

# 新型智能型大电流断路器

徐志望, 郑 梁, 秦会斌\*

(杭州电子科技大学 电子信息工程学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**为解决当前断路器通断电流小、智能化水平低、安全性低、依赖机械脱扣等问题,将单片机技术应用到断路器中。开展了不同电流大小、不同距离控制与单片机响应的分析,建立了单片机技术与断路器之间的关系,提出了采用电流互感器,不间断地对零火线上的电流进行采样,利用 Atmega16 单片机的优越性能,将数据采集、存储、线路控制、无线通信、界面显示、抑制干扰等功能集成到一块芯片上,在脱扣器部分摆脱了传统的机械式脱扣,采用以电子器件作为开关的方法,在单片机上对电路和脱扣两个部分进行了评价,进行了 20 A ~ 3 000 A 大电流的测试实验。研究表明,该款断路器对电流的反应更加灵敏,人机界面更加人性化,脱扣单元更加安全,无电弧产生。

**关键词:**断路器;智能;大电流;无线通信

中图分类号: TP273; TH561

文献标志码: A

文章编号: 1001 - 4551(2012)01 - 0087 - 03

## Novel intelligent heavy current circuit breaker

XV Zhi-wang, ZHENG Liang, QIN Hui-bin

(College of Electronic and Information Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of the circuit breaker, which is low current, less intelligent, unsafe, the novel intelligent heavy current circuit-breaker was investigated. After the analysis of different current and control, the connection of the MCU and the circuit-breaker was established. A method was presented to use two current transformers to sample the currents of the zero line and the live line on the circuit-breaker, with the help of the high-performance of ATMEGA16, the data acquisition and storage, line control, wireless communications, interface display and other functions could be achieved on one chip. In tripper, the electronic components were used to replace the traditional large mechanical tripper. The functions of circuit unit and tripper were evaluated on the MCU, the novel intelligent heavy current circuit-breaker were tested. The experimental results show that the device is more safe, sensitive, humanized and convenient when the heavy current is 20 A ~ 3 000 A.

**Key words:** circuit-breaker; intelligent; heaven current; wireless communication

## 0 引 言

断路器<sup>[1]</sup>是供电系统中的重要设备,其主要功能是在电路中出现不正常情况时,例如过载、短路、过压和欠压、漏电等,能自动地把负载从电网上断开。目前,住宅使用的断路器主要包括断路器电路单元和脱扣器两部分,属于机械化的断路器。由于机械化部件零散,内部结构复杂,使得现有的断路器外部线路过于复杂,容易出现故障,可靠性较低,并且断路器控制电

路供电的电源装置是通过变压器获得,导致断路器体积过大,随着当前智能电网的高速发展,传统的机械型断路器已达不到现有电网的要求。对于当前的一些智能型断路器,虽然能控制线路的通断,但是普遍存在以下几个问题:①断路器能承受的瞬间电流的冲击偏低,基本在 100 A。②断路器的脱扣器部分还是采用传统的机械脱扣,当断路器通断时,会产生瞬间高压电弧,高压电弧会损坏器件的触头,需要在断路器内部安装灭弧装置。③短路器的人机界面只有简单的电流显

收稿日期: 2011 - 06 - 27

作者简介: 徐志望(1985 - ),男,浙江临海人,主要从事应用电子方面的研究. E-mail: hangdian30619@ sina. com

通信联系人: 秦会斌,男,教授,硕士生导师. E-mail: qhb@ hdu. edu. cn

示,不方便用户的操作。④断路器的操作需要人近距离的操作,具有一定的危险性。

本研究针对当前断路器所存在的缺点,结合当前电网的发展要求,对智能型大电流断路器设计所涉及到的相关问题进行分析和讨论,在电路单元和脱扣器部分进行创新改进,电路上笔者采用更加智能的单片机来驱动电路,更人性化地实行远程遥控和界面显示,在脱扣器部分,笔者摆脱传统的大型机械脱扣器,直接用电子元器件来替换,以避免高压电弧的产生,对电路的反应也更加灵敏。

## 1 总体方案及工作原理

断路器由触头系统、灭弧系统、操作机构、脱扣器和外壳组成。根据这个系统结构,笔者对其各个子系统进行改进和创新,设计了一款智能型大电流断路器<sup>[2]</sup>,它的总体结构如图 1 所示。该断路器由 6 部分

