



JM, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))。

to conduct; the duration of each time interval in the periodic time interval is the same as the current corresponding period of the drive signal; and the period of the drive signal changes randomly within a second preset period range. The present solution can effectively suppress large currents under heavy load working conditions, without affecting the feeling of use of the power tool (10).

(57) 摘要: 提供一种电动工具(10)及控制方法, 电动工具(10)包括: 壳体(11); 电机(13); 驱动电路(24); 控制模块(25); 电流检测模块(27); 控制模块(25)被配置为在周期性的时间间隔内实时获取电机(13)的相电流值; 当获取到的相电流值超过预设电流阈值, 在当前时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的电子开关, 在当前一个驱动信号周期结束时, 开启控制模块(25)当前控制导通的电子开关; 周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与驱动信号当前所对应的周期相同; 驱动信号的周期在第二预设周期范围内随机变化。采用以上方案, 能够有效抑制重载工况下的大电流的同时, 不影响电动工具(10)的使用手感。

## 电动工具及其控制方法

本申请要求在2021年05月12日提交中国专利局、申请号为202110525390.4的中国专利申请，在2021年05月12日提交中国专利局、申请号为202110518929.3的中国专利申请，在2021年05月12日提交中国专利局、申请号为202110519047.9的中国专利申请以及在2021年09月06日提交中国专利局、申请号为202111036354.8的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

### 技术领域

本申请涉及一种电动工具，具体涉及一种适用于交流电动工具的控制方法。

### 背景技术

交流电动工具在重载工况下，尤其对于高压无刷工具来说，由于电网的供电能力足够大，容易出现过电流现象，不仅易损坏电子元器件，也较大程度上明显地影响电动工具的使用手感。

### 发明内容

为解决相关技术的不足，本申请提供一种适用于交流电动工具的限流控制方法，能够有效抑制重载工况下的大电流的同时，不影响电动工具的使用手感。

为实现上述目标，本申请采用如下技术方案：一种电动工具，包括：壳体；电机，设置在所述壳体内驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路以运行所述电机；电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；所述控制模块还被配置为：在周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；当获取到的所述相电流值超过预设电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同；所述驱动信号的周期在第二预设周期范围内随机变化。

在一些实施例中，所述驱动信号的周期在所述第二预设周期范围内的所述随机变化遵循正态分布的规律。

在一些实施例中，所述预设电流阈值不固定且满足预设波形的变化规律。

在一些实施例中，所述预设波形的周期与所述驱动信号的周期或所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间相同。

在一些实施例中，所述预设波形设置为三角波形或包含曲线的波形。

在一些实施例中，当前所述时间间隔结束时所对应的预设电流阈值小于当前所述时间间隔开始时所对应的预设电流阈值。

在一些实施例中，所述电动工具还包括电源输入装置和整流模块；所述电源输入装置用于接入所述电动工具工作时所需的电源；所述整流模块设置为与所述电源输入装置电连接，将所述电源输入装置的电能转换成直流电供所述电动工具使用。

在一些实施例中，所述电动工具还包括供电电路和电容电路；所述供电电路与所述整流模块电连接以至少为所述控制模块供电；所述电容电路电连接在所述整流模块和所述驱动电路之间。

在一些实施例中，所述电容电路至少包括一个电解电容。

在一些实施例中，所述电解电容的容值与所述电机的额定功率之比大于  $20 \mu\text{F}/\text{kW}$  且小于  $80 \mu\text{F}/\text{kW}$ 。

在一些实施例中，所述整流模块括由四个二极管 D1、D2、D3、D4 组成的整流桥。

在一些实施例中，所述电流检测模块电连接在所述控制模块和所述电机之间；所述电流检测模块包括多个检流电阻。

在一些实施例中，所述电机设置为无刷直流电机。

在一些实施例中，所述无刷直流电机由所述驱动信号控制。

在一些实施例中，所述电动工具还包括转速检测模块，用于获取所述电机的转速或所述电机的转子位置。

一种电动工具，包括：壳体；电机，设置在所述壳体内；驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路以运行所述电机；电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；所述控制模块还被配置为：在周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；当获取到的所述相电流值超过预设电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；所述驱动信号的周期在第二预设周期范围内随机变化。

在一些实施例中，所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所

述驱动信号当前所对应的周期相同。

在一些实施例中，所述预设电流阈值不固定且满足预设波形的变化规律。

一种电动工具的控制方法，所述电动工具包括壳体；电机，设置在所述壳体内；驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；控制模块，与所述驱动电路电性连接；所述控制方法包括：所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路运行所述电机，并在周期性的时间间隔内对所述电机的电流实施限制；所述控制模块在所述周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；若所述电流值超过预设电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，再在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同；所述驱动信号的周期在第二预设周期范围内随机变化。

在一些实施例中，所述第二预设周期范围内的随机变化遵循正态分布的规律。

本实施例中公开的一种电动工具及其控制方法，有效地限制电动工具在重载工况下大电流的同时，通过将驱动信号的周期设置在预设范围内满足正态分布规律的随机变化，通过抖频率策略减小驱动电路的 EMI 特征，较大程度上优化了电动工具的使用手感，提高了电动工具的可靠性以及寿命。

一种电动工具，包括：壳体；电机，设置于所述壳体内；驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；电流检测模块，用于获取所述电机的相电流值；控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路以运行所述电机；所述控制模块还被配置为：在周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；当获取到的所述相电流值超过当前的电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；所述电流阈值不固定且满足预设波形的变化规律；所述预设波形的周期与所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间相同。

在一些实施例中，所述预设波形设置为三角波形或包含曲线的波形。

在一些实施例中，当前所述时间间隔结束时所对应的电流阈值小于当前所述时间间隔开始时所对应的电流阈值。

在一些实施例中，所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所

述驱动信号当前所对应的周期相同。

在一些实施例中，所述控制模块控制所述驱动信号的周期连续变化或随机变化。

在一些实施例中，所述电动工具还包括电源装置和整流模块；所述电源装置用于接入所述电动工具工作时的电能；所述整流模块与所述电源装置电性连接。

在一些实施例中，所述电动工具还包括供电电路和电容电路；所述供电电路与所述整流模块电性连接以至少为所述控制模块供电；所述电容电路电连接在所述整流模块和所述驱动电路之间。

在一些实施例中，所述电容电路至少包括一个电解电容。

在一些实施例中，所述电流检测模块包括多个检流电阻。

在一些实施例中，所述电机设置为无刷直流电机，所述无刷直流电机由所述驱动信号控制。

一种电动工具的控制方法，所述电动工具包括壳体；电机，设置在所述壳体内；驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；控制模块，与所述驱动电路电性连接；所述控制方法包括：所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路运行所述电机，并在周期性的时间间隔内对所述电机的电流实施限制；所述控制模块在所述周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；若所述相电流值超过当前的电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，再在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；所述电流阈值不固定且满足预设波形的变化规律；所述预设波形的周期与所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间相同。

在一些实施例中，所述预设波形在周期性的时间间隔内为三角波形或包含曲线的波形。

在一些实施例中，当前所述时间间隔结束时所对应的电流阈值小于当前所述时间间隔开始时所对应的电流阈值。

在一些实施例中，所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同。

在一些实施例中，所述控制模块控制所述驱动信号的周期连续变化或随机变化。

本实施例中公开的一种电动工具及其控制方法，有效地限制电动工具在重载工况下大电流的同时，通过优化驱动信号的周期从而削弱电网电压带来波动影响，较大程度上优化了电动工具的使用手感，提高了电动工具的可靠性以及寿命。

一种电动工具，包括：壳体；电机，设置在所述壳体内；驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路以运行所述电机；电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；所述控制模块还被配置为：在周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；当获取到的所述相电流值超过预设电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同；所述驱动信号的周期在第一预设周期范围内连续变化。

在一些实施例中，所述连续变化设置为当前电网电压低于或等于当前电机反电动势时，所述驱动信号的周期保持不变。

在一些实施例中，所述连续变化设置为所述当前电网电压高于所述电机的反电动势时，所述驱动信号的周期在所述第一预设周期范围内连续变化。

在一些实施例中，所述连续变化满足正弦函数的规律。

在一些实施例中，所述电动工具还包括电源输入装置和整流模块；所述电源输入装置用于接入所述电动工具工作时所需的电源；所述整流模块设置为与所述电源输入装置电连接，将所述电源输入装置的电能转换成直流电供所述电动工具使用。

在一些实施例中，所述电动工具还包括供电电路和电容电路；所述供电电路与所述整流模块电连接以至少为所述控制模块供电；所述电容电路电连接在所述整流模块和所述驱动电路之间。

在一些实施例中，所述电容电路至少包括一个电解电容。

在一些实施例中，所述电流检测模块包括多个检流电阻。

在一些实施例中，所述电机设置为无刷直流电机。

在一些实施例中，所述无刷直流电机由所述驱动信号控制。

本实施例公开的一种电动工具及其控制方法，有效地限制电动工具在重载工况下大电流的同时，还对电网电压的波动进行有效补偿，较大程度上优化了

电动工具的使用手感，提高了电动工具的可靠性以及寿命。

一种电动工具，包括：壳体；电机，设置在所述壳体内；驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出给定周期的驱动信号控制所述驱动电路运行所述电机；通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；所述控制模块还被配置为：若获取到的所述电流值高于第一预设电流阈值时，关闭正处于导通状态的所述电子开关，直至获取到的所述电流值低于第二预设电流阈值时开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关。

在一些实施例中，所述第一预设电流阈值大于所述第二预设电流阈值。

在一些实施例中，所述电动工具还包括电源输入装置和整流模块；所述电源输入装置用于接入所述电动工具工作时所需的电源；所述整流模块设置为与所述电源输入装置电连接，将所述电源输入装置的电能转换成直流电供所述电动工具使用。

在一些实施例中，所述电动工具还包括供电电路和电容电路；所述供电电路与所述整流模块电连接以至少为所述控制模块供电；所述电容电路电连接在所述整流模块和所述驱动电路之间。

在一些实施例中，所述电容电路至少包括一个电解电容。

在一些实施例中，所述电解电容的容值与所述电机的额定功率之比大于  $20 \mu\text{F}/\text{kW}$  且小于  $80 \mu\text{F}/\text{kW}$ 。

在一些实施例中，所述整流模块括由四个二极管 D1、D2、D3、D4 组成的整流桥。

在一些实施例中，所述电流检测模块电连接在所述控制模块和所述电机之间；所述电流检测模块包括多个检流电阻；所述电流检测模块包括多个检流电阻。

在一些实施例中，所述电机设置为无刷直流电机。

在一些实施例中，所述无刷直流电机由所述驱动信号控制。

本实施例公开的一种电动工具及其控制方法，通过设置第一预设电流阈值和第二电流阈值，一旦检测到相电流超出第一预设电流阈值，则关断电子开关；一旦电机的相电流值低于第二预设电流阈值时，则开启电子开关，恢复流向电机的电流。简单有效地抑制电机工作中的出现的大电流的同时，不影响电动工具的使用手感，较大程度上优化了电动工具的使用手感，提高了电动工具的可靠性以及寿命。

## 附图说明

- 图 1 是作为一种实施例的电动工具的立体图；
- 图 2 是作为一种实施例的电路系统的电路框图；
- 图 3 是作为一种实施例的整流模块的电路框图；
- 图 4 是作为一种实施例的电流检测模块的电路框图；
- 图 5 是作为另一种实施例的电流检测模块的电路框图；
- 图 6 是电机控制信号的波形图；
- 图 7 是电机限流控制方法的波形图；
- 图 8 是电机限流控制方法的流程图；
- 图 9 是作为第一实施例的 PWM 信号和限流周期的波形图；
- 图 10 是作为第一实施例的 PWM 信号的频率连续变化波形图；
- 图 11 是作为第一实施例的电机的控制方法的流程图；
- 图 12 是作为第二种实施例的 PWM 信号和电机相电流的波形图；
- 图 13 是作为第二种实施例的电机的控制方法的流程图；
- 图 14 是作为第三实施例的 PWM 信号和电机相电流的波形图；
- 图 15 是作为第三实施例的电机的控制方法的流程图；
- 图 16 是预设电流阈值为固定值时的电机相电流的波形图；
- 图 17a 是作为第四实施例的 PWM 信号和电机相电流的波形图；
- 图 17b 是作为第四实施例的另一种实现方式的 PWM 信号和电机相电流的波形图；
- 图 18 是作为第四实施例的电机的控制方法的流程图；
- 图 19 是作为第四实施例的另一种实现方式的电机的控制方法的流程图。

## 具体实施方式

以下结合附图和具体实施例对本申请作具体的介绍。

本申请的电动工具，可以为手持式电动工具、花园类工具、花园类车辆如车辆型割草机，在此并非有所限制。本申请的电动工具包括但不限于砂光机、钻头、冲击起子、攻丝机、紧固件起子等交流电动工具，只要这些电动工具能够采用以下披露的技术方案的实质内容即可落入本申请的保护范围。另外还需

要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本申请相关的部分而非全部结构。

参考图 1 所示，示例性地示出一种电动工具 10，该电动工具为角磨。电动工具 10 主要包括：壳体 11、电机 13、功能件 14、交流电源输入装置 15 以及位于壳体 11 内的电路系统 12。

