

抗三相负载不对称自同步光伏逆变电源

An auto-synchronous Photovoltaic Inverter to Resist Three-phase asymmetric load

刘慧文 苏建徽 金成日
(合肥工业大学能源研究所 合肥 230009)
LIU Hui-wen SU Jian-hui JIN Cheng-ri

(HeFei University of Technology, Institute of Energy, 230009)

● 摘要:介绍了一种可以用于三相不对称负载的光伏正弦波逆变电源。该系统采用Motorola公司的68HC908MR16单片机作为主控芯片,通过PI调节器将光伏直流电逆变为标准的三相正弦波交流电,并通过串行通信由监控系统进行系统状态显示和参数修改。

关键词:三相逆变;光伏;68HC908MR16;串行通讯

Abstract: A photovoltaic inverter applying to three-phase asymmetric load is introduced. In the system, chip 68HC908MR16 produced by Motorola company is used as the main controller and photovoltaic DC is inverted to the standard three-phase sine AC by PI adjuster. Meanwhile, the state of the inverter can be displayed and the parameter can be modified by serial communication of the monitoring system.

● **Keyword:** three-phase inverter; photovoltage; 68HC908MR16; serial communication

1 引言

当今世界,随着社会经济的飞速发展,资源短缺和环境污染问题日益突出。为了实现可持续发展,人类必须大规模的开发可再生清洁能源。太阳能以其取之不尽,用之不竭,清洁无污染的特点越来越受到人们的重视。本文介绍了一种既可作为单相逆变器,又可通过简单的连接实现三相交流输出的光伏逆变器,与传统三相逆变器相比,它具有抗三相负载不对称,可自动同步等优点。

2 三相逆变器工作原理及拓扑结构

2.1 采用三相变压器的三相逆变电路

图1所示是常规的三相逆变主电路,该电路采用三相变压器,通过6个开关管将蓄电池提供的直流电逆变为三相交流电输出。其优点是结构简单,所需器件较少,只需使用一片MR16

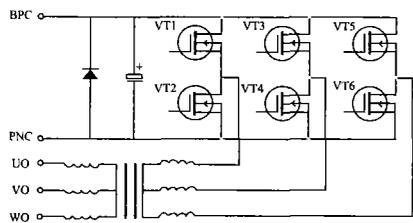


图1 采用三相变压器的三相逆变电路

单片机便可进行三相PWM调制。图中所示YY型连接的三相变压器常用于容量不大的配电系统,使用这种连接方式可以节省材料,更重要的是能利用每相电压作为民用电源。但由于三相负载相对独立,而负载又常常是不对称的,这时变压器就处于不对称运行状态,造成中心点漂移,噪声增大等不良现象。为了克服这种现象,我们提出了下面一种可以抗三相负载不对称的逆变电路。

2.2 抗三相负载不对称的三相逆变电路

图2所示的三相逆变电路是由三个相互独立的单相逆变电路连接而成。

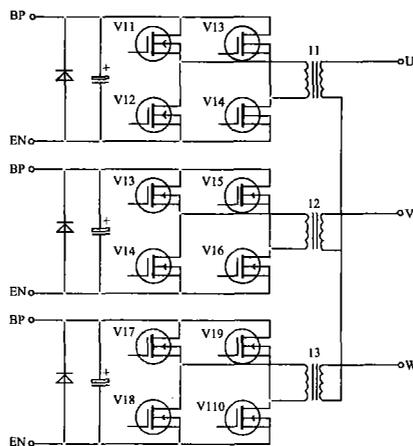


图2 抗三相负载不对称的三相逆变电路

太阳能电池阵列通过充电电路对蓄电池进行充电,然后经过逆变电路将蓄电池提供的稳定直流电逆变为高频交流电,最后经工频变压器升压和滤波电路滤波得到标准的220V/50Hz正弦波。每台逆变器均能独立实现标准正弦波交流输出,只要在软件上通过捕捉各相的电压相位来实现三相输出电压互差 120° ,即实现三相输出自动同步,就能实现三相交流输出。这种拓扑结构由于采用了三个独立的单相变压器,控制电路上也相互独立,即通过各相的交流采样反馈值分别对各相进行相应参数的PI调节,所以能够实现三相平稳输出,这样就克服了由于三相负载不对称而引起的交流输出波形畸变现象。

