

变频器节能技术及应用展望

张令东

(黑龙江省农垦建三江管局三江热电厂 黑龙江 富锦 156300)

摘要:电动机已经在工业生产、交通运输、国防建设等方面得到广泛应用,其中很多方面对电机的速度调节要求十分精确,比如车辆、机床等泵与风机等平方率型负载对速度调节的应用也十分广泛,变频器在电力控制和节能方面意义重大。

关键词:变频器原理 控制方式 节能应用

前言

近年来,随着电力电子技术、计算机技术、自动控制技术的迅速发展,交流传动与控制技术成为目前发展最为迅速的技术之一,电气传动技术面临着一场历史革命,即交流调速取代直流调速和计算机数字控制技术取代模拟控制技术已成为发展趋势。电机交流变频调速技术是当今节电、改善工艺流程以提高产品质量和改善环境、推动技术进步的一种主要手段。变频调速以其优异的调速和起制动性能、高效率、高功率因数和节电效果,广泛的适用范围及其它许多优点而被国内外公认为最有发展前途的调速方式。

1 变频器的原理和基本构成

1.1 变频器

利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变换为另一频率的电能控制装置,能实现对交流异步电机的软启动、变频调速、提高运转精度、改变功率因数、过流/过压/过载保护等功能。其主电路是给异步电动机提供调压调频电源的电力变换部分,变频器的主电路大体上可分为两类:电压型是将电压源的直流变换为交流的变频器,直流回路的滤波是电容。电流型是将电流源的直流变换为交流的变频器,其直流回路滤波是电感。

1.2 变频器的基本构成

变频器分为交—交和交—直—交两种。交—交变频器将工频交流电直接变换成频率、电压均可控制的交流电称直接式变频器。而交—直—交变频器则是先把工频交流电整流器变成直流电,然后把直流电换成频率、电压均可控制的交流电,称为间接式变频器。目前较为常用的是间接式变频器。

1.2.1 整流器:最近大量使用的是二极管的变流器,它把工频电源变换为直流电源。也可用两组晶体管变流器构成可逆变流器,由于其功率方向可逆,可以进行再生运转。

1.2.2 滤波电路:在整流器整流后的直流电压中,含有电源6倍频率的脉动电压,此外逆变器产生的脉动电流也使直流电压变动。为了抑制电压波动,采用电感和电容吸收脉动电压(电流)。装置容量小时,如果电源和主电路构成器件有余量,可以省去电感采用简单的滤波电路。

1.2.3 逆变器:同整流器相反,逆变器是将整流后的直流电源变换为所要求电压、频率的交流电,以保证异步电动机运行。

1.2.4 控制电路:是给异步电动机供电(电压、频率可调)的主电路提供控制信号的回路,它有频率、电压的“运算电路”,主电路的“电压、电流检测电路”,电动机的“速度检测电路”,将运算电路的控制信号进行放大的“驱动电路”,以及逆变器和电动机的“保护电路”组成。其主要功能是根据各类反馈信号实时有效的控制整流器和逆变器的输出,供应电压、频率适合的交流电源给电动机。

2 变频器控制方式

2.1 $U/f=C$ 的正弦脉宽调制(SPWM)控制方式

其特点是控制电路结构简单、成本较低,机械特性硬度也较好,能够满足一般传动的平滑调速要求,已在产业的各个领域得到广泛应用。

2.2 电压空间矢量(SVPWM)控制方式

它是三相波形整体生成效果为前提,以逼近电机气隙的理想圆形旋转磁场轨迹为目的,一次生成三相调制波形,以内切多边形逼近圆的方式进行控制的。经实践使用后又有所改进,即引入频率补偿,能消除速度控制的误差;通过反馈估算磁链幅值,消除低速时定子电阻的影响;将输出电压、电流闭环,以提高动态的精度和稳定度。但控制电路环节较多,且没有引入转矩的调节,所以系统性能没有得到根本改善。

