

应用于架空网的配电自动化终端装置研制

本新型配电终端采用独特的电流互感器供电技术，并具有太阳能、AC 和后备电池供电方式，简化了安装接线，借助 GPRS 通信模块与后台主站系统进行数据通信，实现对线路远方监控，增加了线路供电的可靠性，减少线路停电时间。

陈艳霞 吕立平 孙舟 焦然 陈建树 关宇/国网北京市电力公司



陈艳霞/高级工程师

关键词/Keywords

配电终端 ·
配电自动化 ·
架空网 ·
GPRS ·

0 引言

随着我国城乡电网建设与改造步伐的加大，中低压配电网络覆盖面越来越大，架空及电缆线路增多，其中架空输电线路一般距离较长，分布广，所处地形复杂，巡线难度高。在恶劣气候和环境条件下经常发生输电线路相间短路或单相接地故障，瞬时性故障超过 80%，这类故障造成的局部绝缘损伤一般没有明显的痕迹。一旦这些架空线路发生故障，查找具体故障点的位置非常困难，故障查寻时间可能将达到数小时，从而影响供电可靠性。

如何快速地进行故障定位，及时发现线路上所存在的隐患，是保证电网安全可靠运行所必需的。随着计算机、通信技术以及故障指示器的发展，利用现代计算机及通信技术，集成配电网的实时运行、电网结构、设备、用户以及地理图形等信息，可以构成完整的自动化系统，实现配电网运行监控及管理的自动化、信息化。本文介绍的基于故障指示器技术和 GPRS 技术的故障点监测和定位配电自动化终端，适应于 10 kV 架空线路（绝缘

线、裸导线）安装于架空线路杆塔上。通过实时采集线路上故障指示器的故障信息及开关状态信号，并能借助 GPRS 将采集的信息实时上送给主站系统，配合主站系统实现对故障的快速定位。同时，将故障点信息以短消息等方式发送到相关人员手机上，维修人员因此能够迅速赶赴现场，消除故障。从而增加线路供电的可靠性，减少线路停电时间。

1 基本功能

(1) 遥信功能

①由故障指示器上送至 DTU 的遥信量包括：接地故障、短路故障、故障指示器装置异常（装置自身故障）状态信号和终端通信故障和电源异常故障。

②由 DTU 上送至主站系统的遥信量包括：接地故障、短路故障、故障指示器装置异常信号、DTU 装置异常信号和 DTU 电源异常信号。

线路开关位置遥信，对应 6 条线路开关的合、分（双点遥信形式传输），遥信采集数量不少于 24 路，可根据需要扩展。

(2) 遥控功能

主要功能是复归故障指示器故障信号、执行开关脱扣或分合闸操作。

(3) 遥测功能

实现 3 个短路电流、1 个零序电流和 1 个导线温度的遥测。

(4) 通信功能

①与故障指示器通信：采用无线 GPRS 或射频通信方式，单台终端可接收不小于 6 只故障指示器的信息，短

距离无线双向通信,要求具有通信传输双向确认功能,传输未成功时故障指示器应具备异常告警指示功能。

②与主站通信:采用无线通信方式的站点,装置应内置无线通信板件或模块。

③与手持器通信:采用无线通信方式。终端需具备重传机制。

(5) 远程维护
支持主站利用通信通道对终端的软件、参数及通信规约进行远程自动升级,远程升级应保证终端内的数据安全。

①支持本地无线维护和远方维护。
②通过维护软件和升级软件,可以对设备进行远程参数维护和程序升级。

③在远程维护与升级过程中,当出现异常时,能保证终端可以自动自主恢复到正常运行,并能接受再次地远程维护与升级。

(6) 软件
①主机采用嵌入式操作系统。
②装置具备程序死锁自恢复功能。
③装置支持本机键盘/维护笔记本和远程系统诊断、测试功能。

④装置配备诊断和测试软件以及主站仿真通信程序。

为保证装置可靠运行,采用太阳能供电、交流供电、取电装置供电和后备电源等供电方式。

由于被监控的设备不同、应用要求不同,DTU 的功能要求也不尽相同,实际工程中,要根据具体应用情况对这些基本功能进行取舍。

2 系统设计

本装置的功能是检测线路的故障信息,并将故障信息上传。故障指示器通过短距离无线通信将故障信息发送到架空故障终端控制器,架空故障终端控制器将无线信息接收后进行解调、解码、分析和处理,实现对线路接地、短路信号检测及故障判断等功能,并通过 GPRS 将信息上传给主站系统,从而实现配电网的故障检测和快速定位功能。

