



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102931684 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201210449077. 8

(22) 申请日 2012. 11. 09

(71) 申请人 东华大学

地址 201620 上海市松江区人民北路 2999 号

申请人 上海盟津光电科技有限公司

(72) 发明人 孙以泽 董晓伟 陈玉洁 孟婷

(74) 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司  
31001

代理人 翁若莹 柏子雯

(51) Int. Cl.

H02J 3/38 (2006. 01)

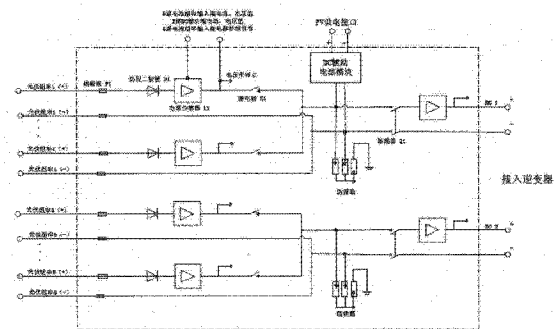
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种光伏交直流智能配电箱

(57) 摘要

一种光伏交直流智能配电箱,具有光伏组件汇流、直流侧检测保护、交流侧监测防孤岛功能,主要为中小型并网光伏系统配电。所述智能配电箱可接入 8 路光伏组串,输入回路接熔断器、防反二极管、高压防雷器、断路器,实现直流侧多种保护作用,串联继电器可根据系统功率要求智能调节接入逆变器的光伏组串数,能巡检每组串输入和汇流后 DC 输出的电流电压,提供 2 路 DC 输出,经逆变器升压逆变滤波后,再接回配电箱,实时检测逆变器输出电流电压和电网电压,实现过/欠电压、电流保护和反孤岛策略,当系统存在故障信号时,交流侧继电器自动切断向电网的供电。所述配电箱保护功能多,系统安全性高,采用一体化结构设计,经济实用。



1. 一种光伏交直流智能配电箱,由直流侧、交流侧和控制板三部分组成,其特征在于:直流侧包括 8 对光伏组串输入接口,每 4 对光伏组串输入并联汇流形成一路 DC 输出;每对光伏组串输入回路均接高压熔丝一 (F1),防倒灌和过电流,输入回路接防反二极管一 (D1),抑制并联电池组串之间形成环流,然后串接霍尔电流传感器一 (L1) 测量每路输入直流电流,并引出电压测量点一,并串入继电器一 (K1) 用于控制当前光伏组串输入回路的通断,可根据该光伏发电系统功率智能调节接入逆变器的光伏组串数;汇流后的 DC 输出回路间并联雷击浪涌保护器一,然后串接直流断路器一 (Q1) 实现 DC 输出短路保护,串接霍尔电流传感器二 (L2) 监测每路 DC 输出电流,并引出电压测量点二;交流侧回路接入霍尔电流传感器三 (L3) 和电压传感器四 (L4) 用于测量逆变器输出交流电流、电压瞬时值,串入继电器二 (K2) 和继电器三 (K3) 用于控制逆变器输出到电网回路的通断,并联防雷器二,串入断路器二 (Q2) 保护并网回路,然后并联霍尔电压传感器五 (L5) 用于测量电网电压实时信号,最后接入低压电网。

配电箱控制板包括:CPU、信号调理放大模块、多选一模拟开关、过零检测电路、过/欠电压电流保护模块、辅助电源模块、RS232 通讯模块、继电器控制电路、蜂鸣器、按键设定与 LED 显示,所有的电流、电压采样值以及外部传感器输入经信号调理模块后连接多个八选一模拟开关输入到 AVR 单片机的 A/D 转换模块,控制单元将数据运算处理后控制直流侧 8 对光伏组串输入回路的继电器通断,实现直流侧检测保护和智能调节接入逆变器的组串路数的功能;过零检测电路用于检测交流侧电网电压和逆变器输出电流的过零点完成对其频率和相位的跟踪;过/欠电压、电流保护电路是将逆变器输出交流电流、电压信号与上、下限值经电压比较器得到 4 类故障信号,输入到四组 R/S 触发三态输出锁存器,得到故障报警信号,再由 CPU 发出控制信号驱动继电器控制交流侧回路通断,并控制蜂鸣器发生报警信号,实现过/欠电压、电流保护功能。

