

变频器 10 大控制方式及其发展方向

一、变频器中常用的控制方式

1、非智能控制方式

在交流变频器中使用的非智能控制方式有 V/f 控制、转差频率控制、矢量控制、直接转矩控制等。

(1) V/f 控制

V/f 就是加在电机定子上的电压和电源频率的比值。

如下图，V/F 符合直线 AB，则是直线型；符合折线段 ABC，则是多点型；符合曲线 AB，则是平方型。

V/f 控制是为了得到理想的转矩-速度特性，基于在改变电源频率进行调速的同时，又要保证电动机的磁通不变的思想而提出的，通用型变频器基本上都采用这种控制方式。V/f 控制变频器结构非常简单，但是这种变频器采用开环控制方式，不能达到较高的控制性能，而且，在低频时，必须进行转矩补偿，以改变低频转矩特性。

(2) 转差频率控制

转差频率控制是一种直接控制转矩的控制方式，它是在 V/f 控制的基础上，按照知道异步电动机的实际转速对应的电源频率，并根据希望得到的转矩来调节变频器的输出频率，就可以使电动机具有对应的输出转矩。

这种控制方式，在控制系统中需要安装速度传感器，有时还加有电流反馈，对频率和电流进行控制，因此，这是一种闭环控制方式，可以使变频器具有良好的稳定性，并对急速的加减速和负载变动有良好的响应特性。

(3) 矢量控制

矢量控制是通过矢量坐标电路控制电动机定子电流的大小和相位，以达到对电动机在 d、q、0 坐标轴系中的励磁电流和转矩电流分别进行控制，进而达到控制电动机转矩的目的。通过控制各矢量的作用顺序和时间以及零矢量的作用时间，又可以形成各种 PWM 波，达到各种不同的控制目的。例如形成开关次数最少的 PWM 波以减少开关损耗。目前在变频器中

实际应用的矢量控制方式主要有基于转差频率控制的矢量控制方式和无速度传感器的矢量控制方式两种。

基于转差频率的矢量控制方式与转差频率控制方式两者的定常特性一致，但是基于转差频率的矢量控制还要经过坐标变换对电动机定子电流的相位进行控制，使之满足一定的条件，以消除转矩电流过渡过程中的波动。因此，基于转差频率的矢量控制方式比转差频率控制方式在输出特性方面能得到很大的改善。但是，这种控制方式属于闭环控制方式，需要在电动机上安装速度传感器，因此，应用范围受到限制。

无速度传感器矢量控制是通过坐标变换处理分别对励磁电流和转矩电流进行控制，然后通过控制电动机定子绕组上的电压、电流辨识转速以达到控制励磁电流和转矩电流的目的。这种控制方式调速范围宽，启动转矩大，工作可靠，操作方便，但计算比较复杂，一般需要专门的处理器来进行计算，因此，实时性不是太理想，控制精度受到计算精度的影响。

(4) 直接转矩控制

直接转矩控制是利用空间矢量坐标的概念，在定子坐标系下分析交流电动机的数学模型，控制电动机的磁链和转矩，通过检测定子电阻来达到观测定子磁链的目的。

因此省去了矢量控制等复杂的变换计算，系统直观、简洁，计算速度和精度都比矢量控制方式有所提高。即使在开环的状态下，也能输出 100%的额定转矩，对于多拖动具有负荷平衡功能。

(5) 最优控制

最优控制在实际中的应用根据要求的不同而有所不同，可以根据最优控制的理论对某一个控制要求进行个别参数的最优化。例如在高压变频器的控制应用中，就成功的采用了时间分段控制和相位平移控制两种策略，以实现一定条件下的电压最优波形。

(6) 其他非智能控制方式

在实际应用中，还有一些非智能控制方式在变频器的控制中得以实现，例如自适应控制、滑模变结构控制、差频控制、环流控制、频率控制等。

2、智能控制方式

智能控制方式主要有神经网络控制、模糊控制、专家系统、学习控制等。在变频器的控制中采用智能控制方式在具体应用中有一些成功的范例。

(1) 神经网络控制

神经网络控制方式应用在变频器的控制中，一般是进行比较复杂的系统控制，这时对于系统的模型了解甚少，因此神经网络既要完成系统辨识的功能，又要进行控制。

而且神经网络控制方式可以同时控制多个变频器，因此在多个变频器级联时进行控制比较适合。但是神经网络的层数太多或者算法过于复杂都会在具体应用中带来不少实际困难。

(2) 模糊控制

模糊控制算法用于控制变频器的电压和频率，使电动机的升速时间得到控制，以避免升速过快对电机使用寿命的影响以及升速过慢影响工作效率。模糊控制的关键在于论域、隶属度以及模糊级别的划分，这种控制方式尤其适用于多输入单输出的控制系统。

(3) 专家系统

专家系统是利用所谓“专家”的经验进行控制的一种控制方式，因此，专家系统中一般要建立一个专家库，存放一定的专家信息，另外还要有推理机制，以便于根据已知信息寻求理想的控制结果。专家库与推理机制的设计是尤为重要的，关系着专家系统控制的优劣。应用专家系统既可以控制变频器的电压，又可以控制其电流。

(4) 学习控制

学习控制主要是用于重复性的输入，而规则的 PWM 信号(例如中心调制 PWM)恰好满足这个条件，因此学习控制也可用于变频器的控制中。

学习控制不需要了解太多的系统信息，但是需要 1~2 个学习周期，因此快速性相对较差，而且，学习控制的算法中有时需要实现超前环节，这用模拟器件是无法实现的，同时，学习控制还涉及到一个稳定性的问题，在应用时要特别注意。

二、未来变频器控制的展望

随着电力电子技术、微电子技术、计算机网络等高新技术的发展，变频器的控制方式今后将向以下几个方面发展。

(1) 数字控制变频器的实现

现在，变频器的控制方式用数字处理器可以实现比较复杂的运算，变频器数字化将是一个重要的发展方向，目前进行变频器数字化主要采用单片机 MCS51 或 80C196MC 等，辅助以 SLE4520 或 EPLD 液晶显示器等来实现更加完善的控制性能。

(2) 多种控制方式的结合

单一的控制方式有着各自的优缺点，并没有“万能”的控制方式，在有些控制场合，需要将一些控制方式结合起来，例如将学**控制与神经网络控制相结合，自适应控制与模糊控制相结合，直接转矩控制与神经网络控制相结合，或者称之为“混合控制”，这样取长补短，控制效果将会更好。

(3) 远程控制的实现

计算机网络的发展，使“天涯若咫尺”，依靠计算机网络对变频器进行远程控制也是一个发展方向。通过 RS485 接口、RTU 模块及一些网络协议对变频器进行远程控制，这样在有些不适合于人类进行现场操作的场合，也可以很容易的实现控制目标。

(4) 绿色变频器

随着可持续发展战略的提出，对于环境的保护越来越受到人们的重视。变频器产生的高次谐波对电网会带来污染，降低变频器工作时的噪声以及增强其工作的可靠性、安全性等等这些问题，都试图通过采取合适的控制方式来解决，设计出绿色变频器。

结束语

变频器的控制方式是一个值得研究的问题，期待依靠致力于这项工作的有识之士的共同努力，使国产变频器早日走向世界市场并且成为一流的产品。