

变频器应用与原理的研究

刘猛、陈宇、刘龙球、顾少成

(黄石东贝电器股份有限公司, 435000)

摘要: 随着变频器的普遍应用, 变频器已经成为白电电器中重要的部分。应用变频器来调节速度, 根据系统需求来利用变频器调节电动机的转速, 从而可以利用电动机较少的运行功率来实现设备高效, 在达到白电企业生产要求的同时, 实现了企业生产节能的要求。目前大部压机的系统并不能根据所承载的负载进行自动调整, 但经过变频器的应用后, 可以在运行过程中对压缩机进行连续的调节, 从而能够保证压力、转速等参数的稳定, 保障压机的正常运行, 大大提高压机的工作效率。

关键词: 变频器; 工作原理; 调速; 发展前景。

Research on The application and theory of inverter

Liumeng 、chenyu、liulongqiou、gushaocheng

(Huangshi Donper Electrical Appliance Co., Ltd., 435000)

Abstract: with the widespread application of frequency converter, inverter has become an important part of the white. Application of frequency converter to adjust the speed, according to the system requirements to using frequency converter to adjust the motor speed, which can use less motor operating power equipment, and in reaching the white electric enterprise to produce the request at the same time, the realization of the enterprise production and energy-saving requirements. At present, the system of the large press can not be adjusted automatically according to the load of the load. But after the application of frequency converter can in operation of compressor by continuous adjustment, thus ensuring the pressure, speed and other parameters are stable, press guarantee the normal operation, greatly improving the work efficiency of the compressor.

Key words: inverter: working principle: speed regulation: development prospects.

第一作者简介: 刘猛 (1987.9) 男、大专、毕业于黄石理工学院电子专业, 现任黄石东贝电气股份有限公司变频板设计工程师, 主要变频板研发工作

一、引言

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。

60年代中期，普通晶闸管、小功率晶体管的实用化，使交流电动机变频调速也进入了实用化。采用晶闸管的同步电动机自控式变频调速系统、采用电压型或电流型晶闸管变频器的笼型异步电动机调速系统（包括不属变频方案的绕线转子异步电动机的串级调速系统）等先后实现了实用化，使变频调速开始成为交流调速的主流

此后的 20 多年中，电力电子技术和微电子技术以惊人的速度向前发展，变频调速传动技术也随之取得了日新月异的进步

二、变频器的组成

变频器是由整流电路、滤波电路、逆变电路组成。其中整流电路和逆变电路中均使用了半导体开关元件，在控制上则采用的是 PWM 控制方式，这就决定了变频器的输入、输出电压和电流除了基波之外，还含有许多的高次谐波成分。这些高次谐波成分将会引起电网电压波形的畸变，产生无线电干扰电波，它们对周边的设备、包括变频器的驱动对象--电动机带来不良的影响。所以，深入了解交流传动与控制技术的走向，对我们的学习工作具有十分积极的意义。

三、变频器的组成与分类

电压型变频器主电路包括：整流电路、中间直流电路、逆变电路三部分组成，交-直-交型变频器结构

（1）用单相全波整流桥电路：380V 系列采用桥式全波整流电路。

（2）中间滤波电路：整流后的电压为脉动电压，必须加以滤波；滤波电容 CF 除滤波作用外，还在整流与逆变之间起去耦作用、消除干扰、提高功率因素，由于该大电容储存能量，在断电的短时间内电容两端存在高压电，因而要在电容充分放电后才可进行操作。

（3）限流电路：由于储能电容较大，接入电源时电容两端电压为零，因而在上电瞬间滤波电容 CF 的充电电流很大，过大的电流会损坏整流桥二极管，为保护整流桥上电瞬间将充电电阻 RL 串入直流母线中以限制充电电流，当 CF 充电到一定程度时由开关 SL 将 RL 短路。

(4) 逆变电路： 逆变管 $V1\sim V6$ 组成逆变桥将直流电逆变成频率、幅值都可调的交流电，是变频器的核心部分。常用逆变模块有：GTR、BJT、GTO、IGBT、IGCT 等，一般都采用模块化结构有 2 单元、4 单元、6 单元。

