



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112166552 B

(45) 授权公告日 2023.11.28

(21) 申请号 201980032785.1

(72) 发明人 增田隆宏 岸部太郎

(22) 申请日 2019.05.17

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所(普通合伙) 11277

(65) 同一申请的已公布的文献号

专利代理人 刘新宇

申请公布号 CN 112166552 A

(51) Int.CI.

H02P 27/08 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.01.01

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

KR 20030062480 A, 2003.07.28

2018-114960 2018.06.15 JP

US 2015162935 A1, 2015.06.11

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

US 2017299637 A1, 2017.10.19

2020.11.16

JP S62198278 A, 1987.09.01

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 106575940 A, 2017.04.19

PCT/JP2019/019708 2019.05.17

CN 106130553 A, 2016.11.16

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 107528998 A, 2017.12.29

W02019/239792 JA 2019.12.19

KR 20000039009 A, 2000.07.05

(73) 专利权人 松下知识产权经营株式会社

审查员 石二微

地址 日本大阪府

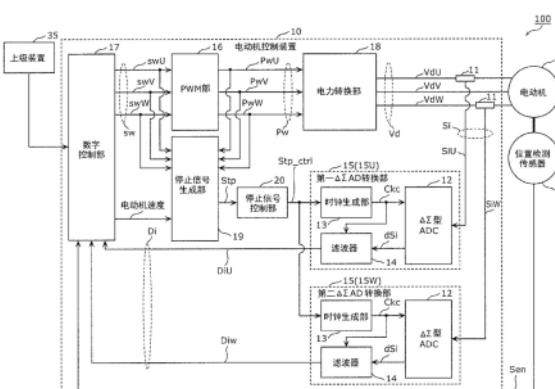
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

## (54) 发明名称

电动机控制装置

## (57) 摘要

在通过 $\Delta \Sigma$  AD转换来检测电动机电流的电动机控制装置(10)中，具备停止信号生成部(19)和停止信号控制部(20)，在向电动机(30)施加的3相电压指令的最大值与最小值之差为预先决定的阈值以下的情况下，将停止信号延迟电流检测延迟的时间后进行输出，该停止信号用于在产生因电力转换元件的接通/断开而引起的泄漏电流的期间使 $\Delta \Sigma$  AD转换的动作停止。



1. 一种电动机控制装置，具有电动机电流检测部，对电动机的动作进行控制，该电动机电流检测部针对具备卷绕有3相的绕组的定子的所述电动机检测流过所述绕组的电流，所述电动机控制装置具备：

数字控制部，其根据来自上级装置的动作指令、所述电动机的位置信息及作为流过所述绕组的电流值的电动机电流检测值来进行转矩运算，计算用于驱动所述电动机的3相电压指令值；

脉宽调制部，其通过将所述3相电压指令值与三角波进行比较来进行脉宽调制，输出3相脉宽调制开关信号；

电力转换部，其按照所述3相脉宽调制开关信号来使电力转换元件接通或断开，由此对所述绕组施加规定范围内的任意的电压；

所述电动机电流检测部，其将由于所述任意的电压而流过所述绕组的电流转换为模拟电压；

增量累加模数转换部，其将所述模拟电压转换为数字信号；

停止信号生成部，其输出与所述增量累加模数转换部的动作的停止有关的停止信号；以及

停止信号控制部，其基于所述停止信号，输出用于使所述增量累加模数转换部的动作停止的停止控制信号，

其中，在所述3相电压指令的最大值与最小值之差为预先决定的阈值以下的情况下，

所述停止信号生成部在产生因所述电力转换元件的接通或断开而引起的泄漏电流的期间输出所述停止信号，

所述停止信号控制部输出所述停止控制信号，所述停止控制信号用于使所述停止信号延迟由所述电动机电流检测部和所述增量累加模数转换部将所述泄漏电流转换为所述数字信号的时间。

2. 根据权利要求1所述的电动机控制装置，其中，

所述位置信息为由位置检测传感器检测出的所述电动机的转子的位置的信息。

3. 根据权利要求1或2所述的电动机控制装置，其中，

所述停止信号生成部具备计时器，所述停止信号生成部在所述3相脉宽调制开关信号中的任一个在所述三角波的上下顶点间最初变化时，开始所述停止信号的输出和计时器动作，并输出所述停止信号直到计时器计数成为预先决定的值为止。

4. 根据权利要求1或2所述的电动机控制装置，其中，

所述增量累加模数转换部具备：

增量累加型模数转换器，其将所述模拟电压转换为1位的数字信号；

模数转换抽取滤波器，其将所述1位的数字信号转换为多位的数字信号，并将该多位的数字信号作为所述电动机电流检测值进行输出；以及

时钟生成部，其输出动作时钟，该动作时钟用于使所述增量累加型模数转换器和所述模数转换抽取滤波器进行动作，

其中，通过所述停止控制信号使所述动作时钟停止。

5. 根据权利要求1或2所述的电动机控制装置，其中，

在所述电动机电流检测值变为预先决定的值以上的情况下，所述停止信号生成部对所

述停止信号的输出进行抑制。

6. 根据权利要求1或2所述的电动机控制装置，其中，

在电动机速度变为预先决定的值以上的情况下，所述停止信号生成部对所述停止信号的输出进行抑制。

## 电动机控制装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过对施加至电动机的绕组的电压进行PWM (Pulse Width Modulation:脉宽调制) 控制来控制电动机的电动机控制装置。

### 背景技术

[0002] 在FA(Factory Automation:工厂自动化)所使用的伺服电动机中,以追随来自上级装置的驱动指令(位置指令)的方式控制电动机的位置、速度、转矩。而且,作为其控制运算装置,广泛使用着利用微处理器的数字控制。在伺服电动机中使用的表面磁体构造的同步电动机(Surface Permanent Magnet Synchronous Motor)所输出的转矩与电动机电流具有比例关系,因此能够通过控制电动机电流,来自如地控制从电动机输出的转矩。在一般用于控制电动机电流的PWM控制方式中,需要检测流过电动机的绕组的电流(下面为电动机电流)。而且,在数字控制的情况下,每隔一定的周期检测电动机电流,利用PID控制(比例+积分+微分控制)等进行控制以使该电动机电流与电流指令值一致。

[0003] 图6是专利文献1中例示的现有例的电动机控制装置10a的结构图。该电动机控制装置10a具有针对具备卷绕有3相的绕组的定子的电动机30a检测流过绕组的电流的电动机电流检测部11a,对电动机30a的动作进行控制。而且,电动机控制装置10a具备:数字控制部17a,其根据来自上级装置35a的动作指令、来自位置检测传感器31a的电动机的位置信息及作为流过绕组的电流值的电动机电流检测值来进行转矩运算,计算用于驱动电动机30a的电压指令值;PWM部16a,其通过将电压指令值与三角波进行比较来进行PWM调制,输出PWM开关信号;电力转换部18a,其按照PWM开关信号来使开关元件(电力转换元件)接通/断开,由此向绕组施加驱动电压;电动机电流检测部11a,其将由于驱动电压而流过绕组的电流转换为模拟电压;ΔΣAD转换部15a,其将模拟电压转换为数字信号;以及停止信号生成部19a,其输出使ΔΣAD转换部15a的动作停止的停止信号。而且,停止信号生成部19a在PWM控制中的3相电压指令的最大值与最小值之差为预先决定的阈值以下的情况下,在产生因电力转换元件的接通/断开而引起的泄漏电流的期间输出停止信号,以降低通过电力转换元件(例如利用半导体的高速功率开关元件)的接通/断开(下面为开关动作)对施加至电动机30a的电压进行控制而产生的泄漏电流的误检测。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:国际公开第2016/051743号

