

一种终端用户开关柜微机保护装置

武建文¹, 王小波¹, 张少渤², 蒋玉强²

(1. 北京航空航天大学自动化学院, 北京 100083; 2. 珠海市可利电气有限公司, 广东 珠海 519015)

A Microcontroller-based Protection Unit for Switchgear of Terminal Users

WU Jian-wen¹, WANG Xiao-bo¹, ZHANG Shao-bo², JIANG Yu-qiang²

(1. Beihang University, Beijing 100083, China; 2. Zhuhai Keli Electric Group Ltd., Zhuhai 519015, China)

摘要: 简述了终端用户微机保护装置的原理、功能和软硬件实现方法。该保护装置无需外接电源并能对中性点不接地系统及小电阻接地系统进行检测和保护, 这为终端用户变电站及箱式变电站的保护提供了一种新型实用的解决方案。

关键词: 开关柜; 微机保护; 终端用户

中图分类号: TM774

文献标识码: A

Abstract: The principle, function and design of a microcontroller-based protection unit for substation and switchgear of terminal user is described in this paper. The Unit is self-powered and is suitable for the detection and protection in both neutral isolated system and neutral grounded system. It provides a novel and practical solution for terminal user of switchgear.

Key words: switchgear; microcontroller-based protection; terminal user

1 引言

12 kV 配电网终端用户变电站进线开关和户内外环网柜进线开关通常采用断路器保护, 从体积、维修性及经济性考虑, 在这两种场合通常不设直流屏和继电保护屏, 这样在发生过流及短路故障时这就要求继电保护装置自具电源。传统的电磁式过流继电器无需外接电源, 但可靠性低, 过流保护选择性差, 已逐渐被淘汰, 需要高性能的微机继电保护来取代。国外公司已开发出自具电源的微机保护装置, 但其适合配电网中性点为直接接地系统, 无断相保护功能。我国配电网中性点过去为不接地系统^[1], 而近来大城市开始采用经小电阻(如 10 Ω)接地系统。国外产品直接用于我国接地保护不匹配。国内有经主回路一相电流互感器取电流, 经变换对蓄电池充电作为自具电源的方案^[2], 用于户外柱上开关的产品, 而用于户内无蓄电池的相关产品未见报道。因此自具电源的适用于户内断路器保护的新型终端用户微机

保护装置就具有重要的研究价值。

2 保护装置的功能

(1) 相电流保护。三相主回路电流互感器副边额定电流为 5 A 或 1 A 可选。相电流共有 5 条保护曲线可供选择, 两段式保护; 第 1 段动作值为额定电流值的 20%~120% 可选, 如母线电流互感器额定电流值为 100 A, 则动作电流值为 20 A~120 A 可选; 第 2 段动作值为额定电流值的 3~20 倍可选。

(2) 零序电流保护。可采用直接将三相主回路电流互感器在保护装置内部合成零序电流, 也可采用外部零序互感器。前者结构简单, 检测准确度低; 后者检测准确度高, 当采用 630/5 A 的电流互感器时其检测灵敏度可达 1.25 A。

(3) 断相保护功能。

(4) 无电参数设置功能。采用 BCD 编码开关在无电情况下进行系统参数设置, 上电时读入的办法, 既解决了无电情况下参数设置的问题, 又提高了系统的可靠性和稳定性。

(5) 指示工作状态及故障状态。

(6) 通讯功能。系统具有通过 RS485 接口与上位机通讯的功能。

3 保护装置的硬件结构

保护装置的结构原理见图 1。主要电路如下:

(1) 斩波稳压电路

如图 2, 该电路的功能是将变化的脉动直流电流转化为稳定的 12 V 电源, 既作为控制器的电源, 也作为开关跳闸脱扣器操作线圈的电源。跳闸脱扣器为特殊设计, 其触发电流在 10 A 以下, 该电路有能力驱动。

