



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106655954 A

(43)申请公布日 2017. 05. 10

(21)申请号 201610973214.6

(22)申请日 2016.10.28

(71)申请人 广东美的制冷设备有限公司

地址 528311 广东省佛山市顺德区北滘镇
美的工业城东区制冷综合楼

申请人 美的集团股份有限公司

(72)发明人 张国柱

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51)Int.Cl.

H02P 23/00(2016.01)

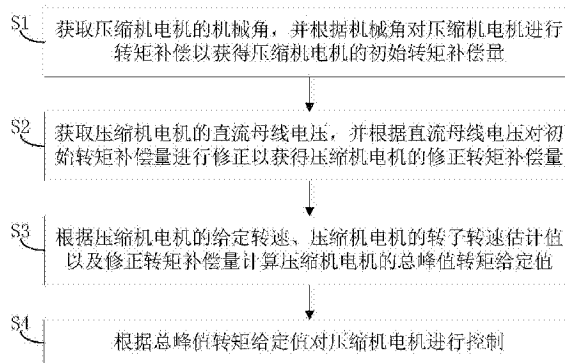
权利要求书3页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

电容小型化电机驱动系统及其的防过压控制方法、装置

(57)摘要

本发明公开了一种电容小型化电机驱动系统及其的防过压控制方法、装置,所述方法包括以下步骤:获取压缩机电机的机械角,并根据机械角对压缩机电机进行转矩补偿以获得压缩机电机的初始转矩补偿量;获取压缩机电机的直流母线电压,并根据直流母线电压对初始转矩补偿量进行修正以获得压缩机电机的修正转矩补偿量;根据压缩机电机的给定转速、压缩机电机的转子转速估计值以及修正转矩补偿量计算压缩机电机的总峰值转矩给定值;以及根据总峰值转矩给定值对压缩机电机进行控制。该方法通过根据直流母线电压对压缩机电机的初始转矩补偿量进行修正,从而可有效避免因对压缩机电机进行转矩补偿引起的过电压现象。



1. 一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

获取压缩机电机的机械角,并根据所述机械角对所述压缩机电机进行转矩补偿以获得所述压缩机电机的初始转矩补偿量;

获取所述压缩机电机的直流母线电压,并根据所述直流母线电压对所述初始转矩补偿量进行修正以获得所述压缩机电机的修正转矩补偿量;

根据所述压缩机电机的给定转速、所述压缩机电机的转子转速估计值以及所述修正转矩补偿量计算所述压缩机电机的总峰值转矩给定值;以及

根据所述总峰值转矩给定值对所述压缩机电机进行控制。

2. 根据权利要求1所述的防过压控制方法,其特征在于,通过以下公式获得所述压缩机电机的初始转矩补偿量:

$$T_p = T_{com} \sin(\theta_m + \varphi_{com}),$$

其中, T_p 为所述压缩机电机的初始转矩补偿量, T_{com} 为预设的转矩补偿幅值, θ_m 为所述压缩机电机的机械角, φ_{com} 为预设的转矩补偿的偏移相位角。

3. 根据权利要求1所述的防过压控制方法,其特征在于,所述根据所述直流母线电压对所述初始转矩补偿量进行修正以获得所述压缩机电机的修正转矩补偿量,包括:

将预设的最大直流母线电压与所述直流母线电压相减以获得电压差值,并对所述电压差值进行第一限幅处理以获得第一值;

将所述第一值与预设的防过压比例系数相乘以获得第二值;

将预设的初始转矩补偿限幅值与所述第二值相加,并进行第二限幅处理以获得第三值;

根据所述第三值对所述初始转矩补偿量进行第三限幅处理以获得所述修正转矩补偿量。

4. 根据权利要求1所述的防过压控制方法,其特征在于,所述根据所述压缩机电机的给定转速、所述压缩机电机的转子转速估计值以及所述修正转矩补偿量计算所述压缩机电机的总峰值转矩给定值,包括:

对所述给定转速和所述转子转速估计值之间的差值进行PI调节以获得所述压缩机电机的第一转矩给定值;

将所述第一转矩给定值和所述修正转矩补偿量相加以获得所述总峰值转矩给定值。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的防过压控制方法,其特征在于,所述根据所述总峰值转矩给定值对所述压缩机电机进行控制,包括:

获取交流输入电源的电压相位值,并根据所述电压相位值生成波形变量;

将所述波形变量和所述总峰值转矩给定值相乘后除以所述压缩机电机的转矩系数以获得所述压缩机电机的q轴给定电流;

根据所述q轴给定电流对所述压缩机电机进行控制。

6. 根据权利要求5所述的防过压控制方法,其特征在于,通过以下公式生成所述波形变量:

$$W_f(\theta_g) = \begin{cases} \frac{\pi^2}{2(\pi - 2\theta_d)} \sin \frac{\pi(\theta_g - \theta_d)}{\pi - 2\theta_d}, & \theta_g \in [\theta_d, \pi - \theta_d] \cup \theta_g \in [\pi + \theta_d, 2\pi - \theta_d] \\ 0 & \theta_g \in [0, \theta_d) \cup (\pi - \theta_d, \pi + \theta_d) \cup (2\pi - \theta_d, 2\pi] \end{cases},$$

其中, $W_f(\theta_g)$ 为所述波形变量, θ_d 为所述交流输入电源的电流为零时的死区角度, θ_g 为所述交流输入电源的电压相位值。

7. 根据权利要求5所述的防过压控制方法, 其特征在于, 还包括:

根据逆变电路的最大输出电压和所述逆变电路的输出电压幅值计算所述压缩机电机的d轴给定电流;

根据所述q轴给定电流、所述d轴给定电流、q轴实际电流和d轴实际电流获取所述压缩机电机的q轴给定电压和d轴给定电压, 并根据所述q轴给定电压、所述d轴给定电压、所述转子角度估计值生成控制信号, 以及根据所述控制信号通过所述逆变电路对所述压缩机电机进行控制。

8. 一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置, 其特征在于, 包括:

转矩补偿模块, 用于获取压缩机电机的机械角, 并根据所述机械角对所述压缩机电机进行转矩补偿以获得所述压缩机电机的初始转矩补偿量;

修正模块, 用于获取所述压缩机电机的直流母线电压, 并根据所述直流母线电压对所述初始转矩补偿量进行修正以获得所述压缩机电机的修正转矩补偿量;

转矩给定模块, 用于根据所述压缩机电机的给定转速、所述压缩机电机的转子转速估计值以及所述修正转矩补偿量计算所述压缩机电机的总峰值转矩给定值; 以及

控制模块, 所述控制模块与所述转矩给定模块相连, 所述控制模块用于根据所述总峰值转矩给定值对所述压缩机电机进行控制。

9. 根据权利要求8所述的防过压控制装置, 其特征在于, 所述转矩补偿模块通过以下公式获得所述压缩机电机的初始转矩补偿量:

$$T_p = T_{com} \sin(\theta_m + \varphi_{com}),$$

其中, T_p 为所述压缩机电机的初始转矩补偿量, T_{com} 为预设的转矩补偿幅值, θ_m 为所述压缩机电机的机械角, φ_{com} 为预设的转矩补偿的偏移相位角。

10. 根据权利要求8所述的防过压控制装置, 其特征在于, 所述修正模块包括:

第一减法器, 用于将第一将预设的最大直流母线电压与所述直流母线电压相减以获得电压差值;

第一限幅处理器, 用于对所述电压差值进行第一限幅处理以获得第一值;

乘法器, 用于将所述第一值与预设的防过压比例系数相乘以获得第二值;

第一加法器, 用于将预设的初始转矩补偿限幅值与所述第二值相加;

第二限幅处理器, 用于对所述预设的初始转矩补偿限幅值与所述第二值之和进行第二限幅处理以获得第三值;