### 发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 然而,在以流过电动机的绕组的电流值为数百安培的比较大的电流驱动的电动机控制装置中,电动机电流检测部的电路构造变得复杂,因此在将流过绕组的电流转换为模拟电压时发生时间延迟。因而,在以往的结构中,由于在产生泄漏电流的期间使ΔΣAD转换

部的动作停止,因此与模拟电压值在时间上产生偏差,存在无法降低由 $\Delta \Sigma$  AD转换部转换的数字信号中包含的泄漏电流的误检测的问题。

[0009] 本公开是鉴于上述问题而完成的,其目的在于提供一种即使在将流过绕组的电流转换为模拟电压时发生延迟的情况下也能够降低因电力转换元件的接通/断开而引起的泄漏电流的误检测的电动机控制装置。

#### [0010] 用于解决问题的方案

[0011] 本公开的一个方式所涉及的电动机控制装置具有电动机电流检测部,对电动机的动作进行控制,该电动机电流检测部针对具备卷绕有3相的绕组的定子的所述电动机检测流过所述绕组的电流,所述电动机控制装置具备:数字控制部,其根据来自上级装置的动作指令、所述电动机的位置信息及作为流过所述绕组的电流值的电动机电流检测值来进行转矩运算,计算用于驱动所述电动机的3相电压指令值;脉宽调制部,其通过将所述3相电压指令值与三角波进行比较来进行脉宽调制,输出3相脉宽调制开关信号;电力转换部,其按照所述3相脉宽调制开关信号来使电力转换元件接通或断开,由此向所述绕组施加规定范围内的任意的电压;所述电动机电流检测部,其将由于所述任意的电压而流过所述绕组的电流转换为模拟电压;增量累加模数转换部,其将所述模拟电压转换为数字信号;停止信号生成部,其输出与所述增量累加模数转换部的动作的停止有关的停止信号;以及停止信号控制部,其基于所述停止信号,输出用于使所述增量累加模数转换部的动作停止的停止控制信号,其中,在所述3相电压指令的最大值与最小值之差为预先决定的阈值以下的情况下,所述停止信号生成部在产生因所述电力转换元件的接通或断开而引起的泄漏电流的期间输出所述停止信号,所述停止信号控制部输出所述停止控制信号,所述停止控制信号用于使所述停止信号延迟由所述电动机电流检测部和所述增量累加模数转换部将所述泄漏电流转换为所述数字信号的时间。

#### [0012] 发明的效果

[0013] 根据本公开的一个方式所涉及的电动机控制装置,即使在将流过绕组的电流转换为模拟电压时发生延迟的情况下,也能够降低因电力转换元件的接通/断开而引起的泄漏电流的误检测。

### 附图说明

[0014] 图1是包括实施方式中的电动机控制装置的电动机控制系统的结构图。

[0015] 图2是用于对该电动机控制装置中的电动机电流的检测所使用的 $\Delta \Sigma$  AD转换部的动作进行说明的动作波形图。

[0016] 图3是该电动机控制装置中的 $\Delta \Sigma$  AD转换部的结构图。

[0017] 图4是该电动机控制装置中的停止信号生成部的结构图。

[0018] 图5是该电动机控制装置中的停止信号控制部的结构图。

[0019] 图6是现有例的电动机控制装置的结构图。

### 具体实施方式

[0020] 本公开的一个方式所涉及的电动机控制装置具有电动机电流检测部,对电动机的动作进行控制,该电动机电流检测部针对具备卷绕有3相的绕组的定子的所述电动机检测

流过所述绕组的电流,所述电动机控制装置具备:数字控制部,其根据来自上级装置的动作指令、所述电动机的位置信息及作为流过所述绕组的电流值的电动机电流检测值来进行转矩运算,计算用于驱动所述电动机的3相电压指令值;PWM部,其通过将所述3相电压指令值与三角波进行比较来进行PWM调制,输出3相PWM开关信号;电力转换部,其按照所述3相PWM开关信号来使电力转换元件接通/断开,由此向所述绕组施加规定范围内的任意的电压;所述电动机电流检测部,其将由于所述任意的电压而流过所述绕组的电流转换为模拟电压; $\Delta \Sigma$  AD转换部,其将所述模拟电压转换为数字信号;停止信号生成部,其输出与所述 $\Delta \Sigma$  AD转换部的动作的停止有关的停止信号;以及停止信号控制部,其基于所述停止信号,输出用于使所述 $\Delta \Sigma$  AD转换部的动作停止的停止控制信号,其中,在所述3相电压指令的最大值与最小值之差为预先决定的阈值以下的情况下,所述停止信号生成部在产生因所述电力转换元件的接通/断开而引起的泄漏电流的期间输出所述停止信号,所述停止信号控制部输出所述停止控制信号,所述停止控制信号用于使所述停止信号延迟由所述电动机电流检测部和所述 $\Delta \Sigma$  AD转换部将所述泄漏电流转换为所述数字信号的时间。

[0021] 根据上述电动机控制装置,即使在将流过绕组的电流转换为模拟电压时发生延迟的情况下,也能够降低因电力转换元件的接通/断开而引起的泄漏电流的误检测。

[0022] 另外,可以为,所述位置信息为由位置检测传感器检测出的所述电动机的转子的位置的信息。

[0023] 由此,该电动机控制装置能够利用由位置传感器检测出的转子的位置的信息来作为位置信息。

[0024] 另外,可以为,所述停止信号生成部具备计时器,所述停止信号生成部在所述3相PWM开关信号中的任一个在所述三角波的上下顶点间最初变化时,开始所述停止信号的输出和计时器动作,并输出所述停止信号直到计时器计数成为预先决定的值为止。

[0025] 由此,该电动机控制装置能够通过3相PWM开关信号来判定停止信号的输出开始时刻,因此能够通过比较容易的结构来控制停止信号。

[0026] 另外,可以为,所述 $\Delta \Sigma$  AD转换部具备: $\Delta \Sigma$ 型AD转换器,其将所述模拟电压转换为1位的数字信号;AD转换抽取滤波器,其将所述1位的数字信号转换为多位的数字信号,并将该多位的数字信号作为所述电动机电流检测值进行输出;以及时钟生成部,其输出动作时钟,该动作时钟用于使所述 $\Delta \Sigma$ 型AD转换器和所述AD转换抽取滤波器进行动作,其中,通过所述停止控制信号来使所述动作时钟停止。

