

DOI: 10.7667/PSPC150057

新型农网智能配变终端的设计

安志国, 陈洪雨, 陈贺, 侯志卫, 常生强

(石家庄科林电气股份有限公司, 河北 石家庄 050222)

摘要: 农网智能配变终端采集配电变压器现场各种数据, 是农网智能化、自动化中不可缺少的前端元件。基于多年在配电网自动化系统中积累的经验, 设计开发了一款完全符合 Q/GDW615-2011 农网智能配变终端功能规范和技术条件的农网智能配变终端。设计方案采用 RS485 总线和多处理器协作技术, 处理器之间采用 MODEBUS 规约完成数据共享。独特的母板设计, 采用了软硬件结合方式实现了功能插件即插即用和自动识别技术。工程人员可以根据用户需求设计技术方案, 便于系统后续扩容升级, 为用户降低反复投资费用。

关键词: 配变终端; MODEBUS 通信协议; Poling 方式; 多核处理器; 即插即用; 自动识别

Design of the rural intelligence distribution transform terminal

AN Zhiguo, CHEN Hongyu, CHEN He, HOU Zhiwei, CHANG Shengqiang

(Kelin Electric Co., Ltd., Shijiazhuang 050222, China)

Abstract: Rural intelligent distribution transformer terminal collects transformer state data and other intelligent terminals, such as watt-hour meter, collector, etc., which is the front element of the distribution automation system for rural power grid intelligent and automation. This paper summarizes the technical experience in the distribution automation system accumulated over the years. It designs and develops a rural network intelligent distribution terminal fully consistent with Q/GDW615-2011 functional specification and technical conditions. The design scheme adopts RS485 bus and multi processor collaboration technology. MODEBUS code is applied for data sharing between multi processors. Motherboard adopts special design method. The software and hardware are combined to realize automatic identification technology and plug and play technology. Engineering staff can design technical solutions according to user's need, which is convenient for subsequent expansion and upgrade of the system, and to reduce repeated investment cost for users.

Key words: distribution transformer detection terminal; MODEBUS communication protocol; Poling ways; multiprocessor; plug and play; automatic identification

0 引言

为了适应配电网的发展需要, 满足用户对配电网质量的更高要求, 需要对 10 kV 配电变压器低压侧开关、保护、计量和无功补偿等设备信息进行采集、处理、存储和传输, 并实现无功就地补偿, 提高用电质量。

目前市场上的农网配变终端采用类似电表外壳结构, 1) 该结构只能采用上下插板, 采用表尾盖位置的端子; 2) 硬件设计采用 1 或 2 片处理器, 导致软硬件不能完全按照功能分开, 这种设计不方便工程技术人员现场更换, 只能符合固定的几个应用模式, 也不能满足工程人员的二次设计。

本设计采用处理器协作技术, 利用多核处理器

其硬件及软件上的优越性^[1], 处理器之间串口通信方式完成数据交互, 配合硬件设计, 可以实现 Q/GDW615-2011 农网智能配变终端功能规范和技术条件中要求的即插即用和带电插拔功能。软件可以实现按照功能插件分组开发, 定义规约与数据格式后, 团队内部人员可以更好地合作, 提高效率。

对于工程技术人员, 可以采用搭积木式组装终端, 满足不同用户、不同需求的实现方案, 即插即用^[2]和带电插拔也为技术人员的日常维护提供方便, 提高了工作效率, 降低了维护难度。

1 农网智能配变终端的功能概述

农网智能配变终端是运行在配电变压器现场数据采集的智能终端, 采集配电变压器的高、低压侧

电压、电流及开关状态数据, 具有过流、过压保护作为变压器的后备保护, 并实现配电变压的数据监测和无功补偿就地补偿功能, 同时配变终端还具备功能强大的数据汇集存储和计算能力, 通过通信通道上传到配电主站^[3]。

配变终端具备丰富的通信方式, 根据现场使用情况可以选择 RS485 总线、电力载波、光纤、红外数据传输和 GPRS 数据传输^[3]; 根据传输方向可以分为远程通信接口和本地通信接口, 远程通信接口主要是传输配变终端采集和汇集的数据打包后分类传输给配变主站, 本地通信接口主要是配变终端召测数据或下发控制命令^[4]。