(5) 续流二极管 $D1\sim D6$ ：其主要作用为：

a. 电机绕组为感性具有无功分量， $VD1\sim VD7$ 为无功电流返回到直流电源提供通道

b. 当电机处于制动状态时，再生电流通过 $VD1\sim VD7$ 返回直流电路。c. $V1\sim V6$ 进行逆变过程是同一桥臂两个逆变管不停地交替导通和截止，在换相过程中也需要 $D1\sim D6$ 提供通路。

(6) 缓冲电路

由于逆变管 $V1\sim V6$ 每次由导通切换到截止状态的瞬间，C 极和 E 极间的电压将由近乎 0V 上升到直流电压值 UD，这过高的电压增长率可能会损坏逆变管，吸收电容的作用便是降低 $V1\sim V6$ 关断时的电压增长率。

电机在减速时转子的转速将可能超过此时的同步转速 ($n=60f/P$) 而处于再生制动 (发电) 状态，拖动系统的动能将反馈到直流电路中使直流母线 (滤波电容两端) 电压 UD 不断上升 (即所说的泵升电压)，这样变频器将会产生过压保护，甚至可能损坏变频器，因而需将反馈能量消耗掉，制动电阻就是用来消耗这部分能量的。制动单元由开关管与驱动电路构成，其功能是用来控制流经 RB 的放电电流 IB

四、变频器的基本原理

变频器的工作原理是通过控制电路来控制主电路，主电路中的整流器将交流电转变为直流电，直流中间电路将直流电进行平滑滤波，逆变器最后将直流电再转换为所需频率和电压的交流电，部分变频器还会在电路内加入 CPU 等部件，来进行必要的转矩运算。

图 交一直一交变频器主电路

1. 单项桥式逆变器基本的工作原理

$S1\sim S4$ 是桥式电路的 4 个臂，由电力电子器件及辅助电路组成。

$S1$ 、 $S4$ 闭合， $S2$ 、 $S3$ 断开时，负载电压 u_o 为正。

$S1$ 、 $S4$ 断开， $S2$ 、 $S3$ 闭合时，负载电压 u_o 为负。

逆变电路最基本的工作原理 —— 改变两组开关切换频率，可改变输出交流电频率

电阻负载时，负载电流 i_o 和 u_o 的波形相同，相位也相同。阻感负载时， i_o 相位滞后于 u_o ，波形也不同。

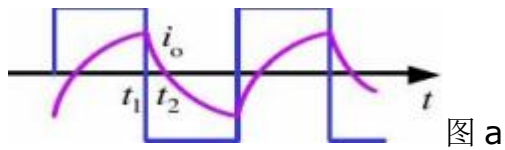


图 a

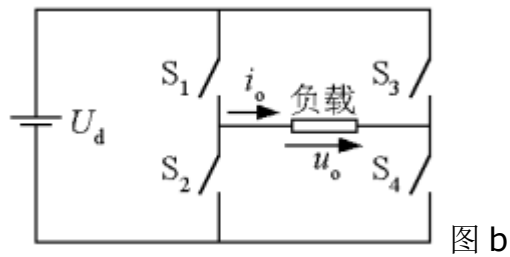
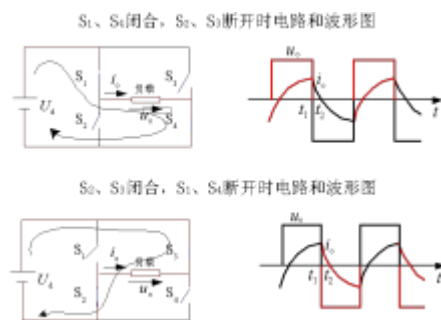


