



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102055388 B

(45) 授权公告日 2014.01.08

(21) 申请号 201010532179.7

JP 特开 2003-137110 A, 2003.05.14, 说明书 3-4 页, 图 2.

(22) 申请日 2010.10.29

JP 特开 2006-246601 A, 2006.09.14, 全文.
JP 特开 2008-259347 A, 2008.10.23, 全文.
JP 特开 2006-288152 A, 2006.10.19, 全文.

(30) 优先权数据

2009-248876 2009.10.29 JP
2010-135862 2010.06.15 JP

审查员 马永祥

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 真锅镇男

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258

代理人 柳春雷 南霆

(51) Int. Cl.

H02P 6/08 (2006.01)
H02P 6/10 (2006.01)
H02P 6/16 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开平 2-264306 A, 1990.10.29, 说明书
3-5 页, 图 5.

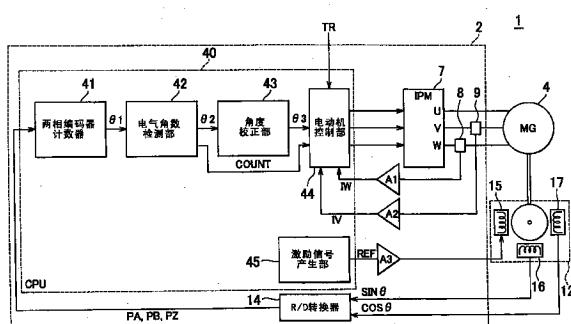
权利要求书2页 说明书17页 附图15页

(54) 发明名称

电动机控制设备

(57) 摘要

本发明提出了一种电动机控制设备，其包括：解算器(12)及R/D转换器(14)，其中360度的电气角被设定为比360度的机械角小，并且其输出与电气角相对应的两相编码器信号；两相编码器计数器(41)，其对两相编码器信号进行计数，并输出与电气角相对应的数字值；角倍增系数检测部(42)，其基于计数值的变化来对由从R/D转换器(14)输出的信号表示的角度所对应的机械角的位置进行检测；以及电动机控制部(44)，其根据角倍增系数检测部(42)的输出来对基于转矩命令值(TR)确定的电流命令值进行校正。



1. 一种电动机控制设备,其特征在于包括:

角度检测部,其中与输出信号的一个周期相对应的角度被设定为比 360 度的机械角小;

计数器,其被配置为输出与来自所述角度检测部的所述输出信号相对应的数字值;

位置检测部,其被配置为基于所述计数器的计数值的变化,对由从所述角度检测部输出的所述信号表示的角度所对应的所述机械角的位置进行检测;以及

电动机控制部(44),其被配置为基于自所述电动机控制设备的外部发送的转矩指令值来确定电流指令值,并根据所述位置检测部的输出来校正所述电流指令值,其中

所述角度检测部是电气角检测部,其中 360 度的电气角被设定为比 360 度的机械角小,并且所述电气角检测部输出与电动机(4)的转子的电气角相对应的两相编码器信号;所述计数器是对所述两相编码器信号进行计数并且输出与所述电气角相对应的数字值的两相编码器计数(41, 41A, 41B);并且所述位置检测部是基于所述两相编码器计数器(41, 41A, 41B)的计数值的变化,来对由从所述电气角检测部输出的信号表示的电气角所对应的所述机械角的位置进行检测的电气角数检测部(42, 42A, 42B),并且

所述电气角数检测部(42, 42A, 42B)生成其中所述两相编码器计数器(41, 41A, 41B)的高位被进一步扩展至与 360 度的机械角相对应的值的计数值,并输出所述扩展得到的计数值。

2. 根据权利要求 1 所述的电动机控制设备,其特征在于,所述电动机控制部(44)基于所述电气角数检测部(42, 42A, 42B)的输出来判定所述电动机(4)的所述转子的转角所对应的所述机械角的位置,并对所述电流指令值执行与所述转子的转角相对应的校正。

3. 根据权利要求 2 所述的电动机控制设备,其特征在于,所述电动机控制部(44)具有保存有所述转矩指令值以及与所述转子的转角相对应的校正系数的对应关系,并通过使所述电流指令值乘以所述校正系数来执行所述校正。

4. 根据权利要求 1 所述的电动机控制设备,其特征在于,所述电气角检测部包括其中 360 度的电气角被设定为比 360 度的机械角小的解算器(12, 12A),以及将来自所述解算器的信号转换为数字值的解算器/数字转换器(14);并且所述解算器/数字转换器(14)输出包括 A 相信号、B 相信号以及 Z 相信号的所述两相编码器信号。

5. 根据权利要求 4 所述的电动机控制设备,其特征在于,所述两相编码器计数器(41A)根据所述 A 相信号及所述 B 相信号增大或减小计数,并在所述 Z 相信号被输入时将所述计数值清零;并且在所述两相编码器计数器(41A)的所述计数值正在增大的情况下,当所述两相编码器计数器(41A)的所述计数值被清零时,所述电气角数检测部(42A)在所述两相编码器计数器(41A)在即将被清零之前的所述计数值超过阈值时将所述扩展得到的计数值清零。

6. 根据权利要求 4 所述的电动机控制设备,其特征在于,所述电气角检测部还包括检测机械角基准位置的传感器(18);所述两相编码器计数器(41A)根据所述 A 相信号及所述 B 相信号增大或减小计数,并根据所述传感器(18)的输出将所述计数值清零;并且所述电气角数检测部(42A)根据所述传感器(18)的输出将所述扩展得到的计数值清零。

7. 根据权利要求 4 所述的电动机控制设备,其特征在于,所述两相编码器计数器(41B)根据所述 A 相信号及所述 B 相信号增大或减小计数,并在所述 Z 相信号被输入时将所述

计数值清零；并且所述电动机控制设备还包括 Z 相异常检测部（46）以及 Z 相异常判定部（47），所述 Z 相异常检测部被配置为判定在所述 Z 相信号已经被输入时所述两相编码器计数器（41B）的所述计数值是否处于与异常时机对应的预定范围内，并且所述 Z 相异常判定部被配置为在由所述 Z 相异常检测部已经判定得到所述计数值处于所述预定范围内时对所述 Z 相信号已经被输入的次数进行计数，并在所述 Z 相信号已经被输入的次数超过错误计数阈值时将由所述电气角数检测部（42B）保存的所述扩展得到的计数值清零。

8. 根据权利要求 1 所述的电动机控制设备，其特征在于，所述角度检测部在每一次达到预定角度时输出表示所述一个周期已经结束的信号作为所述输出信号；所述计数器包括转子位置检测部（41C），所述转子位置检测部从所述输出信号已经被输入之后直至下一个所述输出信号被输入时基于时钟信号对中间计数值增大计数；所述位置检测部生成其中所述计数器的高位被进一步扩展至与 360 度的机械角相对应的值的计数值，并输出所述扩展得到的计数值；并且所述电动机控制设备还包括 Z 相异常检测部（46C）以及 Z 相异常判定部（47C），所述 Z 相异常检测部被配置为判定在所述输出信号已经被输入时所述计数器的所述计数值是否处于与异常时机相对应的预定范围内，所述 Z 相异常判定部被配置为在由所述 Z 相异常检测部已经判定得到所述计数值处于所述预定范围内时对所述输出信号已经被输入的次数进行计数，并在所述输出信号已经被输入的次数超过错误计数阈值时将由所述位置检测部保存的所述扩展得到的计数值清零。

9. 根据权利要求 1 所述的电动机控制设备，其特征在于，还包括角度校正部（43），角度校正部被配置为基于所述位置检测部的输出来对从所述计数器输出的所述数字值执行与机械角的正确位置相对应的校正。

电动机控制设备

技术领域

[0001] 本发明涉及电动机控制设备，具体涉及使用电气角的电动机控制设备，其中，将360度的电气角设定为小于360度的机械角。

背景技术

[0002] 电动机控制设备被设置在诸如具有电动机的机动车或混合动力车辆之类的车辆中，或被设置在具有电动机的其他电气设备中。在这种电动机控制设备中使用了检测电动机的转角的转角检测设备。

[0003] 例如，日本专利申请公开号2009-77481(JP-A-2009-77481)揭示了一种技术，其使用解算器(resolver)作为旋转检测传感器，并指示将解算器的输出转换为数字值的R/D(解算器/数字)转换器增大或减小计数值。在日本专利申请公开号2004-242370(JP-A-2004-242370)、日本专利申请公开号2008-259347(JP-A-2008-259347)、日本专利申请公开号11-337371(JP-A-11-337371)、日本专利申请公开号2004-61157(JP-A-2004-61157)以及日本专利申请公开号2000-314639(JP-A-2000-314639)中也描述了相关技术。

[0004] 利用根据磁极对的数量而变化的电气角来对电动机进行基本的控制。例如，在具有一个磁极对的电动机中，电气角与机械角一致。但是，在具有两个磁极对的电动机中，电气角在每一次机械角从0度到360度变化时均从0度到360度变化两次。换言之，在具有两个磁极对的电动机中，不能确定从0度至360度的电气角是对应于0度至180度的机械角还是180度至360度的机械角。

[0005] 近年来，对于设置在车辆中的电动机日益增长的需求是具有较大转矩、紧凑尺寸和更顺畅的控制，因此电动机中的磁极对的数量有可能例如从两个增加至四个或五个。在此情况下，通常使用具有2、4或5的角倍增系数(也表示为2X、4X或5X)的解算器。角倍增系数是解算器输出的一个周期的角度(通常为电气角 θ_e)与解算器的实际机械角 θ_m 的比率。换言之，机械角 $\theta_m = \text{电气角 } \theta_e / \text{角倍增系数 } N$ 。此外，角倍增系数是系数而非角度，因此，在本说明书中，角倍增系数也可被简单地称为倍增系数。

[0006] 但是，当诸如解算器之类的转角传感器被制造的较小或角倍增系数增大时，即使在电气角相同的情况下，加工精度的问题也会导致与倍增系数对应的特性变化。当传感器的特性存在上述波动时，优选地在首先校正输出以获得理想的特性之后再使用传感器。

[0007] 图20是示出具有角倍增系数Nx的解算器的特性的校正的曲线图。参考图20，横轴表示解算器的转角，纵轴表示对应于转角的计数值。当解算器的特性被转换为数字值时，输出值与理想值存在偏差。通过校正该输出值以使其与理想值一致，可以正确地计算出转速等。

[0008] 输出值的上述偏差是因传感器的加工精度等与0度及360度的机械角之间的位置对应的偏差。换言之，即使电气角是相同值，偏差量也将取决于电气角所对应的机械角的位置而不同，由此也必需改变校正值。具体而言，当0度至360度的电气角是2X的角倍增系

数时,必需在首先确认输出值(即,电气角)是对应于0度与180度之间的机械角还是对应于180度与360度之间的机械角之后再进行校正。对于5X的角倍增系数,由当前输出值表示的电气角可能对应于五个机械角中的任何一个。

[0009] 此外,两相编码器输出被用作将解算器的输出转换为数字值的R/D转换器的输出。该两相编码器输出包括A相信号、B相信号及Z相信号。A相信号及B相信号是具有与转角相对应的脉冲数的信号。在A相信号与B相信号之间在脉冲的上升缘及下降缘设置相位差,由此能够通过A相信号与B相信号之间的相位关系来确认旋转是正向还是逆向。此外,Z相信号是每一次电气角旋转一周就输出一次的信号。这种接口(interface)被广泛地应用于电动机控制领域。利用通过接收两相编码器输出来计数的常规两相编码器计数器,可以识别电气角,但不能识别机械角。

[0010] 此外,还需要使电动机自身被制造的较小,由此绕组(即,线圈)的不平衡卷绕等造成的影响会增大,这会导致不平稳转动。具体而言,在低转速的情况下,乘员易于感到转矩的起伏变化,因此优选地利用电动机控制来执行控制以消除该转矩起伏变化。但是,在此情况下,也需要在校正电动机控制之前识别旋转检测传感器的输出值(即,电气角)是对应于0度至180度的机械角还是对应于180度至360度的机械角。

发明内容

[0011] 着眼于上述问题,本发明提供了一种电动机控制设备,其能够在使用两相编码器输出的情况下识别机械角的位置,并基于机械角来校正命令值。

[0012] 因此,本发明的第一方面涉及一种电动机控制设备,其包括:角度检测部,其中与输出信号的一个周期相对应的角度被设定为比360度的机械角小;计数器,其被配置为输出与来自所述角度检测部的所述输出信号相对应的数字值;位置检测部,其被配置为基于所述计数器的计数值的变化,对由从所述角度检测部输出的所述信号表示的角度所对应的所述机械角的位置进行检测;以及电动机控制部,其被配置为基于自所述电动机控制设备的外部发送的转矩指令值来确定电流指令值,并根据所述位置检测部的输出来校正所述电流指令值。

[0013] 所述角度检测部可以是电气角检测部,其中360度的电气角被设定为比360度的机械角小,并且所述电气角检测部输出与电动机的转子的电气角相对应的两相编码器信号。所述计数器可以是对所述两相编码器信号进行计数并且输出与所述电气角相对应的数字值的两相编码器计数器。所述位置检测部可以是基于所述两相编码器计数器的计数值的变化,来对由从所述电气角检测部输出的信号表示的电气角所对应的所述机械角的位置进行检测的电气角数检测部。

[0014] 此外,所述电动机控制部可以基于所述电气角数检测部的输出来判定所述电动机的所述转子的转角所对应的所述机械角的位置,并对所述电流指令值执行与所述转子的转角相对应的校正。

[0015] 此外,所述电动机控制部可以具有保存有所述转矩指令值以及与所述转子的转角相对应的校正系数的对应关系,并通过使所述电流指令值乘以所述校正系数来执行所述校正。

[0016] 此外,所述电气角数检测部可以生成其中所述两相编码器计数器的高位(bit)被

进一步扩展至与 360 度的机械角相对应的值的计数值，并输出所述扩展得到的计数值。

[0017] 此外，所述电气角检测部包括其中 360 度的电气角被设定为比 360 度的机械角小的解算器，以及将来自所述解算器的信号转换为数字值的解算器 / 数字转换器。所述解算器 / 数字转换器可以输出包括 A 相信号、B 相信号以及 Z 相信号的所述两相编码器信号。

[0018] 此外，所述两相编码器计数器可以根据所述 A 相信号及所述 B 相信号增大或减小计数，并在所述 Z 相信号被输入时将所述计数值清零。可以在所述两相编码器计数器的所述计数值正在增大的情况下，当所述两相编码器计数器的所述计数值被清零时，所述电气角数检测部在所述两相编码器计数器在即将被清零之前的所述计数值超过阈值时将所述扩展得到的计数值清零。

[0019] 此外，所述电气角检测部还可以包括检测机械角基准位置的传感器。所述两相编码器计数器根据所述 A 相信号及所述 B 相信号增大或减小计数，并根据所述传感器的输出将所述计数值清零。所述电气角数检测部可以根据所述传感器的输出将所述扩展得到的计数值清零。

