



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103261842 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201180059635. 3

代理人 李春晖 王娜丽

(22) 申请日 2011. 12. 09

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01D 5/14 (2006. 01)

2010-276014 2010. 12. 10 JP

B62D 5/04 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

G01B 7/30 (2006. 01)

2013. 06. 09

G01D 5/20 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

G01L 3/10 (2006. 01)

PCT/JP2011/078609 2011. 12. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02012/077803 JA 2012. 06. 14

(71) 申请人 株式会社捷太格特

地址 日本大阪府大阪市

(72) 发明人 裹则岳

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

11227

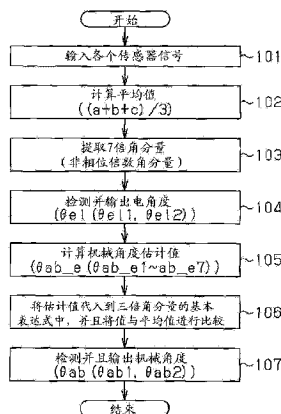
权利要求书1页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

旋转角度检测装置、扭矩检测装置和电动助力转向装置

(57) 摘要

扭矩传感器包括旋转角度传感器,每个旋转角度传感器均输出三相传感器信号,三相传感器信号具有三倍角分量和七倍角分量的合成波形,并且具有依赖于旋转角度的信号变化的均等地布置的相位。通过从各个传感器值 a、b 和 c 中减去传感器值 a、b 和 c 的平均值来提取在传感器值 a、b 和 c 中包含的七倍角分量的值,旋转角度检测单元检测具有七倍轴角度的电角度 θ_{e1} 。通过将基于电角度 θ_{e1} 而估计出的七个机械角度估计值 θ_{ab_e} (θ_{ab_e1} 至 θ_{ab_e7}) 转换为三倍角分量,并且对三倍角分量与传感器值 a、b 和 c 的平均值进行比较,来检测作为检测目标的转向轴的机械角 θ_{ab} 。



1. 一种旋转角度检测装置,包括:

旋转角度传感器,被配置成输出三相传感器信号的集合或更多相传感器信号的集合,使得所述信号的值随着检测目标的旋转角度而变化并且与所述旋转角度对应的各信号变化的各相位具有相同的偏移;和

检测装置,被配置成基于各个传感器信号来检测所述旋转角度;

其中,每个所述传感器信号均具有与相位个数的倍数对应的 n 倍角分量(n 是整数)和与所述相位个数的非倍数对应的 m 倍角分量(m 是整数)的复合波形;并且

其中,所述检测装置从所述各个传感器值中减去所述各个传感器值的平均值,并且提取在所述各个传感器值中包含的所述 m 倍角分量的值以检测具有角度倍增因数 m 的电角度,并且将基于所述电角度而估计出的 m 个机械角度估计值转换为所述 n 倍角分量的值,并且将转换后的值与所述平均值进行比较从而检测以检测目标的一个机械旋转为一周的机械角度。

2. 根据权利要求 1 的旋转角度检测装置,

其中,所述旋转角度传感器包括磁转子和多个磁检测装置,所述磁转子具有第一磁极部分和第二磁极部分,所述第一磁极部分具有沿圆周方向形成的 n 对磁极,所述第二磁极部分具有沿所述圆周方向形成的 m 对磁极,所述多个磁检测装置与所述相位个数对应,被等角度间隔地设置在与所述磁转子同轴的圆的圆周上。

3. 一种扭矩检测装置,包括:

一对旋转角度检测装置,被配置成在两个位置检测旋转轴的旋转角度,其中,扭杆被插入在所述两个位置之间;

其中,各个旋转角度检测装置是根据权利要求 1 或 2 所述的旋转角度检测装置。

4. 一种电动助力转向装置,包括:根据权利要求 1 或 2 所述的旋转角度检测装置和根据权利要求 3 所述的扭矩检测装置中的任一个。

旋转角度检测装置、扭矩检测装置和电动助力转向装置

技术领域

[0001] 本发明涉及旋转角度检测装置、扭矩检测装置和电动助力转向装置。

背景技术

[0002] 通常,对于需要高精度角度检测的应用例如电动机旋转变压器(resolver)或者扭矩传感器,在旋转角度传感器中设置高角度倍增因数(电角度放大率)。例如,如果角度倍增因数是6(6X),则当一个机械旋转被检测为一周时,由旋转角度传感器检测到的旋转角度(电角度)的一周(电角度 360°)转换为机械角度时为“1/6(机械角 60°)”。从而,确保高角度分辨率的配置被普遍应用。

[0003] 但是,当角度倍增因数增加时,多个机械角度对应一个要检测的电角度。例如,当基于上述“6X”的旋转角度传感器检测到的电角度是“ 60° ”时,则估计出的机械角度是6个角度“ 10° ”、“ 70° ”、“ 130° ”、“ 190° ”、“ 250° ”和“ 310° ”。出于该原因,到目前为止,当使用具有高角度倍增因数的旋转角度传感器检测机械角度时,使用计数器累积要检测的电角度的增加或减少,或者,通过使用那些传感器将由两个旋转角度传感器检测的各个电角度相互比较。

[0004] 例如,专利文献1中公开的电力转向装置具有所谓的双旋转变压器扭矩传感器,其中在转向轴上配置的扭杆的两端设置一对旋转变压器。基于通过上述两个旋转变压器检测的在方向盘侧和齿条侧之间的旋转角度(即,扭杆的扭转角)的变化的差来检测转向力矩。另外,将角度倍增因数不同的两个电角度相互比较。结果,可以检测到转向轴的旋转角度,即机械角度的转向角。

[0005] 引用列表

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:JP-A-2005-147733

[0008] 专利文献2:JP-A-2010-48760

[0009] 专利文献3:JP-A-2007-51683

发明内容

[0010] 技术问题

[0011] 但是,由于设备的尺寸变大,除了应用双旋转变压器扭矩传感器(可以使用现有配置)之外,难以应用上述使用两个旋转变压器的配置。考虑与旋转变压器的数量的增加关联的制造成本的增加,事实上,不可能复用通用产品例如EPS(Electric Power Steering Device,电动助力转向装置)。

[0012] 专利文献2公开一种配置,其中从旋转变压器输出的传感器信号的数量扩展为3相或更多相,从而使得可以改进包括异常检测性能的可靠性。但是,即使可以改进各个旋转变压器的可靠性,如果任何一个旋转变压器完全故障,如同上述情况一样也不能检测旋转变压器的机械角度。

[0013] 另外,专利文献3公开一种旋转变压器,具有设置在转动轴承的内环的第一转子,设置在转动元件的笼内的第二转子,和设置在转动轴承的外环的定子。也就是说,旋转变压器具有以下配置,通过一个定子检测由两个独立的转子的旋转产生的感应电压变化,从而缩小装置。另外,输出的传感器信号具有两个已知分量的复合波形,该两个分量随各个转子的旋转角度而变化。相应地,基于传感器信号能够检测各个转子到定子的相对旋转角度。将两个转子的旋转角度相互比较,从而使得可以在设置的第一转子的角度倍增因数外检测与第一转子一起转动的检测目标的旋转角度。

[0014] 但是,传统示例中公开的旋转变压器旨在连续检测检测目标的多个旋转的旋转角度(绝对旋转角度),并且没有被结构化为适于高精度的角度检测(由设置高角度倍增因数而发生)。也就是说,内部设置有第二转子的笼子通过外环和内环的相对旋转而旋转,外环内设置定子,内环内设置第一转子。笼子相对外环的旋转角度依赖于内环相对外环的旋转角度。但是,响应于由设置的高角度倍增因数而导致的高分辨率,旋转角度变化的速率不是精确的常量。另外,基于复合波形计算旋转角度的方法不能排除检测错误(例如温度特征或线性阻抗)的影响,考虑到这个事情,存在改进的空间。

[0015] 本发明用于解决上述问题,并且本发明的目的是提供一种旋转角度检测装置、扭矩检测装置和电动助力转向装置,其可以基于由一个旋转角度传感器输出的传感器信号,以检测目标的一个机械转动为一周检测机械角度,同时确保高角度分辨率。

[0016] 问题的解决方案

[0017] 为了解决上述问题,根据本发明,提供一种旋转角度检测装置,包括:

[0018] 旋转角度传感器,被配置成输出三相传感器信号的集合或更多相传感器信号的集合,使得所述信号的值随着检测目标的旋转角度而变化并且与所述旋转角度对应的各信号变化的各相位具有相同的偏移;和