第三限幅处理器, 用于根据所述第三值对所述初始转矩补偿量进行第三限幅处理以获得所述修正转矩补偿量。

11. 根据权利要求8所述的防过压控制装置, 其特征在于, 所述转矩给定模块包括:

速度调节器, 用于对所述给定转速和所述转子转速估计值之间的差值进行PI调节以获

得所述压缩机电机的第一转矩给定值；

第二加法器,用于将所述第一转矩给定值和所述修正转矩补偿量相加以获得所述总峰值转矩给定值。

12. 根据权利要求8-11中任一项所述的防过压控制装置,其特征在于,还包括:

波形发生器,用于获取交流输入电源的电压相位值,并根据所述电压相位值生成波形变量;

q轴电流给定模块,用于将所述波形变量和所述总峰值转矩给定值相乘后除以所述压缩机电机的转矩系数以获得所述压缩机电机的q轴给定电流;

所述控制模块,用于根据所述q轴给定电流对所述压缩机电机进行控制。

13. 根据权利要求12所述的防过压控制装置,其特征在于,所述波形发生器通过以下公式生成所述波形变量:

$$W_f(\theta_g) = \begin{cases} \left| \frac{\pi^2}{2(\pi - 2\theta_d)} \sin \frac{\pi(\theta_g - \theta_d)}{\pi - 2\theta_d} \right|, & \theta_g \in [\theta_d, \pi - \theta_d] \cup \theta_g \in [\pi + \theta_d, 2\pi - \theta_d] \\ 0 & \theta_g \in [0, \theta_d) \cup (\pi - \theta_d, \pi + \theta_d) \cup (2\pi - \theta_d, 2\pi] \end{cases},$$

其中, $W_f(\theta_g)$ 为所述波形变量, θ_d 为所述交流输入电源的电流为零时的死区角度, θ_g 为所述交流输入电源的电压相位值。

14. 根据权利要求12所述的防过压控制装置,其特征在于,还包括:

d轴电流给定模块,用于根据逆变电路的最大输出电压和所述逆变电路的输出电压幅值计算所述压缩机电机的d轴给定电流;

所述控制模块,用于根据所述q轴给定电流、所述d轴给定电流、q轴实际电流和d轴实际电流获取所述压缩机电机的q轴给定电压和d轴给定电压,并根据所述q轴给定电压、所述d轴给定电压、所述转子角度估计值生成控制信号,以及根据所述控制信号通过所述逆变电路对所述压缩机电机进行控制。

15. 一种电容小型化电机驱动系统,其特征在于,包括根据权利要求8-14中任一项所述的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置。

电容小型化电机驱动系统及其的防过压控制方法、装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电机技术领域,特别涉及一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法、一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置以及一种电容小型化电机驱动系统。

背景技术

[0002] 随着节能要求的提升,变频压缩机的占比正不断加大,逐渐成为了市场的主流。变频压缩机的调速控制需通过驱动器实现,因而驱动器的性能对压缩机控制系统具有较大的影响。常规压缩机驱动器的直流母线电压处于稳定状态,逆变部分与输入交流电压相对独立,便于调速控制的实现。然而,这种设计方法需要配备容值较大的电解电容,使得驱动器体积变大,成本也就随之提高。此外,电解电容的寿命有限,其有效工作时间往往是驱动器寿命的瓶颈。

[0003] 为此,相关技术中,提出了一种电容小型化驱动器,与常规的交直交驱动电路相比,省去了PFC(Power Factor Correction,功率因数校正)电路部分,并以小容值的薄膜电容或者陶瓷电容取代容值较大的电解电容。因此,既能降低成本,又能消除电解电容引起的使用寿命瓶颈。

[0004] 但是,在采用电容小型化驱动器对压缩机进行驱动时,如果压缩机具有负载随转子角度波动的特性(例如,单转子压缩机),则在低频运行时容易引起较大的转速波动,此时需要进行转矩补偿,但因电容小型化驱动器中的电容大幅缩减,转矩补偿在瞬时产生的负向力矩会使直流母线电压快速上升,此时很容易引起器件过压而损坏。

发明内容

[0005] 本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

[0006] 为此,本发明的一个目的在于提出一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法,通过根据直流母线电压对压缩机电机的初始转矩补偿量进行修正,从而可有效避免因对压缩机电机进行转矩补偿引起的过电压现象。

[0007] 本发明的另一个目的在于提出一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置。

[0008] 本发明的又一个目的在于提出一种电容小型化电机驱动系统。

[0009] 为实现上述目的,本发明一方面实施例提出了一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法,包括以下步骤:获取压缩机电机的机械角,并根据所述机械角对所述压缩机电机进行转矩补偿以获得所述压缩机电机的初始转矩补偿量;获取所述压缩机电机的直流母线电压,并根据所述直流母线电压对所述初始转矩补偿量进行修正以获得所述压缩机电机的修正转矩补偿量;根据所述压缩机电机的给定转速、所述压缩机电机的转子转速估计值以及所述修正转矩补偿量计算所述压缩机电机的总峰值转矩给定值;以及根据所述总峰值转矩给定值对所述压缩机电机进行控制。

[0010] 根据本发明实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法,首先,获取压

缩机电机的机械角,并根据机械角对缩机电机进行转矩补偿以获得缩机电机的初始转矩补偿量,然后,获取缩机电机的直流母线电压,并根据直流母线电压对初始转矩补偿量进行修正以获得缩机电机的修正转矩补偿量,最后,根据缩机电机的给定转速、缩机电机的转子转速估计值以及修正转矩补偿量计算缩机电机的总峰值转矩给定值,并根据总峰值转矩给定值对缩机电机进行控制。该方法通过根据直流母线电压对缩机电机的初始转矩补偿量进行修正,从而可有效避免因对缩机电机进行转矩补偿引起的过电压现象。

[0011] 根据本发明的一个实施例,通过以下公式获得所述缩机电机的初始转矩补偿量:

$$[0012] \quad T_p = T_{com} \sin(\theta_m + \varphi_{com}),$$

[0013] 其中, T_p 为所述缩机电机的初始转矩补偿量, T_{com} 为预设的转矩补偿幅值, θ_m 为所述缩机电机的机械角, φ_{com} 为预设的转矩补偿的偏移相位角。

[0014] 根据本发明的一个实施例,所述根据所述直流母线电压对所述初始转矩补偿量进行修正以获得所述缩机电机的修正转矩补偿量,包括:将预设的最大直流母线电压与所述直流母线电压相减以获得电压差值,并对所述电压差值进行第一限幅处理以获得第一值;将所述第一值与预设的防过压比例系数相乘以获得第二值;将预设的初始转矩补偿限幅值与所述第二值相加,并进行第二限幅处理以获得第三值;根据所述第三值对所述初始转矩补偿量进行第三限幅处理以获得所述修正转矩补偿量。

[0015] 根据本发明的一个实施例,所述根据所述缩机电机的给定转速、所述缩机电机的转子转速估计值以及所述修正转矩补偿量计算所述缩机电机的总峰值转矩给定值,包括:对所述给定转速和所述转子转速估计值之间的差值进行PI (Proportional Integral,比例积分) 调节以获得所述缩机电机的第一转矩给定值;将所述第一转矩给定值和所述修正转矩补偿量相加以获得所述总峰值转矩给定值。

[0016] 根据本发明的一个实施例,所述根据所述总峰值转矩给定值对所述缩机电机进行控制,包括:获取交流输入电源的电压相位值,并根据所述电压相位值生成波形变量;将所述波形变量和所述总峰值转矩给定值相乘后除以所述缩机电机的转矩系数以获得所述缩机电机的q轴给定电流;根据所述q轴给定电流对所述缩机电机进行控制。

