

基于 STM32 小功率光伏控制器的分析

吴敏, 饶智芳, 万新云

(江西泰豪军工集团有限公司, 江西 南昌 330000)

摘要: 国内外目前对集中式光伏发电系统、风能发电系统等研究日趋成熟, 在发电系统中的并、离网逆变器, 功率最大点跟踪 MPPT 控制方法以及防孤的效应方面, 都有成熟的研究成果。在此基础上, 一些大型的风电、光伏电站也随之建立, 而对光伏逆变器与自用设备、储电设备、市电电网之间的智能控制器的研究还有提升空间。本文主要从技术角度对 STM32 小功率光伏控制器的相关问题进行阐述, 从光伏逆变器以及自用设备、储电设备、市电电网之间的智能控制问题入手, 采用 STM32 作为核心控制芯片进行设计, 同时也有效解决了设备间的控制及关联问题, 提升了 STM32 小功率光伏控制器的应用效率。

关键词: STM32; 小功率; 光伏控制器

中图分类号: TM615

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.33.024

随着绿色能源、低碳能源理念的提出, 人们对于绿色能源、可再生能源的关注热情不减, 尤其是在当今环境污染严重的情况下, 绿色能源更是受到人们的青睐。在多种绿色能源中, 太阳能是一种可再生, 具有清洁性能, 符合低碳经济以及绿色经济发展要求的能源。光伏发电技术的发展也在较大程度上解决了一些通信领域以及偏远地区等特殊领域的用电需求, 也使得太阳能的应用性更加广泛。本文基于对 STM32 设计控制器及其相应功能的深入分析, 可以使后期的研究以及技术设计更加科学与合理。

为在更大程度上收集并存储太阳能, 且在公共照明系统中广泛应用, 必须在公用照明系统的硬件设计中采用独立的电源以及主控电路控制器。在软件设计方面, 利用 MPPT 算法实现太阳能转化为电能的最大效率, 实现电能存储于蓄电池中的效率最大化, 满足了照明系统的使用要求。本文针对蓄电池储能独立光伏照明系统进行研究, 并且综合考虑实际操作的难易程度以及经济成本等问题, 设计出小功率光伏控制器, 并对其具体情况进行了简要分析和介绍。

1 光伏控制器介绍

光伏控制器采集了逆变器输出监控、自用电监控系统、电网监控系统、余电入网、防孤岛效应子系统等实际运行状况, 并在符合分布式能源并网以及孤岛效应监测的具体要求下, 做好相应的选网控制, 最终将监控信息存储并传送到远程监控界面, 实现远程控制的目标。

2 STM32 控制流程的分析

2.1 逆变控制

通过信号采集, 利用 MPPT 算法, 调整逆变电路, 使其达

到最大功率点输出, 从而实现系统的 MPPT 的有效控制。

2.2 并网控制

所谓并网控制, 是要求在自用电有余量的情况下, 将余量电自动并入到电网中。通过 STM32 处理器进行信号处理, 程序控制输出决定并网运行的效果或者处于离网状态下的运行情况。当存在余量电时, 逆变器可以通过提前跟踪电网的相关运行电压以及幅度变化、频率等相关参数, 逐步将其趋于一致, 并且将一致的信号传递到 STM32 中。最后经过 STM32 处理器进行科学判断, 输出 PWM 的相关控制信号, 并且控制并网的开关^[1]。

2.3 孤岛效应下的特殊情况

在孤岛效应下, 系统可以自动切断所有的并网通路, 存在余量电的, 可以将余电存储到相应的储电设备中, 其有效反应时间必须符合分布式能源并网以及孤岛效应检测的具体标准。当逆变器并网工作完成后, STM32 需要实时跟踪采集电网电压, 一旦出现异常情况, 需要通过 STM32 输出相应的信号, 以针对 IGBT 开关进行关断处理, 这是为了避免电网没电时, 光伏系统因长时间持续地输电而出现各种用电安全事故。

2.4 针对储电设备的判断

白天太阳光照射强度比较强时, 可将多余的电量进行存储, 以便在没有光的时候使用, 起到节约电能的作用。在此过程中一共包括三个重要的环节: 快速充电的状态、均充电状态以及浮充状态。当充电电压超过储电设备电压时, 进入均充状态; 当充电电流下降到足够小的状态时, 说明储电已经饱满, 进入到补充储电损耗的浮充状态; 当储电水平低于浮充的设定值, 处于临界电流状态时, 则进入到快速充电状态。原则上, 这三种状态是循环运行的, 并且 STM32 处理器可以对这三种状态