2.1 硬件设计

2.1.1 整机功能实现

如图 1 所示为整机功能模块连接原理图,主要分与故障指示器通信模块、故障终端控制器模块、与主站通信 GPRS 模块和电源系统。

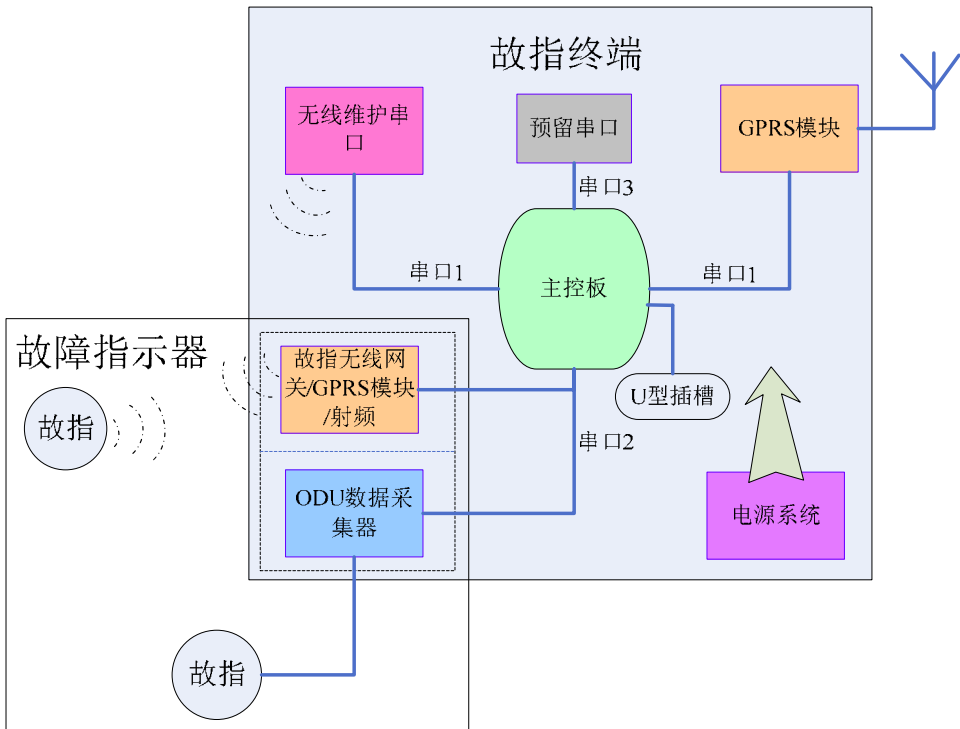


图 1 整机功能模块连接原理图

故障指示器将接地故障、短路故障、故障指示器装置异常（装置自身故障）状态信号、终端通信故障和电源异常故障上报给终端控制器。

终端控制器实时采集线路上故障指示器的故障信息并做分析、处理。采用 GPRS 等通信技术手段，把通信信号上传至配网主站，实现配电网的故障快速检测与定位。控制器接收故障指示器或其他电流采集模块提供的电流量，并分析处理，通过通信手段，实现配电网的负荷监测。

2.1.2 故障终端硬件设计

如图 2 所示，为故障终端硬件设计原理图。该系统的主要任务是接收挂载在电力线路上的故障指示器发出的射频故障信息，并由本系统 CPU 对信息进行分析和重新打包处理，通过 GPRS 发回主站系统。故障终端采用 MSP430 作为核心

