

基于单片机控制的变频器设计

袁力辉

(湖南商务职业技术学院 机电系,湖南 长沙 410205)

摘要: 介绍了以 AT89C 51 单片机为控制中枢,利用 EXB 841 专用驱动及保护器件对功率模块绝缘栅双极晶体管(IGBT)进行驱动与保护的变频器设计方法。介绍了 EXB 841 在应用中的一些原则性事项,阐述了 AT89C 51单片机产生正弦脉宽调制(SPWM)脉冲的算法及编程方法,描述了异步电动机在变压变频(VVVF)调速时的近似机械特性及变频调速方式下的主要对策以及带有反馈信号的输出控制方式的实现,最后给出了变频调速控制下的实际数据。

关键词: IGBT; 驱动; 逆变; 变压变频

中图分类号: TN 773 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2006)09-0091-03

目前,变频器的市场价格居高不下,变频器的普及应用受到极大的制约^[1-2]。基于以上原因,笔者进行了低耗材的变频器设计制作,通过对 1 kW 以下的单相电动机的驱动运行,达到了理想的效果。

1 主电路方案

主电路采用交-直-交电压型逆变电路,具有接线简单、输出频率任意可调、功率因数高等优点。原理图如图 1 所示^[3]。

整流电路中, $V_1 \sim V_4$ 采用普通整流管,结构简单无需控制,成本低廉。逆变电路由 $V_{T1} \sim V_{T4}$ 4 个 IGBT (2 个双单元模块)组成,便于实现变压变频(VVVF)控制。电容 C (其值取 $3\,000\,\mu\text{F}/450\,\text{V}$ 即可)作为储能元件,构成电压型逆变器。与电流型逆变器相比,其中间直流环节电压值不受负载影响。IGBT 模块的栅极信号来自单片机 AT89C 51,采用 PWM 技术,由软件很容易实现既变压又变频。

收稿日期:2005-11-02;修回日期:2006-02-12

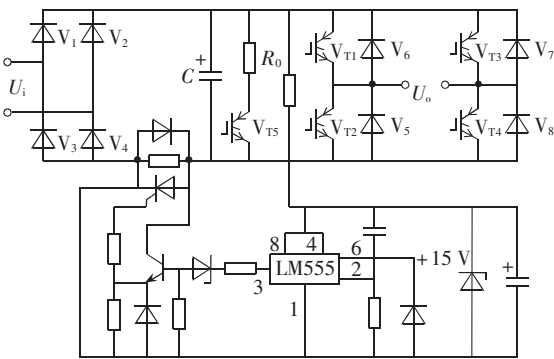


图 1 主电路
Fig.1 The main circuit

2 IGBT 的驱动

IGBT 属电压驱动元件,有一个容性输入阻抗,因此对 IGBT 驱动电路有较高的要求。

- a. 驱动源内阻小,栅极电压 U_{GE} 有足够陡的前后沿,使 IGBT 的开关损耗尽量小。
- b. 增加 U_{GE} ,IGBT 的通态压降和开关损耗降低,但对负载短路的保护和不利,实际选取 $U_{GE}=15\,\text{V}$ 。

c. 关断时,应使栅极电容迅速放电,给 U_{GE} 加一负偏压,使 $U_{GE} = -5\text{ V}$ 。

根据以上要求,采用 EXB 841 厚膜 IGBT 高速型专用驱动电路^[4]。EXB 841 的内部框图如图 2 所示。

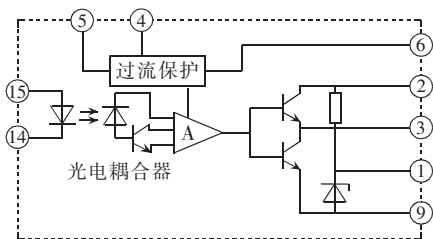


图 2 EXB 841 的内部框图

Fig.2 Inner structure of EXB 841

EXB 841 的引脚说明: P_1 接 IGBT 的发射级; P_2 接 $+20\text{ V}$ 直流工作电源; P_3 通过 $150\ \Omega$ 电阻接 IGBT 的栅极; P_4 外接电容,防止过流保护误动作,大多数情况下可不接; P_5 为过流保护输出信号,正常时输出高电平,当 IGBT 过流时输出低电平,因此该引脚可通过光电耦合器接外电源; P_6 通过快速二极管接 IGBT 集电极,快速二极管的阳极接 P_6 ,通过检测 U_{CE} 的大小判断是否发生短路或集电极电流过大; P_7 、 P_8 、 P_{10} 、 P_{11} 为空端; P_9 为电源地; P_{14} 、 P_{15} 分别为驱动信号输入的 $-$ 、 $+$ 极,约 10 mA 信号有效,该信号由单片机产生,由于单片机在上电复位后, I/O 自动输出高电平,为了避免上电时逆变桥同一侧上下桥臂同时导通而造成短路,故设置单片机 I/O 口输出低电平有效, P_{14} 接单片 I/O 口, P_{15} 接 $+12\text{ V}$ 电源。

