

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02P 6/18 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610003748.2

[43] 公开日 2006 年 8 月 9 日

[11] 公开号 CN 1815872A

[22] 申请日 2006.2.5

[21] 申请号 200610003748.2

[30] 优先权

[32] 2005. 2. 1 [33] JP [31] 2005 - 025048

[71] 申请人 株式会社瑞萨科技

地址 日本东京都

[72] 发明人 鸣海聪 玉川浩之

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨 凯 刘宗杰

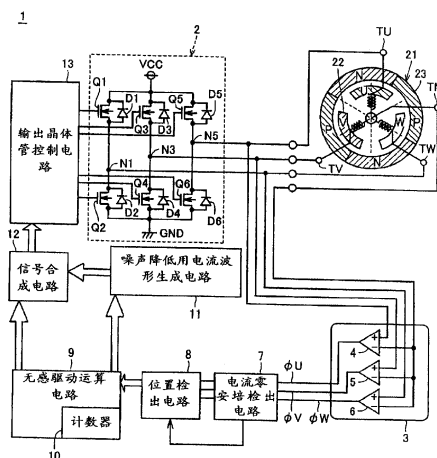
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 7 页

[54] 发明名称

不用霍尔式传感器而驱动三相无刷马达的马达驱动装置

[57] 摘要

本发明的马达驱动装置(1)中设有：比较三相无刷马达(21)的三相线圈端子(TU、TV、TW)的电压和中点端子(TN)的电压之高低的比较电路(3)；基于比较电路(3)的比较结果检出位置检出相的线圈电流成为0A的电流零安培检出电路(7)；以及在线圈电流成为0A后基于比较电路(3)的比较结果检出位置检出相的电压的零交越点的位置检出电路(8)。因而不需设置掩蔽其间而能准确检出零交越点。



1. 一种不用霍尔式传感器而驱动三相无刷马达的马达驱动装置，其中设有：

5 根据 PWM 信号，将相位错开的三相 PWM 电压供给各所述三相无刷马达的三相线圈端子的输出电路；

 比较所述三相线圈端子的各电压与三相线圈中点电压之高低的比较电路；

 基于所述比较电路的比较结果检出位置检出相的线圈电流成为
10 0A 的电流检出电路；

 响应由所述电流检出电路检出的所述位置检出相的线圈电流成为 0A 的情况，基于所述比较电路的比较结果检出所述位置检出相的电压的零交越点的位置检出电路；

 由所述位置检出电路检出零交越点后再经过预定时间之后截断
15 流过下个位置检出相的线圈的电流的电流截断电路；以及

 基于所述位置检出电路的检出结果生成所述 PWM 信号的信号发生电路。

2. 如权利要求 1 所述的马达驱动装置，其特征在于：

 所述电流检出电路，在所述位置检出相的线圈电流由所述位置检出相的线圈端子流向所述中点的方向时，用所述电流截断电路截断所述位置检出相的电流后，根据所述位置检出相的线圈端子的电压由低于所述中点电压的电压变化到高于所述中点电压的电压的情况，判断所述位置检出相的线圈电流成为 0A，
20

 而所述位置检出相的线圈电流由所述中点流向所述位置检出相的线圈端子的方向时，用所述电流截断电路截断所述位置检出相的电流后，根据所述位置检出相的线圈端子的电压由高于所述中点电压的电压变化到低于所述中点电压的电压的情况，判断所述位置检出相的线圈电流成为 0A。
25

3. 如权利要求1所述的马达驱动装置，其特征在于：

还设有调整所述预定时间的调整电路，使由所述电流截断电路截断所述位置检出相的线圈电流的时刻与由所述电流检出电路检出所述位置检出相的线圈电流成为0A的时刻一致。

5 4. 如权利要求1所述的马达驱动装置，其特征在于：

所述电流截断电路在由上次的零交越点经过的时间超过上上次的零交越点和上次的交越点之间的时间时，开始所述预定时间的计时。

5. 如权利要求1所述的马达驱动装置，其特征在于：

10 还设有基于所述三相线圈端子的电压，生成所述中点电压后供给所述比较电路的中点电压发生电路。

不用霍尔式传感器而驱动三相无刷马达的马达驱动装置

5 技术领域

本发明涉及马达驱动装置，尤其涉及不用霍尔式传感器而驱动三相无刷马达的马达驱动装置。

背景技术

10 一直以来，已知有不用霍尔式传感器而驱动三相无刷马达的马达驱动装置。该马达驱动装置中，利用因转子的旋转而在定子的线圈中发生的感应电压检出转子的旋转位置，以取代用霍尔式传感器检出转子的旋转位置，基于该检出结果向三相线圈施加每错开120度相位的三相PWM电压(例如参照日本特开2003-047280号公报)。

15 若更详细说明，则这种马达驱动装置中，按预定定时截断供给位置检出相的线圈的电流，在经过一定的掩蔽期间后检出位置检出相的线圈端子电压的零交越点，基于该检出结果向三相线圈施加三相PWM电压。设置一定的掩蔽期间是基于以下原因：为了检出线圈端子电压的零交越点需要将线圈电流设为0A，但截断供给线圈的电流其线圈电流也不会立即成为0A。

20 另一方面，在不降低旋转效率的情况下静悄悄地驱动三相无刷马达时，需要使一相的通电电角度由120度靠近180度。若一相的通电电角度由120度靠近180度，则可设定的掩蔽期间变短。而且马达的线圈常数变大时，线圈电流的衰减变迟，在检出零交越点之前不能
25 使线圈电流成为0A。在这种情况下，不能准确检出零交越点，且难以进行马达控制。

