



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 01139347.5

[45] 授权公告日 2005 年 4 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1199344C

[22] 申请日 2001. 11. 26 [21] 申请号 01139347.5

[30] 优先权

[32] 2001. 3. 26 [33] JP [31] 88846/2001

[71] 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 宫崎新一 池上昭彦

审查员 项晓娟

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

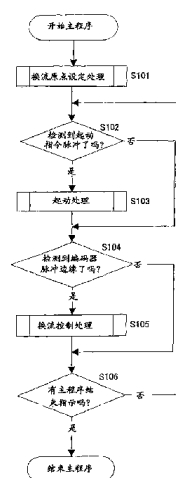
代理人 刘宗杰 叶恺东

权利要求书 3 页 说明书 29 页 附图 13 页

[54] 发明名称 无传感器电机的驱动装置

[57] 摘要

一种无传感器电机的驱动装置, 本发明即使在低旋转速度区也能够容易而且可靠地驱动无传感器的无电刷电机。从无电刷电机 1 停止的状态出发切换励磁相进行三次励磁, 由此转子旋转, 然后在静止时刻设定换流原点。而且, 检测来自伴随着无电刷电机 1 的驱动对象物的移动输出脉冲信号位置检测器的脉冲信号, 根据来自该换流原点的脉冲信号数进行换流控制, 例如, 预先检测与换流定时相当的换流原点的脉冲信号数, 在来自换流原点的脉冲信号数与预先设定的脉冲信号数一致时作为换流定时进行换流。



1. 一种无传感器电机的驱动装置，其特征在于具备：

安装在无传感器电机的驱动对象物上、伴随着无传感器电机的驱动对象物的移动输出脉冲信号的位置检测器；

5 计数来自该位置检测器的脉冲信号，根据其计数值进行上述无传感器电机的换流控制的换流控制装置；

设定成为上述脉冲信号的计数基准点的换流原点的换流原点设定装置，

10 该换流原点设定装置在初次起动时不是向互差电角 180 度或者其整数倍的电角位置，而是向 2 个牵引位置顺序切换上述无传感器电机的励磁相并且进行了 2 次励磁以后，对于上述第 2 次励磁相，再次向不是互差电角 180 度或者其整数倍的电角位置的牵引位置切换 1 次并且进行励磁，然后在转子静止的时刻，设定上述换流原点。

2. 如权利要求 1 中所述的无传感器电机的驱动装置，其特征在于：15

上述换流原点设定装置在上述无传感器电机的每个旋转方向设定上述换流原点，上述换流控制装置对应于旋转方向，根据来自在每个旋转方向设定的换流原点的脉冲信号数进行上述换流控制。

3. 如权利要求 2 中所述的无传感器电机的驱动装置，其特征在于：20

上述换流原点设定装置把相当于在上述无传感器电机的每个旋转方向设定的上述换流原点的位置差的脉冲信号数检出作为偏置值，上述换流控制装置以一方的换流原点为基准计数脉冲信号，在旋转方向每次改变时根据上述偏置值修正上述脉冲信号的计数值。

25 4. 如权利要求 1~3 的任一项中所述的无传感器电机的驱动装置，其特征在于：

具备检测上述无传感器电机的开放相中产生的反电动势的反电动势检测装置以及根据由该反电动势检测装置检测出的反电动势生成换流时序的换流时序生成装置，

30 上述换流原点设定装置在由上述换流时序生成装置生成的换流时序的时刻，更新并设定上述换流原点。

5. 如权利要求 4 中所述的无传感器电机的驱动装置，其特征在

于:

上述换流时序生成装置根据上述无传感器电机的任一相的反电动势生成换流时序。

5 6. 如权利要求 4 中所述的无传感器电机的驱动装置, 其特征在于:

上述换流时序生成装置在上述无传感器电机的每个旋转方向生成上述换流时序, 上述换流原点设定装置根据上述每个旋转方向的换流时序在每个旋转方向分别更新并设定上述换流原点。

10 7. 如权利要求 6 中所述的无传感器电机的驱动装置, 其特征在于:
上述换流原点设定装置把相当于根据由上述换流时序生成装置在每个旋转方向生成的换流时序更新并设定了的各个换流原点的位置差的脉冲信号数检出作为偏置值, 上述换流控制装置以更新并设定了的一方的换流原点为基准计数脉冲信号, 在旋转方向每次改变时根据上述偏置值修正上述脉冲信号的计数值。

15 8. 如权利要求 7 中所述的无传感器电机的驱动装置, 其特征在于:

具有存储上述偏置值的存储装置, 上述换流控制装置根据在上述存储装置中存储的上述偏置值修正上述脉冲信号的计数值。

20 9. 如权利要求 4 中所述的无传感器电机的驱动装置, 其特征在于:

上述换流控制装置在开始了上述无传感器电机的控制时进行基于由上述换流时序生成装置生成的换流时序的换流原点的更新。

10. 如权利要求 4 中所述的无传感器电机的驱动装置, 其特征在于:

25 上述换流控制装置从上述无传感器电机的控制开始时刻经过预定时间后进行基于由上述换流时序生成装置生成的换流时序的换流原点的更新。

11. 如权利要求 6 中所述的无传感器电机的驱动装置, 其特征在于:

30 上述换流控制装置从上述无传感器电机的控制开始时刻每经过预定时间进行基于由上述换流时序生成装置生成的换流时序的换流原点的更新。

12. 如权利要求 6 中所述的无传感器电机的驱动装置，其特征在于：

上述换流控制装置在每次起动上述无传感器电机时进行基于由上述换流时序生成装置生成的换流时序的换流原点的更新。

无传感器电机的驱动装置

技术领域

- 5 本发明涉及无电刷 DC 电动机或者步进电机等那样通过根据转子的位置，切换励磁相，进行换流控制，使其旋转驱动无传感器电机的驱动装置，特别是涉及利用用于进行无传感器电机的驱动对象物的位置检测器进行无传感器电机的换流控制的驱动装置。

背景技术

- 10 作为检测像无电刷 DC 电机或者 HB 型步进电机等那样在转子中使用了永久磁铁的电机的转子位置的技术，以往，有利用在定子绕组的开放相（不通电相）中发生的反电动势的技术。即，检测可以从励磁线圈得到的反电动势，求该检测出的反电动势与中性点电压交叉的零交叉点，检测转子位置。这种情况的换流控制例如通过在从上述零交叉点把相位移动 30 度的点进行换流动作而实现。

- 15 因此，在电机停止时，由于不能够从励磁线圈得到反电动势，不能够进行无传感器驱动，因此在从电机停止状态开始进行旋转驱动的电机起动时，进行所谓的强制换流，强制驱动转子，由此，在成为可以从励磁线圈获得预定值以上的反电动势的电机速度后，转移到无传感器驱动。

20 对于这样的电机的无传感器控制，已知有在电机中设置霍尔元件，使用该元件检测转子位置，根据检测值驱动电机的方法等。

- 25 然而，在根据反电动势进行无传感器控制的情况下，如上述那样由于在低速下不能够进行换流控制，因此在反复停止、起动这样控制的情况下很不理想。另外，如果依据使用霍尔元件等进行控制的方法，则虽然在低速下能够进行控制，然而转子磁极的磁极分割宽度的分散性或者霍尔元件的设置位置的分散性等直接作为换流定时的误差影响到控制精度，因此现状是在能够检测反电动势的速度范围内的动作中，基于反电动势的无传感器控制不包括上述的误差，动作才会稳定，故希望即使是低速也能够进行控制，而且能够更高精度地把电机进行无传感器控制的驱动方法。

发明内容

因此,本发明是着眼于上述以往未解决的问题而产生的,目的在于提供即使在低速下也能够可靠地进行换流控制,而且能够以更高精度进行无传感器电机的驱动控制的无传感器电机的驱动装置。

为了达到上述目的,本发明方案1的无传感器电机的驱动装置具有安装在无传感器电机的驱动对象物上、伴随着无传感器电机的驱动对象物的移动输出脉冲信号的位置检测器;计数来自该位置检测器的脉冲信号,根据其计数值进行上述无传感器电机的换流控制的换流控制装置;设定成为上述脉冲信号的计数基准点的换流原点的换流原点设定装置,该换流原点设定装置在初次起动时把上述无传感器电机的励磁相顺序切换到不是互差电角180度或者其整数倍的电角位置的2个牵引位置并且进行了2次励磁以后,对于上述第2次的励磁相,再一次切换到不是电角180度或者其整数倍的电角位置的牵引位置并进行励磁,然后在转子静止的时刻,设定上述换流原点。

在方案1的发明中,如果无传感器电机的驱动对象物移动,则与此相伴从位置传感器输出脉冲信号,根据该脉冲信号数的计数值进行换流控制。成为上述脉冲信号的计数基准点的换流原点由换流原点设定装置设定,在换流原点设定装置中,根据初次起动时励磁了无传感器电机的定子绕组时的静止位置,即牵引位置设定换流原点。

这里,虽然有时根据即将初次起动前的转子的停止位置在1次励磁中转子没有旋转,但如果把励磁相顺序切换到不是互差电角180度或者其整数倍的电角位置的2个不同的牵引位置并且进行2次励磁,则转子通过正转或者反转可靠地旋转,被牵引到第2次的牵引位置。而且,如果对于上述第2次的牵引位置,再一次切换到不是电角180度或者其整数倍的电角位置的牵引位置并进行励磁,则能够使转子向作为目标的旋转方向旋转,并且被牵引到第3次的牵引位置。

而且,如果转子移动到第3次的牵引位置,并且在静止时的位置设定换流原点,则换流原点在预定的旋转方向与转子旋转时要换流的位置一致。

从而,把换流原点作为计数基准点计数脉冲信号,如果在该计数值例如每次成为预先设定的一个换流区间的脉冲信号数的倍数时进行换流,则成为在转子每次到达要换流的位置时进行换流,能够以可

靠的定时进行换流。

这里，例如经过由齿轮机构或者驱动力传送带和皮带轮构成的机构等通过无传感器电动机把驱动对象物进行驱动时，有时实际上与转子旋转无关，由于齿轮机构的齿隙或者驱动力传送带的伸展等影响没有把驱动对象物进行驱动，没有从位置检测器输出脉冲信号。因此，
5 将在来自静止位置的转子的实际旋转量与基于伴随该旋转位置检测器输出的脉冲信号计数值的旋转量之间产生偏移。

但是，如上述那样进行3次励磁，使转子可靠地沿着所希望的旋转方向旋转，在静止的位置设置换流原点，因此如果沿着与上述
10 换流原点设定之前的转子的旋转方向相同的方向起动，则能够去除齿隙等的影响，可靠地设定换流原点，从而能够以可靠的定时进行换流。

另外，方案2的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案1中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流原点设定装置在上述无
15 传感器电机的每个旋转方向设定上述换流原点，上述换流控制装置对应于旋转方向，根据来自在每个旋转方向设定的换流原点的上述脉冲信号数进行上述换流控制。

另外，方案3的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案2中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流原点设定装置把相当于
20 在上述每个无传感器电机的旋转方向设定的上述各换流原点的位置差的脉冲信号数检测为偏置值，上述换流控制装置把一方的换流原点作为基准计数脉冲信号，根据上述偏置值在每次改变旋转方向时修正上述脉冲信号的计数值。

在方案2以及方案3的发明中，在无传感器电机的每个旋转方向
25 设定换流原点。这里，例如在由无传感器电机通过齿轮机构或者驱动力传送带和皮带轮构成的机构等把驱动对象物进行驱动时，有时由于由齿轮机构的齿隙或者驱动力传送带的延伸等引起并通过旋转方向的切换，使转子的位置与驱动对象物的绝对位置发生偏移。从而，在这样产生偏移的状态下，如果根据以对于一个旋转方向设
30 定的一个换流原点为基准的脉冲信号计数值进行换流控制，则根据旋转方向，真正的转子换流定时与基于脉冲信号计数值的换流定时之间将偏移。

然而，在上述方案2以及方案3的发明中，在无传感器电机的每个旋转方向设定换流原点，对应于旋转方向，根据来自在各个旋转方向设定的换流原点的脉冲信号数进行换流控制，因此能够避免由旋转方向的改变产生换流定时中的偏移。

- 5 这时，如方案3的发明那样，把相当于在无传感器电机的每个旋转方向设定的各个换流原点的位置差的脉冲信号数检测为偏置值，以任一方的换流原点为基准计数脉冲信号，如果根据偏置值在旋转方向每次改变时修正脉冲信号的计数值，使得成为以对应于旋转方向的换流原点为基准的计数值，则不需要在每个旋转方向准备存储上述脉冲信号计数值的计数变数，能够省略在旋转方向每次改变时切换参考的计数变数这样的处理程序。

- 15 另外，方案4的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案1~方案3的任一项中记述的无传感器电机的驱动装置中，具备检测上述无传感器电机的开放相中产生的反电动势的反电动势检测装置；根据由该反电动势检测装置检测出的反电动势生成换流定时的换流定时生成装置，上述换流原点设定装置在由上述换流定时生成装置生成的换流定时的时刻，更新、设定上述换流原点。

- 20 另外，方案5的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案4中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流定时检测装置根据上述无传感器电机的任一相的反电动势生成换流定时。

- 在该方案4以及方案5的发明中，由反电动势检测装置检测无传感器电机的开放相即不通电相中发生的反电动势。根据检测出的反电动势检测转子的位置，生成换流定时，在所生成的换流定时的时刻更新、设定换流原点。

- 25 这里，根据反电动势检测转子的位置可以比方案1~方案3中叙述的通过励磁把转子牵引到静止位置所决定的转子的位置得到更高的精度。即，这是因为在通过励磁把转子牵引到静止位置的情况下，由于摩擦负荷等外力与电机发生的转矩的平衡，转子在从电稳定静止点稍稍偏离的位置静止，而与此不同，根据反电动势检测出的转子位置不包括由摩擦负荷等产生的牵引偏移的因素。