[0017] 根据本发明的一个实施例,通过以下公式生成所述波形变量:

$$[0018] \quad W_f(\theta_g) = \begin{cases} \left| \frac{\pi^2}{2(\pi - 2\theta_d)} \sin \frac{\pi(\theta_g - \theta_d)}{\pi - 2\theta_d} \right|, & \theta_g \in [\theta_d, \pi - \theta_d] \cup \theta_g \in [\pi + \theta_d, 2\pi - \theta_d] \\ 0, & \theta_g \in [0, \theta_d) \cup (\pi - \theta_d, \pi + \theta_d) \cup (2\pi - \theta_d, 2\pi] \end{cases},$$

[0019] 其中, $W_f(\theta_g)$ 为所述波形变量, θ_d 为所述交流输入电源的电流为零时的死区角度, θ_g 为所述交流输入电源的电压相位值。

[0020] 根据本发明的一个实施例,上述的防过压控制方法还包括:根据逆变电路的最大输出电压和所述逆变电路的输出电压幅值计算所述缩机电机的d轴给定电流;根据所述q轴给定电流、所述d轴给定电流、q轴实际电流和d轴实际电流获取所述缩机电机的q轴给定电压和d轴给定电压,并根据所述q轴给定电压、所述d轴给定电压、所述转子角度估计值生成控制信号,以及根据所述控制信号通过所述逆变电路对所述缩机电机进行控制。

[0021] 为实现上述目的,本发明另一方面实施例提出的一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置,包括:转矩补偿模块,用于获取压缩机电机的机械角,并根据所述机械角对所述压缩机电机进行转矩补偿以获得所述压缩机电机的初始转矩补偿量;修正模块,用于获取所述压缩机电机的直流母线电压,并根据所述直流母线电压对所述初始转矩补偿量进行修正以获得所述压缩机电机的修正转矩补偿量;转矩给定模块,用于根据所述压缩机电机的给定转速、所述压缩机电机的转子转速估计值以及所述修正转矩补偿量计算所述压缩机电机的总峰值转矩给定值;以及控制模块,所述控制模块与所述转矩给定模块相连,所述控制模块用于根据所述总峰值转矩给定值对所述压缩机电机进行控制。

[0022] 根据本发明实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置,通过转矩补偿模块获取压缩机电机的机械角,并根据机械角对压缩机电机进行转矩补偿以获得压缩机电机的初始转矩补偿量,然后,通过修正模块获取压缩机电机的直流母线电压,并根据直流母线电压对初始转矩补偿量进行修正以获得压缩机电机的修正转矩补偿量,最后,转矩给定模块根据压缩机电机的给定转速、压缩机电机的转子转速估计值以及修正转矩补偿量计算压缩机电机的总峰值转矩给定值,控制模块根据总峰值转矩给定值对压缩机电机进行控制。该装置通过根据直流母线电压对压缩机电机的初始转矩补偿量进行修正,从而可有效避免因对压缩机电机进行转矩补偿引起的过电压现象。

[0023] 根据本发明的一个实施例,所述转矩补偿模块通过以下公式获得所述压缩机电机的初始转矩补偿量:

$$[0024] \quad T_p = T_{com} \sin(\theta_m + \varphi_{com}),$$

[0025] 其中, T_p 为所述压缩机电机的初始转矩补偿量, T_{com} 为预设的转矩补偿幅值, θ_m 为所述压缩机电机的机械角, φ_{com} 为预设的转矩补偿的偏移相位角。

[0026] 根据本发明的一个实施例,所述修正模块包括:第一减法器,用于将第一将预设的最大直流母线电压与所述直流母线电压相减以获得电压差值;第一限幅处理器,用于对所述电压差值进行第一限幅处理以获得第一值;乘法器,用于将所述第一值与预设的防过压比例系数相乘以获得第二值;第一加法器,用于将预设的初始转矩补偿限幅值与所述第二值相加;第二限幅处理器,用于对所述预设的初始转矩补偿限幅值与所述第二值之和进行第二限幅处理以获得第三值;第三限幅处理器,用于根据所述第三值对所述初始转矩补偿量进行第三限幅处理以获得所述修正转矩补偿量。

[0027] 根据本发明的一个实施例,所述转矩给定模块包括:速度调节器,用于对所述给定转速和所述转子转速估计值之间的差值进行PI调节以获得所述压缩机电机的第一转矩给定值;第二加法器,用于将所述第一转矩给定值和所述修正转矩补偿量相加以获得所述总峰值转矩给定值。

[0028] 根据本发明的一个实施例,上述的防过压控制装置,还包括:波形发生器,用于获取交流输入电源的电压相位值,并根据所述电压相位值生成波形变量;q轴电流给定模块,用于将所述波形变量和所述总峰值转矩给定值相乘后除以所述压缩机电机的转矩系数以获得所述压缩机电机的q轴给定电流;所述控制模块,用于根据所述q轴给定电流对所述压缩机电机进行控制。

[0029] 根据本发明的一个实施例,所述波形发生器通过以下公式生成所述波形变量:

$$[0030] \quad W_f(\theta_g) = \begin{cases} \frac{\pi^2}{2(\pi - 2\theta_d)} \sin \frac{\pi(\theta_g - \theta_d)}{\pi - 2\theta_d}, & \theta_g \in [\theta_d, \pi - \theta_d] \cup \theta_g \in [\pi + \theta_d, 2\pi - \theta_d] \\ 0 & \theta_g \in [0, \theta_d) \cup (\pi - \theta_d, \pi + \theta_d) \cup (2\pi - \theta_d, 2\pi] \end{cases},$$

[0031] 其中, $W_f(\theta_g)$ 为所述波形变量, θ_d 为所述交流输入电源的电流为零时的死区角度, θ_g 为所述交流输入电源的电压相位值。

[0032] 根据本发明的一个实施例, 上述的防过压控制装置, 还包括: d轴电流给定模块, 用于根据逆变电路的最大输出电压和所述逆变电路的输出电压幅值计算所述压缩机电机的d轴给定电流; 所述控制模块, 用于根据所述q轴给定电流、所述d轴给定电流、q轴实际电流和d轴实际电流获取所述压缩机电机的q轴给定电压和d轴给定电压, 并根据所述q轴给定电压、所述d轴给定电压、所述转子角度估计值生成控制信号, 以及根据所述控制信号通过所述逆变电路对所述压缩机电机进行控制。

[0033] 此外, 本发明的实施例还提出了一种电容小型化电机驱动系统, 其包括上述的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置。

[0034] 本发明实施例的电容小型化电机驱动系统, 通过上述的防过压控制装置, 能够根据直流母线电压对压缩机电机的初始转矩补偿量进行修正, 从而可有效避免因对压缩机电机进行转矩补偿引起的过电压现象。

附图说明

[0035] 图1是根据本发明一个实施例的电容小型化电机驱动器的电路图;

[0036] 图2是根据本发明一个实施例的压缩机负载特性的示意图;

[0037] 图3是根据本发明实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法的流程图;

[0038] 图4是根据本发明一个实施例的根据直流母线电压对初始转矩补偿量进行修正的结构图;

[0039] 图5是根据本发明一个实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置的方框示意图;

[0040] 图6是根据本发明一个实施例的波形变量 $W_f(\theta_g)$ 和交流输入电压 V_{ac} 的波形图;

[0041] 图7是根据本发明一个实施例的进行防过电压控制前后的波形对比图。

具体实施方式

[0042] 下面详细描述本发明的实施例, 所述实施例的示例在附图中示出, 其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的, 旨在用于解释本发明, 而不能理解为对本发明的限制。

[0043] 下面参考附图来描述本发明实施例的电容小型化电机驱动系统及其的防过压控制方法、装置。

[0044] 图1根据本发明一个实施例的电容小型化电机驱动器的电路图。如图1所示, 该电路与常规的交直交驱动电路相比, 省去了PFC电路部分, 并以小容值的薄膜电容或者陶瓷电容取代容值较大的电解电容。因此, 既能降低成本, 又能消除电解电容引起的使用寿命瓶

