

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102575946 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201080037552. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 08. 20

G01D 5/244 (2006. 01)

(30) 优先权数据

2009-195190 2009. 08. 26 JP

2009-195191 2009. 08. 26 JP

2010-166122 2010. 07. 23 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 02. 23

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/064105 2010. 08. 20

(87) PCT申请的公布数据

W02011/024731 JA 2011. 03. 03

(71) 申请人 株式会社捷太格特

地址 日本大阪府

(72) 发明人 上田武史

(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 王轶 李伟

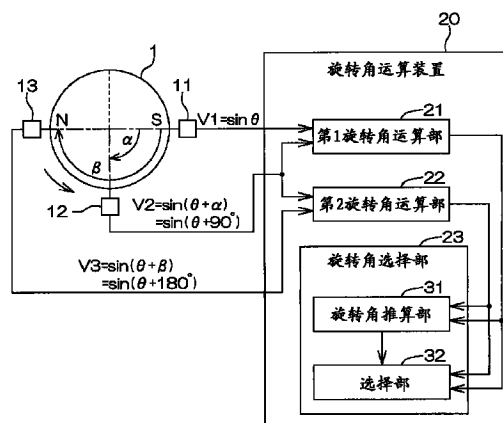
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 8 页

(54) 发明名称

旋转角检测装置

(57) 摘要

本发明提供一种旋转角检测装置。第 1 旋转角运算部 (21) 基于第 1 磁传感器 (11) 的输出信号 (V1) 和第 2 磁传感器 (12) 的输出信号 (V2), 计算相当于转子 (1) 的旋转角的第 1 旋转角 (θ_1)。第 2 旋转角运算部 (22) 基于第 2 磁传感器 (12) 的输出信号 (V2) 和第 3 磁传感器 (13) 的输出信号 (V3), 计算相当于转子 (1) 的旋转角的第 2 旋转角 (θ_2)。旋转角选择部 (23) 利用第 1 旋转角 (θ_1) 和第 2 旋转角 (θ_2) 来求出最终的旋转角 (θ)。



1. 一种旋转角检测装置,其具有根据旋转体的旋转而分别输出相互具有相位差的第 1、第 2 和第 3 正弦波信号的第 1、第 2 和第 3 传感器,并基于上述传感器的输出信号对上述旋转体的旋转角进行检测,该旋转角检测装置具备:

旋转角运算单元,其按照上述第 1 正弦波信号和上述第 2 正弦波信号的组合、上述第 2 正弦波信号和上述第 3 正弦波信号的组合以及上述第 2 正弦波信号和上述第 3 正弦波信号的组合中的 2 个以上的组合中的每个组合,基于该组合所包含的 2 个正弦波信号来计算相当于上述旋转体的旋转角的旋转角;和

最终旋转角运算单元,其利用由上述旋转角运算单元计算出的多个旋转角,来计算最终的旋转角。

2. 根据权利要求 1 所述的旋转角检测装置,其中,

上述旋转角运算单元具备:

第 1 旋转角运算单元,其基于第 1 正弦波信号和上述第 2 正弦波信号,来计算相当于上述旋转体的旋转角的第 1 旋转角;和

第 2 旋转角运算单元,其基于上述第 2 正弦波信号和上述第 3 正弦波信号,来计算相当于上述旋转体的旋转角的第 2 旋转角,

上述最终旋转角运算单元利用上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角来计算最终的旋转角。

3. 根据权利要求 2 所述的旋转角检测装置,其中,

上述最终旋转角运算单元具备:

旋转角推算单元,其推算上述旋转体的旋转角;和

运算单元,其根据由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值,利用上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角来计算最终的旋转角。

4. 根据权利要求 3 所述的旋转角检测装置,其中,

上述运算单元根据由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值,从上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角中,将运算误差较小一方的旋转角选择为最终的旋转角。

5. 根据权利要求 3 所述的旋转角检测装置,其中,

上述运算单元对上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角,分别进行与上述旋转角推算单元所推算出的旋转角推算值相对应的加权并进行相加,由此求出最终的旋转角。

6. 根据权利要求 3 ~ 5 中任意一项所述的旋转角检测装置,其中,

上述旋转角推算单元计算上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角的平均值作为上述旋转角推算值。

7. 根据权利要求 1 所述的旋转角检测装置,其中,

上述旋转角运算单元具备:

第 1 旋转角运算单元,其基于上述第 1 正弦波信号和上述第 2 正弦波信号,计算相当于上述旋转体的旋转角的第 1 旋转角;

第 2 旋转角运算单元,其基于上述第 1 正弦波信号和上述第 3 正弦波信号,计算相当于上述旋转体的旋转角的第 2 旋转角;和

第 3 旋转角运算单元,其基于上述第 2 正弦波信号和上述第 3 正弦波信号,计算相当于上述旋转体的旋转角的第 3 旋转角,

上述最终旋转角运算单元基于上述第 1、第 2 和第 3 旋转角来计算最终的旋转角。

8. 根据权利要求 7 所述的旋转角检测装置,其中,

上述第 1 传感器针对上述旋转体的旋转角 θ ,输出被表示为 $V1 = \sin \theta$ 的第 1 正弦波信号 $V1$,

上述第 2 传感器针对上述旋转体的旋转角 θ ,输出利用上述第 1 和第 2 正弦波信号的相位差 α 而表示为 $V2 = \sin(\theta + \alpha)$ 的第 2 正弦波信号 $V2$,

上述第 3 传感器针对上述旋转体的旋转角 θ ,输出利用上述第 1 和第 3 正弦波信号的相位差 β 而表示为 $V3 = \sin(\theta + \beta)$ 的第 3 正弦波信号 $V3$,

上述第 1 旋转角运算单元利用下式 (i) 求出第 1 旋转角 θ_1 ,

上述第 2 旋转角运算单元利用下式 (ii) 求出第 2 旋转角 θ_2 ,

上述第 3 旋转角运算单元利用下式 (iii) 求出第 3 旋转角 θ_3 ,

[数式 1]

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{V1}{\cos \theta} \quad \dots (i)$$

$$\text{其中, } \cos \theta = \frac{V2 - V1 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{V1}{\cos \theta} \quad \dots (ii)$$

$$\text{其中, } \cos \theta = \frac{V3 - V1 \cdot \cos \beta}{\sin \beta}$$

$$\theta_3 = \theta'_3 - \alpha \dots (iii)$$

$$\text{其中, } \theta'_3 = \tan^{-1} \frac{V2}{\cos \theta'}$$

$$\cos \theta' = \frac{V3 - V2 \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)}$$

9. 一种旋转角检测装置,其具有根据旋转体的旋转而分别输出相互具有相位差的第 1 和第 2 正弦波信号的第 1 和第 2 传感器,并基于上述传感器的输出信号对上述旋转体的旋转角进行检测,该旋转角检测装置具备:

第 1 旋转角运算单元,其基于上述第 1 正弦波信号和上述第 2 正弦波信号,利用规定的第 1 运算式,计算相当于上述旋转体的旋转角的第 1 旋转角;

第 2 旋转角运算单元,其基于上述第 1 正弦波信号和上述第 2 正弦波信号,利用与上述第 1 运算式不同的规定的第 2 运算式,计算相当于上述旋转体的旋转角的第 2 旋转角;和

最终旋转角运算单元,其利用上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角来计算最终的旋转角。

10. 根据权利要求 9 所述的旋转角检测装置,其中,

上述最终旋转角运算单元具备:

旋转角推算单元,其推算上述旋转体的旋转角;和

运算单元,其根据由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值,利用上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角来计算最终的旋转角。

11. 根据权利要求 10 所述的旋转角检测装置,其中,

上述运算单元根据由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值,从上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角中,将运算误差较小一方的旋转角选择为最终的旋转角。

12. 根据权利要求 10 所述的旋转角检测装置,其中,

上述运算单元对上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角, 分别进行与由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值相对应的加权并进行相加, 由此求出最终的旋转角。

13. 根据权利要求 10 ~ 12 中任意一项所述的旋转角检测装置, 其中,

上述旋转角推算单元计算上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角的平均值作为上述旋转角推算值。

旋转角检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及检测旋转体的旋转角的旋转角检测装置。

背景技术

[0002] 在电动动力转向装置等中使用的无刷电机是通过与转子的旋转角度相对应地向定子绕组通电来控制的。于是,例如已知有图 12 所示的旋转角检测装置。旋转角检测装置具备包含具有 2 个磁极 N、S 的磁铁的转子 1、以转子 1 的旋转中心轴为中心相隔 90° 的角度而配置的 2 个磁传感器 11、12。各磁传感器 11、12 输出相互具有 90° 的相位差的正弦波信号。旋转角检测装置根据这 2 个正弦波信号来检测转子 1 的旋转角。

[0003] 将图 12 中由箭头所示的方向设为转子 1 的正方向的旋转方向。并且,设定若转子 1 向正方向旋转则转子 1 的旋转角变大,若转子 1 向反方向旋转则转子 1 的旋转角变小。对于转子 1 的旋转角 θ ,若从一个磁传感器 11 输出 $V1 = A1 \cdot \sin \theta$ 的输出信号 $V1$,则从另一个磁传感器 12 输出 $V2 = A2 \cdot \sin(\theta + 90^\circ) = A2 \cdot \cos \theta$ 的输出信号 $V2$ 。 $A1$ 、 $A2$ 分别表示振幅。

[0004] 若将上述的振幅 $A1$ 、 $A2$ 视为是彼此相等的值 A ,或者对两信号 $S1$ 、 $S2$ 进行归一化以使得两振幅成为规定的规定值 A ,则一方的输出信号 $V1$ 被表示为 $V1 = A \cdot \sin \theta$,另一方的输出信号 $V2$ 被表示为 $V2 = A \cdot \cos \theta$ 。并且,若 $A = 1$,则一方的输出信号 $V1$ 被表示为 $V1 = \sin \theta$,另一方的输出信号 $V2$ 被表示为 $V2 = \cos \theta$ 。于是,为了便于说明,将磁传感器 11、12 的输出信号 $V1$ 、 $V2$ 表示为 $V1 = \sin \theta$ 、 $V2 = \sin(\theta + 90^\circ) = \cos \theta$ 。

[0005] 转子的旋转角 θ 可以利用两输出信号 $V1$ 、 $V2$,例如根据下式 (1) 来求出。

$$[0006] \quad \theta = \tan^{-1}(\sin \theta / \cos \theta)$$

$$[0007] \quad = \tan^{-1}(\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ))$$

$$[0008] \quad = \tan^{-1}(V1/V2) \dots (1)$$

[0009] 图 2 示出了针对转子 1 的旋转角 θ 的、磁传感器 11、12 的输出信号 $V1 (= \sin \theta)$ 、 $V2 (= \sin(\theta + 90^\circ))$ 以及上述式 (1) 的右边的 $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ 的变化。

[0010] 专利文献 1:日本特开 2001-324321 号公报

[0011] 专利文献 2:日本特开 2004-156961 号公报

[0012] 专利文献 3:日本特开 2008-241411 号公报

[0013] 专利文献 4:日本实开平 5-55022 号公报

[0014] 专利文献 5:日本特开 2002-213944 号公报

[0015] 专利文献 6:日本特表平 9-508214 号公报

[0016] 在上述那样的现有的旋转角检测装置中,在根据上述式 (1) 计算转子 1 的旋转角 θ 时,若 $\sin \theta / \cos \theta$ 的分母 $\cos \theta$ 接近零,则运算误差变大。因此,如图 2 中斜线部分所示那样,在转子角度是 90° 附近的范围内或者 270° 附近的范围内的情况下, $\cos \theta (= \sin(\theta + 90^\circ))$ 的绝对值变小,因此根据 $\tan^{-1}(\sin \theta / \cos \theta)$ 计算的旋转角 θ 的误差变大。

