

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99109838.2

[45] 授权公告日 2002 年 7 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 1087883C

[22] 申请日 1999.7.16

[21] 申请号 99109838.2

[30] 优先权

[32] 1999.1.15 [33] KR [31] 99-1089

[73] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 郑文钟

审查员 张志杰

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

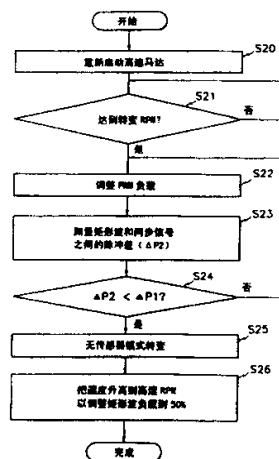
代理人 姜丽楼

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图页数 7 页

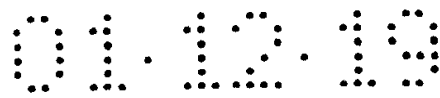
[54] 发明名称 高速马达的无传感器速度控制方法

[57] 摘要

一种利用反向电动势的高速马达的无传感器控制方法包括：在把高速马达加速到模式转变 RPM 之后，把矩形波正占空比调整到 50%；当电压调整到可产生理想的电流波形时，测量矩形波边缘和同步信号间的脉冲差，设置无传感器模式转变条件；利用测量的脉冲差把高速马达转变成无传感器模式；及把高速马达转变成无传感器模式并把高速马达的 RPM 增加到高速以调整矩形波的正占空比，因此能够在高速和无传感器模式下稳定地控制马达。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种利用反向电动势的高速马达的无传感器控制方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

把高速马达从加速模式下加速到模式转变 RPM 以把由高速马达的反向电动势产生的矩形波正占空比调整到 50%；

当产生理想电流波形时，调整电压以测量矩形边缘和同步信号之间的脉冲差，随后设置无传感器模式转变条件。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，转变条件设置步骤还包括一个步骤，即利用测得的脉冲差把高速马达从加速模式转变到无传感器模式，以把 RPM 升高到一高速，并把矩形波的正占空比调整到 50% (第二占空比调整步骤)。

3. 一种利用反向电动势的高速马达的无传感器控制方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

在加速模式下把高速马达加速到模式转变 RPM；以及

当产生理想电流波形时，调整电压以测量矩形边缘和同步信号之间的脉冲差以重新设置无传感器模式转变条件。

4. 一种利用反向电动势的高速马达的无传感器控制方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

把高速马达从加速模式下加速到模式转变 RPM 以调整由高速马达的反向电动势产生的矩形波的正占空比；

当产生理想电流波形时，调整电压以测量矩形边缘和同步信号之间的脉冲差，并设置无传感器模式转变条件；

利用在转变条件设置步骤测得的脉冲差来把高速马达从加速模式转变到无传感器模式；以及

在高速马达在模式转变步骤被转变成无传感器模式之后，把高速马达的 RPM 升高到一高速以把矩形波的正占空比调整到 50%。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，模式转变步骤还包括

一个再次启动高速马达的步骤，以便当高速马达通过加速模式达到模式转变 RPM 时调整 PWM 占空比并测量矩形边缘和同步信号之间的脉冲差以及当脉冲差小于在转变条件设置步骤下测量的脉冲差时把高速马达从加速模式转变成无传感器模式。



说 明 书

高速马达的无传感器速度控制方法

本发明涉及高速（40,000rpm 以上）无刷直流马达（以下称为高速马达）的无传感器的控制，特别涉及不管转动速度如何适于均匀调节由反向电动力产生的矩形信号占空比以在高速下提供稳定的马达控制且使无传感器模式可改变的高速马达的无传感器速度控制方法。

一般地，如图 1 所示，根据反向器方法的高速马达的速度控制设备包括：一个通过可变电阻器或其类似物控制所希望得到的速度的速度控制单元 10，一个用高速马达 100 的反向电动势来测量高速马达的当前转动速度的速度测量器 20，一个用来接收通过从速度控制单元 10 控制的设置速度减去速度测量器 20 测量到的当前速度得到的速度误差（e）以进行高速马达 100 的速度控制的比例积分器 PI 控制器 30，一个用来接收 PI 控制器 30 的输出和由高速马达 100 的反向电动势探测到的马达位置信息以控制施加到高速马达 100 的占空比和 PWM 波形的相位的同步和脉冲宽度调制 PWM 控制器 40，一个根据同步和 PWM 控制器 40 的输出驱动高速马达 100 的反向器驱动器 50，一个根据反向器驱动器 50 的驱动信号输出交替地开、关多个功率晶体管以使转换器（将在后面描述）输出的直流 DC 电源转变成三相交流 AC 电源的反向器 60，一个探测高速马达 100 的反向电动势以形成一个信号以便可以探测到转子的转动速度和转子的位置的反向电动势探测器 70，以及一个把从电源输入端 81 输入的 AC 电源转变成 DC 电源的转换器 80。