颈。

[0045] 图2是根据本发明一个实施例的压缩机负载特性的示意图。从图2可以看出,压缩机的负载转矩随转子角度呈周期性波动,且在不同工况下负载波动的幅值存在明显差异。当系统压力处于平衡状态时,负载转矩可通过下述公式(1)进行表示:

$$[0046] \quad T_l = T_{l0} + \sum_{k=1}^{\infty} T_{lk} \cos(k\omega_m t + \varphi_k) \quad (1)$$

[0047] 其中, T_l 为压缩机的负载转矩, T_{l0} 为负载转矩 T_l 的直流分量, $T_{lk}(k=1,2,\dots)$ 为负载转矩 T_l 的 k 次谐波分量的幅值, $\varphi_k(k=0,1,2,\dots)$ 为 k 次谐波分量对应的角度偏差, ω_m 为压缩机的机械角速度, t 为时间。

[0048] 在负载转矩 T_l 的作用下,压缩机将产生明显的转速波动,如果不针对负载波动进行转矩补偿,将引起压缩机电机失步故障,当压缩机应用在空调器中,还会导致配管震动过大,影响配管的使用寿命,降低空调器的安全性和可靠性。为此,本发明的实施例提出了一种电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法、装置及电容小型化电机驱动系统。

[0049] 图3是根据本发明实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法的流程图。如图3所示,该电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法可包括以下步骤:

[0050] S1,获取压缩机电机的机械角,并根据机械角对压缩机电机进行转矩补偿以获得压缩机电机的初始转矩补偿量。

[0051] 根据本发明的一个实施例,可通过下述公式(2)获得压缩机电机的初始转矩补偿量:

$$[0052] \quad T_p = T_{com} \sin(\theta_m + \varphi_{com}) \quad (2)$$

[0053] 其中, T_p 为压缩机电机的初始转矩补偿量, T_{com} 为预设的转矩补偿幅值,该值可根据调试获取, θ_m 为压缩机电机的机械角, φ_{com} 为预设的转矩补偿的偏移相位角。

[0054] S2,获取压缩机电机的直流母线电压,并根据直流母线电压对初始转矩补偿量进行修正以获得压缩机电机的修正转矩补偿量。

[0055] 具体而言,当负载转矩波动增大时,压缩机电机的初始转矩补偿量 T_p 的幅值也会增大,在对压缩机电机进行转矩补偿后,其转矩给定值可能为负,此时将产生一定的负功率。并且,由于薄膜电容或者陶瓷电容的容值很小(一般为 $5\sim 20\mu\text{F}$),负功率将引起直流母线电压快速上升,可能在短时间内使直流母线电压超过功率器件或电容的耐压值,导致功率器件或电容发生损坏。为此,在本发明的实施例中,将根据直流母线电压对初始转矩补偿量 T_p 进行修正,以避免因初始转矩补偿量 T_p 的幅值过大而引起过压现象。

[0056] 根据本发明的一个实施例,如图4所示,根据直流母线电压 V_{dc} 对初始转矩补偿量 T_p 进行修正以获得压缩机电机的修正转矩补偿量 T_{p1} ,包括:将预设的最大直流母线电压 V_{dcmax} 与直流母线电压 V_{dc} 相减以获得电压差值,并对电压差值进行第一限幅处理以获得第一值 ΔV ;将第一值 ΔV 与预设的防过压比例系数 K_v 相乘以获得第二值 ΔT_{pmax} ;将预设的初始转矩补偿限幅值 T_{pmax0} 与第二值 ΔT_{pmax} 相加,并进行第二限幅处理以获得第三值 T_{pmax} ;根据第三值 T_{pmax} 对初始转矩补偿量 T_p 进行第三限幅处理以获得修正转矩补偿量 T_{p1} 。其中,预设的防过压比例系数 $K_v > 0$ 。

[0057] 需要说明的是,在图4中,当 $V_{dc} \leq V_{dcmax}$ 时,经过第一限幅处理后,第一值 ΔV 为0;当 $V_{dc} > V_{dcmax}$ 时,第一值 $\Delta V = V_{dcmax} - V_{dc}$ 。当 $T_{pmax0} \leq |\Delta T_{pmax}|$ 时,经第二限幅处理后,第三值 T_{pmax}

$=0$; 当 $T_{pmax0} > |\Delta T_{pmax}|$ 时, 第三值 $T_{pmax} = T_{pmax0} + \Delta T_{pmax}$ 。当 $-T_{pmax} < T_p < T_{pmax}$ 时, 修正转矩补偿量 $T_{p1} = T_p$; 当 $T_p \leq -T_{pmax}$ 时, 修正转矩补偿量 $T_{p1} = -T_{pmax}$; 当 $T_p \geq T_{pmax}$ 时, 修正转矩补偿量 $T_{p1} = T_{pmax}$ 。

[0058] 具体而言, 当直流母线电压未发生过压时, 即 $V_{dc} \leq V_{dcmax}$, 此时第三值 $T_{pmax} = T_{pmax0} + (V_{dcmax} - V_{dc}) * K_v = T_{pmax0} + 0 * K_v = T_{pmax0}$, T_p 处于 $[-T_{pmax0}, T_{pmax0}]$ 之间, 此时不对初始转矩补偿量 T_p 进行转矩修正; 当直流母线电压发生过压时, 即 $V_{dc} > V_{dcmax}$, 此时第三值 $T_{pmax} = T_{pmax0} + (V_{dcmax} - V_{dc}) * K_v$, 第三值 T_{pmax} 将减小, 从而使得初始转矩补偿量 T_p 成比例的下降, 直至 V_{dc} 接近于 V_{dcmax} 。当电路中采用PI调节时, 可以保证闭环调节具有足够快的响应速度, 从而快速且有效的抑制直流母线电压发生过压现象。

[0059] 需要说明的是, 由于PI调节无法使得误差收敛到零, 因此 V_{dcmax} 的设置要留有一定余量, 即取值要小于功率器件的实际耐压值。

[0060] S3, 根据压缩机电机的给定转速、压缩机电机的转子转速估计值以及修正转矩补偿量计算压缩机电机的总峰值转矩给定值。

[0061] 根据本发明的一个实施例, 根据压缩机电机的给定转速 ω_{ref} 、压缩机电机的转子转速估计值 ω_{est} 以及修正转矩补偿量 T_{p1} 计算压缩机电机的总峰值转矩给定值 T_t , 包括: 对给定转速 ω_{ref} 和转子转速估计值 ω_{est} 之间的差值进行PI调节以获得压缩机电机的第一转矩给定值 T_0 ; 将第一转矩给定值 T_0 和修正转矩补偿量 T_{p1} 相加以获得总峰值转矩给定值 T_t 。

[0062] 具体地, 可通过磁链观测法获得压缩机电机的转子转速估计值 ω_{est} , 具体可先通过下述公式 (3) - (5) 获得转子转速估计值 ω_{est} :

$$[0063] \quad \begin{cases} \hat{\lambda}_\alpha = \frac{1}{s} [v_\alpha - i_\alpha R] - L_q i_\alpha \\ \hat{\lambda}_\beta = \frac{1}{s} [v_\beta - i_\beta R] - L_q i_\beta \end{cases} \quad (3)$$

[0064] 其中, $\hat{\lambda}_\alpha$ 和 $\hat{\lambda}_\beta$ 分别为压缩机电机在 $\alpha\beta$ 轴上的有效磁通估计值, s 为拉普拉斯变换系数, v_α 和 v_β 分别为压缩机电机在 $\alpha\beta$ 轴上的电压, i_α 和 i_β 分别为压缩机电机在 $\alpha\beta$ 轴上的电流, R 为压缩机电机的定子电阻, L_q 为压缩机电机的 q 轴电感。

$$[0065] \quad \theta_{err} = \frac{-\hat{\lambda}_\alpha \sin(\theta_{est}) + \hat{\lambda}_\beta \cos(\theta_{est})}{(L_d - L_q) I_{dref} + K_e} \quad (4)$$

