

输配电

# 基于 DSP 的太阳能并网逆变器控制系统研究

纪鹏<sup>1</sup>, 王伟<sup>2</sup>

(1. 武汉大学 电气工程学院 湖北 武汉 430072; 2. 重庆市黔江供电公司 重庆市 409000)

**摘要:**基于 DSP 芯片的光伏并网逆变器控制系统, CPU 采用 TMS320F28016 芯片, 其通过控制逆变器输出电压来间接控制功率因数。由于 DSP 芯片强大的数据处理能力, 如果采用适当的算法可使输出功率接近于 1, 且输出波形为正弦波形。网络通讯是未来发展的必然趋势。

**关键词:**CPU 选择; 联网模块; 控制方案; 软件设计

**中图分类号:** TM72

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2008)增 2-0148-04

## 0 引言

随着工业化进程的加快, 能源消耗越来越大, 常规能源供给的有限性和环保压力的增大, 促使人类去开发和利用新能源。作为新能源之一的太阳能引起世界的重视。有关专家预测, 到本世纪后期, 太阳能发电将在世界电能结构中占据 80% 的位置, 而在太阳能发电系统中如何提高逆变器的输出功率, 减少谐波分量, 已成为研究的热点。

本文就是针对目前世界能源的发展趋势对太

阳能并网逆变器控制进行了一定深度的研究。

## 1 本装置的实现方案

### 1.1 主 CPU 选择

本装置采用了 TI 公司最近推出的高速微处理器 TMS320F28016 作为主 CPU, 利用 DSP 强大的计算能力直接检测电网及逆变器输出电压及相位。使用 DSP 还可以方便的实现数字滤波, 使外围电路大大减少, 节省了成本, 减少了响应时间, 提高了可靠性, 加强了人机互动。图 1 为本装置

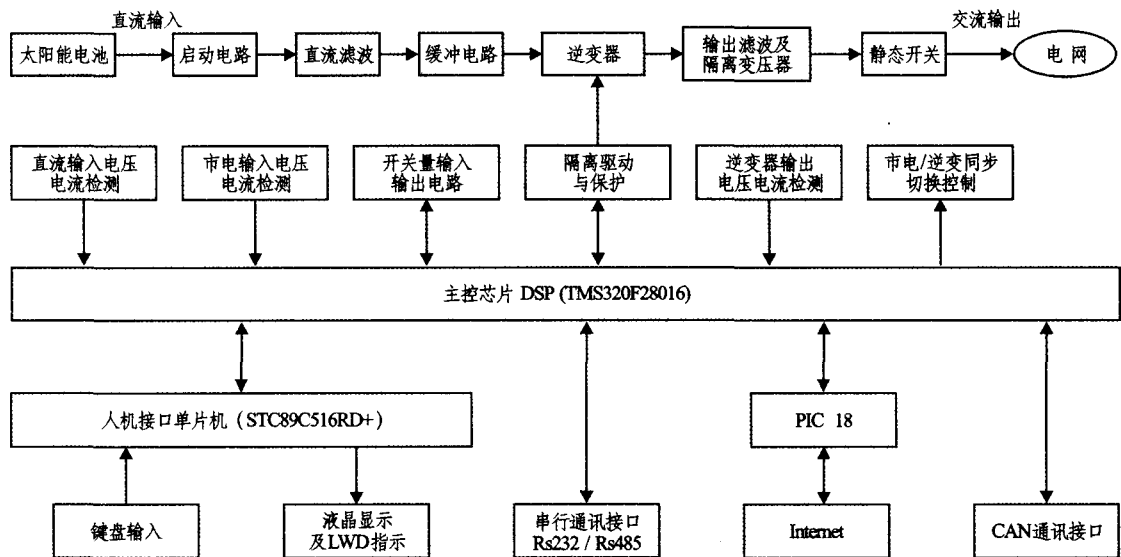


图 1 系统控制框图

的系统控制框图。

收稿日期: 2008-11-05

## 1.2 电压及电流的检测

由于存在强弱电的转换,所以应先隔离,然后通过 L/V 变换,再进行电压抬升,使其电压在 0 ~ 3.0 V 之间,然后送入 DSP 进行采样。

## 1.3 保护电路

系统设有过压、过流、过热等多种保护,当线路出现过流、短路等故障时,保护电路一方面断开静态开关,使之与电网断开,一方面将信号送入 DSP,由 DSP 发出相应的控制命令,双重保护,增强系统的可靠性。

