

一种基于单片机的自供电过电流继电器的设计

徐志坚, 刘映杰, 王新, 李连凤

(兰州大学信息科学与工程学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 为了解决直接从电流互感器二次侧获得电路工作能量的问题, 结合现代开关电源技术, 利用微控制器较强数学运算和逻辑处理能力, 设计了一种自供电过电流继电器。根据继电器保护算法给出了时间过电流和接地保护功能的硬件设计和软件设计。自供电是本设计的最大特点。试验表明本继电器具有性能优良、可靠性高、免维护、参数整定简单和体积小等优点, 适宜应用在 35 kV 及以下电压等级不需重合闸的线路保护中。

关键词: 自供电; 傅氏算法; 零序电流; 启动元件; 微控制器

A design of self-powered overcurrent relay based on MCU

XU Zhi-jian, LIU Ying-jie, WANG Xin, LI Lian-feng

(School of Information Science and Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: To solve the problem of getting the operating energy directly from CT, combined with modern switching power technology and the powerful mathematical and logical processing ability of the microcontroller, this paper gives the design of the self-powered overcurrent relay. Both the hardware design and software design of time over-current and earthing protection are realized according to the algorithm of relay protection. Self-power supply is the most prominent feature of the design. Experiments results indicate the relay proposed has a good performance, high reliability, maintenance-free, simple parameter setting and small size, and it is suitable for applications in the lines protection at voltage level 35 kV and below without reclosing.

Key words: self-powered; Fourier algorithm; zero-sequence current; starting element; MCU

中图分类号: TM588 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)11-0117-04

0 引言

自1901年出现了感应型过电流继电器以来, 继电保护技术发展先后经历了电磁式保护、晶体管式保护、集成电路保护以及现在应用很广的微机保护技术^[1]。继电保护装置研究与设计是继电保护技术研究的重要课题^[2]。

现有的数字继电保护装置大多数从电压互感器二次侧或独立电源如直流屏获取工作能量, 但是对于35 kV及以下电压等级无操作电源的变电站、架空线路柱上开关以及带开关的电缆分接箱等特殊应用场合, 不需要外加辅助电源、直流屏等^[3-4], 则现有数字继电保护装置不能满足实际需要。

本文结合开关电源技术, 以具有较强的数学运算能力的单片机作为控制器, 设计实现了从电流互感器二次侧直接获取电路工作能量的自供电数字继电器, 不需要外加辅助电源、直流屏等, 简化了继电保护装置。用本继电器结合断路器可取代负荷开

关和高压保险丝组合, 明显改善线路继电保护性能, 节约建设成本, 也可用于有操作电源的场合。

1 系统总体设计思路

为改变现有继电保护装置供电解决方案, 本设计方案以单片机作为控制器, 结合现代功率电子技术和开关电源技术实现从电流互感器的二次侧获取电路工作的能量, 为电路提供正常工作电源。本文的设计思路: 输入电流信号经信号调理后进行 A/D 采样, 利用单片机计算电流有效值参数^[5-6]及接地电流大小^[7]、保护判别、发出断路器控制信号。远方跳闸回路提供在系统正常工作或空载时手动实现断路器跳闸。由于系统需要自供电, 远方跳闸回路及通信回路均应提供系统工作时所需电源。通信回路保证当系统主回路无工作电源时电路采用手动方式由上位机通过 RS485 通信电路实现断路器跳闸操作, 并进行参数设定和故障参数查询等。系统框图如图 1 所示。

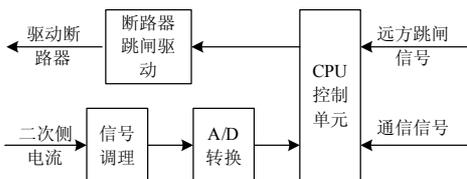


图1 系统结构框图

Fig.1 Diagram of the system structure

当线路空载短路或手合故障线路时，线路电源从故障电流获取。

2 硬件电路设计

2.1 自供电电路设计

由于电网负荷电流是无规则地变化的，要从系统中获得电路工作的能量，在电路设计中要克服以下问题：

(1) 故障时一次侧电流是额定值的十几倍，而在低负荷时负荷电流小于额定值，故要求该自供电继电器具有很好电流适应性。

(2) 驱动跳闸的能量很大，它要求无论在低负荷或过电流（短路状态）都要稳定地从电路中获得跳闸工作能量。

(3) 故障时，瞬间能量泄放很大，不能对电路的工作产生影响，要处理好各级电源能量的分配关系，保证供电可靠性和系统正常工作。

为解决上述问题，在自供电电路设计中，我们结合新型开关电源理论和功率器件开关特性，直接从CT二次回路取得能量，提供电路工作的5V和24V电源。两路电源互不影响，互相隔离，保证系统可靠稳定工作。自供电电路原理框图如图2示。

