



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104457552 B

(45)授权公告日 2019.03.15

(21)申请号 201410457820.3

(22)申请日 2014.09.10

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104457552 A

(43)申请公布日 2015.03.25

(30)优先权数据

2013-192761 2013.09.18 JP

(73)专利权人 株式会社捷太格特

地址 日本大阪府

(72)发明人 斋藤创 狩集裕二

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 李洋 苏琳琳

(51)Int.Cl.

G01B 7/30(2006.01)

(56)对比文件

US 2007/0090831A A1, 2007.04.26, 说明书第2页第[0036]-[0039]、[0043]-[0045]段, 第3页第[0054]-[0066]段及图5、8-9.

CN 1590954 A, 2005.03.09, 全文.

DE 102004002629 A1, 2005.08.11, 全文.

CN 102679864 A, 2012.09.19, 全文.

CN 101629802 A, 2010.01.20, 全文.

CN 102570943 A, 2012.07.11, 全文.

审查员 胡锋

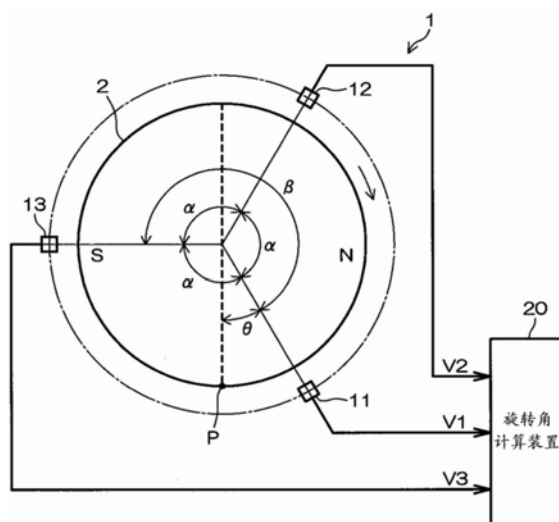
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

旋转角检测装置

(57)摘要

本发明的旋转角检测装置, 第一磁传感器(11)与第二磁传感器(12)配置为以转子(2)的旋转中心轴为中心且隔开电角度120度的角度间隔。第一磁传感器(11)的输出信号用 $V1 = \sin \theta$ 来表示, 第二磁传感器(12)的输出信号用 $V2 = \sin(\theta + 120)$ 来表示。若将L设为下限值, 将U设为上限值, 则旋转角计算装置(20)基于是否满足 $L \leq V1^2 + V2^2 + V1 \cdot V2 - 0.75 \leq U$, 来判定两个磁传感器(11、12)是否正常、或它们中的至少一方是否发生故障。



1. 一种旋转角检测装置,包括:

第一磁传感器,其根据旋转体的旋转而输出第一正弦波信号V1;和

第二磁传感器,其根据旋转体的旋转而输出第二正弦波信号V2,

其中,

所述第一正弦波信号V1与所述第二正弦波信号V2的相位差 α 为电角度120度,

所述旋转角检测装置还包括:

基于所述第一正弦波信号V1和所述第二正弦波信号V2来计算所述旋转体的旋转角 θ 的设备;和

基于所述第一正弦波信号V1、所述第二正弦波信号V2以及所述相位差 α ,来判定两个所述磁传感器是否正常或两个所述磁传感器中的至少一方是否发生故障的判定器,其中

所述判定器构成为:若将预先设定的下限值设为L,将预先设定的上限值设为U,其中, $L < 0$ 、 $U > 0$,则在满足下式(a)时判定为两个所述磁传感器正常,在不满足下式(a)时判定为两个所述磁传感器中的至少一方发生故障,

$$L \leq X_{12} \leq U \quad (a)$$

$$X_{12} = V_1^2 + V_2^2 - 2 \{1 - 2\sin^2(\alpha/2)\} V_1 \cdot V_2 - 1 + \{1 - 2\sin^2(\alpha/2)\}^2。$$

旋转角检测装置

[0001] 本申请主张于2013年9月18日提出的日本专利申请第2013-192761 号的优先权，并在此引用包括说明书、附图以及摘要的全部内容。

技术领域

[0002] 本发明涉及对旋转体的旋转角进行检测的旋转角检测装置。

背景技术

[0003] 电动动力转向装置等所使用的无刷马达，通过根据转子的旋转角度向定子线圈通电而被控制。为了检测转子的旋转角度，例如公知有图5 所示的旋转角检测装置。旋转角检测装置包括：转子102，其包括具有N、S两个磁极的磁铁；两个磁传感器111、112，它们以转子102的旋转中心轴为中心并隔开电角度为90度([deg])的角度间隔配置。各磁传感器111、112输出相互具有90度([deg])的相位差的正弦波信号。旋转角检测装置基于两个上述正弦波信号来检测转子102的旋转角。

[0004] 将图5中用箭头表示的方向设为转子102的正方向的旋转方向。若转子102向正方向旋转，则转子102的旋转角增大，若转子102向反方向旋转，则转子102的旋转角减小。如图6所示，从各磁传感器111、112输出相互具有90[deg]的相位差的正弦波信号。对于转子102的旋转角 θ 而言，若从一方的磁传感器111输出 $V1 = \phi 1 \cdot \sin\theta$ 的输出信号V1，则从另一方的磁传感器112输出 $V2 = \phi 2 \cdot \sin(\theta + 90) = \phi 2 \cdot \cos\theta$ 的输出信号V2。 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 分别表示振幅。

[0005] 若以将上述振幅 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 看作是相互相等的值 Φ 、或者两个振幅成为规定的规定值 Φ 的方式将两个信号V1、V2正规化，则一方的输出信号V1表示为 $V1 = \Phi \cdot \sin\theta$ ，另一方的输出信号V2表示为 $V2 = \Phi \cdot \cos\theta$ 。此外，若使 $\Phi = 1$ ，则一方的输出信号V1用 $V1 = \sin\theta$ 来表示，另一方的输出信号V2用 $V2 = \cos\theta$ 来表示。因此为了简化说明，用 $V1 = \sin\theta$ 、 $V2 = \sin(\theta + 90) = \cos\theta$ 表示磁传感器111、112的输出信号V1、V2。

[0006] 转子的旋转角 θ 能够利用两个输出信号V1、V2，例如基于下式(1) 求出。

$$[0007] \quad \theta = \tan^{-1}(\sin\theta / \cos\theta)$$

$$[0008] \quad = \tan^{-1}(\sin\theta / \sin(\theta + 90))$$

$$[0009] \quad = \tan^{-1}(V1/V2) \quad (1)$$

[0010] 此外，关于相关技术，参照日本特开2013-61346号公报、日本特开 2010-101746号公报以及日本特开2007-322197号公报。

[0011] 在上述那样的现有的旋转角检测装置中，在两个磁传感器111、112 的输出信号的至少一方发生故障的情况下，无法对转子102的旋转角 θ 进行检测。因此，用 $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ 的关系($V1^2 + V2^2 = 1$ 的关系)，基于下式(2)，来判别两个磁传感器111、112是否正常。

$$[0012] \quad \text{下限值} \leq V1^2 + V2^2 \leq \text{上限值} \quad (2)$$

[0013] 下限值例如设定为0.9，上限值例如设定为1.1。在满足上述公式(2) 的情况下，判定为两个磁传感器111、112正常，在不满足上述公式(2) 的情况下，判定为两个磁传感器111、112中的至少一方发生故障。

