信号进行调制，同一个载波能够被施加到两个不同的子模块之上。由此使得同一个子模块在相邻的两个周期内能够被初相角度不同的两个载波施加影响，并且同一个载波在相邻的两个周期内能够对两个不同子模块施加影响，相对于相关技术中通过固定对应关系一直由同一个载波来对子模块进行波形调制，本申请能够缓解因为固定对应关系而对子模块带来的有功功率不相等的现象，能够抑制能量不均的产生，使得子模块直流侧的电压趋向一致，缓解电池的容量不一致性，使得储能电池的 SOC 趋于均衡。

本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法，通过进行载波对调操作，能够解决级联式储能系统在载波移相调制方法下相内子模块间储能电池的 SOC 不均衡问题。从而能够缓解电池组的过充过放问题，可以使电池工作在最优状态，提高电池的利用率，延长电池的使用寿命。同时，本申请使用的控制方法比较简单，易于实现。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例或示范性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申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其它的附图。

图 1 是三相级联 H 桥电池储能系统的拓扑图。

图 2 是本申请提供的级联式储能系统的调制方法的应用场景示意图。

图 3 是本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法的流程示意图。

图 4 是各个子模块所对应的载波的波形图。

图 5 是本申请方案与相关技术方案的累计 SOC 差的对比曲线图。

图 6 是本申请实施例提供的调制装置的一例的示意性框图。

图 7 是本申请实施例提供的调制装置的另一例的结构框图。

本发明的实施方式

下面将结合附图，对本申请中的技术方案进行描述。显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本申请实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体

细节的其它实施例中也可以实现本申请。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本申请的描述。

本文中术语“包括”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。术语“包括”、“包含”、“具有”及它们的变形都意味着“包括但不限于”，除非是以其他方式另外特别强调。

以下，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本申请实施例的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

本文中术语“和/或”，仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。另外，本文中字符“/”，一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

随着智能电网的发展，太阳能、风能等大量的可再生能源能够被并入到电网当中。然而，由于可再生能源的随机性和不稳定性，在交流电网系统中可以加入一定容量的电池储能系统，以达到平抑可再生能源接入电网所带来的功率波动、提高供电可靠性、改善电能质量的目的。随着可再生能源发电规模的扩大，需要更大容量的电池储能系统。在大容量电池储能系统中，级联 H 桥储能系统由于其扩展性强、大容量、高电压以及输出电压电流谐波含量小等优点，具有广泛的应用前景。

图 1 是三相级联 H 桥电池储能系统的拓扑图，图 1 中的 Ua、Ub、Uc 分别表示 A 相系统电压、B 相系统电压以及 C 相系统电压；La、Lb、Lc 分别表示 A 相连接电感、B 相连接电感以及 C 相连接电感；Uba1、Uba2 以及 UbaN 等分别表示 A 相的 N 个子模块；Ubb1、Ubb2 以及 UbbN 等分别表示 B 相的 N 个子模块；Ubc1、Ubc2 以及 UbcN 等分别表示 C 相的 N 个子模块。

如图 1 所示，该电路拓扑每相由 N 个相同的子模块级联而成，每个子模块由储能电池、吸收电容和一个 H 桥变流器组成。或者说，每相由 N 个相同的 H 桥级联而成，每个 H 桥的直流侧并联吸收电容和储能电池。三相的末端采用星形连接，每一相通过连接电感挂在三相工频电网上。

级联 H 桥电池储能系统的调制方式有很多种，包括载波移相、载波层叠、不连续调制等。载波层叠调制下各模块功率分布不平衡。不连续调制下需要平衡开关次数和输出波形之间的关系。载波移相调制技术具有较大的性能优势，既可以保证模块之间的功率平衡，又可以保证输出波形的质量，因此被广泛应用于工业领域。目前级联 H 桥电池储能系统常用的调制策略是载波移相-脉冲宽度调制（phase shifted -pulse width modulation，PS-PWM）策略，该调制策略具有输出电能质量高、可以以较低的载波频率输出较高的等效开关频率、易于控制各单元输出功率以及易于实现模块化分布式控制等优点。

PS-PWM 调制法是一种适合于级联多电平逆变器的调制方法。每个子模块输出的 PS-PWM 信号均由一个三角载波与一个正弦波比较产生。所有模块的正弦波都相同，但每个模块的三角载波与其相邻模块的三角载波之间有一定相移，使各模块最终叠加输出的 PS-PWM 信号的等效开关率提高，大大减小了输出谐波。

如图 1 所示，每一相的每个子模块（H 桥）都采用低开关频率的 PS-PWM 调制方法，

各子模块的调制波（例如正弦波）均相同，用 N 组三角载波分别进行调制，各三角载波具有相同的频率和幅值，但相位依次相差固定的角度，从而使每个子模块输出的 PS-PWM 脉冲（信号）也错开一定的角度，大大增加了等效开关频率，经过叠加后，每一相最终输出的波形是一个多电平的阶梯波，通过选择合适的移相角度可以使输出电压的谐波含量大幅度减少。

以图 1 中的 A 相为例，A 相的电路系统包括 N 个子模块，此时可以生成 N 个载波，这 N 个载波的相位差依次相差 2π/N。此时可以使这 N 个载波的初相角度（初始相位）依次为 2π/N、（2π/N）×2、（2π/N）×3…2π，即初相角度按照从小到大的顺序，第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i，i 取遍不大于 N 的所有正整数。这样，各个子模块的调制波完全一致，载波的幅值和频率也一致，但载波的相位不同。将这 N 个载波按照顺序依次分配给 A 相的 N 个子模块，各个子模块对应的载波可以和同一个调制波（通常为正弦波）进行比较，以生成对该子模块自身的 H 桥的控制信号，并通过该控制信号控制 H 桥中各个开关的通断，进而实现对各子模块输出波形的调制。此时，N 个子模块输出的波形信号经过串联叠加以后形成的逆变电压波形基本为交流电网中的正弦电压。

PS-PWM 调制法通过将三角载波与调制波进行比较输出控制信号，计算简单，易于实现，能够降低控制系统对硬件的依赖，并能解决控制信号生成的实时性问题。然而，由于各子模块对应的载波的初相角度的少许差异，导致其输出或输入功率不完全一致，即各子模块三角载波的差异会对单模块带来的有功功率不相等的现象，进而导致不同子模块储能电池的荷电状态（state of charge，SOC）存在差异，这会增大同相级联的子模块间的容量不一致性，从而减小储能系统的可用容量。进一步地，由于电池的 SOC 不均衡，将会缩短储能系统的使用寿命并会降低系统的使用效率。例如，SOC 较大的电池在充电时容易出现过充，而 SOC 较小的电池容易在放电的时候出现过放，严重时不得不将子模块切除，这不仅降低了系统的稳定性，也降低了电池的利用率，损害了电池使用寿命。

