

数字信号控制器在太阳能逆变器中的应用

1、数字信号控制器（DSC）是数字控制系统的核心

数字信号控制器（DSC）平台是能将微控制器（MCU）的控制外设和一流的 DSP（数字信号处理）技术的处理能力与经济性相结合，其特点是简便易用。如今 TI、Microchip 等公司提供了 DSP 的高性能及微控制器集成与易用性，优异的处理能力、中断处理功能、控制特定外设集成能力与经济性的独特组合为控制系统提供了实质性的益处。通过这些优势，诸如改善的系统效率及增加的创新性能，能够采用更少的外部组件，更低的成本，为空间受限的应用推出极小化封装产品。

如今把握当前国内外受关注的绿色环保概念，开发与生产太阳能光伏组件及太阳能光伏系统，并不断开发适合国际、国内市场需求的系列应用产品，是符合“让太阳发电，地球更清洁，造福人类”的宗旨。而作为数字信号控制器（DSC）在其开发应用上可谓是恰到好处并且是多方面的，如绿色能源、数字电源、照明、家用电器、工业控制、车载产品、医疗及计量等。基于数字控制器的技术在工业应用中的优势，本文将对 DSC 技术在太阳能逆变器中的应用作分析说明。既然是在太阳能逆变器中应用，为此应对与太阳能有关的理念先作介绍。

2、与太阳能有关理念

太阳能光伏组件及太阳能光伏系统，其产品生产从单晶硅棒、硅片、电池片到组件，并在系统工程的设计与集成获得了迅速发展并在新能源发电、电力、通信、消防、航空和车船等领域获得广泛应用。

2.1 太阳能光伏技术

太阳能是各种可再生能源中最重要的基本能源，通过转换装置把太阳辐射能转换成电能利用的属于太阳能光伏发电技术，光电转换装置通常是利用半导体器件的光伏效应原理进行光电转换的，因此又称太阳能光伏技术。光伏电池的基本特征为：当光线照射太阳电池表面时，一部分光子被硅材料吸收，光子的能量传递给硅原子，使电子发生跃迁成为自由电子，在 P-N 结两侧集聚形成了电位差，当外部接通电路时，在该电压的作用下，将会有电流流过外部电路产生一定的输出功率。这个过程的实质是：光子能量转换成电能的过程。图 1（a）为光伏电池框图。