[0020] 此外，所述两相编码器计数器根据所述 A 相信号及所述 B 相信号增大或减小计数，并在所述 Z 相信号被输入时将所述计数值清零。所述电动机控制设备还可以包括 Z 相异常检测部以及 Z 相异常判定部，所述 Z 相异常检测部被配置为判定在所述 Z 相信号已经被输入时所述两相编码器计数器的所述计数值是否处于与异常时机对应的预定范围内，并且所述 Z 相异常判定部被配置为在由所述 Z 相异常检测部已经判定得到所述计数值处于所述预定范围内时对所述 Z 相信号已经被输入的次数进行计数，并在所述 Z 相信号已经被输入的次数超过错误计数阈值时将由所述电气角数检测部保存的所述扩展得到的计数值清零。

[0021] 此外，所述角度检测部可以在每一次达到预定角度时输出表示所述一个周期已经结束的信号作为所述输出信号。所述计数器可以包括转子位置检测部，所述转子位置检测部从所述输出信号已经被输入之后直至下一个所述输出信号被输入时基于时钟信号对中间计数值增大计数。所述位置检测部可以生成其中所述计数器的高位被进一步扩展至与 360 度的机械角相对应的值的计数值，并输出所述扩展得到的计数值。所述电动机控制设备还可以包括 Z 相异常检测部以及 Z 相异常判定部，所述 Z 相异常检测部被配置为判定在所述输出信号已经被输入时所述计数器的所述计数值是否处于与异常时机相对应的预定范围内，所述 Z 相异常判定部被配置为在由所述 Z 相异常检测部已经判定得到所述计数值处于所述预定范围内时对所述输出信号已经被输入的次数进行计数，并在所述输出信号已经被输入的次数超过错误计数阈值时将由所述位置检测部保存的所述扩展得到的计数值清零。

[0022] 此外，所述电动机控制设备还可以包括角度校正部，角度校正部被配置为基于所述位置检测部的输出来对从所述计数器输出的所述数字值执行与机械角的正确位置相对应的校正。

[0023] 因此，利用本发明，无需大幅改变常规控制方法就能够在使用两相编码器输出的情况下识别出机械角的位置，由此可以根据电动机的特性来校正电动机控制命令值。,

附图说明

[0024] 参考附图，通过以下对本发明的示例性实施例的详细描述，来说明本发明的特征、

优点及技术产业意义,类似的标号表示类似的元件,其中:

- [0025] 图 1 是车辆结构的框图,可将根据本发明的第一示例性实施例的电动机控制设备应用至该车辆;
- [0026] 图 2 是示出解算器的角倍增系数的视图;
- [0027] 图 3 是根据第一示例性实施例的两相编码器计数器的位扩展 (bit extension) 的视图;
- [0028] 图 4 是示出通过图 1 中的逆变器设备执行的电动机控制的流程图;
- [0029] 图 5 是示出图 4 中的步骤 S3 的电气角判定处理的细节的流程图;
- [0030] 图 6 是示出在图 5 的步骤 S12 中用于判定 North Marker 是否正常的处理的第一图;
- [0031] 图 7 是示出在图 5 的步骤 S12 中用于判定 North Marker 是否正常的处理的第二图;
- [0032] 图 8 是示出在图 5 的步骤 S14 中执行的用于增大和减小两相编码器计数器的扩展位的处理的流程图;
- [0033] 图 9 是在使用具有五个磁极对的电动机时,相对于电气角及机械角的变化、计数器的计数值所发生的变化的一个示例的波形图;
- [0034] 图 10 是在 North Marker 前后、计数器增大期间计数值的变化的放大波形图;
- [0035] 图 11 是示出图 4 的步骤 S6 中转矩起伏变化校正的细节的第一流程图;
- [0036] 图 12 是示出图 4 的步骤 S6 中转矩起伏变化校正的细节的第二流程图;
- [0037] 图 13 是在转矩起伏变化校正中使用的校正系数图的一个示例的视图;
- [0038] 图 14 是使用了根据第二示例性实施例的电动机控制设备的车辆的框图;
- [0039] 图 15 是示出第二示例性实施例中由 CPU 执行的两相编码器计数器的扩展位的计数控制的流程图;
- [0040] 图 16 是使用了根据本发明的第三示例性实施例的电动机控制设备的车辆的框图;
- [0041] 图 17 是示出第三示例性实施例中执行的例程的流程图;
- [0042] 图 18 是示出图 10 中的 X_{max} 及 X_{min} 的视图;
- [0043] 图 19 是使用了根据本发明的第四示例性实施例的电动机控制设备的车辆的框图;并且
- [0044] 图 20 是根据现有技术的具有角倍增系数 N_x 的解算器的特性的校正视图。

具体实施方式

[0045] 以下将参考附图更详细地描述本发明的示例性实施例。此外,将以类似的附图标记来表示图中类似或对应的部分,并将省略对这些部分的描述。

[0046] 图 1 是可应用根据本发明的第一示例性实施例的电动机控制设备的车辆 1 的结构的框图。

[0047] 参考图 1,车辆 1 包括逆变器设备 2、电动发电机 4 以及与电动发电机 4 的转子轴连接的解算器 12。如果车辆 1 是电动车辆、混合动力车辆或燃料电池车辆,则可以使用电动发电机 4 来驱动车轮。此外,也可为其他目的来使用电动发电机 4。

[0048] 此外,图1示出了解算器12及R/D转换器14被用作检测电气角的电气角检测部(即,转角传感器)的示例。但是,电气角检测部并不限于此。换言之,只要电气角检测部是输出两相编码器输出的装置(例如,旋转编码器、或诸如电磁转角传感器或光学转角传感器之类的各种转角传感器),就可应用本专利申请中的本发明。在下述示例中,电气角检测部是解算器及R/D转换器。

[0049] 解算器12包括转子轴、主绕组15和两个副绕组16及17,转子轴的外周部被成形为使得距中心的间距周期性地变化,主绕组15设置在定子,两个副绕组16及17以90度的相位差布置在定子上。转子轴的外形是其中定子之间的间隙根据角度以正弦波形变化的形状,并且正弦波的数量根据角倍增系数来确定。如果正弦波 $\sin \omega t$ 的信号被输入至解算器12的主绕组15,则通过以90度相位差布置的两个副绕组16及17分别获得已经根据电动机转角 θ 被调制的信号 $\sin \omega t \sin \theta$ 以及 $\sin \omega t \cos \theta$ 。

[0050] 逆变器设备2包括CPU(中央处理单元)40、IPM(智能功率模块)7、电流传感器8及9、以及R/D(解算器/数字)转换器14。IPM7包括用于控制流向电动发电机4的定子线圈的电流的诸如IGBT之类的功率开关器件。电动发电机4的定子线圈包括U相线圈、V相线圈以及W相线圈。这些U、V及W相线圈以Y形连接,由此可以通过分别利用电流传感器8及9来测量V及W相电流,通过计算可获得U相电流。

[0051] 逆变器设备2还包括分别对电流传感器8及9的输出进行放大的放大器(amp)A1及A2,以及基于来自CPU40的激励基准信号Ref来对解算器12的主绕组15进行激励的放大器A3。

[0052] CPU40通过对从R/D转换器14输出的两相编码器信号进行计数来获得与电气角 θ_e 相对应的计数值 θ_1 。每一个两相编码器信号均包括A相信号PA、B相信号PB以及Z相信号PZ。此外,CPU40还执行与角倍增系数相对应的计数,并获得与机械角 θ_m 相对应的计数值 θ_2 。CPU40计算其中已经基于计数值 θ_2 对因解算器的加工精度等原因造成的特性变化进行校正了的值 θ_3 ,并将该值用于电动机控制。

[0053] 也可通过软件或硬件来实现CPU40的这类工作。CPU40包括两相编码器计数器41、电气角数检测部42、角度校正部43以及电动机控制部44。两相编码器计数器41根据A相信号PA以及B相信号PB来增大和减小计数,并根据Z相信号PZ来清零。电气角数检测部42根据与由两相编码器计数器41输出的电气角相对应的计数值 θ_1 的变化,输出与机械角相对应的计数值 θ_2 ,并输出电气角的扩展计数值COUNT。角度校正部43输出与已经基于计数值 θ_2 进行校正的电气角相对应的计数值 θ_3 。电动机控制部44基于计数值 θ_3 、电气角的扩展计数值COUNT、转矩命令值TR以及电动机电流值IV及IW,来输出三相PWM信号,即,U相PWM信号,V相PWM信号以及W相信号。IPM7中的IGBT受控以接通和关断,使得电动发电机4基于三相PWM信号(即,U相PWM信号、V相PWM信号以及W相PWM信号)而运转。

[0054] 此外,由电气角数检测部42检测到的电气角数是表示电气角所对应的机械角的位置的数值。例如,计数值 θ_2 或计数值COUNT对应于电气角数。

[0055] 解算器12的转子轴机械耦合至电动发电机4。由CPU40内的D/A转换器等所实现的激励信号产生部45所产生的诸如10kHz的激励正弦波信号被电流放大器A3放大,并被供应至解算器12的主绕组15。

[0056] 解算器 12 是在电动发电机 4 旋转时在次级侧 (secondary side) 的 SIN 绕组 16 及 COS 绕组 17 中感生诸如 10kHz 的调制后正弦波的旋转变压器。从 SIN 绕组 16 及 COS 绕组 17 发送至 R/D 转换器 14 的信号被 R/D 转换器 14 转换为数字值，并且两相编码器输出信号 PA、PB 及 PZ 响应于该数字值的变化而被输出。

[0057] IPM 7 的 V 及 W 相电流值分别由电流传感器 8 及 9 检测，并经由缓冲放大器 A1 及 A2 被供应至 CPU 40 中的 A/D 转换输入 (未示出)，然后相应的数值被输出至电动机控制部 44。

[0058] 电动机控制部 44 然后基于从主 ECU (诸如混合动力车辆中的混合动力 ECU) 经由通信发出的转矩命令值 TR、校正后电气角 θ_3 以及电流值 IV 及 IW 来执行 dq 轴计算，然后通过与 PWM 计时器的比较来确定通电占空比。

[0059] 图 2 是解算器的角倍增系数的图。将参考图 2 来描述具有 2X 的角倍增系数的解算器的示例。如图 2 所示，具有 2X 的角倍增系数的解算器 12 被安装至具有三相及两对磁极对的电动发电机 4。电动发电机 4 具有设置在定子上的两个 U 相线圈、两个 V 相线圈以及两个 W 相线圈，以及设置在转子上的用于两对 N 和 S 极的永磁体。选择具有 2X 的角倍增系数的解算器 12 以与电动发电机 4 的两个磁极对匹配。如此进行选择意味着在电动机控制时仅需考虑电气角 θ_e ，由此控制能够更为简化。

[0060] 如果电动发电机 4 的转子就机械角 θ_m 而言从 0 度到 180 度转动半圈，则解算器 12 输出的电气角 θ_e 将从 0 度变化至 360 度。如果电动发电机 4 的转子就机械角 θ_m 而言从 180 度至 360 度又转动半圈，则解算器 12 输出的电气角 θ_e 将再次从 0 度变化至 360 度。

[0061] 这里，如果解算器 12 的角倍增系数增大，那么除非以更高的精度加工部件，否则将输出具有相同精度的电气角信号。因此必需将解算器 12 的主体制造的更大。此外，如果解算器 12 制造的较小，并且以相同的精度制造部件，则电气角信号的精度将降低。因此，可以想到对解算器 12 的输出进行校正、然后再使用。

[0062] 但是，在图 2 所示的示例中，因为由于解算器转子的位置偏移或转子外周加工波动等因素而引起特性的差异，故解算器特性的差异可能会在与 0 度至 180 度的机械角相对应的电气角情况下和在与 180 度至 360 度的机械角相对应的电气角情况下有所不同。例如，在具有 2X 的角倍增系数并且转子被加工成使得转子与定子之间的间隙（即，距离）以正弦波（即，正弦曲线）形变化的 VR (可变磁阻) 解算器的情况下，精度会在转子的与 0 度至 180 度的机械角相对应的加工表面和与 180 度至 360 度的机械角相对应的加工表面之间有所差异。

[0063] 因此，必需根据机械角来校正电气角。举例而言，当校正相同的 10 度电气角的输出值时必须根据机械角是 10 度还是 190 度来改变校正值。因此，在第一示例性实施例中，通过根据角倍增系数来扩展解算器的转子位置检测功能而获得机械角。

[0064] 图 3 是根据第一示例性实施例的两相编码器计数器的位扩展 (bit extension) 的视图。

[0065] 参考图 3，10 位计数器被用作常规的两相编码器计数器。在此情况下，图 1 中的两相编码器计数器 41 是 10 位计数器。由 10 位计数值来表示从 0 度至 360 度的电气角的范围。

[0066] 通过使该 10 位计数器的高位扩展以与角倍增系数匹配,然后进行计数,可以获得机械角。例如,2X 的角倍增系数需要 0 和 1 两个状态,因此需要一个扩展位。5X 的角倍增系数例如要求 0 至 4 五个状态 (000,001,010,011 及 100),因此需要三个扩展位。通过图 1 中的电气角数检测部 42 来保存与扩展位相对应的计数。

[0067] 因此,常规两相编码器计数器的计数值是与 0 度至 360 度的电气角 θ_e 相对应的计数值 θ_1 (即, $\theta_e = 0$ 度至 360 度)。扩展得到的计数器的计数值是与 0 度至 360 度的机械角 θ_m 相对应的计数值 θ_2 。

[0068] 由此,如果可以识别与机械角相对应的计数值,则可以校正解算器 12 的特性的偏差。通过图 1 中的角度校正部 43 完成上述校正。

[0069] 例如,通过在电动发电机 4 运转时进行学习来进行上述校正。例如,可通过将 JP-A-2004-242370 中描述的方法应用至机械角来进行上述校正。具体而言,针对机械角的第一圈回转(即,0 度至 360 度)获得在规定时段中两相编码器计数器的计数值的平均增大速率。然后,在机械角的第二圈回转(即,0 度至 360 度)中,基于获得的平均增大速率来计算两相编码器计数器的预测值。如果该预测值以及实际上两相编码器计数器的值(即,实际值)落入预定范围内,则将预测值用作校正后值。如果预测值和两相编码器计数器的实际值落在预定范围之外,则使实际值增大或减小基准值一半的值,并将结果用作校正后值。

[0070] 图 4 是示出由图 1 中的逆变器设备 2 执行的电动机控制的流程图。图 4 所示流程图中的例程从预定主例程被调用,并以预定时间间隔执行或在每次满足预定条件时执行。

[0071] 参考图 4,首先,当例程开始时,在步骤 S1 中提取电流。此时,由电流传感器 8 及 9 检测到的电流值分别经由放大器 A1 及 A2 被输入至电动机控制部 44。

