

湖南工程学院

# 课程设计任务书

课程名称： 电力电子技术

题    目： 逆变电源设计

专业班级：     电气 0982 班    

学生姓名：     董良群     学号：     16    

指导老师：     李祥来    

审    批：     谢卫才    

任务书下达日期    2012 年 5 月 29 日

设计完成日期    2012 年 6 月 8 日

## 设计内容与设计要求

### 一. 设计内容:

1. 电路功能:
  - 1) 电路由主电路与控制电路组成, 主电路主要环节: 功率变换(高频逆变)、高频滤波。控制电路主要环节: 脉冲发生电路、脉宽调制 PWM、电压电流检测单元、驱动电路。
  - 2) 功率变换电路中的高频开关器件采用 IGBT 或 MOSFET。
  - 3) 系统具有完善的保护
2. 系统总体方案确定
3. 主电路设计与分析
  - 1) 确定主电路方案
  - 2) 主电路元器件的计算及选型
  - 3) 主电路保护环节设计
4. 控制电路设计与分析
  - 1) 检测电路设计
  - 2) 功能单元电路设计
  - 3) 触发电路设计
  - 4) 控制电路参数确定

### 二. 设计要求:

1. 设计思路清晰, 给出整体设计框图;
2. 单元电路设计, 给出具体设计思路和电路;
3. 分析所有单元电路与总电路的工作原理, 并给出必要的波形分析。
4. 绘制总电路图
5. 写出设计报告;

## 主要设计条件

### 1. 设计依据主要参数

- 1) 输入电压：DC12V
- 2) 输出电压：AC 220/ 50(+2)HZ 1A
- 3) 电压调整率： $\leq 1\%$
- 4) 负载调整率： $\leq 1\%$
- 5) 效率： $\geq 0.8$
- 6) 功率因数： $\geq 0.8$

### 2. 可提供实验与仿真条件

## 说明书格式

## 进度安排

第一周星期一:课题内容介绍和查找资料;

星期二:总体电路方案确定

星期三:主电路设计

星期四: 主电路设计

星期五:控制电路设计;

第二周星期一: 控制电路设计

星期二: 电路原理及波形分析、实验调试及仿真等

星期三~四:写设计报告, 打印相关图纸;

星期五:答辩及资料整理

## 参 考 文 献

- [1]. 石玉 栗书贤. 电力电子技术题例与电路设计指导. 机械工业出版社, 1998
- [2]. 王兆安 黄俊. 电力电子技术 (第 4 版). 机械工业出版社, 2000
- [3]. 浣喜明 姚为正. 电力电子技术. 高等教育出版社, 2000
- [4]. 莫正康. 电力电子技术应用 (第 3 版). 机械工业出版社, 2000
- [5]. 郑琼林. 耿学文. 电力电子电路精选. 机械工业出版社, 1996
- [6]. 刘祖润 胡俊达. 毕业设计指导. 机械工业出版社, 1995
- [7]. 刘星平. 电力电子技术及电力拖动自动控制系统. 校内, 1999
- [8]. 康华光, 陈大钦. 电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998: 451—459.
- [9]. 薛永毅, 王淑英, 何希才, 新型电源电路应用实例, 电子工业出版社, 2001.10

# 目录

一.概述-----	1
二.逆变电源的主要技术指标-----	2
三.该逆变电源的原理框图-----	2
四.升压电路-----	3
五.逆变电路-----	4
5.1死区控制电路-----	5
5.2 IGBT 驱动-----	6
5.3全桥逆变电路-----	8
5.4保护电路的设计-----	9

