

(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
2020 年 9 月 10 日 (10.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/177238 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 7/487 (2007.01) **H02M 1/44** (2007.01)
H02M 1/12 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/091773
- (22) 国际申请日: 2019 年 6 月 18 日 (18.06.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
2019101692604 2019年3月6日 (06.03.2019) CN
- (71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国山东省济南市历下区经十路
17923号, Shandong 250061 (CN)。
- (72) 发明人: 张承慧 (ZHANG, Chenghui); 中国山东省
济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061

(CN)。 秦昌伟 (QIN, Changwei); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 李晓艳 (LI, Xiaoyan); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 邢相洋 (XING, Xiangyang); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 胡顺全 (HU, Shunquan); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 姜英 (JIANG, Ying); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 陈阿莲 (CHEN, Alian); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国山东省济南市经十路17703号华特广场B308室, Shandong 250061 (CN)。

(54) **Title:** NEUTRAL POINT BALANCE CONTROL METHOD AND SYSTEM FOR THREE-LEVEL CONVERTER OF FULL POWER FACTOR RANGE

(54) 发明名称: 全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法及系统

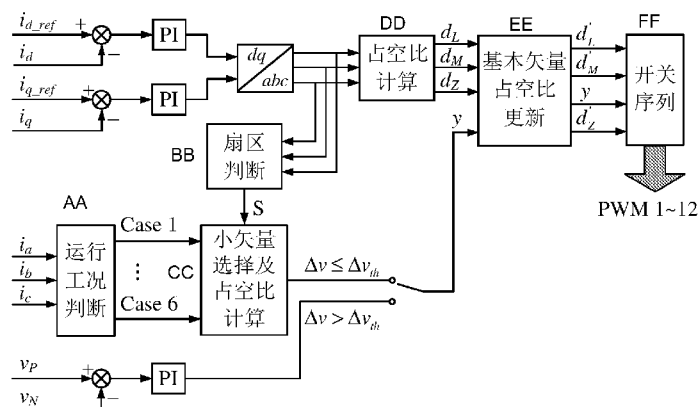


图 3

- AA Operating condition determination
BB Sector determination
CC Small vector selection and duty ratio calculation
DD Duty ratio calculation
EE Updates of duty ratios of basic vectors
FF Switching sequence

(57) **Abstract:** Disclosed are a neutral point balance control method and system for a three-level converter of a full power factor range. The method comprises: synthesizing a reference voltage vector by using a large vector modulation method, a medium vector modulation method, and a zero vector modulation method, and respectively determining duty ratios of a large vector, a medium vector, and a zero vector; obtaining a voltage difference between two capacitor groups on a direct-current side by means of signal acquisition, and determining the voltage difference as a neutral point potential of the three-level converter; selecting a small vector and calculating a



(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))。

duty ratio of the small vector according to a magnitude relationship between the neutral point potential of the three-level converter and a set threshold; and updating the duty ratios of basic vectors to obtain a switching sequence for controlling a three-phase leg power switch tube. The amplitude of a common-mode voltage of an NPC three-level converter obtained by the method of the present invention is equal to one sixth of the voltage on the direct-current side. Compared with a conventional space vector modulation method, the amplitude of the common-mode voltage is reduced by one-half, the electromagnetic interference of the system is reduced, and the adverse effect of the common-mode voltage on a motor winding is effectively reduced.

(57) 摘要: 本公开公开了一种全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法及系统, 包括: 采用大矢量、中矢量和零矢量调制方法, 合成参考电压矢量, 分别确定大矢量、中矢量和零矢量的占空比; 通过信号采集得到直流侧两电容器组之间的电压差, 确定为三电平变流器中点电位; 根据三电平变流器中点电位与设定阈值的大小关系, 进行小矢量的选择及其占空比计算; 对各个基本矢量的占空比进行更新, 得到控制三相桥臂功率开关管的开关序列。本公开方法等到的NPC三电平变流器共模电压的幅值等于直流侧电压的六分之一, 与传统空间矢量调制方法相比, 共模电压的幅值降低了二分之一, 降低了系统的电磁干扰, 有效降低了共模电压对电机绕组的不利影响。

全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法及系统

技术领域

本公开涉及三电平变流器系统的共模电压抑制技术领域，尤其涉及一种全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法及系统。

背景技术

本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息，不必然构成在先技术。

近年来，随着大功率交流电力传动技术的快速发展，中点箝位型（Neutral-Point-Clamped, NPC）三电平变流器得到了广泛应用。与传统三相两电平变流器拓扑相比，NPC 三电平变流器具有功率器件电压应力低、输出波形质量好等优势。