## 1.4 LCD 显示、语音及蜂鸣器播报故障

LCD 显示系统的输入输出功率、电网电压、参数修改及故障记录等一系列参数,同时语音及蜂鸣器播报故障,便于工作人员实时的了解系统工作状态及维修。

## 1.5 联网模块

网络已经成为目前日常生活中不可缺少的部分,生活中的各种电子电器在日后的发展中必将实现网络通讯以达到更好的工作、维修效果。本系统为此专门设计了与 Internet 网相连的硬件设备。

目前联网有两大方式,即直接联网与间接联网。本系统采取的是间接联网方式,利用 PIC18F97J60 系列芯片作为其间接联网的中介核心。该系列芯片是 Microchip 公司的新产品,具有内置的以太网模块,该以太网模块具有与 IEEE802.3TM 兼容的以太网控制器,8KB 的发送/接受数据包缓冲器 SRAM,8192Byte 的以太网专用缓冲器,在稳定的 25MHZ 的时钟源下可以非常好的与 Internet 网相连,实现该系统与 Internet 网相连通的功能。

## 2 控制方案

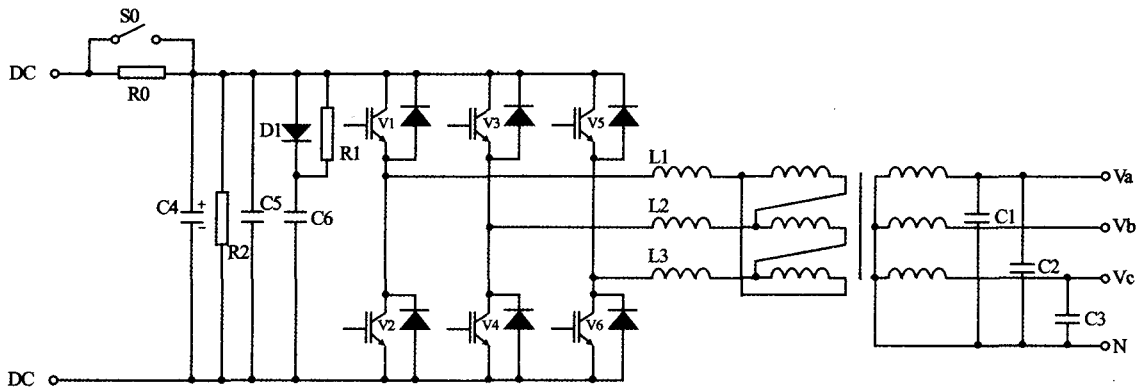


图2 主电路拓扑图

图2为光伏并网逆变器主回路拓扑图。主电路采用全桥式结构,由六个IGBT构成的逆变电路,同时加入直流滤波及缓冲电路。DSP通过发出SVPWM控制信号将直流电压转化为有效值为220V,频率为50Hz的交流电,SVPWM信号是由调制波与载波叠加形成,其中调制波即为欲输出波形,通过更改调制波的幅值及频率可以改变逆变输出波形的幅值及频率。

现以A相为例,阐述逆变器输出电压相位及其功率因数角 $\alpha$ 控制方案的实现。逆变器输出电压 $U_a$ ,线路阻抗 $(j\omega L + R_l)I_a$ ,电网电压 $U_{ac}$ 存在向量关系。由控制矢量图3可知,电网电压一定时,通过控制逆变器输出电压的相位即可控制输出电流的相位及功率因数角 $\alpha$ 。将电网电压经整形、滤波产生方波信号,通过DSP捕捉过零点,

当DSP检测到同步信号的上跳沿时便产生同步中断,然后每当T1下溢时正弦指针加1。调节正弦指针初始值即可调节逆变器输出电压相位,然后通过闭环反馈到DSP芯片,可以自动调节系统参数,从而获得最大有功功率P的输出。

电网电压与逆变输出电压的三要素,即幅值、相位、频率的准确采样计算是很重要的。本系统的设计重点是将太阳能转化为电能后并网,将其送入电网,并网是其中的关键之所在,而并网的要求就是电网电压与逆变输出电压两者的三要素要完全相同,所以判断两者三要素是否满足并网条件是非常重要的,采样的重要性也在此体现,干扰是不能被容忍的。为避免采样过程中有可能的扰动,对采集到的数据进行一次双二阶低通滤波是非常必要的。

