

一种采用单片机控制的单相变频器的设计

张黎 钱希森 喻翔 重庆通信学院电力工程系 (重庆 400035)

摘要:介绍了一种高性能微机控制单相SPWM变频调速系统。该系统硬件上采用了MCS-51单片机构成的最小系统,软件上采用各种灵活措施来获得优良的性能。

叙词:单片机 变频器

The Design of Monolithic Computer Controlled Single-phase Frequency Converter

Zhang li Qian xisen Yu xiang

Abstract: This paper introduces a computer controller single-phase SPWM VFSR system. Its hardware is based on MCS-51 monolithic computer and several flexible measures are used in software to assure good performances.

Keywords: monolithic computer frequency converter

1 引言

随着电力电子技术的发展,传统的电气传动正面临着-场重大变革,直流调速正逐步被交流调速所取代。交流电机与直流电机相比有一些固有的优点:如结构简单、造价低、耐用、故障率低、易维护等,用于调速领域具有独特的优势。但交流电机控制转速相对复杂,因此,交流调速长期只处于研究阶段。自全控型功率器件出现和控制理论不断发展,交流调速系统在控制性能及经济性上都可以与直流传动相媲美,并且在高速、高压、大功率、恶劣环境和节能方面,交流传动系统有更大的优势。本文就采用MCS-51单片机控制单相变频器的实用性进行探讨性研究,本设计方案可以应用于各种家用电器的变频调速,具有一定的应用前景。

2 交流变频调速原理

变频调速是以变频器向交流电动机供电,并构成开环或闭环系统。对于异步电动机,其转速公式为:

$$n = 60f_1 (1 - s) / p - n_1 (1 - s) \tag{1}$$

其中 n —电动机实际转速; f_1 —定子供电频率; p —极对数; n_1 —同步转速; s —转差率

改变 f_1 就可以改变电机的同步转速 n_1 ,从而达到改变 n 的调速目的。由于异步电动机每相电压为:

$$u_1 \approx E_1 = 4.44f_1 W_1 k_{W1} \Phi_m \tag{2}$$

其中, u_1 —定子相电压; E_1 —定子相电势; W_1 —每相绕组匝数; k_{W1} —基本绕组系数; Φ_m —每极气隙磁通;

如果只单纯地改变 f_1 , 则 Φ_m 势必要发生变化。如果 Φ_m 过大, 会使磁路饱和和导致过大的励磁电流, 严重时会使绕组损坏。所以降低 f_1 时, 必须同时降低 u_1 , 使 Φ_m 保持不变。即:

$$u_1 / f_1 = \text{恒量} \tag{3}$$

这就是通常说的恒磁通控制, 又称恒压频比控制^[1]。

变频器就是把固定电压, 固定频率的交流电变换成为可调电压, 可调频率的交流电的变换器。根据有中间直流环节, 变频器可分为交-交与交-直-交两种不同型式。目前, 常见的交-直-交变频器通常由主电路与控制电路构成, 如图1所示。

3 系统控制方案

当前, 电压型方式交-直-交变频器发展很快。PWM用于变频器的控制, 可以改善变频器的输出波

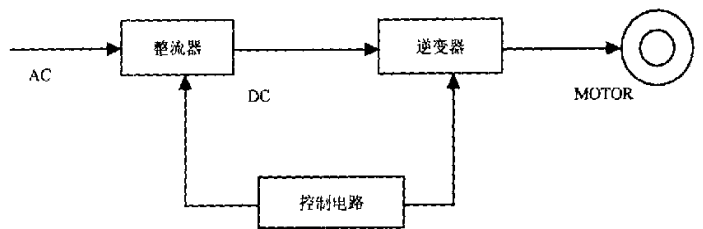


图1 交-直-交变频器结构图

形,降低谐波并减小转矩脉动。同时也简化了变频器的结构,加快了调节速度,提高了系统的动态响应性能。

3.1 控制原理

如果希望变频器输出正弦波电压,可以用一系列频率可调的脉冲波来等效,只要对应时间间隔内的矩形脉冲列的面积与正弦波和横轴包含面积相等。系列脉冲就可以等效正弦波。脉冲控制信号的形成方法通常是将相同极性的正弦波基准信号与等幅等距的三角波比较,以其交点为开关器件的换流点,从而形成 SPWM 脉冲列,用于交流传动的变频器实际上是采用变压变频的方式,即 VVVF。随着调制波幅值和频率的变化,调制的脉冲波也会在宽度和频率上作相应的变化,从而保证 Φ_m 为恒值。