基于此，本申请实施例提供了一种级联式储能系统的调制方法，能够解决级联式储能系统在载波移相调制方法下相内子模块间储能电池的 SOC 不均衡问题。

本申请实施例提供的方法能够被应用于级联式储能系统中，该级联式储能系统可以包括级联连接的 N 个子模块（N≥2）。根据该调制方法，可以首先确定与该 N 个子模块一一对应的 N 个载波。在该基础上，在第 1、第 3、第 5 等奇数周期，将该 N 个载波按照第一对应关系施加到该 N 个子模块上，以对该 N 个子模块输出的波形信号进行调制。并且，在第 2、第 4、第 6 等偶数周期，将该 N 个载波按照第二对应关系对该 N 个子模块输出的波形信号进行调制，第一对应关系与第二对应关系不同。

由于第一对应关系与第二对应关系是不相同的，使得同一个子模块在相邻的两个周期内能够被初相角度不同的两个载波施加影响，并且同一个载波在相邻的两个周期内能够对两个不同子模块施加影响，相对于相关技术中通过固定对应关系一直由同一个载波来对子模块进行波形调制，本申请能够缓解因为固定对应关系而对子模块带来的有功功率不相等的现象，能够抑制能量不均的产生，使得子模块直流侧的电压趋向一致，缓解电池的容量不一致性，使得储能电池的 SOC 趋于均衡。

图 2 是本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法的应用场景示意图。本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法可以应用于图 2 所示的场景下。如图 2 所示，该场景包括级联式储能系统与调制装置，调制装置用于将载波施加到级联式储能系统的子模块

上，以对子模块输出的波形信号进行调制。一些情况下，调制装置也可以看作是级联式储能系统的一部分。

其中，级联式储能系统可以是级联 H 桥电池储能系统、级联半桥电池储能系统，或者是基于模块化多电平换流器（Modular Multilevel Converter，MMC）的电池储能系统等。该级联式储能系统包括三相桥臂，每一相桥臂包括 N 个子模块（N≥2），例如图 2 中所示出的 4 个子模块，每一相桥臂的一端通过连接电感连接三相工频电网，另一端采用星形连接。每个子模块包括并联设置的储能电池、吸收电容以及变流器（也被称为逆变器）。其中，该变流器可以是 H 桥或者半桥，但不限于此。

调制装置用于向子模块输出载波以对子模块输出的波形信号进行调制，该载波例如可以是三角波或者梯形波等。调制装置例如可以是上位机、下位机、工业计算机、工控机、储能变流器（Power Conversion System，PCS）等能够实现上述功能的任意电子设备、芯片、控制器或者处理器等。可以由该调制装置来执行本申请实施例提供的调制方法，以解决级联式储能系统相内子模块间储能电池的 SOC 不均衡问题。

下面以图 2 中调制装置对 A 相桥臂的 4 个子模块进行调制为例来说明本申请实施例提供的调制方法。根据本申请实施例提供的调制方法，调制装置首先确定 4 个载波（例如为三角波或者梯形波），该 4 个载波的初相角度各不相同并且与 4 个子模块一一对应。在第 1 周期等奇数周期，调制装置按照第一对应关系将 4 个载波对应施加到 4 个子模块，即载波#1、载波#2、载波#3 以及载波#4 依次对应施加给子模块#1、子模块#2、子模块#3 以及子模块#4。在第 2 周期等偶数周期，调制装置按照第二对应关系将 4 个载波对应施加到 4 个子模块，即载波#1、载波#2、载波#3 以及载波#4 依次对应施加给子模块#4、子模块#3、子模块#2 以及子模块#1。

这样，可以周期性的进行载波对调操作，两个不同的载波轮流交替的对同一个子模块输出的波形信号进行调制。即载波#1 和载波#4 轮流交替的对子模块#1 输出的波形信号进行调制，载波#2 和载波#3 轮流交替的对子模块#2 输出的波形信号进行调制，载波#3 和载波#2 轮流交替的对子模块#3 输出的波形信号进行调制，载波#4 和载波#1 轮流交替的对子模块#4 输出的波形信号进行调制。

相对于相关技术中通过固定对应关系一直由同一个载波来对子模块进行波形调制，本申请由两个不同的载波轮流来对同一个子模块进行波形调制，并且同一个载波会被施加到两个不同的子模块上。由此使得同一个子模块能够被初相角度不同的两个载波施加影响，并且同一个载波能够对两个不同子模块施加影响。进而能够缓解因为固定对应关系而对子模块带来的有功功率不相等的现象，使得储能电池的 SOC 趋于均衡。

基于图 1 所示的拓扑图或图 2 所示的应用场景，结合本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法，下面继续对本申请中提出的技术问题进行具体分析和解决。

参见附图 3，图 3 是本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法 100 的流程示意图。调制方法 100 的执行主体是前述的调制装置，用于对前述的级联式储能系统的子模块的波形信号进行调制，该级联式储能系统包括级联连接的 N 个子模块，N≥2。如图 3 所示，调制方法 100 包括步骤 110-步骤 120。

步骤 110，在奇数周期，调制装置将 N 个载波按照第一对应关系对该 N 个子模块输出的波形信号进行调制；

步骤 120，在偶数周期，调制装置将该 N 个载波按照第二对应关系对 N 个子模块输出

的波形信号进行调制，在第一对应关系与第二对应关系中，该 N 个载波与该 N 个子模块均一一对应，第一对应关系与第二对应关系不同。

具体地，级联式储能系统包括级联连接的 N 个子模块，N 为大于或等于 2 的整数。调制装置可以首先确定与该 N 个子模块一一对应的 N 个载波。这里的 N 个载波可以为三角波或者梯形波，N 个载波的初相角度可以各不相同，例如，其中第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i，i 取遍不大于 N 的所有正整数，即第 1 个到第 N 个载波的初相角度依次为 2π/N、（2π/N）×2、（2π/N）×3…2π。再例如，其中第 i 个载波的初相角度为（π/N）×i，i 取遍不大于 N 的所有正整数，即第 1 个到第 N 个载波的初相角度依次为 π/N、（π/N）×2、（π/N）×3…π。