如图 2 所示，反向电动势探测器 70 由下列元件构成：一个探测高速马达 100 的反向电动势信号（a, b, c）以使其减小到预定大小的电压分压器 71，一个用于产生与由电压分压器 71 减小了的反向电动势信号具有 90 度相位延迟的三角形波的积分器 73，一个用于比较积分器 73 的输出和反向电动势的中间电压以产生矩形波的比较器 75，以及一个把比较器

75 的矩形波转变成 DC 接地电平的隔离单元 77, 其中, 如图 3 所示, 积分器 73 在电路中采用了可变电阻器 (VR) 以调整矩形波的占空比。

根据三相二激方法, 在高速马达的速度控制设备中当高速马达 100 以预定速度转动时, 连接到反向器 60 的输出端的反向电动探测器 70 利用高速马达 100 的反向电动势信号产生矩形波, 用来探测转子的位置。

首先, 因为反向电动势信号 (a, b, c) 太大以致积分器 73 不能处理, 所以高速马达 100 的反向电动势信号 (a, b, c) 由电压分压器 71 减小到一适当的值 (V_a, V_b, V_c), 如图 4 所示。

当通过电压分压器 71 减小的反向电动势信号 (V_a, V_b, V_c) 通过积分器 73 时, 信号被延迟 90 度成为具有三角形波形状的信号 (V_{ai}, V_{bi}, V_{ci}), 如图 4 所示。

如图 4 所示, 通过比较器 75 比较积分器 73 的输出信号 (V_{ai}, V_{bi}, V_{ci}) 和反向电动势的中间点电压 (V_n) 以产生矩形波 (S_a, S_b, S_c), 并且同步和 PWM 控制器 40 探测矩形波 (S_a, S_b, S_c) 的上升边缘和下降边缘, 以在那个时间控制相位适应于反向电动势波形。

在反向电动势信号产生的矩形波信号 (S_a, S_b, S_c) 的上升和下降边缘实现高速马达 100 的相位的变化, 这样当矩形波信号 (S_a, S_b, S_c) 不精确时, 很难精确控制马达。

尽管理想的矩形波 (S_a, S_b, S_c) 的占空比为 50%, 但是由于部件的精确性、硬件的延迟等还存在一些误差, 并且这些误差在高速转动比低速转动下产生更大的影响, 并且在高速马达 100 有大量的电极时产生的影响更大。

为了解决上述问题, 在现有技术中, 如图 3 所示, 在积分器 73 中使用可变电阻 (VR) 以把矩形波信号 (S_a, S_b, S_c) 的占空比调整到 50%。

然而, 根据描述的现有技术在高速马达的矩形波调整方法中一直存在一个问题, 即当每分钟的转动 RPM 增加时, 矩形波信号 (S_a, S_b, S_c) 的正占空比却减小。

再者, 在低速转动时当矩形波信号 (S_a, S_b, S_c) 的正占空比定在 50% 时, 在高速转动时占空比却低于 50% (例如 48%), 使得马达控制不稳。在高速转动时当矩形波信号 (S_a, S_b, S_c) 的正占空比定在 50% 时,

在低速转动时占空比却高于 50%，其中在启动高速马达 100 后，根据矩形波的边缘信号和同步信号之间的宽度，从加速模式到无传感器模式的转变条件应该可以区分，但是由于输入的矩形波不精确，所以很难改变这种模式。

本发明公开了解决上述问题的方法，并且本发明的一个目的是提供一种高速马达的无传感器速度控制方法，该方法适于在加速模式下加速高速马达以改变 RPM，并把矩形波的正占空比调整到 50% 以能够改变无传感器模式。

本发明的另一个目的是提供一种高速马达的无传感器速度控制方法，该方法适于当高速马达达到改变的 RPM 使其能够改变为无传感器模式时，把高速马达的 RPM 从无传感器模式下提高到高速并把矩形波的正占空比调整到 50%，使得在高速下能稳定地控制马达。

