维普资讯 http://www.cqvip.com

TMS320F2812在串联谐振高频逆变电源中的应用

郁　琰[1,2]，惠　晶[1]

(1.江南大学　江苏 无锡　214122;2.江阴职业技术学院　江苏 江阴　214405)

摘　要:为减小逆变器功率器件的开关损耗,提高装置输出效率,应该控制逆变器的工作频率实时跟踪负载谐振频率,确保开关器件工作在零电流开关(ZCS)状态。介绍了高频逆变电源中采用TMS320F2812实现频率跟踪的数字锁相环(DPLL)方法,给出了实现DPLL的算法,并对采用DPLL的高频逆变电源系统进行了Simulink仿真,仿真结果表明逆变器的工作频率能实时跟踪负载谐振频率,验证了ZCS软开关工作模式。

关键词:TMS320F2812;逆变电源;频率跟踪;串联谐振

中图分类号:TP29　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1004-373X(2008)13-076-03

Application of TMS320F2812 in Series-resonant HF-Inverter Power

YU Yan[1,2], HUI Jing[1]

(1. Jiangnan University, Wuxi, 214122, China; 2. Jiangyin Professional College, Jiangyin, 214405, China)

Abstract: In order to reduce the losses of switching components and improve efficiency of the power, the operating frequency of the inverter power is controlled, so as to track the load resonant frequency simultaneously to keep the inverter always operating in Zero-Current-Switching (ZCS) mode. A method for implementing the Digital Phase Locked Loop(DPLL) applied to High-Frequency-Inverter power supply is put forward in the paper. The process of implementing this method using TMS320F2812 is presented too. Finally, the High-Frequency-Inverter power based on TMS320F2812 are constructed and simulated in Simulink environment. The results of simulation show that the operating frequency of the inverter power can track the load resonant frequency simultaneously, also it verifies the inverter can operate in Zero-Current-Switching (ZCS) mode.

Keywords: TMS320F2812; inverter power; frequency tracking; series-resonant

1　引　言

目前,感应加热已广泛地应用于淬火、锻造熔炼、锻造毛坯加热、钢管弯曲、金属表面热处理、焊接等行业中。但感应加热电源在加热过程中,因温度变化和加热对象熔化等因素,使负载等效参数和固有谐振频率发生变化,导致功率开关器件应力增加,逆变器效率降低及输出波形纹波系数增大。为使逆变器始终工作在功率因数接近于1的准谐振状态,需采用相应的频率跟踪技术,使逆变器开关频率 f_c 能自动跟踪负载固有谐振频率 f_o,并始终保证 $f_c = f_o$[1]。传统的频率跟踪控制电路采用由CD4046构成的锁相环,但由于CD4046器件构成的锁相环存在着硬件线路复杂、响应速度慢、频率跟踪范围窄、控制灵活性差等缺点,故不适合用在高精度的频率跟踪场合。因而本文介绍了一种数字锁相环进行频率跟踪的方法,并利用TMS320F2812对该算法进行了实现,最后,构建了基于TMS320F2812的串联谐振高频逆变电源系统,并在Simulink环境下对其进行了仿真,给出了逆变器输出电压与输出电流的仿真波形,验证了ZCS软开关工作模式。

2　频率跟踪的原理

数字锁相环的组成一般如图1所示,它由数字鉴相器(PD)、数字环路滤波器(DLF)、数字压控振荡器(DCO)三部分组成[2],当输入信号 $Q_1(k)$ 和输出信号 $Q_2(k)$ 之间存在相位差时,数字鉴相器(PD)便输出与相位差大小成比例的信号 $U_d(k)$。此相位差信号经过数字环路滤波器(DLF)滤除高频分量后,得到一个控制电压 $U_c(k)$。这个 $U_c(k)$ 作用于数字压控振荡器(DCO)的输入端,使输出 $Q_2(k)$ 发生变化,直至两者的相位差为0,达到同频同相为止。

