

## 三相 PWM 逆变器的主电路设计

随着电力电子技术的发展，逆变器的应用已深入到各个领域，一般均要求逆变器具有高质量的输出波形。逆变器输出波形质量主要包括两个方面，即稳态精度和动态性能。因此，研究既具有结构和控制简单，又具有优良动、静态性能的逆变器控制方案，一直是电力电子领域研究的热点问题。

随着国民经济的高速发展和国内外能源供应的紧张，电能的开发和利用显得更为重要。目前，国内外都在大力开发新能源，如太阳能发电、风力发电、潮汐发电等。一般情况下，这些新型发电装置输出不稳定的直流电，不能直接提供给需要交流电的用户使用。为此，需要将直流电变换成交流电，需要时可并入市电电网。这种 DC-AC 变换需要逆变技术来完成。因此，逆变技术在新能源的开发和利用领域有着重要的地位。

### 1 脉宽调制逆变技术

#### 1.1 PWM 的基本原理

1.1.1 PWM (Pulse Width Modulation) 脉宽调制型逆变电路定义：是靠改变脉冲宽度来控制输出电压，通过改变调制周期来控制其输出频率的电路。

1.1.2 脉宽调制的分类：1、以调制脉冲的极性分，可分为单极性调制和双极性调制两种；2、以载频信号与参考信号频率之间的关系分，可分为同步调制和异步调制两种。

1.1.3 (PWM) 逆变电路的特点：可以得到相当接近正弦波的输出电压和电流，所以也称为正弦波脉宽调制 SPWM (Sinusoidal PWM)。

1.1.4 SPWM 控制方式：就是对逆变电路开关器件的通断进行控制，使输出端得到一系列幅值相等而宽度不等的脉冲，用这些脉冲来代替正弦波所需要的波形。按一定的规则对各脉冲的宽度进行调制，既可改变逆变电路输出电压的大小，也可改变输出频率。

#### 1.2 PWM 电路的调制控制方式

1.2.1 载波比的定义：在 PWM 变频电路中，载波频率  $f_c$  与调制信号频率  $f_r$  之比称为载波比，即  $N = f_c / f_r$ 。

1.2.2 PWM 逆变电路的控制方式：根据载波和调制信号波是否同步，有异步调制和同步调制两种控制方式：一、异步调制控制方式。当载波比不是 3 的整数倍时，载波与调制信号波就存在不同步的调制。二、同步调制控制方式。在三相逆变电路中当载波比为 3 的整数倍时，载波与调制信号波能同步调制。

### 2 主电路的设计

本设计采用 AC - DC - AC 方案。采用 SPWM 调制方式。图 1 为系统主电路和控制电路框图。交流输入电压经过不控整流后得到一个直流电压，再经过全桥逆变电路得到交流输出电压。为保证系统可靠运行，防止主电路对控制电路的干扰，采用主、控电路完全隔离的方法，即驱动信号用光耦隔离，反馈信号用变压器隔离，辅助电源用变压器隔离。

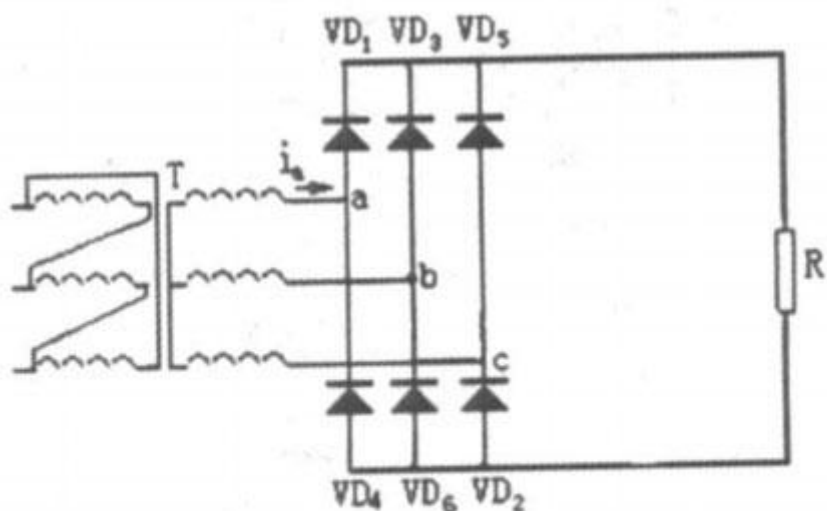


OFweek | ee.ofweek.com  
电子工程网

图 1 系统框图

## 2. 1 整流电路的设计

本设计运用的是三相桥式不可控整流电路。在交-直-交变频器、不间断电源、开关电源等应用场合中，大都采用不可控整流电路经电容滤波后提供直接电源，供后级的变换器、逆变器等使用。由于电路中的电力电子器件采用整流二极管，故也称这类电路为二极管整流电路。其电路图如下所示：



