

· 电路与控制 ·

一种新的带硬件互锁功能的变频器驱动电路

郝建欣, 谭黎

(杭州优迈科技有限公司, 杭州 310052)

摘要: IGBT驱动保护电路作为变频器主回路和控制回路之间的接口电路, 设计好驱动保护电路对于变频器正常工作起着举足轻重的作用。传统的变频器驱动电路仅仅依靠软件设置的死区保护时间来避免出现同一相上下桥直通的现象, 这种电路一旦软件出现跑飞的情况, 则容易造成IGBT上下桥直通, 炸毁逆变桥。介绍了一种全新的带硬件互锁功能的变频器驱动电路, 这种新的驱动电路中变频器逆变桥驱动光耦的前端采用差分的PWM信号驱动, 同一相桥臂上桥与下桥的驱动电路中的两只光耦的前端由同一组逻辑相反的差分的PWM信号驱动, 从硬件上实现了逆变桥驱动电路的互锁功能, 避免出现上下两个桥直通的现象, 极大的提高了驱动电路的可靠性。

关键词: 变频器; 驱动电路; 光耦; 差分信号; 硬件互锁

中图分类号: TN710.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2017)-02-0054-04

A New Inverter Drive Circuit with Hardware Interlock Function

HAO Jian-xin, TAN Li

(Hangzhou Youmai Science & Technology Co. Ltd., Hangzhou 310052, China)

Abstract: Insulated gate bipolar transistor (IGBT) drive protection circuit is taken as the interface circuit between the inverter main circuit and the control circuit. It is very important for the inverter to design a good drive protection circuit in normal operation. Traditional inverter drive circuits only rely on software to set the dead zone protection time to avoid the phenomenon that the up bridge and down bridge of the same phase simultaneously turned. Through this circuit, once the software runs error, it is likely to cause the IGBT up bridge and down bridge simultaneously turned and blows up the inverter. A new inverter drive circuit with hardware interlock function is described. In this new drive circuit, the inverter bridge drive opto-coupler is driven by a group of differential pulse width modulation (PWM) signal. The two opto-couplers for the up bridge and down bridge of the same phase bridge arm in the driving circuit are driven by the same group opposite logic differential PWM signal. The hardware interlock function of the inverse bridge drive circuit is realized to avoid the phenomenon of both the up and down bridge simultaneously turned and the reliability of the inverter drive circuit is improved greatly.

Key words: inverter; drive circuit; opto-coupler; differential signal; hardware interlock

交流变频调速技术是现代电力传动技术发展重要方向, 随着电力电子技术、微电子技术和现代控制理论在交流调速系统中的应用, 变频交流调速已逐渐取代了过去的滑差调速、变极调速、直流调速等调速系统, 越来越广泛的应用于工业生产和日

常生活的许多领域。变频器作为一种调速设备, 广泛应用于石油化工、炼油、电力、医药和轻工等工业部门的控制系统中。但是由于变频器驱动电路设计不佳, 有时会出现变频器逆变桥上下桥直通模块炸毁的现象。传统的驱动电路都是依靠软件设置

收稿日期: 2017-04-08

作者简介: 郝建欣(1983-), 男, 硕士, 2009年毕业于江苏大学电气信息学院, 目前在杭州优迈科技有限公司担任硬件副主任工程师, 主要从事变频器的硬件电路设计工作; 谭黎(1989-), 男, 学士, 2012年毕业于浙江师范大学数理信息工程学院, 目前在杭州优迈科技有限公司担任硬件主管工程师, 主要从事变频器的硬件电路设计工作。

的死区时间来避免上下桥直通的现象,但是完全依赖软件的保护方法可靠性不高,一旦软件出现跑飞的时候很容易造成变频器炸机,一般通用型变频器大致包括以下几个部分:整流电路、直流中间电路、逆变电路、控制电路。而产生可调电压和可调频率的逆变电路,是变频器各组成部分的核心技术。

