

# 基于 TMS320LF2407A 的电力逆变器研制

袁一鸣,江明\*

(安徽工程科技学院 安徽省电气传动与控制重点实验室,安徽 芜湖 241000)

摘要: DSP 数字化控制逆变器,简化了控制电路,使控制功能灵活性得到改善. 选用 TI 公司的 TMS320LF2407A 数字信号处理器作为电力逆变器的控制核心,取代以往传统的模拟控制方式,实现了闭环控制算法,完成了硬件系统和软件算法的完整设计,设计出一台 50 Hz、1 kVA 的样机,并进行实验验证,逆变器空载和满载时输出电压总谐波含量 THD<5%,结果表明该系统性能良好.

关键词: DSP; 电力逆变器; PI

中图分类号: TM46 文献标识码: A

电力控制系统的可靠程度是电力系统和设备可靠、高效运行的保证,而电力控制系统必须具备安全可靠的控制电源. 因此,发电厂、变电站都需安装电力逆变器或 UPS,而可靠性是其最重要的指标. 但传统的逆变电源采用模拟电路控制,可靠性能比较差,控制方式多为模拟 PI 控制,庞大的模拟控制电路使得控制系统的可靠性下降,调试复杂,不易于整定,达不到电力逆变器对可靠性的要求. DSP 的出现,使这个问题得以解决,基于 DSP 的逆变电源可靠性能得到很大提高. 本文采用 TI 公司的 TMS320LF2407A 来实现对逆变器的数字化控制.

## 1 逆变器整体结构框图

单相全桥电力逆变器系统框图如图 1 所示,直流输入经过逆变、滤波、工频变压器隔离升压后送给负载. 系统以 TI 公司的 TMS320LF2407A 为核心,通过外扩相应的电路构成系统的硬件控制电路. DSP 检测逆变输出电压,与给定信号相比较,误差信号经过数字调节器后输出控制信号驱动逆变桥以产生所需的正弦波.

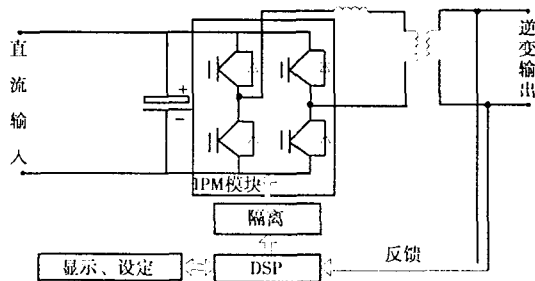


图 1 系统框图

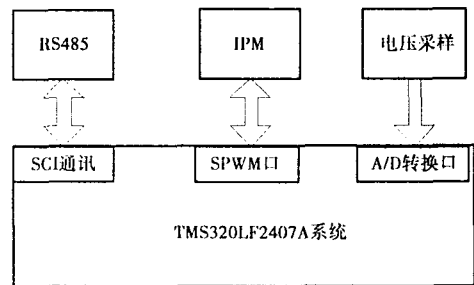


图 2 DSP 系统

### 1.1 DSP 控制电路

TMS320LF2407A 是 TI 公司推出的 TMS320C24xx 系列 DSP 中的 16 位定点数字信号处理器. 它专门为数字控制设计,集 DSP 的高速信号处理能力及适用于控制的优化外围电路于一体. 本设计中, DSP 系统以 TMS320LF2407A 为中心,在其外围扩展程序和存储器以及时钟电路、仿真接口电路. 为了实现逆变器驱动、闭环控制、与下位机通讯等功能,分别设计了逆变器驱动电路、采样电路以及通讯电路等. DSP 系统如图 2 所示.

### 1.2 智能功率模块(IPM)的选取

IPM(Intelligent Power Module)是一种集外围电路置于器件内部的混合集成智能功率器件,IPM 不

收稿日期:2008-04-29

作者简介:袁一鸣(1982-),女,安徽青阳人,硕士研究生.

通讯作者:江明(1965-),男,安徽芜湖人,教授,硕导.