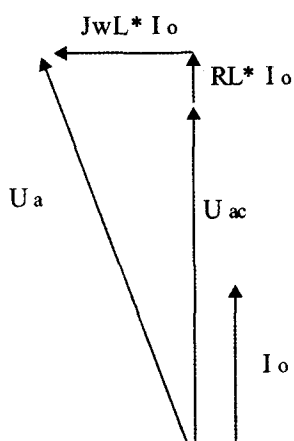


图 3 控制矢量图

### 3 软件设计

图 4 为系统主程序流程图：

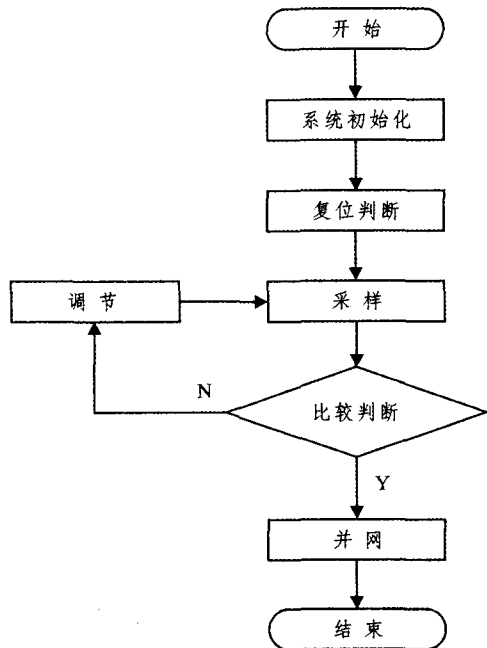


图 4 主程序流程图

由于采样的是工频电压,可選用低通双二阶滤波器进行滤波。

传递函数为：

$$H(z) = (1 - C_{k1}Z^{-1})(1 - C_{k2}Z^{-1}) = 1 - 2\cos(2\pi f_k T_s)Z^{-1} + Z^{-2} \quad (1)$$

(1)式中: $C_{k1}$ 和 $C_{k2}$ 共轭; $f_k$ 为截止频率(Hz); $T_s$ 为采样周期(s)

要滤掉三次谐波,取 $f_k = 50 \times 3 \text{ Hz}$ ,  $T_s = 20 \text{ ms}/64$ ,代入(1)化简得：

$$H(z) = 1 + \frac{\sqrt{2}}{2}Z^{-1} + Z^{-2} = \frac{1 + \frac{\sqrt{2}}{2}Z + Z^2}{Z^2}$$

由 Z 变换的线性特性、时延特性等,得出离散值的计算公式为：

$$y(n) = x(n) + \frac{\sqrt{2}}{2}x(n-1) + x(n-2)$$

$$\approx x(n) + 0.707x(n-1) + x(n-2) \quad (2)$$

(2)式中 $x(n)$ 、 $x(n-1)$ 、 $x(n-2)$ 分别为第 $n$ 、 $n-1$ 、 $n-2$ 次采样值, $y(n)$ 为第 $n$ 个采样点滤波后的值

图 3 为(2)式的实现,即数字滤波的流程。

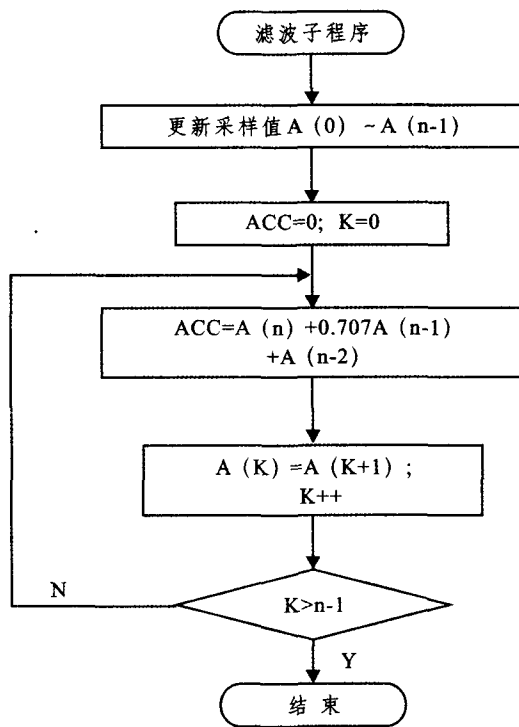


图 5 主程序流程图

### 4 实验结果

笔者已在实验室对样机进行进行调试,实验结果如图所示。有图可知,A、B 相电压波形平滑,相位相差 $120^\circ$ ,A 相电流与电网电压可靠同步。功率因数接近于 1。

### 5 结语

本文阐述了一种光伏并网逆变系统的控制方案,该控制方案已应用于实际太阳能并网发电装置中,取得很好的效果。此方案亦可广泛应用于风力发电、UPS 等并网逆变器控制系统。

