



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110350482 A

(43)申请公布日 2019.10.18

(21)申请号 201910630085.4

(22)申请日 2019.07.12

(71)申请人 四川虹美智能科技有限公司
地址 621050 四川省绵阳市涪城区九州大道303号

(72)发明人 任艳华 唐婷婷 王声纲 杨正朱
朱绯

(74)专利代理机构 济南信达专利事务所有限公司 37100
代理人 李世喆

(51)Int.Cl.
H02H 7/085(2006.01)

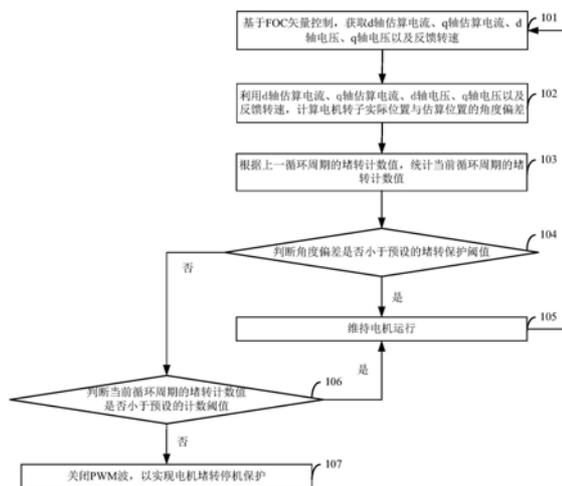
权利要求书3页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

电机堵转保护方法和装置

(57)摘要

本发明提供了一种电机堵转保护方法和装置,该电机堵转保护方法包括:循环执行下述N1至N4,直至电机停止运行;N1:基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速;N2:利用d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;N3:根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值;N4:当角度偏差不小于预设的堵转保护阈值,且当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时,关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护。本发明提供的方案能够更加有效地对电机进行堵转保护。



1. 电机堵转保护方法,其特征在于,包括:

循环执行下述N1至N4,直至所述电机停止运行;

N1:基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速;

N2:利用所述d轴估算电流、所述q轴估算电流、所述d轴电压、所述q轴电压以及所述反馈转速,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

N3:根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值;

N4:当所述角度偏差不小于预设的堵转保护阈值,且所述当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时,关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护。

2. 根据权利要求1所述的电机堵转保护方法,其特征在于,进一步包括:

预先存储各种型号对应的运行参数集;

确定所述电机的型号,并根据所述电机的型号,从所述各种型号对应的运行参数集中,选定目标运行参数集,其中,所述运行参数集中包括电机电阻、d轴电感、q轴电感以及预设的堵转保护阈值;

初始化所述目标运行参数集。

3. 根据权利要求1所述的电机堵转保护方法,其特征在于,所述基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压,包括:

采集电机的U、V、W三相电流;

利用FOC矢量控制算法中的CLARK变换和PARK变换,将所述三相电流转换为d轴估算电流、q轴估算电流;

将输入的q轴参考电流和所述q轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到q轴电压;

将输入的d轴参考电流和d轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到d轴电压。

4. 根据权利要求2所述的电机堵转保护方法,其特征在于,所述计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差,包括:

利用下述角度偏差计算公式,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

角度偏差计算公式:

$$\Delta\theta = \frac{U_d - R \times I_d - L_q \times I_q \times \omega}{U_q - R \times I_q - L_d \times I_d \times \omega}$$

其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; U_d 表征d轴电压; I_d 表征d轴估算电流; L_d 表征d轴电感; U_q 表征q轴电压; I_q 表征q轴估算电流; L_q 表征q轴电感; R 表征电机电阻; ω 表征反馈转速。

5. 根据权利要求1至4任一所述的电机堵转保护方法,其特征在于,所述根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值,包括:

当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$,且 $\text{Lockcount}_s = 0$,则 $\text{Lockcount}_d = 0$;

当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$,且 $\text{Lockcount}_s \neq 0$,则利用下述堵转计数公式组,计算当前循环周期的堵转计数值;

堵转计数公式组:

$$\begin{cases} Lockcount_s \leq L, Lockcount_d = 0 \\ Lockcount_s > L, Lockcount_d = Lockcount_s - L \end{cases}$$

其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征所述堵转保护阈值; $Lockcount_s$ 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; $Lockcount_d$ 表征所述当前循环周期的堵转计数值; L 表征堵转减值, L 为不小于1的正整数。

6. 根据权利要求5所述的电机堵转保护方法, 其特征在于, 所述 L 为不小于5的正整数。

7. 根据权利要求1至4任一所述的电机堵转保护方法, 其特征在于, 所述根据上一循环周期的堵转计数值, 统计当前循环周期的堵转计数值, 包括:

当 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$, 则利用下述堵转计数公式, 计算当前循环周期的堵转计数值;

堵转计数公式:

$$Lockcount_d = Lockcount_s + 1$$

其中, $Lockcount_s$ 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; $Lockcount_d$ 表征所述当前循环周期的堵转计数值;

和/或,

所述计数阈值为 $M = 100P$, 其中, M 表征所述堵转保护阈值; P 表征载频对应的数值。

8. 电机堵转保护装置, 其特征在于, 包括: 获取单元、偏差计算单元、统计单元以及控制单元, 其中,

所述获取单元, 用于基于FOC矢量控制, 获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速;

所述偏差计算单元, 用于利用所述获取单元获取到的所述d轴估算电流、所述q轴估算电流、所述d轴电压、所述q轴电压以及所述反馈转速, 计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

所述统计单元, 用于根据上一循环周期的堵转计数值, 统计当前循环周期的堵转计数值;

所述控制单元, 用于当所述偏差计算单元计算出的角度偏差不小于预设的堵转保护阈值, 且所述统计单元统计出的当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时, 关闭PWM波, 以实现电机堵转停机保护。

