

中频电源中微处理器的抗干扰措施

雷乃清¹ 李娟娟²

(1. 河南理工大学电工电子实验中心 焦作 454000; 2. 河南理工大学电气工程与自动化学院 焦作 454000)

摘要: 由于中频电源内部及其周围存在大量谐波和电磁干扰,常使其无法正常工作。首先介绍了中频电源的应用及存在的问题;然后为了提高中频电源中微处理器的抗干扰能力,分别从干扰源的抑制、干扰源的隔离、干扰的削减以及自身抗干扰能力的提高4个方面进行抗干扰设计;最后采用 MATLAB 仿真软件建立了12脉波整流器的仿真模型,通过在电源侧是否加入 RLC 串联滤波器进行仿真分析,以此来验证该滤波器的设计是否具有合理性。仿真结果表明,在电源侧加入 RLC 串联滤波器可以有效抑制谐波。

关键词: 中频电源;微处理器;抗干扰;MATLAB 仿真

中图分类号: TP202⁺.1 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1050

Anti-jamming measures of medium-frequency power supply application system

Lei Naiqing¹ Li Juanjuan²

(1. Electrical and Electronic Laboratory Center Hennan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;

2. School of Electrical Engineering & Automation Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: Since the surrounding of medium-frequency power supply exist a large number of harmonics and the electromagnetic interference, it unable to work normally. Firstly, This paper introduces the application and problems of the medium-frequency power supply. In order to improve the anti-interference ability of the microprocessor in the medium-frequency power supply application system, the article designed anti-interference measures from four aspects of inhibition of interference sources, interference sources of segregation, interference reduction and the improvement of its anti-interference ability. Last, using MATLAB simulation software to establish the simulation model of the 12-phase rectifier to verify whether the design of the filter has the rationality through simulation analysis was made on whether to place the RLC series filter in the side of power supply. The simulation results show that placing the RLC series filter in the side of power supply can effectively restrain harmonics.

Keywords: medium-frequency power supply; microprocessor; anti-interference; MATLAB simulation

1 引言

由于中频感应加热装置具有熔炼品种多、操作简单灵活、功率密度大及熔炼速度快等诸多优点,因此它被广泛应用于金属熔炼。中频感应加热装置由中频电源提供能源,根据电磁感应原理对熔炼品种进行加热。微处理器作为中频电源主控制器,主要实现数据的采集处理以及电控系统的限压、过压、限流、过流以及缺相的保护。

近年来随着电力电子器件的发展,微控制器也发展迅速。与国外相比,在其抗干扰方面仍存在差距。在中频电源内部和周围存在大量的高次谐波和电磁干扰,如中频电源中整流器工作时产生的高次谐波、中频电源周围的磁场等干扰。这些干扰会使微处理器运行不稳定,甚至出现死

机等状况,致使中频电源中微处理器无法正常工作。为了使中频电源中微处理器能够稳定可靠地运行,需要对该系统进行抗干扰设计。

首先对中频电源的干扰源进行分析,然后针对不同的被干扰对象,采取不同的干扰抑制方法和滤波方法。最后利用 MATLAB 软件针对12相整流器建立仿真模型,验证设计的其中一个滤波器的滤波效果。希望其可以达到预期滤波效果,为微控制器的正常稳定工作提供重要条件。

2 干扰源的抑制

2.1 干扰源的分析

中频电源系统主要由整流器、逆变器、微处理器三部分组成。其系统框图如图1所示。

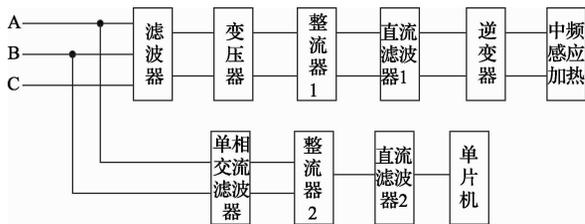


图1 中频电源系统框图

中频电源会因整流器的非线性而产生谐波。可控硅整流器产生高次谐波和电磁干扰,输出的电压是非正弦的周期函数。高次谐波会使微处理器无法正常工作,甚至使微处理器出现错误输出致使整流器和逆变器误触发及其他电子器件的误动作。

逆变器产生较少谐波,且其对微处理器的影响可忽略不计。

来自广播电台或通讯发射台发出的电磁波及周围各种电气设备发射的电磁波等的空间干扰,会对微处理器产生电磁波干扰。如果微处理器工作在电磁波较强的区域就会使其无法正常工作^[1]。

