

风光互补发电实训系统的设计与开发

邓奕，金鑫

（湖北省武汉市江夏区文化大道汉口学院）

摘要：太阳能和风能的利用已成为节能减排技术发展和应用的主流趋势。本文主要以风光互补发电实训系统为研究对象，不仅成功实现风光互补发电，而且通过控制算法实现太阳能板对模拟光源的自动追踪，同时通过 PLC 建立的分布式监控系统，采用全数字化模块对系统变量进行采集，保证了系统的可靠运行以及实时数据传输。该系统主要围绕太阳能光伏发电技术与风力发电技术的原理、设计、应用等内容开展实训、教学和培训，能让学生快速掌握风光互补发电技术，为国家的节能环保产业输送一批急需的应用型高级技能人才。

关键词：风光互补发电；实训系统；数字化

1 引言

在新能源中，风能与太阳能的开发利用日趋受到各国的普遍重视，已经成为新能源领域中开发利用水平最高，应用最广泛，最具商业化发展条件的新型能源。经过多年的探索实践证明，利用风力、光伏发电是解决边远地区用电问题的有效途径。风光互补供电系统就是利用风力、光伏发电较理想的应用模式，它比单一的风力或光伏供电系统的供电连续性和可靠性均有所提高，其应用越来越广泛^[1]。

本文主要以风光互补发电实训系统为研究对象，该系统以 370W 风力发电机组为基础，太阳能板由两块 40W/12V 的太阳能电池板串联而成，蓄电池组采用两个单体 12V/17Ah 固定型铅酸蓄电池串联实现，加上整流以及逆变装置，构成风光互补发电平台。

2 系统实现原理说明

该系统主要分为两部分：主电路部分和控制电路部分。主电路中二维电机驱动太阳能电池板跟踪模拟光源，将太阳能转化为电能；另外变频器驱动发电机组模拟风源，将机械能转化为电能，由于发电机输出交流电，因此需要经过整流器将其变为直流，两路电能分别经过 DC/DC 升压后可同时接入充电管理模块，通过控制实现对蓄电池充电。蓄电池能源一方面能直接驱动直流负载，另一方面可以通过逆变器变换为交流电驱动交流负载。控制电路主要为 PLC 电气控制以及通讯控制，电气控制用于系统整体功能实现以及逻辑控制，通讯控制则主要用于信号采集以及变频器控制。该系统框图如图 1 所示。

