

(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
2019 年 5 月 23 日 (23.05.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/095877 A1

(51) 国际专利分类号:
H02P 21/14 (2016.01) **H02P 21/13** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/108562

(22) 国际申请日: 2018 年 9 月 29 日 (29.09.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201711147862.7 2017 年 11 月 17 日 (17.11.2017) CN

(71) 申请人: 美的集团股份有限公司 (MIDEA GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省佛山市顺德区北滘镇美的大道 6 号美的总部大楼 B 区 26-28 楼, Guangdong 528311 (CN)。

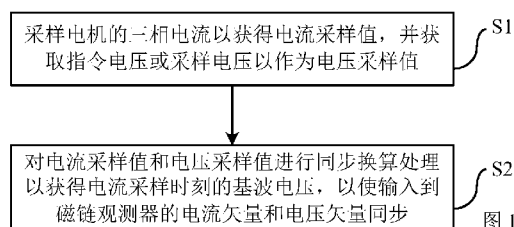
(72) 发明人: 刘毅 (LIU, Yi); 中国广东省佛山市顺德区北滘镇美的大道 6 号美的总部大楼 B 区 26-28 楼, Guangdong 528311 (CN)。 孙杰 (SUN, Jie); 中国广东省佛山市顺德区北滘镇美的大道 6 号美的总部大楼 B 区 26-28 楼, Guangdong 528311 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华大学照澜院商业楼 301 室, Beijing 100084 (CN)。

(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,

(54) **Title:** MOTOR DRIVE SYSTEM, AND METHOD AND DEVICE FOR SYNCHRONOUS CALCULATION OF SAMPLED PHASE CURRENT AND PHASE VOLTAGE

(54) 发明名称: 电机驱动系统和采样相电流相电压的同步计算方法、装置



- S1 Sample three-phase current of a motor to obtain a current sampling value, and obtain an instruction voltage or a sample voltage as a voltage sampling value
- S2 Perform synchronous conversion on the current sampling value and the voltage sampling value to obtain a fundamental wave voltage at a current sampling time to allow a current vector and a voltage vector input into a flux observer to keep synchronous

(57) **Abstract:** Disclosed in the present application are a motor drive system, and a method and device for synchronous calculation of sampled phase current and phase voltage. The method comprises the following steps: sampling three-phase current of a motor to obtain a current sampling value, and obtaining an instruction voltage or a sample voltage as a voltage sampling value; and performing synchronous conversion on the current sampling value and the voltage sampling value to obtain a fundamental wave voltage at a current sampling time to allow a current vector and a voltage vector input into a flux observer to keep synchronous. The present method can ensure the accuracy of the output angle of the flux observer, thereby ensuring the normal operation of the motor.

(57) **摘要:** 本申请公开了一种电机驱动系统和采样相电流相电压的同步计算方法、装置，其中，该方法包括以下步骤：采样电机的三相电流以获得电流采样值，并获取指令电压或采样电压以作为电压采样值；对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。根据本申请实施例的方法，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

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))。

电机驱动系统和采样相电流相电压的同步计算方法、装置

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 201711147862.7，申请日为 2017 年 11 月 17 日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

本申请涉及电机驱动技术领域，特别涉及一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法、一种非临时性计算机可读存储介质、一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置和一种电机驱动系统。

背景技术

高性能交流电机驱动系统常采用矢量控制技术，如磁场定向控制或直接转矩控制等，在采用这类控制技术时需要知道准确的电机的磁链位置或速度信息。在工业、家电或汽车等应用场合，为了降低硬件成本或摆脱机械安装限制，会采用磁链观测器代替电机的位置/速度传感器，通过磁链观测器的软件估算的方法可获取电机的磁链位置和速度信息。

磁链观测器在估算电机的磁链位置和速度信息时，需要获取电机的电流量和电压量。其中，电机的电流可通过硬件采样获取，电机的电压既可以采用指令电压，也可以通过硬件采样获取。

然而，通过上述方式获取电机的电流量和电压量时，常常会出现输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量不同步的现象，当电机运行的频率较高，或是数字采样频率（即电流环控制频率、PWM 开关频率）较低时，该现象会使磁链观测器计算得到的角度存在偏差，影响电机的控制性能。

发明内容

本申请旨在至少在一定程度上解决上述技术中的技术问题之一。为此，本申请的一个目的在于提出一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

本申请的第二个目的在于提出一种非临时性计算机可读存储介质。

本申请的第三个目的在于提出一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置。

本申请的第四个目的在于提出一种电机驱动系统。

为达到上述目的，本申请第一方面实施例提出了一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，该方法包括以下步骤：采样电机的三相电流以获得电流采样值，并获取指令电压或采样电压以作为电压采样值；对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。

根据本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，采样电机的三相电流以获得电流采样值，并获取指令电压或采样电压以作为电压采样值，以及对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。由此，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

另外，根据本申请上述实施例提出的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法还可以具有如下附加的技术特征：

具体地，采用以下任一方式对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理：

（一）将相邻两个 PWM 载波周期的中间时刻作为所述电流采样时刻，并将所述电流采样时刻的前一时刻的电压和/或后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻；（二）将相邻两个 PWM 载波波峰之间的任意时刻作为基准同步时刻，并根据所述基准同步时刻对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理。

在本申请的一个实施例中，所述电流采样时刻的前一时刻的电压为前一 PWM 载波波峰对应的电压，所述电流采样时刻的后一时刻的电压为后一 PWM 载波波峰对应的电压。

在本申请的一个实施例中，当采用方式（一）时，其中，如果将所述电流采样时刻的前一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻，则根据以下公式对所述前一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta} - V_{1\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{1\beta} \cos \theta_{\Delta} + V_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix},$$

其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压， $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$ ， ω_e 为电角频率， t_{Δ} 为前一时刻至电流采样时刻的时间；如果将所述电流采样时刻的后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻，则根据以下公式对所述后一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta} + V_{2\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{2\beta} \cos \theta_{\Delta} - V_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix},$$

其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压， $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为

两相静止坐标系下后一时刻对应的电压, $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$, ω_e 为电角频率, t_{Δ} 为电流采样时刻至后一时刻的时间; 如果将所述电流采样时刻的前一时刻的电压和后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻, 则根据以下公式对所述前一时刻的电压和后一时刻的电压进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{1\alpha} + V_{2\alpha}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{2\beta} - V_{1\beta}}{2} \sin \theta_{\Delta} \\ \frac{V_{1\beta} + V_{2\beta}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{1\alpha} - V_{2\alpha}}{2} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix}。$$

