

基于 CAN 总线的智能低压断路器控制器设计

翟亚芳¹, 张天鹏¹, 夏路甲², 吴战伟²

(1. 安阳工学院 电子信息与电气工程学院 河南 安阳 455000; 2. 许继电气股份有限公司 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了一种基于 CAN 总线的智能低压断路器控制器的设计. 重点介绍了智能控制器的硬件系统构成, 包括信号调理电路、CAN 总线接口电路和脱扣控制电路, 并给出了主程序流程图和通信子程序流程图. 通过硬件和软件系统的测试表明, 该智能控制器不仅能够较好地完成过载、短路、失压和欠压等保护功能, 而且还可以实现电力参数的测量与显示、故障指示、数据通信等功能.

关键词: CAN 总线; 低压断路器; 智能控制器; 脱扣控制电路

中图分类号: TM 561

文献标志码: A

文章编号: 1671-6841(2013)01-0105-05

DOI: 10.3969/j.issn/1671-6841.2013.01.025

0 引言

低压断路器是低压供电系统中重要的元器件之一, 可以接通和分断电力系统, 具有短路保护、过载保护、失压及欠压保护等功能, 确保供电系统的安全性和可靠性^[1]. 随着我国电网智能化的发展, 传统的低压断路器已经发展为智能低压断路器, 其核心是智能控制器. 本文研究了一种基于 CAN 总线通信技术的智能控制器, 不仅可以实现短路、过载等常规保护功能, 还具有电力参数检测与显示、CAN 总线通信、参数键盘整定等功能, 并能够与远程监控主机联网, 实现电力监控系统的网络化、智能化.

1 智能控制器的工作原理

智能控制器主要由高性能微控制器、电流和电压检测电路、显示电路、存储电路、电源电路、脱扣控制电路、通信接口电路等组成, 电路结构如图 1 所示.

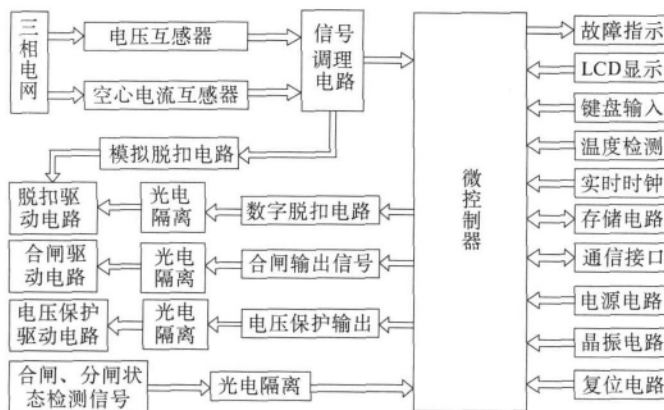


图1 智能控制器电路结构图

Fig.1 Configuration of intelligent controller

智能控制器利用电流互感器和电压互感器分别检测供电线路上电流信号和电压信号, 并将检测结果经

收稿日期: 2012-10-22

作者简介: 翟亚芳(1979-), 女, 讲师, 主要从事电力系统继电保护、微控制器技术应用研究, E-mail: zhangtp80@163.com.

信号调理电路转换成可被微控制器处理的模拟信号。利用微控制器内部集成的 ADC 将模拟信号转换成数字信号,并对其进行逻辑运算和处理^[2]。智能控制器将检测到的电流值和电压值与整定值相比较,根据比较结果判断是否进行保护动作,若进行保护动作,先确定保护动作的时间,然后发出保护动作控制信号,并记录故障发生的时间、故障电流或电压的数值、故障类型等信息。为了保证低压断路器在大电流故障时能可靠动作,系统还设计了模拟脱扣控制电路,当故障电流大于设定值时,可以不经微控制器处理,直接发出脱扣控制信号,以保证低压断路器动作的实时性。

