

光伏并网逆变器控制系统的研究

刘秋菊

(衡水职业技术学院 机电工程系, 河北 衡水 053000)

摘要:介绍了一种 SPWM 光伏并网高频链逆变器的控制策略,利用 UC3879 的控制功能实现了单极性 SPWM 移相控制,将光伏电池电压逆变成标准的正弦单相 220V/50Hz 交流电压,并保证了输出电流与电网电压同频同相。装置简单,易于高频化,能实现无冲击并网。

关键词:光伏系统;并网;逆变;单极性 SPWM 移相控制

The Study of Photovoltaic Grid-connected Inverter Control System

LIU Qiu-ju

(Department of Mechatronic Engineering, Hengshui Vocational Technical College,
Hebei Hengshui 053000, China)

Abstract: A control strategy of SPWM photovoltaic grid-connected inverter is introduced, which inverts the voltage of photovoltaic batteries to standard sinusoidal single-phase AC voltage (220V, 50 Hz). Furthermore, it ensures that the output current and power network have the same frequency and phase. This device is simple, as well as easy to realize high frequency and grid connect without impactation.

Keywords: photovoltaic system; grid-connected; invert; SPWM; phase shift control

中图分类号:TM46

文献标识码:B

文章编号:0219-2713(2008)02-0015-03

0 引言

人类使用的常规化石能源在推动工业发展和社会进步的同时,也造成了诸多问题。例如:能源短缺、温室效应、环境污染、地质灾害等,从而使地球的生态遭到日益严重的破坏,因此,开发和利用无污染的可再生能源是人类面临的重大课题。而太阳能具有储量大、普遍存在、利用经济、清洁环保等优点,所以太阳能的利用越来越受到人们的广泛重视,成为理想的替代能源。太阳能并网发电技术是太阳能利用技术的一个重要方面。并网逆变器作为并网光伏发电系统的关键设备之一,其控制方案的选择对提高光伏发电效率、降低成本具有重要的意义。本文论述的应用 UC3879 实现对光伏并网高频链逆变器的单极性 SPWM 移相控

制,实现了周波变换器的 ZVS 换流,通过调节移相角 θ 可实现输出电压的稳定。另外,反馈系统采用电流型控制方式,保证输出电流与电网电压同频同相。

1 光伏并网逆变系统结构及工作原理

1.1 电路拓扑

太阳能光伏并网逆变装置的主原理图如图 1 所示。 $S_1 \sim S_4$ 组成高频逆变器,将光伏电池阵列输出的直流电压 U_i 调制成双极性三态的高频交流脉冲波 U_{EF} ,经过高频变压器隔离升压,在变压器的次级形成高压的高频交流脉冲波 U_{AB} , S_5 、 S_6 (a、b)和 S_7 、 S_8 (a、b)组成周波变换器,将 U_{AB} 解调成单极性的 SPWM 波 U_{DC} ,经输出滤波器滤波后得到 220V/50Hz 的正弦交流电压 u_0 。

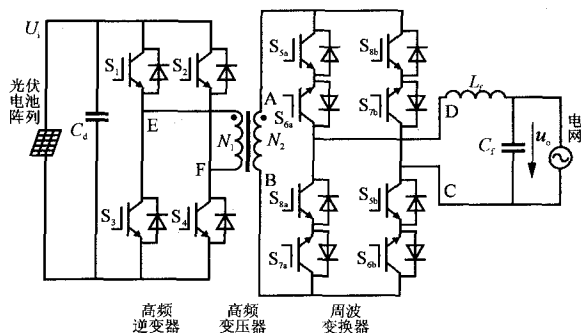


图 1 光伏并网发电系统结构图

1.2 系统工作原理

本系统采用单极性 SPWM 移相控制技术^[1]。以全桥桥式电路为例，其单极性 SPWM 移相控制技术原理如图 2 所示。逆变系统输入电网电压 U_0 经采样电路得到反馈电压 u_{of} ， u_{of} 与正弦基准电压 u_{ref} 比较后得到电压误差放大信号 u_{e1} ， u_{e1} 与高频锯齿波 u_c （载波）比较后得到信号 K_1 ， K_1 再下降沿二分频，得到高频逆变器功率开关 S_1 的控制信号，而后反相互补得到功率开关 S_3 的控制信号； u_{e1} 的反值信号 u_{e2} 与载波 u_c 比较后得到信号 K_2 ， K_2 再下降沿二分频，得到高频逆变器功率开关 S_2 的控制信号，而后反相互补得到功率开关 S_4 的控制信号；将载波 u_c 下降沿二分频，得到周波变换器功率开关 S_5 、 S_6 （a、b）的控制信号，再反相互补得到功率开关 S_7 、 S_8 （a、b）的控制信号。