在本申请的一个实施例中, 当采用方式(二)时, 所述基准同步时刻 t_x 之前 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_1$, 所述基准同步时刻 t_x 之后 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_2$, 其中, 如果将所述 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1} \\ X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} \end{bmatrix},$$

其中, $X_{x\alpha}$ 和 $X_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下基准同步时刻对应的电气量, $X_{1\alpha}$ 和 $X_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量, $\theta_{\Delta 1} = \omega_e t_{\Delta 1}$, ω_e 为电角频率; 如果将所述 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} \\ X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2} \end{bmatrix},$$

其中, $X_{x\alpha}$ 和 $X_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下基准同步时刻对应的电气量, $X_{2\alpha}$ 和 $X_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量, $\theta_{\Delta 2} = \omega_e t_{\Delta 2}$, ω_e 为电角频率; 如果将所述 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 和所述 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1}}{2} \\ \frac{X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2}}{2} \end{bmatrix}。$$

为达到上述目的, 本申请第二方面实施例提出了一种非临时性计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 其中, 该程序被处理器执行时实现本申请第一方面实施例提出的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法。

根据本申请实施例的非临时性计算机可读存储介质，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

为达到上述目的，本申请第三方面实施例提出了一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，该装置包括：电流采样模块，采样电机的三相电流以获得电流采样值；
5 获取模块，用于获取指令电压或采样电压以作为电压采样值；同步计算模块，用于对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。

根据本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，电流采样模块采样电机的三相电流以获得电流采样值，获取模块获取指令电压或采样电压以作为电压采
10 样值，同步计算模块对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。由此，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

另外，根据本申请上述实施例提出的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置还可以具有如下附加的技术特征：

具体地，同步计算模块采用以下任一方式对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理：（一）将相邻两个 PWM 载波周期的中间时刻作为所述电流采样时刻，并将所述
15 电流采样时刻的前一时刻的电压和/或后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻；（二）将相邻两个 PWM 载波波峰之间的任意时刻作为基准同步时刻，并根据所述基准同步时刻对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理。

在本申请的一个实施例中，所述电流采样时刻的前一时刻的电压为前一 PWM 载波波峰对应的电压，所述电流采样时刻的后一时刻的电压为后一 PWM 载波波峰对应的电压。
20

在本申请的一个实施例中，当采用方式（一）时，其中，如果将所述电流采样时刻的前一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻，所述同步计算模块则根据以下公式对所述前一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta} - V_{1\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{1\beta} \cos \theta_{\Delta} + V_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix},$$

其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为
两相静止坐标系下前一时刻对应的电压， $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$ ， ω_e 为电角频率， t_{Δ} 为前一时刻至电流
采样时刻的时间；如果将所述电流采样时刻的后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时
刻，所述同步计算模块则根据以下公式对所述后一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta} + V_{2\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{2\beta} \cos \theta_{\Delta} - V_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix},$$

其中, $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压, $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下后一时刻对应的电压, $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$, ω_e 为电角频率, t_{Δ} 为电流采样时刻至后一时刻的时间; 如果将所述电流采样时刻的前一时刻的电压和后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻, 所述同步计算模块则根据以下公式对所述前一时刻的电压和后一时刻的电压进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{1\alpha} + V_{2\alpha}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{2\beta} - V_{1\beta}}{2} \sin \theta_{\Delta} \\ \frac{V_{1\beta} + V_{2\beta}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{1\alpha} - V_{2\alpha}}{2} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix}.$$

在本申请的一个实施例中, 当采用方式(二)时, 所述基准同步时刻 t_x 之前 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_1$, 所述基准同步时刻 t_x 之后 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_2$, 其中, 如果将所述 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 所述同步计算模块则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1} \\ X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} \end{bmatrix},$$

其中, $X_{x\alpha}$ 和 $X_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下基准同步时刻对应的电气量, $X_{1\alpha}$ 和 $X_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量, $\theta_{\Delta 1} = \omega_e t_{\Delta 1}$, ω_e 为电角频率; 如果将所述 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 所述同步计算模块则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} \\ X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2} \end{bmatrix},$$

其中, $X_{x\alpha}$ 和 $X_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下基准同步时刻对应的电气量, $X_{2\alpha}$ 和 $X_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量, $\theta_{\Delta 2} = \omega_e t_{\Delta 2}$, ω_e 为电角频率; 如果将所述 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 和所述 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 所述同步计算模块则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1}}{2} \\ \frac{X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2}}{2} \end{bmatrix}。$$

为达到上述目的，本申请第四方面实施例提出了一种电机驱动系统，其包括本申请第三方面实施例提出的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置。

根据本申请实施例的电机驱动系统，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

附图说明

图 1 为根据本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法的流程图；

图 2 为根据本申请一个实施例的 PWM 载波和输出电压的波形图；

图 3 为根据本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置的方框示意图。

具体实施方式

下面详细描述本申请的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。

下面结合附图来描述本申请实施例的电机驱动系统和采样相电流相电压的同步计算方法、装置。

图 1 为本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法的流程图。

如图 1 所示，本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，可包括以下步骤：

S1，采样电机的三相电流以获得电流采样值，并获取指令电压或采样电压以作为电压采样值。

在本申请的一个实施例中，可通过下桥臂两相采样、下桥臂三相采样、交流输出侧采样等电流硬件采样方式对电机的三相电流进行采样以获得电流采样值。

电压采样值可为指令电压，也可为通过硬件采样方式获得的电机采样电压。

S2，对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。

在本申请的一个实施例中，可采用方式（一），即将相邻两个 PWM 载波周期的中间时刻作为电流采样时刻，并将电流采样时刻的前一时刻的电压和/或后一时刻的电压同步换算

至电流采样时刻，对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理。

具体地，如图 2 所示，波形 1 为 PWM 载波的波形（图 2 中仅示出 PWM 载波两个周期的波形图），波形 2 为按开关周期平均的输出电压的波形，波形 3 为实际输出电压的基波波形， t_3 时刻为相邻两个 PWM 载波周期的中间时刻（即电流采样时刻）， t_Δ 为前一时刻至电

5 流采样时刻的时间或者电流采样时刻至后一时刻的时间。

定义电流采样时刻的前一时刻的电压矢量（即前一 PWM 载波波峰对应的电压矢量）可通过以下公式表示：

$$\vec{V}_1 = V_1 \cdot e^{j\theta_1}, \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} V_{1\alpha} \\ V_{1\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \cos \theta_1 \\ V_1 \sin \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