## 概述

大家知道交流电可以通过二极管或可控硅的单向导电性整流成直流电供给需要直流电的场合。这种把交流电变换成直流电的过程我们叫做整流，也叫做顺变。那么逆变呢？我们自然地就会想到，应该就是把直流电变换交流电的过程。逆变电源就相对于整流器而言通过半导体功率开关器件的开通和关断把直流电变换成交流电的这么一个装置。例如：应用晶闸管的电力机车，当下坡时使直流电动机作为发电机制动运行，机车的位能转变成电能，反送到交流电网中去。又如运转着的直流电动机，要使它迅速制动，也可让电动机作发电机运行，把电动机的动能转变为电能，反送到电网中去。把直流电 逆变成交流电的电路称为逆变电路。在特定场合下，同一套晶闸管变流电路既可作整流，又能作逆变。变流器工作在逆变状态时，如果把变流器的交流侧接到交流电源上，把直流电逆变为同频率的交流电反送到电网去，叫有源逆变。如果变流器的交流侧不与电网联接，而直接接到负载，即把直流电逆变为某一频率或可调频率的交流电供给负载，则叫无源逆变。交流变频调速就是利用这一原理工作的。有源逆变除用于直流可逆调速系统外，还用于流绕线转子异步电动机的串级调速和高压直流输电等方面。

## 二.逆变电源的主要技术指标:

逆变电源的主要技术指标;

输入电压 DC12V;

纯正弦波输出;

输出电压 AC220V、50Hz;

最大输出电流 1A;

最大输出功率不低于 500W;

具有过流保护和欠压指示功能。

三.该逆变电源的原理框图,如图3-1所示。

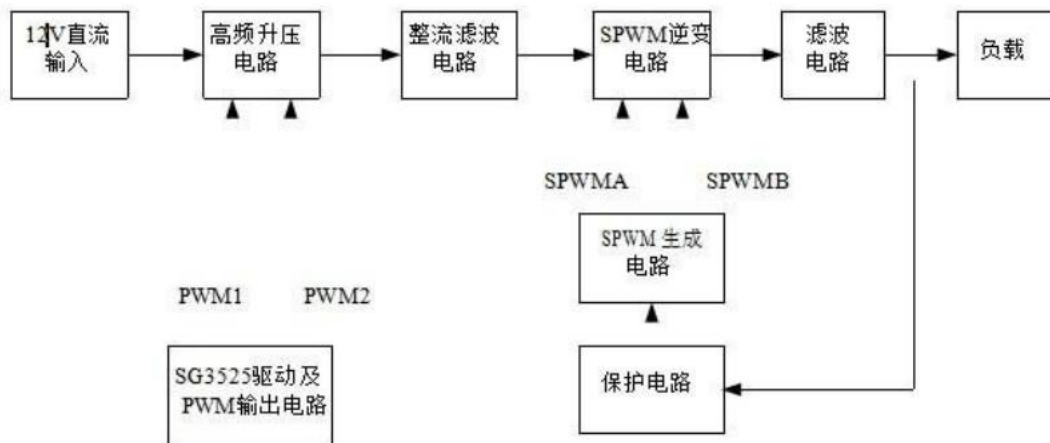


图 3-1 基于 PIC16F716 的逆变电源原理框图

该逆变电源的组成包括了 DC12V 电源、PWM 波生成电路、推挽驱动升压电路、整流滤波电路、SPWM 波生成电路、IGBT 驱动电路、SPWM 逆变电路、滤波电路、保护电路等组成。该逆变电源的整机电路原理图见附录。

逆变电源的工作原理是电源提供 DC12V, 升压电路是将 DC12V 提升到 DC390V 左右, SPWM 逆变电路将 DC390V 逆变成幅度 390V 的单极性 SPWM 波, 滤波后得到有效值 AC220V/50Hz 的正弦波。在逆变电源中, PWM 波生成电路输出 50KHz 的 PWM 波用于升压, SPWM 波生成电路输出单极性