发明内容

[0017] 于是,本发明的目的在于提供一种能够提高检测精度的旋转角检测装置。

[0018] 另外,在上述那样的现有的旋转角检测装置中,由于磁传感器的输出信号所含的噪声的影响有时会产生检测误差。于是,为了降低这样的检测误差,考虑通过将根据磁传感器的输出信号检测出的旋转角在时间方向上平均化来求出最终的旋转角。但是,若采用上述的处理,则在转子高速旋转的情况下,旋转角检测的响应性变差。

[0019] 于是,本发明的目的在于提供一种能够在维持较高的响应性的同时降低由噪声的影响所导致的检测误差的旋转角检测装置。

[0020] 本发明的第1旋转角检测装置是具有根据旋转体(1)的旋转而分别输出相互具有相位差的第1、第2和第3正弦波信号的第1、第2和第3传感器(11~13,61~63),并基于上述的传感器的输出信号对上述旋转体的旋转角进行检测的旋转角检测装置(20,70),其具备:旋转角运算单元(21,22,71~73),其按照上述第1正弦波信号和上述第2正弦波信号的组合、上述第2正弦波信号和上述第3正弦波信号的组合以及上述第2正弦波信号和上述第3正弦波信号的组合中的2个以上的组合中的每个组合,基于该组合所包含的2个正弦波信号来计算相当于上述旋转体的旋转角的旋转角;和最终旋转角运算单元(23,74),其利用由上述旋转角运算单元计算出的多个旋转角,来计算最终的旋转角。另外,在该项中括弧内的英文数字表示后述的实施方式中的对应构成要素等。但是,其并不是意味应将本发明限定并解释为该实施方式。

[0021] 对于根据相互具有相位差的2个正弦波信号计算出的旋转角,该运算所使用的运算式会导致存在运算误差变大的旋转角的范围。由旋转角运算单元计算的多个旋转角是根据正弦波信号不同的组合而计算出的,因此它们的运算所使用的运算式不同。因此,在这些多个旋转角之间,运算误差变大的旋转角的范围不同。根据上述构成,能够利用多个旋转角来计算运算误差较小的旋转角。因此,能够提高旋转角的检测精度。

[0022] 另外,根据该构成,由于基于由旋转角运算单元计算出的多个旋转角来计算最终的旋转角,所以能够降低因传感器的输出信号所包含的噪声的影响而导致的检测误差。

[0023] 在本发明的一实施方式中,上述旋转角运算具备:第1旋转角运算单元(21),其基于第1正弦波信号和上述第2正弦波信号来计算相当于上述旋转体的旋转角的第1旋转角;和第2旋转角运算单元(22),其基于上述第2正弦波信号和上述第3正弦波信号,计算相当于上述旋转体的旋转角的第2旋转角。并且,上述最终旋转角运算单元利用上述第1旋转角和上述第2旋转角来计算最终的旋转角。

[0024] 在该构成中,基于第1正弦波信号和第2正弦波信号来计算相当于旋转体的旋转角的第1旋转角。另外,基于第2正弦波信号和第3正弦波信号来计算相当于旋转体的旋转角的第2旋转角。并且,利用第1旋转角和第2旋转角来计算最终的旋转角。

[0025] 对于根据相互具有相位差的2个正弦波信号计算出的旋转角,该运算使用的运算式会导致存在运算误差变大的旋转角的范围。由于第1旋转角是根据第1正弦波信号和第2正弦波信号来计算的,第2旋转角是根据第2正弦波信号和第3正弦波信号来计算的,所以两者的运算所用的运算式不同。因此,对于第1旋转角和第2旋转角,运算误差变大的旋转角的范围不同。根据上述构成,能够利用第1旋转角和第2旋转角来计算运算误差较小

的旋转角。因此,能够提高旋转角的检测精度。

[0026] 在本发明的一实施方式中,上述最终旋转角运算单元具备:旋转角推算单元(31),其推算上述旋转体的旋转角;和运算单元(32),其根据由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值,利用上述第1旋转角和上述第2旋转角来计算最终的旋转角。

[0027] 上述运算单元(32)可以根据由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值,将上述第1旋转角和上述第2旋转角中运算误差较小一方的旋转角选择为最终的旋转角。或者,上述运算单元可以对上述第1旋转角和上述第2旋转角,分别进行与由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值相对应的加权并进行相加,由此求出最终的旋转角。

[0028] 上述旋转角推算单元(31)可以计算上述第1旋转角和上述第2旋转角的平均值作为上述旋转角推算值。另外,作为上述旋转角推算值,例如可以使用第1旋转角、第2旋转角等。另外,也可以在第1旋转角和第2旋转角的其中任一个被最初选择为最终的旋转角之后,将当前选择的第1或者第2旋转角用作旋转角推算值。并且,可以在最终的旋转角被最初计算出后,将上次计算出的最终的旋转角用作这次的旋转角推算值。

[0029] 在本发明的一实施方式中,上述旋转角运算单元具备:第1旋转角运算单元(71),其基于上述第1正弦波信号和上述第2正弦波信号,计算相当于上述旋转体的旋转角的第1旋转角;第2旋转角运算单元(72),其基于上述第1正弦波信号和上述第3正弦波信号,计算相当于上述旋转体的旋转角的第2旋转角;和第3旋转角运算单元(73),其基于上述第2正弦波信号和上述第3正弦波信号,计算相当于上述旋转体的旋转角的第3旋转角。并且,上述最终旋转角运算单元基于上述第1、第2和第3旋转角来计算最终的旋转角。

[0030] 在该构成中,基于第1正弦波信号和上述第2正弦波信号来计算相当于旋转体的旋转角的第1旋转角。另外,基于第1正弦波信号和第3正弦波信号来计算相当于旋转体的旋转角的第2旋转角。另外,基于第2正弦波信号和第3正弦波信号来计算相当于旋转体的旋转角的第3旋转角。并且,基于第1、第2和第3旋转角来计算最终的旋转角。具体而言,例如可以计算出第1、第2和第3旋转角的平均值或者中间值来作为最终的旋转角。另外,也可以将第1、第2和第3旋转角中偏离幅度最大的角除去,计算出其他2个的平均值来作为最终的旋转角。

[0031] 根据该构成,由于基于第1、第2和第3旋转角来计算最终的旋转角,所以能够降低因传感器的输出信号所包含的噪声的影响而导致的检测误差。另外,由于最终的旋转角是基于根据相同时刻产生的传感器输出信号计算出的第1、第2和第3旋转角而计算出的,所以在进行旋转角检测时不会发生时间延迟。因此即使在旋转体的转速较大的情况下,也能够实现较高的响应性。即,根据该构成,在维持较高的响应性的同时,能够降低因噪声的影响而导致的检测误差。

[0032] 另外,在该构成中,在计算第1、第2和第3旋转角的情况下,将相同的传感器的输出信号共用于多个旋转角运算。具体而言,第1正弦波信号被共用于第1旋转角和第2旋转角的运算,第2正弦波信号被共用于第1旋转角和第3旋转角的运算,第3正弦波信号被共用于第2旋转角和第3旋转角的运算。因此,与不将相同的传感器的输出信号共用于多个旋转角运算的情况相比,具有传感器的个数减少也可解决问题的优点。

[0033] 在本发明的一实施方式中,上述第1传感器针对上述旋转体的旋转角 θ ,输出被表示为 $V1 = \sin \theta$ 的第1正弦波信号 $V1$ 。另外,上述第2传感器针对上述旋转体的旋转角

θ , 输出利用上述第 1 和第 2 正弦波信号的相位差 α 而表示为 $V2 = \sin(\theta + \alpha)$ 的第 2 正弦波信号 $V2$ 。另外, 上述第 3 传感器针对上述旋转体的旋转角 θ , 输出利用上述第 1 和第 3 正弦波信号的相位差 β 而表示为 $V3 = \sin(\theta + \beta)$ 的第 3 正弦波信号 $V3$ 。并且, 上述第 1 旋转角运算单元利用下式 (i) 来求出第 1 旋转角 θ_1 。另外, 上述第 2 旋转角运算单元利用下式 (ii) 来求出第 2 旋转角 θ_2 。另外, 上述第 3 旋转角运算单元利用下式 (iii) 来求出第 3 旋转角 θ_3 。

[0034] [数式 1]

$$[0035] \quad \theta_1 = \tan^{-1} \frac{V1}{\cos \theta} \quad \dots (i)$$

$$[0036] \quad \text{其中, } \cos \theta = \frac{V2 - V1 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$[0037] \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{V1}{\cos \theta} \quad \dots (ii)$$

$$[0038] \quad \text{其中, } \cos \theta = \frac{V3 - V1 \cdot \cos \beta}{\sin \beta}$$

$$[0039] \quad \theta_3 = \theta'_3 - \alpha \quad \dots (iii)$$

$$[0040] \quad \text{其中, } \theta'_3 = \tan^{-1} \frac{V2}{\cos \theta'}$$

$$[0041] \quad \cos \theta' = \frac{V3 - V2 \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)}$$

[0042] 在该构成中, 利用式 (i) 求出第 1 旋转角 θ_1 , 利用式 (ii) 求出第 2 旋转角 θ_2 , 利用式 (iii) 求出第 3 旋转角 θ_3 。基于这样求出的第 1、第 2 和第 3 旋转角来计算最终的旋转角。

[0043] 本发明的第 2 旋转角检测装置是具有根据旋转体 (1) 的旋转而分别输出相互具有相位差的第 1 和第 2 正弦波信号的第 1 和第 2 传感器 (11, 12), 并且基于上述的传感器的输出信号对上述旋转体的旋转角进行检测的旋转角检测装置 (40), 具备: 第 1 旋转角运算单元 (41), 其基于上述第 1 正弦波信号和上述第 2 正弦波信号, 利用规定的第 1 运算式来计算相当于上述旋转体的旋转角的第 1 旋转角; 第 2 旋转角运算单元 (42), 其基于上述第 1 正弦波信号和上述第 2 正弦波信号, 利用与上述第 1 运算式不同的规定的第 2 运算式来计算相当于上述旋转体的旋转角的第 2 旋转角; 和最终旋转角运算单元 (43), 其利用上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角来计算最终的旋转角。

[0044] 在该构成中, 基于第 1 正弦波信号和第 2 正弦波信号, 利用规定的第 1 运算式来计算相当于旋转体的旋转角的第 1 旋转角。另外, 基于第 1 正弦波信号和第 2 正弦波信号, 利用与第 1 运算式不同的规定的第 2 运算式来计算相当于旋转体的旋转角的第 2 旋转角。并且, 利用第 1 旋转角和第 2 旋转角来计算最终的旋转角。

[0045] 对于根据相互具有相位差的 2 个正弦波信号计算出的旋转角, 因该运算所用的运算式而导致存在运算误差变大的旋转角的范围。在上述构成中, 由于对于第 1 旋转角和第 2 旋转角, 其运算所用的运算式不同, 所以运算误差变大的旋转角的范围不同。根据上述构成, 能够利用第 1 旋转角和第 2 旋转角来计算运算误差较小的旋转角。因此, 能够提高旋转角的检测精度。