[0019] 检测装置,被配置成基于各个传感器信号来检测所述旋转角度;

[0020] 其中,每个所述传感器信号均具有与相位个数的倍数对应的 n 倍角分量(n 是整数)和与所述相位个数的非倍数对应的 m 倍角分量(m 是整数)的复合波形;并且

[0021] 其中,所述检测装置从所述各个传感器值中减去所述各个传感器值的平均值,并且提取在所述各个传感器值中包含的所述 m 倍角分量的值以检测具有角度倍增因数 m 的电角度,并且将基于所述电角度而估计出的 m 个机械角度估计值转换成所述 n 倍角分量的值,并且将转换后的值与所述平均值进行比较以检测以检测目标的一个机械旋转为一周的机械角度。

[0022] 也就是说,在 n 相传感器信号(其中各信号变化的各相位具有相同的偏移)中的各个传感器值的平均值等于各个传感器值的 n 倍角分量的值。因而,从各个传感器值中减去各个传感器值的平均值,以减去在各个传感器值中包含的 m 倍角分量的值。而且,例如,当具有角度倍增因数 m 的电角度是“ X° ”时得到的机械角度值,即机械角度估计值,是 m 个值:“ X° ”、“ $X+(360/m)^\circ$ ”、……、“ $X+(m-2)\times(360/m)^\circ$ ”和“ $X+(m-1)\times(360/m)^\circ$ ”。在这 m 个机械角度估计值中,通过代入到 n 倍角分量的基本公式中而得到的值,即转换成为 n 倍角分量的最接近上述平均值的值,对应真实机械角度。

[0023] 因而,根据上述配置,基于通过一个旋转角度传感器输出的传感器信号可以检测到以检测目标的一个机械旋转为一周的机械角度,同时确保高角度分辨率。

[0024] 优选地,旋转角度传感器包括磁转子和多个磁检测装置,所述磁转子具有第一磁极部分和第二磁极部分,第一磁极部分具有沿圆周方向形成的 n 对磁极,第二磁极部分具有沿圆周方向形成的 m 对磁极,所述多个磁检测装置与相位个数对应,被等角度间隔地设置在与所述磁转子同轴的圆的圆周上。

[0025] 根据上述配置,可以利用简单配置输出具有 n 倍角分量和 m 倍角分量的复合波形的三相或更多相传感器信号,并且该三相或更多相传感器信号的与旋转角度对应的各信号变化的各相位具有相同的偏移。

[0026] 另外,根据本发明提供一种扭矩检测装置,包括:一对旋转角度检测装置,配置成在两个位置检测旋转轴的旋转角度,在该两个位置之间插入扭杆;其中所述各个旋转角度检测装置是上述旋转角度检测装置。

[0027] 根据上述配置,不需要新增专用旋转角度传感器就可以检测旋转轴的机械角度。即使一个或两个旋转角度传感器内出现异常,基于其他旋转角度传感器上的传感器信号仍可以继续检测机械角度。因而,可以利用简单配置确保更高的可靠性。

[0028] 另外,根据本发明,提供一种电动助力转向装置,包括:上述旋转角度检测装置和上述扭矩检测装置中的至少一个。

[0029] 根据上述配置,通过使用旋转角度检测装置来检测作为驱动源的电机的旋转角度,或者通过利用扭矩检测装置来检测向转向轴传输的转向扭矩,从而检测方向盘产生的转向角度,而不新增旋转角度传感器例如转向传感器。具体而言,在具有扭矩检测装置的配置中,多个旋转角度检测装置可以直接或间接检测转向轴的旋转角度,即使任何一个旋转角度传感器内出现异常,基于其他旋转角度传感器上的传感器信号仍可以继续检测转向角度。因而,可以利用简单配置确保更高的可靠性。

[0030] 发明的有益效果

[0031] 根据本发明,提供一种旋转角度检测装置、扭矩检测装置和电动助力转向装置,其能够基于由一个旋转角度传感器输出的传感器信号来检测以检测目标的一个机械旋转为一周的机械角度,同时确保高角度分辨率。

附图说明

[0032] 图 1 是电动助力转向装置(EPS)的示意配置图。

[0033] 图 2 是 EPS 的控制块图。

[0034] 图 3 是旋转角度传感器的示意配置图。

[0035] 图 4A 至 4C 是由旋转角度传感器所输出的传感器信号的波形图。

[0036] 图 5 是示出旋转角度检测的处理步骤的流程图。

[0037] 图 6 是另一个示例的旋转角度传感器的示意配置图。

[0038] 图 7 是另一个示例的旋转角度传感器所输出的传感器信号的波形图。

具体实施方式

[0039] 下面将参照附图来介绍本发明的实施方式。

[0040] 如图 1 中所示,在根据本实施方式的 EPS (Electric Power Steering Device, 电动助力转向装置)1 中,与方向盘 2 固定连接的转向轴 3 通过齿轮齿条机构 4 耦接到齿条轴

5。与转向操作关联的转向轴 3 的旋转通过齿轮齿条机构 4 转换成为齿条轴 5 的直线往复运动。通过将柱轴 3a、中间轴 3b 和齿轮轴 3c 彼此耦接来配置根据本实施方式的转向轴 3。通过在齿条轴 5 的两端耦接的拉杆(tie rod) 6 将齿条轴 5 的与转向轴 3 的旋转关联的直线往复运动传递到未示出的万向接头,从而改变要转动的轮子 7 的舵角(rudder angle),即车辆的移动方向。

[0041] 另外, EPS1 包括向转向系统提供助力的作为转向力辅助装置的 EPS 致动器(Actuator) 10 和作为用于控制 EPS 致动器 10 的致动的控制装置的 ECU 11。

[0042] 更详细地,根据本实施方式的 EPS 致动器 10 被配置成所谓的齿条辅助式 EPS,具有作为驱动源的电机 12、设置在齿条轴 5 上的滚珠螺杆装置 13。本实施方式中,应用具有空心电机轴的无刷电机,电机 12 与齿条轴 5 同轴设置。滚珠螺杆装置 13 具有已知配置,其中,通过在齿条轴 5 的外围形成螺纹槽形成螺杆轴,并且螺杆轴通过多个滚珠旋进滚珠螺杆螺母。

[0043] 另外,根据本实施方式的电机 12 基于由 ECU 11 提供的三相(U, V, W) 驱动电力而旋转。然后,根据本实施方式的 EPS 致动器 10 通过滚珠螺杆装置 13 将电机 12 的旋转转换成为齿条轴 5 在轴向的移动,也就是说,将其电机转矩转换成为轴向压力,向齿条轴 5 传输该压力来向转向系统提供助力。

[0044] 另一方面, ECU 11 基于扭矩传感器 14 的输出信号来检测通过转向轴 3 传递的转向扭矩 τ 。在本实施方式中,在组成转向轴 3 的齿轮轴 3c 的中间部分设置扭杆 15。扭矩传感器 14 使用所谓的双旋转变压器式扭矩传感器,其中,在扭杆 15 的两端设置一对旋转角度传感器 16 (16A 和 16B)。

[0045] 具体而言,在本实施方式中,在其间插入扭杆 15 的两个位置 P1 和 P2 处的,构成扭矩传感器 14 的两个旋转角度传感器 16A 和 16B 被配置成分别输出三相的传感器信号 Sa、Sb 和 Sc,信号值随着要检测的转向轴 3 (齿轮轴 3c) 的旋转角度而改变。ECU 11 基于由旋转角度传感器 16A 和 16B 分别输出的两个系统的传感器信号组 S1 和 S2 来检测在其间插入扭杆 15 的两个位置 P1 和 P2 处的旋转角度,并且基于检测到的旋转角度之差,即扭杆 15 的扭角来检测转向扭矩 τ 。

[0046] 另外,根据本实施方式的 ECU 11 接收车速传感器 17 所检测到的车速 V,基于转向扭矩 τ 和车速 V, ECU 11 计算在 EPS 致动器 10 内产生的助力的目标值(目标助力)。然后, ECU 11 被配置成通过向作为驱动源的电机 12 提供驱动电力以便产生目标助力来控制 EPS 致动器 10 的致动,即被给予转向系统的助力。

[0047] 下面将描述根据本实施方式的 EPS 内的辅助控制的模式。

[0048] 如图 2 所示, ECU 11 包括输出电机控制信号的微型计算机 21 和向作为 EPS 致动器 10 的驱动源的电机 12 提供驱动电力的驱动电路 22。

[0049] 通过微型计算机 21 所执行的计算机程序实现下面将描述的控制块。然后,微型计算机 21 以给定的采样周期检测以上各状态量值,并且在每一个给定周期执行下面各个控制块所表示的各个算法处理,从而产生电机控制信号。