[0027] 由此,该电动机控制装置能够通过停止控制信号来控制 $\Delta \Sigma$  AD转换部的动作的停止。

[0028] 另外,可以为,在所述电动机电流检测值变为预先决定的值以上的情况下,所述停止信号生成部对所述停止信号的输出进行抑制。

[0029] 由此,该电动机控制装置能够降低因电力转换元件的接通/断开而引起的泄漏电流对电动机电流检测值的大小的影响变大的伺服锁定时或低转矩时的误检测。

[0030] 另外,可以为,在电动机速度变为预先决定的值以上的情况下,所述停止信号生成部对所述停止信号的输出进行抑制。

[0031] 由此,该电动机控制装置能够降低速度变动由于因泄漏电流产生的不需要的转矩的影响而变大的低速动作时的误检测。

[0032] 下面,参照附图来说明本公开的一个方式所涉及的电动机控制装置的具体例。

[0033] 此外,下面说明的实施方式均表示本公开的优选的一个具体例。下面的实施方式中示出的数值、形状、材料、构成要素、构成要素的配置位置及连接方式、步骤、步骤的顺序等为一例,并非旨在限定本发明。本发明仅通过权利要求书来限定。因此,关于下面的实施方式的构成要素中的、未记载在表示本发明的最上位概念的独立权利要求中的构成要素,虽然不是达成本发明的课题所必须的,但作为构成更优秀的方式的构成要素来进行说明。

[0034] (实施方式)

[0035] 图1是包括本实施方式中的电动机控制装置的电动机控制系统的结构图,图2是用于对在电动机电流的检测中使用的 $\Delta \Sigma$  AD转换部的动作进行说明的动作波形图,图3是对电动机电流进行检测的 $\Delta \Sigma$  AD转换部的结构图。

[0036] 如图1所示,本电动机控制系统100构成为:电动机控制装置10按照上级装置35的指令控制来对电动机30的动作进行控制。

[0037] 上级装置35例如利用可编程逻辑控制器等构成,通过动作指令等来对电动机控制装置10进行控制。上级装置35与电动机控制装置10经由控制总线等被进行通信连接,来自上级装置35的动作指令被传输到电动机控制装置10,并且来自电动机控制装置10的信息被传输到上级装置35。

[0038] 图1的电动机30优选为从效率、控制性方面出发而被广泛利用的3相的无刷电动机。作为该3相的无刷电动机的电动机30具备将作为U相、V相、W相的各相的绕组卷绕于定子芯的定子以及具有永磁体的转子。而且,将由电动机控制装置10生成的驱动电压Vd作为驱动电压VdU施加于U相的绕组,将该驱动电压Vd作为驱动电压VdV施加于V相的绕组,将该驱动电压Vd作为驱动电压VdW施加于W相的绕组,由此转子旋转。另外,为了检测转子的位置,在转子的附近配置有旋转编码器、线性标尺或霍尔CT等位置检测传感器31。位置检测传感器31将检测出的转子的位置的信息作为位置信息Sen输出到电动机控制装置10。此外,也可以不使用旋转编码器等装置而使用根据电流检测值来估计电动机的位置的方法。

[0039] 电动机控制装置10不仅具备用于控制电动机30的旋转动作的数字控制部17、生成PWM信号的PWM部16以及用于对电动机30的绕组进行通电驱动的电力转换部18,而且具备电动机电流检测部11、AD转换部15、停止信号生成部19以及停止信号控制部20,以检测电动机电流来进行处理,从而该电动机控制装置10对电动机30的动作进行控制。

[0040] 数字控制部17由DSP(Digital Signal Processor:数字信号处理器)、微计算机的软件或者ASIC(Application Specific Integrated Circuit:专用集成电路)、FPGA(Field Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)的逻辑电路构成。即,数字控制部(下面适当地简称为控制部)17构成为按照程序等表示处理过程的软件来执行各处理。另外,控制部17对于要处理的信号而以数字信号为主体来进行处理,该数字信号是由将规定的位数的数据排列而成的数据列构成的。

[0041] 从上级装置35向数字控制部17传输用于指示位置、速度、转矩等的动作指令的信息等。另外,数字控制部17向上级装置35传输电动机控制装置10的信息等。数字控制部17具有传输这种信息的通信功能,并且对电动机30的旋转动作进行控制,以使电动机30例如关于速度、位置等进行规定的动作的方式进行动作控制。

[0042] 作为数字控制部17的更具体的处理的一例,数字控制部17基于反馈控制来执行如

下的控制处理。数字控制部17利用来自上级装置35的用于指示位置的动作指令和位置检测传感器31的位置信息Sen来进行位置控制运算,生成速度指令。接着,数字控制部17通过位置信息Sen的微分来计算与电动机30的实际速度对应的电动机速度值,根据电动机速度和速度指令,通过速度控制运算来计算电流指令。接着,数字控制部17根据经由电动机电流检测部11和AD转换部15而得到的U相的电动机电流检测值DiU和W相的电动机电流检测值DiW以及计算出的电流指令,通过电流控制运算来计算各相的电压指令。然后,数字控制部17输出U相电压指令值SwU、V相电压指令值SwV、W相电压指令值SwW,来作为表示用于驱动电动机的U相、V相、W相的电压指令的电压指令值Sw。即,数字控制部17根据来自上级装置35的动作指令、电动机30的位置信息以及作为流过绕组的电流值的电动机电流检测值来进行转矩运算,计算用于驱动电动机30的3相电压指令值。

[0043] PWM部16由微计算机内置的周边电路(外围设备)、ASIC、FPGA的逻辑电路构成,如图2所示,例如通过将由升降计数器(up-down counter)形成的三角波的载波信号与各相的电压指令值Sw进行比较,来生成各相的PWM开关信号(下面适当地简称为PWM信号)Pw。

[0044] 在图2的上部示出这些三角波的载波信号、电压指令值Sw以及PWM信号Pw。如图2所示,在三角波的电平依次增加的期间即区域1,在三角波的电平变为电压指令值Sw的电平以上的时间点,PWM信号Pw从高电平下降为低电平。然后,在三角波的电平依次减少的期间即区域2,在三角波的电平变为电压指令的电平以下的时间点,PWM信号Pw从低电平上升为高电平。在PWM部16中,通过重复进行这样的动作,来按各相生成由与电压指令值Sw的电平相应的脉宽或占空比的脉冲列构成的PWM信号Pw。通过这样生成的PWM信号Pw被供给到电力转换部18。即,PWM部16通过将3相电压指令值与三角波进行比较来进行PWM调制,输出3相PWM开关信号。

[0045] 电力转换部18接受来自PWM部16的各相的PWM信号Pw来生成驱动电压Vd,将这些电压作为U相的驱动电压VdU、V相的驱动电压VdV、W相的驱动电压VdW来经由电动机线施加到电动机30的各个绕组。电力转换部18是所谓的逆变器,由IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor:绝缘栅双极型晶体管)或者功率MOSFET这样的高速功率开关元件以及二极管等电力转换元件构成。电力转换部18使用如IGBT那样的开关元件(电力转换元件),根据PWM信号Pw来对从电源供给的电压进行开关动作、即接通/断开,由此生成驱动电压Vd。即,电力转换部18按照3相PWM开关信号来使电力转换元件接通/断开,由此对绕组施加规定范围内的任意的电压。近来,经常使用通过内置有用于驱动电力转换元件的预驱动电路的IPM(Intelligent Power Module:智能功率模块)而一体成型的构件。