电机 13 包括定子绕组和转子。在一些实施例中，电机 13 为三相无刷电机，包括具有永磁体的转子和以电子方式换向的三相定子绕组 U、V、W。在一些实施例中，三相定子绕组 U、V、W 之间采用星型连接。在另一些实施例中，三相定子绕组 U、V、W 之间采用角型连接。然而，必须理解的是其他类型的无刷电动机也在本公开的范围。无刷电动机可包括少于或多于三相。

功能件 14 用于实现电动工具 10 的功能。功能件 14 由电机 13 驱动运行。对于不同电动工具而言，功能元件不同。对角磨而言，功能件 14 为角磨盘，用于实现打磨或切割功能。

交流电源输入装置 15 用于接入电动工具 10 工作所需的电源。作为具体实施方式的一种，本实施例的电源可选地设置为交流电源。具体地，交流电源输入装置 15 包括交流电插头，以接入 120V 或 220V 的交流市电。

参照图 2 所示的电动工具 10 的一种实施方式的电路系统 12，主要包括整流模块 21、电容电路 22、供电电路 23、驱动电路 24、控制模块 25、转速检测模块 26 以及电流检测模块 27。

整流模块 21 构成电动工具 10 的直流单元。整流模块 21 设置为接收来自交流电源输入装置 15 的交流电并用于输出直流母线电压，也即用于将交流电源输入装置 15 输入的交流电转化为脉动直流电输出。整流模块 21 与交流电源输入装置 15 电性连接。作为具体实施方式的一种，参照图 3 所示，整流模块 21 包括由四个二极管 D1、D2、D3、D4 组成的整流桥，利用二极管的单向导电性和管压降将交流电转换成同一方向的脉动直流电输出。

电容电路 22 并联于电动工具 10 的直流母线上，即并联在电路系统 12 中直流单元的正负极之间。作为具体实施方式的一种，电容电路 22 可选地并联在整流模块 21 与驱动电路 24 之间。具体地，电容电路 22 包括电解电容 C。电容电路 22 与整流模块 21 电性连接，整流模块 21 输出的脉动直流电经电解电容 C 滤波转化为平滑直流电输出，以降低脉动直流电中的谐波干扰。可选地，电解电容 C 的容值与电机 13 的额定功率之比大于  $20 \mu\text{F}/\text{KW}$  且小于  $80 \mu\text{F}/\text{KW}$ 。这样可节约空间，保证在硬件电路中不存在物理尺寸较大的电容元件。

供电电路 23 用于至少为控制模块 25 供电。作为具体实施方式的一种，供

电电路 23 与整流模块 21 电连接，将经整流模块 21 整流后的电能转换为适配于控制模块 25 的供电电压输出。例如，为了给控制模块 25 供电，供电电路 23 将来自交流电源输入装置 15 并经整流模块 21 整流后的电压降到 15V 以为控制模块 25 供电。

驱动电路 24 与整流模块 21 电连接，用于驱动电机 13。驱动电路 24 的输入端接收来自整流模块 21 的电压，在控制模块 25 输出的驱动信号的驱动下将电压以一定的逻辑关系分配给电机 13 定子上的各相绕组，以使电机 13 启动并产生持续不断的转矩。具体地，驱动电路 24 包括多个电子开关。在一些实施例中，电子开关包括场效应晶体管 (FET)，在另一些实施例中，电子开关包括绝缘栅双极晶体管 (IG-BT) 等。在一些实施例中，驱动电路 24 为三相桥式电路。驱动电路 24 包括作为高侧开关设置的三个电子开关 Q1、Q3、Q5 和作为低侧开关设置的三个电子开关 Q2、Q4、Q6。

作为高端开关的三个电子开关 Q1、Q3、Q5 分别设在整流模块 21 的供电线与电机 13 的各相线圈之间。作为低端开关的三个电子开关 Q2、Q4、Q6 分别设在电机 13 的各相线圈与地线之间。

六个电子开关 Q1-Q6 的各个栅极端 UH、UL、VH、VL、WH、WL 与控制模块 25 电性连接，电子开关的每个漏极或源极与电机 13 的定子绕组连接。电子开关 Q1-Q6 依据控制模块 25 输出的驱动信号以一定频率改变导通或关断状态，从而改变整流电路 21 加载在电机 13 绕组上的功率状态。

驱动电路 24 是用于通过切换对电机 13 的各相绕组的通电状态、控制各相绕组各自的通电电流来使电机 13 旋转驱动的电路。各相绕组导通顺序和时间取决于转子的位置。为了使电机 13 转动，驱动电路 24 具有多个驱动状态，在一个驱动状态下电机 13 的定子绕组会产生一个磁场，控制模块 25 基于不同的转子位置输出控制信号以控制驱动电路 24 切换驱动状态使定子绕组产生的磁场转动以驱动转子转动，进而实现对电机 13 的驱动。

转速检测模块 26 用于获取电机 13 的实测转速和转子的位置中的至少一个。在一些实施方式中，转速检测模块 26 包括传感器，传感器能够直接检测电机 13 的速度和位置，例如霍尔传感器。在另一些实施方式中，转速检测模块 26 被配置为至少依据电机 13 的相电压和定子绕组的电流值估算电机 13 的转子位置。

电流检测模块 27 用于采集电机 13 的电流，电流可以是电机 13 的母线电流或电机 13 各相绕组的相电流。作为具体实施方式的一种，电流检测模块 27 检测电机 13 的各相绕组的相电流，电机 13 的母线电流则可以由检测到的三相电流值计算获得，一些实施方式中，电流检测模块 27 包括霍尔电流传感器以直接检测电机 13 的各相绕组的相电流。作为具体实施方式的另一种，参考图 4 所示，

在驱动电路 24 和电机 13 的各相绕组之间分别串联检流电阻 R1、R2 和 R3，电流检测模块 27 通过检测检测电阻两端的电压即可计算得出各相绕组的相电流或母线电流。具体地，电流检测模块 27 分别检测各个检流电阻 R1、R2 和 R3 两端的电压即可计算得出三相定子绕组 U、V、W 的相电流。作为具体实施例的另一种，参见图 5 所示，电流检测模块 27 用于检测驱动电路 24 中处于导通状态的电子开关的内阻，基于处于导通状态的电子开关的内阻和其两端的电压值计算得出经过该电子开关的电流，电子开关的电流即为对应电机 13 绕组的相电流。具体地，电流检测模块 27 分别检测高端开关的三个驱动开关 Q1、Q3、Q5 两端的电压计算得出对应的三相定子绕组 U、V、W 的相电流。这样，电动工具不用增加硬件即可检测对应电机 22 绕组的相电流，节约成本。

控制模块 25 至少电连接至供电电路 23、驱动电路 24 以及电流检测模块 27，用以控制驱动电路 24 工作。在一些实施方式中，控制模块 25 采用专用的控制芯片（例如，MCU，微控制单元，Microcontroller Unit）。

接下来将介绍作为本申请的第一实施例。

参照图 6 和图 7 所示，控制模块 25 输出驱动信号分别施加在六个电子开关 Q1-Q6 的栅极端 UH、UL、VH、VL、WH、WL，用于控制多个电子开关 Q1-Q6 的导通状态以驱动电机 13。电机 13 设置为三相无刷直流电机，驱动信号设置为 PWM 信号。PWM 信号的周期为  $T_1$ ，控制模块 25 在周期性的时间间隔  $T_2$  内对电机的电流实施限制。此处的周期性的时间间隔可以理解为电机的限流周期，下文将  $T_2$  定义为电机的限流周期。

参照图 7 所示，限流周期  $T_2$  设置为与 PWM 信号的周期  $T_1$  相同。控制模块 25 被配置为在限流周期  $T_2$  的当前一个周期内，通过电流检测模块 27 实时获取电机 13 的相电流值  $I_{\text{phase}}$ ，并将相电流值  $I_{\text{phase}}$  与预设电流阈值  $I_{\text{ref}}$  相比较。若相电流值  $I_{\text{phase}}$  超过预设电流阈值  $I_{\text{ref}}$ ，那么在限流周期  $T_2$  的当前一个周期的剩余时间内关断电子开关，从而断开流向电机 13 的电流，并在当前一个 PWM 信号的周期  $T_1$  结束时开启电子开关，恢复流向电机 13 的电流。本实施例，预设电流阈值  $I_{\text{ref}}$  的设置可以根据实际应用中电机选型以及实际应用场景另行设置。此处还需要说明的是，本实施例中的关断的电子开关具体为当前正处于导通状态的电子开关，开启的电子开关为当前驱动信号控制开启的电子开关。

重载工况下由于电网电压供电能力足够大，电机可能会出现过电流的现象，从而损坏电动工具中的元器件，降低电动工具的使用寿命。参照图 7 所示，电机在重载工况下出现了过流现象，即图 7 中的 b 点所示。采用上述限流技术方案，在相电流值  $I_{\text{phase}}$  超过预设电流阈值  $I_{\text{ref}}$  时，控制模块 25 立即关断电子开关使得流经电机 13 的电流不再升高，即图中 a 点所示。在 PWM 信号的当前一个周期结

束时，即图中 c 点所示，控制模块 25 重新开启电子开关，从而恢复流向电机 13 的电流。本实施例中，电流检测模块检测电机 13 的相电流，用于实现电机的逐周限流。当然，也可通过检测电机的母线电流值，用于实现电机的逐周限流。

下面将结合图 8 具体说明电动工具 10 中的电机的一个限流周期的控制方法，该方法包括以下步骤：

S101，获取电机相电流值。

S102，判断电机的相电流值是否超过预设电流阈值，若是，则执行步骤 S103；若否，则执行步骤 S104。

S103，关断当前导通的电子开关。

S104，判断当前限流周期是否结束，若是，则执行步骤 S105；若否，则执行步骤 S101。

S105，开启当前驱动信号控制开启的电子开关，返回步骤 S101。

电网电压在电网负载较大幅度的增加或减少时，电网电压会出现波动现象，从而影响用户使用手感。

如图 9 所示，本实施例中，控制模块 25 控制用于驱动电机 13 的 PWM 信号的周期  $T_1$  在第一预设周期范围内连续变化，同时设置电机 13 的限流周期  $T_2$  与 PWM 信号的周期  $T_1$  相同。其中，第一预设周期范围可选地设置为  $[0.5T_0, 2T_0]$ ， $T_0$  为 PWM 信号的初始周期。当电网电压低于或者等于当前电机 13 的反电动势时，PWM 信号的周期  $T_1$  保持不变；反之，当电网电压高于当前电机 13 的反电动势时，PWM 信号的周期  $T_1$  在第一预设范围内连续变化。结合图 9 和图 10 所示，驱动信号的周期  $T_1$  设置为第一预设周期范围内的连续变化可以通过如下公式获得：

$$\frac{1}{T_1} = f_1 = \begin{cases} 0.5 * f_0 & 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{6} \text{ 或 } \frac{5\pi}{6} \leq \theta \leq \pi \\ f_0 * \sin \theta & \frac{\pi}{6} < \theta < \frac{5\pi}{6} \end{cases}$$

其中， $f_0$  为与 PWM 信号的初始周期  $T_0$  相对应的初始频率， $f_1$  为与 PWM 信号的周期  $T_1$  相对应的频率， $\theta$  为当前电网电压的相位。

下面将结合图 11 具体说明电动工具 10 中的电机 13 的逐周限流的控制方法，该方法包括以下步骤：

S201，获取电机的相电流值。

S202，判断电机的相电流值是否超过预设电流阈值，若是，则执行步骤 S203；若否，则执行步骤 S204。

S203, 关断当前导通的电子开关。

S204, 判断当前限流周期是否结束, 若是, 则执行步骤 S205; 若否, 则执行步骤 S206。

S205, 开启当前驱动信号控制开启的电子开关。

S206, 获取电网电压和电机反电动势。

S207, 判断当前电机反电动势是否超过电网电压, 若是, 执行步骤 S208, 若否, 执行步骤 S201。

S208, 重新设置驱动信号的周期  $T_1$ 。

S209, 重新设置限流周期  $T_2$ , 返回步骤 S201。

上述的第一实施例公开一种电动工具逐周限流的控制方法, 限流周期与 PWM 信号的周期始终相同, 当检测到的电机相电流大于预设电流阈值时关闭电子开关, 在 PWM 信号的当前一个周期结束时, 重新开启电子开关, 同时继续实时检测电机的相电流。另一方面设置 PWM 信号的周期随电网电压的波动在第一预设周期范围内连续变化, 能够针对电网电压的波动进行有效补偿, 提高用户使用手感与电动工具使用寿命。

接下来将介绍作为本申请的第二实施例。

与上述的第一实施例不同的是, 控制模块 25 控制用于驱动电机 13 的 PWM 信号的周期  $T_1$  在第二预设周期范围内随机变化, 并设置电机 13 的限流周期  $T_2$  与 PWM 信号的周期  $T_1$  始终相同。参见图 12 所示, PWM 信号的周期  $T_1$  在第二预设周期范围内随机变化。具体地, 可设置为将 PWM 信号的初始周期  $T_0$  叠加白噪声后符合正态分布的规律的变化。本实施例中, 用于驱动电机 13 的 PWM 信号的初始周期  $T_0$  设置为 100us, 叠加白噪声后的 PWM 信号的周期  $T_1$  在第二预设周期范围 [98us, 102us] 内随机变化, 并且变化满足正态分布的规律。

