

用户侧剩余电流智能监测与分析平台设计

黄申茂

(常州供电公司, 江苏 常州 213000)

摘 要:随着新一代智能电网建设的全面展开, 智能电能表在智能电网系统建设中的新定位和新要求是当前研究的重点。本文提出了使用新型智能电能表实现对用户侧剩余电流进行监测的方法, 结合现有的用户用电信息采集系统, 开发了剩余电流一体化智能监测与分析软件, 解决了低压电网中用户侧的剩余电流监测、分析、报警以及剩余电流超限故障定位等难题。进一步提升了电表端的智能化水平, 实现了优质电能质量的生态系统小区的建设, 实现智慧用电, 具有广泛的经济意义和社会意义。

关键词:智能电能表; 剩余电流; 实时监测; 用电安全; 信息采集

0 引言

目前, 低压配电线路中的剩余电流对人身和设备安全构成极大危险, 引起了广泛的关注^[1-2]。剩余电流是低压配电线路中各相电流矢量和不为零的电流, 多由线路老化、绝缘下降、设备漏电等原因产生的, 正是由于剩余电流成因多样性, 所以难以避免。为了解决剩余电流造成的危害, 剩余电流保护器在我国得到推广应用, 并形成品种完善、规格齐全、符合IEC国际标准的产品系列, 然而实际应用时诸多局限性使应用效果不够理想^[3-5]: 第一, 无法预警及实时监测, 只能在剩余电流发生超限时进行跳闸保护; 第二, 保护动作阈值固定, 无法随用户需求变化而进行动态调整; 第三, 排查效率极低, 偶发性的剩余电流超限事件, 无法确定故障点; 第四, 存在误动作, 直接影响使用效果和供电的可靠性。已有的剩余电流监测设备不能满足高效、安全、节能的应用需求, 为了满足新形势下的智能用电高效、安全、节能的要求, 研发了新型的可监测剩余电流的方法。本文通过基于传统智能电能表工作原理, 结合漏电保护器的剩余电流采样原理, 开发一款具有剩余电流监测功能的智能电能表, 并扩展了剩余电流采集协议, 开发一套实现用户侧剩余电流主动采集、实时监测、在线统计、远程分析、自动报警功能为一体的主站软件, 提高故障排查效率、电网使用安全和节能效果。

1 工作原理

目前普通的智能电能表是以电能计量作为主

要功能, 电流测量功能的精度比较差。以 5(60)A 单相智能表为例: 最大测量误差可达 600 mA, 而一般家用漏电保护器动作保护电流约为 30mA。由于测量剩余电流值要求的精度高于普通的智能电能表, 本文采用高精度的剩余电流互感器来采集相、零线电流的差值, 利用原计量芯片中的零线电流 A/D 通道对其进行采样, 由计量芯片运算得到剩余电流量。同时为降低整表成本, 取消了普通智能电能表中的零线电流互感器, 由相线电流和剩余电流通过计算得到零线电流, 精度可满足国网标准的 1% 引用误差。图 1 是现有智能电能表内部采样结构图, 相线电流由电流分流器采样所得, 零线电流由互感器采样所得。图 2 增加了剩余电流互感器, 电表去除电路板后的内部结构图。



图 1 现有电表内部结构 图 2 本文电表内部结构图

2 硬件设计

本文的新型单相剩余电流监测智能电能表由以下几部分组成: 电网电压采样模块、相线电流采样

模块、剩余电流采样模块、计量芯片模块、单片机 MCU 模块、电源电路、存储器、时钟电路、继电器控制电路、LCD 显示电路、红外通信电路、RS485 通信电路等电路组成。硬件原理框图如图 3 所示。

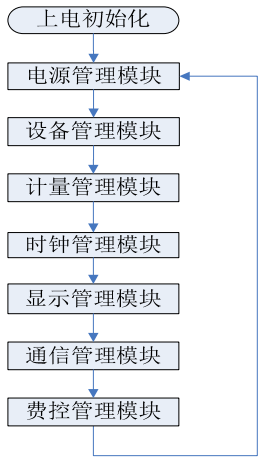


图 3 系统原理框图

3 软件设计

新型智能电能表控制软件使用单片机 C 语言编程开发，由上电初始化、电源管理模块、设备管理模块、计量管理模块、时钟管理模块、显示管理模块、通信管理模块、费控管理模块组成。软件采用模块化结构，提高程序的可读性，易于检查和维护，软件流程如图 4 所示。