图 1, 图 2 中, CT_a, CT_b, CT_c 为三相主回路电流互感器, 经电流互感器 CT_a', CT_b', CT_c' 变为小电流后输入到整流电路, 整流电路输出脉动直流 i , 通过二

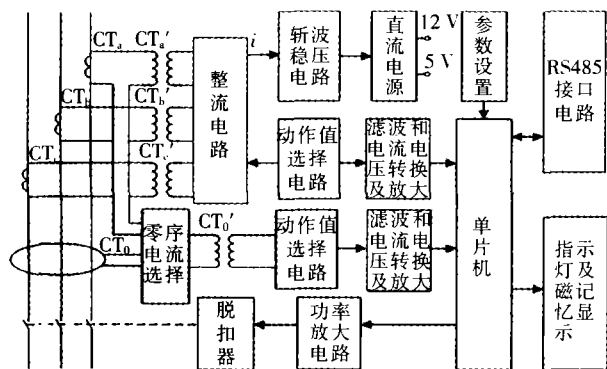


图 1 系统硬件总体框图

极管 D_1 、电阻 R_5 对电容 C_2, C_3 充电及为负载供电。当 R_6, R_8 上的分压值高于稳压管 D_2 的稳压值 6 V 时, 比较器 LM239 输出高电平, T_1 导通, 电流 i 经 T_1 流入地, 二极管 D_1 反偏截止, C_2, C_3 对负载供电; 当 R_6, R_8 上的分压值低于稳压管 D_2 的稳压值时, 比较器 LM239 输出低电平, T_1 截止, 脉动直流 i 通过二极管 D_1 、电阻 R_5 恢复对电容 C_2, C_3 充电及为负载供电。以上过程周而复始, 在电容 C_2, C_3 上电压 U_c 便形成纹波很小的直流电压。当 $R_6=R_8=47\text{ k}\Omega$, 则 U_c 平均电压值为 12 V 。 R_4 为正反馈电阻, 使得比较器 LM239 构成有回差比较器, 防止输入信号因干扰造成输出电压频繁跳变。 R_4 阻值小, 则 T_1 开关频率低、损耗小、纹波大; 反之, 则 T_1 开关频率高、损耗大、纹波低。纹波电压控制在 0.4 V , 满足设计要求。保护装置可以在 $15\%\sim 20\%$ 额定电流的宽范围内正常工作。

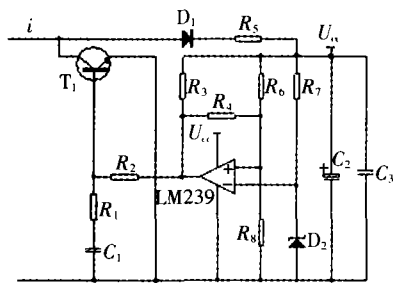


图 2 斩波稳压电路

(2) 小零序电流准确测量

目前国内配电网中性点接地方式大部分地区为中性点不接地系统, 接地电流很小, 通常在几十安培以内。随着配电网电缆化及容量的增加, 逐渐改用经小电阻接地 (如 $10\ \Omega$), 接地电流可以达到约 600 A , 但仍比直接接地系统接地电流小, 这就要求零序电流测量范围应在几安培到 600 A 。

采用多路开关的电阻网络组成动作值选择电路, CT 的非线性以及电路中的电磁干扰使得接地电流的波形严重畸变, 直接影响到零序电流采样的准确度。采取有源滤波电路将高次谐波滤除, 得到平滑的接地电流信号, 放大电路采用程序控制放大器^[13], 以提高采样准确度, 放大后的信号进入单片机进行 A/D 转换采样。

(3) 采用高可靠、高性能单片机

微处理器是微机继电保护装置的核心, 在选择器的选择上要考虑运算速度, 模拟信号采集准确度、输入输出能力和较强的中断功能, 其中最重要的是可靠性。考虑到以上因素, 微处理器采用高性能单片机 MC68HC11^[14], 数据总线、地址总线采用普林斯顿结构, 由于程序存储器、数据存储器在片内, 数据总线、地址总线不出芯片, 极大的提高了电磁兼容性。