根据本发明的目的，利用反向电动势提供一种高速马达的无传感器速度控制方法，该方法包括以下步骤：

在加速模式下，把高速马达加速到一模式改变 RPM 之后，把由高速马达的反向电动势信号产生的矩形波正占空比调整到 50% (第一占空比调整步骤)；

当把电压调整到允许理想的电流波形成型时，测量矩形波边缘和同步信号之间的脉冲差，以设置无传感器转变条件。

利用在转变条件设置步骤下测量的脉冲差来把高速马达从加速模式转变成无传感器模式；以及

在模式转变步骤时，把高速马达转变成无传感器模式并且使高速马达的 RPM 增加到高速然后把矩形波的正占空比调整到 50%。

为了更好地理解本发明的本质和目的，下面将结合附图详细描述本发明。

图 1 是说明根据已有技术的无刷直流 BLDC 高速马达的速度控制设备的方框图；

图 2 是根据已有技术的 BLDC 高速马达的反向电动势的探测电路图；

图 3 是图 2 中的积分器的详细电路图；

图 4 是说明图 2 中的反向电动势的探测电路的运行波形图；

图 5 是说明根据本发明的在高速马达中无传感器模式转变条件的设置方法的流程图；

图 6 是说明根据本发明的在高速马达的无传感器模式转变和高速转动期间的马达控制运行过程的流程图；

图 7 是说明根据本发明的在高速马达中无传感器模式转变条件的重新设置方法的流程图。

下面将参照附图详细描述本发明的最佳实施例。

如图 1 所示，根据本发明高速马达的速度控制设备包括：一个通过可变电阻器或其类似物控制所希望得到的速度的速度控制单元 10，一个用高速马达 100 的反向电动势来测量高速马达的当前转动速度的速度测量器 20，一个用来输入通过从速度控制单元 10 控制的设置速度减去速度测量器 20 测量到的当前速度得到的速度误差 (e) 以进行高速马达 100 的速度控制的比例积分器 PI 控制器 30，一个用来输入 PI 控制器 30 的输出和由高速马达 100 的反向电动势探测到的马达位置信息以控制施加到高速马达 100 的占空比和 PWM 波形的相位的同步和脉冲宽度调制 PWM 控制器 40，一个根据同步和 PWM 控制器 40 的输出驱动高速马达 100 的反向器驱动器 50，一个根据反向器驱动器 50 的驱动信号输出交替地开、关多个功率晶体管以使转换器 (将在后面描述) 输出的直流 DC 电源转变成三相交流 AC 电源的反向器 60，一个探测高速马达 100 的反向电动势以形成一个信号以便可以探测到转子的转动速度和转子的位置的反向电动势探测器 70，以及一个把从电源输入端 81 输入的 AC 电源整流和平滑以转变成 DC 电源的转换器 80。

再者，同步和 PWM 控制器 40 把高速马达加速到一个转变 RPM (适宜于从加速模式转变到无传感器模式的 RPM, 8000RPM)，然后把矩形波的正占空比调整到 50%。为了把矩形波的正占空比调整到 50%，把转变 RPM 转变成无传感器模式再把 RPM 升到一高速并控制施加到高速马达 100 上的 PWM 波形的占空比。

图 2 和图 3 中的反向电动势探测器 70 具有的共同结构，因此将省略多余的描述。

下面，将描述具有这种结构的高速马达的无传感器速度控制方法的运

行效果。

首先，如图 5 所示设置高速马达 100 的无传感器模式转变条件。

图 5 是说明根据本发明的高速马达无传感器模式转变条件设置方法的流程图，其中 S 表示步骤。

在步骤 S10，当速度控制单元 10 设置好高速马达 100 所期待的一个速度时，为控制施加到高速马达 100 上的占空比和 PWM 波形的相位，同步和 PWM 控制器 40 被用来给反向器驱动器 50 输出一个反向器驱动 PWM 信号。

接着，反向器驱动器 50 把从同步和 PWM 控制器 40 输出的 PWM 信号放大以交替地开、关反向器 60 中的 6 个功率晶体管（未示出）和把转换器 80 输出的 DC 电源转变成 3 相（U、V、W 相）AC 电源以启动高速马达 100。

步骤 S11，当高速马达 100 开始转动时，在加速模式下高速马达 100 被加速到转变 RPM（适于从加速模式转变成无传感器模式的一个 RPM，8000RPM），其中利用反向电动势探测器 70 的积分器 73 中的可变电阻器（VR）把高速马达 100 的反向电动势信号产生的矩形波信号（ S_a ， S_b ， S_c ）的正占空比调整到 50%。

在这时，由于过压，通常电流波形并不是理想的形状，这样，在步骤 S12，通过滑变电阻器在加速模式下慢慢地降低电压以在某一时刻得到理想的电流波形。接着，在步骤 S13，当得到理想波形时，测量矩形波边缘信号和同步信号的脉冲差（ $\Delta P1$ ），并且设置无传感器模式的转变条件来完成运行。

在这时，尽管在理想情况下脉冲差（ $\Delta P1$ ）应该可以为 0，但是实际上还是存在程度的误差。

当用矩形波边缘信号和同步信号的脉冲差（ $\Delta P1$ ）设置无传感器模式的转变条件时，在高速和无传感器模式转变运行下如图 6 所示执行稳定的马达控制。

图 6 是说明根据本发明的高速马达的无传感器模式转变和高速转动期间的马达控制运行过程的流程图；

在步骤 S20，为控制施加到高速马达 100 上的 PWM 波形的相位和占空比，同步和 PWM 控制器 40 输出一反向驱动 PWM 信号给反向器驱动器 50。

接着，反向器驱动器 50 把同步和 PWM 控制器 40 输出的 PWM 信号放大来操作反向器 60，以便把转换器 80 输出的 DC 电源转变成 3 相 (U、V、W 相) AC 电源来启动高速马达 100。

在步骤 S21，在高速马达 100 启动后，在加速模式下加速高速马达 100，并且判别高速马达 100 是否达到转变 RPM。当高速马达 100 没有达到转变 RPM (在“否”的情况) 时，重复执行步骤 S21 的操作直到高速马达 100 达到转变 RPM。

作为步骤 S21 判别的结果，如果高速马达 100 达到转变 RPM (在“是”的情况下)，流程进入步骤 S22，同步和 PWM 控制器 40 自动调整施加到高速马达 100 上的 PWM 占空比以降低电压。