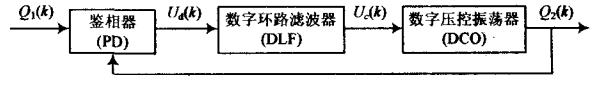


图1　数字锁相环的组成框图

其线性Z域模型如图2所示。

收稿日期:2007-11-22

维普资讯 http://www.cqvip.com

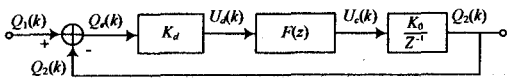


图 2 数字锁相环的线性 Z 域模型

3 TMS320F2812 的算法实现

基于数字锁相环的数学模型，利用 DSP 很容易实现数字锁相环。锁相环数学模型中的滤波器通过采用具有低通特性的环路滤波器，从而获得稳定的控制数据，压控振荡器由程序中的算法来仿真实现，可以在程序中对锁相环参数中的各个变量进行理论整定，参与进行下一步数据的处理。

由于逆变电源的频率为高频，所以该数字锁相环控制系统采用了 TMS320F2812 为核心来实现。TMS320F2812 是到目前为止用于数字控制领域性能最好的 DSP 芯片。这种芯片采用 32 位定点 DSP 核，最高速度可达 400 MIPS，可以在单个指令周期内完成 32 * 32 位的乘法/累加运算，具有增强的电机控制外设、高性能的模/数转换能力和改进的通信接口，具有 8 GB的线性地址空间，采用低电压供电（3.3 V 外设电压，1.8 V 内核电压），与 TMS320C24XX 的源代码兼容。其具有两个事件管理器模块，每一个事件管理器最多同时可生成 8 路 PWM 信号，包括 3 对由完全比较单元产生的死区可编程 PWM 信号以及由通用定时器比较器产生的 2 路独立的 PWM 信号。

DPLL 的工作过程就是一个不断计算的过程，该数字锁相环控制系统采用 DSP 的脉冲捕获功能，对输出电压和转化为矩形波的输出电流进行过零跳变检测，通过中断的方式获取由通用定时器产生的计数值，并通过计算折算为频率。在获得相位误差以后，判断误差是否在允许的范围以内。如果在，则继续输出原来的触发周期；如果不在，程序开始计算新的触发周期，得到新的触发周期以后产生新的周期 PWM 触发信号。DPLL 的算法流程图如图 3 所示。

初始化时，通过设置死区寄存器的参数设定触发脉冲死区的大小，防止因出现上、下桥臂直通，造成短路故障。另外，还需对 DSP 的一些参数进行设定，使 DSP 在目标要求下工作。T_{max}，T_{min} 标定出系统的频率跟踪范围，对于不同的系统有着不同的设定。最后根据运算值，对周期寄存器和比较寄存器进行设置，从而改变输出脉冲频率，达到频率跟踪的效果。