[0050] 更详细地,根据本实施方式的微型计算机 21 被配备有两个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B),两个旋转角度检测单元 23 基于构成扭矩传感器 14 的两个旋转角度传感器 16A 和 16B 所输出的两个系统的传感器信号组 S1 和 S2 来检测方向盘 2 侧的位置 P1 和齿条轴 5

侧的位置 P2 (位置 P1 和 P2 间插入扭杆 15) 的各个旋转角度。然后,基于与各个旋转角度检测单元 23A 和 23B 对应的作为传感器信号组 S1 和 S2 而输入的各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc,各个旋转角度检测单元 23 (23A 和 23B) 检测具有给定的角度倍增因数的电角度 θ_{e11} 和 θ_{e12} 和以要检测的转向轴 3 的一个机械旋转为一周的机械角度 θ_{ab1} 和 θ_{ab2} 。

[0051] 另外,微型计算机 21 被配备有转向扭矩检测单元 24 和转向角度检测单元 25,并且,上述各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 所检测到的各个电角度 θ_{e11} 和 θ_{e12} 被输入转向扭矩检测单元 24,各个机械角度 θ_{ab1} 和 θ_{ab2} 被输入转向角度检测单元 25。转向扭矩检测单元 24 基于各个电角度 θ_{e11} 和 θ_{e12} 之差来检测通过转向轴 3 传递的转向扭矩 τ ,并且转向角度检测单元 25 基于各个机械角度 θ_{ab1} 和 θ_{ab2} 来检测在方向盘 2 中产生的舵角,即转向角度 θ_s 。

[0052] 在根据本实施方式的微型计算机 21 内,用于产生电机控制信号的电机控制单元 26 接收车速传感器 17 所检测的车速 V 以及转向扭矩 τ 和转向角度 θ_s 。然后,基于转向扭矩 τ 、转向角度 θ_s 和车速 V,电机控制单元 26 计算与将在 EPS 致动器 10 内产生的目标助力对应的电流命令值。

[0053] 电机控制单元 26 计算电流命令值的基本分量(basic component),以便随着检测到的转向扭矩 τ (其绝对值)越大以及随着检测到的车速 V 越小,产生越大的助力。然后,电机控制单元 26 基于检测到的转向角度 θ_s (和车速 V) 来计算电流命令值的补偿分量(compensation component) (例如,用于改善返回到方向盘中间位置的特性的回轮控制)。

[0054] 另外,电机控制单元 26 接收电流传感器 27 所检测到的实际电流值 I 和由电机旋转变压器(电机旋转角度传感器)28 检测到的电机旋转角度 θ_m 。然后,电机控制单元 26 执行电流反馈控制,以便检测到的实际电流值 I 遵循电流命令值,从而产生电机控制信号。

[0055] 具体而言,作为电机 12 的实际电流值 I,根据本实施方式的微型计算机 21 检测三相(U, V, W)的相电流值 I_u 、 I_v 和 I_w 。另外,电机控制单元 26 基于检测到的电机旋转角度 θ_m ,将相电流值 I_u 、 I_v 和 I_w 转换为两相旋转坐标系(d/q)的 d 轴电流值和 q 轴电流值。然后,电机控制单元 26 被配置成在 d/q 坐标系中执行电流反馈控制计算。

[0056] 在该实施方式中,每一个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 均具有对各个输入的传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 的异常检测功能。一旦检测到各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 的异常,旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 就停止相应的旋转角度检测。

[0057] 另外,在转向角度检测单元 25 既能够获得第一旋转角度检测单元 23A 所检测到的机械角度 θ_{ab1} 也能够获得第二旋转角度检测单元 23B 所检测到的机械角度 θ_{ab2} 的正常状态下,转向角度检测单元 25 基于相对扭杆 15 而位于转向盘 2 侧的位置(P1)的(从第一旋转角度检测单元 23A 输入的)机械角度 θ_{ab1} 来检测转向角度 θ_s 。然后,当第一旋转角度检测单元 23A 所进行的旋转角度检测停止时,转向角度检测单元 25 基于在相对扭杆 15 而位于齿条轴 5 侧的位置(P2)的(从第二旋转角度检测单元 23B 输入的)机械角度 θ_{ab2} 来检测转向角度 θ_s 。

[0058] 另外,当第一旋转角度检测单元 23A 和第二旋转角度检测单元 23B 中的任何一个中的旋转角度检测停止时,转向扭矩检测单元 24 停止对转向扭矩 τ 的检测。然后,当在扭矩检测中因而出现异常的情况下第一旋转角度检测单元 23A 和第二旋转角度检测单元 23B 中的任何一个处于正常时,电机控制单元 26 被配置成基于根据正常机械角度检测的转向

角度 θ 来执行二选一的电力辅助控制。

[0059] 旋转角度传感器

[0060] 下面,将给出根据本实施方式的构成扭矩传感器的一对旋转角度传感器的配置的描述。

[0061] 如图 3 所示,在本实施方式中,转向轴 3 (齿轮轴 3c) 作为要受到转向角度检测的旋转轴,在方向盘 2 侧的位置 P1 和齿轮轴 5 侧的位置 P2 (其间插入扭杆 15) (参见图 2) 处配置有整体随转向轴 3 旋转的一对磁转子 31 (31A, 31B)。然后,如上所述的根据本实施方式的构成扭矩传感器 14 的各个旋转角度传感器 16 (16A, 16B) 被配置成为磁式旋转角度传感器,其中,旋转角度传感器 16 所输出的各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 的输出电平基于各个磁转子 31 的旋转所导致的磁通量的变化而改变。

[0062] 更详细地,根据本实施方式的磁转子 31 被形成为具有给定半径的环状,并且,磁转子 31 沿圆周方向交替形成不同极性的磁极(N/S)。然后,通过在与磁转子 31 同轴的圆周上等角度间隔地设置三个磁检测元件 32 (32a、32b、32c),来形成根据本实施方式的旋转角度传感器 16 (16A, 16B)。

[0063] 具体而言,根据本实施方式的磁转子 31 包括第一磁极部分 33 和第二磁极部分 34,第一磁极部分 33 具有沿磁转子 31 的内缘 31a 形成的 3 对磁极(总计 6 个磁极),第二磁极部分 34 具有沿磁转子 31 的外缘 31b 形成的 7 对磁极(总计 14 个磁极)。上述各个磁检测元件 32 (32a、32b、32c) 均由霍尔元件形成。另外,在本实施方式中,第一磁极部分 33 和第二磁极部分 34 的径向宽度设置为彼此相等。然后,各个磁检测元件 32 (32a、32b、32c) 沿轴向设置在与第一磁极部分 33 和第二磁极部分 34 的分界区域(附图中的圆周 L) 对应的位置。

[0064] 也就是说,在根据本实施方式的旋转角度传感器 16 (16A, 16B) 中,随着相应磁转子 31 (31A, 31B) 的转动,构成传感器元件的各个磁检测元件 32 (32a、32b、32c) 输出传感器信号 Sa、Sb 和 Sc,每一个信号具有基于第一磁极部分 33 的磁场的 3 倍角分量和基于第二磁极部分 34 的磁场的 7 倍角分量的复合波形。然后,在根据本实施方式的旋转角度传感器 16 (16A, 16B) 中,这些各个磁检测元件 32 (32a、32b、32c) 被等角度间隔地设置在与磁转子 31 同轴的圆周上,从而输出三相的传感器信号 Sa、Sb 和 Sc,其中各信号变化的各相位具有相同的偏移,如图 4A 至 4C 所示。

[0065] 旋转角度检测

[0066] 下面将描述各个旋转角度检测单元的旋转角度检测的模式。

[0067] 如上所述,根据本实施方式的旋转角度检测器 16 (16A, 16B) 所输出的三相的传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 均具有与相位个数相等的三倍角分量和与相位个数的非倍数对应的七倍角分量的复合波形。另外,因为各个磁检测元件 32 (32a、32b、32c) 沿轴向设置在与第一磁极部分 33 和第二磁极部分 34 的分界部分(图中的圆周 L) 对应的位置,所以三倍角分量和七倍角分量的振幅基本上彼此相同。因而,当假定作为传感器信号组 S1 和 S2 而被输入到各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 的各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 的值(传感器值)为“a”,“b”和“c”时,可以通过下述表达式(1)至(3)表达它们的波形。“ θ ”是旋转角度(电角度)。

$$[0068] \quad a = \sin 3(\theta) + \sin 7(\theta) \quad \dots \quad (1)$$

[0069]

$$b = \sin 3 (\theta + 120^\circ) + \sin 7 (\theta + 120^\circ) \quad \dots (2)$$