9. 根据权利要求8所述的电机堵转保护装置, 其特征在于, 进一步包括: 预处理单元, 其中,

所述预处理单元, 用于预先存储各种型号对应的运行参数集; 确定所述电机的型号, 并根据所述电机的型号, 从所述各种型号对应的运行参数集中, 选定目标运行参数集, 其中, 所述运行参数集中包括电机电阻、d轴电感、q轴电感以及预设的堵转保护阈值; 初始化所述目标运行参数集;

所述偏差计算单元, 用于利用下述角度偏差计算公式, 计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

角度偏差计算公式:

$$\Delta\theta = \frac{U_d - R \times I_d - L_q \times I_q \times \omega}{U_q - R \times I_q - L_d \times I_d \times \omega}$$

其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; U_d 表征d轴电压; I_d 表征d轴估算电流; L_d 表征d轴电感; U_q 表征q轴电压; I_q 表征q轴估算电流; L_q 表征q轴电感; R 表征电机电阻; ω 表征反馈转速。

10. 根据权利要求8或9所述的电机堵转保护装置, 其特征在于,

所述获取单元, 用于采集电机的U、V、W三相电流; 利用FOC矢量控制算法中的CLARK变换和PARK变换, 将所述三相电流转换为d轴估算电流、q轴估算电流; 将输入的q轴参考电流和所述q轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到q轴电压; 将输入的d轴参考电流和d轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到d轴电压;

和/或,

所述统计单元, 用于当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\text{Lockcount}_s = 0$, 则 $\text{Lockcount}_d = 0$;

当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\text{Lockcount}_s \neq 0$, 则利用下述堵转计数公式组, 计算当前循环周期的堵转计数值;

堵转计数公式组:

$$\begin{cases} \text{Lockcount}_s \leq L, \text{Lockcount}_d = 0 \\ \text{Lockcount}_s > L, \text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s - L \end{cases}$$

其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征所述堵转保护阈值; Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值; L 表征堵转减值, L 为不小于1的正整数;

当 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$, 则下述堵转计数公式, 计算当前循环周期的堵转计数值;

堵转计数公式:

$$\text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s + 1$$

其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征所述堵转保护阈值; Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值。

电机堵转保护方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及设备控制技术领域,特别涉及一种电机堵转保护方法和装置。

背景技术

[0002] 对于像冰箱、洗衣机等依靠电机驱动运行的电器设备来说,在电机启动或运行过程中,可能由于电机控制算法错误、参数选择不合理、外部作用力、电机负载过大等因素造成电机机械卡死、振动大、电机退磁等。而电机机械卡死、振动大、电机退磁等会造成电机堵转,电机堵转时间过长将导致电机毁坏。

[0003] 目前,电机堵转保护方法主要采用的是将工作电压值与发波电压阈值进行比较,若工作电压值小于发波电压阈值与预设系数乘积的最小值,则判定电机发生堵转,以作为停止电机运行的标准之一。现有的这种电机堵转保护方法仅从电压的特征进行堵转保护判定。由于电机堵转会影响电压、电流以及转速,而仅通过电压判断电机是否发生堵转使得电机堵转误判的概率比较大。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供了一种电机堵转保护方法和装置,能够更加有效地对电机进行堵转保护。

[0005] 电机堵转保护方法,包括:

[0006] 循环执行下述N1至N4,直至所述电机停止运行;

[0007] N1:基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速;

[0008] N2:利用所述d轴估算电流、所述q轴估算电流、所述d轴电压、所述q轴电压以及所述反馈转速,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

[0009] N3:根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值;

[0010] N4:当所述角度偏差不小于预设的堵转保护阈值,且所述当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时,关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护。

[0011] 优选地,上述电机堵转保护方法,进一步包括:

[0012] 预先存储各种型号对应的运行参数集;

[0013] 确定所述电机的型号,并根据所述电机的型号,从所述各种型号对应的运行参数集中,选定目标运行参数集,其中,所述运行参数集中包括电机电阻、d轴电感、q轴电感以及预设的堵转保护阈值;

[0014] 初始化所述目标运行参数集。

[0015] 优选地,所述基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压,包括:

[0016] 采集电机的U、V、W三相电流;

[0017] 利用FOC矢量控制算法中的CLARK变换和PARK变换,将所述三相电流转换为d轴估

算电流、q轴估算电流；

[0018] 将输入的q轴参考电流和所述q轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到q轴电压；

[0019] 将输入的d轴参考电流和d轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到d轴电压。

[0020] 优选地,所述计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差,包括:

[0021] 利用下述角度偏差计算公式,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

[0022] 角度偏差计算公式:

$$[0023] \quad \Delta\theta = \frac{U_d - R \times I_d - L_q \times I_q \times \omega}{U_q - R \times I_q - L_d \times I_d \times \omega}$$

[0024] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; U_d 表征d轴电压; I_d 表征d轴估算电流; L_d 表征d轴电感; U_q 表征q轴电压; I_q 表征q轴估算电流; L_q 表征q轴电感; R 表征电机电阻; ω 表征反馈转速。

[0025] 优选地,所述根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值,包括:

[0026] 当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$,且 $\text{Lockcount}_s = 0$,则 $\text{Lockcount}_d = 0$;

[0027] 当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$,且 $\text{Lockcount}_s \neq 0$,则利用下述堵转计数公式组,计算当前循环周期的堵转计数值;

[0028] 堵转计数公式组:

$$[0029] \quad \begin{cases} \text{Lockcount}_s \leq L, \text{Lockcount}_d = 0 \\ \text{Lockcount}_s > L, \text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s - L \end{cases}$$

[0030] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征所述堵转保护阈值; Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值; L 表征堵转减值, L 为不小于1的正整数。

[0031] 优选地,

[0032] 所述 L 为不小于5的正整数。

[0033] 优选地,所述根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值,包括:

[0034] 当 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$,则利用下述堵转计数公式,计算当前循环周期的堵转计数值;

[0035] 堵转计数公式:

[0036] $\text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s + 1$

[0037] 其中, Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值。

[0038] 优选地,

[0039] 所述计数阈值为 $M = 100P$,其中, M 表征所述堵转保护阈值; P 表征载频对应的数值。

[0040] 电机堵转保护装置,包括:获取单元、偏差计算单元、统计单元以及控制单元,其中,

[0041] 所述获取单元,用于基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、

q轴电压以及反馈转速；

[0042] 所述偏差计算单元,用于利用所述获取单元获取到的所述d轴估算电流、所述q轴估算电流、所述d轴电压、所述q轴电压以及所述反馈转速,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差；

[0043] 所述统计单元,用于根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值；

[0044] 所述控制单元,用于当所述偏差计算单元计算出的角度偏差不小于预设的堵转保护阈值,且所述统计单元统计出的当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时,关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护。

[0045] 优选地,上述电机堵转保护装置,进一步包括:预处理单元,其中,

[0046] 所述预处理单元,用于预先存储各种型号对应的运行参数集;确定所述电机的型号,并根据所述电机的型号,从所述各种型号对应的运行参数集中,选定目标运行参数集,其中,所述运行参数集中包括电机电阻、d轴电感、q轴电感以及预设的堵转保护阈值;初始化所述目标运行参数集；

[0047] 所述偏差计算单元,用于利用下述角度偏差计算公式,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差；

[0048] 角度偏差计算公式：

$$[0049] \quad \Delta\theta = \frac{U_d - R \times I_d - L_q \times I_q \times w}{U_q - R \times I_q - L_d \times I_d \times w}$$

[0050] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; U_d 表征d轴电压; I_d 表征d轴估算电流; L_d 表征d轴电感; U_q 表征q轴电压; I_q 表征q轴估算电流; L_q 表征q轴电感; R 表征电机电阻; w 表征反馈转速。

[0051] 优选地,

[0052] 所述获取单元,用于采集电机的U、V、W三相电流;利用FOC矢量控制算法中的CLARK变换和PARK变换,将所述三相电流转换为d轴估算电流、q轴估算电流;将输入的q轴参考电流和所述q轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到q轴电压;将输入的d轴参考电流和d轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到d轴电压。

[0053] 优选地,

[0054] 所述统计单元,用于当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$,且 $\text{Lockcount}_s = 0$,则 $\text{Lockcount}_d = 0$;

[0055] 当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$,且 $\text{Lockcount}_s \neq 0$,则利用下述堵转计数公式组,计算当前循环周期的堵转计数值；

[0056] 堵转计数公式组：

$$[0057] \quad \begin{cases} \text{Lockcount}_s \leq L, \text{Lockcount}_d = 0 \\ \text{Lockcount}_s > L, \text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s - L \end{cases}$$

[0058] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征所述堵转保护阈值; Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值; L 表征堵转减值, L 为不小于1的正整数；

[0059] 当 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$,则下述堵转计数公式,计算当前循环周期的堵转计数值；

[0060] 堵转计数公式：

[0061] $Lockcount_d = Lockcount_s + 1$

[0062] 其中， $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差； $\theta_{threshold}$ 表征所述堵转保护阈值； $Lockcount_s$ 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值； $Lockcount_d$ 表征所述当前循环周期的堵转计数值。

[0063] 本发明实施例提供了一种电机堵转保护方法和装置，该电机堵转保护方法，通过循环执行N1至N4，直至电机停止运行；N1：基于FOC矢量控制，获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速；N2：利用d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速，计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差；N3：根据上一循环周期的堵转计数值，统计当前循环周期的堵转计数值；N4：当角度偏差不小于预设的堵转保护阈值，且当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时，关闭PWM波，以实现电机堵转停机保护，由于电机堵转是由角度偏差和堵转计数值共同决定的，而角度偏差是由d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速计算获得的，使得该角度偏差更能准确的反映电机堵转情况，因此，本发明提供的方案能够更加有效地对电机进行堵转保护。

附图说明

[0064] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0065] 图1是本发明一个实施例提供的电机堵转保护方法的流程图；

[0066] 图2是本发明另一个实施例提供的FOC矢量控制图；

[0067] 图3是本发明一个实施例提供的电机堵转保护方法的流程图；

[0068] 图4是本发明一个实施例提供的一种电机堵转保护装置的结构示意图；

[0069] 图5是本发明一个实施例提供的一种电机堵转保护装置的结构示意图。

具体实施方式

[0070] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例，基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0071] 如图1所示，本发明实施例提供了一种电机堵转保护方法，应用于驱动器，该方法可以包括以下步骤：

[0072] 步骤101：基于FOC矢量控制，获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速；

[0073] 步骤102：利用d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速，计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差；

[0074] 步骤103：根据上一循环周期的堵转计数值，统计当前循环周期的堵转计数值；

[0075] 步骤104：判断角度偏差是否小于预设的堵转保护阈值，如果是，则执行步骤105；

否则,执行步骤106;

[0076] 步骤105:维持电机运行,并执行步骤101;

[0077] 步骤106:判断当前循环周期的堵转计数值是否小于预设的计数阈值,如果是,则执行步骤105;否则,执行步骤107;

[0078] 步骤107:关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护,并结束循环。

[0079] 在图1所示的实施例中,通过循环执行:基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速;利用d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值;当角度偏差不小于预设的堵转保护阈值,且当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时,关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护,由于电机堵转是由角度偏差和堵转计数值共同决定的,而角度偏差是由d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速计算获得的,使得该角度偏差更能准确的反映电机堵转情况,因此,本发明提供的方案能够更加有效地对电机进行堵转保护。

