

一种变频冰箱压缩机在重载时的启动方法

四川长虹电器股份有限公司 王声纲

【摘要】本文提供一种永磁同步电机重载启动的方法，可以很好的解决冰箱压缩机在重载下的启动问题。该方法在传统永磁同步电机的启动基础上，采用在速度开环的基础上，电流直接控制电机运行，使得电机安全度过重载阶段，而后再使得速度闭环，达到稳定运行的目的。即使在重载的情况下，也能完成压缩机的启动。

【关键词】永磁同步压缩机；重载启动；电流控制

DOI:10.19353/j.cnki.dzsj.2017.15.084

1 引言

现阶段变频冰箱的压机采用的电机一般是永磁同步电机。从驱动方式看，采用永磁同步电机的变频压缩机可用方波驱动或者正弦波驱动。但是，正弦波驱动的冰箱压缩机的噪声和振动小，效率更高，更加具有竞争力。

本文在直流变频冰箱压缩机模型的基础上，通过对传统的三段式启动方法的改进，在切换后直接用电流方式控制压缩机，使得压缩机渡过负载最大的时候，再使得速度闭环，从而使压缩机平稳运行。

2 永磁同步电机的模型及其控制原理

2.1 电机模型

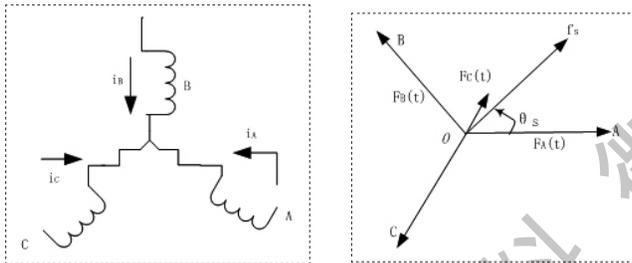


图1 电机定子三相电流

图2 电机定子三相电流产生的磁动势

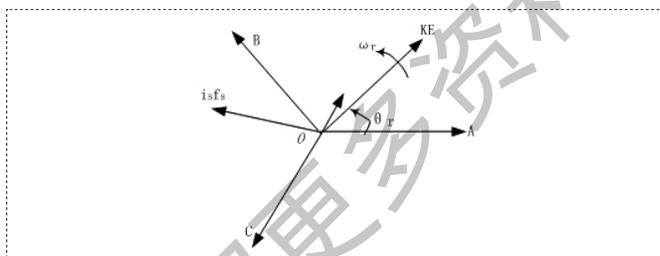


图3 永磁同步电机模型

由图1可知三相绕组轴线ABC构成的空间三相轴系；图2为三相绕组基波合成磁动势；图3为永磁同步电机模型。定子三相绕组通正向电流 i_a 、 i_b 、 i_c 。则相应的三相磁动势为：

$$F_x(t) = \frac{4N_s k_{ws}}{\pi \cdot 2p_n} i_x \quad X \in [A, B, C] \quad (2-1)$$

式中， p_n 为极对数； N_s 为绕组匝数； k_{ws} 为绕组因数。当相电流的瞬时值为正值时，磁动势矢量方向和该相绕组轴线一致，反之则相反。

则合成磁动势为：

$$f_s = F_a(t) + aF_b(t) + a^2 F_c(t) = F_s e^{j\theta} \quad (2-2)$$

式中， F_s 为 f_s 的幅值。

考虑到功率不变的约束，确定单轴线圈有效匝数为每相绕组的有效匝数的 $\sqrt{3}/\sqrt{2}$ 倍。则由(2-2)得到：

$$i_s = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}(i_a + ai_b + a^2 i_c) \quad (2-3)$$