20KHz 的 SPWM 波用于逆变，保护电路可完成过流保护检测和欠压检测。下面将详细介绍各个单元的组成及工作原理。

#### 四 .升压电路

升压电路是将DC12V提升到DC390V左右，该电路是由PWM波生成电路、推挽驱动升压电路、整流滤波电路组成，如图3-2所示。

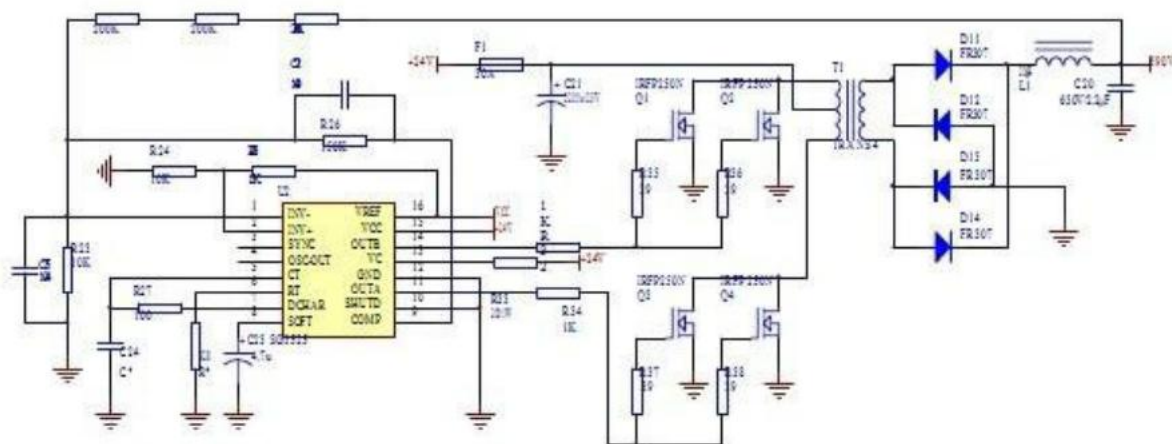


图 3-2 升压电路

升压电路的PWM波生成电路是由PWM控制芯片SG3525及外围电路组成。SG3525的内部结构如图3-3。



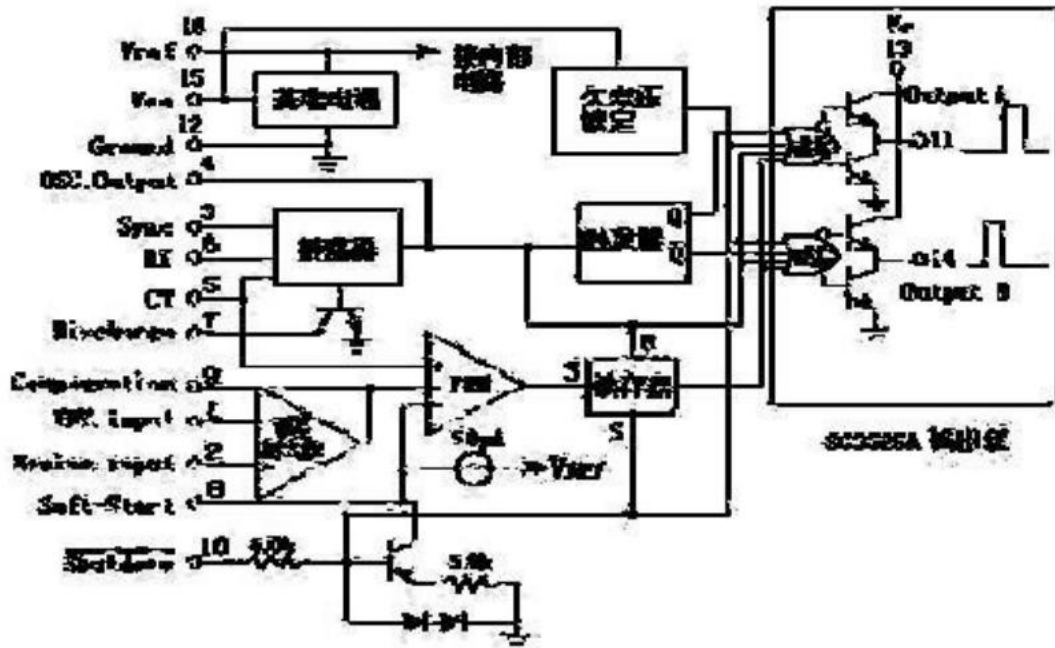


图3-3 SG3525内部结构图

SG3525<sup>[9]-[16]</sup>是SGS-Thomson 公司生产的专用PWM集成控制器,可用于直接驱动推挽输出的N沟道功率MOSFET。它采用恒频脉宽调制控制方案,适合各种开关电源、斩波器的控制。SG3525其内部包含了精密基准源、误差放大器、比较器、分频器等。包括了实现PWM控制的所需的基本电路,并含有保护电路。