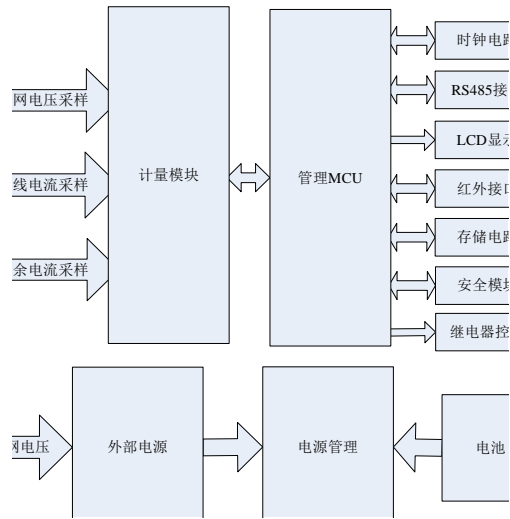


图4 软件设计图

通过研究剩余电流的远程监测分析技术，使剩余电流智能表对用户侧剩余电流进行精确测量，实时判断、主动上报剩余电流超限事件。所有数据和记录可通过用电采集系统实时上传到后台主站，通过远程分析实现剩余电流异常区域的快速定位和报警，提升供电网络的安全性和可靠性。低压供电线路智能电能表剩余电流在线监测系统示意图如图 5 所示。

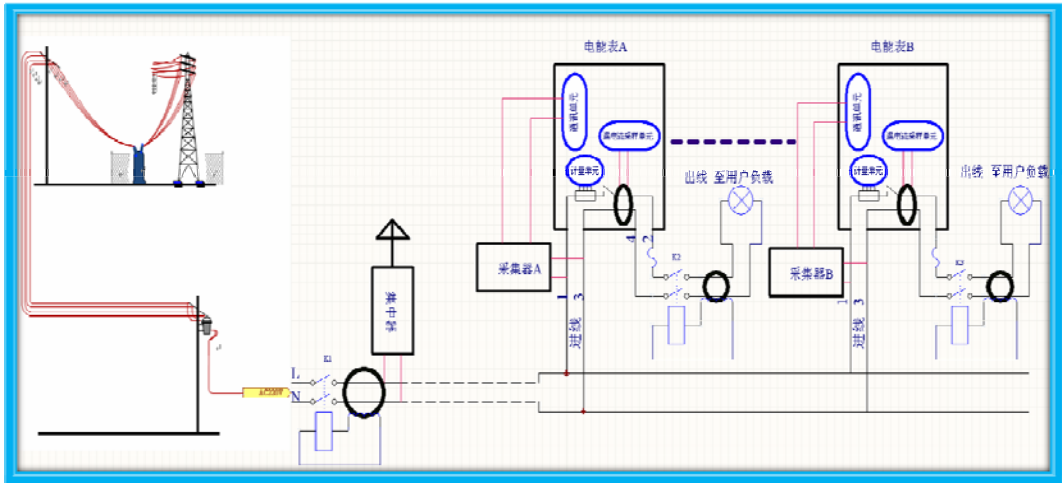


图5 低压供电线路智能电能表剩余电流在线监测系统示意图

为了实现剩余电流值的采集，本文设计了主动上报通信协议，一旦有剩余电流超限事件发生，电表置相应的主动上报位，主站只要与电表发生任何通信，就能通过相应的后续帧读取相应的剩余电流超限事件状态位，报警响应时间大大缩短。对于主

动上报机制，利用国网标准中的主动上报功能实现漏电流超限的主动上报，需要扩展的通讯规约，包括超限阈值和超限恢复阈值的设置、超限记录。剩余电流值上报通信协议如表 1 所示。

表1 剩余电流通讯协议

标识码				数据格式	长度	单位	功能	数据项名称
DI3	DI2	DI1	DI0					
04	09	20	01	XXX.XXX	3	A	R/W	漏电流超限阈值上限
			02	XXX.XXX	3	A	R/W	漏电流超限阈值下限
03	90	00	00	XXXXXX	3	次	R	漏电流超限总次数
04	00	11	01	NNNN	2	mA	R/W	剩余电流超限报警整定值
03	90	00	01	YYMMDDhhmmss	6		R	漏电流超限记录内容： 发生时刻
				YYMMDDhhmmss	6			结束时刻
				XXX.XXX	3	A		最大漏电流
				XXXXXXXX.XX	4	kWh		漏电流超限发生时刻正向有功总电能
				XXXXXXXX.XX	4	kWh		漏电流超限发生时刻反向有功总电能
				XXXXXXXX.XX	4	kWh		漏电流超限结束时刻正向有功总电能
				XXXXXXXX.XX	4	kWh		漏电流超限结束时刻反向有功总电能