发明内容

因此，本发明的主要目的在于提供可准确检出零交越点的马达驱动装置。

本发明的马达驱动装置是不用霍尔式传感器而驱动三相无刷马达的马达驱动装置，其中设有：根据PWM信号，将相位错开的三相PWM电压供给各三相无刷马达的三相线圈端子的输出电路；比较三相线圈端子的各电压与三相线圈中点电压之高低的比较电路；基于比较电路的比较结果检出位置检出相的线圈电流成为0A的电流检出电路；响应由电流检出电路检出的位置检出相的线圈电流成为0A的情况，基于比较电路的比较结果检出位置检出相的电压的零交越点的位置检出电路；由位置检出电路检出零交越点后再经过预定时间之后截断流过下个位置检出相的线圈的电流的电流截断电路；以及基于位置检出电路的检出结果生成PWM信号的信号发生电路。

本发明的马达驱动装置中，在检出位置检出相的线圈电流实际成为0A后，检出位置检出相的电压的零交越点，因此无需设置掩蔽期间，也能准确检出零交越点。

本发明的上述以及其它目的、特征、局面及优点，通过以下参照附图说明的本发明相关的详细说明，当会更加清晰。

附图说明

图 1 是表示本发明的一个实施例的马达驱动装置的结构电路框图。

图 2 是表示图 1 所示的马达驱动装置的动作的时序图。

图 3 是表示图 1 所示的电流零安培检出电路的动作的电路图。

图 4 是表示图 1 所示的马达驱动装置的动作的一部分的流程图。

图 5 是表示图 1 所示的马达驱动装置的动作的另一部分的流程图。

图 6 是表示图 4 和图 5 所示的马达驱动装置的动作的时序图。

图 7 是表示本实施例的变更例的电路框图。

具体实施方式

图 1 是表示本发明的一个实施例的马达驱动装置 1 的结构的框图。图 1 中该马达驱动装置 1 包括：输出电路 2、比较电路 3、电流零安培(0A)检出电路 7、位置检出电路 8、无感驱动运算电路 9、噪声降低用电流波形生成电路 11、信号合成电路 12 及输出晶体管控制电路 13，该马达驱动装置 1 不用霍尔式传感器而驱动三相无刷马达 21。马达驱动装置 1 由一个 IC 形成。

三相无刷马达 21 包括定子 22 和在其周围自由旋转地设置的转子 23。定子 22 包括 Y 接线的 U 相、V 相及 W 相的线圈。U 相、V 相及 W 相的线圈的一个端分别与 U 相、V 相及 W 相的线圈端子 TU、TV、TW 连接，它们的另一端与中点端子 TN 连接。转子 23 上沿着旋转方向，N 极和 P 极交替配置多极(图中为 4 极)。若将按 120 度错开相位的三相 PWM 电压分别施加到 U 相、V 相及 W 相的线圈，则生成旋转磁场，转子 23 根据该旋转磁场而旋转。马达 21 例如用作使个人计算机的硬盘高速旋转的主轴马达。

输出电路 2 包含 N 沟道 MOS 晶体管 Q1 ~ Q6 及二极管 D1 ~ D6。N 沟道 MOS 晶体管 Q1 和 Q2、Q3 和 Q4、Q5 和 Q6 分别在电源电压 VCC 的导线与接地电压 GND 的导线之间串联连接。N 沟道 MOS 晶体管 Q1 和 Q2、Q3 和 Q4、Q5 和 Q6 之间的节点 N1、N3、N5 分别与三相无刷马达 21 的 U 相、V 相及 W 相的线圈端子 TU、TV、TW 连接。二极管 D1、D3、D5 分别连接在节点 N1、N3、N5 与电源电压 VCC 的导线之间，二极管 D2、D4、D6 分别连接在接地电压 GND 的导线与节点 N1、N3、N5 之间。通过使 N 沟道 MOS 晶体管 Q1 ~ Q6 按预定定时导通/截止，能够将直流电压 VCC 变换为三相 PWM 电压。还有，可取代 N 沟道 MOS 晶体管而使用 P 沟道 MOS 晶体管，将与供给 N 沟道 MOS 晶体管栅极的信号反相的信号或反转信号供给 P 沟道 MOS 晶体管栅极。

比较电路 3 包括三个比较器 4 ~ 6。比较器 4 ~ 6 的 + 端子分别与

三相无刷马达 21 的线圈端子 TU、TV、TW 连接，比较器 4~6 的 - 端子均与三相无刷马达 21 的中点端子 TN 连接。比较器 4 的输出信号 ϕU 在线圈端子 TU 的电压高于中点端子 TN 的电压时成为 “H” 电平，而线圈端子 TU 的电压低于中点端子 TN 的电压时成为 “L” 电平。

比较器 5 的输出信号 ϕV 在线圈端子 TV 的电压高于中点端子 TN 的电压时成为 “H” 电平，而线圈端子 TV 的电压低于中点端子 TN 的电压时成为 “L” 电平。比较器 6 的输出信号 ϕW 在线圈端子 TW 的电压高于中点端子 TN 的电压时成为 “H” 电平，而线圈端子 TW 的电压低于中点端子 TN 的电压时成为 “L” 电平。

电流零安培检出电路 7 基于比较器 4~6 的输出信号 ϕU 、 ϕV 、 ϕW ，检出位置检出相的线圈电流实际成为 0A。这里位置检出相指的是 U 相、V 相及 W 相中的位置检出对象的相，按 U 相、V 相及 W 相的顺序依次变化。

位置检出电路 8 响应电流零安培检出电路 7 检出的位置检出相的线圈电流成为 0A 的情况，基于比较器 4~6 的输出信号 ϕU 、 ϕV 、 ϕW ，检出位置检出相的端子 TU、TV 或 TW 的电压的零交越点，输出表示检出结果的位置检出信号。

无感驱动运算电路 9 进行内装的计数器 10 的增加、初始值设定、置位、复位，并基于来自位置检出电路 8 的位置检出信号生成 PWM 信号。无感驱动运算电路 9 控制 PWM 信号，在最合适的定时截断位置检出相的电流。计数器 10 被电流零安培检出电路 7、噪声降低用电流波形生成电路 11、信号合成电路 12 所共用。