[0070]

$$c = \sin 3 (\theta + 240^\circ) + \sin 7 (\theta + 240^\circ) \quad \dots (3)$$

[0071] 在上面的表达式中,上述表达式(1)至(3)可以转换成如下样式。

$$[0072] \quad a = \sin (3 \theta) + \sin (7 \theta) \quad \dots (4)$$

[0073]

$$b = \sin (3 \theta + 360^\circ) + \sin (7 \theta + 840^\circ) \quad \dots (5)$$

[0074]

$$c = \sin (3 \theta + 720^\circ) + \sin (7 \theta + 1680^\circ) \quad \dots (6)$$

[0075] 另外,因为“ $\sin(360^\circ) = 0$ ”,上述表达式可以转换成如下样式:

$$[0076] \quad a = \sin (3 \theta) + \sin (7 \theta) \quad \dots (7)$$

[0077]

$$b = \sin (3 \theta) + \sin (7 \theta + 120^\circ) \quad \dots (8)$$

[0078]

$$c = \sin (3 \theta) + \sin (7 \theta + 240^\circ) \quad \dots (9)$$

[0079] 然后,将表达式(7)至(9)相加并除以“3”(各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 的相数)得到下面的表达式。

$$[0080] \quad (a + b + c) / 3 = \sin (3 \theta) \quad \dots (10)$$

[0081] 也就是说,各个传感器值 a、b 和 c 的平均值“(a+b+c)/3”等于在各个传感器值 a、b 和 c 中包含的三倍角分量“ $\sin(3\theta)$ ”的值。

[0082] 考虑到这一点,作为检测装置的各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B)从各个输入的传感器值 a、b 和 c 中减去各个传感器值 a、b 和 c 的平均值“(a+b+c)/3”来提取各个传感器值 a、b 和 c 中包含的七倍角分量的值。具体而言,从上述表达式(7)至(9)中减去表达式(10)来得到下面的各个表达式。

$$[0083] \quad a - (a + b + c) / 3 = \sin (7 \theta) \quad \dots (11)$$

[0084]

$$b - (a + b + c) / 3 = \sin (7 \theta + 120^\circ) \quad \dots (12)$$

[0085]

$$c - (a + b + c) / 3 = \sin (7 \theta + 240^\circ) \quad \dots (13)$$

[0086] 然后,基于表达式(11)至(13),各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B)计算与各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 中的任意两个信号的组合个数对应的三个旋转角度检测值 θ_a 、 θ_b 和 θ_c 。

[0087] 详细地,假定通过从上述表达式(11)至(13)的左手侧(即各个传感器值 a、b 和 c)

减去各个传感器值 a、b 和 c 的平均值而得到的值分别是“ α ”、“ β ”和“ γ ”，如下述表达式 (14) 至 (16) 所表达的那样。

$$[0088] \quad \alpha = a - (a + b + c) / 3 \quad \dots (14)$$

$$[0089] \quad \beta = b - (a + b + c) / 3 \quad \dots (15)$$

$$[0090] \quad \gamma = c - (a + b + c) / 3 \quad \dots (16)$$

[0091] 结果, 在那些值“ α ”、“ β ”和“ γ ”中的任意两个值的组合的比可以通过下述表达式 (17) 至 (19) 来表达。

[0092]

$$\alpha / \beta = \sin 7\theta / \sin (7\theta + 120^\circ) \quad \dots (17)$$

[0093]

$$\beta / \gamma = \sin (7\theta + 120^\circ) / \sin (7\theta + 240^\circ) \quad \dots (18)$$

[0094]

$$\gamma / \alpha = \sin (7\theta + 240^\circ) / \sin 7\theta \quad \dots (19)$$

[0095] 然后, 转换表达式 (17) 至 (19) 以得到下述各个表达式。

[0096]

$$\tan 7\theta = \alpha\sqrt{3} / (2\beta + \alpha) \quad \dots (20)$$

[0097]

$$\tan 7\theta = (\beta + \gamma)\sqrt{3} / (\gamma - \beta) \quad \dots (21)$$

[0098]

$$\tan 7\theta = -\alpha\sqrt{3} / (2\gamma + \alpha) \quad \dots (22)$$

[0099] 也就是说, 通过使用以下述各个表达式所表达的正切函数, 基于通过从各个传感器值 a、b 和 c 中减去各个传感器值 a、b 和 c 的平均值而得到的值 α 、 β 和 γ , 获得与各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 中的任意两个信号的组合个数对应的三个旋转角度检测值 θ_a 、 θ_b 和 θ_c 。

[0100]

$$\theta_a = \arctan (\alpha\sqrt{3} / (2\beta + \alpha)) / 7 \quad \dots (23)$$

[0101]

$$\theta_b = \arctan ((\beta + \gamma)\sqrt{3} / (\gamma - \beta)) / 7 \quad \dots (24)$$

[0102]

$$\theta_c = \arctan (-\alpha\sqrt{3} / (2\gamma + \alpha)) / 7 \quad \dots (25)$$

[0103] 然后, 根据本实施方式的各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 获得各个旋转角度检测值 θ_a 、 θ_b 和 θ_c 的平均值, 来检测具有角度倍增因数 7 的电角度 θ_{e1} (θ_{e11} , θ_{e12}), 如下述表达式所表达的那样。

[0104]

$$\theta_{e1} = (\theta_a + \theta_b + \theta_c) / 3 \dots (26)$$

[0105] 通过上述表达式(17)至(25)所表达的旋转角度(电角度)检测的细节例如可参见专利文献2的公开。

[0106] 然后,基于检测到的电角度 θ_{e1} ,各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 计算七个机械角度估计值(θ_{ab_e})。

[0107] 也就是说,由于角度的倍增因数是 7 倍,例如,在电角度 θ_{e1} 是“ X° ”时采集的机械角度,即机械角度估计值(θ_{ab_e})是由“ X° ”构成的 7 个值,即“ $X + (360/7)^\circ$ ”、“ $X + 2 \times (360/7)^\circ$ ”、“ $X + 3 \times (360/7)^\circ$ ”、“ $X + 4 \times (360/7)^\circ$ ”、“ $X + 5 \times (360/7)^\circ$ ”和“ $X + 6 \times (360/7)^\circ$ ”。

[0108] 在本实施方式中,各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 将各个机械角度估计值(θ_{ab_e})代入到各个传感器值 a、b 和 c 中所包含的三倍角分量的基本表达式(参看表达式(10))中。然后,各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 对通过将代入(即代入各个机械角度估计值(θ_{ab_e}))而得到的各个值转换为三倍角分量而得到的值与上述平均值($(a+b+c)/3$)进行比较,并且检测最接近的值(两者之间的差的绝对值小)作为机械角度(θ_{ab1} , θ_{ab2})。

[0109] 也就是说,如图 5 所示的流程图,当从相应的旋转角度传感器 16 接收到三相传感器信号 Sa、Sb 和 Sc (步骤 101) 时,各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 首先计算各个传感器值 a、b 和 c 的平均值($(a+b+c)/3$) (步骤 102, 参见上述表达式(1)至(10))。随后,各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 从各个传感器值 a、b 和 c 中减去在步骤 102 中计算出的平均值,从而提取各个传感器值 a、b 和 c 中包含的七倍角分量(非相位倍数角分量,步骤 103, 参看以上表达式(11)至(13))。然后,旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 基于 7 倍角分量来检测具有 7 倍角度增大因数的电角度 θ_{e1} (θ_{e11} 和 θ_{e12}) (参见(17)至(25)), 并且向上述转向扭矩检测单元 24 输出电角度 θ_{e1} (步骤 104)。

[0110] 然后,各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 基于在上述步骤 104 中计算的电角度 θ_{e1} 来计算与角度倍增因数对应的 7 个机械角度估计值(θ_{ab_e}) (θ_{ab_e1} 至 θ_{ab_e7}) (步骤 105)。另外,旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 对通过将各个机械角度估计值 θ_{ab_e} 代入在各个传感器值 a、b 和 c 中包含的三倍角分量的基本表达式中而得到的值与上述平均值比较(步骤 106, 参见上述表达式(10))。然后,旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 基于比较结果来检测要检测的转向轴 3 的机械角度 θ_{ab} (θ_{ab1} , θ_{ab2}), 并将检测到的机械角度 θ_{ab} 输出到转向角度检测单元 25 (步骤 107)。

