(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119213674 A
(43)申请公布日 2024.12.27

(21)申请号 202280096246.6
(22)申请日 2022.06.01
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.11.19
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/022284 2022.06.01
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/233573 JA 2023.12.07
(71)申请人 三菱电机株式会社
地址 日本
(72)发明人 冈崎广大 北尾纯士
(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
专利代理师 邓宗庆
(51)Int.Cl.
H02K 7/10(2006.01)

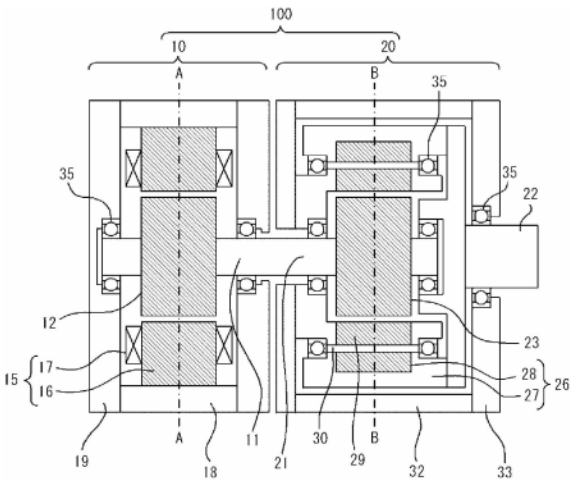
权利要求书2页 说明书13页 附图19页

(54)发明名称

磁齿轮装置

(57)摘要

磁齿轮装置(100)具备磁齿轮(20)和旋转电机(10),所述磁齿轮具有作为少极机构的内侧磁铁筒(23)、作为多极机构的外侧磁铁筒(26)、以及在内侧磁铁筒(23)和外侧磁铁筒(26)之间在周向上隔开等间隔地排列的极片(29),将内侧磁铁筒(23)、外侧磁铁筒(26)以及极片(29)中的一个作为与输入部(21)连接的第一转子,将另一个作为与输出部(22)连接的第二转子,将剩下的一个作为定子,所述旋转电机具备具有永磁铁(13)的转子(12)和具有齿(16)的定子(15)。满足第一条件和第二条件中的至少一方,所述第一条件是基于极片(29)的个数与第一转子和第二转子中的一方的极数的最小公倍数的第一数值与转子(12)的极数和齿(16)的数量的最小公倍数一致的条件,所述第二条件是所述第一数值与转子(12)的极数乘以3的倍数而得到的数一致的条件。



CN 119213674 A

1.一种磁齿轮装置,其中,所述磁齿轮装置具备:

磁齿轮,所述磁齿轮具有内侧磁铁筒、外侧磁铁筒及磁性体筒,所述内侧磁铁筒在外周排列有多个第一永磁铁而构成少极机构,所述外侧磁铁筒在内周排列有多个第二永磁铁而构成多极机构,所述磁性体筒在所述内侧磁铁筒和所述外侧磁铁筒之间从双方分别隔着磁隙配置,并且在周向上隔开等间隔地排列有由软磁体构成的N个极片,将所述内侧磁铁筒、所述外侧磁铁筒及所述磁性体筒中的一个用作与输入部连接的第一转子,将另一个用作与输出部连接的第二转子,将剩下的一个用作定子;以及

旋转电机,所述旋转电机具备转子和定子,所述转子具有M1个永磁铁,所述定子具有M2个齿,

所述磁齿轮的所述输入部与所述旋转电机的旋转轴连接,将被输入的旋转力传递到所述输出部,

所述磁齿轮装置满足第一条件和第二条件中的至少一方,所述第一条件是基于所述极片的个数N与所述第一转子和第二转子中的一方的极数的最小公倍数的第一数值与M1和M2的最小公倍数M一致的条件,所述第二条件是所述第一数值与M1乘以3的倍数而得到的数一致的条件。

2.如权利要求1所述的磁齿轮装置,其中,

通过调整所述第一转子的周向磁极中心与所述磁齿轮的所述定子的周向磁极中心一致时的、所述旋转电机的所述转子的周向磁极中心与所述齿的周向中心位置之间的相位,使所述旋转电机的转矩脉动和所述磁齿轮的转矩脉动相互降低。

3.如权利要求1或2所述的磁齿轮装置,其中,

所述磁性体筒被用作所述磁齿轮的所述定子,

所述极片的个数N和所述第一转子的极数的最小公倍数是所述第一数值。

4.如权利要求3所述的磁齿轮装置,其中,

在所述第一转子的周向磁极中心与作为所述定子的磁极的所述极片的周向中心位置一致时,使所述旋转电机的所述转子的周向磁极中心与所述齿的周向中心位置相位偏移设定角度量,从而使所述旋转电机的转矩脉动和所述磁齿轮的转矩脉动相互降低。

5.如权利要求4所述的磁齿轮装置,其中,

所述设定角度比(360/M/6)度大且比((360/M/6)×5)度小。

6.如权利要求1或2所述的磁齿轮装置,其中,

所述磁性体筒被用作所述磁齿轮的所述第二转子,

所述极片的个数N和所述第一转子的极数的最小公倍数的((所述定子的极数)/N)倍是所述第一数值。

7.如权利要求1~6中任一项所述的磁齿轮装置,其中,

所述第一转子的极数≥M1。

8.如权利要求7所述的磁齿轮装置,其中,

所述第一转子的极数=M1。

9.如权利要求1或2所述的磁齿轮装置,其中,

所述磁性体筒被用作所述磁齿轮的所述第一转子,

所述极片的个数N和所述第二转子的极数的最小公倍数的((所述定子的极数)/N)倍是

所述第一数值。

10.如权利要求9所述的磁齿轮装置,其中,

N≥M2。

11.如权利要求1～10中任一项所述的磁齿轮装置,其中,

所述磁齿轮的所述输入部与所述旋转电机的旋转轴一体构成。

磁齿轮装置

技术领域

[0001] 本申请涉及磁齿轮装置。

背景技术

[0002] 近年来,为了从旋转电机得到所希望的输出以及效率特性,将磁齿轮与旋转电机组合使用。

[0003] 构成以往的磁齿轮装置的磁齿轮具有:在外周并排设置有多个磁铁的圆筒形的内侧磁铁筒、在内周并排设置有多个磁铁的圆筒形的外侧磁铁筒、以及在周向上隔开等间隔地并排设置有多个磁性体的圆筒形的磁性体筒,将该磁性体筒夹在上述内侧磁铁筒和上述外侧磁铁筒之间地将上述内侧磁铁筒、外侧磁铁筒以及磁性体筒支承在同轴上,将上述内侧磁铁筒、外侧磁铁筒以及磁性体筒中的任意两个作为转子,将剩下的一个作为定子来传递转矩。而且,上述磁性体呈与上述磁性体筒的轴长方向平行地延伸的棒状,上述内侧磁铁筒以及外侧磁铁筒的磁铁在轴长方向的一端和另一端之间在各自的周向上具有相同朝向的位置偏移地偏斜配置。

[0004] 由此,能够确保高的转矩密度并且有效地降低齿槽转矩,实现在小的转矩变动下的稳定的动力传递。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利第6213573号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的课题

[0009] 在专利文献1记载的以往的磁齿轮中,需要使永磁铁在轴向上连续地偏斜,无法容易地制造。另外,虽然作为磁齿轮单体能够降低转矩脉动,但存在因旋转电机的转矩脉动而引起的速度振动也会在磁齿轮的输出侧产生的问题。

[0010] 本申请公开了用于解决如上所述的课题的技术,其目的在于提供一种能够降低从磁齿轮和旋转电机的组合输出的转矩脉动并抑制输出侧的速度振动的磁齿轮装置。本申请的目的还在于容易且廉价地制造这样的磁齿轮装置。

[0011] 用于解决课题的手段

[0012] 本申请所公开的磁齿轮装置具备:磁齿轮,所述磁齿轮具有内侧磁铁筒、外侧磁铁筒及磁性体筒,所述内侧磁铁筒在外周排列有多个第一永磁铁而构成少极机构,所述外侧磁铁筒在内周排列有多个第二永磁铁而构成多极机构,所述磁性体筒在所述内侧磁铁筒和所述外侧磁铁筒之间从双方分别隔着磁隙配置,并且在周向上隔开等间隔地排列有由软磁体构成的N个极片,将所述内侧磁铁筒、所述外侧磁铁筒及所述磁性体筒中的一个用作与输入部连接的第一转子,将另一个用作与输出部连接的第二转子,将剩下的一个用作定子;以及旋转电机,所述旋转电机具备转子和定子,所述转子具有M1个永磁铁,所述定子具有M2个

齿。所述磁齿轮的所述输入部与所述旋转电机的旋转轴连接,将被输入的旋转力传递到所述输出部。而且,满足第一条件和第二条件中的至少一方,所述第一条件是基于所述极片的个数N与所述第一转子和第二转子中的一方的极数的最小公倍数的第一数值与M1和M2的最小公倍数M一致的条件,所述第二条件是所述第一数值与M1乘以3的倍数而得到的数一致的条件。

[0013] 发明的效果

[0014] 根据本申请所公开的磁齿轮装置,能够降低从磁齿轮和旋转电机的组合输出的转矩脉动,能够抑制输出侧的速度振动。另外,能够容易且廉价地制造这样的磁齿轮装置。

附图说明

[0015] 图1是表示实施方式1的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。

[0016] 图2是表示实施方式1的磁齿轮装置内的旋转电机的结构的横剖视图。

[0017] 图3是表示实施方式1的磁齿轮装置内的磁齿轮的结构的横剖视图。

[0018] 图4是表示实施方式1的磁齿轮的各部分的位置关系的局部横剖视图。

[0019] 图5是表示实施方式1的磁齿轮装置的磁齿轮转矩的波形图。

[0020] 图6是表示实施方式1的旋转电机的各部分的位置关系的局部横剖视图。

[0021] 图7是表示在实施方式1的磁齿轮装置中不施加电流的情况下的旋转电机转矩的波形图。

[0022] 图8是表示在实施方式1的磁齿轮装置中不施加电流的情况下的、旋转电机转矩、磁齿轮转矩以及合成转矩的波形图。

[0023] 图9是表示在实施方式1的磁齿轮装置中与旋转电机的转子的偏移相位相应的合成转矩的转矩脉动的变化的波形图。

[0024] 图10是表示在实施方式1的磁齿轮装置中磁齿轮转矩的频率分析结果的振幅的图。

[0025] 图11是表示在实施方式1的磁齿轮装置中旋转电机转矩的频率分析结果的振幅的图。

[0026] 图12是在实施方式1的磁齿轮装置中将转矩的6阶分量一般化表示的波形图。

[0027] 图13是在实施方式1的磁齿轮装置中将转矩的12阶分量一般化表示的波形图。

[0028] 图14是在实施方式1的磁齿轮装置中将合成转矩的6阶分量和12阶分量的转矩脉动一般化表示的波形图。

[0029] 图15是表示实施方式1的另一例的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。

[0030] 图16是表示在实施方式2的磁齿轮装置中施加电流时的旋转电机转矩、磁齿轮转矩以及合成转矩的波形图。

[0031] 图17是表示实施方式3的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。

[0032] 图18是表示实施方式4的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。

[0033] 图19是表示实施方式4的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。

具体实施方式

[0034] 实施方式1.

[0035] 图1是表示实施方式1的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。如图1所示,磁齿轮装置100由具备旋转电机10和磁齿轮20的驱动单元构成。

[0036] 图2是表示磁齿轮装置100内的旋转电机10的结构的横剖视图,表示图1的A-A截面。

[0037] 图3是表示磁齿轮装置100内的磁齿轮20的结构的横剖视图,表示图1的B-B截面。

[0038] 如图所示,作为旋转电机10的旋转轴11的轴与磁齿轮20的输入部21连接,磁齿轮20将被输入到输入部21的旋转力传递到输出部22。在该情况下,磁齿轮20的输入部21与旋转电机10的旋转轴11一体构成。旋转电机10具备转子12和隔着磁隙设置在转子12的外周的定子15。

[0039] 转子12通过在转子铁芯14的外周面沿周向并排设置用作磁极的多个(M1个)、在该情况下为8个永磁铁13而成。永磁铁13在径向上被磁化,配置成彼此相邻的永磁铁13的极性反转。

[0040] 定子15具有朝向磁隙突出的多个(M2个)、在该情况下为12个齿16,在各齿16上卷绕有线圈17。这样,旋转电机10是具有8个永磁铁13和12个齿16的8极12槽的集中卷绕结构的例子。需要说明的是,在图2中,为了便于说明,省略线圈17的图示。

[0041] 磁齿轮20具备:构成磁极数少的少极机构的内侧磁铁筒23、构成磁极数多的多极机构的外侧磁铁筒26、以及在内侧磁铁筒23和外侧磁铁筒26之间从双方分别隔着磁隙31配置的磁性体筒30。

[0042] 内侧磁铁筒23通过在圆筒状的支承体24的外周面沿周向并排设置用作磁极的多个、在该情况下为8个第一永磁铁25而成。第一永磁铁25在径向上被磁化,配置成彼此相邻的第一永磁铁25的极性反转。外侧磁铁筒26通过在圆筒状的支承体27的内周面沿周向并排设置用作磁极的多个、在该情况下为40个第二永磁铁28而成。第二永磁铁28在径向上被磁化,配置成彼此相邻的第二永磁铁28的极性反转。

[0043] 配置在内侧磁铁筒23和外侧磁铁筒26之间的磁性体筒30通过在周向上隔开等间隔地排列由软磁体构成的N个、在该情况下为24个极片(pole piece)29而构成。

[0044] 在旋转电机10和磁齿轮20中,分别产生驱动力和齿轮作用的部分(图1的阴影线部分)由磁性材料构成。利用由铁或非磁性体等结构部件构成的框架(旋转电机框架18、磁齿轮框架32)以及托架(旋转电机托架19、磁齿轮托架33)保护该部分。

[0045] 磁齿轮20将内侧磁铁筒23、外侧磁铁筒26以及磁性体筒30配置成同心圆状,将这三个中的一个用作与输入部21连接的第一转子,将另一个用作与输出部22连接的第二转子,将剩下的一个用作定子。需要说明的是,不仅是磁齿轮20的第一永磁铁25、第二永磁铁28,对于由软磁体构成的N个极片29,也称为转子或定子的磁极。

[0046] 在该实施方式中,将内侧磁铁筒23作为第一转子,将外侧磁铁筒26作为第二转子,将磁性体筒30作为定子。旋转电机10的转子12、磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)以及第二转子(外侧磁铁筒26)由多个轴承35支承。