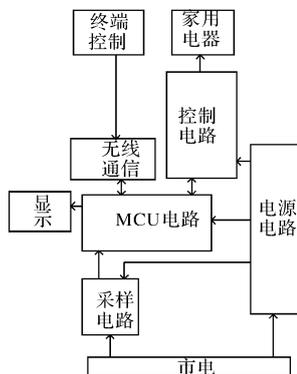


图 1 智能型大电流断路器的总体结构原理图

组成:电源、大电流<sup>[3]</sup>的信号采样、微处理系统、线路的通断控制、无线通信、界面显示。电源部分直接将 220 V 交流电转换为可供控制模块和微处理系统使用的工作电源;大电流的信号采样通过零序电流互感器,并结合模拟电子技术中的信号放大和调整,为微处理器系统提供正确可靠的信号;微处理系统由 Atmega16 单片机和外部接口电路组成,对电流信号进行实时采集、处理、储存,实现各种保护和辅助功能;线路的通断控制通过光耦和晶闸管<sup>[4]</sup>的组合,用小电流来实现大电流的通断<sup>[5]</sup>;无线通信模块的设立可以通过一个终端设备控制来控制多个断路器的工作,可以进行大规模地统一管理,在断路器上安装一个无线通信模块,当终端发出指令时,它可以接受指令,并执行指令相应的动作;界面显示模块笔者用液晶显示加 9 个数字键来做,可以实现人机互动,便于用户自己设置合适的值以及相应的操作;同时在界面显示旁边会有一个开关,可以用来手动复位。

## 2 硬件功能模块的设计

### 2.1 电源模块设计

本研究的电源采用直接接入零火线,通过 lmk306 芯片进行转化,通过调整电阻值来获得控制模块所需要的 13 V 电压,实现了 220 V 到 13 V 的直接转换<sup>[6]</sup>,从而无需另外给予断路器单独供电,由于微处理系统需要 5 V 的电压供电,通过 78M05 芯片来转化。

### 2.2 信号采样模块的设计

本研究通过在零火线上各用一个零序电流互感器,采集零火线上的实时电流,将其转换为可控单片机识别的电压信号,通过 LM358 的放大倍数调整采样的精度。

### 2.3 微处理系统模块的设计

微处理系统模块主要包括 Atmega16 单片机<sup>[7]</sup>, JTAG 口,3 盏显示不同情况的灯,通过 JTAG 口可以进行程序的烧入和修改,3 盏灯的变化可以显示此时线路的状况。

### 2.4 控制模块的设计

因为是大电流的控制,传统意义上的继电器就不能用了,这里用双向晶闸管来实现,它能通过大电流,而且双向晶闸管可以很方便地闭合和断开,由于大电流的操作危险性高,笔者用了光耦来进行隔离,笔者通过一个三极管作为开关,通过单片机控制三极管的导通和断开,而实现光耦的导通与断开,从而实现了用小电流控制大电流的目的。本研究通过双向晶闸管来代替传统断路器的脱扣器还可以避免产生由于线路通断产生的高压电弧。电弧的产生是由于断路器切断通有电流的回路时,只要电源电压大于 10 V ~ 20 V,电流大于 80 mA ~ 100 mA,在动、静触头分开瞬间,触头间隙就会出现电弧。此时,触头虽然已经分开,但是电路中的电流还在继续流通,只有熄灭电弧,电路才真正断开。如果用双向晶闸管代替传统的脱扣器,就能避免电弧的产生。首先,晶闸管是一个无触点的开关,不存在触头;其次,双向晶闸管的断开需要在线路中的电压过零点时才能断开,也就是说晶闸管的断开瞬间,线路中是没有电流的,这样就能避免电弧的产生。最后,双向晶闸管的介质是半导体,对于电弧的产生也有一定的抑制作用。所以,本研究通过采用双向晶闸管,线路中可以成功避免电弧的产生。在一系列的测验中,晶闸管承受了 20 A ~ 3 000 A 电流的冲击,都没有电弧的产生,同时晶闸管本身没有出现损坏,安全性非常

高。

## 2.5 无线通信模块的设计

最后笔者要将产品应用于家用电器中,并将和电表绑定,这样不但可以保护家用电器,而且还可以便于供电局对电表的管理,无线覆盖范围是 200 m,可以在每个小区设置一个终端,通过这个终端来控制这个小区的所有断路器的控制,通过终端发出命令,无线模块接受命令,并把命令传递给微处理系统,微处理系统接受命令,并执行相应的操作。

## 2.6 界面显示模块的设计

为方便用户的操作,笔者将设计人性化的界面显示,笔者用液晶 1602 来作为显示屏,配以 9 个数字键来执行相应的操作,在显示屏中,笔者将有以下功能:平时,界面将显示当前线路中的漏电流值和过载值,如果笔者需要对其操作,开始时,笔者将进行设备连接状况的自我检测,如果连接正常,界面上将显示其正常,然后进入主页面,主页面中有以下几项:①漏电流值设置;②过载电流值设置;③密码设置;④删除记录;⑤联网设置;⑥自检。