10 其中， $\vec{V}_1$ 为电流采样时刻的前一时刻的电压矢量， V_1, θ_1 分别为电压矢量 $\vec{V}_1$ 的幅值和相位， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压。

定义电流采样时刻的后一时刻的电压矢量（即后一 PWM 载波波峰对应的电压矢量）可通过以下公式表示：

$$\vec{V}_2 = V_2 \cdot e^{j\theta_2}, \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} V_{2\alpha} \\ V_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_2 \cos \theta_2 \\ V_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

15 其中， $\vec{V}_2$ 为电流采样时刻的后一时刻的电压矢量， V_2, θ_2 分别为电压矢量 $\vec{V}_2$ 的幅值和相位， $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下后一时刻对应的电压。

如果将电流采样时刻的前一时刻的电压同步换算至电流采样时刻，则可根据以下公式得到电流采样时刻的电压矢量：

$$\vec{V}_x = \vec{V}_1 \cdot e^{j\omega_e t_\Delta} = \vec{V}_1 \cdot e^{j\theta_\Delta}, \quad (5)$$

$$\vec{V}_1 = \begin{bmatrix} V_{1\alpha} \\ V_{1\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \cos \theta_1 \\ V_1 \sin \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

其中， $\vec{V}_x$ 为电流采样时刻的电压矢量， $\theta_\Delta = \omega_e t_\Delta$ ， ω_e 为电角频率， t_Δ 为前一时刻至电

流采样时刻的时间， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压，通过对公式

（5）和公式（6）进行处理，可得到：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta} - V_{1\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{1\beta} \cos \theta_{\Delta} + V_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

其中, $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压, 从而可得到电流采样时刻对应的电压矢量, 即电流采样时刻的基波电压, 以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步, 由此, 可保证磁链观测器输出量的准确性, 从而保障电机正常运行。

如果将电流采样时刻的后一时刻的电压同步换算至电流采样时刻, 则可根据以下公式得到电流采样时刻的电压矢量:

$$\vec{V}_x = \vec{V}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta}} = \vec{V}_2 \cdot e^{-j\theta_{\Delta}}, \quad (8)$$

$$\vec{V}_2 = \begin{bmatrix} V_{2\alpha} \\ V_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_2 \cos \theta_2 \\ V_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

其中, $\vec{V}_x$ 为电流采样时刻的电压矢量, $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$, ω_e 为电角频率, t_{Δ} 为电流采样时刻至后一时刻的时间 (等于前一时刻至电流采样时刻的时间), $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下后一时刻对应的电压, 通过对公式 (8) 和公式 (9) 进行处理, 可得到:

$$\begin{aligned} \vec{V}_x &= \vec{V}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta}} \\ \begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} V_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta} + V_{2\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{2\beta} \cos \theta_{\Delta} - V_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (10)$$

其中, $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压, 从而可得到电流采样时刻对应的电压矢量, 即电流采样时刻的基波电压, 以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步, 由此, 可保证磁链观测器输出量的准确性, 从而保障电机正常运行。

如果将电流采样时刻的前一时刻的电压和后一时刻的电压同步换算至电流采样时刻, 则可根据以下公式得到电流采样时刻的电压矢量:

$$\vec{V}_x = \frac{1}{2} (\vec{V}_1 \cdot e^{j\omega_e t_{\Delta}} + \vec{V}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta}}) = \frac{1}{2} (\vec{V}_1 \cdot e^{j\theta_{\Delta}} + \vec{V}_2 \cdot e^{-j\theta_{\Delta}}), \quad (11)$$

其中, $\vec{V}_x$ 为电流采样时刻的电压矢量, $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$, ω_e 为电角频率, t_{Δ} 为前一时刻至电流采样时刻的时间或电流采样时刻至后一时刻的时间, $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压, $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下后一时刻对应的电压, 通过对公式 (11)、式 (6) 和公式 (9) 进行处理可得到:

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{1\alpha} + V_{2\alpha}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{2\beta} - V_{1\beta}}{2} \sin \theta_{\Delta} \\ \frac{V_{1\beta} + V_{2\beta}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{1\alpha} - V_{2\alpha}}{2} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix}, \quad (12)$$

其中, $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压, 从而可得到电流采样时刻对应的电压矢量, 即电流采样时刻的基波电压, 以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步, 由此, 可保证磁链观测器输出量的准确性, 从而保障电机正常运行。

进一步地, 当 θ_{Δ} 近似等于零时, 可根据以下公式得到电流采样时刻对应的电压矢量:

$$\vec{V}_x = \frac{1}{2}(\vec{V}_1 + \vec{V}_2), \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{1\alpha} + V_{2\alpha}}{2} \\ \frac{V_{1\beta} + V_{2\beta}}{2} \end{bmatrix}, \quad (14)$$

以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步, 由此, 可保证磁链观测器输出量的准确性, 从而保障电机正常运行。

在本申请的一个实施例中, 可采用方式(二)对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理, 即将相邻两个 PWM 载波波峰之间的任意时刻作为基准同步时刻 t_x , 并根据基准同步时刻对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理。

具体地, 当采用方式(二)时, 基准同步时刻 t_x 之前 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量可为 $\vec{X}_1$ (包括电压矢量和电流矢量), 所述基准同步时刻 t_x 之后 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量为 $\vec{X}_2$ (包括电压矢量和电流矢量)。其中, 可通过以下公式表示电气量 $\vec{X}_1$:

$$\vec{X}_1 = X_1 \cdot e^{j\theta_1}, \quad (15)$$

$$\begin{bmatrix} X_{1\alpha} \\ X_{1\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \cos \theta_1 \\ X_1 \sin \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (16)$$

其中, X_1, θ_1 分别为电气量 $\vec{X}_1$ 的幅值和相位, $X_{1\alpha}$ 和 $X_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量。

可通过以下公式表示电气量 $\vec{X}_2$:

$$\bar{X}_2 = X_2 \cdot e^{j\theta_2}, \quad (17)$$

$$\begin{bmatrix} X_{2\alpha} \\ X_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_2 \cos \theta_2 \\ X_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (18)$$

其中, X_2, θ_2 分别为电气量 $\bar{X}_2$ 的幅值和相位, $X_{2\alpha}$ 和 $X_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量。