[0047] 即,在该实施方式中,旋转电机10的转子12和磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)设置在同轴上,磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)与旋转电机10的旋转轴11一起旋转。第一转子(内侧磁铁筒23)的第一永磁铁25以依次横穿作为定子的磁性体筒30的极片29的方式旋转,对第二转子(外侧磁铁筒26)的第二永磁铁28施加磁动势。而且,第二转子(外

侧磁铁筒26)向与第一转子(内侧磁铁筒23)相反的方向旋转。

[0048] 磁齿轮装置100如上所述构成,通过磁齿轮20对由旋转电机10生成的驱动力进行减速增转矩化或增速减转矩化,并从与磁齿轮20的输出轴对应的输出部22输出。在该实施方式中,表示进行减速增转矩化的结构。

[0049] 第一转子(内侧磁铁筒23)的第一永磁铁25的个数为8个,第二转子(外侧磁铁筒26)的第二永磁铁28的个数为40个,极片29的个数为24个,因此,磁齿轮20的齿轮比为(40/2)/(8/2)=5。即,磁齿轮20将被输入到输入部21的旋转力减速至1/5倍且增转矩化至5倍后输出到输出部22。

[0050] 图4是表示磁齿轮20的各部分的位置关系的局部横剖视图。在图4中,将第一转子(内侧磁铁筒23)的一个第一永磁铁25与磁性体筒30的极片29一起提取而进行图示。即,以机械角度(以下称为机械角)计为45°(=(360°/8))的周向范围。

[0051] 图5是表示磁齿轮装置100的磁齿轮转矩的波形图。在图5中,表示使第一转子(内侧磁铁筒23)以电气角度(以下称为电气角)旋转360°、即以机械角旋转90°(=(360°/(8/2))时的第一转子(内侧磁铁筒23)的转矩波形。

[0052] 如图5所示,可知在第一转子(内侧磁铁筒23)旋转电气角360°的期间,磁齿轮转矩产生6次转矩脉动。该转矩脉动是通过在与周期性地配置的第一永磁铁25相向的位置同样地周期性地配置作为磁性体的极片29而产生的,也被称为齿槽转矩。转矩脉动的次数由第一永磁铁25和极片29的个数关系决定。在具有第一永磁铁25的第一转子(内侧磁铁筒23)以机械角旋转360°的情况下,成为第一永磁铁25的个数和极片29的个数的最小公倍数LCM的倍数,这作为一般的理论是已知的。

[0053] 在该情况下,LCM(8、24)=24,磁齿轮转矩中包含在机械角360°中振动24K(K为自然数)次的分量。因此,在电气角360°中振动6K(=(24K/(8/2))次,大量包含K=1时振动6次的分量,与图5所示的结果一致。

[0054] 需要说明的是,图5所示的转矩波形的相位将包含如下截面时表示为初始角度0°,该截面是在图4中如中心线41所示向箭头40的方向旋转的第一转子(内侧磁铁筒23)的周向磁极中心位置与极片29的周向中心位置一致的截面。

[0055] 图6是表示旋转电机10的各部分的位置关系的局部横剖视图。在图6中,提取旋转电机10的转子12的一个永磁铁13的周向范围(机械角45°的范围)内的、转子铁芯14和永磁铁13、以及定子15的一个齿16进行图示。

[0056] 在图6中,以向箭头42的方向旋转的转子12的周向磁极中心位置(中心线43)与齿16的周向中心位置(中心线44)一致时为基准,转子12的周向磁极中心位置(中心线43)的从齿16的周向中心位置(中心线44)偏移的偏移相位用θ表示。

[0057] 图7是表示不施加电流的情况下的旋转电机转矩的波形图。在图7中,表示在未对旋转电机10的线圈17施加电流时,使转子12旋转电气角360°的情况下,即以机械角旋转90°(=(360°/(8/2))时的转子12的转矩波形。

[0058] 在此,用点线表示无相位偏移的转矩波形,用实线表示相位偏移θ的转矩波形。无相位偏移的转矩波形将包含转子12的周向磁极中心位置与齿16的周向中心位置一致的截面时作为初始角度0°。另外,相位偏移θ的转矩波形将包含转子12的周向磁极中心位置与齿16的周向中心位置以相位θ偏移的截面时作为初始角度0°。

[0059] 如图7所示,旋转电机转矩与上述磁齿轮转矩同样地,具有以6次振动为主分量的转矩脉动。

[0060] 关于决定旋转电机10的振动的次数(阶次(order))的原理,除了周期性地配置的极片29与齿16对应这一点之外,也与磁齿轮20的情况相同。即,转子12以机械角旋转360°的情况下的转矩脉动的次数成为永磁铁13的数量即转子12的极数和齿16的数量的最小公倍数M的倍数。

[0061] 在该情况下,最小公倍数M(8、12)=24,旋转电机转矩中包含在机械角360°中振动24K(K为自然数)次的分量。因此,在电气角360°中振动6K(=(24K/(8/2))次,大量包含K=1时振动6次的分量,与图7所示的结果一致。

[0062] 在磁齿轮装置100中,旋转电机10的转子12与磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)连接,旋转电机转矩与磁齿轮转矩的合成转矩成为整体的转矩。

[0063] 在该实施方式中,磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)的第一永磁铁25的个数和极片29的个数的最小公倍数LCM,与旋转电机10的转子12的极数和齿16的数量的最小公倍数M一致。即,磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)的每旋转一周(机械角360°旋转)的主要的转矩脉动的阶次分量和旋转电机10的转子12的每旋转一周(机械角360°旋转)的主要的转矩脉动的阶次分量均为24,彼此一致。

[0064] 因此,旋转电机转矩的转矩脉动能够与磁齿轮转矩的转矩脉动相互抵消而降低。

[0065] 转矩脉动根据以下两个位置关系的相对关系而变动。一个是磁齿轮20的极片29与旋转电机10的齿16的位置关系。另一个是旋转电机10的转子12的永磁铁13与连接有旋转电机10的转子12和轴(旋转轴11)的磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)的第一永磁铁25的位置关系。

[0066] 即,在第一转子(内侧磁铁筒23)的周向磁极中心与定子(磁性体筒30)的周向磁极中心、即极片29的周向中心位置一致时,将使转子12的周向磁极中心从齿16的周向中心位置偏移的相位θ设为作为设定角度的参数,从而能够规定有助于转矩脉动的相位的上述相对关系。

[0067] 需要说明的是,图4所示的状态是第一转子(内侧磁铁筒23)的周向磁极中心与极片29的周向中心位置一致时。而且,调整该状态下的转子12的周向磁极中心位置(中心线43)的从齿16的周向中心位置(中心线44)偏移的偏移相位θ(参照图6)。由此,能够有效地降低转矩脉动,能够抑制因转矩脉动而引起的速度振动。

[0068] 图8是表示在磁齿轮装置100中不施加电流的情况下的、旋转电机转矩、磁齿轮转矩以及合成转矩的波形图。在该情况下,表示设为偏移相位θ=21°的情况下的旋转电机10的转矩波形(虚线)、磁齿轮20的转矩波形(点线)、以及将两者相加而合成的合成转矩波形(实线)。

[0069] 如图所示,合成转矩波形的转矩脉动的大小Tα、即波形的最大值与最小值之差(P-P)与旋转电机10的转矩波形以及磁齿轮20的转矩波形相比显著变小,转矩脉动显著降低。

[0070] 图9是表示在磁齿轮装置100中与旋转电机10的转子12的偏移相位θ相应的合成转矩的转矩脉动的变化的波形图。在此,在作为旋转电机转矩以及磁齿轮转矩中的转矩脉动的主分量的、每电气角360°振动6次的分量的一个周期量、即电气角60°(=(360/6))的范围内,使偏移相位θ变化。而且,表示与偏移相位θ相应的转矩脉动的大小(P-P)的变动。

[0071] 将旋转电机转矩的转矩脉动的大小和磁齿轮转矩的转矩脉动的大小中的较小的一方的转矩脉动的大小设为Tβ。参照图6以及图7,在该情况下,Tβ是磁齿轮转矩的转矩脉动的大小,约为5.0。

[0072] 如图9所示,当用电气角表示θ时,合成转矩的转矩脉动在θ=21°附近取极小值Tα,在θ的范围(12.3°<θ<25.5°)内,与磁齿轮转矩以及旋转电机转矩的各转矩脉动相比降低。

[0073] 接着,具有转矩脉动的降低效果的偏移相位θ的范围根据转子的永磁铁以及磁性体(极片或齿等)的形状、配置等的结构而变化,因此,以下对一般认为具有降低效果的θ的范围进行研究。

[0074] 图10是表示在磁齿轮装置100中磁齿轮转矩的频率分析结果的振幅的图。图11是表示在磁齿轮装置100中旋转电机转矩的频率分析结果的振幅的图。

[0075] 如上所述,磁齿轮转矩以及旋转电机转矩的各转矩脉动的主要的分量包含永磁铁(25、13)和磁性体(齿16、极片29)的个数的最小公倍数的倍数分量,特别是1倍以及2倍的分量占主导地位。在该实施方式中,由于电气角360°时的转矩脉动的阶次为6K,因此,可知6阶分量(K=1)和12阶分量(K=2)占主导地位。另外,通常已知在很多结构中这些1倍(K=1)以及2倍(K=2)的阶次分量占主导地位,因此,着眼于这两个分量的降低。需要说明的是,两个分量的大小关系根据旋转电机10以及磁齿轮20的结构而不同。

[0076] 图12是在磁齿轮装置100中将转矩的6阶分量一般化表示的波形图。在此,在磁齿轮转矩以及旋转电机转矩中,仅提取6阶分量,并在电气角360°范围内表示将振幅一般化为1的转矩波形。在该情况下,转矩脉动的大小TA为2.0。

[0077] 另外,图13是在磁齿轮装置100中将转矩的12阶分量一般化表示的波形图。在此,在磁齿轮转矩以及旋转电机转矩中,仅提取12阶分量,并在电气角360°范围内表示将振幅一般化为1的转矩波形。在该情况下,转矩脉动的大小TB为2.0。

[0078] 在图12以及图13中,用点线表示转矩波形的最大值为初始角度的情况,用实线表示具有相位偏移了偏移相位θ的相位偏移的情况下的转矩波形。

[0079] 如上所述,在该实施方式中,在将旋转电机转矩和磁齿轮转矩相加而合成时,通过调整转子12的周向磁极中心位置的从齿16的周向中心位置偏移的偏移相位θ,能够有效地降低转矩脉动。

[0080] 在图12以及图13中,将无相位偏移的转矩波形(点线)假定为磁齿轮转矩,将相位偏移θ的转矩波形(实线)假定为旋转电机转矩,将两者相加,从而能够生成合成转矩的6阶分量和12阶分量的转矩波形。

[0081] 图14是在磁齿轮装置100中将合成转矩的6阶分量和12阶分量的转矩脉动一般化表示的波形图。

[0082] 在图14中,对于基于图12以及图13生成的6阶分量的合成转矩以及12阶分量的合成转矩,表示与偏移相位θ相应的转矩脉动的变化。在该情况下,也是在作为旋转电机转矩以及磁齿轮转矩中的转矩脉动的主分量的、每电气角360°振动6次的分量的一个周期量、即电气角60°(=(360/6))的范围内,使偏移相位θ变化。而且,表示与偏移相位θ相应的转矩脉动的大小(P-P)的变动。

[0083] 当用电气角表示θ时,6阶分量的合成转矩的转矩脉动在20°<θ<40°的范围内,与合成前转矩的转矩脉动TA、TB(=2.0)相比降低。另外,12阶分量的合成转矩的转矩脉动在10°

<θ<20°以及40°<θ<50°的范围内,与合成前转矩的转矩脉动TA、TB(=2.0)相比降低。

[0084] 即,可知6阶分量或12阶分量的合成转矩的转矩脉动在10°<θ<50°的θ范围内与合成前转矩的转矩脉动相比降低。

[0085] 图9所示的θ的范围(12.3°<θ<25.5°)是基于本实施方式的磁齿轮装置100的旋转电机10以及磁齿轮20的结构的例子,在上述θ范围(10°<θ<50°)内,因此,可以说明为由于合成而表现出降低效果。

[0086] 在该实施方式中,将旋转电机10的转子12的极数和齿16的数量的最小公倍数M作为转矩脉动的阶次,能够降低转子12每旋转机械角360°振动M次以及2M次的分量。而且,若将上述电气角的研究应用于机械角,则能够降低转矩脉动的偏移相位φ(:机械角)的范围为(360/M/6)°<φ<((360/M/6)×5))°。

[0087] 即,在第一转子(内侧磁铁筒23)的周向磁极中心与固定的极片29的周向中心位置一致时,如果是转子12的周向磁极中心与齿16的周向中心位置在相位(机械角)φ的范围(360/M/6)°<φ<((360/M/6)×5))°内偏移的位置关系,则能够有效地降低转矩脉动。

[0088] 如上所述,在该实施方式中,磁齿轮20的极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23)的极数的最小公倍数LCM,与旋转电机10的转子12的极数和齿16的个数的最小公倍数M一致。由此,作为磁齿轮20和旋转电机10的组合的磁齿轮装置100能够降低被输出的转矩脉动,能够抑制输出侧的速度振动。另外,在磁齿轮20中使用的第一永磁铁25、第二永磁铁27不需要特别的加工,能够容易且廉价地制造磁齿轮装置100。

[0089] 另外,在第一转子(内侧磁铁筒23)的周向磁极中心与固定的极片29的周向中心位置一致时,使转子12的周向磁极中心与齿16的周向中心位置相位偏移设定角度量,从而使旋转电机10的转矩脉动和磁齿轮20的转矩脉动相互降低。由此,能够有效地降低从磁齿轮装置100输出的合成转矩的转矩脉动,抑制输出侧的速度振动。

[0090] 另外,在该实施方式中,磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)的极数与旋转电机10的转子12的极数一致。由此,能够进行旋转电机10的转子12的永磁铁13和磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)的第一永磁铁25使用相同规格的产品的设计,能够降低制造成本。

[0091] 另外,在磁齿轮装置100中,通常从输出以及效率的观点出发,首先,决定旋转电机10的所需规格,与此相应地决定转子12的极数和齿16的个数。接着,选定磁齿轮20,以使磁齿轮转矩的转矩脉动和旋转电机转矩的转矩脉动能够通过抵消而降低。即,从磁齿轮20产生的转矩脉动的主要的阶次为旋转电机10产生的转矩脉动的阶次以上。