[0072] 然后,在步骤 S2 中提取电气角,并且在步骤 S3 中进行判定该电气角对应于机械角的哪个位置的电气角判定处理。这里,解算器 12 的输出通过 R/D 转换器 14 被转换为两相编码器信号。然后,两相编码器计数器 41 对该两相编码器信号进行计数,以获得与电气角 θ_e 相对应的计数值 θ_1 。此外,电气角数检测部 42 还执行与角倍增系数相对应的计数,获得与机械角 θ_m 相对应的计数值 θ_2 ,并输出计数值 COUNT。角度校正部 43 计算已经基于计数值 θ_2 校正了因解算器的加工精度等因素而导致的特性变化而得到的值 θ_3 ,并且电动机控制部 44 基于与校正后电气角相对应的值 θ_3 以及计数值 COUNT 来进行电气角判定处理。

[0073] 在描述步骤 S4 及后续步骤之前,将详细描述电气角判定处理。随后将描述步骤 S4 及后续步骤。

[0074] 图 5 是示出图 4 的步骤 S3 中的电气角判定处理的细节的流程图。

[0075] 参考图 5,首先,在步骤 S11 中,判定两相编码器计数器 41 的计数值是否已经增大或减小。换言之,如果计数值已经变化,则处理从步骤 S11 进行至步骤 S12。如果计数值尚未变化,则处理进行直至步骤 S16,并且控制改变至图 4 中的流程图。

[0076] 在步骤 S12 中,判定是否满足 $\theta_1(n-1) > X_1$,且 $\theta_1(n-1) < \theta_{MAX}-X_2$ 并且 $\theta_1(n) = 0$ 的条件。这里 $\theta_1(n)$ 是第 n 个周期的两相编码器计数器 41 的计数值,并且是在执行图 5 中流程图中的例程时与第 n 个周期对应的时间时的电气角所对应的值。此外,这里的 $\theta_1(n-1)$ 是第 n-1 周期的两相编码器计数器 41 的计数值,并且是在执行图 5 中流程图中的例程时与第 n-1 个周期对应的时间时的电气角所对应的值。X1 及 X2 表示阈值,并

且 θ_{MAX} 表示两相编码器计数器 41 的计数值的最大值。将参考图 6 及图 7 进行描述。

[0077] 图 6 是示出在图 5 的步骤 S12 中用于判定 North Marker (NM) 是否正常的处理的第一图。

[0078] 图 7 是示出在图 5 的步骤 S12 中用于判定 North Marker (NM) 是否正常的处理的第二图。

[0079] 正常工作时编码器计数器的计数值类似于图 6 中实线的波形而变化。此外,当在处理过程中输入两相编码器输出中的 Z 相信号(也被称为 North Marker (NM))时,两相编码器计数器 41 被重置,使得值被设定为 0。一旦重置,在下一次计数值达到最大值 θ_{MAX} 时,计数就停止增大,并且计数值返回至 0。正常情况下,认为该计数值返回至 0 的时机与下一次 Z 相信号被输入时的时机一致。

[0080] 但是,存在因包括在两相编码器输出中的 A, B 及 Z 相信号的延迟或两相编码器计数器 41 的信号读取误差,而造成在两相编码器计数器 41 的计数值 θ_1 为 0 时之外的其他时机输入 Z 相信号的情况。即使在此情况下,如果计数值表示正常转子位置,则即使存在时机偏差,也可以继续电气角判定操作。但是,如果偏差超过阈值,则判定两相编码器计数器 41 的计数值 θ_1 并未正确地表示出转子位置,由此也进行电气角判定操作的初始化。

[0081] 如图 6 所示,正常范围被设定为跨过 Z 相信号的正常时机,而任何其他时间均落入异常范围内。如果 Z 相信号在异常范围内被输入,则计数值 COUNT 被清零。此外,当 Z 相信号被输入时,两相编码器计数器 41 的计数值 θ_1 也被清零。

[0082] 因此,如图 7 所示,当保存固定时长内的两相编码器计数器 41 的计数值 θ_1 的变化历史、并且计数值在时间 $\theta(n)$ 时变为 0 时,如果最近一次的计数值 θ_1 (即,时间 $\theta(n-1)$ 时的计数值 θ_1)落在 X_1 与 $\theta_{MAX}-X_2$ 之间,则判定最近的计数值 θ_1 异常。此外,如果时间 $\theta(n-1)$ 时的计数值 θ_1 落在 0 与 X_1 之间或落在 $\theta_{MAX}-X_2$ 与 θ_{MAX} 之间,则判定时间 $\theta(n-1)$ 时的计数值 θ_1 正常。此外,阈值 X_1 及 X_2 可以是不同值或相同值。

[0083] 再参考图 5,如果满足步骤 S12 的条件,则处理进行至计数值 COUNT 被设定为 0 的步骤 S13。另一方面,如果不满足步骤 S12 的条件,则处理进行至计数值 COUNT 增大或减小的步骤 S14。后续将参考图 8 来描述上述增大或减小的细节。

[0084] 一旦计数值 COUNT 在步骤 S13 或 S14 完成更新,则在步骤 S15 由两相编码器计数器 41 的计数值 θ_1 以及与扩展位相对应的计数值 COUNT 合成得到与机械角 θ_m 相对应的计数值 θ_2 。然后在步骤 S16,控制返回至图 4 所示的流程图中的例程。

[0085] 图 8 是示出在图 5 的步骤 S14 中执行的增大或减少两相编码器计数器的扩展位的处理的流程图。该处理对应于在图 1 中的电气角数检测部 42 中执行的处理。

[0086] 首先,在步骤 S21 中判定是否满足 $\theta_1(n-1) > X$ 且 $\theta_1(n) = 0$ 的条件。这里, $\theta_1(n)$ 是第 n 周期的两相编码器计数器 41 的计数值,并且是与在执行图 8 的流程图中的例程时在与第 n 个周期对应的时间时的电气角所对应的值。此外,这里的 $\theta_1(n-1)$ 是第 n-1 周期的两相编码器计数器 41 的计数值,并且是与在执行图 8 的流程图中的例程时在与第 n-1 个周期对应的时间时的电气角所对应的值。X 表示阈值。下文将参考图 10 来描述该阈值 X。

[0087] 步骤 S21 中的条件被用于判定在 Z 相信号被输入至两相编码器计数器 41 并且计数值 $\theta_1(n)$ 已经被清零时,一个周期之前的计数值 $\theta_1(n-1)$ 是否大于阈值 X。如果该条件

满足，则处理从步骤 S21 进行至步骤 S22。在此情况下，在两相编码器计数器 41 增大计数时，两相编码器计数器 41 被清零，因此，在此情况下，必需对扩展位增大计数。

[0088] 在步骤 S22 中，判定扩展位的计数值 COUNT 是否等于或大于与角倍增系数（或电气角数）相对应的最大值 MAX。该最大值 MAX 例如在解算器具有 2X 的角倍增系数时（即在电动机具有两个磁极对时）是具有 1 位的二进制数 1，并在解算器具有 5X 的角倍增系数时（即在电动机具有五个磁极对时）是具有 3 位的二进制数 100。

[0089] 如果在步骤 S22 中，计数值 COUNT 等于或大于最大值 MAX，则处理进行至步骤 S23，在步骤 S23，计数值 COUNT 被设定为 0。另一方面，如果计数值 COUNT 尚未达到最大值 MAX，则处理进行至步骤 S24，在步骤 S24，将计数值 COUNT 加 1，并且图 3 中的位扩展部分被增大计数。

[0090] 如果不满足步骤 S21 中的条件，则处理进行至步骤 S25。在步骤 S25 中，判定是否满足条件 $\theta_1(n-1) = 0$ 且 $\theta_1(n) \geq \theta_{MAX}$ 。这里， $\theta_1(n)$ 是第 n 周期的两相编码器计数器 41 的计数值，并且是在与第 n 周期对应的时间时的电气角所对应的值。此外，这里的 $\theta_1(n-1)$ 是第 n-1 周期的两相编码器计数器 41 的计数值，并且是与第 n-1 周期相对应的时间时的电气角所对应的值。 θ_{MAX} 是与电气角的最大值相对应的两相编码器计数器 41 的计数值。

[0091] 步骤 S25 的条件被用于判定当 X 相信号被输入至两相编码器计数器 41 并且计数值 $\theta_1(n-1)$ 已经被清零时，一个周期之后的计数值 $\theta_1(n)$ 是否大于 θ_{MAX} 。如果满足该条件，则处理从步骤 S25 进行至步骤 S26。在此情况下，两相编码器计数器 41 在被清零之后减小计数，因此在此情况下，必需对扩展位的计数值 COUNT 进行减小计数。

[0092] 在步骤 S26 判定扩展位的计数值 COUNT 是否等于或小于零。如果在步骤 S26 中判定计数值 COUNT 等于或小于零，则处理进行至将计数值 COUNT 设定为等于 MAX 的步骤 S27。另一方面，如果计数值 COUNT 大于零，则处于进行至步骤 S28，在此步骤 S28，从计数值 COUNT 减 1，并对图 3 中的扩展位部分进行减小计数。

[0093] 在已经执行了步骤 S23, S24, S27 或 S28 之后，处理进行至步骤 S29。在步骤 S29，处理改变至图 5 中流程图中的例程。

[0094] 然后，在图 5 的步骤 S15 中，由作为两相编码器计数器 41 的输出值的 θ_1 以及与扩展位相对应的计数值 COUNT 合成得到与参考图 3 描述的机械角 θ_m 相对应的扩展计数值 θ_2 。

[0095] 图 9 是在使用具有五个磁极对的电动机时，相对于电气角及机械角的变化，计数器的计数值发生变化的一个示例的波形图。

[0096] 参考图 9，横轴表示机械角（0 度至 360 度）。每一次电气角从 0 度改变为 360 度，计数值 COUNT 就增大计数。与电气角相对应的计数值 θ_1 重复地从零改变至 θ_{MAX} 。当电气角达到 360 度时，Z 相信号被输入，因而已经到达 θ_{MAX} 的计数值 θ_1 被清零。此时，向与扩展位相对应的计数值 COUNT 加 1（图 8 的步骤 S24）。

[0097] 以此方式，每一次 Z 相信号被输入时，计数值 θ_1 就被清零，并且计数值 COUNT 以从 $000 \rightarrow 001 \rightarrow 010 \rightarrow 011 \rightarrow 100$ 的二进制数增大计数。在具有五个磁极对的电动机角的情况下，图 8 中流程图中的 MAX 是 100，由此当 COUNT = 100 之后下一次输入 Z 相信号时，计数值 COUNT 被清零为 000（即，步骤 S23）。

[0098] 图 9 也示出了基于计数值 θ_1 以及计数值 COUNT 获得与机械角相对应的计数值 θ_2 。

[0099] 图 10 是在 North Marker 前后计数器增大期间计数值的变化的放大波形图。两相编码器输出中的 Z 相信号也可被称为 North Marker (NM)。在图 9 中, θ_1 变化至 θ_{MAX} , 并且在 θ_1 随后紧接着变为零时, COUNT 值增大。但是, Z 相信号的输出时机可能会存在偏差, 因此执行处理以允许一定量的偏差。

[0100] 在图 10 中示出了图 8 的步骤 S21 中的阈值 X。根据步骤 S21 的条件, 如果 θ_1 超过阈值 X, 即使计数值尚未被增大至 θ_{MAX} , 也使计数值 COUNT 递增。换言之, 当在 Z 相信号被输入至图 1 中的两相编码器计数器 41 时, 或当两相编码器计数器 41 达到最大值 θ_{MAX} 并且基于 A 和 / 或 B 相信号的变化而进行下一次增加时, $\theta_1(n)$ 变为等于零。

[0101] 通过执行步骤 S21 中的处理, 即使 Z 相信号最终在达到最大值 θ_{MAX} 之前被输入, 计数值 COUNT 也能够在此时适当地增大计数。因此, 可以获得正确地对应于机械角的计数值 θ_2 。

[0102] 因此, 在使用两相编码器输出的情况下, 也能够识别出机械角的位置, 由此无需大幅改变常规控制方法, 就可以校正电动机或转角传感器的特性。

[0103] 现将再次参考图 4 来描述步骤 S4 及后续步骤。当步骤 S3 中的电气角判定结束时, 在步骤 S4 中执行获得转矩命令值的处理。转矩命令值 TR 是由主 ECU (诸如混合动力车辆中的混合动力 ECU) 基于加速器操作量确定的, 并经由通信输出。图 1 中的电动机控制部 44 接收该转矩命令值 TR。然后, 在步骤 S5 中执行对电流命令值进行计算的处理。当图 1 中的 IPM 的直流 (DC) 电源电压被可变地控制时, 获得 DC 电源电压, 并且基于 θ_3 的变化来计算电动发电机 4 的转速。然后基于转矩命令值、DC 电源电压以及转速来计算电流命令值。

[0104] 然后在步骤 S6 中, 对在步骤 S5 中获得的电流命令值执行转矩起伏变化校正。转矩起伏变化是尤其是在低速行驶时特别容易感到的转矩的脉冲变化。转矩起伏变化通常周期性地出现。

[0105] 图 11 是示出图 4 的步骤 S6 中转矩起伏变化校正的细节的第一流程图。

[0106] 图 11 中的流程图示出了步骤 S6 的处理中的步骤 S6A, 其中转矩起伏变化校正的开始和禁止是相反的。

[0107] 首先, 在图 S51 中, 计算电动发电机 4 的转速。然后, 在步骤 S52 中, 判定转速的绝对值是否低于阈值 NA。如果转速低于阈值 NA, 则意味着车辆正以低速行驶并且转矩起伏变化将成为问题, 由此处理进行至步骤 S53。例如可将阈值 NA 设定为 50rpm。在步骤 S53, 进行判定以使转矩起伏变化校正开始。

[0108] 如果在步骤 S52 中转速的绝对值并不低于阈值 NA, 则处理进行至步骤 S54。

[0109] 在步骤 S54 中, 判定转速的绝对值是否大于阈值 NB。如果转速的绝对值大于阈值 NB, 则意味着车辆正以高速行驶并且存在其他振动等, 由此转矩起伏变化将不会显现出来, 此外, 需要较短的处理时间, 因此未进行校正。因此, 处理从步骤 S54 进行至步骤 S55 以判定得到禁止转矩起伏变化校正。此外, 如果在步骤 S54 中转速的绝对值并不大于阈值 NB, 则转矩起伏变化校正即不开始, 也不被禁止。而是, 保持当前状态。换言之, 如果转矩起伏变化校正处于正在进行的过程中, 则继续校正, 但如果未进行转矩起伏变化校正, 则保持该状态。

[0110] 以此方式,取决于执行步骤 S53 或 S55 中哪一个步骤,进行或不进行校正。如果步骤 S54 中的判定为否,则保持当前状态,并且处理进行至步骤 S56。