- 30 从而，在成为根据反电动势可以生成换流定时的状态的时刻，根据能够检测转子位置的反电动势更高精度地检测转子的位置，生成换

流定时并且更新、设定换流原点。以后，以该换流原点为基准计数脉冲信号，根据该计数值进行换流，因此能够更高精度地进行换流控制。

5 这时，在以往的使用了反电动势的无传感器控制的情况下，需要顺序地检测所有相的反电动势，生成与其对应的换流定时，而如方案5的发明那样，在换流定时生成装置中，不是根据无传感器电机的所有的相，而是根据某一相的反电动势生成换流定时，因此能够减少检测反电动势的电路的数量，同时还能够减去轻换流定时生成所需要的处理。

10 另外，方案6的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案4或者方案5中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流定时生成装置在上述无传感器电机的每个旋转方向生成上述换流定时，上述换流原点设定装置根据上述每个旋转方向的换流定时在每个旋转方向更新、设定上述换流原点。

15 另外，方案7的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案6中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流原点设定装置把相当于根据在上述换流定时生成装置中在每个旋转方向生成的换流定时设定的各个换流原点的位置差的脉冲信号数检测为偏置值，上述换流控制装置以更新、设定了的一方的换流原点为基准计数脉冲信号，根据上述偏置值在旋转方向每次改变时修正上述脉冲信号的计数值。

20 另外，方案8的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案7的无传感器电机的驱动装置中，具有存储上述偏置值的存储装置，上述换流控制装置根据在上述存储装置中存储的上述偏置值修正上述脉冲信号数的计数值。

25 在该方案6~8的发明中，在换流原点设定装置中，根据在各旋转方向在换流定时生成装置中生成的换流定时，在每个旋转方向更新、设定换流原点。这里，例如在由无传感器电机通过齿轮机构或者驱动力传送带和皮带轮构成的机构等把驱动对象物进行驱动时，有时由于由齿轮机构的齿隙或者驱动力传送带的延伸等影响，如果切换旋转方向，则使转子的位置与驱动对象物的绝对位置发生偏移。在这样产生偏移的状态下，如果根据以对于一个旋转方向设定的一个换流原

点为基准的脉冲信号计数值进行换流控制，则根据旋转方向，真正的转子的换流定时与基于脉冲信号计数值的换流定时之间将产生偏移。

然而，在上述方案 6~8 的发明中，在无传感器电机的每个旋转方向根据反电动势生成换流定时，根据该换流定时在每个旋转方向更新、设定各个换流原点，因此能够避免由旋转方向在换流定时中发生偏移。

这时，如方案 7 的发明那样，把相当于在无传感器电机的每个方向中更新、设定了的各换流原点的位置差的脉冲信号数检测为偏置值，把更新、设定后的任一个换流原点作为基准计数脉冲信号的同时，在旋转方向每次改变时根据上述偏置值修正脉冲信号数的计数值，使得成为把对应于旋转方向的换流原点作为基准的计数值，则能够省略在每个旋转方向准备存储上述脉冲信号计数值的计数变数，并且在旋转方向每次改变时，切换参考的计数变数这样的处理程序。

另外，如方案 8 的发明那样，如果预先检测偏置值并且进行存储，则在每次根据基于反电动势生成的换流定时更新、设定换流原点时不必检测偏置值。

另外，方案 9 的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案 4~8 的任一项中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流控制装置在开始上述无传感器电机的控制时进行基于由上述换流定时生成装置生成的换流定时的换流原点的更新。

另外，方案 10 的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案 4~9 的任一项中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流控制装置从上述无传感器电机的控制开始时刻经过预定时间后进行基于由上述换流定时生成装置生成的换流定时的换流原点的更新。

另外，方案 11 的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案 4~10 的任一项中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流控制装置从上述无传感器电机的控制开始时刻每经过预定时间进行基于由上述换流定时生成装置生成的换流定时的换流原点的更新。

进而，方案 12 的无传感器电机的驱动装置的特征在于在方案 4~11 的任一项中记述的无传感器电机的驱动装置中，上述换流控制装置

在每次起动上述无传感器电机时进行基于由上述换流定时生成装置生成的换流定时的换流原点的更新。

在该方案 9~12 的发明中, 在开始了上述无传感器电机的控制时进行基于由换流定时生成装置生成的换流定时的换流原点的更新, 因此
5 此在开始无传感器电机的控制, 无传感器电机旋转, 根据在其反电动势能够生成换流定时的时刻进行换流原点的更新、设定, 由此, 能够比控制开始的初始阶段设定更高精度的换流原点。另外, 从控制开始时刻经过预定时间后进行换流原点的更新, 例如在伴随无传感器电机驱动开始的温度环境的变化成为平衡状态的时刻更新、设定换流原点,
10 由此能够设定温度环境稳定状态下的换流原点。另外, 在每次从无传感器电机的控制开始时刻经过预定时间更新、设定换流原点, 由此能够根据温度环境的变化设定换流原点。进而, 在每次起动无传感器电机, 即无传感器电机每次开始动作进行更新、设定, 由此能够设定对应于现状的换流原点。

15 附图说明:

图 1 是示出适用了本发明的无传感器电机的驱动电路的概略结构的结构图。

图 2 是示出第 1、第 2、第 3 实施形态中的主程序的处理程序一例的流程图。

20 图 3 是示出图 2 中的换流原点设定处理的处理程序一例的流程图。

图 4 是表示相对于转子位置的变化, 励磁相与转矩的关系的说明图。

图 5 是示出图 2 中的起动处理的处理程序一例的流程图。

25 图 6 是示出作为图 2 中的换流控制处理的换流计数处理以及图 8 中的换流计数处理的处理程序一例的流程图。

图 7 是示出图 2 的实施形态中的无电刷电机的驱动装置的概略结构的结构图。

图 8 是示出图 2 中的换流控制处理的处理程序一例的流程图。

30 图 9 是示出图 8 以及图 12 中的换流原点复位处理的处理程序一例的流程图。

图 10 是示出图 2 中的换流原点设定处理的处理程序一例的流程图。

图。

图 11 是示出图 10 以及图 12 中的换流计数处理的处理程序一例的流程图。

图 12 是示出图 2 中的换流控制处理的处理程序一例的流程图。

5 图 13 是示出图 2 中的起动处理的处理程序一例的流程图。

以下，参照附图说明本发明的本实施形态。

首先，说明本发明的第 1 实施形态。

图 1 是示出使用了本发明的无电刷电机的驱动电路 10 的结构图。

10 即，无电刷电机 1 是把 U 相、V 相、W 相三个定子绕组星形连接了的三相无电刷电机。驱动电路 10 具有换流器 11，其换流器 11 的各输出端子连接无电刷电机 1 的 U 相～W 相的各端子。换流器 11 对应于 U 相～W 相例如具备三组连接了电源侧晶体管以及接地侧晶体管的组的众所周知的结构，通过从换流控制电路 12 供给的换流信号控制包
15 括在换流器中的总计 6 个晶体管的通·断，使得顺序地激励无电刷电机 1 的各相进行旋转驱动。

在上述无电刷电机 1 的旋转轴上，虽然没有进行图示，但是例如经过齿轮机构连接着打印机的送纸机构，通过驱动控制无电刷电机 1，无电刷电机 1 的旋转力经过齿轮机构传递到构成上述送纸机构的送纸用滚筒轴使得进行送纸控制。进而，在上述送纸用滚筒轴
20 上，设置着用于检测旋转轴的旋转角的例如旋转编码器等位置检测器 15。

该位置检测器 15 构成为输出相位不同的 A 相以及 B 相两种脉冲信号，从这些两种信号的相位关系能够检测旋转方向。另外，该位置
25 检测器 15 在无电刷电机 1 的一个换流期间具有能够发生多个脉冲信号的分辨率。

上述换流控制电路 12 例如构成为包括微机，用于存储后述的换流脉冲数 P 等的存储装置（存储设备）等，输入来自上述位置检测器 15 的 2 种检测信号。而且，进行无电刷电机 1 的初始励磁牵引，作为
30 生成无电刷电机 1 的换流定时时的基准的换流原点，在计数器数 C 中设定对应于旋转方向的初始值。

而且，根据来自上述位置检测器 15 的 2 种脉冲信号检测无电刷

电机 1 的旋转方向的同时,检测脉冲信号的边缘(以下称为脉冲沿),根据该脉冲沿对应于旋转方向计数脉冲数,在上述无电刷电机 1 正转,通过送纸机构沿着进行送纸的方向驱动时加入脉冲,反之,在无电刷电机 1 反转时减去脉冲,根据该脉冲的计数值与存储在预定的存储区中的换流脉冲数列 P,决定上述无电刷电机 1 的换流定时。

另外,上述换流控制电路 12 具有在换流器 11 的未图示的各晶体管中,把应该导通的晶体管的组合进行数值化管理的称为换流模式的变数,构成为使得输出与上述换流模式的值一对一对应的换流信号。上述换流信号由分别控制换流器 11 的各个晶体管的通·断的信号序列构成,与生成的上述换流定时同步,把上述换流模式的值切换为应该使无电刷电机 1 沿着用来自未图示的上级装置的指令信号所指示的方向旋转的适当的值(以下称为换流模式切换)。通过把对应于该换流模式的换流信号到输出换流器 11,适当地进行无电刷电机 1 的定子绕组 U 相~W 相的励磁切换,实现无电刷电机 1 的旋转。

进而,上述换流控制电路 12 与众所周知的无电刷电机中的驱动控制处理相同,根据来自上述位置检测器 15 的脉冲信号,实时计测送纸用滚筒轴的旋转速度或者旋转角,进行送纸用滚筒轴的旋转速度控制或者旋转角控制。

上述换流脉冲数列 P 设定如下。即,例如,检测换流器 11 的各相反电动势电压的中间电压,在从其偏移 30 度的位置根据作为换流定时的众所周知的方法等使无电刷电机 1 驱动,例如,计数来自多个换流区间中的位置检测器 15 的脉冲数,通过把该脉冲数用换流区间数进行相除运算,计算出一个换流区间中的来自位置检测器 15 的脉冲数的区间脉冲数 M。

这里,例如,假设在 5 个换流区间的脉冲数是“102”时等,并且以分数记载区间脉冲数 M(这时, $102/5=20.4$)。这时,由于区间脉冲数是 20.4,因此如表 1 的换流位置真值所示那样,真正的换流定时是从无电刷电机 1 的转子位于换流定时的位置的初始状态开始的脉冲数为 20.4, 40.8, 61.2, 81.6, ……的时刻。

【表 1】

换流回数	第 1 回 P1	第 2 回 P2	第 3 回 P3	第 4 回 P4	第 5 回 P5
换流间信号数	20	21	20	21	20
延伸信号数	20	41	61	82	102
换流位置真值	20.4	40.8	61.2	81.6	102
误差	-0.4	+0.2	-0.2	+0.4	±0

5 但是，由于脉冲信号的累加值是整数，因此把表示真正的换流定时的脉冲数，即换流位置真值的小数点以下部分进行四舍五入，求与换流位置真值的误差为最小的整数值，把该值作为表示换流定时的延伸信号数，把各个换流定时中的延伸信号数之间的差设定为换流间信号数。

10 即，在第 1 个换流定时中，换流位置真值是脉冲信号数的累加值成为“20.4”的时刻，由于与其最近的整数值是“20”，因此延伸信号数设定为“20”，换流间信号数也设定为“20”。这时，换流位置真值与延伸信号数的误差成为“-0.4”。同样，在第 2 个换流定时中换流位置真值由于是信号脉冲的累加值为“40.8”的时刻，因此延伸信号数设定为“41”，换流间信号数成为“21”，其误差成为“+0.2”。而且，第 3 个以及第 4 个换流定时也同样进行设定，在第 5 15 的换流定时的情况下，换流位置真值是“102”，由于是整数，因此把其设定为延伸信号数，换流间信号数成为“20”，在第 5 个换流定时中延伸信号数与换流位置真值的误差成为“0”。

20 接着，在第 6 个换流定时中，换流位置真值由于成为“120.4”，因此延伸信号数成为“120”，换流间信号数成为“20”，其误差成为“-0.4”，上述的换流间信号数以及其误差与上述第 1 个定时相同。以后，与上述第 2 个定时以后相同，换流间信号数重复“21、20、21、20”。从而，把从第 1 个换流定时开始到换流位置真值与延伸信号数的误差为 0 的第 5 个换流定时的换流间信号数构成的数列“20、25 21、20、21、20”设定为换流脉冲数列 P，把它们预先存储在预定的

存储区中。即，例如在由上述驱动电路 10，无电刷电机 1 以及在作为该无电刷电机 1 的驱动对象物的送纸机构中设定的位置检测器 15 等构成的系统在出厂时预先设定换流脉冲数列 P，把其预先存储在预定的存储区中。

- 5 其次，根据表示换流控制电路 12 中的处理程序一例的流程图说明上述第 1 实施形态的动作。

在换流控制电路 12 中，如果起动，则开始图 2 所示的主程序，首先在步骤 S101 中进行换流原点设定处理，设定成为用于生成换流定时的基准的换流原点。具体地讲，如图 3 所示，首先在步骤 S201
10 中，初始化成预先设定了决定激励无电刷电机 1 哪一相的换流模式的模式，与众所周知的换流控制处理相同，生成对应于初始化了的换流模式的换流信号，把该信号输出到构成换流器 11 的各个晶体管中，控制各个晶体管，把预定的相进行励磁。由此，进行第 1 次的转子牵引。

