

基于 TMS320F28335 的大功率逆变器控制电路可靠性研究*

Research on Reliability of Control Board for High-power Inverter Base on TMS320F28335

北京工业大学电力电子与电气传动工程研究中心 王占扩 樊生文 李正熙

Wang Zhankuo Fan Shengwen Li Zhengxi

摘要: 逆变器控制电路的可靠性对整个系统的安全稳定运行有着重要的作用, 本文在分析干扰源的基础上, 对基于 TMS320F28335 的 110kW 逆变器的供电电源、印制电路板、以及软件等方面的可靠性设计进行了研究, 并结合实际应用提出抑制扰动的方法, 为提高逆变器控制电路的可靠性提供了借鉴作用。

关键词: 逆变器 电磁干扰 电磁兼容

Abstract: The reliability of control system has played an importance role in the operation of inverter. Base on analysis of the source of interface, research on reliability of power supply, PCB design, software of 110KW inverter base on TMS320F28335 have discussed in the paper. According the practical project, the suppression methods are also been given, which useful to reliability design of inverter control system.

Key words: Inverter Electromagnetic interference Electromagnetic compatibility

[中图分类号] TP273 [文献标识码] B 文章编号 1561-0330(2010)05-0068-04

1 引言

随着微电子技术和贴片技术的发展, 逆变器控制电路的体积不断缩小, 密度不断增加, 功能越来越强大, 如何使控制电路在这种高密度低体积情况下稳定运行成了设计控制电路的首要任务。对逆变器稳定运行的研究主要着手于逆变器电磁兼容的研究, 通过消除来自外部的干扰的同时, 将逆变器本身产生的骚扰消除, 这样既可以逆变器本身就可以稳定运行, 又可以满足电磁辐射的要求, 具有很大的使用价值。

2 电磁干扰源的分析

逆变器整体结构如图1所示, 包括主电路、电源和逆变器控制电路, 主电路主要是整流电路逆变

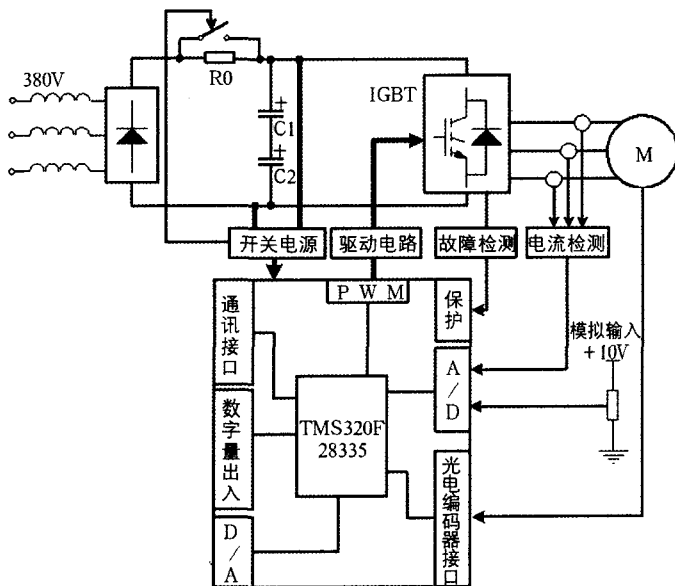


图1 逆变器结构图

* 本课题受北方工业大学电力电子与电力传动北京市高等学院工程研究中心专项基金支持。

电路和滤波电容预充电控制等组成。控制电路是以DSP为核心运算电路、通讯电路、各种接口电路等组成。控制电路主要所受到外部环境和内部电源、主电路等的干扰。

2.1 逆变器外部干扰分析

外部主要是来自于逆变器周围工况环境中的电磁干扰,由于逆变器主要应用于工业现场之中,周围存在着大量的干扰和辐射,比如断路器的开合,由于断路器拉弧带来的瞬态脉冲群可以通过空间、电缆和接地系统进入逆变器的电源电路和控制电路,可以使电源供电在几微秒内变为0V,并产生剧烈震荡,如图2所示,铝厂车间22kV变电所空开合闸时导致逆变器5V电源严重干扰。这些严重的可以导致微处理器死机,外部程序存储器的程序丢失。