[0066] 其中, θ_{err} 为偏差角度 $\theta - \theta_{est}$ 的估计值, θ 为压缩机电机的转子实际角度, θ_{est} 为压缩机电机的转子角度估计值, L_d 为压缩机电机的 d 轴电感, I_{dref} 为压缩机电机的 d 轴电流给定值, K_e 为压缩机电机的反电动势系数。

$$[0067] \quad \begin{cases} \omega_{est0} = (K_{p_pll} + \frac{K_{i_pll}}{s}) \theta_{err} \\ \theta_{est} = \frac{1}{s} \omega_{est0} \\ \omega_{est} = \frac{\omega_f}{s + \omega_f} \omega_{est0} \end{cases} \quad (5)$$

[0068] 其中, K_{p_pll} 和 K_{i_pll} 分别为PI调节的比例系数和积分系数, ω_{est} 为压缩机电机的转子速度估计值, ω_f 为速度低通滤波器带宽。

[0069] 然后,计算给定转速 ω_{ref} 与转子转速估计值 ω_{est} 之间的差值,并对该差值进行PI调节,可实时获得压缩机电机的第一转矩给定值 T_0 ,将第一转矩给定值 T_0 和修正转矩补偿量 T_{pi} 相加,可获得总峰值转矩给定值 T_t 。

[0070] S4,根据总峰值转矩给定值对压缩机电机进行控制。

[0071] 根据本发明的一个实施例,如图5所示,根据总峰值转矩给定值 T_t 对压缩机电机进行控制,包括:获取交流输入电源的电压相位值 θ_g ,并根据电压相位值 θ_g 生成波形变量 $W_f(\theta_g)$;将波形变量 $W_f(\theta_g)$ 和总峰值转矩给定值 T_t 相乘后除以压缩机电机的转矩系数 K_t 以获得压缩机电机的q轴给定电流 I_{qref} ;根据q轴给定电流 I_{qref} 对压缩机电机进行控制。

[0072] 根据本发明的一个实施例,可通过下述公式(6)生成波形变量:

[0073]

$$W_f(\theta_g) = \begin{cases} \frac{\pi^2}{2(\pi - 2\theta_d)} \sin \frac{\pi(\theta_g - \theta_d)}{\pi - 2\theta_d}, & \theta_g \in [\theta_d, \pi - \theta_d] \cup \theta_g \in [\pi + \theta_d, 2\pi - \theta_d] \\ 0, & \theta_g \in [0, \theta_d) \cup (\pi - \theta_d, \pi + \theta_d) \cup (2\pi - \theta_d, 2\pi] \end{cases} \quad (6)$$

[0074] 其中, $W_f(\theta_g)$ 为波形变量, θ_d 为交流输入电源的电流为零时的死区角度,一般为0.1~0.2rad, θ_g 为交流输入电源的电压相位值。

[0075] 图6是根据本发明一个实施例的波形变量 $W_f(\theta_g)$ 和交流输入电压 V_{ac} 的波形示意图。从图6可以看出, $W_f(\theta_g)$ 的波形接近于正弦波。

[0076] 进一步地,根据本发明的一个实施例,上述的电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法还包括:根据逆变电路的最大输出电压 V_{max} 和逆变电路的输出电压幅值 V_1 计算压缩机电机的d轴给定电流 I_{dref} ;根据q轴给定电流 I_{qref} 、d轴给定电流 I_{dref} 、q轴实际电流 I_q 和d轴实际电流 I_d 获取压缩机电机的q轴给定电压 V_{qref} 和d轴给定电压 V_{dref} ,并根据q轴给定电压 V_{qref} 、d轴给定电压 V_{dref} 、转子角度估计值 θ_{est} 生成控制信号,以及根据控制信号通过逆变电路对压缩机电机进行控制。

[0077] 具体地,可先通过下述公式(7)计算出逆变电路的输出电压幅值 V_1 和逆变电路的最大输出电压 V_{max} :

$$\begin{cases} V_1 = \sqrt{V_d^2 + V_q^2} \\ V_{\text{max}} = \frac{\sqrt{3}}{2} V_{\text{dc}} \end{cases} \quad (7)$$

[0079] 其中, V_d 和 V_q 分别为压缩机电机的d轴实际电压和q轴实际电压。

[0080] 然后,可利用积分反馈型弱磁控制算法计算出压缩机电机的d轴给定电流 I_{dref} ,如下述公式(8)所示:

$$I_{d0} = \frac{K_i}{s} [(V_1 - V_{\text{max}})]$$

$$I_{\text{dref}} = \begin{cases} 0 & I_{d0} \leq 0 \\ I_{d0} & I_{\text{demag}} < I_{d0} \leq 0 \\ I_{\text{demag}} & I_{d0} \leq I_{\text{demag}} \end{cases} \quad (8)$$

[0082] 其中, K_i 为积分系数, I_{demag} 为压缩机电机的退磁电流限制值。

[0083] 然后,通过获取压缩机电机的三相电流,并对三相电流进行坐标变换以获得压缩

机电机的q轴实际电流 I_q 和d轴实际电流 I_d ,以及根据压缩机电机的q轴给定电流 I_{qref} 、d轴给定电流 I_{dref} 、q轴实际电流 I_q 和d轴实际电流 I_d 实时计算出压缩机电机的q轴给定电压 V_{qref} 和d轴给定电压 V_{dref} ,如下述公式(9)所示:

$$[0084] \quad \begin{cases} V_{d0} = K_{pd} \cdot (I_{dref} - I_d) + K_{id} \int_0^t [I_{dref}(\tau) - I_d(\tau)] d\tau \\ V_{q0} = K_{pq} \cdot (I_{qref} - I_q) + K_{iq} \int_0^t [I_{qref}(\tau) - I_q(\tau)] d\tau \\ V_{dref} = V_{d0} - \omega_{est} L_q I_q \\ V_{qref} = V_{q0} + \omega_{est} L_d I_d + \omega_{est} K_e \end{cases} \quad (9)$$

[0085] 其中, K_{pd} 为d轴电流控制比例增益, K_{id} 为d轴电流控制积分增益, K_{pq} 为q轴电流控制比例增益, K_{iq} 为q轴电流控制积分增益。

[0086] 最后,根据压缩机电机的转子角度估计值 θ_{est} 对压缩机电机的d轴给定电压 V_{dref} 和q轴给定电压 V_{qref} 进行坐标变换,以得到压缩机电机在 $\alpha\beta$ 轴上的给定电压 V_α 和 V_β ,如下述公式(10)所示:

$$[0087] \quad \begin{cases} V_\alpha = V_{dref} \cos \theta_{est} - V_{qref} \sin \theta_{est} \\ V_\beta = V_{dref} \sin \theta_{est} + V_{qref} \cos \theta_{est} \end{cases} \quad (10)$$

[0088] 然后,根据 V_α 、 V_β 和直流母线电压 V_{dc} ,通过下述公式(11)和(12)计算出逆变电路中U、V和W三相的占空比:

$$[0089] \quad \begin{cases} V_u = V_\alpha \\ V_v = \frac{-V_\alpha + \sqrt{3}V_\beta}{2} \\ V_w = \frac{-V_\alpha - \sqrt{3}V_\beta}{2} \end{cases} \quad (11)$$

$$[0090] \quad \begin{cases} D_u = \frac{(V_u + 0.5V_{dc})}{V_{dc}} \\ D_v = \frac{(V_v + 0.5V_{dc})}{V_{dc}} \\ D_w = \frac{(V_w + 0.5V_{dc})}{V_{dc}} \end{cases} \quad (12)$$

