

三电平逆变器的硬件设计

王昉 张树团

(海军航空工程学院, 山东 264001)

摘要: 根据三电平逆变器主电路功率开关多, 驱动信号不能共地的特点, 本文设计一种利用光耦隔离驱动功率开关器件的驱动保护电路, 降低电磁干扰, 并在过流等异常情况下实时保护功率开关器件。

关键词: 三电平逆变器 MOSFET IR2110 光耦隔离

中图分类号: TM464

文献标识码: A

文章编号: 1003-4862(2010)10-0016-04

Hardware Design of Three-level Inverter

Wang Fang, Zhang Shutuan

(Naval Aeronautical and Astronautical University, Shandong 264001, China)

Abstract: On the facts that there are a lot of switches in the main circuit of three-level inverter and the driving signal can't use one ground, a light-coupled isolation protection driving circuit is proposed, which can reduce the electromagnetic interference and also can protect the power electronics when abnormality phenomenon such as excessive current appears.

Key words: three-level inverter; MOSFET; IR2110; optically coupled isolation

1 引言

目前, 逆变器的应用越来越广泛。三电平逆变器作为多电平逆变器拓扑结构之一, 在实际工业领域获得了广泛的应用。随着交流电机调速理论的发展、新型大功率电力电子器件的产生、新型变频技术以及微电子技术的应用, 以及变频器在高压大功率系统中应用的日益广泛, 三电平逆变器作为变频器的一个分支越来越受到重视。

2 逆变主电路的设计

三相三电平逆变器实验平台的系统构成如图 1 所示, 整个系统由逆变主电路, 电压检测电路, 电流检测电路, 控制电路, 驱动电路构成。

逆变器主电路是系统的核心, 它主要实现电能的 DC/AC 转换; 控制电路主要是 SVPWM 的生成, 对主电路进行适当的控制, 驱动电路实现主电路和控制电路之间的信号连接, 并且实现主电路和控制电路之间的电气隔离; 电压检测电路

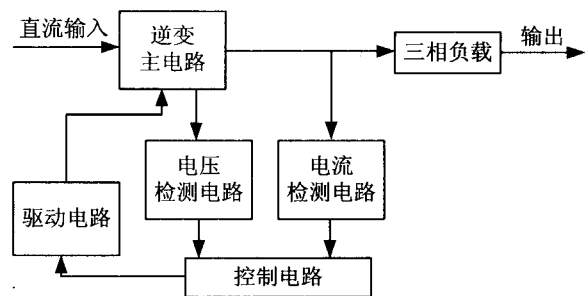


图 1 三相三电平逆变器系统框图

实现对主电路直流侧电容电压的检测; 电流检测电路实现对输出电流的检测。

逆变主电路采用三相三电平二极管箝位式逆变桥, 逆变结构如图 2 所示。输入电压为 400 V, 输出电压 200 V/50 Hz, 功率管开关频率为 3 kHz, 逆变器的设计功率为 5 kW。

2.1 开关管的选取^[1]

输入电压 400 V, 由于采用二极管箝位, 正常工作时功率开关管耐压为 200 V, 考虑 2 倍裕量, 功率开关管电压额定取 400 V; 功率开关电流等于电感电流, 考虑一定的裕量, 功率管电流额定取 20 A。所以选用 MOS 管型号为 IRF460(额定耐压为 500 V, 电流为 21.0 A)。需要指出的是,

收稿日期: 2010-06-10

作者简介: 王昉 (1982-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向: 电力电子与电力传动。