- 15 接着，转移到步骤 S202，例如根据是否检测出了预定时间脉冲边缘等，判断转子是否静止，如果转子静止则转移到步骤 S203。在步骤 S203 中，对于在步骤 S201 中被牵引了的第 1 次的牵引位置，在不是电角 180 度或者其整数倍电角位置的不同的牵引位置切换换流模式并且进行励磁。由此，进行第 2 次的转子牵引。接着，转移到步骤 S204，
20 待机到转子静止为止，从转子静止到牵引位置以后转移到步骤 S205，判断从上级装置指令的无电刷电机 1 起动时的旋转方向。在起动时的旋转方向是正转方向时，从步骤 S205 转移到步骤 S206，沿着正转方向切换换流模式进行励磁。由此，进行第 3 次的转子牵引。然后转移到步骤 S207，待机到转子静止为止，从转子在牵引位置静止后转移到
25 步骤 S208，把该第 3 次的牵引位置作为换流原点把计数器数 C 设定为 $C = 0$ 的同时，把变数 n 设定为 $n = 1$ ，该变数 n 用于特定构成存储在预先设定的预定存储区中的上述换流脉冲数列 P_{nMAX} 的换流间信号数 P_n 。

- 反之在步骤 S205 中，在来自上级装置的旋转指示方向是反转方向时，从步骤 S205 转移到步骤 S209，沿着反转方向切换换流模式进行励磁，由此进行第 3 次的转子牵引。然后转移到步骤 S210，待机到
30 转子静止为止，如果转子静止在牵引位置则转移到步骤 S211，以该第

3 次的牵引位置作为换流原点把计数器数 C 设定为 $C = P_{nMAX}$, 把用于特定上述换流间信号数 P_n 的变数 n 设定为 $n = n_{MAX}$. 根据以上的动作结束换流原点设定处理。

另外, 上述 P_{nMAX} 是变数 n 为 n_{MAX} 时的换流间信号数 P_n 的值。

5 这里, 说明进行换流原点设定处理时的转子的动作。如在图 4 的表示伴随着无电刷电机 1 的转子位置变化, 励磁相与转矩的对应的说明图中所示那样, 转子例如在位于电角 180 度的位置时, 作为换流模式初始值控制成使得从 V 相向 W 相流过电流时, 转子在图 4 中沿着角度增加的方向旋转移移动到 270 度的位置。进而在切换换流模式控制成
10 使得从 V 相向 U 相流过电流时, 转子沿着相同方向进一步旋转移移动到 330 度的位置。

这里, 考虑在第 1 次的励磁中转子不能移动的情况。可以考虑 2 种情况, 首先第 1 种情况是转子的停止位置在电角与由第 1 次励磁产生的牵引位置错开 180 度的相位关系。这种情况下, 由于转子通过励
15 磁在向右旋转方向和左旋转方向这 2 个方向受到相同大小的转矩, 因此旋转力平衡成为不移动状态。例如在图 4 中, 转子在 90 度的位置静止时, 作为旋转模式的初始值如果进行控制使得从 V 相向 W 相流过电流, 则由于牵引位置成为 270 度的位置, 因此成为电角错开 180 度的相位关系, 旋转力平衡, 成为不能够移动的状态。把该位置称为「不
20 稳定静止点」, 由于这是与本来应该通过第 1 次励磁被牵引的「稳定静止点」不同的位置, 因此如果把该位置作为牵引位置设定换流原点, 则以后将在错误的位置进行换流, 不能够进行正确地控制。但是, 如果把励磁相顺序切换到不是互差电角 180 度或者其整倍数的电角位置的不同的 2 个牵引位置进行 2 次励磁, 则在第 1 次励磁时即使在电
25 角上处于从牵引位置牵引了 180 度的相位关系, 转子静止不动的情况下, 开始第 2 次励磁时的转子位置也一定成为与第 2 次励磁产生的牵引位置 180 度以外的相位关系, 转子可靠地旋转。例如转子在上述 90 度的位置静止, 在第 1 次励磁中不能够移动时, 控制第 2 次励磁使得从 V 相向 U 相流过电流, 则牵引位置由于成为 330 度的位置, 因此转
30 子接受在图 4 中沿着角度减少的方向移动的转矩而旋转, 被牵引到预定的位置。另外, 由于图 4 的横轴示出电角, 因此 90 度的位置与 450 度和位置相同。

其次，作为在第1次励磁中转子不转动时的第2种情况，在图4中进行控制使得从V相向W相流过电流时，转子预先位于270度的附近，例如位于260度的位置，作用在转子上牵引转矩比作用在电机的旋转轴的摩擦转矩小，有时转子不旋转。但是，进行控制使得在第1
5 次的励磁中从V相向W相流过电流时，即使转子不旋转，但是如果在第2次的励磁中切换换流模式，进行控制使得从V相向U相流过电流，则转子接受图4中角度增加方向的转矩，被牵引到330度的位置。

即，在仅进行了一次励磁，由于转子的停止位置有时转子不移动到希望被牵引到的位置，如果顺序切换到不是互差电角180度或者其
10 整数倍的电角位置的不同的2个牵引位置进行二次励磁，则在第2次励磁中转子一定移动，被牵引到预定的位置。这里，第1次励磁与第2次励磁可以是电角180度或者其整数倍以外的相位关系，例如如果是三相电机可以是60度，120度，240度，270度的任一种。

如上述那样，根据第1次转子牵引前的转子的静止位置，在第2
15 次牵引转子时，存在的转子正转牵引和反转牵引2种情况。

这里，在无电刷电机1的旋转力经过齿轮机构传送到送纸机构，由此位置检测器15进行动作的情况下，如上述那样进行基于励磁的第2次转子牵引，假设在这里设定了换流原点，然后，例如沿着正转方向起动的情况。这里，在第2次沿着正转方向旋转牵引的情况下，
20 基于来自起动后位置检测器15的脉冲信号计数值的转子位置与实际的转子位置之间不产生偏移。另一方面，在第2次反转牵引时，由于齿轮机构的齿隙等的影响，在刚起动后即使转子旋转，作为无电刷电机1的驱动对象的送纸机构也不旋转，存在着不从位置检测器15输出脉冲信号的期间。由此在这样的情况下，基于来自位置检测器15
25 的脉冲信号计数值的转子位置与实际的转子位置之间将产生偏移。即，至第2次转子牵引为止，由于不能够唯一地确定转子旋转方向的经历，因此在换流原点设定时不能够排除齿隙等的影响，有可能在实现正确定时下的换流方面带来障碍。

但是，这里进行上述第2次的转子牵引，例如在转子被牵引到图
30 4所示的电角330度的位置以后，进而沿着与希望起动的方向相同的方向，例如正转方向（电角值加大的方向）再一次切换换流模式。这时，进行控制使得从W相向U相流过电流，这时如果进行控制使得从

W相向U相流过电流,进行第3次转子牵引,则转子从作为第2次牵引位置的330度的位置沿着正转方向旋转被牵引到成为第3次牵引位置的390度的位置。在该位置设定了换流原点以后,如果沿着正转方向进行起动,则不受到齿隙等的影响,从而基于来自位置检测器15的脉冲信号计数值的转子位置与实际的转子位置之间不产生偏移。

如以上那样,有时由于转子的位置在一次励磁中不旋转,另外,即使在切换换流模式进一步进行励磁但存在正转情况与反转情况,而通过进行第3次励磁能够使牵引时的转子的旋转方向与作为目标的起动方向一致。从而,能够至少通过切换3次换流模式进行励磁,把由齿轮机构的齿隙产生的影响限制为最小。

这样,如果结束了在图2的步骤S101中换流原点设定处理,则以后成为能够进行无电刷电机1的换流控制。在步骤S102中如果从上级装置输入了指示无电刷电机1的起动的指令信号,则从步骤S102转移到步骤S103,进行图5的起动处理。

在该起动处理中,首先,在步骤S301中判断从上级装置指示的旋转方向,在是正转时转移到步骤S302,沿着正转方向切换一次应该起动的换流模式等,进行正转时的起动处理。另一方面,在旋转指示方向是反转方向时,从步骤S301转移到步骤S303,切换一次沿着反转方向应起动的换流模式,进行反转时的起动处理。由此结束起动处理,返回到图2的主程序,转移到步骤S104。

而且,在上述起动处理中,经过换流器11把对应于切换了的换流模式的励磁相进行励磁,这时,根据上述的旋转速度控制等控制换流信号,由此如果无电刷电机1旋转,则该旋转力经过未图示的齿轮机构传送到送纸机构,驱动送纸机构进行送纸。

如果伴随着送纸机构的驱动从位置检测器15输出脉冲信号,则在换流控制电路12中进行脉冲边缘的检测,在图2的步骤S104中检测出了脉冲边缘时转移到步骤S105,在进行了换流控制处理以后,转移到步骤S106。另一方面,在步骤S104中没有检测出脉冲边缘时直接转移到步骤S106。

这里,上述步骤S105中的换流控制电路处理按照图6所示的换流计数处理程序进行。

首先,在步骤S401中,从来自位置检测器15的2种脉冲信号判

断无电刷电机 1 是正转还是反转。在判断为无电刷电机 1 例如正转时转移到步骤 S402, 把计数器数 C 增加“1”, 接着, 转移到步骤 S403, 参考预先存储在预定存储区中的换流脉冲数列 P, 判断其第 n 个换流间信号数 P_n 与计数器数 C 是否一致。

5 而且, 在例如 $n=1$ 时, 由于换流间信号数 P_1 从上述表 1 成为“20”, 因此结束换流计数处理, 返回到图 2 的主程序。以后, 在无电刷电机 1 沿着正转方向旋转时, 每次检测出脉冲边缘就从步骤 S401 经过步骤 S402 转移到步骤 S403, 把计数器数 C 各增加“1”。而且, 在计数器数 C 成为换流间信号数 $P_1=20$ 时从步骤 S403 转移到步骤
10 S404, 沿着正转方向切换换流模式。由此切换励磁相, 无电刷电机 1 持续旋转。

接着, 转移到步骤 S405, 在变数 n 与表示构成换流脉冲数列 P 的换流间信号数的数的 nMAX 相等时转移到步骤 S406, 在把变数 n 复位为 $n=1$ 以后, 转移到步骤 S408, 在变数 n 不是 $n=nMAX$ 时转移到
15 步骤 S407 把变数 n 增加“1”以后, 转移到步骤 S408。而且, 在步骤 S408 中把计数器数 C 复位为 $C=0$ 以后, 结束换流计数处理, 返回到图 2 的主程序。

这样, 在无电刷电机 1 正转期间, 在每次检测出脉冲信号的边缘时把计数器数 C 各增加“1”, 在每次计数器数 C 与换流间信号数 P_n ,
20 即 $P_1 (=20)$, $P_2 (=21)$, $P_3 (=20)$, $P_4 (=21)$, $P_5 (=20)$ 一致时进行换流模式的切换。而且, 换流脉冲数列 P 的最后换流间信号数 P_5 的下一个又返回到 P_1 , 通过反复进行这样的动作, 从换流间信号数 P_n 的排列顺序的起始, 顺序地切换 P_n 的值, 在计数器数 C 成为该换流间信号数 P_n 的时刻进行换流模式的切换。

25 从该状态出发, 例如为了进行送纸机构的调整等, 停止了正转的无电刷电机 1 以后, 从上级装置输入使无电刷电机 1 反转的起动指令时, 在无电刷电机 1 停止的状态下, 由于没有检测出脉冲边缘, 因此反复进行步骤 S102, S104, S106 的处理, 不进行换流控制处理, 维持等待来自上级装置的指令信号的状态, 如果从上级装置输入起动指
30 令, 则从步骤 S102 转移到步骤 S103, 进行图 5 所示的起动处理。这种情况下, 由于旋转指示方向是反转方向, 因此从步骤 S301 转移到步骤 S303, 切换一次应该使无电刷电机 1 沿着反转方向旋转的换流模

式。由此，无电刷电机 1 反转，如果检测出脉冲边缘则从步骤 S104 转移到步骤 S105 进行图 6 的换流计数处理。这时，由于无电刷电机 1 反转，因此从步骤 S401 转移到步骤 S409，把计数器数 C 减去“1”。

接着，转移到步骤 S410，判断计数器数 C 是否为 $C = 0$ ，如果不是 $C = 0$ 则结束换流计数处理返回到图 2 的主程序。在是 $C = 0$ 时转移到步骤 S411，作为换流定时沿着反转方向切换换流模式。接着，转移到步骤 S412，在变数 n 是 $n = 1$ 时转移到步骤 S413，在设定成 $n = n_{MAX}$ 以后转移到步骤 S415，在变数 n 不是 $n = 1$ 时转移到步骤 S414，把 n 减去“1”以后转移到步骤 S415。而且，在步骤 S415 中把计数器数 C 设定为 $C = P_n$ 以后，结束换流计数处理返回到图 2 的主程序。

这样，在无电刷电机 1 反转期间，在每次检测出脉冲边缘时，就把计数器数 C 各减去“1”，在计数器数 C 成为 $C = 0$ 的时刻进行换流模式的切换，把变数 n 各减去“1”，把计数器数 C 设定为 $C = P_n$ 。即，与正转时相反，从换流间信号数 P_n 的排列顺序的末端，顺序地切换 P_n 的值。

而且，如果从上级装置通知无电刷电机 1 的驱动结束，即停止图 2 的主程序，则在步骤 S106 中检测出该指令，结束处理。

这里，由于一个换流期间中的脉冲数，即区间脉冲数 M 是“20.4”，因此例如在每次计数器数 C 成为“20”时，把该时刻作为换流定时设定的情况下，真正的换流定时是计数器数 C 成为“20.4”的位置，在每一次换流时，由于换流定时各超前“0.4”，因此在每次反复进行换流时，把它们相加，与真正的换流定时位置的误差增大，换流定时逐渐超前，不久将成为误动作。反之，在计数器数 C 每次成为“21”时，把该时候设定为换流定时的情况下，在每一次换流时，换流定时各滞后“0.2”，每次进行换流都将它们相加，误差增大，换流定时逐渐地滞后，将引起误动作。

