



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102012454 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 13

(21) 申请号 201010528356. 4

(22) 申请日 2010. 11. 02

(71) 申请人 中颖电子股份有限公司

地址 200335 上海市长宁区金钟路 767 弄 3 号

(72) 发明人 陈朝辉 周序伟 辛巍 尹志光

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 陈亮

(51) Int. Cl.

G01R 19/175(2006. 01)

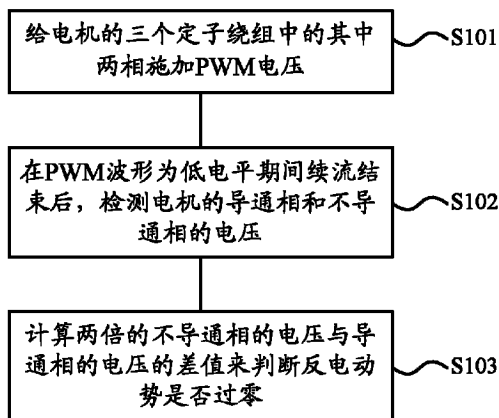
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测方法
及装置

(57) 摘要

本发明提供一种永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测方法,包括步骤:给电机的三个定子绕组中的其中两相施加 PWM 电压;在 PWM 波形为低电平期间续流结束后,检测所述电机的导通相和不导通相的电压;计算两倍的所述不导通相的电压与所述导通相的电压的差值来判断反电动势是否过零。本发明还提供一种永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测装置。本发明由于不在所述 PWM 波形为高电平期间进行检测,因此在检测过程中无需滤波而无高频噪声,整个检测过程控制性能好、精度高、适用范围广、实现简单且成本低廉,可方便地确定在运行过程中的所述电机转子位置,实现无霍尔传感器的无刷直流电机的控制。



1. 一种永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测方法，包括步骤：

给电机的三个定子绕组中的其中两相施加 PWM 电压；

在 PWM 波形为低电平期间续流结束后，检测所述电机的导通相和不导通相的电压；

由公式 $e_z = \frac{2U_z - U_x}{3}$ 计算两倍的所述不导通相的电压与所述导通相的电压的差值来判断所述反电动势是否过零，其中 e_z 为不导通相的反电动势， U_z 为不导通相的电压， U_x 为导通相的电压。

2. 一种永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测装置，包括：

PWM 电压施加单元，与电机相连接，用于给所述电机的三个定子绕组中的其中两相施加 PWM 电压；

相电压检测单元，与所述 PWM 电压施加单元和所述电机相连接，用于在 PWM 波形为低电平期间续流结束后，检测所述电机的导通相和不导通相的电压；

判断单元，与所述相电压检测单元相连接，用于由公式 $e_z = \frac{2U_z - U_x}{3}$ 计算两倍的所述不导通相的电压与所述导通相的电压的差值来判断所述反电动势是否过零，其中 e_z 为不导通相的反电动势， U_z 为不导通相的电压， U_x 为导通相的电压。

永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及永磁直流无刷无霍尔电机技术领域，具体来说，本发明涉及一种永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测方法及其过零检测装置。

背景技术

[0002] 对于永磁直流无刷无霍尔电机，在运行过程中，为了准确换相，应该首先确定其转子的位置。而为了确定转子的位置，可以采用反电动势过零检测法。现有的一些反电动势的过零检测方法包括：

[0003] (1) 测量电机的不导通相的端电压来确定反电动势的过零点的检测方法。但是其需要获得电机绕组的中位点电压，信噪比低，需要进行滤波从而造成相移，控制性能差。

[0004] (2) 虚拟中位点电压的反电动势的过零检测方法。但是该虚拟的中位点电压会随着脉冲宽度调制 (PWM) 的频率变化，会带来极大的共模电平和高频噪声，需要进行滤波，控制精度差。