- 5 如果将 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 同步换算至基准同步时刻 t_x , 则该基准同步时刻 t_x 处的电气量可根据以下公式得到:

$$\bar{X}_x = \bar{X}_1 \cdot e^{j\omega_e t_{\Delta 1}} = \bar{X}_1 \cdot e^{j\theta_{\Delta 1}}, \quad (19)$$

$$\bar{X}_1 = \begin{bmatrix} X_{1\alpha} \\ X_{1\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \cos \theta_1 \\ X_1 \sin \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (20)$$

其中, $\bar{X}_x$ 为基准同步时刻 t_x 处的电气量, $\theta_{\Delta 1} = \omega_e t_{\Delta 1}$, ω_e 为电角频率。通过对公式 (19)

- 10 和公式 (20) 进行处理, 可得到:

$$\bar{X}_x = \begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1} \\ X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} \end{bmatrix}, \quad (21)$$

即通过计算可将 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ (包括 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电压矢量和 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电流矢量) 同步换算至基准同步时刻 t_x 处的电气量 $\bar{X}_x$ (包括基准同步时刻 t_x 处的电压矢量和基准同步时刻 t_x 处的电流矢量), 从而使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步, 由此,

- 15 可保证磁链观测器输出量的准确性, 从而保障电机正常运行。

如果将 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至基准同步时刻 t_x , 则基准同步时刻 t_x 处的电气量可根据以下公式得到:

$$\bar{X}_x = \bar{X}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta 2}} = \bar{X}_2 \cdot e^{-j\theta_{\Delta 2}}, \quad (22)$$

$$\bar{X}_2 = \begin{bmatrix} X_{2\alpha} \\ X_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_2 \cos \theta_2 \\ X_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (23)$$

- 20 其中, $\bar{X}_x$ 为基准同步时刻 t_x 处的电气量, $\theta_{\Delta 2} = \omega_e t_{\Delta 2}$, ω_e 为电角频率。通过对公式 (22)

和公式 (23) 进行处理, 可得到:

$$\begin{aligned}\vec{X}_x &= \vec{X}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta 2}} \\ \begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} \\ X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2} \end{bmatrix}, \quad (24)\end{aligned}$$

即通过计算可将 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_2$ （包括 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电压矢量和 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电流矢量）同步换算至基准同步时刻 t_x 处的电气量 $\vec{X}_x$ （包括基准同步时刻 t_x 处的电压矢量和基准同步时刻 t_x 处的电流矢量），从而使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，

5 可保证磁链观测器输出量的准确性，从而保障电机正常运行。

如果将 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_1$ 和 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_2$ 同步换算至基准同步时刻 t_x ，则基准同步时刻 t_x 处的电气量可根据以下公式得到：

$$\vec{X}_x = \frac{1}{2}(\vec{X}_1 \cdot e^{j\omega_e t_{\Delta 1}} + \vec{X}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta 2}}) = \frac{1}{2}(\vec{X}_1 \cdot e^{j\theta_{\Delta 1}} + \vec{X}_2 \cdot e^{-j\theta_{\Delta 2}}), \quad (25)$$

其中， $\vec{X}_x$ 为基准同步时刻 t_x 处的电气量， $\theta_{\Delta 1} = \omega_e t_{\Delta 1}$ ， $\theta_{\Delta 2} = \omega_e t_{\Delta 2}$ ， ω_e 为电角频率。通

10 过对公式（20）、公式（23）和公式（25）进行处理，可得到：

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1}}{2} \\ \frac{X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2}}{2} \end{bmatrix}, \quad (26)$$

即通过计算可将 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_1$ （包括 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电压矢量和 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电流矢量）和 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_2$ （包括 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电压矢量和 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电流矢量）同步换算至基准同步时刻 t_x 处的电气量 $\vec{X}_x$ （包括基准同步时刻 t_x 处的电压矢量和基准同步时刻 t_x 处的电流矢量），从而使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出量的准确性，从而保障电机正常运行。

进一步地，当 $\theta_{\Delta 1}$ 和 $\theta_{\Delta 2}$ 均近似等于零时，可根据以下公式得到电流采样时刻对应的电压矢量：

$$\vec{X}_x = \frac{1}{2}(\vec{X}_1 + \vec{X}_2), \quad (27)$$

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{1\alpha} + X_{2\alpha}}{2} \\ \frac{X_{1\beta} + X_{2\beta}}{2} \end{bmatrix}, \quad (28)$$

以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常运行。

根据本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，采样电机的三相电流以获得电流采样值，并获取指令电压或采样电压以作为电压采样值，以及对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。由此，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

对应上述实施例，本申请还提出一种非临时性计算机可读存储介质。

本申请实施例的非临时性计算机可读存储介质，存储有计算机程序，其中当该程序被处理器执行时，可实现本申请上述实施例提出的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法。

根据本申请实施例的非临时性计算机可读存储介质，通过执行其存储的计算机程序，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

对应上述实施例，本申请还提出一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置。

如图 3 所示，本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，包括电流采样模块 100、获取模块 200 和同步计算模块 300。

其中，电流采样模块 100 可采样电机的三相电流以获得电流采样值；获取模块 200 用于获取指令电压或采样电压以作为电压采样值；同步计算模块 300 用于对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。

在本申请的一个实施例中，同步计算模块 300 可采用方式（一）对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理，即将相邻两个 PWM 载波周期的中间时刻作为电流采样时刻，并将电流采样时刻的前一时刻的电压和/或后一时刻的电压同步换算至电流采样时刻。

具体地，如图 2 所示，波形 1 为 PWM 载波的波形（图 2 中仅示出 PWM 载波两个周期的波形图），波形 2 为按开关周期平均的输出电压的波形，波形 3 为实际输出电压的基波波形， t_3 为相邻两个 PWM 载波周期的中间时刻（即电流采样时刻）， t_Δ 为前一时刻至电流采样时刻的时间或者电流采样时刻至后一时刻的时间。

定义电流采样时刻的前一时刻的电压矢量（即前一 PWM 载波波峰对应的电压矢量）

可通过以下公式表示：

$$\vec{V}_1 = V_1 \cdot e^{j\theta_1}, \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} V_{1\alpha} \\ V_{1\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \cos \theta_1 \\ V_1 \sin \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

其中， $\vec{V}_1$ 为电流采样时刻的前一时刻的电压矢量， V_1, θ_1 分别为电压矢量 $\vec{V}_1$ 的幅值和相

5 位， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压。

定义电流采样时刻的后一时刻的电压矢量（即后一 PWM 载波波峰对应的电压矢量）
可通过以下公式表示：

$$\vec{V}_2 = V_2 \cdot e^{j\theta_2}, \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} V_{2\alpha} \\ V_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_2 \cos \theta_2 \\ V_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