共模电压由变流器中的功率器件的开关动作产生，增加了系统的电磁干扰，对电力电子系统的安全、可靠、稳定运行带来了严重的危害。在光伏发电系统中，共模电压产生共模漏电流，严重威胁人身安全。在电力传动系统中，共模电压产生的共模电流持续地流过电机绝缘，对电机造成严重的损害；产生轴承电流，损害电机的轴承。这些问题使得共模电压的抑制成为了一个必须考虑的问题。

发明人发现，现有的共模电压抑制方法主要针对单位功率因数或功率因数较高的运行工况，在全功率因数范围内对于 NPC 三电平变流器系统共模电压抑制方法的研究并不多见。

发明内容

本公开提出了全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法及系统，实现了全功率因数下 NPC 三电平变流器系统的共模电压抑制，同时实现了中点电位低频振荡的消除，当异常情况导致中点电位发生偏移时，能够实现中点电位的恢复。

根据一些实施例，本公开采用如下技术方案：

全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，包括：

采用大矢量、中矢量和零矢量调制方法，合成参考电压矢量，分别确定大矢量、中矢量和零矢量的占空比；

通过信号采集得到直流侧两电容器组之间的电压差，确定为三电平变流器中点电位；

根据三电平变流器中点电位与设定阈值的大小关系，进行小矢量的选择及其占空比计算；对各个基本矢量的占空比进行更新，得到控制三相桥臂功率开关管的开关序列。

进一步地，所述分别确定大矢量、中矢量和零矢量的占空比，具体为：

根据大矢量、中矢量、零矢量以及它们各自对应的占空比与参考电压矢量的关系，构建

伏秒平衡方程，通过求解伏秒平衡方程，得到大矢量、中矢量和零矢量的占空比。

进一步地，所述大矢量、中矢量、零矢量和小矢量分别为选取的基本矢量，其中，大矢量、中矢量和小矢量分别为 6 个，零矢量为 1 个。

进一步地，当三电平变流器中点电位大于设定阈值时，采用 PI 调节器得到选择的小矢量的占空比。

进一步地，当三电平变流器中点电位不大于设定阈值时，根据参考电压矢量所在的扇区和三相输出电流的情况，选择小矢量，然后对各个基本矢量的占空比进行更新，并重新设计开关序列。

进一步地，参考电压矢量在第 1 扇区时：如果 B 相电流大于 0、且 A 相电流大于 0，或者，B 相电流小于 0、且 A 相电流小于 0，选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 POO 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量，开关序列设计为 OOO-POO-PON-PNN-PON-POO-OOO，修正伏秒平衡方程，更新各个基本矢量的占空比，考虑小矢量占空比需要满足的约束条件，进一步得到小矢量占空比的值。

进一步地，参考电压矢量在第 1 扇区时：如果 B 相电流大于 0、且 C 相电流大于 0，或者，B 相电流小于 0、且 C 相电流小于 0，选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 OON 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量，开关序列设计为 OOO-OON-PON-PNN-PON-OON-OOO，修正伏秒平衡方程，更新各个基本矢量的占空比，考虑小矢量占空比需要满足的约束条件，进一步得到小矢量占空比的值。

进一步地，参考电压矢量在第 1 扇区时：如果 B 相电流大于 0、且 A 相和 C 相电流均小于 0，或者，B 相电流小于 0、且 A 相和 C 相电流均大于 0，选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 OPO 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量，开关序列设计为 OPO-OOO-PON-PNN-PON-OOO-OPO，修正伏秒平衡方程，更新各个基本矢量的占空比，考虑小矢量占空比需要满足的约束条件，进一步得到小矢量占空比的值。

进一步地，对于参考电压矢量在其它扇区的情形，小矢量占空比的确定采用与第 1 扇区类似的方法，结合空间矢量图的对称性进行分析确定。

根据另外一些实施例，本公开采用如下方案：

一种全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制系统，包括控制器及算法程序，所述控制器执行所述算法程序时实现上述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法。