3 系统实现

68HC908MR16是Motorola公司推出的一种专门用于电机控制的高性能、低成本8位单片机。它内嵌16K闪速存储器FLASH,768字节RAM;具有10个通道的10位精度ADC模块,其AD转换时间最快只需2us,能够在短时间内完成多种采样高精度转换;同时具有串行通信模块SCI,有32种可编程波特率,可以工作在全双工或半双工模式。

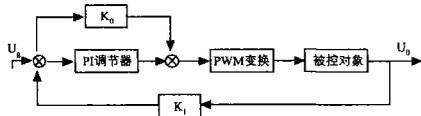


图3 系统控制结构图

MR16 最具特色的模块是专门用于电机控制的内含6路PWM输出的PWMMC模块。这6路PWM可工作于三对互补或三对独立模式，适合单相、三相逆变，本系统将其初始化设置为三对互补工作模式，即同一桥臂上的两路PWM信号是互补的。为了防止同一桥臂上的两个开关管直通，我们在无信号发生器DEADTIME的死区寄存器DEADTM中设置了2.5us的死区时间。本系统设置载波频率为10.2KHz，即每98μs中断一次，PWM每次脉冲宽度的计算都在中断服务程序中通过查固化在FLASH的正弦表完成。PWMMC模块还含有4个故障保护引脚FAULT1~FAULT4，当端口为高电平时就封锁了由软件决定的相应PWM输出。例如当系统过流时，就置位FAULT引脚封锁所有PWM输出，这样就封锁了驱动电路，从而实现了过流保护功能。

3.2 系统控制结构

系统的控制结构图如图3所示，其中K0为前馈系数，K1为交流电压采样反馈系数。这种采用反馈控制和前馈控制相结合的控制方式，可以在满足系统稳定性和准确性的同时，增强系统的快速性。本系统采用新型数字式PI调节器来实现交流稳定输出，调节器可以根据反馈值与给定偏差的大小来自动改变比例系数和积分系数，从而消除了积分饱和现象，也大大减少了系统的超调量。

本系统同时还采用了软启动控制，在启动时电压逐次递增，直到交流输出电压达到220V，其目的是为了避免启动时产生大的峰值电流。

3.3 串行通信

为了使产品具有良好的人机界面且便于控制，我们设计了相应的监

控系统。本逆变系统和监控系统均采用MAXIM公司的串行接口芯片MAX3082，通过标准RS-485总线准确地实现了相互串行通讯。双方约定波特率9600bps，工作于半双工模式，MR16工作频率设为8MHz，初始化程序如下

```
MOV #S50,SCC1;
每一帧10位数据，启动SCI模块
MOV #S0C,SCC2;
发送器和接收器使能
MOV #S00,SCC3;
屏蔽出错中断
MOV #S30,SCBR;
设置波特率为9600bps
```

3.4 软件设计

本系统软件采用模块化设计，包括初始化模块，读X5043模块，三相同步模块，采样保护模块，调节器模块，通信模块和中断模块。其中除中断模块在中断服务程序完成外，其余模块均在主程序中完成，主程序流程图