[0111] 根据本实施方式,从上述描述中可以得到下述优点。

[0112] (1) 构成扭矩传感器 14 的各个旋转角度传感器 16 (16A, 16B) 输出具有三倍角分量和七倍角分量的复合波形的三相传感器信号 Sa、Sb 和 Sc, 其中与旋转角度对应的各信号变化的各相位具有相同的偏移。另一方面,各个旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 从各个传感器值 a、b 和 c 中减去各个传感器值 a、b 和 c 的平均值,并且提取在各个传感器值 a、b 和 c 中包含的七倍角分量,从而检测具有角倍增因数 7 的电角度 θ_{e1} (θ_{e11} 和 θ_{e12})。然后,旋转角度检测单元 23 (23A, 23B) 将基于第 e 个电角度 θ_{e1} 估计的 7 个机械角度估计值 θ_{ab_e} (θ_{ab_e1} 至 θ_{ab_e7}) 转换为三倍角分量,并且将该三倍角分量与各个传感器

值 a、b 和 c 的平均值进行比较来检测要检测的转向轴 3 的机械角度 θ_{ab} (θ_{ab1} , θ_{ab2})。

[0113] 根据以上配置,可以基于由一个旋转角度传感器 16 所输出的传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 来检测以要检测的转向轴 3 的一个机械旋转作为一周的机械角度 θ_{ab} (θ_{ab1} , θ_{ab2}),同时保证高角分辨率。结果,可以在不添加旋转角度传感器例如转向传感器的情况下检测出在方向盘 2 中产生的转向角度 θ_s 。然后,即使当各个旋转角度传感器 16 (16A,16B)之一中出现异常时,通过使用在其他旋转角度传感器上检测到的机械角度仍能够继续检测转向角度 θ_s 。因而,可以利用简单配置来确保更高的可靠性。

[0114] (2) 旋转角度传感器 16 包括具有第一磁极部分 33 和第二磁极部分 34 的磁转子 31 以及按照相等角度间隔地设置在与磁转子 31 同轴的圆的圆周上的三个磁检测元件 32 (32a、32b、32c),第一磁极部分 33 具有沿圆周方向形成的三对磁极,第二磁极部分 34 具有沿圆周方向形成的七对磁极。

[0115] 根据以上配置,可以利用简单配置输出具有三倍角分量和七倍角分量的复合波形的三相传感器信号 Sa、Sb 和 Sc (其中与旋转角度对应的各信号变化的各相位具有相同的偏移)。

[0116] 以上实施方式可以进行如下改变。

[0117] 在以上实施方式中,通过 EPS1 内的构成旋转角度检测装置的 ECU 11 来实现本发明。但是,本发明不限于这种配置,而可以通过用于 EPS 之外的其他目标的旋转角度检测装置来实现。

[0118] 另外,即使当通过用于 EPS 的旋转角度传感器来实现本发明时,EPS 的类型不限于所谓的柱式,而且还可以是所谓的齿轮式或齿条辅助式。

[0119] 另外,在上述实施方式中,本发明应用于使用构成扭矩传感器 14 的各个旋转角度传感器 16 (16A,16B)来检测转向轴 3 的机械角度的旋转角度检测。但是,本发明不限于这种配置,而可以应用于例如电机旋转变压器(电机旋转角度传感器)28 来检测作为 EPS 致动器 10 的驱动源的电机 12 的旋转角度(电角度:电机旋转角度 θ_m)。然后,基于机械角度和 EPS 致动器 10 的减速比,可以检测电机旋转轴的机械角度来检测在方向盘 2 中产生的转向角度 θ_s 。另外,本发明的旋转角度检测装置可以既应用于由构成扭矩传感器 14 的各个旋转角度传感器 16 (16A,16B)对转向轴 3 的旋转角度检测,又可以应用于由电机旋转变压器 28 进行的电机旋转角度检测。然后,根据本实施方式的旋转角度检测装置还可以应用于使用专用旋转角度传感器(转向传感器)进行转向角度检测的配置中。

[0120] 在上述实施方式内,旋转角度传感器 16 (16A,16B)所输出的三相传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 均具有与相位个数相等的三倍角分量和与相位个数的非倍数对应的七倍角分量的复合波形。但是,本发明不限于这种配置,只要各个传感器信号一定具有与各个传感器信号的相位个数的倍数对应的 n 倍角分量(n 是整数)和与相位个数的非倍数对应的 m 倍角分量(m 是整数)的复合波形($\sin(n\theta)+\sin(m\theta)$)就可以。

[0121] 详细地,当假定与相位个数的倍数对应的 n 倍角分量是“相位倍数角分量”且与相位个数的非倍数对应的 m 倍角分量是“非相位倍数角分量”时,例如,各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc 可以包括与相位个数大小的 2 倍对应的六倍角分量作为“相位倍数角分量”。

[0122] 另外,“非相位倍数角分量”可以比“相位倍数角分量”小。详细地,例如,如图 6 所示,使用的旋转角度传感器 38 包括第一磁极部分 36 和第二磁极部分 37,第一磁极部分 36

具有与磁检测元件 32 (32a、32b、32c)的数量(换句话说,传感器信号的相位个数)相等的三对磁极,第二磁极部分 37 具有一对磁极。也就是说,旋转角度传感器 38 输出具有三倍角分量($\sin 3\theta$)和作为“非相位倍数角分量”的 1 倍角分量的复合波形的三相传感器信号,即如图 7 所示的具有基本波形 S 的各个传感器信号 Sa、Sb 和 Sc。因此,检测到的电角度的角度倍增因数(电角度放大率)被设置为小,从而从检测到的电角度中减少机械角度的个数,并且减少用于检测机械角度所需要的算法负载。具体而言,当“非相位倍数角分量”的角度倍增因数是“1”时,机械角度估计值的数量变为一。因而,在这种情况下,可以省略机械角度估计值的计算以及对通过将机械角度估计值代入到“相位倍数角分量”的基本表达式中而得到的值与以上平均值进行比较(参见图 5,步骤 105 和 106)的处理。

[0123] 另外,对于传感器信号的相位个数,相位个数不限制于相位个数是三或更多。

[0124] 在以上实施方式中,由霍尔元件形成各个磁检测元件 32(32a、32b、32c),但是也可以由磁阻元件(GMR 等)形成各个磁检测元件 32 (32a、32b、32c)。

[0125] 在以上实施方式中,各个旋转角传感器 16 (16A, 16B)被配置成为具有作为传感器元件的磁检测元件 32 (32a、32b、32c)的磁旋转角度传感器。但是,传感器元件不限于磁检测装置,基于激发信号来输出传感器信号的旋转变压器也可以用于旋转角度传感器。例如 JP-A-2008-157664 中公开了一种旋转变压器,该旋转变压器输出具有两个已知分量的复合波形的传感器信号。

[0126] 在以上实施方式中,三倍角分量和七倍角分量的振幅基本相等。但是,“相位倍数角分量”和“非相位倍数角分量”的振幅比并不总是限于该配置。

[0127] 下面将介绍可从以上实施方式中理解的技术构思。

[0128] (A) 旋转角度传感器,包括具有第一磁极部分和第二磁极部分的磁转子、以及在与磁转子同轴的圆的圆周上等角度间隔地设置的与相位个数对应的多个磁检测装置,其中,第一磁极部分具有沿圆周方向形成的 n 对(n 是整数)磁极,第二磁极部分具有沿圆周方向形成的 m 对磁极(m 是整数)。利用以上配置,可以利用简单配置输出具有 m 角分量和 n 角分量的复合波形的 n 相传感器信号,其中,与旋转角度对应的各信号变化的各相位具有相同的偏移。

[0129] (B) 用于基于三相或更多相位集合的传感器信号来检测旋转角度的旋转角度检测方法,以便信号值根据检测目标的旋转角度而改变,与旋转角度对应的各信号变化的各相位具有相同的偏移,其中每一个传感器信号均具有与相位个数对应的 n 倍角分量(n 是整数)和与相位个数的非倍数对应的 m 倍角分量(m 是整数),其中从各个传感器值中减去各个传感器值的平均值,并且提取各个传感器值中包含的 m 倍角分量的值来检测具有角倍增因数 m 的电角度,并且基于电角度来估计的 m 个机械角度估计值被转换为 n 倍角分量,并且与平均值进行比较来检测机械角度,其中检测目标的一个机械旋转为一周。利用以上配置,基于一个旋转角度传感器输出的传感器信号可以检测以检测目标的一个机械旋转为一周的机械角度,同时确保高角度分辨率。