接着，在步骤 S23，当 PWM 占空比被调整时，启动高速马达以测量矩形边缘信号和同步信号的脉冲差 ($\Delta P2$)。

在步骤 S24，判别 PWM 占空比调整时的脉冲差 ($\Delta P2$) 是否小于产生理想电流波形时的脉冲差 ($\Delta P1$)，如果脉冲差 ($\Delta P2$) 不小于脉冲差 ($\Delta P1$) (即在“否”的情况下)，流程返回步骤 S22 以重复步骤 S22 后的操作。

作为步骤 S24 判别的结果，如果脉冲差 ($\Delta P2$) 小于脉冲差 ($\Delta P1$) (在“是”的情况下)，流程进入步骤 S25 以转变到无传感器模式。

在步骤 26，在高速马达 100 转变到无传感器模式后，高速马达 100 的 RPM 被升高到高速区域 (40,000RPM)，利用积分器 73 中的可变电阻器 (VR) 把高速马达 100 的反向电动势信号产生的矩形波信号 (S_a , S_b , S_c) 的正占空比调整到 50%，使在高速和无传感器模式转变下能够稳定地控制马达，并结束运行。

在这时，在高速下调整矩形波占空比的理由是在高速下需要理想的矩形波脉冲。

在高速区域下当把矩形波的正占空比调整到 50% 以实现高速下的稳定的马达控制时，如图 7 所示，为改变模式而重新设置的脉冲差的高速马达 100 的无传感器模式转变条件被重新设置。

图 7 是说明根据本发明的无传感器转变条件的重新设置方法的流程图。

在步骤 S30，为控制施加到高速马达 100 上的占空比和 PWM 相位，同

步和 PWM 控制器 40 输出一反向器驱动 PWM 信号给反向器驱动器 50。

接着，反向器驱动器 50 把同步和 PWM 控制器 40 输出的 PWM 信号放大以激励反向器 60，以便把转换器 80 输出的 DC 电源转变成三相 (U、V、W 相) AC 电源以启动高速马达 100。

在启动高速马达 100 后，在步骤 S31，在加速模式下高速马达 100 被加速到转变 RPM，在步骤 S32，调整电压以得到一理想的电流波形。

接着，在步骤 33，为改变成将来的无传感器模式和完成操作，测量矩形边缘和同步信号脉冲差 ($\Delta P3$) 以重新设置一模式转变条件。

根据前面的描述，很明显根据本发明在高速马达的无传感器速度控制方法中存在一优点，即高速马达被加速到转变 RPM，矩形占空比的正占空比被调整到 50% 和高速马达 100 从转变 RPM 转变成无传感器模式以把 RPM 升高到一高速和把矩形波的正占空比调整到 50%，因此能够在高速和无传感器模式转变下稳定地控制马达。