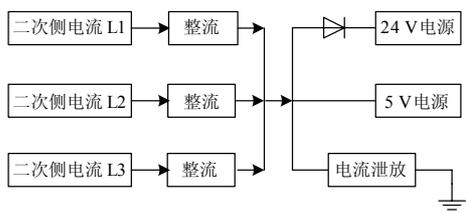


图2 自供电原理框图

Fig.2 Principle diagram of the self-powered circuit

CT二次侧电流经整流后，分别通过24V稳压电路、5V稳压电路以及电流泄放电路。5V电源提供信号采样和控制电路的工作能量，24V电源提供跳闸电路工作的能量。电流泄放回路根据电路工作电流的大小自动调节泄放电流的大小，使电路电源稳定工作，同时不会增加电流互感器的负荷。

为提供充足跳闸能量，自供电电容量应大于等

于500 μF，输出电压大于等于24V。

2.2 主体控制电路设计

主体控制电路框图如图3所示，主要由以下电路模块组成：电源和电流信号采集电路、信号调理电路、电源监控电路、单片机控制和I/O电路、后备保护电路、通信电路、断路器驱动信号电路、远方跳闸信号电路等。

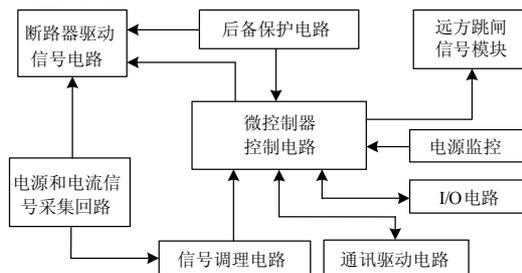


图3 主体控制电路原理框图

Fig.3 Principle diagram of the major control circuit

电源和电流信号采集电路主要提供电路工作5V电源、24V电源，同时将电流互感器二次侧电流信号转换为电压信号，提供信号调理回路的电流采样信号；信号调理电路将根据前级电路提供的实时表示CT一次侧电流变化的模拟电压信号大小由可编程放大器实时调节，使之与AD模拟采样输入电压相匹配，使电路具有很好的电流适应性；电源监控回路由TL7705及其外围电路组成，监视5V工作电源，当电源电压出现瞬间干扰脉冲或系统上电时产生复位信号，保证单片机电源稳定复位可靠工作；微控制器控制和I/O电路完成电流采样计算并根据继电器保护算法和控制逻辑发出相应的控制动作信号，另外，还要完成与上位机通信、参数整定输入；当单片机发生故障时启动后备保护电路，它发出故障指示信号，提供后备电流速断保护；通信电路完成与上位机的通信，上位机可以发出跳闸命令，查询跳闸时三相电流参数及整定继电器保护参数；断路器驱动电路提供电路瞬间跳闸能量，满足外接电路对跳闸能量的需求；远方跳闸信号电路能在三相未接入时提供电路工作能量同时执行远方跳闸命令。

3 软件设计与实现

继电保护的软件设计分为主程序和中断服务程序两大部分。主程序由三大模块构成：初始化、主循环程序和故障处理程序；中断服务程序有AD采样中断服务程序、通信中断、定时器采样中断复位程序和定时器延时中断服务程序等。

3.1 系统初始化及自检循环

如图4示，系统上电后必须进行初始化设置和

检测, 例如堆栈指针设置、串行口、定时器工作方式的初始化等。进入数据采集系统的初始化, 包括计数器的初始化、采样值存放地址指针的初始化, 然后开放中断, 等待 60 ms (三个周波) 后投入突变量启动元件的计算。如果开放中断后就立即投入启动元件, 由于 RAM 区的数据是随机的, 会造成启动元件的误动作。在主程序循环中, 根据采样已计算三相电流参数, 计算电流有效值, 调节放大器增益; 接着进入开关量输入状态监测、串口通信数据处理程序, 最后进入 EEPROM 保护定值参数与随机存储器内保护定值参数统一性校验程序。