[0092] 在磁齿轮20中,与旋转电机10的输出轴连接的第一转子(内侧磁铁筒23)的极数优选为旋转电机10的转子12的极数以上。如上所述,在磁齿轮20的转矩脉动的阶次中,极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23)的极数的最小公倍数LCM占主导地位。因此,在第一转子(内侧磁铁筒23)的极数比旋转电机10的转子12的极数小的情况下,有时会使比旋转电机10产生的转矩脉动的阶次分量小的阶次的分量增加,作为整体有可能无法得到转矩脉动的降低效果。

[0093] 在该实施方式中,示出将磁齿轮20和8极12槽的旋转电机10组合而成的磁齿轮装置100,该磁齿轮20具备构成少极机构的8极的第一转子(内侧磁铁筒23)、构成多极机构的40极的第二转子(外侧磁铁筒26)、以及构成磁性体筒30的24个极片29。将该例子一般化,对将X、Y设为整数、将第一转子(内侧磁铁筒23)的极数设为2X、将第二转子(外侧磁铁筒26)的

极数设为2Y、将极片29的个数设为(X+Y)的磁齿轮20进行研究。

[0094] 在这样的磁齿轮20中,在第一转子(内侧磁铁筒23)以电气角旋转360°、即以机械角旋转(360/X)°的期间,磁齿轮转矩振动(最小公倍数LCM(2X、(X+Y))/X)次。因此,在第一转子(内侧磁铁筒23)旋转一周的期间磁齿轮转矩振动的次数为(LCM(2X、(X+Y))/X)×(360/(360/X))=LCM(2X、(X+Y))。

[0095] 由此,如果旋转电机10的转子12的极数和齿16的个数的最小公倍数M与同旋转电机10的旋转轴11连接的第一转子(内侧磁铁筒23)的极数和极片29的个数的最小公倍数LCM一致,则能够进行可以通过抵消来降低磁齿轮转矩的转矩脉动和旋转电机转矩的转矩脉动的调整,这是显而易见的。

[0096] 需要说明的是,在上述实施方式中,旋转电机10的旋转轴11与磁齿轮20的输入部21一体构成,但并不限于此。

[0097] 图15是表示实施方式1的另一例的磁齿轮装置100的结构的纵剖视图。

[0098] 如图15所示,旋转电机10的旋转轴11经由联轴器等旋转力的连接机构36与磁齿轮20的输入部21连接。连接机构36除了联轴器以外,也可以是带、机械式齿轮或磁耦合器等。

[0099] 这样,在经由旋转力的连接机构36将旋转电机10的旋转轴11与磁齿轮20的输入部21连接的情况下,也能够得到与上述实施方式1同样的效果。

[0100] 另外,在上述实施方式中,示出极片29被固定的例子,但极片29也可以是旋转自由且能够任意地进行相位调整的结构,能够得到同样的效果。

[0101] 实施方式2.

[0102] 在上述实施方式1中,对在磁齿轮装置100中不施加电流的情况下的转矩脉动的降低进行了说明。在该实施方式2中,对在磁齿轮装置100中对旋转电机10施加电流的情况下的转矩脉动的降低进行说明。需要说明的是,该实施方式的磁齿轮装置100的结构是上述实施方式1的图1～图3所示的同样的结构。

[0103] 图16是表示在实施方式2的磁齿轮装置中施加电流时的旋转电机转矩、磁齿轮转矩以及合成转矩的波形图。

[0104] 如上所述,在磁齿轮装置100中,旋转电机10的转子12与磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)连接,旋转电机转矩与磁齿轮转矩的合成转矩成为整体的转矩。在图16中,表示对旋转电机10的线圈17施加电流的情况下的旋转电机10的转矩波形(虚线)、磁齿轮20的转矩波形(点线)、以及将两者相加而合成的合成转矩波形(实线)。

[0105] 磁齿轮转矩与上述实施方式1的图5所示的转矩波形相同,即,在第一转子(内侧磁铁筒23)旋转电气角360°的期间,产生6次转矩脉动。如上所述,由于作为第一永磁铁25的个数的第一转子(内侧磁铁筒23)的极数和极片29的个数的最小公倍数LCM为24,因此,磁齿轮转矩在电气角360°中振动6K(=(24K/(8/2))次。由此,大量包含K=1时振动6次的分量。

[0106] 如图16所示,可知旋转电机转矩在使转子12旋转电气角360°的期间,振动6次的6阶转矩脉动分量占主导地位。通常已知,旋转电机10在施加电流时,在以电气角旋转360°的期间,将N1设为自然数振动(6×N1)次的转矩脉动的分量增加。

[0107] 如图所示,合成转矩波形的转矩脉动的大小Tγ、即波形的最大值与最小值之差(P-P)与旋转电机10的转矩波形以及磁齿轮20的转矩波形相比显著变小、转矩脉动显著降低。

[0108] 在该实施方式2中,也与上述实施方式1同样地,如果旋转电机10的转矩脉动的主要的阶次与磁齿轮20的转矩脉动的主要的阶次一致,则通过相位关系的调整,合成转矩能够得到转矩脉动的降低效果。即,只要满足旋转电机10的转子12的极数×(3×N1)与同旋转电机10的旋转轴11连接的第一转子(内侧磁铁筒23)的极数和极片29的个数的最小公倍数LCM一致的条件,在对旋转电机10施加电流时,就能够得到转矩脉动的降低效果。

[0109] 在该情况下,上述最小公倍数LCM(=24)是旋转电机10的转子12的极数(=8)的3倍,作为N1=1,满足上述条件,能够得到转矩脉动的降低效果。

[0110] 另外,施加电流时的旋转电机10的转矩脉动的相位根据电流的振幅和相位的状态以及旋转电机10的截面形状而变动。因此,关于相位的调整方法,在想要赋予低振动化的所希望的电流的振幅以及相位的状态下,进行消除转矩脉动的配置。例如,在汽车的驱动用电机中,由于在低~中转矩区域中的运转状态较多,因此,在这些转矩区域中的电流的振幅以及相位的条件下,成为消除转矩脉动的相位关系。

[0111] 关于此时的相位调整,也与上述实施方式1同样地,能够通过调整第一转子(内侧磁铁筒23)的周向磁极中心与极片29的周向中心位置一致时的、转子12的周向磁极中心与齿16的周向中心位置之间的相位(偏移相位θ)来进行。而且,通过以使旋转电机10的转矩脉动和磁齿轮20的转矩脉动相互降低的方式进行相位调整,能够有效地降低转矩脉动,能够抑制因转矩脉动而引起的速度振动。

[0112] 将上述实施方式1所示的、磁齿轮20的极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23)的极数的最小公倍数LCM与旋转电机10的转子12的极数和齿16的个数的最小公倍数M一致的条件作为第一条件。而且,将该实施方式所示的、磁齿轮20的极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23)的极数的最小公倍数LCM与旋转电机10的转子12的极数×(3×N1)一致的条件作为第二条件。若这样设定第一条件和第二条件,则只要满足第一条件和第二条件中的至少一个,就能够得到转矩脉动的降低效果。

[0113] 在该实施方式中使用的磁齿轮装置100中,磁齿轮20的极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23)的极数的最小公倍数LCM(=24)与旋转电机10的转子12的极数和齿16的个数的最小公倍数M(=24)一致,并且与转子12的极数的3倍一致,因此,满足第一条件和第二条件双方。因此,磁齿轮装置100在不施加电流的情况和施加电流的情况这两种情况下,都能够得到转矩脉动的降低效果。

[0114] 实施方式3.

[0115] 图17是表示实施方式3的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。

[0116] 如图17所示,磁齿轮装置100A由具备旋转电机10和磁齿轮20A的驱动单元构成。

[0117] 旋转电机10与上述实施方式1相同。磁齿轮20A具备:构成磁极数少的少极机构的内侧磁铁筒23、构成磁极数多的多极机构的外侧磁铁筒26A、以及在内侧磁铁筒23和外侧磁铁筒26A之间从双方分别隔着磁隙31配置的磁性体筒30A。横截面成为与图3同样的结构,但内侧磁铁筒23内的第一永磁铁25的个数、外侧磁铁筒26A内的第二永磁铁28的个数、以及磁性体筒30A内的极片29的个数的组合不同。

[0118] 磁齿轮20A将内侧磁铁筒23、外侧磁铁筒26A以及磁性体筒30A配置成同心圆状,将这三个中的一个用作与输入部21连接的第一转子,将另一个用作与输出部22连接的第二转子,将剩下的一个用作定子。

[0119] 在该实施方式中,将内侧磁铁筒23作为第一转子,将磁性体筒30A作为第二转子,将外侧磁铁筒26A作为定子。

[0120] 其他结构与上述实施方式1相同。

[0121] 即,在该实施方式中,旋转电机10的转子12和磁齿轮20A的第一转子(内侧磁铁筒23)设置在同轴上,磁齿轮20A的第一转子(内侧磁铁筒23)与旋转电机10的旋转轴11一起旋转。由此,对配置在定子(外侧磁铁筒26A)和第一转子(内侧磁铁筒23)之间的第二转子(磁性体筒30A)的极片29施加磁动势。而且,第二转子(磁性体筒30A)向与第一转子(内侧磁铁筒23)相同的方向旋转。

[0122] 这样,磁齿轮装置100A通过磁齿轮20A对由旋转电机10生成的驱动力进行减速增转矩化或增速减转矩化,并从与磁齿轮20A的输出轴对应的输出部22输出。

[0123] 磁齿轮20A的内侧磁铁筒23内的第一永磁铁25的个数、外侧磁铁筒26A内的第二永磁铁28的个数、以及磁性体筒30A内的极片29的个数N的组合如下所示。将X、Y(>X)设为自然数,将内侧磁铁筒23内的第一永磁铁25的个数设为2X,将外侧磁铁筒26A内的第二永磁铁28的个数设为2Y,将磁性体筒30A内的极片29的个数N设为(X+Y)。

[0124] 在第一转子(内侧磁铁筒23)相对于第二转子(磁性体筒30)以电气角旋转360°、即以机械角旋转(360/X+360/Y)°的期间,磁齿轮转矩振动极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23)的极数的最小公倍数LCM除以X而得到的次数、即(LCM(2X、(X+Y))/X)次。即,在第一转子(内侧磁铁筒23)以机械角旋转360°的期间磁齿轮转矩振动的次数为(LCM(2X、(X+Y))/X)×(360/(360/X+360/Y))=LCM(2X、(X+Y))×(Y/(X+Y))。

[0125] 因此,决定内侧磁铁筒23内的第一永磁铁25的个数、外侧磁铁筒26A内的第二永磁铁28的个数、以及磁性体筒30A内的极片29的个数N的组合来构成磁齿轮20A,以使旋转电机10的转子12的极数和齿16的个数的最小公倍数M与LCM(2X、(X+Y))×(Y/(X+Y))一致。

[0126] 即,将极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23)的极数的最小公倍数LCM的((定子(外侧磁铁筒26A)的极数)/N)倍作为第一数值,以满足第一数值与旋转电机10的转子12的极数和齿16的个数的最小公倍数M一致的第一条件的方式进行设定。

[0127] 由此,在不施加旋转电机10的电流的情况下,如果旋转电机10的主要的转矩脉动的阶次与磁齿轮20A的主要的转矩脉动的阶次一致,则通过相位关系的调整,能够相互抵消而降低,合成转矩的转矩脉动降低。

[0128] 在该情况下,也与上述实施方式1同样地,调整第一转子(内侧磁铁筒23)的周向磁极中心与定子(外侧磁铁筒26A)的周向磁极中心一致时的、转子12的周向磁极中心与齿16的周向中心位置之间的相位(偏移相位θ)。而且,通过以使旋转电机10的转矩脉动和磁齿轮20的转矩脉动相互降低的方式进行相位调整,能够有效地降低转矩脉动,能够抑制因转矩脉动而引起的速度振动。

[0129] 这样,磁齿轮装置100A能够降低被输出的转矩脉动,能够抑制输出侧的速度振动。

[0130] 另外,与上述实施方式1同样地,在磁齿轮20A中使用的第一永磁铁25、第二永磁铁28不需要特别的加工,能够容易且廉价地制造磁齿轮装置100A。

[0131] 需要说明的是,也可以将磁齿轮装置100A的结构设定为满足第二条件,该第二条件是极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23)的极数的最小公倍数LCM的((定子(外侧磁铁筒26A)的极数)/N)倍即上述第一数值与旋转电机10的转子12的极数×(3×N1)一致的条

件,在该情况下,如上述实施方式2所示,能够得到对旋转电机10施加电流的情况下的转矩脉动的降低效果。

[0132] 即,只要满足上述第一条件、第二条件中的至少一个,通过相位关系的调整,就能够得到转矩脉动的降低效果。另外,在满足第一条件和第二条件双方的情况下,磁齿轮装置100A在不施加电流的情况和施加电流的情况这两种情况下,都能够得到转矩脉动的降低效果。

[0133] 另外,在本实施方式中,成为具有极片29的磁性体筒30A作为第一转子而旋转的结构,与上述实施方式1相比,能够提高齿轮比。另外,由于磁齿轮20A的最外周部的外侧磁铁筒26A成为定子,因此,能够简化结构,能够降低制造成本。

[0134] 另外,磁齿轮20A优选满足与旋转电机10的输出轴连接的第一转子(内侧磁铁筒23)的极数为旋转电机10的转子12的极数以上的条件、以及第二转子(磁性体筒30A)的极片29的个数为旋转电机10的齿16的数量以上的条件中的至少一个条件。由此,能够可靠地选定磁齿轮20A,以使磁齿轮20A产生的转矩脉动的主要的阶次为旋转电机10产生的转矩脉动的阶次以上,能够抑制磁齿轮装置100A输出的合成转矩的转矩脉动。

[0135] 需要说明的是,在上述实施方式中,示出定子(外侧磁铁筒26A)被固定的例子,但定子(外侧磁铁筒26A)也可以是旋转自由且能够任意地进行相位调整的结构,能够得到同样的效果。

[0136] 需要说明的是,在上述各实施方式中,示出旋转电机10的旋转轴11和磁齿轮20、20A的旋转轴(输入部21)配置在同轴上的例子,但并不限定于此。只要是旋转电机10的旋转轴11与磁齿轮20、20A的输入部21连接的结构,就能够得到同样的效果。

[0137] 实施方式4.