[0046] 在本发明的一实施方式中, 上述最终旋转角运算单元具备: 旋转角推算单元 (51), 其推算上述旋转体的旋转角; 和运算单元 (52), 其根据由上述旋转角推算单元推算

出的旋转角推算值,利用上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角来计算最终的旋转角。

[0047] 上述运算单元 (52) 可以根据由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值,从上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角中,将运算误差较小一方的旋转角选择为最终的旋转角。或者,上述运算单元可以对上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角,分别进行与由上述旋转角推算单元推算出的旋转角推算值相对应的加权并进行相加,由此求出最终的旋转角。

[0048] 上述旋转角推算单元 (51) 可以计算出上述第 1 旋转角和上述第 2 旋转角的平均值来作为上述旋转角推算值。另外,作为上述旋转角推算值,例如可以使用第 1 旋转角、第 2 旋转角等。另外,可以在第 1 旋转角和第 2 旋转角的其中任一个被最初选择为最终的旋转角之后,将当前选择的第 1 或者第 2 旋转角用作旋转角推算值。并且,可以在最终的旋转角被最初计算出后,将上次计算出的最终的旋转角用作这次的旋转角推算值。

[0049] 本发明的上述的、或者其他的目的、特征以及效果通过在后面参照附图对实施方式进行的说明会更加明确。

附图说明

[0050] 图 1 是表示本发明的第 1 实施方式涉及的旋转角检测装置的构成的示意图。

[0051] 图 2 是用于说明第 1 旋转角的运算误差的大范围的说明图。

[0052] 图 3 是用于说明第 2 旋转角的运算误差的大范围的说明图。

[0053] 图 4 是用于说明旋转角选择部的动作的说明图。

[0054] 图 5 是表示旋转角运算装置进行的旋转角运算处理的流程的流程图。

[0055] 图 6 是表示本发明的第 2 实施方式涉及的旋转角检测装置的构成的示意图。

[0056] 图 7 是表示旋转角运算装置进行的旋转角运算处理的流程的流程图。

[0057] 图 8 是用于说明通过对第 1 旋转角和第 2 旋转角进行加权运算来计算最终的旋转角的方法的说明图。

[0058] 图 9 是表示本发明的第 3 实施方式涉及的旋转角检测装置的构成的示意图。

[0059] 图 10 是表示旋转角运算装置的详细构成的功能框图。

[0060] 图 11 是表示旋转角运算装置进行的旋转角运算处理的流程的流程图。

[0061] 图 12 是用于说明现有的旋转角检测装置进行的旋转角检测方法的示意图。

具体实施方式

[0062] 下面参照附图,对将本发明应用于用于检测无刷电机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说明。

[0063] 图 1 是表示本发明的第 1 实施方式涉及的旋转角检测装置的构成的示意图。

[0064] 该旋转角检测装置例如能够用于检测电动动力转向装置的无刷电机的转子的旋转角。旋转角检测装置例如具有对应于无刷电机的旋转而旋转的检测用转子 1 (以下称为“转子 1”)。转子 1 包含具有 2 个磁极 N、S 的磁铁。以上这点对于后述的第 2 和第 3 实施方式涉及的旋转角检测装置也同样。

[0065] 在转子 1 的周围,3 个磁传感器 11、12、13 在转子 1 的圆周方向上空开间隔而配置。有时将这 3 个磁传感器 11、12、13 分别称为第 1 磁传感器 11、第 2 磁传感器 12 和第 3 磁传感器 13。作为磁传感器,例如可以利用具备霍尔元件、磁阻元件 (MR 元件) 等具有因磁场的

作用而导致电特性变化的特性的元件的传感器。

[0066] 第1磁传感器11和第2磁传感器12以转子1的旋转中心轴为中心,相隔 α 的角度而配置。第1磁传感器11和第3磁传感器13以转子1的旋转中心轴为中心,相隔大于 α 的 β 角度而配置。在该实施方式中, α 被设定为 90° , β 被设定为 180° 。因此,在该实施方式中,第2磁传感器12和第3磁传感器13之间的角度间隔为 90° 。

[0067] 将图1中由箭头所示的方向设为转子1的正方向的旋转方向。并且,设定若转子1向正方向旋转则转子1的旋转角变大,若转子1向反方向旋转则转子1的旋转角变小。针对转子1的旋转角 θ ,若从第1磁传感器11输出 $V1 = A1 \cdot \sin \theta$ 的输出信号 $V1$,则从第2磁传感器12输出 $V2 = A2 \cdot \sin(\theta + \alpha) = A2 \cdot \sin(\theta + 90^\circ)$ 的输出信号 $V2$,从第3磁传感器13输出 $V3 = A3 \cdot \sin(\theta + \beta) = A3 \cdot \sin(\theta + 180^\circ)$ 的输出信号 $V3$ 。 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ 分别表示振幅。

[0068] 若将上述的振幅 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ 视为是彼此相等的值 A ,或者对各信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 进行归一化以使得各振幅成为规定的规定值 A ,则各信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 分别被表示为 $A \cdot \sin \theta$ 、 $A \cdot \sin(\theta + \alpha)$ 和 $A \cdot \sin(\theta + \beta)$ 。这里,若 $A = 1$,则各信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 分别被表示为 $\sin \theta$ 、 $\sin(\theta + \alpha)$ 和 $\sin(\theta + \beta)$ 。于是,在以下的说明中,为了便于说明,将各磁传感器11、12、13的输出信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 分别表示为 $V1 = \sin \theta$ 、 $V2 = \sin(\theta + \alpha) = \sin(\theta + 90^\circ)$ 和 $V3 = \sin(\theta + \beta) = \sin(\theta + 180^\circ)$ 。

[0069] 各磁传感器11、12、13的输出信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 被输入旋转角运算装置20。旋转角运算装置20根据各磁传感器11、12、13的输出信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 计算转子1的旋转角 θ 。旋转角运算装置20例如由微机构成,具有CPU(中央运算处理装置)和存储器(ROM、RAM等)。旋转角运算装置20通过由CPU执行ROM所保存的规定的程序,来作为多个功能处理部发挥作用。该多个功能处理部包含第1旋转角运算部(第1旋转角运算单元)21、第2旋转角运算部(第2旋转角运算单元)22和旋转角选择部(最终旋转角运算单元)23。

[0070] 第1旋转角运算部21根据第1磁传感器11的输出信号 $V1$ 、和第2磁传感器12的输出信号 $V2$,计算与转子1的旋转角相当的第1旋转角 θ_1 。在该实施方式中是 $V1 = \sin \theta$ 、 $V2 = \sin(\theta + 90^\circ) = \cos \theta$ 。另外, $\tan \theta$ 可以表示为 $\tan \theta = \sin \theta / \cos \theta$ 。于是,第1旋转角运算部21根据下式(2)来计算第1旋转角 θ_1 。

[0071] [数式2]

[0072]

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

[0073]

$$= \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\sin(\theta + 90^\circ)}$$

[0074]

$$= \tan^{-1} \frac{V1}{V2} \quad \dots (2)$$

[0075] 第2旋转角运算部22根据第2磁传感器12的输出信号 $V2$ 和第3磁传感器13的输出信号 $V3$,计算与转子1的旋转角相当的第2旋转角 θ_2 。在该实施方式中是 $V2 = \sin(\theta + 90^\circ)$ 、 $V3 = \sin(\theta + 180^\circ) = \cos(\theta + 90^\circ)$ 。另外, $\tan(\theta + 90^\circ)$ 可以表示为

$\tan(\theta + 90^\circ) = \sin(\theta + 90^\circ) / \cos(\theta + 90^\circ)$ 。于是,第2旋转角运算部22根据下式(3)来计算第2旋转角 θ_2 。

[0076] [数式3]

[0077]

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{\sin(\theta + 90^\circ)}{\cos(\theta + 90^\circ)} \right) - 90^\circ$$

[0078]

$$= \tan^{-1} \left(\frac{\sin(\theta + 90^\circ)}{\sin(\theta + 180^\circ)} \right) - 90^\circ$$

[0079]

$$= \tan^{-1} \left(\frac{V2}{V3} \right) - 90^\circ \quad \dots (3)$$

[0080] 旋转角选择部23根据转子1的旋转角推算值,将第1旋转角 θ_1 和第2旋转角 θ_2 中的任意一个选择为最终的旋转角 θ 。这里对旋转角选择部23进行的旋转角选择的想法进行说明。

[0081] 图2表示针对转子1的旋转角 θ 的、磁传感器11、12的输出信号 $V1(= \sin \theta)$ 、 $V2(= \sin(\theta + 90^\circ))$ 和上述式(2)的右边的 $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ 的变化。在 $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ 的分母 $\sin(\theta + 90^\circ)$ 的绝对值较小的情况下, $\tan^{-1}(\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ))$ 的运算误差变大,第1旋转角 θ_1 的运算误差变大。因此,如图2中斜线部分所示那样,当转子1的旋转角 θ 在 90° 附近的范围(例如 $90^\circ \pm 22.5^\circ$ 的范围)和 270° 附近的范围(例如 $270^\circ \pm 22.5^\circ$ 的范围)中时,由于 $\sin(\theta + 90^\circ)$ 的绝对值变小,所以第1旋转角 θ_1 的运算误差变大。

[0082] 在图2中,表示 $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ 的曲线中由点划线的椭圆所包围的部分表示了由于 $\sin(\theta + 90^\circ)$ 的绝对值变大所以 $\tan^{-1}(\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ))$ 的运算误差变小的部分(运算精度变高的部分)。

[0083] 图3表示了针对转子1的旋转角 θ 的、磁传感器12、13的输出信号 $V2(= \sin(\theta + 90^\circ))$ 、 $V3(= \sin(\theta + 180^\circ))$ 和上述式(3)的右边的 $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ 的变化。在 $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ 的分母 $\sin(\theta + 180^\circ)$ 的绝对值较小的情况下, $\tan^{-1}\{(\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ))\}$ 的运算误差变大,第2旋转角 θ_2 的运算误差变大。因此,如图3中斜线部分所示那样,当转子1的旋转角 θ 在 0° 附近的范围(例如 $0^\circ \sim 22.5^\circ$ 的范围)、 180° 附近的范围(例如 $180^\circ \pm 22.5^\circ$ 的范围)和 360° 附近的范围(例如 $337.5 \sim 360^\circ$ 的范围)中时,由于 $\sin(\theta + 180^\circ)$ 的绝对值变小,所以第2旋转角 θ_2 的运算误差变大。

[0084] 在图3中,表示 $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ 的曲线中由点划线的椭圆所包围的部分表示了由于 $\sin(\theta + 180^\circ)$ 的绝对值变大所以 $\tan^{-1}\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ 的运算误差变小的部分(运算精度变高的部分)。

[0085] 如图2和图3所说明的那样,对于第1旋转角 θ_1 和第2旋转角 θ_2 ,运算误差变大的角度范围不同。于是,旋转角选择部23例如根据第1旋转角 θ_1 和第2旋转角 θ_2 推算转子1的旋转角,并根据推算出的旋转角(旋转角推算值),从第1旋转角 θ_1 和第2旋转角 θ_2 中,将被推算为运算误差较小(运算精度较高)的一个选择为最终的旋转角 θ 。