与现有技术相比，本公开的有益效果是：

(1) NPC 三电平变流器共模电压的幅值等于直流侧电压的六分之一，与传统空间矢量调

制方法相比，共模电压的幅值降低了二分之一，降低了系统的电磁干扰，有效降低了共模电压对电机绕组的不利影响。

(2) 本发明方法同时考虑扇区和三相电流的符号及大小关系，选择基本电压矢量并设计各扇区的开关序列，能够实现在全功率因数范围内，消除了中点电位的低频振荡。

(3) 当异常情况导致中点电位发生偏移时，能够实现中点电位恢复。

(4) 由于直流侧电容的电压振荡减小，直流侧可以采用容量较小的电容器，进而减小了整个变流器系统的体积。

附图说明

构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。

图 1 为实施例一中 NPC 三电平变流器系统的拓扑结构；

图 2 为实施例一中全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法的空间矢量图；

图 3 为实施例一中全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法的控制框图；

图 4 为实施例一中功率因数 $PF=1$ 时，提出方法与传统空间电压矢量调制仿真波形，从上到下依次是：三相电流、线电压、共模电压、直流侧上下电容电压；

图 5 为实施例一中功率因数 $PF=0$ 时，提出方法与传统空间电压矢量调制仿真波形，从上到下依次是：三相电流、线电压、共模电压、直流侧上下电容电压；

具体实施方式

应该指出，以下详细说明都是示例性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本公开使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

实施例一

在一个或多个实施方式中公开了一种全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，如图 3 所示，包括以下步骤：

(1) 采用大矢量、中矢量和零矢量调制方法，合成参考电压矢量，分别确定大矢量、中矢量和零矢量的占空比；

(2) 通过信号采集得到直流侧两电容器组之间的电压差, 确定为三电平变流器中点电位;

(3) 根据三电平变流器中点电位与设定阈值的大小关系, 进行小矢量的选择及其占空比计算;

(4) 对各个基本矢量的占空比进行更新, 得到控制三相桥臂功率开关管的开关序列。

该方法主要针对 NPC 三电平变流器系统, 如图 1 所示, 包括 A 相、B 相和 C 相桥臂, 每相桥臂包括四个功率开关管和两个箝位二极管。直流侧包括两个串联连接的滤波电容, 两个滤波电容的中间形成一个中性点, 每相桥臂的两个箝位二极管的中间与中性点相连接。

应理解, 功率开关管为绝缘栅双极型晶体管 (IGBT); 当然, 功率开关管也可采用其他形式晶体管来实现。

具体地, NPC 三电平变流器系统的每相桥臂有三种工作状态 P、O 和 N, 以直流侧两个滤波电容的中性点为参考点, P 状态时桥臂输出电压为输出直流电压值的二分之一, O 状态时桥臂输出电压为零, N 状态时桥臂输出电压为输出直流电压值的负二分之一。

其中, 功率开关管的开通与关断由控制系统完成。

本发明方法设计新型空间矢量调制方法控制 NPC 三电平变流器系统中的功率开关管的通断, 采用的基本矢量共 19 个, 根据幅值的不同, 分为大矢量、中矢量、小矢量和零矢量, 空间矢量图如图 2 所示,

表 1 列出了本发明方法选用的基本电压矢量及对应的共模电压幅值。

共模电压定义为 NPC 三电平变流器三相输出电压的平均值。

$$v_{CM} = \frac{1}{3}(v_{AO} + v_{BO} + v_{CO}) \quad (1)$$

表 1 本发明方法选用的基本电压矢量及对应的共模电压幅值

矢量分类		状态	共模电压	状态	共模电压	状态	共模电压
大矢量		PNN	$-V_{dc}/6$	PPN	$V_{dc}/6$	NPN	$-V_{dc}/6$
		NPP	$V_{dc}/6$	NNP	$-V_{dc}/6$	PNP	$V_{dc}/6$
中矢量		PON	0	OPN	0	NPO	0
		NOP	0	ONP	0	PNO	0
小矢量	P 型	POO	$V_{dc}/6$	OPO	$V_{dc}/6$	OOP	$V_{dc}/6$
	N 型	OON	$-V_{dc}/6$	NOO	$-V_{dc}/6$	ONO	$-V_{dc}/6$
零矢量		OOO	0	---	---	---	---

首先, 采用大矢量、中矢量和零矢量调制方法, 合成参考电压矢量, 得到伏秒平衡方程

$$\begin{cases} V_L d_L + V_M d_M + V_Z d_Z = V_{ref} \\ d_L + d_M + d_Z = 1 \end{cases} \quad (2)$$

其中, d_L 、 d_M 和 d_Z 分别为大矢量、中矢量和零矢量的占空比, V_{ref} 为参考电压矢量的幅值。

求解伏秒平衡方程, 得到大矢量、中矢量和零矢量的占空比分别为

$$\begin{cases} d_L = \sqrt{3}m \sin\left(\frac{\pi}{6} - \theta\right) \\ d_M = 2m \sin\theta \\ d_Z = 1 - (d_L + d_M) \end{cases} \quad (3)$$

其中, m 为调制度, 定义为 $m = \frac{\sqrt{3}V_{ref}}{V_{dc}}$, V_{ref} 为参考电压矢量的幅值, V_{dc} 为直流输入电压。