[0138] 在该实施方式4中,表示上述实施方式3的磁齿轮装置100A中的旋转电机10的转子12和磁齿轮20的第一转子(内侧磁铁筒23)一体构成的结构。

[0139] 图18是表示实施方式4的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。

[0140] 如图18所示,磁齿轮装置100B由具备旋转电机10A和磁齿轮20B的驱动单元构成。在该情况下,旋转电机10A的转子12A与磁齿轮20B的第一转子(内侧磁铁筒23A)一体构成。其他结构与上述实施方式3相同。

[0141] 在该实施方式中,在磁齿轮20B和旋转电机10A中共用转子铁芯材料,能够进一步减少结构部件,因此,能够进一步削减制造成本。

[0142] 在该情况下,也只要满足上述实施方式3所示的第一条件、第二条件中的至少一个,与上述实施方式3同样地,通过相位关系的调整就能够降低转矩脉动,能够抑制输出侧的速度振动。第一条件是如下的条件:将极片29的个数N和第一转子(内侧磁铁筒23A)的极数的最小公倍数LCM的((定子(外侧磁铁筒26A)的极数)/N)倍作为第一数值,第一数值与旋转电机10的转子12的极数和齿16的个数的最小公倍数M一致。另外,第二条件是上述第一数值与旋转电机10的转子12的极数×(3×N1)一致的条件。

[0143] 需要说明的是,在上述实施方式4中,示出旋转电机10A和磁齿轮20B被收纳在同一框架18A中的结构,但也可以被收纳在不同的框架中。

[0144] 另外,在上述实施方式1～4中,示出磁齿轮20、20A、20B进行减速、增转矩化的减速齿轮的例子,但若将作为磁齿轮20、20A、20B的多极机构的外侧磁铁筒26用于第一转子,并

与旋转电机10、10A的旋转轴11连接,则能够实现进行增速、减转矩化的增速齿轮的结构。在这种情况下,也能够得到与上述各实施方式同样的效果。

[0145] 实施方式5.

[0146] 图19是表示实施方式5的磁齿轮装置的结构的纵剖视图。

[0147] 如图19所示,磁齿轮装置100C由具备旋转电机10和磁齿轮20C的驱动单元构成。

[0148] 在该实施方式中,磁齿轮20C将内侧磁铁筒23B、外侧磁铁筒26A以及磁性体筒30B配置成同心圆状,将磁性体筒30B作为第一转子,将内侧磁铁筒23B、外侧磁铁筒26A中的任一方作为第二转子,将另一方作为定子。在该情况下,图示将内侧磁铁筒23B用作第二转子、将外侧磁铁筒26A用作定子的情况。其他结构与上述实施方式1相同。

[0149] 在该情况下,将极片29的个数N和第二转子(内侧磁铁筒23B或外侧磁铁筒26A)的极数的最小公倍数的((定子(外侧磁铁筒26A或内侧磁铁筒23B)的极数)/N)倍作为第一数值。而且,以满足该第一数值与旋转电机10的转子12的极数和齿16的个数的最小公倍数M一致的第一条件的方式进行设定。

[0150] 由此,在不施加旋转电机10的电流的情况下,如果旋转电机10的主要的转矩脉动的阶次与磁齿轮20C的主要的转矩脉动的阶次一致,则通过相位关系的调整,能够相互抵消而降低,合成转矩的转矩脉动降低。

[0151] 在该情况下,也与上述实施方式1同样地,调整第一转子(磁性体筒30B)的周向磁极中心、即极片29的周向中心位置与定子(外侧磁铁筒26A或内侧磁铁筒23B)的周向磁极中心一致时的、转子12的周向磁极中心与齿16的周向中心位置之间的相位(偏移相位θ)。而且,通过以使旋转电机10的转矩脉动和磁齿轮20C的转矩脉动相互降低的方式进行相位调整,能够有效地降低转矩脉动,能够抑制因转矩脉动而引起的速度振动。

[0152] 另外,也可以设定为满足上述第一数值与旋转电机10的转子12的极数×(3×N1)一致的第二条件,在该情况下,如上述实施方式2所示,能够得到对旋转电机10施加电流的情况下的转矩脉动的降低效果。即,只要满足上述第一条件、第二条件中的至少一个,通过相位关系的调整,就能够得到转矩脉动的降低效果。

[0153] 需要说明的是,在上述各实施方式中,构成旋转电机10以及磁齿轮20、20A、20B、20C的各磁极的永磁铁不限于一个。在将永磁铁沿磁化方向、磁化正交方向及轴向、以及其他方向分割的情况下,也能够得到同样的效果。

[0154] 另外,示出旋转电机10以及磁齿轮20、20A、20B、20C是在与旋转轴正交的方向上具有磁隙的径向型的例子,但在与旋转轴平行的方向上具有磁隙的轴向型中也能够得到同样的效果。

[0155] 另外,示出旋转电机10为8极12槽的例子,但只要上述各实施方式所示的、磁齿轮20、20A、20B、20C的转子的极数和极片29的个数的关系满足上述条件,即使是其他的极槽数的结构,也能够得到同样的效果。

[0156] 另外,在上述实施方式1中,示出磁齿轮20的少极机构(内侧磁铁筒23)为8极、多极机构(外侧磁铁筒26)为40极、极片29为24个的例子,但例如也可以是以下的组合。

[0157] 若少极机构的极数Ns比多极机构的极数Nm小,将极片29的个数设为Np,则当1和m均为自然数时,满足(21-1)Np=Nm±(2m-1)Ns的关系。而且,对于上述各实施方式所示的、满足转矩脉动的降低条件的组合,也能够得到同样的效果。

[0158] 另外,在上述各实施方式中,旋转电机10以及磁齿轮20、20A、20B、20C的齿16、极片29、永磁铁13、25、28的形状均以最简单的形状表示,但也可以是以下所示的形状。例如,将齿16和极片29的形状设为朝向磁隙在径向上逐渐扩展的形状,或者设为将底部收窄的形状。另外,永磁铁13、25、28使用粘结磁铁,或者每一个磁极使用两个以上的永磁铁埋入成V字形等。无论在哪种情况下,只要与磁隙相关的极配置具有与上述各实施方式同样的相关性,就能够得到同样的效果。

[0159] 本申请记载了各种例示性的实施方式以及实施例,但一个或多个实施方式所记载的各种特征、方式以及功能并不限于特定的实施方式的应用,能够单独或以各种组合的方式应用于实施方式。

[0160] 因此,在本申请所公开的技术范围内可设想未例示的无数的变形例。例如,包括对至少一个构成要素进行变形的情况、追加的情况或省略的情况、以及提取至少一个构成要素并与其他实施方式的构成要素组合的情况。

[0161] 附图标记说明

[0162] 10、10A旋转电机、11旋转轴、12、12A转子、13永磁铁、15定子、16齿、20、20A、20B、20C磁齿轮、21输入部、22输出部、23、23A、23B内侧磁铁筒、25第一永磁铁、26、26A外侧磁铁筒、28第二永磁铁、29极片、30、30A、30B磁性体筒、31磁隙、100、100A、100B、100C磁齿轮装置、θ、φ偏移相位。

