

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 7 月 4 日 (04.07.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/129273 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02P 25/08 (2016.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/125523
- (22) 国际申请日: 2018 年 12 月 29 日 (29.12.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201711476370.2 2017 年 12 月 29 日 (29.12.2017) CN
- (71) 申请人: 无锡华润上华科技有限公司 (CSMC TECHNOLOGIES FAB2 CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省无锡市新区新洲路 8 号, Jiangsu 214028 (CN)。 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。
- (72) 发明人: 钟锐 (ZHONG, Rui); 中国江苏省无锡市新区新洲路 8 号, Jiangsu 214028 (CN)。 张铭书 (ZHANG, Mingshu); 中国江苏省无锡市新区新洲路 8 号, Jiangsu 214028 (CN)。 张森 (ZHANG, Sen); 中国江苏省无锡市新区新洲路 8 号, Jiangsu

214028 (CN)。 肖金玉 (XIAO, Jinyu); 中国江苏省无锡市新区新洲路 8 号, Jiangsu 214028 (CN)。 苏巍 (SU, Wei); 中国江苏省无锡市新区新洲路 8 号, Jiangsu 214028 (CN)。 孙伟锋 (SUN, Weifeng); 中国江苏省无锡市新区新洲路 8 号, Jiangsu 214028 (CN)。 时龙兴 (SHI, Longxing); 中国江苏省无锡市新区新洲路 8 号, Jiangsu 214028 (CN)。

(74) 代理人: 广州华进联合专利商标代理有限公司 (ADVANCE CHINA IP LAW OFFICE); 中国广东省广州市天河区珠江东路 6 号 4501 房 (部位: 自编 01-03 和 08-12 单元) (仅限办公用途), Guangdong 510623 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** METHOD FOR REDUCING NOISE OF SWITCHED RELUCTANCE MOTOR BY ADJUSTING PWM CARRIER FREQUENCY

(54) 发明名称: 一种基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法

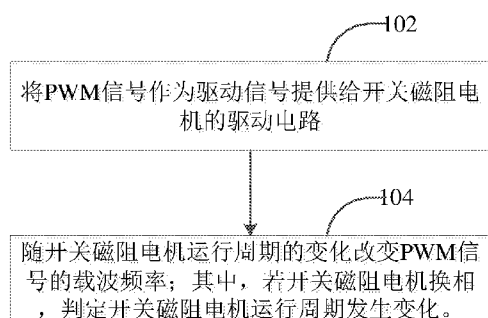


图 1

102 Supply a PWM signal serving as a drive signal to a drive circuit of a switched reluctance motor

104 Change a carrier frequency of the PWM signal corresponding to a change in an operating cycle of the switched reluctance motor, wherein if commutation of the switched reluctance motor occurs, the switched reluctance motor is determined to have undergone a change in the operating cycle

(57) **Abstract:** A method and device for reducing noise of a switched reluctance motor. The method comprises: supplying a PWM signal serving as a drive signal to a drive circuit of a switched reluctance motor; and changing a carrier frequency of the PWM signal corresponding to a change in an operating cycle of the switched reluctance motor, wherein if commutation of the switched reluctance motor occurs, the switched reluctance motor is determined to have undergone a change in the operating cycle.

(57) **摘要:** 一种降低开关磁阻电机噪声的方法和装置, 包括: 将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路; 以及随开关磁阻电机运行周期的变化改变 PWM 信号的载波频率; 其中, 若开关磁阻电机换相, 判定开关磁阻电机运行周期发生变化。



WO 2019/129273 A1

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法

技术领域

本发明涉及电机技术领域，特别是涉及一种降低开关磁阻电机 (Switched
5 Reluctance Motor, 简称 SRM) 噪声的方法和装置、一种开关磁阻电机的控制系统、一个或多个存储有计算机可读指令的非易失性可读存储介质以及一种基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法。

背景技术

开关磁阻电机在电机驱动系统中占有越来越重要的地位，但由于开关磁
10 阻电机其双凸极结构和不连续的线圈激励方式，在开关磁阻电机运行过程中产生的噪声相对于传统电机较大；这是因为定子绕组在换相时激励产生的电磁力会发生剧烈变化，导致径向电磁力也会发生剧烈变化，这就会使定子发生形变并产生振动；特别是当径向电磁力频率中含有和定子固有频率重合时，定子振动更加严重，会造成更严重的噪声，更加会限制开关磁阻电机在低噪
15 声领域的应用。

发明内容

基于此，有必要提出一种降低开关磁阻电机噪声的方法和装置、一种开
20 关磁阻电机的控制系统、以及一个或多个存储有计算机可读指令的非易失性可读存储介质。

一种降低开关磁阻电机噪声的方法，包括：

将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路；以及

随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变所述 PWM 信号的载波频率；

25 其中，若所述开关磁阻电机换相，判定所述开关磁阻电机运行周期发生变化。

还提出一种基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法，将通过调速把得到的调速信号、通过档位开关得到的档位信号、通过采样电阻

检测到的开关磁阻电机的相电流信号和通过霍尔传感器检测到的开关磁阻电机的转子位置信号传递给外部信号处理电路，外部信号处理电路将处理过的信号传递给微处理器，微处理器将计算出的载波频率和占空比的 PWM 信号作为驱动信号输出给不对称半桥电路结构的功率变换器中的开关管，通过功率变换器中的开关管控制开关磁阻电机的调速运行；

开关磁阻电机每运行一个周期时，在保证 PWM 波占空比不变的情况下，线性改变微处理器输出的 PWM 载波的频率，使得功率管的开关变化频率不固定，通过不断改变微处理器输出的 PWM 的载波频率，干扰激励周期性，进而破坏电磁力的周期性，以避免电磁力的频谱分量与定子的固有频率重合时引起的共振噪声。

还提出一个或多个存储有计算机可读指令的非易失性可读存储介质，所述计算机可读指令被一个或多个处理器执行时，使得所述一个或多个处理器执行上述降低开关磁阻电机噪声的方法和上述基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法的步骤。

还提出一种开关磁阻电机的控制系统，包括：

驱动电路，用于驱动开关磁阻电机；

微处理器，与所述驱动电路连接，用于将 PWM 信号作为驱动信号提供给所述驱动电路，并随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变所述 PWM 信号的载波频率；若所述开关磁阻电机换相，判定所述开关磁阻电机运行周期发生变化。

还提出一种降低开关磁阻电机噪声的装置，包括：

PWM 信号提供模块，用于将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路；以及

载波频率改变模块，用于随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变所述 PWM 信号的载波频率；其中，若所述开关磁阻电机换相，判定所述开关磁阻电机运行周期发生变化。

本发明的一个或多个实施例的细节在下面的附图和描述中提出。本发明的其它特征、目的和优点将从说明书、附图以及权利要求书变得明显。

附图说明

5 通过附图中所示的本发明的优选实施例的更具体说明，本发明的上述及其它目的、特征和优势将变得更加清晰。在全部附图中相同的附图标记指示相同的部分，且并未刻意按实际尺寸等比例缩放绘制附图，重点在于示出本发明的主旨。

图 1 为一个实施例中的降低开关磁阻电机噪声的方法的流程示意图；

10 图 2 为一个实施例中的不对称半桥电路的结构示意图；

图 3 是一个具体实施例中的不对称半桥电路的结构示意图；

图 4 为一个实施例中的四相 8/6 极开关磁阻电机的结构示意图；

图 5 为一个实施例中的没有调制过的 PWM 信号的波形图和利用本实施例的方法调制过的 PWM 信号的波形图；

15 图 6 为一个实施例中的利用没有调制过的 PWM 信号和使用利用本实施例的方法调制过的 PWM 信号的径向电磁力的频谱对比图。

图 7 为一个具体实施例中的基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声方法的运行流程示意图；图 8 为一个实施例中的开关磁阻电机的控制系统的结构示意图；