[0111] 图 12 是示出图 4 的步骤 S6 中转矩起伏变化校正的细节的第二流程图。

[0112] 图 13 是在转矩起伏变化校正时使用的校正系数对应关系的一个示例的视图。

[0113] 图 12 中流程图中的例程是电流校正步骤 S6B,从图 11 中的步骤 S6A 中进行判定以开始转矩起伏变化校正直至进行判定以禁止转矩起伏变化校正的时间来执行电流校正步骤 S6B。

[0114] 参考图 12 及图 13,首先在步骤 S61 中计算校正系数。在该校正系数的计算处理中,通过沿机械角方向对图 13 中的对应关系中存储的校正系数进行线性插值,然后沿转矩方向对校正系数进行线性插值,来获得与机械角相对应的校正系数。

[0115] 在图 13 中的对应关系中,针对各个转矩命令值 $TR = 20(N \cdot m)$, $40(N \cdot m)$, ..., $200(N \cdot m)$ 来界定机械角与校正系数之间的关系。此外,通过使 COUNT 乘以图 1 中的 θ_3 (即, $COUNT \times \theta_3$) 而获得机械角。

[0116] 随后,在步骤 S62 中执行用于计算对电流命令的校正的处理。具体而言,通过使通过对图 13 中的对应关系进行插值而获得的系数乘以图 4 中步骤 S4 中基于转矩命令值、DC 电源电压以及转速计算得到的电流命令值,来获得校正后 d 轴电流命令值以及 q 轴电流命令值。在于步骤 S62 计算得到对电流命令的校正之后,在步骤 S63,控制再次返回图 4 中的流程图,并且执行步骤 S7。

[0117] 在步骤 S7,执行电流反馈计算处理以接近对由电流传感器 8 及 9 测量的电流值的测量结果进行校正得到的电流命令值。

[0118] 然后,在步骤 S8 中计算三相转换处理之后的三相电压命令值,并且利用载频来执行三相 PWM 开关输出。

[0119] 如上所述,在第一示例性实施例中,在也利用两相编码器输出的情况下,可以识别机械角的位置,因此能够在无需大幅改变常规控制方法的情况下校正转角传感器的特性。此外,除了校正转角传感器的特性之外,还能够对电动机控制进行校正,由此改善转矩起伏变化情况等。此外,也可以仅校正电动机控制,而不校正转角传感器。

[0120] 以下将描述本发明的第二示例性实施例。利用例如具有 2X 的角倍增系数的解算器,对于从 0 度至 360 度的每一回转的机械角,电气角均从 0 度改变至 360 度达两次。当需要的仅是将第一电气角与第二电气角进行区分并据此执行校正(例如当转动期间可以学习并校正精度时),则可以使用第一示例性实施例。因此,无需确定机械角的绝对位置。

[0121] 但是,可以理解,会存在预先在工厂里利用精度测量设备来产生校正数据,但该精度测量设备并未被包括在待运产生自身内的情况。在此情况下,如果要向运输后的产物提供校正数据,则当产生校正数据时的机械角必需正确地对应于运输后的产物。换言之,当产生校正数据时的机械角必需与使用校正数据时的机械角匹配。

[0122] 不仅对于转角传感器的校正数据是如此,当校正电动机控制的电流命令值时也是如此。

[0123] 图 14 是使用了根据本发明的第二示例性实施例的电动机控制设备的车辆 1A 的框图。参考图 14,车辆 1A 与图 1 中的车辆 1 不同之处在于其包括解算器 12A 以及 CPU 40A 代替解算器 12 及 CPU 40。车辆 1A 的其他结构与上述车辆 1 的结构相同,因此将不再重复对

其的描述。

[0124] 解算器 12A 包括用于检测转子的 0 度机械角的位置并输出清零信号 CLR 的传感器 18。主绕组 15 以及副绕组 16 及 17 与图 1 中的相同,故将不再重复对其的描述。

[0125] CPU 40A 与图 1 中的 CPU 40 的不同之处在于其包括两相编码器计数器 41A 以及电气角数检测部 42A 而非电气角数检测部 42。CPU 40A 的其他结构与 CPU 40 的相同,因此将不再重复对其的描述。

[0126] 两相编码器计数器 41A 根据 A 相信号 PA 以及 B 相信号 PB 来增大或减小计数,并基于清零信号 CLR 而非 Z 相信号 PZ 被清零。此外,该结构也可以是使得当 Z 相信号 PZ 或清零信号 CLR 被输入时,两相编码器计数器 41A 被清零。

[0127] 电气角数检测部 42A 根据与从两相编码器计数器 41A 输出的电气角相对应的计数值 θ_1 中的变化,输出与机械角对应的计数值 θ_2 ,并输出电气角的扩展计数值 COUNT。然后,当清零信号 CLR 被输入时,电气角数检测部 42A 将计数值 θ_2 以及计数值 COUNT 清零。

[0128] 图 15 是流程图,示出了由第二示例性实施例中的 CPU 40A 执行的两相编码器计数器 41A 的扩展位的计数控制。

[0129] 图 15 中的流程图与图 8 中的流程图相同,并增加了步骤 S101 及 S102。因步骤 S21 至 S28 与以上参考图 8 进行描述的相同,故将不再重复对这些步骤的描述。

[0130] 当步骤 S23, S24, S27 以及 S28 中的任一者结束并且计数值 COUNT 被临时确定时,处理进行至步骤 S101。在步骤 S101,判定是否已经从传感器 18 输入清零信号 CLR。如果尚未有清零信号 CLR 被输入,则向图 5 的步骤 S15 提供计数值 COUNT。另一方面,如果已经输入了清零信号 CLR,则在步骤 S102 将计数值 COUNT 清零,然后处于进行至步骤 S29。

[0131] 在步骤 S29 控制变化为图 5 中的流程图之后,在步骤 S15 中,由作为两相编码器计数器 41A 的输出值的 θ_1 以及与扩展位相对应的计数值 COUNT 来合成出与参考图 3 描述的机械角 θ_m 相对应的扩展计数值 θ_2 。

[0132] 在该第二示例性实施例中描述的转角检测设备能够基于转角传感器的两相编码器输出而获得机械角的绝对位置。因此,即使在工厂等位置产生了转角传感器的校正数据,也能够将其应用于校正位置,由此可以实现更为精确的转角传感器。

[0133] 此外,除了对转角传感器的特性进行校正之外,即使在工厂等位置产生了用于电动机控制以改善转矩起伏变化的校正数据,也能够将其应用于校正位置,由此可以实现更为精确的转角传感器。此外,也可以仅校正电动机控制,而不校正转角传感器。

[0134] 此外,在上述第一及第二示例性实施例中,解算器及 R/D 转换器被用作检测电气角的电气角检测部(即,转角传感器)。但是,电气角检测部并不限于此。换言之,只要电气角检测部例如是各种转角传感器中任一种(例如电磁转角传感器或光学转角传感器),以及诸如旋转编码器之类的输出两相编码器输出的装置,就可应用本专利申请中的发明。

[0135] 现将参考图 1 等对上述第一示例性实施例进行总结。此外,除了附图标记之外,该总结也适用于参考图 8 等的第二示例性实施例。这些示例性实施例的电动机控制设备包括 i) 电气角检测部(即,解算器 12 及 R/D 转换器 14),其中 360 度的电气角被设定为小于 360 度的机械角,并且其输出与电动机的转子的电气角相对应的两相编码器信号,ii) 两相编码器计数器 41,其对两相编码器信号进行计数,并输出与电气角相对应的数字值,iii) 电气角数检测部 42,其对由电气角检测部输出的信号表示的电气角所对应的机械角的位置进行

检测,以及 iv) 电动机控制部 44,其基于转矩命令值 TR 来确定电流命令值,并根据电气角数检测部 42 的输出来校正电流命令值。

[0136] 优选地,电动机控制部 44 基于电气角数检测部 42 的输出来判定电动发电机 4 的转子的转角所对应的机械角的位置,并对电流命令值执行与转子的转角相对应的校正。

[0137] 更优选地,电动机控制部 44 具有保存有转矩命令值 TR 以及与转子的转角相对应的校正系数的对应关系,并通过使电流命令值乘以校正系数来执行校正。

[0138] 优选地,电气角数检测部 42 产生其中两相编码器计数器的高位被进一步扩展至与 360 度的机械角相对应的值的计数值 COUNT,并输出扩展计数值 COUNT。

[0139] 更优选地,电气角检测部包括其中 360 度的电气角被设定为比 360 度的机械角小的解算器 12,以及将信号从解算器 12 转换为数字值的解算器 / 数字 (R/D) 转换器 14,并且 R/D 转换器 14 输出包括 A 相信号、B 相信号以及 Z 相信号的两相转换器信号。

[0140] 更优选地,两相编码器计数器 41 根据 A 相信号及 B 相信号增大或减小计数,并在 Z 相信号被输入时将计数值清零。如图 8 及图 10 所示,在两相编码器计数器 41 的计数值正在增大的情况下,当两相编码器计数器 41 的计数值 θ_1 被清零时,电气角数检测部 42 在两相编码器计数器 41 在即将被清零之前的计数值 θ_1 已经超过阈值 X 时,将扩展计数值 COUNT 清零。

[0141] 更优选地,电气角检测部还包括传感器 18,其检测机械角的基准位置。两相编码器计数器 41A 根据 A 相信号及 B 相信号来增大或减小计数,并响应于自传感器 18 的输出来将计数值 θ_1 清零。电气角数检测部 42A 响应于自传感器 18 的输出将扩展计数值 COUNT 清零。

[0142] 优选地,电动机控制设备还包括角度校正部 43,其基于电气角数检测部 42 的输出,对两相编码器计数器输出的数字值执行与机械角的校正位置相对应的校正处理。

[0143] 下面,将描述本发明的第三示例性实施例。在第一示例性实施例中描述的电动机控制设备接收从位置检测器(即,解算器 +R/D 转换器,或编码器等)输出的 Z 相信号、A 相信号以及 B 相信号,并判定电气角数。但是,当因某些原因未预料到会输入 Z 相信号时,就不能够正确地判定电气角数。例如,如果 Z 相信号在不接近 0 度的解算器角度的时机被输入,则两相编码器计数器将被清零,并且会错误地判定电气角是下一轮电气角。

[0144] 因此,在第三示例性实施例中,当相对于基于 A 相信号及 B 相信号获得的解算器角度而未如预料地产生 Z 相信号时,就忽略该 Z 相信号。此外,当连续超出预料地产生 Z 相信号时,就再次检测电气角。

[0145] 图 16 是车辆 1B 的框图,其中使用了根据第三示例性实施例的电动机控制设备。参考图 16,车辆 1B 被构造为使得逆变器设备 2 包括 CPU 40B 而非图 1 中所示车辆 1 中的 CPU 40。车辆 1B 的其他结构与上述车辆 1 相同,由此将不再重复对其的描述。

[0146] CPU 40B 与图 1 所示的 CPU 40 的不同之处在于,其包括两相编码器计数器 41B 以及电气角数检测部 42B 代替两相编码器计数器 41 及电气角数检测部 42,并且还包括 Z 相异常检测部 46 以及 Z 相异常判定部 47。CPU 40B 的其他结构与 CPU 40 的相同,因此将不再重复对其的描述。

[0147] 两相编码器计数器 41B 根据 A 相信号 PA 以及 B 相信号 PB 来对计数值 θ_1 增大或减小计数,并根据 Z 相信号 PZ 将计数值 θ_1 清零。

[0148] 电气角数检测部 42B 根据与由两相编码器计数器 41B 输出的电气角相对应的计数值 θ_1 的变化,输出与机械角相对应的计数值 θ_2 ,并输出电气角的扩展计数值 COUNT。具体而言,根据通过两相编码器计数器 41B 的传送 (carry) 或借用 (borrow),计数值 COUNT 被增大或减小。

[0149] Z 相异常检测部 46 判定当计数值 θ_1 处于适当范围内时输入的 Z 相信号为正常,并判定当计数值 θ_1 处于适当范围之外时输入的 Z 相信号为异常。换言之,Z 相异常检测部 46 将预料到的 Z 相信号(即,处于预料的时机的 Z 相信号)与未预料到的 Z 相信号(处于预料之外的时机的 Z 相信号)进行区分。

[0150] Z 相异常判定部 47 对未预料地输入的 Z 相信号的数量进行计数,并判定是否存在异常。具体而言,Z 相异常判定部 47 对被 Z 相异常检测部 46 判定为异常的 Z 相信号的数量进行计数,并在计数值超过错误限制值时输出清零信号 CLR。通过清零信号 CLR,将由两相编码器计数器 41B 以及电气角数检测部 42B 保存的值清零。

[0151] 基于计数值 θ_3 、电气角的扩展得到的计数值 COUNT、转矩命令值 TR 以及电动机电流值 IV 及 IW,电动机控制部 44 输出三相 PWM 信号,即 U 相 PWM 信号、V 相 PWM 信号以及 W 相 PWM 信号。基于三相 PWM 信号,即 U 相 PWM 信号、V 相 PWM 信号以及 W 相 PWM 信号,控制 IGM 7 中的 IGBT 以接通和关断,由此使电动发电机 4 运转。

[0152] 图 17 是示出在第三示例性实施例中执行的例程的流程图。在该流程图中的例程在第一示例性实施例中描述的图 5 中的例程之外被执行,并且在每一次 Z 相信号 PZ 被输入至 Z 相异常检测部 46 时执行。

[0153] 参考图 17,首先在步骤 S121,判定在已经输入 Z 相信号 PZ 时接收的计数值 θ_1 的值是否满足条件 $X_{max} < \theta_1(n) < X_{min}$ 。此外,n 表示已经执行了该流程图中例程的次数(包括当前这一次在内),由此当下一次执行该流程图中的例程时的计数值将是 $\theta_1(n+1)$ 。

[0154] 图 18 是示出图 10 中的 X_{max} 及 X_{min} 的图。参考图 18,由 TA 来表示计数值 $\theta_1(n)$ 的值不小于 X_{min} 并且不大于 θ_{max} 的时段,由 TB 来表示计数值 $\theta_1(n)$ 的值不小于 θ_{min} 并且不大于 X_{max} 的时段,并且由 TC 来表示任何其他时段。 X_{max} 表示接近 +0 度的 Z 相输入正常判定阈值,并且 X_{min} 表示接近 -0 度的 Z 相输入正常判定阈值。

[0155] 初始假定当 $\theta_1(n) = \theta_{max}$ 时从 R/D 转换器 14 输出 Z 相信号 PZ,但存在因为某些原因在计数值 θ_1 与 Z 相信号 PZ 之间存在偏差的情况。例如,角度检测器(即,编码器,解算器或 R/D 转换器)或构成角度检测器的组件(例如,布线及连接器)的失效将导致实际电气角与角度检测器识别的角度之间产生偏差,由此导致输出 Z 相信号。此外,因噪音的影响,在实际电气角与由角度检测器识别的角度之间会存在偏差,由此导致输出 Z 相信号。电气噪声也可能会叠加在 Z 相信号自身上。