[0086] 具体而言,旋转角选择部 23 具备旋转角推算部 31 和选择部 32。旋转角推算部 31 例如根据下式 (4),通过计算第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 的平均值来求出旋转角推算值 θ_E 。

$$[0087] \quad \theta_E = (\theta_1 + \theta_2) / 2 \quad \dots (4)$$

[0088] 选择部 32 利用由旋转角推算部 31 得到的旋转角推算值 θ_E ,按照下式 (5) 所示的条件式,将第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中的一个选择为最终的旋转角 θ 。

$$[0089] \quad \text{If } 0^\circ \leq \theta_E < 45^\circ \text{ then } \theta = \theta_1$$

$$[0090] \quad \text{If } 45^\circ \leq \theta_E < 135^\circ \text{ then } \theta = \theta_2$$

$$[0091] \quad \text{If } 135^\circ \leq \theta_E < 225^\circ \text{ then } \theta = \theta_1$$

$$[0092] \quad \text{If } 225^\circ \leq \theta_E < 315^\circ \text{ then } \theta = \theta_2$$

$$[0093] \quad \text{If } 315^\circ \leq \theta_E < 360^\circ \text{ then } \theta = \theta_1 \quad \dots (5)$$

[0094] 图 4 表示了针对旋转角推算值 θ_E 的 $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ 的变化和针对旋转角推算值 θ_E 的 $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ 的变化。如上述那样, $\tan^{-1}\{(\sin \theta) / \sin(\theta + 90^\circ)\}$ 被用于计算第 1 旋转角 θ_1 , $\tan^{-1}\{(\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ))\}$ 被用于计算第 2 旋转角 θ_2 。

[0095] 在图 4 中,表示 $\sin \theta / \sin(\theta + 90^\circ)$ 的曲线中运算精度较高的部分(相当于图 2 中被椭圆包围的部分)被用与其他部分相比较粗的线表示。同样,表示 $\sin(\theta + 90^\circ) / \sin(\theta + 180^\circ)$ 的曲线中运算精度较高的部分(相当于图 3 中被椭圆包围的部分)被用与其他部分相比较粗的线表示。在按照上述式 (5) 所示的条件式,从第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中选择最终的旋转角 θ 的情况下,利用与旋转角推算值 θ_E 对应的上述曲线的粗线部分(运算精度较高的部分)计算出的旋转角被选择为最终的旋转角 θ 。

[0096] 图 5 是表示由旋转角运算装置 20 执行的旋转角运算处理的流程的流程图。

[0097] 旋转角运算处理每隔规定的运算周期被反复执行。首先,旋转角运算装置 20 取入各磁传感器 11、12、13 的输出信号 $V1 (= \sin \theta)$ 、 $V2 (= \sin(\theta + 90^\circ))$ 、 $V3 (= \sin(\theta + 180^\circ))$ (步骤 S1)。并且,旋转角运算装置 20 的第 1 旋转角运算部 21 利用在步骤 S1 中取入的输出信号 $V1$ 、 $V2$,根据上述式 (2) 来计算第 1 旋转角 θ_1 (步骤 S2)。

[0098] 另外,旋转角运算装置 20 的第 2 旋转角运算部 22 利用在步骤 S1 中取入的输出信号 $V2$ 、 $V3$,根据上述式 (3) 来计算第 2 旋转角 θ_2 (步骤 S3)。

[0099] 另外,旋转角运算装置 20 的旋转角选择部 23 根据第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 来计算旋转角推算值 θ_E (步骤 S4)。旋转角选择部 23 例如根据上述式 (4),求出第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 的平均值作为旋转角推算值 θ_E 。并且,旋转角选择部 23 利用旋转角推算值 θ_E ,按照上述式 (5) 的条件式,将第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中的一个选择为最终的旋转角 θ (步骤 S5)。

[0100] 在上述第 1 实施方式中,能够将第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中运算误差较小一方的旋转角选择为转子 1 的最终旋转角 θ 。因此,能够提高旋转角 θ 的检测精度。

[0101] 在上述第 1 实施方式中,设置有 3 个磁传感器,但是也可以构成为,设置 4 个以上的磁传感器,按照相邻 2 个传感器的组的每个组来计算相当于转子 1 的旋转角 θ 的旋转角,由此求出 3 种以上的成为最终的旋转角 θ 的候补的旋转角,并将这些旋转角候补中的 1 个选择为最终的旋转角 θ 。

[0102] 图 6 是表示本发明的第 2 实施方式涉及的旋转角检测装置的构成的示意图。

[0103] 在转子 1 的周围, 2 个磁传感器 11、12 在转子 1 的圆周方向上空开间隔而配置。有时将这 2 个磁传感器 11、12 分别称为第 1 磁传感器 11 和第 2 磁传感器 12。第 1 磁传感器 11 和第 2 磁传感器 12 以转子 1 的旋转中心轴为中心, 相隔 α 的角度而配置。在该实施方式中, α 被设定为 90° 。

[0104] 将图 6 中由箭头所示的方向设为转子 1 的正方向的旋转方向。另外, 与第 1 实施方式同样, 将各磁传感器 11、12 的输出信号简单地表示为其振幅为 1 的信号。对于转子 1 的旋转角 θ , 若从第 1 磁传感器 11 输出 $V1 = \sin \theta$ 的输出信号 $V1$, 则从第 2 磁传感器 12 输出 $V2 = \sin(\theta + \alpha) = \sin(\theta + 90^\circ)$ 的输出信号 $V2$ 。

[0105] 各磁传感器 11、12 的输出信号 $V1$ 、 $V2$ 被输入旋转角运算装置 40。旋转角运算装置 40 根据各磁传感器 11、12 的输出信号 $V1$ 、 $V2$ 计算转子 1 的旋转角 θ 。旋转角运算装置 40 例如由微机构成, 包含 CPU(中央运算处理装置) 和存储器 (ROM、RAM 等)。旋转角运算装置 40 通过由 CPU 执行 ROM 所保存的规定的程序来作为多个功能处理部发挥作用。该多个功能处理部包含第 1 旋转角运算部 (第 1 旋转角运算单元) 41、第 2 旋转角运算部 (第 2 旋转角运算单元) 42 和旋转角选择部 (最终旋转角运算单元) 43。

[0106] 第 1 旋转角运算部 41 根据第 1 磁传感器 11 的输出信号 $V1$ 和第 2 磁传感器 12 的输出信号 $V2$, 利用下式 (6) 所示的运算式 (以下称为“第 1 运算式”), 计算相当于转子 1 的旋转角的第 1 旋转角 θ_1 。该第 1 运算式与在第 1 实施方式中说明的上述式 (2) 相同。

[0107] [数式 4]

[0108]

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\sin(\theta + 90^\circ)}$$

[0109]

$$= \tan^{-1} \frac{V1}{V2} \quad \dots (6)$$

[0110] 第 2 旋转角运算部 42 根据第 1 磁传感器 11 的输出信号 $V1$ 和第 2 磁传感器 13 的输出信号 $V3$, 利用下式 (7) 所示的运算式 (以下称为“第 2 运算式”), 计算相当于转子 1 的旋转角的第 2 旋转角 θ_2 。

[0111] [数式 5]

[0112]

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{\sin(\theta + 90^\circ)}{-\sin \theta} \right) - 90^\circ$$

[0113]

$$= \tan^{-1} \left(\frac{V2}{-V1} \right) - 90^\circ \quad \dots (7)$$

[0114] 对第 2 运算式的导出方法进行说明。由于第 1 输出信号 $V1$ 是 $\sin \theta$, 所以通过将信号 $V1$ 反转能够生成被表示为 $V1' = -\sin \theta$ 的反转信号 $V1'$ 。反转信号 $V1'$ 能够表示成 $V1' = -\sin \theta = \sin(\theta + 180^\circ)$, 因此该反转信号 $V1'$ 与第 1 实施方式中的第 3 输出信号 $V3$ 同样地, 相对于第 1 输出信号 $V1$ 成为相位滞后了 180° 的信号。换句话说, 成为相对于第 2 输出信号 $V2 (= \sin(\theta + 90^\circ))$ 相位滞后了 90° 的信号。

[0115] 因此, 该反转信号 $V1'$ 可以表示成 $V1' = -\sin \theta = \sin(\theta + 180^\circ) =$

$\cos(\theta+90^\circ)$ 。 $\tan(\theta+90^\circ)$ 可以表示为 $\tan(\theta+90^\circ) = \sin(\theta+90^\circ) / \cos(\theta+90^\circ)$ 。因此,旋转角 θ 可以表示成 $\theta = \tan^{-1}\{\sin(\theta+90^\circ) / -\sin\theta\} - 90^\circ = \tan^{-1}(V2 / -V1) - 90^\circ$ 。通过将该旋转角 θ 设为第 2 旋转角 θ_2 ,能够导出上述式 (7)。

[0116] 旋转角选择部 43 根据转子 1 的旋转角推算值,将第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中的任意一个选择为最终的旋转角 θ 。

[0117] 如在第 1 实施方式中利用图 2 所说明的那样,在第 2 实施方式中,当转子 1 的旋转角 θ 在 90° 附近的范围(例如 $90^\circ \pm 22.5^\circ$ 的范围)和 270° 附近的范围(例如 $270^\circ \pm 22.5^\circ$ 的范围)中时,第 1 旋转角 θ_1 的运算误差也变大。

[0118] 第 1 输出信号 $V1$ 的反转信号 $V1' (= -\sin\theta)$ 与第 1 实施方式的第 3 输出信号 $V3 = \sin(\theta+180^\circ)$ 同样地,能够表示为 $V1' = \sin(\theta+180^\circ)$ 。因此,第 2 实施方式中的表示 $V2 = \sin(\theta+90^\circ)$ 、 $V1' = \sin(-\theta)$ 和 $\sin(\theta+90^\circ) / -\sin\theta$ 的曲线分别与图 3 中的表示 $\sin(\theta+90^\circ)$ 、 $\sin(\theta+180^\circ)$ 和 $\sin(\theta+90^\circ) / \sin(\theta+180^\circ)$ 的曲线相同。因此,在第 2 实施方式中,也如在图 3 中由斜线部分所示的那样,当转子 1 的旋转角 θ 在 0° 附近的范围、 180° 附近的范围和 360° 附近的范围中时,第 2 旋转角 θ_2 的运算误差变大。即,在第 2 实施方式中,对于第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 ,运算误差变大的转子角度范围也不同。

[0119] 于是,旋转角选择部 43 例如根据第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 来推算转子 1 的旋转角,并根据推算出的旋转角(旋转角推算值),从第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中,将被推算为运算误差较小(运算精度较高)的一个选择为最终的旋转角 θ 。

[0120] 具体而言,旋转角选择部 43 具备旋转角推算部 51 和选择部 52。旋转角推算部 51 例如根据下式 (8),计算第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 的平均值,由此来求出旋转角推算值 θ_E 。

$$[0121] \quad \theta_E = (\theta_1 + \theta_2) / 2 \dots (8)$$

[0122] 选择部 52 利用由旋转角推算部 51 得到的旋转角推算值 θ_E ,按照下式 (9) 所示的条件式,将第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中的一个选择为最终的旋转角 θ 。另外,该条件式与第 1 实施方式中的条件式(参照上述式 (5))相同。

$$[0123] \quad \text{If } 0^\circ \leq \theta_E < 45^\circ \text{ then } \theta = \theta_1$$

$$[0124] \quad \text{If } 45^\circ \leq \theta_E < 135^\circ \text{ then } \theta = \theta_2$$

$$[0125] \quad \text{If } 135^\circ \leq \theta_E < 225^\circ \text{ then } \theta = \theta_1$$

$$[0126] \quad \text{If } 225^\circ \leq \theta_E < 315^\circ \text{ then } \theta = \theta_2$$

$$[0127] \quad \text{If } 315^\circ \leq \theta_E < 360^\circ \text{ then } \theta = \theta_1 \dots (9)$$