NPC 三电平变流器中点电位等于两个电容电压的差值, 即 $\Delta v = v_p - v_n$, 设置中点电位的阈值 Δv_{th} , 当 $\Delta v > \Delta v_{th}$ 时, 采用 PI 调节器得到选择的小矢量的占空比, 具体地, 将直流侧两个电容的电压偏差值送入一个 PI 调节器, PI 调节器的输出取绝对值运算, 得到选择的小矢量的占空比。当 $\Delta v \leq \Delta v_{th}$ 时, 采用如下步骤精确计算选择的小矢量的占空比。

为抑制中点电位的低频振荡, 根据参考电压矢量所在的扇区和三相输出电流的情况, 选择小矢量, 然后对各个基本矢量的占空比进行更新, 并重新设计开关序列。设选择小矢量后, 大矢量、中矢量、小矢量和零矢量的占空比分别更新为 d'_L 、 d'_M 、 d'_S 和 d'_Z 。 i_a 、 i_b 和 i_c 分别表示 NPC 三电平变流器系统 A 相、B 相和 C 相的输出电流。以参考电压矢量在第 1 扇区时为例, 分析该发明方法的实施步骤, 分为以下 6 种情况。

(1) 当 B 相电流大于 0, 且 A 相电流大于 0 时, 选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 POO 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量, 开关序列设计为 OOO-POO-PON-PNN-PON-POO-OOO, 根据修正的伏秒平衡方程, 更新各个基本矢量的占空比

$$\begin{cases} d'_L = d_L - \frac{y}{2} \\ d'_M = d_M \\ d'_S = y \\ d'_Z = d_Z - \frac{y}{2} \end{cases} \quad (4)$$

为消除中点电位的低频振荡,令中矢量 PON 产生的中点电位波动量等于小矢量 POO 产生的中点电位波动量,即

$$d_M i_b = y i_a \quad (5)$$

得到

$$y = \frac{d_M i_b}{i_a} \quad (6)$$

考虑小矢量占空比需要满足的约束条件,进一步得到小矢量占空比的值为

$$0 < y = \min \left\{ \frac{d_M i_b}{i_a}, 2d_L, 2d_Z \right\} \quad (7)$$

(2) 当 B 相电流大于 0, 且 C 相电流大于 0 时,选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 OON 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量,开关序列设计为 OOO-OON-PON-PNN-PON-OON-OOO,根据修正的伏秒平衡方程,更新各个基本矢量的占空比

$$\begin{cases} d'_L = d_L + \frac{y}{2} \\ d'_M = d_M - y \\ d'_S = y \\ d'_Z = d_Z - \frac{y}{2} \end{cases} \quad (8)$$

为消除中点电位的低频振荡,令中矢量 PON 产生的中点电位波动量等于小矢量 OON 产生的中点电位波动量,即

$$(d_M - y) i_b = y i_c \quad (9)$$

得到

$$y = \frac{d_M i_b}{i_b + i_c} \quad (10)$$

考虑小矢量占空比需要满足的约束条件，进一步得到小矢量占空比的值为

$$0 < y = \min \left\{ \frac{d_M i_b}{i_b + i_c}, 2d_z \right\} \quad (11)$$

(3) 当 B 相电流大于 0，且 A 相和 C 相电流均小于 0 时，选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 OPO 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量，开关序列设计为 OPO-OOO-PON-PNN-PON-OOO-OPO，根据修正的伏秒平衡方程，更新各个基本矢量的占空比

$$\begin{cases} d'_L = d_L + y \\ d'_M = d_M - y \\ d'_S = y \\ d'_Z = d_Z - y \end{cases} \quad (12)$$

为消除中点电位的低频振荡，令中矢量 PON 产生的中点电位波动量等于小矢量 OPO 产生的中点电位波动量，即

$$(d_M - y)i_b = yi_b \quad (13)$$

得到

$$y = \frac{d_M}{2} \quad (14)$$

考虑小矢量占空比需要满足的约束条件，进一步得到小矢量占空比的值为

$$0 < y = \min \left\{ \frac{d_M}{2}, 2d_z \right\} \quad (15)$$

(4) 当 B 相电流小于 0，且 A 相电流小于 0 时，基本电压矢量的选取、占空比更新和开关序列设计与情况 (1) 相同。

(5) 当 B 相电流小于 0，且 C 相电流小于 0 时，基本电压矢量的选取、占空比更新和开关序列设计与情况 (2) 相同。

(6) 当 B 相电流小于 0，且 A 相和 C 相电流均大于 0 时，基本电压矢量的选取、占空比更新和开关序列设计与情况 (3) 相同。

对于参考电压矢量在其它扇区的情形，可以采用与第 1 扇区类似的方法，结合空间矢量图的对称性进行分析。

图 4 和图 5 分别为功率因数 PF=1 和 PF=0 时，提出方法与传统空间电压矢量调制仿真波形，从上到下依次是：三相电流、线电压、共模电压、直流侧上下电容电压；当时间 $t < 0.5s$

