

基于台区智能终端的智能配电台区架构研究

张明龙¹, 钱健¹, 王健¹, 高源¹, 李耀²

(1. 国网福建省电力有限公司电力科学研究院, 福建 福州 350007; 2. 威胜信息技术股份有限公司, 湖南 长沙 410205)

摘要: 在当前智能配电系统中, 台区智能终端是测控管理核心单元, 一般安装在配电变压器侧, 可实现下级开关、表计等智能化设备的接入以及与主站系统通信交互。由于其作用的重要性使得其本身的性能对整个配电自动化系统的影响较大。研究了一种集配电变压器监测、电能质量监测、温湿度测量和低压开关通信于一体的新型配电网运行管理智能设备, 该设备集成度高, 可实现变压器监测、谐波分析、集中抄表、无功补偿、远程通信和温湿度测量等多种功能, 支持GPRS/GSM无线通信方式及远程控制、远程通信和远程软件升级, 基于上述功能提出了一种智能配电台区架构以供参考。

关键词: 智能配电台区; 台区智能终端; SDTT-B; GPRS / CDMA通信

Study on the architecture of intelligent distribution station area based on intelligent terminal

ZHANG Minglong¹, QIAN Jian¹, WANG Jian¹, GAO Yuan¹, LI Yao²

(1. Power Science Research Institute, State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd., Fuzhou 350007, China; 2. Weisheng Information Technology Co., Ltd., Changsha 410205, China)

Abstract: In the current intelligent distribution system, the intelligent terminal in the station area is the core unit of measurement and control management, which is generally installed at the distribution transformer side. It can realize the access of subordinate switches, meters and other intelligent devices and the communication and interaction with the master station system. Due to the importance of its role, its performance has a great impact on the whole distribution automation system. A set of distribution transformer monitoring, power quality monitoring, temperature and humidity measurement, low voltage switch communication in the integration of new intelligent distribution network operation management equipment is studied, the integration of the equipment are high. It can realize multiple functions such as transformer monitoring, harmonic analysis, centralized meter reading, reactive power compensation, remote communication, temperature and humidity measurement, it supports GPRS/GSM wireless communication and remote control, remote communication and remote software upgrade. A kind of intelligent distribution station area based on the above function architecture put forward, it is a reference for relevant industry units.

Key words: intelligent distribution station area; intelligent terminal in station area; SDTT-B; GPRS/CDMA communication

0 引言

在配电变压器低压侧基本都将配置一套台区智能终端, 主要用于监测整个低压台区的线损、电压和电流等^[1]。配置的台区智能终端可以实现对变压器的信息采集和控制, 同时也将集成电压

表、功率因数表和负荷指示器等监测仪器的功能。此外, 该智能终端还将配置通信模块, 实现与其他后台设备进行信息传输, 提供给配电控制系统所需要的各类数据, 及时发现系统中可能存在的隐患或者故障, 进行就地或远程无功补偿,

实现有载分接开关（OLTC）的自动调压^[2]。

通过对智能配电系统的研究，目前国内外学者研究的热点主要是配电网培训系统以及配电网网络的优化方式、降低配电网的网损和分时电价管理用电负荷等方面，对于配电网智能监测系统的研究较少^[3-4]。目前，各类分布式配电监控系统已在很多供电公司进行了试点应用，根据试点应用情况，目前配电监控系统存在以下问题：

①在配电网中，由于配电变压器供电范围受限使得配电变压器数目较多，在选择联络各个变压器之间的通信方式时存在较大的困难，信息的传输效率以及完整性不高；②目前针对配电变压器运行数据分析软件较为缺乏。此外，无法充分利用配电变压器运行的各类数据使得对其运行状态及经济效果的分析不全面，有可能导致工作人员作出错误的判断^[5-6]。