说明书附图

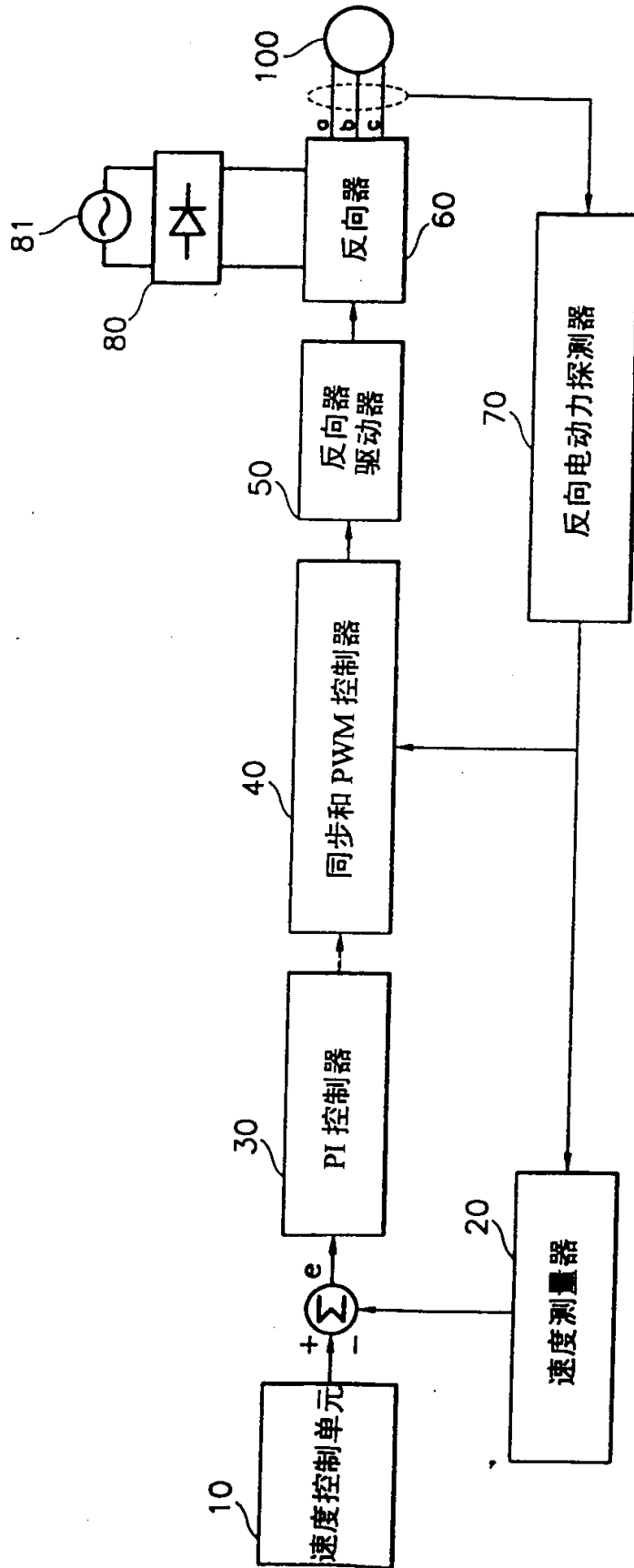


图1

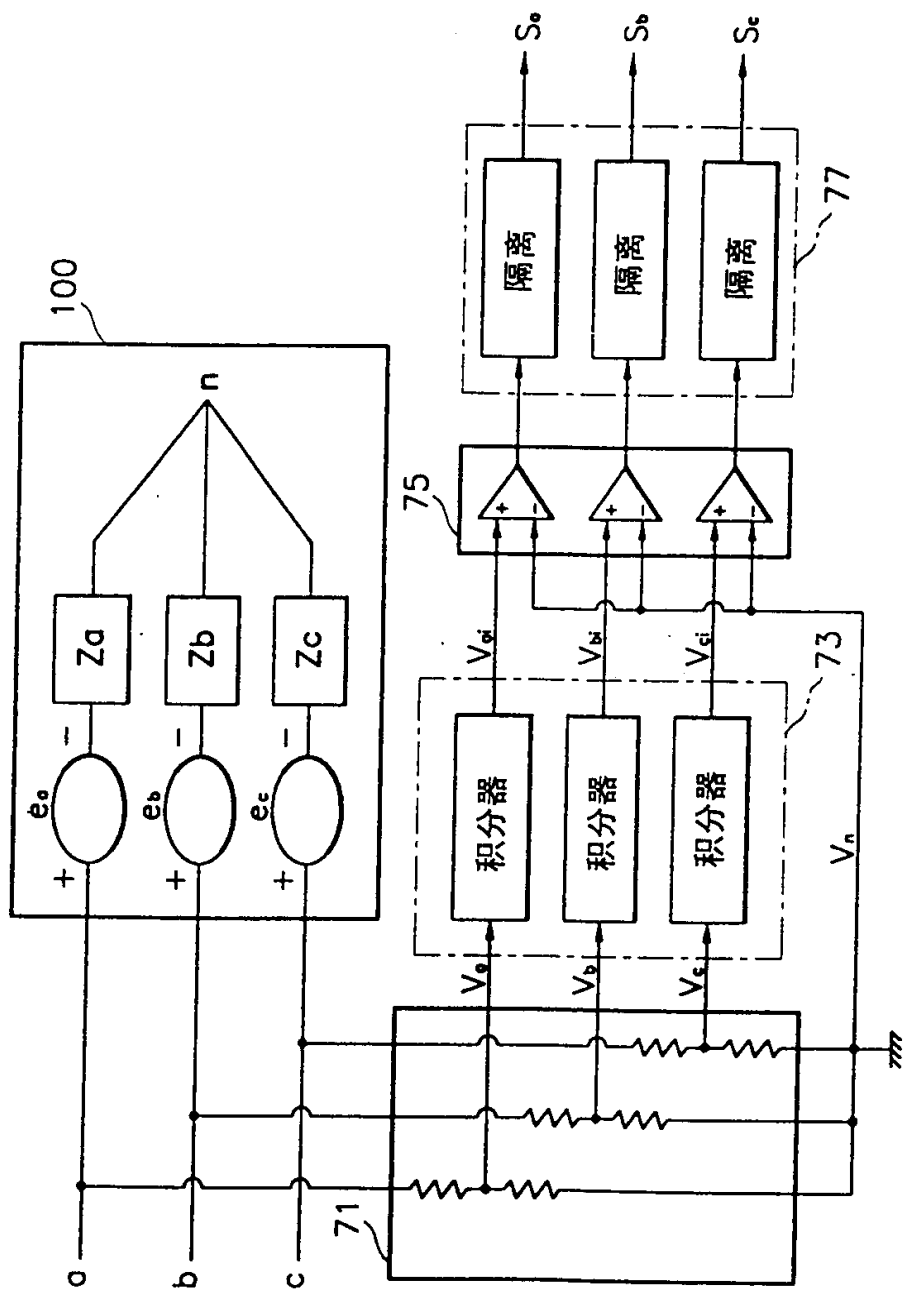