[0128] 图 7 是表示由旋转角运算装置 40 执行的旋转角运算处理的流程的流程图。

[0129] 旋转角运算处理每隔规定的运算周期就被反复执行。首先,旋转角运算装置 40 取入各磁传感器 11、12 的输出信号 $V1 (= \sin\theta)$ 、 $V2 (= \sin(\theta+90^\circ))$ (步骤 S11)。并且,旋转角运算装置 40 的第 1 旋转角运算部 41 利用在步骤 S11 中取入的输出信号 $V1$ 、 $V2$,根据上述式 (6) 所示的第 1 运算式来计算第 1 旋转角 θ_1 (步骤 S12)。

[0130] 另外,旋转角运算装置 40 的第 2 旋转角运算部 42 利用在步骤 S11 中取入的输出信号 $V1$ 、 $V2$,根据上述式 (7) 所示的第 2 运算式来计算第 2 旋转角 θ_2 (步骤 S13)。

[0131] 另外,旋转角运算装置 40 的旋转角选择部 43 根据第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角

θ_2 来计算旋转角推算值 θ_E (步骤 S14)。旋转角选择部 43 例如根据上述式 (8), 求出第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 的平均值作为旋转角推算值 θ_E 。并且, 旋转角选择部 43 利用旋转角推算值 θ_E , 按照上述式 (9) 的条件式, 将第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中的一个选择为最终的旋转角 θ (步骤 S15)。

[0132] 在上述第 2 实施方式中, 也能够从第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中, 将运算误差较小一方的旋转角选择为转子 1 的最终的旋转角 θ 。因此, 能够提高旋转角 θ 的检测精度。在第 2 实施方式中, 能够根据 2 个磁传感器 11、12 的输出信号 V1、V2 来计算运算误差变大的角度范围彼此不同的 2 种旋转角 θ_1 、 θ_2 , 因此与第 1 实施方式相比, 具有磁传感器的个数变少也可解决问题的优点。

[0133] 以上对本发明的第 1 和第 2 实施方式进行了说明, 但是本发明还能够以其他方式实施。例如, 在上述的第 1 和第 2 实施方式中, 根据旋转角推算值 θ_E , 第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 中的任意一个被选择为最终的旋转角 θ , 但是也可以构成为, 通过对第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 分别进行与旋转角推算值 θ_E 相对应的加权处理并相加来求出最终的旋转角 θ 。

[0134] 例如, 在按照上述式 (5)、(9) 的条件式来选择旋转角的情况下, 第 1 旋转角 θ_1 被选择的范围和第 2 旋转角 θ_2 被选择的范围如图 8(a) 所示。于是, 如图 8(b) 所示那样, 相对于旋转角推算值 θ_E 是第 1 旋转角 θ_1 被选择的范围的中央值、即 0° (360°) 和 180° , 将第 1 旋转角 θ_1 设定为最终的旋转角 θ 。同样, 相对于旋转角推算值 θ_E 是第 2 旋转角 θ_2 被选择的范围的中央值、即 90° 和 270° , 将第 2 旋转角 θ_2 设定为最终的旋转角 θ 。

[0135] 并且, 在 $0^\circ < \theta_E < 90^\circ$ 的范围、 $90^\circ < \theta_E < 180^\circ$ 的范围、 $180^\circ < \theta_E < 270^\circ$ 的范围和 $270^\circ < \theta_E < 360^\circ$ 的范围中, 将对第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 以其范围内的位置 (角度: 旋转角推算值 θ_E) 相对应的权重 w_1 、 w_2 ($w_1 + w_2 = 1$) 进行加权处理并相加而得到的值设定为最终的旋转角 θ ($= w_1 \theta_1 + w_2 \theta_2$)。具体而言, 权重 w_1 、 w_2 根据下式 (10) 求出。

[0136] [数式 6]

[0137] i) $0^\circ < \theta_E < 90^\circ$

[0138] $w_2 = \frac{\theta_E}{90}, w_1 = 1 - w_2$

[0139] ii) $90^\circ < \theta_E < 180^\circ$

[0140] $w_1 = \frac{\theta_E - 90}{90}, w_2 = 1 - w_1$

[0141] iii) $180^\circ < \theta_E < 270^\circ$

[0142] $w_2 = \frac{\theta_E - 180}{90}, w_1 = 1 - w_2$

[0143] iv) $270^\circ < \theta_E < 360^\circ$

[0144] $w_1 = \frac{\theta_E - 270}{90}, w_2 = 1 - w_1 \quad \dots (10)$

[0145] 在这样设定了权重 w_1 、 w_2 的情况下, 在上述各范围的正中间位置 ($\theta_E = 45^\circ$ 、 135° 、 225° 、 315°) 处, 针对第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 的权重 w_1 、 w_2 都成为 0.5, 因此针对该位置的最终的旋转角 θ 成为第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 的平均值

$((\theta_1 + \theta_2)/2)$ 。

[0146] 在上述第 1 和第 2 实施方式中,通过计算第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 的平均值来求出了旋转角推算值 θ_E ,但是也可以将第 1 旋转角 θ_1 或者第 2 旋转角 θ_2 的任意一个用作旋转角推算值 θ_E 。另外,也可以在第 1 旋转角 θ_1 和第 2 旋转角 θ_2 的任意一个最初被选择成最终的旋转角 θ 之后,将当前被选择的第 1 或者第 2 旋转角 θ_1 、 θ_2 用作旋转角推算值 θ_E 。并且,也可以在最终的旋转角被最初计算出之后,将上次计算出的最终的旋转角 θ 用作这次的旋转角推算值 θ_E 。

[0147] 另外,在上述第 1 和第 2 实施方式中,通过进行 $\tan^{-1}X$ 的运算求出了第 1 或者第 2 旋转角 θ_1 、 θ_2 ,但是也可以构成为,不进行 $\tan^{-1}X$ 的运算,而是例如利用映射来求出。

[0148] 图 9 是表示本发明的第 3 实施方式涉及的旋转角检测装置的构成的示意图。

[0149] 在转子 1 的周围,3 个磁传感器 61、62、63 在转子 1 的圆周方向上空开间隔而配置。有时将这 3 个磁传感器 61、62、63 分别称为第 1 磁传感器 61、第 2 磁传感器 62 和第 3 磁传感器 63。第 1 磁传感器 61 和第 2 磁传感器 62 以转子 1 的旋转中心轴为中心,相隔 α 的角度而配置。该 α 在该例中例如被设定成 30° 。第 1 磁传感器 61 和第 3 磁传感器 63 以转子 1 的旋转中心轴为中心,相隔大于 α 的 β 角度而配置。该 β 在该例中例如被设定成 60° 。因此,第 2 磁传感器 62 和第 3 磁传感器 63 之间的角度间隔为 $(\beta - \alpha)$ 。在该例中, $(\beta - \alpha)$ 是 30° 。

[0150] 将图 9 中由箭头所示的方向设为转子 1 的正方向的旋转方向。另外,与第 1 实施方式同样,将各磁传感器 11、12 的输出信号简单地表示成其振幅为 1 的信号。针对转子 1 的旋转角 θ ,若从第 1 磁传感器 61 输出 $V1 = \sin \theta$ 的输出信号 $V1$,则从第 2 磁传感器 62 输出 $V2 = \sin(\theta + \alpha)$ 的输出信号 $V2$,从第 3 磁传感器 63 输出 $V3 = \sin(\theta + \beta)$ 的输出信号 $V3$ 。

[0151] 各磁传感器 61、62、63 的输出信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ 被输入到旋转角运算装置 70。旋转角运算装置 70 根据各磁传感器 61、62、63 的输出信号 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$,计算转子 1 的旋转角 θ 。旋转角运算装置 70 例如由微机构成,包含 CPU(中央运算处理装置)和存储器(ROM、RAM 等)。旋转角运算装置 70 通过由 CPU 执行 ROM 所保存的规定的程序来作为多个功能处理部发挥作用。该多个功能处理部包括第 1 旋转角运算部(第 1 旋转角运算单元)71、第 2 旋转角运算部(第 2 旋转角运算单元)72、第 3 旋转角运算部(第 3 旋转角运算单元)73 和最终旋转角运算部(最终旋转角运算单元)74。

[0152] 第 1 旋转角运算部 71 根据第 1 磁传感器 61 的输出信号 $V1$ 和第 2 磁传感器 62 的输出信号 $V2$,计算相当于转子 1 的旋转角的第 1 旋转角 θ_1 。第 2 旋转角运算部 72 根据第 1 磁传感器 61 的输出信号 $V1$ 和第 3 磁传感器 63 的输出信号 $V3$,计算相当于转子 1 的旋转角的第 2 旋转角 θ_2 。第 3 旋转角运算部 73 根据第 2 磁传感器 62 的输出信号 $V2$ 和第 3 磁传感器 63 的输出信号 $V3$,计算相当于转子 1 的旋转角的第 3 旋转角 θ_3 。

[0153] 最终旋转角运算部 74 根据由第 1、第 2 和第 3 旋转角运算部 71、72、73 分别计算出的第 1、第 2 和第 3 旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 ,计算最终的旋转角 θ 。

[0154] 图 10 是表示旋转角运算装置 70 的更加详细的构成的功能框图。

[0155] 第 1 旋转角运算部 71 包括信号生成部 81 和角度运算部 82。信号生成部 81 根据第 1 输出信号 $V1 (= \sin \theta)$ 和第 2 输出信号 $V2 (= \sin(\theta + \alpha))$,生成相对于第 1 输出信

号 V_1 的相位差为 90° 的信号 $V_{12}(= \sin(\theta + 90^\circ) = \cos \theta)$ 。具体而言,信号生成部 81 根据下式 (11) 来生成信号 V_{12} 。

[0156] [数式 7]

$$[0157] \quad V_{12} = \cos \theta$$

$$[0158] \quad = \frac{\sin(\theta + \alpha) - \sin \theta \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$[0159] \quad = \frac{V_2 - V_1 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \dots (11)$$

[0160] 即,信号生成部 81 根据第 1 输出信号 $V_1(= \sin \theta)$ 、第 2 输出信号 $V_2(= \sin(\theta + \alpha))$ 、 $\cos \alpha$ 和 $\sin \alpha$ 来生成信号 $V_{12}(= \cos \theta)$ 。 $\cos \alpha$ 、 $\sin \alpha$ 被预先保存在存储器中。另外,上述式 (11) 可以根据通过三角函数的加法定理对 $\sin(\theta + \alpha)$ 进行展开而得到的式子导出。

[0161] 角度运算部 82 利用由信号生成部 81 生成的信号 $V_{12}(= \cos \theta)$ 和第 1 输出信号 $V_1(= \sin \theta)$,根据下式 (12) 来计算第 1 旋转角 θ_1 。

[0162] [数式 8]

$$[0163] \quad \theta_1 = \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

$$[0164] \quad = \tan^{-1} \frac{V_1}{V_{12}} \quad \dots (12)$$

[0165] 第 2 旋转角运算部 72 包含信号生成部 91 和角度运算部 92。信号生成部 91 根据第 1 输出信号 $V_1(= \sin \theta)$ 和第 3 输出信号 $V_3(= \sin(\theta + \beta))$,生成相对于第 1 输出信号 V_1 的相位差为 90° 的信号 $V_{13}(= \sin(\theta + 90^\circ) = \cos \theta)$ 。具体而言,信号生成部 91 根据下式 (13) 来生成信号 V_{13} 。