噪声降低用电流波形生成电路 11 与无感驱动运算电路 9 上生成的 PWM 信号同步，生成用以降低三相无刷马达 21 的噪声的电流波形。信号合成电路 12 将无感驱动运算电路 9 上生成的 PWM 信号与噪声降低用电流波形生成电路 11 上生成的电流波形合成。输出晶体管控制电路 13 根据信号合成电路 12 的输出信号，控制输出电路 2

的各晶体管 Q1 ~ Q6 的导通/截止。从而，由输出电路 2 向三相无刷马达 21 供给三相 PWM 电压，转子 23 旋转。

图 2(a)(b)(c)分别是表示 U 相、V 相及 W 相的线圈的驱动电压 VDU、VDV、VDW 的波形的时序图，图 2(d)(e)(f)分别是表示 U 相、V 相及 W 相的线圈的感应电压 VIU、VIV、VIW 的波形的时序图，图 2(g)(h)(i)分别是表示 U 相、V 相及 W 相的线圈的驱动电流 IU、IV、IW 的波形的时序图。

图 2(a) ~ (i)中 com1 ~ com6 表示在电角度 360 度中流过三相线圈的驱动电流的状态，com1 中驱动电流由 U 相的线圈经由中点流入 V 相的线圈，com2 中驱动电流由 U 相的线圈经由中点流入 W 相的线圈，com3 中驱动电流由 V 相的线圈经由中点流入 W 相的线圈，com4 中驱动电流由 V 相的线圈经由中点流入 U 相的线圈，com5 中驱动电流由 W 相的线圈经由中点流入 U 相的线圈，com6 中驱动电流由 W 相的线圈经由中点流入 V 相的线圈。这样，通过改变驱动电流的路径来生成旋转磁场。

驱动电压 VDU、VDV、VDW 通过使输出电路 2 的各 N 沟道 MOS 晶体管 Q1 ~ Q6 导通/截止来分别供给三相无刷马达 23 的三相线圈端子 TU、TV、TW。一旦转子 23 旋转，就在三相线圈发生感应电压 VIU、VIV、VIW。通过检出感应电压 VIU、VIV、VIW 的零交越点，能够检出转子 23 的位置。由于输出电路 2 的电源侧晶体管 Q1、Q3、Q5 和接地侧晶体管 Q2、Q4、Q6 均截止时出现的感应电压 VIU、VIV、VIW 的相位与驱动电压 VDU、VDV、VDW 的相位相同，通过检出驱动电压 VDU、VDV、VDW 的零交越点，能够检出转子 23 的位置。按照转子 23 的位置向三相线圈供给驱动电压 VDU、VDV、VDW，能够使转子 23 旋转。

为检出驱动电压 VDU、VDV、VDW 的零交越点，有必要在之前截断驱动电流 IU、IV、IW 而设成 0A。例如为了检出 com5 中驱动电压 VDV 的零交越点 C，停止之前(B 部)施加的驱动电压 VDV 截

断驱动电流 IV，需要将驱动电流 IV 设为 0A。即使截断线圈的电流，电流也不会立即成为 0A，因此本发明中用电流零安培检出电路 7 检出位置检出相的线圈电流成为 0A，其后用位置检出电路 8 检出位置检出相的电压的零交越点。

5 接着，就检出位置检出相的线圈电流成为 0A 的方法进行说明。
将位置检出相设为 V 相。如图 3(a)所示，在图 2 的 A 部中，输出电路 2 的 N 沟道 MOS 晶体管 Q2、Q3 导通，驱动电流 IV 由电源电压 VCC 的导线经由 N 沟道 MOS 晶体管 Q3、V 相线圈端子 TV、V 相线圈、中点、U 相线圈、U 相线圈端子 TU 及 N 沟道 MOS 晶体管 Q2
10 流入接地电压 GND 的导线。这时由于电流 IV 流入 V 相线圈，在马达驱动电压内动作的比较器 5 不能检出零交越点。

于是，如图 2 的 B 部所示，使 N 沟道 MOS 晶体管 Q2、Q3 截止来截断驱动电流 IV。即便截断驱动电流 IV 的供给，驱动电流 IV 也不会立即成为 0A，如图 3(b)所示，与在那之前流过的电流相同值的
15 电流，由接地电压 GND 的导线经由二极管 D4、V 相线圈端子 TV、V 相线圈、中点、U 相线圈、U 相线圈端子 TU 及二极管 D1 流入电源电压 VDD 的导线。

这时，由中点看的 V 相线圈端子 TV 的电压成为负，比较器 5 的输出信号 ϕV 成为“L”电平。流入 V 相线圈的电流 I0 在静态时
20 根据下式(1)， $I = 0A$ 。

$$I = [\exp(-t \cdot R/L) - 1] \cdot E/R + I_0 \cdot \exp(-t \cdot R/L) \quad \dots(1)$$

其中，R 为 V 相线圈的电阻值、L 为 V 相线圈的阻抗、E 为电压 $VCC/2$ 。

若该电流 I 成为 0A，则因 V 相线圈的感应电压 VIV 而比较器 5
25 的输出信号成为“H”电平。因而，驱动电流 IV 由 V 相线圈端子 TV 流入中点时，通过检出比较器 5 的输出信号 ϕV 由“L”电平上升为“H”电平的瞬间，能够检出电流 I 成为 0A 的瞬间。如果 V 相线圈的电流 IV 成为 0A，就检出 V 相电压的零交越点 C。如果检出 V 相