## 3 软件功能模块的设计

该系统的输入量有以下几个部分:通过采样模块采集过来的信号,3 盏灯的信号输出,光耦的控制信号,无线通信模块的命令信号,外界按键的信号。采样部分,笔者先进行 5 次预采样,然后采样 167 次,通过求平均值来获得采样值,从而可以避免有些没用的采样,使采样精度更加准确<sup>[8]</sup>;界面显示部分,由于液晶 1602 智能显示两行,笔者将采用翻页的形式进行菜单的显示。

该系统的整个程序流程就是程序初始化后进入到主循环,通过读取采样程序部分的数值,与预定数值进行比较,并显示到其界面上,通过终端控制或者自动执行或手动控制来进行故障处理。

程序结构具有模块化和子程序化的特点,同时在程序中加入了抗干扰处理。软件程序分为如下部分。

### 3.1 主程序

主程序主要包括系统的整个工作原理,包括开始阶段的对线路电流进行采样<sup>[9]</sup>,终端的控制,报警,自动保护家用电器,界面的显示及应答相应的操作。

### 3.2 采样程序

采样程序主要包括采样通道的选择以及对此通道数据的采集和存储,在这里,笔者将对线路进行不间断

的采样,由于一些不稳定因素的干扰,在刚开始采样时,采集到的数据可能会不准确,笔者对线路先进行 5 次的预采样<sup>[10]</sup>,在舍弃 5 次预采样后,笔者通过获得 167 个采样值,然后取其平均值的方法来确定其为输入给微处理系统的采样值<sup>[11]</sup>,这样可以使数据更加精确,可以排除一些干扰。

### 3.3 无线通信程序

该程序是为了实现终端对断路器的远程遥控,它分为两个子程序:发送程序和接收程序,当微处理系统接受到无线通信模块发出的信号时<sup>[12]</sup>,微处理系统将执行信号所对应的指令,如此,笔者只用一个终端设备即可集成管理多个断路器的工作。

### 3.4 界面显示程序

为了更加方便广大用户的使用,笔者在这款产品中增加了界面显示的功能,通过 9 个按键控制液晶显示屏的显示来提供各种选择,该程序把界面和整个产品的功能链接成一个整体,通过读取键盘键入值来执行相应的程序响应并显示在液晶显示屏上<sup>[13]</sup>。

### 3.5 定时程序

在断路器的国标中有时间-电流动作特性要求,而且定时功能的增加也可以防止偶尔的突发失误造成的断路器微处理系统的误判,笔者设置为“当断路器的采样值在警告值范围内持续一定时间后就要断开线路”,否则不断开,当在危险值时,必须在 0.1 s 内断开线路,当正常时保持工作。

## 4 测试结果

根据以上原理,笔者设计了一款智能型大电流断路器,它将在电路中电流在 64 A 以下能持续正常工作,超过 100 A 时断开断路器断开线路。同时,笔者要求它能承受 3 000 A 电流的短暂冲击而不损坏器件,笔者对其进行了一系列电流测试,测试结果如表 1 所示。

表 1 智能型大电流断路器电流测试结果表

测试	电流	温度	时间	结果	备注
1	0 A ~ 16 A	15℃	$t = 3 \text{ h}$	正常	完好
2	17 A ~ 64 A	15℃	$t = 3 \text{ h}$	正常	完好
3	65 A ~ 100 A	15℃	$0 < t < 2 \text{ h}$	正常	完好
4	65 A ~ 100 A	15℃	$t \geq 2 \text{ h}$	断开	完好
5	101 A ~ 150 A	15℃	$t \leq 0.1 \text{ s}$	断开	完好
6	1 000 A	15℃	$t \leq 0.1 \text{ s}$	断开	设备
7	2 000 A	15℃	$t \leq 0.1 \text{ s}$	断开	设备
8	3 000 A	15℃	$t \leq 0.1 \text{ s}$	断开	设备

(下转第 93 页)

逆变电路产生高频磁场,进行电磁感应耦合;然后将副边平面电感以及充电电路集成到手机内部,平面电感代替手机外壳,充电电路集成到手机内部,使得手机放到平台上就可以进行充电。根据电能无接触传输原理,本研究利用平面电感代替传统松耦合变压器,完成该作品的设计与制作,实现手机的无接触充电过程以及提供多部手机同时工作的充电平台。