电机在重载工况下出现了过流现象, 即图 12 中的 b 点所示。采用上述限流技术方案, 在相电流值  $I_{\text{phase}}$  超过预设电流阈值  $I_{\text{ref}}$  时, 控制模块 25 立即关断电子开关使得流经电机 13 的电流不再升高, 即图中 a 点所示。在 PWM 信号的当前一个周期结束时, 即图中 c 点所示, 控制模块 25 重新开启电子开关, 从而恢复流向电机 13 的电流。本实施例中, 电流检测模块检测电机 13 的相电流, 用于实现电机的逐周限流。当然, 也可通过检测电机的母线电流值, 用于实现电机的逐周限流。

需要注意的是, 本实施例中设置的第二预设范围应根据电动工具实际应用场景自行设置。

下面将结合图 13 具体说明电动工具 10 中的电机 13 的逐周限流的控制方法，该方法包括以下步骤：

S301，获取电机的相电流值。

S302，判断电机的相电流值是否超过预设电流阈值，若是，则执行步骤 S303；若否，则执行步骤 S304。

S303，关断当前导通的电子开关。

S304，判断当前限流周期是否结束，若是，则执行步骤 S305；若否，则执行步骤 S301。

S305，重新设置驱动信号的周期  $T_1$ 。

S305，根据重新设置后的驱动信号的周期  $T_1$ ，设置限流周期  $T_2$ 。

S305，开启当前驱动信号控制开启的电子开关，返回步骤 S301。

上述的第二实施例公开一种电动工具逐周限流的控制方法，限流周期与 PWM 信号的周期始终相同，当检测到的电机相电流大于预设电流阈值时关闭电子开关，在 PWM 信号的当前一个周期结束时，重新开启电子开关，同时继续实时检测电机的相电流。另一方面设置 PWM 信号的周期在第二预设周期范围内随机变化，上述随机变化满足正态分布的规律。本实施例通过将 PWM 信号的周期设置在预设范围内满足正态分布规律的随机变化，通过抖频率策略减小驱动电路的 EMI，提高电动工具的可靠性。

接下来将介绍作为本申请的第三实施例。

与上述实施例不同的是，参见图 14 所示，控制模块 25 输出初始周期为  $T_0$  的 PWM 信号，控制驱动电路 24 用于驱动电机 13 的运行。控制模块 25 通过电流检测模块 27 实时获取电机 13 的相电流值，并且将获取到的相电流值与预设电流范围进行比较。本实施例中，预设电流阈值包括第一预设电流阈值  $I_{ref1}$  和第二预设电流阈值  $I_{ref2}$ 。第一预设电流阈值  $I_{ref1}$  设置为上限值，第二预设电流阈值  $I_{ref2}$  设置为下限值。当控制模块 25 获取到的电机 13 的相电流值  $I_{phase}$  高于第一预设电流阈值  $I_{ref1}$  时，控制模块 25 立即关断当前处于导通状态的电子开关。当控制模块 25 获取的电机 13 的相电流值  $I_{phase}$  低于第二预设电流阈值  $I_{ref2}$  时，控制模块 25 控制开启当前驱动信号控制开启的电子开关。在具体设置过程中，第一预设电流阈值  $I_{ref1}$  与第二预设电流阈值  $I_{ref2}$  的差值与电机的电感值成反比，与电机正常工作过程中的反电动势成正比，本领域技术人员可以根据电机选型以及实际应用场景进行合理设计预设电流范围。

下面将结合图 15 具体说明电动工具 10 中的电机 13 的逐周限流的控制方法，

该方法包括以下步骤:

S401, 获取电机的相电流值。

S402, 判断电机的相电流值是否高于第一预设电流阈值, 若是, 则执行步骤 S403; 若否, 则执行步骤 S404。

S403, 关断当前导通的电子开关。

S404, 判断电机相电流值是否低于第二预设电流阈值, 若是, 则执行步骤 S405, 若否, 则执行步骤 S401。

S405, 开启当前驱动信号控制开启的电子开关。返回步骤 S401。

上述的第三实施例公开一种电动工具逐周限流的控制方法, 通过电流检测模块获取电机的相电流, 一旦检测到相电流超出第一预设电流阈值, 则关断电子开关; 一旦电机的相电流值低于第二预设电流阈值时, 则开启电子开关, 恢复流向电机的电流。上述实施例中的技术方案, 可以简单有效地抑制电机工作中的出现的大电流的同时, 不影响电动工具的使用手感。

可以理解, 上述的第一实施例和第二实施例中, 通过设置预设电流阈值, 使得电机不会出现大电流现象, 从而保护了电子元器件。但由于上述的第一实施例和第二实施例中的限流周期的存在, 使得当预设电流阈值为已固定值时, 流经电机的电流可能会产生次级谐波。

接下来将介绍作为本申请的第四实施例。

参见图 16 所示, 预设电流阈值  $I_{ref}$  被可选地被设置为一固定值, 将实时获取到的相电流与预设电流阈值  $I_{ref}$  进行比较。其中, 相电流 1 为正常工作状态下的电机的相电流值  $I_{phase}$  的波形图, 相电流 2 为经过限流后的电机的相电流值  $I_{phase}$  的波形图。当相电流值  $I_{phase}$  超过预设电流阈值  $I_{ref}$ , 那么在限流周期  $T_2$  的当前一个周期的剩余时间内关断当前正处于导通状态的电子开关, 从而断开流向电机的电流, 并在当前一个 PWM 信号的周期  $T_1$  结束时开启电子开关, 恢复流向电机的电流。按照上述的限流方法, 则会出现图 16 中的 a 点所示次级谐波, 从而影响电动工具的正常运行。

为了解决上述第一实施例和第二实施例中存在的问题, 本实施例中的预设电流阈值  $I_{ref}$  不固定且满足预设波形的变化的规律。

参见图 17a 所示, 预设波形可选地设置为三角波形, 三角波形的周期  $T_3$  与限流周期  $T_2$  相同。三角波形的斜率  $K$  的取值范围如下:

$$-\frac{I_{ref} - I_0}{T_3} \leq K \leq 0$$

其中， $I_0$  为上电瞬间的相电流值。可以理解的是， $I_{ref}$  的具体值的设置，本领域的技术人员通常会根据具体的电路进行调试，从而获取一个比较合适的值。可以理解，本实施例给出的  $K$  值的取值范围的计算方式，但是具体的  $K$  值需要本领域技术人员在上述  $K$  值的取值范围内对电路进行调试而获取。

参见图 17a 所示，相电流 1 为未经过限流的电机相电流的波形图。相电流 2 为预设电流阈值  $I_{ref}$  为固定值时的电机相电流的波形图。相电流 4 为预设电流阈值  $I_{ref}$  为三角波形时的电机相电流的波形图。从图 17a 中可以明显看出，相电流 4 中的电机相电流中不会产生明显的次级谐波。

本实施例中的预设波形为三角波形。当然，预设波形还可以设置为包含曲线的波形。参见图 17b 所示，此处定义上述包含曲线的波形为波形 F，波形 F 的周期  $T_4$  与限流周期  $T_2$  相同。可以理解，波形 F 在一个限流周期  $T_2$  开始时的电流值与三角波形在一个限流周期  $T_2$  开始时的电流值相同。同样的，波形 F 在一个限流周期  $T_2$  结束时的电流值与三角波形在一个限流周期  $T_2$  结束时的电流值相同。换言之，图 17a 中的 m 点和 n 点分别对应图 17b 中的 m' 点和 n' 点。参见图 17b 所示，相电流 2 为预设电流阈值  $I_{max}$  为固定值时的电机相电流的波形图，相电流 4 为预设电流阈值  $I_{max}$  为波形 F 时的电机相电流的波形图。从图 17b 中可以明显看出，相电流 4 中的电机相电流中不会产生明显的次级谐波。当然，波形 F 的具体参数要根据具体电路结构进行设计。此处还要说明的是，上述实施例中的预设波形并不局限于上述介绍的三角波形和包含曲线的波形。预设波形在当前当前限流周期  $T_2$  结束时所对应的电流阈值小于当前限流周期  $T_2$  开始时所对应的电流阈值。

接下来，将以预设波形为三角波形为例，结合图 18 具体说明逐周限流的一种控制方法，该方法包括以下步骤：

S11，获取电机相电流值。

S12，判断电机相电流值是否超过当前的预设电流阈值，若是，则执行步骤 S203；若否，则执行步骤 S204。

S13，关断当前导通的电子开关。

S14，判断当前限流周期是否结束，若是，则执行步骤 S205；若否，则执行步骤 S206。

S15，开启当前 PWM 信号控制开启的电子开关。

S16，获取电网电压和电机反电动势。

S17，判断当前电机反电动势是否超过电网电压，若是，执行步骤 S208，若否，执行步骤 S201。

S18, 重新设置 PWM 信号的的周期。

S19, 设置限流周期 T 和三角波形周期等于当前的 PWM 信号的周期。返回步骤 S201。

接下来, 将以预设波形为三角波形为例, 结合图 19 具体说明逐周限流的一种控制方法, 该方法包括以下步骤:

S21, 获取电机相电流值。

S22, 判断电机相电流值是否超过当前的电流阈值, 若是, 则执行步骤 S23; 若否, 则执行步骤 S24。

S23, 关断当前导通的电子开关。

S24, 判断当前限流周期是否结束, 若是, 则执行步骤 S25; 若否, 则执行步骤 S21。

S25, 重新设置 PWM 信号的周期。

S26, 设置限流周期和三角波形周期等于当前的 PWM 信号的周期。

S27, 开启当前驱动信号控制开启的电子开关, 返回步骤 S21。

1.一种电动工具，包括：

壳体；

电机，设置在所述壳体内；

驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；

控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路以运行所述电机；

电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；

所述控制模块还被配置为：

在周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；

当获取到的所述相电流值超过预设电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；

其中，

所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同；

所述驱动信号的周期在第二预设周期范围内随机变化。

2.根据权利要求1所述的电动工具，其中，

所述驱动信号的周期在所述第二预设周期范围内的所述随机变化遵循正态分布的规律。

3.根据权利要求1所述的电动工具，其中，

所述预设电流阈值不固定且满足预设波形的变化规律。

4.根据权利要求3所述的电动工具，其中，

所述预设波形的周期与所述驱动信号的周期或所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间相同。

5.根据权利要求4所述的电动工具，其中，

所述预设波形设置为三角波形或包含曲线的波形。

6.根据权利要求5所述的电动工具，其中，

当前所述时间间隔结束时所对应的预设电流阈值小于当前所述时间间隔开

始时所对应的预设电流阈值。

7.根据权利要求1所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括电源输入装置和整流模块；所述电源输入装置用于接入所述电动工具工作时所需的电源；所述整流模块设置为与所述电源输入装置电连接，将所述电源输入装置的电能转换成直流电供所述电动工具使用。

8.根据权利要求7所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括供电电路和电容电路；所述供电电路与所述整流模块电连接以至少为所述控制模块供电；所述电容电路电连接在所述整流模块和所述驱动电路之间。

9.根据权利要求8所述的电动工具，其中，

所述电容电路至少包括一个电解电容。

10.根据权利要求9所述的电动工具，其中，

所述电解电容的容值与所述电机的额定功率之比大于  $20 \mu\text{F}/\text{kW}$  且小于  $80 \mu\text{F}/\text{kW}$ 。

11.根据权利要求10所述的电动工具，其中，

所述整流模块括由四个二极管 D1、D2、D3、D4 组成的整流桥。

12.根据权利要求11所述的电动工具，其中，

所述电流检测模块电连接在所述控制模块和所述电机之间；所述电流检测模块包括多个检流电阻。

13.根据权利要求1所述的电动工具，其中，

所述电机设置为无刷直流电机。

14.根据权利要求13所述的电动工具，其中，

所述无刷直流电机由所述驱动信号控制。

15.根据权利要求1所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括转速检测模块，用于获取所述电机的转速或所述电机的转子位置。

16.一种电动工具，包括：

壳体；

电机，设置在所述壳体内；

驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；

控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路以运行所述电机；

电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；

所述控制模块还被配置为：

在周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；

当获取到的所述相电流值超过预设电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；

其中，所述驱动信号的周期在第二预设周期范围内随机变化。

17.根据权利要求 16 所述的电动工具，其中，

所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同。

18.根据权利要求 17 所述的电动工具，其中，

所述预设电流阈值不固定且满足预设波形的变化规律。

19.一种电动工具的控制方法，所述电动工具包括壳体；电机，设置在所述壳体内；驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；控制模块，与所述驱动电路电性连接；

所述控制方法包括：

所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路运行所述电机，并在周期性的时间间隔内对所述电机的电流实施限制；

所述控制模块在所述周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；若所述电流值超过预设电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，再在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；

其中，

所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同；所述驱动信号的周期在第二预设周期范围内随机变化。

20.根据权利要求 19 所述的控制方法，其中，

所述第二预设周期范围内的随机变化遵循正态分布的规律。

21.一种电动工具，包括：

壳体；

电机，设置于所述壳体内；

驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；

电流检测模块，用于获取所述电机的相电流值；

控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路以运行所述电机；

所述控制模块还被配置为：

在周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；

当获取到的所述相电流值超过当前的电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；

其中，

所述电流阈值不固定且满足预设波形的变化规律；

所述预设波形的周期与所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间相同。

22.根据权利要求 21 所述的电动工具，其中，

所述预设波形设置为三角波形或包含曲线的波形。

23.根据权利要求 22 所述的电动工具，其中，

当前所述时间间隔结束时所对应的电流阈值小于当前所述时间间隔开始时所对应的电流阈值。

24.根据权利要求 23 所述的电动工具，其中，

所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同。

25.根据权利要求 24 所述的电动工具，其中，

所述控制模块控制所述驱动信号的周期连续变化或随机变化。

26.根据权利要求 21 所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括电源装置和整流模块；所述电源装置用于接入所述电动工具工作时的电能；所述整流模块与所述电源装置电性连接。