但是，如上述表 1 所示那样，在每个换流定时把区间脉冲数相加时，把其相加值成为整数值的期间作为一个周期，设定换流间信号数使得该期间中的各换流定时的与作为真正的换流定时的区间脉冲数 M 的相加值的误差为最小，因此，经过了一个周期时刻的真正的换流定时位置与实际的换流定时的误差一定为零。进而，一个周期内的各换流定时由于设定了一个周期内的换流间信号数使得与真正的换流定

时位置误差最小，因此在每次进行换流时并没有把误差相加，误差始终成为脉冲信号的脉冲半个计数部分以下，能够把误差抑制为最小。

另外，在设定起动无电刷电机 1 时的换流原点时，即，在设定计数器数 C 的初始值时，在进行 2 次励磁，使装置可靠旋转，把转子牵引到作为目标的牵引位置以后，在第 3 次励磁牵引时，使转子旋转牵引到与第 3 次牵引以后起动的旋转方向相同的方向，把其牵引位置设定为换流原点，因此能够把在齿轮机构中的齿隙的影响抑制为最小，设定换流原点。

从而，根据这样设定的换流原点，根据来自位置检测器 15 的脉冲信号进行换流控制，由此能够以可靠的定时进行换流控制。

另外，由于根据来自位置检测器 15 的脉冲信号生成换流定时，因此如果从位置检测器 15 输出脉冲信号则能够进行换流控制。由此，如以往那样，根据反电动势电压进行换流控制的情况下，如果无电刷电机 1 的旋转速度没有达到某种程度以上则不能够检测反电动势电压，不能够进行换流控制，而在本发明中由于根据来自位置检测器 15 的脉冲信号进行换流控制，因此与电机的旋转速度无关，即使是低速也能够进行换流控制。

另外，这时，利用位置检测器 15 的检测信号进行换流控制的同时，还进行送纸速度控制或者送纸量控制等，因此也能够不专门设定换流控制用的位置检测器，谋求减少驱动电路 10 的构成部件数。

进而，即使是在无电刷电机 1 暂时成为停止状态的情况下，由于根据脉冲信号生成换流定时，因此如果预先存储脉冲信号计数值，则在无电刷电机 1 再次开始旋转时能够从脉冲信号计数值立即决定通电相位，进而，由于即使在低速下也能够生成换流定时，因此与停止或者旋转开始时无关，能够以可靠的定时进行换流控制。

这里，图 2 的步骤 S101 的处理对应于换流原点设定处理，图 6 的换流计数处理对应于换流控制装置。

其次，说明本发明的第 2 实施形态。

该第 2 实施形态如图 7 所示，在驱动电路 10 中添加作为反电动势检测装置的零交叉检测电路 13。除去换流控制电路 12 中的处理程序不同以外，由于与上述第 1 实施形态相同因此在相同的部分上标注相同的符号并且省略其详细的说明。

上述零交叉检测电路 13 例如用比较器等构成, 检测换流器 1 中的某一相的反电动势电压, 在检测出了上述反电动势电压的中点电压时刻即零交叉时刻, 判断上述零交叉之前的反电动势电压的极性, 如果其极性是正则向上述换流控制电路 12 输出“H”电平的信号, 反之极性是负时向上述换流控制电路 12 输出“L”电平的信号。

在上述换流控制电路 12 中, 与上述第 1 实施形态相同根据计数器数 C 进行换流模式的切换的同时, 在无电刷电机 1 成为能够根据上述反电动势电压的零交叉点进行换流定时的生成的旋转速度时, 根据零交叉点生成换流定时, 进行换流原点的更新、设定。

10 即, 在该第 2 实施形态中, 例如如果打印机的电源开关接通, 起动上述控制电路 10, 则上述换流控制电路 12 与上述第 1 实施形态相同, 起动图 2 所示的主程序。而且首先在步骤 S101 中, 与第 1 实施形态相同进行图 3 所示的换流原点设定处理, 在把计数器数 C 的值设定为 0 或者 PnMAX, 设定了换流原点以后, 转移到步骤 S102。而且如果有来自上级装置的无电刷电机 1 的起动指令, 则转移到步骤 S103, 与第 1 实施形态相同进行图 5 所示的起动处理。由此, 无电刷电机 1 旋转, 其旋转力经过未图示的齿轮机构传送到送纸机构, 伴随着送纸机构的移动从位置检测器 15 输出相位不同的 2 种脉冲信号。

在步骤 S104 中, 如果检测出来自位置检测器 15 的脉冲信号的边缘, 则转移到步骤 S105, 进行图 8 所示换流控制处理。在图 8 的换流控制处理中, 首先, 在步骤 S501 中判断换流原点复位标志 F_{RS} 是否为“0”, 在 $F_{RS} = 0$ 时, 转移到步骤 S502。另外, 上述换流原点复位标志 F_{RS} 如果完成了换流原点的更新、设定则取“1”的值, 如果没有完成则取“0”的值, 在初次起动时设定为 $F_{RS} = 0$ 。在步骤 S502 中, 例如根据单位时间的脉冲信号数等判断能否进行换流原点的复位, 即无电刷电机 1 是否处于能够根据反电动势电压生成换流定时的速度, 在不能够进行换流原点复位时, 即, 在无电刷电机 1 以低速旋转的状态下, 从步骤 S502 转移到步骤 S505, 进行上述图 6 所示的换流计数处理。

30 即, 例如在正转时, 从图 6 的步骤 S401 转移到步骤 S402, 在每次检测出脉冲信号的边缘时把计数器数 C 增加, 在计数器数 C 的值成为与第 n 个换流间信号数 Pn 的值相等时从步骤 S403 转移到步骤 S404

进行换流模式的切换，在更新了 n 的值（步骤 S405～步骤 S407）以后，把计数器数 C 的值复位为 0（步骤 S408）。

而且，如果无电刷电机 1 的旋转速度上升，超过能够检测反电动势电压的速度，则从步骤 S502 转移到步骤 S503，进行图 9 所示的作为换流定时生成装置的换流原点复位处理。

在图 9 的换流原点复位处理中，首先在步骤 S601 中，判断是否用零交叉检测电路 13 检测出了反电动势电压的零交叉，在检测出了零交叉时转移到步骤 S602。而且，作为计数器 CT，设定来自一个换流器区间的位置检测器 15 的脉冲信号数的 $1/2$ 的值。例如，设定把上述一个换流器区间的区间脉冲数 M 的 $1/2$ 四舍五入的整数 $\text{round}(M/2)$ 。

接着，转移到步骤 S603，如果检测出从位置检测器 15 输出的脉冲信号的边缘，则从步骤 S603 转移到步骤 S604，把计数器 CT 减去“1”。而且，如果计数器 CT 的值没有成为“0”，则从步骤 S605 返回到步骤 S603，等待检测下一个脉冲边缘，如果计数器 CT 成为 $CT=0$ ，则作为成为应该换流的定时转移到步骤 S606。即，在检测出反电动势电压的零交叉以后，把具有一个换流区间的 $1/2$ 的期间，即在电角上延迟 30 度相位的时刻作为换流定时。在步骤 S606 中，判断实际旋转的方向是否是正转，如果是正转则转移到步骤 S607 沿着正转方向切换了换流模式以后，转移到步骤 S608。反之，如果是反转，则从步骤 S606 转移到步骤 S612，沿着反转方向切换换流模式以后，转移到步骤 S613。而且与上述图 6 的换流计数处理的情况相同，在更新了用于特定上述换流间信号数 P_n 的变数 n 的值（正转时步骤 S608～S610，反转时步骤 S613～S615）以后，把计数器数 C 的值复位（正转时步骤 S611，反转时步骤 S616），结束换流原点的更新设定。然后，从图 9 返回到图 8，从步骤 S503 转移到步骤 S504，把换流原点复位标志 F_{RS} 置位为“1”。以后，由于把换流原点复位标志 F_{RS} 设定为 $F_{RS}=1$ ，因此在图 2 的主程序中在步骤 S104 中每次检测出脉冲边缘时，从图 8 的步骤 S501 转移到步骤 S505，进行在上述第 1 实施形态中说明过的图 6 的换流计数处理，根据顺序被更新了的计数器数 C 的值进行换流模式的切换。

从而，在上述的 2 实施形态中，也能够得到与上述第 1 实施形态

相同的作用效果。进而，在上述第2实施形态中，在成为能够检测反电动势的状态时，从开放相中发生的反电动势电压的零交叉，以一个换流区间的 $1/2$ 的期间即在电角上延迟30度相位时刻生成换流定时，在该瞬间复位计数器数C即更新设定换流原点，因此在起动前的步骤S101中设定的换流原点中即使产生比较大的误差，在步骤S503中的换流原点更新设定以后，也能够把对于转子位置的换流原点位置的误差即换流定时的精度收容在从位置检测器15输出的脉冲信号的一个脉冲间隔以内。由此，能够进一步提高换流定时的精度，同时能够保持非常高的精度。从而，能够降低转矩波动或者恒定旋转下的速度变动。

其次，说明本发明的第3实施形态。

该第3实施形态是设置无电刷电机1正转时的换流原点与反转时的换流原点这2个换流原点的实施形态，在上述第2实施形态中，设置正转时的计数器数CR和反转时的计数器数CL，在沿着正转方向旋转时根据计数器数CR进行换流控制，在沿着反转方向旋转时根据计数器数CL进行换流控制，根据用上述零交叉检测电路13检测出的无电刷电机1的定子绕组的开放相中发生的反电动势电压的零交叉，更新、设定上述2个换流原点。另外，除去换流控制电路12中的处理程序不同以外与上述第2实施形态相同，因此在相同的部分上标注相同的符号并且省略详细的说明。

在该第3实施形态中，如果起动，则执行上述图2所示的主程序，在步骤S101的换流原点设定处理中，执行图10所示的换流原点设定处理。

在图10的换流原点设定处理中，首先在步骤S701中把决定励磁无电刷电机1某一相的换流模式初始化为预先设定的模式，与众所周知的换流控制处理相同，生成对应于初始化的换流模式的换流信号，将其输出到构成换流器1的各个晶体管中，控制各个晶体管把预定的相进行励磁。由此，进行第1次的转子牵引。

其次，转移到步骤S702，判断转子是否静止，如果转子静止则转移到步骤S703。在步骤S703中，对于在步骤S701中牵引的第1次的牵引位置，把换流模式切换到不是电角180度或者其整倍数的不同的牵引位置进行励磁。由此，进行第2次的转子牵引。接着，转移到

步骤 S704, 待机到转子静止为止, 如果转子静止在牵引位置则转移到步骤 S705, 从在步骤 S703 中牵引的第 2 次的牵引位置沿着正转方向切换换流模式进行励磁。由此, 进行第 3 次的转子牵引。然后转移到步骤 S706 待机到转子静止为止, 如果在牵引位置静止则转移到步骤 5 S707, 把该第 3 次的牵引位置作为沿着正转方向旋转时的换流原点, 把正转时的计数器数 CR 设定为 $CR = PnMAX$, 进而把反转时的计数器数 CL 也设定为 $CL = PnMAX$ 。同时, 把用于特定预先设定并存储在预定存储区中的构成上述换流脉冲数列 P 的 $nMAX$ 个换流间信号数 Pn 的正转时的变数 nR 设定为 $nR = nMAX$, 反转时的变数 nL 也设定为 $nL = nMAX$ 。接着转移到步骤 S708, 在禁止了基于后述的图 11 的计数器数 CR、CL 10 的值的换流模式的自动切换以后转移到步骤 S709。在步骤 S709 中, 从在上述步骤 S705 中牵引的第 3 次的牵引位置强制地沿着反转方向切换换流模式转移到步骤 S710。根据上述步骤 S709 的换流模式切换, 进行第 4 次转子牵引。在步骤 S710 中如果检测出从位置检测器 15 输出的编码脉冲边缘, 则转移到步骤 S711, 在步骤 S711 中进行作为计数器数 CR、CL 的计数处理的图 11 所示的计数处理。

在图 11 的计数处理中, 首先在步骤 S801 中, 从 2 种脉冲信号判断无电刷电机 1 是正转还是反转。在正转的情况下, 转移到步骤 S802, 分别把正转时的计数器数 CR 以及反正时的计数器数 CL 加“1” 20 以后, 转移到步骤 S803。在步骤 S803 中, 判断反转时的计数器数 CL 是否为 $CL = PnL$, 在是 $CL = PnL$ 时转移到步骤 S804, 判断反转时的变数 nL 是否是 $nL = nMAX$, 在是 $nL = nMAX$ 时转移到步骤 S805, 设定为 $nL = 1$, 在不是 $nL = nMAX$ 时转移到步骤 S806, 把 nL 的值加“1”以后, 转移到步骤 S807。而且, 在把计数器数 CL 设定为 $CL = 0$ 以后, 25 转移到步骤 S808。另一方面, 在步骤 S803 中计数器数 CL 不是 $CL = PnL$ 时直接转移到步骤 S808, 在步骤 S808 中, 判断正转时的计数器数 CR 是否是 $CR = PnR$, 在不是 $CR = PnR$ 时直接结束换流计数处理。另一方面, 在是 $CR = PnR$ 时作为换流定时转移到步骤 S809。

在步骤 S809 中, 为了与换流定时吻合, 因此通常是沿着正转方向 30 向切换换流模式, 而在这里说明的图 11 的换流计数处理成为图 10 的步骤 S711 中进行的处理, 在其前面的步骤 S708 中由于禁止基于 CR、CL 的值的换流模式的自动切换, 因此不进行步骤 S809 中的换流模式

