

高效高性能光伏水泵专用变频器的研究与设计

摘要：本文阐述了以 Intel80C196MC 芯片为控制核心的高效高性能光伏水泵专用变频器。系统采用逐步逼近法实现太阳能电池的最大功率跟踪 (MPPT)，同时通过恒 V/f 方式来实现交流光伏水泵系统的高效能量转换。

关键词：80C196MC 芯片；光伏水泵；最大功率跟踪

当今，随着常规能源如石油、煤炭等消耗量的大规模增加，日益恶化的生态环境迫使世界各国开始积极寻找一条新的可持续发展的能源之路。太阳能、风能、地热能等清洁能源已逐渐受到了人类的重视，而这其中，太阳能无疑处于最突出的地位。现在，在我国大西北、西藏和内蒙古等远离电网的偏远地区，很多人喝不到干净的饮用水，而这些地区同时又是太阳能资源非常丰富的地区，因此，在这些地区发展光伏水泵技术具有明显的社会效益和经济效益。然而，目前市场上所售的多为普通变频器，用于本系统中，不能很好地实现各种保护功能，同时也不具备太阳能电池的最大功率点跟踪功能，造成太阳能电池容量的巨大浪费。本文介绍一种高效高性能的光伏水泵专用变频器。

1 光伏水泵系统的组成

光伏水泵系统的组成如图 1 所示。



图 1 光伏水泵系统组成

本系统的主要输入参量为日照强度 (Φ)，输出参量为水的流量 (θ)，系统总效率为 $\eta = H\theta / \Phi$ ，其中 H 为扬程；MPPT 和电压变换器部分就是本系统所研究的对象。

由图 1 可知，光伏阵列为系统的能量输入端，当日照强度 Φ 一定时，其最大输出功率也为定值，本系统所研制的变频器主要实现的功能之一就是使光伏阵列时刻工作在此最大功率点处，即 MPPT 问题；功能之二是使系统输出电压与负载特性之间的匹配为最优，即电机的恒 V/f 控制。由以上两个方面可知，在日照强度 Φ 和太阳能电池容量一定的情况下，系统的效率达到最高，即在保持水泵扬程不变的前提下水流量可达到最大。

2 系统的主电路结构

1) 电路拓扑

系统的主电路拓扑如图 2 所示。

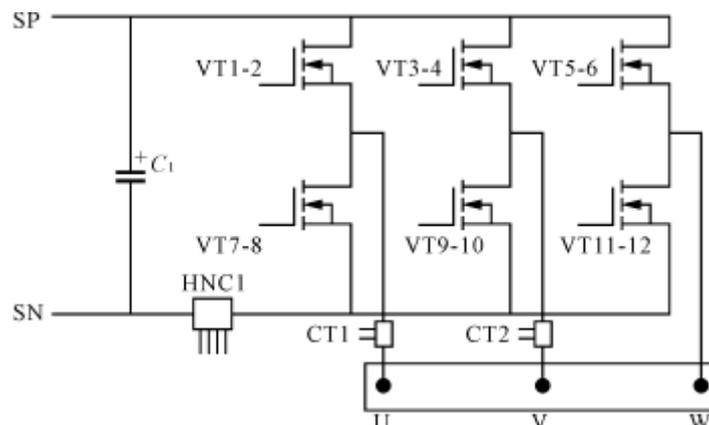


图 2 主电路拓扑

2) 系统的功率器件

本系统的功率器件采用功率 MOSFET，功率 MOSFET 为电压控制型单极性器件，没有少数载流子的存储效应，输入阻抗高，动作快，工作频率高，不存在二次击穿，驱动功率小，并且驱动电路简单；同时，由于具有正温度系数，可以自动均衡电流，不会产生过热点，因此，系统采用两个功率 MOSFET 并联，扩大了电流的容量，从而降低了系统的成本。同时，从主电路中可以检测出太阳电池电压、直流母线电流、电机的 U 相和 V 相电流值等，以实现系统的各种保护。

3 系统的控制电路

3.1 系统的控制电路功能

本系统的控制电路是以 Intel 公司生产的新一代 16 位单片机 80C196MC 为控制核心构成的全数字式智能控制电路，其主要功能是在软件的控制下，根据必要的外部信息完成系统的下述各项功能：