因此整流器产生的高次谐波和电磁干扰以及外界环境的电磁波是中频中微处理器的主要干扰源。

2.2 干扰源的抑制

对于整流器产生的高次谐波的抑制,本设计采取的措施如下:

1)增加整流脉冲相数:可控硅整流装置的整流相数与其输出的电压波动率及其输出电压中高次谐波的含有率成反比^[2];整流相数直接关系到产生谐波的次数,而且两者成正比关系,谐波次数越大,谐波电流就越小。所以提高整流设备的整流相数可以有效抑制谐波^[3-4]。

多相整流技术可有效降低中频电源中整流器输出电压中高次谐波的含有率,从而改善整流器的输出波形,消除或削弱一些较低次的谐波电流^[5]。

2)采用带移相绕组的整流变压器:增加脉动次数,获得较多的综合脉动次数,有效抑制高次谐波产生的不良影响。若整流变压器不设移相绕组,在次级为Y、初级为 Δ 接线的整流变压器之前分别加装独立的移相变压器。

3 干扰源的隔离

在信号的输入输出以及微处理器之间信息的传输过程中,干扰容易随着连接线引入系统中,采用隔离技术来隔离干扰源显得尤为重要。

隔离技术是将干扰源与信号线相互隔离开,隔断外界串入的电磁干扰和高次谐波,使信号在长线传输时不会产生衰减、延时、畸变,从而达到有效抵抗外界干扰的目的。

隔离技术包含数字量隔离和模拟量隔离。两者采用的方法、适用的对象和场合不一样。前者常采用光电

耦合器件抑制输出通道的干扰,实现输入输出之间的电气隔离,适用于对启动或停止负荷不太大的设备;而后者则常采用满足A/D或D/A变换精度以及线性要求的隔离型放大器实现对A/D或D/A转换前后的模拟信号进行隔离。

针对该中频电源中微处理器控制系统的实际情况,可将干扰源的隔离分为输入输出的隔离和单片机电源的隔离两种。

对于开关量输入本设计采用PRG-1602开关量输入隔离栅;为了防止按键的抖动对微处理器产生干扰,在微处理器的输入端与按键的输出端接入PRG-1701开关量输出隔离栅。与微处理器的输入、输出口相连的引线较长时,对微处理器存在干扰。本设计采用双绞线进行信号传输,并配合光电耦合器,来解决长传输线的干扰问题^[6]。

对于单片机电源的隔离分为整流前干扰源的隔离和整流后干扰源的隔离。对于整流前的干扰源的隔离可采用图2对干扰进行隔离。

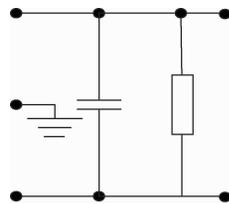


图2 整流前的干扰源隔离电路图

对于单片机整流后电源的干扰的隔离可采用图3所示的电路。

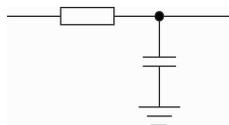


图3 整流后的干扰源隔离电路图

4 干扰的削减

隔离技术虽然可以隔离干扰源,降低干扰对信号传输及器件的影响,但仍存在一些干扰会随着信号的传输将干扰带入中频电源微处理器控制系统中,使微处理器无法正常工作。比如受到整流器工作时产生的高次谐波的影响,使单片机的电源电压产生波动。因此采取滤波器进行滤波来削减这些干扰是很有必要的。

滤波器根据其滤波方式的不同,分为有源谐波滤波器和无源谐波滤波器。

无源电力滤波器是由电阻器、电抗器和电容器串并联构成的滤波电路。该电路简单、成本低、运行可靠性高,但受系统阻抗影响严重,存在谐波放大和共振危险,且谐振点偏移,效率低^[2];另外其补偿能力有限。而有源电力滤波器

则是采用一个高阻抗的电流源^[7],来抑制动态谐波、补偿无功的电力电子装置^[8]实现谐波抑制。

该谐波抑制方法通过软件来实现,与无源滤波器对比,有源电力滤波器是通过电流互感器对直流电流信号进行采样、处理,产生与线上谐波信号大小相等、方向相反的谐波电流,达到削减电流谐波的目的。因此它在谐波治理上具有更多的优点,它具有良好的动态特性和补偿特性^[9]。但其价格昂贵、功率小,因此只适用于电功率小的中频电源。

对于中频电源谐波的抑制方法根据具体实际情况进行选择,一般可采用无源电力滤波器,或有源电力滤波器或有源电力滤波器与无源电力滤波器混合的方法来进行谐波的抑制。对于中频电源来说,其负载基本保持不变,因此在整流器的输出侧接入无谐波电流检测的电力电子滤波器来达到更好地滤波的目的^[10]。