27.根据权利要求 26 所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括供电电路和电容电路；所述供电电路与所述整流模块电性连接以至少为所述控制模块供电；所述电容电路电连接在所述整流模块和所述驱动电路之间。

28.根据权利要求 27 所述的电动工具，其中，

所述电容电路至少包括一个电解电容。

29.根据权利要求 21 所述的电动工具，其中，

所述电流检测模块包括多个检流电阻。

30.根据权利要求 21 所述的电动工具，其中，

所述电机设置为无刷直流电机，所述无刷直流电机由所述驱动信号控制。

31.一种电动工具的控制方法，所述电动工具包括壳体；电机，设置在所述壳体内；驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；控制模块，与所述驱动电路电性连接；

所述控制方法包括：

所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路运行所述电机，并在周期性的时间间隔内对所述电机的电流实施限制；

所述控制模块在所述周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；若所述相电流值超过当前的电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，再在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；

其中，

所述电流阈值不固定且满足预设波形的变化规律；

所述预设波形的周期与所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间相同。

32.根据权利要求 31 所述的控制方法，其中，

所述预设波形在周期性的时间间隔内为三角波形或包含曲线的波形。

33.根据权利要求 32 所述的控制方法，其中，

当前所述时间间隔结束时所对应的电流阈值小于当前所述时间间隔开始时

所对应的电流阈值。

34.根据权利要求 33 所述的控制方法，其中，

所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同。

35.根据权利要求 34 所述的控制方法，其中，

所述控制模块控制所述驱动信号的周期连续变化或随机变化。

36. 一种电动工具，包括：

壳体；

电机，设置在所述壳体内；

驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；

控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出驱动信号控制所述驱动电路以运行所述电机；

电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；

所述控制模块还被配置为：

在周期性的时间间隔内通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；

当获取到的所述相电流值超过预设电流阈值，在当前所述时间间隔的剩余时间内关断正处于导通状态的所述电子开关，在当前一个所述驱动信号周期结束时，开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关；

其中，

所述周期性的时间间隔中每个时间间隔的持续时间与所述驱动信号当前所对应的周期相同；

所述驱动信号的周期在第一预设周期范围内连续变化。

37.根据权利要求 36 所述的电动工具，其中，

所述连续变化设置为当前电网电压低于或等于当前电机反电动势时，所述驱动信号的周期保持不变。

38.根据权利要求 37 所述的电动工具，其中，

所述连续变化设置为所述当前电网电压高于所述电机的反电动势时，所述驱动信号的周期在所述第一预设周期范围内连续变化。

39.根据权利要求 38 所述的电动工具，其中，

所述连续变化满足正弦函数的规律。

40.根据权利要求 36 所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括电源输入装置和整流模块；所述电源输入装置用于接入所述电动工具工作时所需的电源；所述整流模块设置为与所述电源输入装置电连接，将所述电源输入装置的电能转换成直流电供所述电动工具使用。

41.根据权利要求 40 所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括供电电路和电容电路；所述供电电路与所述整流模块电连接以至少为所述控制模块供电；所述电容电路电连接在所述整流模块和所述驱动电路之间。

42.根据权利要求 41 所述的电动工具，其中，

所述电容电路至少包括一个电解电容。

43.根据权利要求 36 所述的电动工具，其中，

所述电流检测模块包括多个检流电阻。

44.根据权利要求 36 所述的电动工具，其中，

所述电机设置为无刷直流电机。

45.根据权利要求 44 所述的电动工具，其中，

所述无刷直流电机由所述驱动信号控制。

46.一种电动工具，包括：

壳体；

电机，设置在所述壳体内；

驱动电路，所述驱动电路包括多个电子开关；

电流检测模块，用于获取所述电机的电流值；

控制模块，与所述驱动电路电性连接，所述控制模块输出给定周期的驱动信号控制所述驱动电路运行所述电机；通过所述电流检测模块实时获取所述电机的相电流值；

其中，

所述控制模块还被配置为：

若获取到的所述电流值高于第一预设电流阈值时，关闭正处于导通状态的所述电子开关，直至获取到的所述电流值低于第二预设电流阈值时开启所述控制模块当前控制导通的所述电子开关。

47.根据权利要求书 46 所述的电动工具，其中，  
所述第一预设电流阈值大于所述第二预设电流阈值。

48.根据权利要求 46 所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括电源输入装置和整流模块；所述电源输入装置用于接入所述电动工具工作时所需的电源；所述整流模块设置为与所述电源输入装置电连接，将所述电源输入装置的电能转换成直流电供所述电动工具使用。

49.根据权利要求 48 所述的电动工具，其中，

所述电动工具还包括供电电路和电容电路；所述供电电路与所述整流模块电连接以至少为所述控制模块供电；所述电容电路电连接在所述整流模块和所述驱动电路之间。

50.根据权利要求 49 所述的电动工具，其中，

所述电容电路至少包括一个电解电容。

51.根据权利要求 50 所述的电动工具，其中，

所述电解电容的容值与所述电机的额定功率之比大于  $20 \mu\text{F}/\text{kW}$  且小于  $80 \mu\text{F}/\text{kW}$ 。