20 图 9 为另一个实施例中的开关磁阻电机的控制系统的结构示意图；

图 10 为一个具体实施例中对应的开关磁阻电机控制系统的结构示意图；

图 11 为一个实施例中的降低开关磁阻电机噪声的装置的结构示意图。

25 具体实施方法

为了便于理解本发明，下面将参照相关附图对本发明进行更全面的描述。附图中给出了本发明的首选实施例。但是，本发明可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使对本发明的公开内容更加透彻全面。

除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本发明。本申请提出一种降低开关磁阻电机噪声的方法。图 1 为一个实施例中的降低开关磁阻电机噪声的方法的流程示意图，请参阅图 1，该降低开关磁阻电机噪声的方法包括步骤 102 至步骤 104:

步骤 102，将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路。

在其中一个实施例中，开关磁阻电机的驱动电路包括两个以上不对称半桥电路；开关磁阻电机的每一相绕组均由相应的不对称半桥电路供电；请参阅图 2，各个不对称半桥电路均包括第一功率管 210、第二功率管 220、第一续流二极管 230 以及第二续流二极管 240；第一功率管 210 的电源端、第二续流二极管 240 的阴极均与电源正极连接，第二功率管 220 的输出端、第一续流二极管 230 的阳极均与电源负极连接，第一功率管 210 的输出端与第一续流二极管 230 的阴极连接，第二续流二极管 240 的阳极与第二功率管的电源端连接。那么后续将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路的步骤包括：向各个第一功率管 210 的控制端提供 PWM 信号。

具体地，开关磁阻电机为三相开关磁阻电机，三相开关磁阻电机的定子绕组分别为 A 相绕组、B 相绕组、C 相绕组。请参阅图 3，给 A 相绕组通电的不对称半桥电路包括功率管 S1、功率管 S2、续流二极管 D1 以及续流二极管 D2；给 B 相绕组通电的不对称半桥电路包括功率管 S3、功率管 S4、续流二极管 D3 以及续流二极管 D4；给 C 相绕组通电的不对称半桥电路包括功率管 S5、功率管 S6、续流二极管 D5 以及续流二极管 D6；图 3 中电感 L1、电感 L2 以及电感 L3 为三相开关磁阻电机的简化模型；功率管 S1 的电源端、功率管 S3 的电源端、功率管 S5 的电源端、续流二极管 D2 的阴极、续流二极管 D4 的阴极、以及续流二极管 D6 的阴极均接入电源正极，并均连接直流母线电容 C 的一端；续流二极管 D1 的阳极、续流二极管 D3 的阳极、续流二极管 D5 的阳极、功率管 S2 的输出端、功率管 S4 的输出端以及功率管 S6 的输出端均连接电源负极，并均连接直流母线电容 C 的另一端；功率管 S1 的输出端与续流二极管 D1 的阴极连接，功率管 S3 的输出端与续流二极管 D3

的阴极连接，功率管 S5 的输出端与续流二极管 D5 的阴极连接，功率管 S2 的电源端与续流二极管 D2 的阳极连接。给功率管 S2、功率管 S4、功率管 S6 提供不含 PWM 信号的开关控制信号，给功率管 S1、功率管 S3、功率管 S5 PWM 信号，并随时间改变 PWM 信号的载波频率。

- 5 步骤 104，随开关磁阻电机运行周期的变化改变 PWM 信号的载波频率；其中，若开关磁阻电机换相，判定开关磁阻电机运行周期发生变化。

在其中一个实施例中，随开关磁阻电机运行周期的变化改变 PWM 信号的载波频率的步骤包括：随开关磁阻电机运行周期的变化线性改变 PWM 信号的载波频率。

- 10 具体地，将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路的步骤包括：将为初始载波频率的 PWM 信号提供给开关磁阻电机的驱动电路；随开关磁阻电机运行周期的变化线性改变 PWM 信号的载波频率的步骤包括：若检测到 PWM 信号的载波频率偏移初始载波频率的偏移量达到预设的最大偏移量，则以相反的线性改变方式，改变后续运行周期的 PWM 信号的载波
15 频率。

例如，PWM 信号的载波频率与初始载波频率满足以下关系：

$$f_{\text{PWM}} = f_0 \pm m * \Delta f;$$

- 其中 f_{PWM} 为 PWM 信号在开关磁阻电机运行过程中的载波频率， m 为载波频率的变化系数，取值范围为 $0, \pm 1, \pm 2 \dots \pm n$ ，随着开关磁阻电机转子的
20 旋转， m 的值随着周期数的增加线性变化；预设的最大偏移量为 $n * \Delta f$ ，当 m 取值线性增加，直到 m 为最大值 n 时， m 取值开始线性减小，直到 m 为最小值 $-n$ 时， m 取值开始线性增加。

- 本实施例 PWM 信号的载波频率随运行周期变化而变化，随着电机运行周期数的增加，PWM 信号的载波频率增加或者减小一个定值。当到达一个最
25 大值时，使 PWM 信号的载波频率随电机运行周期的增加而减小，当减小到最小值时，再继续增加，如此往复变化，最后到达的效果是 PWM 信号的载波频率始终在一个基础频率上下线性变化。

具体地，随开关磁阻电机运行周期的变化改变 PWM 信号的载波频率的

步骤包括：保持 PWM 信号的占空比不变，随开关磁阻电机运行周期的变化改变 PWM 信号的载波频率。本实施例改变 PWM 信号的载波频率的时候，PWM 信号的占空比不受运行周期数的影响，即 PWM 载波频率和占空比的控制相互独立。在改变 PWM 信号的载波频率的时候，不影响开关磁阻电机的

5 转速、转矩、效率等性能。

在其中一个实施例中，随时间改变驱动信号的 PWM 载波的频率的步骤包括：在检测到开关磁阻电机完成一个运行周期后，判定开关磁阻电机进入下一运行周期，并改变下一运行周期的 PWM 信号的载波频率。

其他实施例中，若开关磁阻电机还没有进入到新的运行周期中，PWM 信号的

10 载波频率保持不变。

在其中一个实施例中，判定开关磁阻电机换相的步骤包括：若开关磁阻电机定子的一凸极的轴线从与转子的一凸极的轴线重合，变为这一凸极的轴线与转子的下一凸极的轴线重合，判定开关磁阻电机换相。

例如，如图 4 所示的四相 8/6 极开关磁阻电机，以 C 相为例，定子的凸

15 极与转子的凸极轴线重合，转子再转过 60 度，就会变为转子的下一对凸极跟定子的这个凸极轴线重合，则表明开关磁阻电机的运行周期发生了变化。

进一步地，在一个具体实施例中，本申请实施例中的降低开关磁阻电机噪声的方法，还包括根据开关磁阻电机转子的凸极个数计算开关磁阻电机完成一个运行周期，开关磁阻电机转子对应需转过的参考角度的步骤。具体地，

20 开关磁阻电机为三相 12/8 极开关磁阻电机，即转子的凸极有 8 个，那么开关磁阻电机完成一个运行周期，开关磁阻电机转子对应需转过的参考角度为 45° 。那么，若开关磁阻电机定子的一凸极的轴线从与转子的一凸极的轴线重合，变为这一凸极的轴线与转子的下一凸极的轴线重合，判定开关磁阻电机运行周期发生变化的步骤包括：若检测到开关磁阻电机定子的一凸极的轴

25 线与转子的一凸极的轴线重合，然后随着开关磁阻电机继续运行检测到开关磁阻电机的转子转过的角度达到参考角度，则判定开关磁阻电机进入新的运行周期。在判定开关磁阻电机进入新的运行周期后，改变 PWM 信号的载波频率。

例如，图 5 (a) 所示的是没有调制过的 PWM 信号的波形和利用本实施

例的方法调制过的图 5(b)所示 PWM 信号的波形,因为控制对象为三相 12/8 开关磁阻电机,所以经过计算可知,开关磁阻电机完成一个运行周期,开关磁阻电机转子对应需转过 45° ,该角度为机械角度。从图 5 中可以看出没有调制过的 PWM 信号的载波频率保持不变,调制过的波形的载波频率转子每 5 转过 45° 变化一次。