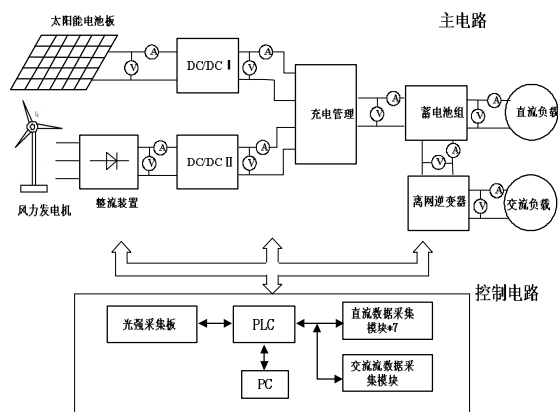


图 1 风光互补发电系统框图

3 系统硬件设计

该系统硬件设计包括主电路设计和控制电路设计两个部分，这里只对其中部分重要设计模块电路以及 PLC 控制部分进行说明。

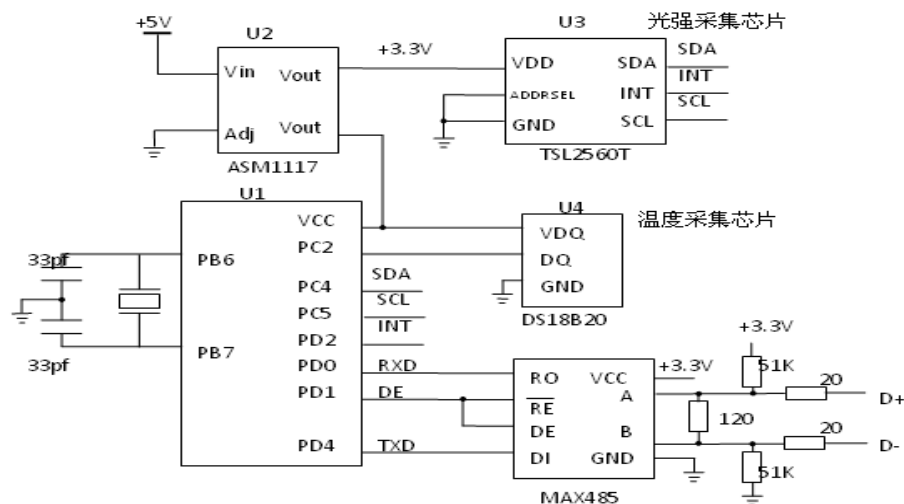


图 2 光强采样模块原理图

光强采集板输入电源为 5V，经过电压转化芯片 ASM1117-3.3 转化为 3.3V 之后为单片机以及 TSL2560 供电。光强采集板采用 ATMEG8(L) 作为主控制芯片，一方面通过 SMB 总线与 TSL2560 通讯获取光强值，另一方面通过单线与 DS18B20 通讯获得温度的数字转化值；单片机对光强值以及温度值进行数字滤波后通过 RS485 总线采用 MODBUS-RTU 与西门子 PLC 通讯，从而实现对光强以及温度的采集。

光强采样模块设计

光强采集板主要用于光强以及温度检测，光强检测采用 TSL2560 光强采集芯片，该芯片是 TAOS 公司推出的一种高速、低功耗、宽量程、可灵活配置的光强传感芯片。其将光强转化成数字信号输出，具有直接 I2C 接口或者 SMBUS 接口。温度检测采用 9 位数字温度计芯片 DS18B20，其通过单线接口进行数据发送以及命令接收，不需要外接电源。光强采样模块电路如图 2 所示。

为使太阳能板具有较大功率输出，太阳能板需要垂直太阳光入射方向。本系统太阳能板对太阳跟踪采用双轴跟踪设计。PLC 获取光强以及温度值之后通过算法驱动二维电机实现太阳能板对太阳的准确跟踪。但由于光强的变化对系统追踪效果有较大影响，因此在阴天以及多云的时候，追踪效果有待进一步提高。

3.2 DC/DC 升压模块设计

光伏阵列首先把太阳光辐射能量转换为

PN 结的光生电场, 通过阵列的引线把光生电场的电能以直流电能的形式传送出来。这时的直流电能电压、电流、功率等都受光伏阵列的本身特性和工作环境影

响, 不够稳定。光伏阵列输出直流电能需要通过 DC/DC 升压模块升压后对蓄电池进行充电, 经过蓄电池存储后的电能再进行, 起连续型和稳定性都得到很大提高。

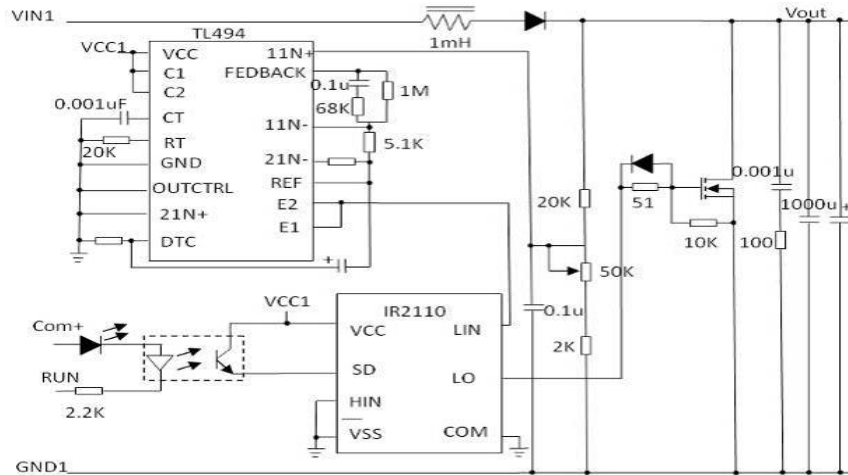


图 3 DC/DC 升压模块原理图

DC/DC 板设计采用 TL494 固定脉宽调制器进行 B00ST 电路设计, 其输出信号经过专用驱动芯片 IR2110 实现对主电路 MOSFET 的有效控制, 从而实现 DC/DC 升压功能。电路中 50K 滑动变阻器可无级调节电路输出电压有效值。本设计中芯片的地与 GND1 通过印制板标号实现电气连接。DC/DC 板设计原理如图 3 所示。