52.根据权利要求 48 所述的电动工具，其中，

所述整流模块括由四个二极管 D1、D2、D3、D4 组成的整流桥。

53.根据权利要求书 48 所述的电动工具，其中，

所述电流检测模块电连接在所述控制模块和所述电机之间；所述电流检测模块包括多个检流电阻；所述电流检测模块包括多个检流电阻。

54.根据权利要求书 46 所述的电动工具，其中，

所述电机设置为无刷直流电机。

55.根据权利要求书 54 所述的电动工具，其中，

所述无刷直流电机由所述驱动信号控制。

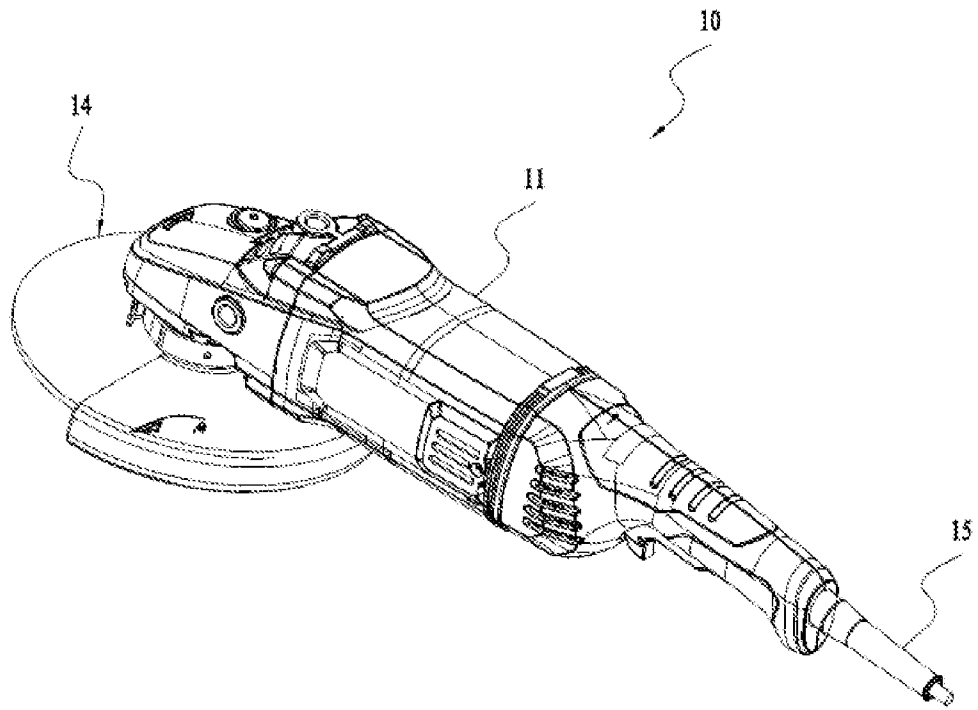


图 1

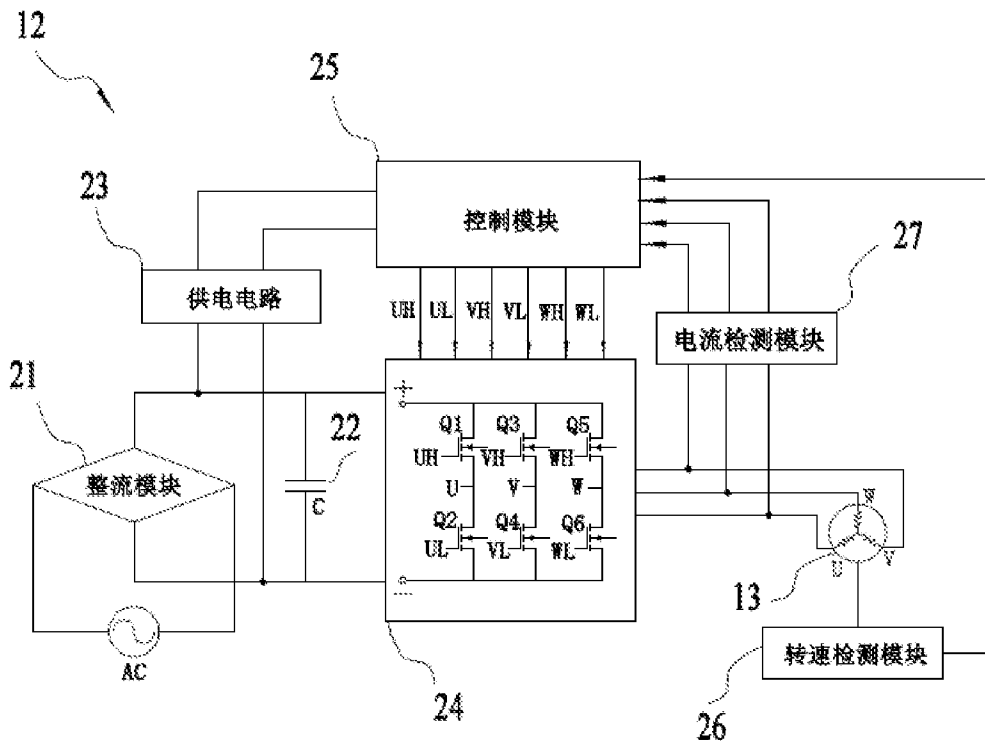


图 2

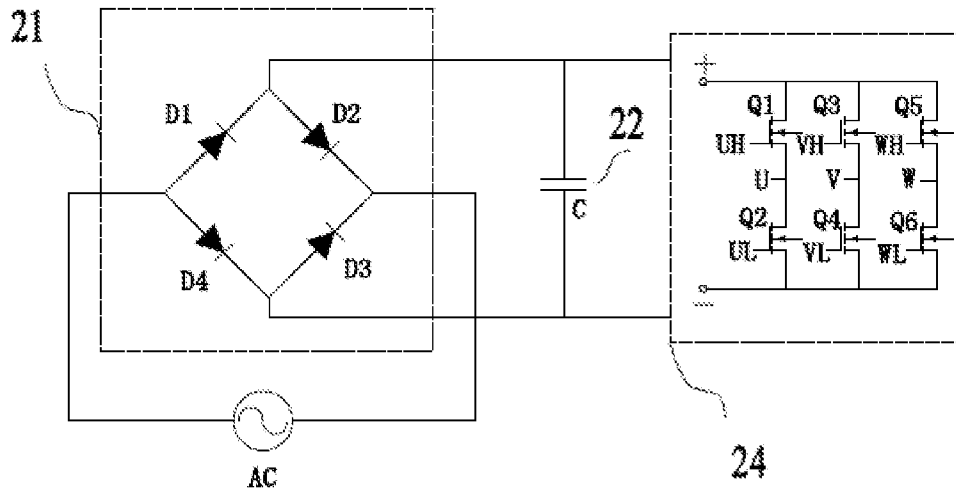


图 3

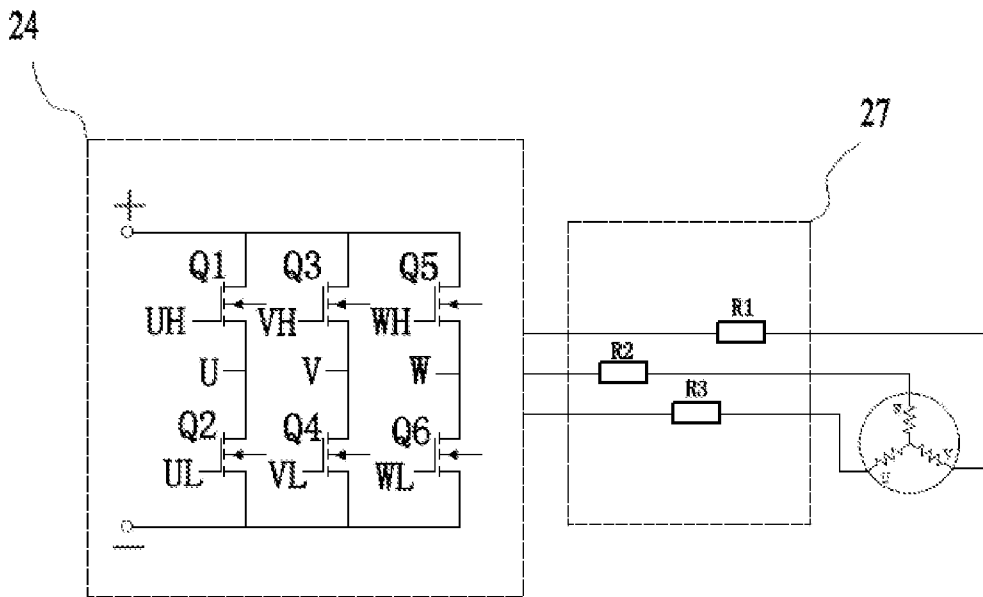


图 4

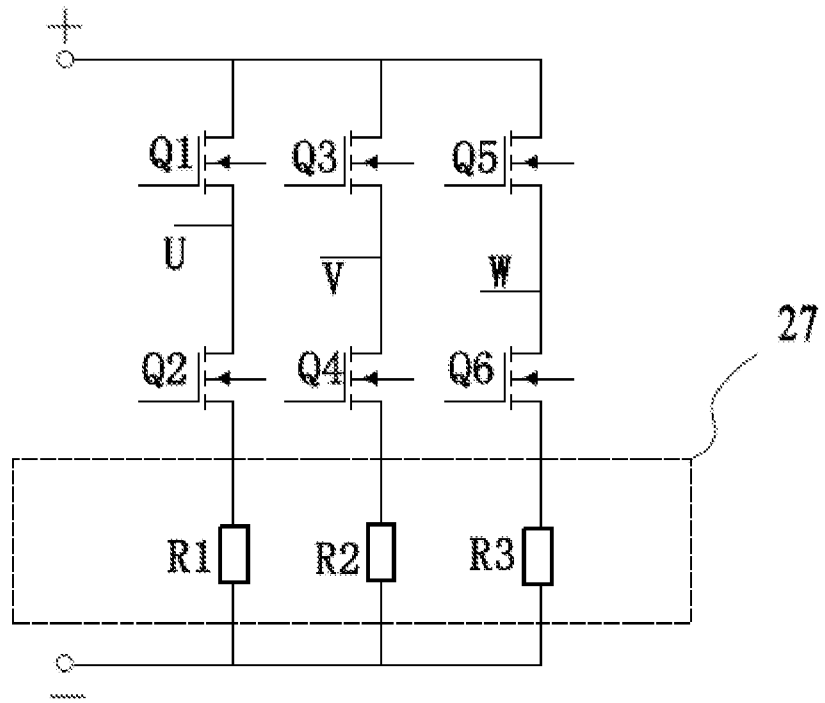


图 5

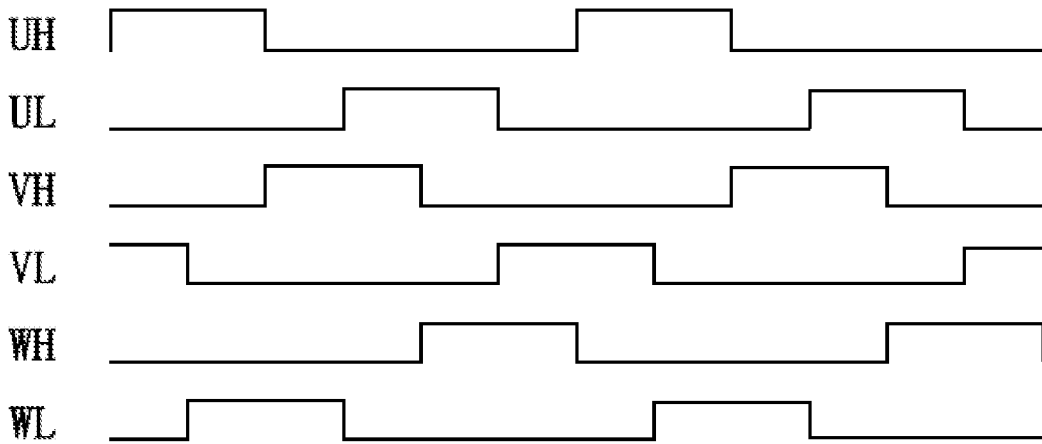


图 6

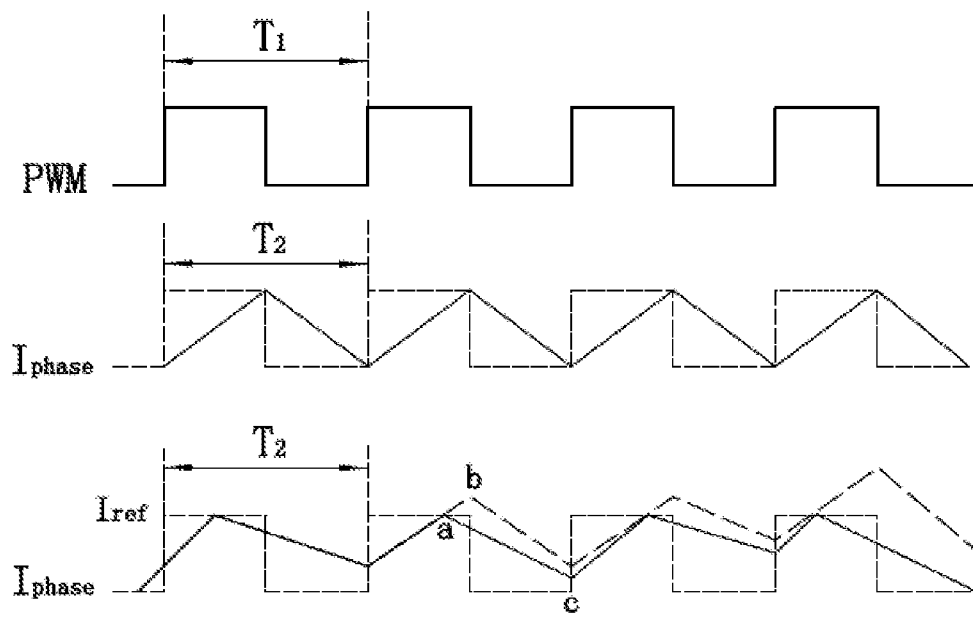


图 7

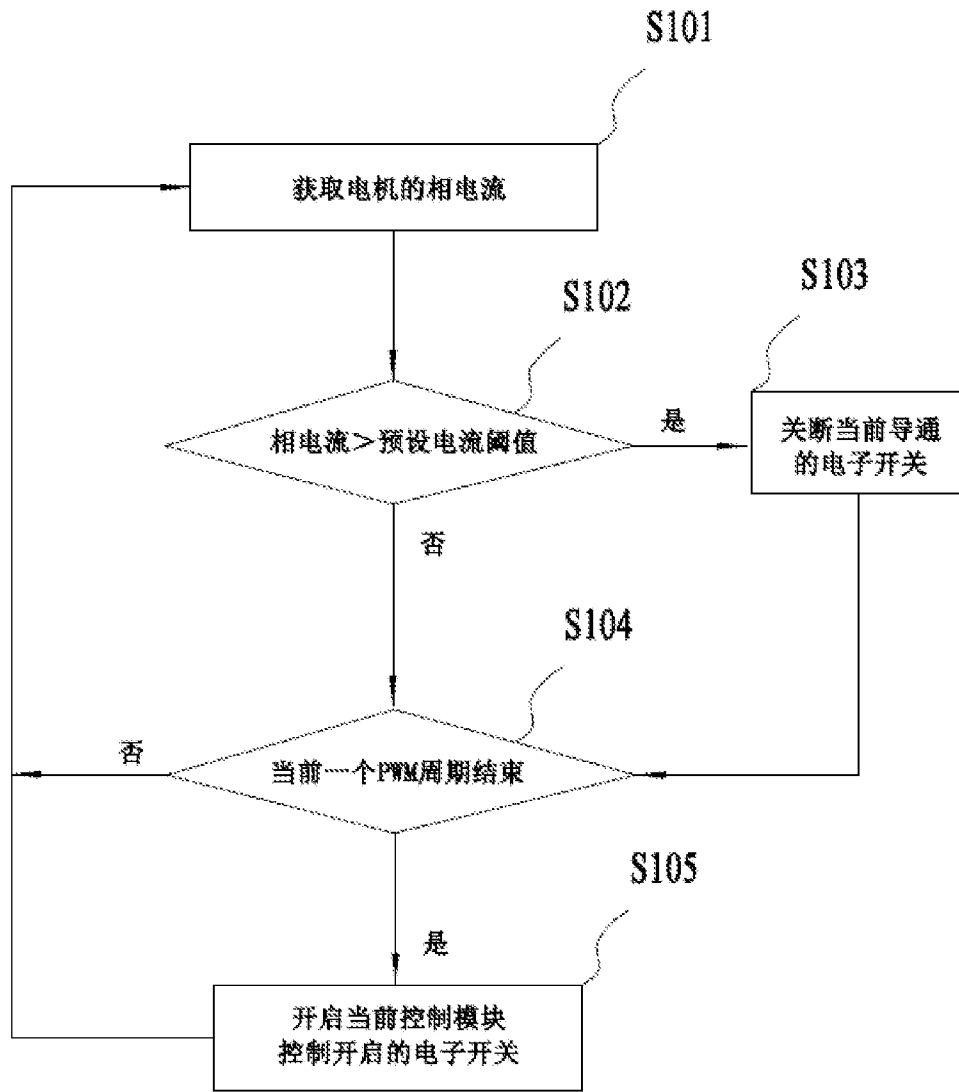


图 8

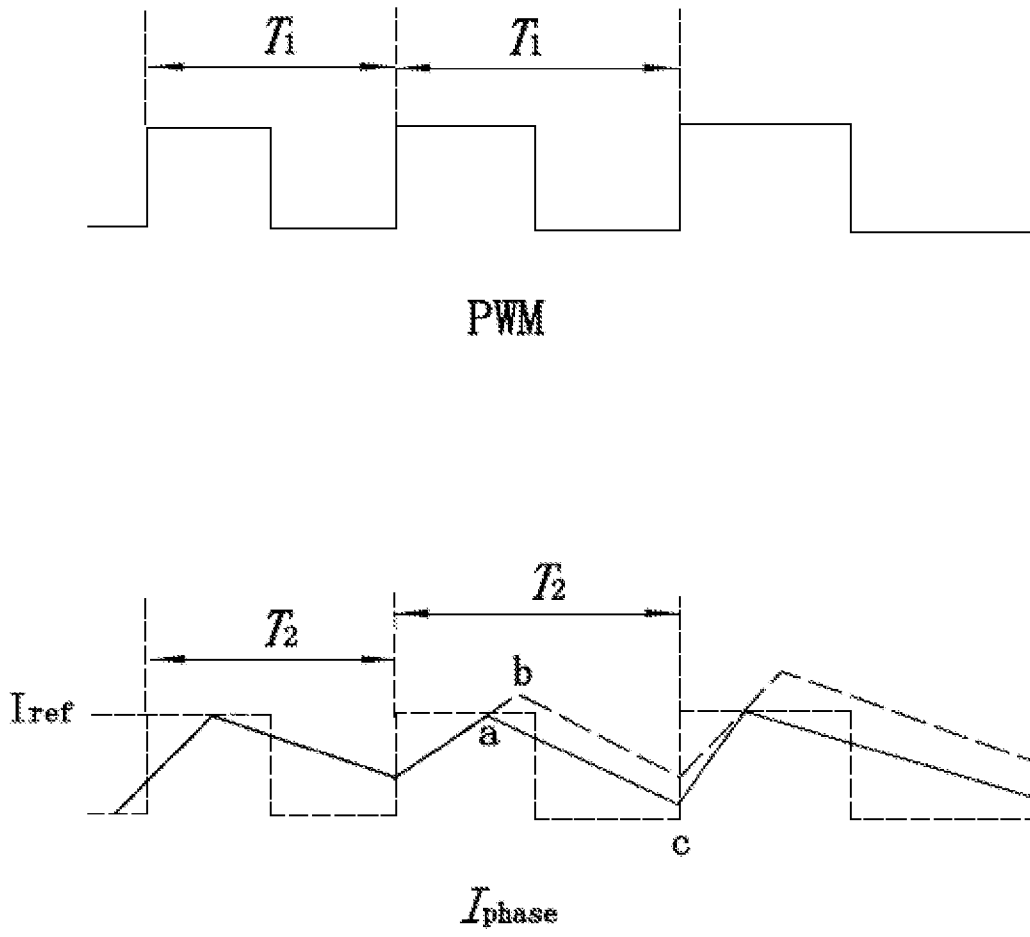


图 9

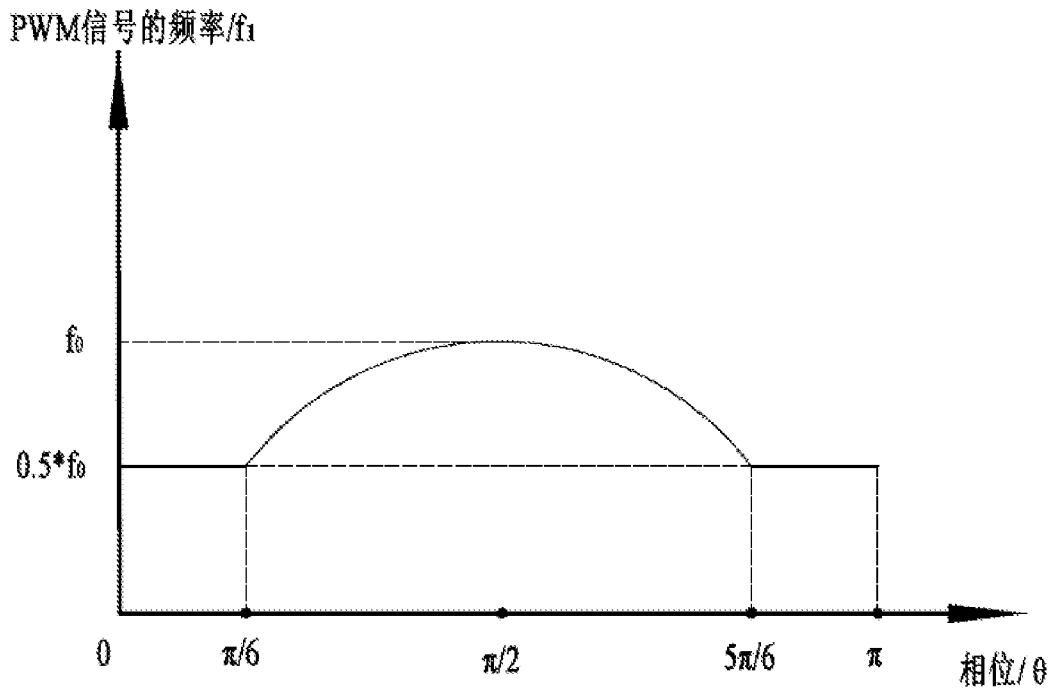


图 10

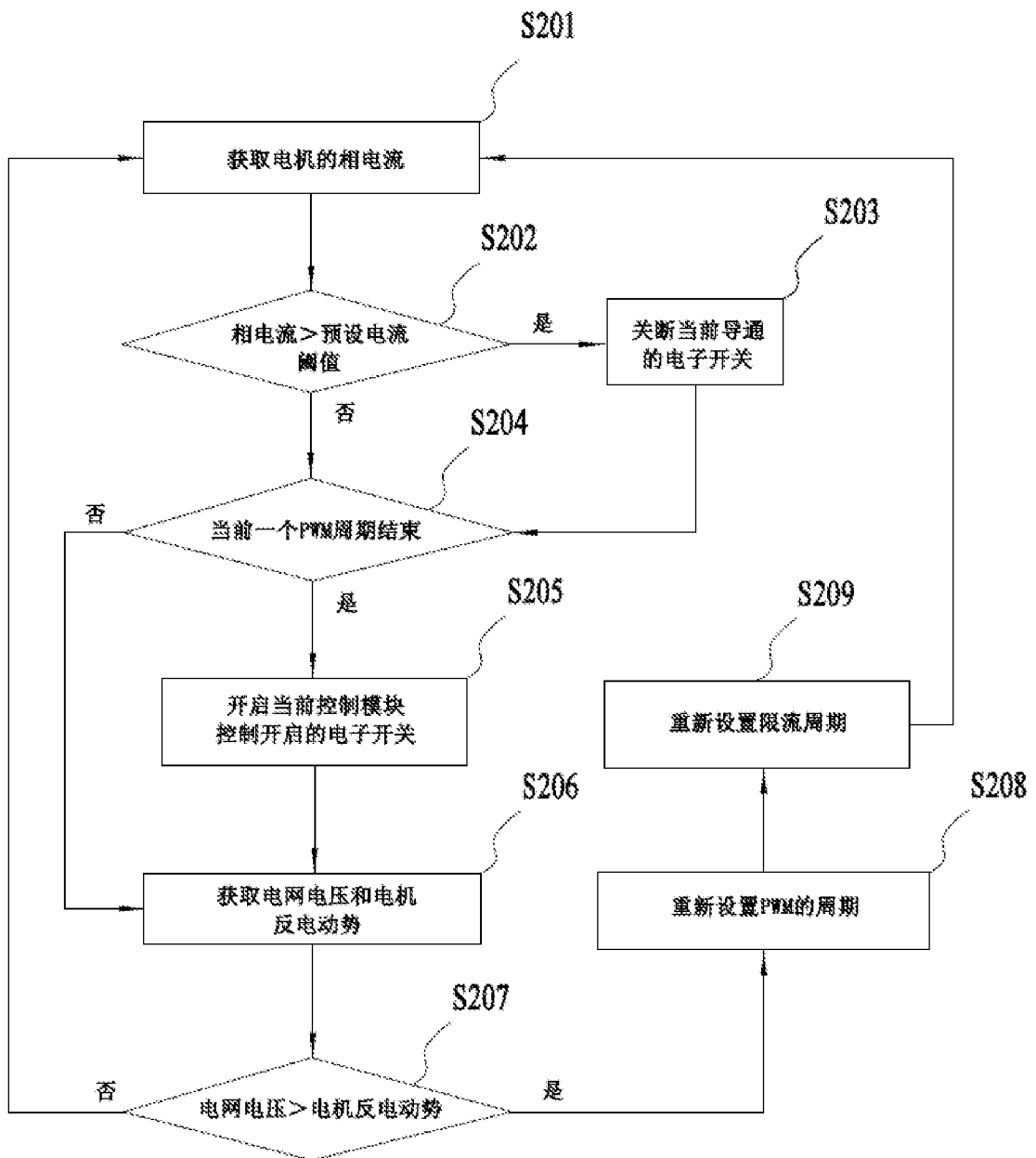


图 11

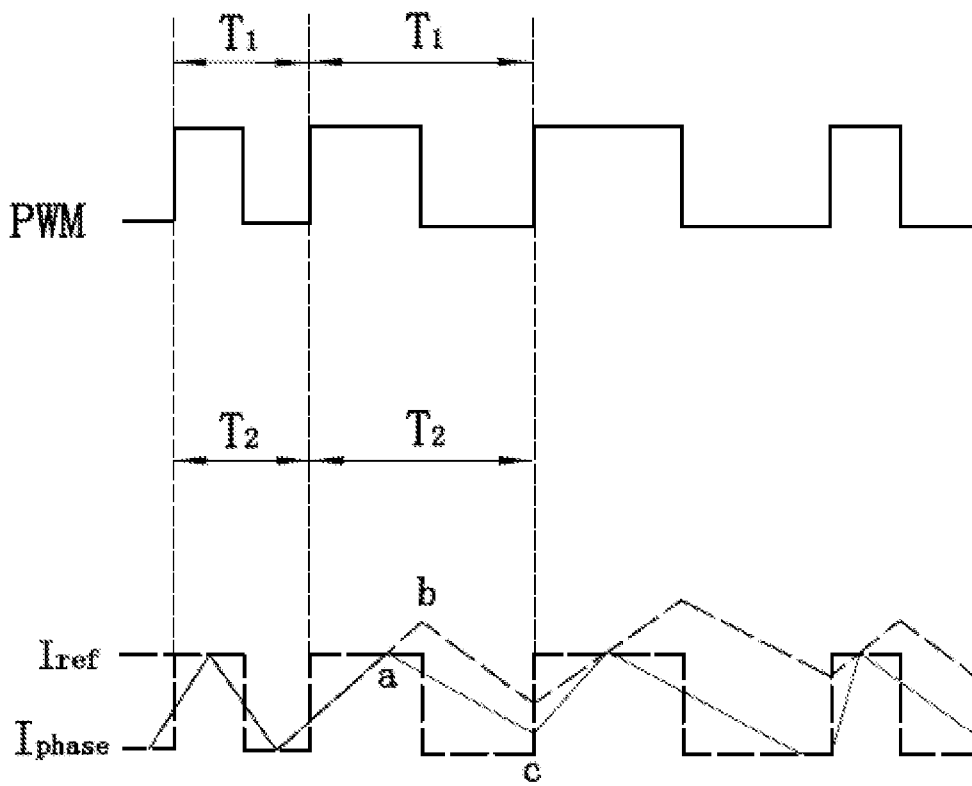


图 12

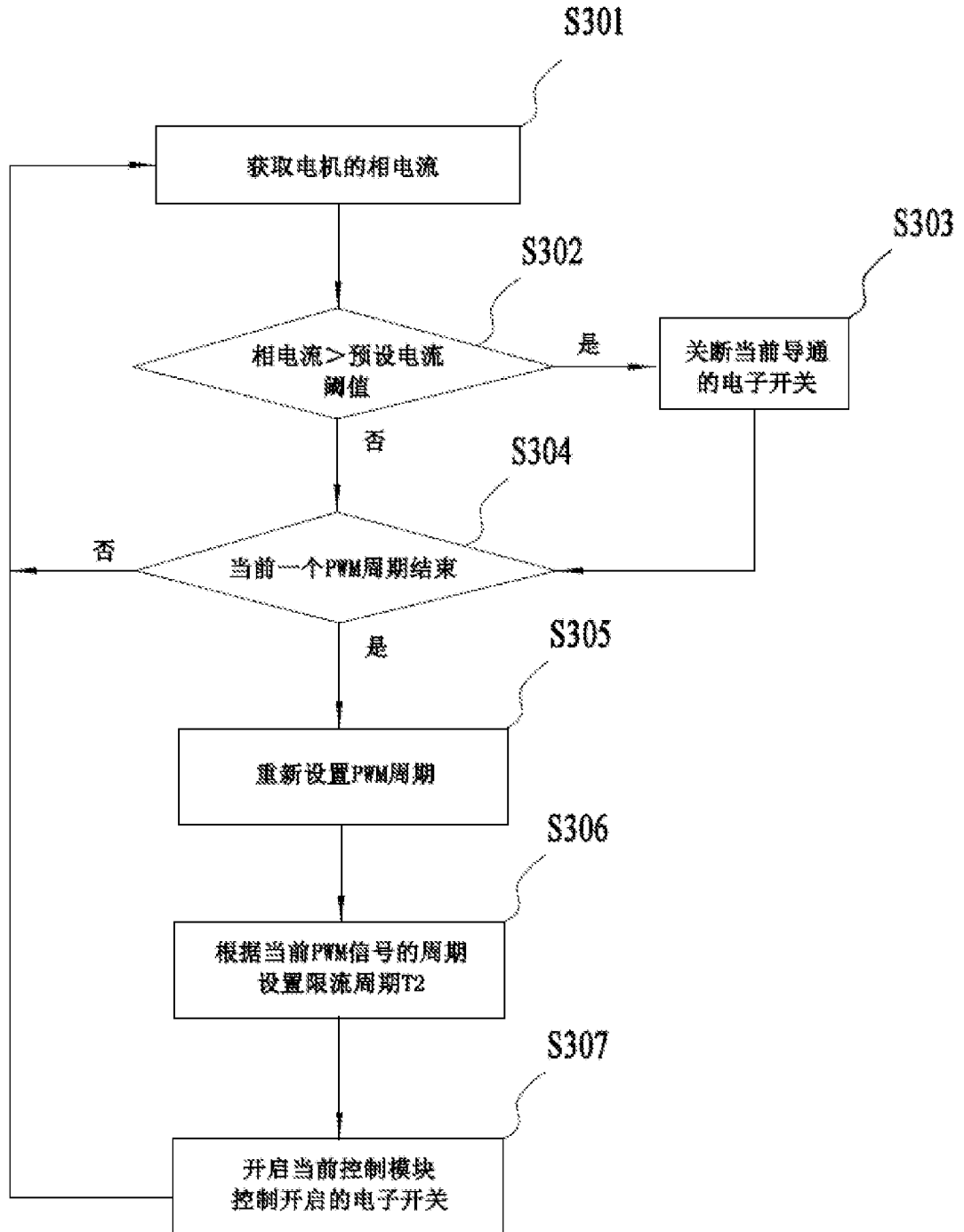


图 13

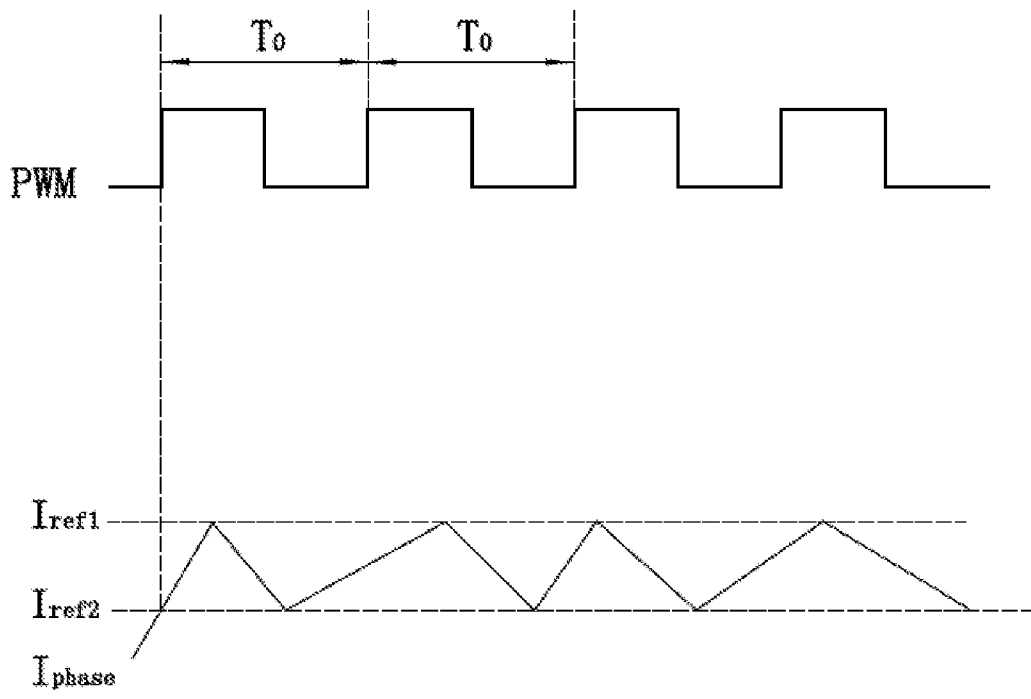


图 14

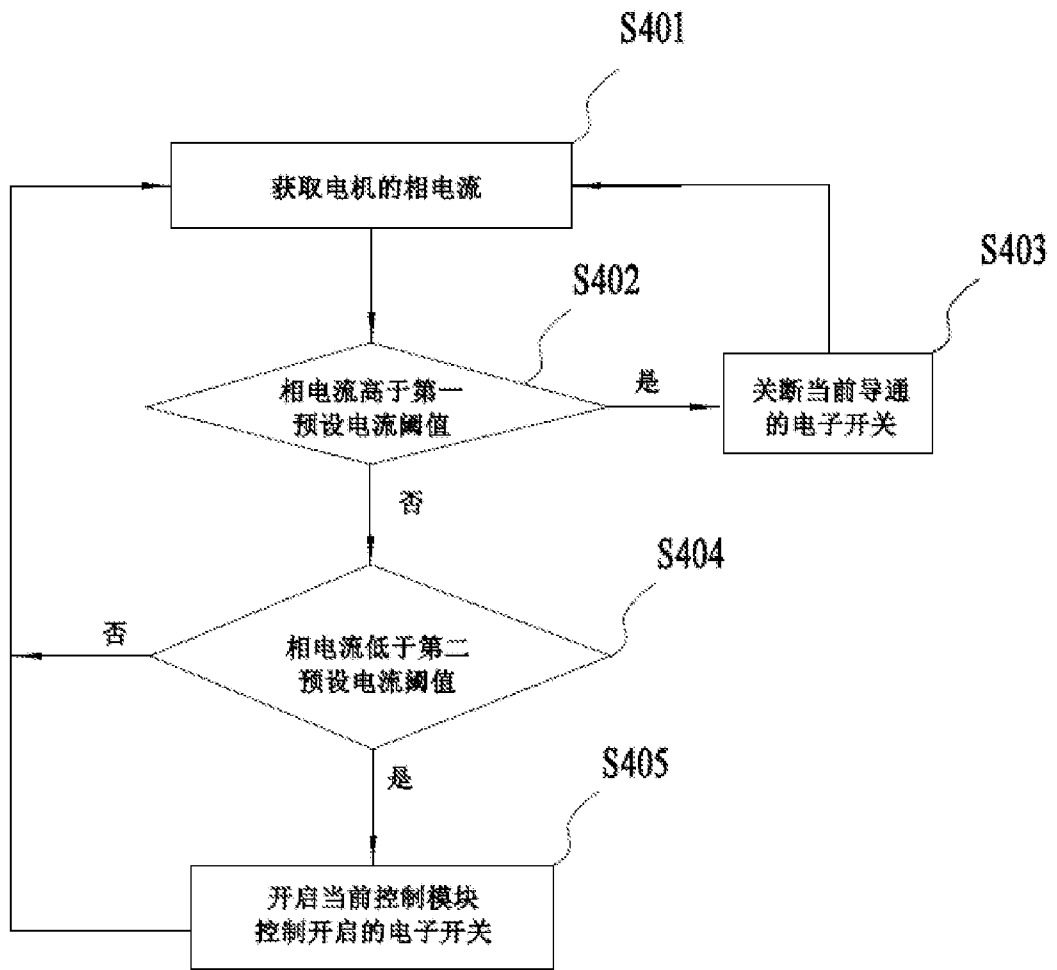


图 15

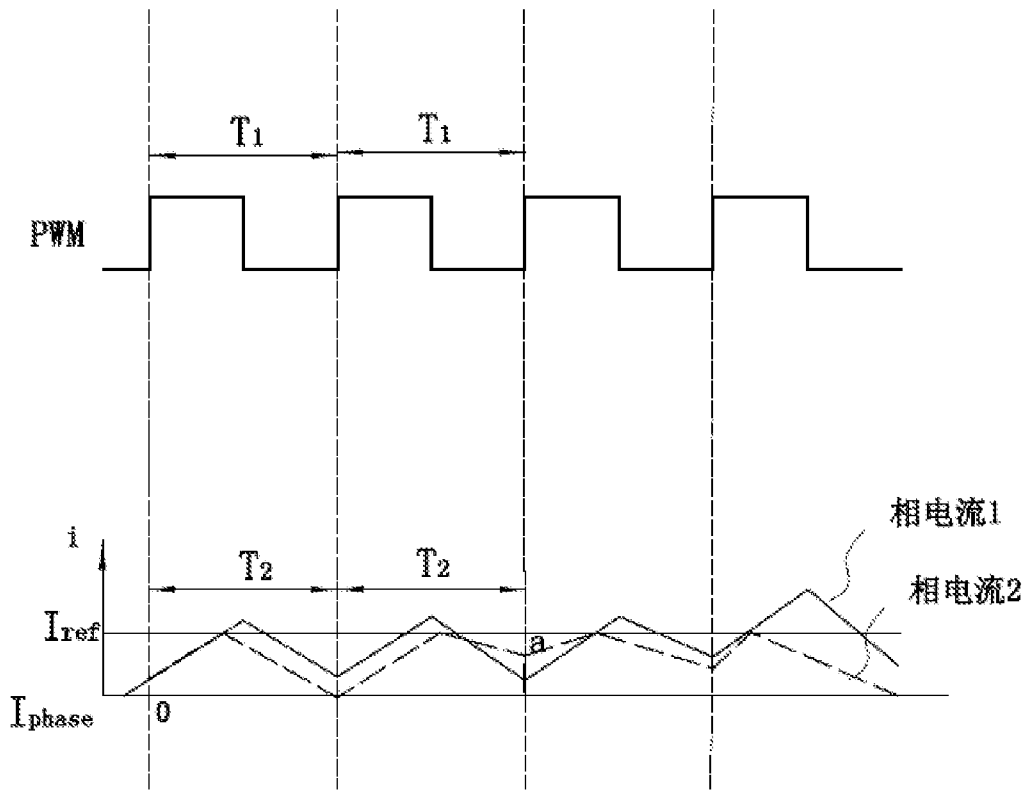


图 16

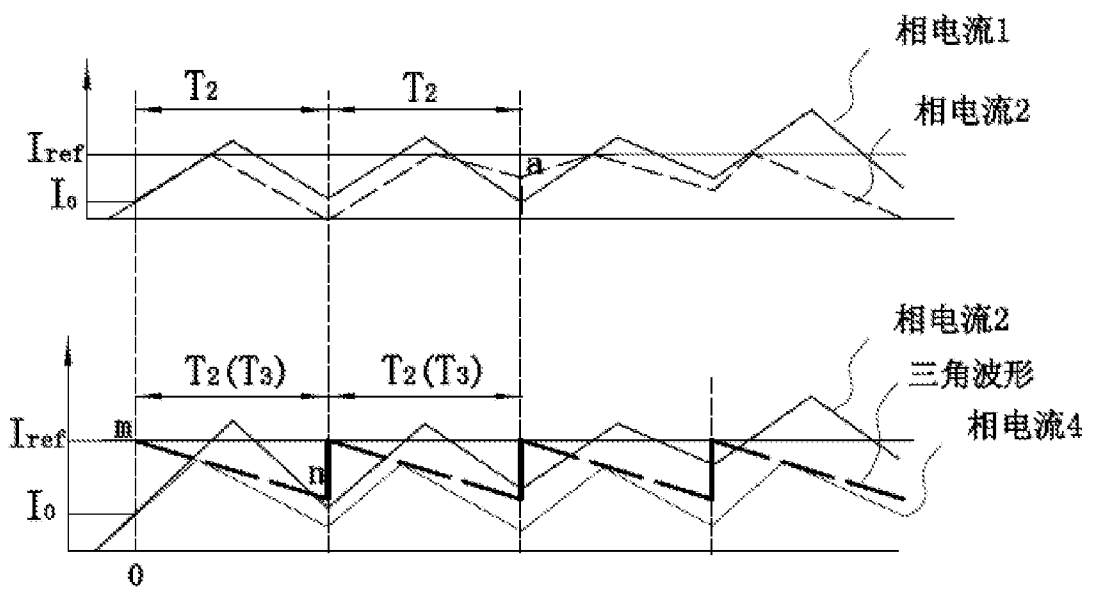


图 17a

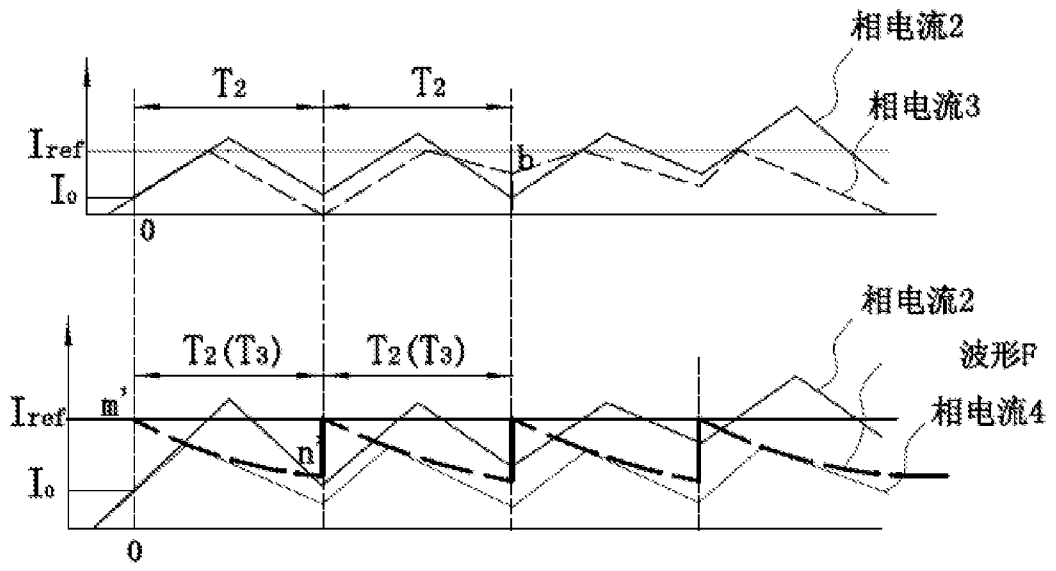


图 17b

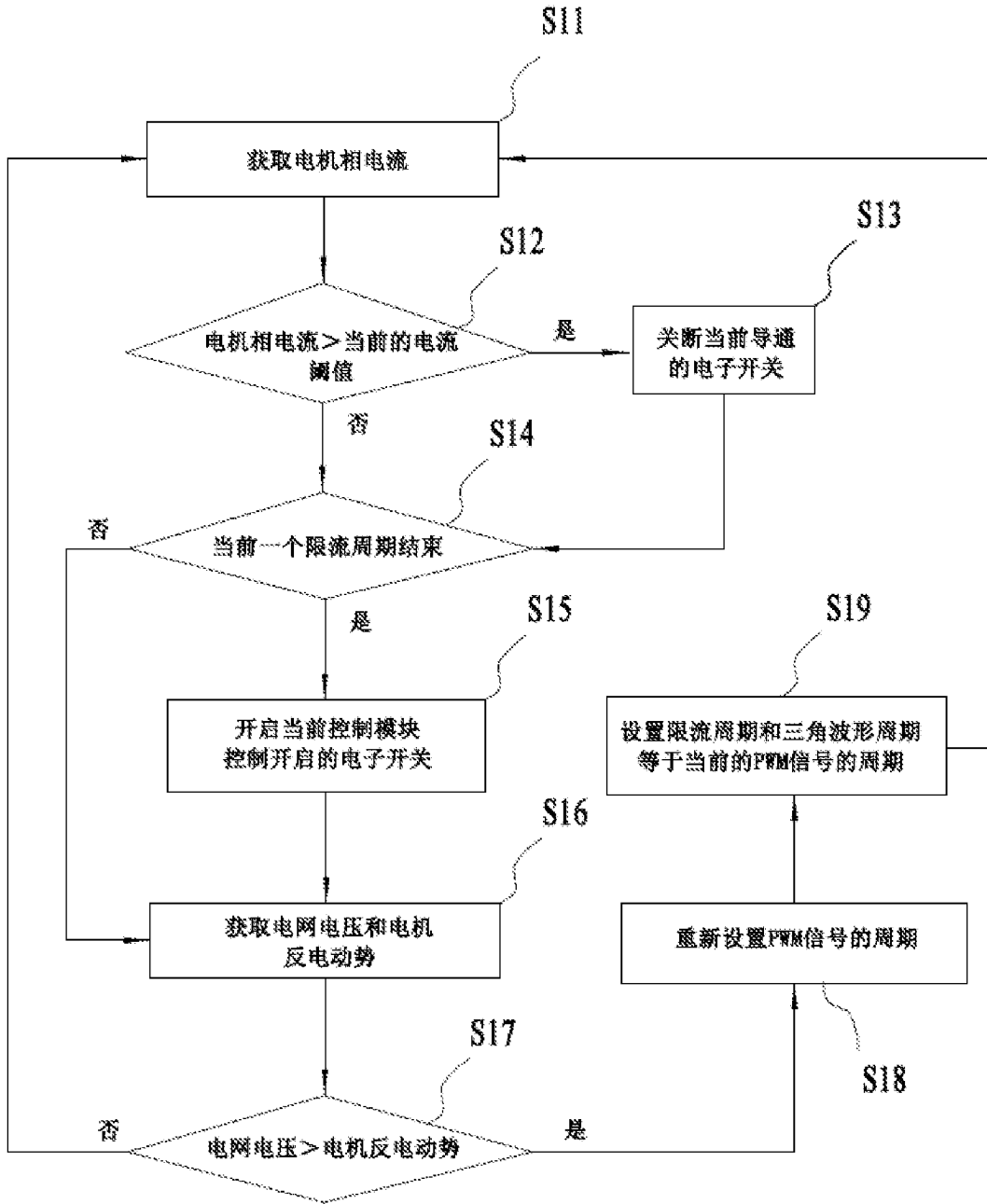


图 18

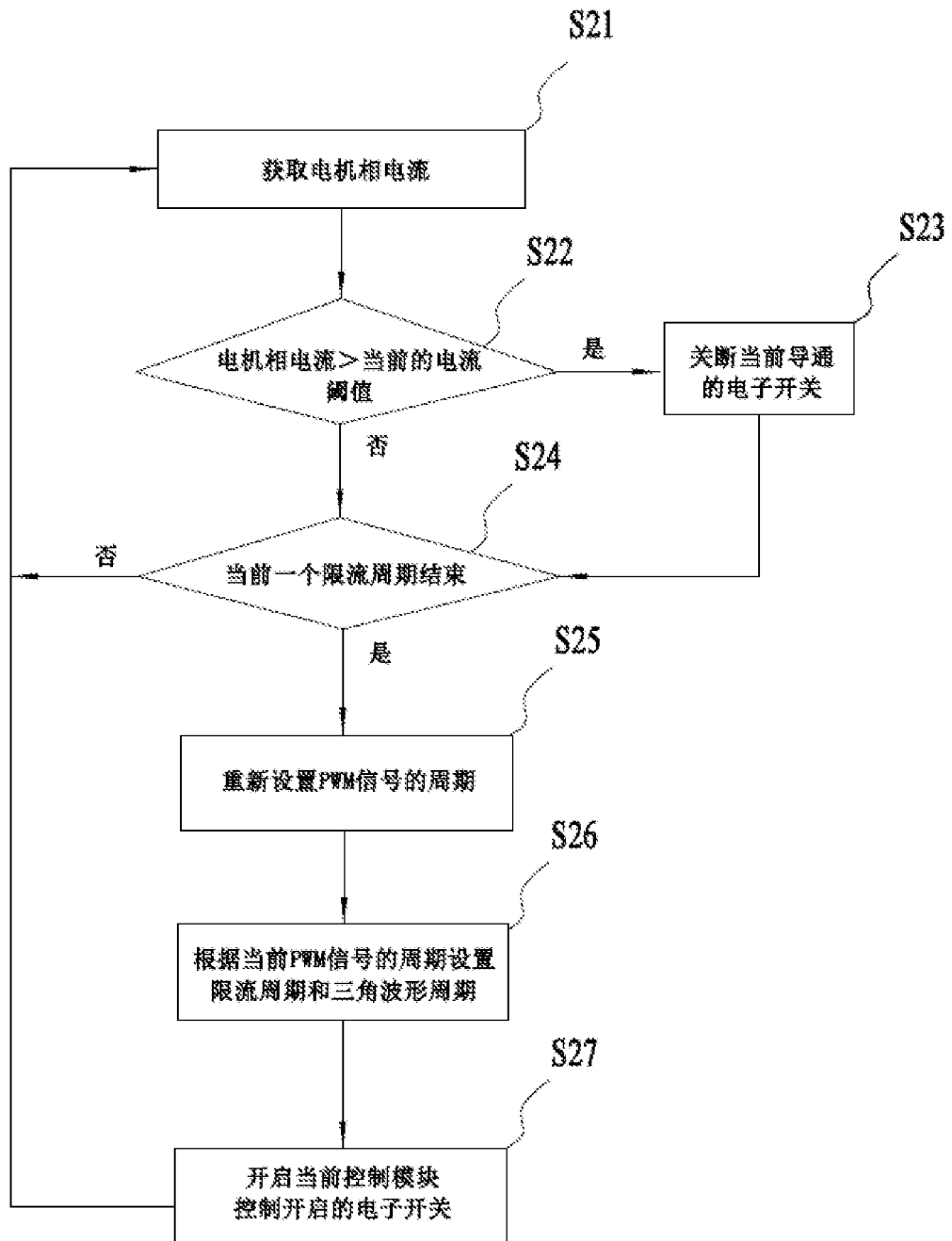


图 19

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/081177

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
H02P 6/28(2016.01)i; H02P 29/20(2016.01)i; H02H 7/08(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02P H02H		
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) CNTXT; SIPOABS; DWPI; USTXT; CNKI: 电动工具, 过流, 电流, 过大, 大于, 超过, 阈值, 预设, 给定, 断开, 关断, 占空比, 减小, 提前关断, 周期, 正态分布; electric tool, current, over, greater than, threshold, preset, advance, turn off, duty cycle, decrease, period, normal distribution		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2020162007 A1 (MILWAUKEE ELECTRIC TOOL CORP.) 21 May 2020 (2020-05-21) description, paragraphs [197]-[201], and figures 1-2 and 31	1-55
X	US 2008238370 A1 (CARRIER, D. A. et al.) 02 October 2008 (2008-10-02) description, paragraphs [71]-[73], and figures 1-3	1-55