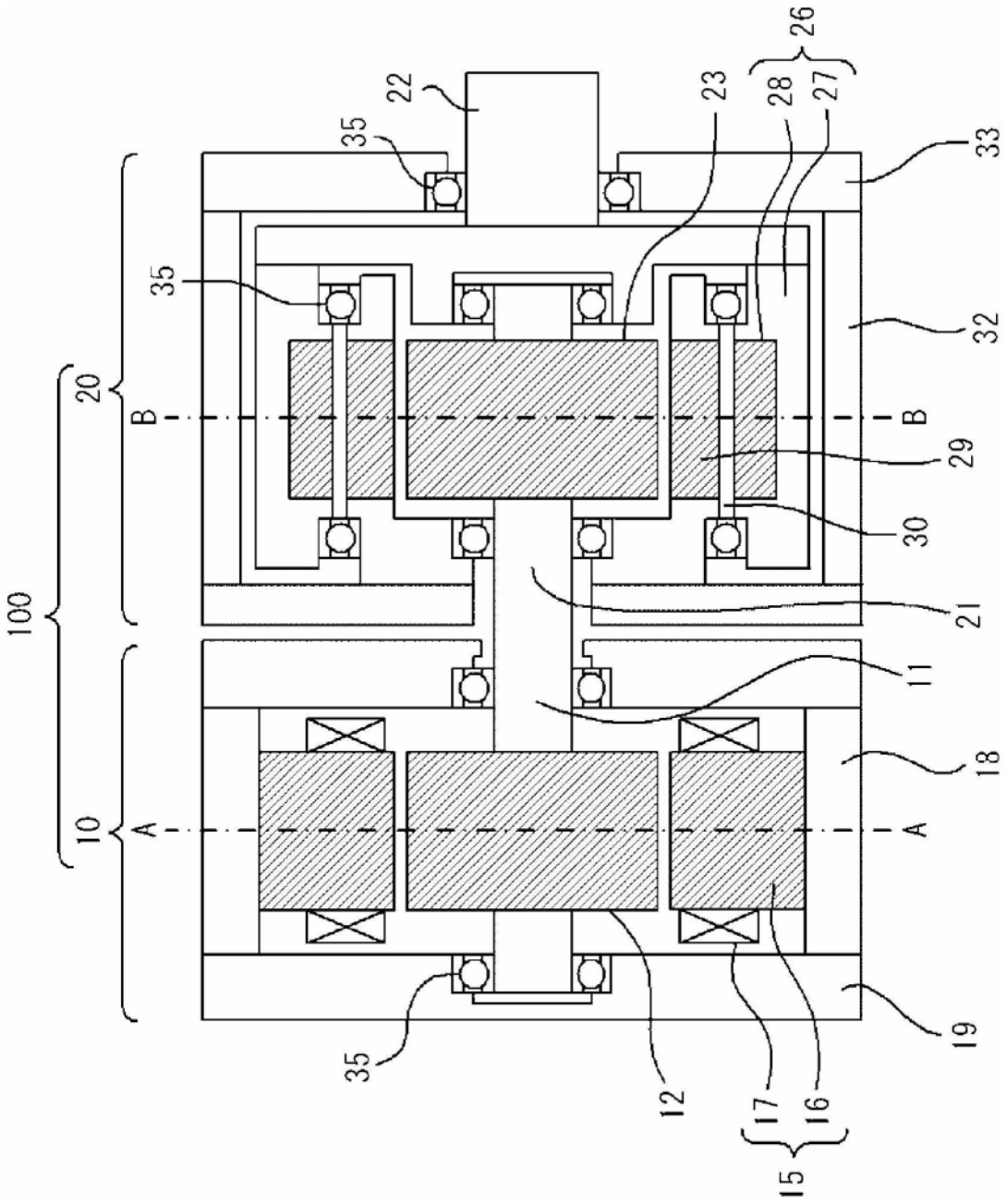


图1

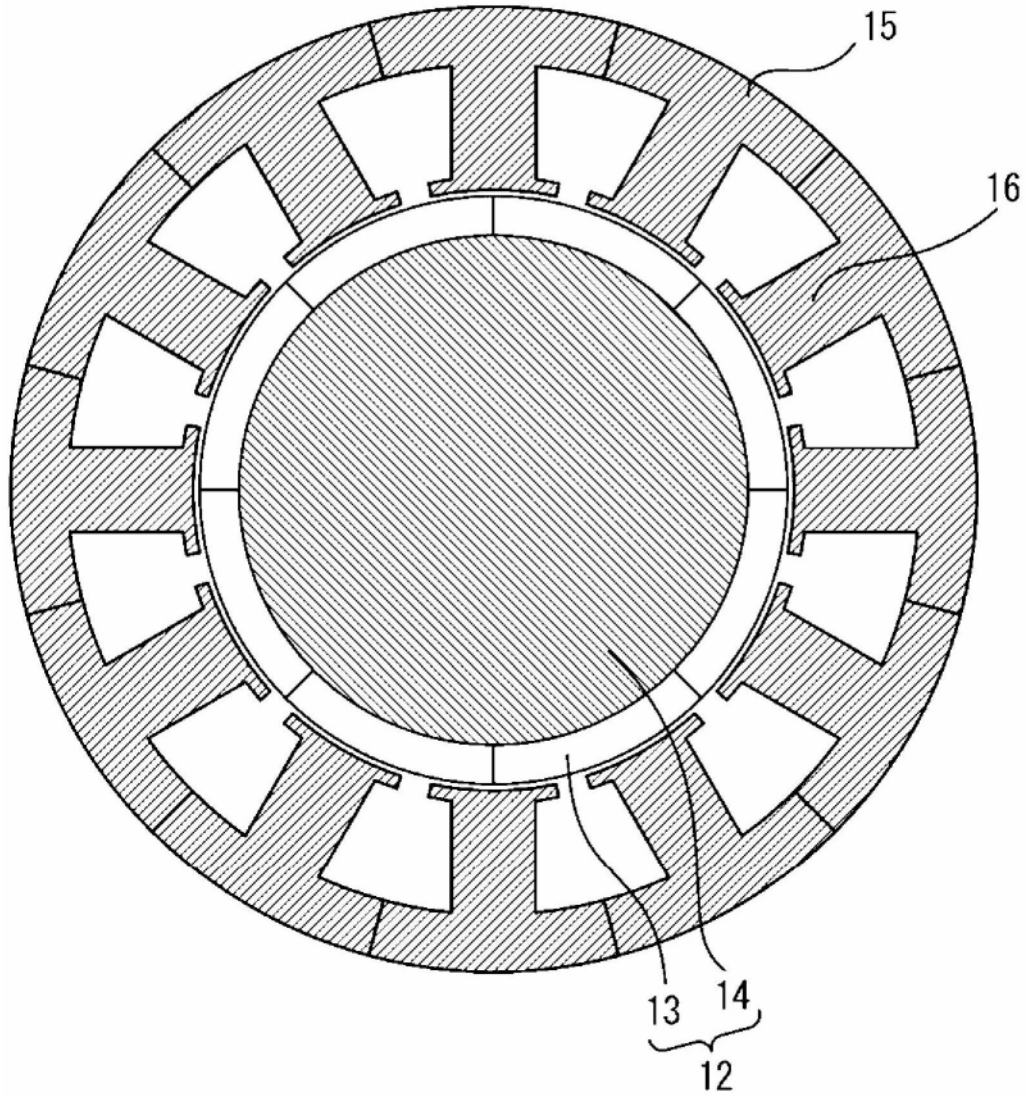


图2

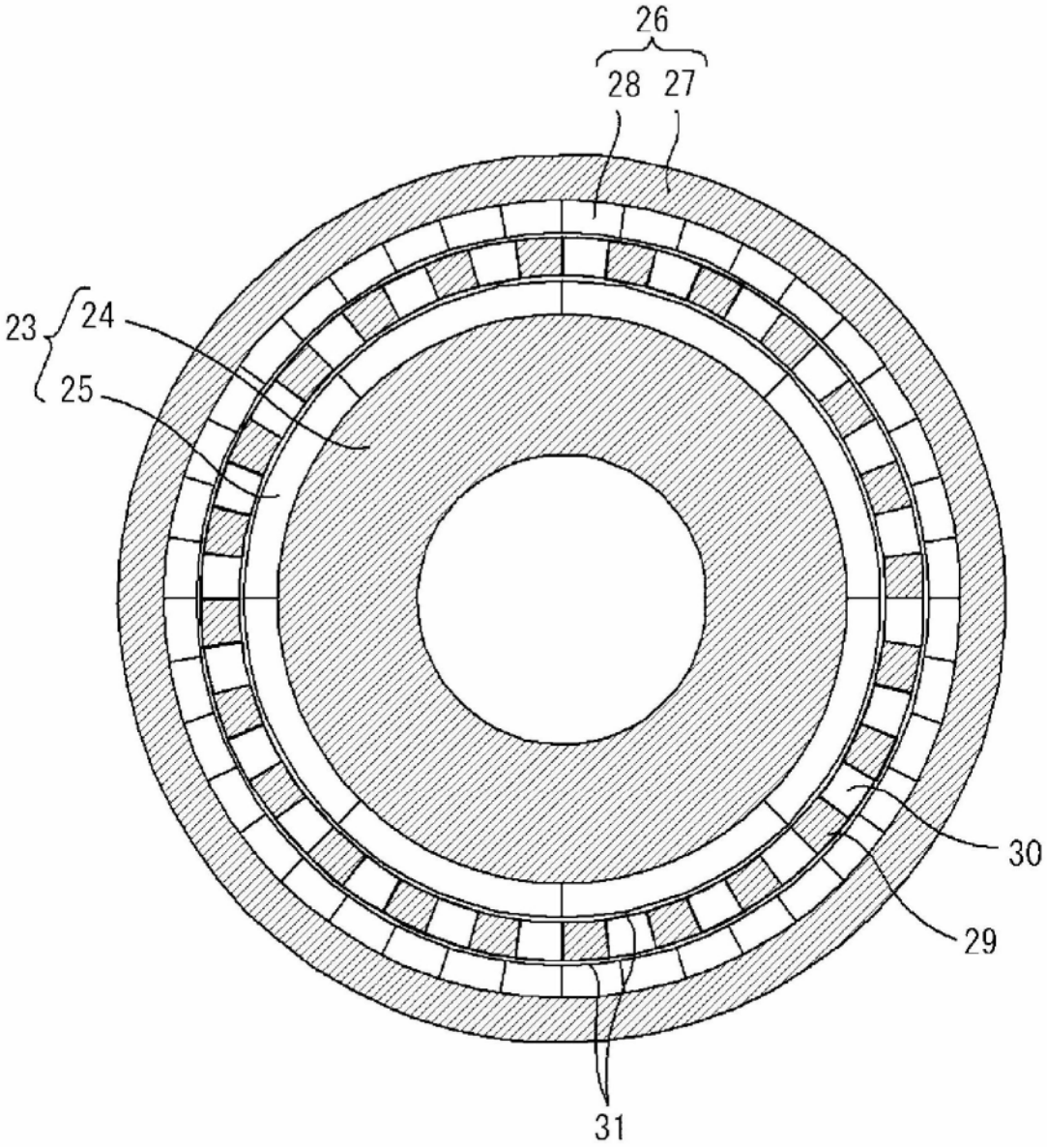


图3

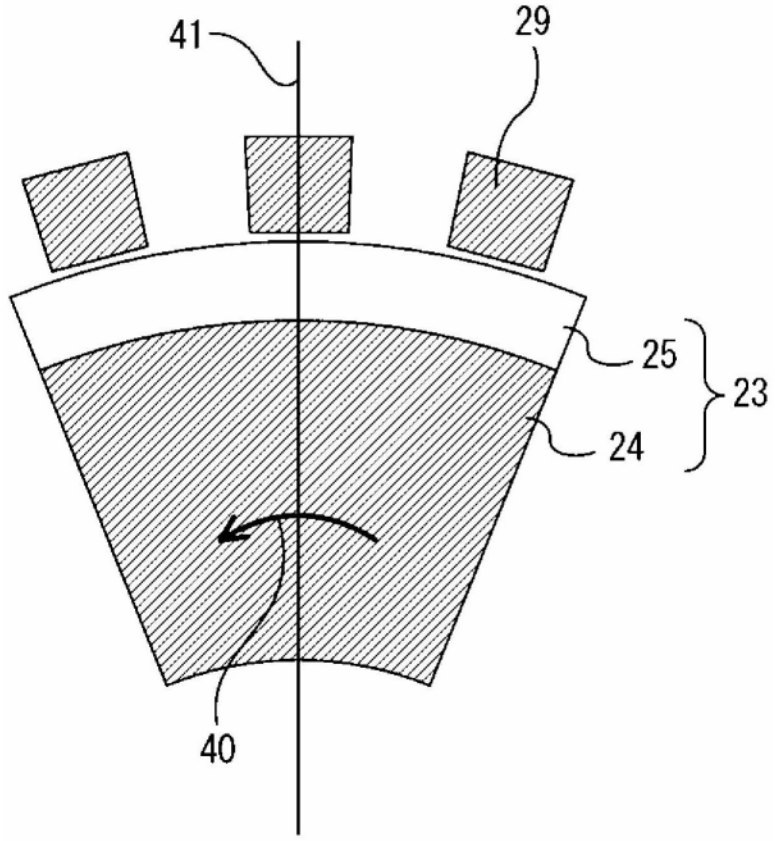


图4

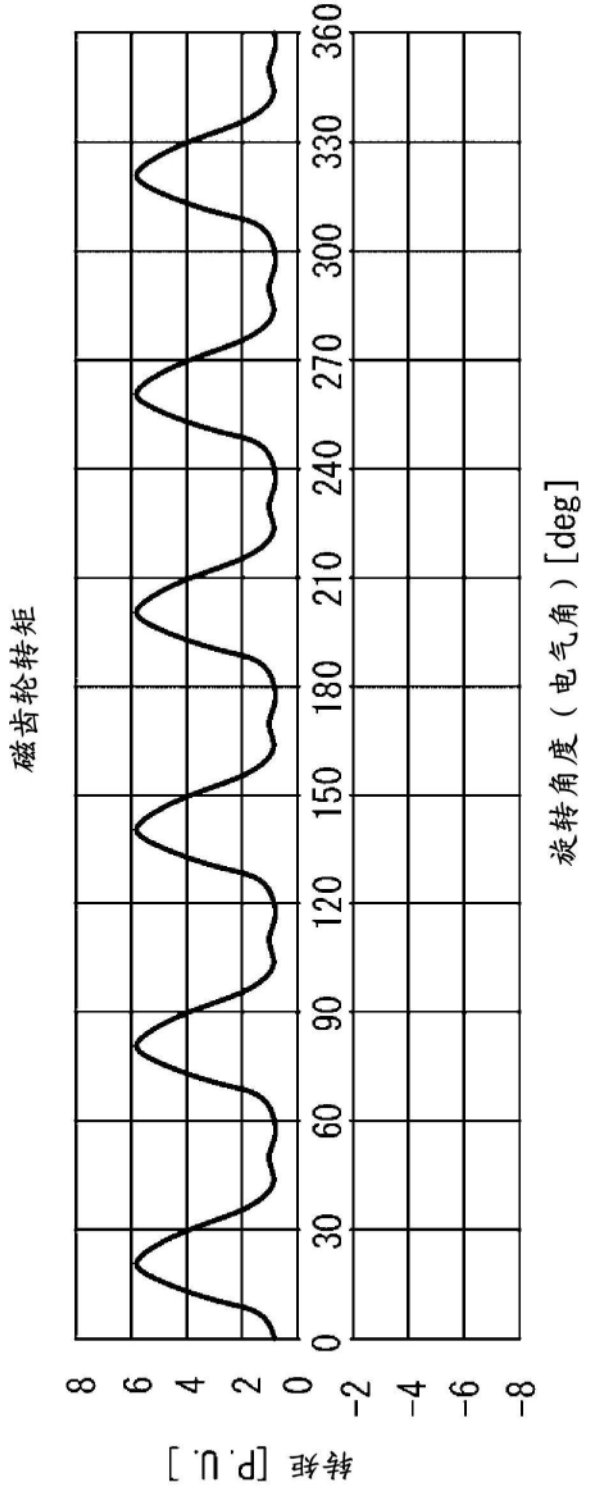

磁齿轮转矩
转矩 [P.U.]
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
旋转角度（电气角）[deg]

图5

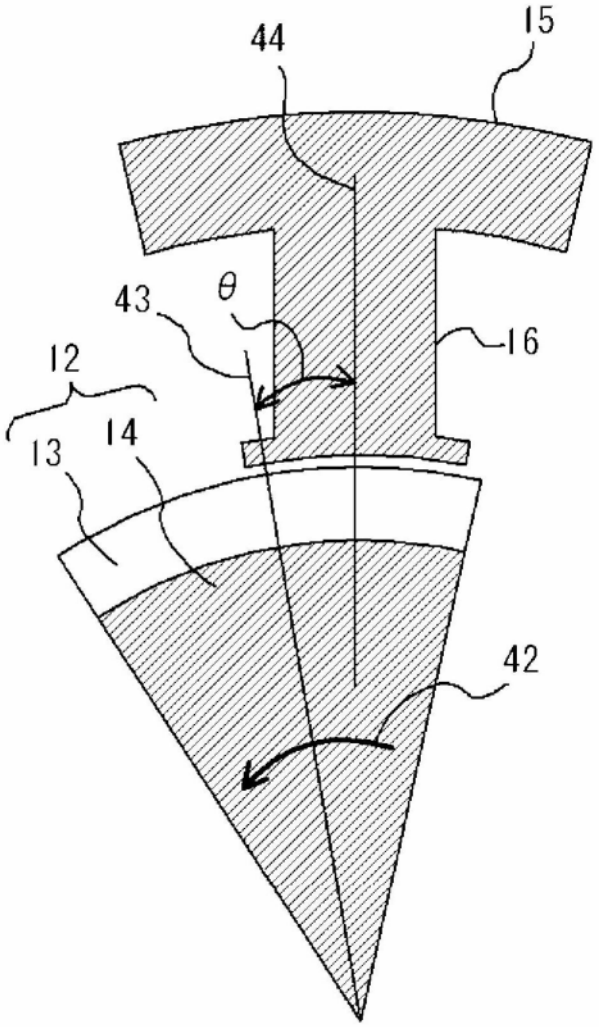


图6

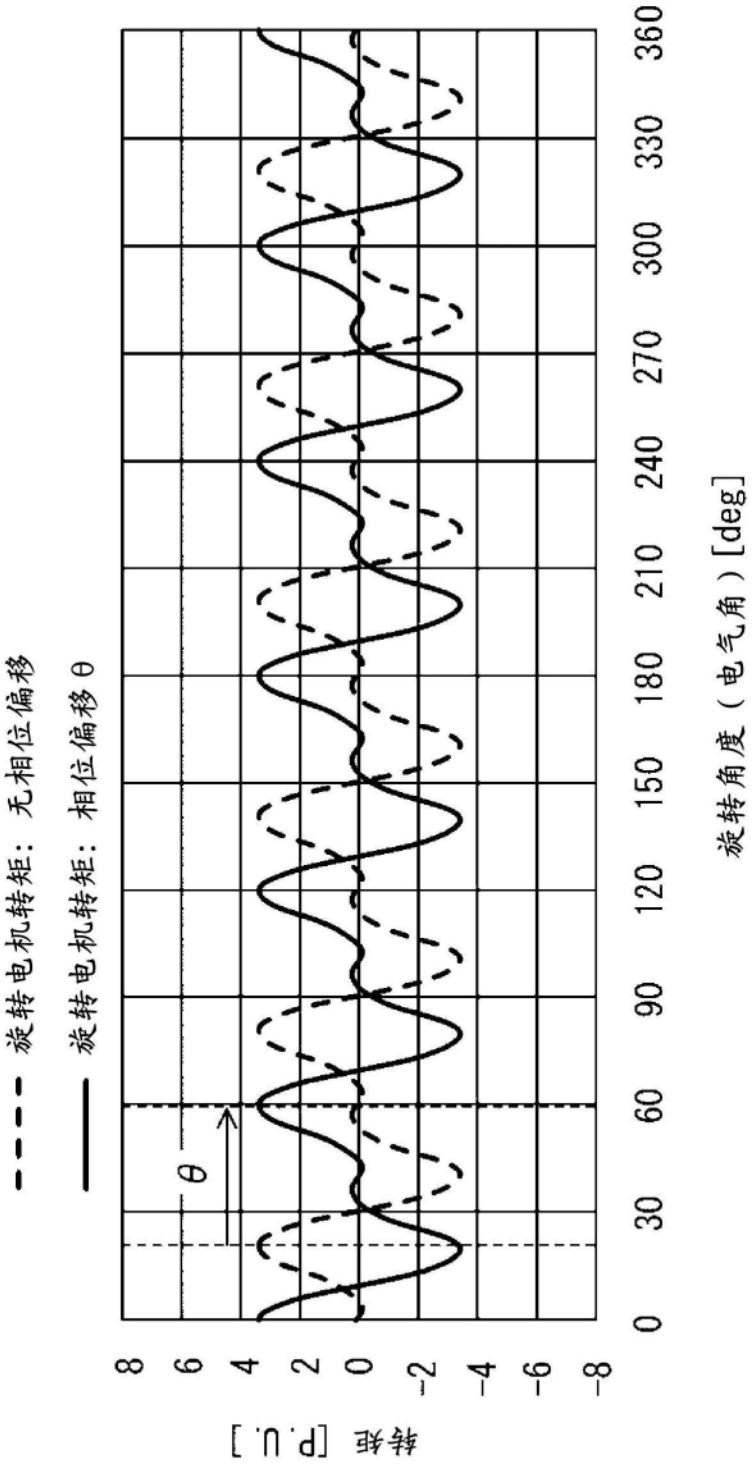

旋转电机转矩：无相位偏移
旋转电机转矩：相位偏移θ
θ
转矩 [P.U.]
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
旋转角度（电气角）[deg]