[0014] 在两个磁传感器以隔开电角度为90[deg]以外的角度间隔的方式配置的情况下,只要它们的角度间隔不是电角度为180[deg],就能够基于两个上述磁传感器的输出信号,检测旋转体的旋转角。在这样的情况下,通过上述公式(2),无法判定两个磁传感器是否正常。

发明内容

[0015] 本发明的目的之一在于提供一种旋转角检测装置,即便在将两个磁传感器隔开电角度90度([deg])以外的角度间隔来配置的情况下,也能够判定上述磁传感器是否正常。

[0016] 作为本发明的一个方式的旋转角检测装置,包括根据旋转体的旋转而分别输出相互具有相位差 α 的第一正弦波信号V1和第二正弦波信号 V2的第一磁传感器和第二磁传感器,所述相位差 α 是电角度90度 ([deg])或180度([deg])以外的角度,基于所述磁传感器的输出信号V1、V2来检测所述旋转体的旋转角。所述旋转角检测装置还包括:基于所述第一正弦波信号V1和所述第二正弦波信号V2来计算所述旋转体的旋转角 θ 的设备;和基于所述第一正弦波信号V1、所述第二正弦波信号V2以及所述相位差 α 来判定两个所述磁传感器是否正常或两个所述磁传感器中的至少一方是否发生故障的判定器。所述判定器构成为:若将预先设定的下限值设为L($L < 0$),将预先设定的上限值设为 U($U > 0$),则在满足下式(a)时判定为两个所述磁传感器正常,在不满足下式(a)时判定为两个所述磁传感器中的至少一方发生故障。

$$[0017] \quad L \leq X_{12} \leq U \quad (a)$$

$$[0018] \quad X_{12} = V_1^2 + V_2^2 - 2 \{1 - 2\sin^2(\alpha/2)\} V_1 \cdot V_2 - 1$$

$$[0019] \quad + \{1 - 2\sin^2(\alpha/2)\}^2$$

[0020] 根据上述方式的旋转角检测装置,即便在将两个磁传感器隔开电角度90[deg]以外的角度间隔来配置的情况下,也能够判定上述磁传感器是否正常。

附图说明

[0021] 以下通过参照附图对本发明的实施方式进行详细描述,本发明的上述以及其它部件、特征及优点会变得更加清楚,其中,对相同的部件标注相同的附图标记。。

[0022] 图1是表示本发明的一个实施方式的旋转角检测装置的结构示意图。

[0023] 图2是表示第一磁传感器、第二磁传感器以及第三磁传感器的输出信号的波形的示意图。

[0024] 图3是用于对磁传感器的故障检测方法的基本的观点进行说明的示意图。

[0025] 图4A是用于对旋转角计算装置的动作的一个例子进行说明的流程图。

[0026] 图4B是用于对旋转角计算装置的动作的一个例子进行说明的流程图。

[0027] 图4C是用于对旋转角计算装置的动作的一个例子进行说明的流程图。

[0028] 图5是用于对现有的旋转角检测装置的旋转角计算方法进行说明的示意图。

[0029] 图6是表示第一磁传感器和第二磁传感器的输出信号的波形的示意图。

具体实施方式

[0030] 以下,参照附图对将本发明应用于用于检测无刷马达的转子的旋转角的旋转角检

测装置的情况下的实施方式进行详细地说明。

[0031] 图1是表示本发明的一个实施方式的旋转角检测装置的结构示意图。

[0032] 该旋转角检测装置1,例如能够用于检测电动动力转向装置的无刷马达的转子的旋转角。旋转角检测装置1例如具有与无刷马达的旋转对应地旋转的检测用转子2(以下,称为转子2)。转子2包括具有N、S 两个磁极(一组磁极对)的磁铁。

[0033] 在转子2的周围以沿转子2的周向隔开间隔的方式配置有三个磁传感器11、12、13。有时将这三个磁传感器11、12、13分别称为第一磁传感器11、第二磁传感器12以及第三磁传感器13。作为磁传感器例如能够使用具备霍尔元件、磁阻元件等具有电特性因磁场的作用而变化的特性的元件的部件。

[0034] 三个磁传感器11、12、13配置在以转子2的中心轴为中心的同心圆上。另外,在该实施方式中,在用电角度表示相邻的两个磁传感器的角度间隔的情况下,三个磁传感器11、12、13隔开等角度间隔而配置。第一磁传感器11与第二磁传感器12配置为以转子2的旋转中心轴为中心且隔开 α (电角度)[deg]的角度间隔。第一磁传感器11和第三磁传感器13配置为以转子2的旋转中心轴为中心且隔开比 α [deg]大的 β (电角度)[deg]的角度间隔。在该实施方式中, α 设定为120[deg], β 设定为240[deg]。在该实施方式中,第二磁传感器12与第三磁传感器13之间的角度间隔以及第三磁传感器13与第一磁传感器11之间的角度间隔为 $\alpha=120$ [deg]。

[0035] 将图1表示的转子2的基准位置P与第一磁传感器11之间的角度间隔 θ 定义为转子2的旋转角。另外,将图1的箭头的方向设为正转方向。而且,若转子2向正方向旋转,则转子旋转角 θ 增大,若转子2向反方向旋转,则转子旋转角 θ 减小。从第一磁传感器11输出 $V1=\phi 1 \cdot \sin\theta$ 的输出信号V1。从第二磁传感器12输出 $V2=\phi 2 \cdot \sin(\theta+\alpha)=\phi 2 \cdot \sin(\theta+120)$ 的输出信号V2。从第三磁传感器13输出 $V3=\phi 3 \cdot \sin(\theta+\beta)=\phi 3 \cdot \sin(\theta+240)$ 的输出信号V3。 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 分别表示振幅。

[0036] 若以将上述的振幅 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 看成相互相等的值 ϕ 、或各振幅成为规定的规定值 ϕ 的方式使各信号V1、V2、V3正规化,则各信号V1、V2、V3分别表示为 $\phi \cdot \sin\theta$ 、 $\phi \cdot \sin(\theta+\alpha)$ 以及 $\phi \cdot \sin(\theta+\beta)$ 。其中,若 $\phi=1$,则各信号V1、V2、V3分别表示为 $\sin\theta$ 、 $\sin(\theta+\alpha)$ 以及 $\sin(\theta+\beta)$ 。因此在以下的说明中,为了简化说明,将各磁传感器11、12、13的输出信号V1、V2、V3分别表示为 $V1=\sin\theta$ 、 $V2=\sin(\theta+\alpha)=\sin(\theta+120)$ 以及 $V3=\sin(\theta+\beta)=\sin(\theta+240)$ 。

[0037] 图2表示各磁传感器11、12、13的输出信号V1、V2、V3的波形。以下,有时将输出信号V1称为第一输出信号,将输出信号V2称为第二输出信号,将输出信号V3称为第三输出信号。