切换而转移到步骤 S810。在步骤 S810 中判断正转时的变数 nR 是否是 $n2 = nMAX$ ，在是 $nR = nMAX$ 时，转移到步骤 S811，设定成 $nR = 1$ ，在不是 $nR = nMAX$ 时，转移到步骤 S812，把 nR 的值加 1 以后，转移到步骤 S813，把正转时的计数器数 CR 设定成 $CR = 0$ 。然后结束换流模式处理。另一方面，在步骤 S801 中判断为是反转时，从步骤 S801 转移到步骤 S814，从计数器数 CR 以及 CL 分别减去“1”，转移到步骤 S815，判断正转时的计数器数 CR 是否为“0”。而且，在计数器数 CR 是“0”时转移到步骤 S816，判断正转时的变数 nR 是否是 $nR = 1$ ，在是 $nR = 1$ 时转移到步骤 S817，设定成 $nR = nMAX$ ，在不是 $nR = 1$ 时转移到步骤 S818，把 nR 的值减去“1”以后，转移到步骤 S819。在该步骤 S819 中，把正转时的计数器数 CR 设定为 $CR = PnR$ 以后，转移到步骤 S820。另一方面，在上述步骤 S815 中在正转时的计数器数 CR 不是 $CR = 0$ 时直接转移到步骤 S20。在步骤 S20 中判断反转时的计数器数 CL 是否是 $CL = 0$ 。而且，在步骤 S820 中不是 $CL = 0$ 时直接结束换流模式处理，在是 $CR = 0$ 时转移到步骤 S821。

在步骤 S821 中，为了与换流定时吻合，通常沿着反转方向切换换流模式，而这里图 11 的换流计数处理如上述那样，由于禁止基于 CR 、 CL 的值的换流模式的自动切换，因此在步骤 S821 中不进行换流模式切换而转移到步骤 S822。在步骤 S82 中判断反转时的变数 nL 是否是 $nL = 1$ ，在是 $nL = 1$ 时转移到步骤 S823，设定为 $nL = nMAX$ 以后，转移到步骤 S825，在步骤 S822 中不是 $nL = 1$ 时转移到步骤 S824，把 nL 的值减去“1”以后转移到步骤 S825。在步骤 S825 中，把反转时的计数器数 CL 设定为 $CL = PnL$ 以后，结束换流模式处理。

如果结束了图 10 的步骤 S711 即图 11 的处理，则转移到步骤 S712，判断转子是否静止在牵引位置。如果没有静止则返回到步骤 S710，然后反复进行步骤 S710~S712 的处理直到转子静止在牵引位置为止。即，在每次检测出脉冲边缘时，根据旋转方向通过把上述计数器数 CR 、 CL 的值增加或者减少，进行 CR 、 CL 的计数处理。另外这时不依赖于 CR 、 CL 的值，不进行换流模式的切换。

在步骤 S712 中如果确认转子静止在牵引位置，则把该位置作为沿着反转方向旋转时的换流原点，更新、设定反转时的计数器数 CL 的值。这里根据从上级装置指示的换流原点设定处理结束后的起动方

向，在计数器数 CL 中设定不同的值。在步骤 S713 中上述旋转方向被指示为正转时，转移到步骤 S714，把计数器数 CL 设定为 $CL = 0$ 。另一方面，在步骤 S713 中上述旋转方向被指示为反转时，转移到步骤 S715，把计数器数 CL 设定为 $CL = PnL$ 。然后转移到步骤 S716，允许基于计数器数 CR、CL 的值的换流模式的自动切换，结束图 10 所示的换流原点设定处理。

如以上那样，在图 10 的换流原点设定处理中，进行 2 次励磁可靠地使转子旋转把转子牵引到作为目的的牵引位置以后，以第 3 次的励磁牵引使转子沿着正转方向牵引，把排除了正转方向中的齿轮机构的齿隙等影响的状态下的牵引位置设定为正转方向的换流原点，接着用第 4 次的励磁牵引使转子沿着反转方向旋转牵引，把排除了反转方向中的齿隙等的影响的状态下的牵引位置设定为反转方向的换流原点，由此在正转时以及反转时都能够把齿轮机构中的齿隙的影响抑制为最小，设定换流原点。

如果结束图 10 的换流原点设定处理，即图 2 的步骤 S101 的处理，则从图 2 的步骤 S101 转移到步骤 S102，如果从上级装置输入了起动指令，则转移到步骤 S103 进行图 5 的起动处理，与上述第 1 以及第 2 实施形态相同，与其旋转方向相对应进行起动处理，然后转移到步骤 S104。

如果伴随着未图示的齿轮机构的驱动，从位置检测器 15 输出脉冲信号，在步骤 S104 中检测出其脉冲边缘，则从步骤 S104 转移到步骤 S105，进行图 12 所示的换流控制处理。

在图 12 的换流控制处理中，参考正转方向的换流原点复位标志 FR 和反转方向的换流原点复位标志 FL。这里，FR 如果完成了沿着正转方向旋转时的换流原点的更新、设定则取“1”的值，如果没有完成则取“0”的值，FL 如果完成了沿着反转方向旋转时的换流原点的更新、设定则取“1”的值，没有完成则取“0”的值。另外，在初次起动时，FR，FL 都设定为“0”的值。另外，在步骤 S901 中，判断无电刷电机 1 实际旋转的方向是否为正转。如果是正转则转移到步骤 S902，如果是反转则转移到步骤 S906。正转时，在步骤 S902 中判断 FR 的值是否为“0”，在 FR 是“0”时，即没有完成正转方向的换流原点的更新、设定时转移到步骤 S903。在步骤 S903 中，与在第 2 实

施形态说明过的相同，判断能否进行换流原点复位。在无电刷电机 1 的旋转速度是低速，不能够进行基于反电动势电压的换流原点复位时，从步骤 S903 转移到步骤 S910，进行上述图 11 所示的换流计数处理。这里，在步骤 S910 中执行的图 11 的换流计数处理中，执行在上述图 10 的步骤 S711 中执行的换流计数处理（图 11）中不执行的步骤 S809 以及步骤 S821 的换流模式切换处理。即，在每次检测出脉冲边缘时，根据实际的旋转方向把上述计数器数 CR、CL 的值增加或者减少，在沿着正确正转方向旋转时在正转时的计数器数 CR 的值每次成为“PnR”时切换换流模式，在沿着反转方向旋转时在反转的计数器数 CL 的值每次成为“0”时切换换流模式，由此进行换流控制。除去步骤 S809 以及步骤 S821 的处理过程不同以外，由于与在图 10 的步骤 S711 中执行的处理相同，因此在这里省略重复图 11 的详细说明。

而且，如果无电刷电机 1 的旋转速度上升，超过了能够检测的反电动势电压的速度，则从步骤 S903 转移到步骤 S904，进行正转时的换流原点复位处理。该换流原点复位处理与上述第 2 实施形态中说明过的图 9 所示的换流原点复位处理相同，而在这里，从反电动势电压的零交叉开始在延迟一个换流区间的 $1/2$ 相位的时刻生成换流定时（步骤 S601~S606），根据该换流定时进行换流原点的更新设定时，在步骤 S608~S610 中，把用于特定上述换流间信号数 Pn 的变数 n 置换处理为正转时的变数 nR，在步骤 S611 中把计数器数 C 置换处理为正转时的计数器数 CR。然后，从图 12 的步骤 S904 转移到步骤 S905，作为结束了正转方向的换流原点更新设定，把 FR 的值置位为“1”。

另一方面，在步骤 S901 中判断为反转时，转移到步骤 S906，判断 FL 的值是否为“0”。在 FL 的值是“0”时，即没有完成反转方向的换流原点的更新设定时转移到步骤 S907。在步骤 S907 中判断能否与步骤 S903 同样地进行换流原点复位。在不能够进行基于反电动势电压的换流原点复位时，从步骤 S907 转移到步骤 S910，进行图 11 所示的换流计数处理，在能够进行换流原点复位时，从步骤 S907 转移到步骤 S908，与步骤 S904 的情况相同，进行图 9 所示的换流原点复位处理。这里，在图 9 的步骤 S613~S615 中，把变数 n 置换处理为反转时的变数 nL，在步骤 S616 中把计数器数 C 置换处理为反转时的计数器数 CL。然后转移到步骤 S909，作为完成反转方向的换流原

点更新设定,把 FL 的值置位为“1”。

这样,在正转方向,反转方向的每一个中,结束基于反电动势电压的换流原点的更新设定,FR,FL 的值都被置位为“1”,则以后在图 2 中每次检测出脉冲边缘时(步骤 S104→S105),从图 12 的步骤 S902 或者步骤 S906 转移到步骤 S910,进行上述图 11 的换流计数处理。

如以上所述那样,在上述第 3 实施形态中,由于在正转时和反正时单独设定换流原点,而且通过根据反电动势电压生成的换流定时更新设定这些换流原点,因此能够得到与上述第 2 实施形态相同的作用效果,同时,能够去除由旋转方向产生的滞后差或者旋转方向切换时的齿隙等引起的,把相同的换流定时作为目标设定换流原点时所产生的换流原点的设定误差。

另外,在上述第 3 实施形态中也可以把在上述图 10 的步骤 S714 或者步骤 S715 的处理中,把反转方向的计数器数 CL 设定为 $CL = 0$ 时或者设定为 $CL = PnL$ 时的正转方向的计数器数 CR 的值作为原点误差 ΔC ,例如以计数器数 CR 为基准,在旋转方向每次切换时,在上述计数器数 CR 上加入或者减去上述原点误差 ΔC ,把换流原点进行偏置。

即,在图 2 的步骤 S103 的起动处理中,这里进行图 13 所示的起动处理。在图 13 的起动处理中,首先在步骤 S1001 中判断从上级装置指示的旋转指示方向,在被指示为正转时转移到步骤 S1002,判断是否变更了旋转方向。在没有变更旋转方向时,即在继续以正转起动时,从步骤 S1002 转移到步骤 S1009,进行正转时的起动处理。在变更了旋转方向时,即从反转向正转反转时,从步骤 S1002 转移到步骤 S1003,在计数器数 CR 的值上加入原点误差 ΔC 。接着转移到步骤 S1004,判断计数器数 CR 的值是否为“PnR”以上,如果小于“PnR”则直接转移到步骤 S1009,如果是“PnR”以上,则转移到步骤 S1005,从 CR 的值减去“PnR”以后转移到步骤 S1006。在步骤 S1006 中判断变数 nR 是否为 $nR = nMAX$,在是 $nR = nMAX$ 时转移到步骤 S1007,设定为 $nR = 1$,在不是 $nR = nMAX$ 时转移到步骤 S1008,把 nR 的值增加以后,转移到步骤 S1009,进行正转时的起动处理,结束图 13 的起动处理。

另一方面,在步骤 S1001 中被上级装置指示为反转方向时,转移

到步骤 S1010, 同样地判断是否变更了旋转方向。在没有变更旋转方向时, 即继续以反转起动时, 从步骤 S1010 转移到步骤 S1017, 进行反转时的起动处理。在变更了旋转方向时, 即从正转反转到反转时, 从步骤 S1010 转移到步骤 S1011, 从计数器数 CR 的值减去原点误差 ΔC 。接着转移到步骤 S1012, 判断计数器数 CR 的值是否为“0”以下, 5 如果大于“0”则直接转移到步骤 S1017, 如果是“0”以下, 则转移到步骤 S1013, 在 CR 的值中加上“PnR”以后转移到步骤 S1014。在步骤 S1014 中判断变数 nR 的值是否为 $nR = 1$, 在是 $nR = 1$ 时转移到步骤 S1015 设定为 $nR = nMAX$, 在不是 $nR = 1$ 时转移到步骤 S1016 把 nR 的值减少以后, 转移到步骤 S1017, 进行反转时的起动处理, 结束图 13 的起动处理。

通过这样做, 以后进行的换流控制处理通过把图 6 所示换流计数处理中的计数器数 C 置换为 CR 实现。即, 在旋转方向每次切换时, 使用原点误差 ΔC 修正计数器数 CR 的值, 则能够简化换流计数处理。

15 另外, 在上述各实施形态中, 说明了根据来自设置在送纸机构的编码系统的脉冲信号, 检测驱动这些机构的电机的换流定时的情况, 然而并不限于此, 如果是伴随着电机的驱动, 从设置在其驱动对象的位置检测器获得脉冲信号的结构, 则也能够适用。另外, 即使是检测电势计等驱动对象的位置的传感器也能够适用, 在这样的情况下, 20 例如设置在根据电势计的位置信息驱动对象移动了预定量时检测脉冲信号的脉冲生成电路, 根据该脉冲生成电路输出的脉冲信号与上述各实施形态相同地进行控制, 则能够得到与上述各实施形态相同的作用效果。

另外, 在上述各实施形态中, 说明了根据来自位置检测器 15 的检测信号进行换流控制的情况, 而也可以根据来自该位置检测器 15 的检测信号进行速度控制或者相位控制。另外, 在上述各实施形态中, 说明了适用 DC 无电刷电机的情况, 然而并不限于此, 也能够适用于步进电机等。另外, 作为编码器说明了适用线性编码器或者旋转编码器等的情况, 然而也不限于此, 即使是光学或者磁编码器等 30 也能够适用。

另外, 在上述各实施形态中, 说明了使用三相无电刷电机的情况, 然而并不限于此, 也能够在一相或者两相获得四相以上的无电

刷电机中适用。

另外，在上述各实施形态中，说明了 5 个换流区间脉冲数是“102”，区间脉冲数 M 是“20.4”的情况，然而并不限于此。例如，如果在一个换流区间中的脉冲数（区间脉冲数 M ）是 $511/25 = 20.44$ 时，同样地像上述表 1 那样设定换流间信号数，则真正的换流定时与延伸信号数的误差在第 25 次成为 0，因此在每第 25 次换流时误差成为 0，换流脉冲数列 P 由 25 个换流间信号数构成。即，如果能够用分数表示区间脉冲数 M ，则如果进行与简分数的分母的值相同次数的换流，则由于真正的换流定时与延伸信号数的误差成为 0，因此只要是能够用分数表示脉冲区间数 M 则就能够适用。