时,采用提出的方法。 $t > 0.5s$ 时,采用传统的空间矢量调制。可以看出采用两种方法三相电流的正弦度相近,线电压都含有5个电平。但是采用提出方法的共模电压只有传统方法的1/2,共模电压的幅值有效减低。同时,提出方法与传统方法相比直流侧中点电位波动量得到有效抑制。特别是在 $PF=0$ 时,采用传统方法的中点电位波动量达到10V以上,而采用提出方法的直流侧中点电位的波动量得到有效降低。

实施例二

在一个或多个实施方式中,公开了一种全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制系统,其特征在于,包括控制器及算法程序,所述控制器执行所述算法程序时实现实施例一中所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法。

上述虽然结合附图对本公开的具体实施方式进行了描述,但并非对本公开保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本公开的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本公开的保护范围以内。

权利要求书

1.全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，包括：

采用大矢量、中矢量和零矢量调制方法，合成参考电压矢量，分别确定大矢量、中矢量和零矢量的占空比；

通过信号采集得到直流侧两电容器组之间的电压差，确定为三电平变流器中点电位；

根据三电平变流器中点电位与设定阈值的大小关系，进行小矢量的选择及其占空比计算；
对各个基本矢量的占空比进行更新，得到控制三相桥臂功率开关管的开关序列。

2.如权利要求 1 所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，所述分别确定大矢量、中矢量和零矢量的占空比，具体为：

根据大矢量、中矢量、零矢量以及它们各自对应的占空比与参考电压矢量的关系，构建伏秒平衡方程，通过求解伏秒平衡方程，得到大矢量、中矢量和零矢量的占空比。

3.如权利要求 1 所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，所述大矢量、中矢量、零矢量和小矢量分别为选取的基本矢量，其中，大矢量、中矢量和小矢量分别为 6 个，零矢量为 1 个。

4.如权利要求 1 所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，当三电平变流器中点电位大于设定阈值时，采用 PI 调节器得到选择的小矢量的占空比。

5.如权利要求 1 所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，当三电平变流器中点电位不大于设定阈值时，根据参考电压矢量所在的扇区和三相输出电流的情况，选择小矢量，然后对各个基本矢量的占空比进行更新，并重新设计开关序列。

6. 如权利要求 5 所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，参考电压矢量在第 1 扇区时：如果 B 相电流大于 0、且 A 相电流大于 0，或者，B 相电流小于 0、且 A 相电流小于 0，选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 POO 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量，开关序列设计为 OOO-POO-PON-PNN-PON-POO-OOO。

7. 如权利要求 5 所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，参考电压矢量在第 1 扇区时：如果 B 相电流大于 0、且 C 相电流大于 0，或者，B 相电流小于 0、且 C 相电流小于 0，选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 OON 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量，开关序列设计为 OOO-OON-PON-PNN-PON-OON-OOO。

8. 如权利要求 5 所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，参考电压矢量在第 1 扇区时：如果 B 相电流大于 0、且 A 相和 C 相电流均小于 0，或者，B 相电流小于 0、且 A 相和 C 相电流均大于 0，选取大矢量 PNN、中矢量 PON、小矢量 OPO 和零矢量 OOO 合成参考电压矢量，开关序列设计为 OPO-OOO-PON-PNN-PON-OOO-OPO。

9. 如权利要求 6-8 任一项所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法，其特征在于，对于参考电压矢量在其它扇区的情形，小矢量占空比的确定采用与第 1 扇区类似的方法，结合空间矢量图的对称性进行分析确定。

10. 一种全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制系统，其特征在于，包括服务器，所述服务器包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述程序时实现权利要求 1-8 任一项所述的全功率因数范围三电平变流器中点平衡控制方法。