[0038] 在该实施方式中,第一输出信号V1与第二输出信号V2的相位差、第二输出信号V2与第三输出信号V3的相位差以及第三输出信号V3与第一输出信号V1的相位差为120[deg]。即,在该实施方式中,以相邻的两个磁传感器的输出信号的相位差成为120(=360/磁传感器的总数)[deg]的方式,设定相邻的两个磁传感器的角度间隔。

[0039] 将各磁传感器11、12、13的输出信号V1、V2、V3输入旋转角计算装置20。旋转角计算装置20基于各磁传感器11、12、13的输出信号V1、V2、V3来计算转子2的旋转角 θ 。旋转角计算装置20例如由微型计算机构成,包括CPU和存储器(ROM、RAM等)。旋转角计算装置20具备:检测各磁传感器11、12、13的故障的功能、和基于正常的两个磁传感器的输出信号来计算转

子2的旋转角 θ 的功能。

[0040] 参照图3对检测磁传感器的故障的功能进行说明。

[0041] 旋转角计算装置20具备基于相邻的两个磁传感器的输出信号来判定上述磁传感器是否正常的功能。对基于第一磁传感器11的输出信号 $V1$ 和第二磁传感器12的输出信号 $V2$ 来判定上述磁传感器是否正常的情况进行说明。

[0042] 将连接转子2的旋转中心轴与第一磁传感器11的直线的长度设为 A , 将连接转子2的旋转中心轴与第二磁传感器12的直线的长度设为 B , 将连接第一磁传感器11与第二磁传感器12的直线的长度设为 C 。

[0043] 若将转子2的旋转角度的基准位置 P 与第一磁传感器11之间的角度间隔设为 θ_1 (在该实施方式中, 相当于转子旋转角 θ), 将转子2的旋转角度的基准位置 P 与第二磁传感器12之间的角度间隔设为 θ_2 , 则

$$[0044] \quad V1 = \sin \theta_1$$

$$[0045] \quad V2 = \sin \theta_2 = \sin (\theta_1 + \alpha)。$$

[0046] 根据余弦定理, 下式 (3) 成立。

$$[0047] \quad A^2 + B^2 - 2AB \cos (\theta_2 - \theta_1) = C^2 \quad (3)$$

[0048] 两个磁传感器11、12配置在以转子2的中心轴为中心的同心圆上, 因此 $A = B$ 。另外, 以直线 A 、 B 、 C 为三条边的三角形为等腰三角形, 因此

$$[0049] \quad C = 2A \sin (\alpha/2)。$$

[0050] 若将 $A = B$ 以及 $C = 2A \sin (\alpha/2)$ 代入上述公式 (3), 则可得到下式 (4)。

$$[0051] \quad (\cos \theta_2 \cos \theta_1 + \sin \theta_2 \sin \theta_1) = 1 - 2 \sin^2 (\alpha/2) \quad (4)$$

[0052] 若对上述公式 (4) 进行变形, 则可得到下式 (5)。

$$[0053] \quad \cos \theta_2 \cos \theta_1 = \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\} - \sin \theta_2 \sin \theta_1 \quad (5)$$

[0054] 若对上述公式 (5) 的两边进行平方, 则可得到下式 (6)。

$$[0055] \quad (\cos \theta_2 \cos \theta_1)^2 \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\}^2$$

$$[0056] \quad -2 \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\} \sin \theta_2 \sin \theta_1$$

$$[0057] \quad + (\sin \theta_2 \sin \theta_1)^2 \quad (6)$$

[0058] 若将 $\cos^2 \theta_1 = 1 - \sin^2 \theta_1$ 以及 $\cos^2 \theta_2 = 1 - \sin^2 \theta_2$ 代入上述公式 (6), 则可得到下式 (7)。

$$[0059] \quad \sin^2 \theta_1 + \sin^2 \theta_2 - 2 \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\} \sin \theta_1 \sin \theta_2$$

$$[0060] \quad = 1 - \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\}^2 \quad (7)$$

[0061] 若将 $\sin \theta_1 = V1$ 以及 $\sin \theta_2 = V2$ 代入上述公式 (7), 则可得到下式 (8)。

$$[0062] \quad V1^2 + V2^2 - 2 \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\} V1 \cdot V2$$

$$[0063] \quad = 1 - \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\}^2 \quad (8)$$

[0064] 因此, 若将预先设定的下限值设为 L ($L < 0$), 将预先设定的上限值设为 U ($U > 0$), 则能够基于下式 (9) 来判定两个磁传感器11、12 是否正常。

$$[0065] \quad L \leq X12 \leq U \quad (9)$$

$$[0066] \quad X12 = V1^2 + V2^2 - 2 \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\} V1 \cdot V2$$

$$[0067] \quad -1 + \{1 - 2 \sin^2 (\alpha/2)\}^2$$

[0068] 在满足上述公式 (9) 的情况下, 判定为两个磁传感器11、12 正常。另一方面, 在不满

足上述公式(9)的情况下,判定为两个磁传感器11、12中的至少一方发生故障。

[0069] 在基于第二磁传感器12的输出信号V2和第三磁传感器13的输出信号V3来判定上述磁传感器是否正常的情况下,能够基于下式(10)来判定两个磁传感器11、12是否正常。

$$[0070] \quad L \leq X_{23} \leq U \quad (10)$$

$$[0071] \quad X_{23} = V_2^2 + V_3^2 - 2 \{1 - 2\sin^2(\alpha/2)\} V_2 \cdot V_3$$

$$[0072] \quad -1 + \{1 - 2\sin^2(\alpha/2)\}^2$$

[0073] 在基于第一磁传感器11的输出信号V1和第三磁传感器13的输出信号V3来判定上述磁传感器是否正常的情况下,能够基于下式(11)来判定两个磁传感器11、12是否正常。

$$[0074] \quad L \leq X_{31} \leq U \quad (11)$$

$$[0075] \quad X_{31} = V_3^2 + V_1^2 - 2 \{1 - 2\sin^2(\alpha/2)\} V_3 \cdot V_1$$

$$[0076] \quad -1 + \{1 - 2\sin^2(\alpha/2)\}^2$$

[0077] 在该实施方式中, α 为120[deg],因此上述公式(9)、(10)、(11)中的 X_{12} 、 X_{23} 、 X_{31} 分别用下式(12)、(13)、(14)来表示。

$$[0078] \quad X_{12} = V_1^2 + V_2^2 + V_1 \cdot V_2 - 0.75 \quad (12)$$

$$[0079] \quad X_{23} = V_2^2 + V_3^2 + V_2 \cdot V_3 - 0.75 \quad (13)$$

$$[0080] \quad X_{31} = V_3^2 + V_1^2 + V_3 \cdot V_1 - 0.75 \quad (14)$$

[0081] 在该情况下,下限值和上限值例如用下式(15)、(16)来表示。

$$[0082] \quad L = -0.75 \times (\gamma / 100) \quad (15)$$

$$[0083] \quad U = 0.75 \times (\gamma / 100) \quad (16)$$

[0084] 在上述公式(15)、(16)中, γ 为预先设定的值,例如设定为5。

[0085] 对在同心圆上以隔开间隔的方式配置有三个以上的N个磁传感器,且以相邻的两个磁传感器的输出信号之间的相位差成为360/N[deg]的方式,设定相邻的磁传感器的角度间隔的情况下的故障判定方法进行说明。在这样的情况下,若将相邻的两个磁传感器中的一方的磁传感器的输出信号设为 V_a ,将另一方的磁传感器的输出信号设为 V_b ,将预先设定的下限值设为L($L < 0$),将预先设定的上限值设为U($U > 0$),则能够基于下式(17)来判定两个磁传感器是否正常。