在该基础上，在第 1、第 3、第 5 等奇数周期，将该 N 个载波按照第一对应关系施加到该 N 个子模块上，以对该 N 个子模块输出的波形信号进行调制。并且，在第 2、第 4、第 6 等偶数周期，将该 N 个载波按照第二对应关系对该 N 个子模块输出的波形信号进行调制，第一对应关系与第二对应关系不同。

在这里，无论第一对应关系还是第二对应关系，N 个子模块与 N 个载波均是一一对应的关系。区别在于，二者的对应关系或者对位顺序不同。具体地，对于其中的至少一个子模块，其在第一对应关系和第二对应关系中所对应的载波是不同的，即对应初相角度不同的两个载波。换句话说，对于其中的至少一个载波，其在第一对应关系和在第二对应关系所对应的子模块是不同的。第一对应关系和第二对应关系可以是工作人员预先设定好的，也可以是调制装置随机生成或者根据一定的原则而生成的。

表 1：第一对应关系与第二对应关系的一个示例

	子模块	载波		子模块	载波
第一对应关系	子模块#1	载波#1	第二对应关系	子模块#1	载波#5
	子模块#2	载波#2		子模块#2	载波#4
	子模块#3	载波#3		子模块#3	载波#3
	子模块#4	载波#4		子模块#4	载波#2
	子模块#5	载波#5		子模块#5	载波#1

表 1 是第一对应关系与第二对应关系的一个示例。如表 1 所示，级联式储能系统包括级联连接的 5 个子模块（即前述 N 的值为 5），分别为子模块#1~子模块#5，调制装置据此确定 5 个载波，分别为载波#1~载波#5。在第一对应关系中，子模块#1~子模块#5 依次分别对应载波#1~载波#5，而在第二对应关系中，子模块#1~子模块#5 依次分别对应载波#5~载波#1。

图 4 是各个子模块所对应的载波的波形图，图 4 中横坐标表示时间，例如包括多个不同的周期，纵坐标表示载波的幅值。结合表 1 和图 4，在第 1、第 3 以及第 5 等奇数周期，控制装置按照第一对应关系（即子模块#1~子模块#5 依次分别对应载波#1~载波#5）将 5 个载波对应施加给 5 个子模块，以对 5 个子模块输出的波形信号进行调制。在第 2、第 4 等偶数周期，对载波进行对调操作，此时控制装置按照第二对应关系（即子模块#1~子模块#5 依次分别对应载波#5~载波#1）将 5 个载波对应施加给 5 个子模块，以对 5 个子模块输出的波形信号进行调制。

根据本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法 100，N 个载波与 N 个子模块具有第一对应关系和第二对应关系这两种对应关系，能够轮流交替的使用这两种对应关系将

N 个载波施加给 N 个子模块。由于第一对应关系与第二对应关系是不相同的，在相邻的两个周期内，N 个子模块中的至少部分子模块将被施加两个不同的载波进行调制。即可以轮流交替的由两个不同的载波来对同一个子模块输出的波形信号进行调制，同一个载波能够被施加到两个不同的子模块之上。由此使得同一个子模块在相邻的两个周期内能够被初相角度不同的两个载波施加影响，并且同一个载波在相邻的两个周期内能够对两个不同子模块施加影响，相对于相关技术中通过固定对应关系一直由同一个载波来对子模块进行波形调制，本申请能够缓解因为固定对应关系而对子模块带来的有功功率不相等的现象，能够抑制能量不均的产生，使得子模块直流侧的电压趋向一致，缓解电池的容量不一致性，使得储能电池的 SOC 趋于均衡。

本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法，通过进行载波对调操作，能够解决级联式储能系统在载波移相调制方法下相内子模块间储能电池的 SOC 不均衡问题。从而能够缓解电池组的过充过放问题，可以使电池工作在最优状态，提高电池的利用率，延长电池的使用寿命。同时，本申请使用的控制方法比较简单，易于实现。

可选地，任意相邻的两个周期的时长可以相同，也可以不同。例如，奇数周期的时长均相同并且为第一时长，偶数周期的时长均相同并且为第二时长，第一时长与第二时长可以相等也可以不相等。

可选地，任意相邻的两个周期的时长均相同，即第一时长等于第二时长。例如该时长大于或等于至少一个载波的载波周期，例如该时长可以为 1 个、1.5 个、2 个、3 个、5 个或者更多个工频周期（每个工频周期为 0.02 秒）的长度。

在一种可能的实现方式中，在第一对应关系与第二对应关系中，任意一个载波对应的子模块不同。

也就是说，每一个子模块在相邻的两个周期内均能够被初相角度不同的两个载波施加影响，并且任意一个载波在相邻的两个周期内均能够对两个不同子模块施加影响，由此能够更大程度的缓解有功功率不相等的现象，尽可能的抑制能量不均的产生，使得子模块直流侧的电压趋向一致，缓解电池的容量不一致性，促进储能电池的 SOC 趋于均衡。

表 2：第一对应关系与第二对应关系的另一个示例

	子模块	载波		子模块	载波
第一对应关系	子模块#1	载波#1	第二对应关系	子模块#1	载波#4
	子模块#2	载波#2		子模块#2	载波#3
	子模块#3	载波#3		子模块#3	载波#2
	子模块#4	载波#4		子模块#4	载波#1

表 2 是第一对应关系与第二对应关系的另一个示例。如表 2 所示，级联式储能系统包括级联连接的 4 个子模块（即前述 N 的值为 4），分别为子模块#1~子模块#4，调制装置据此确定 4 个载波，分别为载波#1~载波#4。在第一对应关系中，子模块#1~子模块#4 依次分别对应载波#1~载波#4，而在第二对应关系中，子模块#1~子模块#4 依次分别对应载波#4~载波#1。此时，在第一对应关系与第二对应关系中，载波#1 分别对应子模块#1 和子模块#4，载波#2 分别对应子模块#2 和子模块#3，载波#3 分别对应子模块#3 和子模块#2，载波#4 分别对应子模块#4 和子模块#1，即任意一个载波对应的子模块不同，任意一个子模块在相邻的两个周期内均能够被初相角度不同的两个载波施加影响，由此能够使得这 4 个子模块的