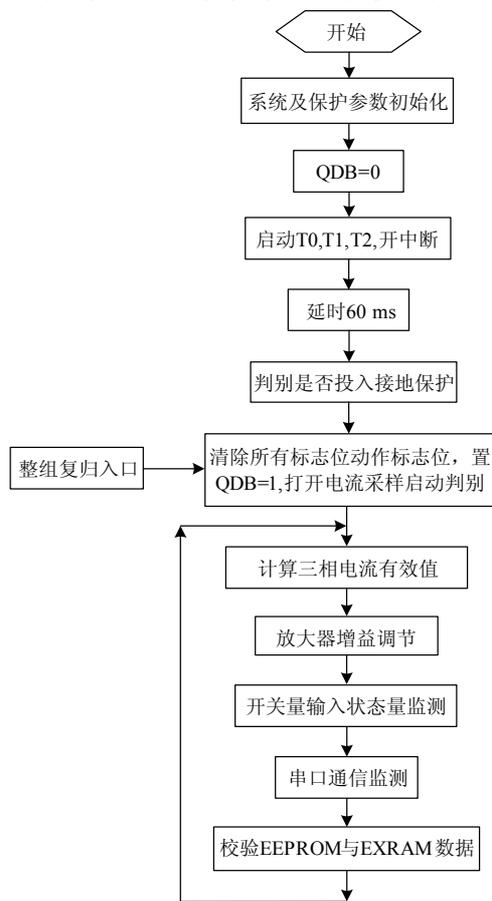


图4 系统初始化及自检循环

Fig.4 System initialization and self-check circulation

3.2 定时采样中断程序设计

单片机定时器 T0 定时发出采样脉冲, 在定时器 T0 采样中断程序中, 首先启动 AD 通道 0 采样后对前一次采样值进行一阶差分滤波, 按照傅氏算法计算电流有效参数并存储区供后续程序调用; 判断三相电流突变量差启动是否发生。如果发生启动标志加 1, 否则清零启动标志。只要连续三点相电流突变量差变化量大于整定值, 则确定第一突变点

为故障发生点并置位故障启动标志, 否则清除故障启动标志返回主程序。故障启动标志置位且保护计算有出口时则修改中断返回地址为故障处理程序首地址, 调用故障处理程序, 否则返回主程序中。

3.3 故障处理程序设计

在故障处理程序中, 实现限时电流速断保护、定时限过电流保护、反时限过电流保护、定时限接地电流保护等保护功能的逻辑判断和故障处理。首先根据定时器 T0 中断程序计算的电流有效值参数计算三相电流有效值; 判断保护是否投入, 未投入则进入其他保护处理程序, 投入则将计算值与整定值比较, 若大于则进入保护逻辑判断程序, 判断保护动作则置位本相保护动作标志并进入跳闸处理程序, 否则进入下一相本保护故障处理程序。系统采用自供电, 跳闸后线路断电, RAM 数据丢失, 故要对跳闸前的故障数据参数保存在单片机的 E²PROM 中。

4 试验结果及分析

表 1 保护动作时间数据

Tab.1 Experiment data of protection action time

保护类型	整定值 / ms	动作值 / ms	误差 / ms
限时电流速断保护	40	39	/
定时限过电流保护	300	311	11
反时限过电流保护	400	414	14
接地电流保护	1 000	1 015	15

表 2 保护动作值测试数据

Tab.2 Experiment data of protection action

保护类型	整定值 / A	动作值 / A	相对误差 / %
限时电流速断保护	1.00	1.04	4.0
	6.00	6.23	3.8
	14.00	14.57	4.1
定时限过电流保护	1.10	1.13	2.7
	1.50	1.55	3.3
	2.20	2.27	3.2
反时限过电流保护	1.10	1.12	1.8
	1.50	1.57	4.7
	2.20	2.25	2.3
接地电流保护	0.50	0.52	4.0
	0.90	0.93	3.3
	1.80	1.87	3.8

经试验测试, 保护系统正常投入时最小动作时

间为 39 ms。在测试空载状态手合故障线路动作时间时，以单相为例，限时速断动作时间整定为最小值 40 ms，测定保护系统最小动作时间为 114 ms。表 1 为保护动作时间数据。

在电流互感器的测试线圈加测试电流，得到保护动作值测试数据，如表 2 示。电流互感器的一次侧线圈、测试线圈、保护线圈的匝数比为 0.26:1:50。表 2 数据表明所有保护的相对误差都小于 5%。

5 结论

本文设计了自供电过电流保护继电器，实现了限时电流速断保护、定时限过电流保护、反时限过电流保护、定时限接地电流保护等继电保护功能，具有可靠性高、免维护、参数整定简单、体积小、节约建设成本等优点，适应性强，应用广泛。

参考文献

[1] 葛耀中. 继电保护技术的新进展[J]. 继电器, 1998, 26 (1): 1-7.
 GE Yao-zhong. New development of protective relaying[J]. Relay, 1998, 26 (1): 1-7.

