

# 浅析高压变频器的基本原理及其应用领域

周 昆

(江汉大学物理与信息工程学院 湖北 武汉 430056)

**摘要:**在工业领域中,高压变频器的使用越来越广泛。通过介绍高压变频器的原理及其发展因素、目前主要应用领域,能简单了解高压变频器的基本特点及其发展应用趋势。

**关键词:**高压变频器;电平电压源;趋势;领域

**中图分类号:** TN773

**文献标识码:** A

## 1 高压变频器的基本原理

高压变频器是一种高压电机调速产品。它是指输入电源电压在 3KV 以上的大功率变频器,其主要电压等级是 3KV 到 10kV 等电压等级的高压大功率变频器。它的每个功率单元相当于一个三电平的二相输出的低压变频器,通过叠加成为高压三相交流电(见图 1)。

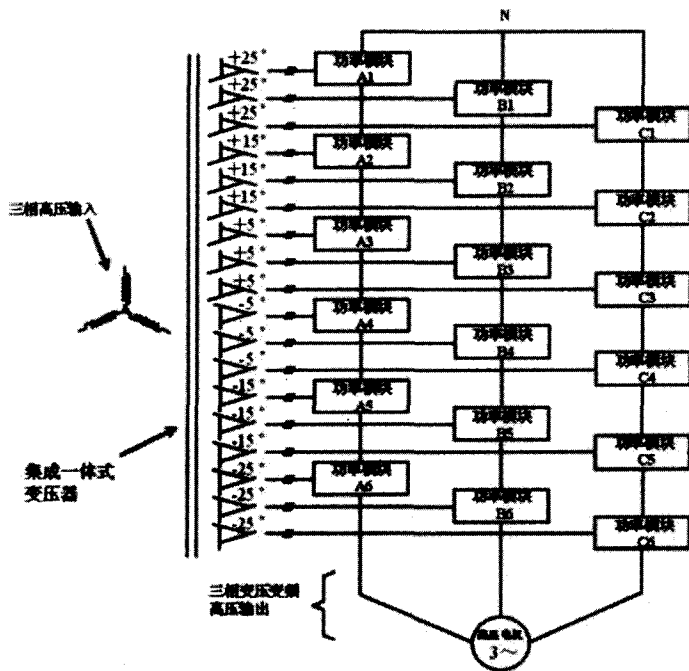


图 1 高压变频器结构图

高压变频器的性能主要有三方面的特点:一方面是调速的范围比较宽,可以从零转速到工频转速的范围内进行平滑调节。在大电机上能实现小电流的软启动,启动时间和方式根据时机情

况进行调整。频率的调整是根据电机在低频下的压频比系数进行电压和频率的输出,在低转速下,电机不仅是发热量低,而且输入电压低,因此可使电机绝缘老化速度降低;一方面是其效率高,可达到 90% 多以上,远高于可控硅大功率调速装置;另一方面是对电机不产生谐波污染,有效降低了电机的发热量,噪声与采用工频供电时相近,转矩

脉冲很低,不会导致电机等机械设备的共振,同时也减少了传动机构的磨损,输出波形完美,失真度小于 1%。电动机的电应力强度与采用工频供电时相近,无需配备特殊电动机;与电机的连接不受电缆长度的限制。

## 2 高压变频器的分类及其特点

由于高压变频器应用的领域不同,其种类也比较多,故分类方法也多种多样。根据高压变频器中有无直流环节可分为交交变频器和交直交变频器;交直交变频器按所采用的直流环节的不同方式又可分为

为电流型变频器和电压型变频器;按照输出电平数,可分为两电平、三电平、五电平及多电平变频器等。

目前常见的高压变频器主要有四种。第一种是单元串联式多电平高压变频器。在 20 世纪 90 年代,美国罗宾康公司推出了全球第一台单元串联式多电平高压变频器,并取名为完美无谐波变频器。单元串联式多电平高压变频方案在我国获得了大面积推广,目前主要的几家高压变频器生产企业均采用这种结构。其优点是谐波含量极低,功率因数高,缺点是只能单象限运行,要实现四象限运行则必须另外配置能量回馈单元;第二种是三电平电压源型变频器。其优点是输出频率高、过载能力强、动态性能好、电机噪声小等;缺点是单象限运行,要四象限运行需另外配置能量回馈单元;第三种是直接串联型变频器。直接串联高压变频器,采用抗共模电压技术以取消输入变压器,采用输出滤波器 and 优化的 PWM 波形,大大降低了谐波含量。其优点是结构简单,二电平逆变器技术成熟;效率高达 98%,动态性能好并且过载能力强。缺点是无输入变压器,六脉冲整流网侧谐波大,需采用进线电抗器;第四种是交交高压变频器。它是无直流环节、直接由交流到交流的变频器,其优点是可用于驱动同步和异步电机、动态相应特性好、可四象限运行等。缺点是低速时功率因数低、网侧谐波大,另外其工作原理过于复杂,硬件实现难度很大,特别是对于工作电压通常在 3KV 以上的高压变频

器,功率器件数量成倍增加。

### 3 高压变频器的应用领域

高压变频器产品的应用涉及到我国国民经济的许多领域,主要应用领域有电力、建材和冶金等行业。

#### 3.1 电力行业

我国发电能力居世界第二,仅次于美国。2007年电力行业面临较好的发展环境,一方面宏观经济继续快速增长,带动电力需求较快增长;另一方面,在国家产业政策的引导下,电力市场化改革和行业发展方向进一步明确,电力监管能力逐步增强。但不利因素也非常突出,电煤价格的持续上扬,增大了电力行业的成本压力,成为影响电力企业盈利能力的重要因素(见图2)。