多相整流技术虽可以减少高次谐波幅值较大的低次分量,但因各相负荷不一定对称,不能消除低次谐波分量。因此,当谐波电压总值超过供电系统的规定时,在整流变压器初级侧母线上装设有针对性的滤波器^[11],以进一步降低低次谐波分量。

另外,为了使微处理器的电源尽量少的受到整流器产生的高次谐波污染,在三线电源与整流器之间接入一滤波器。本设计采用 RLC 串联滤波器,其电路图如图 4 所示。



图 4 RLC 串联滤波器电路

另外在整流器 2 输入端的交流侧接入单相交流滤波器。本设计采用 ACF211A1/— 单相交流 A 级滤波器,该滤波器具有良好的插入损耗、安装方便且可用于各种电子设备的特点。该滤波器的电路如图 5 所示。

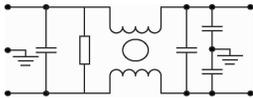


图 5 单相 A 级系列滤波器电路图

由于继电器动作产生尖峰脉冲,这些脉冲的累积使单片机的电源电压产生波动,在单相 A 级系列滤波器与单片机电源输入端之间接入 II 型 LC 滤波电路来削减这些干扰。该 II 型 LC 滤波电路如图 6 所示。

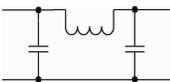


图 6 II 型 LC 滤波电路

另外,为了尽量降低整流器 1 产生的高次谐波对逆变电路的干扰,在整流器的输出端与逆变器的输入端之间接入电抗器。

对于这些来自外界的电磁干扰,本设计采用专业的电磁屏蔽膜和接地技术加以解决,为中频电源中微处理器的正常工作提供条件。另外,在接地时,数字地和模拟地的地线应尽量分开,分别与电源端地线相连。

5 自身抗干扰能力的提高及系统部分仿真

对干扰源进行抑制与隔离以及对干扰的削减并不能完全彻底地消除掉所有的干扰。微处理器作为该中频电源控制系统的核心,在其受到外界干扰时,若其自身抗干扰能力弱,该中频电源应用系统可能仍无法正常工作。因此提高微处理器自身的抗干扰能力显得尤为重要。

单片机抗干扰措施是一项综合性措施,采用硬件措施可从根本上有效提高中频电源中微处理器控制系统的抗干扰能力,但过多的硬件会降低系统的可靠性。因此单片机的抗干扰设计要“软”、“硬”兼施,提高系统的抗干扰能力和容错能力,从而提高中频电源中微处理器控制系统的可靠性。

5.1 硬件抗干扰

不同型号的微处理器的抗干扰能力不同,因此在微处理器选型时选择一些抗干扰能力强的微处理器。PIC 系列的单片机具有产品的性能与价格比高、指令精简执行效率高、开发环境优越、引脚具有防瞬态能力和保密性强以及低功耗、抗干能力强的特点。本设计采用 PIC 系列的单片机作为主控制器。

单片机根据外时钟执行指令,外时钟频率高会对单片机内部产生高频噪声干扰,使单片机在执行指令时会使程序执行错误。因此在选择外时钟时尽量选择低频率的外时钟。

单片机在工作时需要电源的供给,单片机工作的电源电压范围较宽,但是它对于电源电压的波动却很敏感。单片机可以在工作电源电压范围内的一个恒定电压下工作。但若其电源电压在工作电源电压范围内波动时,则不能工作。因此在设计单片机的电源电路时,要保证单片机工作电压稳定在其电源电压范围内的一个恒定值。本设计采用 LM7805 稳压块将电压稳压在 5 V。

针对中频电源应用系统的特殊性,对该系统进行复位不会给该系统带来较大的危害。故采用硬件“看门狗”电路。

硬件“看门狗”的主体是一个定时电路,并由被监控 CPU 提供周期性“喂狗”信号,对定时器清零(俗称“清狗”)。CPU 正常工作时,由于能定时“清狗”,看门狗内的定时器不会溢出。当 CPU 出现故障,则不能继续提供“清狗”信号,使得看门狗内定时器不断累加而溢出,从而触发一个复位信号对 CPU 进行复位,使 CPU 重新工作,从而有效地监控了程序的运行。外部看门狗电路分别如图 7 所示。