图 2

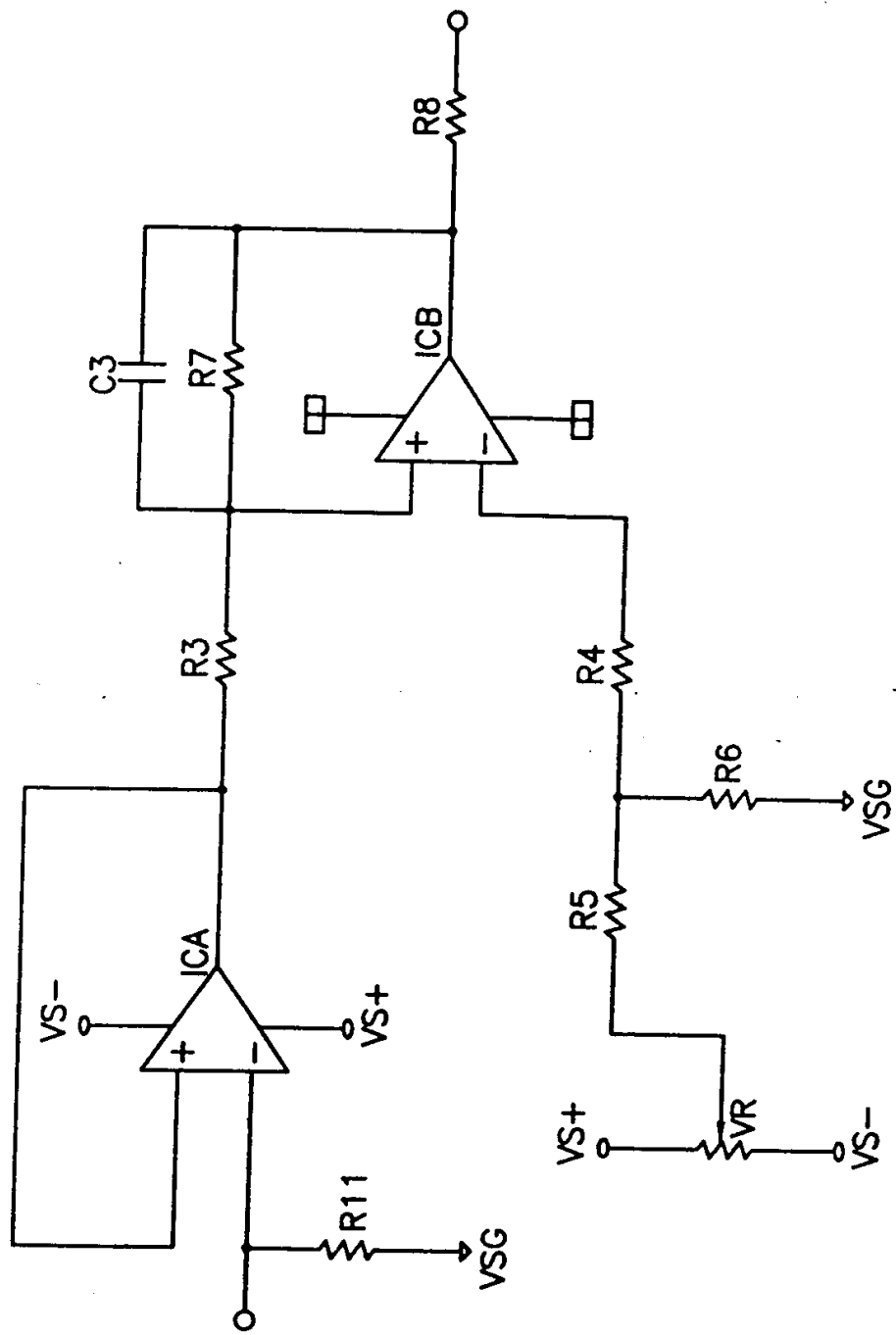


图 3

