

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.03.028

基于 DSP 的三相高频逆变器

李 维, 陈辉明*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:针对三相串联谐振负载由于参数的差异而导致谐振频率出现差异甚至相差比较大时,系统难以有效地跟踪谐振频率,电源可靠性降低等问题,提出了一种三相高频逆变器简单可靠的解决方案。采用数字信号处理器(DSP) TMS320F28035 作为核心控制芯片,采用双环结构控制方式,利用电流外环实现了输出电流的有效调节,利用数字锁相环(DPLL)对逆变器输出频率进行了实时控制,实现了逆变器工作频率对负载谐振频率的有效跟踪。为了克服系统进入容性工作状态的问题,增加了限相环节,使逆变器工作在感性状态,从而实现了 IGBT 的零电流开通以及二极管自然换流,降低了开关损耗,提高了电源的可靠性。理论分析与实验结果表明,该方案实现简单、控制稳定、工作可靠,为相关的系统研究打下了良好的基础。

关键词:高频逆变;数字信号处理器;串联谐振;数字控制;三相逆变器

中图分类号:TM464

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)03-0397-03

Three-phase high-frequency inverter based on DSP

LI Wei, CHEN Hui-ming

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Aiming at the problem that it is difficult to track the load resonance frequency and system reliability is reduced due to the large difference between three-phase load because of parameter difference, a three-phase high-frequency inverter solution was proposed. The digital signal processor (DSP) TMS320F28035 was applied as the core control chip and the control strategy used the double-loop mode, including the current-loop which could effectively regulate the output current and the phase-loop which could adjust the output frequency of the inverter to achieve the effective load resonant frequency tracking. In order to overcome the problem of the system working into the capacitive state, a phase-limit loop was added, making the inverter work in inductive state, achieving the IGBT zero current switching and diode naturally current exchange to reduce switching losses, and also improving the reliability of power supply. The experimental results indicate that the scheme is simple and stable, which laying a good foundation of the related system research.

Key words: high-frequency inverter; digital signal processor(DSP); series-resonant; digital control; three-phase inverter

0 引 言

随着电力电子技术的不断发展与进步,对电源的输出频率、工作可靠性和效率等方面的要求进一步提高^[1]。在高频逆变器工作过程中,为了改善电源质量、提高电源效率,常常使用串联谐振式的补偿方案,使逆变器工作在功率因数等于或接近于 1 的谐振或准

谐振状态,要求逆变器能自动跟踪负载的固有谐振频率^[2]。传统的锁相环通常采用集成芯片 CD4046,但是以 CD4046 控制芯片为控制单元的系统存在着一定的不足^[3],PLL 电路可能会出现失锁的现象。

电磁抹拭(EMW)装置尚处于研发阶段,本研究根据电磁抹拭的技术机理^[4],提出三相高频逆变器的解决方案,采用串联谐振式的补偿方式,设计以数字信号

收稿日期:2013-12-09

作者简介:李 维(1988-),男,湖北鄂州人,主要从事高频逆变、感应加热方面的研究。E-mail:weilee0815@163.com

通信联系人:陈辉明,男,教授,硕士生导师。E-mail:huiming@zju.edu.cn

在该设计控制器参数如下:

$$G_{c1}(s) = 0.1 + 10/s;$$

$$G_{c2}(s) = 0.05 + 50/s;$$

$$G_{c3}(s) = 50/s。$$

2.2 软件设计

系统利用 TMS320F28035 中的 EPWM 模块产生 6 路 IGBT 驱动信号,三相驱动信号互差 120°,由死区控制寄存器实现死区控制。系统主程序流程图如图 4 所示。