储能电池的 SOC 趋于均衡。

在另一种可能的实现方式中，在第一对应关系与第二对应关系中，部分载波对应的子模块相同。

也就是说，N 个载波中的部分载波执行对调操作，另一部分载波不执行对调操作，此时不执行对调操作的载波始终被施加给某一固定的子模块。通过以上设置能够简化调整装置的操作，丰富本申请实施例提供的调制方法 100 的应用场景。例如，初相角度越大的载波，其对储能电池的 SOC 均衡产生的影响可能也越大，而对于初相角度不大不小的位于中间的某个或者部分载波，其对储能电池的 SOC 均衡的影响也处于中间位置，此时这部分载波可以不执行对调操作，而是让初相角度较小的载波与初相角度较大的载波进行对调，以此来促进不同子模块的储能电池的 SOC 趋于均衡。

可选地，子模块的数量可以为奇数个，此时需要对应确定（生成）奇数个初相角度各不相同的载波，初相角度位于最中间的载波（例如表 1 中的载波#3）可以不执行对调操作，此时无论在第一对应管关系和第二对应关系中，该载波均对应同一个子模块（即子模块#3）。

在再一种可能的实现方式中，在第一对应关系中的第 i 个载波，与第二对应关系中的第 N+1－i 个载波，对应同一个子模块，其中，i 的值越大第 i 个载波的初相角度越大，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

也就是说，初相角度按照从小到大进行排序，初相角度越大的载波，其对应的序号也越大。例如，第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i 或者（π/N）×i。在第一对应关系中的第 i 个载波与第二对应关系中的第 N+1－i 个载波对应同一个子模块，能够使得初相角度最大的载波和最小的载波轮流交替的施加于该子模块上，并能够使初相角度第二大的载波和第二小的载波轮流交替的施加于另一个子模块上，以此类推。由于初相角度越大的载波，其对储能电池的 SOC 均衡产生的影响可能也越大，通过以上设置能够进一步促进不同子模块的储能电池的 SOC 趋于均衡。

例如，在前述表 1 中，子模块的数量可以为奇数个，例如 N 的值为 5，此时需要对应确定 5 个初相角度各不相同的载波，载波#1~载波#5 的初相角度依次增大（例如第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i），此时可以让载波#1（i=1）与载波#5（N+1－i=5）进行对调，并且让载波#2（i=2）与载波#4（N+1－i=4）进行对调，载波#3 始终作用于子模块#3，即载波#3 不进行对调操作。

再例如，在前述表 2 中，子模块的数量可以为偶数个，例如 N 的值为 4，此时需要对应确定 4 个初相角度各不相同的载波，载波#1~载波#4 的初相角度依次增大（例如第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i），此时可以让载波#1（i=1）与载波#4（N+1－i=4）进行对调，并且让载波#2（i=2）与载波#3（N+1－i=3）进行对调，此时每一个载波均需要进行对调操作。

在再一种可能的实现方式中，将该 N 个载波按照初相角度从小到大进行排序后划分为 M 个载波组，每个载波组包含的载波数量相同并且大于 1，M 为偶数（例如 2、4 或 6 等），在第一对应关系中的第 i 个载波组的载波，与第二对应关系中的第 M+1－i 个载波组的载波，对应相同的子模块，其中，i 取遍不大于 M 的所有正整数。

可选地，每个载波组均包括 j 个载波（j=N/M），则在第一对应关系中的第 i 个载波组的 j 个载波，与第二对应关系中的第 M+1－i 个载波组的 j 个载波，对应相同的 j 个子模块，例如均对应子模块#1~子模块#j。

此时可以将第 i 个载波组的载波与第 M+1－i 个载波组的载波进行周期性对调操作，能够进一步促进不同子模块的储能电池的 SOC 趋于均衡。

在这里，i 取遍不大于 M 的所有正整数，例如 i 可以为 1、2、3…M。其中，第一对应关系中的第 1 个载波组与第二对应关系中的第 M 个（即最后一个）载波组对应相同的子模块，即第 1 个载波组与第 M 个载波组进行对调；第一对应关系中的第 2 个载波组与第二对应关系中的第 M-1 个（即倒数第二个）载波组对应相同的子模块，即第 2 个载波组与第 M-1 个载波组进行对调；以此类推。通过以上设置，能够使得初相角度最大的载波组和最小的载波组轮流交替的施加于同一组子模块上（载波与子模块一一对应），并能够使初相角度第二大的载波组和第二小的载波组轮流交替的施加于另一组子模块上，以此类推。由于初相角度越大的载波，其对储能电池的 SOC 均衡产生的影响可能也越大，由此能够进一步促进不同子模块的储能电池的 SOC 趋于均衡。

作为一个具体的示例，三相级联式储能系统的每一相均包括 30 个级联连接的子模块（N=30），此时需要确定 30 个初相角度各不相同的载波。例如，第 i 个载波的初相角度为（2π/30）×i，i 取遍不大于 30 的所有正整数，30 个载波的频率均为 150Hz。在第一对应关系中的第 i 个载波与第二对应关系中的第 N+1－i 个载波对应同一个子模块，每经过一个工频周期（即周期时长为一个工频周期 0.02 秒），对载波进行对调一次，即第 i 个载波与第 N+1－i 个载波进行对调。

图 5 是本申请方案与相关技术方案的累计 SOC 差的对比曲线图。如图 5 所示，本申请方案（载波移相+对调）相对于相关技术（载波移相），单相各子模块间 1 秒内最大 SOC 累计差异缩小了 1/3。SOC 累计差表示不同储能电池的 SOC 最大差异，SOC 累计差的值越小，表示各个子模块的储能电池的 SOC 越集中，说明本申请实施例提供的调制方法 100 能够有效缓解电池的容量不一致性，使得储能电池的 SOC 趋于均衡。

上文结合图 1 至图 5 详细描述了本申请实施例提供的级联式储能系统的调制方法，下面结合图 6、图 7 描述本申请实施例的调制装置。应理解，图 6、图 7 所示的调制装置能够实现图 3 所示的方法流程中的一个或者多个的步骤。为避免重复，在此不再详细赘述。

图 6 是本申请实施例提供的调制装置 200 的示意性框图，调制装置 200 用于对前述的级联式储能系统的子模块的波形信号进行调制，该级联式储能系统包括级联连接的 N 个子模块，N≥2。如图 6 所示，该调制装置 200 包括第一调制单元 210 和第二调制单元 220。

第一调制单元 210，用于在奇数周期，将 N 个载波按照第一对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制。

第二调制单元 220，用于在偶数周期，将所述 N 个载波按照第二对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制，在所述第一对应关系与所述第二对应关系中，所述 N 个载波与所述 N 个子模块均一一对应，所述第一对应关系与所述第二对应关系不同。