的临界值及实际采集值进行比较，从而利用 PWM 脉宽调制技术对其进行科学合理的控制^[2]。

2.5 自用电不足的情况

在自用电不足的状态下，电网用电会呈现自动接入的状态。当 STM32 监测到光照处于严重不足状态时，则需要关断逆变器，接通市电电网；当电网没有电力供应且自用电严重不足时，则可以启动储电设备对其供电^[3]。

2.6 离网运行控制方面

通过 STM32 高速处理器可以快速处理输出的 PWM 信号，同时针对功率开关进行控制。当监控的电路出现过压、过流或者短路等电路故障时，可以通过 STM32 关断逆变器，进而发出相应的报警警告，从而通过电路及时做出相应的调整。

2.7 其他

STM32 小功率光伏控制器通过高性能的控制芯片，针对各个端子的信息及时做出相应的自动化控制，使得存储控制系统处于良好的运行状态；还可通过通信方式上传数据到控制中心（或者控制室），在液晶显示屏上显示出整个系统的实时工作状态。

通过将系统的监控数据传输到服务器上，同时对手机、平板电脑等移动终端设备的 APP 进行相应的服务器访问，从而满足了远程监控的要求。控制的核心芯片一般为 STM32F103 芯片，其本身可以满足高速定时监测以及高速处理的指令与要求。同时其具有 32K 字节的闪存程序存储能力，能满足多部位定时器的定时监控需求^[4]。

3 软硬件设计

3.1 硬件设计方面

从硬件设计的整体角度来看，充放电的控制器整体硬件电路是由 MCU 控制电路、控制驱动电路、Boost 主电路、保护电路、电池容量检测电路以及隔离电路等诸多方面构成的。通常，利用 STM32 控制器（MCU）检测光伏阵列以及铅酸蓄电池的大电流以及强电压，都必须通过前级检测电路将强电信号转换为控制器可识别的电信号。同时，通过后端检测电路、铅酸蓄电池等信号的采集和处理，程序控制，调节 Boost 电路输出控制。为更好地对蓄电池充电过程进行合理把控和管理，必须提高光伏电能本身的利用率。因此，本次设计的主要方式就是控制开关的通断，具体如图 1 所示。

从控制电路的角度看，控制电路一般包括最小系统、检测电路、负载控制电路以及功率电路等部分。在本系统中，负载控制主要是控制路灯的亮或灭，直接可以利用三极管驱动 MOS

管进行路灯回路控制，也可直接利用三极管驱动光耦进行路灯回路控制，具体的控制线路如图 2 所示。

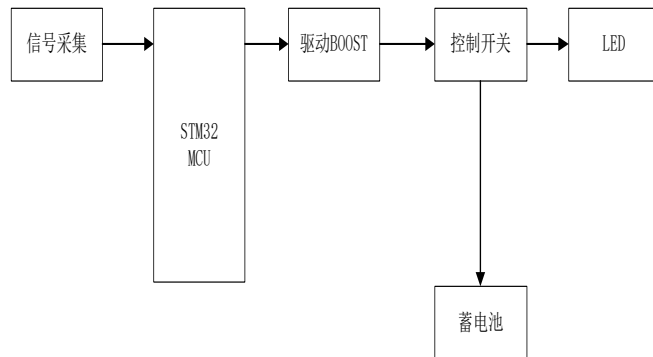


图 1 系统框架结构

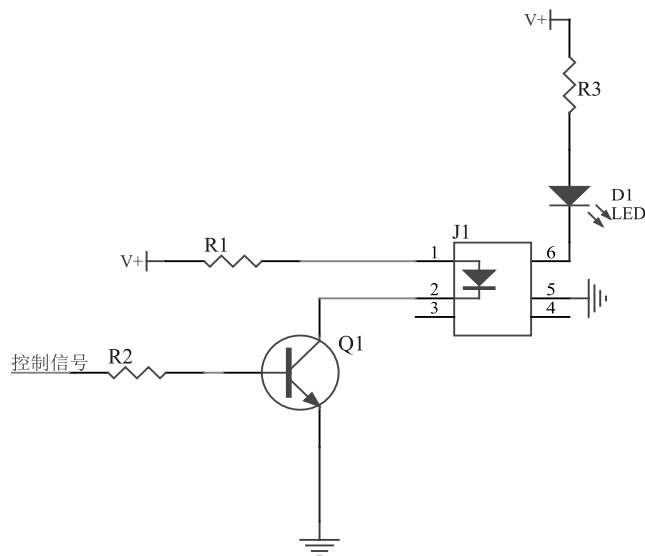


图 2 系统负载控制电路构成

从原理看，主电路采用的是 Boost 电路，其在工作过程中电流可以持续不断存在，并且整体的电路构造以及结构相对比较简单，与其他电路相比具有更高的能量转换效率。

此设计的重点在于加入了保护电路设计，包括整个线路的过充保护、过放保护及短路保护。若出现过度充电的情况，就会导致蓄电池的特性变差，或者出现容量降低，甚至还会导致蓄电池出现损坏。所以在具体的试验过程中，如果蓄电池端的电压超过 15V，那么过充保护的电路就会自动切断蓄电池与光伏阵列之间的连接；过放保护启动时，需要加入电池容量检测方面的电路，当电池的负载状态小于 10% 时，则可以自动断开蓄电池和负载之间的连接^[5]。