OFweek | www.ofweek.com  
电子工程网

图 2 三相桥式不可控整流电路

经计算二极管应选择 HFA70NH60 额定电压 600V，额定电流 70A（快恢复型）。

## 2. 2 逆变电路的设计

逆变与整流相对应，是将直流电变成交流电。交流侧接电网，为有源逆变。交流侧接负载，为无源逆变。

本设计逆变电路采用电压型三相桥式逆变电路，其原理图如图 3 所示。

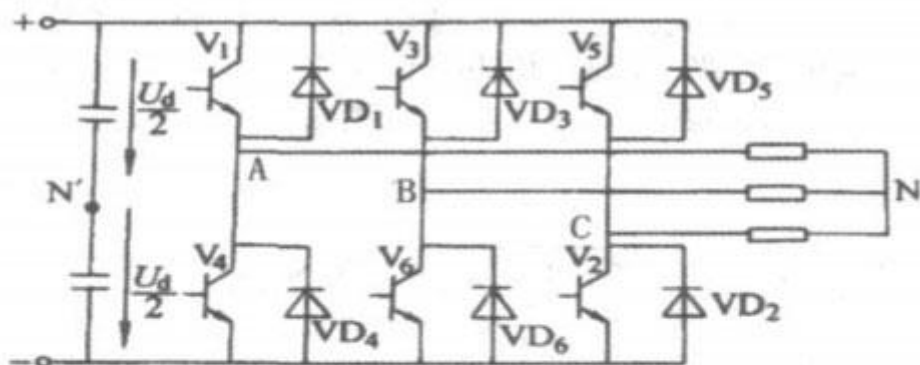


图 3 电压型三相全桥式逆变器结构图

逆变电路中的开关器件均选用全控型器件——IGBT. IGBT 是 MOSFET 与 GTR 的复合器件，因此它具有工作速度快、输入阻抗大、驱动电路简单、控制电路简单、工作频率较高、元件容量大等多项优点。

本设计中所选 IGBT 管额定电压为 600V，额定电流约为 20A，所以，应选取六只 600V，20A 的 IGBT 管。IGBT 管型号为：IRGBC40F 额定电压 600V，额定电流 27A。

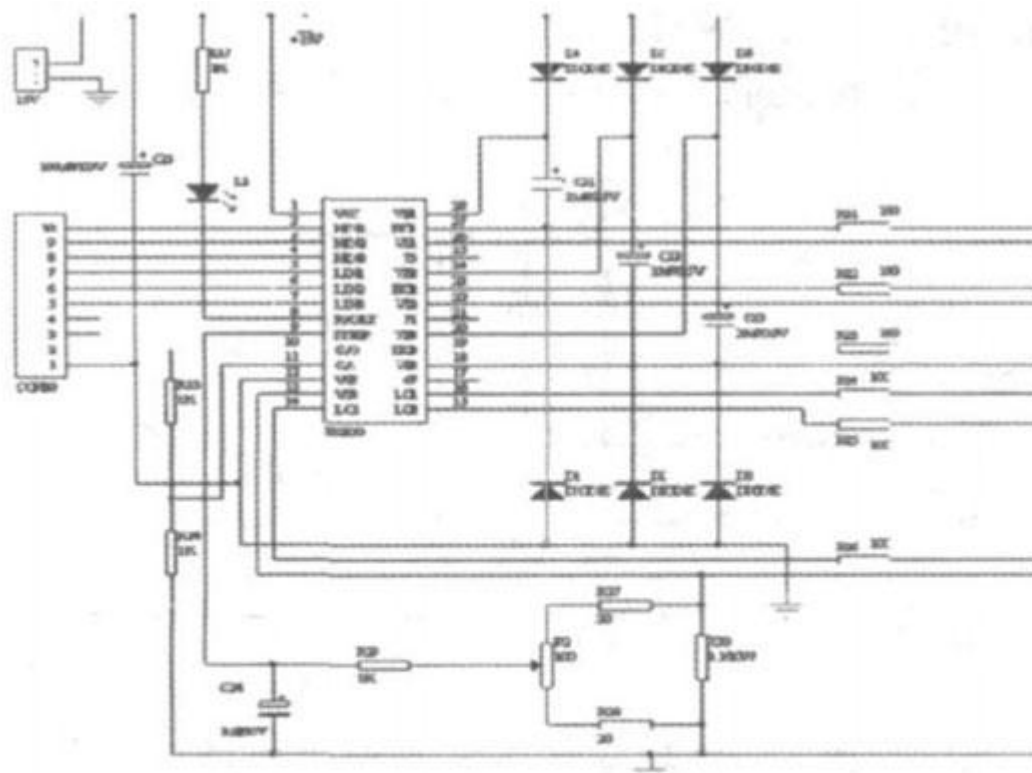
逆变电路中，6 个二极管有限制过电压的作用，对 IGBT 管进行保护。由于二极管和 IGBT 管的电压和电流几乎相等。所以选取二极管的型号为：HFA 70NH60 额定电压 600V，额定电流 70A（快恢复型）。