10 其中， $\vec{V}_2$ 为电流采样时刻的后一时刻的电压矢量， V_2, θ_2 分别为电压矢量 $\vec{V}_2$ 的幅值和相
位， $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压。

如果将电流采样时刻的前一时刻的电压同步换算至电流采样时刻，则同步计算模块 300
可根据以下公式得到电流采样时刻的电压矢量：

$$\vec{V}_x = \vec{V}_1 \cdot e^{j\omega_e t_\Delta} = \vec{V}_1 \cdot e^{j\theta_\Delta}, \quad (5)$$

$$\vec{V}_1 = \begin{bmatrix} V_{1\alpha} \\ V_{1\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \cos \theta_1 \\ V_1 \sin \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

15 其中， $\vec{V}_x$ 为电流采样时刻的电压矢量， $\theta_\Delta = \omega_e t_\Delta$ ， ω_e 为电角频率， t_Δ 为前一时刻至电
流采样时刻的时间， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压，同步计算模
块 300 通过对公式（5）和公式（6）进行处理，可得到：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1\alpha} \cos \theta_\Delta - V_{1\beta} \sin \theta_\Delta \\ V_{1\beta} \cos \theta_\Delta + V_{1\alpha} \sin \theta_\Delta \end{bmatrix}, \quad (7)$$

20 其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压，从而可得到电
流采样时刻对应的电压矢量，即电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢
量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常
运行。

如果将电流采样时刻的后一时刻的电压同步换算至电流采样时刻，则同步计算模块 300

可根据以下公式得到电流采样时刻的电压矢量：

$$\vec{V}_x = \vec{V}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_\Delta} = \vec{V}_2 \cdot e^{-j\theta_\Delta}, \quad (8)$$

$$\vec{V}_2 = \begin{bmatrix} V_{2\alpha} \\ V_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_2 \cos \theta_2 \\ V_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

其中， $\vec{V}_x$ 为电流采样时刻的电压矢量， $\theta_\Delta = \omega_e t_\Delta$ ， ω_e 为电角频率， t_Δ 为电流采样时刻

5 至后一时刻的时间（等于前一时刻至电流采样时刻的时间）， $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下后一时刻对应的电压，同步计算模块 300 通过对公式（8）和公式（9）进行处理，同可得到：

$$\vec{V}_x = \vec{V}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_\Delta}$$

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{2\alpha} \cos \theta_\Delta + V_{2\beta} \sin \theta_\Delta \\ V_{2\beta} \cos \theta_\Delta - V_{2\alpha} \sin \theta_\Delta \end{bmatrix}, \quad (10)$$

10 其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压，从而可得到电流采样时刻对应的电压矢量，即电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常运行。

15 如果将电流采样时刻的前一时刻的电压和后一时刻的电压同步换算至电流采样时刻，则同步计算模块 300 可根据以下公式得到电流采样时刻的电压矢量：

$$\vec{V}_x = \frac{1}{2}(\vec{V}_1 \cdot e^{j\omega_e t_\Delta} + \vec{V}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_\Delta}) = \frac{1}{2}(\vec{V}_1 \cdot e^{j\theta_\Delta} + \vec{V}_2 \cdot e^{-j\theta_\Delta}), \quad (11)$$

其中， $\vec{V}_x$ 为电流采样时刻的电压矢量， $\theta_\Delta = \omega_e t_\Delta$ ， ω_e 为电角频率， t_Δ 为前一时刻至电流采样时刻的时间或电流采样时刻至后一时刻的时间， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压， $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下后一时刻对应的电压，同步计算

20 模块 300 通过对公式（11）、式（6）和公式（9）进行处理，可得到：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{1\alpha} + V_{2\alpha}}{2} \cos \theta_\Delta + \frac{V_{2\beta} - V_{1\beta}}{2} \sin \theta_\Delta \\ \frac{V_{1\beta} + V_{2\beta}}{2} \cos \theta_\Delta + \frac{V_{1\alpha} - V_{2\alpha}}{2} \sin \theta_\Delta \end{bmatrix}, \quad (12)$$

其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压，从而可得到电流

采样时刻对应的电压矢量，即电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常运行。

进一步地，当 θ_{Δ} 近似等于零时，同步计算模块 300 可根据以下公式得到电流采样时刻

5 对应的电压矢量：

$$\bar{V}_x = \frac{1}{2}(\bar{V}_1 + \bar{V}_2), \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{1\alpha} + V_{2\alpha}}{2} \\ \frac{V_{1\beta} + V_{2\beta}}{2} \end{bmatrix}, \quad (14)$$

以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常运行。

10 在本申请的一个实施例中，同步计算模块 300 可采用方式（二）对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理，即将相邻两个 PWM 载波波峰之间的任意时刻作为基准同步时刻 t_x ，并根据基准同步时刻对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理。

具体地，当采用方式（二）时，基准同步时刻 t_x 之前 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量可为 $\bar{X}_1$ （包括电压矢量和电流矢量），所述基准同步时刻 t_x 之后 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_2$ （包括电压矢量和电

15 流矢量）。其中，可通过以下公式表示电气量 $\bar{X}_1$ ：

$$\bar{X}_1 = X_1 \cdot e^{j\theta_1}, \quad (15)$$

$$\begin{bmatrix} X_{1\alpha} \\ X_{1\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \cos \theta_1 \\ X_1 \sin \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (16)$$

其中， X_1, θ_1 分别为电气量 $\bar{X}_1$ 的幅值和相位， $X_{1\alpha}$ 和 $X_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量。

20 可通过以下公式表示电气量 $\bar{X}_2$ ：

$$\bar{X}_2 = X_2 \cdot e^{j\theta_2}, \quad (17)$$

$$\begin{bmatrix} X_{2\alpha} \\ X_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_2 \cos \theta_2 \\ X_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (18)$$

其中， X_2, θ_2 分别为电气量 $\bar{X}_2$ 的幅值和相位， $X_{2\alpha}$ 和 $X_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 2}$ 时

刻的电气量。

如果将 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_1$ 同步换算至基准同步时刻 t_x ，则同步计算模块 300 可根据以下公式得到该基准同步时刻 t_x 处的电气量：

$$\vec{X}_x = \vec{X}_1 \cdot e^{j\omega_e t_{\Delta 1}} = \vec{X}_1 \cdot e^{j\theta_{\Delta 1}}, \quad (19)$$

$$\vec{X}_1 = \begin{bmatrix} X_{1\alpha} \\ X_{1\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \cos \theta_1 \\ X_1 \sin \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (20)$$