X	CN 104302028 A (GUANGDONG MIDEA KITCHEN APPLIANCES MANUFACTURING CO., LTD. et al.) 21 January 2015 (2015-01-21) description, paragraphs [48]-[58], and figures 2-6	1-55
A	CN 102612224 A (HANGZHOU LETU PHOTOELECTRIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 25 July 2012 (2012-07-25) entire document	1-55
A	CN 112403405 A (SHENZHEN SMOORE TECHNOLOGY LIMITED) 26 February 2021 (2021-02-26) entire document	1-55
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>09 May 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>24 May 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/CN <b>China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China</b> Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2022/081177**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2020162007	A1	21 May 2020	TW	M576750	U	11 April 2019
				AU	2018306290	A1	06 February 2020
				CN	111133662	A	08 May 2020
				AU	2021206865	A1	12 August 2021
				EP	3659241	A1	03 June 2020
				WO	2019023379	A1	31 January 2019
				US	2019044110	A1	07 February 2019
				EP	3659241	A4	14 July 2021
US	2008238370	A1	02 October 2008	US	2010213900	A1	26 August 2010
				US	2011163701	A1	07 July 2011
				EP	1780867	A2	02 May 2007
				CN	201048140	Y	16 April 2008
				EP	1780867	A3	08 August 2007
				US	7728553	B2	01 June 2010
				US	7928692	B2	19 April 2011
				US	8093863	B2	10 January 2012
				EP	1780867	B1	30 November 2016
CN	104302028	A	21 January 2015	EP	3024299	A1	25 May 2016
				US	2016165669	A1	09 June 2016
				KR	20160027159	A	09 March 2016
				AU	2013394742	A1	11 February 2016
				WO	2015007014	A1	22 January 2015
				CA	2918488	A1	22 January 2015
				JP	2016525269	A	22 August 2016
				AU	2013394742	B2	02 February 2017
				IN	201637002537	A	01 July 2016
				EP	3024299	A4	29 March 2017
				CN	104302028	B	16 June 2017
				BR	112016000953	A2	25 July 2017
				JP	6174256	B2	02 August 2017
				KR	101778694	B1	14 September 2017
				CA	2918488	C	13 March 2018
US	10257889	B2	09 April 2019				
IN	326439	B	06 December 2019				
CN	102612224	A	25 July 2012	None			