图 6 所示的是利用没有调制过的 PWM 信号和使用利用本实施例的方法调制过的 PWM 信号的径向电磁力的频谱对比图。利用没有调制过的 PWM 信号, PWM 载波频率保持不变,在电机以稳速正常运行时,三相交替激励,各自产生的径向电磁力的频谱分量固定。其中如果含有和定子固有频率重合的分量,则会引起共振,产生噪声。而利用本实施例的方法调制过的 PWM 10 信号,其载波频率不固定,即令开关频率不固定,使电磁力的频谱分量不断变化,总体上看会使径向电磁力的频域范围更广,径向电磁力频域极值处的幅值随之降低,以此减小共振幅度,降低开关磁阻电机噪声。

其中一个实施例中,本申请实施例中的降低开关磁阻电机噪声的方法还包括:获取开关磁阻电机调速把的调速信号、开关磁阻电机档位开关的档位信号、开关磁阻电机的相电流信号以及开关磁阻电机的转子位置信号;以及根据调速信号、档位信号确定 PWM 信号的占空比,并根据开关磁阻电机的相电流信号补偿 PWM 信号;根据开关磁阻电机的转子位置信号计算 PWM 20 信号的载波频率的步骤,然后按照计算的载波频率改变 PWM 信号的载波频率。

本实施例,利用反馈的开关磁阻电机的相电流信号补偿 PWM 信号,有利于使驱动电路输出的相电流信号达到预期值。

本申请实施例的降低开关磁阻电机的噪声的方法,在开关磁阻电机换相 25 时,判定开关磁阻电机进入新的运行周期,然后改变 PWM 的载波频率,破坏换相时激励产生的电磁力的周期性,能够降低开关磁阻电机的整体噪声,且 PWM 的载波频率改变也减小径向电磁力的频率和定子固有频率重合的几率,从而减小共振噪声产生的几率。

在本申请的一个实施例中，还提出一种基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法，将通过调速把得到的调速信号、通过档位开关得到的档位信号、通过采样电阻检测到的开关磁阻电机的相电流信号和通过霍尔传感器检测到的开关磁阻电机的转子位置信号传递给外部信号处理电路，外部信号处理电路将处理过的信号传递给微处理器，微处理器将计算出的载波频率和占空比的 PWM 信号作为驱动信号输出给不对称半桥电路结构的功率变换器中的开关管，通过功率变换器中的开关管控制开关磁阻电机的调速运行；

开关磁阻电机每运行一个周期时，在保证 PWM 波占空比不变的情况下，线性改变微处理器输出的 PWM 载波的频率，使得功率管的开关变化频率不固定，通过不断改变微处理器输出的 PWM 的载波频率，干扰激励周期性，进而破坏电磁力的周期性，以避免电磁力的频谱分量与定子的固有频率重合时引起的共振噪声。

具体地，1) 在开关磁阻电机运行之前，设置好 PWM 载波初始频率 f_0 以及载波频率单位偏移量 Δf 和最大偏移量 $n * \Delta f$ ， Δf 是在电机每运行一个周期时的时候，载波频率的变化量， $n * \Delta f$ 是 PWM 载波频率偏离基础频率 f_0 的最大偏移值；

2) 在开关磁阻电机运行时，微处理器根据霍尔位置信号传感器获得的位置信号计算出电机转子位置 θ_r ，当电机旋转到转子凸极和定子凸极重合，即转子位置为 $\theta_r = \theta_0$ 时，改变 PWM 载波频率，转子位置 θ_r 随电机运行进行周期性变化，计算公式如下：

$$f_{\text{PWM}} = f_0 \pm m * \Delta f;$$

其中 f_{PWM} 为 PWM 实际运行中的载波频率， m 为载波频率的变化系数，取值范围为 $0, \pm 1, \pm 2 \dots \pm n$ ，随着电机旋转， m 的值随着周期数的增加线性变化，当 m 取到最大值 n 或者最小值 $-n$ 时，再反向线性变化；

3) 根据实际控制的开关磁阻电机的一个周期对应的机械角度大小和转子转过的机械角度进行比较，判断电机是否进入新的周期，如果进入新的周期，就更新 PWM 载波的频率，具体变化方式为：假设先使 PWM 载波频率随着电机周期的增加，在目前的 PWM 载波的频率基础上增加一个频率单位偏移

量 Δf ，当 PWM 载波频率增加到最大值 ($f_0 + n * \Delta f$) 时，PWM 载波的频率再随着电机周期的增加而减小，每次减小的值也为一个频率单位偏移量 Δf ，直至减小到最小值 ($f_0 - n * \Delta f$)，再使 PWM 载波频率随着电机周期增加而增加，如此循环。如果电机没有进入新的周期，则保持 PWM 载波的频率不变；

5 4) 微处理器将计算好载波频率和占空比的 PWM 信号作为驱动信号输出给不对称半桥电路结构的功率变换器，根据控制程序的运行结果输出对应的上下功率管的开关信号，上功率管的开关控制信号是微处理器输出的调制过的 PWM 信号，下功率管的控制信号则是由微处理器直接输出的不含 PWM 的开关控制信号。

10 具体地，微处理器 MCU 采用 STM32F103B 作为主控芯片，电机的相电流采样采用康铜丝作为采样电阻，电机转子位置的检测采用脉冲式霍尔传感器 US4881KUA。

15 上述基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法可以运用到开关磁阻电机的控制器中，破坏由激励产生的电磁力的周期性，避免了电磁力的频率分量和定子固有频率重合时引起的共振噪声，降低了电机的整体噪声。通过微处理器控制 PWM 载波频率随电机运行周期变化，随着电机运行周期数的增加，PWM 载波频率增加或者减小一个定值。例如先让 PWM 载波频率先随电机运行周期的增加而增加，然后到达一个最大值时，使 PWM 载波频率随电机运行周期的增加而减小，当减小到最小值时，再继续增加，如此往复变化，最后到达的效果是 PWM 载波频率始终在一个基础频率上下线性变化。在改变 PWM 载波频率的时候，PWM 的占空比不受电机运行周期数的影响，即 PWM 载波频率和占空比的控制相互独立。在改变 PWM 的载波频率的时候，不影响开关磁阻电机的转速、转矩、效率等性能，并且明显的降低了电机运行过程中的噪声。上述基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻
25 电机噪声的方法，对转速和负载没有太多要求，适用范围广，并且技术方案简单，可以不需要硬件辅助电路，实现简单。

具体地，该基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法的运行流程图如图 7 所示，在开关磁阻电机运行之前，设置好 PWM 载波初始频

率 f_0 (①), 并设置好载波频率单位偏移量 Δf 和最大偏移量 $n*\Delta f$ (②), Δf 是在电机每运行一个周期时的时候, 载波频率的变化量, $n*\Delta f$ 是 PWM 载波频率偏离基础频率 f_0 的最大偏移值。微处理器通过霍尔位置信号传感器传递的霍尔信号判断开关磁阻电机的转子位置信号, 并通过运算后将输入微处理器的霍尔信号转换为电机转子位置信号 (③④), 然后根据实际控制的开关磁阻电机的一个周期对应的机械角度大小和转子转过的机械角度进行比较, 判断电机是否进入新的周期 (⑤), 如果进入新的周期, 就更新 PWM 载波的频率, 具体变化方式为: 假设先使 PWM 载波频率随着电机周期的增加, 在目前的 PWM 载波的频率基础上增加一个频率单位偏移量 Δf , 当 PWM 载波频率增加到最大值 ($f_0+n*\Delta f$) 时, PWM 载波的频率再随着电机周期的增加而减小, 每次减小的值也为一个频率单位偏移量 Δf , 直至减小到最小值 ($f_0-n*\Delta f$), 再使 PWM 载波频率随着电机周期增加而增加, 如此循环。如果电机没有进入新的周期, 则保持 PWM 载波的频率不变 (⑥)。最后微处理器将计算好载波频率和占空比的 PWM 信号作为驱动信号输出 (⑦)。

