

# 探讨变频冰箱的压缩机智能匹配技术

四川长虹电器股份有限公司 唐婷婷

**【摘要】**目前的变频压缩机控制，常常把电机参数和控制参数存储在类似EEPROM中，保留驱动控制程序不变。针对变频家电市场销量的稳步增长，变频压缩机型号越来越多，匹配一款压缩机一般需要几天，浪费大量的人力，并且生产与售后维修管理难度大，本文探讨了不需要知道电机参数，就能自动辨识电机参数，自适应环路控制参数实现变频冰箱压缩机的智能匹配。

**【关键词】**变频压缩机；控制；智能匹配

近几年来，变频家电产品市场销量稳步增长，变频是家电产品发展趋势之一，变频技术推动了家电产品节能和舒适度的大力提升。新《家用电冰箱耗电量限值及能源效率等级》2016年10月开始实施，将会加速变频家电的普及。针对冰箱用的压缩机型号越来越多，如果每款压缩机都需要人工匹配，会浪费大量的人力。另外售后维修如果按压缩机型号配套，几十个型号驱动板管理起来难度大。但是目前在冰箱行业乃至家电行业存在一个技术难题，就是压缩机的智能匹配技术。即不需要知道压缩机的电机参数，就能自动辨识电机参数，自整定控制参数，实现压缩机的智能匹配，大大增加驱动器的通用性。

## 1. 压缩机控制及匹配

目前的变频压缩机控制，严重依赖电机参数的准确性，需要压缩机厂家提供电机相电阻，d/q轴电感等参数，这是由电机控制模型  $V_d = rI_d + L_d \frac{dI_d}{dt} - L_q \omega I_q$ ， $V_q = L_d \omega I_d + rI_q + L_q \frac{dI_q}{dt} + K_e \omega$  决定的，其中  $r$  为电机的相电阻， $L_d$ 、 $L_q$  分别为电机d/q轴电感， $K_e$  为电机反电动势常数， $\omega$  为电机当前运行角速度， $V_d$ 、 $V_q$  分别为电机d/q轴电压， $I_d$ 、 $I_q$  分别为电机d/q轴电流。当需要对大量不同的电机进行控制时，常常把电机参数和控制参数存储在类似EEPROM中，保留驱动控制程序不变，能够解决对不同压缩机的控制，但这一方法存在如下技术问题：一是需要EEPROM，增加硬件成本；二是售后维修时，一是不方便知道电机型号，即使知道了电机型号采用当初配的EEPROM可能也不能很好的控制电机，因为随着时间的推移，电机的参数会发生变化；三是针对家电用的压缩机型号越来越多，如果每款压缩机都需要人工匹配，会浪费大量的人力。

## 2. 压缩机智能匹配技术

压缩机的智能匹配是家电行业急需且一直未解决的技术难题，国内外都在进行相关的研究，都没有成熟的产品。

### 2.1 电机参数的自动辨识

电机调速控制较为成熟的方法主要有矢量控制和直接转矩控制技术。在磁场定向矢量控制中，电流控制环作为永磁同步电机调试系统中响应最快的一环，其控制器参数的优劣将直接影响到整个调速系统的性能，而根据经典控制理论方法中对电流环控制器参数设计影响最为直接的便是电机的定子参数即定子电阻，电感。所以对电机定子参数进行准确的辨识将直接决定电流控制器性能的好坏。另外速度环以及位置环控制器参数的自整定也同样受到电流环控制器参数整定结果的影响，同样离不开对定子参数的辨识。能够对不同的电机参数进行辨识，从而自动对控制器参数进行整定已经成为了电机控制的发展趋势。在系统运行的初始阶段通过一定的算法对电机参数进行辨识。主要有直流衰减法，模型参考自适应法，智能控制算法。直流衰减法是一种工程性的参数测量方法，原理是通过特定的回路连接对电机加入直流电压激励，然后记录电流的衰减曲线

完成对电机相关参数的辨识。有些算法受MCU的AD采样精度影响很大，电阻的辨识有些还会受功率器件上压降的影响，需要进行补偿。模型参考自适应主要是利用电机模型某些输出量的误差，使其通过可调模型的自适应率从而估算出电机的参数。智能控制算法由于算法本身的复杂性，所以大多数还是建立的仿真实验基础上的。反电动势系数基本需要电机转起来才能辨识。

### 2.2 控制参数的自适应

典型的压缩机驱动控制模型一般都涉及到电流环，速度环，位置环。并且都采用经典的PI控制。电流环，速度环，位置环参数自整定：根据辨识的电机参数按如下公式整定控制参数。电流环  $KI = 2\pi * R * fB-ACR$ ， $KPd = 2\pi * Ld * fB-ACR$ ， $KPq = 2\pi * Lq * fB-ACR$ ，速度环  $KP = J * 2\pi * fB-ASR/p$ ， $KI = J * (2\pi * fB-ASR)^2 / n - ASR^2 / p$ ，位置环  $KP = 2\pi * fB-PLL$ ， $KI = (2\pi * fB-PLL)^2$ ，其中  $fB-ACR$  为电流环带宽， $fB-ASR$  为速度环带宽， $fB-PLL$  为位置环带宽， $p$  为极对数，带宽决定了环路的响应速度，通过选取不同的带宽可以改变环路的跟随性能。一般外环慢，内环快。同时需要对PI控制器的输出进行限幅控制，当PI控制器的输出达到限幅值时，控制器积分进入饱和状态，控制器性能变差甚至出现系统不稳定。一般情况下，可以根据辨识的电机参数，选择合适的带宽，自适应得到控制参数。

### 2.3 模糊PI参数自整定

传统的PI调节器缺乏对工作环境的适应能力，当采用传统的PI控制器时，控制器参数与对象匹配的情况下可以取得良好的控制效果。但是当对象参数发生变化时，PI参数需要重新整定。而冰箱变频压缩机目前一般是永磁同步电机（PMSM），而PMSM是一个非线性、时变的复杂系统。模糊PI参数自整定是一种利用模糊控制器实时整定PI控制器参数，不依赖控制对象的数学模型，鲁棒性强，能够很好地克服系统中模型参数变化和非线性等不确定因素，也具备PI控制器良好的稳态精度。建立不同的模糊规则，可以动态得到不同的控制参数。将模糊控制与传统PI控制器相结合，从而实现系统的高品质控制。

## 3. 结束语

通过以上研究，已可以实现压缩机的智能匹配技术，在华意、加西贝拉、万宝、钱江、东贝等几十款压缩机上试验过，目前可以做到几十款压缩机的智能匹配。

### 参考文献

- [1]孙承波,宋丹.基于锁相环的空调直流压缩机矢量控制系统[J].电工技术学报,2009,4.
- [2]丁文双,胡育文.永磁同步电机模糊PID参数自整定[J].微特电机,2011(5).
- [3]王松.永磁同步电机的参数辨识及控制策略研究[J].

### 作者简介:

唐婷婷，现供职于四川长虹电器股份有限公司。