

新型 PWM 波故障保护与诊断电路设计

田冠枝 黄玉平 司宾强

(中国运载火箭技术研究院第十八研究所 北京 100076)

摘要: 作为电机驱动系统中的控制指令载体, PWM 波的信号完整性影响整个系统的可靠性和任务完成能力, 但是国内外的相关研究报道却很少。为了提高 PWM 波在传输过程中的信号完整性, 设计了一种新型 PWM 波的故障保护与诊断电路。其通过将 DSP 输出的 PWM 波与经过驱动芯片处理后的信号进行一系列逻辑操作, 并利用硬件电路设定判定阈值, 若两波形不符合度大于设定阈值则禁止 PWM 波的输出。试验证明, 当 PWM 波在传输过程中发生突变或较大延迟时, 该电路能够及时诊断出故障, 并将故障部分进行隔离, 起到了保护功率器件的作用, 提高了电机驱动系统的可靠性。

关键词: PWM; 故障保护; 故障诊断; 电机驱动; 信号完整性

中图分类号: TP206+.3 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8060

New-type circuit design of fault protection and diagnosis for PWM

Tian Guanzhi Huang Yuping Si Binqiang

(The 18th Institute, China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076, China)

Abstract: As a command carrier of the motor-driven system, signal integrity of PWM has impacts on reliability and ability to fulfill tasks for the whole system. However, there few research report at home and abroad. A new-type circuit of fault protection and diagnosis is proposed for improving the signal integrity of PWM during transmission. A series of logical operations are to deal with PWM from DSP and signals modulated by drivers in this circuit. And decision thresholds are set up by hardware circuits, the PWM output is inhibited when non-coincidence value between the two signals is larger than decision thresholds. It is verified by experiments that, this circuit can be able to diagnose faults in time, and parts of fault can be insulated, if a sudden change or big delay occurs during PWM transmission. So that it plays a protective role for power devices, and the reliability of the motor-driven system is improved.

Keywords: PWM; fault protection; fault diagnosis; motor-driven; signal integrity

1 引言

PWM 波的完整性在电机的控制与驱动中起到至关重要的作用, 但是国内外对其故障诊断技术研究却很少。传统的把 PWM 波直接输入到驱动芯片^[1-2]的方式既不能保护功率器件, 也不能判断 PWM 波在传输过是否发生故障, 当 PWM 波发生故障时会造成重大事故的发生。

在电机的驱动与控制闭环系统中, 对各大部件进行故障诊断的方法相继被提出。文献[3]提出了数据驱动故障预测的方法预测驱动故障, 文献[4]提出了用最优阶次 HMM 方法对电机故障进行诊断, 文献[5]实现了小波包与神经网络在滚珠丝杠故障诊断中的应用, 文献[6]在对旋转编码器故障处理后, 提出了预防其故障的方法。PWM 波控制着电机的任务完成能力, 但是其故障诊断技术研究却

很少, 因此需对 PWM 波故障诊断技术进行研究。

为了对 PWM 波故障诊断技术进行研究, 对各种故障诊断方法进行比较。基于模型的故障诊断方法^[7]方法需要增加更多的仪器设备, 会造成系统的复杂性。统一软故障诊断^[8]方法不能及时诊断出故障, 甚至不等诊断出某些故障。上述故障诊断方法可以在一定程度上诊断出 PWM 信号的完整性, 但也各自存在不足。

采用新型 PWM 波故障保护与诊断电路可及时诊断出故障, 并对故障部分进行隔离。具有结构简单、反应迅速、可靠性高的优点。

因此, 本文设计了对 PWM 波的故障保护与诊断电路, 选用 DSP、驱动芯片、电平转换芯片、与非芯片、异或芯片等元器件完成电路的设计及功能实现, 并对该电路的故障保护与诊断特性进行试验研究。