$$[0086] \quad L \leq X_{ab} \leq U \quad (17)$$

$$[0087] \quad X_{ab} = V_a^2 + V_b^2 - 2 \{1 - 2\sin^2(180/N)\} V_a \cdot V_b$$

$$[0088] \quad -1 + \{1 - 2\sin^2(180/N)\}^2$$

[0089] 接下来,对计算转子旋转角的功能进行说明。旋转角计算装置20具备以下功能,即:基于第一输出信号V1和第二输出信号V2来计算转子旋转角 θ 的功能、基于第一输出信号V1和第三磁输出信号V3来计算转子旋转角 θ 的功能、以及基于第二输出信号V2和第三输出信号V3来计算转子旋转角 θ 的功能。

[0090] 对基于第一输出信号V1和第二输出信号V2来计算转子旋转角 θ 的功能进行说明。如上所述, $V_1 = \sin\theta$, $V_2 = \sin(\theta + \alpha)$ 。根据加法定理, $\sin(\theta + \alpha)$ 能够如下式(18)所示的那样展开。

$$[0091] \quad \sin(\theta + \alpha) = \sin\theta \cdot \cos\alpha + \cos\theta \cdot \sin\alpha \quad (18)$$

[0092] 根据上述公式(18),能够得到下式(19)。

$$[0093] \quad \cos\theta = \{\sin(\theta + \alpha) - \sin\theta \cdot \cos\alpha\} / \sin\alpha$$

$$[0094] \quad = (V2 - V1 \cdot \cos\alpha) / \sin\alpha \quad (19)$$

[0095] 转子旋转角 θ 能够基于下式(20)进行计算。

$$[0096] \quad \theta = \tan^{-1}(\sin\theta / \cos\theta)$$

$$[0097] \quad = \tan^{-1}\{V1 \cdot \sin\alpha / (V2 - V1 \cdot \cos\alpha)\} \quad (20)$$

[0098] 另外,在该实施方式的情况下, $\alpha = 120[\text{deg}]$ 。

[0099] 对基于第一输出信号 $V1$ 和第三输出信号 $V3$ 来计算转子旋转角 θ 的功能进行说明。如上所述, $V1 = \sin\theta$, $V3 = \sin(\theta + \beta)$ 。根据加法定理, $\sin(\theta + \beta)$ 能够如下式(21)所示那样展开。

$$[0100] \quad \sin(\theta + \beta) = \sin\theta \cdot \cos\beta + \cos\theta \cdot \sin\beta \quad (21)$$

[0101] 根据上述公式(21),能够得到下式(22)。

$$[0102] \quad \cos\theta = \{\sin(\theta + \beta) - \sin\theta \cdot \cos\beta\} / \sin\beta$$

$$[0103] \quad = (V3 - V1 \cdot \cos\beta) / \sin\beta \quad (22)$$

[0104] 转子旋转角 θ 能够基于下式(23)进行计算。

$$[0105] \quad \theta = \tan^{-1}(\sin\theta / \cos\theta)$$

$$[0106] \quad = \tan^{-1}\{V1 \cdot \sin\beta / (V3 - V1 \cdot \cos\beta)\} \quad (23)$$

[0107] 另外,在该实施方式的情况下, $\beta = 240[\text{deg}]$ 。

[0108] 对基于第二输出信号 $V2$ 和第三输出信号 $V3$ 来计算转子旋转角 θ 的功能进行说明。若 $\Theta = (\theta + \alpha)$,则表示为 $V2 = \sin\Theta$ 、 $V3 = \sin(\Theta + \alpha)$ 。根据加法定理, $\sin(\Theta + \alpha)$ 能够如下式(24)所示那样展开。

$$[0109] \quad \sin(\Theta + \alpha) = \sin\Theta \cdot \cos\alpha + \cos\Theta \cdot \sin\alpha \quad (24)$$

[0110] 根据上述公式(24),能够得到下式(25)。

$$[0111] \quad \cos\Theta = \{\sin(\Theta + \alpha) - \sin\Theta \cdot \cos\alpha\} / \sin\alpha$$

$$[0112] \quad = (V3 - V2 \cdot \cos\alpha) / \sin\alpha \quad (25)$$

[0113] 转子旋转角 θ 能够基于下式(26)进行计算。

$$[0114] \quad \theta = \Theta - \alpha$$

$$[0115] \quad = \{\tan^{-1}(\sin\Theta / \cos\Theta)\} - \alpha$$

$$[0116] \quad = [\tan^{-1}\{V2 \cdot \sin\alpha / (V3 - V2 \cdot \cos\alpha)\}] - \alpha \quad (26)$$

[0117] 另外,在该实施方式的情况下, $\alpha = 120[\text{deg}]$ 。

[0118] 图4A、图4B以及图4C是用于说明旋转角计算装置20的动作的一个例子的流程图。图4A、图4B以及图4C所示的处理按照每个规定的计算周期而反复执行。

[0119] 首先,对旋转角计算装置20所使用的标记进行说明。旋转角无法计算标记 $F0$ 是用于存储三个磁传感器11、12、13中的两个以上磁传感器发生故障的标记,在判定为两个以上的磁传感器发生故障时,置位($F0 = 1$)。

[0120] 第一故障标记 $F1$ 是用于存储第一磁传感器11发生故障的标记,在判定为第一磁传感器11发生故障时,置位($F1 = 1$)。第二故障标记 $F2$ 是用于存储第二磁传感器12发生故障的标记,在判定为第二磁传感器12发生故障时,置位($F2 = 1$)。第三故障标记 $F3$ 是用于存储第三磁传感器13发生故障的标记,在判定为第三磁传感器13发生故障时,置位($F3 = 1$)。此外,在旋转角计算装置20的电源接通时,全部的标记 $F0$ 、 $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 复位($F0 = F1 = F2 = F3 = 0$)。

[0121] 参照图4A,旋转角计算装置20首先取得各磁传感器11、12、13 的输出信号V1、V2、V3(步骤S1)。然后,对旋转角无法计算标记F0 是否置位($F0=1$)进行判别(步骤S2)。在将旋转角无法计算标记F0 复位($F0=0$)的情况下(步骤S2:否),旋转角计算装置20基于上述公式(12)、(13)、(14),分别计算X12、X23、X31(步骤S3、S4、S5)。

[0122] 旋转角计算装置20对是否将第一故障标记F1置位进行判别(步骤 S6)。在将第一故障标记F1复位($F1=0$)的情况下(步骤S6:否),旋转角计算装置20对是否将第二故障标记F2置位进行判别(步骤S7)。在将第二故障标记F2复位($F2=0$)的情况下(步骤S7:否),旋转角计算装置20对在上述步骤S3计算出的X12是否满足 $L \leq X12 \leq U$ 的条件进行判别(步骤S8)。