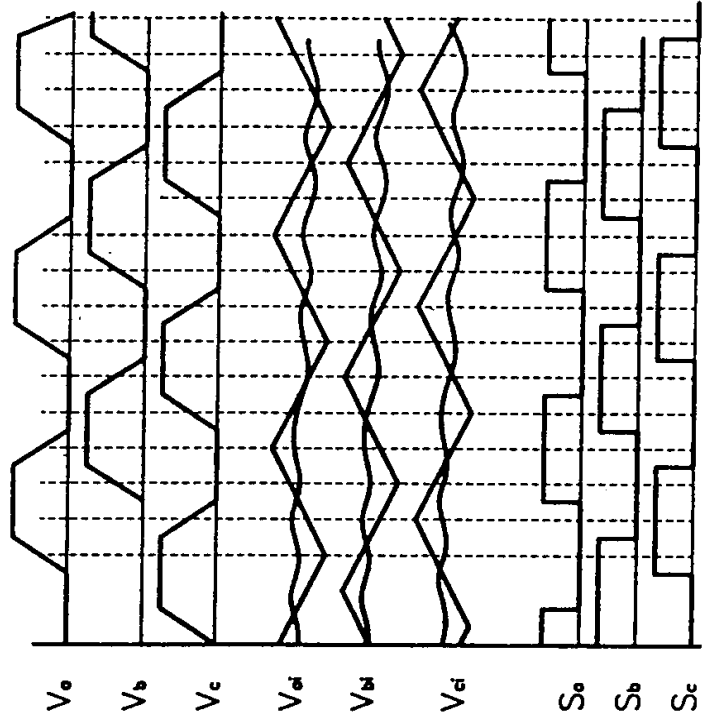


图 4

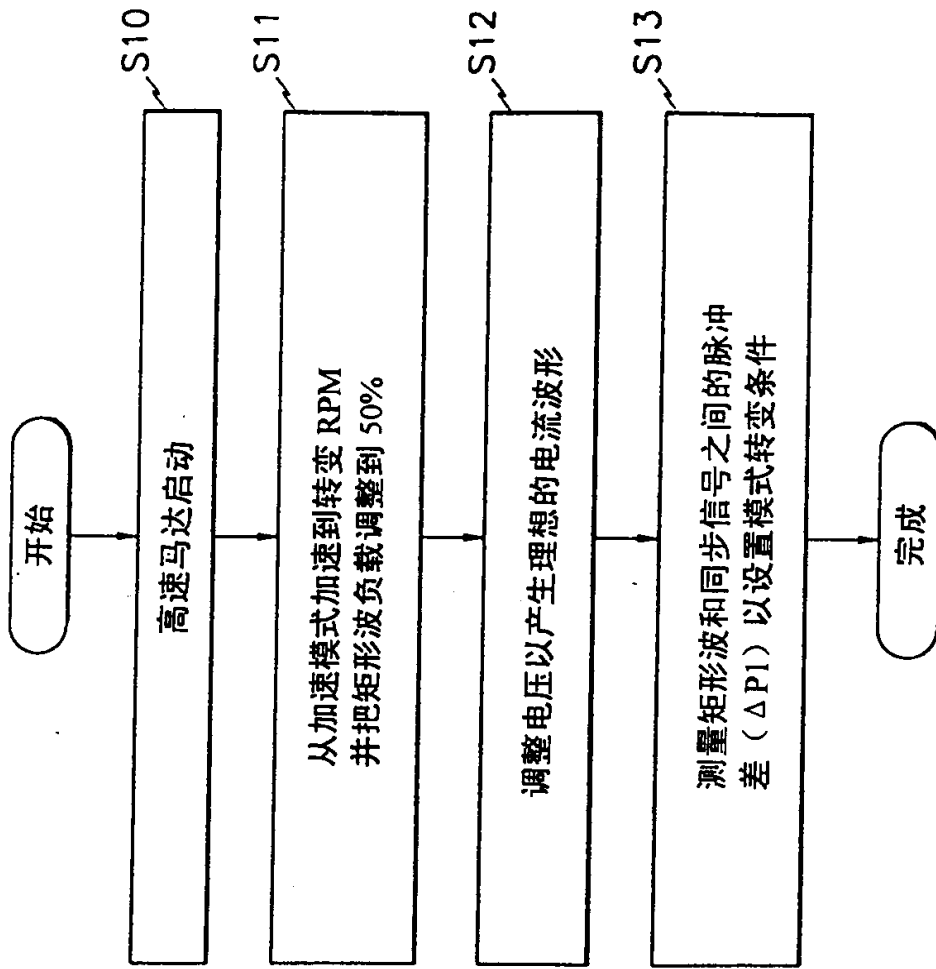


图 5