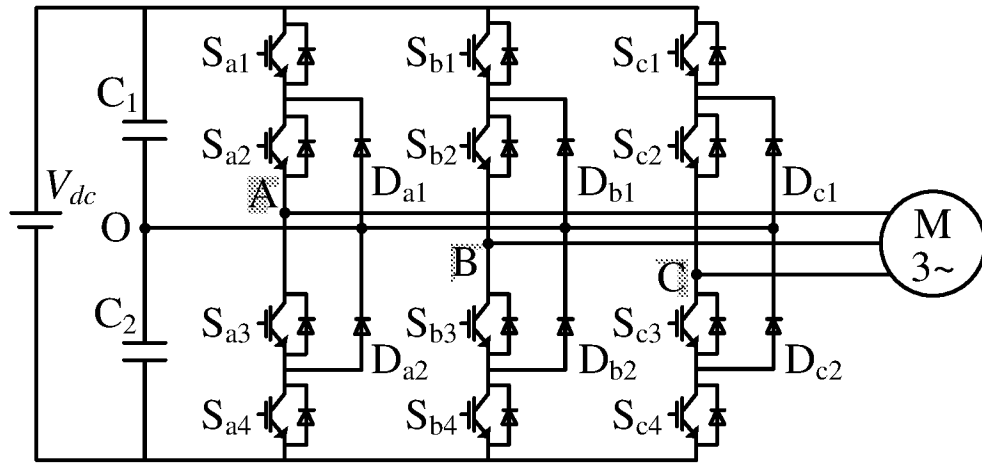


图 1

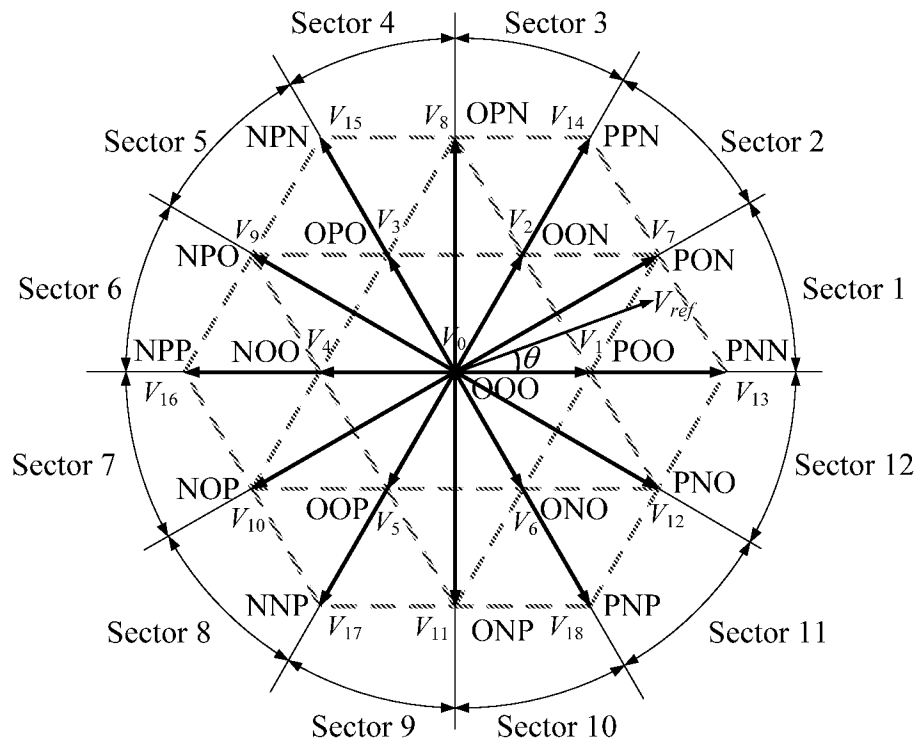


图 2

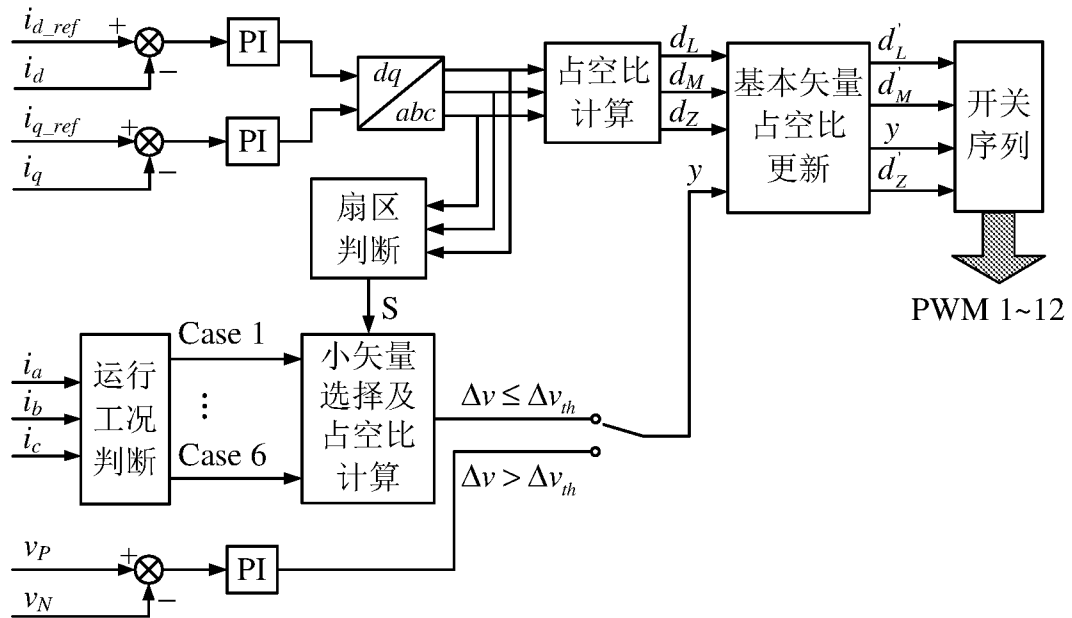


图 3

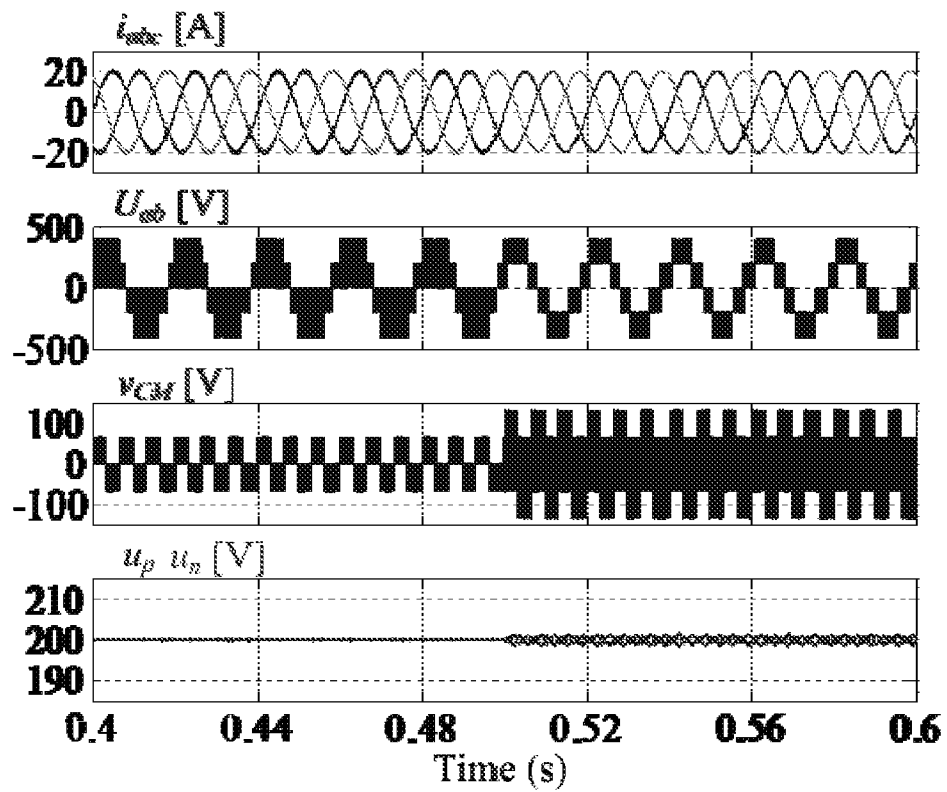


图 4

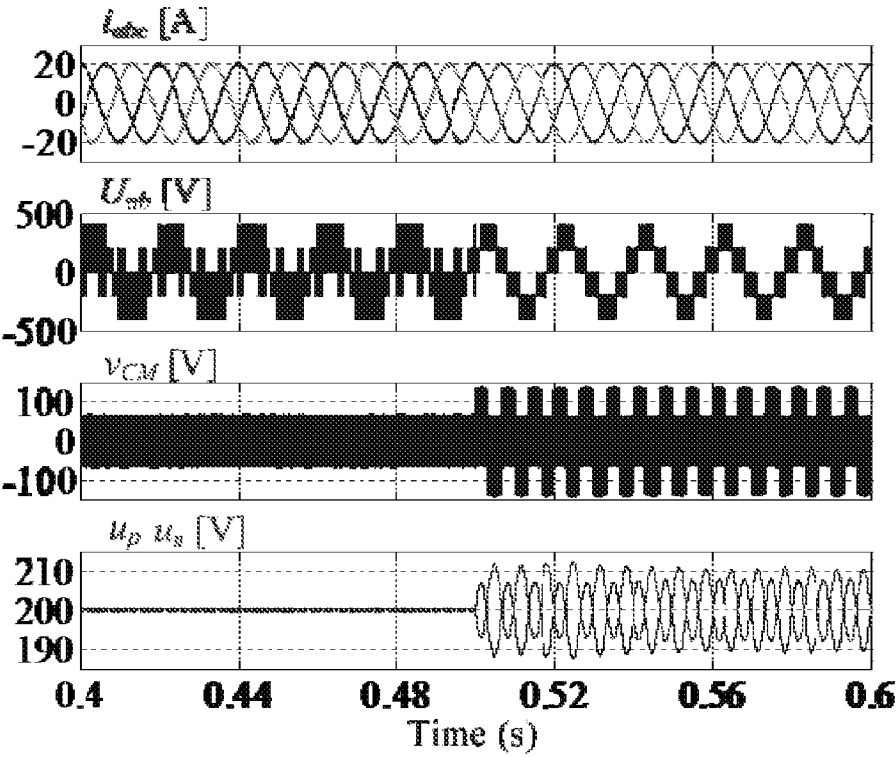


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/091773

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/487(2007.01)i; H02M 1/12(2006.01)i; H02M 1/44(2007.01)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)

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)

CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI, CNKI, IEEE: 三电平, 逆变器, 中点, 电压, 电容, 矢量, 占空比, three level, inverter, midpoint, voltage, capacitor, vector, duty

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109787498 A (SHANDONG UNIVERSITY) 21 May 2019 (2019-05-21) claims 1-10, description, paragraphs 35-86, and figures 1-3	1-10
A	CN 106253647 A (TIANJIN UNIVERSITY) 21 December 2016 (2016-12-21) entire document	1-10
A	CN 104779826 A (XI'AN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 15 July 2015 (2015-07-15) entire document	1-10
A	US 7558089 B2 (ADVANCED ENERGY CONVERSION LLC) 07 July 2009 (2009-07-07) entire document	1-10