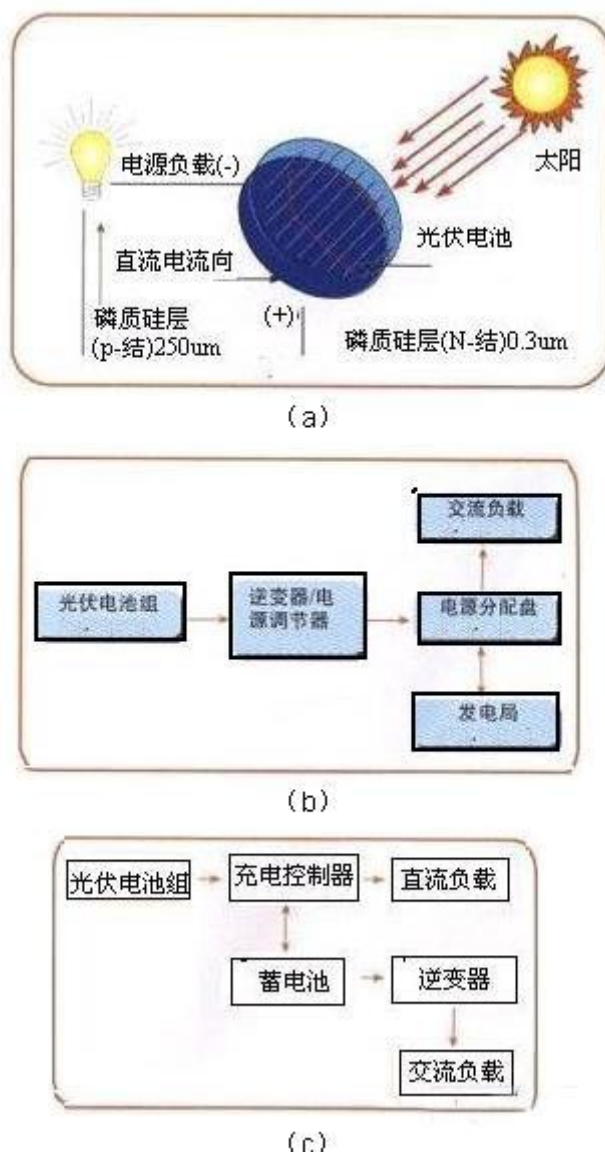


图 1 (a) 光伏电池框图； (b) 并网发电系统组成框图； (c) 独立发电系统组成框图

2.2 光伏发电系统的构成与类型

一套基本的太阳能光伏发电系统是由太阳能电池板、控制器、逆变器和蓄电池构成。光伏发电系统有两大类：并网发电和独立发电。并网发电系统为太阳能电池方阵发出的电能经过并网逆变器将电能直接输送到交流电网上，或将太阳能所发出的电经过并网逆变器直接为交流负载供电，图 1 (b) 为并网发电系统组成框图；独立发电系统为太阳能电池方阵发出的电能经蓄电池充电并经过逆变器将直流转换成交流电，图 1 (c) 为独立发电系统组成框图。

应该说太阳能光伏系统可在太阳能风力发电控制器、逆变电源、并网逆变电源等多种绿色能源得到广泛应用。值此重点对 DSC 技术在太阳能逆变器中应用作分析。

3、太阳能逆变器系统应用方案

3.1 问题的提出

全球范围内能量的未来获取方式是一个新兴的焦点问题。矿物燃料的多个替代解决方案已经展开研究，并将在全球各地区进入了工业化的生产过程。光伏并网发电是将太阳能电池阵列所发出的直流电转变为交流电馈送电网，是太阳能发电走向可持续发展的必由之路。

太阳能是最广泛的替代能源之一，其重点放在光伏（PV）系统的交付上，这包括用于电力公用事业、商用建筑以及个人住宅的高性能太阳能逆变器。逆变器是整个太阳能系统的关键部件，可将 PV 电池的 DC 电压输出转换成清洁的 50Hz 或 60 Hz 正弦电流，适用于商用电网或本地电网供电。

作为光伏并网发电系统（如组合型），整个系统由控制系统和功率主电路两部分组成。功率主电路使用大功率智能功率模块 IPM，控制系统以 DSP 为核心，检测直流侧及网侧的电量信号，通过最大功率寻优，电压、电流调节，以及空间矢量 PWM 波形发生控制，向功率驱动回路发出控制指令，将太阳能直流转换单元输出的直流电变换成交流电，并回馈至电网。

太阳能并网逆变器是并网发电系统的核心部分，其主要功能是将太阳能电池板发出的直流电逆变成单相交流电，并送入电网。为此有必要对逆变电源技术特征作说明。

3.2 何谓逆变电源

逆变电源是将直流电转变为交流电的装置，是太阳能、风力发电系统的核心部件。根据产品设计情况分为：太阳能、风力发电专用正弦波逆变电源；经济型太阳能、风力发电控制逆变一体机；太阳能并网逆变电源与风力发电并网逆变电源等四类。而其太阳能、风力发电专用正弦波逆变电源是太阳能、风力发电系统的核心部件，该电源针对新能源发电系统的特点来设计制造，主要应用于太阳能电站，风力发电站，风、光、油、蓄互补发电系统和户用太阳能供电系统。其工作原理可由框图 2 表示。