CN	112403405	A	26 February 2021	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/081177

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H02P 6/28(2016.01)i; H02P 29/20(2016.01)i; H02H 7/08(2006.01)i</p> <p>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</p>																				
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H02P H02H</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNXTX;SIP0ABS;DWPI;USTXT;CNKI:电动工具, 过流, 电流, 过大, 大于, 超过, 阈值, 预设, 给定, 断开, 关断, 占空比, 减小, 提前关断, 周期, 正态分布; electric tool, current, over, greater than, threshold, preset, advance, turn off, duty cycle, decrease, period, normal distribution</p>																				
<p><b>C. 相关文件</b></p> <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>X</td> <td>US 2020162007 A1 (MILWAUKEE ELECTRIC TOOL CORP) 2020年5月21日 (2020 - 05 - 21) 说明书第[197]-[201]段及附图1-2、31</td> <td>1-55</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2008238370 A1 (CARRIER DAVID A等) 2008年10月2日 (2008 - 10 - 02) 说明书第[71]-[73]段及附图1-3</td> <td>1-55</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 104302028 A (广东美的厨房电器制造有限公司等) 2015年1月21日 (2015 - 01 - 21) 说明书第[48]-[58]段及附图2-6</td> <td>1-55</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102612224 A (杭州乐图光电科技有限公司) 2012年7月25日 (2012 - 07 - 25) 全文</td> <td>1-55</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 112403405 A (深圳麦克韦尔科技有限公司) 2021年2月26日 (2021 - 02 - 26) 全文</td> <td>1-55</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	X	US 2020162007 A1 (MILWAUKEE ELECTRIC TOOL CORP) 2020年5月21日 (2020 - 05 - 21) 说明书第[197]-[201]段及附图1-2、31	1-55	X	US 2008238370 A1 (CARRIER DAVID A等) 2008年10月2日 (2008 - 10 - 02) 说明书第[71]-[73]段及附图1-3	1-55	X	CN 104302028 A (广东美的厨房电器制造有限公司等) 2015年1月21日 (2015 - 01 - 21) 说明书第[48]-[58]段及附图2-6	1-55	A	CN 102612224 A (杭州乐图光电科技有限公司) 2012年7月25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-55	A	CN 112403405 A (深圳麦克韦尔科技有限公司) 2021年2月26日 (2021 - 02 - 26) 全文	1-55
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	US 2020162007 A1 (MILWAUKEE ELECTRIC TOOL CORP) 2020年5月21日 (2020 - 05 - 21) 说明书第[197]-[201]段及附图1-2、31	1-55																		