4 试验、现场应用情况

为了进行新型可测量剩余电流值的电能表的误差校验，对电能表校验台进行改造，采用主副回路调电阻检测法进行试验，完成剩余电流值的误差校验。

4.1 主副回路调电阻检测法

该方法在主回路和副回路两个回路上加载一个可调电阻和一个真实负载，通过调节可调电阻的阻值，来检测剩余电流值。接线方式如图 6 所示。

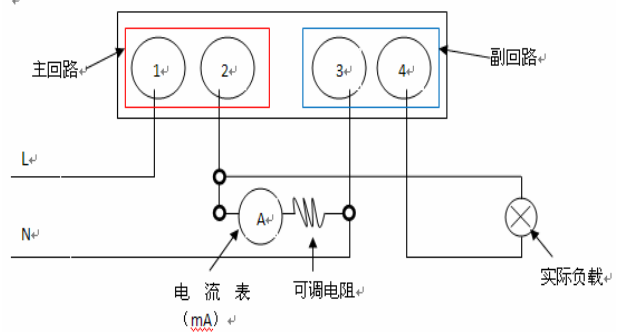


图 6 主副回路调电阻检测法接线方式

图 6 中 L 是相线；N 是零线。1,2,3,4,是剩余电流检测表端子座的 4 个接线口。通过调节可调电阻的阻值大小，电流表的示值即为剩余电流。测量数据如表 2 所示。

表 2 测量数据表

测量次数	可调电阻值/ Ω	剩余电流值/mA
1	100	2210
2	500	732
3	1000	223
4	2000	10.3
5	3000	7.33

通过试验数据可以得出本文设计的新型智能电能表测量剩余电流值误差小，精度高，能够应用于

实际现场。

4.2 现场运行情况

目前已将新型智能电表安装在常州市四个不同的典型台区：城市集中区、城市零散区、农村改造区、农村非改造区，分别对应湖塘永安花苑、湖塘许家村、横山桥镇陈家村、横山桥镇陆家塘。剩余电流智能表可对用户侧剩余电流进行精确测量，并上传至后台主站，对用户的剩余电流数据进行统计分析，实现剩余电流异常区域的快速定位和报警。2015 年 5 月份各台区统计数据如表 3 所示，各台区对比图如图 7 所示。

表 3 各台区统计数据表

台区分类	具体地址	安装数	平均值/ mA
城市集中区	永安花苑	32	10.69
城市零散区	许家村	55	9.25
农村改造区	陈家村	44	9.69
农村非改造区	陆家塘	41	79.05

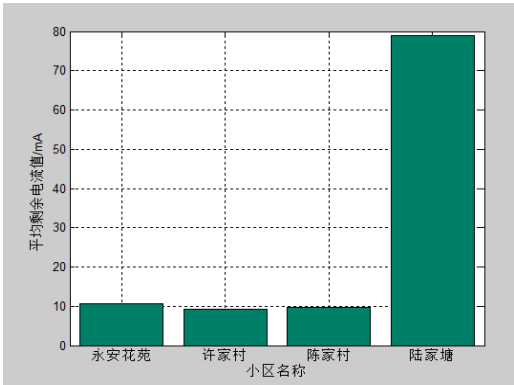


图 7 各台区对比图

通过各台区对比图可以看出农村非改造区的剩余电流情况比较严重。通过连续监测发现永安花苑有一用户剩余电流值明显偏大，最大达到 158.32mA，初步判断该居民家中漏电严重，安排人员去用户家中进行排查，发现客厅电视机漏电严重，

引起剩余电流值偏大。从发现漏电情况到找到原因只用了很短时间,保障了用户用电的人身与财产安全,实现了供电公司优质服务。

5 结束语

本文提出了使用新型智能电能表实现对用户侧剩余电流进行监测的方法,结合现有的用户用电信息采集系统,开发了剩余电流一体化智能化监测与分析软件,解决了低压电网中用户侧的剩余电流监测、分析、报警以及剩余电流超限故障定位等难题,具有广泛的经济意义和社会意义。

参考文献:

[1] 廖从研,杜松怀,李春兰,等.基于MSP430 单片机的多路电气量检测装置的设计[J]. 低压电器,2010(01).

[2] 顾友文.浅谈剩余电流保护的应用[J]. 低压电器,2008(24):49-53.

[3] 朱正武.剩余电流保护器的运行现状及存在问题[J]. 农村电气化,2008(11):54-56.

[4] 张冠英,杨晓光,王尧,等.一种智能剩余电流检测装置的开发[J]. 低压电器,2011(2):28-31.

[5] 李奎,陆俭国,瞿建喜. 剩余电流动作保护器的可靠性验证试验技术的研究[J]. 电工技术学报,2003(04):114-117.

作者简介:

黄申茂(1989-)男,江苏常州人,主要从事电测计量技术方面的研究, Email:cuxshenmao@163.com。