图7

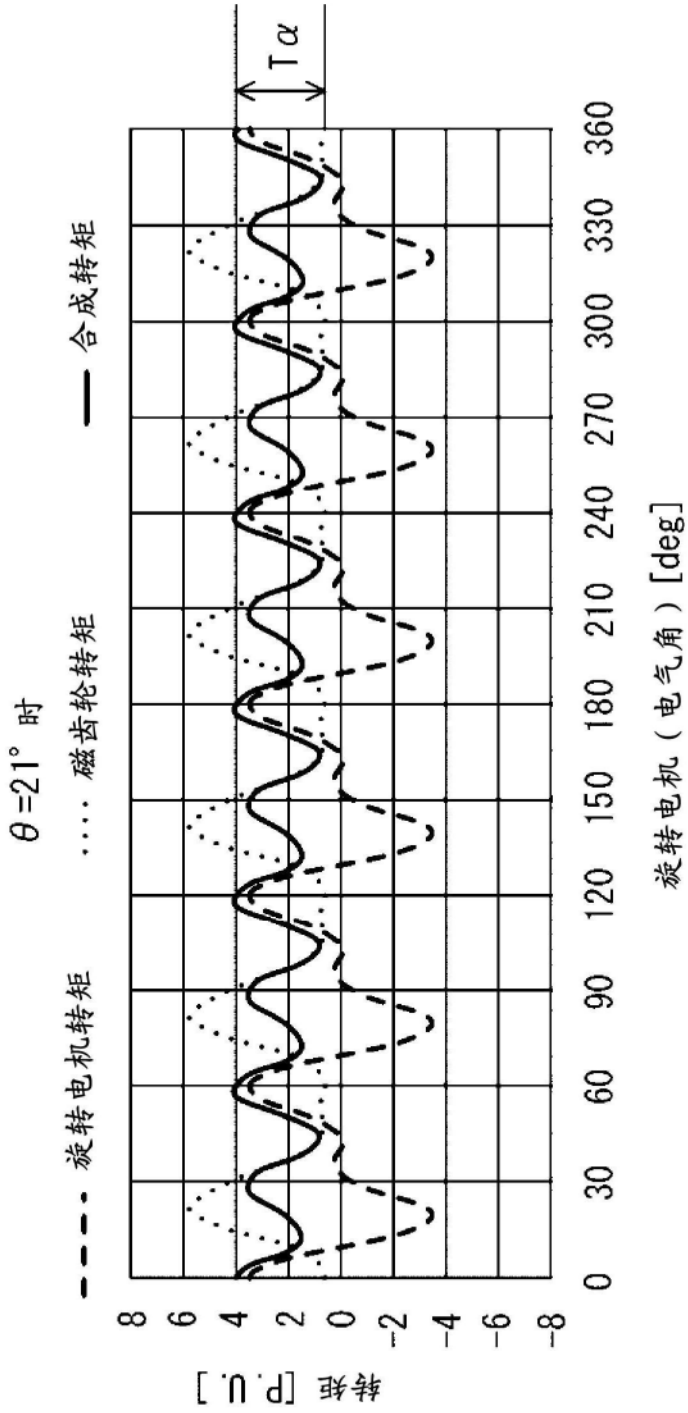

θ=21° 时
旋转电机转矩
磁齿轮转矩
合成转矩
Tα
转矩 [P.U.]
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
旋转电机（电气角）[deg]

图8

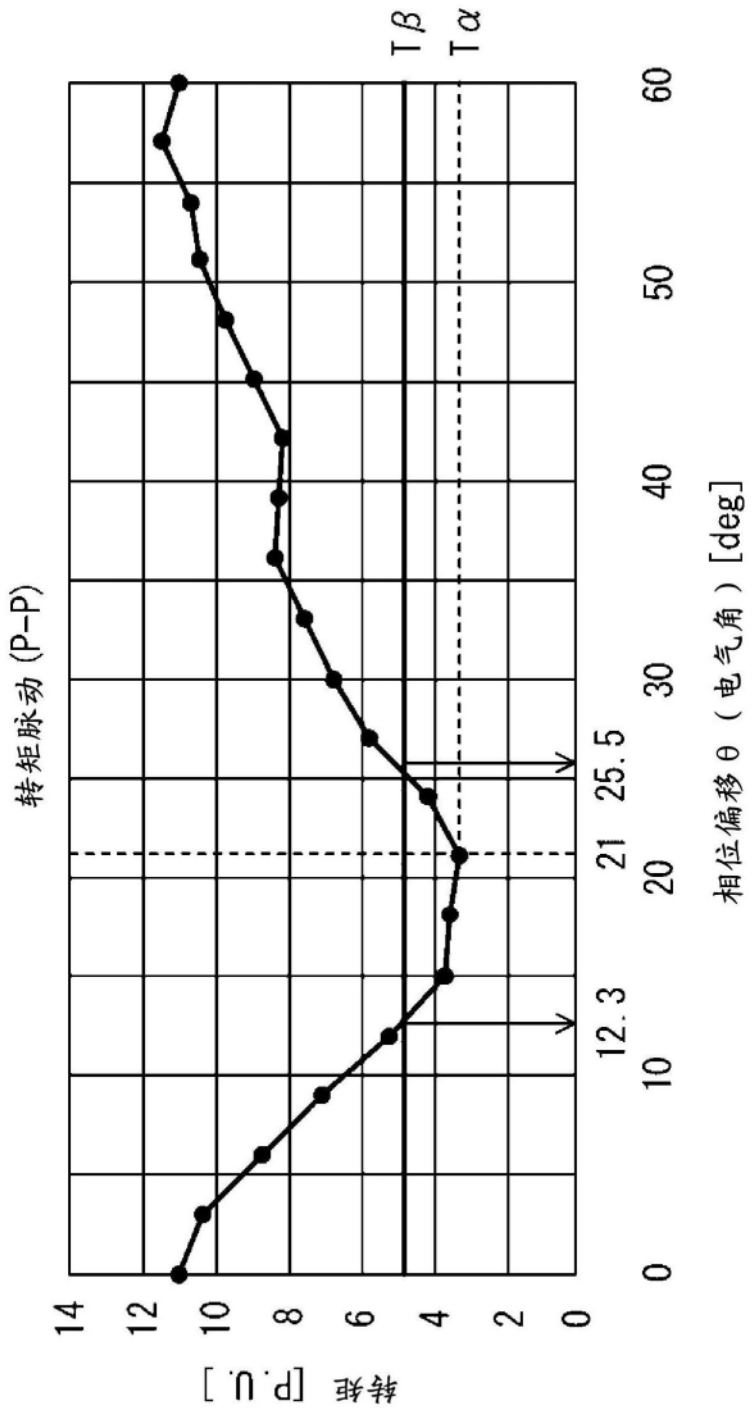

转矩脉动 (P-P)
转矩 [P.U.]
相位偏移θ（电气角）[deg]
Tβ
Tα
12.3
21
25.5
0
2
4
6
8
10
12
14
0
10
20
30
40
50
60

图9

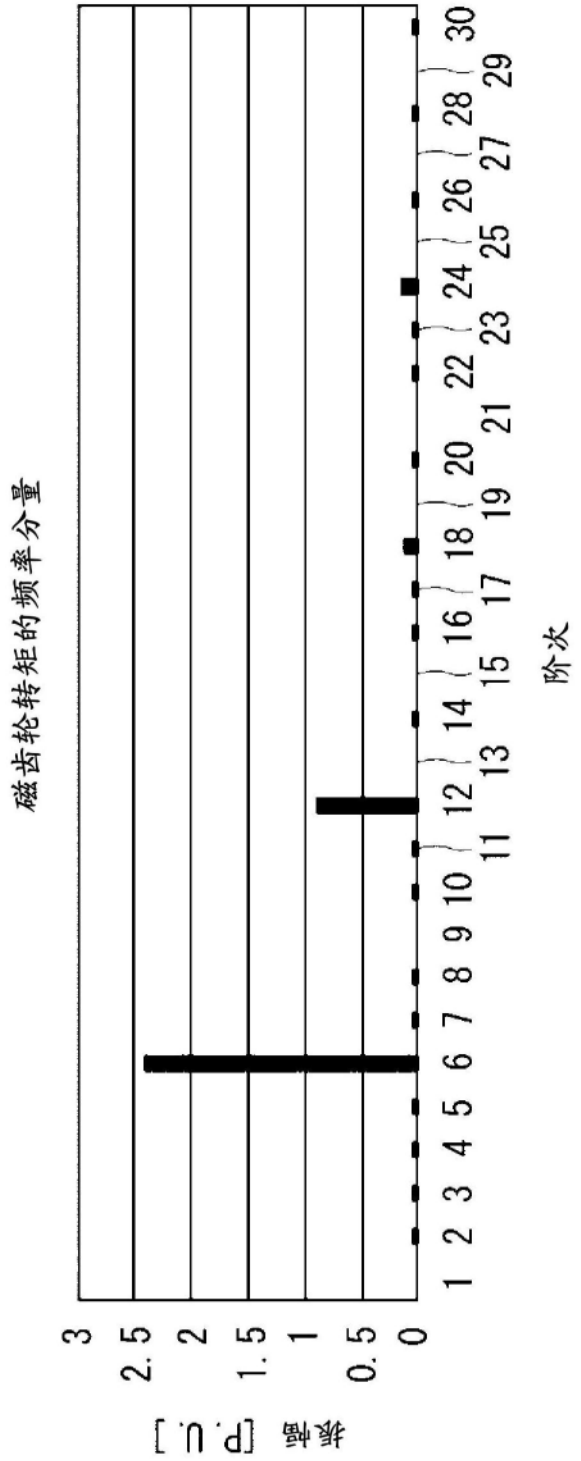

磁齿轮转矩的频率分量
振幅 [P.U.]
阶次
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

图10

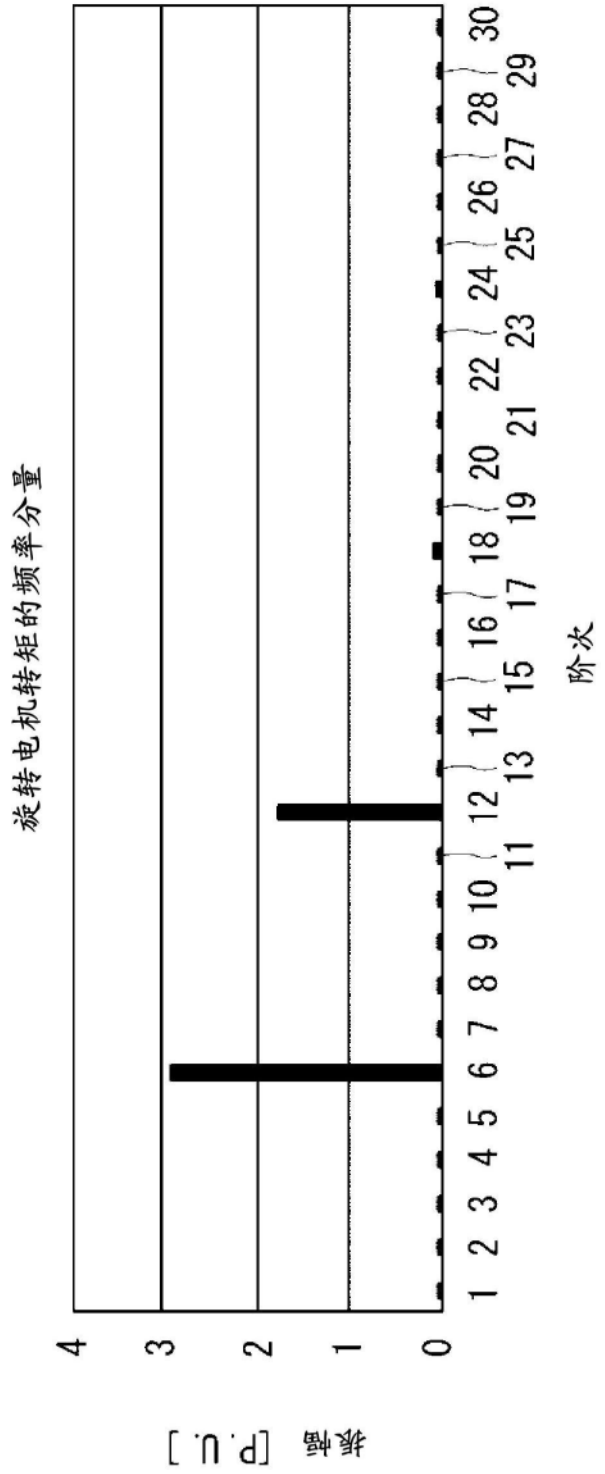

旋转电机转矩的频率分量
振幅 [P.U.]
4
3
2
1
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
阶次

图11

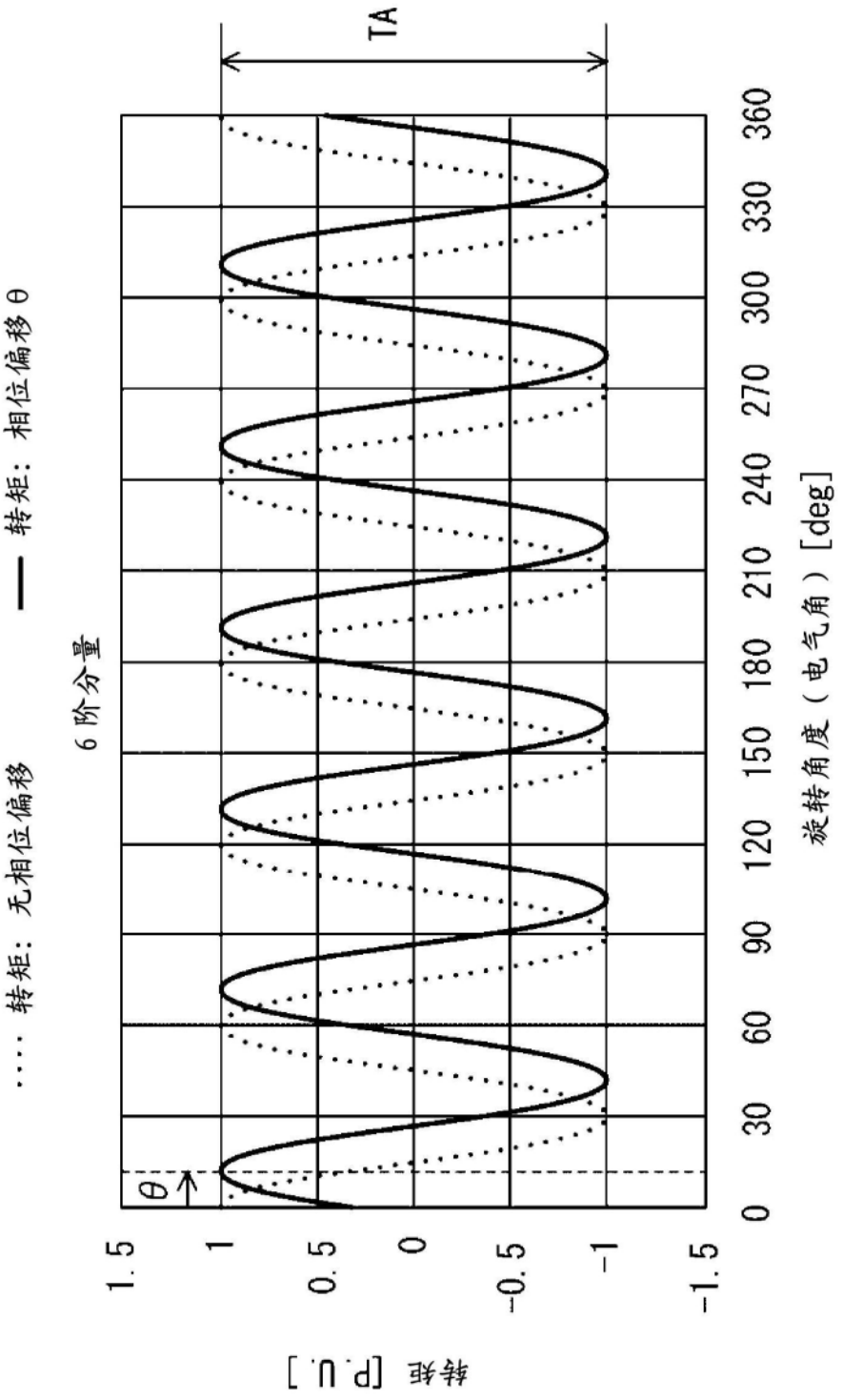

转矩 [P.U.]
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
θ
TA
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
旋转角度（电气角）[deg]
6 阶分量
转矩：相位偏移 θ
转矩：无相位偏移