本申请实施例还提出一种开关磁阻电机的控制系统。请参阅图 8, 该控制系统包括: 驱动电路 810 以及微处理器 820, 驱动电路 810 用于驱动开关磁阻电机; 微处理器 820 与驱动电路 810 连接, 用于将 PWM 信号作为驱动信号提供给驱动电路, 并随开关磁阻电机运行周期的变化改变 PWM 信号的载波频率; 若开关磁阻电机换相, 判定开关磁阻电机运行周期发生变化。

其中一个实施例中, 请参阅图 9, 本申请实施例的开关磁阻电机的控制系统, 还包括: 霍尔传感器 830、采样电阻 840、用于连接开关磁阻电机 880 的调速把 860 以及档位开关 870 的信号处理电路 850, 霍尔传感器 830 用于检测开关磁阻电机的转子位置信号; 霍尔传感器 830 设于开关磁阻电机 830 处; 采样电阻 840 与开关磁阻电机 880 的输入端连接; 信号处理电路 850 还分别与霍尔传感器 830、采样电阻 840 连接; 信号处理电路 850 用于通过采样电阻 830 采样开关磁阻电机 880 的相电流信号, 并根据调速信号、档位信号确定 PWM 信号的占空比, 根据相电流信号补偿 PWM 信号; 根据转子位置信号计算 PWM 信号的载波频率, 按照计算的载波频率改变 PWM 信号的

载波频率。具体地，根据转子位置信号可以判定开关磁阻电机 880 是否完成一个运动周期。

具体地，该驱动电路 810 包括两个以上不对称半桥电路；开关磁阻电机的每一相绕组均由相应的不对称半桥电路供电；请参阅图 2，各个不对称半桥电路均包括第一功率管 210、第二功率管 220、第一续流二极管 230 以及第二续流二极管 240；第一功率管 210 的电源端、第二续流二极管 240 的阴极均与电源正极连接，第二功率管 220 的输出端、第一续流二极管 230 的阳极均与电源负极连接，第一功率管 210 的输出端与第一续流二极管 230 的阴极连接，第二续流二极管 240 的阳极与第二功率管的电源端连接。那么后续将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路的步骤包括：向各个第一功率管 210 的控制端提供 PWM 信号。

具体地，霍尔传感器 830 可为脉冲式霍尔传感器。微处理器 820 可以由 STM32F103B 作为主控芯片。采样电阻 840 可为康铜丝。

图 10 所示的是本申请一个具体实施例中对应的开关磁阻电机控制系统的结构示意图，图 10 中，微处理器 MCU 是由 STM32F103B 作为主控芯片，接受外设信号、电机转子位置信号和采样的相电流信号，通过开关磁阻电机控制程序的控制，输出功率 MOS 管驱动信号。整个控制系统的工作流程如下：调速把和档位开关将调速信号和档位信号传递给外部信号处理电路，然后外部信号处理电路将处理过的信号传递给微处理器，微处理器经过控制和运算输出功率管驱动信号给功率变换器，控制电机的运行，本申请的功率变换器采用的是不对称半桥电路结构。微处理器主要通过 PWM 方式来控制电机调速运行，微处理器在正常工作时产生 PWM 波形，其中 PWM 的载波频率和占空比都是可调的（占空比用于对电机进行调速），微处理器根据控制程序的运行结果输出对应的上下功率管的开关信号，下功率管的开关信号是微控制器直接输出的，而上功率管是微处理器通过输出的控制信号控制 PWM 信号是否作为开关信号输出给上功率管，因此调节 PWM 的占空比和载波频率直接影响上功率管的开通时间和开关频率。电流采样使用控制器板上的康铜丝作为采样电阻，检测开关磁阻电机的相电流信号，位置检测采用脉冲式霍尔传感器 US4881KUA，检测开关磁阻电机的转子位置，采样得到的相电流信号

和获取的位置信号经过微处理器外围电路处理后传递给微处理器。图 10 中的电源模块根据电动车行业的情况通常采用的是 48V~72V 的直流电源。

图 3 所示的是功率变换器所采用的不对称半桥电路的结构示意图，图 3 中的三个电感为三相开关磁阻电机的简化模型，S1、S3 和 S5 为功率转换器上功率管的开关信号，S2、S4 和 S6 为下功率管的开关信号，C 为直流母线电容，D1-D6 为续流二极管，上功率管的开通信号就是调制过的 PWM 信号，下功率管的开关信号不含 PWM 信号。开关磁阻电机工作过程分为励磁、回流和续流三个阶段。以 A 相为例，在励磁阶段，S1 和 S2 均闭合，即上下功率管同时导通，电源给 A 相供能，相电流从电源出发，经过 S1、电机等效电感和 S2，回到电源，形成电流回路，等效电感在这一阶段进行储能。当 S1 闭合 S2 打开时，即上功率管关断，下功率管导通，此时处于续流阶段，A 相存储的能量作为电源，相电流经过 D2 和 S1 回到 A 相，形成回路，相电流损失较小。当 S1 和 S2 都关闭，即上下功率管同时关断，相电流从 A 相出发，经过 D2、电源模块和 D1 回到 A 相，此时电机处于回流状态。给三相功率管特定的激励顺序，可以使电机工作在不同的状态并顺利运行旋转。在不考虑各类损耗的情况下，功率变换器也可等效为受开关控制的电压源。

本申请实施例中的开关磁阻电机的控制系统，微处理器 810 控制在开关磁阻电机换相时，判定开关磁阻电机进入新的运行周期，然后改变 PWM 的载波频率，破坏换相时激励产生的电磁力的周期性，能够降低开关磁阻电机的整体噪声，且 PWM 的载波频率改变也减小径向电磁力的频率和定子固有频率重合的几率，从而减小共振噪声产生的几率。且本申请实施例中的开关磁阻电机的控制系统硬件搭建实现简单。

还提出一种降低开关磁阻电机噪声的装置，请参阅图 11，包括：

PWM 信号提供模块 1110，用于将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路；以及

载波频率改变模块 1120，用于随开关磁阻电机运行周期的变化改变 PWM 信号的载波频率；其中，若开关磁阻电机换相，判定开关磁阻电机运行周期发生变化。

上述降低开关磁阻电机噪声的装置中各个模块的划分仅用于举例说明，在其他实施例中，可将降低开关磁阻电机噪声的装置按照需要划分为不同的模块，以完成上述降低开关磁阻电机噪声的装置的全部或部分功能。

关于降低开关磁阻电机噪声的装置的具体限定可以参见上文中对于降低开关磁阻电机噪声的方法的限定，在此不再赘述。上述降低开关磁阻电机噪声的装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

还提出一个或多个存储有计算机可读指令的非易失性可读存储介质。

一个实施例中，一个或多个存储有计算机可读指令的非易失性可读存储介质，计算机可读指令被一个或多个处理器执行时，使得一个或多个处理器执行如上任一实施例中降低开关磁阻电机噪声的方法的步骤和如上任一实施例中基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法的步骤。

以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。因此，本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

1、一种基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法，将通过调速把得到的调速信号、通过档位开关得到的档位信号、通过采样电阻检测到的开关磁阻电机的相电流信号和通过霍尔传感器检测到的开关磁阻电机的转子位置信号传递给外部信号处理电路，外部信号处理电路将处理过的信号传递给微处理器，微处理器将计算出的载波频率和占空比的 PWM 信号作为驱动信号输出给不对称半桥电路结构的功率变换器中的开关管，通过功率变换器中的开关管控制开关磁阻电机的调速运行；

开关磁阻电机每运行一个周期时，在保证 PWM 波占空比不变的情况下，线性改变微处理器输出的 PWM 载波的频率，使得功率管的开关变化频率不固定，通过不断改变微处理器输出的 PWM 的载波频率，干扰激励周期性，进而破坏电磁力的周期性，以避免电磁力的频谱分量与定子的固有频率重合时引起的共振噪声。

2、根据权利要求 1 所述的基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法，其特征在于，包括以下步骤：

