

# 光伏并网发电模拟装置的设计

陈占林 刘忆

(兰州交通大学电子信息与工程学院,甘肃 兰州 730070)

**摘要:**本文从节能减排的角度出发,设计了一款基于SPWM(Sinusoidal Pulse Width Modulation)技术的光伏并网发电模拟装置。设计中正弦逆变器主回路的前级结构采用BUCK降压,MOSFET作为开关元件,具有驱动功率小、开关速率高的特点。后级采用工频全桥逆变,IGBT作为开关元件,IR2110作为开关元件的驱动IC,单片机STC125A32AD产生SPWM信号,实现频率相位跟踪、输入欠压保护以及输出过流保护功能。另外,光伏电池的最大功率点跟踪控制由单片机编程来调节占空比的方法实现。  
**关键字:**DC-AC逆变器;Buck变换器;SPWM;频率跟踪;相位跟踪

## 1 引言

世界各国对能源的需求急剧膨胀,而据世界能源委员会(WEC)预测,按照资源已探明储量和目前的发展速度,石油将在42年后枯竭,天然气将在56年后殆尽,资源量最大的煤炭也仅够再开采220年。在今后的20-30年里,全球的能源结构将发生根本性的变化,开发和利用可再生能源是世界各国十分重视的问题。太阳能作为一种新型的绿色可再生能源,与其它新能源相比利用最大,是最理想的可再生能源,而光伏并网发电是国际上关注的焦点,光伏并网发电系统就是光伏发电系统与常规电网相联,共同承担供电任务。

## 2 设计方案

### 2.1 单片机方案

单片机STC12C5A32AD是宏晶科技新推出的一款处理器,具有高速、低功耗,超强抗干扰等特点,速度是传统80C51的8-12倍。芯片内部集成了MAX810专用复位电路,2路PWM,8路高速A/D转换;内置掉电检测电路,省去了外部扩充掉电检测芯片;对于时钟和串行通信速度不太敏感的系统,可以使用内部的R/C振荡电路。内部集成32K的E2PROM大大方便用户存储掉电不丢失的数据,并节省了相应的成本和IO端口。由于内部已经集成了独立的波特率发生器,此系列单片机串行通信的速率可以不由内部定时器T1的溢出率来决定,这样可以让T1实现定时或者计数的功能。故选用此单片机作为该系统的控制核心器。

### 2.2 DC-AC 逆变方案

正弦脉宽调制(SPWM)逆变器,即每半个周期内有多个脉宽组成,并且脉宽符合正弦波脉冲宽度调制规律变化,则输出为正弦波,其拓扑结构主要有半桥式和全桥式。光伏发电系统并网运行时,为避免对公共电网的电力污染,也要求逆变电源输出正弦波电流,故该系统中选择全桥式正弦脉宽调制逆变器。

## 3.系统总体框图

光伏并网逆变器总体框图如图1所示。

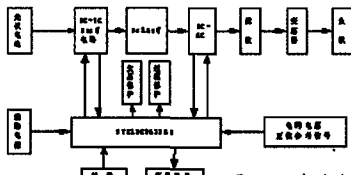


图1 总体框图

本系统采用的是一种两级式的结构,前级DC-DC变换器作为MPPT控制器实现最大功率跟踪功能,后级为全桥逆变电路,产生与电网电压同频同相的电流,使整个装置的并网功率因数为1。二者通过直流母线DLink相连,控制上相互独立。在全桥逆变器[2]与电网间加入工频变压器隔离,这样整个系统就不会向电网输

出直流量,工频变压器还起到升压的作用,这样使直流侧的输入电压具有更宽的范围。

### 4.主要电路设计与参数计算

#### 4.1DC-AC全桥逆变器

DC-AC逆变是本设计的核心,STC12C5A32AD单片机输出的SPWM波形,由于其IO驱动能力不足,不能直接驱动由四个IGBT管G30N60组成的H桥,所以电路加入IR2110驱动芯片,该芯片驱动电路简单,成本低,最重要的就是其输出驱动波形好,有利于提高电源效率。