3.2 软件设计方面

第一，从充电方面来看，完善且可靠的软件设计环节，可以使硬件电路设计更加有效，同时也可以使供电工作更为稳定。所以在软件设计的过程中，充放电是非常重要的一个部分，其具体操作流程如图 3 所示。

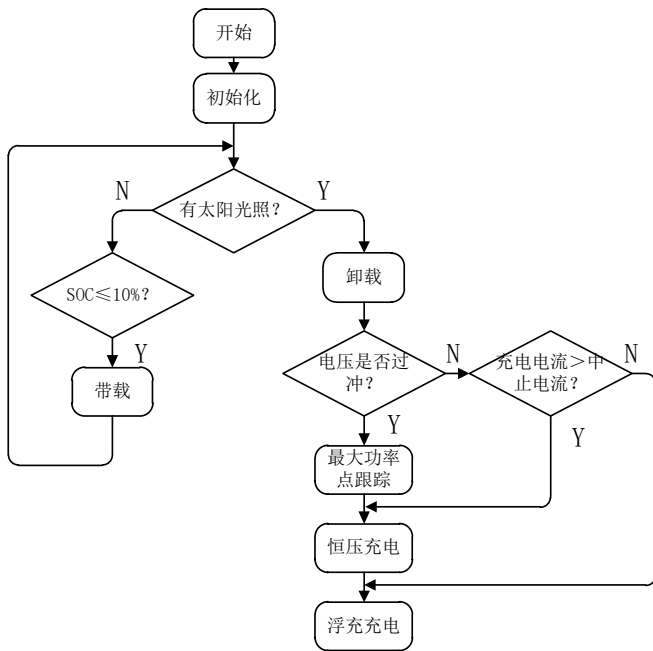


图3 软件设计主程序流程

第二，充放电过程实际包括两个方面的内容，即白天的充电以及夜晚的放电。在系统电运行初始化之后，根据感光元件的情况进行判断和选择，这样在利用 MPPT 算法时，控制器就可以通过调节开关，使铅酸蓄电池接受到光伏电池最大输出功率。当电流确实大于过充终止电流时，则可以选择定电压的方式针对蓄电池进行充电。与此同时，可继续检测蓄电池充电过程中的电流情况。当充电电流低于额定电流的 10% 时，自动切换到浮充阶段，此时采用的是微高于蓄电池电压的恒压，可有效针对蓄电池进行充电处理^[6]。

第三，MPPT 算法原理分析。公共照明系统最容易受到光照强度及温度的影响，而其负载特性相对而言是比较稳定的^[7]。为此，光伏阵列的输出特性可以呈现出非线性的特点。通过调节主电路中的功率管控制光伏阵列给主电路输入的电压数值，当达到主电路输出的最大功率限度之后，则需要跟踪光伏阵列

输出功率^[8]。

4 结语

本文从光伏逆变器以及自用电设备、储电设备、市电电网之间的智能控制问题入手，采用 STM32 作为核心控制芯片，在尝试进行设计的同时也有效解决了设备间的控制及关联问题。基于此，这一控制器本身的设计具有很强的可移植性，可以应用到不同的光伏发电系统当中。

参考文献：

- [1] 严旭, 王东文. 基于准比例谐振控制的光伏并网电流控制方法[J]. 冶金自动化, 2022, 46(S1): 491-494.
- [2] 温洪宇. 双有源桥式 DC-DC 变换器线性自抗扰控制策略研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2022.
- [3] 王汉城. 配电网电能路由器控制策略研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2022.
- [4] 杨辉. 中小功率组串式两级非隔离并网逆变器设计[D]. 太原: 中北大学, 2022.
- [5] 申晓彬. 推挽式微型光伏逆变器设计[D]. 太原: 中北大学, 2022.
- [6] 彭鑫焱. 多电源混合供电协同控制策略的研究[D]. 重庆: 重庆理工大学, 2022.
- [7] 余运俊, 谢大明, 黄玉水, 等. 变增益自抗扰控制的光伏水泵 MPPT 建模与仿真[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(10): 91-96.
- [8] 邢云. 基于模糊控制的微电网储能系统功率控制策略研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2021.

作者简介：吴敏（1980-），女，江西赣州人，硕士研究生，高级工程师，主要从事新能源研究。