2 系统硬件电路设计

在硬件电路设计时,选用富士通 Cortex - M3 家族的 32 位处理器 MB9BF506N 作为微控制器。MB9BF506N 的时钟频率最高可达 80 MHz,片内集成有 512 KB 的 flash ROM 和 64 KB 的 SRAM,内部含有 16 通道 12 位 A/D 转换器(转换时间为 1 μ s)、8 个基本定时器和 2 个多功能定时器,并且内部集成有 CAN 控制器,支持 CAN 协议 ver2.0A/B。MB9BF506N 具有足够多的 I/O 接口和快速处理数据能力,能够满足系统的实时监控和报警要求。

2.1 电流和电压检测电路

电流和电压检测电路由信号采样电路和信号调理电路 2 部分组成,信号采样电路主要由电流互感器和电压互感器组成,用以采样供电线路上的电流信号和电压信号。在实际使用中,由于供电线路在正常工作时电流较小,而在发生故障时电流较大,因此需要将工作电流和故障电流分开检测。采样电路的输出为 10 路模拟量,分别为三相测量电流、三相保护电流、中线电流和三相电压。

信号采样电路的输出为 $-10 \sim 10$ V 的交流信号,而微控制器内部 ADC 要求输入电压为 $0 \sim 5$ V 的直流信号,因此需要将 $-10 \sim 10$ V 的交流信号转换为 $0 \sim 5$ V 的直流信号。信号调理电路如图 2 所示,图中 VIN1 为采样电路的输出电压;AREF 是参考基准电压,其值为 2.25 V,其作用是将基准电压抬高,使输出信号以 2.25 V 作为基准;VOUT1 是输出信号,其值为 $0.25 \sim 4.25$ V 的直流信号。

2.2 CAN 总线接口电路

智能控制器设置有 RS485 总线和 CAN 总线 2 种通信接口,RS485 总线接口电路利用 MAX487 实现^[3],CAN 总线接口电路利用 CTM8251 实现。CAN 总线接口电路如图 3 所示,图中的 CTM8251 是通用 CAN 隔离收发器,其内部集成了所有必需的 CAN 隔离和 CAN 收发器件,能够将 CAN 控制器的逻辑电平转换为 CAN 总线的差分电平,并且具有 DC 2 500 V 的隔离功能。CTXD 和 CRXD 分别接 CAN 控制器的发送端和接收端;CAN_L 和 CAN_H 分别接 CAN 总线的信号连接端。

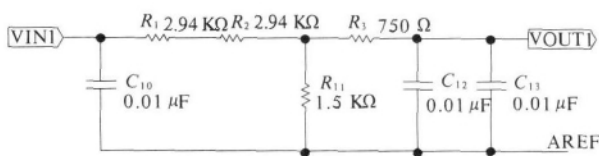


图 2 信号调理电路

Fig. 2 Signal modulate circuit

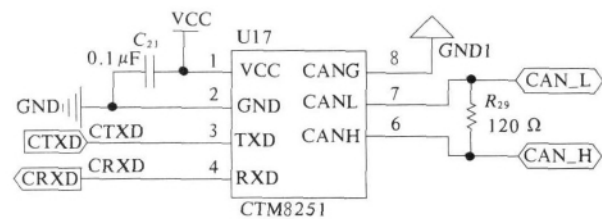


图 3 CAN 总线接口电路

Fig. 3 CAN bus interface circuit

2.3 脱扣控制电路

智能控制器的脱扣控制信号分为模拟脱扣控制信号和数字脱扣控制信号 2 种^[4]。脱扣控制电路如图 4 所示,图中 ABC 表示模拟脱扣控制信号,由 3 个窗口比较器和或门构成;COUT1 表示数字脱扣控制信号,由微控制器发出,两者都为高电平有效信号。COUT1 经过光电隔离后与 ABC 相或,并将结果送入由 LM339N 构成的脉宽检测电路(2 ms)进行抗干扰处理。当供电线路发生故障时,COUT1 或者 ABC 由低电平变为高电平,当高电平持续时间超过抗干扰脉宽时,触发由 74121 构成的单稳态电路,单稳态电路输出宽度约为 6 ms (数值可通过滑动变阻器改变)的正脉冲,使复合管 Q1 导通,从而驱动脱扣执行元件动作。