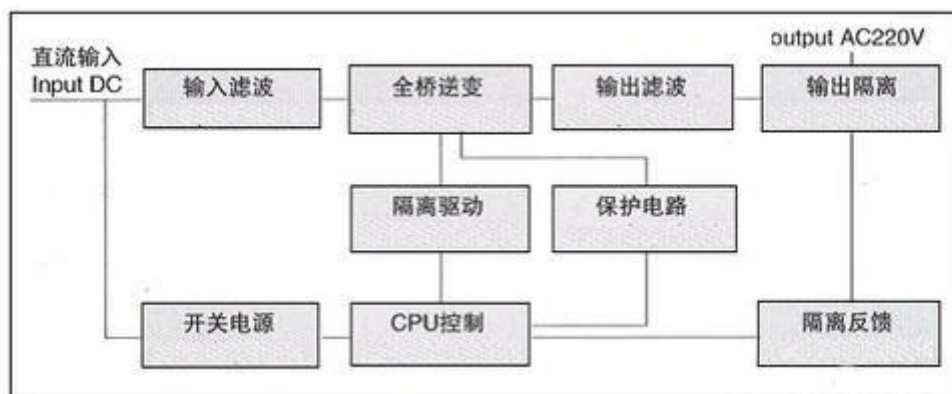
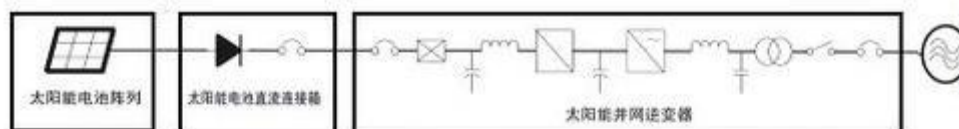


图 2 逆变电源基本工作框图

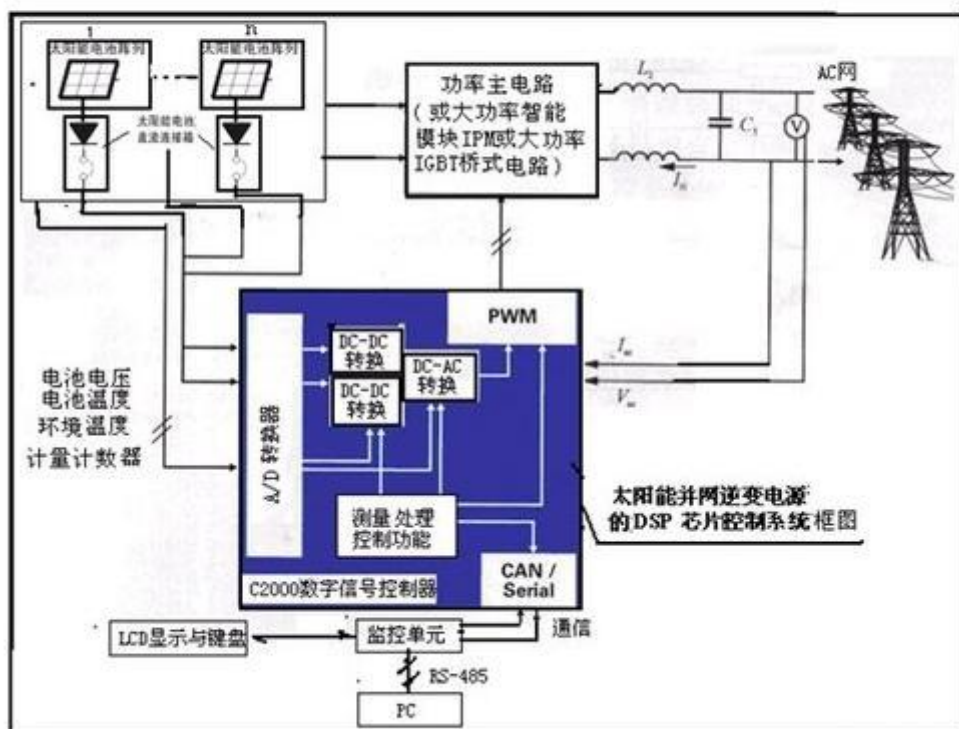
其性能特点为：DSP 芯片控制，智能功率模块组装，纯正弦波输出，输出稳压、稳频，具有过压、欠压、过载、短路、输入极性接反等各种保护功能，而逆变效率 $\geq 85\%$ ，具有交流旁路功能，输入输出优异的 EMI/EMC 指标，可配备 RS232/485 接口，具有高可靠性、高效率。

3.3 太阳能并网逆变电源

太阳能并网逆变电源基本设计方案可用框图 3 (a) 表示。



(a)



(b)