1) 在开关磁阻电机运行之前，设置好 PWM 载波初始频率 f_0 以及载波频率单位偏移量 Δf 和最大偏移量 $n * \Delta f$ ， Δf 是在电机每运行一个周期时的时候，载波频率的变化量， $n * \Delta f$ 是 PWM 载波频率偏离基础频率 f_0 的最大偏移值；

2) 在开关磁阻电机运行时，微处理器根据霍尔位置信号传感器获得的位置信号计算出电机转子位置 θ_r ，当电机旋转到转子凸极和定子凸极重合，即转子位置为 $\theta_r = \theta_0$ 时，改变 PWM 载波频率，转子位置 θ_r 随电机运行进行周期性变化，计算公式如下：

$$f_{\text{PWM}} = f_0 \pm m * \Delta f;$$

其中 f_{PWM} 为 PWM 实际运行中的载波频率， m 为载波频率的变化系数，取值范围为 $0, \pm 1, \pm 2 \dots \pm n$ ，随着电机旋转， m 的值随着周期数的增加线性变化，当 m 取到最大值 n 或者最小值 $-n$ 时，再反向线性变化；

3) 根据实际控制的开关磁阻电机的一个周期对应的机械角度大小和转子转过的机械角度进行比较，判断电机是否进入新的周期，如果进入新的周期，

就更新 PWM 载波的频率，具体变化方式为：假设先使 PWM 载波频率随着电机周期的增加，在目前的 PWM 载波的频率基础上增加一个频率单位偏移量 Δf ，当 PWM 载波频率增加到最大值 ($f_0 + n * \Delta f$) 时，PWM 载波的频率再随着电机周期的增加而减小，每次减小的值也为一个频率单位偏移量 Δf ，直至减小到最小值 ($f_0 - n * \Delta f$)，再使 PWM 载波频率随着电机周期增加而增加，如此循环。如果电机没有进入新的周期，则保持 PWM 载波的频率不变；

4) 微处理器将计算好载波频率和占空比的 PWM 信号作为驱动信号输出给不对称半桥电路结构的功率变换器，根据控制程序的运行结果输出对应的上下功率管的开关信号，上功率管的开关控制信号是微处理器输出的调制过的 PWM 信号，下功率管的控制信号则是由微处理器直接输出的不含 PWM 的开关控制信号。

3、根据权利要求 1 所述的基于调节 PWM 载波频率降低开关磁阻电机噪声的方法，其特征在于：微处理器 MCU 采用 STM32F103B 作为主控芯片，电机的相电流采样采用康铜丝作为采样电阻，电机转子位置的检测采用脉冲式霍尔传感器 US4881KUA。

4、一种降低开关磁阻电机噪声的方法，包括：

将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路；以及

随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变所述 PWM 信号的载波频率；

其中，若所述开关磁阻电机换相，判定所述开关磁阻电机运行周期发生变化。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变 PWM 信号的载波频率的步骤包括：随所述开关磁阻电机运行周期的变化线性改变 PWM 信号的载波频率。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路的步骤包括：

将为初始载波频率的 PWM 信号提供给开关磁阻电机的驱动电路；

所述随所述开关磁阻电机运行周期的变化线性改变 PWM 信号的载波频率的步骤包括：

若检测到 PWM 信号的载波频率偏移所述初始载波频率的偏移量达到预设的最大偏移量，则以相反的线性改变方式，改变后续运行周期的 PWM 信

号的载波频率。

7、根据权利要求6所述的方法，其特征在于，所述随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变PWM信号的载波频率的步骤包括：保持PWM信号的占空比不变，随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变PWM信号的载波频率。

8、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述随时间改变驱动信号的PWM载波的频率的步骤包括：

在检测到所述开关磁阻电机完成一个运行周期后，判定所述开关磁阻电机进入下一运行周期，并改变下一运行周期的PWM信号的载波频率。

9、根据权利要求8所述的方法，其特征在于，还包括：若所述开关磁阻电机还没有进入到新的运行周期中，所述PWM信号的载波频率保持不变。

10、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述判定所述开关磁阻电机换相的步骤包括：若所述开关磁阻电机定子的一凸极的轴线从与转子的一凸极的轴线重合，变为这一凸极的轴线与转子的下一凸极的轴线重合，判定所述开关磁阻电机换相。

11、根据权利要求10所述的方法，其特征在于，还包括根据开关磁阻电机转子的凸极个数计算开关磁阻电机完成一个运行周期，所述开关磁阻电机转子对应需转过的参考角度的步骤；

所述若所述开关磁阻电机定子的一凸极的轴线从与转子的一凸极的轴线重合，变为这一凸极的轴线与转子的下一凸极的轴线重合，判定所述开关磁阻电机运行周期发生变化的步骤包括：

若检测到所述开关磁阻电机定子的一凸极的轴线与转子的一凸极的轴线重合，然后随着所述开关磁阻电机继续运行检测到开关磁阻电机的转子转过的角度达到所述参考角度，则判定所述开关磁阻电机进入新的运行周期。

12、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述开关磁阻电机的驱动电路包括两个以上不对称半桥电路；所述开关磁阻电机的每一相绕组均由相应的不对称半桥电路供电；各个不对称半桥电路均包括第一功率管、第二功率管、第一续流二极管以及第二续流二极管；第一功率管的电源端、第二续流二极管的阴极均与电源正极连接，第二功率管的输出端、第一续流二极

管的阳极均与电源负极连接，第一功率管的输出端与第一续流二极管的阴极连接，第二续流二极管的阳极与第二功率管的电源端连接；

所述将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路的步骤包括：向各个所述第一功率管的控制端提供所述 PWM 信号。

5 13、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，还包括：

获取所述开关磁阻电机调速把的调速信号、所述开关磁阻电机档位开关的档位信号、所述开关磁阻电机的相电流信号以及所述开关磁阻电机的转子位置信号；以及

10 根据所述调速信号、档位信号确定所述 PWM 信号的占空比，并根据所述开关磁阻电机的相电流信号补偿所述 PWM 信号；根据所述开关磁阻电机的转子位置信号计算 PWM 信号的载波频率；

所述改变所述 PWM 信号的载波频率的步骤是按照计算的载波频率改变 PWM 信号的载波频率。

14、一种开关磁阻电机的控制系统，包括：

15 驱动电路，用于驱动开关磁阻电机；以及

微处理器，与所述驱动电路连接，用于将 PWM 信号作为驱动信号提供给所述驱动电路，并随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变所述 PWM 信号的载波频率；若所述开关磁阻电机换相，判定所述开关磁阻电机运行周期发生变化。

20 15、根据权利要求 14 所述的控制系统，其特征在于，还包括：

霍尔传感器，用于检测所述开关磁阻电机的转子位置信号；

采样电阻，与开关磁阻电机的输入端连接；以及

25 用于连接所述开关磁阻电机的调速把以及档位开关的信号处理电路，所述信号处理电路还分别与所述霍尔传感器、采样电阻连接；所述信号处理电路用于通过所述采样电阻采样所述开关磁阻电机的相电流信号，并根据所述调速信号、档位信号确定所述 PWM 信号的占空比，根据所述相电流信号补偿所述 PWM 信号；根据所述转子位置信号计算 PWM 信号的载波频率，按照计算的载波频率改变 PWM 信号的载波频率。

16、根据权利要求 14 所述的控制系统，其特征在于，

所述开关磁阻电机的驱动电路包括两个以上不对称半桥电路；所述开关磁阻电机的每一相绕组均由相应的不对称半桥电路供电；各个不对称半桥电路均包括第一功率管、第二功率管、第一续流二极管以及第二续流二极管；第一功率管的电源端、第二续流二极管的阴极均与电源正极连接，第二功率管的输出端、第一续流二极管的阳极均与电源负极连接，第一功率管的输出端与第一续流二极管的阴极连接，第二续流二极管的阳极与第二功率管的电源端连接；