A	CN 204597799 U (HARBIN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 26 August 2015 (2015-08-26) entire document	1-10
A	CN 107196536 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 22 September 2017 (2017-09-22) entire document	1-10



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

“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

06 December 2019

Date of mailing of the international search report

12 December 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/091773

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109787498	A	21 May 2019	CN	109787498	B	18 October 2019
CN	106253647	A	21 December 2016	CN	106253647	B	23 November 2018
CN	104779826	A	15 July 2015	CN	104779826	B	25 August 2017
US	7558089	B2	07 July 2009	US	2007139970	A1	21 June 2007
CN	204597799	U	26 August 2015	None			
CN	107196536	A	22 September 2017	CN	107196536	B	02 April 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/091773

A. 主题的分类

H02M 7/487(2007.01)i; H02M 1/12(2006.01)i; H02M 1/44(2007.01)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)

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))

CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI, CNKI, IEEE: 三电平, 逆变器, 中点, 电压, 电容, 矢量, 占空比, three level, inverter, midpoint, voltage, capacitor, vector, duty

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 109787498 A (山东大学) 2019年 5月 21日 (2019 - 05 - 21)
权利要求1-10、说明书第35-86段及附图1-3

1-10

A

CN 106253647 A (天津大学) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21)
全文

1-10

A

CN 104779826 A (西安理工大学) 2015年 7月 15日 (2015 - 07 - 15)
全文

1-10

A

US 7558089 B2 (ADVANCED ENERGY CONVERSION LLC) 2009年 7月 7日 (2009 - 07 - 07)
全文

1-10

A

CN 204597799 U (哈尔滨理工大学) 2015年 8月 26日 (2015 - 08 - 26)
全文

1-10

A

CN 107196536 A (浙江大学) 2017年 9月 22日 (2017 - 09 - 22)
全文

1-10

☐ 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

2019年 12月 6日

国际检索报告邮寄日期

2019年 12月 12日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

马姗姗

电话号码 86-(10)-62411814

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/091773

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	109787498	A	2019年 5月 21日	CN 109787498 B	2019年 10月 18日
CN	106253647	A	2016年 12月 21日	CN 106253647 B	2018年 11月 23日
CN	104779826	A	2015年 7月 15日	CN 104779826 B	2017年 8月 25日
US	7558089	B2	2009年 7月 7日	US 2007139970 A1	2007年 6月 21日
CN	204597799	U	2015年 8月 26日	无	
CN	107196536	A	2017年 9月 22日	CN 107196536 B	2019年 4月 2日