[0005] (3) 直接反电动势的过零检测方法。该方法为在二极管续流期间，检测不导通相的电压，运用比较器获得过零点。但是该方法不适合电枢电感较小的电机，续流时间太短，需外接比较器，成本太高。

[0006] 因此，需要一种控制性能好、精度高、适用范围广、实现简单且成本低廉的反电动势的过零检测方法。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是提供一种控制性能好、精度高、适用范围广、实现简单且成本低廉的永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测方法及其过零检测装置，用于方便地确定在运行过程中的电机的转子位置，实现无霍尔传感器的无刷直流电机的控制。

[0008] 为解决上述技术问题，本发明提供一种永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测方法，包括步骤：

[0009] 给电机的三个定子绕组中的其中两相施加 PWM 电压；

[0010] 在 PWM 波形为低电平期间续流结束后，检测所述电机的导通相和不导通相的电压；

[0011] 由公式 $e_z = \frac{2U_z - U_x}{3}$ 计算两倍的所述不导通相的电压与所述导通相的电压的差值来判断所述反电动势是否过零，其中 e_z 为不导通相的反电动势， U_z 为不导通相的电压， U_x 为导通相的电压。

[0012] 本发明还提供一种永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测装置，包括：

[0013] PWM 电压施加单元，与电机相连接，用于给所述电机的三个定子绕组中的其中

两相施加 PWM 电压；

[0014] 相电压检测单元，与所述 PWM 电压施加单元和所述电机相连接，用于在 PWM 波形为低电平期间续流结束后，检测所述电机的导通相和不导通相的电压；

[0015] 判断单元，与所述相电压检测单元相连接，用于由公式 $e_z = \frac{2U_z - U_x}{3}$ 计算两倍的所述不导通相的电压与所述导通相的电压的差值来判断所述反电动势是否过零，其中 e_z 为不导通相的反电动势， U_z 为不导通相的电压， U_x 为导通相的电压。

[0016] 与现有技术相比，本发明具有以下优点：

[0017] 本发明在施加给电机定子绕组的电压的 PWM 波形为低电平期间且续流结束后，检测所述电机的导通相和不导通相的电压，据此来判断所述电机反电动势的过零点。由于不在所述 PWM 波形为高电平期间进行检测，因此在检测过程中无需滤波而无高频噪声，整个检测过程控制性能好、精度高、适用范围广、实现简单且成本低廉，可以方便地确定在运行过程中的所述电机转子位置，实现无霍尔传感器的无刷直流电机的控制。

附图说明

[0018] 本发明的上述的以及其他的特征、性质和优势将通过下面结合附图和实施例的描述而变得更加明显，其中：

[0019] 图 1 为本发明一个实施例的永磁直流无刷无霍尔电机及其主要驱动电路的等效示意图；

[0020] 图 2 为本发明一个实施例的永磁直流无刷无霍尔电机的 PWM 波形的示意图；

[0021] 图 3 为本发明一个实施例的永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测方法的流程图；

[0022] 图 4 为本发明一个实施例的永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测装置的示意图。

具体实施方式

[0023] 下面结合具体实施例和附图对本发明作进一步说明，但不应以此限制本发明的保护范围。

[0024] 在开始描述本发明的具体实施例之前，先来看一下本发明中的判断永磁直流无刷无霍尔电机的反电动势是否过零的公式的详细推导过程：

[0025] 假设本发明实施例的永磁直流无刷无霍尔电机三相对称，则在理想状态下，该电机及其主要驱动电路的等效示意图可以如图 1 所示。如图所示，该电机 M 可以等效为由三个定子绕组 A、B、C 三相组成的结构，其中 A 相可以包括串联连接的电阻 R_A 、电感 L_A 和对母线地的反电动势 e_A ，类似地 B 相可以包括串联连接的电阻 R_B 、电感 L_B 和对母线地的反电动势 e_B ，C 相可以包括串联连接的电阻 R_C 、电感 L_C 和对母线地的反电动势 e_C ， U_N 为定子绕组中位点的电压。另外， T_1 和 T_2 、 T_3 和 T_4 、 T_5 和 T_6 分别为 A 相定子绕组的上桥臂的开关管和下桥臂的开关管、B 相定子绕组的上桥臂的开关管和下桥臂的开关管、C 相定子绕组的上桥臂的开关管和下桥臂的开关管，它们都是由 PWM 信号控制其开关的通断的。类似地， D_1 和 D_2 、 D_3 和 D_4 、 D_5 和 D_6 分别为与各相定子绕组的上、