配变终端液晶面板设计维护口和 USB 接口^[4-5], 方便技术人员的维护和历史数据的备份。

依据国网公司企标 Q/GDW615-2011 要求, 农网配变终端根据功能配置和适用范围分为简洁型、标准型、扩展型三种类型^[3]。

1) 简洁型。简洁型智能配变终端具备配变变压器监测与保护、用户用电信息监测、剩余电流动作保护器监测、状态监测、负荷管理、安全防护、互动化管理、事件及告警处理和人机交互等主要功能。适用于 100 kVA 以下容量较小、负荷水平较低或负荷分散的城郊和乡村的农网智能配变台区。

2) 标准型。标准型智能配变终端是在简洁型功能基础上扩展了配变计量总表监测、动态无功补偿/三相不平衡治理等功能。适用于 100 kVA 及以上, 负荷水平中等及较高、分布相对集中的农网智能配变台区。

3) 扩展型。扩展型智能配变终端是在标准型功能基础上扩展了谐波治理、资产管理、视频监控和环境监测功能。适用于负荷水平高、电能质量要求高、用电负荷对电能质量有较大影响的农网智能配变台区。

本文设计的农网配变终端采用统一硬件平台, 完成简洁型和标准型两种类型的设计。

2 配变终端的硬件设计

农网智能配变终端采用多处理器技术设计, 每一种功能插件板采用独立的处理器, 数据分布处理、集中存储和上送主站, 降低了对处理器性能要求和材料成本, 根据项目需要配置功能插件, 功能插件之间采用未隔离的 RS485 总线技术连接形成智能配变终端。

所有公共信号、电源及控制信号通过母板连接, 插件与母板采用欧式 PCB 连接器连接, 母板上的每一个位置通过硬件设计通信地址, 配合功能插件板

上的地址组合在一起, 形成综合地址信息, 核心插件通过综合地址信息数据, 可判断每个插件的功能和类型, 方便实现即插即用, 其中电源插件、MMI 插件、核心插件为必配插件, 所以不可更换位置, 其他插件可以根据装配、布线需要调整位置。为工程设计人员按照不同规模、不同需求的用户设计应用方案。图 1 为农网智能配变终端原理图。

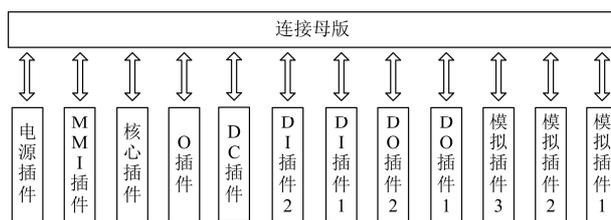


图 1 农网智能配变终端原理图

Fig. 1 Schematic diagram of rural electric smart distribution terminal

电源插件为整个终端提供工作电源, 由输入的三相四线电压信号获取电能转换为各个插件需要的工作电源。电源插件设计有载波抄表功能接口^[3], 为低压载波抄表提供通信信道, 完成所配置的载波电表数据召测。

MMI 插件为人机交互处理插件, 负责完成面板上八个按键的采集处理, 核心插件进行数据交换, 不同人机界面数据更新, 达到与技术人员很好的人机交互, 协作完成数据的查询、参数的配置等功能。

核心插件完成终端所有插件采集数据的汇集和对上、下规约处理, 数据的存储等功能, 该处理器要求较高, 采用嵌入式 Linux 操作系统^[4], 外围集成以太网口、RS485 口、RS232 口、USB 接口、维护口等外设, 硬件集成 256 kbit 的铁电存储器和 64 GB FLASH, 铁电存储器用来保存系统参数, 而 FLASH 存储各种采集的数据。

配变终端即可完成传统的九区图法^[6], 也可根据电压、电压/无功功率、电压/功率因数作为判据^[6]完成投切电容器实现无功补偿, 本设计支持两种控制方式: 1) 选择普通的复合开关作为电容器的投切开关, 复合开关的控制采用电流保持的驱动方式, O 插件板就是针对这种模式开发的接口板, 图 2 为控制接口原理图, 设计自锁输出(采用锁存器)和状态回采(采用总线驱动器)功能, 解决处理器复位复合开关的关断, 状态回采作为状态量按照规约回传给核心插件; 2) 采用智能型复合开关, 该复合开关具有 RS485 接口, 通过该接口接受闭合、断开控制命令, 图 3 为 RS485 总线接线图。基于上述两种方案均可完成 9 种无功控制理论^[7-8]在静止无功投切