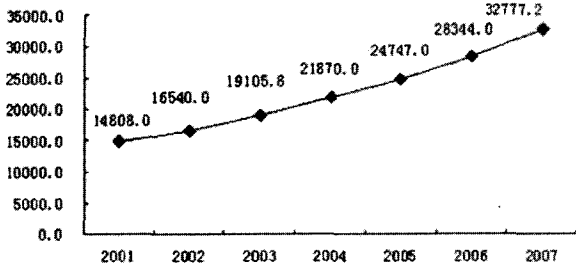


图2 2001-2007年全国发电量统计(亿千瓦时)

我国电力行业的“节能、减排、降耗”需求促进了变频器产品的推广应用。节能减排关系到国计民生,但在“十一五”首年节能减排指标就已失守,因此成为2007年我国两会关注的焦点。由于变频器可以在许多行业内高效地节约电能同时提高工艺水平,因此在某种程度上,大力推广变频器在各行业的应用可以减轻电力行业发电量指标的压力,节约电能的同时减少排放量,降低能耗。

电力行业是高压变频器产品重要的应用领域,其中以风机水泵类负载为主,用于燃煤锅炉的风机、水泵等装置。应用变频器可以根据发电系统所需输出负荷的变化等情况实时调节电动机的功率输出,最终达到节约能源、提高系统运行效率的目的,对火电厂的节能、降耗以及安全稳定运行有着重要意义。

#### 3.2 建材行业

高压变频器主要应用于建材行业的各种工业设备。主要的建材产品生产领域都有采用变频器进行节能改造的

需求。以我国水泥生产为例,我国的水泥生产量中的70%左右是技术水平落后的立窑,能耗比较高,通过变频器改造能够节电15%~30%,同时还可以提高产品的质量稳定性。随着我国建材行业的进一步发展,变频器产品在以上各领域推广应用的潜力很大。

#### 3.3 冶金行业

高压变频器在钢铁行业的应用主要是炼钢的水循环系统、各种轧机和燃料输送装置等。由于产业结构的不合理,一些低端产品的产能过剩,而高附加值产品的生产能力弱,故而,今后发展方向将从产能的扩张转移到产业结构的调整。

冶金行业在经历了一段时期的快速增长后,在政策的影响下未来几年增速将放慢。根据我国相关政策,钢铁产业发展将向控制总量增长、推动技术升级和产业布局、产品结构调整转变;新增生产能力将与淘汰落后生产能力相结合。投资的放缓将影响冶金行业变频器市场容量的进一步扩大。

### 4 影响高压变频器发展的因素

其发展主要有三个方面的影响因素:一方面是经济因素。近几年能源价格不断高涨,给企业的成本带来很大的压力,并且这种压力在未来数年内不会减弱反而会加强,因此,变频器作为一种节能效果显著的设备得到了企业的认可。另一方面我国经济的高速健康发展使得企业实力大幅提高,企业有能力采购高压变频器这样的初期投资较大但有助于降低运行成本的辅助生产设备。这都为高压变频器的推广应用提供了良好的条件;一方面是社会因素。改革开放最初十几年以牺牲环境和浪费能源为代价的经济增长同时也带来严重的环境问题,节能已成为了全社会的共识,我国正致力于从粗放型经济向集约型经济转变,高压变频器作为一种有效的节能设备获得了政府的大力提倡;最好是技术和市场因素。高压变频器产品在我国已经经过多年的发展,尤其是近几年国内企业的技术水平提高很快,国内企业积极参与市场竞争使产品

价格出现明显下降。

### 5 高压变频器的发展趋势

20世纪90年代以来,我国研发生产出高压变频器,在技术方面的差距与国际先进水平不断缩小。特别是自2000年之后,我国不断加大技术方面的投入,最终取得了很大的进步。据专家预测,今后我国高压变频器技术和产品发展将会出现两个大趋势。第一个是功率单元串联多电平技术仍是市场的主流。目前,采用功率单元串联多电平技术的高压变频器,在国内占有的市场份额已经达到80%左右;第二个是目前大部分内资高压变频器企业在硬件技术水平上以及和外资品牌比较接近,但在软件控制算法上仍有一定差距,特别是具有矢量控制和四象限(PWM)运行功能的高端产品市场仍然是国外品牌占优势。这两项技术对提高变频器的节能效果和拓展高端应用非常关键,前者通过提高控制精度,使高压变频器可以用于轧钢机、电力机车牵引系统等控制要求高的领域;后者通过把上下运行装置在下降过程中产生的电力调制成理想的波形并回馈到电网,大幅提高变频器的节能效果,可有效地用于电力、煤炭和油气钻采等领域。

### 6 结语

随着工业技术的不断发展,高压变频器的综合性能将更加完善,在各行业领域也将得到更加广泛的应用。

#### 参考文献

- 1 倚鹏. 高压大功率变频器技术原理与应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008
- 2 肖朋生等. 变频器及其控制技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008
- 3 仲明振, 赵相宾. 高压变频器应用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009

(责任编辑 戴 钧 张 芝)