2. 如权利要求 1 所述的一种光伏交直流智能配电箱,其特征在于:所述控制单元同时采用 3 种成熟的防孤岛策略:第一种防孤岛策略为比较所述控制单元通过所述电压传感器一 (L4) 捕获的逆变器输出电压与通过所述电压传感器二 (L5) 捕获的电网电压的之间差值来确定是否存在电力孤岛;第二种防孤岛策略为比较所述控制单元通过所述电流传感器三 (L3) 捕获的逆变器输出电流与通过所述电压传感器二 (L5) 捕获的电网电压的频率的误差来确定是否存在电力孤岛;第三种策略为比较所述控制单元通过所述电流传感器三 (L3) 捕获的逆变器输出电流与通过所述电压传感器二 (L5) 捕获的电网电压的相位的误差来确定是否存在电力孤岛。将这 3 种成熟的防孤岛策略联合使用确保了并网系统的安全性。当超过误差阈值时即判定为发生孤岛效应,单片机迅速响应发出报警信号,控制继电器二 (K2) 及继电器三 (K3) 切断向电网的供电。

3. 如权利要求 1 所述的一种光伏交直流智能配电箱,其特征在于:具有直流侧监测保护、智能调节接入光伏组串路数和功率的功能,由操作人员通过按键单元设定负载功率,单片机根据计算结果发出控制信号,经光耦隔离驱动 8 个继电器一 (K1) 的通断,智能调节接入逆变器的光伏组串数。当单片机通过电流传感器一 (L1) 及电压采样点一捕获信号判断其所对应的一路光伏组串输入出现故障或发生阴影遮挡时,通过断开相应的继电器一 (K1),将该路关断,同时通过闭合相应的继电器一 (K1),智能切换到另一路光伏组串输入。

4. 如权利要求 1 所述的一种光伏交直流智能配电箱,其特征在于:还包括外部传感器

模拟量输入接口,可接受外部传感器采集的组件温度、环境温度、风速、辐照量等信息,经 A/D 转换后送 LED 显示和远程通讯。

5. 如权利要求 1 所述的一种光伏交直流智能配电箱,其特征在于:配电箱的控制板电源可选用外部电源输入或者 PV 自供电,其中 PV 自供电模块的输入电压来自光伏组串汇流后的 DC 回路,输出为  $\pm 12V$  的直流电压,采用反激式开关稳压电源,以 UC3845 为核心控制芯片,该辅助电源的工作电压更宽,输出电压稳定。

6. 如权利要求 1 所述的一种光伏交直流智能配电箱,其特征在于:远程通讯功能使用 RS232 通讯接口,由单片机的 RXD、TXD 引脚通过光耦隔离单元驱动,支持标准 Modbus RTU 协议,方便系统集成,可将监控数据传输到上位机系统以及客户端交互式应用平台,方便用户随时了解发电系统运行情况。

## 一种光伏交直流智能配电箱

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有光伏组件汇流、直流侧检测保护、交流侧监测防孤岛功能的一体式配电箱,属于太阳能光伏发电技术领域。

### 背景技术

[0002] 现阶段,国家太阳能发电项目建设如火如荼,在建筑物上安装的光伏阵列进行分布式发电,光伏建筑一体化(BIPV)或太阳能屋顶等中小型电站项目特别受欢迎。并网光伏发电系统主要由光伏阵列、汇流箱、直流柜、逆变器、交流柜等组成,组串型逆变器适用于中小型电站项目,发电量高、运行稳定,通常有1路或2路最大功率峰值跟踪。

[0003] 对于建筑、住宅等户用中小型光伏发电项目,减少电缆的接线数量,最大限度地节约空间,安装使用简便,安全性高,成本低,尤为重要。而现在的汇流箱、直流柜、交流柜等庞大笨重,操作复杂,价格昂贵,特别是汇流箱只提供单路DC输出,不能依据系统功率要求自动调节输入组串数,不适用于组串型逆变器。同时,并网发电系统对交流侧输出电能质量要求高,需要能够有效地防止电力孤岛的形成。