所述微处理器用于向各个所述第一功率管的控制端提供所述 PWM 信号。

17、根据权利要求 16 所述的控制系统，其特征在于，

所述霍尔传感器为脉冲式霍尔传感器。

18、一个或多个存储有计算机可读指令的非易失性可读存储介质，所述计算机可读指令被一个或多个处理器执行时，使得所述一个或多个处理器执行如权利要求 1-3 和权利要求 4-13 中任一项所述的方法的步骤。

19、一种降低开关磁阻电机噪声的装置，包括：

PWM 信号提供模块，用于将 PWM 信号作为驱动信号提供给开关磁阻电机的驱动电路；以及

载波频率改变模块，用于随所述开关磁阻电机运行周期的变化改变所述 PWM 信号的载波频率；其中，若所述开关磁阻电机换相，判定所述开关磁阻电机运行周期发生变化。

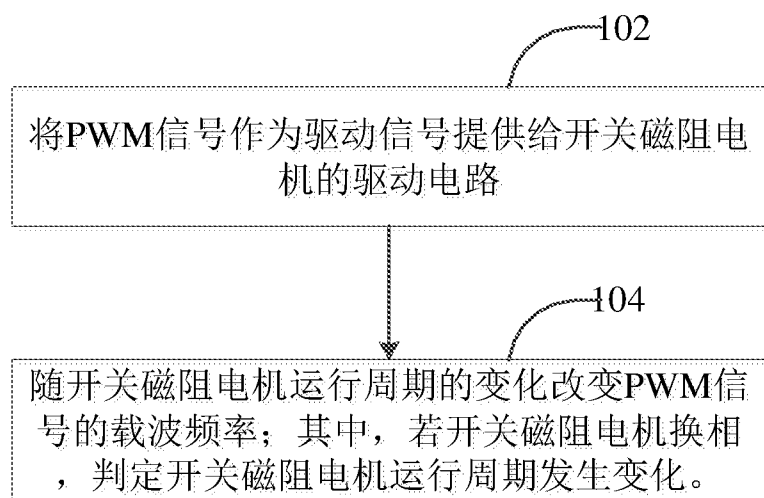


图 1

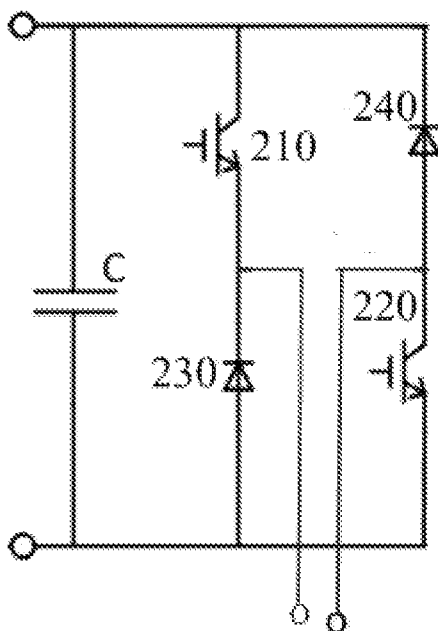


图 2

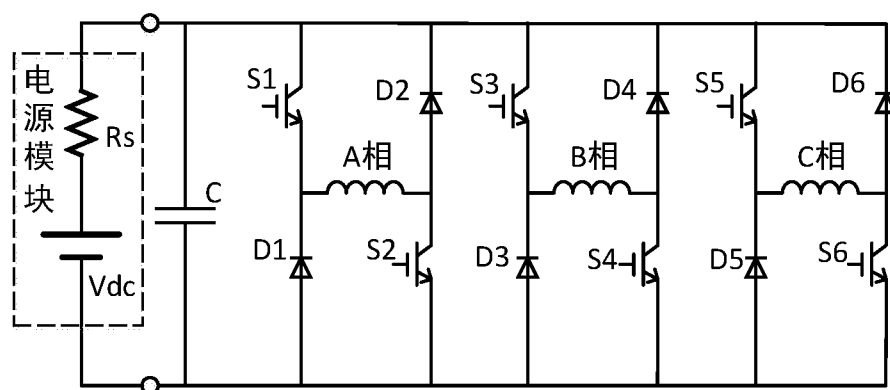


图 3

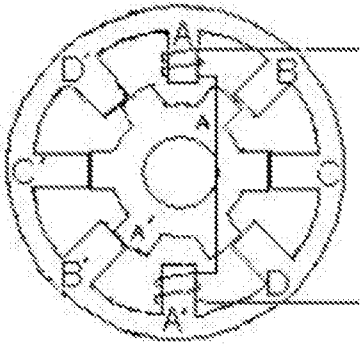


图 4

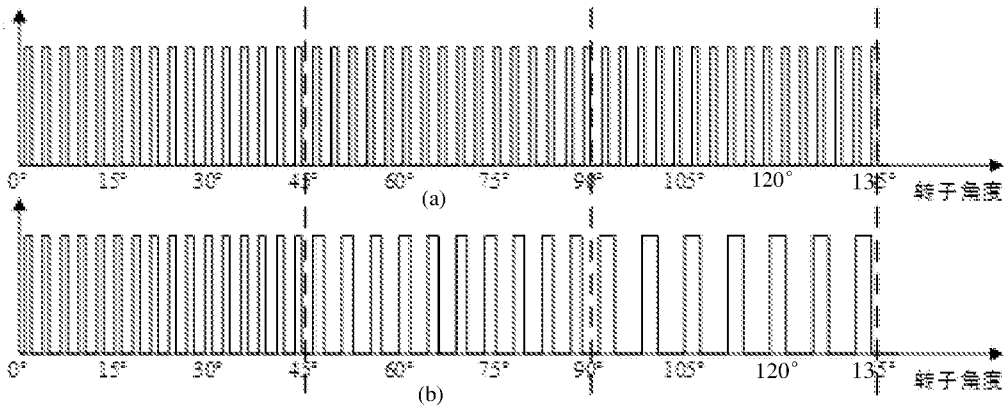


图 5

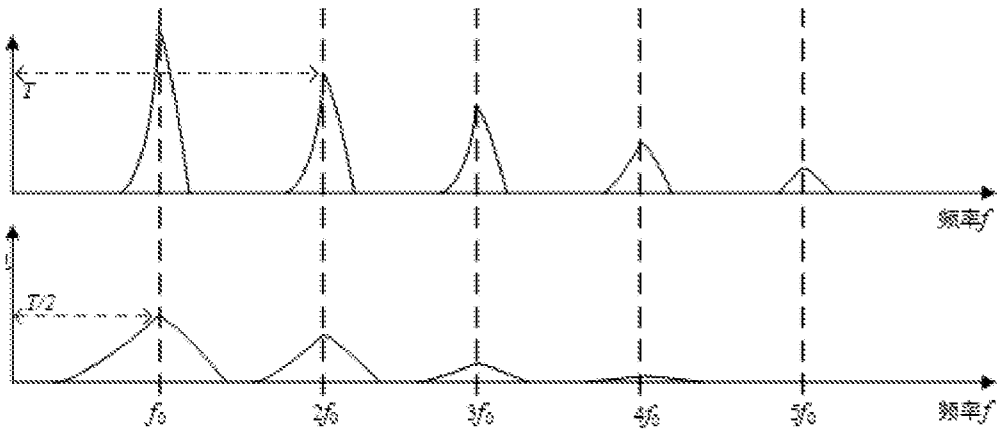


图 6

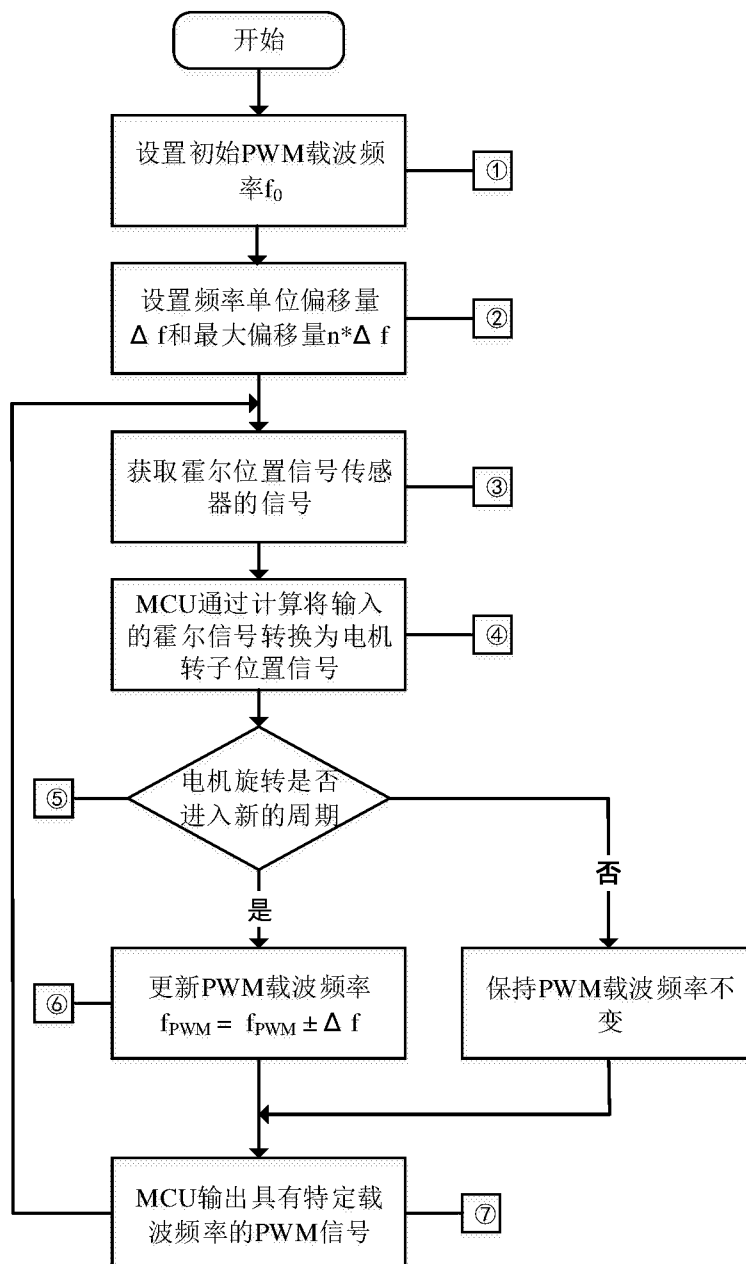


图 7

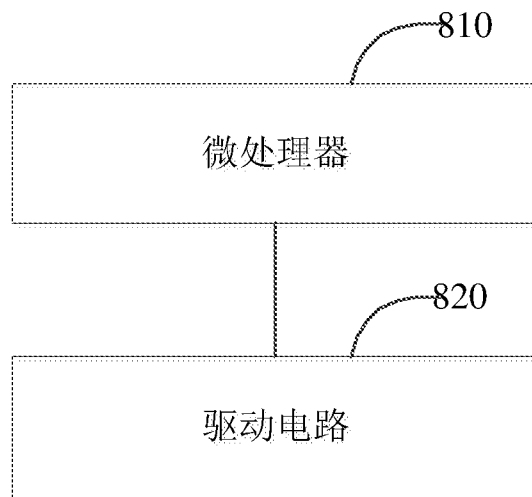


图 8

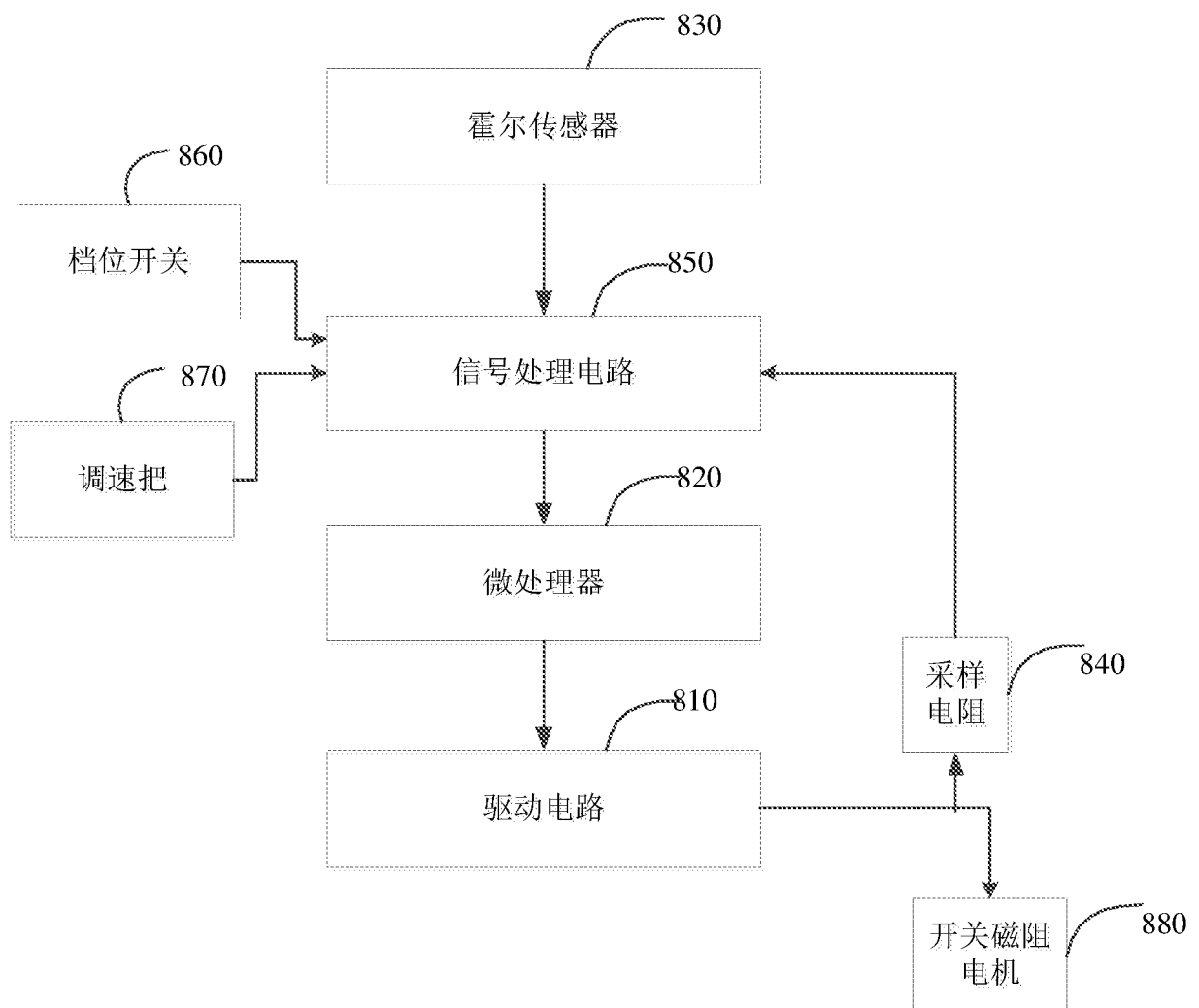


图 9

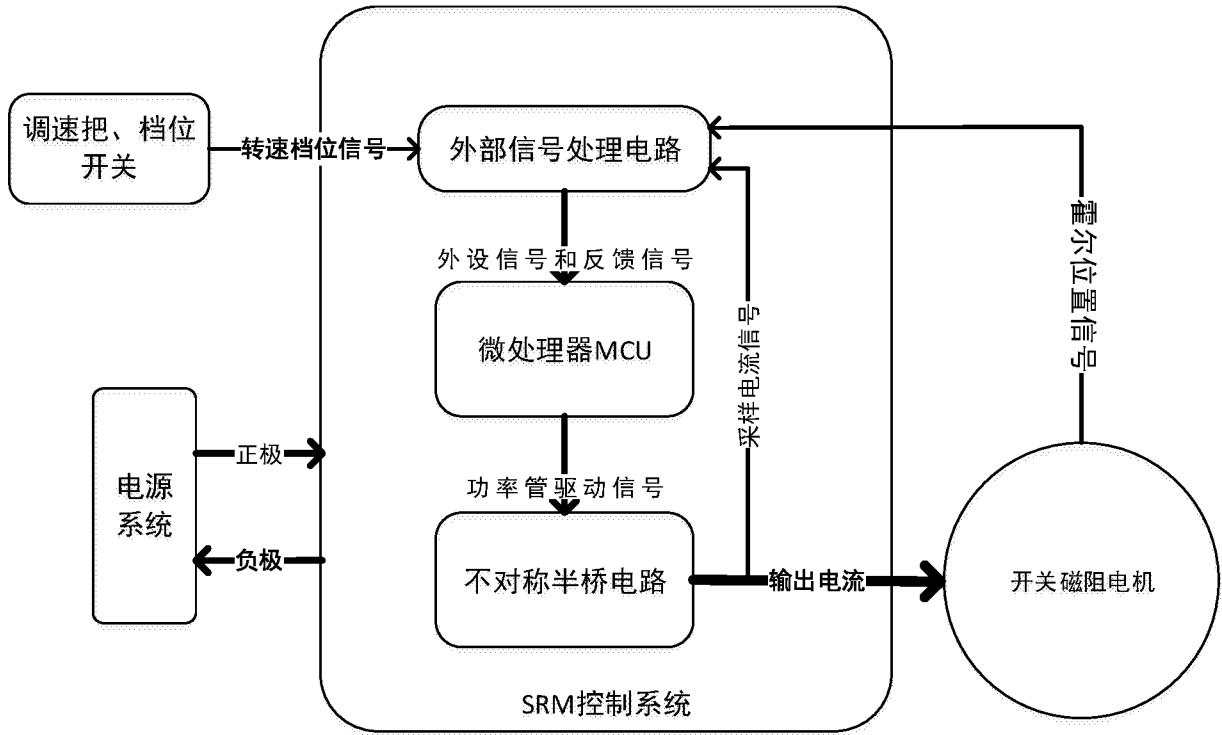


图 10

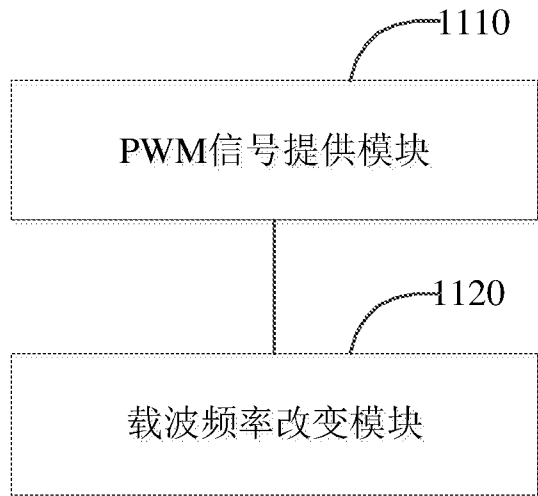


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/125523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 25/08(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, IEEE, USTXT, EPTXT, WOTXT: 钟锐, 张铭书, 孙伟峰, 载波, 频率, 噪声, 噪音, 振动, 脉动, 共振, 转子, 角度, 换相, 开关磁阻, zhong rui, zhang mingshu, sun weifeng, carrier, wave, frequency, noise, vibration, resonance, rotor, angle, commutation, switched reluctance motor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 106059443 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 26 October 2016 (2016-10-26) description, paragraphs [0032]-[0044], and figures 2-4	1, 3, 18
Y	CN 106849832 A (GUANGDONG MEIZHI COMPRESSOR CO., LTD.) 13 June 2017 (2017-06-13) description, paragraphs [0035]-[0049], and figure 2	1, 3, 18
A	JP 2013055865 A (SEMICONDUCTOR COMPONENTS INDUSTRIES, LLC.) 21 March 2013 (2013-03-21) entire document	1-19
A	US 2017250701 A1 (RENESAS ELECTRONICS CORPORATION) 31 August 2017 (2017-08-31) entire document	1-19