[0156] 因此,在时段 TA 或时段 TB 期间输入的 Z 相信号被认定正常,而在任何其他时段过程中输入的 Z 相信号被认定为异常。两相编码器计数器 41B 由被认定为正常的 Z 相信号清零,但不会由被认定为异常的 Z 相信号清零。

[0157] 但是,当在异常时段 TC 期间多次输入 Z 相信号时,也不能够信任两相编码器计数器 41B 的计数值 θ_1 。因此,产生异常 Z 相信号的次数被计数,如果该数量大于预定值,则执行控制以将两相编码器计数器 41B 清零,并将由电气角数检测部 42B 计数的扩展位计数值 COUNT 清零。

[0158] 再参考图 17,如果在步骤 S121 中并不满足条件 $X_{max} < \theta_1(n) < X_{min}$ (即,如果在图 18 中的时段 TA 或 TB 期间输入 Z 相信号 PZ),则处理进行至步骤 S125,并且控制改变返回主例程。

[0159] 另一方面,如果在步骤 S121 中满足条件 $X_{max} < \theta_1(n) < X_{min}$ (即,如果在图 18 中的时段 TC 期间输入 Z 相信号 PZ),则处于进行至步骤 S122。

[0160] 在步骤 S122 中,将 +1 增加至 Z 相异常时机输入的计数值 ERROR_COUNT。计数值 ERROR_COUNT 是用于对在图 18 中的时段 TC 期间输入的 Z 相信号 PZ 进行计数的计数值。

[0161] 然后,在步骤 S123 中,判定计数值 ERROR_COUNT 是否已经超过异常判定阈值 ERROR。如果 ERROR_COUNT 大于 ERROR,则处理进行至步骤 S124。另一方面,如果 ERROR_COUNT 不大于 ERROR,则处理进行至步骤 S125,并且控制改变返回至主例程。此外,异常判定阈值 ERROR 也可以任何整数,只要其等于或大于 1 即可。当异常判定阈值 ERROR 被设定为 1 时,即使在图 18 中的时段 TC 期间 Z 相信号 PZ 被输入的情况发生了一次,也将计数值 COUNT 重置(即,将执行重置操作)。通常,异常判定阈值 ERROR 被设定为二或更大的值,因此将忽略因噪声等原因产生的单次 Z 相信号 PZ,并且当在图 18 的时段 TC 期间输入了多个 Z 相信号 PZ 时,将执行重置操作。

[0162] 在步骤 S124 中,由电气角数检测部 42B 计数的计数值 COUNT 被清零,同时计数值 ERROR_COUNT 也被清零。然后,处理进行至步骤 S125,并且控制改变返回至主例程。

[0163] 总而言之,对于第三示例性实施例,图 16 所示的转角检测设备包括 i) 角度检测部 12 和 14,其中与输出信号的一个周期相对应的角度被设定为比 360 度的机械角小, ii) 计数器 41B,其输出与角度检测部的输出信号相对应的数字信号,以及 iii) 电气角数检测部 42B,其基于计数器 41B 的计数值的变化来对由从角度检测部输出的信号表示的角度所对应的机械角的位置进行检测。

[0164] 优选地,角度检测部是电气角检测部 12 和 14,其中 360 度的电气角被设定为比 360 度的机械角小,并且其输出与转子的电气角相对应的两相编码器信号。计数器是两相编码器计数器 41B,其对两相编码器信号进行计数,并输出与电气角相对应的数字值 θ_1 。电气角数检测部 42B 基于计数器 41B 的计数值的变化来对由从角度检测部输出的信号表示的电气角所对应的机械角的位置进行检测。

[0165] 更优选地,电气角数检测部 42B 产生其中两相编码器计数器 41B 的高位被进一步扩展至与 360 度的机械角相对应的值的计数值 θ_2 ,并输出扩展得到的计数值 COUNT。

[0166] 更优选地,电气角数检测部 42B 根据 A 相信号及 B 相信号来增大或减小计数,并在 Z 相信号被输入时将计数值清零。转角检测设备还包括 Z 相异常检测部 46 以及 Z 相异常判定部 47,Z 相异常检测部 46 判定当 Z 相信号被输入时两相编码器计数器 41B 的计数值是否处于与异常时机相对应的预定范围内(即,处于图 18 中的时段 TC 内),并且 Z 相异常判定部 47 在由 Z 相异常检测部 46 判定得到计数值处于预定范围内时对已经输入 Z 相信号的次数进行计数,并且当已经输入 Z 相信号的计数值 ERROR_COUNT 超过错误计数阈值 ERROR 时(即,步骤 S123 中为是),将由电气角数检测部 42B 保存的扩展计数值 θ_2 以及扩展位 COUNT 清零。

[0167] 在第三实施例中,当检测到在异常时机重复输入 Z 相信号时,计数器就被清零,由此即使存在错误操作,也可增大返回正常操作的几率。

[0168] 在第一至第三示例性实施例中,解算器被用作转子位置检测设备。现将描述其中替代地使用了霍尔 (Hall) 元件作为转子位置检测设备的第四示例性实施例。

[0169] 图 19 是使用了根据第四示例性实施例的电动机控制设备的车辆 1C 的框图。在图 19 中,由 Hall 元件 18C 输入与 Z 相信号相对应的信号。

[0170] 参考图 19,车辆 1C 包括逆变器设备 2C、电动发电机 4 以及连接至电动发电机 4 的转子轴的转子位置检测部 12C。如果车辆 1C 是电动车辆、混合动力车辆或燃料电池车辆,则可以使用电动发电机 4 来驱动车辆。此外,也可将电动发电机 4 用作其他目的。

[0171] 转子位置检测部 12C 还包括 Hall 元件 18C,其对转子中嵌入的磁体的位置进行检测,所述转子固定至电动发电机 4 的转轴。

[0172] 逆变器设备 2C 包括 CPU 40C、IPM 7 以及电流传感器 8 及 9。IPM 7 包括诸如 IGBT 的功率开关器件,用于控制流向电动发电机 4 的定子线圈的电流。电动发电机 4 的定子线圈包括 U 相线圈、V 相线圈以及 W 相线圈。U、V 及 W 相线圈以 Y 形连接,由此通过利用电流传感器 8 及 9 测量 V 及 W 相的电流,通过计算可获得 U 相的电流。

[0173] CPU 40C 包括转子位置检测部 41C、角度校正部 43、电动机控制部 44、正常时机判定部 48C、Z 相异常检测部 46C 以及 Z 相异常判定部 47C。角度校正部 43 以及电动机控制部 44 执行与第一示例性实施例中描述的相同的操作,由此将不再重复对其的描述。

[0174] 当使用 Hall 元件时,分辨力较低,因此不能够检测出实际角度原本的大小。因此,假定电动机旋转不会突然改变,并且转子位置检测部 41C 基于从输入 Z 相信号之间的时间间隔获得的转速以及在已经输入最近一次 Z 相信号之后已经经过的时间,来估计角度。

[0175] 具体而言,例如,转子位置检测部 41C 包括计时器 / 计数器,其通过 CPU 40C 的时钟信号等增大计数,并根据来自 Hall 元件 18C 的 Z 相信号被清零。转子位置检测部 41C 存储计时器 / 计数器在即将被清零之前的值作为与 360 度相对应的值 C0,并通过将所存储的值 C0 与当前计数值 C 的比率乘以 360 度来计算与电气角相对应的计数值 θ 1,即,θ 1 = C/C0 × 360。

[0176] 正常时机判定部 48C 计算预料下一次将输入 Z 相信号的输入时段 (即,预料输入时段),并向 Z 相异常检测部 46C 输出表示当前时间是否与所计算的预料输入时段相对应的信号。该预料输入时段对应于图 18 的时段 TA+TB。

[0177] Z 相异常检测部 46C 基于从 Hall 元件 18C 输入的 Z 相信号是否在预料输入时段期间来检测 Z 相信号异常。已经在图 18 的时段 TC 期间输入的 Z 相信号被判定为异常信号,并被忽略。在此情况下,表示已经输入了异常信号的输出信号被输出至 Z 相异常判定部 47C。

[0178] Z 相异常判定部 47C 根据 Z 相异常检测部 46C 的输出结果、基于检测的数量以及时间来进行针对异常的判定。例如,Z 相异常判定部 47C 可能在预定时段内已经检测到的异常信号的次数超过错误阈值 ERROR_COUNT 时判定为 Z 相信号异常。

[0179] 如果判定为 Z 相信号异常,则 Z 相异常判定部 47C 将电气角数检测部 42C 的计数器清零。

[0180] 根据该第四示例性实施例的转角检测设备包括:其中与输出信号的一个周期相对应的角度被设定为比 360 度的机械角小的角度检测部 18C,输出与角度检测部的输出信号相对应的数字值的计数器 (即,转子位置检测部 41C),以及基于计数器 (即,转子位置检测部 41C) 的计数值 θ 1 的变化来对由从角度检测部输出的信号表示的角度所对应的机械角

的位置进行检测的电气角数检测部 42C。

[0181] 优选地,角度检测部 18C 是 Hall 元件,其被构造为输出表示在每一次达到预定角度时一个周期结束的信号,作为输出信号。计数器包括转子位置检测部 41C,其基于时钟信号来从已经输入了输出信号之后直至下一次输入该输出信号对中间计数值增大计数。转角检测设备还包括 Z 相异常检测部 46C,其判定在已经输入 Z 相信号时计数器(即,转子位置检测部 41C) 的计数值是否处于与预定时间相对应的预定范围内,并且当由 Z 相异常检测部 46C 判定得到计数值处于预定范围内时,Z 相异常判定部 47C 对该输出信号已经输入的次数进行计数,并且当该输出信号已经输入的次数超过错误计数阈值时,将由电气角数检测部 42C 保存的扩展计数值清零。

[0182] 与第三示例性实施例类似,在第四示例性实施例中,当在异常时机检测到 Z 相信号的重复输入时,将计数器清零,由此即使存在错误操作,返回至正常操作的几率也能够增大。