图3 (a) 太阳能并网逆变电源基本设计方案框图；(b) 以TMS320C2000 DSP为控制系统的太阳能并网逆变电源设计方案示意框图

该设计方案的性能特点为：DSC 芯片控制，智能功率模块组装；MPPT（住宅用运行在最大功率点附近，即MPPT工作方式）控制，适时追踪太阳能电池板的最大输出功率；纯正弦波输出，自动同步并网，电流谐波含量小，对电网无污染、无冲击；具有扰动检出技术，实现运行控制；采用LCD、LED显示功能，其保护和报警功能齐全；RS232/485通讯，实现远程数据采集和监视；具有并网/独立运行功能。

技术指标：功率（例如1kW-50kW）；输入直流电压（200V-400V），输出谐波失真率 $\leq 5\%$ ，过载能力150%、10秒，逆变效率 $\geq 92\%$ ，使用环境温度 $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 DSC 为控制系统的太阳能并网逆变电源设计方案

由于 DSP 芯片是 DSC 核心部件，所以太阳能并网逆变电源设计方案是基于 DSP 技术的设计方案。值此以 TMS320C2000TM DSP 为典型应用作分析。因为以 TMS320C2000TM DSP 的平台能够最佳地响应太阳能逆变器多条实施线路的实时挑战。故以 TMS320C2000TM DSP 为典型应用作分析。该 TMS320028xTM，内核 32 位 CPU 以 150MHz 的最高频率运行，能够高效地执行在最大功率点下操作面板所需的高精度算法，可确保最高的电源转换效率，甚至在最苛刻与不断变化的条件下也是如此。DC/AC 转换器主桥的驱动由 TMS320C 2000 器件高度灵活的 PWM 模块执行并与片上高速 12 位 ADC 配合使用，调节所需的电流与电压，从而获得最常见的正弦波形。图 3 (b) 为用 TMS320C2000 DSP 为控制系统的太阳能并网逆变电源设计方案示意框图。太阳能并网逆变电源设计方案由控制系统和功率主电路两部分组成。

C2000 片上高速 12 位 ADC 可对电池电压、电池温度、环境温度与计量计数器的模拟量进行 A/D 转换。DC/DC 变换环节调整光伏阵列的工作点，使其跟踪最大功率点。所以在太阳能电池板后接 Boost 升压斩波器，将电压升到 400V，这样设计有利于提高系统的效率，也便于后级全桥逆变器并网控制。而 DC/AC 逆变环节主要使输出电流与电网电压同相位，同时获得单位功率因数。

对于控制系统，当控制电路上电后，首先检测电网参数和光伏电池的电压，当网压正常时，全桥逆变器工作在 PWM 整流器状态，中间电压为 400V 左右。逆变器工作过程中，由控制芯片 DSP 检测中间电压、并网电流，如果中间电压过高或者并网电流超过最大电流时，由控制芯片封锁全桥逆变器和 Boost 升压斩波器的开关管控制脉冲，同时断开继电器。延时一段后再尝试重新启动，若故障仍然存在，则断开逆变器，DSP 能快速响应命令。

太阳能电池输出的最大功率随着光照强度和温度的变化而变化，系统的最大功率跟踪由前级 Boost 升压斩波器控制。为实现与电网电压同频同相的并网电流，其由后级全桥逆变器控制。他们的控制都是由 DSP 芯片 TMS320C2000 协调完成逆变器的设计。

除上述 DSC 为控制系统的太阳能并网逆变电源以外，本文还将对太阳能风力发电系统应用、太阳能及风力发电的控制器及风机并网逆变电源等技术与应用作简介。

4、太阳能风力发电系统应用

太阳能风力发电系统利用自然能源，取之不尽，用之不竭。它的利用不仅解决我国目前 8000 万无电居民的用电问题，而且可改善目前全球日趋严重的环境污染问题。除此之外，它的利用给用户带来巨大的经济效益。据统计，架设 5 公里电线及以后的电费投资，远远大于太阳能风力发电系统的一次性投资。

风光互补发电系统见图 4 所示。由于太阳能与风能的互补性强，风光互补发电系统在资源上弥补了风电和光电独立系统在资源上的缺陷。同时，风电和光电系统在蓄电池组和逆变环节是可以通用的，所以风光互补发电系统的造价可以降低，系统成本趋于合理。