3.2 控制软件的设计

在以上原理基础上,设计了一种用单片机产生 SPWM 脉冲的控制方式。这种用软件方式产生 SPWM 波的方式比用模拟元件实现有更多的优势,如控制电路简单,成本低,受外界干扰小等。

(1) 实现的数学模型

由微机实现 SPWM 控制,软件化的方法有表格法,随时计算法和实时计算法。考虑到前两种方案占用大量的内存,且无实时处理功能,动态响应慢,因此采用实时计算法。

实时计算法采用对称规则采样方式。其原理是在三角波的顶点采样正弦波形成阶梯波,用此阶梯波与三角波进行比较,得到的交点所确定的脉宽在一个采样周期内位置对称。原理如图 2。

由上图可以求出 t_1 采样点的时刻对应的脉冲宽度为:

$$t_{pw} = T_s (1 + M \sin \omega t_1) / 2 \quad (4)$$

$$t_{off} = T_s (1 - M \sin \omega t_1) / 4 \quad (5)$$

$$t_1 = k T_1 \quad k = 0, 1 \cdots N-1 \quad (6)$$

由此可知,只要知道一个采样点 t_1 ,就可以确定出这个采样周期内的时间内隔 t_{off} 与脉宽 t_{pw} [2]。

(2) 软件设计

在设计中,为体现先进性,采用全数字控制。外接元件少,程序修改方便,与模拟方式相比,可靠性,可操作性,可维修性好,具有抗干扰能力强,精度高等优点。

软件设计思想为:0-50Hz 输出频率是由电位器设定,通过 ADC0809 模数转换器将数字量送到 89C51 中。由 89C51 中 T_1 定时采样周期 T_s ; 定时器 T_0 定时 t_{off} 和 t_{pw} , 定时时间到就将开关模式由 $P_{1.0} \sim P_{1.3}$ 输出,经光耦驱动全桥变换器的四只开关管。

由于单片机只能进行数字量计算,所以必须对 T_s , t_{off} 与 t_{pw} 进行量化。89C51 采用 6MHz 晶振,采样方式为对称规则采样,则采样周期 T_s 量化为定时器 T_1 的计数次数 R 。

$$R = 10^6 / 2 N f \quad (7)$$

其中, N —载波比 f —输出频率

由于要求 $u/f =$ 恒量,假定 $f = f_N = 50\text{Hz}$, $M = 0.9$ (M 为调制度)。所以 $M = 0.9f/50$

将 (4) 式以及 (5) 式量化后代入得量化后的 t_{off} 与 t_{pw} , 有:

$$t_{off} = R/4 - Y \quad (8)$$

$$t_{pw} = 2 \times (R/4 + Y) \quad (9)$$

$$Y = (2250/N) \sin \omega t_1 \quad (10)$$

t_1 由 (6) 式确定。

主程序框图如图 3 所示。

在 T_1 中断务程序中将 T_{off} 送入 T_0 并启动 T_0 和 T_1 。在 T_0 中断务程序中将 T_{pw} 送入 T_0 同时启动 T_0 并将输出取反,驱动一组功率管 [3]。

4 实验结果

由单片机输出的四路调制信号分别去控制全桥变换器的 4 只开关,得到双极性的电压波形,由此信号去驱动单相电动机,达到改变供电频率从而改变电动机转速的目的。

实验参数为:

直流母线电压 $U_d = 300\text{V}$, 电网频率 $f = 50\text{Hz}$, 开关管 IGBT 为 GT25Q101, 得到的实验波形如图 4 所示。