另外，例如，在分割一个换流区间内的脉冲数时，也可以在计数器数 C 每次达到一个换流区间中的脉冲数时进行换流。

另外，在上述各实施形态中，说明了以延伸信号数从换流间信号数构成上述换流脉冲数列 P 的情况，当然并不限于此，也能够从延伸信号数构成，这种情况下，在每次计数器数 C 与各延伸信号数一致时进行换流，在计数器数 C 增加时当计数器数 C 成为延伸信号数的最大值时把计数器数 C 更新设定为 0，反之在计数器数减少时当计数器数 C 成为 0 时把计数器数 C 更新设定为延伸信号数的最大值。

另外，在上述各实施形态中，说明了在零交叉检测电路 13 中，检测某一相的反电动势，根据该反电动势检测零交叉的情况，然而并不限于此，也能够对于所有的相检测零交叉。而仅对于一相检测零交叉与对于全部三相检测零交叉，在精度上几乎相等，因此仅检测一相能够简化结构以及处理。

另外，在上述各实施形态中说明了在无电刷电机 1 的旋转速度加大成为能够检测零交叉的时刻进行换流原点更新设定的情况，例如，在起动驱动电路 10 时，为了进行换流原点的更新设定，使无电刷电机 1 旋转，在更新设定了换流原点以后，根据来自上级装置指令信号进行驱动控制。另外，不仅是在驱动电路 10 起动时，也可以为了去除伴随着无电刷电机 1 驱动的温度变化的影响，在开始了无电刷电机 1 的驱动控制以后，在每个预定时间进行换流原点的更新、设定，如果这样做，则能够去除由于温度变化产生的换流原点误差。另外，也可以不是在每个预定时间，而是在经过了温度变化成为平衡状态的预

定时间的时刻进行换流原点的更新、设定。

另外，换流原点的更新、设定也可以在每次起动无电刷电机 1，成为能够检测换流定时的旋转速度时进行。

另外，如果计测原点误差 ΔC 并且预先存储在 ROM 等存储区中，
5 设定一个旋转方向中的换流原点，则在旋转方向每次切换时，以该换流原点为基准，根据存储的原点误差 ΔC ，修正计数器数 C 。

如以上所说明的那样，如果依据本发明方案 1 的无传感器电机的驱动装置，则进行 3 次励磁，在使转子可靠地沿着所希望的旋转方向
10 旋转、静止的位置设定换流原点，因此如果沿着与上述换流原点设定之前的转子的旋转方向相同的方向进行起动，则能够去除齿隙等的影响，可靠地设定换流原点，从而以可靠的定时进行换流。

另外，如果依据方案 2 以及 3 的无传感器电机的驱动装置，则由于在每个旋转方向设定换流原点，因此能够避免发生旋转方向切换时
15 引起的换流定时的偏移。这时，把与旋转方向切换时引起的换流定时的偏移相当的脉冲信号数检测为偏置值，以某一方的旋转方向为基准在旋转方向每次切换时根据偏置值修正脉冲信号计数值，因此在每个旋转方向准备存储上述脉冲信号计数值的计数变数，在旋转方向每次切换时，能够省略切换所参考的计数变数的处理程序。

另外，如果依据方案 4 以及 5 的无传感器电机的驱动装置，则在
20 成为根据开放相中发生的反电动势能够生成换流定时的状态的时刻，根据能够以更高的精度检测转子位置的反电动势检测转子位置，生成换流定时更新设定换流原点，因此能够更高精度地进行换流控制。这时，由于不是根据无传感器电机的所有相而是某一相的反电动势生成换流定时因此能够减少检测反电动势的电路的数量，同时还
25 够减去轻换流定时的生成所需要的处理。

另外，如果依据方案 6~8 的无传感器电机的驱动装置，则由于在无传感器电机的每个旋转方向，用换流定时生成装置生成的换流定时，在上述各个换流定时的时刻，在每个旋转方向分别更新设定新的
30 换流原点，因此能够避免发生由旋转方向的不同引起的换流定时的偏移。这时，把与在无传感器电机的每个旋转方向更新设定的各个换流原点的位置的差相当的脉冲信号数检测为偏置值，把更新设定后的某一个换流原点作为基准计数脉冲信号的同时，根据上述偏置值修正在

旋转方向每次切换时脉冲信号的计数值，使得成为以对应于旋转方向的换流原点为基准的计数值，因此在每个旋转方向预先准备存储上述脉冲信号计数值的计数变数，在旋转方向每次切换时，能够省略切换所参考的计数变数的处理程序。另外，如果预先检测偏置值并且进行
5 存储，则在每次根据用换流定时生成装置生成的换流定时更新设定换流原点时，不需要检测偏置值。

另外，如果依据方案 9~方案 12 的无传感器电机的驱动装置，则能够把基于用换流定时生成装置生成的换流定时的换流原点的更新设定在开始了无传感器电机的控制时进行的控制开始的初始阶段高
10 精度地进行换流控制。另外，通过在从控制开始时刻经过预定时间后进行换流原点的更新设定，能够设定不受温度环境变化影响的换流原点。另外，通过从无传感器电机的控制开始时刻每次经过预定时间进行换流原点的更新设定，能够根据环境温度的变化设定可靠的换流原点，进而通过在每次起动无传感器电机时进行换流原点的更新设定，
15 能够设定对应于现状的换流原点。