电容器^[5]补偿应用方案。

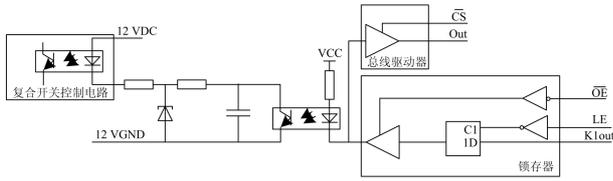


图 2 控制接口原理图

Fig. 2 Schematic diagram of control interface

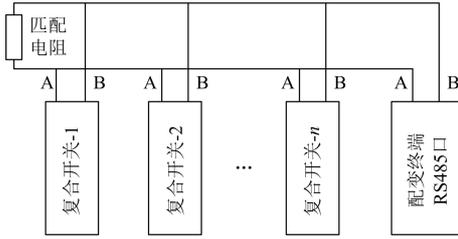


图 3 RS485 总线接线图

Fig. 3 RS485 bus connection diagram

直流采集 DC 插件板, 设计有 4 路/板和 8 路/板两种类型的插板, 采集温、湿度变送器、瓦斯浓度变送器的输出信号, 根据工程和项目需要选配插板, 满足实际需求。

图 4 为 DI 输入原理图, DI 插件板设计 10 路/板, 2 个 DI 插件硬件完全一样, 配置 2 个 DI 插件, 必须在整机装配时, 确保硬件信息跳线不一致。

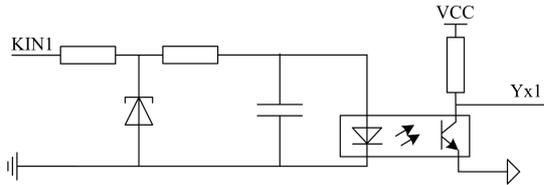


图 4 DI 输入原理图

Fig. 4 Schematic diagram of DI input

图 5 为 DO 插件控制电路原理图, 单个插件板设计为 6 路/板, 两个 DO 插件硬件设计完全一样, 配置 2 个 DO 插件, 必须在整机装配时, 确保硬件信息跳线不一致。根据实际需要配置过流、过压保护需要快速出口要求时, 选择安装 Kc1 跳线设置, 满足电力系统对快速动作的要求。

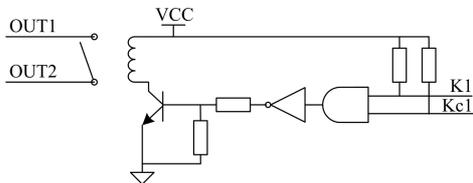


图 5 DO 电路原理图

Fig. 5 Schematic diagram of DO output

配变终端设计为 3 个模拟插件, 其中插件 1 主要采集 3 个电压和 3 个电流信号, 模拟插件 2、3 采用同一个电路板, 全部为电流互感器, 如果需要配置 2 个电流插件, 必须在整机装配时, 确保硬件信息跳线不一致。插件配置原则: 只需要 1 个插件, 必须配置插件 1(即插件 1 为必配插件), 其他插件根据需求选择配置。

3 软件设计及调试

配变终端采用多处理器技术, 每个功能插件板均采用独立的处理器, 软件设计比较繁琐。本设计采用 polling 规约和 RS485 总线技术, 核心插件做主设备, 功能插件做从设备; MMI 插件与核心插件之间, MMI 插件做主设备, 核心板做从设备, 实现所有数据交互功能。

图 6 为核心插件初始化流程图, 终端上电复位后, 首先初始化处理器外设, 然后从存储器中读取配置参数, 与实际硬件配置进行对比后初始化数据库。最后初始化外部串口, 准备接收对上、对下的数据。

