

车载智能配电箱的研究及应用设计

雷安华* 陆文杰 向元飞

贵州航天风华实业有限公司 贵州 遵义 563000

摘要: 车载智能配电箱采用单片机采集所有负载用电数据,对各负载设备进行智能监控,监测电压、电流、电阻等参数,实现过欠压、过流、漏电压、漏电流、绝缘电阻、接地电阻等故障的报警及保护,并能进行智能供配电以及电源选择。

关键词: 智能配电箱;单片机;监控;保护;显示

DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5197-0309-10>

1 引言

配电箱广泛应用于工业、农业等领域,在生活、工作中随处可见。目前的配电箱技术水平已比较成熟,但车载设备环境适应性要求较高,空间狭窄,对车载配电箱的体积、重量、智能化程度都提出了一定的要求,所以智能配电箱集成度高、可靠性高、安全系数高是未来发展的重要方向。

2 智能配电箱功能分析

车载智能配电箱应具有市电、自发电交流输入自动选择和控制功能,且市电优先。具有对用电设备的配电控制管理及输入输出保护功能;具有设备的运行参数、故障状态信息显示功能;具有故障报警和保护功能。

电源自动切换: 当市电和自发电同时输入时,自动切换至市电供电。**欠压保护:** 当输入电压过低时,切断输出,欠压故障指示灯常亮,告警喇叭长鸣、显示屏显示相应故障信息。**过压保护:** 当输入电压过高时,输切断出,欠压故障指示灯常亮,告警喇叭长鸣、显示屏显示相应故障信息。**短路保护:** 当输出过流时,切断交流输入供电。**漏电压保护:** 当车体地和检测地之间漏电压过大时,输切断出,漏电压故障指示灯常亮,配电箱告警喇叭长鸣、显示屏显示相应故障信息。**漏电流保护:** 当交流输入累计漏电流过大时,输切断出,漏电流故障指示灯常亮,配电箱告警喇叭长鸣、显示屏显示相应故障信息。**接地保护:** 当车体地和检测地之间接地电阻值过大时,接地告警故障指示灯闪烁,显示屏显示相应故障信息,接地告警时配电箱可正常工作。**绝缘电阻:** 当自发电供电时,L、N和车体地之间绝缘电阻值过小时,绝缘电阻故障指示灯闪烁,显示屏显示相应故障信息,绝缘告警时配电箱可正常工作。

2.1 设备用电量分析

各设备的用电功率输出分配,见表1所示。

表1 设备功率分配表

序号	设备名称	设备电功耗/W	备注
1	照明、通风、壁插	2000	/
2	空调	2400	/
3	显控	500	/
4	通信	300	/
5	伺服	1000	/
6	接收及信号处理	1000	/
7	发射机	3800	/
8	遥控盒	200	/
合计	/	9900W	/

*通讯作者:雷安华,1987年11月,男,苗族,贵州,贵州航天风华实业有限公司,设计师,工程师,工程硕士,研究方向:自动控制。

由表1计算可得，全工作状态时最大总功率为9900W，所以所选配件必须满足用电分配输出要求。

3 方案设计

3.1 智能配电箱结构组成

智能配电箱主要由前面板组件、后面板组件、右侧板组件、左侧板组件、底板组件、盖板组件、电器元件底层组件、电器元件顶层组件以及其他部分组成。

箱体采用插箱吊柜式安装形式，通过安装于前面板两侧的智能配电箱扣手进行抽拉式操作，采用不锈钢螺钉将其固定在舱内吊柜上，使其在使用过程中不会来回滑动甚至滑落。为了维修方便，采用两侧不锈钢三节导轨便于箱体抽拉，在其他零部件安装时采用航插位于智能配电箱后面板；拆卸只需将连接好的航插拆除后，松下前面板的不锈钢螺钉，利用扣手往外抽拉即可卸下^[1]。