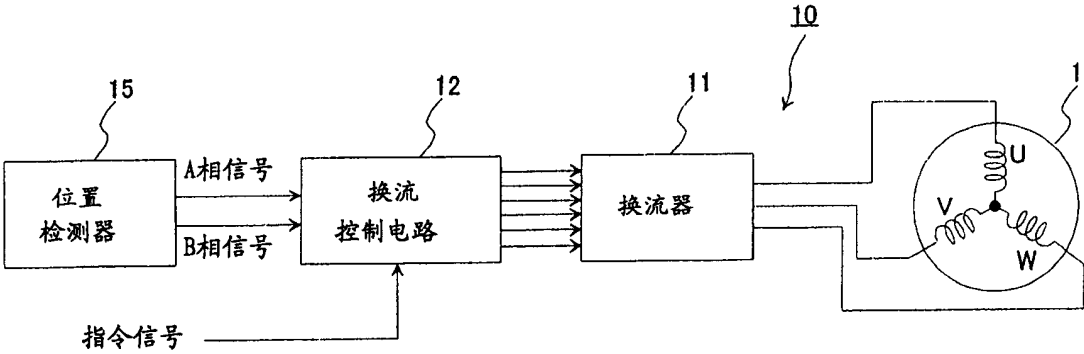


图 1

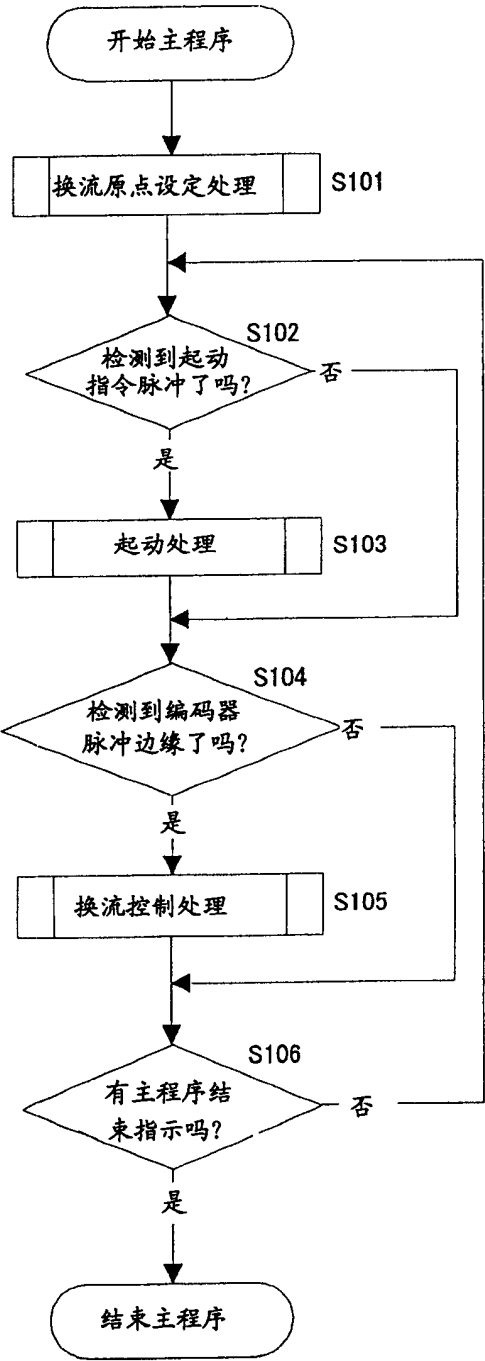


图 2

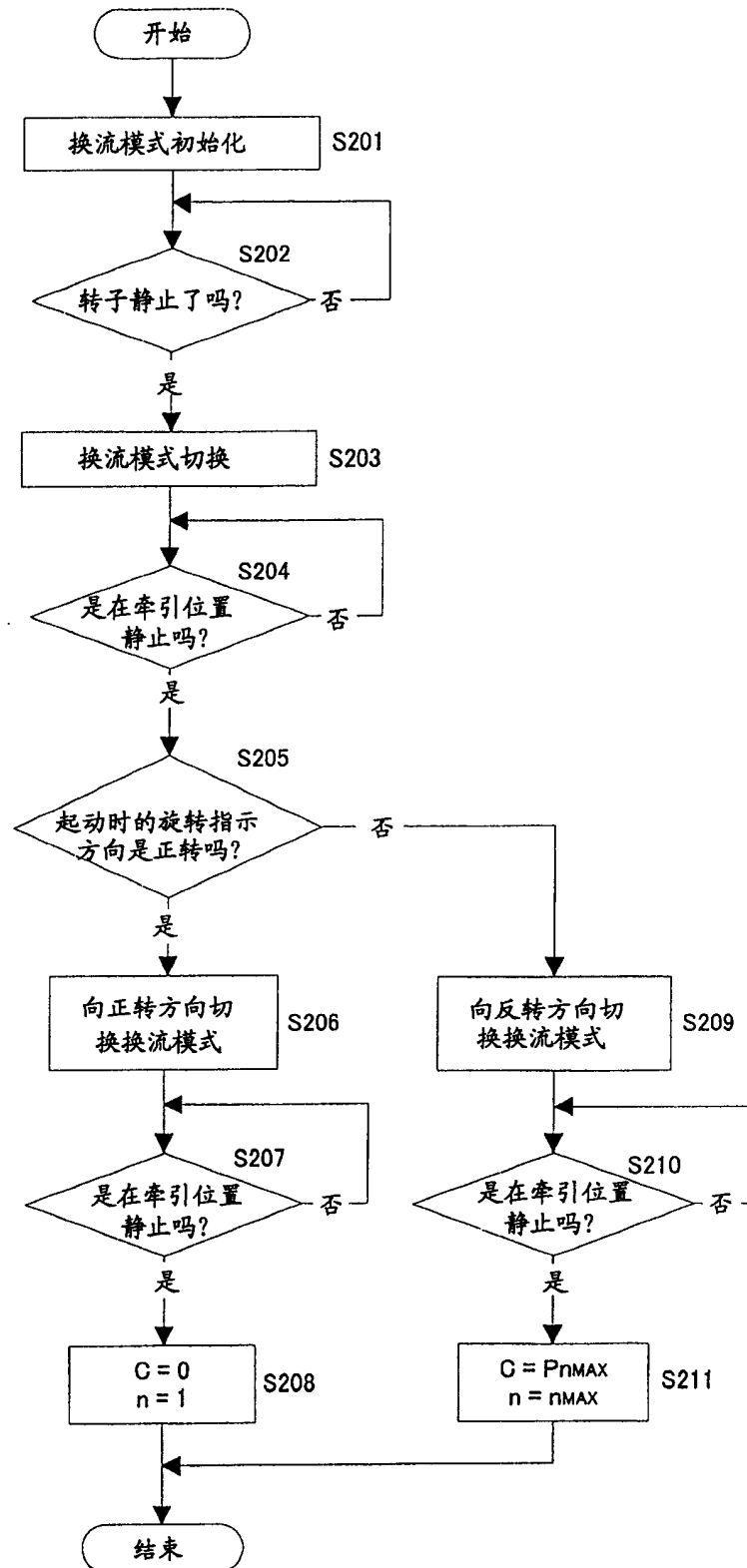


图 3

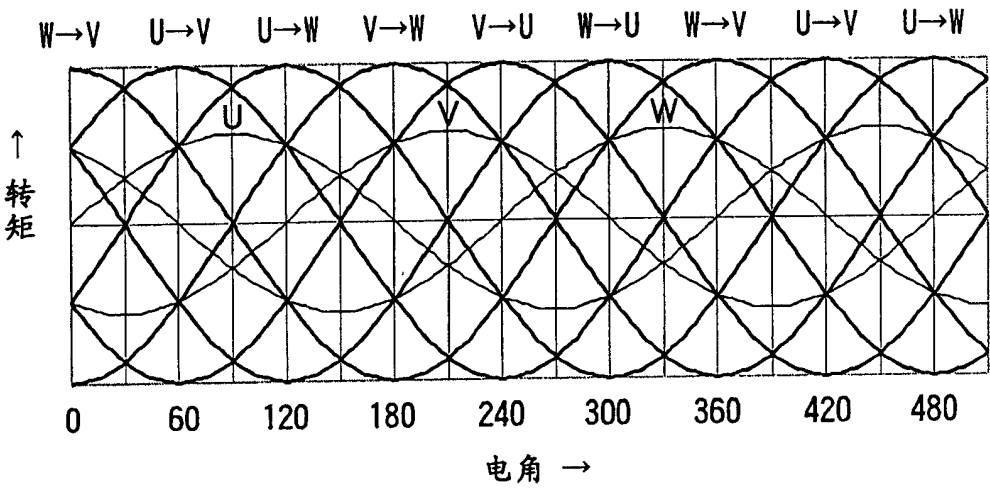


图 4

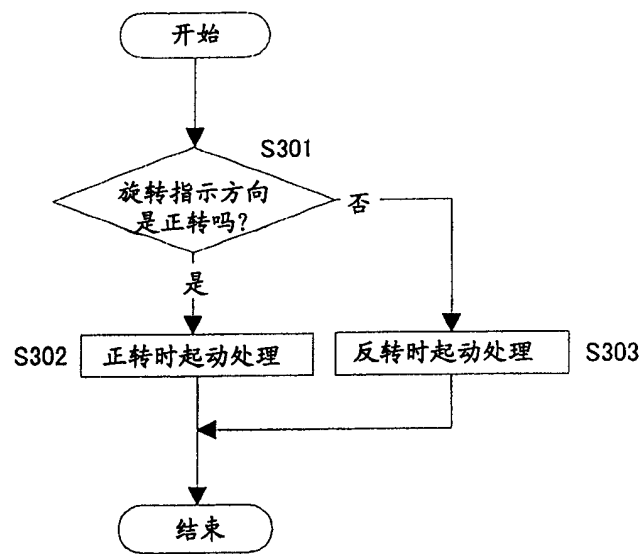


图 5

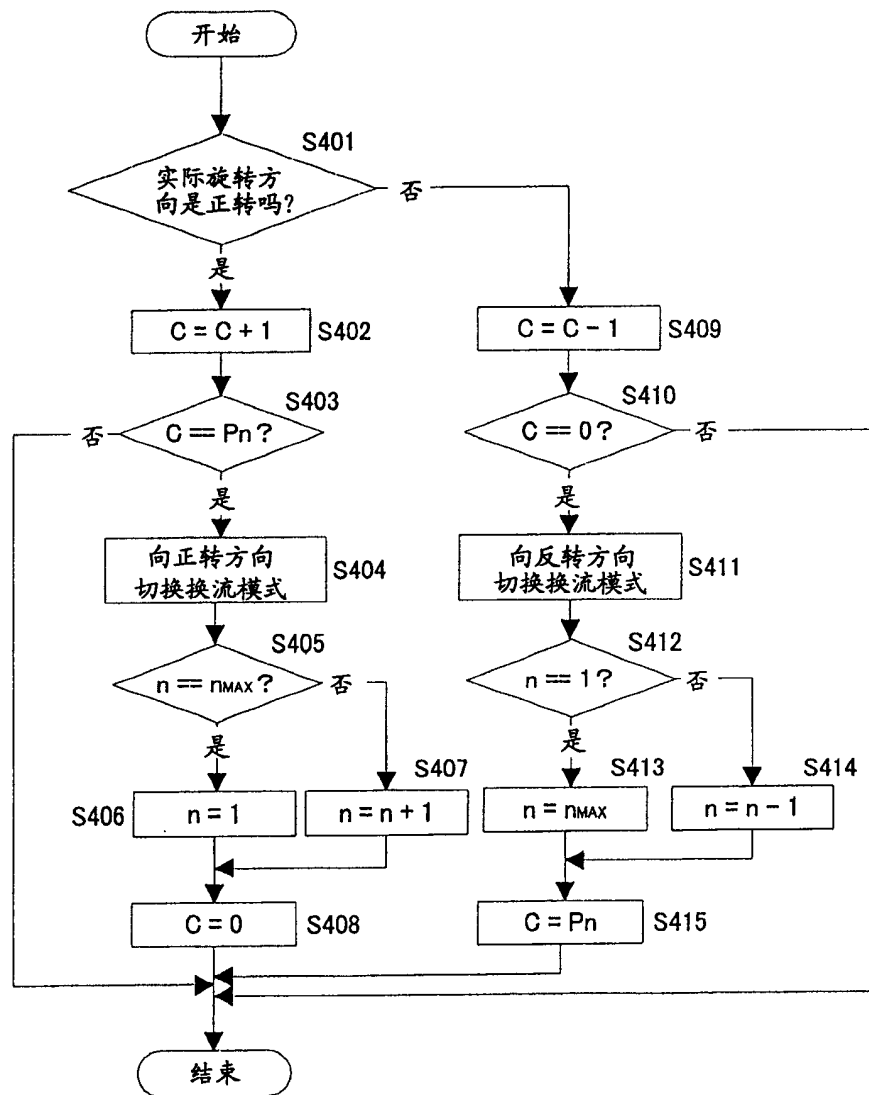


图 6

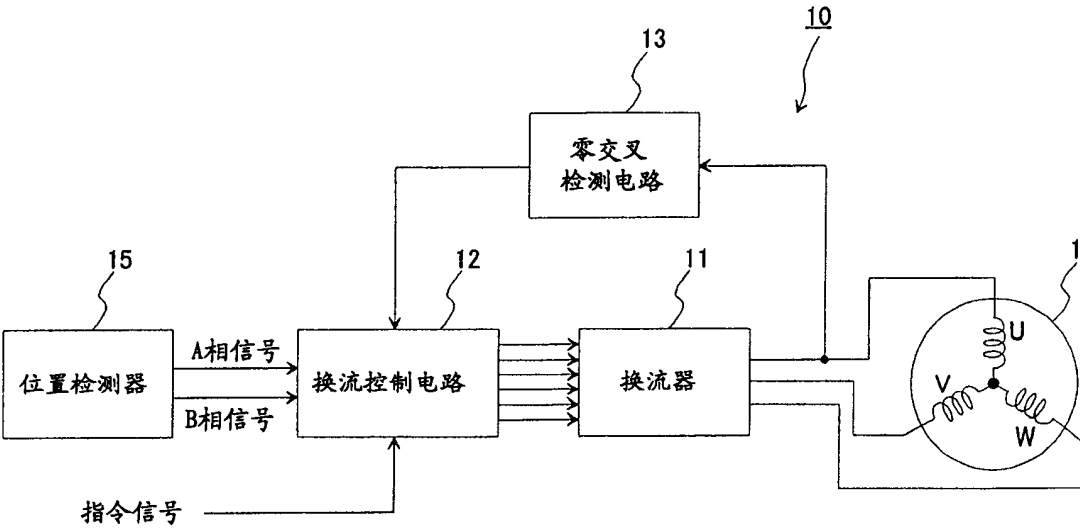