2 故障保护与诊断电路结构及原理

2.1 故障保护与诊断电路结构

新型 PWM 波故障保护与诊断电路结构图如图 1 所示。

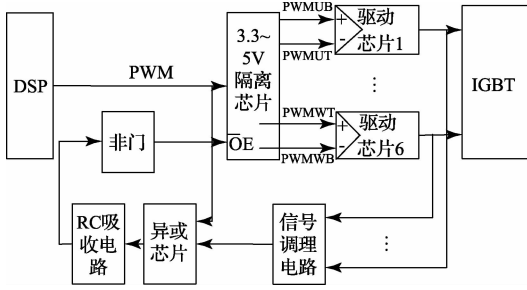


图 1 新型 PWM 波的故障保护与诊断电路结构

2.2 故障保护与诊断电路原理

在图 1 中,由 DSP 发出的 PWM 波经过电压转换芯片传输给驱动芯片,在信号进入驱动芯片时,利用驱动芯片本身的特性对同一桥臂上下臂的一对信号进行差分处理,使得输入到上桥臂的信号为上、下桥臂信号之差,输入到下桥臂的信号为下、上桥臂信号之差。当 PWM 波形在传输过程中发生异常情况导致上、下桥臂信号同时为高电平时,可避免上、下桥臂直通的情况发生,起到故障保护的作用。

故障诊断电路利用 DSP 发出的 PWM 波与驱动芯片发出的波形进行异或,当信号不同时,输出为高电平。通过选择电容大小,控制允许信号不同的时间,当超出设定时间后输出为高电平,信号经过非门后变为低电平,禁止电压转换芯片输出 PWM 波。

3 故障保护与诊断电路元器件选型与电路设计

3.1 故障保护与诊断电路元器件选型与电路设计

由图 1 中各模块的工作特性确定元器件的选型如下所示。

TMS320F28335 是 TI 公司推出的面向数字控制与运动控制的 DSP 芯片,其频率可达 150 MHz,它在已有的 DSP 平台上增加了 ePWM 模块,使 PWM 的输出与控制更为方便,并具有精确度高、速度快的优点,满足对控制精度要求高的控制系统^[9-10]。

SN74LVC4245A 是 TI 公司推出的八通道双向电压转换芯片,可实现有 3.3~5 V 电压的双向转换,满足对六通道电压转换的要求。

1ED020I12-FA 是 Infineon 公司推出的基于无磁芯变压器技术的单通道 IGBT 驱动芯片,具有输入级和输出级欠压锁定、米勒钳位、欠饱和和短路保护等完整的内部状态特征显示和外部保护机制^[11]。它满足了电路对驱动芯片的要求,而且其本身含有的保护特性更增加了驱动电路的可靠性。