[0046] 电动机电流检测部11检测在将驱动电压Vd施加到绕组时流过该绕组的电动机电流的电流量,并作为电流检测信号Si进行输出。具体地说,将流过U相电动机线和W相电动机线的电动机电流分别转换为电压,来作为U相的电流检测信号SiU和W相的电流检测信号SiW进行输出。电动机电流检测部11在电动机电流为小电流的情况下使用分流电阻,特别是在电动机电流为大电流的情况下,通过CT(Current Transfer:电流传输)将电流转换为数千分之一的值,并通过分流电阻检测来自CT的输出电流。即,电动机电流检测部11检测流过绕组的电流,将由于规定范围内的任意的电压而流过绕组的电流转换为模拟电压。电动机电流检测部11输出的电流检测信号Si被供给到 $\Delta \Sigma$  AD转换部15。

[0047] 作为 $\Delta \Sigma$  AD转换部(下面有时也适当简称为AD转换部。)15,如图1所示那样由被供

给U相的电流检测信号SiU的第一AD转换部15U以及被供给W相的电流检测信号SiW的第二AD转换部15W构成。另外，各个AD转换部15由 $\Delta \Sigma$ 型AD转换器12、AD转换抽取滤波器14以及时钟生成部13构成，将被供给的模拟信号(模拟电压)转换为数字信号后输出。特别地，在本实施方式中，使用如上所述的 $\Delta \Sigma$ 型的模拟-数字转换器即 $\Delta \Sigma$ 型AD转换器(下面有时也适当简称为AD转换器。)12。

[0048] 图3是这样的AD转换部15的结构图，在后面记述图3的停止信号生成部19和停止信号控制部20的详细内容。

[0049] 在图3的AD转换部15中，首先，时钟生成部13具有时钟发生器130和逻辑与门131。时钟发生器130生成用于决定AD转换器12的转换周期的原时钟Cka。另外，通过逻辑与门131取得原时钟Cka与后述的停止控制信号Stp\_ctrl的逻辑与，来作为AD转换时钟Ckc进行输出。另外，原时钟Cka的频率只要根据数字控制部17的电流控制所需要的AD转换分辨率和滤波器的抽取所致的转换延迟的容许量来决定即可，通常使用数十MHz的频率。即，时钟生成部13输出AD转换时钟Ckc，该AD转换时钟Ckc为用于使 $\Delta \Sigma$ 型AD转换器12和AD转换抽取滤波器14进行动作的动作时钟。而且， $\Delta \Sigma$ 型AD转换部15通过停止控制信号Stp\_ctrl来使作为动作时钟的AD转换时钟Ckc停止。

[0050] 接着，AD转换器12例如具有进行与阈值之间的比较的比较器，将被供给的电流检测信号Si的大小与该阈值的大小进行比较。接着，AD转换器12将该比较结果与二进制对应，由此转换为1位的数字信号。然后，AD转换器12按AD转换时钟Ckc而将转换得到的该1位的数字信号作为AD转换信号dSi输出。即，从AD转换器12输出的AD转换信号dSi是由脉冲构成的信号，例如该信号的高电平和低电平与1位数字信号的1和0的值对应。像这样， $\Delta \Sigma$ 型AD转换器12将被输入的模拟电压转换为1位的数字信号。

[0051] 接着，AD转换抽取滤波器14(下面有时也适当地称为抽取滤波器。)构成被称为sinc滤波器的频率特性为sinc函数的数字滤波器，该AD转换抽取滤波器14由包括加法器的加法部140和包括减法器的减法部141构成。加法部140按AD转换时钟Ckc来通过加法器对从AD转换器12输出的作为1位的数字信号的AD转换信号dSi进行积分，由此生成多位的加法数据Dsi。该加法数据Dsi的位数与AD转换部15的AD转换分辨率对应。接着，AD转换时钟分频器142生成将AD转换时钟分割为1/N(N为2的n次方，n为整数)而得到的抽取时钟Ckn。即，从被称为所谓的过采样时钟的AD转换时钟Ckc的高时钟频率(clock rate)分频为期望的低时钟频率的抽取时钟Ckn。减法部141按该抽取时钟Ckn进行动作，来运算加法数据Dsi的前次值与本次值之差，由此得到成为sinc函数的频率特性。通过这样的由加法部140和减法部141构成的抽取滤波器14来实现低通特性的滤波器，使高频噪声截止，并且生成转换为期望的分辨率的位数的滤波后的电动机电流检测值Di。即，AD转换抽取滤波器14将1位的数字信号转换为多位的数字信号，并将该多位的数字信号作为电动机电流检测值进行输出。

[0052] 像这样由第一AD转换部15U生成的电动机电流检测值DiU和由第二AD转换部15W生成的电动机电流检测值DiW被供给到数字控制部17。数字控制部17使用被供给的电动机电流检测值DiU、DiW来进行电流控制运算，计算用于生成各个驱动电压Vd的电压指令值Sw。

[0053] 另外，如上述那样，电动机控制装置10通过使与电源连接的开关元件进行开关动作，来生成以PWM脉冲模拟地形成用于对绕组进行驱动的驱动波形而得到的驱动电压Vd。因此，在开关动作的瞬间产生泄漏电流，该泄漏电流作为噪声等对AD转换部15产生影响，其结

果是,电动机电流检测值DiU、DiW的精度可能劣化。另外,电动机电流检测部11在为了检测大电流而构成为将CT和分流电阻组合而成的情况下,在通过CT进行转换时发生数 $\mu\text{s}$ ~十数 $\mu\text{s}$ 的延迟,电流检测信号Si中包含的泄漏电流的产生时刻相对于开关的瞬间而延迟。因此,为了抑制泄漏电流的影响,如图1所示那样还具备停止信号生成部19和停止信号控制部20,利用后述的停止控制信号Stp\_ctrl来使AD转换部15的动作在规定的期间停止,由此抑制泄漏电流的影响。

[0054] 如图1和图3所示,向停止信号生成部19供给各相的电压指令值Sw和各相的PWM信号Pw。而且,停止信号生成部19首先基于各相的电压指令值Sw来进行是否为停止有效模式的判定。并且,停止信号生成部19利用被供给的PWM信号Pw的电平发生变化的沿(edge),来生成规定的时刻和规定的脉宽的停止信号Stp。另外,如图1和图3所示,向停止信号控制部20供给停止信号Stp。然后,停止信号控制部20对直到在上述的开关动作的瞬间产生的泄漏电流被转换为电流检测信号Si为止的延迟时间进行校正,生成停止控制信号Stp\_ctrl。该停止控制信号Stp\_ctrl在为停止有效模式的情况下被供给到各个AD转换部15,进而被供给到时钟生成部13的逻辑与门131的一个输入。通过这样的结构,在停止控制信号Stp\_ctrl表示时钟停止时,利用逻辑与门131而不从时钟生成部13输出原时钟Cka,相反地,在停止控制信号Stp\_ctrl不表示时钟停止时,从时钟生成部13输出原时钟Cka来作为AD转换时钟Ckc。即,停止信号生成部19输出与 $\Delta \Sigma$  AD转换部15的动作的停止有关的停止信号Stp,停止信号控制部20基于停止信号来输出用于使 $\Delta \Sigma$  AD转换部15的动作停止的停止控制信号Stp\_ctrl。

[0055] 图4是示出停止信号生成部19的一例的结构图。

[0056] 在图1~图4中,具体列举停止控制信号Stp\_ctrl在为低电平时表示时钟停止的一例。首先,如图1、图3以及图4所示,向停止信号生成部19供给U相的电压指令值SwU、V相的电压指令值SwV、W相的电压指令值SwW,以及U相的PWM信号PwU、V相的PWM信号PwV、W相的PWM信号PwW。而且,在本实施方式中,如图2所示,将三角波的作为电平方向的上下顶点之间作为一个区域,以该区域为单位进行如下的动作。