图 7

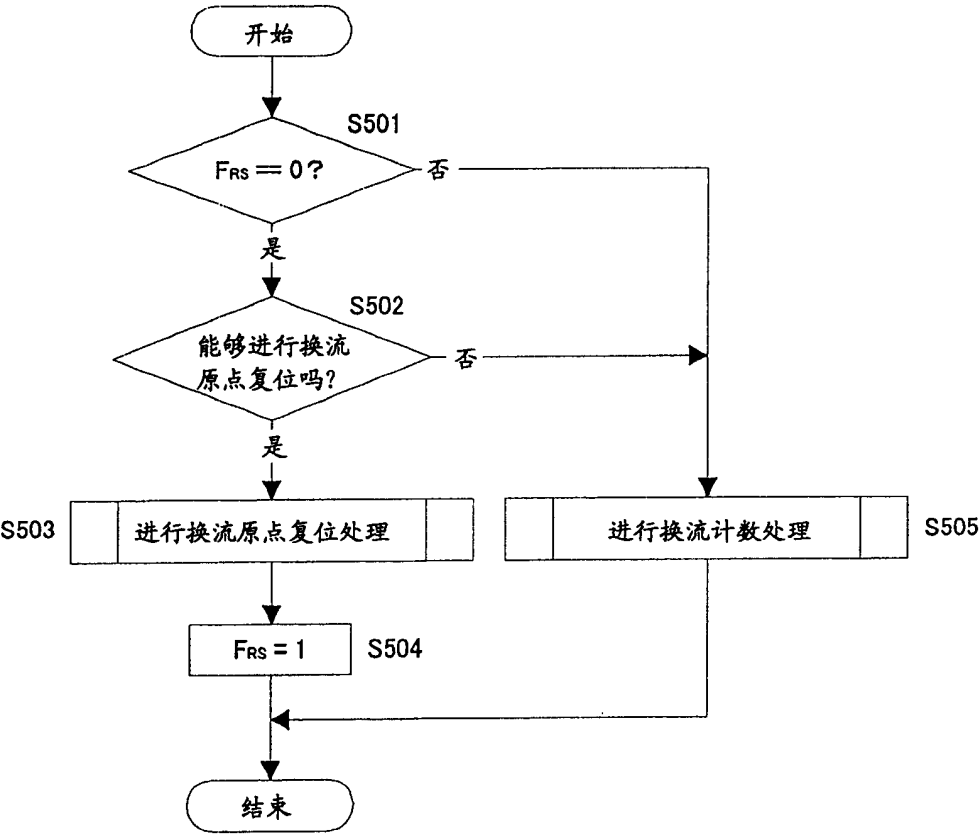


图 8

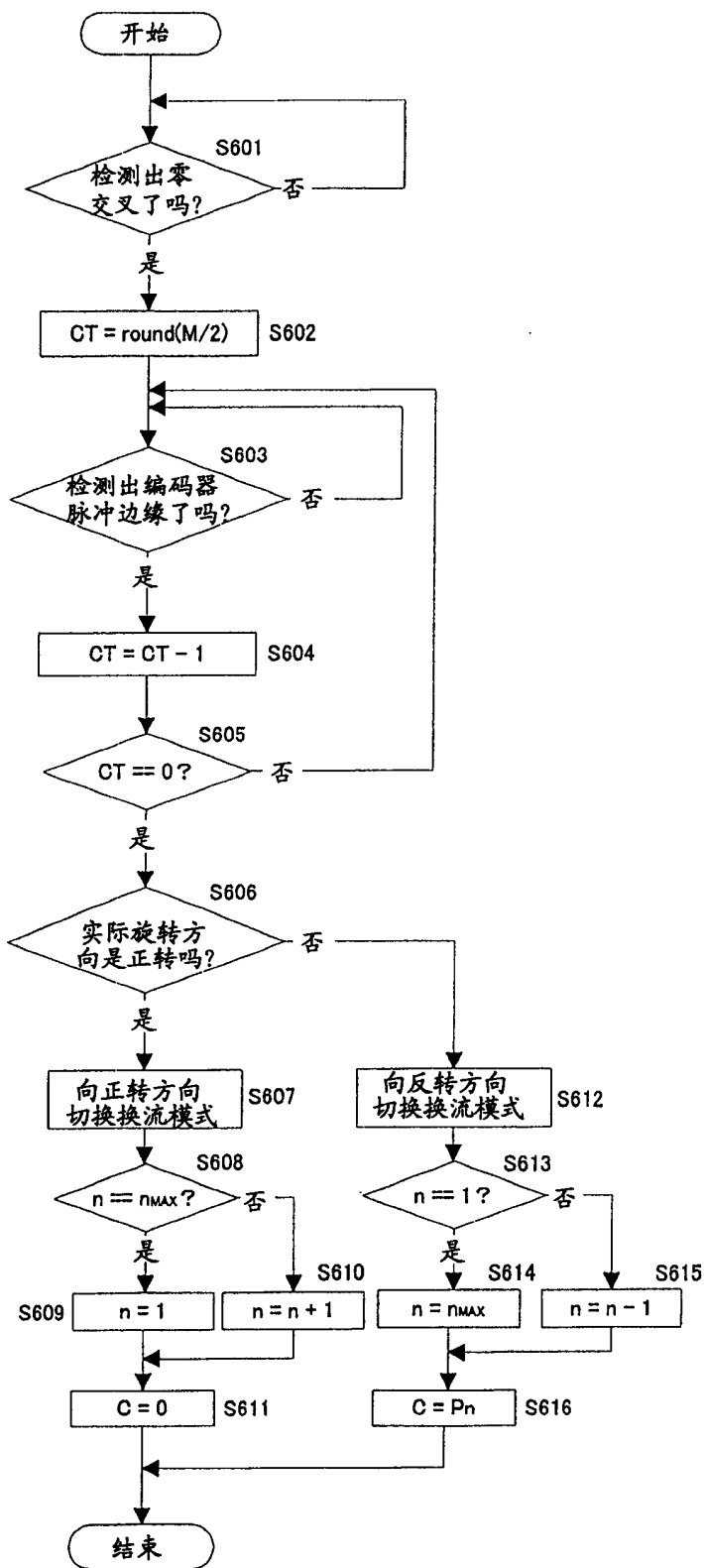


图 9

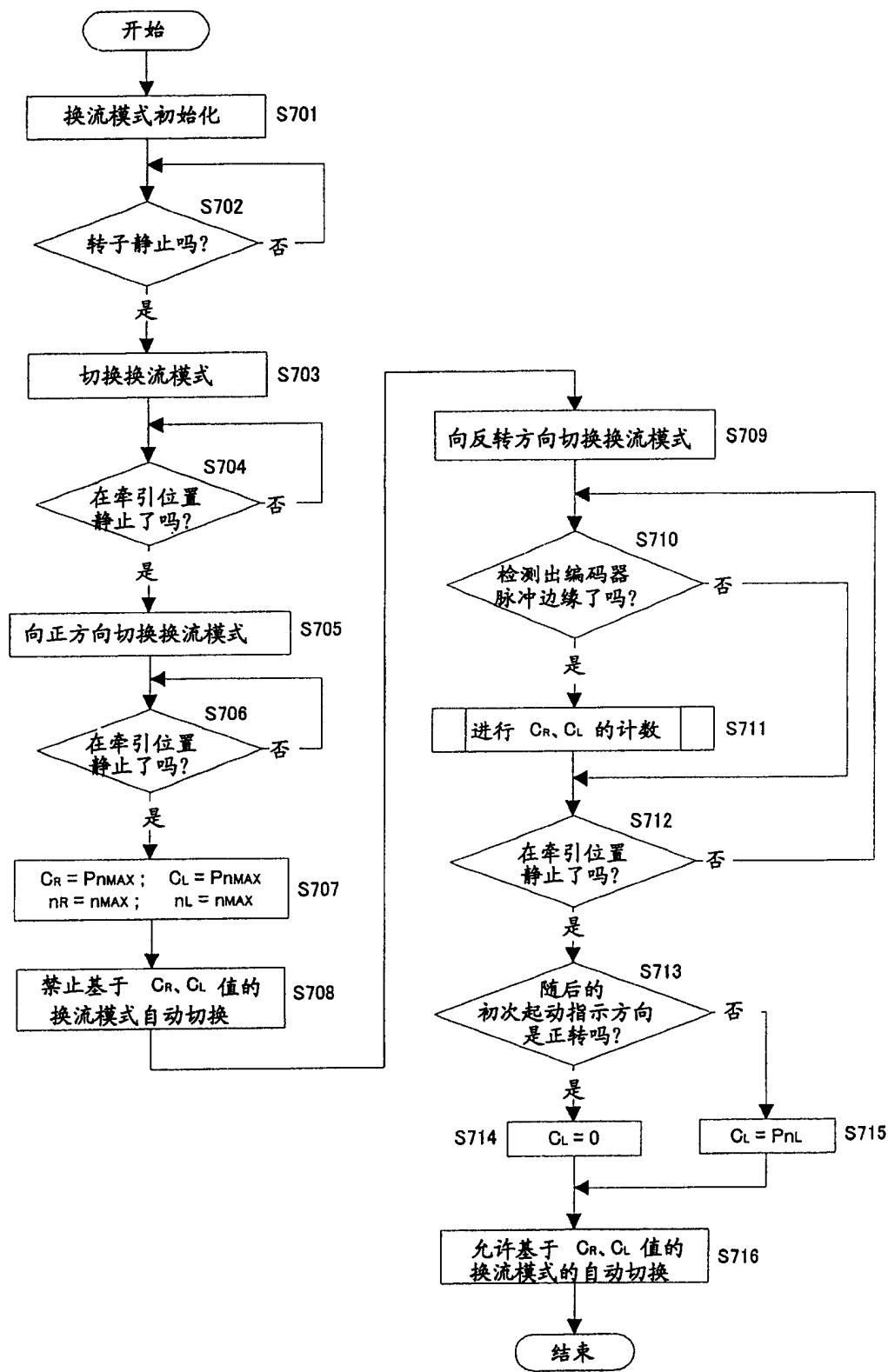


图 10

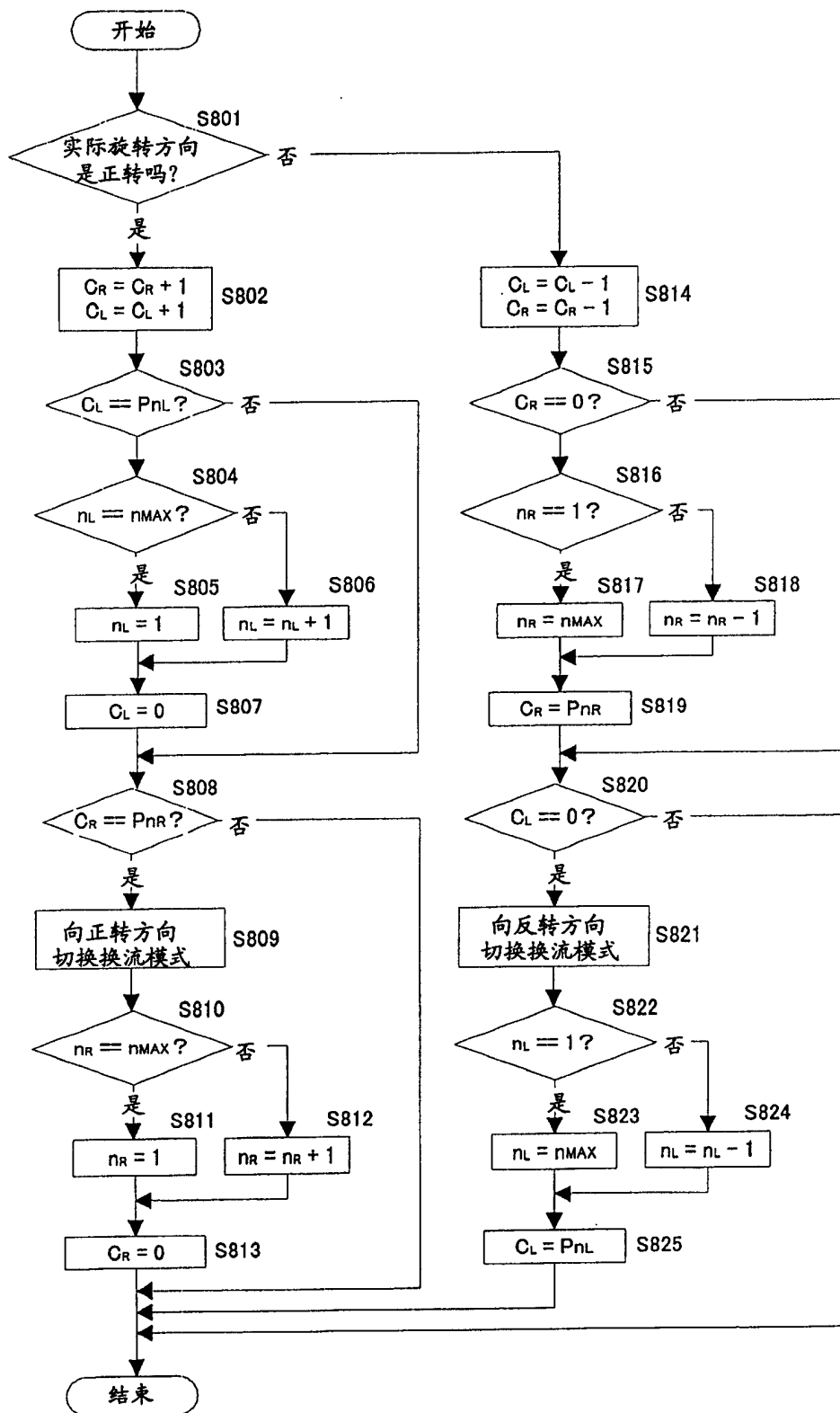


图 11

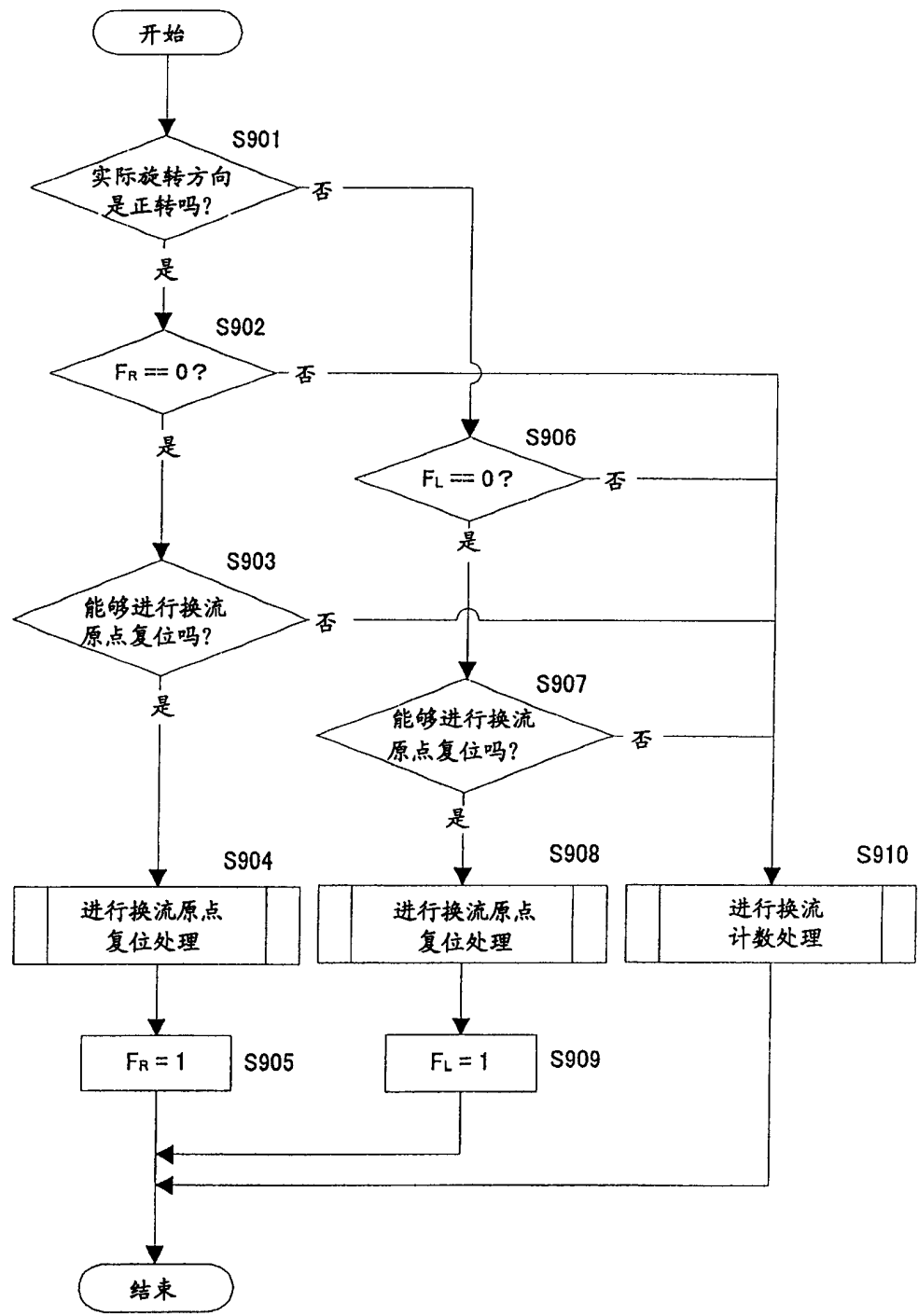


图 12

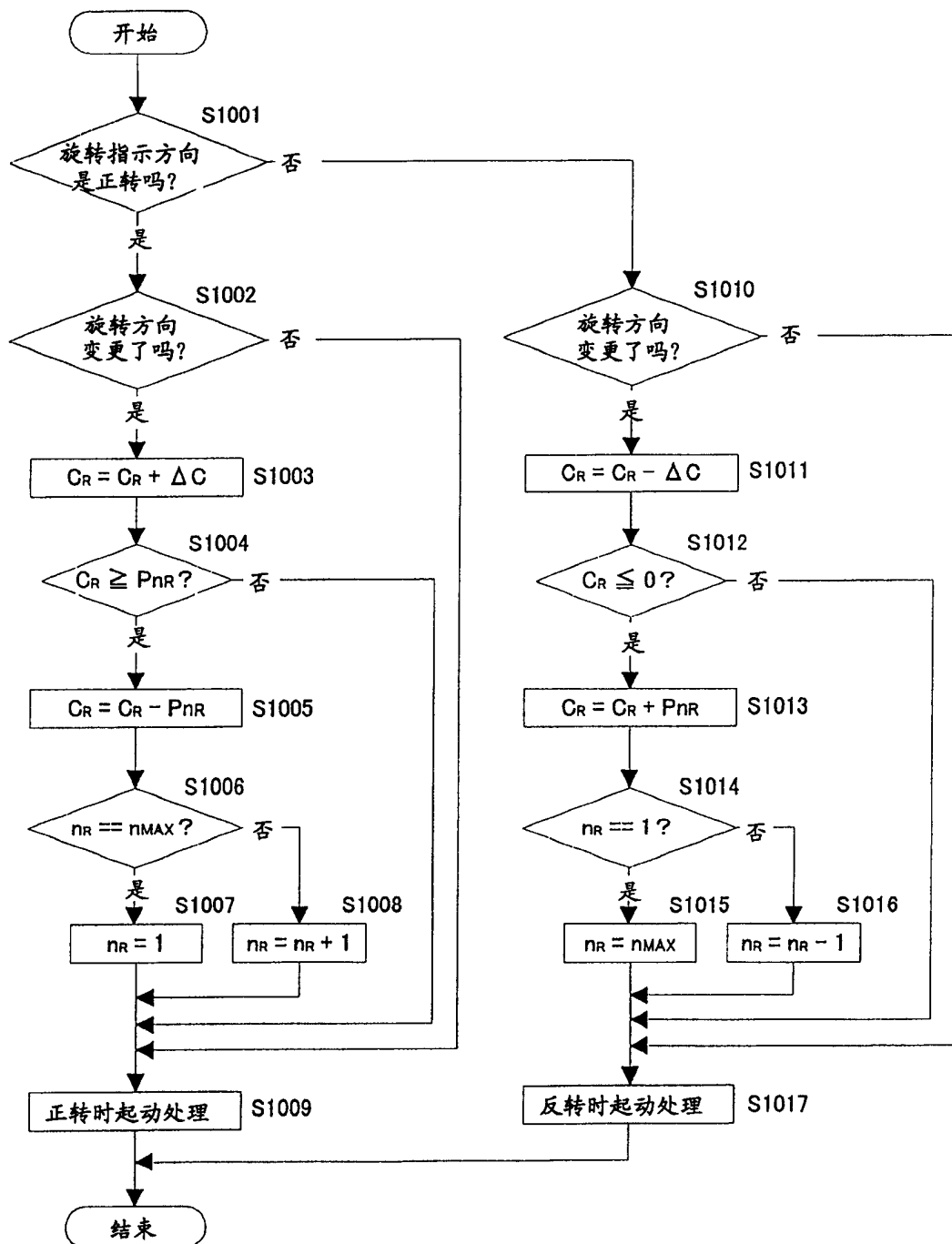


图 13