[0123] 在满足 $L \leq X12 \leq U$ 的条件的情况下(步骤S8:是),旋转角计算装置20判定为第一磁传感器11和第二磁传感器12正常,从而对在上述步骤S5计算出的X31是否满足 $L \leq X31 \leq U$ 的条件进行判别(步骤S9)。在满足 $L \leq X31 \leq U$ 的条件的情况下(步骤S9:是),旋转角计算装置20判定为第一磁传感器11和第三磁传感器13正常,从而移至步骤S10。在步骤S10中,旋转角计算装置20利用第一输出信号V1与第二输出信号V2,并基于上述公式(20)来计算旋转角 θ 。然后,旋转角计算装置 20结束当前计算周期的处理。另外,在步骤S10中,旋转角计算装置20也可以基于上述公式(23)或上述公式(26)来计算旋转角 θ 。

[0124] 在上述步骤S9中,在判别为不满足 $L \leq X31 \leq U$ 的条件的情况下(步骤S9:否),如图4B所示,旋转角计算装置20判定为第三磁传感器13 发生故障,并将第三故障标记F3置位($F3=1$) (步骤S11)。然后,旋转角计算装置20结束当前计算周期的处理。

[0125] 在上述步骤S8(参照图4A)中,在判别为不满足 $L \leq X12 \leq U$ 的条件的情况下(步骤S8:否),如图4B所示,旋转角计算装置20对是否将第三故障标记F3置位($F3=1$)进行判别(步骤S12)。在将第三故障标记F3复位($F3=0$)的情况下(步骤S12:否),旋转角计算装置20对在上述步骤S4计算出的X23是否满足 $L \leq X23 \leq U$ 的条件进行判别 (步骤S13)。

[0126] 在满足 $L \leq X23 \leq U$ 的条件的情况下(步骤S13:是),旋转角计算装置20判定为第一磁传感器11发生故障,从而将第一故障标记F1置位($F1=1$) (步骤S14)。另外,旋转角计算装置20利用第二输出信号 V2和第三输出信号V3,并基于上述公式(26)来计算旋转角 θ (步骤S15)。然后,旋转角计算装置20结束当前计算周期的处理。

[0127] 在上述步骤S13中,在判别为不满足 $L \leq X23 \leq U$ 的条件的情况下 (步骤S13:否),旋转角计算装置20判定为第二磁传感器12发生故障,从而将第二故障标记F2置位($F2=1$) (步骤S16)。然后,旋转角计算装置20结束当前计算周期的处理。

[0128] 在上述步骤S12中,在判别为将第三故障标记F3置位($F3=1$)的情况下(步骤S12:是),旋转角计算装置20判定为两个以上磁传感器发生故障,从而将旋转角无法计算标记F0置位($F0=1$) (步骤S17)。然后,旋转角计算装置20结束当前计算周期的处理。

[0129] 在上述步骤S7(参照图4A)中,在判别为将第二故障标记F2置位 ($F2=1$)的情况下(步骤S7:是),如图4C所示,旋转角计算装置20 对在上述步骤S5计算出的X31是否满足 $L \leq X31 \leq U$ 的条件进行判别 (步骤S18)。在满足 $L \leq X31 \leq U$ 的条件的情况下(步骤S18:是),旋转角计算装置20利用第一输出信号V1和第三输出信号V3,并基于上述公式(23)来计算旋转角 θ (步骤S19)。然后,旋转角计算装置20 结束当前计算周期的处理。

[0130] 在上述步骤S18中,在判别为不满足 $L \leq X31 \leq U$ 的条件的情况下 (步骤S18:否),旋转角计算装置20判定为两个以上磁传感器发生故障,从而将旋转角无法计算标记F0置位

($F0=1$) (步骤S20)。然后,旋转角计算装置20结束当前计算周期的处理。

[0131] 在上述步骤S6(参照图4A)中,在判别为将第一故障标记F1置位 ($F1=1$)的情况下(步骤S6:是),如图4C所示,旋转角计算装置20 对在上述步骤S4计算出的X23是否满足 $L \leq X23 \leq U$ 的条件进行判别(步骤S21)。在满足 $L \leq X23 \leq U$ 的条件的情况下(步骤S21:是),旋转角计算装置20利用第二输出信号V2和第三输出信号V3,并基于上述公式(26)来计算旋转角 θ (步骤S22)。然后,旋转角计算装置20 结束当前计算周期的处理。

[0132] 在上述步骤S21中,在判别为不满足 $L \leq X23 \leq U$ 的条件的情况下(步骤S21:否),旋转角计算装置20判定为两个以上磁传感器发生故障,从而将旋转角无法计算标记F0置位($F0=1$) (步骤S23)。然后,旋转角计算装置20结束当前计算周期的处理。

[0133] 在上述步骤S2(参照图4A)中,在判别为将旋转角无法计算标记 F0置位($F0=1$)的情况下(步骤S2:是),旋转角计算装置20结束当前计算周期的处理。

[0134] 在上述实施方式中,即便相邻的两个磁传感器的角度间隔为电角度 $90[\text{deg}]$ 以外的角度,也能够判别上述两个磁传感器是否正常或者它们中至少一方的磁传感器是否发生故障。

[0135] 另外,在上述实施方式中,即便在三个磁传感器11、12、13中的任一个发生故障的情况下,也能够基于其余正常的两个磁传感器的输出信号来计算转子2的旋转角 θ 。

[0136] 以上,对本发明的一个实施方式进行了说明,但本发明也能够进一步通过其他方式来实施。在上述实施方式中,相邻的磁传感器的角度间隔为电角度 $120[\text{deg}]$,但只要是 $90[\text{deg}]$ 以及 $180[\text{deg}]$ 以外的角度,则也可以为 $120[\text{deg}]$ 以外的角度。另外,相邻的磁传感器的角度间隔也可以不全部相同。另外,在上述实施方式中,虽然磁传感器设置有三个,但磁传感器也可以设置有两个或四个以上。

[0137] 另外,在上述实施方式中,第一输出信号V1、第二输出信号V2以及第三输出信号V3分别用 $\sin\theta$ 、 $\sin(\theta+\alpha)$ 以及 $\sin(\theta+\beta)$ 来表示,但在第一输出信号V1、第二输出信号V2以及第三输出信号V3用 $\cos\theta$ 、 $\cos(\theta+\alpha)$ 以及 $\cos(\theta+\beta)$ 表示的情况下,也能够应用本发明。