通过对目前的研究现状进行分析，针对配电变压器在线监测系统存在的问题，本文根据现阶段智能配电网所提出的需求，研究了一套配电智能管理终端，可以实现变压器智能监测、电气信息监测、环境信息监测以及通信等功能，装置集成度高，技术先进，性能高，支持GPRS/GSM无线通信和远程软件升级，实现了配电台区的改造升级，投资少，性价比高。本文首先对研究此装置的设计原则进行分析，分别从信号采集、信号采样两方面进行研究；其次，对以台区智能终端为核心的智能系统的性能进行了分析，并对装置的技术特点进行了总结；最后，提出了基于台区智能终端的智能低压配电网架构。

1 系统设计原则

SDTT-B型配电终端由九部分组成，包括：主控模块、通信模块、输入交流采集模块、输出交流采集模块、直流模拟信号采集开关、无功补偿控制模块、输入输出模块、载波通信模块和电源模块，具体原理图如图1所示。

1.1 信号采集模块

(1) 状态变量采集电路

通过控制无源开关的状态来反映状态变量

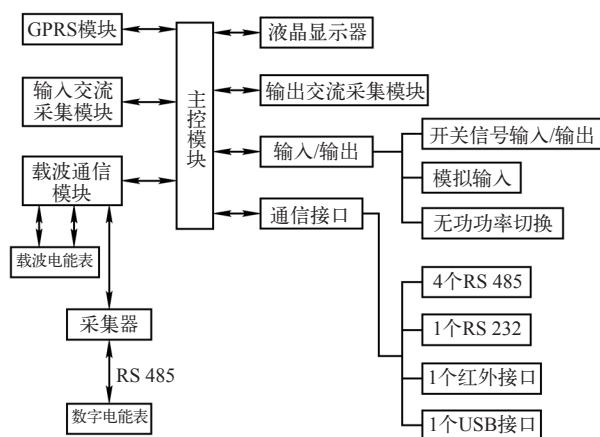


图1 系统框图

Fig. 1 System diagram

的状态，设计的采集状态电路具体如图2所示。无源开关一端接地隔离，另一端接光耦合器的阴极，开关接通时，其测试端输出低电平；开关断开时，则代表光耦合器之间的连接断开，此时测试端将输出高电平。因此，无源开关的状态可以通过CPU监控测试端的电平来确定。

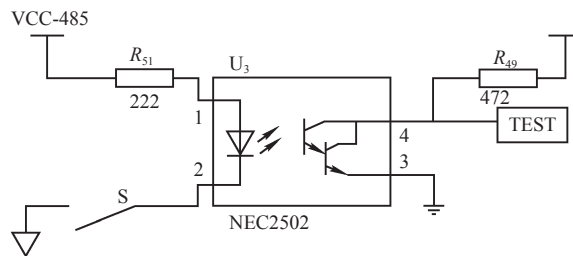


图2 开关变量采集电路

Fig. 2 Switch variable acquisition circuit

为了避免干扰信号对开关状态的判断影响，在进行软件设计时考虑添加软件滤波器，最常用的方法是读取平均值。

(2) 模拟量采集电路

监控终端的模拟量采集功能实际上是获取设备输出的直流模拟电压/电流值，模拟量采集电路如图3所示。电压、电流信号先经过信号调理电路，转换成电压信号，由ADC0834芯片接收，进行A-D转换，最后将转换结果通过四行SPI发送到STM32。为了提高终端的可靠性，由于光耦合器的速度慢，在模拟量输入与主控电路之间需要电气隔离，需要外部器件、电路板面积较大，因此本文选择高速射频耦合隔离芯片Si8441进行设计。

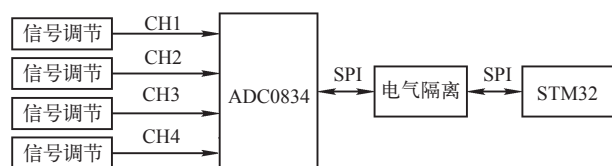


图3 模拟变量采集电路原理图

Fig. 3 Schematic diagram of analog variable acquisition circuit

Si8441采用了射频耦合方式实现数字信号隔离，其电流隔离和耐久性达到2 500 V(rms)。Si84441不仅可以传输高达100 MHz的高频信号，而且传输功率损耗低于光耦合器。此外，Si84441不需要外部器件，单芯片可以实现四路数字信号的隔离。就成本而言，它的价格相当于高速光耦的价格^[7]。