[0166] [数式 9]

$$[0167] \quad V_{13} = \cos \theta$$

$$[0168] \quad = \frac{\sin(\theta + \beta) - \sin \theta \cdot \cos \beta}{\sin \beta}$$

$$[0169] \quad = \frac{V_3 - V_1 \cdot \cos \beta}{\sin \beta} \quad \dots (13)$$

[0170] 即,信号生成部 91 根据第 1 输出信号 $V_1(= \sin \theta)$ 、第 3 输出信号 $V_3(= \sin(\theta + \beta))$ 、 $\cos \beta$ 和 $\sin \beta$,生成信号 $V_{13}(= \cos \theta)$ 。 $\cos \beta$ 、 $\sin \beta$ 被预先保存在存储器中。另外,上述式 (13) 可以与上述式 (11) 同样地,根据通过三角函数的加法定理对 $\sin(\theta + \beta)$ 进行展开而得到的式子导出。

[0171] 角度运算部 92 利用由信号生成部 91 生成的信号 $V_{13}(= \cos \theta_2)$ 和第 1 输出信号 $V_1(= \sin \theta)$,根据下式 (14) 来计算第 2 旋转角 θ_2 。

[0172] [数式 10]

$$[0173] \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

$$[0174] \quad = \tan^{-1} \frac{V_1}{V_{13}} \quad \dots (14)$$

[0175] 这里对第 3 旋转角运算部 73 进行的第 3 旋转角 θ_3 的运算方法的想法进行说明。

第3旋转角运算部73首先根据第2输出信号V2和第3输出信号V3,计算相对于转子1的旋转角 θ 滞后了 α 的旋转角 θ_3' ($=\theta+\alpha$)。并且,通过从得到的旋转角 θ_3' 中减去 α 来计算第3旋转角 θ_3 。

[0176] 第3旋转角运算部73包含信号生成部101、角度运算部102和角度运算部103。信号生成部101根据第2输出信号V2($=\sin(\theta+\alpha)$)和第3输出信号V3($=\sin(\theta+\beta)$),生成相对于第2输出信号V2的相位差为 90° 的信号 V_{23} ($=\sin(\theta+\alpha+90^\circ)$)。

[0177] 若设定 $\theta'=\theta+\alpha$,用正弦波信号 $\sin\theta'$ 来表示输出信号V2,用相对于该正弦波信号 $\sin\theta'$ 相位差滞后了 $(\beta-\alpha)$ 的正弦波信号 $\sin(\theta'+(\beta-\alpha))$ 来表示输出信号V3,则能够利用与上述第1旋转角运算部71同样的方法,来求出相对于正弦波信号 $\sin\theta'$ 相位差为 90° 的信号 V_{23} ($=\sin(\theta'+90^\circ)=\cos\theta'$)。

[0178] 具体而言,信号生成部101根据下式(15)来生成信号 V_{23} 。

[0179] [数式11]

$$[0180] \quad V_{23}=\cos\theta'$$

$$[0181] \quad =\frac{\sin(\theta'+(\beta-\alpha))-\sin\theta'\cdot\cos(\beta-\alpha)}{\sin(\beta-\alpha)}$$

$$[0182] \quad =\frac{\sin(\theta+\beta)-\sin(\theta+\alpha)\cdot\cos(\beta-\alpha)}{\sin(\beta-\alpha)}$$

$$[0183] \quad =\frac{V_3-V_2\cdot\cos(\beta-\alpha)}{\sin(\beta-\alpha)} \quad \dots(15)$$

[0184] 即,信号生成部101根据第2输出信号V2($=\sin(\theta+\alpha)$)、第3输出信号V3($=\sin(\theta+\beta)$)、 $\cos(\beta-\alpha)$ 和 $\sin(\beta-\alpha)$,生成信号 V_{23} ($=\cos\theta'$)。 $\cos(\beta-\alpha)$ 、 $\sin(\beta-\alpha)$ 被预先保存在存储器中。

[0185] 角度运算部102利用由信号生成部101生成的信号 V_{23} ($=\cos\theta'$)和第2输出信号V2($=\sin\theta'=\sin(\theta+\alpha)$),根据下式(16)来计算旋转角 θ_3' 。

[0186] [数式12]

$$[0187] \quad \theta_3'=\tan^{-1}\frac{\sin\theta'}{\cos\theta'}$$

$$[0188] \quad =\tan^{-1}\frac{\sin(\theta+\alpha)}{\cos\theta'}$$

$$[0189] \quad =\tan^{-1}\frac{V_2}{V_{23}} \quad \dots(16)$$

[0190] 角度运算部103根据下式(17)来计算第3旋转角 θ_3 。

$$[0191] \quad \theta_3=\theta_3'-\alpha \quad \dots(17)$$

[0192] 其中, α 被预先保存在存储器中。

[0193] 最终旋转角运算部74例如根据下式(18)来计算最终的旋转角 θ 。即,最终旋转角运算部74计算出第1、第2和第3旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 的平均值来作为最终的旋转角 θ 。

$$[0194] \quad \theta=(\theta_1+\theta_2+\theta_3)/3 \quad \dots(18)$$

[0195] 图11是表示由旋转角运算装置70执行的旋转角运算处理的流程的流程图。

[0196] 旋转角运算处理每隔规定的运算周期就被反复执行。首先,旋转角运算装置70取入各磁传感器61、62、63的输出信号V1($=\sin\theta$)、V2($=\sin(\theta+\alpha)$)、V3($=\sin(\theta+\beta)$) (步骤S21)。并且,旋转角运算装置70的第1旋转角运算部71利用在步骤S21中取入的

输出信号 V1、V2 和存储器所保存的 $\sin \alpha$ 与 $\cos \alpha$ 的值、以及上述式 (11)、(12), 计算第 1 旋转角 θ_1 (步骤 S22)。

[0197] 另外, 旋转角运算装置 70 的第 2 旋转角运算部 72 利用在步骤 S21 中取入的输出信号 V1、V3 和存储器所保存的 $\sin \beta$ 与 $\cos \beta$ 的值、以及上述式 (13)、(14), 计算第 2 旋转角 θ_2 (步骤 S23)。

[0198] 另外, 旋转角运算装置 70 的第 3 旋转角运算部 73 利用在步骤 S21 中取入的输出信号 V2、V3 和存储器所保存的 α 、 $\sin(\beta - \alpha)$ 与 $\cos(\beta - \alpha)$ 的值、以及上述式 (15)、(16)、(17), 计算第 3 旋转角 θ_3 (步骤 S24)。

[0199] 并且, 旋转角运算装置 70 的最终旋转角运算部 74 根据第 1、第 2 和第 3 旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 来计算最终的旋转角 θ (步骤 S25)。例如, 最终旋转角运算部 74 根据上述式 (18), 计算出第 1、第 2 和第 3 旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 的平均值来作为最终的旋转角 θ 。

[0200] 在上述第 3 实施方式中, 求出 3 个旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 的平均值作为最终的旋转角 θ 。因此, 能够降低由磁传感器的输出信号所包含的噪声的影响导致的检测误差。另外, 由于最终的旋转角 θ 是基于根据相同时刻产生的输出信号 V1、V2、V3 计算出的 3 个旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 而计算出的, 所以与通过在时间方向上对旋转角进行平均化来计算最终的旋转角的情况相比, 在进行旋转角检测时不会发生时间延迟。因此即使在转子 1 的转速较大的情况下, 也能够实现较高的响应性。即, 根据上述实施方式, 能够在维持较高的响应性的同时可降低由噪声的影响导致的检测误差。

[0201] 另外, 在上述第 3 实施方式中, 在计算第 1、第 2 和第 3 旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 的情况下, 为了进行多个旋转角运算而共用相同的磁传感器的输出信号。具体而言, 信号 V1 被共用于 θ_1 、 θ_2 的运算, 信号 V2 被共用于 θ_1 、 θ_3 的运算, 信号 V3 被共用于 θ_2 、 θ_3 的运算。因此, 与不将相同的磁传感器的输出信号共用于多个旋转角运算的情况相比, 具有磁传感器的个数减少也能够解决问题的优点。具体而言, 在如上述那样计算 3 种旋转角的情况下, 若不将相同的磁传感器的输出信号共用于多个旋转角运算, 则需要 6 个磁传感器, 而在该实施方式中只需要 3 个即可。

[0202] 另外, 在上述第 3 实施方式中, 最终旋转角运算部 74 计算出 3 个旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 的平均值来作为最终的旋转角 θ , 但是也可以计算出 3 个旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 中的中间值来作为最终的旋转角 θ 。并且, 最终旋转角运算部 74 也可以将 3 个旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 中偏离幅度最大的角除去, 然后计算其他 2 个的平均值作为最终的旋转角 θ 。具体而言, 将 3 个旋转角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 中的中间值、和其他 2 个旋转角中的与中间值之差较小的角的平均值作为最终的旋转角 θ 。

[0203] 另外, 在上述第 3 实施方式中, 磁传感器设置了 3 个, 但是也可以设置 4 个以上的磁传感器。例如, 在设置了 4 个磁传感器的情况下, 由于从 4 个传感器中取 2 个传感器组成的组合有 6 种, 所以能够同时检测 6 种旋转角。

[0204] 另外, 本发明也能够应用于检测无刷电机的转子以外的旋转体的旋转角的情况。

[0205] 虽然对本发明的实施方式进行了详细说明, 但是其只不过是为了说明本发明的技术内容而使用的具体例, 不应认为本发明被这些具体例限定, 本发明的范围只被所附的权利要求书限定。

[0206] 本申请对应于 2009 年 8 月 26 日向日本国专利局提出的特愿 2009-195190 号和特

愿 2009-195191 号以及 2010 年 7 月 23 日向日本国专利局提出的特愿 2010-166122 号, 这些申请的全部公开事项通过引用被编入本申请。

[0207] 附图符号说明:

[0208] 1... 转子

[0209] 11、12、13、61、62、63... 磁传感器

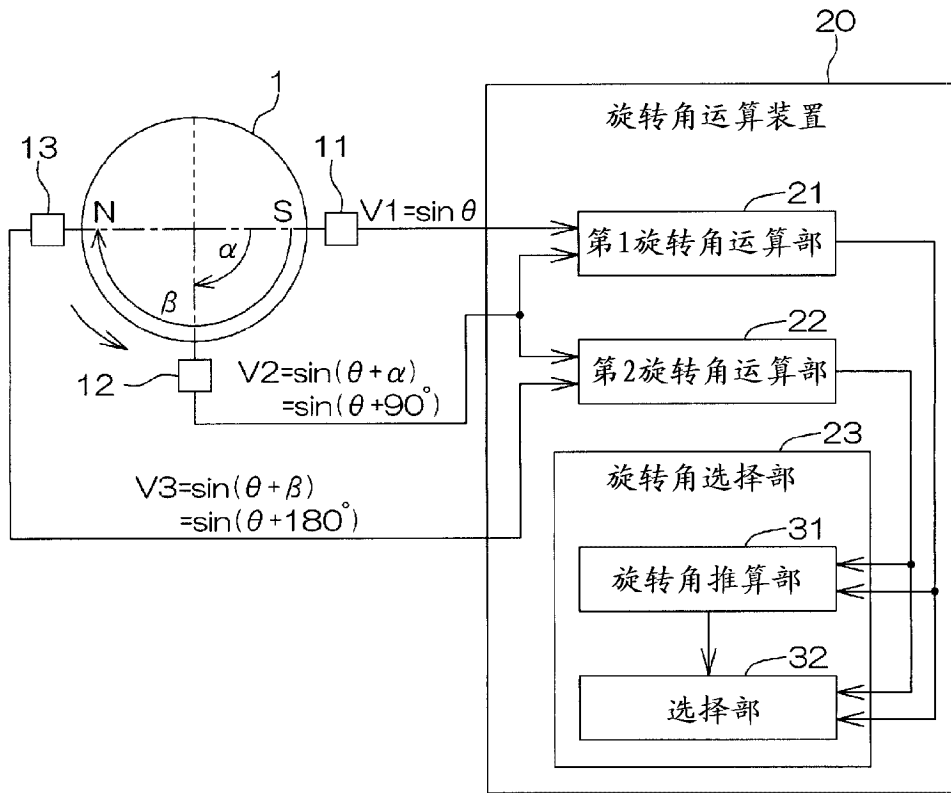


图 1

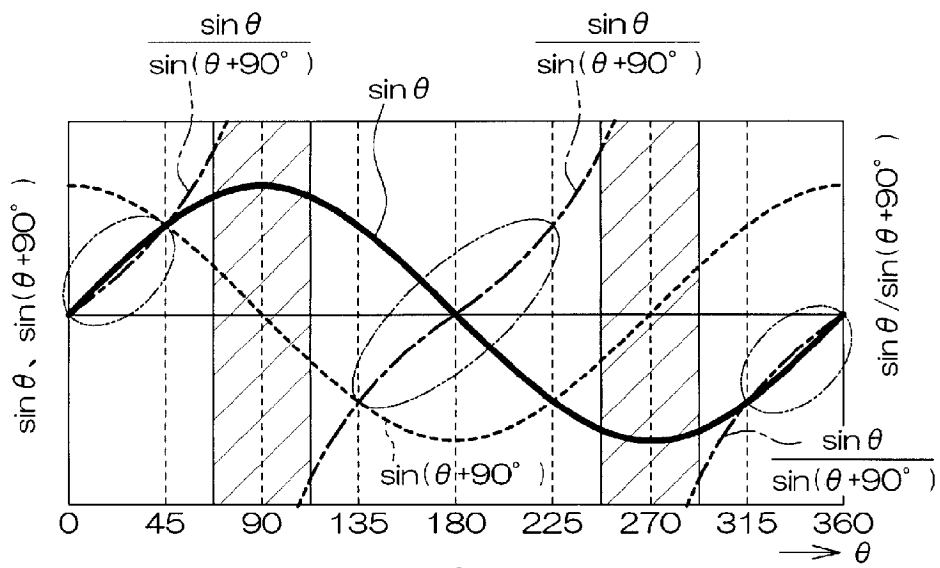


图 2

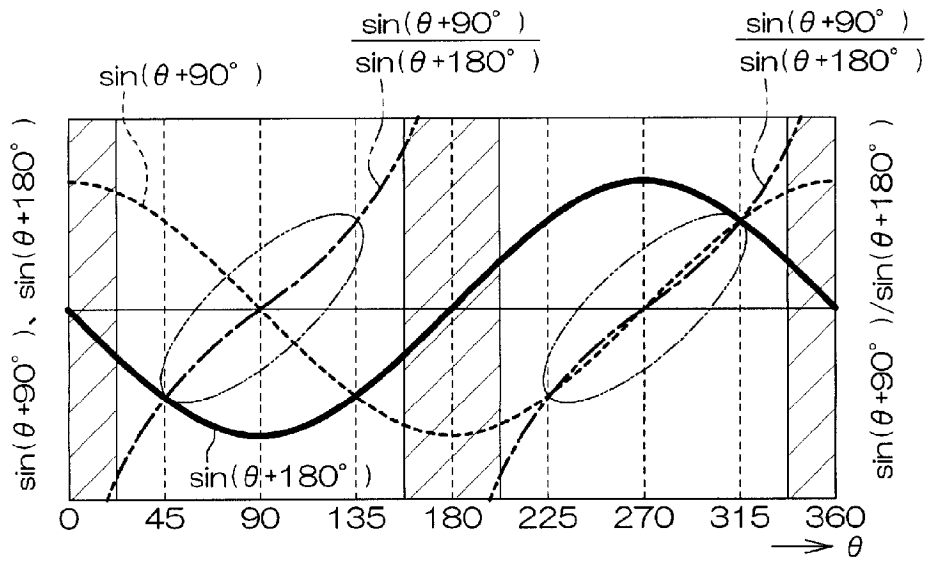


图 3

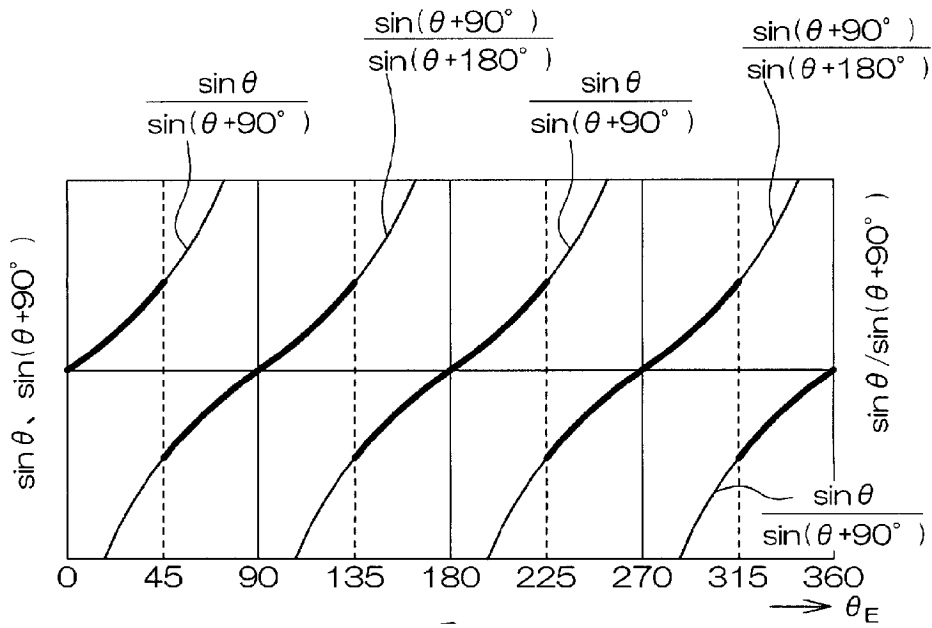


图 4

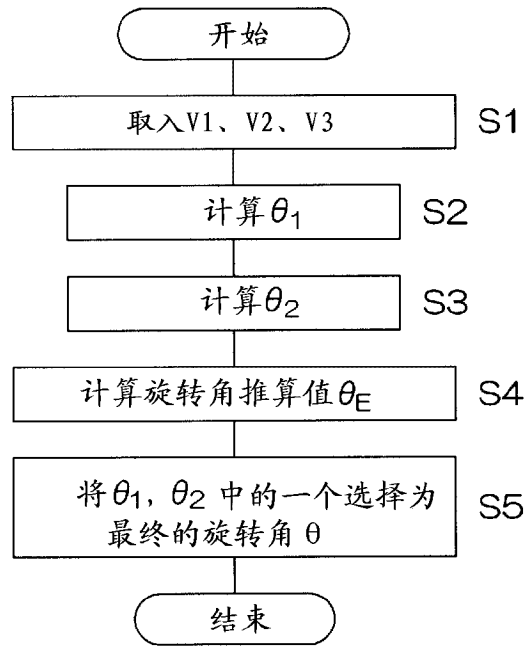


图 5

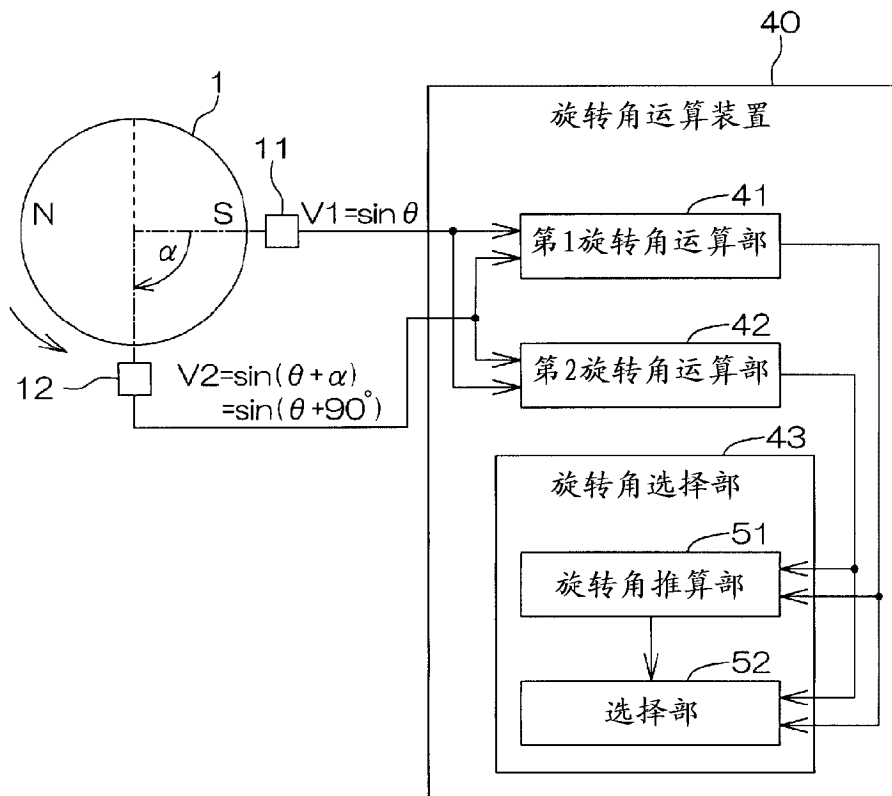