(4) 指示灯及磁记忆显示电路

磁记忆显示电路的关键器件是磁记忆显示器, 这是一种记忆元件, 有两个控制线圈, 分别控制显示片的正反两个方向, 当达到触发电压和电流时, 可在极短的时间内使磁性记忆片反转, 在失电情况下, 由永磁体保持触发后的显示状态, 实际使用中记忆片的颜色可根据不同的目的进行选择。由于驱动信号所需电流有几百毫安, 单片机发出的指令需经三极管构成的放大电路放大后驱动磁记忆显示器。

故障显示过程是: 当故障电流大于动作值时, 在延时阶段, 指示灯闪烁, 延时结束; 单片机给磁记忆显示器发出指令, 显示相电流故障还是接地故障; 随后发出跳闸指令, 通过功率放大电路使脱扣器触发断路器分断线路, 排除故障。

(5) 通讯功能

考虑到多个微机继电保护装置远距离与上位计算机的通讯^[15], 采用 RS485 接口, 易于实现光电隔离, 既可消除干扰的影响, 又可提高通讯可靠性, 增加传输距离, 通讯介质采用双绞线或光缆。

(6) 电磁兼容及可靠性设计

由于保护装置工作在电力系统中, 电磁环境及温度环境比较恶劣, 要保证长期稳定和可靠运行, 必须考虑各种可能的电磁干扰, 采取抗干扰措施, 提高系统的可靠性。主要采取以下措施: ① 采用四层板设计, 独立的地层和电源层。电路板采用贴片元件, 适当增加布线密度, 使传输阻抗稳定, 减小线路板的电磁辐射, 提高线路板的抗干扰能力。② 采用工业级高可靠度的元器件, 提高系统的可靠性。③ 在输入输出回路中串入铁氧体磁珠, 以滤除高频噪声, 减小高频辐射对电路的干扰。④ 在每个集成电路芯片旁加高频去耦电容。

4 故障分析处理

4.1 相电流和零序电流故障分析处理

相电流共有 5 条保护曲线, 两段式保护: 第 1 段均为定时限保护; 第 2 段其中 3 条符合 IEC 标准, 分别为: ① IEC A: 一般反时限 (SI); ② IEC B: 非常反时限 (VI); ③ IEC C: 极度反时限 (EI); 第 4 条为定时限; 第 5 条为用户指定的反时限曲线。

(1) IEC A 的表达式:

$$t = \frac{0.14}{(I/I_p)^{0.02} - 1} \times \frac{t_p}{10}$$

(2) IEC B 的表达式

$$t = \frac{13.5}{(I/I_p) - 1} \times \frac{t_p}{10}$$

(3) IEC C 的表达式

$$t = \frac{80}{(I/I_p)^2 - 1} \times \frac{t_p}{10}$$

式中: t 为动作时间(s); I 为故障电流(A); t_p 为时间整定值(s); I_p 为电流整定值(A)。

在软件处理上,为提高运算速度,将 4 条反时限曲线数据分别以表格形式存储于 EPROM 中,当发生过流故障时,将设定的 t_p 作为基值,从 EPROM 中读取故障电流相应的延时数值,进行减计数,故障电流大时,延时数值大,则减得快;故障电流小时减得慢;当减到零时,延时时间到,输出执行指令。若在延时期故障消失,则故障计数复位。

接地保护采用定时限保护方式。系统采用二段式定时限保护,如城市采用中性点小电阻接地方式的用电部门要求:10 kV 开闭站配置二段定时限零序过流保护,第 1 段取 300 A,时间 0 s;第 2 段取 20 A,时间 0.5 s。终端用户装设一段零序保护,定值取 20 A,时间 0 s。该保护装置通过参数设置便可实现。