[0130] 已经详细描述本发明并参照具体实施方式,但是在不脱离本发明的精神和范围的情况下可以对本发明进行各种修改或变形。

[0131] 本发明基于 2010 年 12 月 10 日递交的 No. 2010-276014 日本专利申请,并且其内容通过引用结合到本文中。

[0132] 工业应用

[0133] 根据本发明的旋转角度检测装置,基于由一个旋转角度传感器输出的传感器信号可以检测以检测目标的一个机械旋转为一周的机械角度,同时保证高角度分辨率。

[0134] 标号列表

[0135] 1,电动助力转向装置(EPS);2,方向盘;3,转向轴;10, EPS 致动器;11, ECU;12, 电机;14, 扭矩传感器;15, 扭杆;16(16A, 16B), 38, 旋转角度传感器;21, 微型计算机;23, 旋转角度检测单元;23A, 第一旋转角度检测单元;23B, 第二旋转角度检测单元;24, 转向扭矩检测单元;25, 转向角度检测单元;28, 电机旋转变压器;31, 磁转子;32(32a、32b、32c), 磁检测元件;33, 36, 第一磁极部分;34, 37, 第二磁极部分;S1, S2, 传感器信号组;Sa、Sb、Sc, 传感器信号;a、b、c, 传感器值; θ_a , θ_b , θ_c , 旋转角度检测值; θ_{e1} (θ_{e11} , θ_{e12}), 电角度; τ , 转向扭矩; θ_{ab_e} (θ_{ab_e1} 至 θ_{ab_e7}), 机械角度估计值; θ_{ab} (θ_{ab1} , θ_{ab2}), 机械角度; θ_s , 转向角度;以及 θ_m , 电机旋转角度。