可选地，每一个载波在所述第一对应关系与所述第二对应关系中所对应的子模块均不相同。

可选地，部分载波在所述第一对应关系与所述第二对应关系中所对应的子模块相同。

可选地，在所述第一对应关系中的第 i 个载波，与所述第二对应关系中的第 N+1－i 个载波，对应同一个子模块，其中，i 的值越大第 i 个载波的初相角度越大，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

可选地，将所述 N 个载波按照初相角度从小到大进行排序后划分为 M 个载波组，每个

载波组包含的载波数量相同并且大于 1，M 为大于零的偶数，在所述第一对应关系中的第 i 个载波组的载波，与所述第二对应关系中的第 M+1－i 个载波组的载波，对应相同的子模块，其中，i 取遍不大于 M 的所有正整数。

可选地，所述 N 个载波中第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i，或者，所述 N 个载波中第 i 个载波的初相角度为（π/N）×i，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

可选地，每个子模块包括并联设置的储能电池、吸收电容以及变流器。

可选地，所述级联式储能系统包括级联 H 桥或者级联半桥。

可选地，所述载波包括三角载波或者梯形波。

具体地，该调制装置 200 可对应于根据本申请实施例的调制方法 100 中的调制装置。该调制装置 200 可以包括用于执行图 3 中调制装置执行的方法的各个单元。并且，该调制装置 200 中的各单元和上述其他操作和/或功能分别为了实现调制方法 100 的相应流程，各单元执行上述相应步骤的具体过程在调制方法 100 中已经详细说明，为了简洁，在此不再赘述。

本申请实施例还提供了调制装置 300，图 7 是本申请实施例提供的调制装置 300 的结构框图。如图 7 所示，调制装置 300 包括处理器 310 以及存储器 320，上述各个器件可以通过一个或者多个总线 330 连接。

调制装置 300 还包括计算机程序 321，计算机程序 321 被存储在存储器 320 中，当该计算机程序 321 被处理器 310 执行时，使得调制装置 300 执行上述图 3 所示的调制方法 100。其中，上述方法实施例涉及的各步骤的所有相关内容均可以援引到对应实体器件的功能描述，在此不再赘述。

本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质包括计算机程序，当其在计算机上运行时，使得该计算机执行上述方法实施例提供的方法。

本申请实施例还提供一种计算机程序产品，包括：计算机程序代码，当该计算机程序代码在电子设备上运行时，使得该电子设备执行上述方法实施例提供的方法。

本申请实施例还提供一种芯片系统，包括存储器和处理器，该存储器用于存储计算机程序，该处理器用于从存储器中调用并运行该计算机程序，使得安装有该芯片系统的电子设备执行上述方法实施例提供的方法。

其中，该芯片系统可以包括用于发送信息或数据的输入电路或者接口，以及用于接收信息或数据的输出电路或者接口。

应理解，本申请实施例中，该处理器可以为中央处理单元（central processing unit，CPU），该处理器还可以是其他通用处理器、数字信号处理器（digital signal processor，DSP）、专用集成电路（application specific integrated circuit，ASIC）、现成可编程门阵列（field programmable gate array，FPGA）或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

还应理解，本申请实施例中的存储器可以是易失性存储器或非易失性存储器，或可包括易失性和非易失性存储器两者。其中，非易失性存储器可以是只读存储器（read-only memory，ROM）、可编程只读存储器（programmable ROM，PROM）、可擦除可编程只读存储器（erasable PROM，EPROM）、电可擦除可编程只读存储器（electrically EPROM，EEPROM）或闪存。易失性存储器可以是随机存取存储器（random access memory，RAM），其用作外部高速缓存。通过示例性但不是限制性说明，许多形式的随机存取存储器（random

access memory，RAM）可用，例如静态随机存取存储器（static RAM，SRAM）、动态随机存取存储器（DRAM）、同步动态随机存取存储器（synchronous DRAM，SDRAM）、双倍数据速率同步动态随机存取存储器（double data rate SDRAM，DDR SDRAM）、增强型同步动态随机存取存储器（enhanced SDRAM，ESDRAM）、同步连接动态随机存取存储器（synchlink DRAM，SLDRAM）和直接内存总线随机存取存储器（direct rambus RAM，DR RAM）。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（Read-Only Memory，ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1．一种级联式储能系统的调制方法，其特征在于，所述级联式储能系统包括级联连接的 N 个子模块，N≥2，所述调制方法包括：

在奇数周期，将 N 个载波按照第一对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制；

在偶数周期，将所述 N 个载波按照第二对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制，在所述第一对应关系与所述第二对应关系中，所述 N 个载波与所述 N 个子模块均一一对应，所述第一对应关系与所述第二对应关系不同。

2．根据权利要求 1 所述的调制方法，其特征在于，每一个载波在所述第一对应关系与所述第二对应关系中所对应的子模块均不相同。

3．根据权利要求 1 所述的调制方法，其特征在于，部分载波在所述第一对应关系与所述第二对应关系中所对应的子模块相同。

4．根据权利要求 1-3 中任一项所述的调制方法，其特征在于，在所述第一对应关系中的第 i 个载波，与所述第二对应关系中的第 N+1－i 个载波，对应同一个子模块，其中，i 的值越大第 i 个载波的初相角度越大，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

5．根据权利要求 1-3 中任一项所述的调制方法，其特征在于，将所述 N 个载波按照初相角度从小到大进行排序后划分为 M 个载波组，每个载波组包含的载波数量相同并且大于 1，M 为偶数，在所述第一对应关系中的第 i 个载波组的载波，与所述第二对应关系中的第 M+1－i 个载波组的载波，对应相同的子模块，其中，i 取遍不大于 M 的所有正整数。

6．根据权利要求 1-3 中任一项所述的调制方法，其特征在于，所述 N 个载波中第 i 个载波的初相角度为（2π/N）×i，或者，所述 N 个载波中第 i 个载波的初相角度为（π/N）×i，i 取遍不大于 N 的所有正整数。

7．根据权利要求 1-3 中任一项所述的调制方法，其特征在于，每个子模块包括并联设置的储能电池、吸收电容以及变流器。

8．根据权利要求 1-3 中任一项所述的调制方法，其特征在于，所述级联式储能系统包括级联 H 桥或者级联半桥。

9．根据权利要求 1-3 中任一项所述的调制方法，其特征在于，所述载波包括三角载波或者梯形波。

10．一种级联式储能系统的调制装置，其特征在于，所述级联式储能系统包括级联连接的 N 个子模块，N≥2，所述调制装置包括：

第一调制单元，用于在奇数周期，将 N 个载波按照第一对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制；