电压的零交越点 C, 如图 3(c)所示, 使 N 沟道 MOS 晶体管 Q1、Q4 导通而再开始向 V 相线圈供电。

另外, 若在图 3(c)所示的状态下 N 沟道 MOS 晶体管 Q1、Q4 截止, 电流由接地电压 GND 的导线经由二极管 D2、U 相线圈端子 TU、U 相线圈、中点、V 相线圈、V 相线圈端子 TV 及二极管 D3 流入电源电压 VCC 的导线。这时, 从中点看的 V 相线圈端子 TV 的电压成为正, 比较器 5 的输出信号 ϕV 成为“H”电平。流入 V 相线圈和 U 相线圈的电流 I 按照上式(1)衰减。若该电流 I 成为 0A, 则因 V 相线圈的感应电压 VIV 而比较器 5 的输出信号 ϕV 成为“L”电平。因而, 在驱动电流 IV 由中点流入 V 相线圈端子 TV 时, 通过检出比较器 5 的输出信号 ϕV 由“H”电平下降为“L”电平瞬间, 能够检出电流 I 成为 0A 的瞬间。由于位置检出相为 U 相、W 相的场合与 V 相的场合相同, 不重复其说明。

图 4 和图 5 是表示图 1 所示的电流零安培检出电路 7、位置检出电路 8 及无感驱动运算电路 9 的主要动作的流程图。设位置检出相为 V 相, 在图 6 示出 V 相线圈的驱动电流 IV、V 相线圈的驱动电压 VDV 及比较器 5 的输出信号 ϕV 的波形。

图 4~图 6 中, 步骤 S1 中, 将上次的零交越计数值(图 6 中为电角度 60~120 度之间的计数值)设为 Tlast, 将当前(图 6 中为电角度 120 度)的计数值 T 设为 0, 将电流截断角度的计数值设为 Icut。步骤 S2 中判断计数器 10 的计数值 T 是否在 Tlast - Icut 以上, 当不是 $T \geq Tlast - Icut$ 时在步骤 S3 中将计数值 T 增加(+1)后返回步骤 S2, 而当 $T \geq Tlast - Icut$ 时在步骤 S4 中截断相位检出相即 V 相的驱动电流 IV。

在步骤 S5 中判断位置检出相即 V 相的线圈电流 IV 的方向是否为 SINK 侧(线圈电流 IV 是否为由中点流入线圈端子 TV), 线圈电流 IV 的方向为 SINK 侧时进入步骤 S6, 而线圈电流 IV 的方向不是 SINK 侧时进入步骤 S9。

在步骤 S6 中, 判断比较器 5 的输出信号 ϕV 是否由“H”电平

下降为“L”(线圈电流 IV 是否成为 0A),当信号 ϕV 由“H”电平下降为“L”时(线圈电流 IV 成为 0A 时)进入步骤 S14,当信号 ϕV 不从“H”电平下降到“L”电平时(线圈电流 IV 不为 0A 时)进入步骤 S7。在步骤 S7 中增加计数值 T,在步骤 S8 中判断计数值 T 是否大于 Tlast,当不是 $T > Tlast$ 时返回步骤 S6,而 $T > Tlast$ 时进入步骤 S12。

在步骤 S9 中,判断比较器 5 的输出信号 ϕV 是否由“L”电平上升为“H”电平(线圈电流 IV 是否为 0A),当信号 ϕV 由“L”电平上升为“H”时(线圈电流 IV 成为 0A 时)进入步骤 S14,信号 ϕV 不从“L”电平上升为“H”电平时(线圈电流 IV 不为 0A 时)进入步骤 S10。步骤 S10 中增加计数值 T,在步骤 S11 中判断计数值 T 是否大于 Tlast,当不是 $T > Tlast$ 时返回步骤 S9,而 $T > Tlast$ 时进入步骤 S12。

在步骤 S12 中,因某些原因实际未检出零交越点,但因马达 21 的继续运转而看成检出了零交越点。在步骤 S13 中,将 Icut 的值维持在 θ 后进入图 4 的步骤 S20。

在步骤 S14 中,判断计数值 T 是否小于 $Tlast - \alpha$,当不是 $T < Tlast - \alpha$ 时线圈电流 IV 过迟成为 0A,因此在步骤 S15 中 Icut 的值仅增大 γ ,当 $T < Tlast - \alpha$ 时进入步骤 S16。在步骤 S16 中,判断计数值 T 是否大于 $Tlast - \beta$ (其中, $Tlast \gg \beta > \theta > \alpha$, $\beta \gg \gamma$),当不是 $T > Tlast - \beta$ 时,线圈电流 IV 过早变为 0A,因此在步骤 S17 中使 Icut 的值仅减小 γ ,当 $T > Tlast - \beta$ 时进入步骤 S18。通过步骤 S14 ~ S17,使截断线圈电流 IV 的定时最优化,在线圈电流 IV 自然成为 0A 的定时,线圈电流 IV 被截断。从而, U 相和 W 相的线圈电流 IU、IW 的变形消失,马达 21 的噪声得到改善。还有,图 6 中在线圈电流 IV 自然成为 0A 之前截断线圈电流 IV(B),在线圈电流 IV 的 A 部产生变形,发生噪声。

在步骤 S18 中,判断是否存在线圈驱动电压 VDV 的零交越点(判

断比较器 5 的输出信号 ϕV 是否由“H”电平下降为“L”电平), 当没有零交越点时在步骤 S19 中增加计数值 T 后返回步骤 S18, 在存在零交越点时进入步骤 S20。在步骤 S20 中, 当存在零交越点时的计数值 T 设为新的 T_{last} , 将计数值 T 复位到 0 后返回步骤 S2。

5 本实施例中, 按预定定时($T = T_{last} - I_{cut}$)截断对位置检出相的线圈的供电, 检出线圈电流实际成为 0A 之后, 检出位置检出相的电压的零交越点。因而, 无需设置掩蔽期间而能准确地检出零交越点。