采用全波傅氏算法,对瞬时保护采用半波傅氏算法.以电流为例,全波傅氏算法 n 倍频率的电流实部 I_m 和虚部 I_{jm} 为

$$I_m = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N i_k \cos(nk \cdot \frac{2\pi}{N}) , \tag{5}$$

$$I_{jm} = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N i_k \sin(nk \cdot \frac{2\pi}{N}) . \tag{6}$$

半波傅氏算法 n 倍频率的电流实部 I_m 和虚部 I_{jm} 为

$$I_m = \frac{4}{N} \sum_{k=1}^{N/2} i_k \cos(nk \cdot \frac{2\pi}{N}) , \tag{7}$$

$$I_{jm} = \frac{4}{N} \sum_{k=1}^{N/2} i_k \sin(nk \cdot \frac{2\pi}{N}) , \tag{8}$$

将 $N = 128, n = 1$ 代入到计算公式中,求得基波的实部 I_{r1} 和虚部 I_{j1} ,则基波的幅值 I_1 为

$$I_1 = \sqrt{I_{r1}^2 + I_{j1}^2} . \tag{9}$$

3.2 保护动作时间控制算法

智能控制器具有过载长延时、短路短延时和短路瞬时3段电流保护特性.过载长延时保护具有反时限特性,其动作时间与线路中电流的大小有关,电流大时保护动作时间短,电流小时动作时间长.智能控制器提供了3种过载长延时保护动作时间的控制算法,分别为标准反时限特性控制算法 $t = \frac{0.14T_p}{(I/I_p)^{0.02} - 1}$,非常反时限特性控制算法 $t = \frac{13.5T_p}{(I/I_p) - 1}$ 和极端反时限特性控制算法 $t = \frac{80T_p}{(I/I_p)^2 - 1}$,其中 t 为保护动作时间, I 为故障电流, I_p 为保护基准电流, T_p 为反时限保护时间常数整定值.

短路短延时保护呈定时限特性,保护动作时间与电流整定值无关,延时时间档设置为 0.1 s、0.2 s、0.3 s、0.4 s、0.5 s 和 0.6 s 共 6 档,当故障电流超过电流整定值时,控制器开始延时,并与设定的时间整定值相比较,只要延时时间一到,就产生保护动作.

短路瞬时保护是为了弥补短延时通断能力不足来设置的,呈定时限特性,动作时间应小于 100 ms.微控制器将每次的电流采样值与整定值相比较,若大于整定值,则再采样一次,如果仍然大于整定值,说明是故障出现,否则判断为尖峰干扰.当故障出现时,智能控制器立即发出脱扣控制信号,实现瞬时保护.

4 系统软件设计

4.1 控制主程序设计

智能控制器的软件设计按照结构化和模块化的原则,采用实时多任务系统,将软件划分为若干个独立的功能模块,各模块通过软件接口相连^[5].系统程序主要由控制主程序和中断服务子程序构成,控制主程序的流程图如图5所示,主要用以完成信号采样、参数计算、故障判断、LCD显示、参数整定值设置、数据通信等任务.

4.2 CAN 总线通信子程序设计

CAN 总线的通信方式采用应答式,子机收到监控主机发出的命令后,根据命令的形式,将相应的数据传送给主机,或将主机传来的数据保存到相应的数据区,以实现智能控制器的遥测、遥控等功能. CAN 总线接收和发送子程序流程图分别如图6、图7所示.