下桥臂的开关管 T_1 和 T_2 、 T_3 和 T_4 、 T_5 和 T_6 并联连接的续流二极管。最后， U_d 为施加在各定子绕组上、下桥臂之间的母线电压。

[0026] 则该电机的 A、B、C 三相电压方程式可以写为：

$$[0027] \quad U_A = R_A \times i_A + L_A \frac{di_A}{dt} + e_A + U_N \quad (1)$$

$$[0028] \quad U_B = R_B \times i_B + L_B \frac{di_B}{dt} + e_B + U_N \quad (2)$$

$$[0029] \quad U_C = R_C \times i_C + L_C \frac{di_C}{dt} + e_C + U_N \quad (3)$$

[0030] 其中， U_A 、 U_B 、 U_C 分别为 A、B、C 三相对母线地的端电压， i_A 、 i_B 、 i_C 分别为 A、B、C 三相的电流。由于该电机 M 为三相对称星型接法，则

$$[0031] \quad e_A + e_B + e_C = 0 \quad (4)$$

[0032] 假设该电机 M 的 A 相上桥臂用 PWM 调制（此时 A 相称为导通相）、B 相下桥臂恒通（此时 B 相称为恒通相）且 C 相为不导通相，则在 A 相上桥臂的开关管 T_1 上的 PWM 波形为低电平期间，该电机 M 通过 A 相下桥臂的二极管 D_2 续流。图 2 为本发明一个实施例的永磁直流无刷无霍尔电机的 PWM 波形的示意图，图中 t_{fw_on} 为 PWM 波形为低电平期间电机 M 续流的时间， t_{fw_off} 为 PWM 波形为低电平期间电机 M 续流结束后的时间。当电机 M 续流结束后， U_B 、 i_A 、 i_B 、 i_C 为零，由公式 (1)、(2)、(3)、(4) 可以得到：

$$[0033] \quad U_N = \frac{U_A + U_C}{3} \quad (5)$$

[0034] 把公式 (5) 代入公式 (3) 中，可以得到当 A、B 相通电时，C 相对母线地的反电动势 e_C 为：

$$[0035] \quad e_C = \frac{2U_C - U_A}{3} \quad (6)$$

[0036] 根据本领域中判定电机反电动势过零点的一般定义，只需观察 e_C 的值是否由正变负或者由负变正，即只需比较 $2U_C$ 与 U_A 之间的大小就可以检测电机反电动势的过零点。

[0037] 同理，可以归纳得到永磁直流无刷无霍尔电机任意两相通电时的反电动势的过零点检测方法：

[0038] 假设在某一 PWM 周期内，X 为 PWM 导通相，Y 为恒通相，Z 为不导通相，则不导通相对母线地的反电动势 e_Z 为：

$$[0039] \quad e_Z = \frac{2U_Z - U_X}{3} \quad (7)$$

[0040] 则通过观察 e_Z 的值就可以检测电机反电动势的过零点。

[0041] 基于上述的理论，本发明在 PWM 波形为低电平期间续流结束后，检测 PWM 信号的导通相和不导通相的电压，根据公式 (7) 计算是否由正变负或者由负变正，就可以得到电机反电动势是否过零的信号。这种方法适用于所有三相永磁直流无刷无霍尔电机的 PWM 半桥调制方法。

[0042] 具体来说，图 3 为本发明一个实施例的永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过