[0138] 另外,在上述实施方式中,在转子2设置有一组磁极对,但也可以设置有两组以上磁极对。

[0139] 另外,本发明也能够应用于对无刷马达的转子以外的旋转体的旋转角进行检测的情况。

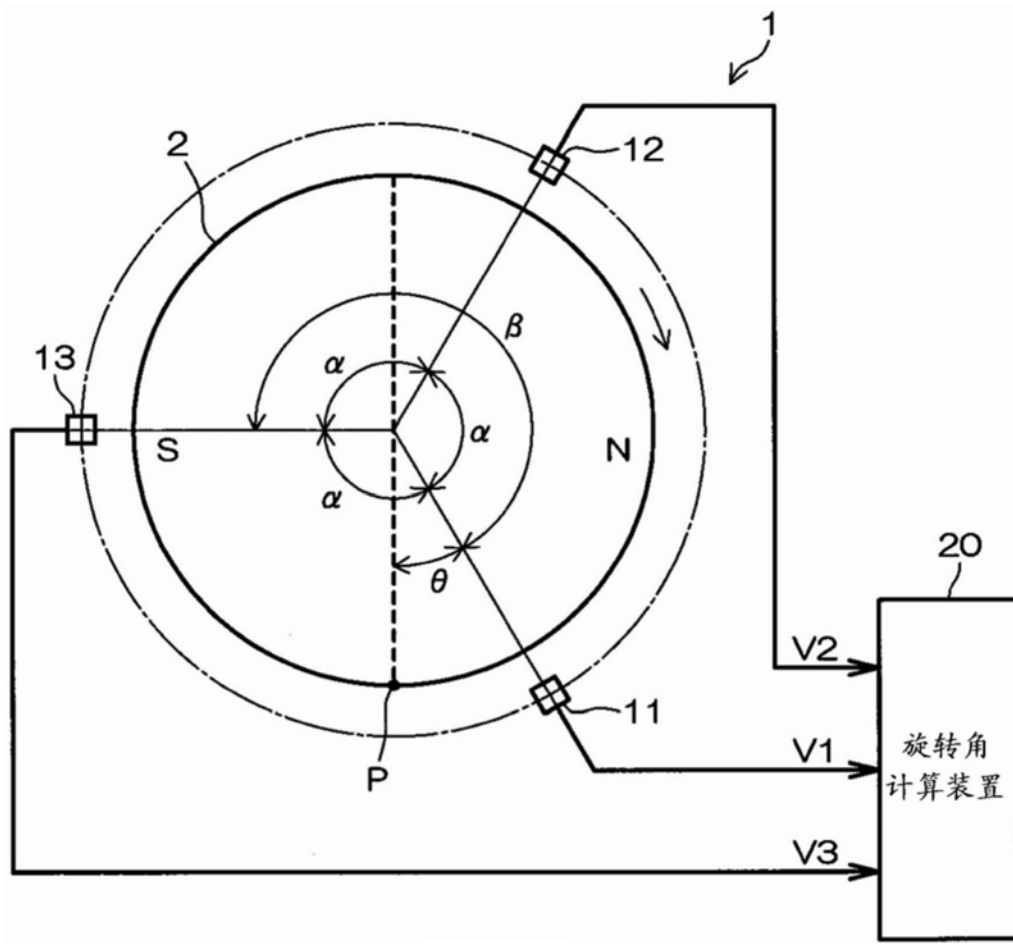


图1