除了空间电磁骚扰,静电也是一个重要的骚扰,当维护设备时,静电会通过设备的接触面或者端子连接处进入逆变器的控制电路,在很短时间

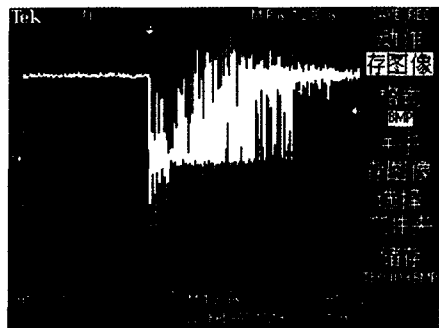


图2 车间合刀闸瞬间的干扰波形

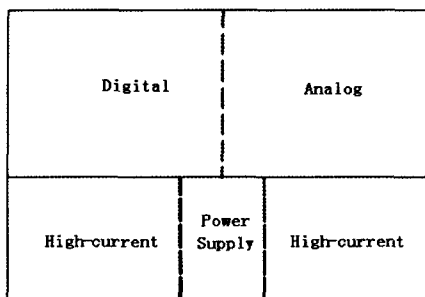


图3 控制板PCB布局

内出现数千伏的高压脉冲群,经过机壳或者地线进入控制系统和电源,影响逆变器的控制电路,轻者使逆变器误报故障,严重会使逆变器重启或死机。

2.2 逆变器内部干扰分析

内部干扰主要来自三个方面:

一是控制电路中高速信号线、时钟信号线和电子元器件的辐射,TMS320F28335拥有150MHz的时钟频率,运行过程中的高速开关电压和电流情况下,PCB的铜线就会变成天线,辐射电磁能量,可以从电路板的一个断面辐射到另一个断面,形成干扰。

另一方面就是控制电路供电电源的电磁干扰。逆变器供电电源多是开关电源,电源中的变压器、主功率管工作在高速开关过状态,电压和电流接近方波,含有丰富的次谐波。同时,变压器和主功率管在开通和关断时呈现非理想状态,常常产生高频高压的谐振震荡,通过散热片、变压器等向控制电路辐射高频噪声。

第三方面就是主电路中整流部分和逆变部分开关管开关过程中带来的电磁干扰,当IGBT通过大电流时,具有很大 di/dt 和 du/dt ,产生的开关噪声通过底线,分布电容,分布电感等进入控制电路^[3],导致控制电路的逻辑混乱并干扰电压电流等采样的模拟信号,影响控制精度。

3 抗干扰设计研究

3.1 外部干扰的处理

对于外部的电磁干扰,主要的预防是在电源进线上增加滤波装置和浪涌装置,将高频干扰滤除,保证系统的稳定。同时逆变器的自身要安装屏蔽装置,将从空间等媒质传到来的干扰降到最低,现场条件允许,可以将逆变

器等微机控制装置的保护地与断路器等强电的保护地分开,减少串扰。对于静电,主要是控制电路有良好的接地系统,通过接地系统将静电快速的传导到大地之中。在控制电路的电路板上设置环形接地通道,电路各个模块接地通过电阻和高频电容或者磁珠并联与环形接地通道跳接,然后将环形接地通道接入柜体的等电位接地铜排上,接地线要短,接触良好^[1]。为了防止芯片在放电过程中损坏,在芯片电源管脚处安装TVS,并就近接地。总之,接地阻抗要低,这样静电释放就快速,不会产生电弧。

3.2 电源的处理

逆变器的供电电源一般取自三相不可控整流的直流母线,进线电压比较高,当遇到到泵升电压情况,母线电压瞬间可以达到700V~800V,所以电源首先具有很宽的输入电压。电压如果三相交流进线端的浪涌和滤波处理妥当^[5],那么经过直流母线滤波电容之后的电源比较平稳。电源设计最好采用软开关控制技术,可以有效的降低功率管开关是产生的高频振荡。在电源进入控制板处安装滤波电容,一般取100 μ F的电解电容或者钽电容,同时配合一个0.1 μ F的瓷片电容,为了防止静电和浪涌,在电源处安装压敏电阻或者TVS等。

3.3 电路板设计

3.3.1 电路板布局

电路板设计主要包括电路板层数的选择,元器件的选型,元器件的布局 and 合理的布线。一般如果条件允许,推荐使用多层电路板。多层板比双面板更能避免共阻抗耦合,提供屏蔽以及有利于多电平的合理分配。多层板中间独立的电源层和底层可以使相同功能的系统处于以等电势的环境中,对噪声和干扰有着很好的抑制效果,一般4层板就可以满足要求。逆变器是一个强电和弱点综合的系统,

合理的布局,可以降低不同器件连接而产生的噪声。由图1可知,由于控制系统包括了控制器、通讯、AD、DA、通讯、数字量输入、数字量输入等模块,为了保证各个模块互不干扰,都采用独立供电。图1所示的系统一共有5V、15V、-15V、24V、7.5V等5个电源,其中24V和7.5V为隔离的单独电源。将这些电源合理的分布在一块控制板上,对控制板的可靠运行有着重要的作用。如图3就是TMS320F28335为控制系统的核心控制电路推荐使用一下的布局结构,将具有同等功能的元器件放置到一块,这样的布局可以将敏感电路相互隔离,减少噪声。在考虑减少噪声的同时也要考虑元器件之间的走线要尽可能的方便,电源线要短以及布局美观等。