图 b

图 逆变电路及其波形



开通：适当的门极驱动信号就可使器件开通。

关断：①全控型器件可通过门极关断。

②半控型器件晶闸管，必须利用外部条件才能关断。

③一般在晶闸管电流过零后施加一定时间反压，才能关断。④研究换流方式主要是研究如何使器件关断。

2.三相电压型逆变电路：

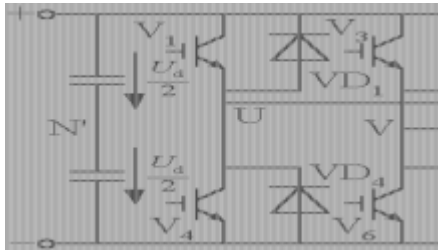
三个单相逆变电路可组合成一个三相逆变电路,应用最广的是三相桥式逆变电路

图 三相电压型桥式逆变电路

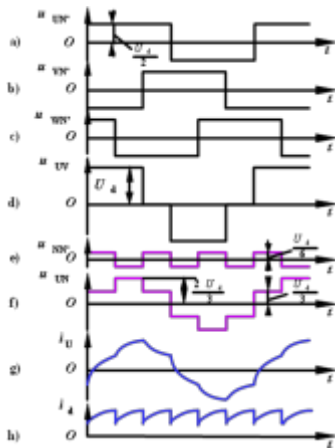
基本工作方式—— 180° 导电方式

每桥臂导电 180° ，同一相上下两臂交替导电，各相开始导电的角度差 120° 。

任一瞬间有三个桥臂同时导通。



每次换流都是在同一相上下两臂之间进行，也称为纵向换流。



五、变频器调速运行的节能原理

实现变频调速的装置称为变频器。变频器一般由整流器、滤波器、驱动电路、保护电路以及控制器（MCU / DSP）等部分组成。首先将单相或三相交流电源通过整流器并经电容滤波后，形成幅值基本固定的直流电压加在逆变器上，利用逆变器功率元件的通断控制，使逆变器输出端获得一定形状的矩形脉冲波形。在这里，通过改变矩形脉冲的宽度控制其电压幅值；通过改变调制周期控制其输出频率，从而在逆变器上同时进行输出电压和频率的控制，而满足变频调速对 U / f 协调控制的要求。PWM 的优点是能消除或抑制低次谐波，使负载电机在近正弦波的交变电压下运行，转矩脉动小，调速范围宽。

采用 PWM 控制方式的电机转速受到上限转速的限制。如对压缩机来讲，一般不超过 $7000r / \text{min}$ 。而采用 PAM 控制方式的压缩机转速可提高 1.5 倍左右，这样大大提高了快速增速和减速能力。同时，由于 PAM 在调整电压时具有对电流波形的整形作用，因而可以获得比 PWM 更高的效率。此外，在抗干扰方面也有着 PWM 无法比拟的优越性，可抑制高次谐波的生成，减小对电网的污染。采用该控制方式的变频调速技术后，电机定子电流下降 64%，电源频率降低 30%，出胶压力降低 57%。由电机理论可知，异步电机的转速可表示为：

$$n = 60 \cdot f (1 - s) / p$$

f_s 为电机定子频率(也即是电网频率), P 电机定子的绕组极对数, s 为转差率。由上式可知, 只要转差率不太大, 可以近似认为转速 n 与 f_s 成

范围的连续平滑调速。例如一个额定转速 3000 转 / 分的电动机, 由变频器供电, 若启动频率设定为 5HZ, 那么变频器可以运行在 5—50HZ 之间的任一频率上, 则电动机可以运行在 300—3000 转 / 分之间的任一转速上。电动机由市电启动, 启动平衡, 力矩大又节能。

50HZ380V 的市电经过整流滤波环节后成为直流电, 再经过逆变环节变成了频率和幅度都可调的交流电。在变频器主回路中电能经过了交流—一直流—交流的交流变换, 所以这类变频器称作交—一直—交变频器。

六、 变频器的前景展望

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。深入了解交流传动与控制技术的走向, 具有十分重要的意义

七、小结

变频调速这一技术正越来越广泛的深入到行业中。它的节能、省力、易于构成自控系统的显著优势应用变频调速技术也是改造挖潜、增加效益的一条有效途径。尤其是在高能耗、低产出的设备较多的企业, 采用变频调速装置将使企业获得巨大的经济利益, 同时这也是国民经济可持续发展的需要。

参考文献:

[1]孟朔.适用于变频调速系统的异步电机设计与分析方法的研究[D].清华大学, 2000.

[2]王廷才.主编.《变频器原理及应用》.机械工业出版社.

[3]何超.主编.《交流变频调速技术》.北京航空航天大学出版社.