图12

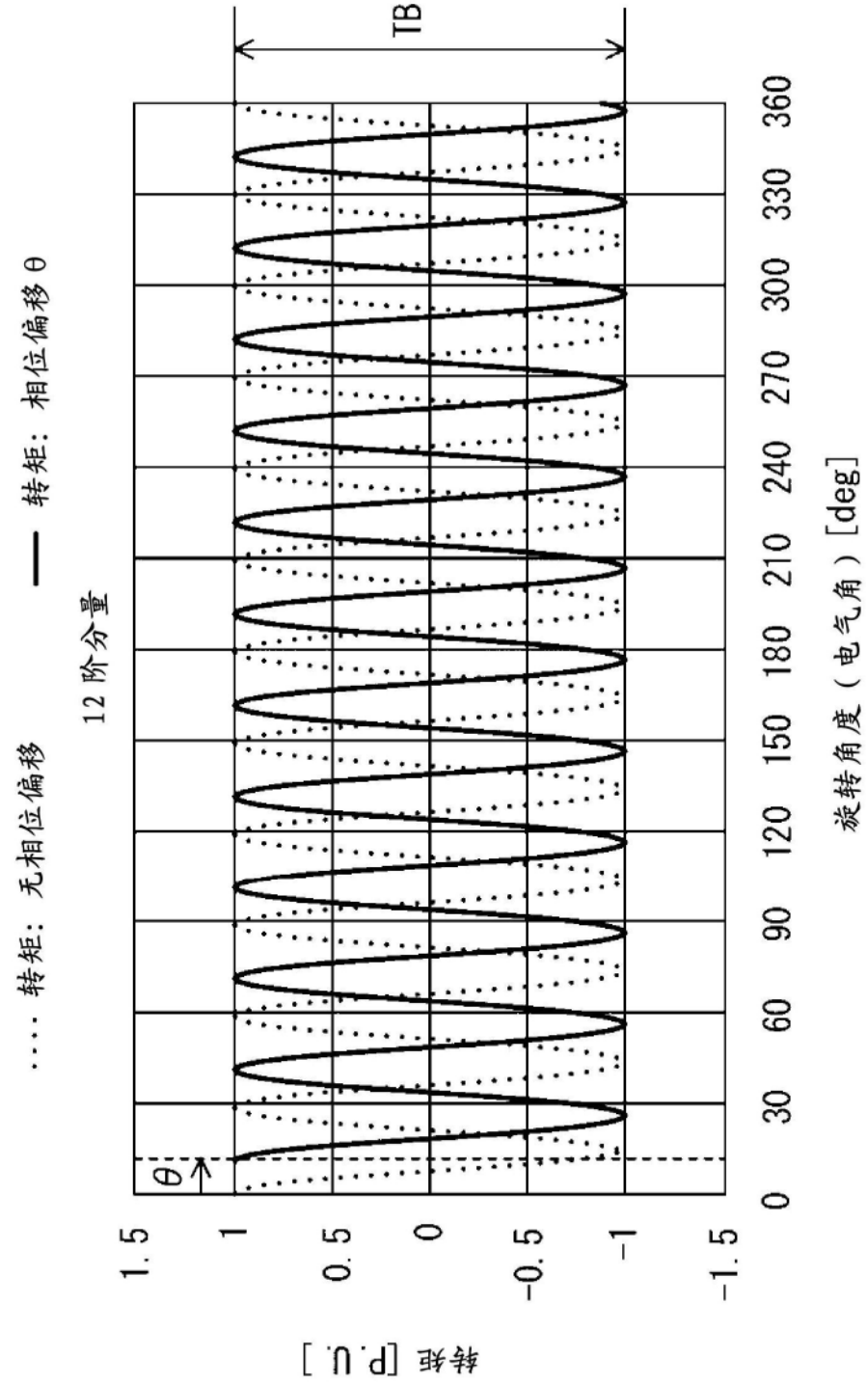

转矩：无相位偏移
转矩：相位偏移 θ
12 阶分量
TB
θ
转矩 [P.U.]
旋转角度（电气角）[deg]
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360

图13

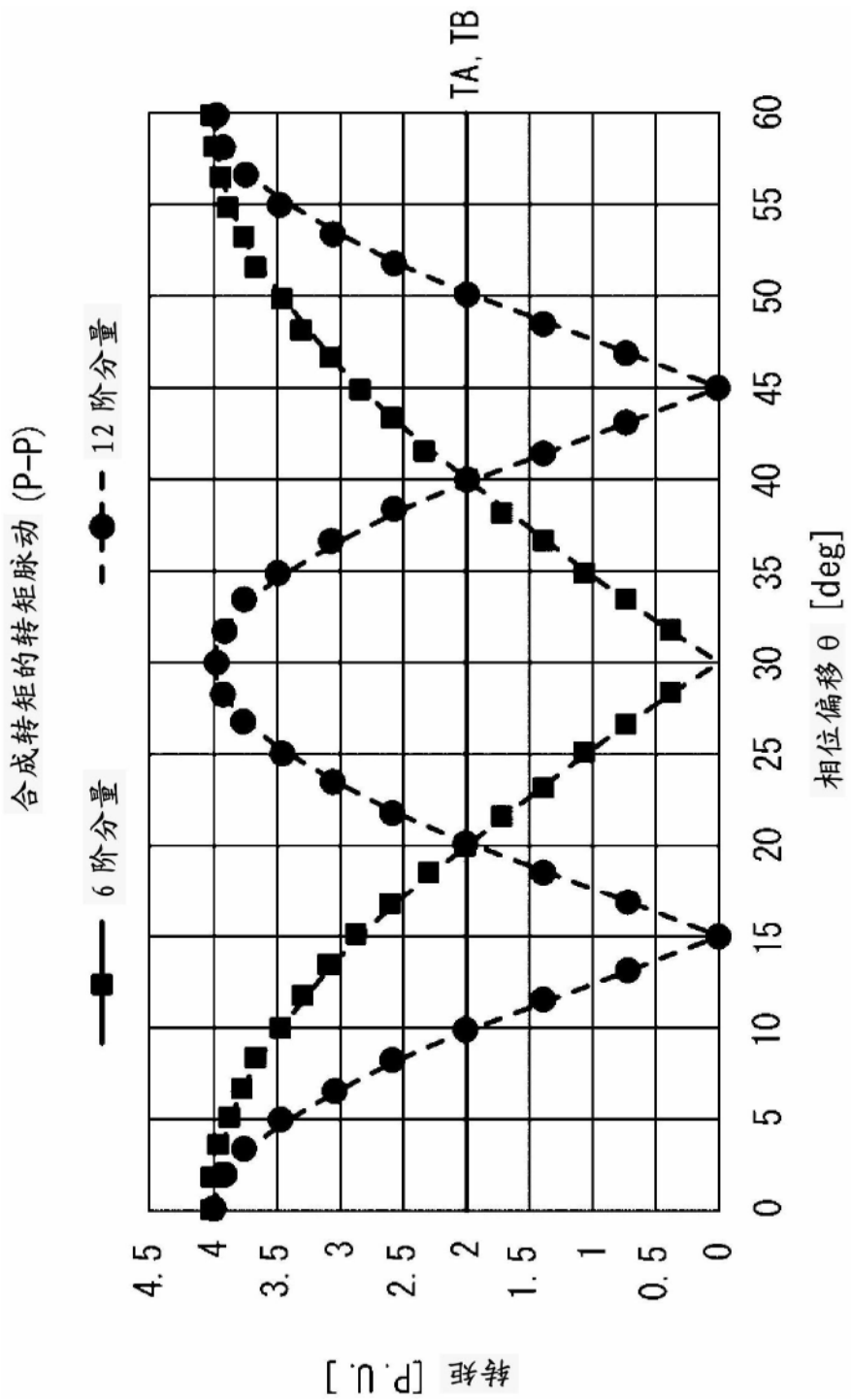

TA, TB
合成转矩的转矩脉动 (P-P)
6 阶分量
12 阶分量
转矩 [P.U.]
相位偏移 θ [deg]
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60