### 发明内容

[0004] 针对中小型光伏系统的特点和现有产品的缺陷和不足,本发明提供一种采用一体式结构设计的智能配电箱,具有多路光伏组串输入两路汇流DC输出、智能调节接入逆变器的组串路数,直流侧监测保护、交流侧实时检测和防孤岛、远程通讯、PV自供电等功能,可直接连接太阳能电池和并网逆变器(特别适用于组串型逆变器),安全便捷地实现用户侧并网发电。

[0005] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是提供了一种光伏交直流智能配电箱,由直流侧、交流侧和控制板三部分组成。其特征在于:直流侧包括8对光伏组串输入接口,每4对光伏组串输入可并联汇流形成一路DC输出;每对光伏组串输入(+)、(-)回路均接高压熔丝一,防倒灌和过电流,输入(+)回路接防反二极管一,抑制并联电池组串之间形成环流,然后串接霍尔电流传感器一测量每路输入直流电流,并引出电压测量点一,并串入继电器一用于控制当前光伏组串输入回路的通断,可根据该光伏发电系统功率智能调节接入逆变器的光伏组串数;汇流后的DC输出回路间并联雷击浪涌保护器一,然后串接直流断路器一实现DC输出短路保护,串接霍尔电流传感器二监测每路DC输出电流,并引出电压测量点二;本配电箱的两路汇流DC输出接入组串型并网逆变器,经升压逆变后,接回到本配电箱的逆变器输出接口;交流侧回路接入霍尔电流传感器三和电压传感器四用于测量逆变器输出交流电流、电压瞬时值,串入继电器二、三用于控制逆变器输出到电网回路的通断,并联防雷器二,串入断路器二保护并网回路,然后并联霍尔电压传感器五用于测量电网电压实时信号,最后就可接入低压电网。

[0006] 所述的配电箱控制板包括:CPU、信号调理放大模块、多选一模拟开关、过零检测电路、过/欠电压电流保护模块、辅助电源模块、RS232通讯模块、继电器控制电路、蜂鸣器、按

键设定与 LED 显示。其中, CPU 采用高性能、低能耗的 8 位 AVR 微处理器 ATmega64, 有足够的双向 I/O 口, 并自带 8 路 ADC 输入。

[0007] 优选地, 所有的电流、电压采样值以及外部传感器输入经信号调理模块后连接多个八选一模拟开关输入到 AVR 单片机的 A/D 转换模块, 控制单元将数据运算处理后控制直流侧 8 对光伏组串输入回路的继电器通断, 实现直流侧检测保护和智能调节接入逆变器的组串路数的功能; 过零检测电路用于检测交流侧电网电压和逆变器输出电流的过零点完成对其频率和相位的跟踪; 过 / 欠电压、电流保护电路是将逆变器输出交流电流、电压信号与上、下限值经电压比较器得到 4 类故障信号, 输入到四组 R/S 触发三态输出锁存器, 得到故障报警信号, 再由 CPU 发出控制信号驱动继电器控制交流侧回路通断, 并控制蜂鸣器发生报警信号, 实现过 / 欠电压、电流保护功能。通过比较单片机捕获的逆变器输出电压与电网电压的幅值误差、逆变器输出电流与电网电压的频率误差、逆变器输出电流与电网电压的相位误差来确定是否存在电力孤岛, 当三者中任何一项超过误差阈值时即判定为发生孤岛效应, CPU 迅速响应发出报警信号, 控制继电器切断向电网的供电, 将这 3 种成熟的防孤岛策略联合使用确保了并网系统的安全性。

[0008] 优选地, PV 自供电是将 1 路光伏组串汇流后的 DC 输出路接入辅助电源模块, 采用反激式开关稳压电源, 以 UC3845 为核心控制芯片, 输出为  $\pm 12V$  的直流电压, 为控制板提供电源; 远程通讯功能使用 RS232 通讯接口, 由单片机的 RXD、TXD 引脚驱动, 支持标准 ModbusRTU 协议, 将监控数据传输到上位机系统以及客户端交互式应用平台, 方便用户随时了解发电系统运行情况。