逆变电路主要包括:逆变模块和驱动电路。目前逆变模块主要由日本(东芝,三菱,三社,富士,三肯)及欧美(西门子,西门康,英飞凌)等少数厂家能够生产。驱动电路作为逆变电路的一部分,对变频器的三相输出有着巨大的影响。驱动电路的设计一般有几种方式(1)分立插脚式元件组成的驱动电路;(2)光耦驱动电路;(3)厚膜驱动电路;(4)专用集成块驱动电路等几种。其中,光耦驱动电路是现代变频器设计时被广泛采用的一种驱动电路,由于线路简单,可靠性高,开关性能好,被欧美及日本的多家变频器厂商采用。光耦驱动电路的基本原理如图1所示。

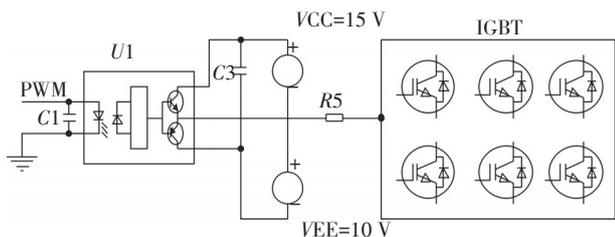


图1 光耦驱动电路原理图

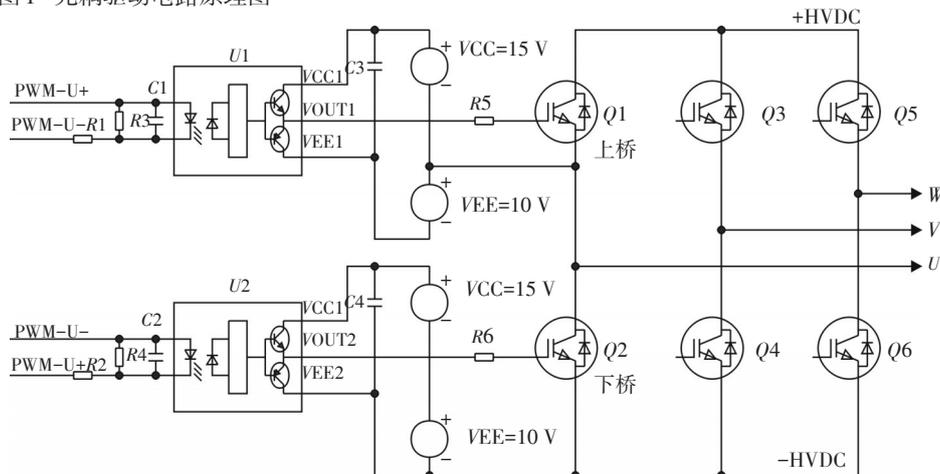


图2 硬件互锁驱动电路图

硬件互锁驱动电路的具体工作原理如下:变频器的主要功率器件IGBT逆变桥共有六个桥臂组成,分为U、V、W三相,每相桥臂包括上下两个桥。这六个桥的驱动信号由单片机(DSP)发出,共有六

如图1所示,光耦驱动电路主要由驱动光耦、IGBT驱动电阻等元件组成,电路结构十分简单。光耦前端的驱动信号由单片机(DSP)发出,经过电平转换芯片(如ACT244)后送到光耦前端来驱动光耦。当光耦U1导通时,光耦的输出端VOUT输出高电平 $VCC=+15V$,对应的IGBT桥开通;当光耦U1关断时,光耦的输出端VOUT输出低电平 $VEE=-10V$,对应的IGBT桥关断。每个逆变桥单元需要一只光耦来驱动,因此一个逆变桥需要六只驱动光耦,每只驱动光耦都需要单片机给出一路驱动信号。软件算法给出光耦驱动的PWM信号时,同一相桥臂的上桥和下桥的光耦驱动信号必须设置死区保护时间,防止出现上桥和下桥同时导通而炸毁逆变桥。这种电路的不足之处是一旦软件出现跑飞时,很容易出现上下桥直通炸毁逆变桥。