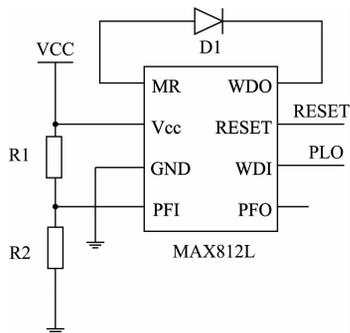


图7 外部看门狗电路

5.2 软件抗干扰

当系统受外界干扰后,会使程序计数器PC的内容发生紊乱致使CPU执行一系列错误的指令而导致中频电源中微处理器控制系统失控,致使程“跑飞”或陷入死循环。软件抗干扰可以弥补硬件抗干扰的不完善。

在软件抗干扰方面本设计增设自检程序、采用冗余技术、软件陷阱技术和软件“看门狗”程序进行抗干扰。

自检程序会在系统运行前和运行中不断循环测试系统内部特定部位的运行状态,对出现的错误状态进行及时处理^[12],以保证中频电源中微处理器控制系统可靠运行。

冗余技术设计通过在主要的程序入口插入多个单字节指令NOP或重写有效的单字节指令来完成。在实际软件设计中,一般在双字节和三字节指令之后插入几个NOP指令,保证程序紊乱后其后面的指令因不会丢失而造成数据混乱,以使后面的程序可以正常运行。

“软件陷阱”是在程序中加入一组用于在弹飞程序时强行将程序转向一个特定的放有出错处理程序地址的程序段。

软件“看门狗”在原理上与硬件“看门狗”一样,只是将硬件电路上的定时器用处理器的内部定时器代替,这样可以简化硬件电路设计。软件“看门狗”是通过单片机的定时器来实现,是对硬件“看门狗”技术的补充措施。软件“看门狗”不断监视程序循环运行时间间隔,将循环运行时间间隔与已知的设定的循环时间间隔进行比较,若发现时间间隔超过已知的设定的循环时间间隔,就认为程序进入死循环,然后加跳转指令,使程序返回到入口地址,并在入口地址处添加相关的出错处理程序指令,使系统重新正常运行。

冗余技术和“软件陷阱”都不能很好地解决死机问题,但其分别具有进行程序“跑飞”拦截和保证程序紊乱后其后面的指令因不会丢失而造成数据混乱的能力。软件“看门狗”可以很好地解决死机问题。

因此本设计采用冗余技术、“软件陷阱”和软件“看门狗”这3种方法相结合的方法,以提高中频电源应用系统软件抗干扰能力,从而保证该中频电源中单片机应用系统正常稳定的工作。

5.3 系统部分仿真

针对12相整流产生的高次谐波,为了尽量减少12相整流桥产生的谐波对三相电源的污染,进而使微控制器的电源电压产生波动,致使其无法正常工作,设计了一种滤波器。采用MATLAB软件建立12相整流器的仿真模型,通过在仿真模型的电源侧加入该滤波器测得的波形与在仿真模型的电源侧未加入时测得的波形进行对比,来验证该设计是否具有合理性。仿真模型如图8所示。