[0009] 有益效果

[0010] 采用上述技术方案, 将本发明一体式配电箱与组串型逆变器一同使用, 非常适合光伏建筑一体化 (BIPV) 或太阳能屋顶等中小型电站项目, 发电效率高, 运行稳定, 系统安全可靠, 运行情况直观显示, 占用空间少, 操作便捷, 可以方便快捷为用户提供一个并网光伏发电系统, 能够极大地促进太阳能的普及和光伏产业的发展。

## 附图说明

[0011] 图 1 为实施例中的一种光伏交直流智能配电箱的输入 / 输出接口图;

[0012] 图 2 为实施例中的一种光伏交直流智能配电箱的直流侧电路框图;

[0013] 图 3 为实施例中的一种光伏交直流智能配电箱的交流侧电路框图;

[0014] 图 4 为实施例中的一种光伏交直流智能配电箱的控制板原理框图。

## 具体实施方式

[0015] 下面结合附图进一步对本发明进行详细阐述, 以使本发明的优点和特征能更易于被本领域技术人员理解, 从而对本发明的保护范围做出更为清楚明确的界定。应理解, 以上所述仅为本发明的实施例, 并非因此限制本发明的专利范围, 凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换, 或直接或间接运用在其他相关的技术领域, 均同理包括在本发明的专利保护范围内。

[0016] 如图 1 所示, 本实施例所提供的一种光伏交直流智能配电箱具有如下接口: 8 路光伏组串 (+)、(-) 输入接口, 2 路 DC (+)、(-) 输出共 4 个接口, 1 个通讯口, 1 个外部电源口,

一个逆变器输出插孔,一个低压电网插孔。

[0017] 如图 2 所示,该一体式配电箱的直流侧提供 8 对光伏组串输入接口,每 4 对光伏组串输入可并联汇流形成一路 DC 输出;每对光伏组串输入 (+)、(-) 回路均接高压熔丝一 (F1),防倒灌和过电流,输入 (+) 回路接防反二极管一 D1,抑制并联电池组串之间形成环流,然后串接霍尔电流传感器一 L1 测量每路输入直流电流,并引出电压测量点一,并串入继电器一 K1 用于控制当前光伏组串输入回路的通断,可根据该光伏发电系统功率智能调节接入逆变器的光伏组串数;汇流后的 DC 输出回路间并联雷击浪涌保护器一,然后串接直流断路器一 Q1 实现 DC 输出短路保护,串接霍尔电流传感器二 L2 监测每路 DC 输出电流,并引出电压测量点二;DC 辅助电源模块可实现 PV 自供电功能,为控制板提供稳定的电源。

[0018] 如图 3 所示,本配电箱的两路汇流 DC 输出接入组串型并网逆变器,经升压逆变后,接回到本配电箱的逆变器输出接口;交流侧回路接入霍尔电流传感器三 L3 和电压传感器四 L4 用于测量逆变器输出交流电流、电压瞬时值,串入继电器二 K2 和继电器三 K3 用于控制逆变器输出到电网回路的通断,并联防雷器二,串入断路器二 Q2 保护并网回路,然后并联霍尔电压传感器五 L5 用于测量电网电压实时信号,最后接入低压电网。