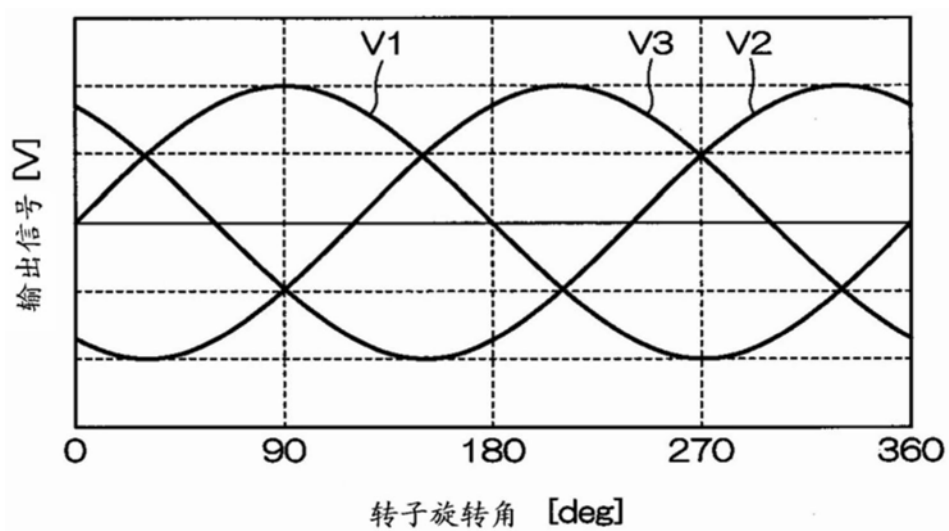


图2

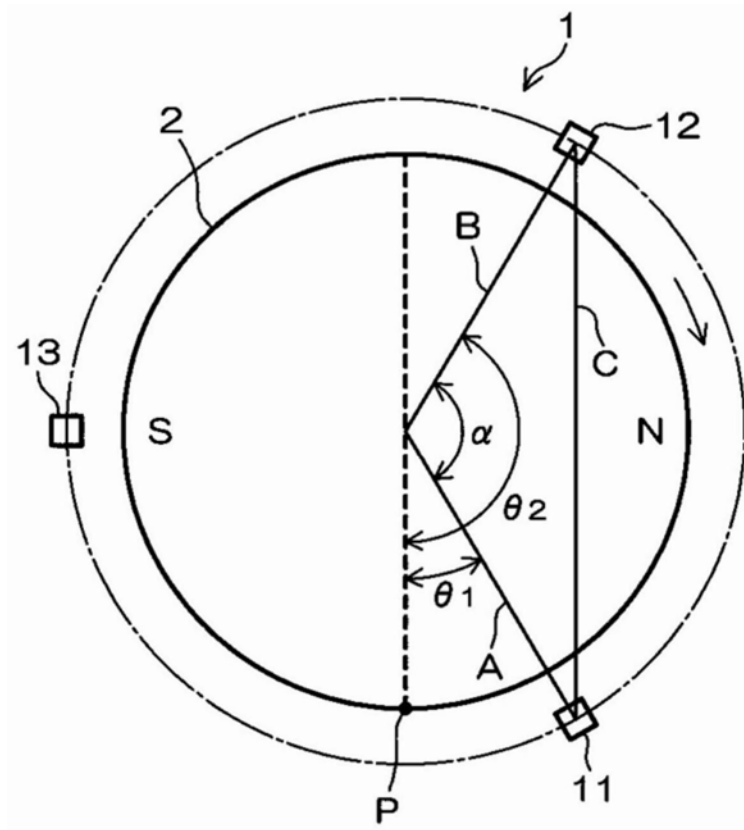


图3

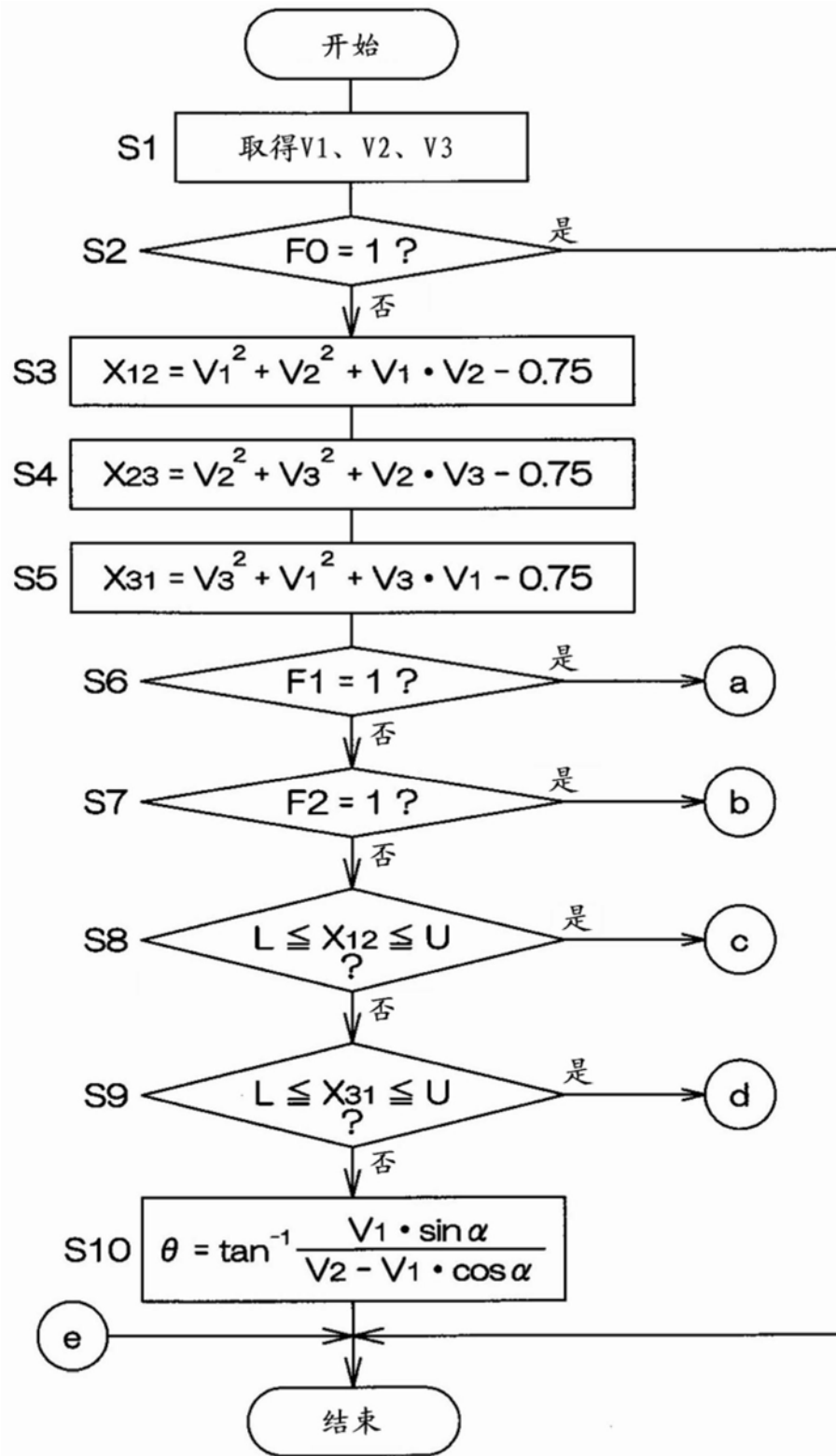


图4A

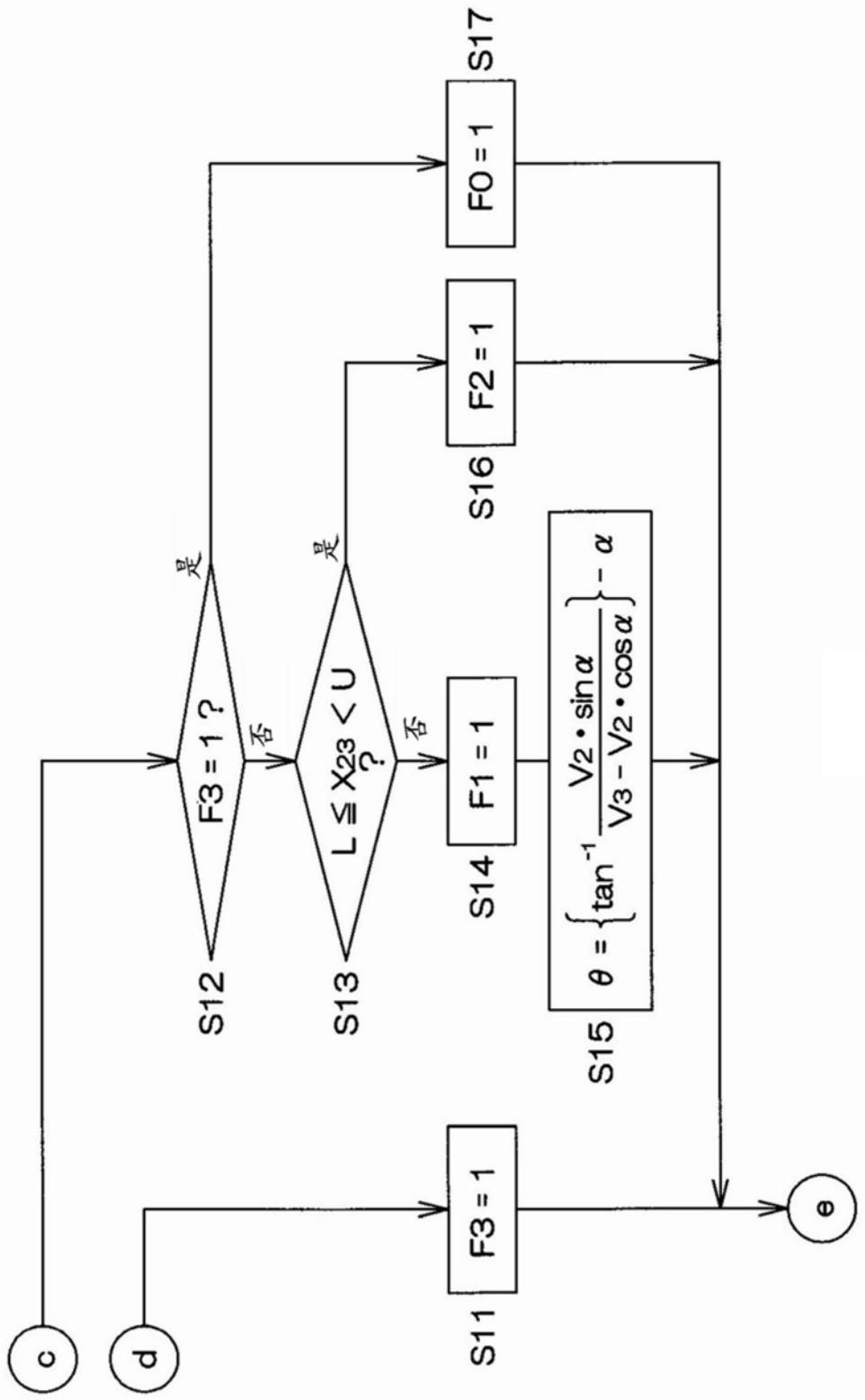