EXB 841 单臂驱动电路图如图 3 所示。

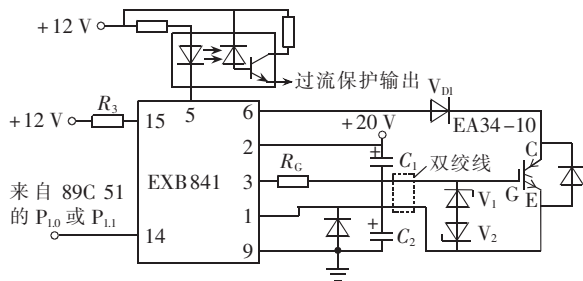


图 3 EXB 841 单臂驱动电路图

Fig.3 Single-bridge drive circuit of EXB 841

在使用 EXB 841 时必须注意以下事项^[5]:

a. 驱动输出端与 IGBT 栅极间串联电阻 R_G 用于抑制 IGBT 集电极产生大的电压尖脉冲和降低开关噪声,该电阻的取值与 IGBT 的额定电压、电流有关,对于额定电压为 1000 V 、额定电流为 5 A 的 IGBT,取 $R_G = 150\ \Omega$;

b. 输入电路(光电耦合器原边)接线远离输出电路,以保证有适当的绝缘强度和高噪声阻抗;

c. 与 IGBT 栅射极之间的接线要小于 50 cm ,且使用双绞线。

3 交流电动机的变频特性

交流异步电动机设计变频调速时的机械特性,

在额定频率(通常为 50 Hz)以上时,如果采用恒压频比控制,势必增加定子电压,这样可能导致损坏电机,甚至造成事故。因此,应采用恒压升频的变频调速,这样,电动机的转速上升,磁通减小,允许的输出转矩 T_m 下降,而电动机的允许输出功率 P_m 近似保持不变,相当于直流电动机弱磁调速的情况,属于近似的恒功率调速方式。近似恒功率机械特性曲线如图 4 所示(n 为转速, T 为电动机输出转矩)^[1]。

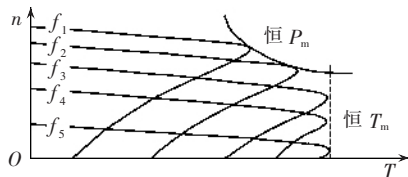


图 4 近似恒功率机械特性

Fig.4 Approximate mechanical characteristic of constant power

变频频率在额定频率以下调速时,应采用恒压频比控制。由于在电动机的定子供电压保持不变情况下,只降低频率进行变频调速将引起磁通 Φ_m 增加,导致磁路饱和,定子励磁电流上升,铁耗急剧增加,造成电动机的功率因数和效率的下降。为了避免上述现象的出现,可以在频率降低时,按照相同的比例降低定子电压,但这样定子绕组阻抗压降相对较大,故不能保持磁通不变,只能认为是近似的恒磁通、恒转矩调速,其机械特性曲线如图 5 所示。

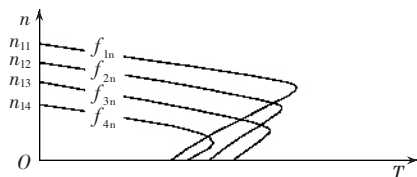


图 5 恒压频比控制的机械特性

Fig.5 Mechanical characteristic under constant voltage-frequency ratio control

4 AT 89C 51 的程序设计

AT89C 51 的程序对逆变器的性能指标起着决定性的作用。可以充分利用 AT 89C 51 单片机内部的软、硬件资源。根据交流电动机的变频调速特性,采用在额定频率(50 Hz)以上时的调频不调压、在额定频率以下时恒压频比的调速方案。

4.1 程序设计思路

设变频器输出频率为 f , 正弦脉宽调制(SPWM)的调制脉冲频率为 $512f$, 根据采样控制理论中冲量相等的原则,第 1 个输出脉冲宽度 Δt_1 确定^[6-7]如下:

$$2\pi f \Delta t_1 U = U_m \int_0^{2\pi/512} \sin \omega t d\omega t$$

式中 f 为输出电压频率; U 为整流器输出电压平均值(可选为 200 V); U_m 为预期正弦交流输出电压峰值(可初定为 311 V)。

Δt_1 作为单片机定时器 T_0 的初值,在启动定时器

T₀后,使 P₁₀ 输出低电平,驱动 EXB 841 的 P₁₄ 引脚。T₀ 溢出后,置位 P₁₀,同时启动定时器 T₁,为输出第 2 个调制脉冲作准备。第 2 个调制脉冲宽度 Δt₂,可通过下式计算确定:

$$2 \pi f \Delta t_2 U = U_m \int_{2 \pi / 512}^{4 \pi / 512} \sin \omega t d \omega t$$