其中， $\vec{X}_x$ 为基准同步时刻 t_x 处的电气量， $\theta_{\Delta 1} = \omega_e t_{\Delta 1}$ ， ω_e 为电角频率。同步计算模块 300 通过对公式 (19) 和公式 (20) 进行处理，可得到：

$$\vec{X}_x = \begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1} \\ X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} \end{bmatrix}, \quad (21)$$

即通过计算可将 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_1$ （包括 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电压矢量和 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电流矢量）同步换算至基准同步时刻 t_x 处的电气量 $\vec{X}_x$ （包括基准同步时刻 t_x 处的电压矢量和基准同步时刻 t_x 处的电流矢量），从而使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常运行。

如果将 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_2$ 同步换算至基准同步时刻 t_x ，则同步计算模块 300 可通过以下公式得到基准同步时刻 t_x 处的电气量：

$$\vec{X}_x = \vec{X}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta 2}} = \vec{X}_2 \cdot e^{-j\theta_{\Delta 2}}, \quad (22)$$

$$\vec{X}_2 = \begin{bmatrix} X_{2\alpha} \\ X_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_2 \cos \theta_2 \\ X_2 \sin \theta_2 \end{bmatrix}, \quad (23)$$

其中， $\vec{X}_x$ 为基准同步时刻 t_x 处的电气量， $\theta_{\Delta 2} = \omega_e t_{\Delta 2}$ ， ω_e 为电角频率。通过对公式 (22) 和公式 (23) 进行处理，可得到：

$$\vec{X}_x = \vec{X}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta 2}} = \begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} \\ X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2} \end{bmatrix}, \quad (24)$$

即通过计算可将 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_2$ （包括 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电压矢量和 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电流矢量）同步换算至基准同步时刻 t_x 处的电气量 $\vec{X}_x$ （包括基准同步时刻 t_x 处的电压矢量和基准同步时刻 t_x 处的电流矢量），从而使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，

可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常运行。

如果将 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_1$ 和 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_2$ 同步换算至基准同步时刻 t_x ，则同步计算模块 300 可通过以下公式得到基准同步时刻 t_x 处的电气量：

$$\vec{X}_x = \frac{1}{2}(\vec{X}_1 \cdot e^{j\omega_e t_{\Delta 1}} + \vec{X}_2 \cdot e^{-j\omega_e t_{\Delta 2}}) = \frac{1}{2}(\vec{X}_1 \cdot e^{j\theta_{\Delta 1}} + \vec{X}_2 \cdot e^{-j\theta_{\Delta 2}}), \quad (25)$$

5 其中， $\vec{X}_x$ 为基准同步时刻 t_x 处的电气量， $\theta_{\Delta 1} = \omega_e t_{\Delta 1}$ ， $\theta_{\Delta 2} = \omega_e t_{\Delta 2}$ ， ω_e 为电角频率。通过对公式（20）、公式（23）和公式（25）进行处理，可得到：

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1}}{2} \\ \frac{X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2}}{2} \end{bmatrix}, \quad (26)$$

即通过计算可将 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_1$ （包括 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电压矢量和 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电流矢量）和 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\vec{X}_2$ （包括 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电压矢量和 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电流矢量）同步换算至基准同步时刻 t_x 处的电气量 $\vec{X}_x$ （包括基准同步时刻 t_x 处的电压矢量和基准同步时刻 t_x 处的电流矢量），从而使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常运行。

进一步地，当 $\theta_{\Delta 1}$ 和 $\theta_{\Delta 2}$ 均近似等于零时，同步计算模块 300 可根据以下公式得到基准同步时刻 t_x 处的电气量：

$$\vec{X}_x = \frac{1}{2}(\vec{X}_1 + \vec{X}_2), \quad (27)$$

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{1\alpha} + X_{2\alpha}}{2} \\ \frac{X_{1\beta} + X_{2\beta}}{2} \end{bmatrix}, \quad (28)$$

以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步，由此，可保证磁链观测器输出角度的准确性，从而保障电机正常运行。

根据本申请实施例的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，电流采样模块 20 采样电机的三相电流以获得电流采样值，获取模块获取指令电压或采样电压以作为电压采样值，同步计算模块对电流采样值和电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。由此，能够保证磁链

观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

对应上述实施例，本申请还提出一种电机驱动系统。

本申请实施例的电机驱动系统，包括本申请上述实施例提出的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，其具体的实施方式可参照上述实施例，为避免冗余，在此不再赘述。

根据本申请实施例的电机驱动系统，能够保证磁链观测器输出角度的准确性，保障电机正常运行。

在本申请的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。

此外，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。在本申请的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

在本申请中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

在本申请中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本申请的限制，本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，其特征在于，包括以下步骤：
 5 采样电机的三相电流以获得电流采样值，并获取指令电压或采样电压以作为电压采样值；

对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。

2、如权利要求 1 所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，其特征在于，采用以下任一方式对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理：

10 (一) 将相邻两个 PWM 载波周期的中间时刻作为所述电流采样时刻，并将所述电流采样时刻的前一时刻的电压和/或后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻；

(二) 将相邻两个 PWM 载波波峰之间的任意时刻作为基准同步时刻，并根据所述基准同步时刻对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理。

3、如权利要求 2 所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，其特征在于，
 15 所述电流采样时刻的前一时刻的电压为前一 PWM 载波波峰对应的电压，所述电流采样时刻的后一时刻的电压为后一 PWM 载波波峰对应的电压。

4、如权利要求 3 所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，其特征在于，当采用方式（一）时，其中，

20 如果将所述电流采样时刻的前一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻，则根据以下公式对所述前一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta} - V_{1\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{1\beta} \cos \theta_{\Delta} + V_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix},$$

其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压， $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$ ， ω_e 为电角频率， t_{Δ} 为前一时刻至电流采样时刻的时间；

25 如果将所述电流采样时刻的后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻，则根据以下公式对所述后一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta} + V_{2\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{2\beta} \cos \theta_{\Delta} - V_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix},$$

其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压， $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下后一时刻对应的电压， $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$ ， ω_e 为电角频率， t_{Δ} 为电流采样时刻至

后一时刻的时间；

如果将所述电流采样时刻的前一时刻的电压和后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻，则根据以下公式对所述前一时刻的电压和后一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{1\alpha} + V_{2\alpha}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{2\beta} - V_{1\beta}}{2} \sin \theta_{\Delta} \\ \frac{V_{1\beta} + V_{2\beta}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{1\alpha} - V_{2\alpha}}{2} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix}。$$