[2] 杨奇迹. 微型机继电保护基础[M]. 北京: 水利水电出版社, 1988.
 YANG Qi-xun. The basis of microcomputer relay protection[M]. Beijing: China Water Power Press, 1988.

[3] 景胜. 我国微机保护的现状与发展[J]. 继电器, 2001, 29 (10): 1-4.
 JING Sheng. Development and current situation of microcomputer protection[J]. Relay, 2001, 29 (10): 1-4.

[4] 杨新民, 杨隽琳. 电力系统微机保护培训教材[M]. 北

京: 中国电力出版社, 2008.
 YANG Xin-min, YANG Jun-lin. Training Materials of Microprocessor-based Protection for Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.

[5] 陈洁, 何志勤, 叶青. 微机保护中滤除衰减直流分量的全周波傅氏算法的仿真比较分析[J]. 继电器, 2007, 35 (6): 16-20.
 CHEN Jie, HE Zhi-qin, YE Qing. Simulation and analysis of full-cycle Fourier algorithm for removing decaying DC component in microprocessor-based protection[J]. Relay, 2007, 35 (6): 16-20.

[6] 牟龙华, 金敏. 微机保护傅里叶算法分析[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (6): 91-93.
 MU Long-hua, JIN Min. Analysis of fourier algorithm in microcomputer-based protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (6): 91-93.

[7] 黎鹏. 基于数字信号处理器的小电流接地选线装置的研究[D]. 北京: 华北电力大学.
 LI Peng. Study of the fault-line selection instrument based on DSP for single-phase-to-earth fault on non-direct-ground neutral system[D]. Beijing: North China Electric Power University.

收稿日期: 2009-07-15; 修回日期: 2009-09-30

作者简介:

徐志坚 (1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为嵌入式系统开发及应用; E-mail: xuzhj07@lzu.cn
 刘映杰 (1964-), 男, 副教授, 研究方向为现代电路理论及其应用、嵌入式系统开发及应用、实时信号处理与 DSP 实现等;
 王新 (1985-), 男, 硕士研究生, 研究方向为实时信号处理与 DSP 实现。

(上接第 98 页 continued from page 98)

[2] 何鸣, 王皓, 谢红福. 基于数据中心的故障信息管理系统[J]. 电力系统自动化, 2008, 32 (18): 104-107.
 HE Ming, WANG Hao, XIE Hong-fu. A fault information system based on data centre[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32 (18): 104-107.

[3] 陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 等. 智能电网技术综述[J]. 电网技术, 2009, 33 (8): 1-6.
 CHEN Shu-yong, SONG Shu-fang, LI Lan-xin, et al. Survey on smart grid technology[J]. Power System Technology, 2009, 33 (8): 1-6.

[4] PICMG 2.0R3 CompactPCI规范 (PICMG) [Z]. PCI工业计算机制造商组织 1999.

[5] PICMG 2.10R1.0 CompactPCI 板和底版的定位键规范 (PICMG) [Z]. PCI工业计算机制造商组织 1999. 10. 01.

[6] PICMG 2.9R1.0 CompactPCI 系统管理规范 (PICMG) [Z]. PCI工业计算机制造商组织, 2000.

[7] PICMG 2.1R2.0 CompactPCI 热切换规范 (PICMG) [Z]. PCI工业计算机制造商组织, 2001.

[8] DL/T 860.5—2006/IEC 6185-5: 2003 变电站通信网络和系统: 第 5 部分: 功能的通信要求和装置选型[S].

收稿日期: 2009-07-14; 修回日期: 2009-09-23

作者简介:

王永刚 (1969-), 男, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为变电站自动化、EMS、电力系统优化; E-mail: wangyonggang@xjgc.com
 毛俊 (1964-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为电网继电保护;
 骆坚强 (1977-), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向为水电自动化、变电站自动化。