[0091] 其中, D_u 、 D_v 和 D_w 分别为逆变电路中U、V和W三相的占空比。

[0092] 在获得逆变电路中U、V和W三相的占空比后,可实时控制逆变电路中功率器件的导通和关断,从而实现对压缩机电机的控制。

[0093] 图7是根据本发明一个具体示例的进行防过电压控制前后的波形对比图,其中,图7(a)是未加入防过电压控制的波形图,图7(b)是加入防过电压控制的波形图。从图7(a)可以看出,在未加入防过电压控制之前,转矩补偿会引起压缩机电机的q轴给定电流 I_{qref} 产生瞬时的负值,从而导致直流母线电压 V_{dc} 上升。通过对比图7(a)和图7(b)中的q轴给定电流 I_{qref} 和直流母线电压 V_{dc} 的波形可见,在加入防过电压控制后,当出现 $V_{dc} > V_{dcmax}$ 时,能够能快速缩减负向的q轴的电流,从而有效防止直流母线电压 V_{dc} 进一步增大。在加入防过电压控制之前,直流母线电压 V_{dc} 可能会超过450V,而在加入防过电压控制之后,直流母线电压 V_{dc} 的最

大值低于400V,可见本发明实施例提出的电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法能有效避免直流母线电压过压的问题。

[0094] 综上所述,根据本发明实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法,首先,获取压缩机电机的机械角,并根据机械角对压缩机电机进行转矩补偿以获得压缩机电机的初始转矩补偿量,然后,获取压缩机电机的直流母线电压,并根据直流母线电压对初始转矩补偿量进行修正以获得压缩机电机的修正转矩补偿量,最后,根据压缩机电机的给定转速、压缩机电机的转子转速估计值以及修正转矩补偿量计算压缩机电机的总峰值转矩给定值,并根据总峰值转矩给定值对压缩机电机进行控制。该方法通过根据直流母线电压对压缩机电机的初始转矩补偿量进行修正,从而可有效避免因对压缩机电机进行转矩补偿引起的过电压现象。

[0095] 图5是根据本发明一个实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置的方框示意图。如图5所示,电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置包括:转矩补偿模块10、修正模块20、转矩给定模块30和控制模块40。

[0096] 其中,转矩补偿模块10用于获取压缩机电机的机械角,并根据机械角对压缩机电机进行转矩补偿以获得压缩机电机的初始转矩补偿量。修正模块20用于获取压缩机电机的直流母线电压,并根据直流母线电压对初始转矩补偿量进行修正以获得压缩机电机的修正转矩补偿量。转矩给定模块30用于根据压缩机电机的给定转速、压缩机电机的转子转速估计值以及修正转矩补偿量计算压缩机电机的总峰值转矩给定值。控制模块40与转矩给定模块30相连,控制模块40用于根据总峰值转矩给定值对压缩机电机进行控制。

[0097] 根据本发明的一个实施例,转矩补偿模块10可通过上述公式(2)获得压缩机电机的初始转矩补偿量 T_p 。

[0098] 根据本发明的一个实施例,如图4所示,修正模块20可包括:第一减法器21、第一限幅处理器22、乘法器23、第一加法器24、第二限幅处理器25和第三限幅处理器26。其中,第一减法器21用于将第一将预设的最大直流母线电压 V_{dcmax} 与直流母线电压 V_{dc} 相减以获得电压差值。第一限幅处理器22用于对电压差值进行第一限幅处理以获得第一值 ΔV 。乘法器23用于将第一值 ΔV 与预设的防过压比例系数 K_v 相乘以获得第二值 ΔT_{pmax} 。第一加法器24用于将预设的初始转矩补偿限幅值 T_{pmax0} 与第二值 ΔT_{pmax} 相加。第二限幅处理器25用于对预设的初始转矩补偿限幅值 T_{pmax0} 与第二值 ΔT_{pmax} 之和进行第二限幅处理以获得第三值 T_{pmax} 。第三限幅处理器26用于根据第三值 T_{pmax} 对初始转矩补偿量 T_p 进行第三限幅处理以获得修正转矩补偿量 T_{p1} 。

[0099] 根据本发明的一个实施例,如图5所示,转矩给定模块30可包括:速度调节器31和第二加法器32。其中,速度调节器31用于对给定转速 ω_{ref} 和转子转速估计值 ω_{est} 之间的差值进行PI调节以获得压缩机电机的第一转矩给定值 T_0 。第二加法器32用于将第一转矩给定值 T_0 和修正转矩补偿量 T_{p1} 相加以获得总峰值转矩给定值 T_t 。

[0100] 根据本发明的一个实施例,如图5所示,上述的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置还可包括:波形发生器50和q轴电流给定模块60。其中,波形发生器50用于获取交流输入电源的电压相位值 θ_g ,并根据电压相位值 θ_g 生成波形变量 $W_f(\theta_g)$ 。q轴电流给定模块60用于将波形变量 $W_f(\theta_g)$ 和总峰值转矩给定值 T_t 相乘后除以压缩机电机的转矩系数 K_t 以获得压缩机电机的q轴给定电流 I_{qref} 。控制模块40用于根据q轴给定电流 I_{qref} 对压缩机电机进

行控制。

[0101] 根据本发明的一个实施例,波形发生器50可通过上述公式(6)生成波形变量 W_f (θ_g)。

[0102] 根据本发明的一个实施例,上述的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置还可包括:d轴电流给定模块70。其中,d轴电流给定模块70用于根据逆变电路的最大输出电压 V_{max} 和逆变电路的输出电压幅值 V_1 计算压缩机电机的d轴给定电流 I_{dref} 。控制模块40用于根据q轴给定电流 I_{qref} 、d轴给定电流 I_{dref} 、q轴实际电流 I_q 和d轴实际电流 I_d 获取压缩机电机的q轴给定电压 V_{qref} 和d轴给定电压 V_{dref} ,并根据q轴给定电压 V_{qref} 、d轴给定电压 V_{dref} 、转子角度估计值 θ_{est} 生成控制信号,以及根据控制信号通过逆变电路对压缩机电机进行控制。

[0103] 需要说明的是,在本发明实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置中未披露的细节,请参考本发明实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制方法中所披露的细节,具体这里不再详述。

[0104] 根据本发明实施例的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置,通过转矩补偿模块获取压缩机电机的机械角,并根据机械角对压缩机电机进行转矩补偿以获得压缩机电机的初始转矩补偿量,然后,通过修正模块获取压缩机电机的直流母线电压,并根据直流母线电压对初始转矩补偿量进行修正以获得压缩机电机的修正转矩补偿量,最后,转矩给定模块根据压缩机电机的给定转速、压缩机电机的转子转速估计值以及修正转矩补偿量计算压缩机电机的总峰值转矩给定值,控制模块根据总峰值转矩给定值对压缩机电机进行控制。该装置通过根据直流母线电压对压缩机电机的初始转矩补偿量进行修正,从而可有效避免因对压缩机电机进行转矩补偿引起的过电压现象。

[0105] 此外,本发明的实施例还提出了一种电容小型化电机驱动系统,其包括上述的电容小型化电机驱动系统的防过压控制装置。

[0106] 本发明实施例的电容小型化电机驱动系统,通过上述的防过压控制装置,能够根据直流母线电压对压缩机电机的初始转矩补偿量进行修正,从而可有效避免因对压缩机电机进行转矩补偿引起的过电压现象。

[0107] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0108] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0109] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0110] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0111] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0112] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