对于图3，永磁同步电机的模型而言。则定子电压矢量方程为：

$$u_s = R_s i_s + p(L_s i_s) + p(\varphi_f e^{j\theta}) \quad (2-4)$$

式中， φ_f 为励磁空间矢量，是永磁体转子产生的，即 K_e 。

根据上式，及其双轴理论。把ABC坐标系下的永磁同步电机模型改变成dq轴下的表现形式，如下：

$$u_d = R_s i_d + pL_d i_d + \omega_r(L_d i_q + \varphi_f) \quad (2-5)$$

$$u_q = R_s i_q + p(L_q i_q + \varphi_f) - \omega_r L_d i_d \quad (2-6)$$

其转矩方程为：

$$T_e = p_n[\varphi_f i_q + (L_d - L_q)i_d i_q] \quad (2-7)$$

2.2 控制原理

在变频冰箱的控制中，压缩机根据温度传感器信号，通过相关规则，转化为相应的压缩机的转速调节信号，使得压缩机在不同工况下运行。

由压缩机数学模型可知，永磁同步电机本身具有非线性和强耦合性，常规的控制很难满足其控制需求。在长期的研究中，一般采用矢量控制和无位置传感器控制来实现其控制。

控制系统原理图如图四。该图由电流环和速度环组成双闭环控制系统。其控制原理为：当给定的速度命令不为零时，检测定子相电流，然后对电流进行Clarke变化和Park变换，得到两相旋转坐标的电流和相关电压，根据检测速度的相关算法得到电机的实际转速；实际转速和命令转速之差，经过PI调节（此链控制器）得到电流的命令值，通过最大力矩电流比控制，再与实际的电流命令值做比较，通过PID调节，得到调节后的旋转坐标下的电压，在经过Park变化和角度，应用SVPWM计算，得到相关的三相电压，最终通过三相逆变器（3 phase inverter），驱动压缩机(PMSM Motor)工作，实现电机无传感器矢量控制。

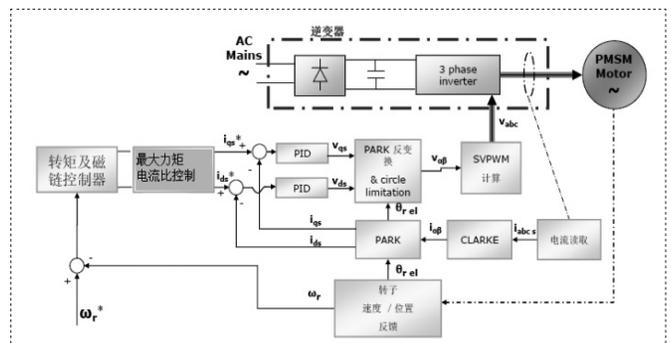


图4 压缩机无传感器矢量控制框图

3 电流控制方式下的电机启动

由上述可知压缩机一般的控制方式。但在启动压缩机的时候，需要特殊的步骤，才能启动，而后才能使压缩机平稳运行。

一般的压缩机启动步骤分为转子位置的确定、异步拖动和从开环状态切换到闭环稳定运行三部分：

3.1 转子位置的确定

无传感器技术无法在压缩机静止的时候从电气参数中得到转子的位置。故对于转子位置的获取，现阶段的一般做法是用高频信号注入或者磁场定向。高频注入法只能应用于凸极电机，故一般采用磁场定向。具体方法是，通过坐标变化，使得 i_q 等于0， i_d 线性增加到固定值。使得转子的磁极固定在U相上。

3.2 异步拖动阶段

在转子位置确定的基础上，通过一定的速率增加转子的转速，

使得转速达到规定的转速,才能通过无位置传感器算法计算得到转子的位置。在拖动阶段,保持 i_d 和 i_q 的值不变,根据转速指令使得压缩机的转速达到设定值。此阶段速度是开环的。

3.3 从开环状态切换到闭环状态

当压缩机达到开环规定转速后,此时可以通过无位置传感器估算转子的位置,使得 i_d 的电流按照正弦的方式逐渐变为0, i_q 的值按照正弦的方式增加到指定电流值。该过程的时间一般很短。在变换完成后,使得速度闭环,转子的实际转速通过无位置传感器估算,跟踪速度的命令值。最终达到稳定运行的目的。改启动过程和相关的控制参数有关。控制参数根据经验,选取合适的值,使得压缩机在启动的过程中,平稳快速。

该方法在压缩机的负载不重的情况下,能够启动成功。但是负载如果加重,会导致压缩机启动失败。为了解决这个问题。下面提出电流控制的方法启动压缩机。

3.4 用电流控制的方法启动电机

在异步拖动结束后,直流电流 i_d 通过正弦波的方式减小到0,交轴电流 i_q 通过正弦波的方式增加到指定值。过渡阶段结束,进入无位置传感器速度闭环控制状态。速度环继续开环。

在进入无位置传感器速度闭环控制状态的初始时间内,速度相关的故障(失步)暂不报,给定电流 $i_{qn}^* = i_{qn-1}^* + \varepsilon$,其中, i_{qn-1}^* 为上一周期给定的q轴电流 i_q , i_{qn}^* 为当前周期给定的q轴电流 i_q , ε 为增加量,按照 $\varepsilon = \varepsilon + 1$ 的方式非线性增加(这样能够避免重负载导致启动失败); i_{qn}^* 的初值为0, i_{qn}^* 不大于设定值 I_{qmax} 。当该时间结束后,再按照速度环给定的 i_q^* 运行。相关的所有保护程序正常运行。

在进入无位置传感器速度闭环控制状态的时刻,速度的命令值 $f = 0$,后续根据 $f_n = f_{n-1} + \zeta$,其中 ζ 为增加量,可根据具体情况调整; f 的最大值为设定的 f_{max} 。当 T_d 结束后,电机根据整体的控制策略改变速度。相关的所有保护程序正常运行。