第二调制单元，用于在偶数周期，将所述 N 个载波按照第二对应关系对所述 N 个子模块输出的波形信号进行调制，在所述第一对应关系与所述第二对应关系中，所述 N 个载波与所述 N 个子模块均一一对应，所述第一对应关系与所述第二对应关系不同。

11．一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序，当所述计算机程序在电子设备上运行时，使得所述电子设备执行如权利要求 1-9 中任意一项所述的调制方法。

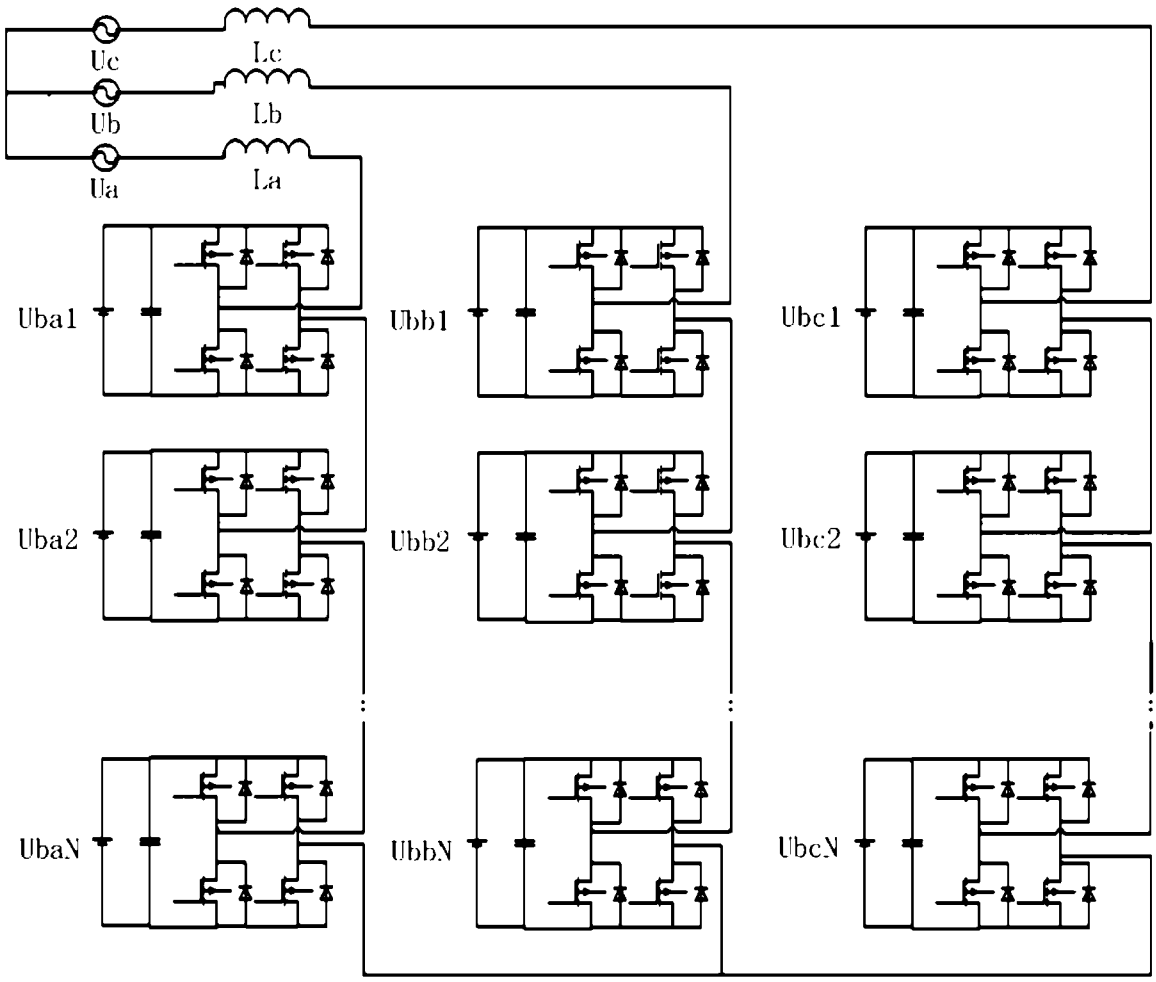


图 1

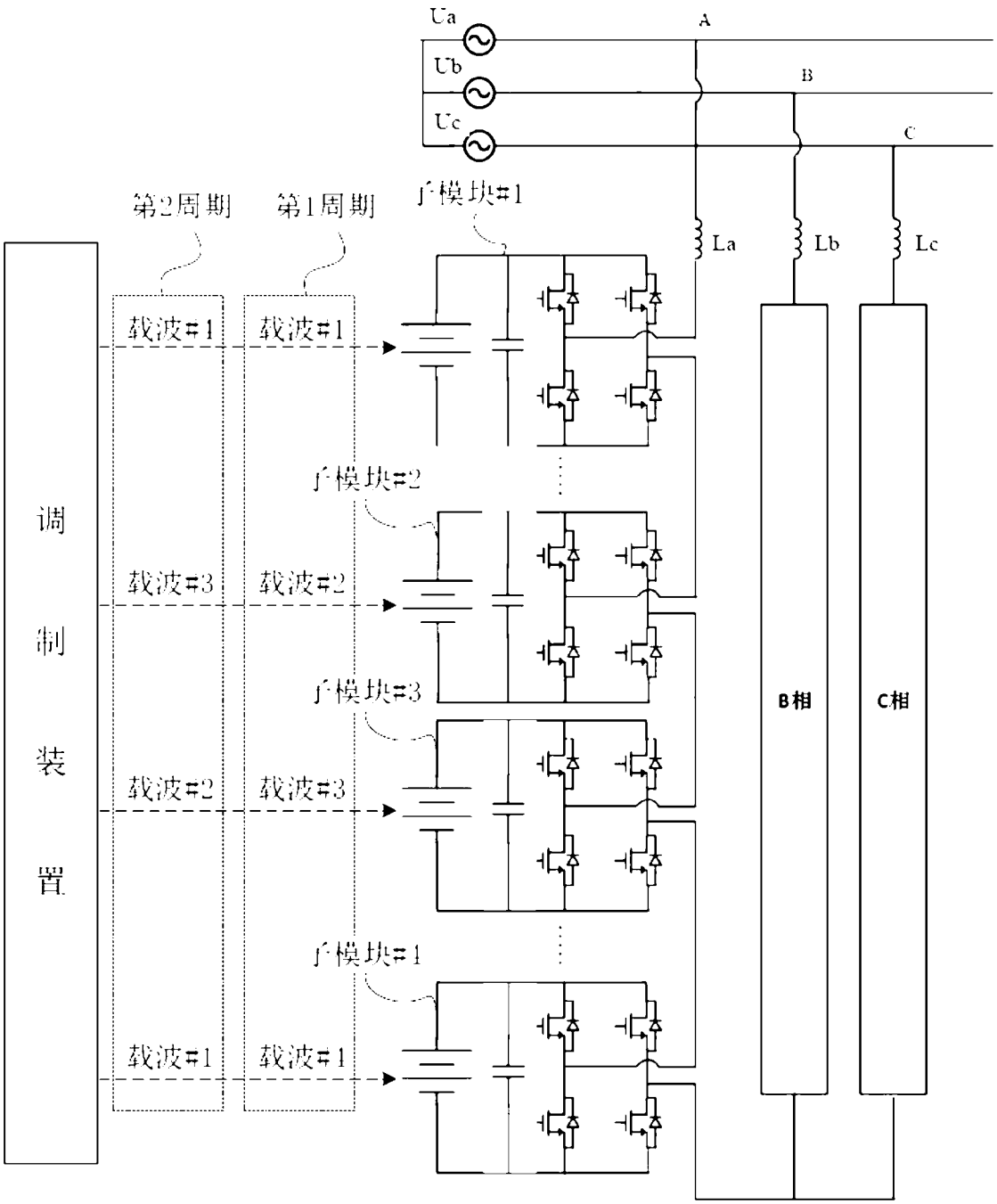

Ua
Ub
Uc
A
B
C
第2周期
第1周期
子模块#1
La
Lb
Lc
调制装置
载波#1
载波#1
子模块#2
载波#3
载波#2
子模块#3
载波#2
载波#3
子模块#1
载波#1
载波#1
B相
C相

图 2

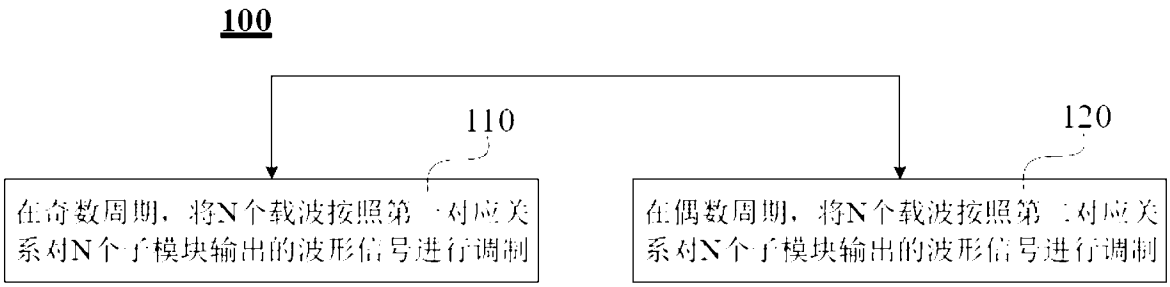

100
110
120
在奇数周期，将N个载波按照第一对应关系对N个子模块输出的波形信号进行调制
在偶数周期，将N个载波按照第二对应关系对N个子模块输出的波形信号进行调制