定时器 T₁ 的初值 t₁₁ 可由下式确定:

$$t_{11} = \frac{1}{512 f} - \frac{\Delta t_1}{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{512 f} - \Delta t_2 \right)$$

同理,每相邻 2 个调制脉冲之间的时间都可通过以上方法计算得出,预先存于程序的数据表中,当前 1 个输出脉冲结束后,由查表指令取得数据赋给定时器 T₁,每个调制脉冲的宽度 Δt_i 也可通过上述方法进行计算存入另一个数据表,由查表指令获取后赋给定时器 T₀。需要注意的是,当查 T₁₁、T₁₂、……,直到查到 T₂₅₆ 后,应停止 P₁₀ 的低电平输出,保持该引脚为高电平状态,而后由 P₁₁ 输出驱动另一逆变桥臂^[8]。在两桥臂的切换期间,应根据 IGBT 的关断时间指标确定,并加以适当的延长,以免逆变颠覆。

4.2 恒压频比的实现

对于小型单相交流异步电动机,一般额定电压均为 220 V,额定频率为 50 Hz,当变频频率低于 50 Hz 时,应计算出实际输出频率低于 50 Hz 的百分比 X%,再将通过查表所得的 Δt_i 与 X% 相乘,即可实现额定频率以下时的恒压频比控制,进而达到恒转矩调速的效果。

4.3 频率的自动变化

传统的家用空调、冰箱等电动机负载,其目的是实现恒温控制。因此,可采用温度传感器对环境温度进行检测^[9]。当检测值低于设定值时,输出低频率电压,最低频率可为额定频率的 10%~20%,即 5~10 Hz;当检测值高于设定值时,输出高频率电压,最高频率可设为 80~100 Hz。为简化程序,也可采用频率的几级控制,分为 10、20、50、60、70、80 Hz。频率的自动变化也可由单片机实现。当然,这需要 A/D 转换器。对于空调、冰箱的压缩机负载,如果采用频率的反馈校正,则必要性不大。而对于小型高稳速

精度的电力拖动系统,则要采用转速反馈的闭环控制。鉴于篇幅限制,在此不作详细介绍。

5 结语

通过对家用 1 匹的空调器进行对比实验,采用了自制变频器供电与直接用电网 220 V 电源供电相比较,在相同的环境条件下,设定温度为 25℃,连续运行 24 h,通过变频器供电的空调器耗电只有电网直接供电空调器的 72%,节电效果可达到约 30%,而自制变频器的成本不足 150 元。若不考虑程序编写的难度,成本可以降低更多。

参考文献:

[1] 顾绳谷. 电机及拖动基础(下)[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
[2] 李丽华. 经济型变频器的研究[J]. 仪器仪表用户,2004(7):7-8.
LI Li-hua. Study of a low cost frequency converter[J]. Electronic Instrumentation Customer,2004(7):7-8.
[3] 黄俊,王兆安. 电力电子技术[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
[4] 贾正春,马志源. 电力电子学[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
[5] 李雅轩. 电力电子技术[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
[6] 赵晓安. MCS-51 单片机原理与应用[M]. 天津:天津大学出版社,2001.
[7] 秦忠基. 一种适用的单片机和变频器的接口[J]. 微计算机信息,1999(2):69-70.
QIN Zhong-ji. A sort of in point interface of the singlechip to the transducer[J]. Control & Automation,1999(2):69-70.
[8] 赵德元. 由单片机控制的单相 SPWM 变频器的研究[J]. 微型机与应用,2003(3):15-17.
ZHAO De-yuan. Disquisition about the single-phase SPWM transducer is controlled by the singlechip[J]. Microcomputer & Its Applications,2003(3):15-17.
[9] 徐进. 基于单片机 MC68HC05 的机床电机调速的高性能 TPWM 变频器的实现[J]. 组合机床与自动化加工技术,2003(3):47-48.
XU Jin. Realization of the high capability TPWM transducer regulate speed of the machine tool electromotor based on the singlechip MC68HC05 [J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique,2003(3):47-48.

(责任编辑:李 玲)

作者简介:

袁力辉(1964-),男,湖南长沙人,高级工程师,研究方向为单片机与电力电子(E-mail: yuanlihui2005@126.com)。

Frequency changer design based on single-chip

YUAN Li - hui

(Department of Mechanical and Electrical, Hunan Vocational College of Commerce, Changsha 410205, China)

Abstract: A frequency changer is designed with AT89C51 single-chip as its control center and EXB841 to drive and protect IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor). Some items of EXB841 applications are introduced, and the algorithm and programming of SPWM(Sine Pulse Width Modulation) pulse generation using AT89C51 are elaborated. The approximate mechanical characteristic of asynchronous motor in VVVF(Variable - Voltage and Variable - Frequency) regulation and counter-measures in variable-frequency speed regulation are described. The output control mode with the feedback signal is realized. Finally, the actual data in variable-frequency speed regulation are provided.

Key words: IGBT; drive; inversion; VVVF