[0057] 首先,停止信号生成部19提取U相的电压指令值SwU、V相的电压指令值SwV、W相的电压指令值SwW中的最大值和最小值。接着,停止信号生成部19计算所提取出的最大值与最小值之差 $\Delta V_{cmd}$ 。然后,停止信号生成部19将该差 $\Delta V_{cmd}$ 与预先决定的阈值Vth进行比较。基于该比较结果,停止信号生成部19在差 $\Delta V_{cmd}$ 小于阈值Vth的区域中设为停止有效模式(例如图2的区域1的情况),该停止有效模式是将按照停止信号的输出判定进行的停止信号的输出设为有效的模式,在差 $\Delta V_{cmd}$ 为阈值Vth以上的情况下,设为不进行输出判定的停止无效模式而不输出停止信号(例如图2的区域2的情况)。

[0058] 在图4所示的停止信号生成部19的结构例中,首先,最大/最小值提取部191提取U相的电压指令值SwU、V相的电压指令值SwV、W相的电压指令值SwW中的最大值MxS和最小值Mxn。接着,差运算器192计算所提取出的最大值MxS与最小值Mxn之差 $\Delta V_{cmd}$ 。接着,比较器193将差 $\Delta V_{cmd}$ 与阈值Vth进行比较,并将其比较结果作为停止模式信号STmd进行输出。在图4中,设置有逻辑或门197来作为停止信号Stp的输出开关。而且,示出如下的情况:在停止模式信号STmd为低电平时设为停止有效模式、在为高电平时设为停止无效模式。即,在为停止有效模式的情况下,以低电平表示时钟停止的停止信号Stp经由逻辑或门197而从停止信

号生成部19输出。相反地,在为停止无效模式的情况下,停止信号生成部19的输出始终为高电平,不输出停止信号 $Stp$ 。

[0059] 在此,在通常的3相的无刷电动机的情况下,U相、V相、W相的电压指令值 $Sw$ 为正弦波电压指令,且为分别相差电角度120度的状态。在该情况下,3相的电压指令值 $Sw$ 的最大值与最小值之差 $\Delta V_{cmd}$ 在大部分的时刻是3相的电压指令值 $Sw$ 中的2相的电压指令值为最大值和最小值中的任一个。即,在2相的波形重叠的时刻,3相中的2相的电压指令值相同,且这2相的电压指令值为最大值和最小值中的任一个。此处的差 $\Delta V_{cmd}$ 为对这些电压指令值求差而得到的值。

[0060] 停止信号生成部19通过这样的停止模式判定的动作,来检测作为PWM信号 $Pw$ 各自的下降和上升的变化的时刻在相间一致或近似那样的情况,将这种情况设为停止有效模式。即,例如在如同伺服锁定那样PWM信号 $Pw$ 的变化的时刻一致或近似的情况下,泄漏电流相互增强,影响变大。与此相对,在本实施方式中,通过这样的利用电压指令值 $Sw$ 的电平的动作,检测出泄漏电流的影响大的情况。

[0061] 接着,停止信号生成部19使用U相的PWM信号 $PwU$ 、V相的PWM信号 $PwV$ 、W相的PWM信号 $PwW$ 以判定停止信号 $Stp$ 的输出时刻。首先,停止信号生成部19在任一PWM信号 $Pw$ 在区域内最初变化时,将停止信号 $Stp$ 设为低电平。接着,使用计时器在停止信号 $Stp$ 为低电平的期间进行计时动作,以判定将停止信号 $Stp$ 恢复为高电平的时刻。然后,停止信号生成部19在经过时间 $T_{stp}$ 后将停止信号设为高电平。

[0062] 在图4所示的停止信号生成部19的结构例中,变化检测器194在被输入的PWM信号 $PwU$ 、PWM信号 $PwV$ 以及PWM信号 $PwW$ 中的任一PWM信号 $Pw$ 在区域内最初变化时,将该时刻通知给时刻生成部196和计时器195。由此,时刻生成部196将停止信号 $Stp$ 设为低电平并输出。另外,计时器195也开始计时的动作,进行计数直到计时器计数成为预先决定的值为止。然后,计时器195在经过作为规定的时间的时间 $T_{stp}$ 时将复位信号通知给时刻生成部196。根据该通知的时刻,时刻生成部196将停止信号 $Stp$ 设为高电平并输出。通过以上那样将停止信号 $Stp$ 输出到逻辑或门197。

[0063] 在此,关于阈值 $V_{th}$ 和时间 $T_{stp}$ ,只要测定伺服锁定时的电动机电流检测值 $Di$ 并设定为使因泄漏电流所致的影响最小的值即可。例如,只要是阈值 $V_{th}$ 为电压指令值 $Sw$ 的值的最大值的10%左右、且使时间 $T_{stp}$ 比将三角波变化阈值 $V_{th}$ 的时间加上由开关动作引起的泄漏电流的持续时间(一般为数 $\mu s$ )而得到的时间长即可。

[0064] 像这样,在3相电压指令的最大值与最小值之差为预先决定的阈值以下的情况下,停止信号生成部19在产生因电力转换元件的接通/断开而引起的泄漏电流的期间输出停止信号。另外,像这样,停止信号生成部19具备计时器,在3相PWM开关信号中的任一个在三角波的上下顶点间最初变化时,开始停止信号的输出和计时器动作,并输出停止信号直到计时器计数成为预先决定的值为止。

[0065] 图5是示出停止信号控制部20的一例的结构图。

[0066] 向停止信号控制部20供给停止信号 $Stp$ ,首先,HL变化检测器201检测 $Stp$ 的从高电平向低电平的变化(下降沿),生成 $Stp$ 下降检测脉冲 $Stp_F$ 。另外,LH变化检测器202检测 $Stp$ 的从低电平向高电平的变化(上升沿),生成 $Stp$ 上升检测脉冲 $Stp_R$ 。接着,计时器203F和计时器203R在各自被输入 $Stp_F$ 和 $Stp_R$ 时开始计时器动作,并进行计数直到计时器计数成为

预先决定的值为止。然后,计时器203F和计时器203R各自在经过了时间Tdelay的时刻生成置位脉冲Stp\_set和复位脉冲Stp\_reset。接着,Stp\_set被输入到RS触发器204的置位输入,Stp\_reset被输入到RS触发器204的复位输入。然后,RS触发器输出反转输出信号Qp来作为停止控制信号Stp\_ctrl。

[0067] 因而,如图2所示,通过停止信号控制部20在从Stp的下降沿起经过Tdelay之后使Stp\_ctrl从高电平变为低电平并输出,在从Stp的上升沿起经过Tdelay之后使Stp\_ctrl从低电平输出为高电平。

[0068] 在此,关于时间Tdelay,只要设定CT的转换延迟时间(数μs ~ 十数μs)即可。

[0069] 像这样,在3相电压指令的最大值与最小值之差为预先决定的阈值以下的情况下,停止信号控制部20输出停止控制信号,该停止控制信号用于使停止信号延迟由电动机电流检测部11和ΔΣAD转换部15将泄漏电流转换为数字信号的时间。