仅把功率开关器件和驱动电路集成在一起,而且还内藏有过电压、过电流和过热等故障检测电路,并可将检测信号送到 CPU 或 DSP 作中断处理. 它由高速低功耗的管芯和优化的门极驱动电路以及快速保护电路构成,因此即便发生负载事故或使用不当,也可以使 IPM 自身不受损坏. 为了选用合适的 IPM,除了器件耐压外,还要根据 IPM 的过流值确定峰值电流<sup>[2]</sup>,根据计算出来的电流,小于 30 A,本文选用三菱的 IPM 模块 PM30RSF60 作为逆变器件.

### 1.3 变压器的设计

在 SPWM 全桥逆变器中,输出端的工频变压器是为了实现输入输出之间的电气隔离和得到合适的输出电压幅值,因此它的设计尤为重要. 本文中变压器的匝比为:  $N_1/N_2 = 140/260$ . 逆变桥输出为 SPWM 脉冲波,理论上不存在直流分量. 但是,在实际运行中,很多因素会造成变压器直流偏磁,容易引起铁芯饱和,甚至出现一些故障导致逆变器无法正常工作. 考虑到要对偏磁有一定的承受能力,所以在逆变电源变压器设计中,按  $B = U/4.44 f N_1 S$  确定变压器的参数时, $B$  的取值应比铁心的饱和磁感应强度低一些;在  $B$  确定后,如果条件允许,应尽量减小绕组的匝数,增大变压器铁心的截面积. 本文中变压器的设计则是按照以上要求定做的.

### 1.4 人机界面设计

为了便于监控和管理,设计了人机界面,减轻 DSP 的负担,选用华邦的 W77E58A 作为单独的控制芯片,并且单独一块电路板,可以看作一个独立的小系统, DSP 通信接口采用 RS485 串行通信协议,RS-485 硬件设计简单、控制方便、成本低廉,采用 MAXIM 公司 MAX485 作为接口芯片,同时,为了避免对整个控制系统造成影响,使用了光耦 6N136 作为控制系统异步通信口与 MAX485 之间隔离. 人机界面结构框图如图 3 所示.

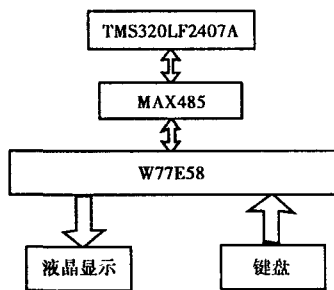


图 3 人机界面

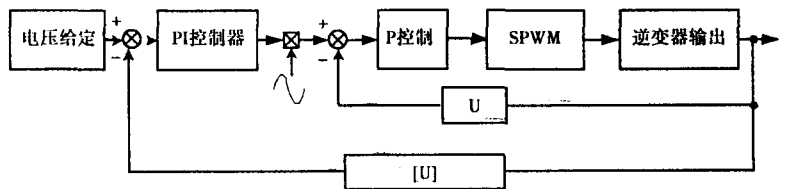


图 4 系统控制电路

## 2 系统软件设计

### 2.1 数字控制方式 SPWM

SPWM(Sinusoidal PWM)法是一种比较成熟的、目前使用较广泛的 PWM 法. SPWM 法就是以采样控制理论中的一个重要结论:冲量相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上时,其效果基本相同结论为理论基础,用脉冲宽度按正弦规律变化而和正弦波等效的 PWM 波形即 SPWM 波形控制逆变电路中开关器件的通断,使其输出的脉冲电压的面积与所希望输出的正弦波在相应区间内的面积相等,通过改变调制波的频率和幅值则可调节逆变电路输出电压的频率和幅值. 本设计中基准正弦信号是通过查表获得的,即用一系列离散点来表示正弦波值. 本文三角波频率是  $f_k = 10 \text{ kHz}$ ,正弦波信号是 50 Hz,则存储的离散点数为  $N = 10 \text{ kHz}/50 \text{ Hz} = 200$ . 编 C 程序将  $0 \sim 360^\circ$  的正弦信号均分为 200 个离散点,求出这 200 个点的占空比数值,然后存入 DSP 存储器,作为电压信号的参考值用于查表程序.

### 2.2 PI 调节器的设计

逆变器的控制最常用的方法就是 PI 控制,此方法控制响应速度快、结构简单、易于实现,正好满足了逆变器的要求. 为了保证逆变电源的输出电压稳定,采用输出电压平均值和输出电压瞬时值双环控制. 系统控制结构框图见图 4.