零检测方法的流程图。如图所示，该方法可以包括：

[0043] 执行步骤 S101，给电机的三个定子绕组中的其中两相施加 PWM 电压；

[0044] 执行步骤 S102，在 PWM 波形为低电平期间续流结束后，检测电机的导通相和不导通相的电压；

[0045] 执行步骤 S103，由公式 $e_z = \frac{2U_z - U_x}{3}$ 计算两倍的不导通相的电压与导通相的电压的差值来判断反电动势是否过零，其中 e_z 为不导通相的反电动势， U_z 为不导通相的电压， U_x 为导通相的电压。

[0046] 在本实施例中，检测电机的导通相和不导通相的电压可以采用本领域中公知的技术手段来完成。

[0047] 图 4 为本发明一个实施例的永磁直流无刷无霍尔电机反电动势的过零检测装置的示意图。如图所示，该过零检测装置 400 可以包括：

[0048] PWM 电压施加单元 401，与电机 M 相连接，用于给电机的三个定子绕组中的其中两相施加 PWM 电压；

[0049] 相电压检测单元 402，与 PWM 电压施加单元 401 和电机 M 相连接，用于在 PWM 波形为低电平期间续流结束后，检测电机 M 的导通相和不导通相的电压；

[0050] 判断单元 403，与相电压检测单元 402 相连接，用于由公式 $e_z = \frac{2U_z - U_x}{3}$ 计算两倍的不导通相的电压与导通相的电压的差值来判断反电动势是否过零，其中 e_z 为不导通相的反电动势， U_z 为不导通相的电压， U_x 为导通相的电压。

[0051] 在本实施例中，一控制单元 404 可以与判断单元 403 和电机 M 相连接，用于当判断单元 403 确定了电机 M 的反电动势的过零点之后，根据该过零点的检测结果相应地确定电机转子的位置，来实现电机 M 的连续运转。

[0052] 本发明在施加给电机定子绕组的电压的 PWM 波形为低电平期间且续流结束后，检测电机的导通相和不导通相的电压，据此来判断电机反电动势的过零点。由于不在 PWM 波形为高电平期间进行检测，因此在检测过程中无需滤波而无高频噪声，整个检测过程控制性能好、精度高、适用范围广、实现简单且成本低廉，可以方便地确定在运行过程中的电机转子位置，实现无霍尔传感器的无刷直流电机的控制。

[0053] 本发明虽然以较佳实施例公开如上，但其并不是用来限定本发明，任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内，都可以做出可能的变动和修改，因此本发明的保护范围应当以本发明权利要求所界定的范围为准。