1 带硬件互锁功能的驱动电路介绍

为了克服传统驱动电路的不足,提出了一种带硬件互锁功能的变频器驱动电路。该电路的结构如图2所示。

路PWM信号组成,将这六路信号分为U、V、W三相,每一相驱动信号由两路差分信号组成,每一组差分信号来驱动上下桥的两只光耦。以U相桥臂的通断过程来举例说明,该电路采用PWM-U+、PWM-U-两路差

分信号来驱动 U 相上下桥驱动电路中的两只光耦 $U1$ 、 $U2$ 。当 PWM-U+ 为低电平、 PWM-U- 为高电平时,光耦 $U1$ 关断,光耦输出为 $\text{VEE}=-10\text{ V}$,此时 U 相上桥 $Q1$ 关断;同时, PWM-U+ 为低电平、 PWM-U- 为高电平时,光耦 $U2$ 开通,光耦输出为 $\text{VCC}=+15\text{ V}$, U 相下桥 $Q2$ 开通;反之则上桥开通,下桥关断。 V 相、 W 相的驱动情况与 U 相类似,不再赘述。该电路通过利用同一组差分信号驱动同一相桥臂上下两个桥的驱动电路中的光耦,在硬件电路上构成互锁效应,有效的避免了上下桥的直通现象,极大的提高了变频器驱动电路的可靠性。

该电路最大优点在于当软件算法出现跑飞时候,无论同一组驱动差分信号的逻辑电平为何种状态,都不会引起变频器的上下桥直通而炸机。例如 U 相,无论 PWM-U+ 、 PWM-U- 为何种逻辑电平,都不会出现 $Q1$ 、 $Q2$ 同时导通。该电路实现了驱动信号的硬件互锁功能,从硬件电路上解决了变频器上下桥直通而炸机的问题。

2 试验及结果

为了验证该电路的互锁效果,进行试验验证。试验台主要有变频器(带硬件互锁功能的驱动电路)、三相异步电机、示波器、高压探头、电流探头等组成。由于需要测光耦的输出端波形,这部分电路属于强电部分,需要用高压探头来测量。所用的示波器型号为 MDO4104-3 ,共有四个通道。1、2通道使用普通探头用来测量图2中的光耦 $U1$ 、 $U2$ 的前端驱动波形,3、4通道使用高压探头来测量光耦 $U1$ 、 $U2$ 的输出波形。此外,还需要用高压探头和电流探头分别测量变频器的输出电压、输出电流的波形,所测得的波形如图3~图6所示。

图3中的波形是光耦 $U1$ 、 $U2$ 的前端驱动波形 PWM-U+ 、 PWM-U- 。

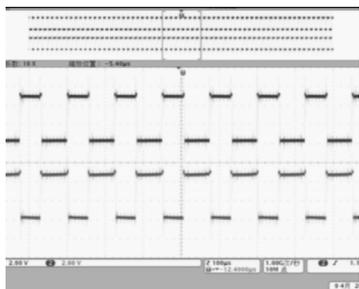


图3 光耦前端互锁驱动波形

从图上可以看出,这两组波形为一组差分信号,高电平为 $+5\text{ V}$,低电平为 0 V 。图4中的上方的两组波形为 PWM-U+ 、 PWM-U- ,下方的两组波形为 $U1$ 、 $U2$ 的输出波形,即 $Q1$ 、 $Q2$ 的驱动波形。



图4 光耦后端输出波形

从图上可以看出, $Q1$ 、 $Q2$ 的驱动波形的高电平为 $+15\text{ V}$ 、低电平为 -10 V 。图5为变频器输出电流波形,有效值为 25 A 。