本研究所设计的样机平台具有安全、可靠、灵活等特点,可以用于手机、小型电脑等小电器的充电,具有很好的应用价值。

### 参考文献(References):

- [1] JOW U, GHOVANLOO M. Design and optimization of pined spiral coils for efficient transcutaneous inductive power transmission[J]. **IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems**, 2007, 1(3):193-202.
- [2] 杨民生,王耀南,欧阳红林. 无接触电能传输系统的补偿及性能分析[J]. **电力自动化设备**, 2008, 28(9):15-18.
- [3] 马皓,周雯琪. 电流型松散耦合电能传输系统的建模分

- 析[J]. **电工技术学报**, 2005, 20(10):66-71.
- [4] 武瑛,严陆光,徐善纲. 新型无接触电能传输系统的稳定性分析[J]. **电工电能新技术**, 2003, 225(4):10-13.
- [5] BOEIJ J, LOMONOVA E, DUARTE J. Contactless Energy Transfer to a Moving Load Part II: simulation of Electrical and Mechanical Transient [C]//2006 IEEE International Symposium on Industrial Electronics. Montreal: [s. n.], 2006:745-750.
- [6] CHOI B, NHO J, CHA H, et al. Design and implementation of low-profile contactless battery charger using planar printed circuit board windings as energy transfer device[J]. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, 2004, 51(1):140-147.
- [7] KARALI S A, JOANNOPOULOS J D, SOLJACIC M. Wireless non-radiative energy transfer: US Patent Application No. 601698,442[P]. 2005-07-12.
- [8] 李建贵,陈海燕,杨庆新,等. 基于无接触电能传输系统的可分离变压器传输性研究[J]. **电工技术学报**, 2007, 22(S1):107-110.

[编辑:李辉]

(上接第89页)

## 5 结束语

智能型大电流断路器性能远远优于传统的断路器产品,所设计的智能测控单元以 Atmega16 单片机为核心构成一个实时数据采集系统,可将采集的数据进行实时分析、运算和处理,可获得各种不同的保护特性,易于修改,无线通信模块的设计使得断路器使用的控制更加规范化,界面模块的设计使得它的操作性更具有人性化 and 方便化,它的大电流特性和电源模块部分使它更能广泛地应用于工业领域和家庭用电。

当然,这款断路器还有许多需要笔者继续改进的地方,如对于采样的精度控制,温度的变化导致器件的一定程度的损害,从而使部分功能无法正常工作,如何在无线通信中尽可能地实现抗干扰等等,这些问题都可以在以后的研究中得到解决。

未来笔者将把这款断路器与家用电表绑定,通过电流信号来控制断路器,从而控制电表,这样将减少大量查抄电表的人工,将会解放大量的劳动力,产生巨大的社会和经济效益。

### 参考文献(References):

- [1] AYYILDIZ O. Effect of ultrasonic pretreatment on chlorine dioxide disinfection efficiency [J]. **Ultrason Sonochem**, 2011, 18(2):683-688.
- [2] 刘幼林. 基于 DSP + CPLD 的断路器智能控制单元设计

- [J]. **电力自动化设备**, 2005, 25(11):65-67.
- [3] ALFEROV D F. A high-voltage heavy-current DC circuit breaker [J]. **Electrical Technology Russia**, 2001(11):14-19.
- [4] 王飞,吴茂. 基于 RS485 总线的智能型自动重合闸的设计[J]. **电力系统保护与控制**, 2010, 38(1):100-103.
- [5] DALKE G. Application of numeric protective relay circuit breaker duty monitoring [J]. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 2005, 41(4):1118-1124.
- [6] RUSEK B. Timings of high voltage circuit-breaker [J]. **Electric Power Systems Research**, 2008, 78(12):53-61.
- [7] 陈春. 基于单片机的智能型低压断路器[J]. **电力自动化设备**, 2003, 23(2):55-58.
- [8] 任国明. 浅谈漏电断路器的工作原理及安装原则[J]. **中国水运**, 2007, 5(6):177-178.
- [9] 许兆凤. 一种实用的断路器模拟装置设计[J]. **电力自动化设备**, 2003, 23(5):49-50.
- [10] 王富东. 智能断路器的电测量与过载保护算法[J]. **仪器仪表学报**, 2002, 23(3):380-382.
- [11] 杨旭雷,张浩. 智能型断路器测控单元的软硬件设计[J]. **电力自动化设备**, 2002, 22(7):62-65.
- [12] 李奎. 自适应漏电保护技术及应用[J]. **电工技术学报**, 2008, 23(10):53-57.
- [13] 张军,宋涛. AVR 单片机 C 语言程序设计实例精粹[M]. 北京:电子工业出版社, 2009.

[编辑:李辉]