SN74LVC1G86A-Q1 是 TI 公司推出的单通道二输入异或芯片,它具有处理速度快、延迟时间短的优点,满足电路对延迟时间短的要求。

SN74AHC1G00 是 TI 公司推出的单通道二输入与非芯片,可将故障信号集中在一起进行处理,发出信号给电压转换芯片。

3.2 故障保护与诊断电路设计

由于该电路具有一定的复杂性与重复性,且由于论文篇幅的限制,仅给出对单路脉冲信号进行故障诊断的电路,电路如图 2 所示。

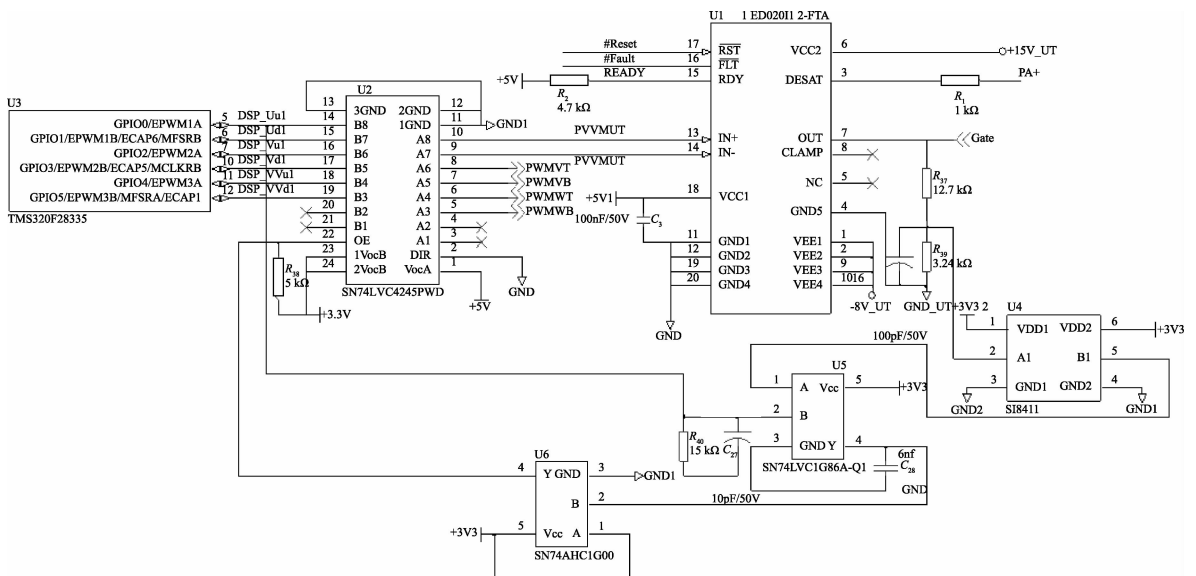


图 2 基于 PWM 波的故障保护与诊断电路

3.3 电路图分析

TMS320F28335 的 ePWM 模块发出 3.3 V 的 PWM 波,

PWM 波经过 3.3~5 V 电压转换芯片 SN74LVC4245A 后传输给输入电压要求是 5 V 的驱动芯片。将驱动芯片输出的

+15 V 信号经过分压、滤波后转换为 3.3 V 的信号,该信号可与 DSP 发出的 PWM 信号进行异或,将信号输出。当信号不同时,通过选择电容大小设定允许信号不同的时间,由于 PWM 信号死区时间一般取 2~4 μs ,可见当 PWM 延迟时间大于 4 μs 时,会对系统运行的准确性与稳定性带来一定影响,根据式(1)选择电容为 2.5 nF,考虑到给系统留有一定的裕度,电容选择为 6 nF。若不同时间大于设定时间,则经过与非门后,信号变为低电平传给电压转换芯片 SN74LVC4245A,芯片被禁止。

$$I = C \frac{du}{dt} \quad (1)$$

在图 2 中对逻辑芯片均采用 3.3 V 供电,这样可以对 PWM 信号与驱动芯片经过调理电路后发出的信号同时进行处理,并且可以直接把 3.3 V 的故障处理信号直接传输给电压转换芯片。SN74AHClG00 与非芯片的一个输入接高电平,这样对输出不会有任何影响。在图 2 中,对于不同芯片一定要注意对电源信号的隔离,否则会对输出信号造成很大干扰,严重影响信号的准确性。

4 PWM 波故障保护与诊断电路性能试验

4.1 无故障时故障保护与诊断电路性能试验

由 DSP 发出 10 kHz 的 PWM 波,用示波器观察其波形,如图 3 所示。测量在此输入下驱动芯片输出如图 4 所示。由图 4 可见,此时驱动芯片输出正常,故障保护与诊断电路不动作。