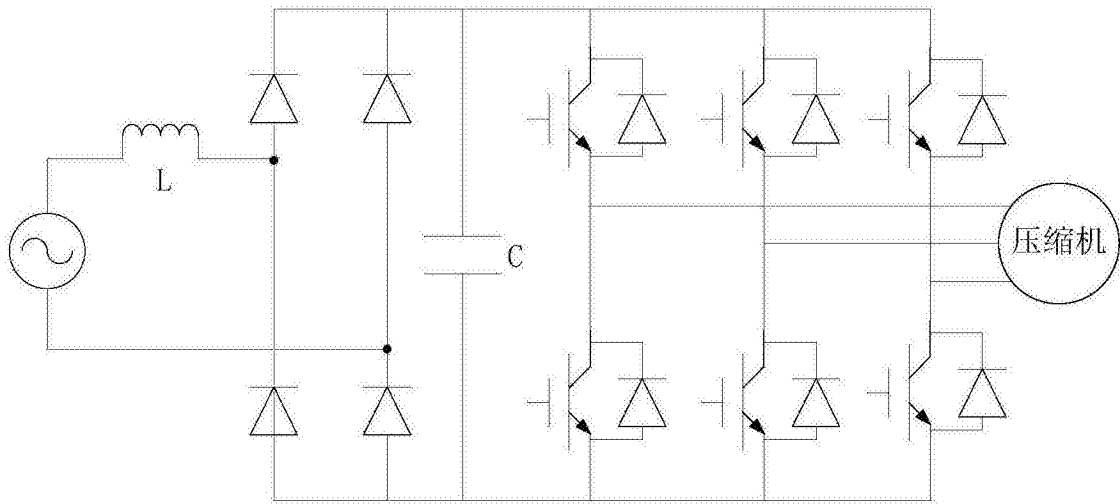


图1

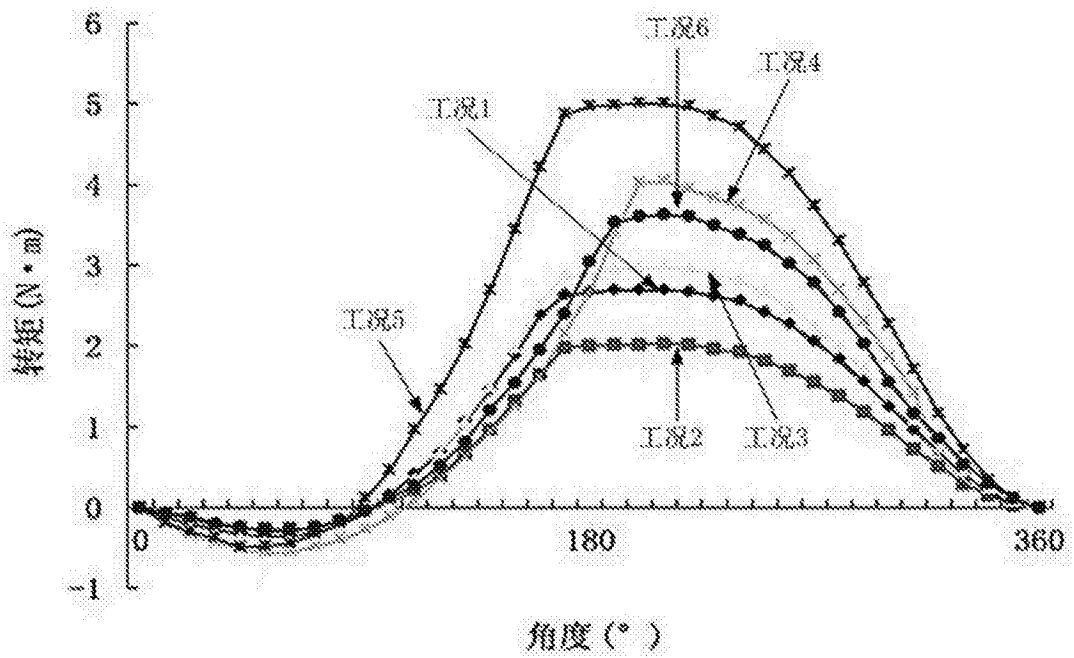


图2

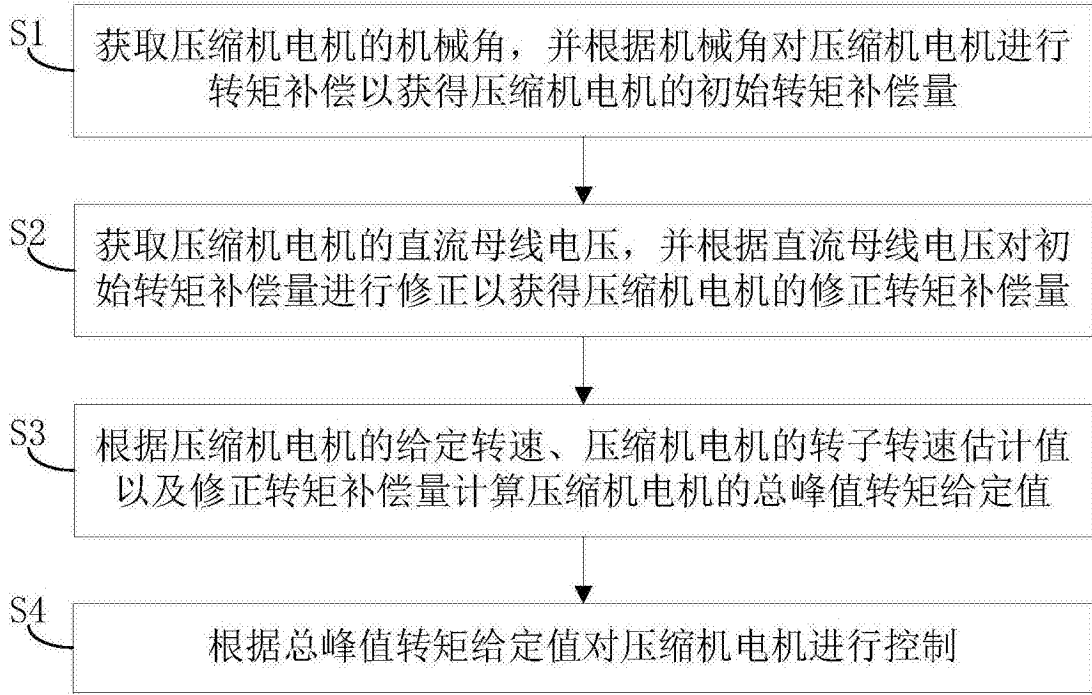


图3

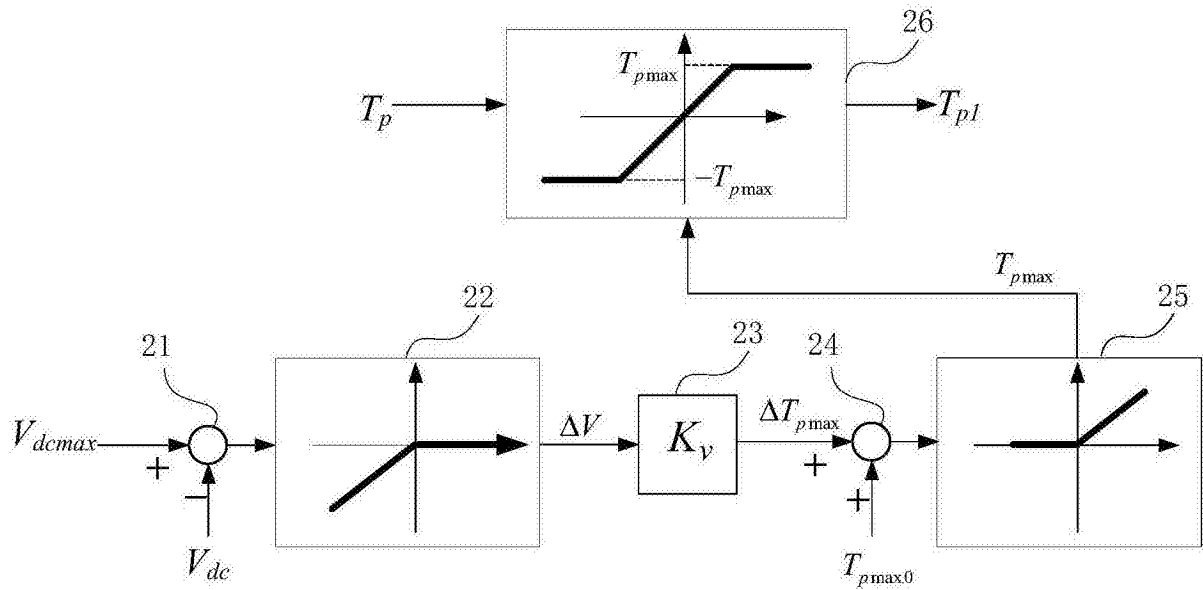


图4