5 结束语

本设计利用 MCS-51 单片机产生 SPWM 调制信号, 外设 A/D 转换器控制输出频率。电路结构简单, 可靠性高, 实时性好。用于

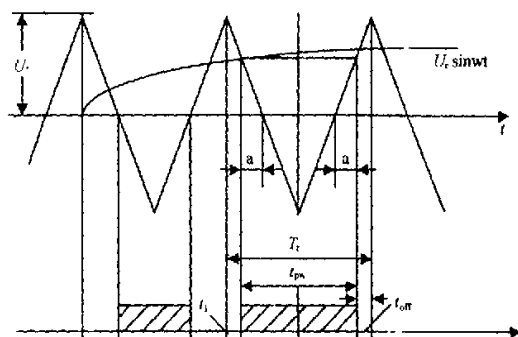


图 2 对称规则采样原理图

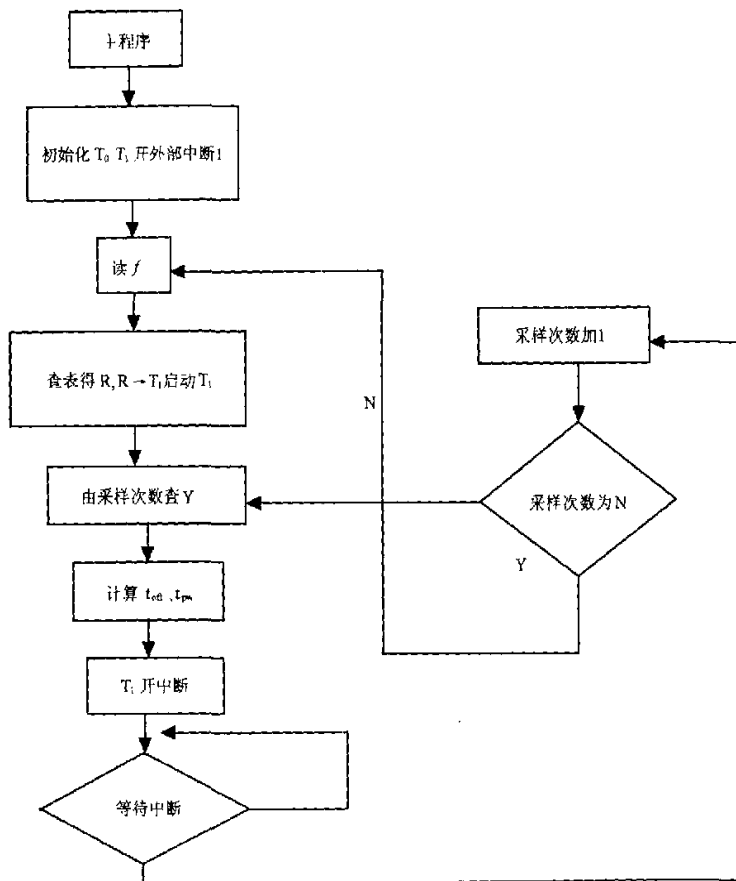


图3 主程序结构框图

单相电动机的变频调速将具有广阔的实用前景。

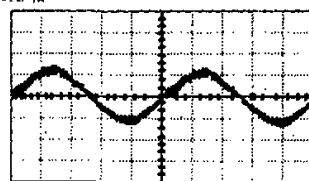
参考文献

- [1] 满永奎, 韩安荣, 吴成东. 通用变频器及其应用 北京: 机械工业出版社, 1995
- [2] 吴守箴, 藏英杰, 电气传动的脉宽调制控制技术 北京: 机械工业出版社 1997
- [3] 陈伟人, MCS-51, 系列单片机实用子程序集 北京: 清华大学出版社, 1993

作者简介

张 黎, 男, 1973 年出生, 硕士, 讲师, 从事电力电子及电力传动方面的研究。
 钱希森: 男, 1957 年出生, 副教授, 从事电力电子教学科研工作。
 *喻 翔: 男, 1956 年出生, 副教授, 从事电力电子教学与科研工作。

i_a 20A/格



1 500us/格

图4 实验波形