实际上, 即使对于具有两级变换的光伏并网逆变系统, 其前期 DC-DC 变换器和后继 DC-AC 变换器之间一般均置一个足够容量的直流滤波电容, 该直流滤波电容在缓冲前后能量变化的同时也起到了前后级控制上的解耦作用^[2]。本设计采用蓄电池作

为直流电能存储装置, 因此需要增加蓄电池充电管理模块。

3.3 充电管理模块设计

根据电量的不同进行采用不同的充电方式进行充电: 当电压低于快充电压值, PLC 控制充电管理模块采用大电流 (本实验为 2.25A) 对蓄电池进行充电, 当电压达到慢充的电压设定值时, PLC 切换充电方式为慢充 (1.25A) 充电方式, 当电压达到浮充电压时, 电路采用浮充电压方式对电路进行充电, 实验结果显示, 浮充电压为 27V 左右, 但是此时电流非常小, 几乎为 0A。充电管理模块原理如图 4 所示。

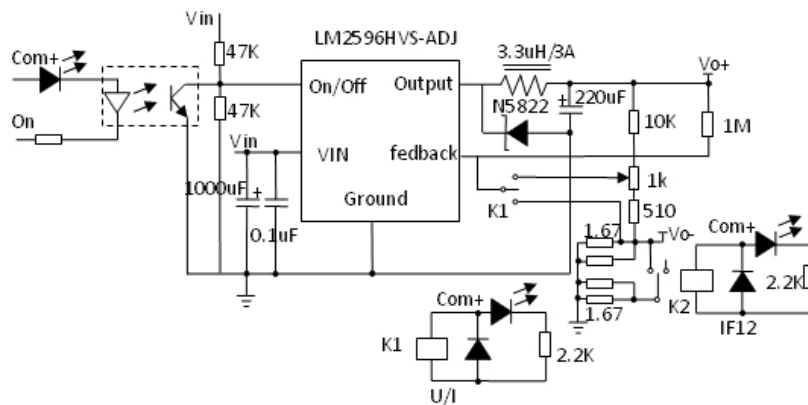


图 4 充电管理模块原理图

输入 U/I, IF12 分别用 Y1, Y2 表示, 0, 1 表示继电器是否得电, 假设为通电情况下继电器开关处于 3 位置。充电管理控制逻辑如表 1 所示

表 1 充电管理控制逻辑

Y1	Y2	充电状态
0	0	恒压充
0	1	恒压充
1	0	恒流慢充
1	1	恒流快充

因为对蓄电池进行充电时, 是通过检测电池的电压值进行充电模式切换的唯一条件, 在进行充电的过程中会发现, 当采用电流充模式的时候, 由于充电管理模块的

输出直接接在蓄电池两端, 此时我们通过检测电路检测到的蓄电池端电压会由于充电模式的影响而生变化。因此为了克服继电器频繁动作, 需要对充电条件的断定进行修改, 最直接的办法是在条件判定时中除了对蓄电池电压进行检测, 还需要在改变蓄电池充电模式的时候加入滞环判断条件。具体滞环控制方法如下图所示。以慢充切换至浮充做简要说明, 当检测到蓄电池充电电压大于等于 U_3 时, PLC 控制切换以浮充对蓄电池进行充电, 当蓄电池接入负载, 蓄电池电压低于 U_2 时, PLC 切换回慢充模式。滞环控制示意图如图 5 所示。