在 IRF460 内, 厂家已经在其内部封装有反并联的快恢复二极管, 它的过电流能力与主管相当,

所以在主电路中是不需要加反并联二极管的。

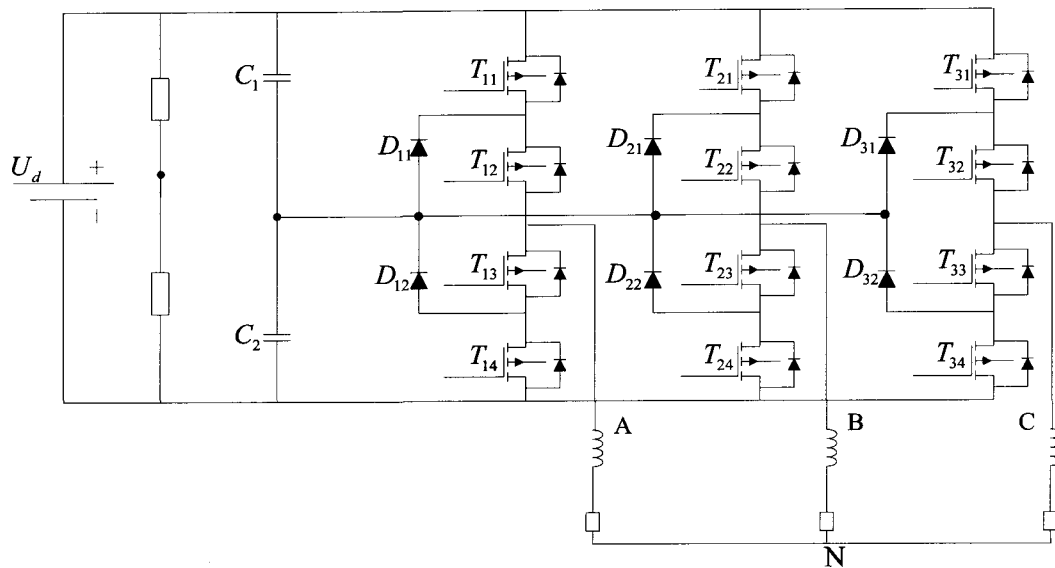


图 2 逆变桥结构图

2.2 箝位二极管的选取

箝位二极管承受的反向电压为母线电压的一半 200 V, 考虑 2 倍裕量, 箝位二极管电压定额取 400 V; 承受正向电流即逆变器输出电流, 考虑 3 倍裕量, 箝位二极管电流定额取 30 A。所以箝位二极管选择 BYV29-500 M, 其反向峰值电压达 500 V, 正向峰值电流可达 200 A。

2.3 分压电容的选取

电容工作时耐压为 200 V, 考虑到 2 倍裕量, 电压定额取 400 V; 由于流经电容中点的电流主要是三次谐波电流, 考虑三次谐波电流造成的中点电压脉动较小, 故分压电容选取: 450 V/470 μ F。

3 驱动电路

3.1 MOSFET 的驱动

电力 MOSFET 的驱动特点^[2]:

1) 电力 MOSFET 为单极型器件, 没有少数载流子的存储效应, 输入阻抗高。因而开关速度可以提高, 驱动功率小, 电路简单。

2) 但电力 MOSFET 极间电容较大, 开关速度和驱动源内阻有关。

3) 和 GTR 相似, 电力 MOSFET 栅极驱动也要考虑保护、隔离等问题。

电力 MOSFET 对栅极驱动电路的要求主要有:

1) 能提供合适的栅极电压, 上升和下降速

度快, 即脉冲前后沿陡峭。

2) 尽量减小驱动电路输出电阻, 提高电力 MOSFET 的开关速度。

3) 为了可靠导通, 正驱动电压应高于开启电压。为了加快关断速度、防止在关断状态时误导通, 截止时最好能提供负栅压。

4) 驱动电路应具备良好的电气隔离性能, 实现主、控电路间隔离, 具有好的抗干扰性能。

5) 驱动电路应具有适当的保护功能, 如过电流保护、欠压保护、过压箝位保护、器件过热保护等。

6) 驱动电路应该简单可靠, 体积小, 成本低。

3.2 驱动电路的实现

三电平逆变器主电路共有 12 个开关器件, 由主电路结构可以看出, 上面九个 MOSFET 的驱动信号是不能共地的, 如果采用单路驱动的驱动器, 至少需要十个独立直流电源给 12 个驱动器供电。这样会使电路设计非常复杂, 同时也增加了设计成本。国际整流器公司的 MOS 栅极驱动器系列产品把驱动高压侧和低压侧 MOSFET 或 IGBT 所需的绝大部分功能集成在一个高性能的封装内。外接很少的分立元件, 就能提供极快的开关速度和低的功耗。这是依据自举原理工作或加一浮动电源。工作在自举模式时, 在绝大多数的应用中它们的工作频率可由数十赫兹到数百千赫兹。

综合考虑以上因素，选取 International Rectifier公司推出的 IR2110作为三相电平逆变器的驱动器。IR2110的驱动频率可达 100 kHz 工作电压达 500 V，内部特殊的自举技术可以允许同时输出两个不共地的驱动信号，6个 IR2110仅需四个直流电源供电，可以大大降低系统的成本，

简化系统的硬件结构^[3]。

采用 IR2110设计的单相驱动电路如图 3所示，自举电容 C4通常采用 0.1 μF 就可满足 5 kHz 以上的开关频率。在 Vcc 和 COM 间，VDD 和 Vss 间要连接两个旁路电容^[4]。