- 5 5、如权利要求2或3所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法，其特征在于，当采用方式（二）时，所述基准同步时刻 t_x 之前 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_1$ ，所述基准同步时刻 t_x 之后 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_2$ ，其中，

如果将所述 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x ，则根据以下公式进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1} \\ X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} \end{bmatrix},$$

其中， $X_{x\alpha}$ 和 $X_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下基准同步时刻对应的电气量， $X_{1\alpha}$ 和 $X_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量， $\theta_{\Delta 1} = \omega_e t_{\Delta 1}$ ， ω_e 为电角频率；

如果将所述 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x ，则根据以下公式进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} \\ X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2} \end{bmatrix},$$

其中， $X_{x\alpha}$ 和 $X_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下基准同步时刻对应的电气量， $X_{2\alpha}$ 和 $X_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量， $\theta_{\Delta 2} = \omega_e t_{\Delta 2}$ ， ω_e 为电角频率；

如果将所述 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 和所述 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x ，则根据以下公式进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1}}{2} \\ \frac{X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2}}{2} \end{bmatrix}。$$

- 6、一种非临时性计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，该程序

被处理器执行时实现如权利要求 1-5 中任一项所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算方法。

7、一种电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，其特征在于，包括：

电流采样模块，采样电机的三相电流以获得电流采样值；

5 获取模块，用于获取指令电压或采样电压以作为电压采样值；

同步计算模块，用于对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理以获得电流采样时刻的基波电压，以使输入到磁链观测器的电流矢量和电压矢量保持同步。

8、如权利要求 7 所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，其特征在于，所述同步计算模块采用以下任一方式对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理：

（一）将相邻两个 PWM 载波周期的中间时刻作为所述电流采样时刻，并将所述电流采样时刻的前一时刻的电压和/或后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻；

（二）将相邻两个 PWM 载波波峰之间的任意时刻作为基准同步时刻，并根据所述基准同步时刻对所述电流采样值和所述电压采样值进行同步换算处理。

9、如权利要求 8 所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，其特征在于，所述电流采样时刻的前一时刻的电压为前一 PWM 载波波峰对应的电压，所述电流采样时刻的后一时刻的电压为后一 PWM 载波波峰对应的电压。

10、如权利要求 9 所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置，其特征在于，当采用方式（一）时，其中，

如果将所述电流采样时刻的前一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻，所述同步计算模块则根据以下公式对所述前一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta} - V_{1\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{1\beta} \cos \theta_{\Delta} + V_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix},$$

其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压， $V_{1\alpha}$ 和 $V_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下前一时刻对应的电压， $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$ ， ω_e 为电角频率， t_{Δ} 为前一时刻至电流采样时刻的时间；

如果将所述电流采样时刻的后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻，所述同步计算模块则根据以下公式对所述后一时刻的电压进行同步换算：

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta} + V_{2\beta} \sin \theta_{\Delta} \\ V_{2\beta} \cos \theta_{\Delta} - V_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix},$$

其中， $V_{x\alpha}$ 和 $V_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下电流采样时刻对应的电压， $V_{2\alpha}$ 和 $V_{2\beta}$ 分别为

两相静止坐标系下后一时刻对应的电压, $\theta_{\Delta} = \omega_e t_{\Delta}$, ω_e 为电角频率, t_{Δ} 为电流采样时刻至后一时刻的时间;

如果将所述电流采样时刻的前一时刻的电压和后一时刻的电压同步换算至所述电流采样时刻, 所述同步计算模块则根据以下公式对所述前一时刻的电压和后一时刻的电压进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} V_{x\alpha} \\ V_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{1\alpha} + V_{2\alpha}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{2\beta} - V_{1\beta}}{2} \sin \theta_{\Delta} \\ \frac{V_{1\beta} + V_{2\beta}}{2} \cos \theta_{\Delta} + \frac{V_{1\alpha} - V_{2\alpha}}{2} \sin \theta_{\Delta} \end{bmatrix}。$$

11、如权利要求 8 或 9 所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置, 其特征在于, 当采用方式 (二) 时, 所述基准同步时刻 t_x 之前 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_1$, 所述基准同步时刻 t_x 之后 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量为 $\bar{X}_2$, 其中,

10 如果将所述 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 所述同步计算模块则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1} \\ X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} \end{bmatrix},$$

其中, $X_{x\alpha}$ 和 $X_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下基准同步时刻对应的电气量, $X_{1\alpha}$ 和 $X_{1\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量, $\theta_{\Delta 1} = \omega_e t_{\Delta 1}$, ω_e 为电角频率;

15 如果将所述 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 所述同步计算模块则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} \\ X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2} \end{bmatrix},$$

其中, $X_{x\alpha}$ 和 $X_{x\beta}$ 分别为两相静止坐标系下基准同步时刻对应的电气量, $X_{2\alpha}$ 和 $X_{2\beta}$ 分别为两相静止坐标系下 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量, $\theta_{\Delta 2} = \omega_e t_{\Delta 2}$, ω_e 为电角频率;

20 如果将所述 $t_{\Delta 1}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_1$ 和所述 $t_{\Delta 2}$ 时刻的电气量 $\bar{X}_2$ 同步换算至所述基准同步时刻 t_x , 所述同步计算模块则根据以下公式进行同步换算:

$$\begin{bmatrix} X_{x\alpha} \\ X_{x\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{1\alpha} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\alpha} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{2\beta} \sin \theta_{\Delta 2} - X_{1\beta} \sin \theta_{\Delta 1}}{2} \\ \frac{X_{1\beta} \cos \theta_{\Delta 1} + X_{2\beta} \cos \theta_{\Delta 2} + X_{1\alpha} \sin \theta_{\Delta 1} - X_{2\alpha} \sin \theta_{\Delta 2}}{2} \end{bmatrix}。$$