[0070] 接着,在AD转换部15的时钟生成部13中,通过来自停止信号控制部20的停止控制信号Stp\_ctrl来控制是否输出原时钟Cka,并作为包含时钟停止期间的AD转换时钟Ckc进行输出。

[0071] 作为具体的一例,如图2所示,在停止控制信号Stp\_ctrl为低电平的情况下,AD转换时钟Ckc和抽取时钟Ckn停止,AD转换器12和抽取滤波器14的动作也停止。

[0072] 以上通过设为使从电力转换元件的开关动作起直到泄漏电流到达由AD转换部15检测的输入为止的动作停止,由此能够降低因在该期间产生的泄漏电流而引起的电流检测信号Si的检测精度劣化。而且,能够得到抑制不需要的成分混入的电流检测信号Si,因此电动机所产生的不需要的转矩变小,能够抑制微振动。

[0073] 另外,在电动机30为停止状态的伺服锁定时、低速旋转时那样的低驱动时,泄漏电流的影响相对变大。因此,能够不仅利用各相的电压指令值Sw,而且还利用电动机电流检测值Di、电动机速度来判定停止有效模式。

[0074] 例如,在利用电动机电流检测值Di的情况下,只要如下面那样即可。即,停止信号生成部19对来自图1的数字控制部17的电动机电流检测值Di进行监视。而且,在电动机电流检测值Di为预先决定的电流值(电流阈值)以上的情况下,不输出停止信号Stp,在电动机电流检测值Di小于电流阈值的情况下,通过上述的输出判定来输出停止信号Stp。此外,电流阈值只要设为使泄漏电流的误检测对电动机电流的影响变小的电流值即可,设为电动机额定电流的10%左右。

[0075] 另外,在利用电动机速度的情况下,只要如下面那样即可。即,停止信号生成部19通过数字控制部17来监视电动机速度。而且,在电动机速度为预先决定的速度(速度阈值)以上的情况下,不输出停止信号Stp,在电动机速度小于速度阈值的情况下,通过上述的输出判定来输出停止信号Stp。此外,速度阈值只要设为使泄漏电流对电动机电流的影响变小的速度即可,设为数百r/min。

[0076] 通过设为如以上那样的结构,能够仅在泄漏电流的影响变大的伺服锁定时、低速动作时,应对因泄漏电流而引起的检测精度劣化。

[0077] 如以上那样,即使在从电动机电流检测部11的电流转换为模拟电压时发生了延迟的情况下,电动机控制装置10也能够降低因电力转换元件的开关动作而引起的泄漏电流的误检测。因此,电动机30所产生的不需要的转矩变小,能够抑制微振动。

[0078] 产业上的可利用性

[0079] 本公开能够广泛利用于通过对施加至电动机的绕组的电压进行PWM(Pulse Width Modulation:脉宽调制)控制来控制电动机的电动机控制装置。

[0080] 附图标记说明

[0081] 10:电动机控制装置;11:电动机电流检测部;12:  $\Delta \Sigma$  型AD转换器;13:时钟生成部;14:AD转换抽取滤波器;15、15U、15W:  $\Delta \Sigma$  AD转换部;16:PWM部;17:数字控制部;18:电力转换部;19:停止信号生成部;20:停止信号控制部;30:电动机;31:位置检测传感器;35:上级装置;100:电动机控制系统。