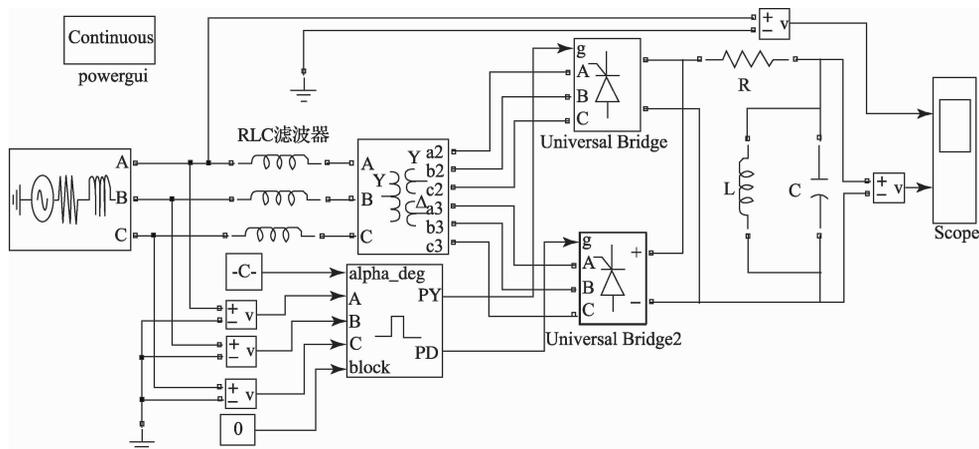


图8 12相整流桥的仿真模型

在该仿真模型中未加入RLC串联滤波器时,仿真波形如图9(a)所示。在该仿真模型中加入RLC串联滤波器

时,仿真波形如图9(b)所示。

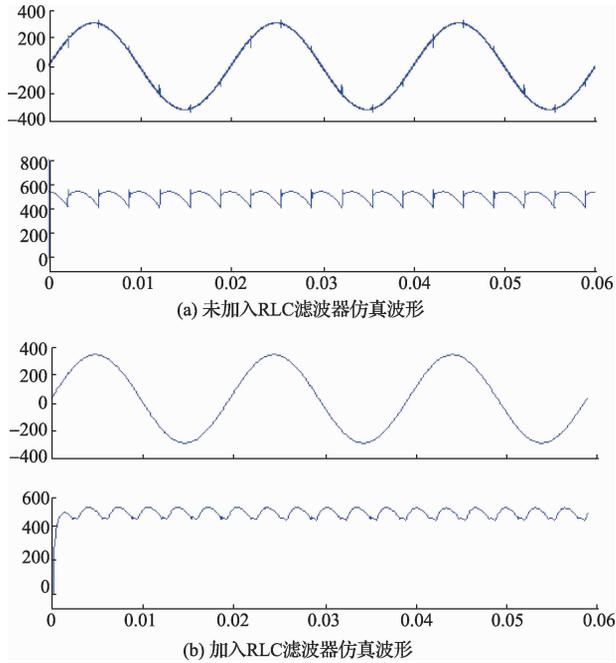


图 9 仿真波形

通过对比在电源侧加入与未加入 RLC 串联滤波器的仿真波形,可知在未加入 RLC 串联滤波器时,电源电压波形中存在较多谐波,12 相整流桥输出电压波形浮动范围较大且存在超调现象。在加入 RLC 串联滤波器时,电源电压波形中几乎不存在谐波,12 相整流桥输出电压波形浮动范围明显减小且不存在超调现象。仿真结果分析表明,该滤波器的设计可以有效抑制谐波,具有合理性,为微控制器的正常稳定工作奠定了良好的基础。

6 结 论

综上所述,本文从干扰源的抑制、干扰源的隔离和干扰的削减以及自身抗干扰能力的提高 4 个方面来对中频电源中微处理器应用系统进行抗干扰设计,针对不同的干扰源不同的受干扰对象采取不同的抗干扰措施。通过建立仿真模型对设计的 RLC 串联滤波器进行验证可知,该滤波器的设计可以有效抑制谐波,为微控制器的电源电压稳定在一个恒定值提供了很好的条件,具有实际价值。

参考文献

- [1] 高郑斐. 浅谈单片机电磁干扰抑制与优化方案[J]. 无线互联科技, 2012(9): 96.
- [2] 蔡兵, 吉向东, 王培元, 等. 中频电源的谐波抑制方法比较研究[J]. 湖北文理学院学报, 2014, 35(11): 14-16.
- [3] 魏学良, 程婷. 谐波治理设备在供电系统中的应用[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(3): 73-76.
- [4] 李建英, 罗隆福, 许加柱, 等. 采用谐波抑制整流变压器的新型工业整流系统[J]. 高电压技术, 2012, 37(12): 3164-3169.
- [5] 彭翌春, 张宁, 甘露. 中频电源的仿真及谐波分析[J]. 电力科学与技术学报, 2014, 29(1): 70-74.
- [6] 李洪. 嵌入式应用系统中的抗干扰措施[J]. 中国科技博览, 2012(28): 608.
- [7] 黎燕, 罗安. 大功率低成本新型混合型有源滤波器设计[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(10): 94-97.
- [8] 刘艳红, 李超, 楚冰, 等. 有源电力滤波器切换跟踪与优化控制[J]. 控制与决策, 2014(7): 78-82.
- [9] 温和, 滕召胜. 谐波存在时的改进电能计量方法及应用[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(1): 157-161.
- [10] 黄彬, 孙培德. 无谐波检测电力电子滤波器的仿真与特性分析[J]. 电子测量技术, 2015, 38(2): 1-5.
- [11] 李郁林. 可控硅整流装置引起的危害和抑制措施[J]. 科技资讯, 2010(18): 57-58.
- [12] 吴秋宁, 邵建龙, 吕英英, 等. 提高单片机测控系统的抗干扰能力的研究[J]. 电子测量技术, 2010, 33(2): 63-66.

作者简介

雷乃清, 高级工程师, 硕士生导师, 现主要从事控制理论与控制工程、检测技术与自动化装置等方面的科研和教学工作。

E-mail: jzlnq@hpu.edu.cn

李娟娟, 硕士研究生, 主要研究方向为控制工程与控制理论。

E-mail: 1264371334@qq.com