4 基于 TMS320F2812 的串联谐振高频逆变电源及其仿真

将 DPLL 用于串联谐振高频逆变电源的频率跟踪控制，控制框图如图 4 所示[3]，取串联谐振逆变电源的电流作为频率跟踪的输入。

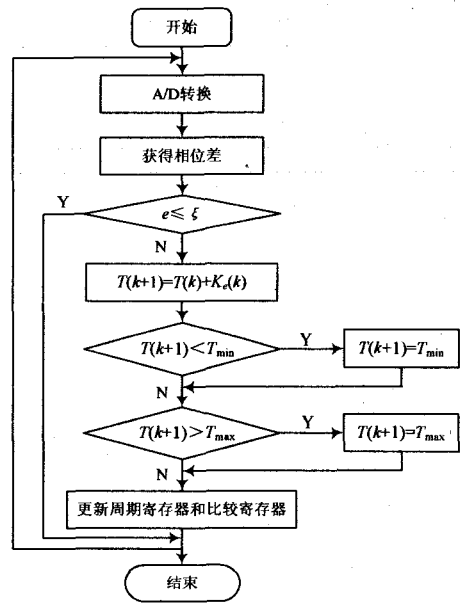


图 3 DPLL 的算法流程图

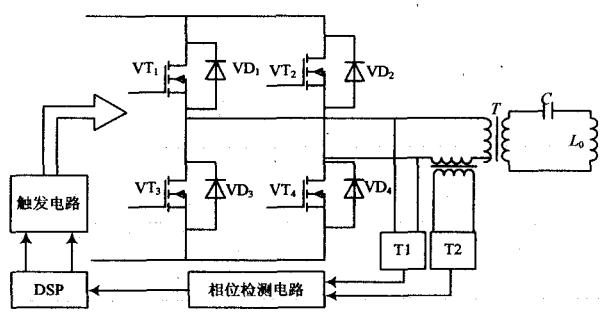


图 4 串联谐振高频逆变电源的控制框图

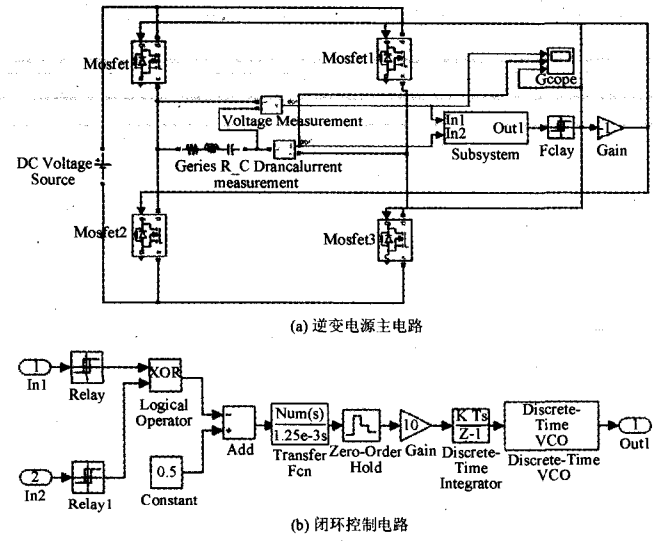
图 4 中 DC/AC 部分采用由 MOSFET（VT_1～VT_4）及反并续流器件（VD_1～VD_4）构成的 H 型全桥逆变器，高频匹配变压器 T、串联谐振电容 C_S 和电感 L_S 组成输出回路。而调功方式选择直流斩波调功，频率跟踪电路采用基于 TMS320F2812 的数字锁相环的实现方法，以实现对串联谐振高频逆变电源的频率跟踪。

基于以上控制框图，在 Matlab/Simulink 中设计了一个串联谐振高频逆变电源系统的仿真模型，如图 4 所示。在这个仿真模型中，将负载上的电压信号和电流信号采集出来，通过过零检测处理以后，作为相位比较器的输入信号，其输出通过低通滤波器滤波后，进入加法器和采样保持器得到 $e(k+1)$，再通过离散积分器得到系统所需要的新的谐振周期 $T(k+1)$，最后通过压控振荡器产生新的逆变器驱动脉冲使得系统重新进入谐振状态。

图 5(a)中逆变器由 MOSFET（VT_1～VT_4）及反并续流器件（VD_1～VD_4）构成 H 型全桥逆变器，负载等

维普资讯 http://www.cqvip.com

效电阻 R、串联谐振电容 C 和负载等效电感 L 组成输出回路。



(a) 逆变电源主电路

(b) 闭环控制电路

图 5　串联谐振高频逆变电源系统的仿真模型

根据图 5 的模型,对系统输出波形进行仿真分析。图 6 给出了逆变器输出电压与输出电流的仿真波形。图中,方波为逆变器输出电压的仿真波形,正弦波为逆变器输出电流的仿真波形。