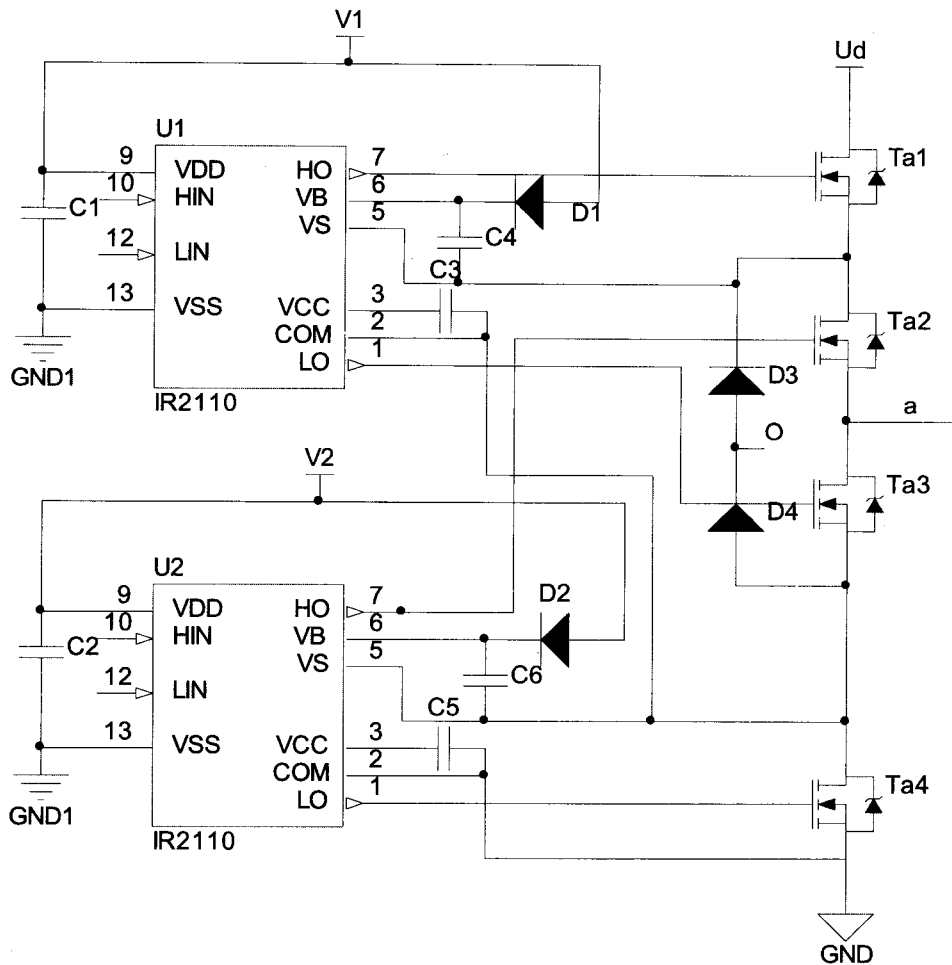


图 3 IR2110的典型应用

4 光耦隔离

为了增强系统的抗干扰能力，可使用高速光耦如 6N137等元件将控制部分与由 IR2110构成的驱动电路隔离，这样可使控制电路的逻辑地和驱动电路的逻辑地相互独立。连接电路见图 4。

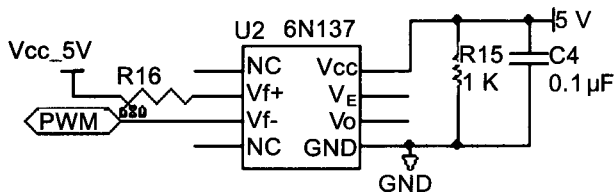


图 4 6N137典型连接

6N137的结构原理如图5所示，信号从引脚2和引脚3输入，发光二极管发光，经片内光通道传到光敏二极管，反向偏置的光敏管光照后导通，经电流—电压转换后送到与门的一个输入端，与门的另一个输入端为使能端，当使能端为高时与门输出高电平，经输出三极管反向后光电隔离器输出低电平。当输入信号电流小于触发阈值或使能端为低时，输出高电平，但这个逻辑高是集电极开路的，可针对接收电路加上拉电阻或电压调整电路^[5]。