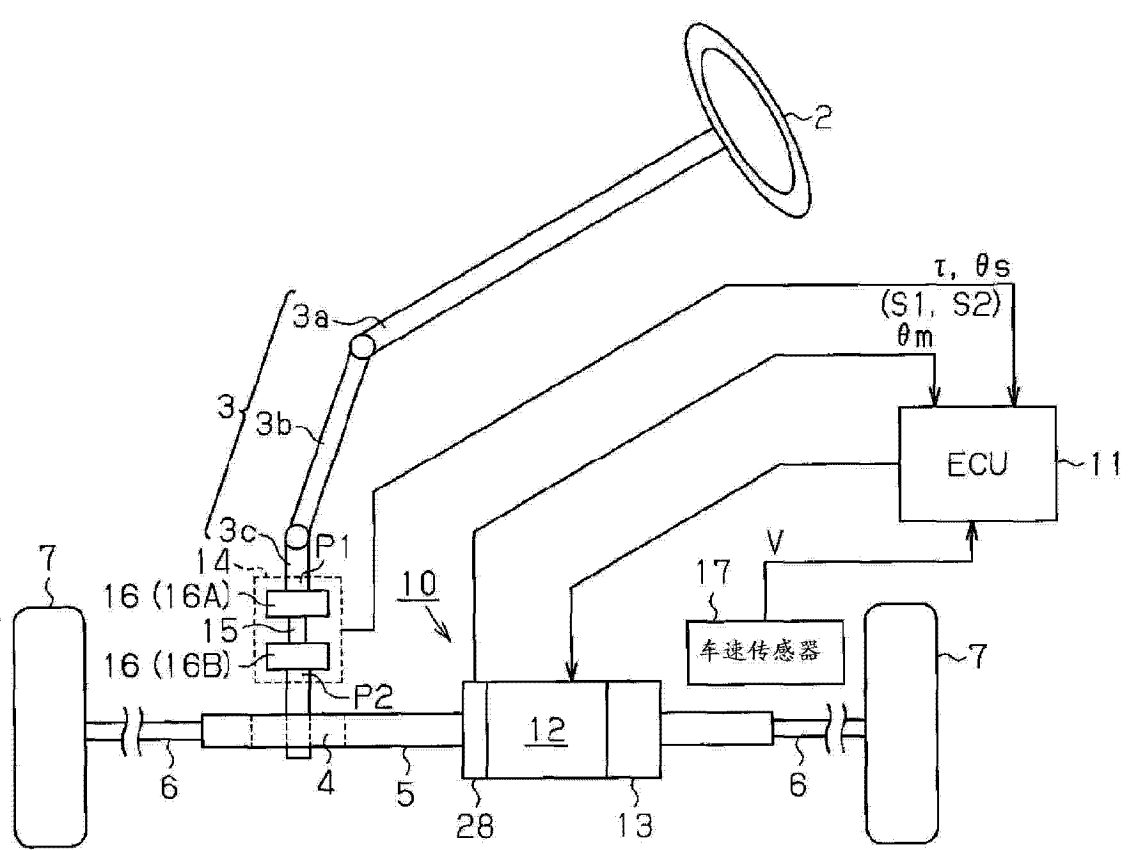


图 1

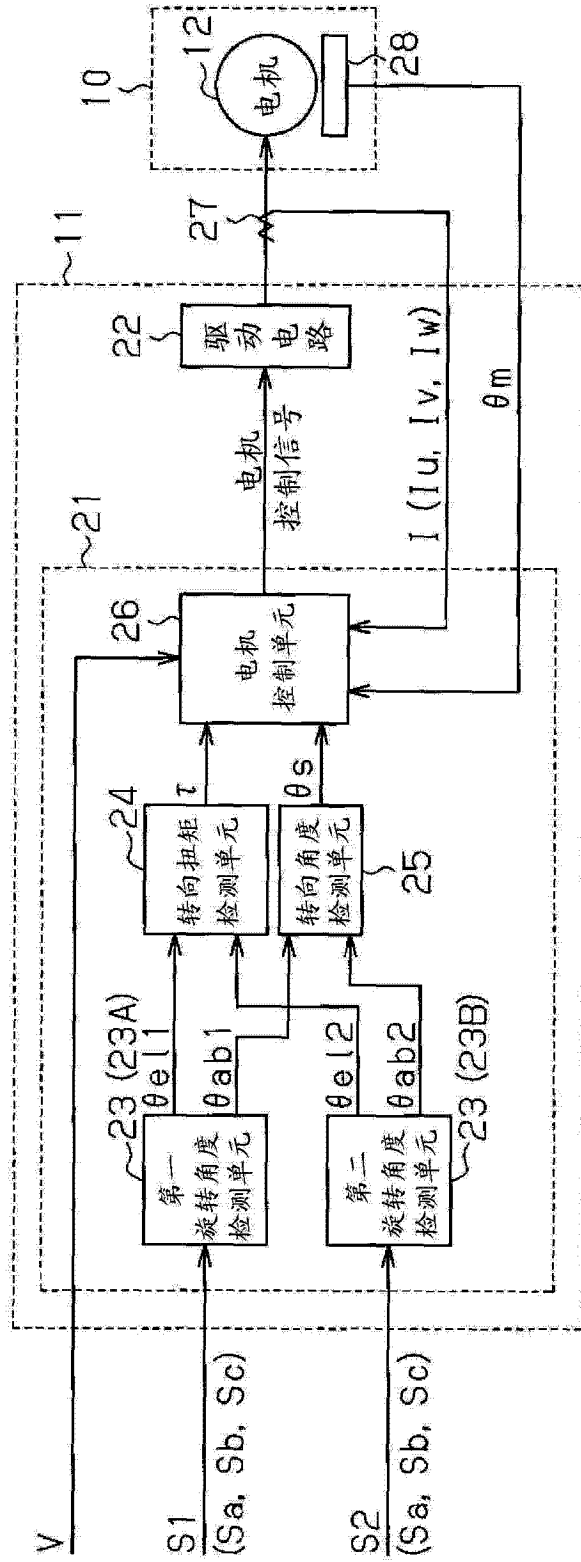


图 2

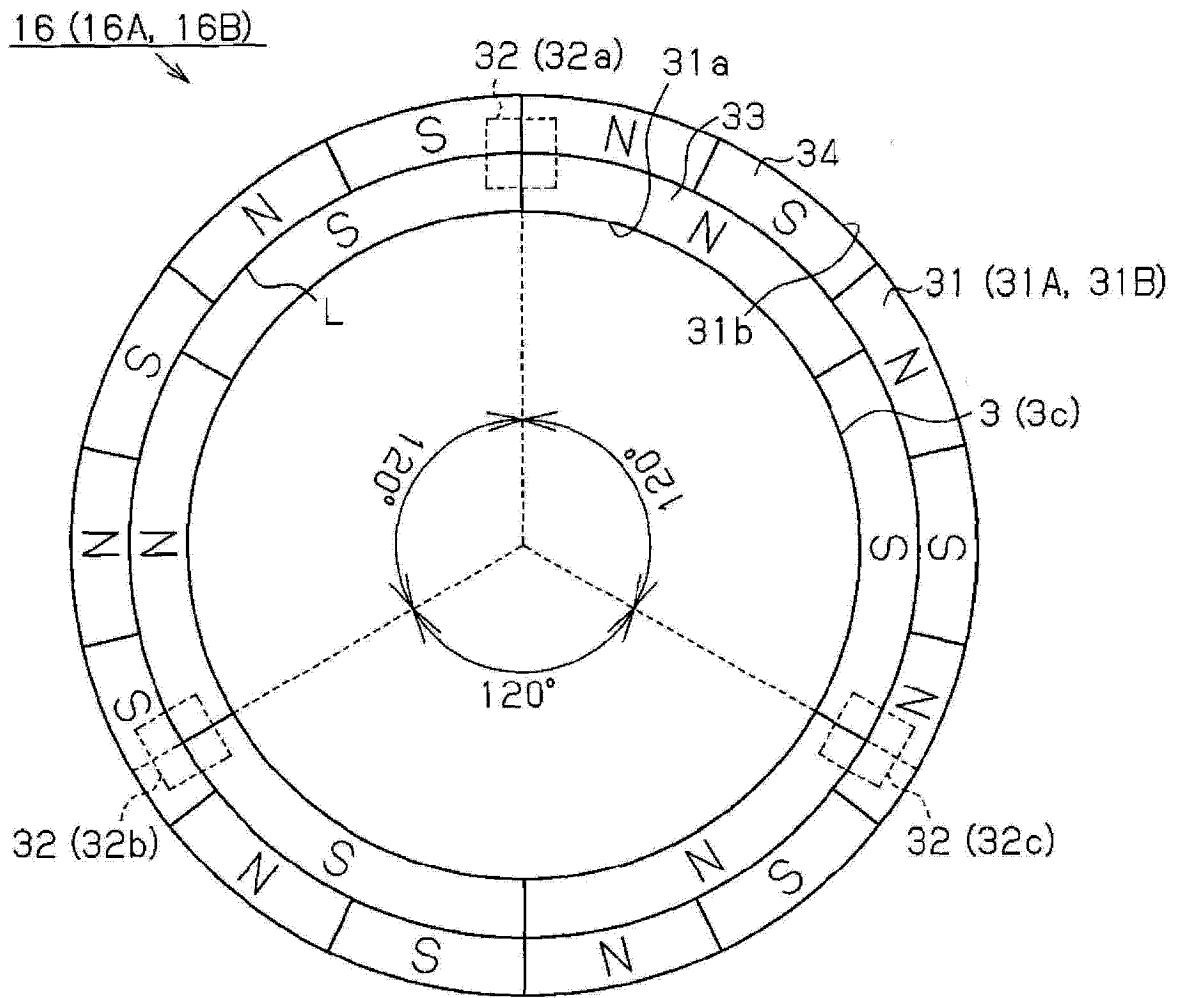
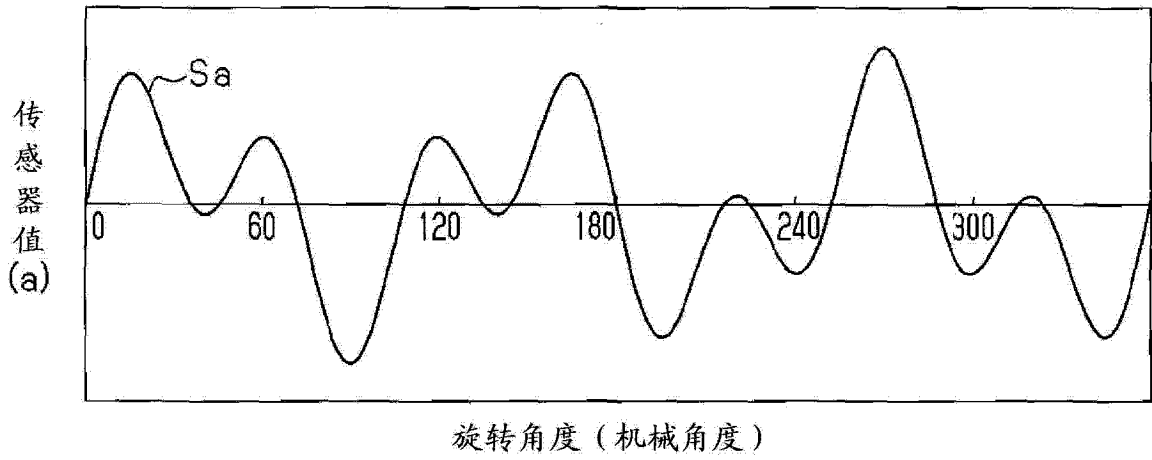
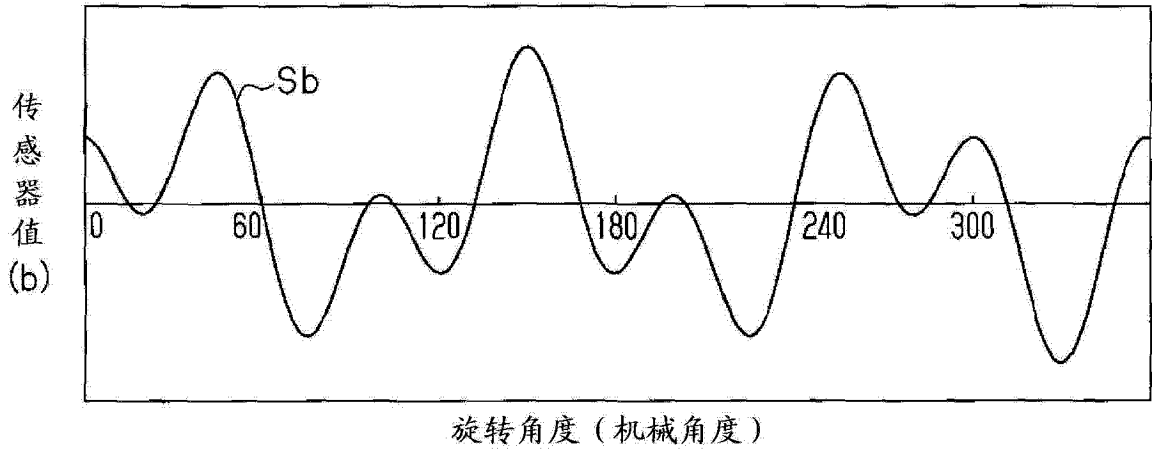


图 3

(a)



(b)



(c)