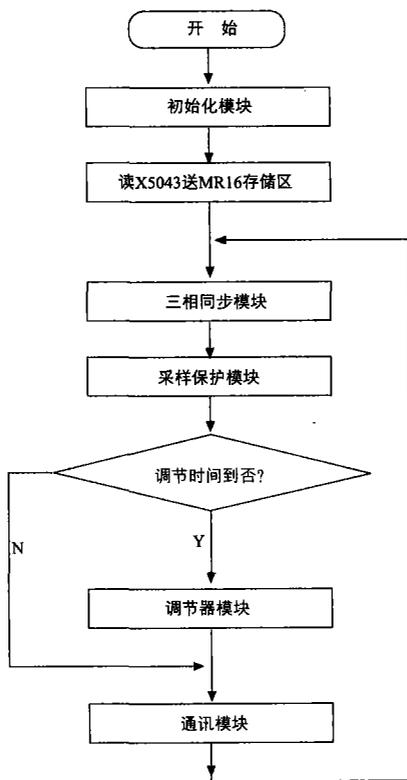


图4 主程序流程图

如图4所示。

初始化模块包括内存自检，MR16内部寄存器初始化，变量存储单元定义，通信初始化设置等部分。芯片X5043把三种常见的电路：看门狗电路、电压监视和EEPROM组合在单个封装内，它内含的4KbitEEPROM存储着上次关机时正常运行的参数值设置，每次开机时系统都将这些参数值读到MR16中，这样就使系统具有记忆功能，使用户不必每次开机时都要对系统参数进行重新设置。

采样模块完成了直流电压电流采样，交流电压电流采样和散热器温度采样等功能；保护模块实现了蓄电池欠压和过压，系统过热、过载和过流等保护功能，其中过流保护由硬件完成，以保证系统能在过流极短的时间内封锁全部PWM输出，达到保护开关器件的目的，其余的保护功能均由软件实现。

本系统软件的特色部分在它的三相同步模块，其流程图如图5所示。首先我们要判断系统是否工作在三相逆变状态，如果工作在独立逆变状态，那么就不需要进行三相同步模块，而直接跳到下一个模块执行。当确定进行三相逆变时，下一步就要判断该逆变器工作在主机模式还是工作在从机