若希望在传输过程中不改变逻辑状态，则从引脚3输入，引脚2接高电平。引脚2须接限流电阻。如果不加限流电阻或阻值很小，6N137仍能工作，

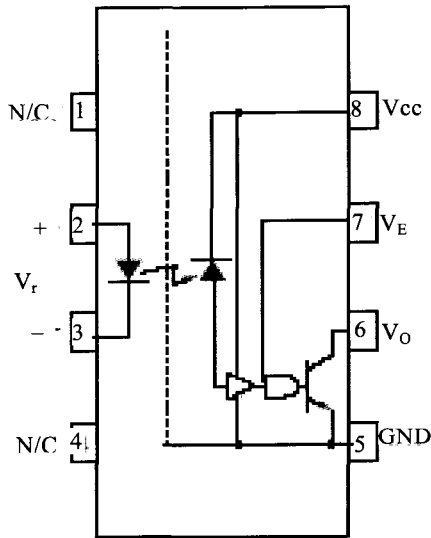


图5 6N137结构原理图

但发光二极管导通电流很大，对Vcc有较大冲击，尤其是数字波形较陡时，上升、下降沿的频谱很宽，会造成相当大的尖峰脉冲噪声，而通常印刷电路板的分布电感会使地线吸收不了这种噪声，其峰—峰值可达100 mV以上，足以使模拟电路产生自激，A/D不能正常工作。所以在可能的情况下，限流电阻应尽量取大。在Vcc(脚8)和(脚5)之间必须接一个0.1 μF高频特性良好的电容，如瓷介质或锂电容而且应尽量放在脚5和脚8附近。这个电容既可以吸收电源线上纹络，又可以减小光电隔离器接收端开关工作时对电源的冲击。脚7是使能端，当它在0—0.8 V时强制输出为高(开路)；当它在2.0 V—Vcc时允许接收端工作。脚6是集电极开路输出端，通常加上拉电阻。因为电阻太小会使6N137耗电增大，加大对电源的冲击使旁路电容无法吸收，而干扰整个模块的电源，甚至把尖峰噪声带到地线上。

应该特别说明的是芯片两端的电源 Vcc_5 V 和 Vcc，还有两个地必须是完全隔离的，否则采用光耦也就失去了意义。

5 中点电压检测电路的设计

主要包括中点电位检测和过流检测。中点电位检测电路的设计如图6所示。图中电阻选择100 kΩ以上，保证参考电位的稳定，同时又不增加系

统功耗。中点电位是有正负的，但是 DSP 的 AD 转换口允许输入的电压值为 0-5 V，所以必须进行电平变换及限幅。具体电路如图7所示，U_o为中点电压，稳压管的稳压值为5 V，具体电阻值需要根据实际的中点电压值进行确定。

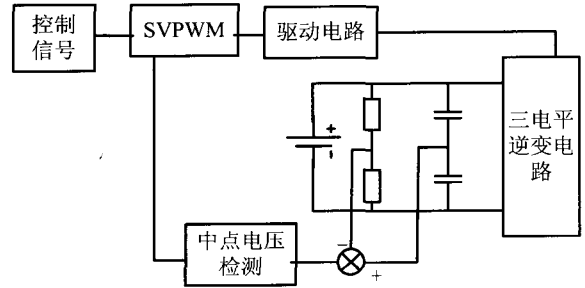


图6 检测电路图

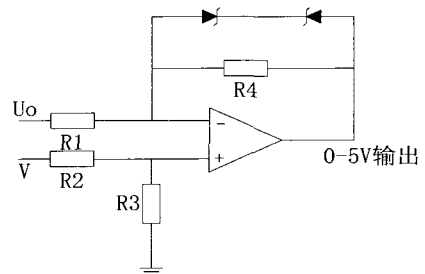


图7 电平变换电路

6 结束语

三电平逆变器式近年来发展起来的一种新兴变流技术，与传统的变流器相比，它能增大系统的容量和耐压，减小变流器的开关损耗和输出电压谐波含量，目前已成为大容量变流装置的主要电路方式。

参考文献：

- [1] 黄俊，秦祖荫. 电力电子自关断器件及电路. 北京：机械工业出版社，1991.
- [2] 何希才，毛德柱. 新型半导体器件及其应用实例. 北京：电子工业出版社，2002.12.
- [3] 设计指南. 功率驱动集成电路中自举元件的选择.
- [4] IR 推出三相逆变器驱动器集成电路. 2002.11.25
- [5] 邵晖，舒嵘. 光电隔离器 6N137 的特性和应用. 电子技术，1996,23(2):38-39.