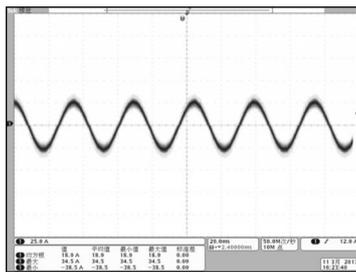


图5 变频器输出电流波形

图6为变频器 U 、 V 两相的输出电压波形,有效值为 380 V 。

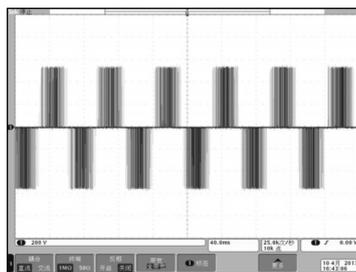


图6 变频器输出电压波形

从图5、图6中可以看出,变频器的输出电流、输出电压波形平滑完整,由此可见,该电路的控制性能也十分良好,变频器工作非常稳定。

从图4中看出,当 PWM-U+ 为低电平、 PWM-U- 为高电平时,光耦 $U1$ 输出低电平,光耦 $U2$ 输出为高电平, $Q1$ 关断, $Q2$ 导通;反之则 $Q1$ 导通, $Q2$ 关断。

当 PWM-U+、PWM-U-同时为高电平或者低电平时,则 $U1$ 、 $U2$ 输出均为低电平, $Q1$ 、 $Q2$ 全部关断,而不会出现 $Q1$ 、 $Q2$ 同时导通。

3 结 论

试验结果表明,这种新的驱动电路在硬件上构成互锁效应,改变了以往传统驱动电路仅仅依靠软件设置死区保护时间来保护 IGBT 的做法,有效的避免了上下桥的直通炸模块的现象,极大的提高了变频器驱动电路的可靠性。随着变频器在工控行业的越来越广泛的应用,该电路必将会得到越来越多的同行的青睐与使用。

参考文献

- [1] 藏英燕.变频调速系统的三相鼠笼异步电动机[J]. 机电传动,1980(5):31-35.
- [2] 胡温刚,王兴伟,林桦.基于 DSP 的三相交-交变频器控制系统[J]. 电机电器技术,2004.
- [3] 潘年安,唐云峰,杨仁刚.实用 IGBT 驱动芯片 HCPL316 在变频器中的应用[J]. 昆明理工大学学报(理工版),2006,31(4B):97-99.
- [4] 丁浩华,陈辉明.带过流和保护的 IGBT 驱动电路研究[J]. 电力电子技术,1997(1).
- [5] 王强,刘皓. IGBT 驱动保护电路的改良设计[J]. 电子工程师,2004,30(10).
- [6] 张震.关于交流异步电机全数字矢量控制中死区补偿的研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2002.
- [7] 陈明. IGBT 双管模块驱动保护电路的研制与应用[D]. 北京:华北电力大学电力电子与电力传动系,2005.
- [8] 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,2005:13-17.
- [9] 盛祖权,张立. IGBT 模块驱动及保护技术[J]. 电焊机,2000,30(11):6-13.
- [10] Sachdeva R, PNowicld E. A novel gate driver circuit for snubberless, low-noise operation of high power IGBT[J]. Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering,2002.

《光电技术应用》期刊简介

《光电技术应用》期刊是中国电子科技集团公司主管,中国电子科技集团公司光电研究院主办,公开发行的学术性中文科技期刊。以光电技术为主要专业特色,传播光电技术、光电系统应用技术专业领域的先进科技信息,报道新型科技成果,推动工程技术交流,促进行业科技进步与发展。

期刊所设栏目主要有:综述,光电系统,光学设计,红外技术,激光技术,光电探测,光电器件与材料,信号与信息处理,电路与控制,测试、试验与仿真等。

期刊拥有优秀的编委会成员,审稿专家涉及光电技术的各个领域,具有审稿速度快、质量高,编辑人员具有较高的职业素质,工作认真负责、反馈速度快,期刊版面设计合理、美观大方,印刷质量好,出刊及时。

竭诚欢迎广大读者踊跃投稿。