处理器，保证了数据处理和传输的实时性。

由于故障终端多工作于野外，运行环境恶劣、复杂，本终端采用了 CT 取电、AC 取电、太阳能电池与后备电源等联合供电的方式，如图 3 所示。

- ①太阳能供电方式；
- ②工作现场具备交流供电条件时，采用 AC100 V~220 V（±20%）电源供电；
- ③工作现场不具备交流供电条件时，采用开启式 CT 取电装置供电；装置具备与开口套管 CT 连接的接口，在双路进线电流均满足≥7 A 的条件下，或单路进线电流满足≥12 A 的条件下，应能够使用套管 CT 作为主供电源。在 CT 取电回路设置大电流保护措施，确保一次电流达到 20 kA 并持续 1 s 内，不损坏装置。

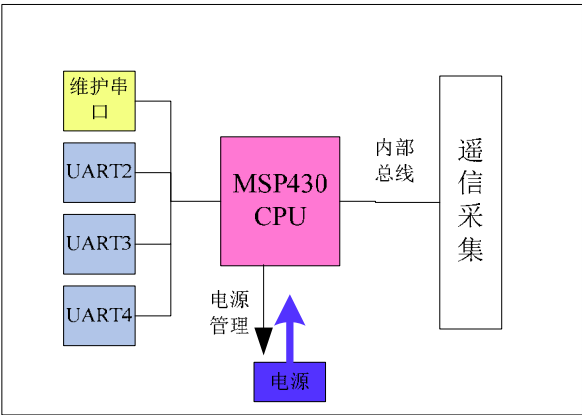


图 2 主控板原理图

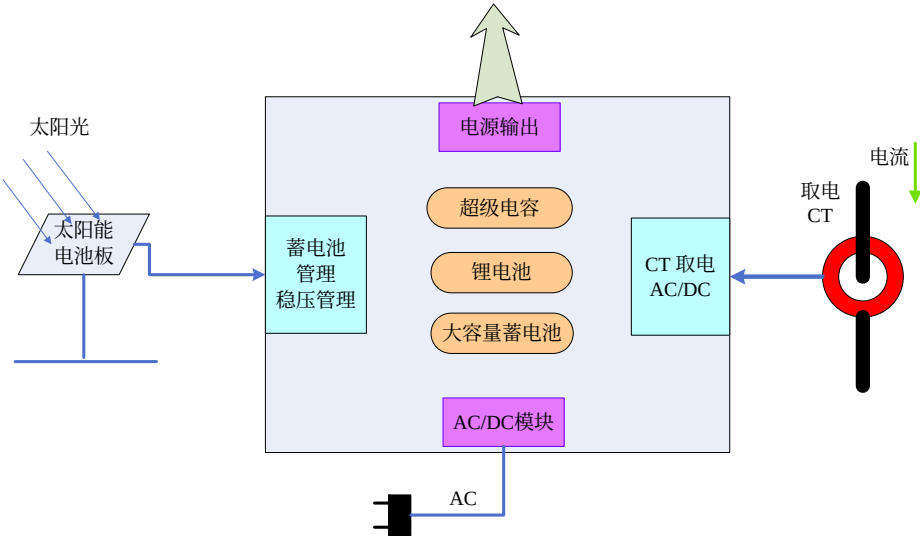


图 3 电源接入模块管理原理图

④装置应配置后备电源，当外部电源失去时，后备电源应能够保证将故障信号发送至主站系统。采用超级电容作为后备电源，当外部电源失电后，后备电源容量应能保证故障信息的正确上送，能够确保装置及无线通信模块与主站系统至少维持 5 min 正常运行和保证最后一次故障信息的上传。

采用蓄电池作为后备电源，当光照条件不满足时，蓄电池可满足设备正常运行 12 h 以上或者能翻牌 1 次且能把翻牌信号送回到主站。

2.2 软件设计

终端软件需要完成故障遥信、开关位置等遥信的采集，并处理；需要接收故障指示器传输的模拟量数据并处理；软件需要与主站建立通信连接，并向主站发送采集信息及数据，同时终端还具有本地存储遥信变位等信息；软件能够接收主站等测试软件对装置的控制与管理。终端软件协调控制装置各模块及功能组件等硬件共同完成各项功能，满足产品需求。