图 4 风光互补发电系统组成示意图

5、太阳能及风力发电的控制器

控制器是有效控制太阳能或风机发出的电力向蓄电池充电，蓄电池向负载放电，使蓄电池在安全工作电压、电流范围内工作的装置。它的控制性能直接影响蓄电池使用寿命和系统效率。

5.1 全数字太阳能智能控制器

全数字太阳能智能控制器全部采用微电脑和无触点控制技术，并具备各种保护功能，广泛应用于邮电通信、微波、光缆传输、铁路通信及信号，也可为边远地区、海岛*以及移动场所提供电力。由于太阳能电池的寿命一般均在 20 年以上，因此系统寿命可靠性较高，并可取代柴油机，实现无人值守。

性能特点：控制电路与主电路完全隔离，可正接地也可负接地；LED、LCD 显示功能，可显示当前蓄电池电压、太阳能电池阵列输出电流、负载电流及蓄电池充电电流、日发电量、累计发电量；多路（6 路/12 路/18 路等）太阳能可以同时接入；阶梯式控制方式，可使太阳能电池发出的电能最大限度向蓄电池充电，效率大大提高；各路充电电压检测具有“回差”控制功能，可防止静态开关进入振荡状态；过充、过放、过载、短路、接反、过热等一系列报警和保护功能；霍

尔电流互感器检测电流；温度补偿调节电压；最近 30 天的电量数据采集，缺电时电量可以存储；太阳能每天累计发电量，太阳能历史累计发电量，掉电数据不丢失；具有 RTC 功能，可以查寻当前时间，在任何时候出现异常（过充、过放、过载、短路等），会把不同故障发生的时间分别记录下来，送上位机显示；提供标准 RS232/RS485 接口；根据客户不同需要，可安装不同等级防雷器；根据系统需要，可提供光控、油机、备用电源等功能。

5.2 全数字风力发电智能控制器

全数字风力发电智能控制器是控制风力发电机将风能转化为电能并贮存到蓄电池的装置，控制器全部采用微电脑和无触点控制技术，并具备各种保护功能，广泛应用于邮电通信、微波、光缆传输、铁路通信及信号，也可为边远地区、海岛*以及移动场所提供电力。

其性能特点与全数字太阳能智能控制器类同，不同之处如下：多路风机可以同时接入；阶梯式控制方式，可使风机发出的电能最大限度面向蓄电池充电，充电效率大大提高；控制器内置大功率风机卸载电阻，无级调节，逐级投入，使蓄电池不会经受突变大电流充电，大大提高蓄电池使用寿命；风机平稳降速，有效防上风机飞车；最近 30 天的电量数据采集，没电时电量可以存储。

5.3 无尾翼风机控制器原理与特征

5.3.1 无尾翼风机控制器原理可用图 5 描述。

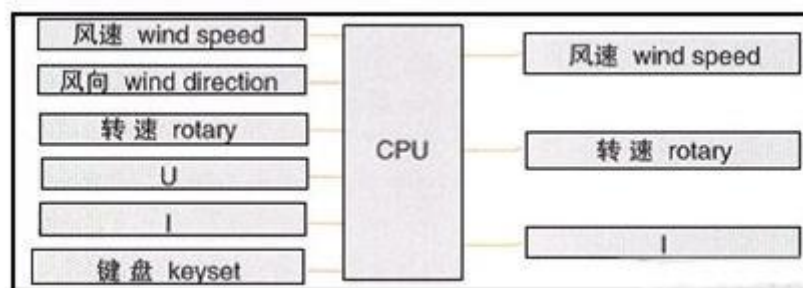


图 5 无尾翼风机控制器原理图

5.3.2 无尾翼风机控制器特点

采用 Microchip 公司专用微处理芯片；专用的风速仪与高性能风向传感器；实时显示风速、风向、功率、电压、电流、手/自动刹车、偏航、变桨等信息；EMI/EMC 指标优异，配备 RS232/RS485 及上位机监管软件；具有欠/过压自动切换，可实现三级电动刹车，自动关桨；防雷击、过载、短线等各种故障自动保护功能及故障报警；可设置最佳切入风速和切出风速，运行中能进行智能控制，自动根据风速、风向的变化，改变桨距、偏航方向，实现最大功率输出；工作温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ ，可配置微型打印机。其应用范围适用于各种无尾翼风力发电机的控制。