10 另外, 调整截断对线圈供电的定时, 在线圈电流自然成为 0A 的定时截断供电, 因此强制截断供电而在其它相的线圈电流上产生变形, 能够防止发生噪声。

15 图 7 是表示本实施例的变更例的电路框图。图 7 中该马达驱动装置 30 与图 1 的马达驱动装置 1 的不同点在于增加了中点电压发生电路 31。中点电压发生电路 31 包含相同电阻值的三个电阻元件 32 ~ 34。电阻元件 32 ~ 34 的一个端子与三相无刷马达 21 的 3 个线圈端子 TU、TV、TW 分别连接, 电阻元件 32 ~ 34 的另一端子共同连接到节点 N31 上。节点 N31 上发生与三相线圈的中点相同的电压。节点 N31 与比较器 4 ~ 6 的 - 端子连接。该变更例中, 得到与图 1 的马达驱动装置 1 相同的效果, 此外马达 21 与马达驱动装置之间的布线数减少一条也可。

20 这里公开的实施例所有方面仅为例示并不限制本发明。本发明的范围并不是上述的说明, 而由权利要求所表示, 其包括与权利要求相等范围内的所有变更。

图 1

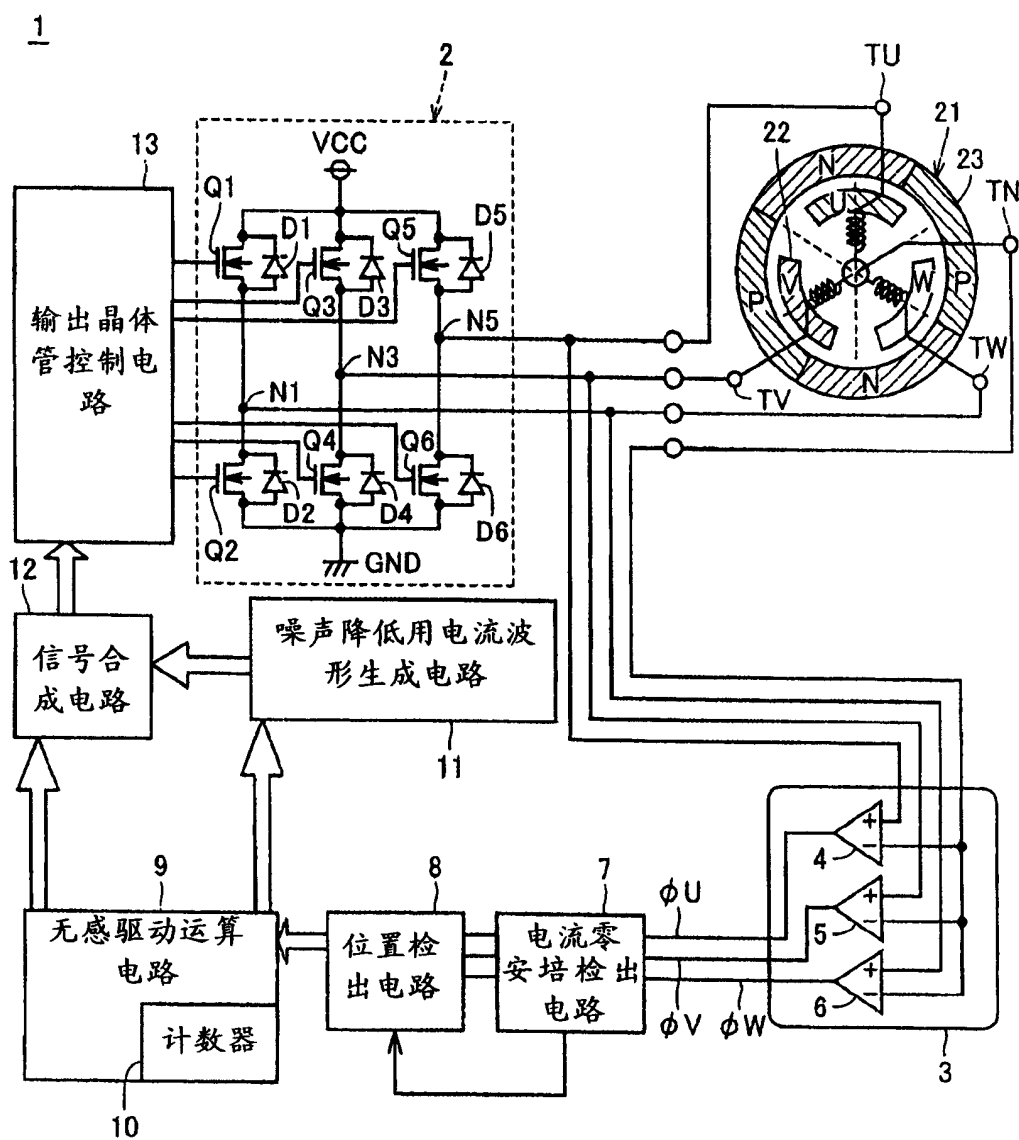


图 2

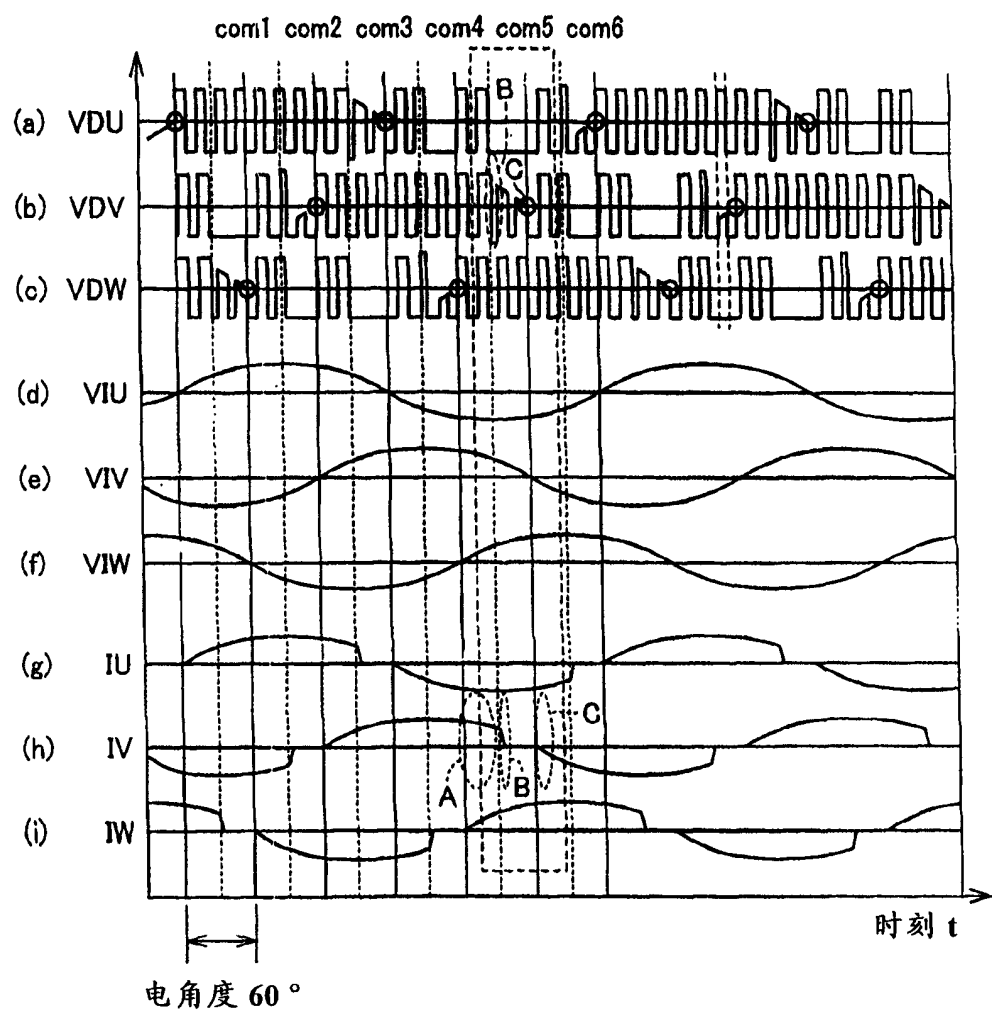


图 3