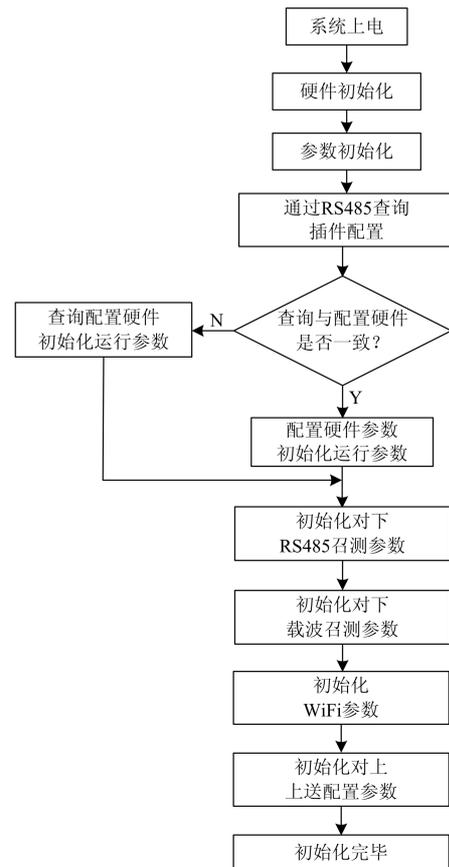


图 6 核心插件初始化流程图

Fig. 6 Initialization flow chart of core-board hardware equipment

图7为核心插件召测流程图,核心插件根据配置参数依次召测各个功能插件数据、对下串口配置召测设备数据以及对上监控主站数据,串口处理采用自适应策略方式^[9],提高串型总线利用率,完成各间隔数据处理和存储任务。

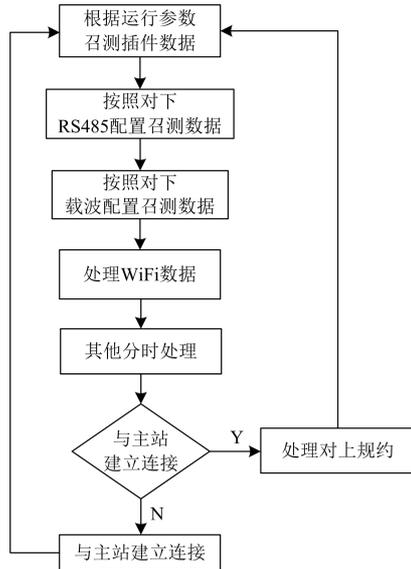


图7 核心插件召测流程图

Fig. 7 Flow chart of core-board called peripheral

模拟插件采用交流采样技术和快速傅立叶算法,实现对交流参数的采集计算,为终端提供实时数据。

图8为功能插件处理流程,功能插件可以从母板读取插件的位置地址,该地址在同一终端上唯一,所以同一功能插件插在不同位置,地址是不同的,该地址占用4个bit位,采用编码加一的方式,即通信地址为1~16。

功能插件内部程序区分配了固定的功能代码,同样也占用4个bit位,与上述的4个地址bit位,中间预留8bit保留位备以后扩展使用,组成16位的综合信息数据。该综合信息数据按照遥测数据格式传送给核心插件,核心插件作为插件信息数据处理,结合配置参数,处理、存储功能插件数据。

其他功能插件对处理器的要求较低,基于配变终端运行环境恶劣,为避免电磁干扰等影响性能或导致设备异常,笔者认为处理器不应采用低功耗模式,避免降低系统的可靠性,但是为了降低功耗可以采用降低主频的方式。

WiFi接口为了与小区智能化用电和手持配置工具提供通信通道^[3],为了更好地为用户及技术人员服务,根据工程实际需要选择配置。

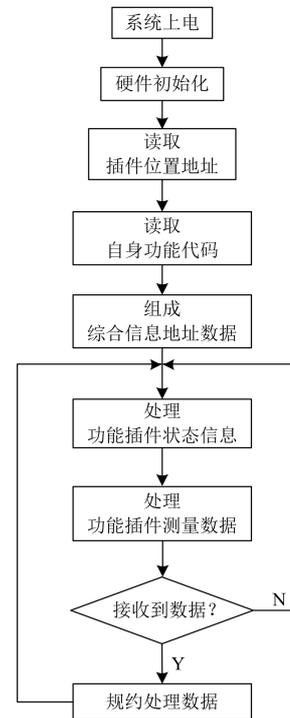


图8 功能插件流程图

Fig. 8 Flow chart of function module

4 结语

农网智能配变终端设计采用多处理器方式,采用数据分布处理后,汇总到核心处理器,产品开发人员工作量大,设计复杂。但是,各个插板的硬件独立,软件分散开发,升级管理方便,简化了产品生产调试;对于工程技术人员,可以轻松方便地二次设计满足不同用户、不同需求的应用要求,间接地为产品供应商降低了成本。