3.2 电气原理设计

智能配电箱输入电源分市电输入和自发电输入两种。

(1) 市电输入：AC220V（198V~242V），（50±5）Hz，总功率不小于10kW；

(2) 自发电输入：AC230V（207V~253V），（50±5）Hz，总功率不小于10kW。

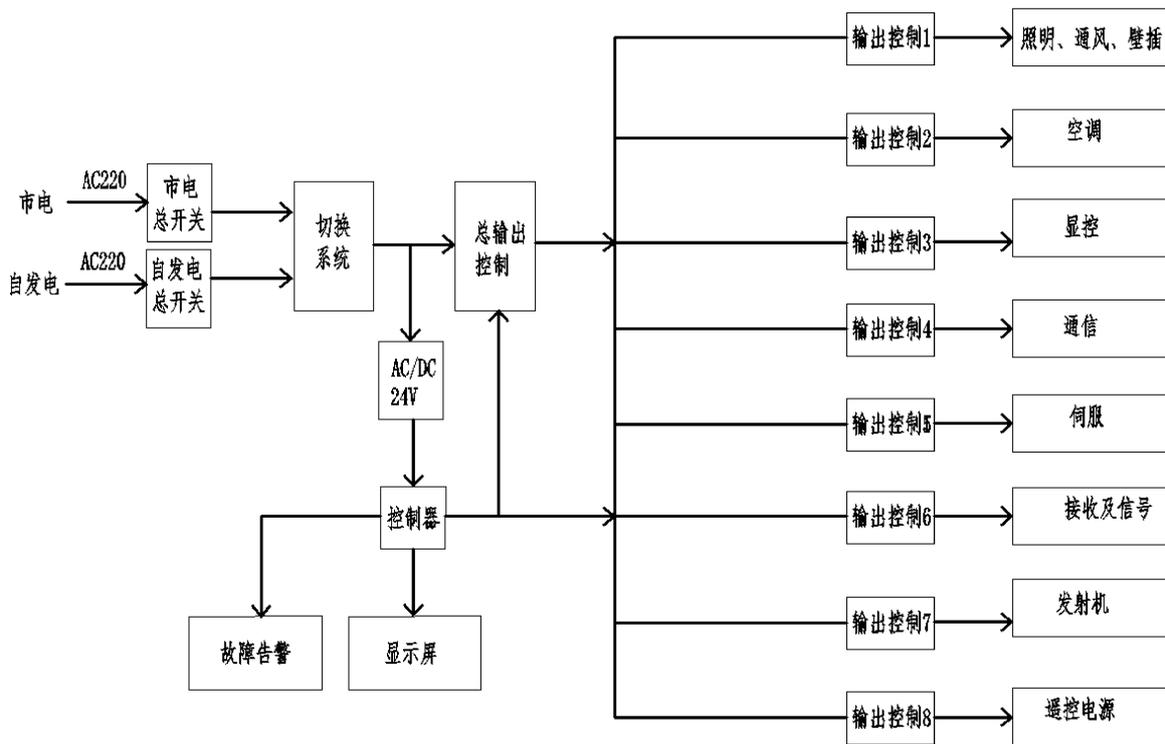


图1 智能配电箱原理框图

市电或自发电可通过空气开关来切换，选择一路输入至配电箱电源总开关，给智能配电箱供电，一部分直接给智能配电箱外部设备供电，另一部分通过AC-DC电源模块提供24V直流电供智能配电箱内部设备供电。

交流输入开关：智能配电箱合闸分闸主要用于总输入开关控制，其机械断路器方式实现，断路器有着快速响应的短路保护，选择适当的载流量可以实现过流保护。

市电和自发电切换：市电和自发电利用2P带常开和常闭转换触点的继电器和小型继电器互锁切换执行输出。

检测、保护、告警设计：利用控制处理器进行故障信号采集，通过ADC变换进行处理和接收相应电平信号，发送相应的控制信号控制继电器执行关断和接通，使之及时断电保护设备不受电力异常而损坏，并使相应的指示灯和蜂鸣器发出告警信号，显示屏显示故障并记录故障信息。