3.3.2 控制电路的地线设计

所有的控制信号都是从电源出发,最终回到地中,为了保证信号在传输过程中不受干扰,信号回路接地阻抗越小越好。多层电路板具有一个单独的地平面层,放置位置紧邻元器件最多的一层,这就为信号的快速回流提供了一个快速低阻抗的通道。在逆变控制电路中,地平面根据不同的功能和供电进行分割。为了保证控制系统的稳定,这些地需要连接到一块。接地的方式主要有单点接地和多点接地,以及混合接地。单点并接地就是将各个电路模块接到一个参考点上,适用于1MHz以下的系统^[1]。多点接地就是每个电路模块就近接到同一个参考地上,这种接地方式为各个电路模块提供了低阻抗接地回路,但是对于50Hz的干扰却无法消除。由于TMS320F28335工作在150MHz,而且逆变器输入为380V/50Hz工频交流电,采用混合接地方式,如图4所示。

如图4所示:并且将各个地分别通过一个100nF的电容和100Ω的电阻与系统地相连接,再通过铜柱与柜体

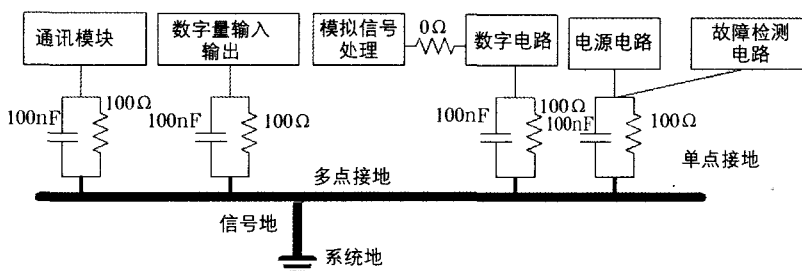


图4 控制系统接地示意图

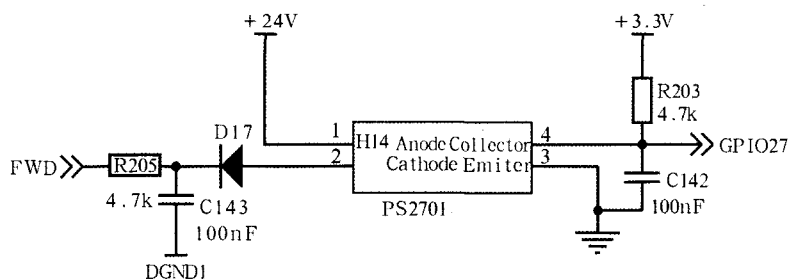


图5 光电耦合器电路原理图

连接,这样当外部的静电等骚扰进入电路板可以通过低阻抗的接地回路进入大地。

3.3.3 电路板走线设计

电路板布线,除了基本PCB的布线规则以外,还要考虑实际的电路布局和功能。从图1看出,控制系统拥有丰富的外部接口,同时还外扩了RAM、同时还扩展了AD和DA转换芯片,为了提高采样和转换速率,均采用并行接口,这些数据线和地址线的最高读取速度可达66.7MHz,所以这些器件尽量靠近DSP,缩短布线长度。电路中的模拟信号和数字信号一定要分开,防止信号线交叉,影响AD的转换精度。对于高速的时钟电路、低位地址线、串口线等,为了信号完整性,串一个50Ω的电阻,减少电平上升时间,降低消耗。

3.3.4 去耦电容布局

当电路中控制信号电平信号的跳变时,尤其是在上升沿比较陡峭时,电流比较大,这样驱动电流就会吸收很大的电源电流,由于电路中的电

感,电阻(特别是芯片管脚上的电感,会产生反弹),这种电流相对于正常情况来说实际上就是一种噪声,为了抑制噪声,在芯片靠近供电电源的管脚放置0.1μF的电容,既可以做芯片的蓄能电容,又可以滤除芯片产生的高频噪声。

3.3.5 外部接口电路的设计

控制系统设计了丰富的外部接口电路,包括数字量输入、数字量输出、模拟量输入、通讯等,这些接口均采用光耦隔离,有效的将外部的干扰信号滤除,保证控制系统的稳定运行。如图5所示。

3.4 软件的优化设计

对于软件的抗干扰设计主要集中在滤波软件的设计,通过设计滤波器将进入电路的噪声滤除。对于开关类型的接口电路编写防抖程序,防止误触发。对于模拟信号,尤其是电流和电压信号配合硬件电路,需要合理的设计滤波器滤除噪声,但是在最终的运算时要考虑到滤波器的相移,进行