对于采用中性点不接地方式,最长可允许 3 h 带电运行。

4.2 断相故障识别

当主回路三相电流对称运行时,相位互差 120°。由图 1 相电流经整流电路后的测量值为三相电流整流后的包络线,见图 3。

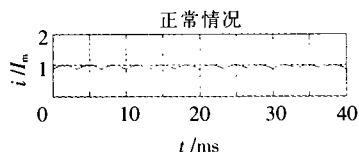


图 3 三相电流对称运行波形图

设主回路 B 相断相时,由于中性点不接地,电流相位相差 180°,A、C 两相负载串联,其上电压为线电压,则:

$$I' = \frac{\sqrt{3} U}{2Z} = 0.866I$$

式中: I' 为断相后 A、C 两相负载电流有效值, I 为三相负载对称运行时电流有效值, U 为主回路相电压, Z 为 A、C 两相各自的负载。

相电流经整流电路后的测量值为两相电流整流后的包络线,见图 4。

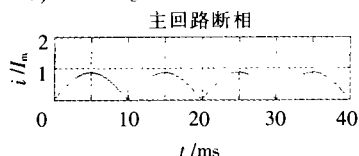


图 4 主回路断相波形图

因为主回路电流是变化的,显然幅值大小不能作为断相故障的判据。通过观察分析图 3 和图 4 波形可以发现,当主回路三相电流对称运行时,其最小值 $I_{\min}$ 与最大值 $I_{\max}$ 的比值 k 为:

$$k = \frac{I_{\min}}{I_{\max}} = \frac{I_m \cdot \sin 60^\circ}{I_m} = 0.866$$

式中: k 为对称运行时检测到电流最小值与最大值之比, I_m 为对称运行时 A、B、C 三相负载电流的峰值, $I_{\max} = I_m$ 。当发生断相故障后:

$$k' = \frac{I'_{\min}}{I'_{\max}} = \frac{0}{I'_m} = 0$$

三相对称运行和断相故障时电流最小值与最大值的比值相差很大,容易识别。

设断相故障门限值:

$$K = \frac{(k+k')}{2} = \frac{0.866+0}{2} = 0.433$$

这样当电流最小值与最大值的比值小于 K 时,即可判断为断相故障。

5 试验结果

分别加入标准三相正弦电流和接地电流,在各种参数设定情况下,其延时时间误差在 $\pm 2\%$ 或 ± 20 ms 以内,断相故障判别率为 100%,完全满足电力系统要求。保护装置可以在 15%~20 倍额定电流的宽范围内正常工作,其他各项功能稳定可靠。

6 结语

一种新型的终端用户开关柜微机保护装置,其 CT 既作为电流检测传感器,又从供电系统中吸收能量,提供微机工作电源和跳闸电源,无需电池柜。相电流保护有多条动作曲线可选,适用于中性点不接地和经小电阻接地的情况,具有断相保护功能。无电参数设置,直观简单。同时采用高可靠性的单片机和高性能电子电路,保证动作准确度高。

参考文献:

- [1] 王章启, 顾宽鸿. 配电自动化开关设备[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
- [2] 周友东. 具有直流自供电电源的真空断路器[P]. 中国专利: 99252676, 2000-09-16.
- [3] Amitabha Gangopadhyay. A Low Cost Microprocessor Based Ground Fault Relay Using Walsh Functions[A]. Industry Applications Society Annual Meeting[C], Conference Record of the 1991 IEEE, Toronto Ontario, Canada, 1991.
- [4] 涂时亮. M68HC11 单片机原理、应用及技术手册[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1992.
- [5] 梁 军. 动模实验室微机监控系统[J]. 电力系统及其自动化学报, 1998, 10(2): 46-51.

作者简介: 武建文(1963-), 男, 博士后, 副教授, 从事智能电器控制及电力系统配电自动化的研究。