3.3 电路设计

3.3.1 控制处理部分

控制板是智能配电箱的控制处理中心，以低压控制高压的形式进行。其设计原理框图如图12所示：

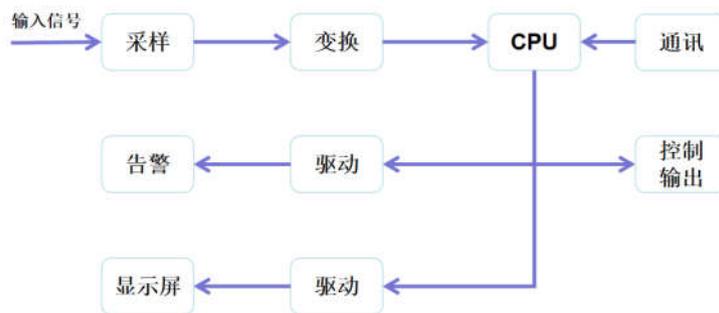


图2 控制板原理框图

控制板输入信号分为电压信号、电流信号和电阻信号三大采集模块，利用硬件结合软件完成各项信号处理和输出信号；检测模块经过电路转换为单片机芯片可识别的信号进行处理，与故障值进行对比，当满足条件时，发送执行信号到对应的驱动电路，使对应的告警指示灯得电，指示灯发出光告警，声告警驱动电路也使蜂鸣器得电，蜂鸣器发出声告警，控制继电器跳转控制输出继电器，从而控制其智能配电箱输出。系统中有配置有故障复位按键，故障复位按键有除了具有将故障恢复的功能还有一个复用功能，当按键长安5s以上即可实现系统静音和长鸣的切换。每当出现过压或欠压故障时，均有一个控制信号到主继电器，使主继电器断开，接入主继电器的控制继电器断路，整个系统输出断路，实现保护，当电压恢复正常时，主继电器自动吸合，智能配电箱恢复输出。此故障时系统中唯一可以自动恢复的故障，其他均需要按一次故障复位才可恢复。当漏电流判断超过设定值时，控制主继电器断开，接入主继电器的控制继电器断路，整个系统输出断路，实现漏电流保护。当接地电阻和绝缘电阻出现超出设定值时，对应指示灯和蜂鸣器发出告警，系统仍处于正常供电。当支路输出端发生过流时，对应支路控制信号使对应继电器断开，接入继电器的支路执行机构输出继电器断路，对应支路断路，实现单支路过流保护^[2]。

3.3.2 电源部分

电源均采用成熟成品电源模块，电源通过AC-DC开关电源转换为DC24V后，再通过DC-DC开关电源模块输出DC12V，利用DC12V再次经过DC-DC开关电源模块转换为DC5V和DC3.3V，并在四类电源电压值中加入相应电压的TVS进行高脉冲吸收，做好电容滤波，加强电源干扰能力，输出平稳。

3.3.3 继电器部分

(1) 输出继电器

输出继电器作用AC220V主线路配送电，受控执行接通或断开智能配电箱的输出。输出继电器类型如表4。

表4 输出继电器类型

序号	触点电流	线圈电压	功能
1	10A	DC24V	支路输出
2	20A	DC24V	支路输出
3	40A	DC24V	支路输出
4	60A	DC24V	总输出

(2) 控制继电器

选用DC12V控制继电器对输出继电器线圈进行通断电控制，从而控制输出继电器执行对负载输送电力的通断。选用输出继电器线圈为DC24V，KV接入DC24V正极，避免线路板内部大量AC220V走线，在继电器跳动时产生高脉冲干扰，影响其他线路以及器件的正常运行。三极管基极加入二极管反向冲击保护，避免反向电压冲击单片机。输出继电器触点加入电容对继电器触点产生的脉冲进行吸收。

3.3.4 电流检测

电流和漏电流检测其电路原理相同，不同于穿入传感器的线。测电流时，传感器置于需要检测的一路火线中，即可测感应出流经火线上的电流；测漏电流时，传感器置于需要检测的回路零、火线上

的电流差值，从而得出这回路的漏电流值；传感器得的电流值转换输出为相应的小信号电流值。经过传感器，将检测到的电流经过电阻转换成电压后滤波输送至模数转换器（ADC）进行转换后计算。其中电流检测为多点，包含各支路和总路的电流；漏电流检测一点，即总路上的漏电流。

3.3.5 电压检测

直取交流电压进行整流降压后，通过运算放大器和线性光耦进行隔离传输实时电压信号，通过模数转换器（ADC）进行转换后计算。

3.3.6 阻值检测

通过串并联电阻方式对被测电阻施加与系统隔离后的低电压和电流后，采集被测电阻的电压通过比较器与光耦隔离得出设定电阻值的电平送至单片机进行判断处理。

3.3.7 交流输入开关

选用断路器为交流输入开关，智能配电箱总功率最多12KW，额定电流 $I = P/U = 54.5A$ ，即选用2P-60A断路器，1.25倍额定电流动作时间最大0.1秒，使得智能配电箱具备了总路的短路保护和过流保护^[3]。

3.3.8 风扇

为了确保智能配电箱使用时，元器件产生的热量能够快速散发，保障元器件及整个系统的使用寿命，选用DC24V小型静音风扇对智能配电箱内部进行散热。风扇驱动电源（AD-DC）接于总电源开关后端，打开总电源开关，风扇电源得电，风扇开始排风散热。利用4个DC24V小型静音风扇安装于盖板散热孔位，加强内部热量外排。根据风冷系统的散热原理 $\Delta Q = \Delta T \times Q_f \times C_p \times p$ 。其中系统的损耗功率 $\Delta Q = 200W$ ；总通风量 $Q_f = 4 \times 0.011 = 0.044m^3/s$ ；空气的比热 $C_p = 1005J/kg \cdot ^\circ C$ ；空气密度 $p = 1.165kg/m^3$ 。即箱内温度与环境温度差为：
$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{Q_f \times C_p \times p} = 3.8^\circ C$$

4 总结

本文对车载智能配电箱的功能需求进行了分析，根据功能需求开展了产品结构设计和控制逻辑设计、电气电路设计，产品具有一定的先进性和较强的可靠性，能够适应各种车载环境的供配电使用要求。

参考文献：

- [1]王仁祥.常用低压电器原理及其控制技术.机械工业出版社,2009.
- [2]郑凤翼.低压电器级应用.人民邮电出版社,2009.
- [3]王之芳.传感器应用技术.西北工业大学出版社,1995.