内环采用速度比较快的瞬时值反馈,用比例调节器提高系统的响应速度,采样频率使用逆变器的开关频率 10 kHz. 为了提高系统稳态精度,将输出电压平均值反馈作为外环,输出电压采样检测电路图如图 5

所示:逆变器输出的 220 V 交流电压经过隔离、降压、整流,再通过分压、滤波得到反馈信号 ADC11,将 ADC11 和设定平均值比较,其误差信号再经由 PI 控制器进行调节控制标准正弦波信号的给定值的幅值,通过扩充临界比例法选择合适的 PI 参数使系统达到稳定.具体 PI 程序流程图如图 6 所示.

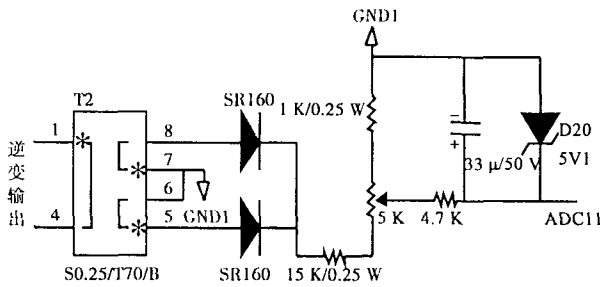


图 5 反馈电压检测

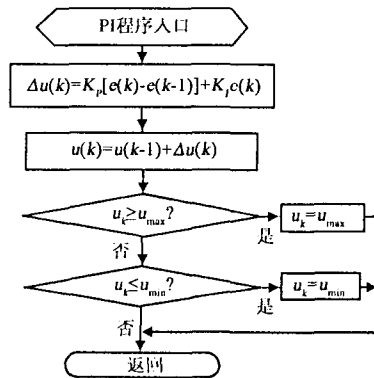


图 6 PI 程序流程图

### 3 实验结果

完成了一台带有人机接口,可方便监控、设定,且采用双闭环控制,可靠性高,输出频率为 50 Hz、功率为 1 kVA 的样机设计.经测试证明逆变器空载和满载时输出电压总谐波含量 THD < 5%,空载时输出电压波形如图 7 所示.实验结果表明该逆变器输出电压具有良好的静态特性和动态特性.

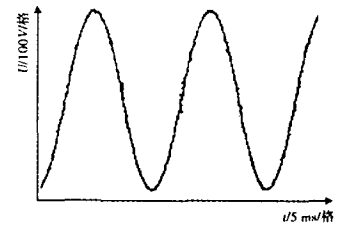


图 7 逆变器空载输出电压波形

### 参考文献:

- [1] 周志敏. 逆变电源实用技术—设计与应用[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [2] 邓醉杰. 基于 DSP 的三相 10KW 应急电源的研究与设计[D]. 长沙:湖南大学,2007.
- [3] 卢家林. 逆变电源变压器的特殊问题分析及其设计[J]. 电力电子技术,2000(1):17-20.
- [4] 张占松. 开关电源的原理与设计[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [5] 薛法洪. 基于 DSP 的双闭环 SPWM 逆变器研制[J]. 机电工程,2007(12):63-65.
- [6] Kay Soon Low. A DSP-Based Single-Phase AC Power Source[J]. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS,1999,46(5):936-941.
- [7] Karel De Brabandere. A Voltage and Frequency Droop Control Method for Parallel Inverters[J]. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS,2007,22(4):1107-1115.

## Research of power inverter based on TMS320LF2407A

YUAN Yi-ming,JIANG Ming

(Anhui Prov. Key. Lab. of Elcc. & Contr. ,Anhui University of Technology and Science, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** The digital control of inverter not only simplifies the control circuit, but also improves the flexibility of control function. DSP TMS320LF2407A produced by TI Corporation was selected as the controller to carry out the closed-loop arithmetic. The hardware and software of the system are given, a 1KVA inverter sample was designed, at the same time, the experiment was carried out. The experiment shows the system achieves good dynamic and static performance.

**Key words:** DSP; power inverter; PI