仿真结果表明各开关周期的电压、电流同相位,说明该数字锁相环能使逆变器的工作频率实时跟踪负载谐振频率,使串联谐振高频逆变电源工作在谐振或准谐振状态,验证了 ZCS 软开关工作模式。同时也证明了本文对串联谐振高频逆变电源所建模型的正确性。

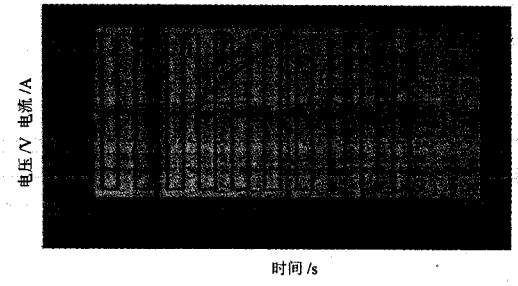


图 6　逆变器输出电压 V_0 与输出电流 I_0 的仿真波形

5 结　语

基于 TMS320F2812 的二阶数字锁相环实现了串联谐振高频逆变电源输出频率的自动跟踪。仿真结果表明各开关周期的电压、电流同相位,逆变器的工作频率能实时跟踪负载谐振频率,验证了 ZCS 软开关工作模式。利用高速 TMS320F2812 芯片进行频率跟踪,既实现了锁相环的数字化,又大大提高了系统的可靠性和快速性,提高了电源的工作效率,在工业控制中具有实用价值。

参 考 文 献

[1] 毛鸿,吴兆麟. 感应加热电源无相差频率跟踪控制电路[J]. 电力电子技术,1998,32(2):69-72.

[2] 臧小惠,惠晶. 对高频逆变电源中 DPLL 的分析与设计[J]. 逆变电源,2006(5):26-29.

[3] 惠晶,蔡爱军,沈锦飞,等. 新型 ZCS-PLL 控制的大功率高频逆变电源的研究[J]. 电力电子技术,2004,38(6):89-91.

作者简介　郁　琰　女,1976 年出生,江苏江阴人,江南大学在读硕士,江阴职业技术学院讲师。研究方向为电力电子与电力传动。

惠　晶　男,陕西西安人,江南大学通信与控制工程学院教授,电源技术研究室主任。研究方向为高频电源建模与控制。

(上接第 75 页)

[2] Media Tek. MT6218 _ SW _ Release _ Note. Application User Guide,2004,Revision:0.6.

[3] An introduction to the SMS in PDU mode; GSM Recommendation phase2,V1.00—January 2000.

[4] 雷勇. PDU 分析与手机短信控件开发[J]. 电力系统通信,2004(12):23-26.

[5] 中国标准出版社. 字符集和信息编码国家标准汇编(下)[M]. 北京:中国标准出版社,1998.

[6] Media Tek. MMI _ SMS. Application User Guide,2004,Revision:0.01.

[7] Media Tek. FlashTool v2.6 Application Note. Application User Guide,2005,Version:2.6.

[8] 聂长海,徐宝文,史亮. 一种基于组合测试的软件故障调试方法[J]. 东南大学学报:自然科学版,2003,33(6):681-684.

作者简介　李　磊　男,江苏徐州人,1979 年出生,硕士,讲师,深圳万利达移动通信设备有限公司研发部工程师。主要从事移动通信终端软件应用开发的研究。

陈华宝　男,江苏南通人,1963 年出生,副教授,实验中心主任。长期从事软件应用方面的研究开发和教学工作。

王安义　男,山东潍坊人,1968 年出生,西安电子科技大学工学博士,西安大唐电信博士后。主要研究方向是移动通信软件系统工程、无线资源管理、智能天线和多用户检测等技术方面的研究。

王　蓓　女,硕士,深圳万利达移动通信设备有限公司研发部工程师。主要从事移动终端上层软件及 SMS、MMS 和 WAP 的应用开发。