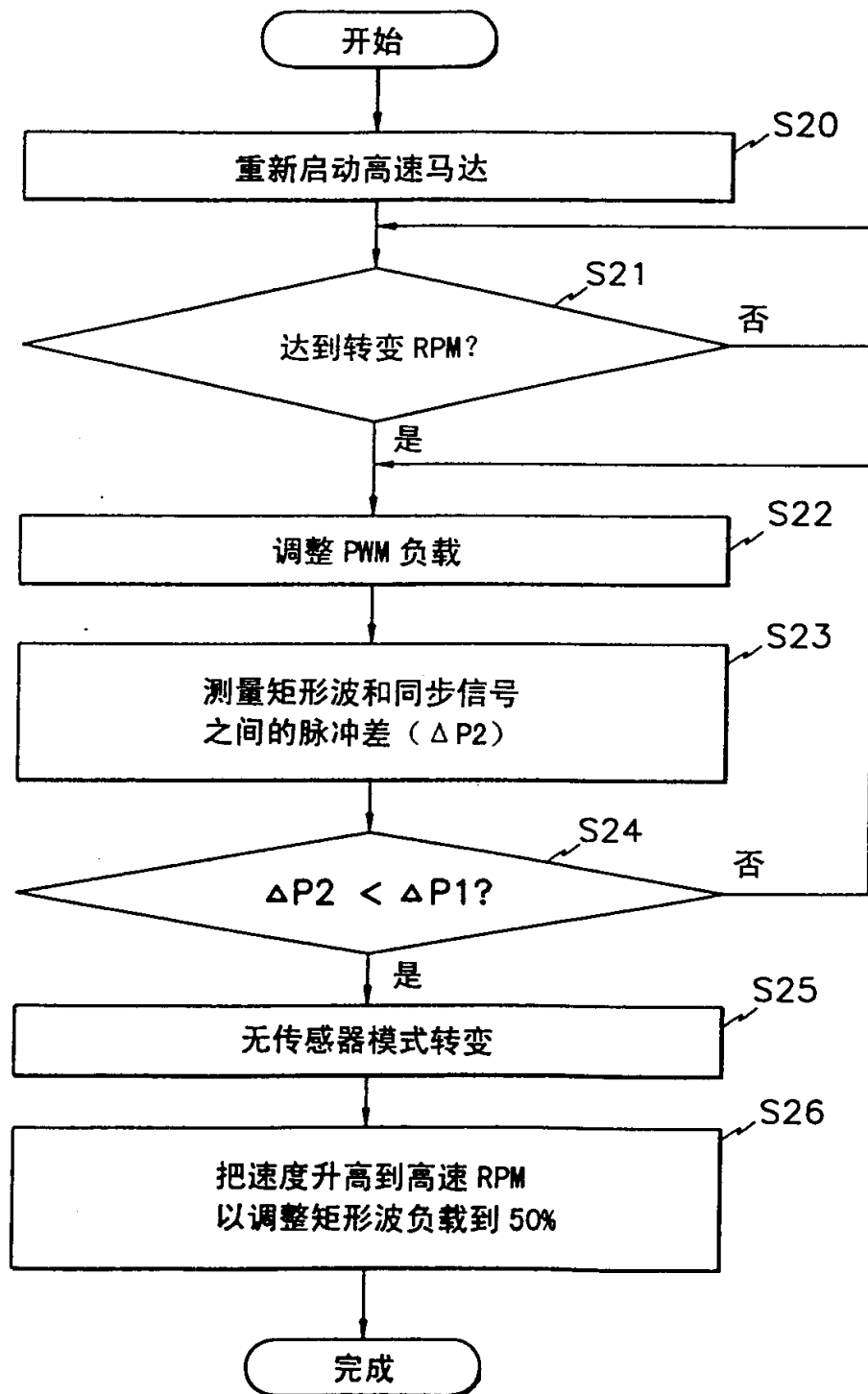


图 6

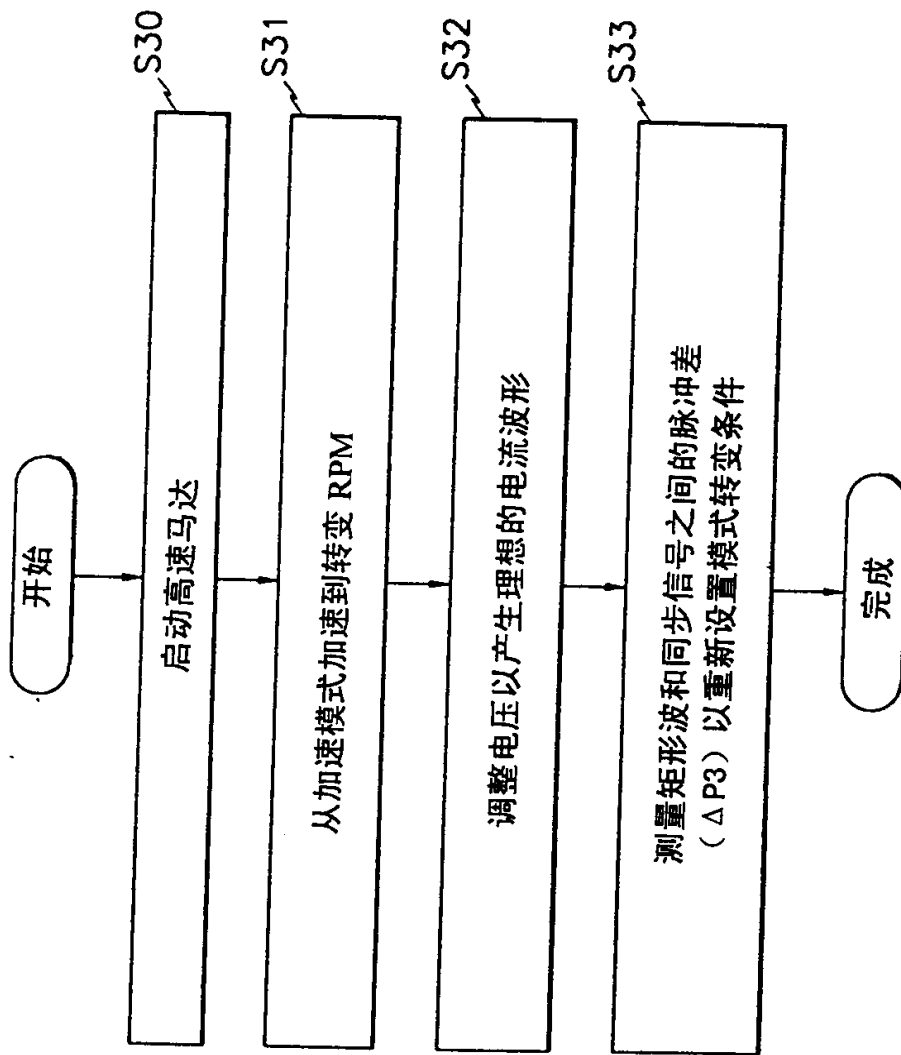


图 7