[0019] 如图 4 所示,8 个电流传感器一 L1 经由信号调理模块连接八选一模拟开关一;8 个电压采样点一经由信号调理模块连接八选一模拟开关二;2 个电流传感器二 L2、2 个电压采样点二及 4 路外部传感器模拟量通过外部传感器可以采集组件温度、环境温度、风速及辐照量等信息经由信号调理模块连接八选一模拟开关三;电压传感器二 L5、电流传感器三 L3 及电压传感器一 L4 连接交流侧电压电流过零检测电路。八选一模拟开关一、八选一模拟开关二及八选一模拟开关三各产生的一路模拟量输出及交流侧电压电流过零检测电路产生的 3 路模拟量输出,共六路模拟量输出输入作为控制单元的型号为 ATMEGA64 的单片机自带的 ADC 单元。电流传感器三 L3 还连接过电流保护电路,电压传感器一 L4 还连接过电压保护电路,由电流保护电路将输入的电流信号与预设的电流上、下限值比较得到两类电流故障信号,由过电压保护电路将输入的电压信号与预设的电压上、下限值比较得到两类电压故障信号,每类电流故障信号及每类电压故障信号对应一组 R/S 触发三态输出锁存器,四组 R/S 触发三态输出锁存器连接单片机。由控制单元根据 R/S 触发三态输出锁存器的输出控制继电器二 K2 及继电器三 K3 的通断,并控制蜂鸣器发生报警信号,实现过 / 欠电压、电流保护。单片机直接产生数码显示屏需要的位码,同时通过数据锁存单元产生数码显示屏需要的段码。单片机的 RXD 引脚及 TXD 引脚通过光耦隔离电路连接 RS232 通讯接口。单片机还连接蜂鸣器及按键单元。单片机通过光耦隔离电路连接 8 个继电器一 K1、继电器二 K2 及继电器三 K3。控制板由 DC 辅助电源模块提供电源或由通讯及电源接口得到电源。

[0020] 下面结合图 2、图 3、图 4,详细说明本发明智能配电箱的相关功能和实施例:

[0021] 所述的 8 路光伏组串 (+) 输入回路继电器 K1,单片机在以下两种情况下控制其通断:

[0022] 第一种,由操作人员通过按键单元设定负载功率,单片机根据计算结果发出控制信号,经光耦隔离驱动 8 个继电器一 K1 的通断,智能调节接入逆变器的光伏组串数。由以下公式确定接入的光伏组串数:

[0023]

$$\text{接入光伏组件总量} = \frac{\text{负载功率 (W)}}{\text{光伏组件额定功率 (W)}} ;$$

[0024]

$$\text{串联的光伏组件数量} = \frac{\text{逆变器输入电压 (V)}}{\text{光伏组件电压 (V)}} ;$$

[0025]

$$\text{并联的光伏组串的数量} = \frac{\text{接入光伏组件总量}}{\text{串联的光伏组件数量}}$$

[0026] 第二种,当单片机通过电流传感器一 L1 及电压采样点一捕获信号判断其所对应的一路光伏组串输入出现故障或发生阴影遮挡时,通过断开相应的继电器一 K1,将该路关断,同时通过闭合相应的继电器一 K1,智能切换到另一路光伏组串输入。其中,操作人员可以通过按键单元设置需要巡检光伏组串路号,并通过数码显示屏显示检测结果。当某一路发生故障时,单片机同时控制蜂鸣器发生报警信号。

[0027] 所述的防孤岛策略是通过检测逆变器输出电流和电网电压的过零点来确定其频率和相位,将 3 种成熟的防孤岛策略控制继电器二 K2 及继电器三 K3 的通断。孤岛效应是指在电网失电情况下,发电设备仍作为孤立电源对负载供电这一现象,这对设备和人员的安全存在重大隐患。当电网中断供电时,会在电网电压的幅值、频率和相位参数上产生跳变信号,通过检测跳变信号来判断电网是否失电。第一种防孤岛策略为比较所述控制单元通过所述电压传感器一 L4 捕获的逆变器输出电压与通过所述电压传感器二 L5 捕获的电网电压的之间差值来确定是否存在电力孤岛;第二种防孤岛策略为比较所述控制单元通过所述电流传感器三 L3 捕获的逆变器输出电流与通过所述电压传感器二 L5 捕获的电网电压的频率的误差来确定是否存在电力孤岛;第三种策略为比较所述控制单元通过所述电流传感器三 L3 捕获的逆变器输出电流与通过所述电压传感器二 L5 捕获的电网电压的相位的误差来确定是否存在电力孤岛。将这 3 种成熟的防孤岛策略联合使用确保了并网系统的安全性。当超过误差阈值时即判定为发生孤岛效应,单片机迅速响应发出报警信号,控制继电器二 K2 及继电器三 K3 切断向电网的供电。