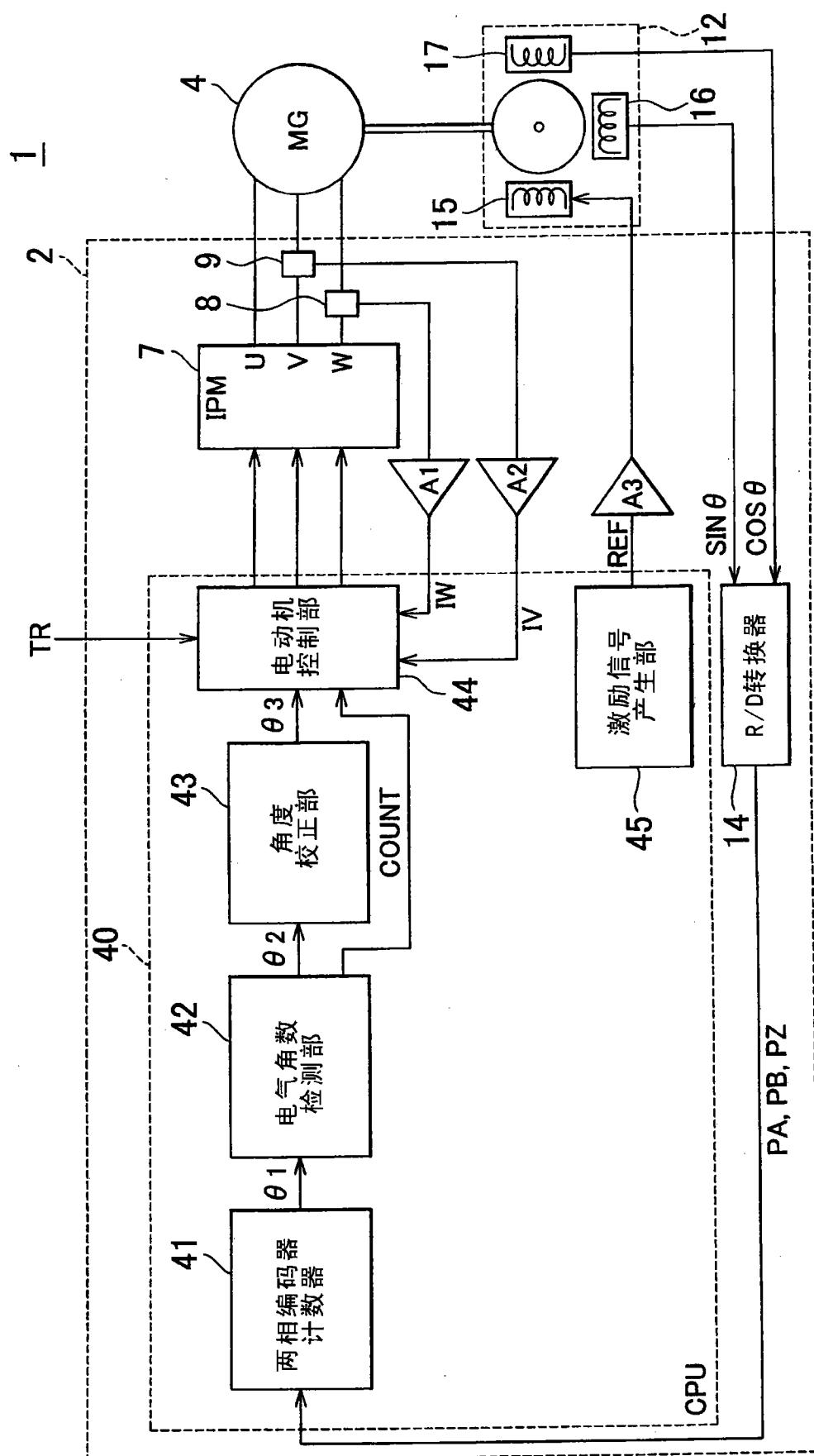


图 1

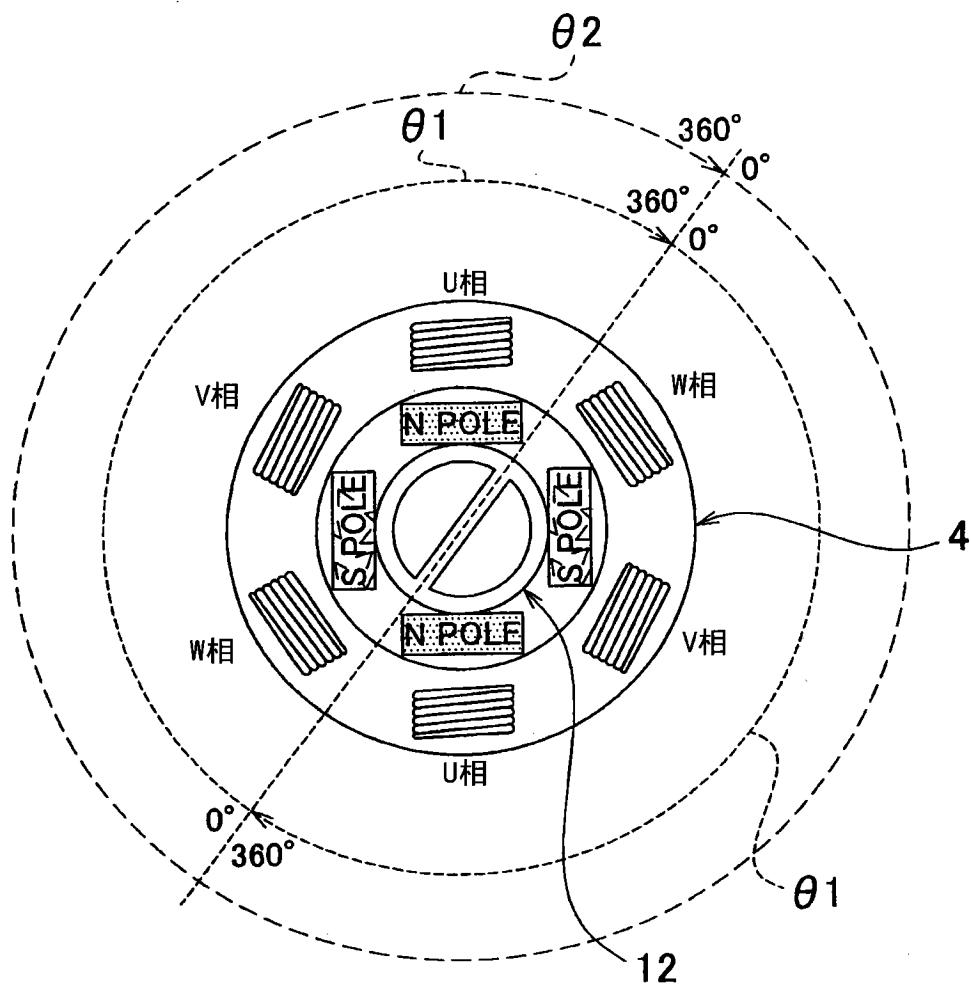


图 2

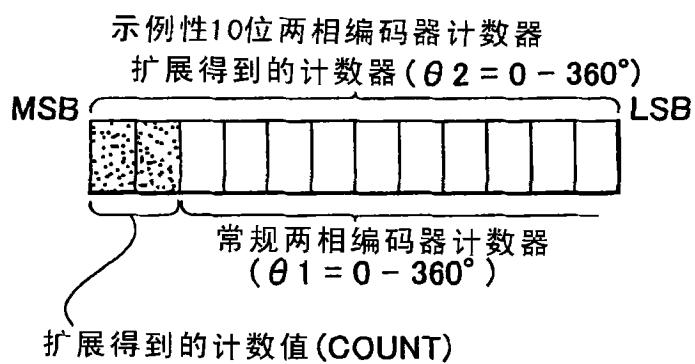


图 3

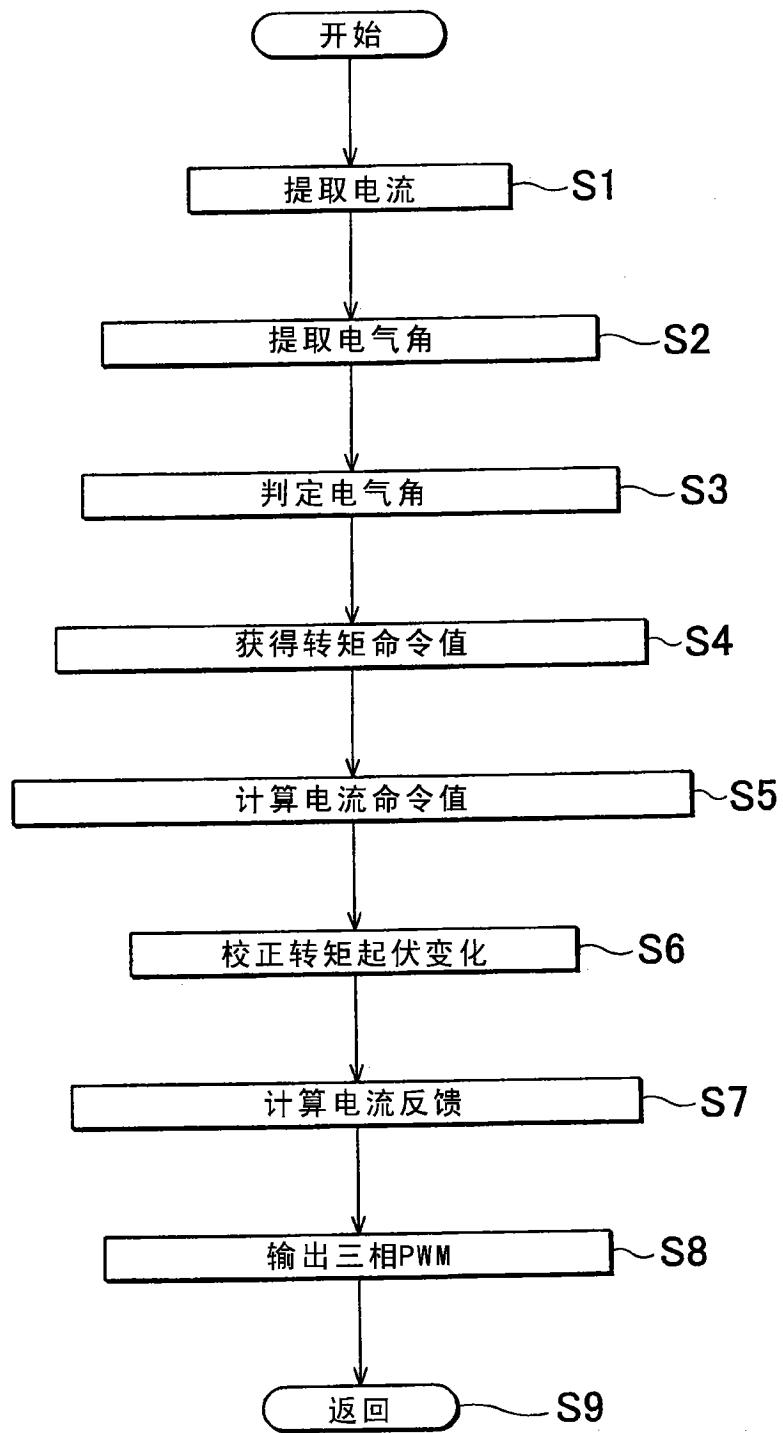


图 4

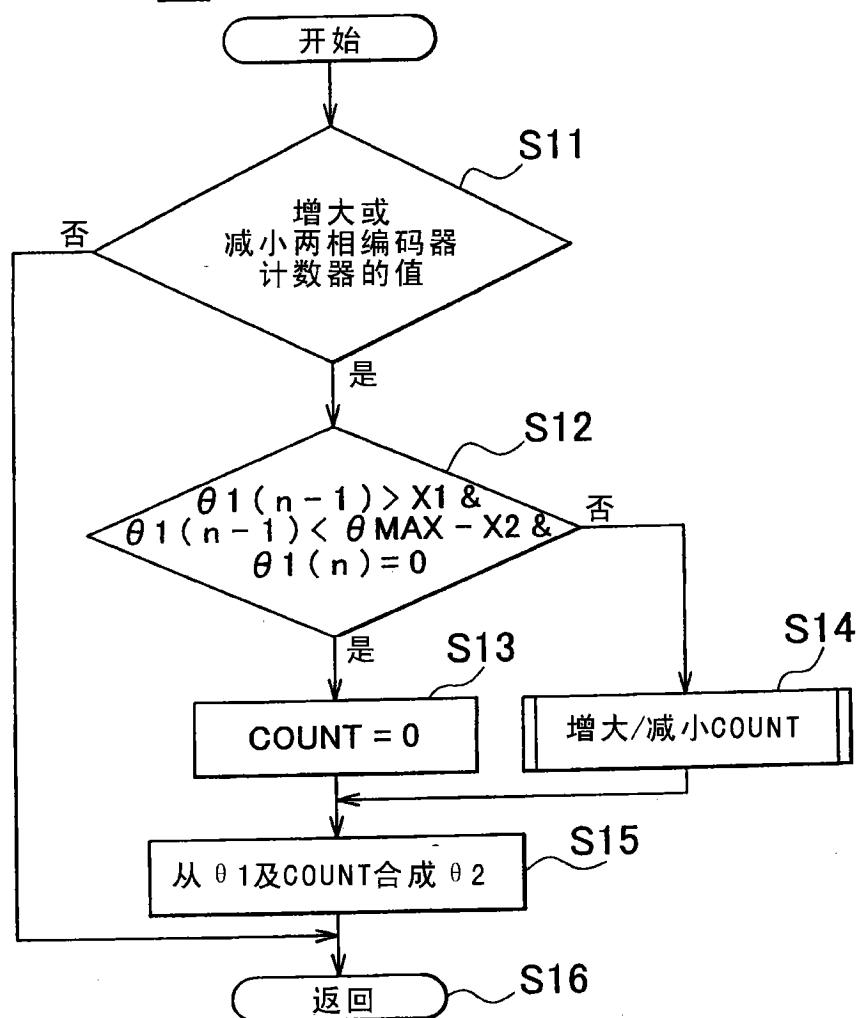
S3

图 5

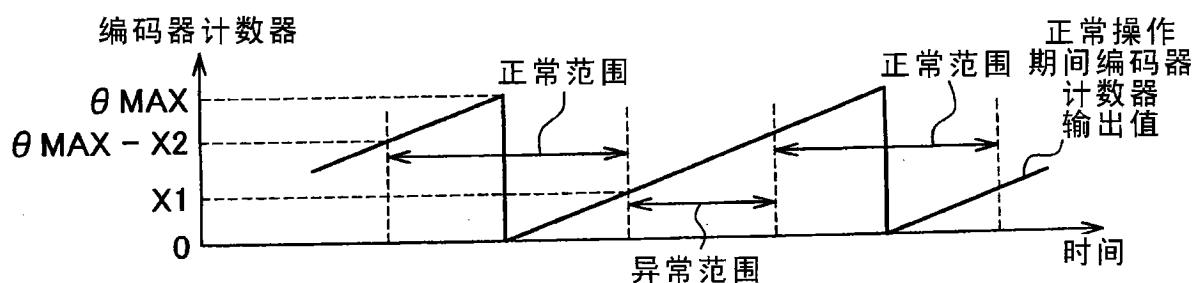


图 6

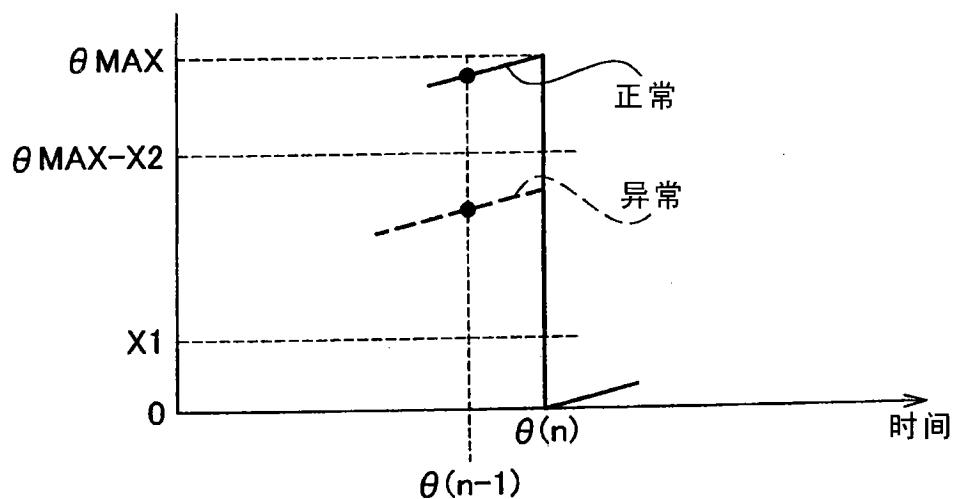


图 7

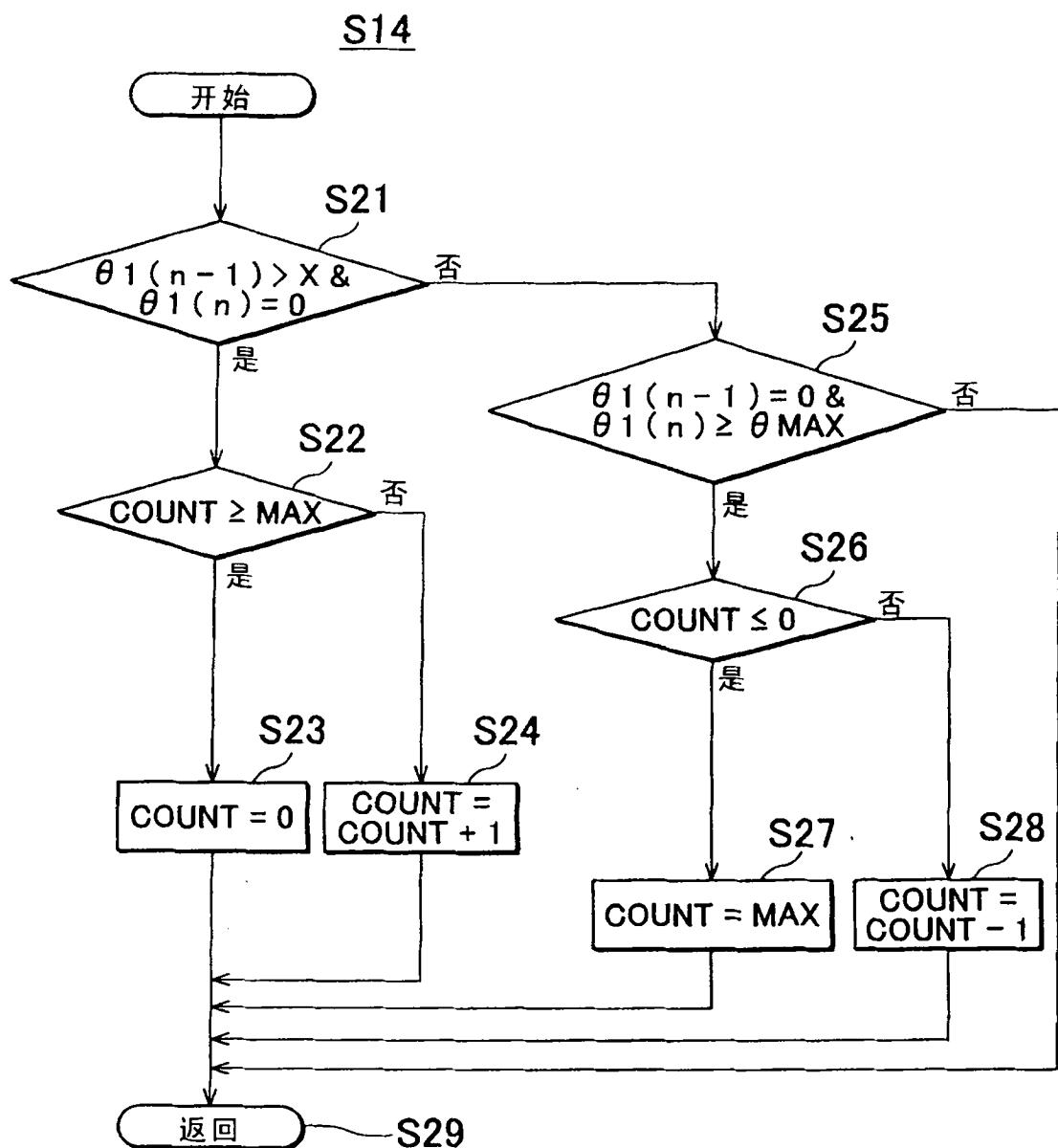