输出两路恒频相差180°PWM 波,其脉冲宽度可以开环调节,也可闭环调节。图3-2升压电路利用PWM控制器SG3525上的误差放大器构成一个反向比例积分调节器与反馈误差电压闭环调节PWM输出的脉冲宽度。

SG3525中的振荡器频率由下式进行计算:

$$F_{osc} = \frac{1}{[(0.7 \cdot R_T + R_D) \cdot C_T]}$$

振荡器频率为输出 PWM 波频率。上式中电阻 RD 为 SG3525 的 Discharge(引脚 7)与 CT(引脚 5)之间外接的一只放电电阻,样本参考值 100 欧姆, RD、RT 和 CT 决定了振荡器频率。当 Fosc=50KHz、RD=100 时, RT=2800Ω、CT=0.01uF。

SG3524 PWM 控制器有一个5.1V的基准稳压电源Vref,最大输出电流50mA,可作为逆变电源系统电源Vcc。Vcc最大耗电17.4mA。(74LS08/8.8mA, 74LS04/6.6mA, PIC16F716/2mA)。SG3524PWM控制器的PWM波输出可直接驱动后级推挽电路的功率MOSFET 的栅极。

升压电路输出电压的确定:

全桥逆变输出电压有效值为 220V,其半波峰值为 1.414 倍,即

$$220V \cdot 1.414 = 311V$$

当 SPWM 波对应正弦波峰值,调制度m=1时,要求直流母线电压为311V。

当 SPWM 波对应正弦波峰值，调制度 $m=0.9$ 时，要求直流母线电压为：  

$$0.311V_H \cdot 350V$$

$$0.9$$

当 SPWM 波对应正弦波峰值，调制度 $m=0.8$ 时，要求直流母线电压为：  

$$311V_H \cdot 390V$$

$$0.8$$

升压电路中推挽输出功率 MOSFET 参数及型号的确定：

该逆变电源功率为500W，则 DC12V 电源电流大约为21A，加上10%的损耗最大电流约23A。推挽驱动每只臂上的平均电流为总电流的一半，两只功率 MOSFET管并联每只管上的平均电流为该支路总电流的一半。这样图3-2升压电路中每只功率MOSFET 管的平均电流为总电流的四分之一，约6A。漏源电压大于24V。选用功率MOSFET 管 IRFP250N，其主要参数见表3-1。

表3-1 IRFP250N 参数表

$V_{DS}$	$R_{DS(on)}$	$I_D$
200V	0.075Ω	30A

高频整流选用快恢复二极管 FR307 组成的整流桥。FR307 的主要参数见表3-2：

表3-2 FR307 参数表

$I_F (A)$	$V_{RRM}$	$T_J$	$V_F (V)$	$T_{rr} (ns)$
3A	1000V	55°C	1.3V	500ns

## 五. 逆变电路

逆变电路是将 DC390V 逆变成有效值为 220V/50Hz 的正弦波。该电路是由 SPWM波生成电路、IGBT 驱动电路、SPWM 逆变电路和滤波电路组成。如图 3-6 驱动电路、图 3-9 SPWM 全桥逆变和滤波电路。