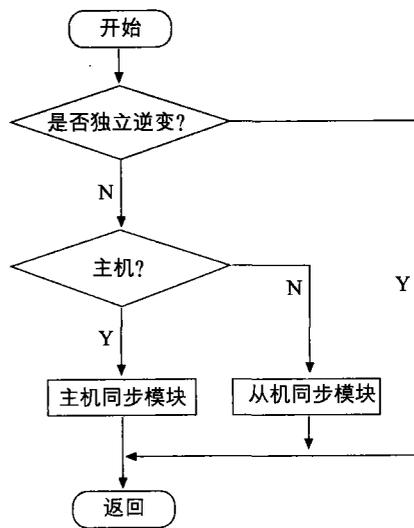


图5 三相同步模块流程图

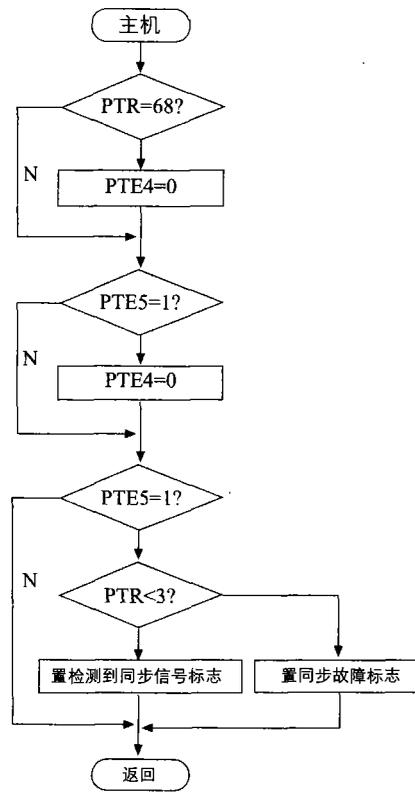


图6 主机同步流程图

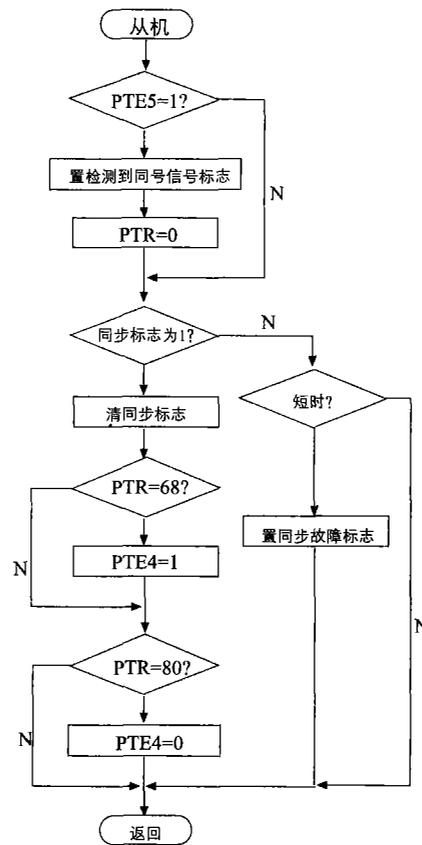


图7 从机同步流程图

是为了使输出同步信号脉冲有一定的宽度，从而使从机能够准确的捕捉到同步信号，不致造成信号丢失现象。从机由PTE5捕捉到同步信号后，将其PTR指针清零，即从开始从0°发正弦波，当其PTR = 68时，再发同步信号给另一台从机。类似第一台从机，它在120°时回发同步信号给主机，主机捕捉到同步信号后，如果PTR的误差在3以内就认为同步成功，否则置位同步故障标志。这样就完成了三相自动同步过程。

4 结语

上述思想已经在实验中得到验证，三台1KW单机经过连接后能够稳定的输出标准三相正弦波，整机效率在90%以上，电压精度能达到0.5%。图8是在交流采样侧测得的两相输出电压波形，交流输出电压准确的实现了相位互差120°，在空载和负荷运行时都实现了自动同步。在带三相不对称负载时各相电压能够稳定的输出，输出波形良好，噪音很小。

参考文献

- [1] 陈伯时主编. 电力拖动自动控制系统. 机械工业出版社, 1997
- [2] 黄俊, 王兆安. 电力电子变流技术. 机械工业出版社, 1997
- [3] MC68HC908MR16/MC68HC908MR32 — Rev. 4.0, Motorola, 2001

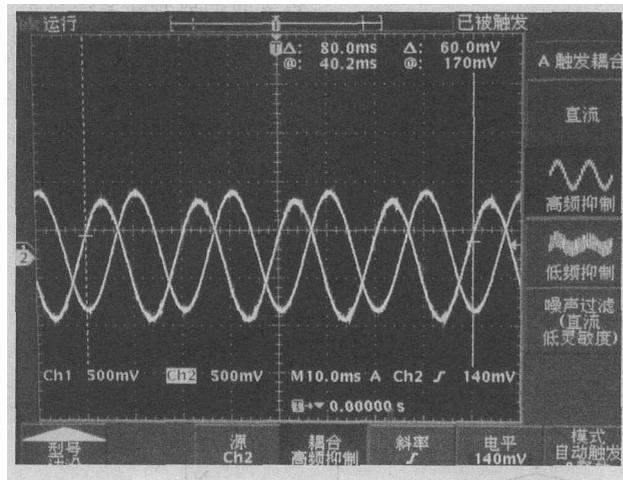


图8 两相实验波形

模式，这两种模式的选择可由键盘监控系统完成，我们分别给出了主机工作模式（图6）和从机工作模式（图7）的同步流程图。

我们使用MR16的两个I/O端口PTE4和PTE5来完成同步信号输出和同步信号输入捕捉功能，其中PTE4为同步信号输出口，PTE5为同步信号输入

由于本系统载波频率为10.2KHz，我们制定的360°正弦表共有204个正弦值，所以当PTR = 68时，对应的正弦值就是120°时的正弦值。为了实现三相输出电压相位互差120°，主机在其电压相位120°即PTR = 68时将PTE4置位，然后再将其清零。流程图中我们之所以到PTR = 80时才将PTE4清零，