图14

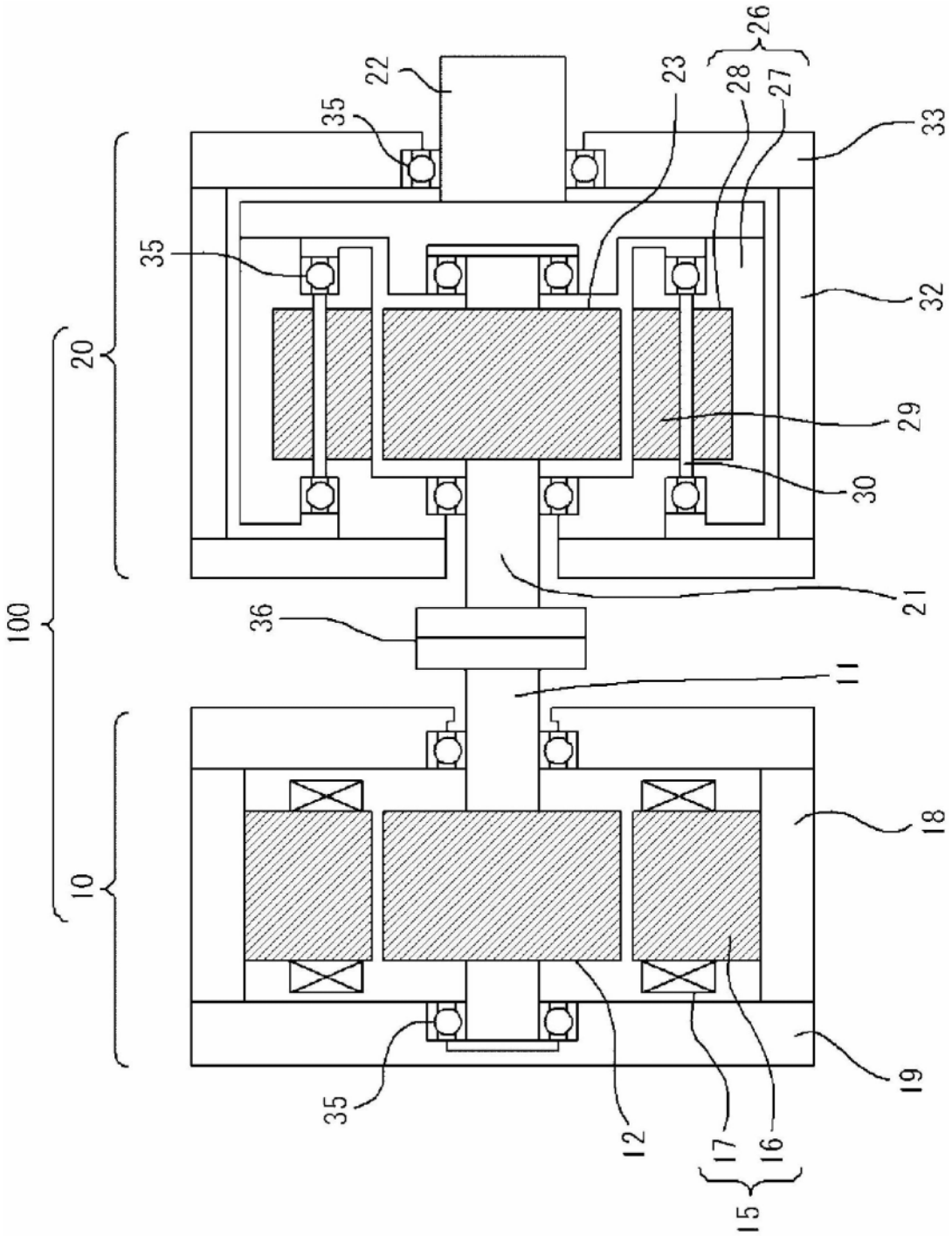


图15

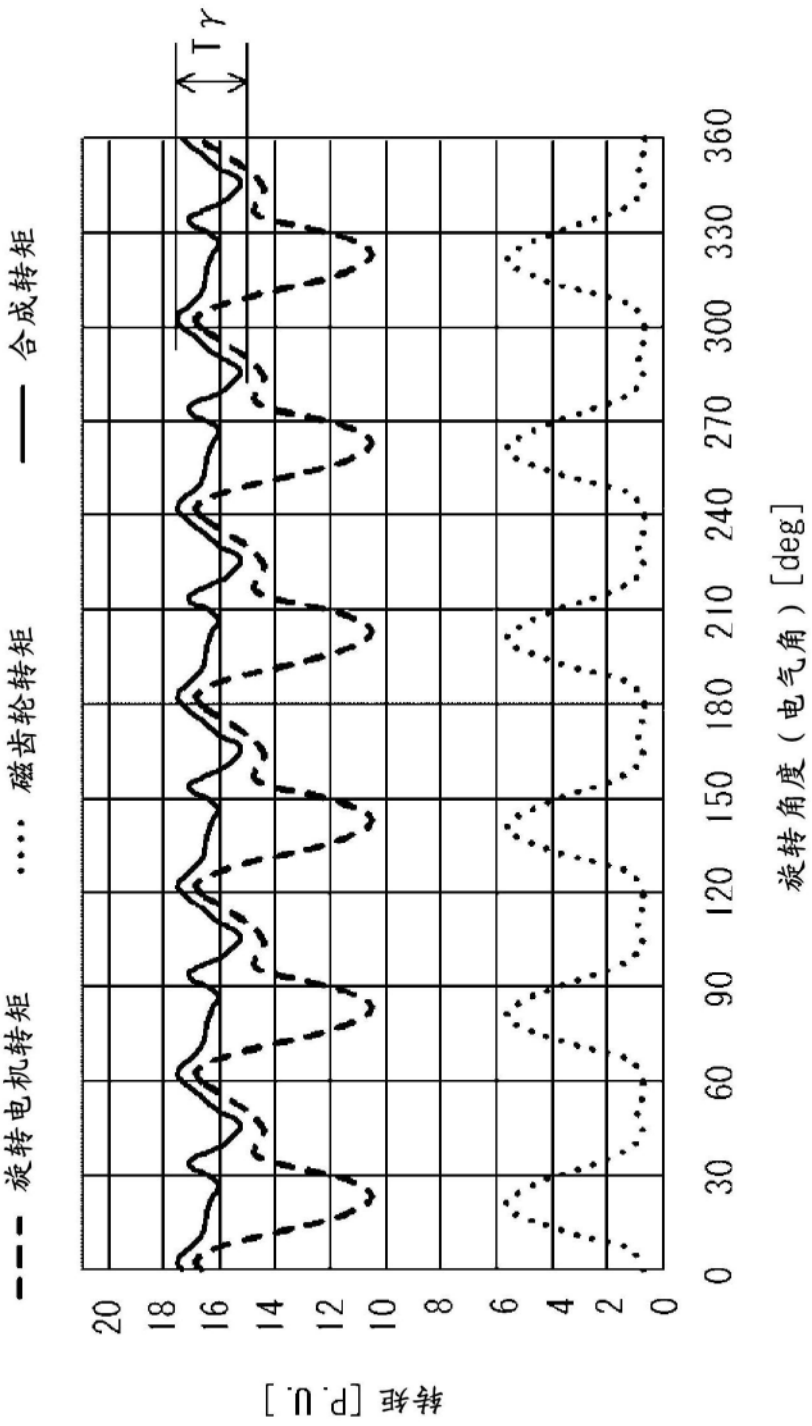

旋转电机转矩
磁齿轮转矩
合成转矩
T
γ
转矩 [P.U.]
旋转角度（电气角）[deg]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360

图16

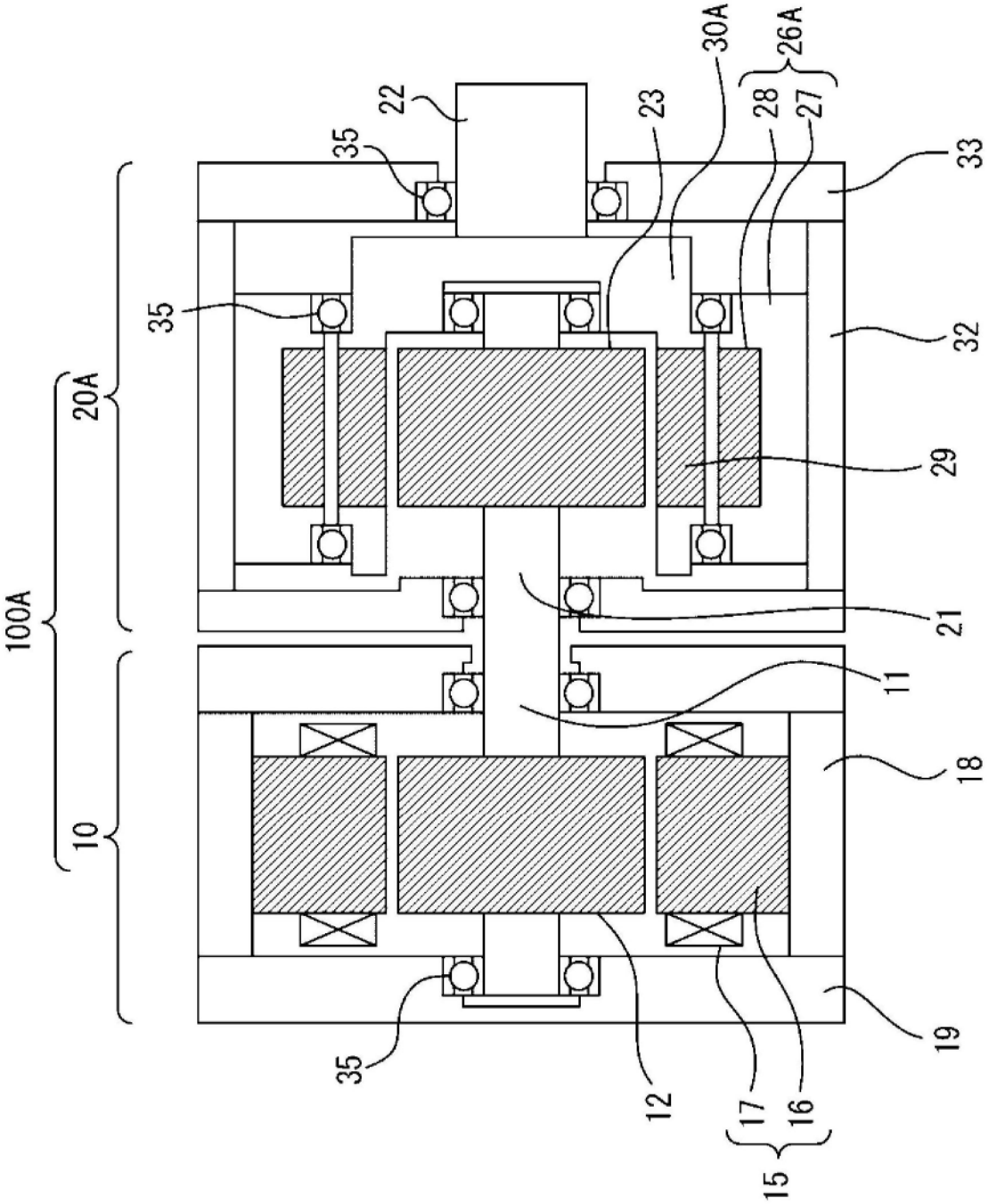

30A
26A
22
23
28
27
35
33
35
32
20A
29
100A
21
11
10
18
35
12
17
16
15
19

图17

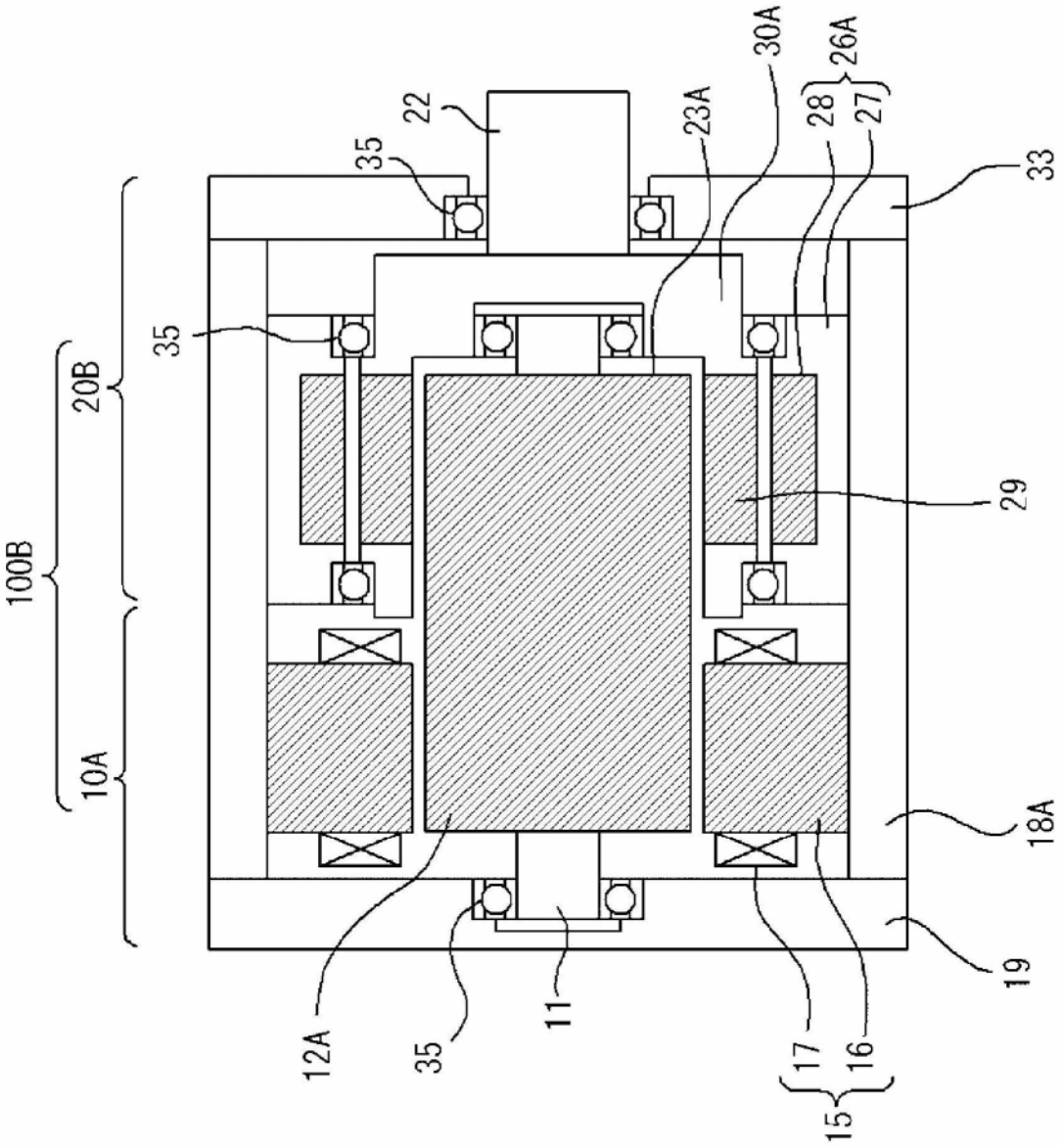

100B
20B
10A
35
22
35
23A
30A
26A
28
27
33
29
18A
19
12A
35
11
17
16
15

图18

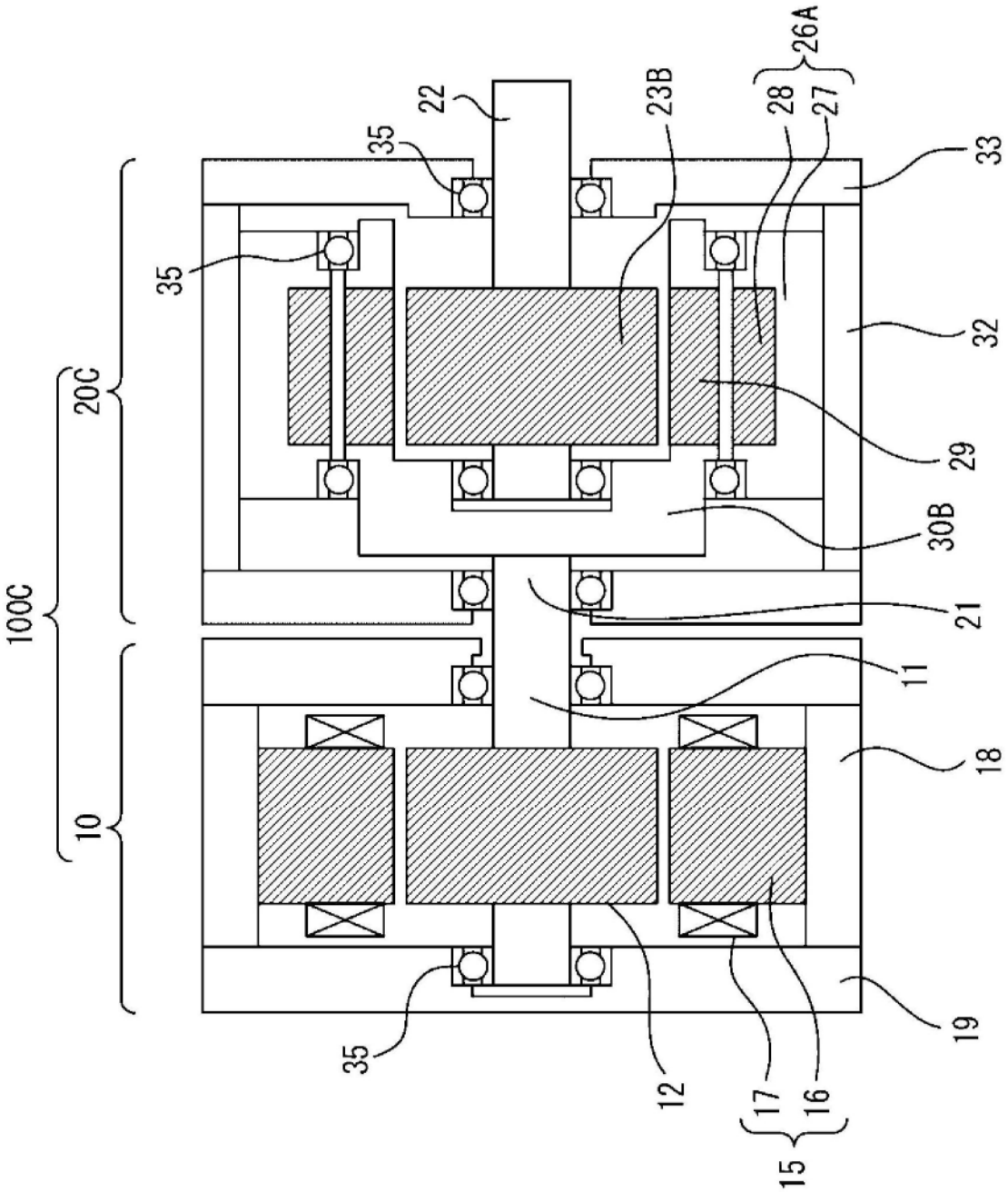

100C
20C
10
22
23B
26A
28
27
33
35
35
32
29
30B
21
11
18
35
12
17
16
15
19

图19