[0028] 所述的 PV 自供电模块的输入电压来自光伏组串汇流后的 DC 回路,输出为  $\pm 12V$  的直流电压,采用反激式开关稳压电源,以 UC3845 为核心控制芯片,该辅助电源的工作电压更宽,输出电压稳定,适合于太阳能电池组件这种输入不稳定的光伏发电系统供电要求。

[0029] 在本发明中,远程通讯功能使用 RS232 通讯接口,由单片机的 RXD、TXD 引脚驱动,支持标准 Modbus RTU 协议,方便系统集成,将监控数据传输到上位机系统以及客户端交互式应用平台,方便用户随时了解发电系统运行情况。

[0030] 更进一步,本发明还可以提供外部传感器模拟量输入接口,可接受外部传感器采集的组件温度、环境温度、风速、辐照量等信息,经 A/D 转换后送 LED 显示和远程通讯。

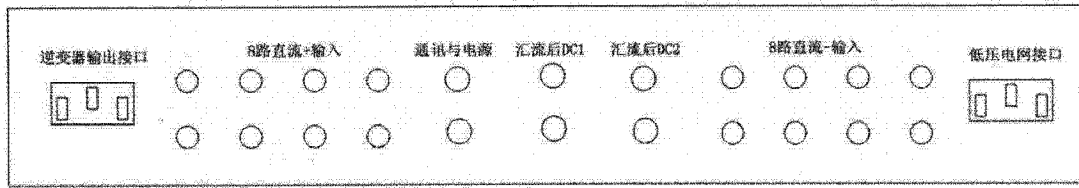


图 1

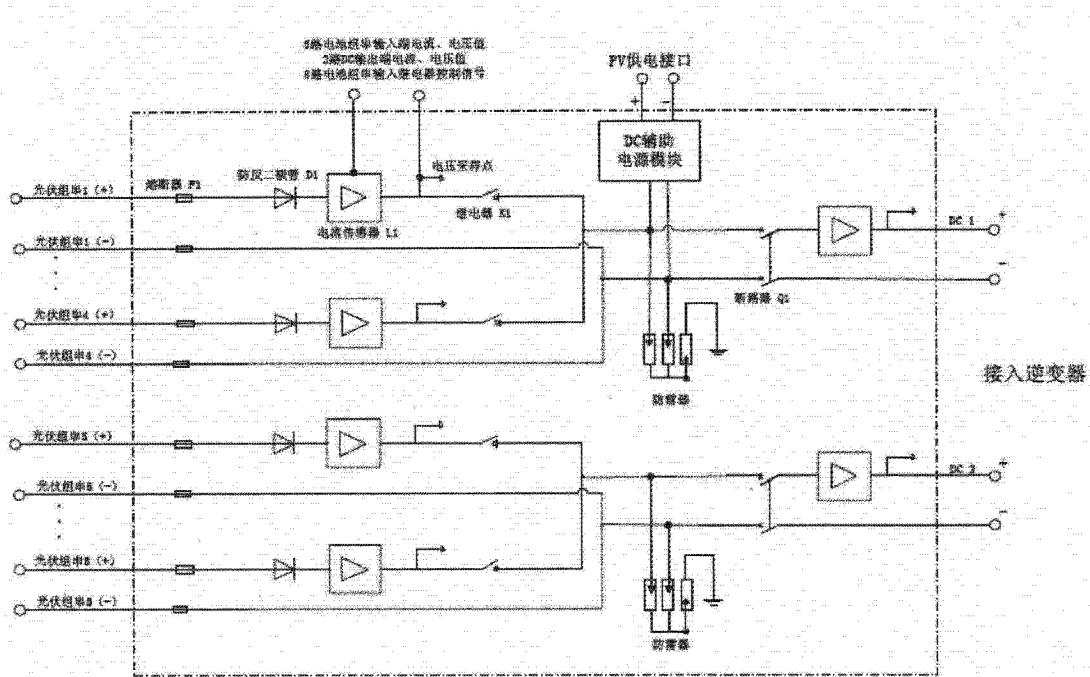


图 2



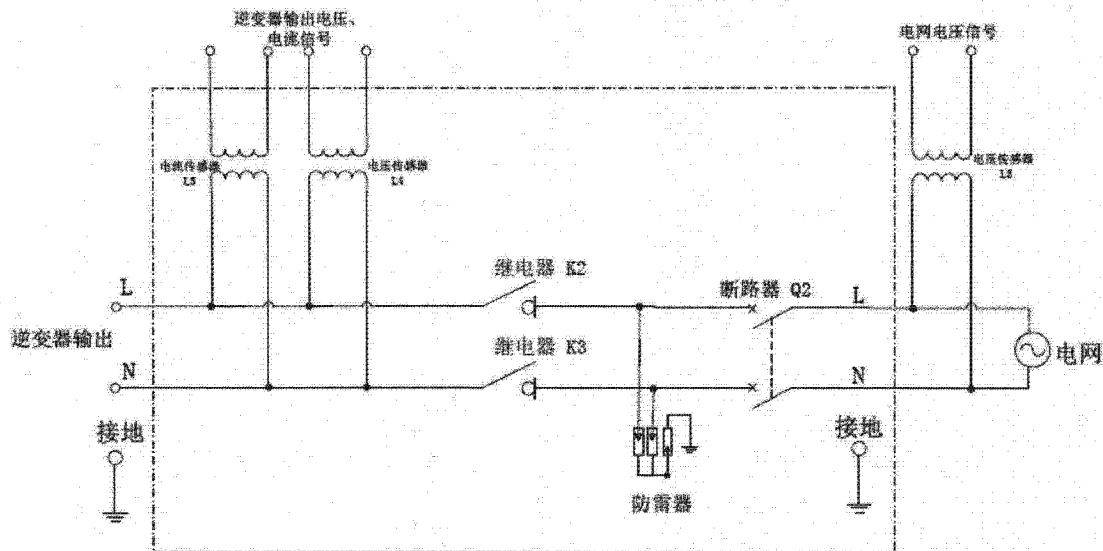


图 3

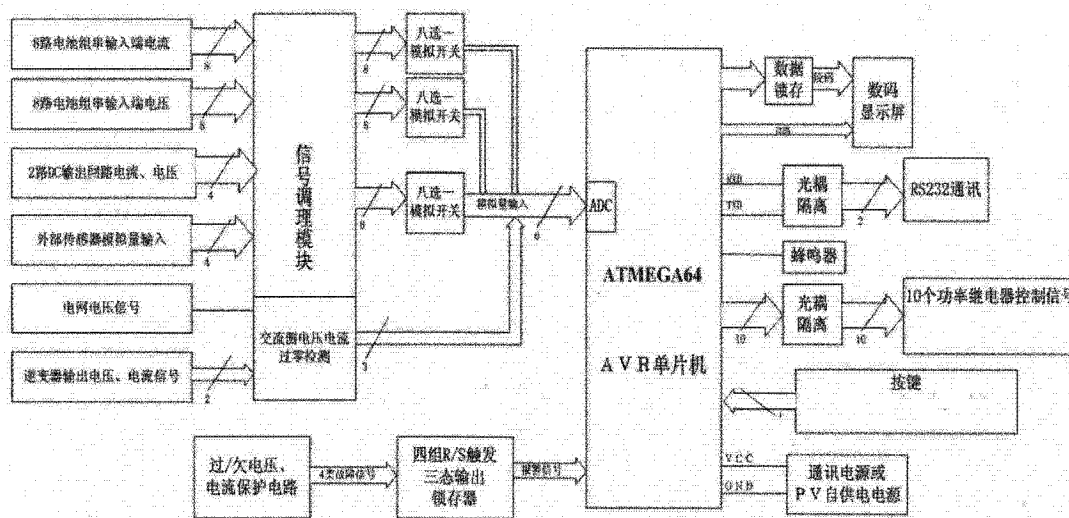


图 4