图 8

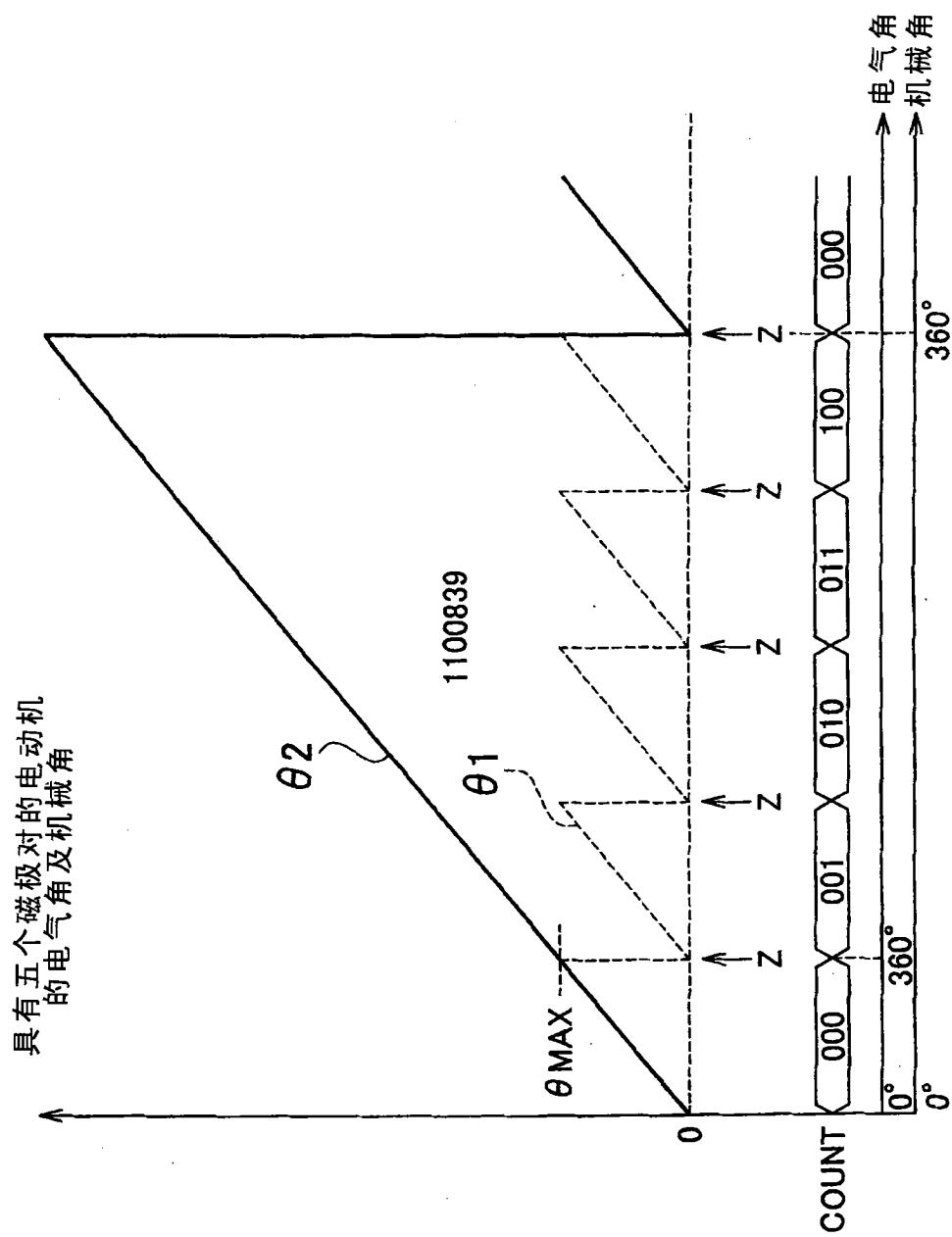


图 9

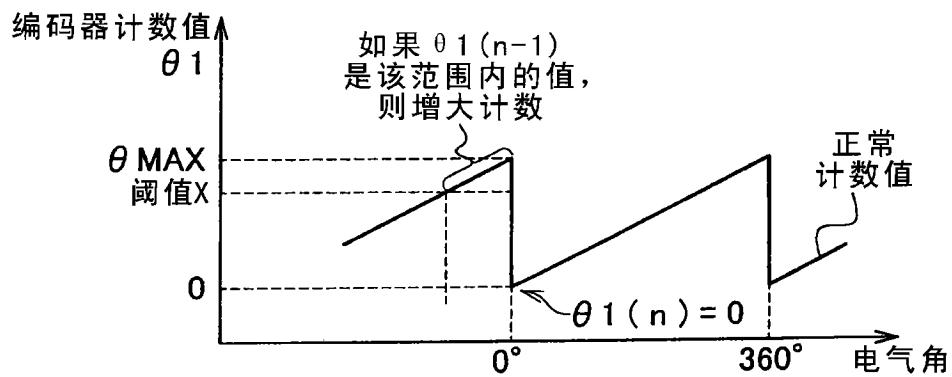
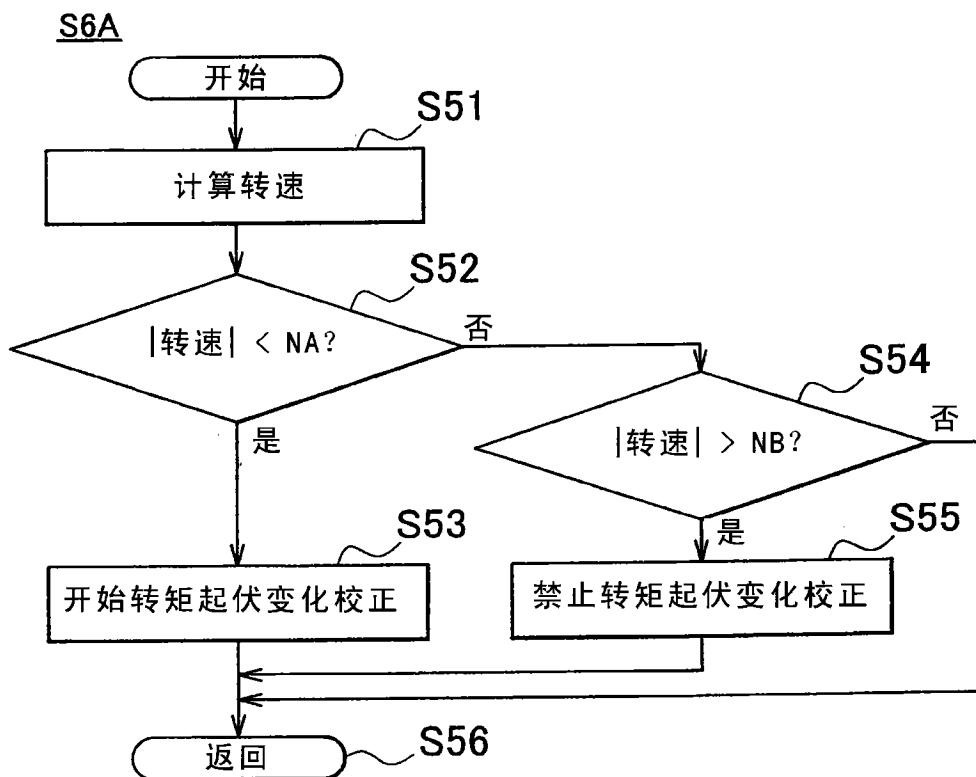


图 10



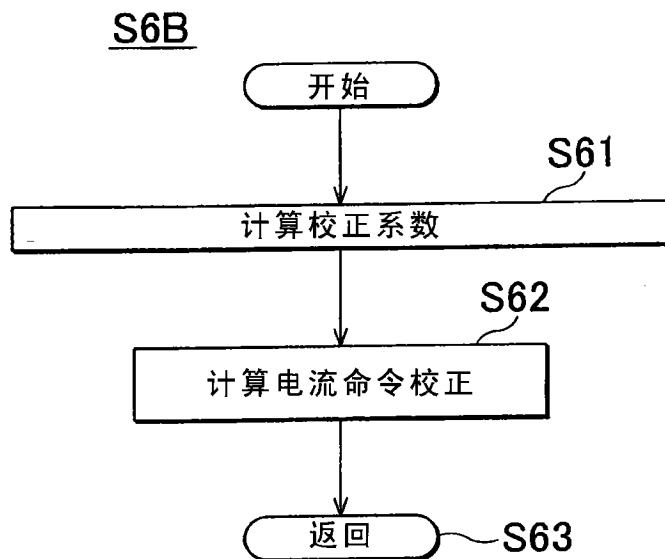


图 12

TR = 20N·m		TR = 40N·m		TR = 200N·m	
角 θ_3 . COUNT	校正系数K	角 θ_3 . COUNT	校正系数K	角 θ_3 . COUNT	校正系数K
0.0	K11	0.0	K21	0.0	Kn1
5.0	K12	5.0	K22	5.0	Kn2
.
.
360.0	K1n	360.0	K2n	360.0	Kn