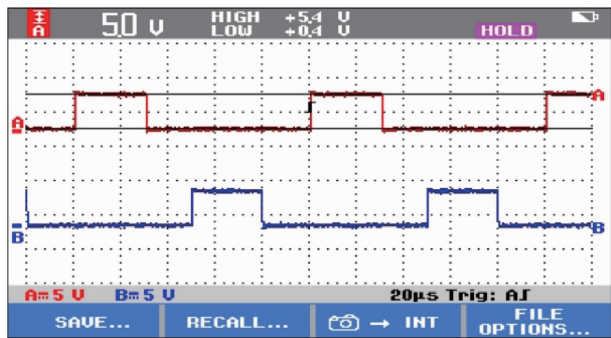


图 3 PWM 无故障信号

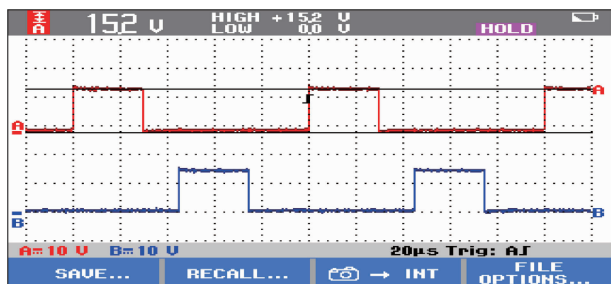


图 4 PWM 无故障时驱动芯片、异或芯片输出

4.2 注入故障时保护与诊断电路性能试验

对系统注入故障,使得 DSP 发出的故障信号如图 5 所示,两个信号有同时为高电平的部分。经过故障保护电路后驱动芯片输出为图 6,由图 6 可见,驱动芯片输出并未出现同时为高的情况,异或芯片输出低电平,电路可以正常工作。

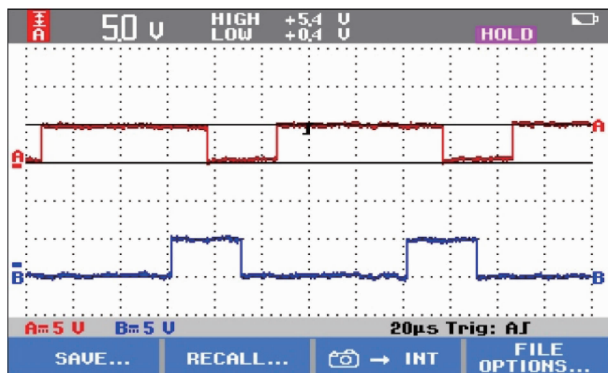


图 5 PWM 波的故障信号

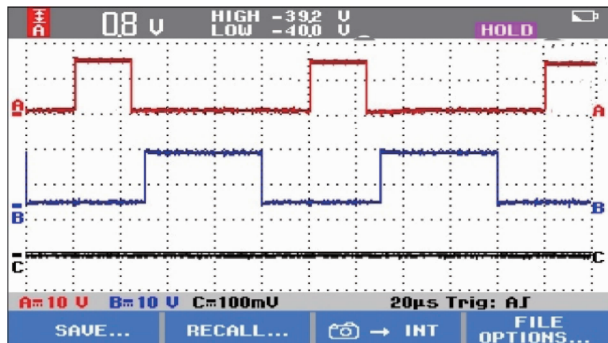


图 6 PWM 有故障时驱动芯片与异或芯片输出图像

对系统注入故障,在 DSP 发出的 PWM 波正常时,如图 3 所示,对驱动芯片的输出进行反向处理,使得驱动芯片发出的波形与 PWM 波的相位有很大不同,此时驱动芯片与异或芯片的输出如图 7 所示。图中异或芯片的输出为 1,经与非门后输出为 0,电平转换芯片禁止输出。

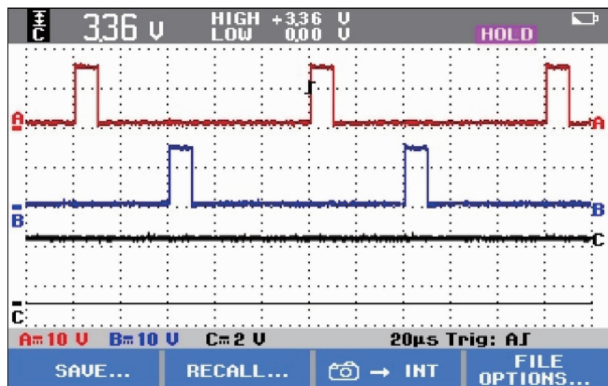


图 7 驱动芯片输出与 PWM 波不同时驱动芯片与异或芯片输出图像

(下转第 134 页)