1) 按照已确定的 V/f 曲线，根据 80C196MC 片内外设波形发生器 (WG) 单元的工作原理，发送 SPWM 信号，保持 V/f 值为常数，实现变频调速。

2) 根据检测元件检测到的直流侧电压、电流值，结合太阳电池的功率特性曲线和相应的软件，在完成变频调速的同时，实现太阳电池的最大功率点跟踪。

3) 根据各种故障信号，采取相应的处理措施，并给出各种故障的报警显示。

3.2 系统的控制芯片及外围框图

8XC196MC 是 Intel 公司继 MCS51、MCS96 系列单片机之后，于 1992 年推出的真正的 16 位嵌入式单片机，由于采用 CMOS 工艺，使得芯片的运算速度大大提高；同时它把许多常用的功能模块进一步集成到片内，从而使用户系统更紧凑，抗干扰能力更强，工作更可靠。本系统所采用的控制芯片 80C196MC 是 8XC196MC 系列单片机中的一种，在其内部集成了最有特色的单元——波形发生器 (WG)，它大大简化了产生 SPWM 的方法和步骤，只需在线计算寄存器 WG-RELOAD 和 WG-COMPX 的值就可以得到不同频率和脉宽的 SPWM。其外围电路框图如图 3 所示。

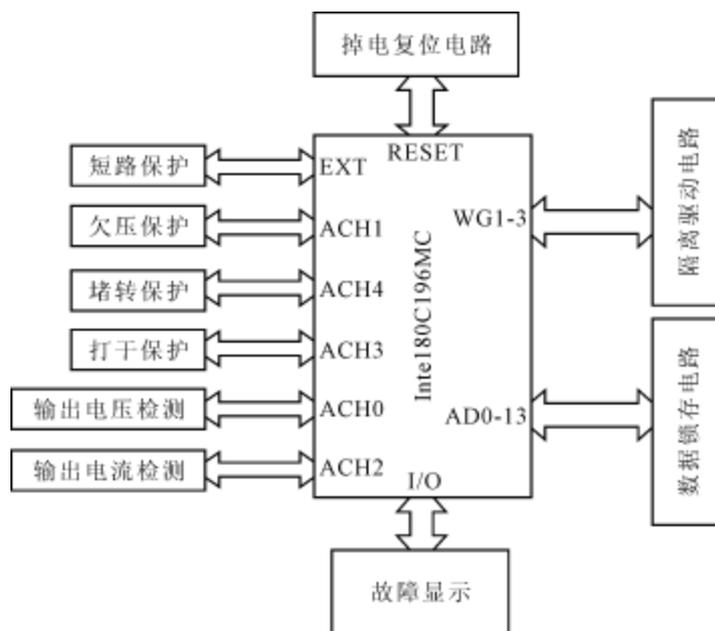


图 3 CPU 外围电路框图

3.3 输入接口电路

本系统共有 6 路检测，分别完成系统的直流侧电压、直流侧电流、输出交流电压和输出交流电流等的检测与保护，其中，直流侧电压检测和直流侧过流与短路保护的接口电路分别如图 4 和图 5 所示，接口电路将输入信号转换为芯片所需要的 0~5V 电平。这部分电路输入阻抗应比较大，以尽量减少对设备信号的影响，输出阻抗应同芯片内 A/D 口的输入阻抗相匹配。