图 13

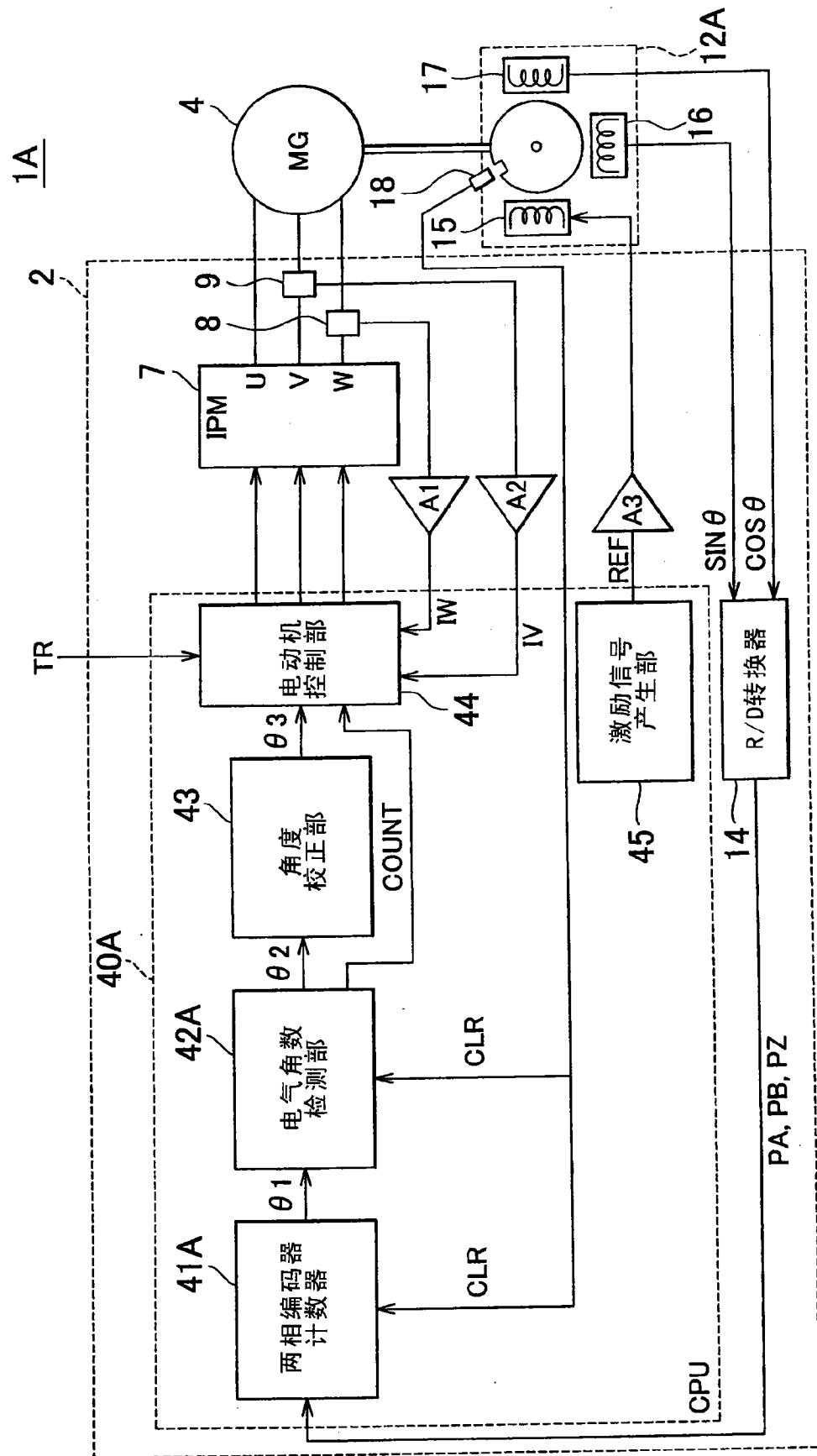


图 14

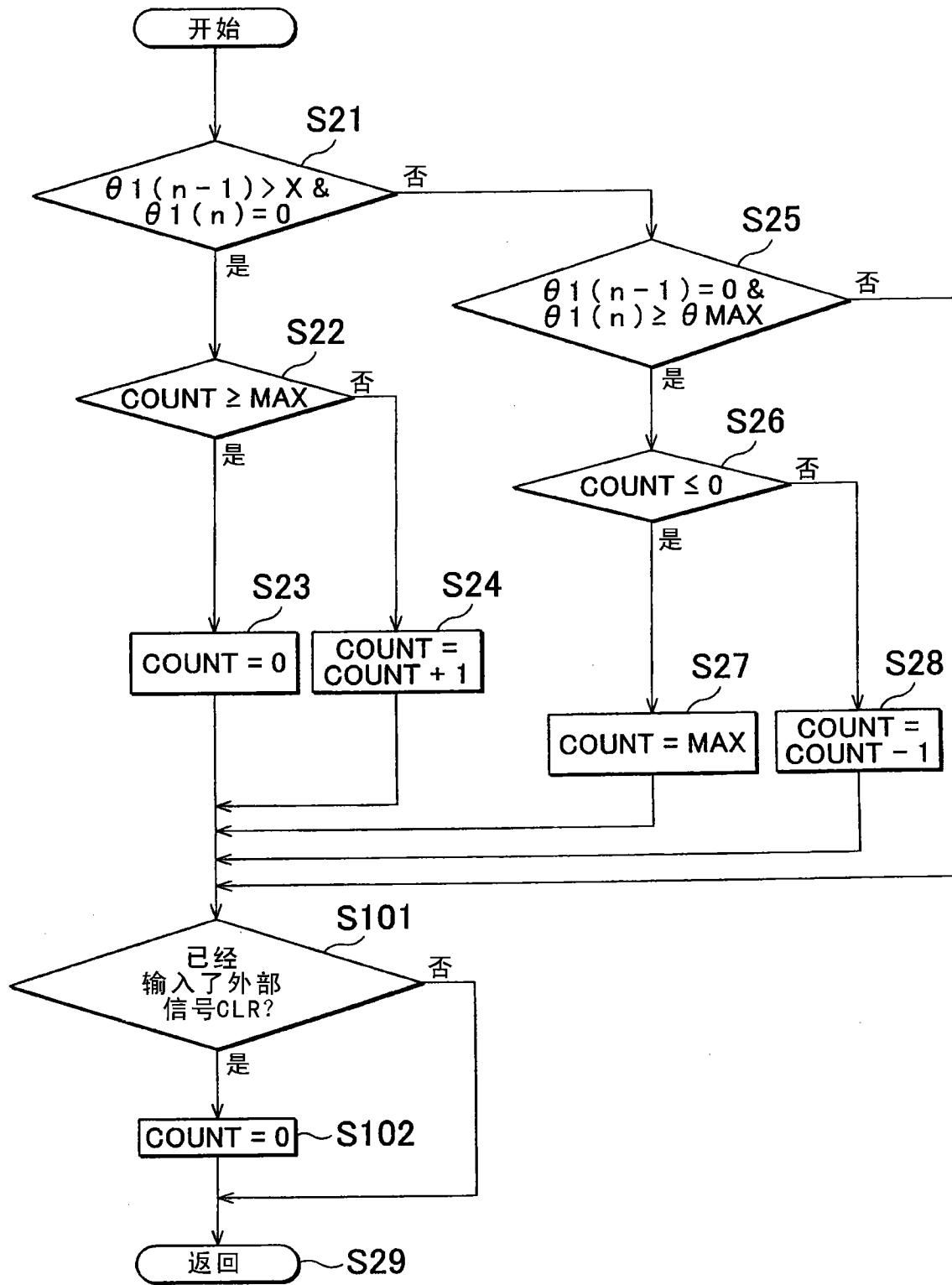


图 15

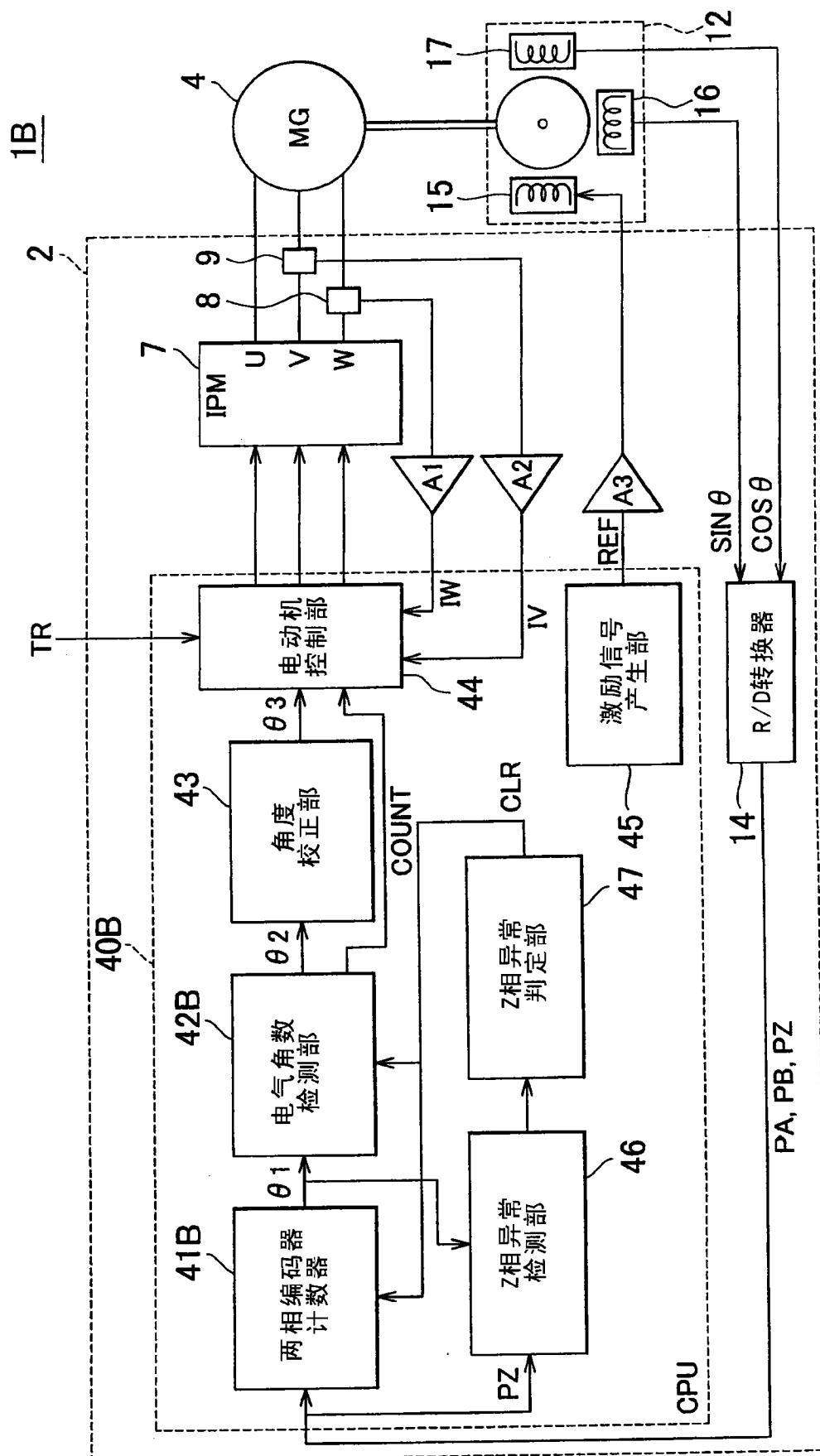


图 16

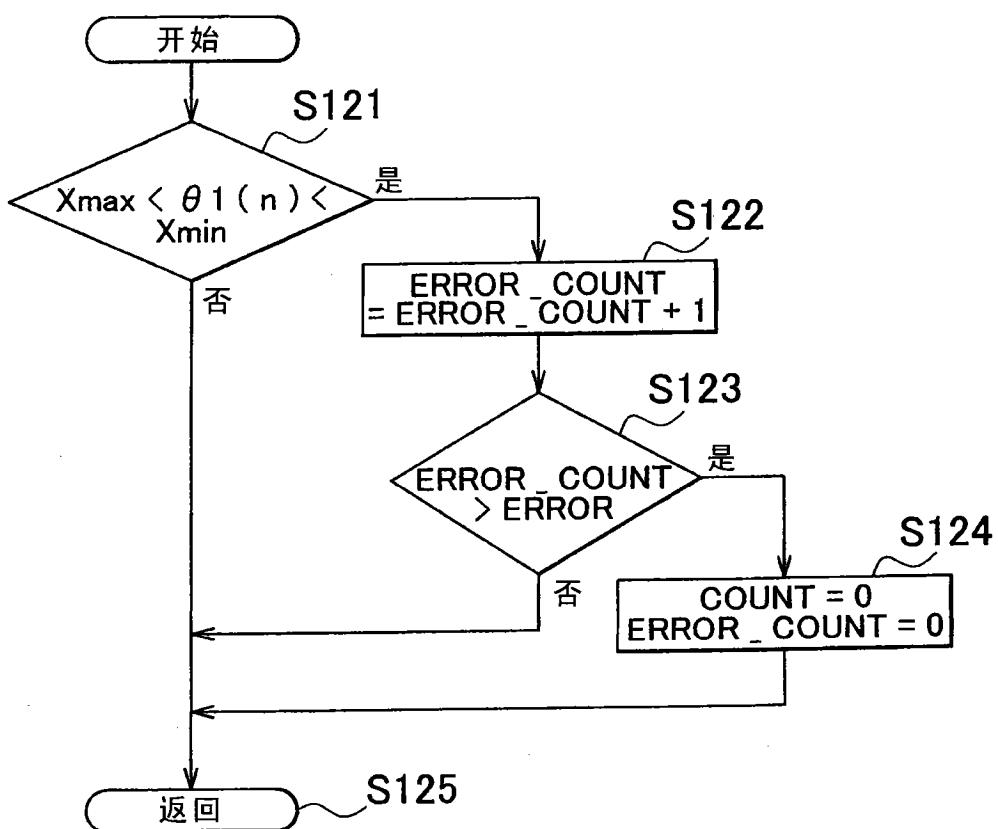


图 17

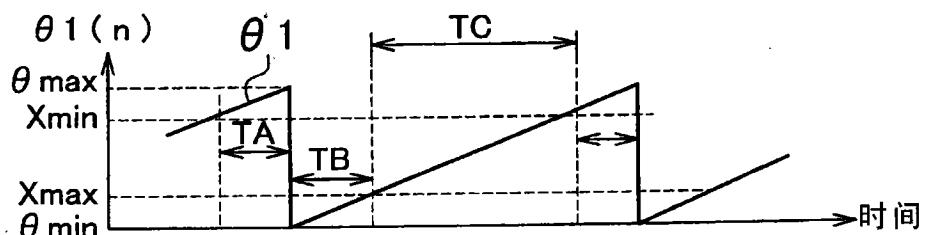


图 18

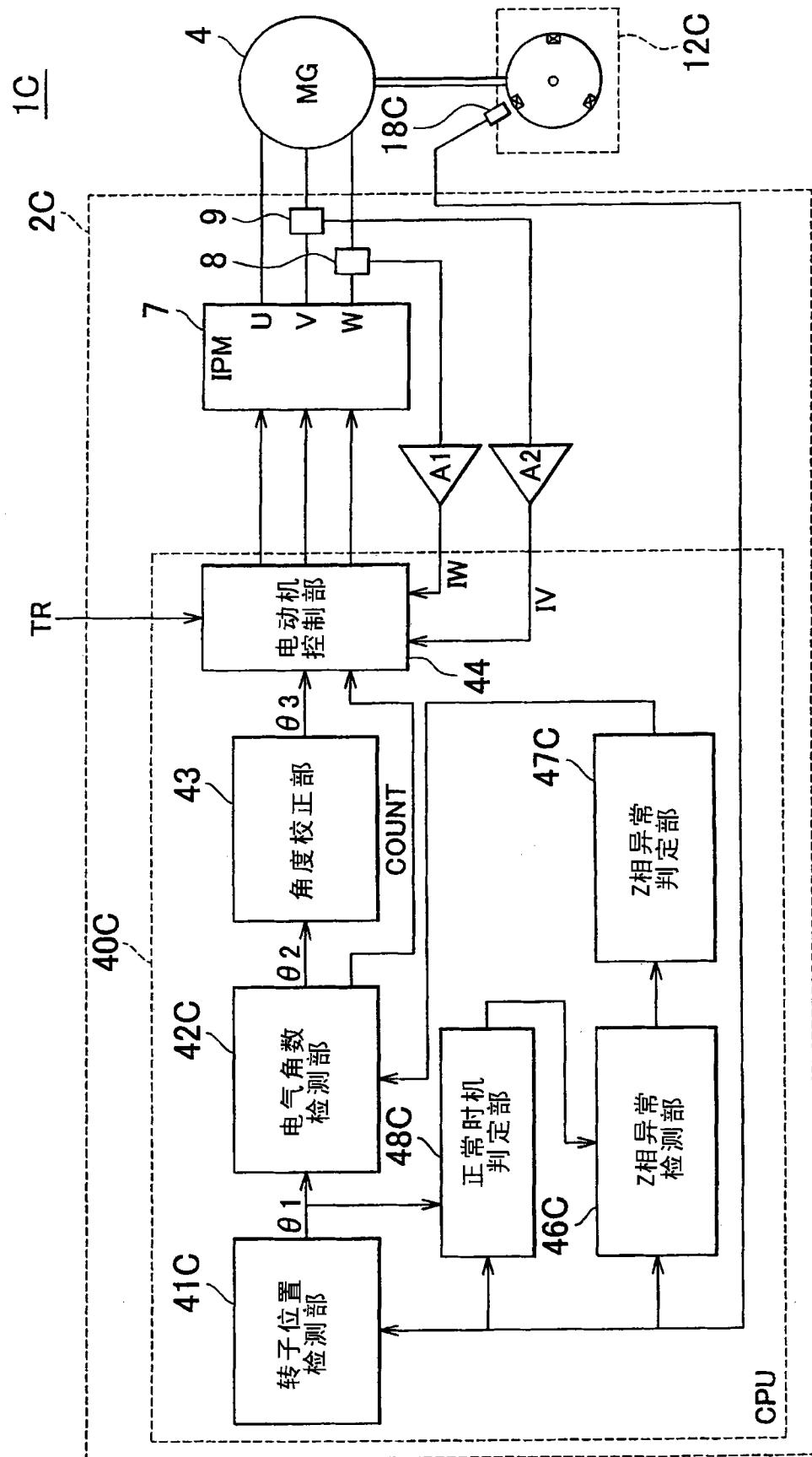


图 19

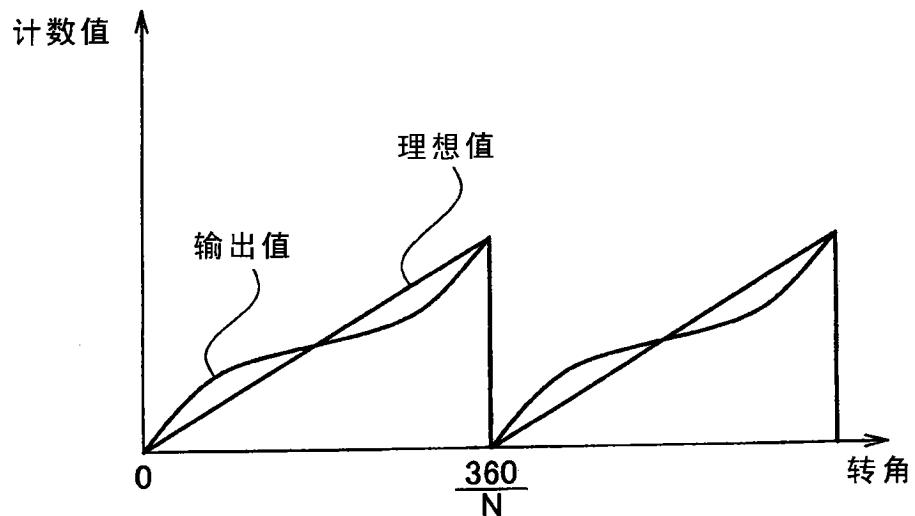


图 20