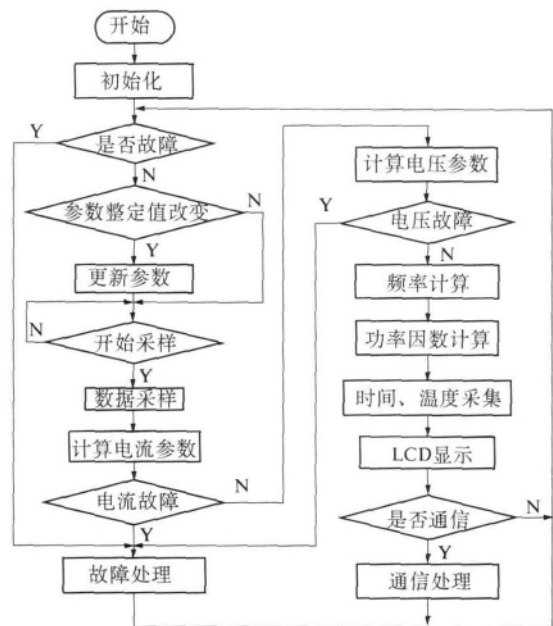


图5 控制主程序流程图

Fig. 5 The main program flow chart of control system

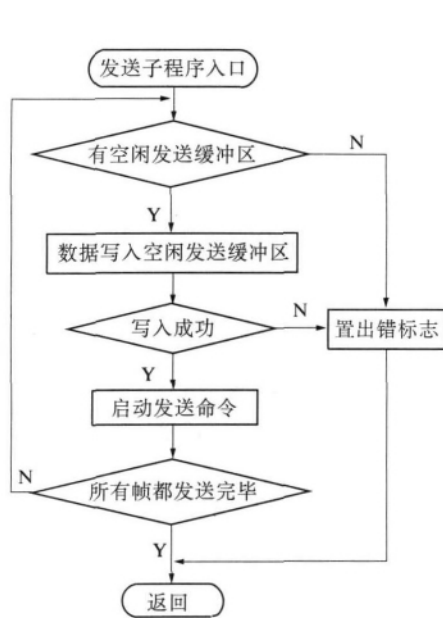


图 6 CAN 总线接收子程序

Fig. 6 The receiving subroutine for CAN bus

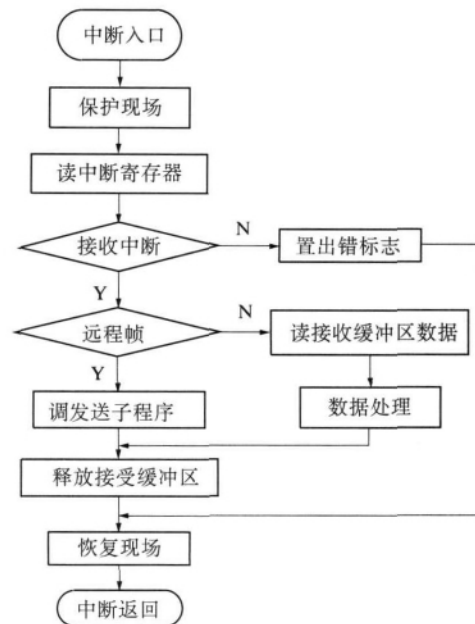


图 7 CAN 总线发送子程序

Fig. 7 The sending subroutine for CAN bus

参考文献:

- [1] 黄益庄. 变电站综合自动化技术 [M]. 北京: 中国电力出版社 2002.
- [2] 矫莉, 曹云东. 基于嵌入式 ARM 与 CAN 总线的低压断路器智能控制器设计的研究 [J]. 电气应用 2007 26(9): 81-83.
- [3] 许仿, 黄中砥. 远距离串行通信接口电路的设计 [J]. 郑州大学学报: 理学版 2002 34(3): 57-59.
- [4] 黄邵平, 李永坚. 低压断路器智能脱扣器的设计与实现 [J]. 机床电器 2004 (3): 8-10.
- [5] 周启坤, 周柳, 庞科旺. 基于 DSP + CPLD 的低压断路器群组控制器研究 [J]. 现代电子技术 2011 34(23): 118-120.

Design of Intelligent Controller for Low-voltage Circuit-breaker Based on CAN Bus

ZHAI Ya-fang¹, ZHANG Tian-peng¹, XIA Lu-jia², WU Zhan-wei²

(1. Department of Electronic Information and Electrical Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China; 2. XJ Electric Co., Ltd Xuchang 461000, China)

Abstract: The design of intelligent controller for low-voltage circuit-breaker based on CAN bus was introduced. Hardware system structure of the intelligent controller was focused, which included signal modulate circuit, CAN bus interface and tripping control. Some program flow charts were introduced, which included the main program and communication subroutine. The tested results of hardware and software showed that the intelligent controller could better realize protection functions such as overload, short circuit, loss of voltage and under voltage. Functions as measuring and displaying the electrical parameters, fault indication and data communication were also realized.

Key words: CAN bus; low-voltage circuit-breaker; intelligent controller; tripping control circuit