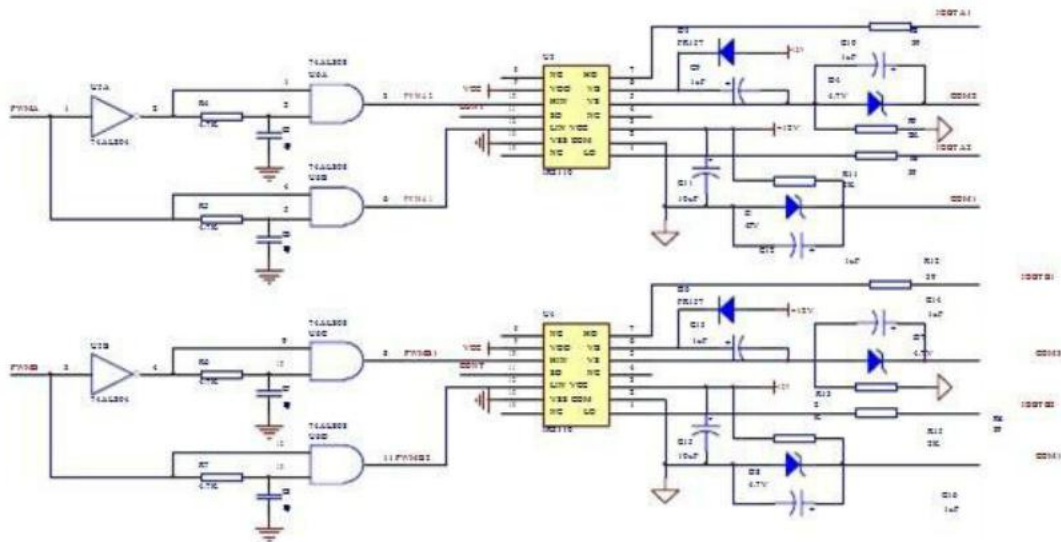


图 3-4 IGBT 驱动电路

SPWM 波生成电路是单片机 PIC16F716 构成的专用芯片产生两路相差为 180°的单极性 SPWM 波。其工作原理将在第四章内容专门介绍专用芯片的构成中说明。

IGBT 驱动电路是由死区控制电路和 IGBT 驱动组成,如图 3-4 驱动电路。

## 5.1 死区控制电路

死区控制电路的功能是为了防止逆变桥的每个桥臂上有两个电力电子器件同时导通,如果两个电力电子器件同时导通,就会出现电源的短路。

理论分析,对于单相桥,SPWM 逆变桥的每一桥臂上有两个电力电子器件是交替导通和截止,而且是同时发生。如果某种原因使一桥臂的一端导通变截止出现延迟,而另一端截止变导通正常发生,其结果这一桥臂出现瞬间短路。

解决的方法是设计带死区的 SPWM 波可以防止同一桥臂的上下两个器件同时导通。

同一桥臂上,控制电力电子器件栅极电压的 SPWM 波低电平变高电平(即前沿)延迟一段时间,使截止变导通时间后移。而 SPWM 波高电平变低电平(即后沿)不变,使导通变截止时间不变。这样可防止同一桥臂上的上下两个器件同时导通。图 3-4 IGBT 驱动电路中,U5、U6 组成死区控制电路,延迟时间由相应的 R、C 决定。

## 5.2 IGBT 驱动

全桥逆变电路的 IGBT 驱动采用了两块驱动电路 IR2110。IR2110 是 IR 公司生产的高速高压浮动 MOS 栅极驱动集成电路,可驱动中小功率 IGBT 和 MOSFET。IR2110 具有独立的低端和高端输入通道,悬浮电源采用自举电路,其高端工作电压可达 500V,器件的输入端可与 TTL, CMOS 电平相匹配。IR2110 最大特点是可以分时驱动一个桥臂上的分别处于高压端和低压端的两个功率器件。图 3-5 为 IR2110 内部功能框图。