本系统通过控制芯片 UC3879 输出控制信号。为了防止同一相的两个管子出现直通短路而烧坏，UC3879 可以通过外接并联的电阻和电容设

置不同的死区时间 t_{D0} 。同理，为了防止输出电感电流出现断续而产生极大的电流上升率 di/dt 从而在周波变换器功率开关管两端引起尖峰电压，开关 S_5 、 S_6 （a、b）与 S_7 、 S_8 （a、b）的控制信号之间应有重叠交错导通时间，这也是通过 UC3879 来实现。

通过单极性 SPWM 移相控制，高频变压器原、副边得到经过正弦基波信号调制的高频脉冲交流电压 u_{EF} 、 u_{AB0} ，然后由周波变换器功率开关 S_5 、 S_6 （a、b）和 S_7 、 S_8 （a、b）将 u_{AB} 转换成单极性的 SPWM 波 u_{DC} ，经输出滤波器滤波后得到 220V/50Hz 的正弦交流电压 u_0 。

在周波变换器功率开关的开通和关断时刻，变压器的电压为零，这就保证了周波变换器功率开关工作在零电压转换模式，即实现了 ZVS 换流。

高频逆变器右桥臂相对左桥臂存在移相角 θ ，而且输出滤波器前端电压为单极性 SPWM 波，故为单极性移相控制。

S_1 与 S_4 、 S_2 与 S_3 之间在一个开关周期 T_s 内的共同导通时间为

$$T_{com} = T_s(180^\circ - \theta) / (2 \times 1800) \quad (1)$$

当输入电压 U_i 降低或负载变大时，导致输出电压 u_0 降低，闭环反馈控制使得移相角 θ 减小，即共同导通时间 T_{com} 增大，从而使得输出电压 u_0 增大。因此，调节移相角 θ 可实现输出电压的稳定。

2 控制系统分析

并网的关键是要求输出正弦电流与电网电压

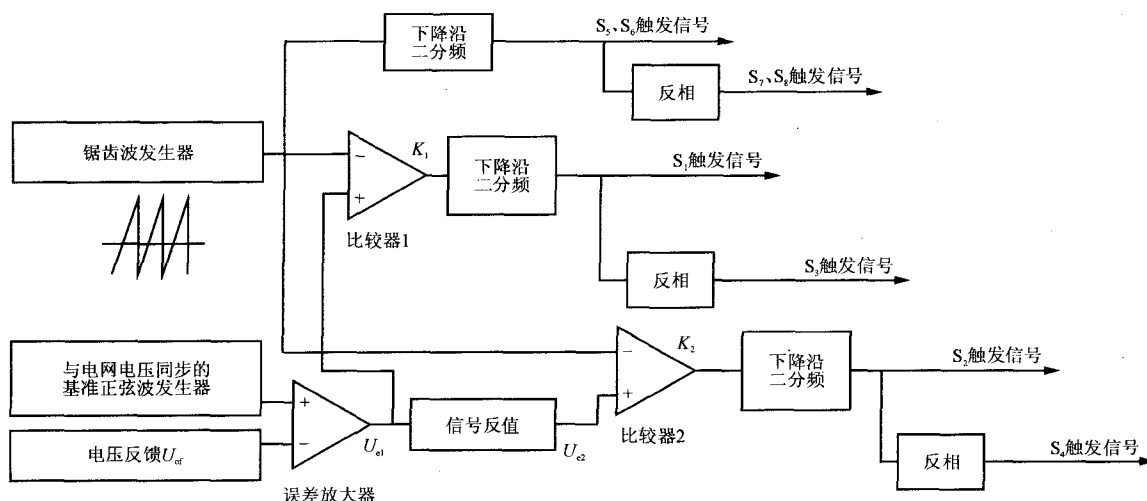


图 2 单极性移相控制技术原理

同频同相,所以光伏并网逆变系统控制的对象是滤波电感电流 i_{Lf} ,故采用电流型反馈控制系统。也就是在电压型 PWM 控制系统中,检测出输出电感 L_f 上的电流变化量,让其参与 PWM 的调节,即形成一个内部的反馈环(电流环),组成电压电流双闭环反馈控制系统。