2.3 矢量控制(VC)方式

矢量控制变频调速的做法是将异步电动机在三相坐标系下的定子电流 I_a 、 I_b 、 I_c 、通过三相—二相变换,等效成两相静止坐标系下的交流电流 I_a1 、 I_b1 ,再通过按转子磁场定向旋转变换,等效成同步旋

转坐标系下的直流电流 I_m1 、 I_t1 (I_m1 相当于直流电动机的励磁电流; I_t1 相当于与转矩成正比的电枢电流),然后模仿直流电动机的控制方法,求得直流电动机的控制量,经过相应的坐标反变换,实现对异步电动机的控制。其实质是将交流电动机等效为直流电动机,分别对速度、磁场两个分量进行独立控制。通过控制转子磁链,然后分解定子电流而获得转矩和磁场两个分量,经坐标变换,实现正交或解耦控制。

2.4 直接转矩控制(DTC)方式

1985年,德国鲁尔大学的 DePenbrock 教授首次提出了直接转矩控制变频技术。该技术在很大程度上解决了上述矢量控制的不足,并以新颖的控制思想、简洁明了的系统结构、优良的动静态性能得到了迅速发展。目前,该技术已成功地应用在电力机车牵引的大功率交流传动上。直接转矩控制直接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。它不需要将交流电动机等效为直流电动机,因而省去了矢量旋转变换中的许多复杂计算;它不需要模仿直流电动机的控制,也不需要为解耦而简化交流电动机的数学模型。

3 变频器调速节能

3.1 变频节能

由流体力学可知, $P(\text{功率})=Q(\text{流量})\cdot H(\text{压力})$,流量 Q 与转速 N 的一次方成正比,压力 H 与转速 N 的平方成正比,功率 P 与转速 N 的立方成正比,如果水泵的效率一定,当要求调节流量下降时,转速 N 可成比例的下降,而此时轴输出功率 P 成立方关系下降。即水泵电机的耗电功率与转速近似成立方比的关系。例如:一台水泵电机功率为 55KW,当转速下降到原转速的 4/5 时,其耗电量为 28.16KW,省电 48.8%,当转速下降到原转速的 1/2 时,其耗电量为 6.875KW,省电 87.5%。

3.2 功率因数补偿节能

无功功率不但增加线损和设备的发热,更主要的是功率因数的降低导致电网有功功率的降低,大量的无功电能消耗在线路当中,设备使用效率低下,浪费严重,由公式 $P=S\cdot\cos\phi$, $Q=S\cdot\sin\phi$,其中 S —视在功率, P —有功功率, Q —无功功率, $\cos\phi$ —功率因数,可知 $\cos\phi$ 越大,有功功率 P 越大,普通水泵电机的功率因数在 0/6—0/7 之间,使用变频调速装置后,由于变频器内部滤波电容的作用, $\cos\phi\approx 1$,从而减少了无功损耗,增加了电网的有功功率。

3.3 软启动节能

由于电机为直接启动或 Y/D 启动,启动电流等于(4—7)倍额定电流,这样会对机电设备和供电电网造成严重的冲击,而且还会对电网容量要求过高,启动时产生的大电流和震动时对挡板 and 阀门的损害极大,对设备、管路的使用寿命极为不利。而使用变频节能装置后,利用变频器的软启动功能将使启动电流从零开始,最大值也不超过额定电流,减轻了对电网的冲击和对供电容量的要求,延长了设备和阀门的使用寿命。节省了设备的维护费用。

4 总结

在工业控制领域中,绝大多数是电动控制系统,其最终的控制对象和执行机构均为电机,电机的自动控制系统往往都是通过控制转速来实现的。上世纪八十年代,随着电力电子技术的发展,在国外交流变频调速技术在电机控制系统中开始工业应用,一九九五年以来,该技术传到中国大陆,近几年在我国的应用也越来越广。现在在国外,交流调速传动系统在很大程度上已取代了直流调速系统而上升为电气调速传动的主流。

参考文献

- [1]郭立君.泵与风机[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [2]孙传森.变频器技术.北京:高等教育出版社,2008.
- [3]陈伯时.电力拖动自动控制系统[M].机械工业出版社.
- [4]许振茂.变频调速使用手册[M].兵器工业出版社.