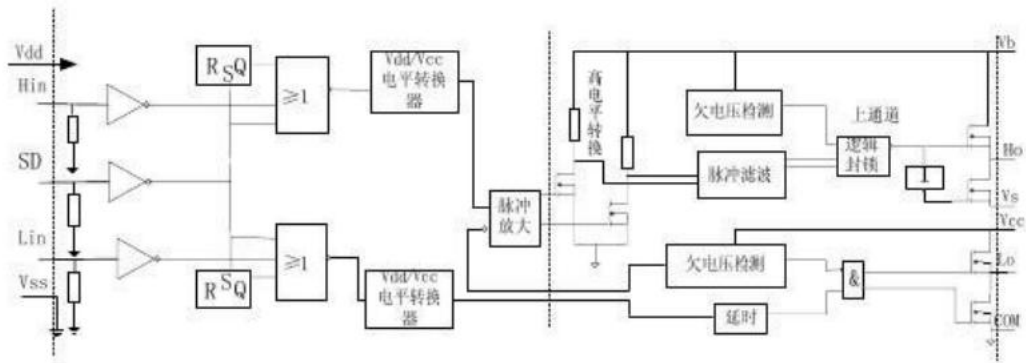


图3-5 IR2110内部功能框图

IR2110高压侧悬浮驱动力的自举原理：

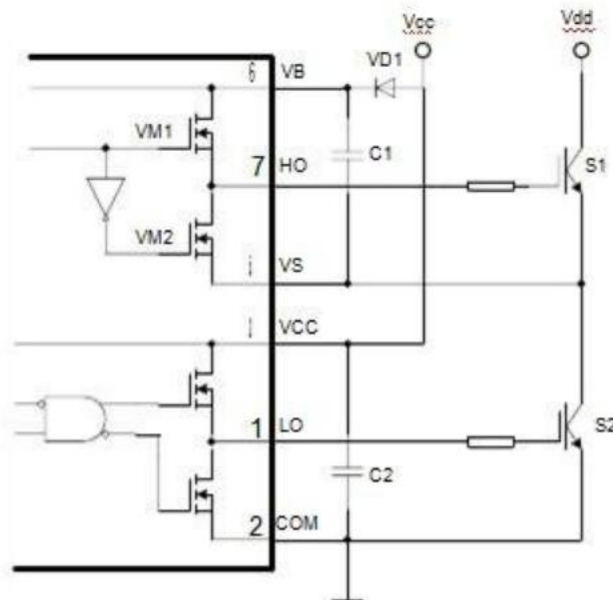


图3-6 IR2110驱动一个桥臂上的两只IGBT

IR2110驱动一个桥臂上的两只IGBT，如图3-6所示。图中C1、VD1分别为自举电容和二极管，C2为VCC的滤波电容。假定在S1关断期间C1已充到足够的电压（ $V_{C1} \approx V_{CC}$ ）。当HIN为高电平时VM1开通，VM2关断，VC1通过VM1加到S1的栅极和发射极之间，使S1导通。此时VC1可等效为一个电压源。当HIN为低电平时，VM2开通，VM1断开，相当于S1栅极短接发射极，S1关断。经短暂的死区时间之后，LIN为高电平，S2导通，VCC经VD1，导通的S2给C1充电。如此循环反复。当S1导通，S2关断时，上通道通过内部高电平转换电路悬浮在高压侧。图3-4 IGBT驱动电路中D3、D6选用快恢复二极管FR157，参数见表3-3。

表 3-3 FR157 参数表

$I_F (AV)$	$V_{RRM}$	$T_j$	$V_F (typ)$	$T_{rr} (typ)$
1.5A	1000V	-65 TO +175°C	1.3V	250ms