在本方案中,采用两片 UC3879 芯片完成系统所需的各项控制功能。UC3879 的管脚排列如图3所示。由于电压误差放大信号 u_{e1} 是正负极性的,而 UC3879 芯片中的载波是正极性锯齿波,另外在脚(19) RAMP 和片中 PWM 比较器的反相输入端之间有个 1.3V 的偏置,误差放大器的输出脚(2)COMP 接到片中 PWM 比较器的同相输入端,因此先把 u_{e1} 正比例缩小,再进行正向电压移位^[2],使得正负极性的电压误差放大信号 u_{e1} 变成正极性的,然后和 UC3879 中的正极性载波进行比较,得到输出驱动信号。OUTA 和 OUTB 经过非门后(以获得共态导通交错时间)分别作为 S_5 、 S_6 (a、b) 和 S_7 、 S_8 (a、b) 的控制信号,OUTC 和 OUTD 分别作为 S_3 、 S_1 的控制信号。另选一片 UC3879 与第一片 UC3879 并联(脚 17 和脚 19 两两相连),则两者振荡频率和载波相同。将 u_{e1} 的反值信号 u_{e2} 正比例缩小并进行正向电压移位,然后和第二片 UC3879 中的正极性载波进行比较,产生的 OUTC 和 OUTD 分别作为 S_4 、 S_2 的控制信号。设第一片 UC3879 的移相角为 θ_1 ,第二片 UC3879 的移相角为 θ_2 ,则高频逆变器右桥臂相对左桥臂存在移相角 $\theta = \theta_2 - \theta_1$ 。

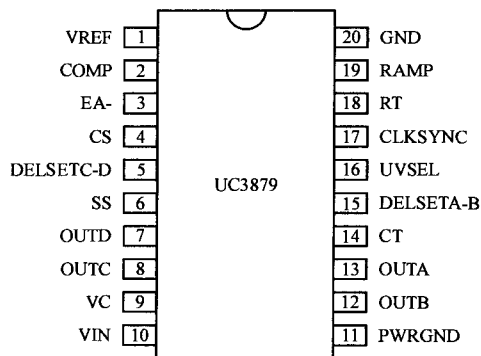


图3 UC3879的管脚排列

电感电流 i_{Lf} 由电流互感器检测,检测到 i_{Lf} 后,为保证输出电流与电网电压同频同相, i_{Lf} 要先与电网电压的同步信号相比较,经误差放大器后

得到的信号通过取样电阻 R_s 变成电压 V_s 后送到 UC3879 的脚(19)RAMP 和脚(4)CS,同时还有电流斜坡补偿信号也送到 UC3879 的脚(19)RAMP 和脚(4)CS,参与 SPWM 的控制。

并网时,为减小电流冲击,利用 UC3879 的软启动实现平缓上电,确保并网的安全可靠。

实际应用电路中,在 UC3879 的外围要设置输入过压、欠压保护,输出过压保护,开关管过流保护,输出欠压告警电路。

3 实验结果与波形

本方案通过仿真试验研究。光伏电池阵列输出电压用 48V 直流电源代替;系统的输出连接至电网,电网电压 220V,并网电流 14A,并网功率为 3kW。图 4 给出了并网时的电网电压波形和并网电流波形,输出并网电流和电网电压同频同相,功率因数为 1。

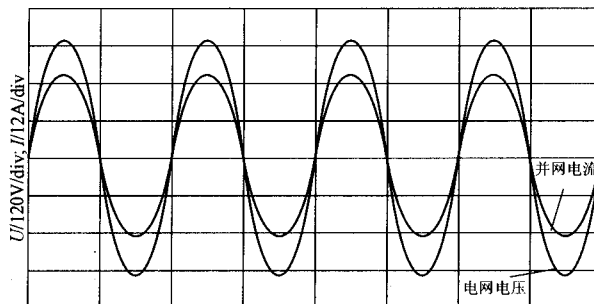


图4 并网时并网电流和电网电压的波形

4 结语

本文提出一种利用 UC3879 的控制功能,将单极性 SPWM 移相控制策略应用到光伏逆变系统中,使得逆变系统输出电压稳定,输出并网电流和电网电压同步。

参考文献

- [1] 陈道炼. DC-AC 逆变技术及应用[M]. 机械工业出版社,2003.
- [2] 张友军. SPWM 高频航空逆变器控制系统及其实现[J]. 自动化仪表,2005, 26(8):35-37.

作者简介

刘秋菊(1973-),女,衡水职业技术学院机电工程系讲师。