软件编译使用 MSP430 系列芯片专用的开发环境 IAR 系统，此开发环境具有在线 TJAG 仿真功能，能提供实时在线调试与仿真。同时此开发环境具有程序下载功能，具有单独的程序下

载程序。开发环境如图 4 所示。

本软件短路检测采取突变电流作为判据，不会因为线路的继电保护整定值改动或者用电负荷增加而导致检测单元不适用原有线路的问题。其直接的判据是突变电流、突变时间和线路停电，当配电线路发生相间短路故障时，给出故障警告信息。主程序流程如图 5 所示。

3 测试结果

在电力工业电力设备及仪表质量检验检测中心，依据 GB/T 13729—2002《远动终端设备》，所检测故障终端的基本功能、绝缘性能、电磁兼容性能、机械性能和连续通电等项目全部合格。

4 结束语

本故障终端与故障指示器、主站系统联合组成架空输电线路故障在线监测系统。它能够及时准确地实现故障定位，为架空线路负荷统计，为运行人员与检修人员运行维护、故障分析、抢修线路等提供可靠有效的手段，极大地提高了输电线路运行可靠性，节省故障查找所耗费的人力和物力资源，减轻巡线劳动强度，提高工作效率。

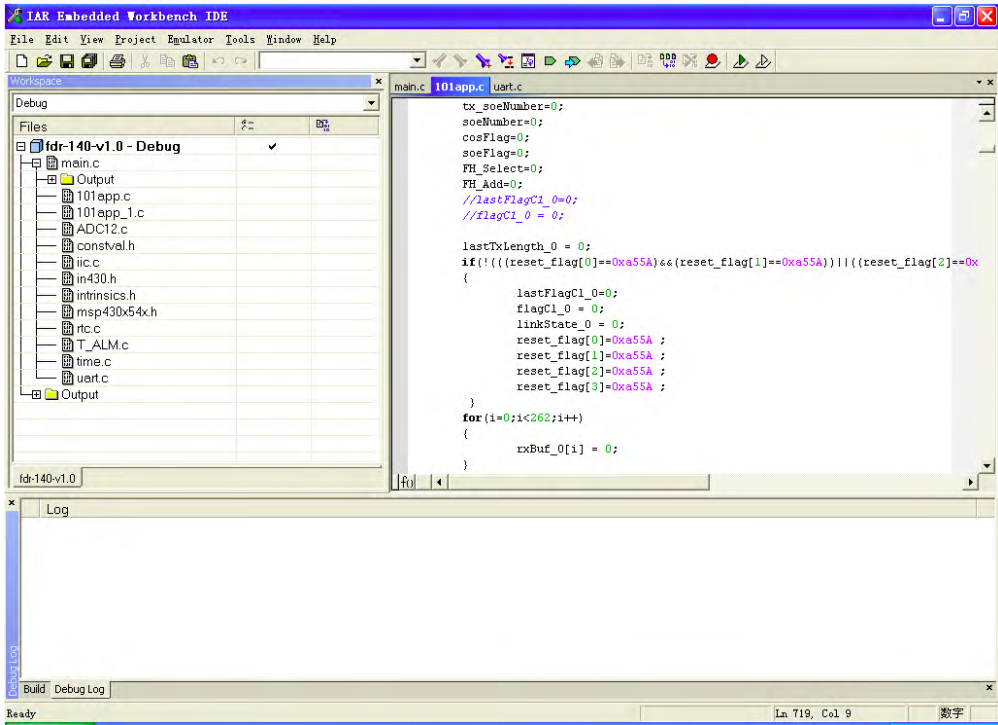


图 4 软件开发环境

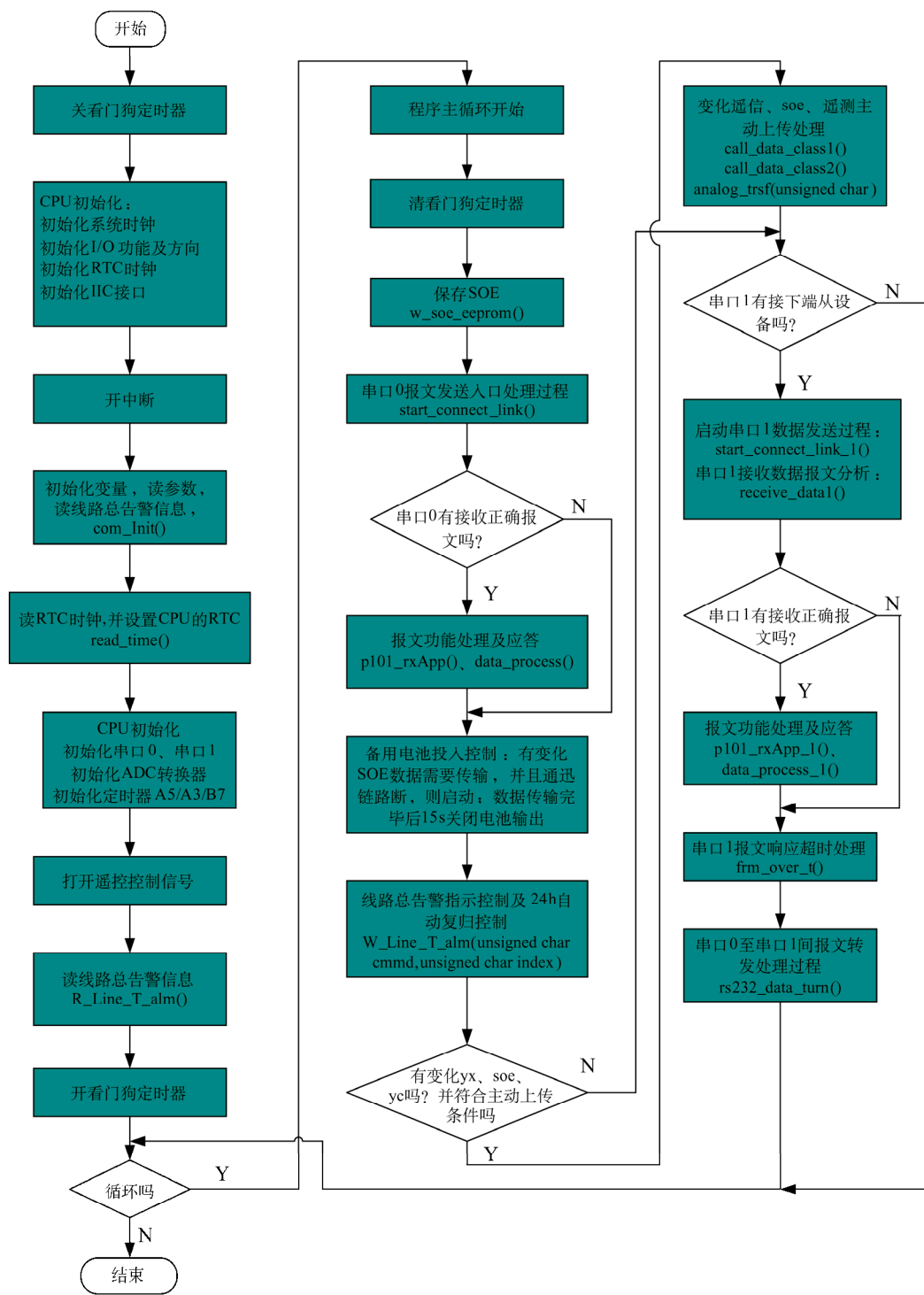


图 5 主程序流程图

作者简介
陈艳霞（1974-），女，博士，高级工程师，主要从事
智能配用电技术研究。

（收稿日期：2015-12-10） EA
（编辑：朱金凤）