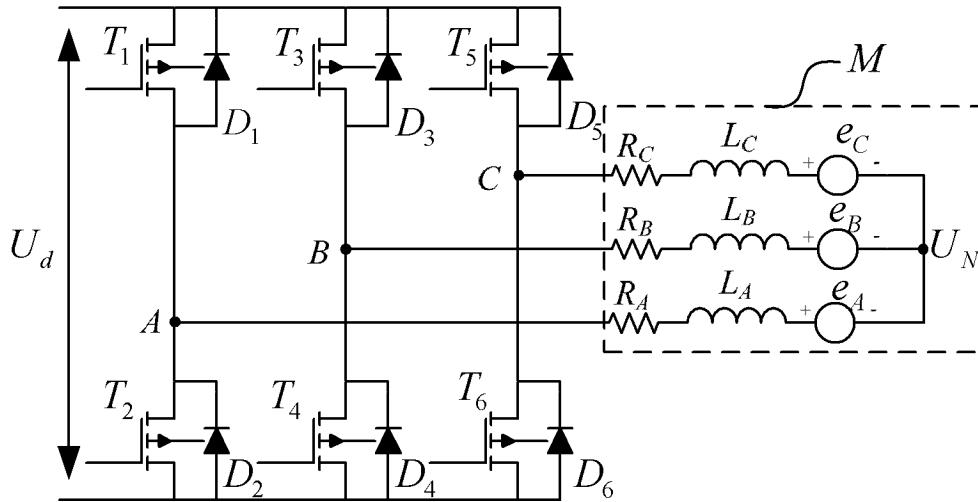


图 1

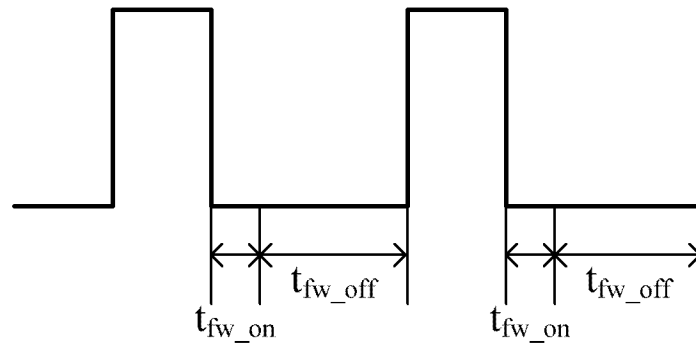


图 2

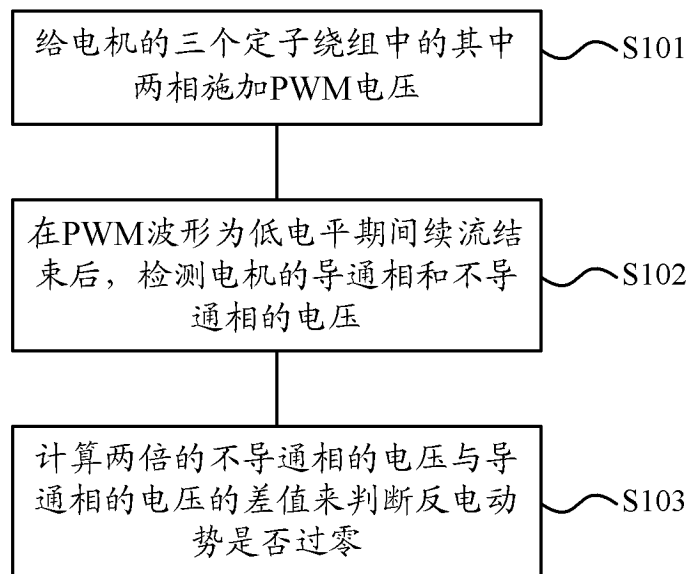


图 3

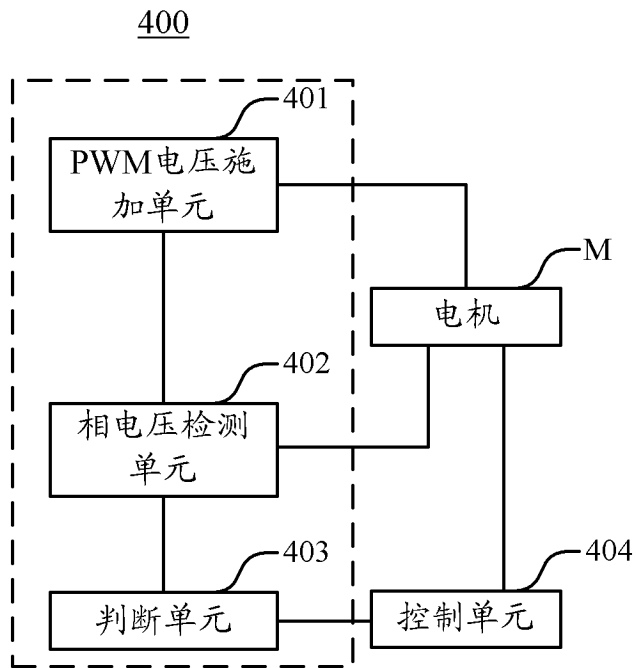


图 4