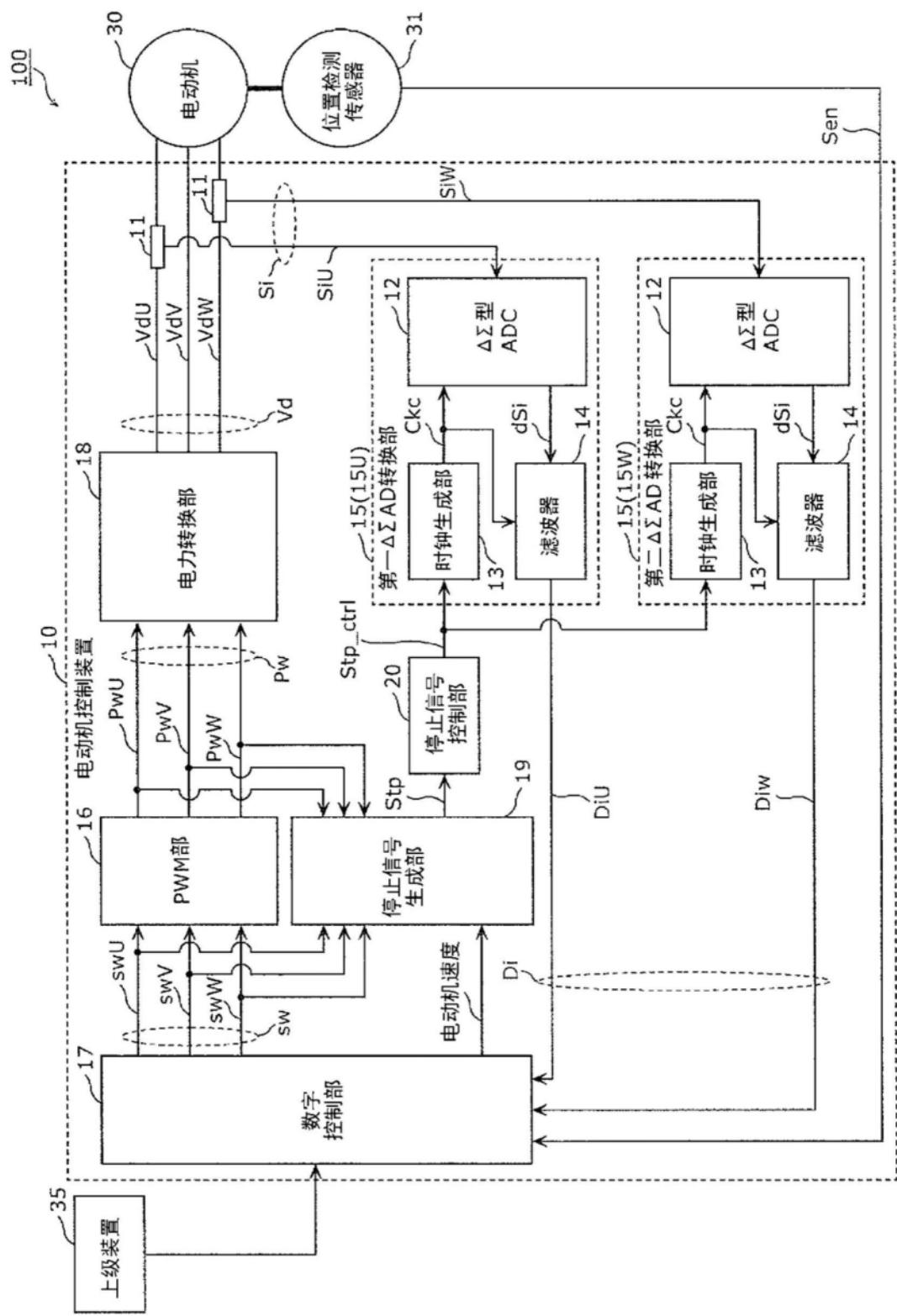


图1

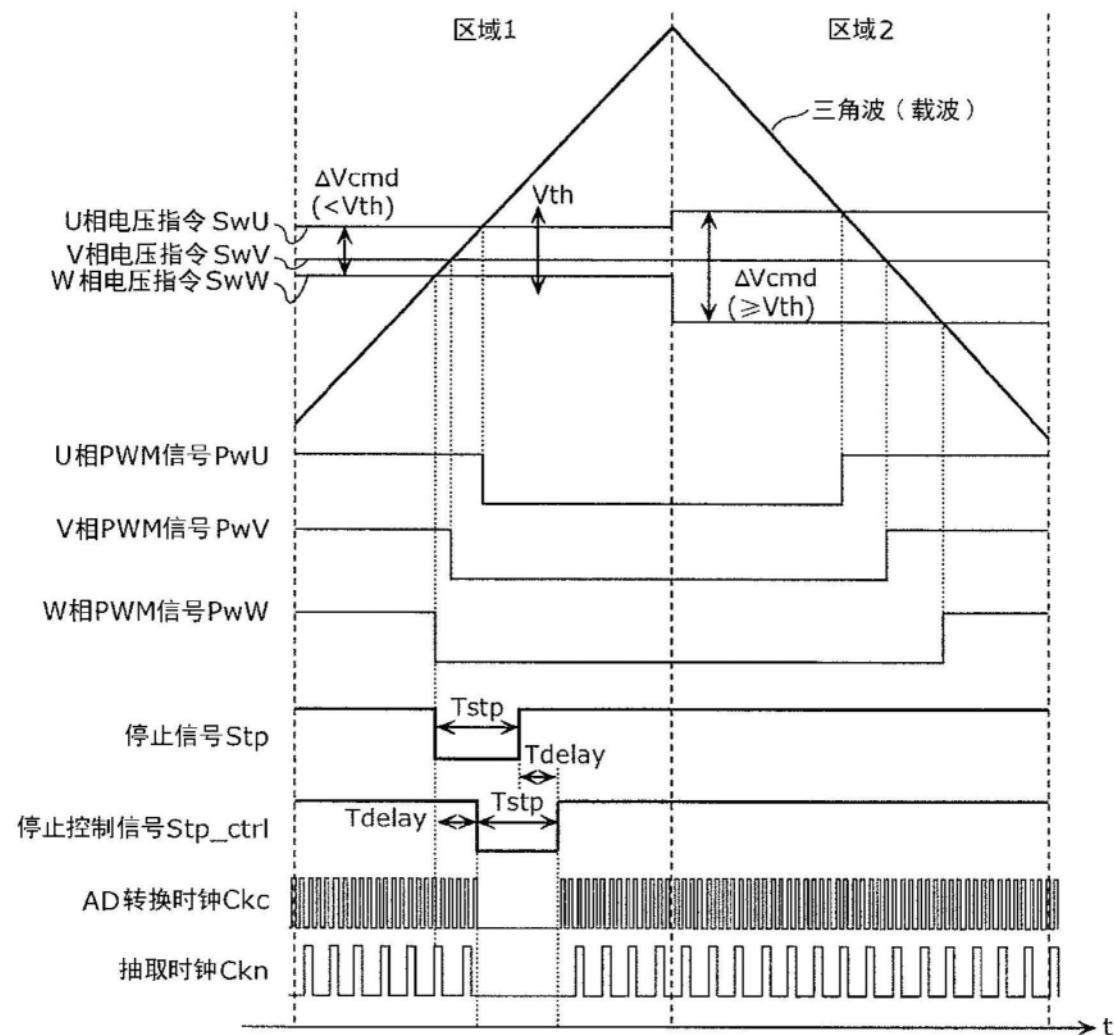


图2

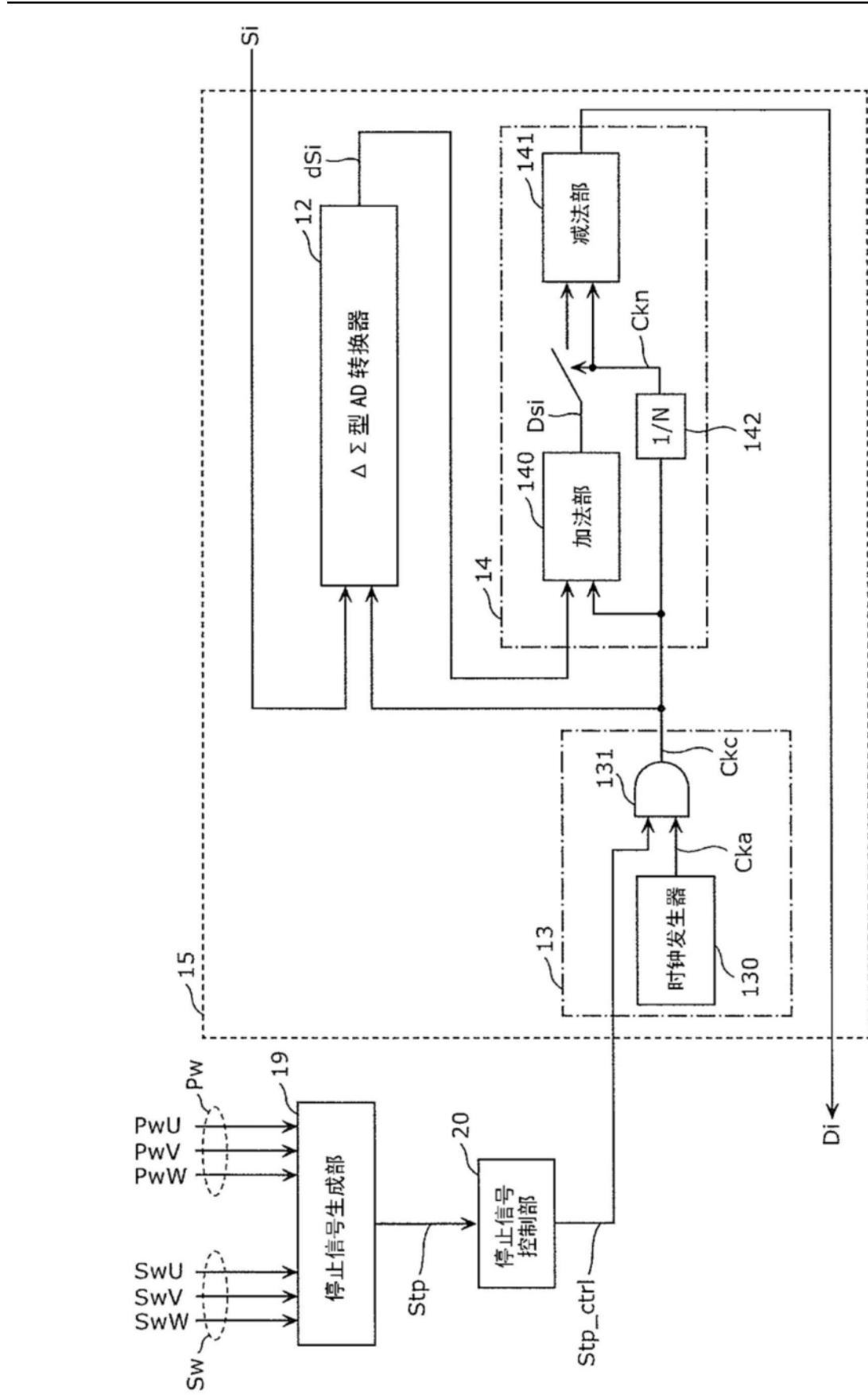


图3