因为采用了多处理器设计,降低了各个处理器的性能和要求,所以总的材料成本反而更低,本产品的的设计,从根本上达到了最大化的满足用户需求,最小化的方案成本。

参考文献

- [1] 刁利军,董佩,赵雷廷,等.基于双DSP-FPGA架构的城轨列车电力牵引控制系统[J].电工技术学报,2014,39(1):174-180.
DIAO Lijun, DONG Kan, ZHAO Leiting, et al. Dual DSPs-FPGA structured traction control system for urban rail transit vehicle[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 39(1): 174-180.
- [2] 韩国政,徐丙垠,索南加乐,等.配电终端自动发现技术的实现[J].电力系统自动化,2012,36(18):82-85.
HAN Guozheng, XU Bingyin, SUONAN Jiale, et al.

Implementation of automatic discovery technology for distribution terminal[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(18): 82-85.

[3] 中国电力科学研究院. Q/GDW615-2011 农网智能配变终端功能规范和技术条件[S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.

China Electric Power Research Institute. Q/GDW615-2011 functional specification & technical condition for rural intelligent distribution transformer terminal[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2011.

[4] 李玉凌, 徐斌, 孙军平, 等. 基于双核嵌入式微处理器的智能配变终端研制[J]. 电力建设, 2011, 32(12): 9-12.

LI Yuling, XU Bin, SUN Junping, et al. Development of rural intelligent distribution transformer terminal based on dual-core embedded microprocessor[J]. Electric Power Construction, 2011, 32(12): 9-12.

[5] 刘庭磊, 王韶, 张知, 等. 采用负荷电量计算低压配电台区理论线损的牛拉法[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(19): 143-148.

LIU Tinglei, WANG Shao, ZHANG Zhi, et al. Newton-Raphson method for theoretical line loss calculation of low-voltage distribution transformer district by using the load electrical energy[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(19): 143-148.

[6] 张之昊, 武建文, 李平, 等. 应用于农村配电网的测量点与补偿点分离式无功补偿设备及其优化配置[J]. 电工技术学报, 2015, 30(3): 205-213.

ZHANG Zhihao, WU Jianwen, LI Ping, et al. Reactive power compensation and its optimal allocation with measurement part and compensation part separated in rural power grid[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(3): 205-213.

[7] 付伟, 刘天琪, 李兴源, 等. 静止无功补偿器运行特性分析和控制方法综述[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(22): 147-154.

FU Wei, LIU Tianqi, LI Xingyuan, et al. Analysis of operating characteristic and survey of control methods used in static var compensator[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(22): 147-154.

[8] 罗书克, 张元敏. 低压配用电系统两级无功补偿控制研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(16): 103-107.

LUO Shuke, ZHANG Yuanmin. Study of two-stage VAR compensation in low voltage distribution system[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(16): 103-107.

[9] 张良, 刘晓胜, 戚佳金, 等. 一种低压电力线通信改进分级蚁群路由算法[J]. 电工技术学报, 2014, 29(2): 318-324.

ZHANG Liang, LIU Xiaosheng, QI Jiajin, et al. Study of improved hierarchical ant colony routing algorithm for low-voltage power line communication[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(2): 318-324.

收稿日期: 2015-01-13; 修回日期: 2015-10-26

作者简介:

安志国(1976-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事电力系统配电自动化产品的开发与研究工作; E-mail: sjz1093@163.com

陈洪雨(1975-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事电力系统自动化主站系统的开发与研究工作;

陈贺(1976-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事电力系统自动化产品的开发与研究工作。

(编辑 魏小丽)