[0080] 上述关闭PWM波是指停止为电机输入PWM波。

[0081] 另外,上述电机为永磁同步电机。

[0082] FOC矢量控制为利用图2所示的FOC矢量控制图实现对电机的控制。

[0083] 则基于图2所示的FOC矢量控制图,上述步骤101的一种具体实施方式为:采集电机的U、V、W三相电流;利用FOC矢量控制算法中的CLARK变换和PARK变换,将三相电流转换为d轴估算电流、q轴估算电流;将输入的q轴参考电流和q轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到q轴电压;将输入的d轴参考电流和d轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到d轴电压。也就是说,U、V、W三相电流经过CLARK坐标变换成为两相电流分别为 I_α 和 I_β 。 I_α 和 I_β 经过PARK坐标变换成为d轴估算电流 I_d 和q轴估算电流 I_q 。将d轴参考电流和d轴估算电流经过PI调节得到d轴电压;q轴参考电流和q轴估算电流经过PI调节得到q轴电压。d轴电压和q轴电压经过Park反变换得到 U_α 和 U_β , U_α 和 U_β 经过SVPWM算法以及三相逆变器,为电机输入U、V、W三相电流。电流限制模块和电压限制模块则是为了能够使估算电流和电压位于允许范围内,避免进入电机的电流过大或过小。

[0084] 在图2中, ω^* 表征给定转速, I_d^* 表征d轴参考电流, I_q^* 表征q轴参考电流, V_d 表征d轴电压; V_q 表征q轴电压; ω 表征反馈转速,该反馈转速是速度估算单元利用位置估算单元估算出的电机转子估算位置 θ 估算出的。

[0085] 另外,上述电机堵转保护方法进一步包括:预先存储各种型号对应的运行参数集;确定电机的型号,并根据电机的型号,从各种型号对应的运行参数集中,选定目标运行参数集,其中,运行参数集中包括电机电阻、d轴电感、q轴电感以及预设的堵转保护阈值;初始化目标运行参数集。该流程能够满足各种型号电机的需求。

[0086] 在本发明另一实施例中,上述计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差的具体实施方式可包括:利用下述角度偏差计算公式,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

[0087] 角度偏差计算公式:

$$[0088] \quad \Delta\theta = \frac{U_d - R \times I_d - L_q \times I_q \times \omega}{U_q - R \times I_q - L_d \times I_d \times \omega}$$

[0089] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; U_d 表征d轴电压; I_d 表征d轴估算电流; L_d 表征d轴电感; U_q 表征q轴电压; I_q 表征q轴估算电流; L_q 表征q轴电感; R 表征电机电阻; ω 表征反馈转速。

[0090] 在本发明另一实施例中, 上述根据上一循环周期的堵转计数值, 统计当前循环周期的堵转计数值可分为三种情况。

[0091] 第一种情况为 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\text{Lockcount}_s = 0$; $\Delta\theta$ 电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征堵转保护阈值; Lockcount_s 表征当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值;

[0092] 第二种情况为 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\text{Lockcount}_s \neq 0$; $\Delta\theta$ 电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征堵转保护阈值; Lockcount_s 表征当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值;

[0093] 第三种情况为 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$, $\Delta\theta$ 电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征堵转保护阈值。

[0094] 针对第一种情况, $\text{Lockcount}_d = 0$, Lockcount_d 表征当前循环周期的堵转计数值。

[0095] 针对第二种情况, 利用下述堵转计数公式组, 计算当前循环周期的堵转计数值;

[0096] 堵转计数公式组:

$$[0097] \quad \begin{cases} \text{Lockcount}_s \leq L, \text{Lockcount}_d = 0 \\ \text{Lockcount}_s > L, \text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s - L \end{cases}$$

[0098] 其中, Lockcount_s 表征当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征当前循环周期的堵转计数值; L 表征堵转减值, L 为不小于1的正整数。比较优选地, L 为不小于5的正整数。

[0099] 针对第三种情况, 利用下述堵转计数公式, 计算当前循环周期的堵转计数值;

[0100] 堵转计数公式:

$$[0101] \quad \text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s + 1$$

[0102] 其中, Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值。

[0103] 另外, 针对上述第三种情况来说, 在满足 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$ 的前提下, 同时需满足 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$ 持续保持100ms。

[0104] 为了能够使计数阈值比较准确的限定电机堵转, 按照载频设置计数阈值, 在本发明另一实施例中, 上述计数阈值为 $M = 100P$, 其中, M 表征堵转保护阈值; P 表征载频对应的数值。

[0105] 另外, 为了保证堵转保护阈值比较精确, 针对冰箱上的电机来说, 当电机转速不大于1800转/min时, 堵转保护阈值为1000; 当电机转速大于1800转/min且不大于2400转/min时, 堵转保护阈值为1500; 当电机转速大于2400转/min且不大于3000转/min时, 堵转保护阈值为3000; 当电机转速大于3000转/min时, 堵转保护阈值为4000。

[0106] 在电机堵转保护过程中的具体操作可如图3所示, 包括如下步骤:

[0107] 步骤300:预先存储各种型号对应的运行参数集;

[0108] 步骤301:确定电机的型号,并根据电机的型号,从各种型号对应的运行参数集中,选定目标运行参数集,其中,运行参数集中包括电机电阻、d轴电感、q轴电感以及预设的堵转保护阈值;

[0109] 步骤302:初始化目标运行参数集,并初始化计数值为0;

[0110] 上述步骤301的执行过程是电机初次运行时执行,在后续运行时可以直接执行步骤302,实现启动电机。

[0111] 步骤303:采集电机的U、V、W三相电流;

[0112] 步骤304:利用FOC矢量控制算法中的CLARK变换和PARK变换,将三相电流转换为d轴估算电流、q轴估算电流;

[0113] 步骤305:将输入的q轴参考电流和q轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到q轴电压;

[0114] 步骤306:将输入的d轴参考电流和d轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到d轴电压;

[0115] 步骤307:利用d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

[0116] 该步骤计算角度偏差的具体实施方式为利用下述角度偏差计算公式,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

[0117] 角度偏差计算公式:

$$[0118] \quad \Delta\theta = \frac{U_d - R \times I_d - L_q \times I_q \times \omega}{U_q - R \times I_q - L_d \times I_d \times \omega}$$

[0119] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; U_d 表征d轴电压; I_d 表征d轴估算电流; L_d 表征d轴电感; U_q 表征q轴电压; I_q 表征q轴估算电流; L_q 表征q轴电感; R 表征电机电阻; ω 表征反馈转速。

[0120] 步骤308:根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值;

[0121] 该步骤主要分为三种情况:

[0122] 第一种情况:当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\text{Lockcount}_s = 0$, 则 $\text{Lockcount}_d = 0$;

[0123] 第二种情况:当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\text{Lockcount}_s \neq 0$, 则利用下述堵转计数公式组,计算当前循环周期的堵转计数值;

[0124] 堵转计数公式组:

$$[0125] \quad \begin{cases} \text{Lockcount}_s \leq L, \text{ Lockcount}_d = 0 \\ \text{Lockcount}_s > L, \text{ Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s - L \end{cases}$$

[0126] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征所述堵转保护阈值; Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值; L 表征堵转减值, L 为不小于1的正整数。优选地, L 为不小于5的正整数。

[0127] 第三种情况:当 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$ 维持时长不小于100ms, 则利用下述堵转计数公式,计算当前循环周期的堵转计数值;

[0128] 堵转计数公式:

[0129] $LoCkcount_d = Lockcount_s + 1$

[0130] 其中, $Lockcount_s$ 表征当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; $Lockcount_d$ 表征当前循环周期的堵转计数值。

[0131] 步骤309:判断角度偏差是否小于预设的堵转保护阈值,如果是,则执行步骤310;否则,执行步骤311;

[0132] 该步骤的堵转保护阈值取值直接影响保护的效率,若 $\theta_{threshold}$ 值取大了,不能及时进行堵转保护,若 $\theta_{threshold}$ 值取小了,容易出现误保护。 $\theta_{threshold}$ 值一般根据调试经验设置。比如,针对冰箱上的电机来说,当电机转速不大于1800转/min时,堵转保护阈值为1000;当电机转速大于1800转/min且不大于2400转/min时,堵转保护阈值为1500;当电机转速大于2400转/min且不大于3000转/min时,堵转保护阈值为3000;当电机转速大于3000转/min时,堵转保护阈值为4000。

[0133] 步骤310:维持电机运行,并执行步骤303;

[0134] 步骤311:判断当前循环周期的堵转计数值是否小于预设的计数阈值,如果是,则执行步骤310;否则,执行步骤312;

[0135] 该计数阈值的取值为 $M = 100P$, 其中, M 表征所述堵转保护阈值; P 表征载频对应的数值。即当载频为5K时, M 取500;载频为10K时, M 取1000,这样做的目的是及时消除干扰,避免误保护。

[0136] 步骤312:关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护,并结束循环。

[0137] 如图4所示,本发明实施例提供一种电机堵转保护装置,该电机堵转保护装置包括:获取单元401、偏差计算单元402、统计单元403以及控制单元404,其中,

[0138] 获取单元401,用于基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速;

[0139] 偏差计算单元402,用于利用获取单元401获取到的d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

[0140] 统计单元403,用于根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值;

[0141] 控制单元404,用于当偏差计算单元402计算出的角度偏差不小于预设的堵转保护阈值,且统计单元403统计出的当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时,关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护。

[0142] 如图5所示,上述电机堵转保护装置,进一步包括:预处理单元501,其中,

[0143] 预处理单元501,用于预先存储各种型号对应的运行参数集;确定电机的型号,并根据电机的型号,从各种型号对应的运行参数集中,选定目标运行参数集,其中,运行参数集中包括电机电阻、d轴电感、q轴电感以及预设的堵转保护阈值;初始化目标运行参数集;

[0144] 偏差计算单元402,用于利用下述角度偏差计算公式,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;

[0145] 角度偏差计算公式:

$$[0146] \quad \Delta\theta = \frac{U_d - R \times I_d - L_q \times I_q \times \omega}{U_q - R \times I_q - L_d \times I_d \times \omega}$$

[0147] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; U_d 表征d轴电压; I_d 表征d轴估算电流; L_d 表征预处理单元501初始化的目标运行参数集中的d轴电感; U_q 表征q轴电压; I_q 表征q轴估算电流; L_q 表征预处理单元501初始化的目标运行参数集中的q轴电感; R 表征电机电阻; w 表征反馈转速。

[0148] 在本发明实施例中, 获取单元401, 用于采集电机的U、V、W三相电流; 利用FOC矢量控制算法中的CLARK变换和PARK变换, 将所述三相电流转换为d轴估算电流、q轴估算电流; 将输入的q轴参考电流和所述q轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到q轴电压; 将输入的d轴参考电流和d轴估算电流经过FOC矢量控制算法中的PI运算得到d轴电压。

[0149] 在本发明另一实施例中, 统计单元403, 用于当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\text{Lockcount}_s = 0$, 则 $\text{Lockcount}_d = 0$;

[0150] 当 $\Delta\theta < \theta_{\text{threshold}}$, 且 $\text{Lockcount}_s \neq 0$, 则下述堵转计数公式组, 计算当前循环周期的堵转计数值;

[0151] 堵转计数公式组:

$$[0152] \begin{cases} \text{Lockcount}_s \leq L, \text{Lockcount}_d = 0 \\ \text{Lockcount}_s > L, \text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s - L \end{cases}$$

[0153] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征所述堵转保护阈值; Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值; L 表征堵转减值, L 为不小于1的正整数。优选地, 该 L 为不小于5的正整数。

[0154] 统计单元403, 用于当 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$, 则利用下述堵转计数公式, 计算当前循环周期的堵转计数值;

[0155] 堵转计数公式:

$$[0156] \text{Lockcount}_d = \text{Lockcount}_s + 1$$

[0157] 其中, $\Delta\theta$ 表征电机转子实际位置与估算位置的角度偏差; $\theta_{\text{threshold}}$ 表征所述堵转保护阈值; Lockcount_s 表征所述当前循环周期对应的上一循环周期的堵转计数值; Lockcount_d 表征所述当前循环周期的堵转计数值。

[0158] 另外, 在统计单元403利用堵转计数公式, 计算当前循环周期的堵转计数值的前提是, 在满足 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$ 的前提下, 同时需满足 $\Delta\theta \geq \theta_{\text{threshold}}$ 持续保持100ms。