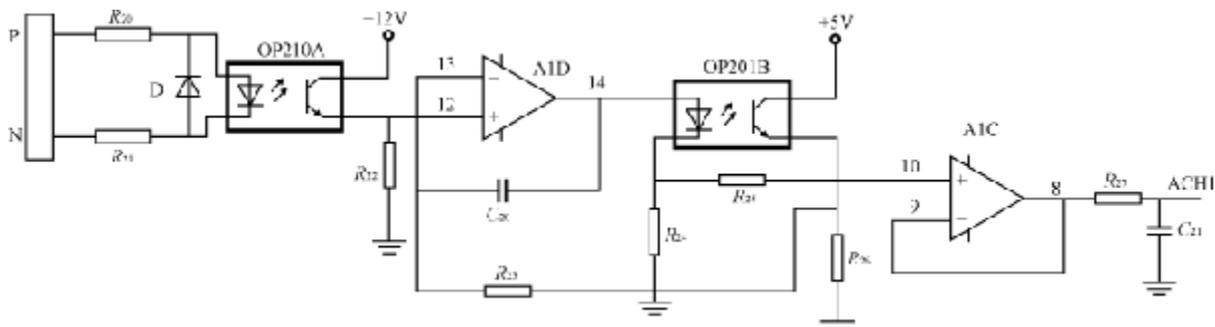


图 4 太阳电池电压检测

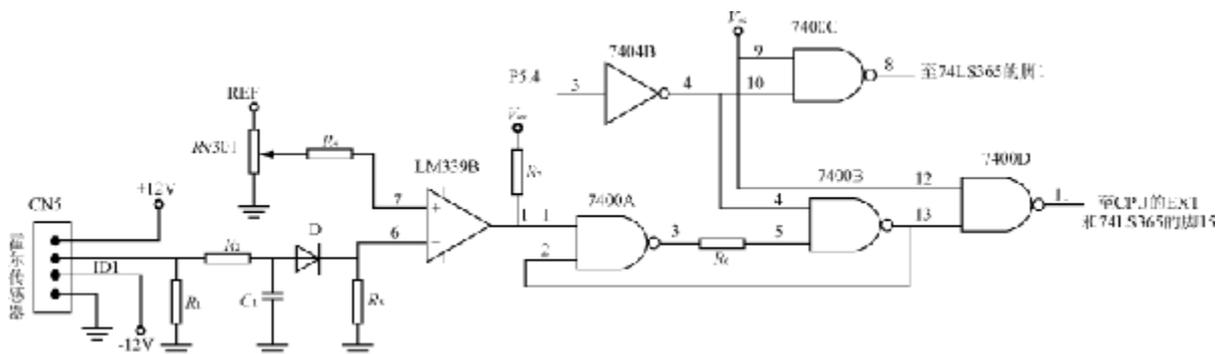


图 5 直流侧过流、短路保护

4 系统的控制原理框图

系统的控制原理框图如图 6 所示。

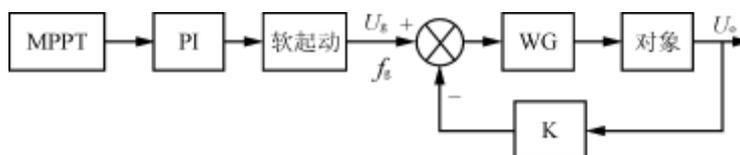


图 6 系统控制原理框图

由图 6 可知，本系统结合太阳电池的功率特性曲线，采用逐步逼近法来实现太阳电池的最大功率点跟踪（MPPT），其中 MPPT 模块的功能是通过比较前后两次太阳电池的工作电压和负载工作频率，而输出一个逐步趋近最大功率点处的电压值；同时，为了消除系统振荡和提高动态响应速度，设计了 PI 调节结合软起动的控制方式，通过不断改变负载的工作频率使太阳电池的工作电压最终等于 MPPT 的输出电压值。图 7 和图 8 分别为 MPPT 和 PI 程序流程图，软起动程序流程图略。