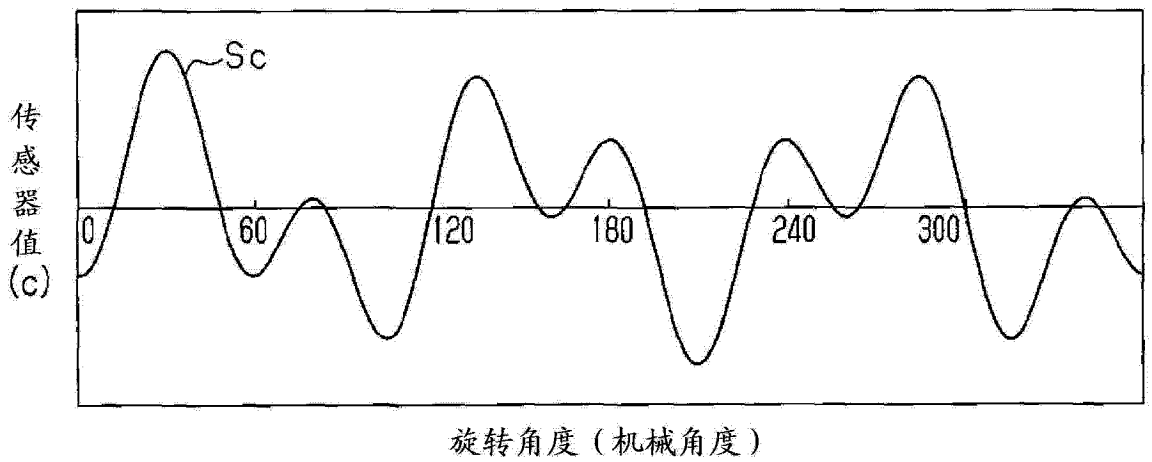


图 4

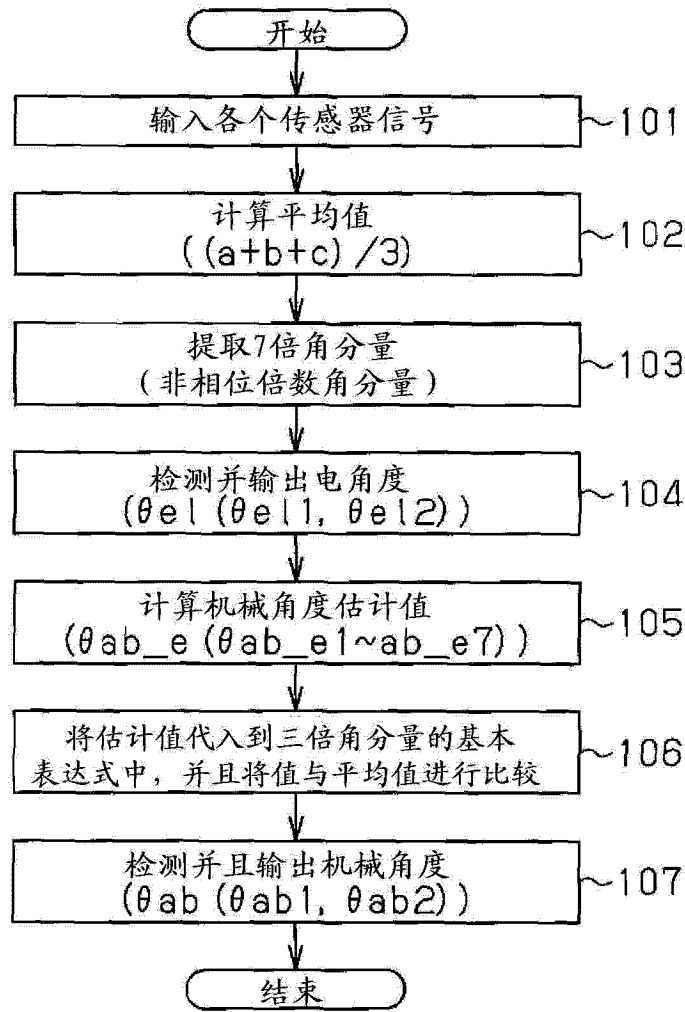


图 5

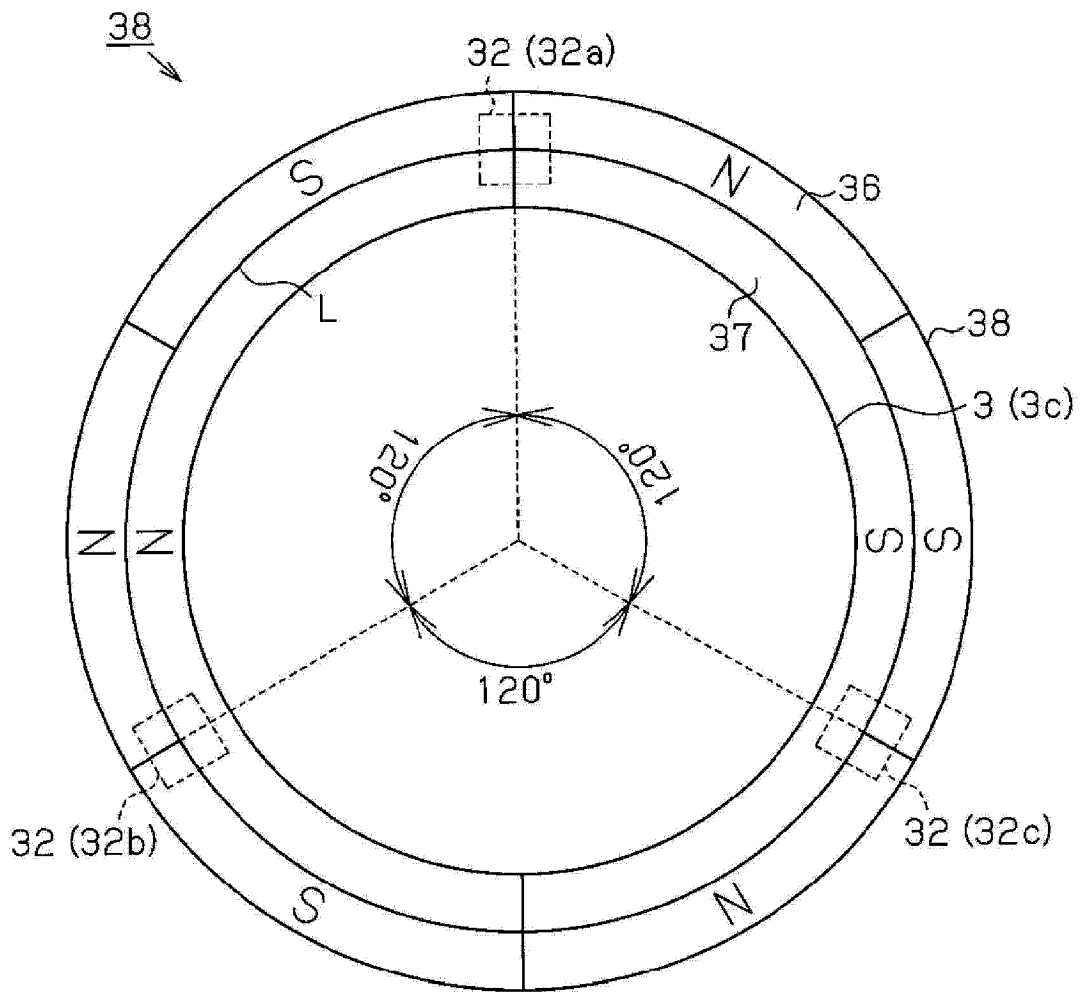


图 6

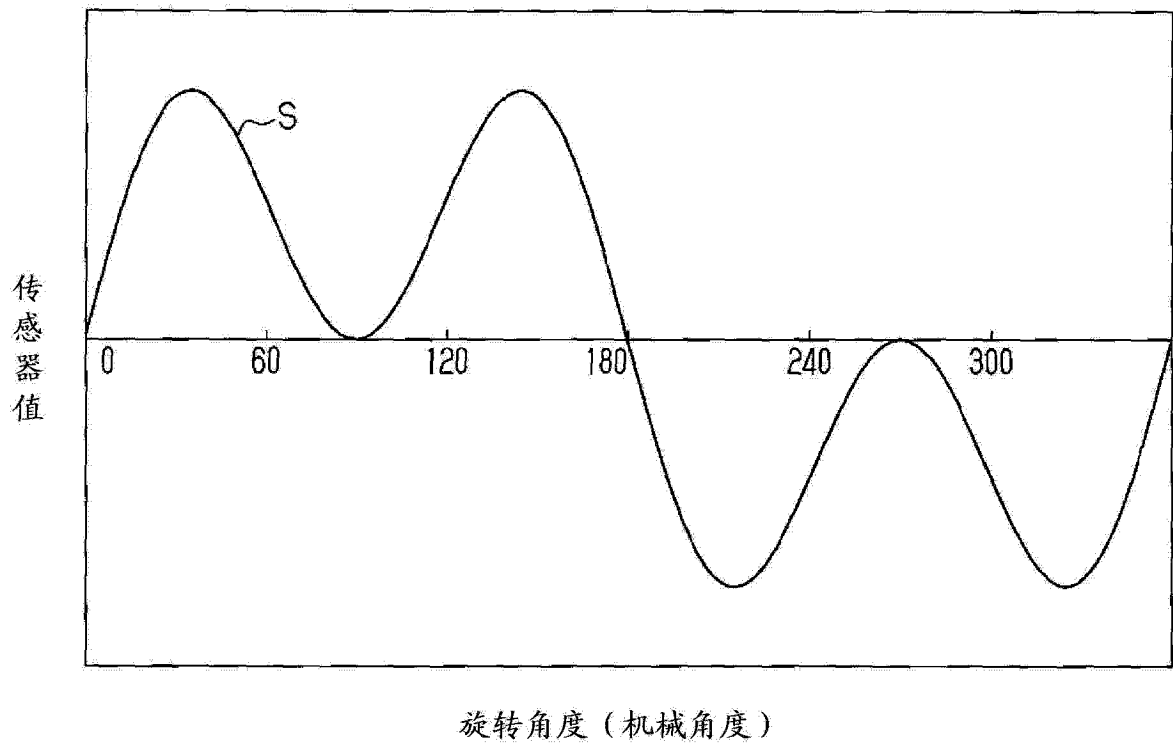


图 7