X	US 2008238370 A1 (CARRIER DAVID A等) 2008年10月2日 (2008 - 10 - 02) 说明书第[71]-[73]段及附图1-3	1-55																		
X	CN 104302028 A (广东美的厨房电器制造有限公司等) 2015年1月21日 (2015 - 01 - 21) 说明书第[48]-[58]段及附图2-6	1-55																		
A	CN 102612224 A (杭州乐图光电科技有限公司) 2012年7月25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-55																		
A	CN 112403405 A (深圳麦克韦尔科技有限公司) 2021年2月26日 (2021 - 02 - 26) 全文	1-55																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2022年5月9日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2022年5月24日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>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</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>王彦华</p> <p>电话号码 (86-27) 59371851</p>																		

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/081177

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)
US	2020162007	A1	2020年5月21日	TW	M576750	U	2019年4月11日
				AU	2018306290	A1	2020年2月6日
				CN	111133662	A	2020年5月8日
				AU	2021206865	A1	2021年8月12日
				EP	3659241	A1	2020年6月3日
				WO	2019023379	A1	2019年1月31日
				US	2019044110	A1	2019年2月7日
				EP	3659241	A4	2021年7月14日
US	2008238370	A1	2008年10月2日	US	2010213900	A1	2010年8月26日
				US	2011163701	A1	2011年7月7日
				EP	1780867	A2	2007年5月2日
				CN	201048140	Y	2008年4月16日
				EP	1780867	A3	2007年8月8日
				US	7728553	B2	2010年6月1日
				US	7928692	B2	2011年4月19日
				US	8093863	B2	2012年1月10日
EP	1780867	B1	2016年11月30日				
CN	104302028	A	2015年1月21日	EP	3024299	A1	2016年5月25日
				US	2016165669	A1	2016年6月9日
				KR	20160027159	A	2016年3月9日
				AU	2013394742	A1	2016年2月11日
				WO	2015007014	A1	2015年1月22日
				CA	2918488	A1	2015年1月22日
				JP	2016525269	A	2016年8月22日
				AU	2013394742	B2	2017年2月2日
				IN	201637002537	A	2016年7月1日
				EP	3024299	A4	2017年3月29日
				CN	104302028	B	2017年6月16日
				BR	112016000953	A2	2017年7月25日
				JP	6174256	B2	2017年8月2日
				KR	101778694	B1	2017年9月14日
CA	2918488	C	2018年3月13日				
US	10257889	B2	2019年4月9日				
IN	326439	B	2019年12月6日				
CN	102612224	A	2012年7月25日	无			
CN	112403405	A	2021年2月26日	无			