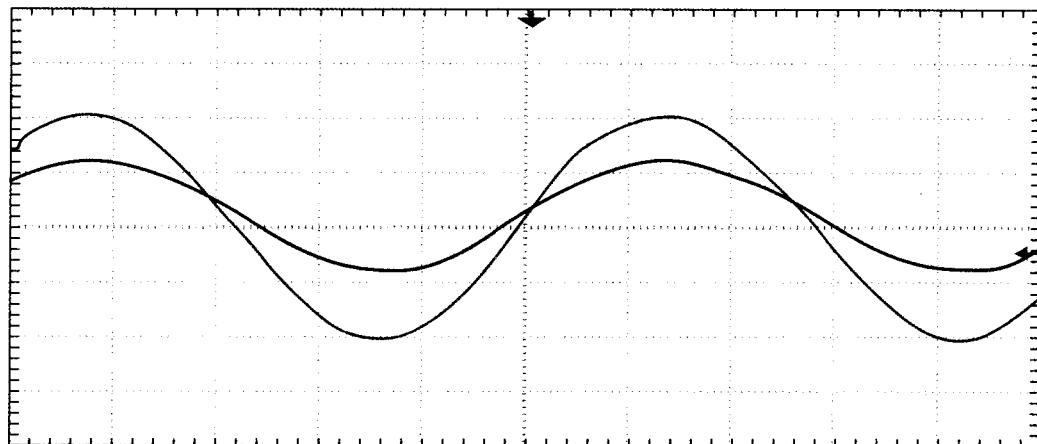


图 6 逆变器输出 A 相电流与电网电压波形

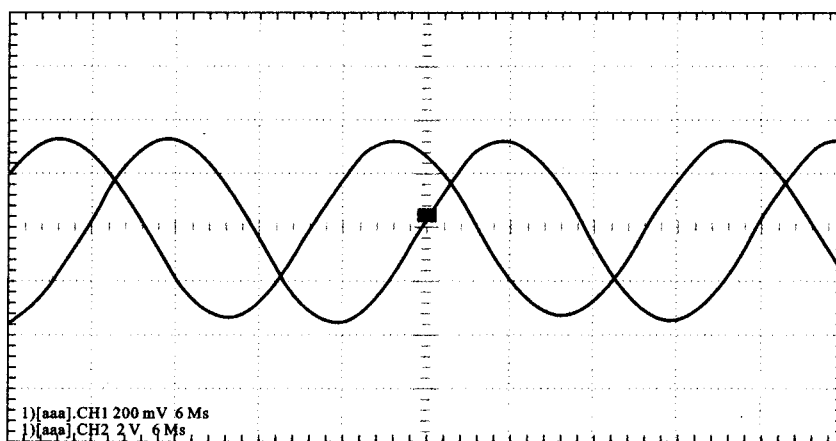


图 7 逆变器输出 A、B 相波形

## 参考文献:

- [1] 董密. 太阳能光伏并网发电系统的优化设计与控制策略研究. 长沙:中南大学,2007.
- [2] 李安定. 太阳能光伏发电系统工程. 北京:北京工业出版社,2001.
- [3] 李政动. 小型太阳光电能量转换系统研制. 高雄:台湾中山大学,2002.
- [4] 戴靖. 光伏发电并网控制技术. 南京:南京航空航天大学,2007.

- [5] J. M. A. Myrzik, M. Calais. String and Module Integrated Inverters for Single-phase Grid Connected Photovoltaic Systems - A Review, 2003 34th IEEE:1995-2000.

## 作者简介:

纪 鹏(1984-),男,黑龙江齐齐哈尔人,武汉大学硕士研究生,从事电力电子研究工作;

王 伟(1985-),男,重庆黔江人,助理工程师,学士,从事电力生产技术工作. (责任编辑:政昌)

## 水电十局公司中标毛尔盖水电站 2.56 亿元工程

日前,水电十局有限公司中标的毛尔盖水电站厂区枢纽土建及金属结构安装工程施工合同在成都签定,工程施工合同金额 2.568 8 亿元。这是水电十局在集团公司的大力支持下,经过十局近两年不断提升竞争实力,在国内市场取得的第一个上亿元大标。十局承建的毛尔盖水电站土建及金属结构安装工程包括调压井、压力管道、引水隧洞、主厂房、GS 楼、尾水等。该水电站位于四川省阿坝藏族羌族自治州黑水县境内,黑水河中游红岩乡至俄石坝河段,是黑水河流域水电规划二库五级方案开发的第 3 梯级电站,厂内安装 3 台混流式发电机组,单机引用流量  $72.90 \text{ m}^3/\text{s}$ ,单机容量 140 MW,总装机 420 MW。

## 成都院获四川省建设工程“天府杯”金奖

由四川省建设监理与工程质量协会组织的 2007 年度四川省建设工程“天府杯”奖的评选工作,经过严格的评选、现场复审和公示,最终评出 24 个工程金奖、20 个工程银奖。成都院总承包工程——“四川省阿坝州白水江黑水塘水电站”获得金奖。