### 2.3 输出滤波电路设计

LC 滤波器的一般形式是一个由 LC 组成的无源网络，其工作原理是串联的 LC 电路在基频下呈串联谐振状态。在理想状态下，对基波不产生压降，对高次谐波则是高阻抗，抑制高次谐波电流。

经计算，取电感的电感值为： $L_2 = 0.48\text{mH}$  取电容的电容值为： $C_2 = 664\mu\text{F}$

### 2.4 驱动电路的设计



OFweek | ee.ofweek.com  
电子工程网

图4 IR2130 的外部电路图

驱动电路是将控制电路产生的 PWM 信号加以隔离、放大，形成驱动各开关器件开关动作信号的电路。它将逻辑电平的控制电路与可驱动 6 个 IGBT 的高/低侧开关电路相连接。由于驱动电路的选取因开关器件的不同而异，而本课题选用的开关器件是 IGBT，它是电压驱动型开关器件，所以我们选择了美国 IR（International Rectifier）公司生产的型号为 IR2130 的 6 路快速 IGBT 驱动芯片。

IR2130 的外部电路图如图 4 所示，图中 C25 为电源滤波电容，C24 为过流检测电容，其大小直接影响着保护是否灵敏，选择不当将导致 IGBT 冲出安全工作区而损坏。C21，C22，C23 为逆变器上桥臂产生悬浮电源的自举电容，它们影响着这三只功率管的正常工作。R27~R30，P2 为过流检测电阻，只要改变 P2 的大小，就可调接电流保护值的大小。R21~R26 为 IGBT 的栅极电阻。D1~D6 选用快恢复二极管。

## 2.5 控制电路设计

控制电路采用集成脉宽调制电路芯片 SG3524。SG3524 与正弦函数发生芯 ICL8038 连接来产生 SPWM 波，控制全桥逆变电路。

按照 SG3524 的工作原理，要得到 SPWM 波，必须得到一个正弦波，将它加到 SG3524 内部，并与锯齿波比较，就可得到正弦脉宽调制波。

如图 5 示正弦波电压由函数发生器 ICL8038 产生。正弦波的频率由 R2、R3 和 C1 来决定， $f = 1.15 / (R2 + R3) C1$ ，为了调试方便，我们将 R2、R3 都用可调电阻，R1 是用来调整正弦波失真度用的。当时  $f = 50\text{Hz}$ ， $R2 + R3 = 10\text{k}\Omega$ ，其中  $C1 = 2.2\mu\text{F}$ 。正弦 PWM 波 ue 信号产生后，输入到 SG3524 的 1 号脚，正弦波和锯齿波在 SG3524 内部的比较器进行比较产生 SPWM 波。

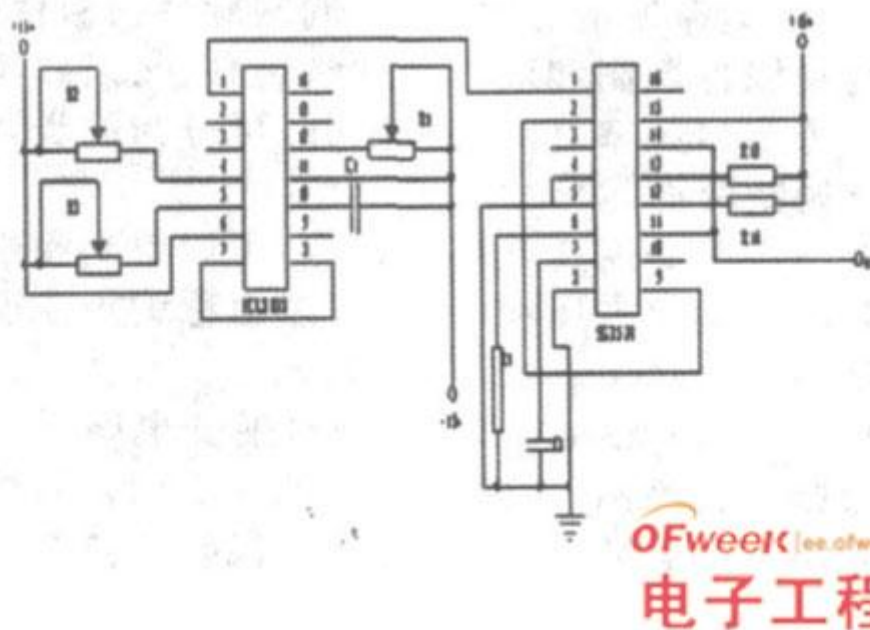


图 5 SPWM 发生电路

### 3 总结

本文主要实现了三相 PWM 逆变器主电路设计，包括整流电路、滤波电路、逆变器、驱动电路和控制电路设计，完成了相关器件的选型，基本实现了 AC-DC-AC 转换功能。