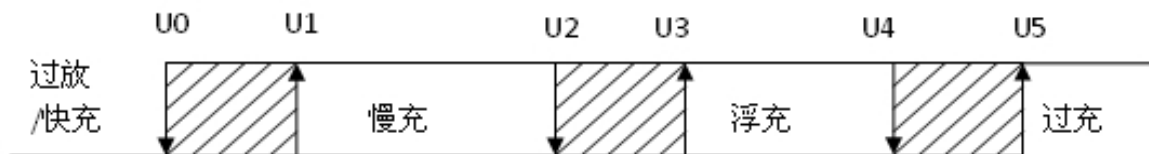


图 5 滞环控制示意图

3.4 PLC 硬件设计

整个系统采用 PLC 分布式控制, 利用 PC 机构建组态王上位机控制界面以及监控界面, 通过 PPI 通讯实现与 PLC 连接。PLC 有两种命令输入方式: 一是由 PLC 的 I/O 输入端进行命令给定; 二是通过组态王进行软触点通讯控制, 两种控制方式都能实

现对 PLC 有效控制, 该系统两种方式都得到了应用。

3.4.1 I/O 分配图

由于篇幅限制, 本文只给出主要 I/O 触点分配以及外部电源接线示意图, 不再对触点功能进行说明。如图 6 所示。

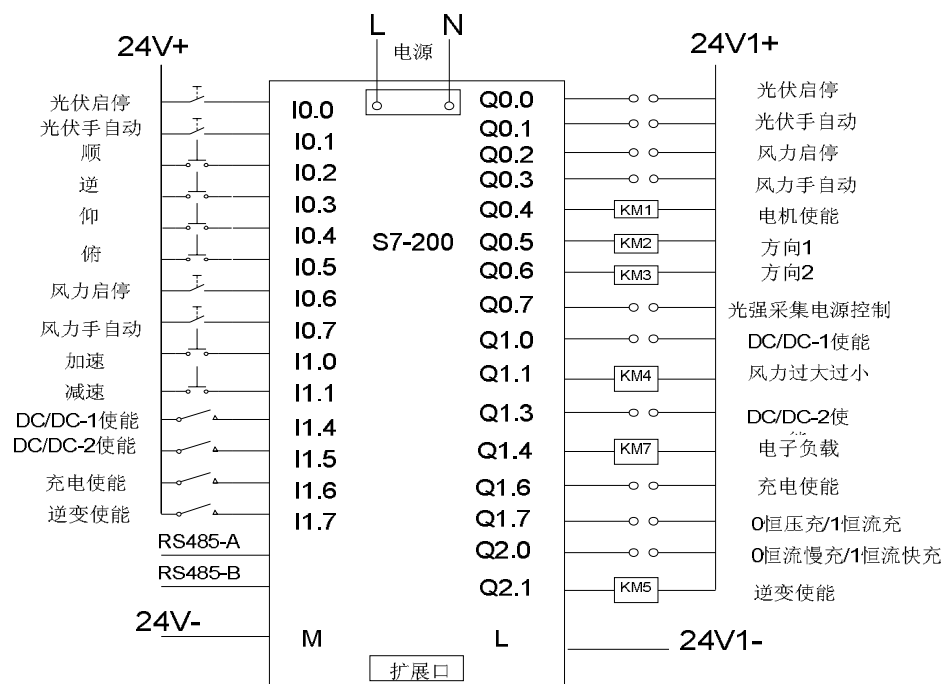


图 6 I/O 分配以及外部电源接线示意

3.4.2 通讯结构设计

PLC 作为本实训平台核心控制器，通过 RS485 总线采用 MODBUS-RTU 通讯方式控制变频器、光强采集板以及电压电流信号采样模块，获取实时变量数字信号，PC 机通过上位机组态软件与 PLC 进行 PPI 通讯实现对变量的实时监控。本设计采用 WB1906B35 模块进行直流电流以及电压采样，总共有 7 路直流电流以及 7 路直流电压，因此需要 7 个模块。交流电流以及电压采样采用 WB1811B35 模块，只需要一个模块用于检测逆变端的电流以及电压。