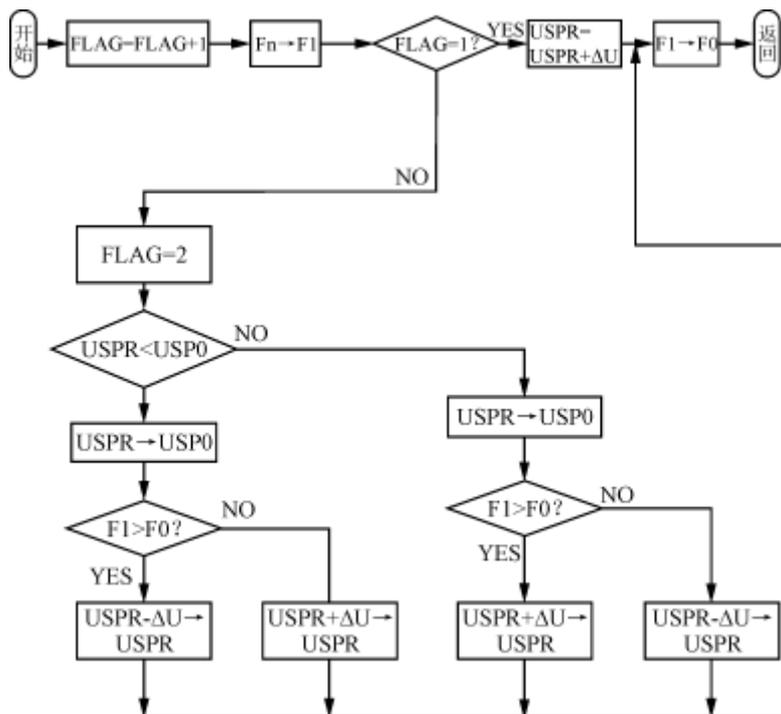


图 7 MPPT 程序流程图

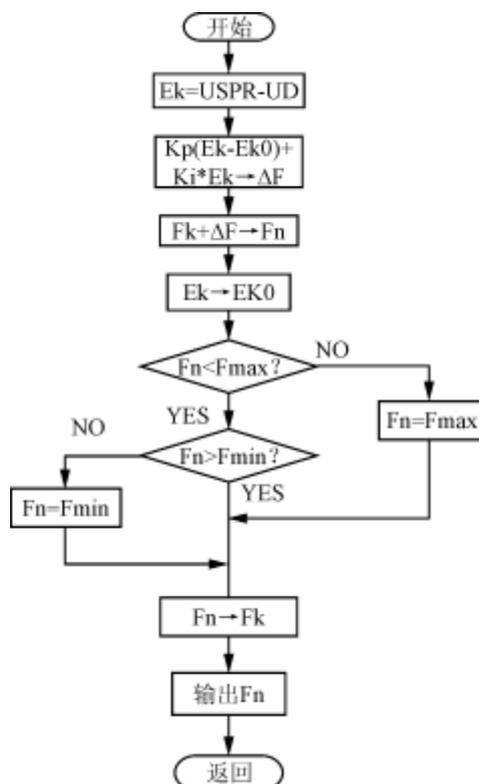


图 8 PI 程序流程图

本系统的软件采用模块化设计，主要包括主程序、WG 模块、MPPT 模块、PI 模块和软起动模块等。经过这样的模块化处理后，系统的软件由复杂变得简单易懂，同时也便于修改和功能扩展。系统的主程序流程图见图 9。

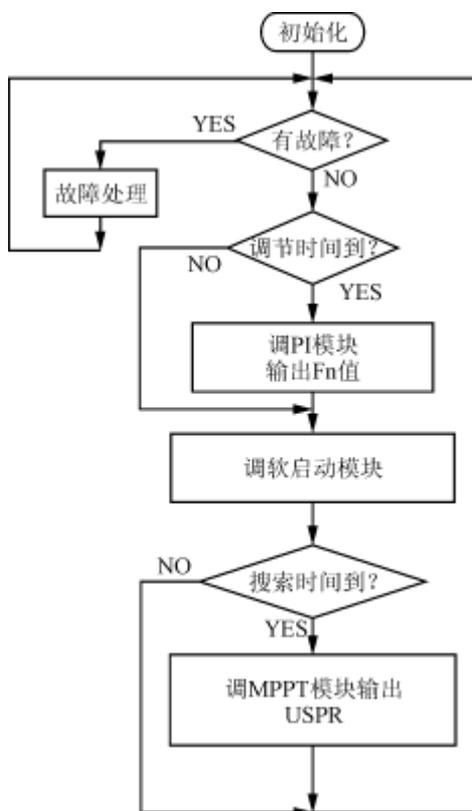


图 9 主程序流程图

5 结语

根据上述思想设计的变频器基本上实现了太阳电池的最大功率点跟踪，而电压闭环又保证了 V/f 恒定，因此大大提高了系统的工作效率；同时，系统又具有短路、欠压、堵转、打干和过载等各种完善的保护功能，可以在各种恶劣的环境下工作，对于偏远的西部某些地区具有广阔的应用前景。