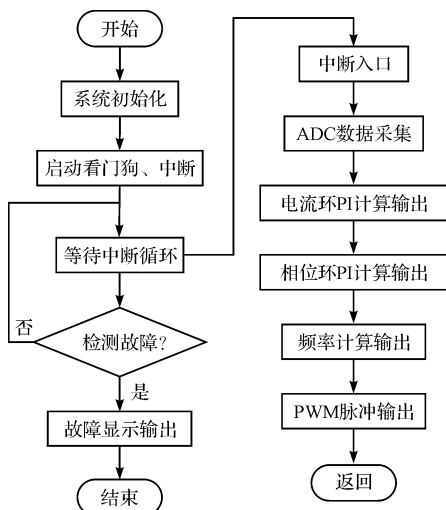


图4 程序流程图

3 实验及结果

本研究根据如图 1 所示的结构设计并制作了一台实验样机,部分参数如下:输入电压为三相交流电 220 V,额定输出功率 10 kW,系统谐振工作频率为 33 kHz。逆变器输出电压、电流波形如图 5 所示。

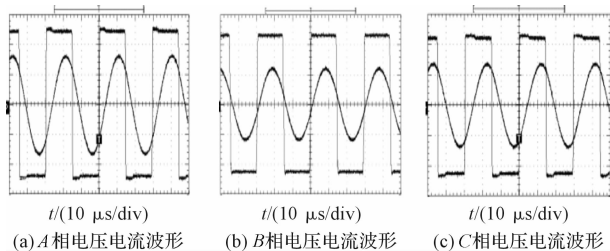


图5 输出电压电流波形

从图 5 中可以看出,当三相负载不平衡时,通过限相环的作用,当 B 相达到准谐振状态,即 B 相相位被锁定在限相值,系统的谐振频率不再降低,A、C 相工作在感性状态,此时 IGBT 零电流开通。

4 结束语

本研究设计并制作了一台三相高频逆变器,根据串联谐振式负载的特性,提出了采用 DSP 作为核心控制芯片的数字控制方案,并详细给出了其控制策略。

理论与实验结果表明,该控制策略实现简单,能有效地跟踪负载的谐振频率,并且实现开关管的零电流开通;系统工作稳定可靠,能有效调节逆变器的输出功率,是一种比较实用的解决方案。

该方案可以为相关的系统研究提供参考。

参考文献 (References):

- [1] CHEN M P, CHEN J K R, MASATOSHI N, et al. Surge analysis of induction heating power supply with PLL [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2001, 16(5): 702-709.
- [2] 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.
- [3] OKUNO A, KAWANO H, SUN J, et al. Feasible development of soft-switched SIT inverter with load-adaptive frequency-tracking control scheme for induction heating [J]. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 1998, 34(4): 718.
- [4] 沈淦荣,杨逢瑜,徐志茹,等. 管材热浸镀锌磁场力抹锌的技术机理[J]. *甘肃科学学报*, 2011, 23(1): 100-102.
- [5] 王 英,陈辉明,张仲超. 感应加热谐振电路新拓扑模型研究[J]. *浙江大学学报:工学版*, 2005, 39(11): 1807-1810.
- [6] BAYTNDTR N S, KUKRER O, YAKUP M. DSP-based PLL-controlled 50-100 kHz 20 kW high-frequency induction heating system for surface hardening and welding applications [J]. *IEE Proceedings Electric Power Applications*, 2003, 150(5): 365-371.
- [7] 林渭勋,现代电力电子电路[M]. 浙江大学出版社, 2002.
- [8] 吴兆麟,袁俊国,于 非. 高频感应加热装置的负载匹配方法[J]. *电力电子技术*, 1999, 33(4): 29-32.
- [9] AHMED N. High frequency soft switching AC conversion circuit with dual mode PWM/PDM control strategy for high power IH applications [J]. *IEEE Transactions on Industry Electronics*, 2011, 58(4): 1440-1448.
- [10] 方 斌. 控制系统中的双线性变换研究[J]. *电子科技大学学报*, 2004, 31(2): 192-195.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

李 维,陈辉明. 基于 DSP 的三相高频逆变器[J]. *机电工程*, 2014, 31(3): 397-399.

LI Wei, CHEN Hui-ming. Three-phase high-frequency inverter based on DSP [J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2014, 31(3): 397-399.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>