5.4 风光互补智能控制器

风光互补智能控制器是控制太阳能电池、风力发电机将太阳能、风能转化为电能并贮存到蓄电池的装置，由于风力资源和阳光资源在不同的地域、季节、天气条件分布不同，具有一定的互补性。同时充分利用风力资源发电一次性投资较低，而新能源发电系统维护量低，采用风光互补系统，性价比高。兼有太阳能控制器、风力发电控制器的特点。

5.5 路灯控制器

太阳能路灯是一种独立的照明系统，路灯控制器是将太阳能转化为电能并贮存到蓄电池为道路提供照明的装置，采用微电脑芯片和无触点控制技术，并具备各种保护功能。

性能特点为：照明开/关灯自动控制（光控、定时可设定）；时控有 1 小时、3 小时、4 小时、5 小时、6 小时、8 小时自由选择；蓄电池充/放电、欠压/过压/反接保护及温度补偿自动控制；负载开/短路自动保护，保护自复位。

6 风机并网逆变电源

风机并网发电是将风力发电机所发出的交流电经过整流逆变成交流电并馈送电网。与太阳能发电一样，风力发电是新能源发电走向可持续发展的必由之路。

工作原理可用框图 6 表示，其性能特点与太阳能并网逆变电源类同。

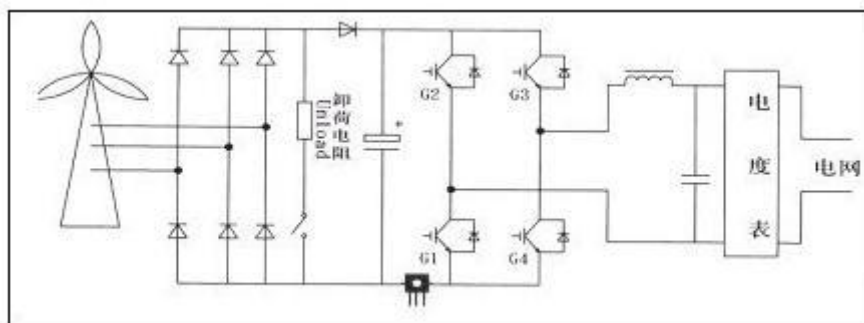


图 6 风机并网逆变电源框图

7 光伏风力发电系统专用上位机软件

该软件为用户提供一个远程监管供电、用电设备的在线系统，配合多功能离网、并网逆变电源，对系统进行实时数据显示与处理、系统功能分析、系统事故追忆、各种文档备份、用户级别选择、实现远程特定功能控制、新用户电源使用学习、在线帮助等功能。

具体功能如下：

①实时数据显示与处理：对于系统电量、事故记录等非实时数据，根据电源系统采集周期，做定时采集，打包。在系统相应采集周期设定时间段内进行处理并备份。

②事故追忆：具备详细的事故记录（精确到秒，以时间段显示，同时记录系统所有运行参数备查）；多种查询方式（按站点、时间、日期及起组合方式）；报表生成和打印；数据软件和数据硬件备份。

③告警功能：具备报警参数设定，告警参数显示与保持。提供声音（内容可以自行选择，满足个性需求，同时提供 pc 机内部蜂鸣器报警，为用户节约电能）、光、短信、邮件、电话等报警方式。

④安全模式：对用户权限管理、密码登录、无误操作设计，***升级电源知识数据库，新电源用户学习影像资料；对电源设备实时控制，参数全面具体，防误操作处理。

⑤附加功能与人性化设计：数据显示多样化；避免重复运行的设计；还可实现无线监控。

8 结束语

应该说国内外许多厂商有很多系列的太阳能及风力发电系统与产品,上述介绍的应用特征仅从共性的角度出发,因此在选用时应根据实际需要,确定参数与指标,以获得较高的性价比。