图3-4 IGBT驱动电路中加入D4、D5、D7和D8可使逆变桥的相应IGBT截止时栅极处于反偏。

### 5.3全桥逆变电路

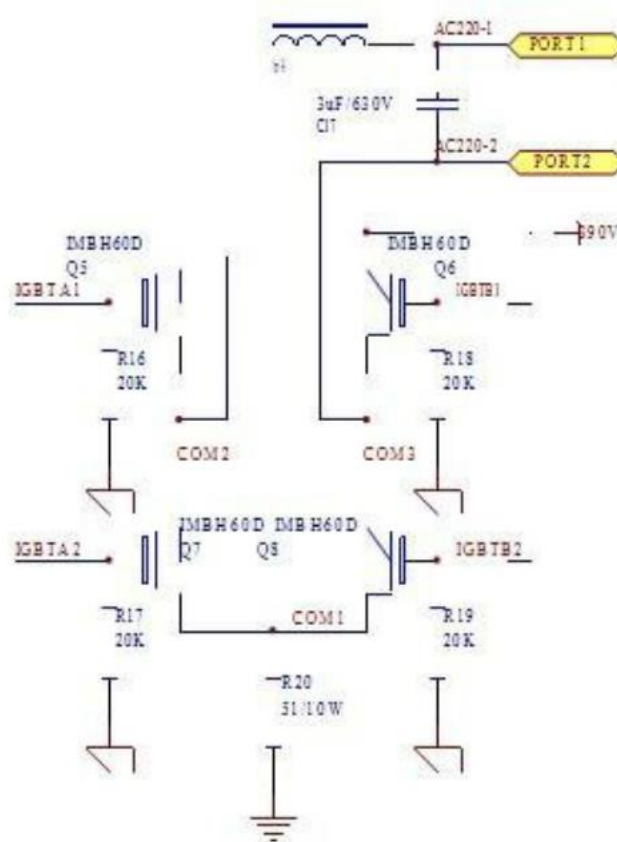


图 3-7 全桥逆变电路

图 3-7 为全桥逆变电路原理图，其主开关器件选用绝缘栅双极型晶体管（IGBT）。IGBT 综合了 MOSFET 和 GTR 的优点，其具有开关速度快，输入阻抗高，驱动功率低，通流能力强的特点。

逆变电源输出功率为 500W，输出电压为 220V，其额定输出电流为 2.27A，峰值电流最高可达到 3A 左右，考虑负载类型以及电源输出允许的过载倍数及瞬间短路等情况，选用 IGBT 型号为 1MBH60D。1MBH60D 的 CE 封有续流二极管，在逆变电路中不需外接。其参数见表 3-4。

全桥逆变电路的基本工作原理是 Q5、Q7 通断状态互补Q6、Q8 通断状态也互补。工作过程是假如在 50Hz 的正半周 Q5 导通，Q7 截止；那么在 20KHz 的 SPWM 波控制Q6、Q8 交替导通或截止。在 50Hz 的负半周 Q6 导通，Q8 截



10%时，欠压检测电路输出 VCK 小于 4.5V，SPWM芯片检测到 VCK 小于 4.5V 时，LED\_L 欠压指示灯闪烁，SPWM 芯片调整输出电压。欠压检测采用电压互感器 T40E，变比为 220V: 6V。

输出滤波电路选用 LC 电路，设计中器件参数值为  $L=1\text{mH}$ ， $C=3\mu\text{F}$ ，截止频率 $f_c\approx 2.5\text{KHz}$ 。

## 六. 总结与体会

通过这次电力电子课程设计，我深深的感受到了电力电子技术强大。逆变电源设计，作为电力电子技术里面的一门学问，它包含很多方面的知识。在设计电路的第一时间里，我们必须先建立大体的设计模型，然后去弄明白所用到的芯片的功能，作用及其线路链接方式。期间电阻，电容以及其他电器设备的使用也需要一步步的根据电路图来选择使用。复杂电路图的设计，需要我们更多的耐心。一开始刚接触设计课题时，觉得很难，弄不懂。把课本相关章节看了两篇后，慢慢懂得了逆变电源的原理。后来我开始在网上找相关的资料进行参考和了解，对电路的设计有了一丝丝的了解。慢慢的，经过这两周不断的思考与钻研，终于把一些电路图给弄懂了。本次的课程设计，我获益匪浅。它很大程度上加深我对电力电子技术这门课程的了解，我从开始的一丝不懂，到现在有所了解，都是通过逆变电源设计而获得的。我的思维能力经过本次课程设计也得到了很大的提高。

做任何事情，只有努力的完成，才能提升自己的能力。而设计的过程，就是我们不断提升自己的过程。相信通过这次逆变电源设计，我收获的并不是眼前的完成，而是各方面综合能力的提高。