[0159] 为了能够使计数阈值比较准确的限定电机堵转, 按照载频设置计数阈值, 在本发明另一实施例中, 上述计数阈值为 $M = 100P$, 其中, M 表征所述堵转保护阈值; P 表征载频对应的数值。

[0160] 另外, 为了保证堵转保护阈值比较精确, 针对冰箱上的电机来说, 当电机转速不大于1800转/min时, 堵转保护阈值为1000; 当电机转速大于1800转/min且不大于2400转/min时, 堵转保护阈值为1500; 当电机转速大于2400转/min且不大于3000转/min时, 堵转保护阈值为3000; 当电机转速大于3000转/min时, 堵转保护阈值为4000。

[0161] 上述装置内的各单元之间的信息交互、执行过程等内容, 由于与本发明方法实施例基于同一构思, 具体内容可参见本发明方法实施例中的叙述, 此处不再赘述。

[0162] 本发明实施例提供了一种可读介质, 包括执行指令, 当存储控制器的处理器执行

所述执行指令时,所述存储控制器执行本发明上述任一实施例提供的方法。

[0163] 本发明实施例提供了一种存储控制器,包括:处理器、存储器和总线;所述存储器用于存储执行指令,所述处理器与所述存储器通过所述总线连接,当所述存储控制器运行时,所述处理器执行所述存储器存储的所述执行指令,以使所述存储控制器执行本发明上述任一实施例提供的方法。

[0164] 综上所述,本发明以上各个实施例至少具有如下有益效果:

[0165] 1、在本发明实施例中,通过循环执行N1至N4,直至电机停止运行;N1:基于FOC矢量控制,获取d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速;N2:利用d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速,计算电机转子实际位置与估算位置的角度偏差;N3:根据上一循环周期的堵转计数值,统计当前循环周期的堵转计数值;N4:当角度偏差不小于预设的堵转保护阈值,且当前循环周期的堵转计数值不小于预设的计数阈值时,关闭PWM波,以实现电机堵转停机保护,由于电机堵转是由角度偏差和堵转计数值共同决定的,而角度偏差是由d轴估算电流、q轴估算电流、d轴电压、q轴电压以及反馈转速计算获得的,使得该角度偏差更能准确的反映电机堵转情况,因此,本发明提供的方案能够更加有效地对电机进行堵转保护。

[0166] 2、在本发明实施例中,预先存储各种型号对应的运行参数集;确定电机的型号,并根据电机的型号,从各种型号对应的运行参数集中,选定目标运行参数集,其中,运行参数集中包括电机电阻、d轴电感、q轴电感以及预设的堵转保护阈值;初始化目标运行参数集。该流程能够满足各种型号电机的需求,使得上述电机堵转保护方法应用具有普适性和应用广泛性。

[0167] 3、在本发明实施例中,根据电机转子实际位置与估算位置的角度偏差与堵转保护阈值的比较结果,选择不同的统计当前循环周期的堵转计数值,使得统计结果与电机堵转具有较好的一致性,从而保证了电机堵转保护的准确性。

[0168] 4、在本发明实施例中,计数阈值为 $M=100P$,其中,M表征堵转保护阈值;P表征载频对应的数值,实现按照载频设置计数阈值,进一步保证了电机堵转保护的准确性。

[0169] 5、在本发明实施例中,针对冰箱上的电机来说,当电机转速不大于1800转/min时,堵转保护阈值为1000;当电机转速大于1800转/min且不大于2400转/min时,堵转保护阈值为1500;当电机转速大于2400转/min且不大于3000转/min时,堵转保护阈值为3000;当电机转速大于3000转/min时,堵转保护阈值为4000,保证堵转保护阈值比较精确,从而进一步保证了电机堵转保护的准确性。

[0170] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同因素。

[0171] 本领域普通技术人员可以理解:实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成,前述的程序可以存储在计算机可读取的存储介质中,该程序

在执行时,执行包括上述方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质中。

[0172] 最后需要说明的是:以上所述仅为本发明的较佳实施例,仅用于说明本发明的技术方案,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内所做的任何修改、等同替换、改进等,均包含在本发明的保护范围内。