4 实验结果及分析

根据上述描述的方法,在匹配的硬件和想软件修改的基础上,采用工质为R290的新型制冷剂作为冰箱的制冷剂,在吸排气为2Mpa压差的基础上,进行相关的实验。相关的启动波形如下:

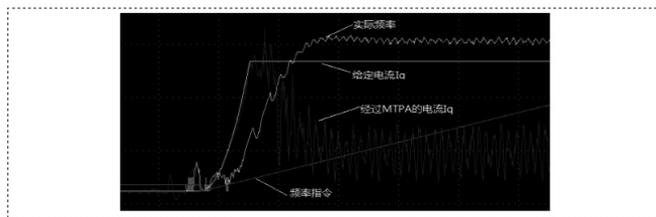


图5 仿真工具观测的相关波形

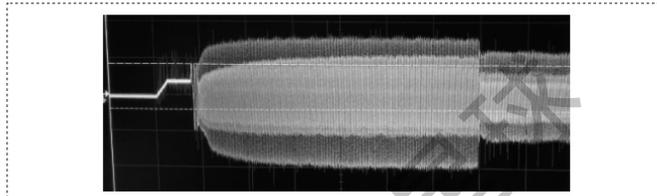


图6 测试压缩机的相电流波形

5 结论

本文提出的通过直接电流控制方法使得压缩机在闭环的初期阶段,通过负载重的阶段,达到压缩机顺利启动,稳定运行的目的。该方法在永磁同步电机模型的基础上,通过对传统电机启动的分析,给出了用电流控制的启动方法,并详细说明了该方法的具体操作步骤。通过具体实验验证,该方法能够使压缩机在重负载的情况下,顺利启动压缩机,实现稳定运行的目的。

参考文献

- [1]王成元等.电机现代控制技术[M].机械工业出版社,2007.
- [2]杨百昌等.变频压缩机启动问题分析与研究[J].电器,2013.
- [3]林东轩.直流无刷电机无传感器启动方法研究[D].华南理工大学,2012.
- [4]张炜.变频冰箱压缩机电机驱动控制的研究[D].广东工业大学,2011.

(上接第126页)

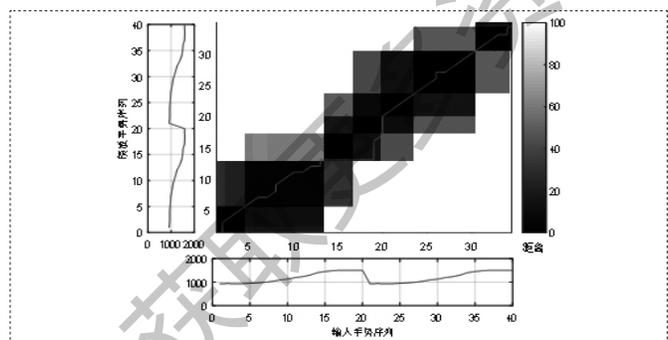


图2 未加权DTW路径匹配

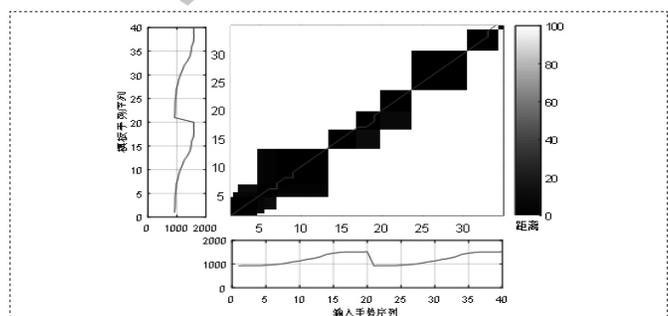


图3 加权DTW路径匹配

通过加速度、角度加权,把不同手势的特征差异放大,让手势匹配路径更优,总欧式距离值更小,从而减少匹配过程中手势的误识和拒识率。在实验中,不同权重的加速度、角度组合,对手势匹配等错误率EER有很大影响。由于,试验时,从0起始,以0.05步进,到1结束,得出与等错误率ERR的关系。使用最佳参数点,对上述三名手语受试者测试,得出手势的平均识别率88.1%和平均识别时间125ms。

4 结论

本系统设计了一款便携低功耗智能翻译手套,将手语数据经改进的动态时间算法识别,最终翻译成文本信息输出。实验得出,对于不同手势,该数据手套平均识别率为88.1%,平均识别时间为125ms。该系统对常见手势的识别率高,识别速度快,并且结构简单、便于携带、功耗低,可广泛运用于聋哑人与正常人的交流中,具有很好的前景和应用市场。

参考文献

- [1]赵燕潮.中国残联发布我国最新残疾人口数据[J].残疾人研究,2012.
- [2]李航.统计学习方法[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [3]夏斐.基于动态规划和DTW匹配的时间序列索引方法研究[D].大连理工大学,2015.
- [4]GB/T 24435-2009.中国手语基本手势[S].2009.