图 3

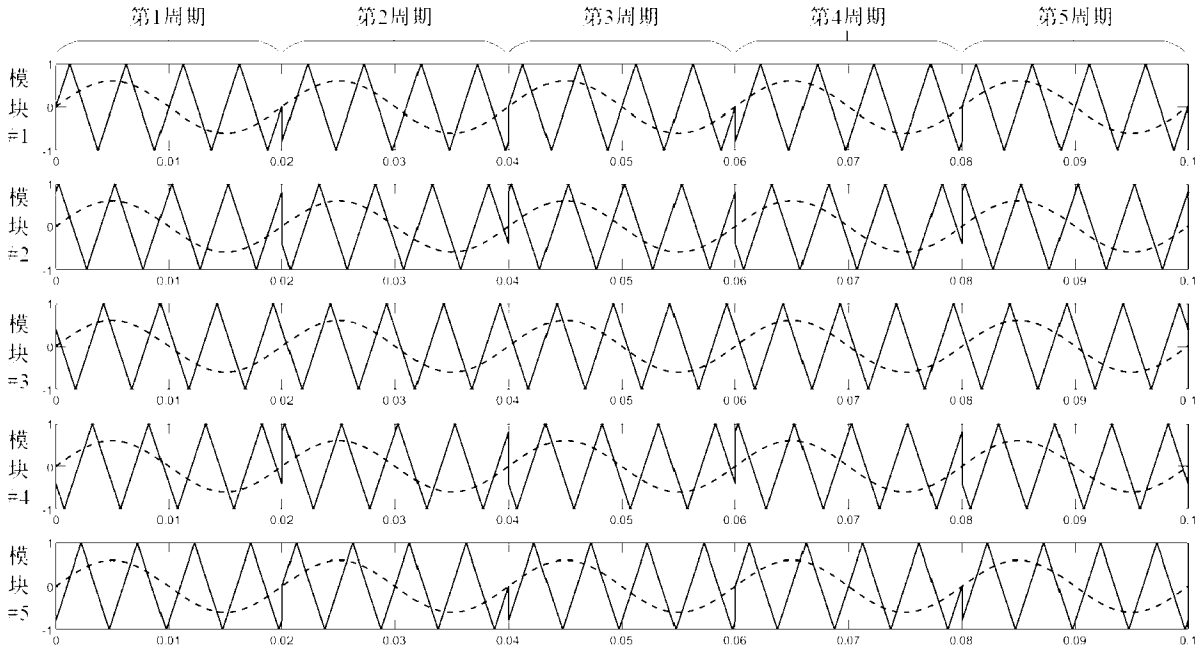

第1周期
第2周期
第3周期
第4周期
第5周期
模块#1
模块#2
模块#3
模块#4
模块#5

图 4

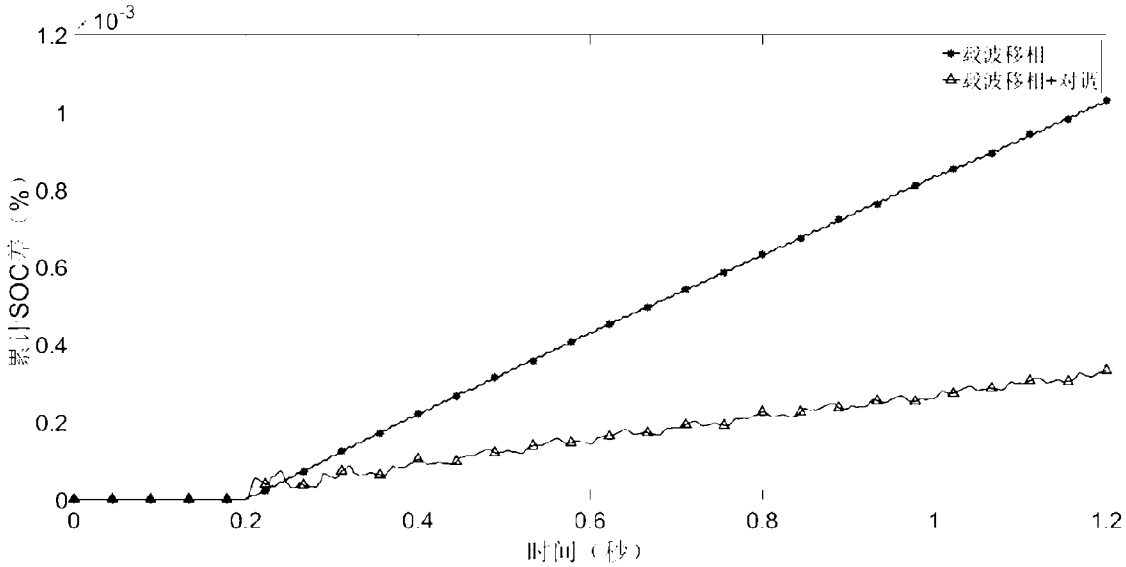

×10^-3
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
时间（秒）
载波移相
载波移相+对调

图 5

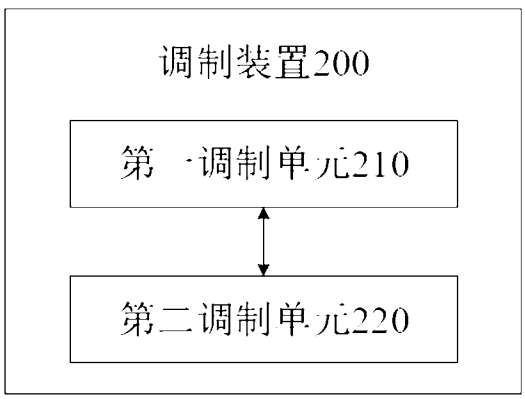

调制装置200
第一调制单元210
第二调制单元220

图 6

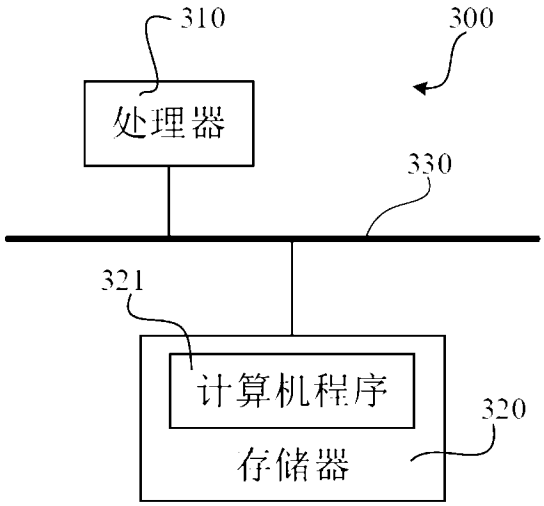


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/126495

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 7/00(2006.01)i; H02J 3/32(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H02J, H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT; ENTXTC; ENTXT; DWPI; CNKI: 级联, 逆变, 变换, 桥, 子模块, 载波, 移相, 调制, PS-PWM, 均衡, 周期, 轮流, 交替, 对调, cascade, inverter, converter, bridge, sub-module, carrier wave, phase shift, modulat+, balance, period, alternat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116526638 A (NINGDE CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 August 2023 (2023-08-01) claims 1-11	1-11
A	CN 114696645 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 01 July 2022 (2022-07-01) description, paragraphs 68-94, and figures 7-12	1-11
A	CN 113364255 A (HUZHOU POWER SUPPLY COMPANY OF STATE GRID ZHEJIANG ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 07 September 2021 (2021-09-07) entire document	1-11
A	CN 113410979 A (ZHUHAI UM SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE et al.) 17 September 2021 (2021-09-17) entire document	1-11
A	US 2021021206 A1 (UNIVERSITY OF FLORIDA) 21 January 2021 (2021-01-21) entire document	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 March 2024	**21 March 2024**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/126495