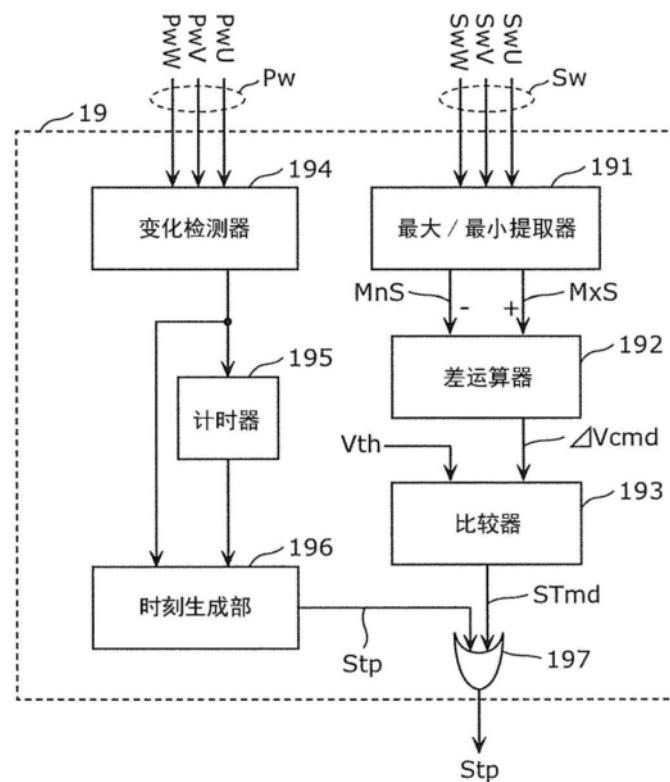


图4

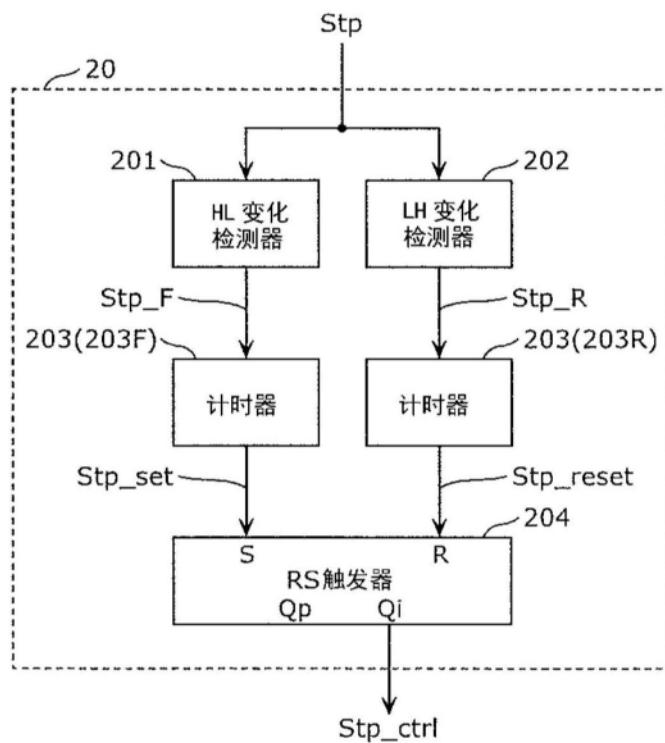


图5

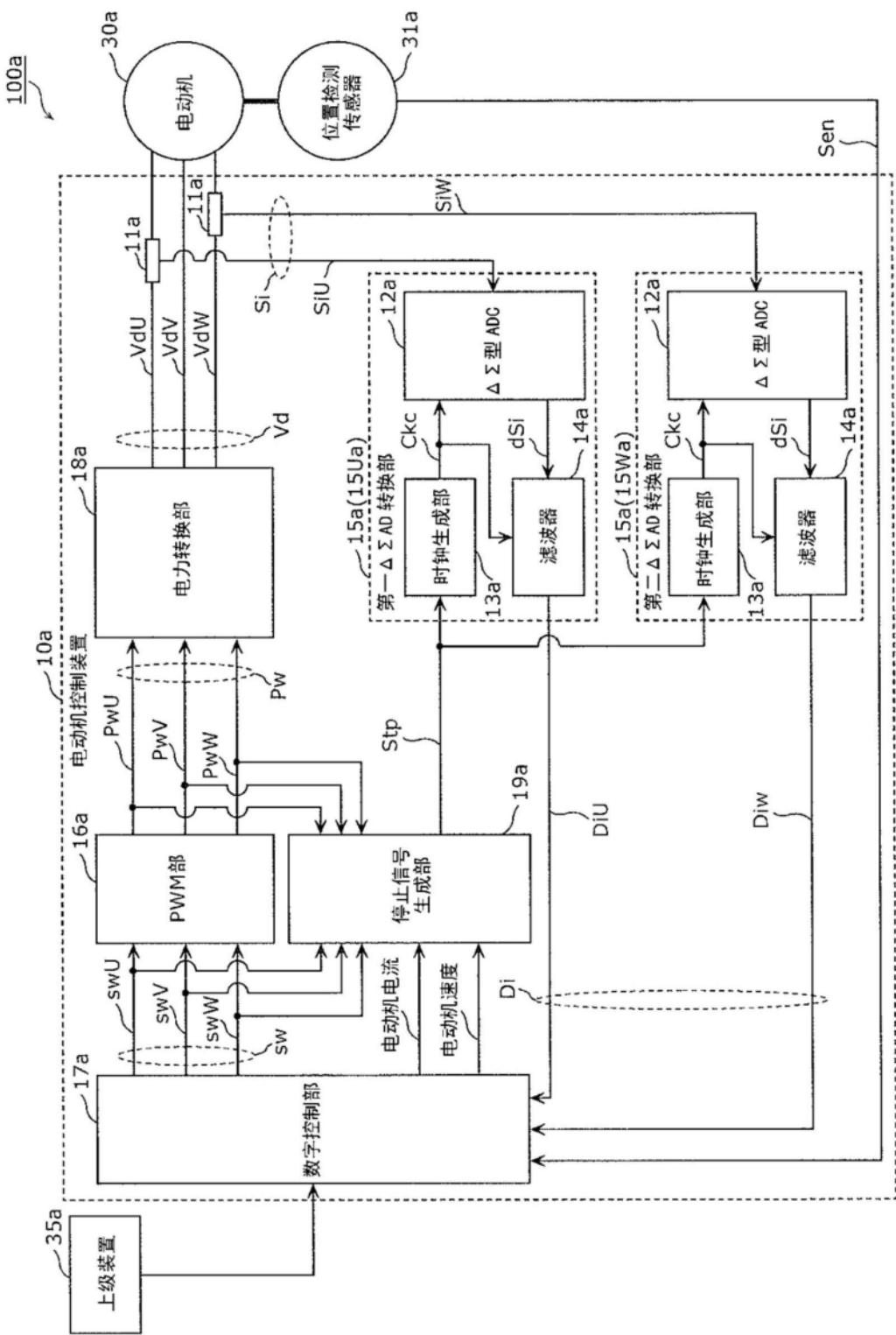


图6