图4B

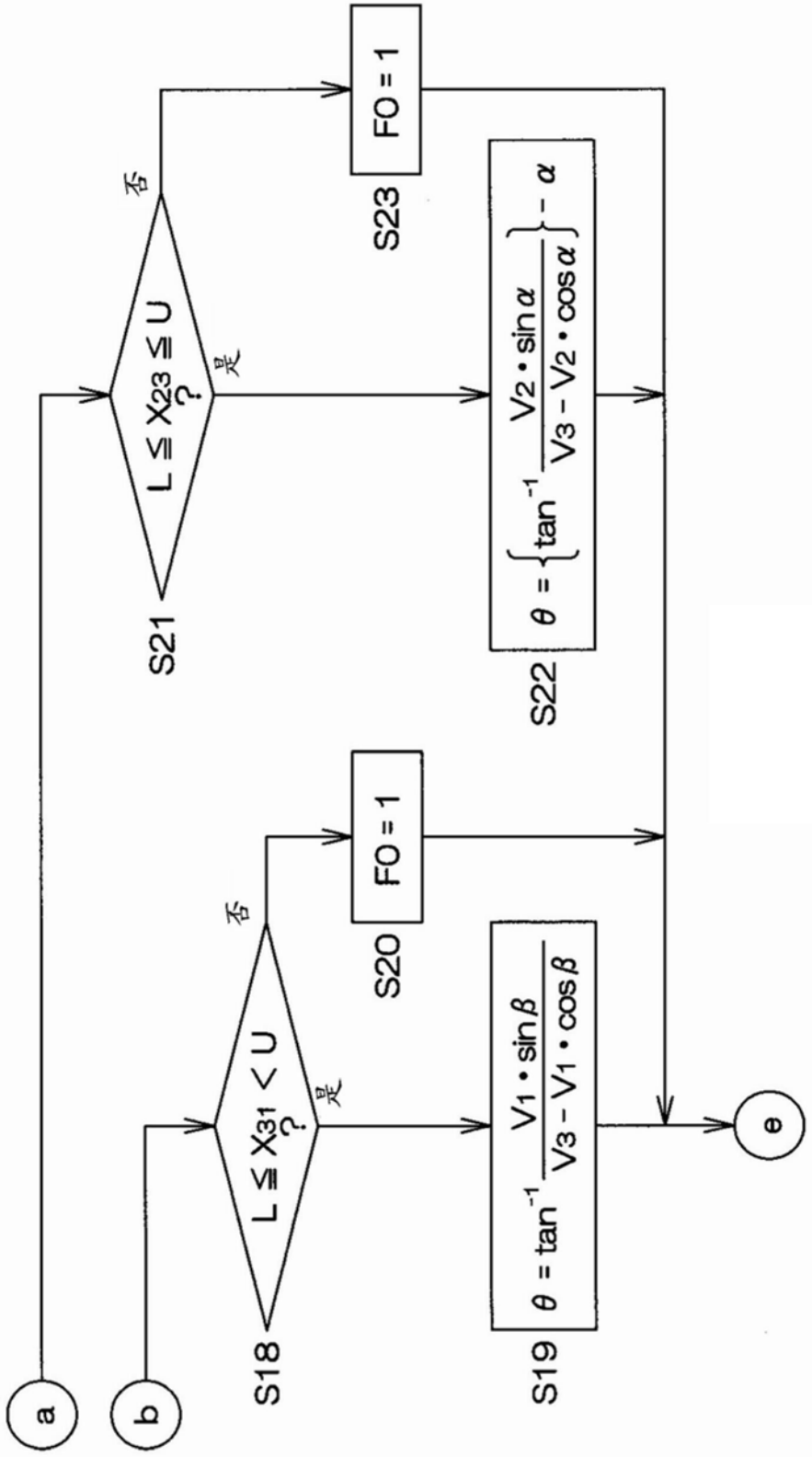


图4C

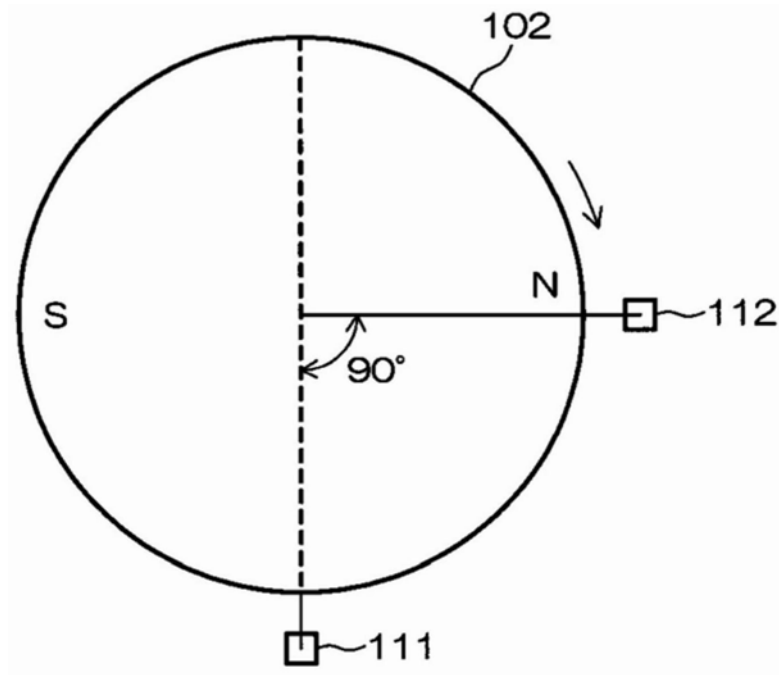


图5

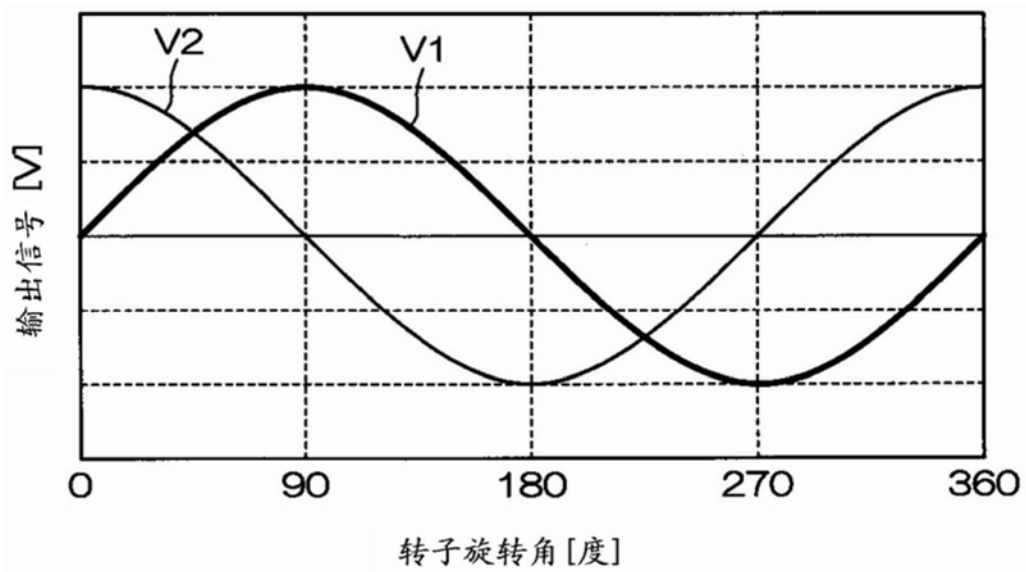


图6