(下转第80页)

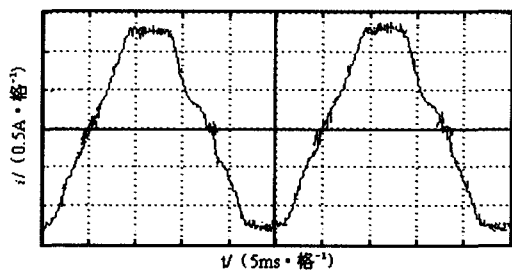


图6 补偿前的相电流波形

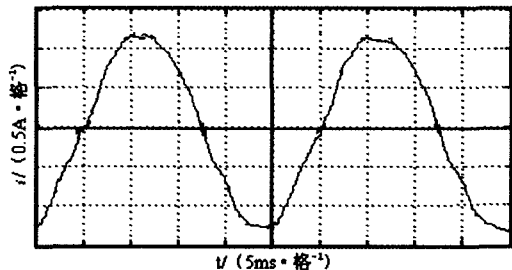


图7 补偿后的相电流波形

尔传感器L18P50D15。三相异步电机参数为：额定功率1.1kW，额定电压380V，额定电流2.7A，额定频率50Hz，功率因数0.78，额定转速1400r/min，Y型连接，轻载运行。在频率为20Hz、40Hz、50Hz时进行实验。图6、图7分别示出了频率为40Hz时补偿前后的相电流波形，可见，补偿后的波形明显改

善，证明了该补偿策略的可行性。

5 结束语

本文首先阐述了死区产生的原因及其危害，在此基础上提出了一种改进的基于SVPWM的死区补偿策略。理论分析和实验结果表明：该策略可以有效地解决以往死区补偿技术中普遍存在的电流极性判断和过零点问题。本方法实现简单，具有较强实际应用价值。

作者简介

李新君(1980-) 男 讲师/硕士研究生，研究方向：电力电子与电气传动，智能控制。

参考文献

- [1] 刘凤君.正弦波逆变器[M].北京:科学出版社,2002.
- [2] 陈国呈.PWM变频调速及软开关电力变换技术[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [3] 胡庆波,吕征宇.一种新颖的基于空间矢量PWM的死区补偿方法[J].中国电机工程学报,2005,25(3):13-17.
- [4] 万健如,魏志强,李莲,张海波.针对SVPWM死区问题一种新的控制方法[J].电工技术学报,2006,21(7):105-120.
- [5] 荆涛,范耀果.一种新颖的空间矢量死区补偿算法研究[J].电力电子技术,2008,42(3):84-86.

(上接第70页)

补偿。目前逆变器多采用PWM控制斩波，高频的开关信号会产生电流的峰值。对称的PWM相比于非对称的PWM产生的电磁干扰减少大约66%，而空间矢量型PWM相比于对车PWM调制，电磁干扰可以减少30%。

4 结束语

控制电路的可靠性设计是一个综合性设计，除了以上电磁兼容设计以外还有散热、防震设计，这些设计应在产品设计初考虑，如果等设计结束发现问题再做改正，就会延长开发周期，增加成本。设计目的是为了抵制外部的干扰，并使自身的辐射最小，如果能从根本出发，将主电路的辐射

降低到最低，将逆变器的结构设计更加合理，既可以将逆变器内部的干扰与抗干扰处理好，那么逆变器本身的辐射也就解决了，这是一个一举两得的措施。

作者简介

王占扩(1982-) 男 助教，北方工业大学电力电子与电力传动北京市高等学院工程研究中心教师，主要研究方向为：交流调速，变频器电磁兼容等。

参考文献

- [1] 白同云,吕晓德.电磁兼容设计[J].北京:北京邮电大学出版社,2001.
- [2] Indrek Roasto, Dmitri Vinnikov. EMC

Consideration on PCB Design for a High-Power Converter Control System. 5th Compatibility in Power Electronics, 2007. CPE' 07 2007,5:1-4.

- [3] Chaiwat Choochuan..Emission and Immunity Testing for PWM Inverter. Industrial Technology, 2006. ICIT 2006. IEEE International Conference on 2006, 12: 944-948.
- [3] 裴雪军,张凯.基于EMI滤波器的逆变器传导电磁干扰的抑制[J].电气传动,2007(12).
- [4] 蒋爱如.PCB中抗ESD的设计[J].大众科技,2009(12).
- [5] 梁凯,熊腊森等.开关电源的电磁兼容性设计[J].电源技术应用.2007(2).