A	GOU, Xiaoqiang et al. "Origin of Resonance Noise and Analysis of Randomising Turn-On Angle Method in Switched Reluctance Motor" <i>IET Electric Power Applications</i> , Vol. 11, No. 7, 03 August 2017 (2017-08-03), ISSN: 1751-867, entire document	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 March 2019

Date of mailing of the international search report

03 April 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/125523

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	106059443	A	26 October 2016	CN 106059443 B	09 November 2018
CN	106849832	A	13 June 2017	None	
JP	2013055865	A	21 March 2013	None	
US	2017250701	A1	31 August 2017	JP 2017151032 A	31 August 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/125523

A. 主题的分类 H02P 25/08 (2016.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H02P/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, IEEE, USTXT, EPTXT, WOTXT: 钟锐, 张铭书, 孙伟峰, 载波, 频率, 噪声, 噪音, 振动, 脉动, 共振, 转子, 角度, 换相, 开关磁阻, zhong rui, zhang mingshu, sun weifeng, carrier, wave, frequency, noise, vibration, resonance, rotor, angle, commutation, switched reluctance motor																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106059443 A (东南大学) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 说明书第0032-0044段, 附图2-4</td> <td>1, 3, 18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106849832 A (广东美芝制冷设备有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第0035-0049段, 附图2</td> <td>1, 3, 18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2013055865 A (SEMICONDUCTOR COMPONENTS IND LLC) 2013年 3月 21日 (2013 - 03 - 21) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017250701 A1 (RENESAS ELECTRONICS CORP) 2017年 8月 31日 (2017 - 08 - 31) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Gou Xiao-qiang等. "Origin of resonance noise and analysis of randomising turn-on angle method in switched reluctance motor" IET Electric Power Applications, 第11卷, 第7期, 2017年 8月 3日 (2017 - 08 - 03), ISSN: 