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 116526638 A	01 August 2023	CN 116526638 B	21 November 2023
CN 114696645 A	01 July 2022	None	
CN 113364255 A	07 September 2021	CN 113364255 B	01 September 2023
CN 113410979 A	17 September 2021	CN 113410979 B	30 November 2021
US 2021021206 A1	21 January 2021	US 11296615 B2	05 April 2022

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/126495

A. 主题的分类

H02J 7/00(2006.01)i；H02J 3/32(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H02J, H02M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT；ENTXTC；ENTXT；DWPI；CNKI；级联，逆变，变换，桥，子模块，载波，移相，调制，PS-PWM，均衡，周期，轮流，交替，对调，cascade, inverter, converter, bridge, sub-module, carrier wave, phase shift, modulat+, balance, period, alternat+

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 116526638 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2023年8月1日 (2023 - 08 - 01) 权利要求1-11	1-11
A	CN 114696645 A (浙江大学) 2022年7月1日 (2022 - 07 - 01) 说明书第68-94段、图7-12	1-11
A	CN 113364255 A (国网浙江省电力有限公司湖州供电公司 等) 2021年9月7日 (2021 - 09 - 07) 全文	1-11
A	CN 113410979 A (珠海澳大科技研究院 等) 2021年9月17日 (2021 - 09 - 17) 全文	1-11
A	US 2021021206 A1 (UNIV FLORIDA) 2021年1月21日 (2021 - 01 - 21) 全文	1-11

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2024年3月14日	2024年3月21日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	受权官员 丁东霞 电话号码 (+86) 62411651

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/126495

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	116526638	A	2023年8月1日	CN	116526638	B	2023年11月21日
CN	114696645	A	2022年7月1日		无		
CN	113364255	A	2021年9月7日	CN	113364255	B	2023年9月1日
CN	113410979	A	2021年9月17日	CN	113410979	B	2021年11月30日
US	2021021206	A1	2021年1月21日	US	11296615	B2	2022年4月5日