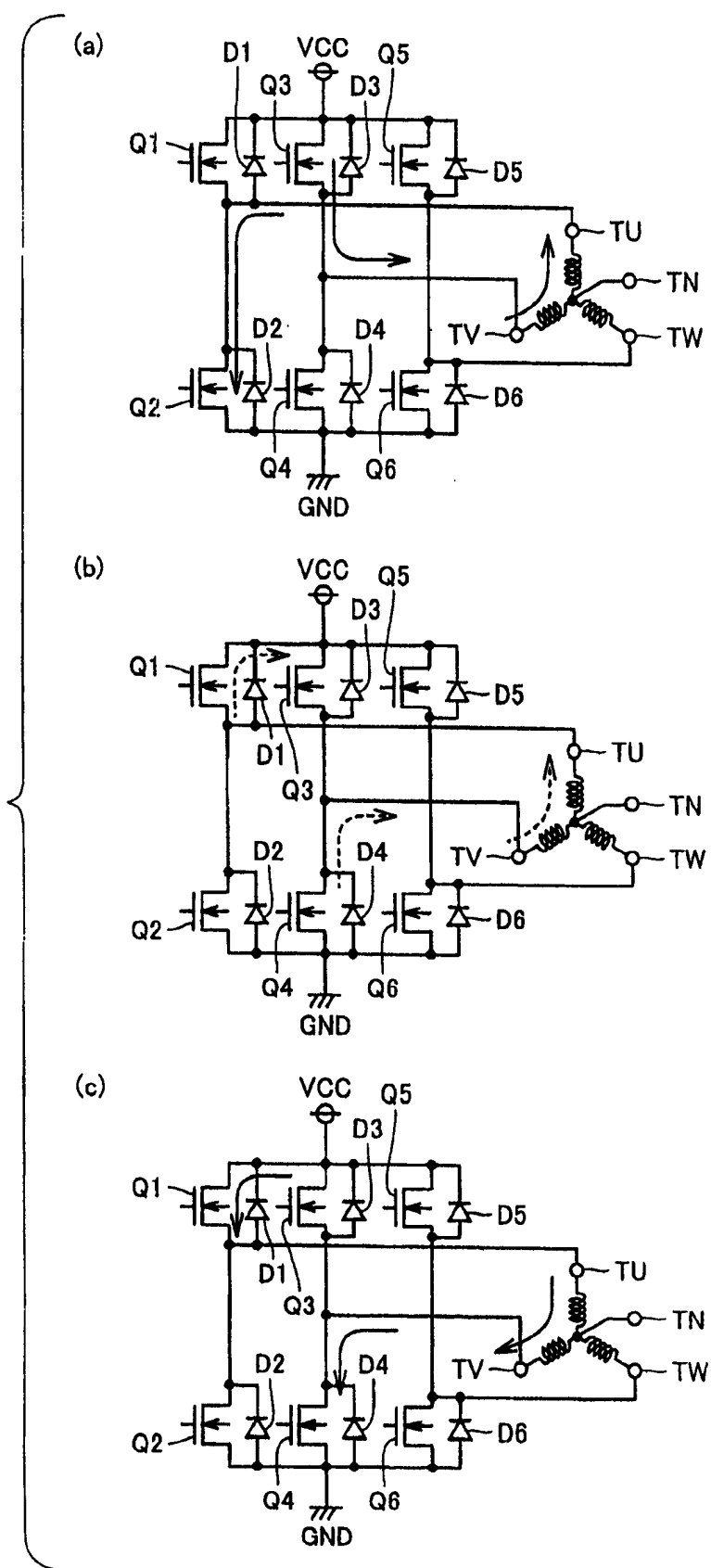


图 4

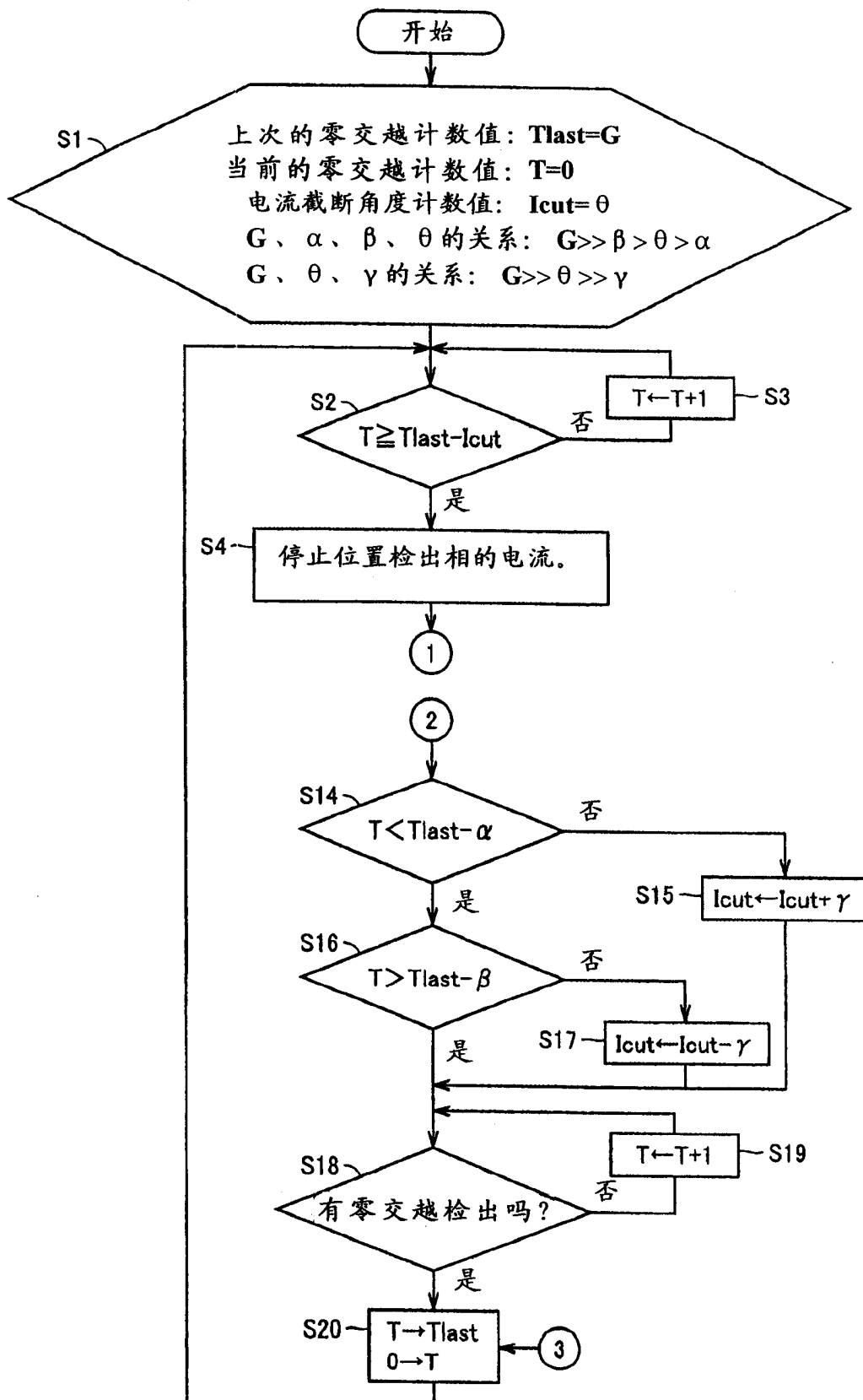


图 5

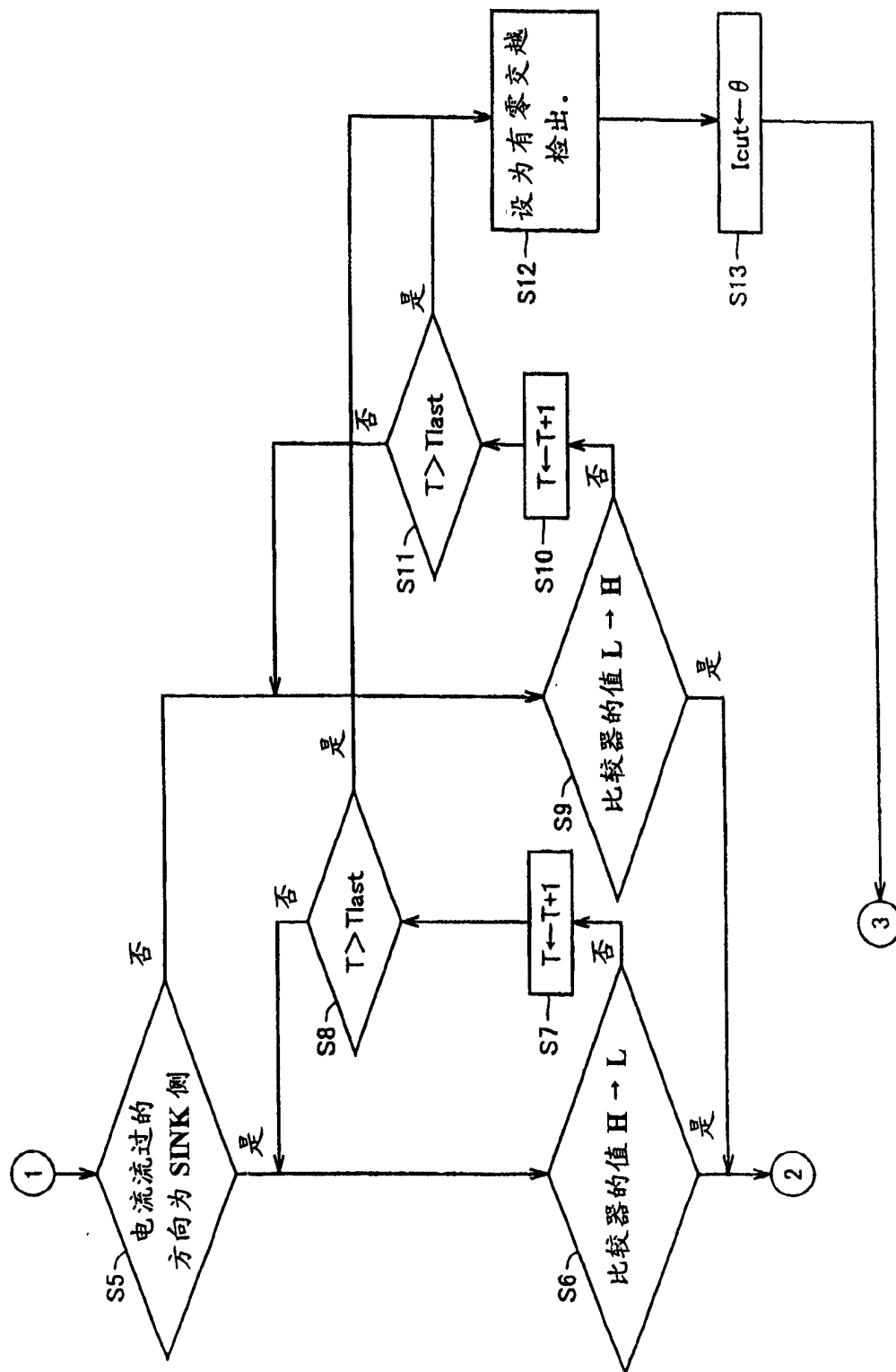


图 6

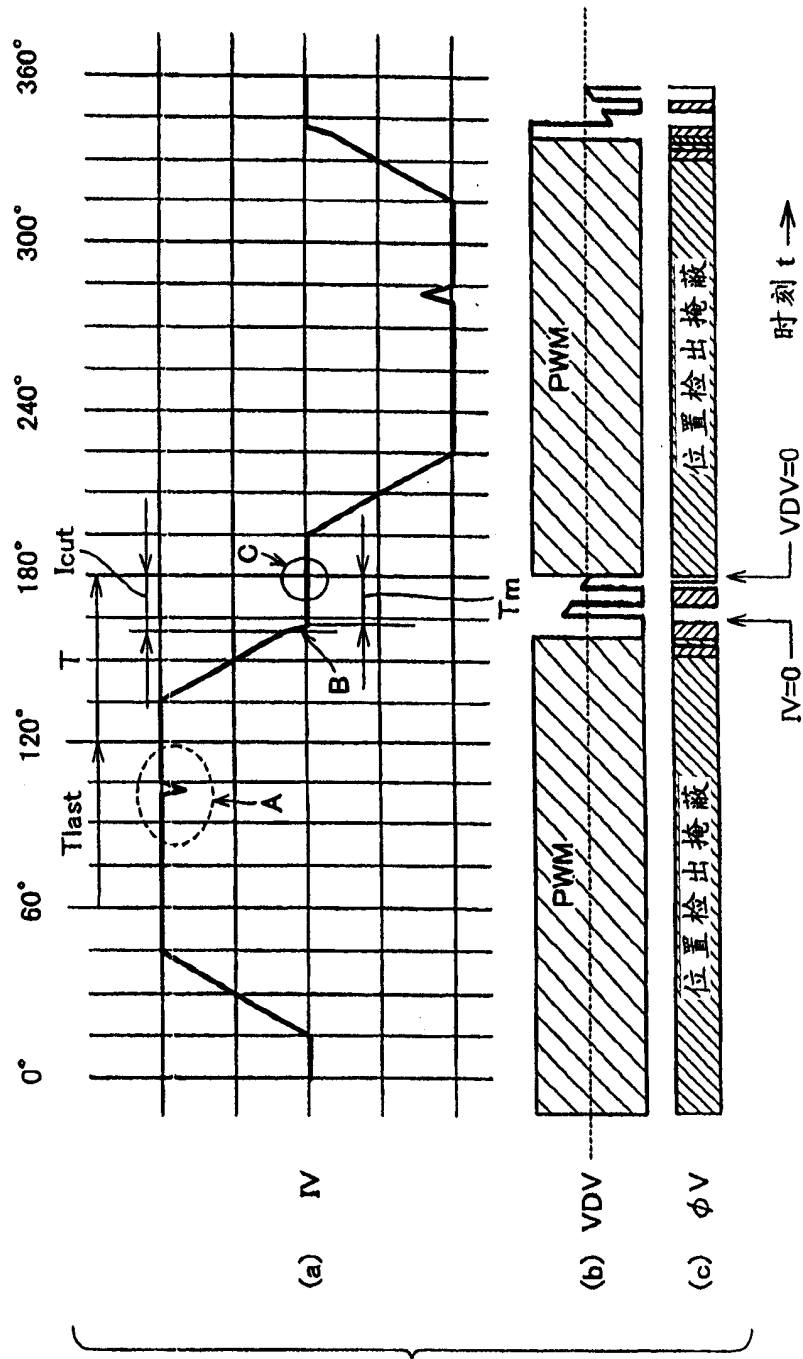


图 7