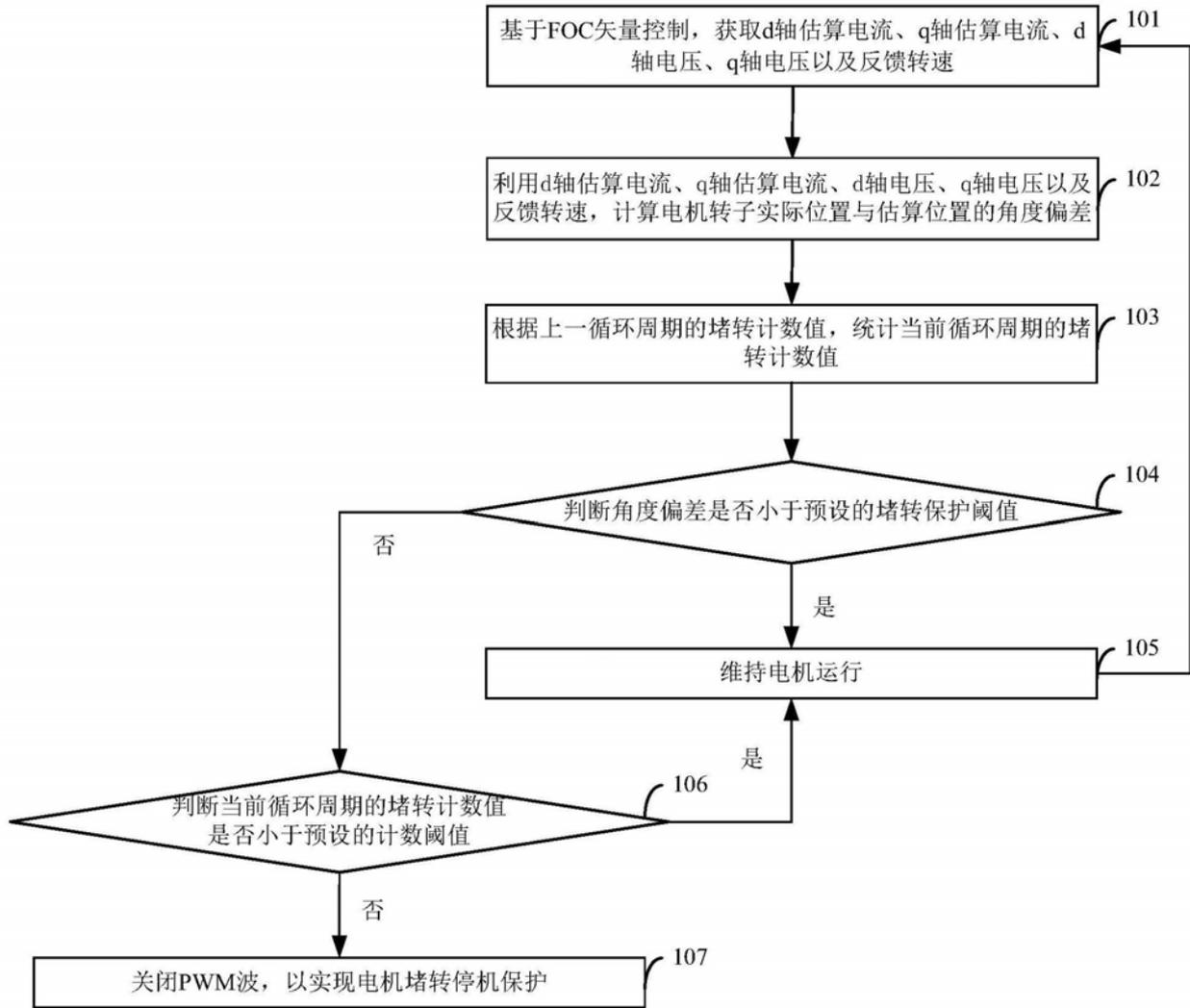


图1

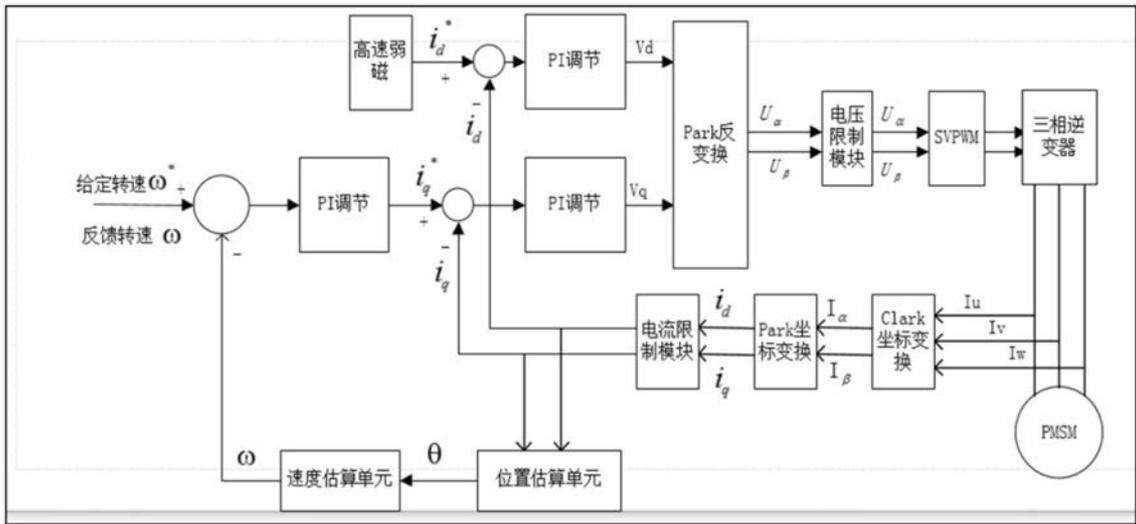


图2

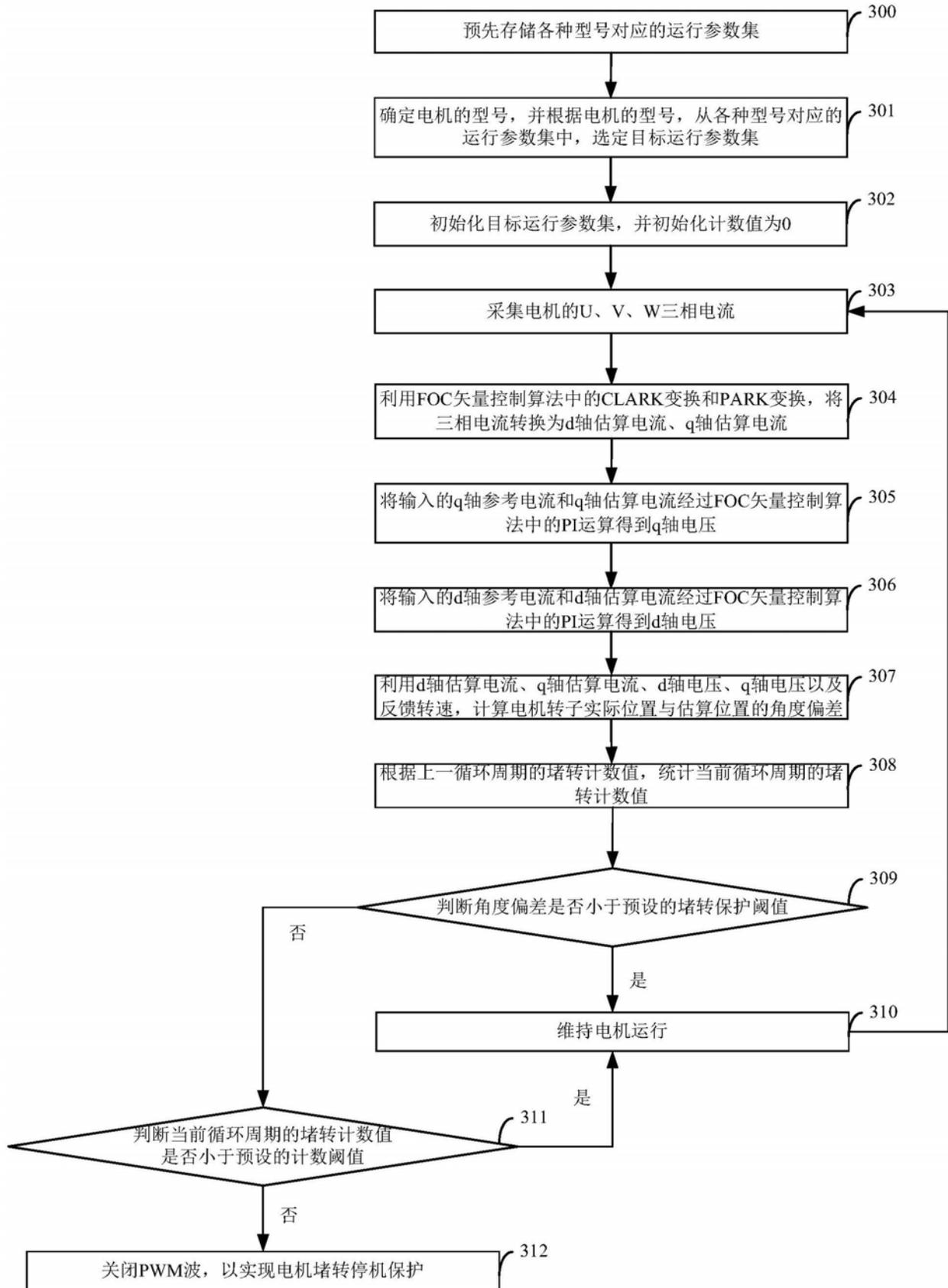