#### 4.2 Buck 降压斩波电路

Buck降压电路输入端电压 $U_s = 60V$ ,通过调节占空比使电压 $U_d = 30V$ ,Buck降压电路的输入输出关系由公式(1)确定:

$$U_o = \frac{t}{T} U_s = \alpha U_s \quad \text{式(1)其中导通占空比参考范围为 } 0 \sim 1.$$

#### 4.3 单片机系统软件

单片机系统主核心模块采用了STC125A32AD单片机。这款单片机作为控制电路的核心部件,实现了数据采集、控制算法、欠压保护、显示等功能。主程序流程图如图4所示。

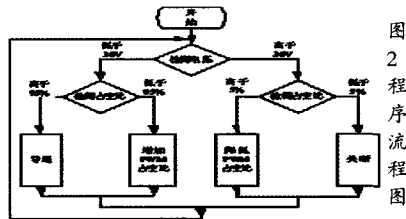


图2 程序流程图

软件目标为控制输出电压稳定在30V,根据式(1),当输出电压低于30V,调节占空比来控制,当占空比大于95%时仍无法使输出电压达到30V,表明输入电压已无法满足要求,这时将输入输出直接连通;而低于5%时则相反,此时输入电压太高,系统已无法控制,所以直接断开电路。

#### 4.4 滤波器设计

逆变器输出滤波器采用LC低通滤波器。由于H桥以高频的SPWM波形工作,输出滤波器的作用是滤出高次谐波[3]分量,使输出波形接近于正弦波。滤波器的设计应使输出电压谐波少,阻频特性好,滤波功率小,计算出的电感值一般不易购买,因此我们采用图5的滤波电路原理图,并且SPWM波形中所含的谐波主要是载波角频率 $\omega$ 及其奇次谐波。本系统采用载波频率为30kHz,远大于调制信号角频率,滤波较易实现。系统中逆变器输出频率为45~55Hz,LC滤波器截止频率,元件参数取 $L=10mH, C=2.2\mu F$ ,计算截止频率为1.74kHz,满足设计要求。

## 5.系统的同频同相[4]测试结果 仿真结果如图3所示。



图3 同频同相模拟仿真波形图

从图3可以看出,当逆变器独立运行时,逆变器输出电压可以实现与电网电压的同频同相,以此来减少逆变器接入电网时的冲击;在软件中加入了中间直流侧电压闭环可以保证逆变电路的直流侧电压稳定。经过分析可以看出,逆变器采用有效外环、瞬时值内环的控制策略可以实现单位功率因数并网,满足光伏并网发电的要求,实现并网发电的目的。两电压波形比较理想,但电压在波峰和波谷处,出现波形畸变,原因如下:(1)当并网电流很小时,并网电流峰值的采样值变得很小,这样系统的采样精降低,特别在峰值附近,系统难以精确区分电流值大小,这会引起电网电压的幅度变差,引起畸变。(2)硬件采样电路的设计和参数选取上的原因,导致采样精度不够,也会出现波形的失真现象。

## 6.结论

单相光伏并网发电系统的功能是将太阳能电池阵列输出的直流电变换为交流电,经滤波后送入电网。本设计在进行了充分的方案对比及论证后,确定光伏并网逆变器主要由DC-DC变换器和DC-AC逆变器两部分组成,之间通过DLink连接,控制电路的核心采用STC125A32AD单片机。其中DC-DC变换器完成最大功率跟踪控制(MPPT)功能,DC-AC逆变器维持DLink中间电压稳定并将电能转换成50Hz的正弦交流电,且与电网的相电压同频和同相。由模拟仿真波形图显示,两电压波形基本一致,比较理想,光伏并网发电模拟装置频率及相位跟踪功能、欠压保护及过流保护功能等,已达到设计的基本要求。

### 参考文献

[1] 赵争鸣 刘建政 孙晓璞. 太阳能光伏发电及其应用[M].北京:科学出版社,2005年7月  
[2] 周志敏 周纪海 纪爱华. 逆变电源实用技术[M].北京:中国电力出版社,2005年11月  
[3] 邢岩 肖曦 王莉娜. 电力电子技术基础[M].北京:机械工业出版社,2009年4月  
[4] 任文霞 吕文哲 王彦明. 电力电路仿真技术[M].北京:中国电力出版社,2009年2月  
作者简介:陈占林,男,1974年4月25日生,在兰州交通大学电子信息与工程学院任教,讲师,硕士研究生,研究方向:光电器件及应用。