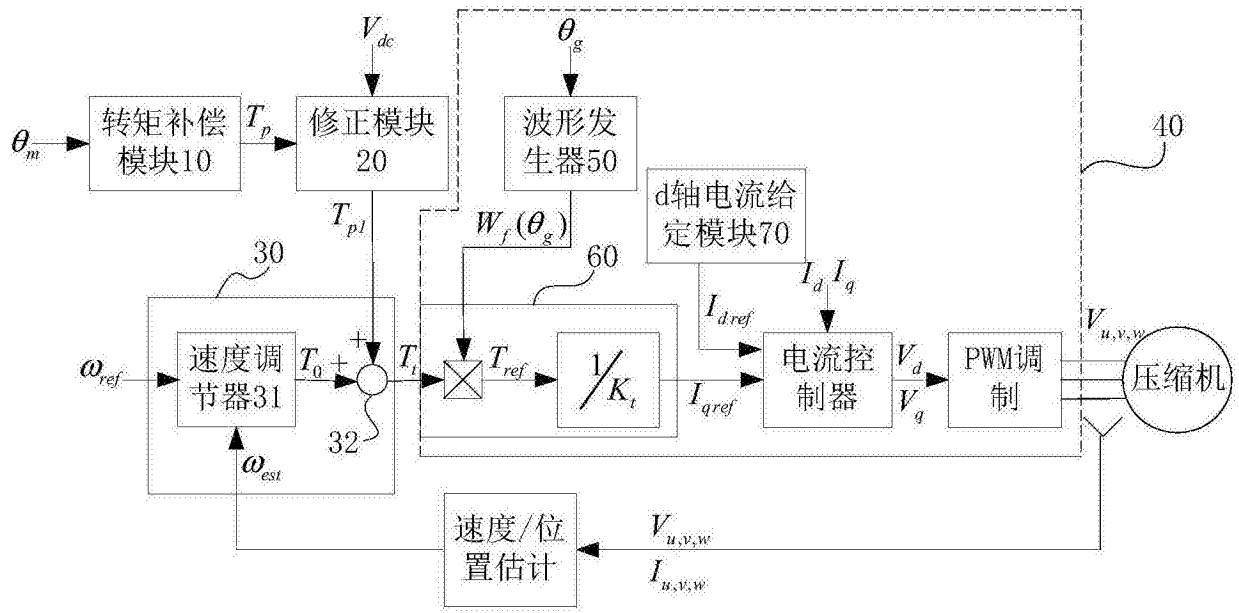


图5

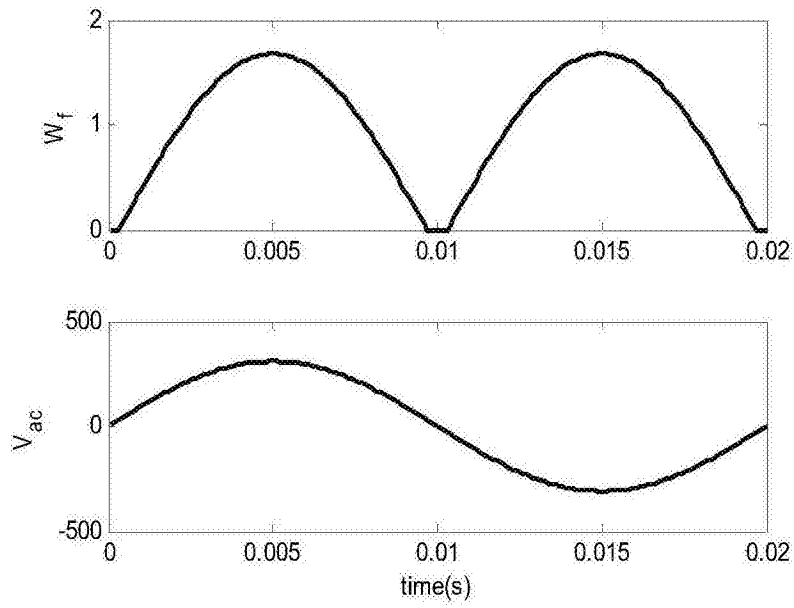
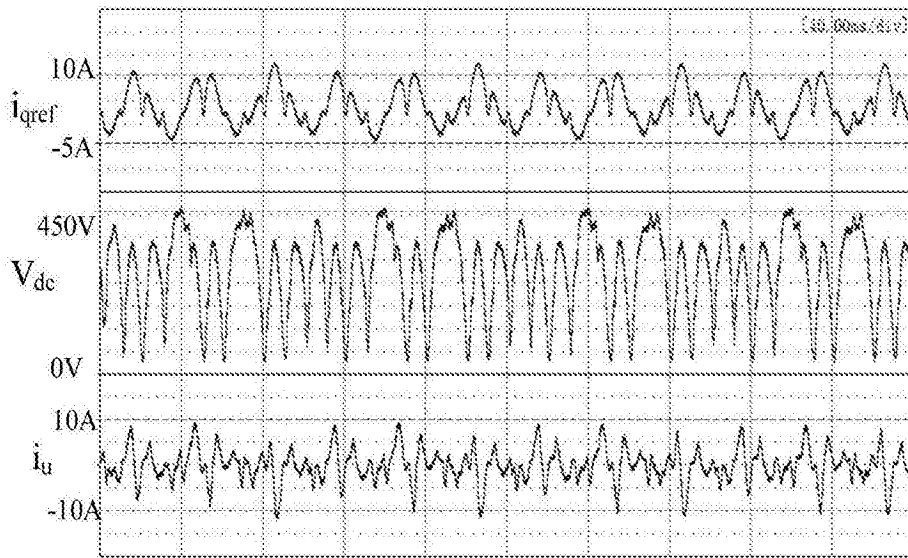
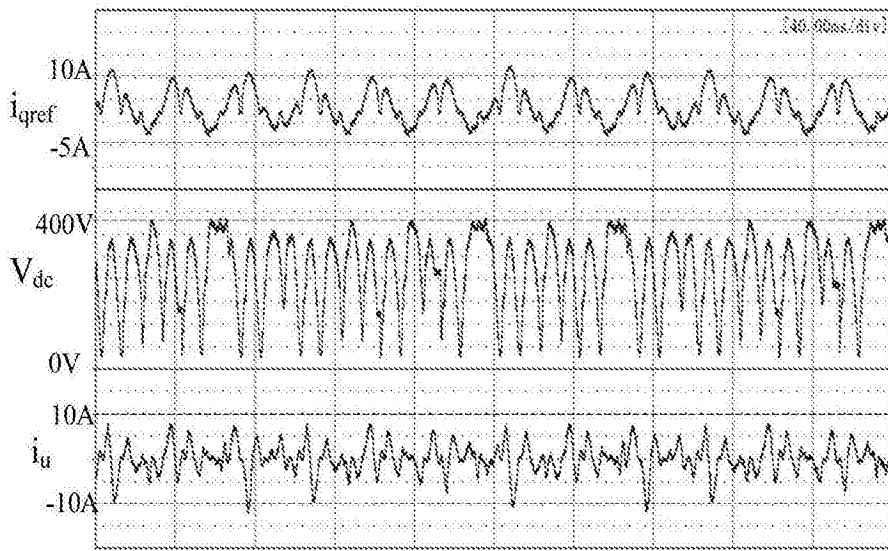


图6



(a)



(b)

图7