图3

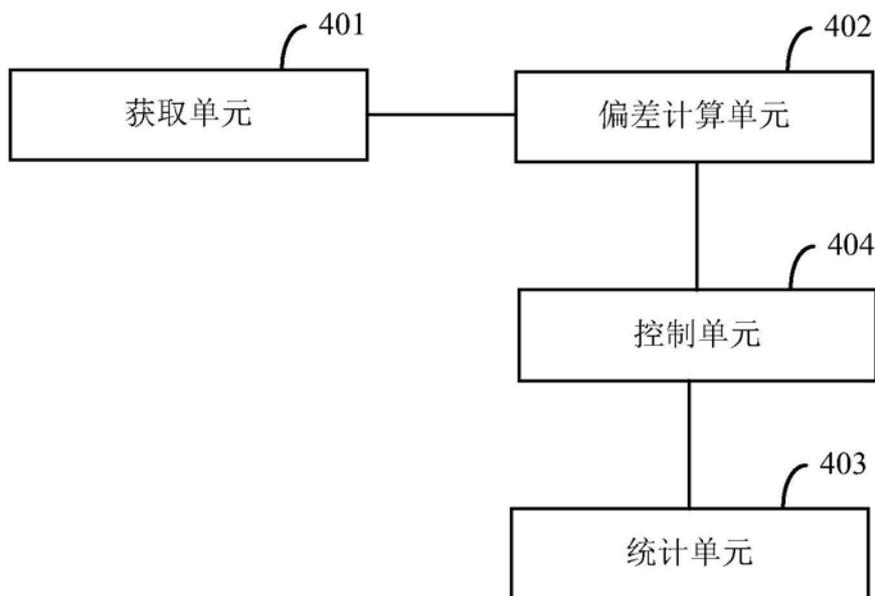


图4

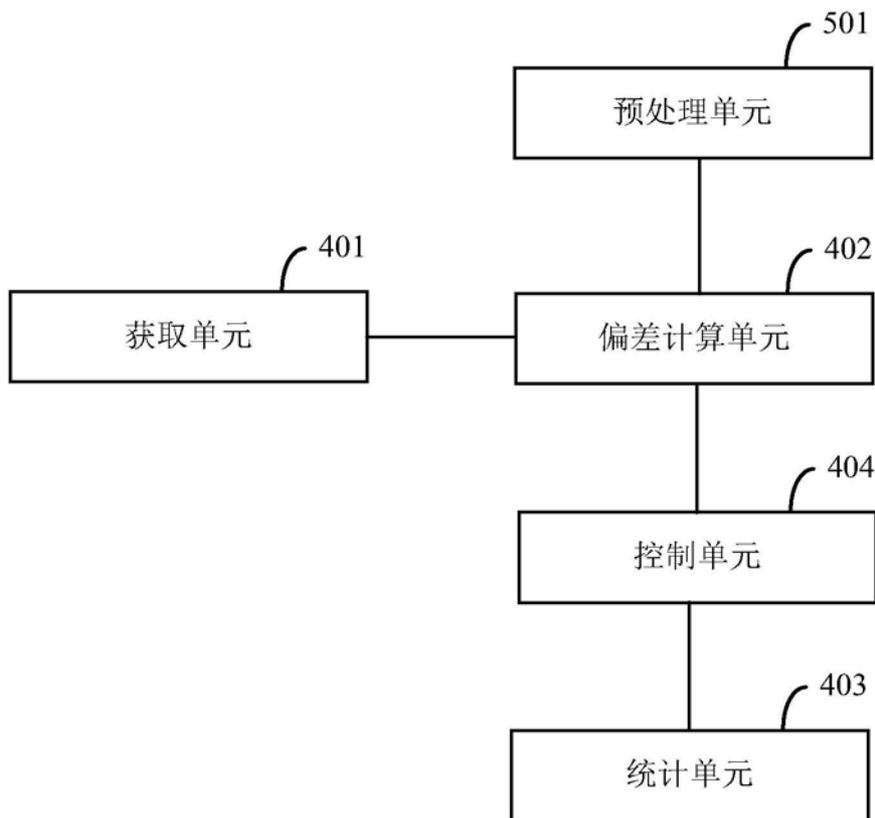


图5