1751-867, 全文</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 106059443 A (东南大学) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 说明书第0032-0044段, 附图2-4	1, 3, 18	Y	CN 106849832 A (广东美芝制冷设备有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第0035-0049段, 附图2	1, 3, 18	A	JP 2013055865 A (SEMICONDUCTOR COMPONENTS IND LLC) 2013年 3月 21日 (2013 - 03 - 21) 全文	1-19	A	US 2017250701 A1 (RENESAS ELECTRONICS CORP) 2017年 8月 31日 (2017 - 08 - 31) 全文	1-19	A	Gou Xiao-qiang等. "Origin of resonance noise and analysis of randomising turn-on angle method in switched reluctance motor" IET Electric Power Applications, 第11卷, 第7期, 2017年 8月 3日 (2017 - 08 - 03), ISSN: 1751-867, 全文	1-19
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
Y	CN 106059443 A (东南大学) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 说明书第0032-0044段, 附图2-4	1, 3, 18																		
Y	CN 106849832 A (广东美芝制冷设备有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第0035-0049段, 附图2	1, 3, 18																		
A	JP 2013055865 A (SEMICONDUCTOR COMPONENTS IND LLC) 2013年 3月 21日 (2013 - 03 - 21) 全文	1-19																		
A	US 2017250701 A1 (RENESAS ELECTRONICS CORP) 2017年 8月 31日 (2017 - 08 - 31) 全文	1-19																		
A	Gou Xiao-qiang等. "Origin of resonance noise and analysis of randomising turn-on angle method in switched reluctance motor" IET Electric Power Applications, 第11卷, 第7期, 2017年 8月 3日 (2017 - 08 - 03), ISSN: 1751-867, 全文	1-19																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2019年 3月 11日		国际检索报告邮寄日期 2019年 4月 3日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 姜婷婷 电话号码 020-28958038																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/125523

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	106059443	A	2016年 10月 26日	CN 106059443 B	2018年 11月 9日
CN	106849832	A	2017年 6月 13日	无	
JP	2013055865	A	2013年 3月 21日	无	
US	2017250701	A1	2017年 8月 31日	JP 2017151032 A	2017年 8月 31日