图 6

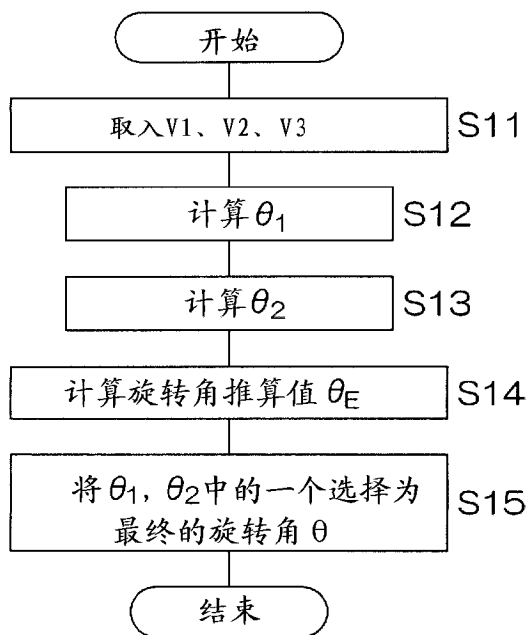


图 7

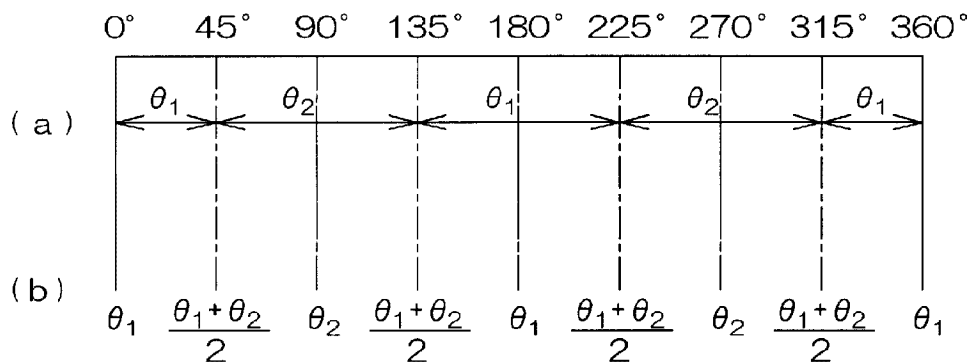


图 8

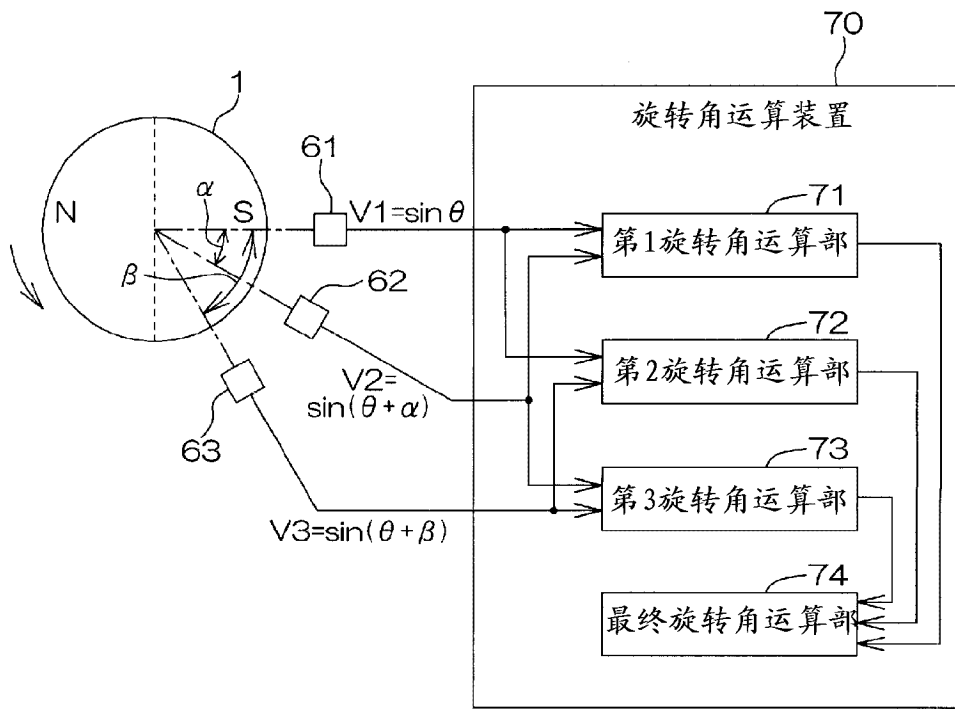


图 9

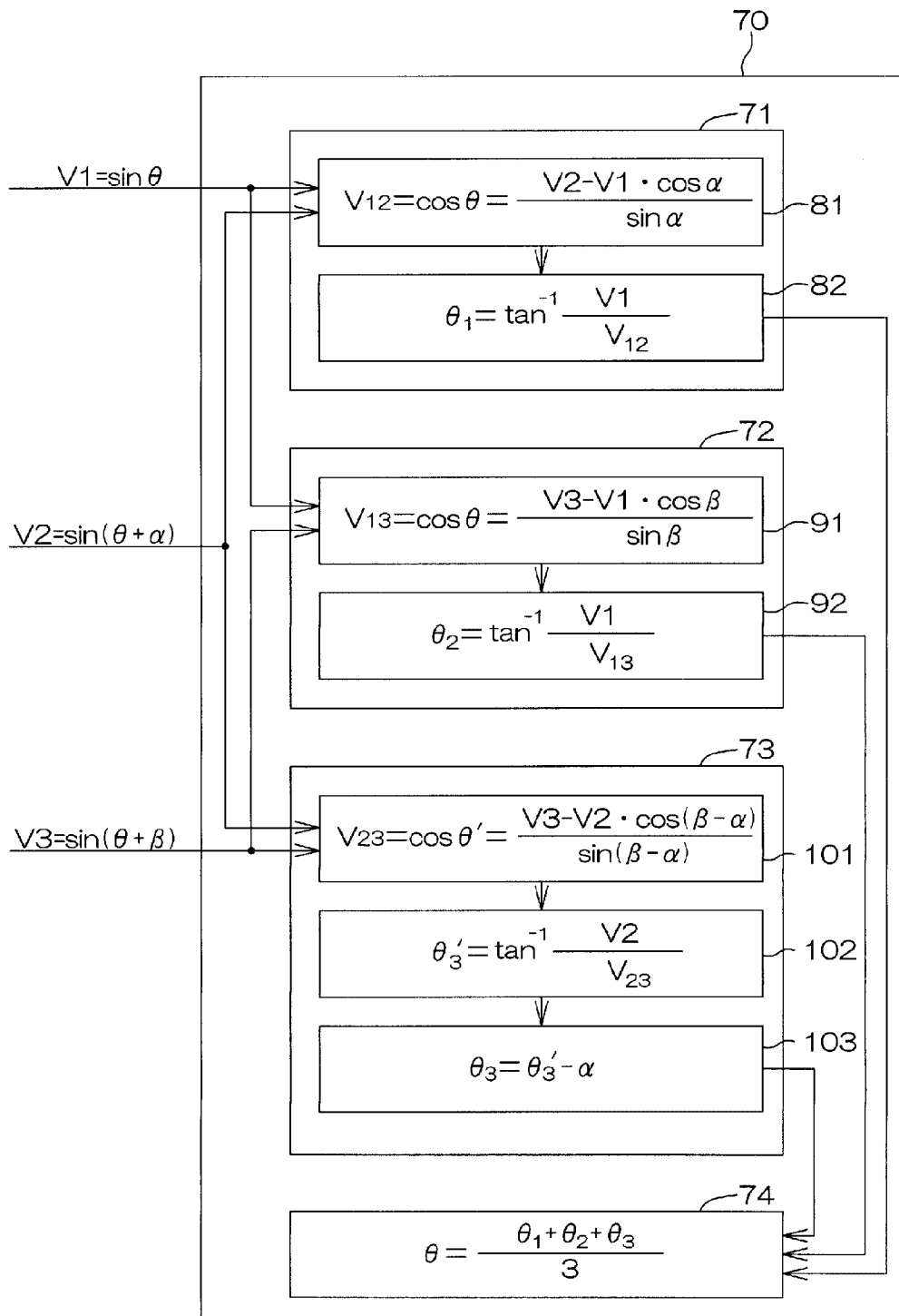


图 10

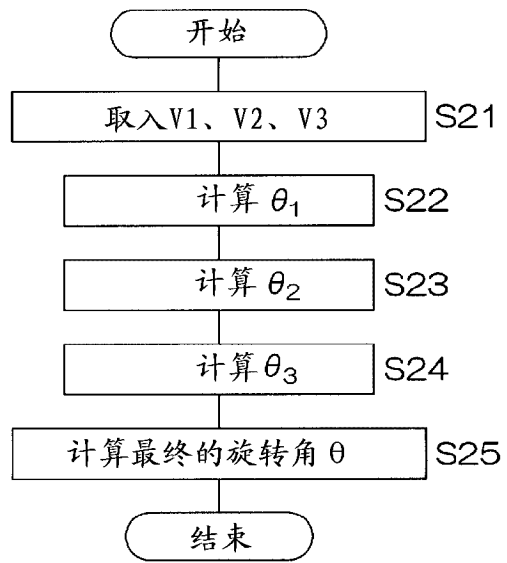


图 11

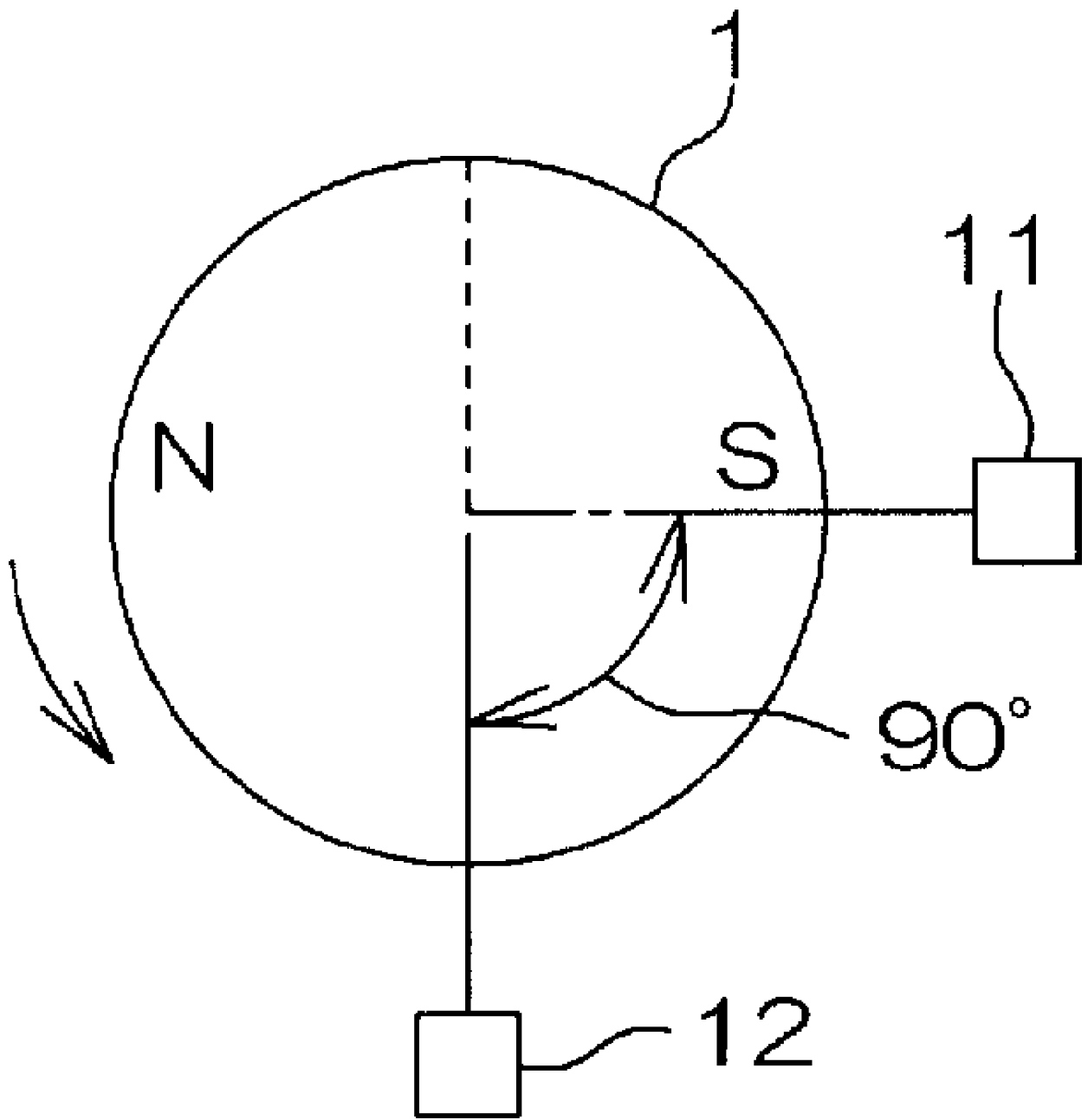


图 12