系统通讯框图如图 7 所示。

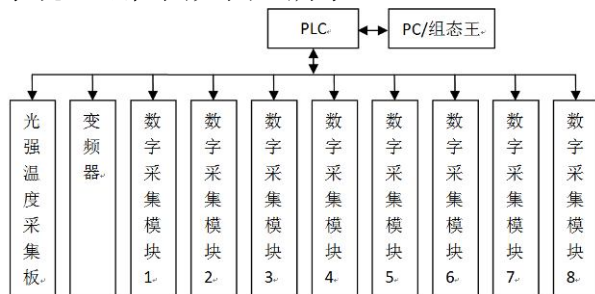


图 7 系统通讯框图

通过数字化的采样以及滤波处理，有效的

保证了数据采集精度，另外很大程度上提高系统的稳定性与可靠性。

4 系统软件设计

系统软件设计主要分为三大部分：1、光强采集板 ATMEGA8 (L) 程序设计。2、PLC 系统程序设计。3、组态王上位机界面设计

4.1 光强采集板程序设计

单片机 ATMEGA8 (L) 程序主要包含三个部分：1、光强采集 SMB 总线程序。2、温度采集单总线程序。3、MODBUS-RTU 通讯程序。

4.2 PLC 程序设计

PLC 系统程序设计采用模块化设计，通过调用子程序方式实现对整个系统的有效控制，程序主要分为光伏子程序、风力子程序、通讯子程序、自动追踪子程序等等，软件控制流程框图如图 8 所示。

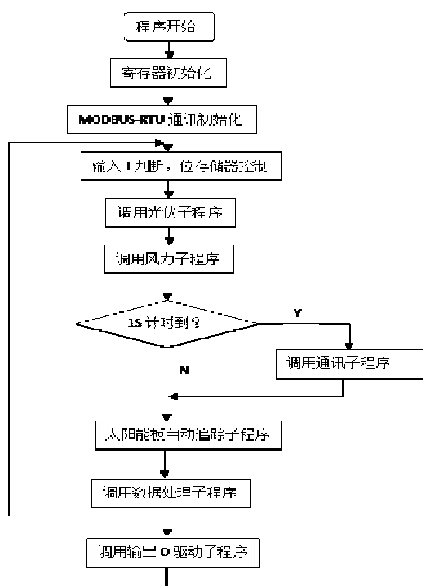


图 8 软件控制流程框图

如图 8 所示，程序采用模块化控制，通过调用子程序方法实现对光伏、风力、蓄电池等单元进行控制管理。在主程序中首先进行相关变量初始化，在初始化后，程序进入主体循环，其通过不断调用功能子程序实现对系统的有效监控。光伏控制子程

序主要实现太阳能发电组件手自动控制，自动控制时，程序能实现对光源的自动跟踪。风力发电子程序通过通讯实现风力的手自动控制。通讯子程序完成数据采集与实时更新。数据处理子程序对采样数据进行处理，通过结合算法对系统运行情况进行优化，提高系统运行稳定性。输出驱动子程序通过最终输出端子继电器 Q 实现 PLC 对外部电路有效控制。

4.3 组态王界面开发

组态王界面主要分为风光互补发电实训平台界面、太阳能板光源自动追踪界面、蓄电池充放电控制界面，报表显示界面等等。风光互补发电系统控制界面如图 9 所示。



图 9 风光互补发电系统控制界面

组态王风光互补调试界面可对每个模块进行独立控制与监视，并实时显示模块具体电压电流参数，另外当驱动模块使能时，通过信号流状态可知系统输出具体情况。

5 结束语

该系统实现了风光互补发电功能，通过检测光强的方法可以实现对光源的有效跟踪，其主要围绕太阳能光伏发电技术与风力发电技术的原理、设计、应用等内容开

展实训、教学 and 培训, 能让学生快速掌握风光互补发电技术, 为国家的节能环保产业输送一批急需的应用型高级技能人才。

参考文献

[1] 陈璟华, 杨宜民. 风力/太阳能发电的发展现状和展望[J]. 广东工业大学学

报, 2007, 24(3).

[2] 刘志煌. 风光互补发电系统的优化设计研究[D]. 广东工业大学, 2009 年 12 月.

项目来源: 湖北省“2011”协同创新计划。

邮箱: 402345008@qq.com