12、一种电机驱动系统，其特征在于，包括如权利要求 7-11 中任一项所述的电机驱动器采样相电流与相电压的同步计算装置。

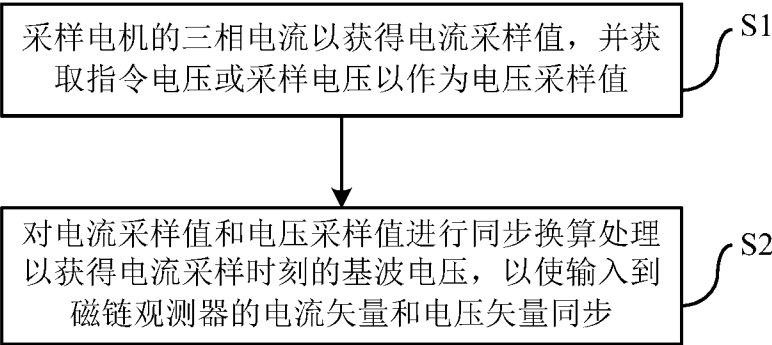


图 1

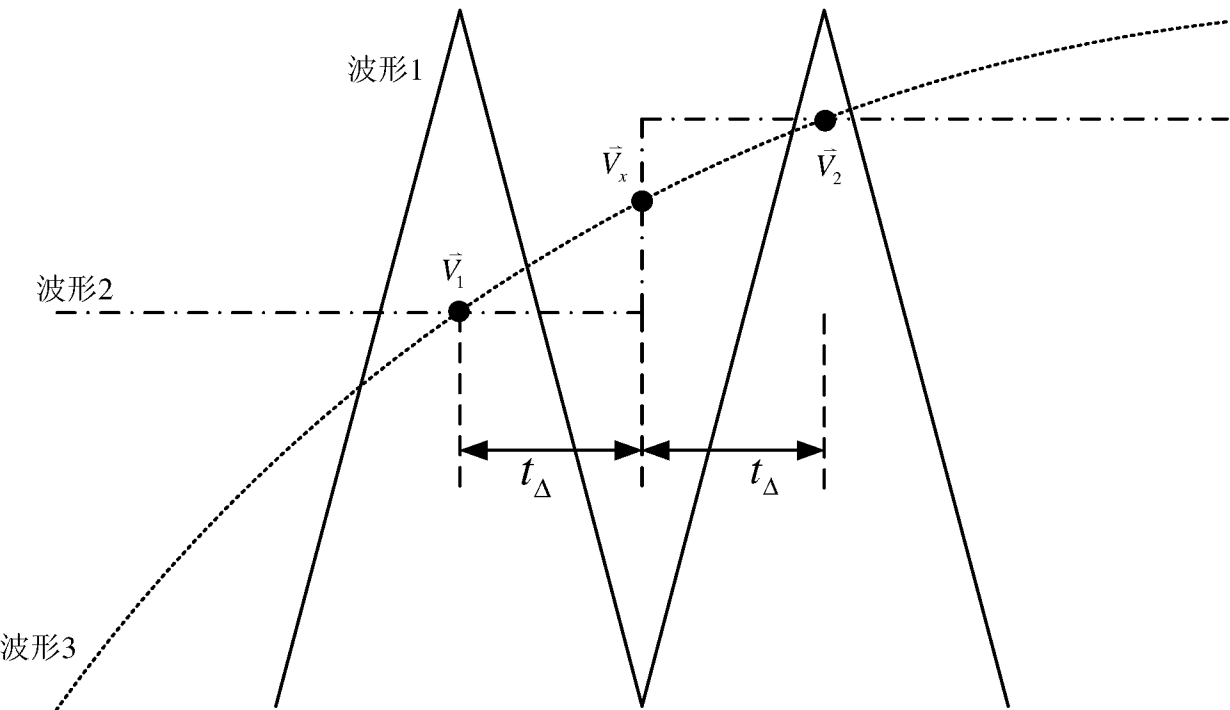


图 2



图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/108562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 21/14(2016.01)i; H02P 21/13(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)

H02P21

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: 美的, 威灵电机, 电机驱动, 电动机驱动, 磁链, 观测, 电压, 电流, 同步, 同期, 静止坐标, 坐标变换, 载波, 电流重构, motor driv+, PWM, flux linkage, flux-linkage, current, voltage, clark+, synchronous, synchronizing

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 107994827 A (MIDEA GROUP CO., LTD.) 04 May 2018 (2018-05-04) description, paragraphs [0009]-[0045]	1-12
A	CN 103944482 A (SUNGROW POWER SUPPLY CO., LTD.) 23 July 2014 (2014-07-23) description, paragraphs [0065]-[0145], and figures 1-7	1-12
A	CN 105122627 A (DENSO CORPORATION) 02 December 2015 (2015-12-02) entire document	1-12
A	CN 107294454 A (GUANGDONG WELLING MOTOR MANUFACTURING CO., LTD. ET AL.) 24 October 2017 (2017-10-24) entire document	1-12

☐ 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

22 November 2018

Date of mailing of the international search report

26 December 2018

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
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/CN2018/108562

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107994827	A	04 May 2018	None			
CN	103944482	A	23 July 2014	CN	103944482	B	24 August 2016
CN	105122627	A	02 December 2015	US	2016065087	A1	03 March 2016
				JP	6155779	B2	05 July 2017
				JP	2014204629	A	27 October 2014
				WO	2014167821	A1	16 October 2014
				IN	201510087	P1	19 February 2016
CN	107294454	A	24 October 2017	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/108562

A. 主题的分类

H02P 21/14(2016.01)i; H02P 21/13(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)

H02P21

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; 美的, 威灵电机, 电机驱动, 电动机驱动, 磁链, 观测, 电压, 电流, 同步, 同期, 静止坐标, 坐标变换, 载波, 电流重构, motor driv+, PWM, flux linkage, flux-linkage, current, voltage, clark+, synchronous, synchronizing

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 107994827 A (美的集团股份有限公司) 2018年 5月 4日 (2018 - 05 - 04) 说明书第[0009]-[0045]段	1-12
A	CN 103944482 A (阳光电源股份有限公司) 2014年 7月 23日 (2014 - 07 - 23) 说明书第[0065]-[0145]段, 附图1-7	1-12
A	CN 105122627 A (株式会社电装) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 全文	1-12
A	CN 107294454 A (广东威灵电机制造有限公司 等) 2017年 10月 24日 (2017 - 10 - 24) 全文	1-12

☐ 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

“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

2018年 11月 22日

国际检索报告邮寄日期

2018年 12月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(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

受权官员

周凤

电话号码 (86-512) 88995873

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/108562

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	107994827	A	2018年 5月 4日	无			
CN	103944482	A	2014年 7月 23日	CN	103944482	B	2016年 8月 24日
CN	105122627	A	2015年 12月 2日	US	2016065087	A1	2016年 3月 3日
				JP	6155779	B2	2017年 7月 5日
				JP	2014204629	A	2014年 10月 27日
				WO	2014167821	A1	2014年 10月 16日
				IN	201510087	P1	2016年 2月 19日
CN	107294454	A	2017年 10月 24日	无			