1.2 交流采样模块

交流采样模块分为输入交流采集模块和输出交流采集模块，分别采集输入端、输出端的电压和电流，然后由采样电路进行采样，并发送到专用计量芯片，再将采集到的基本参数发送到处理模块。各种数据由处理模块进行统计分析，然后在处理模块的闪存芯片中进行求解，最后由主站进行测量。同时，处理模块还执行主站的命令。处理模块还配有标准RS 232接口和红外接口，用于现场调试和维护^[8-9]。

2 系统性能

本文采用SDTT-B型台区智能终端作为监测系统的核心终端，该终端是基于嵌入式软硬件平台开发的新一代配电变压器监控优化终端。基于该终端，开发了一系列适用于低压配电网的智能化开关、监测和采集等产品设备与台区智能终端共同组成智能低压配电网系统。

该终端集成度高，用于配电变压器的状态监测和电源管理，采用GPRS/CDMA无线通信模式，广泛应用于农村电网和城市低压配电网。利用通信对低压剩余电流断路器进行数据监控，其采用载波通信实现居民电能表抄表；支持远程通信、远程软件更新和汇总抄表等功能，是一款集多种功能于一体的低压配电产品。其主要功能如下。

1) 实时配电监控。可以对电压、电流和功率等信息进行实时监测；根据监测到的电气数据统计获得电能质量；监测电容器的状态转换和配电终端的工作状态。

2) 配电变压器保护。该装置具有过电压保护、过电流保护、过负荷保护和过热保护等功能。

3) 用电信息监测。可采集用户用电量、配电变压器容量数据，进行异常工况分析及报警等。

4) 负载管理。电源控制和远程控制的闭环控制。

5) 电能质量管理。无功补偿、三相不平衡和谐波控制。

6) 安全保护。具有防盗、防窃电、硬件安全模块和异常信息报警等功能。

7) 控制功能。此系统可以控制低压出口开关状态、调节系统的无功补偿、控制负荷和声光器件的控制。

8) 通信功能。GPRS/CDMA上行通信，载波和RS 485下行通信，终端有四路RS 485通信接口，接口与内部电路形成电气隔离，掌上电脑现场管理，本地红外，RS 232通信管理^[10-11]。

3 系统技术特点

根据本文搭建的监测系统，其特点概括如下。

1) 主CPU采用嵌入式32位系统，具有实时处理能力；配备了电源和高性能CPU监控芯片。该装置工作稳定可靠，断电后不会丢失信息。采用页面管理技术，具有大容量的闪存存储器，可以进行大量的数据存储，并且在接收到刷新命令之前，终端可以在不停电的情况下保存数据。

2) 采用TCP/IP和FTP协议库，终端网速更快，网络进程可控，支持本地和远程软件及仪表规范库在线升级，通过USB接口本地升级，远程升级可选择采用FTP或TCP/IP方式，升级速度快。

3) 模块化设计，接口完善，通信模块配置灵活（可选），支持GPRS/CDMA以太网，支持通信集成，内置和外置模式变量。

4) 完善的电磁兼容性和可靠性设计，双看

门狗电路, 确保终端安全可靠运行, 便于维护。

5) 直流采样的特殊配置, 实现了对PT100传感器或4~20 mA信号的采集, 便于变压器参数的采集。

6) 采用高准确度计量芯片, 准确度高, 速度快, 参数齐全, 支持19次谐波采集。

7) 特别设计的电源模块, 输入电压宽, 采用三相电源, 缺两相时能正常工作。

8) 采用高准确度实时时钟模块, 无须断电。

9) 终端具有数据集中器仪表功能。

10) 该终端具有很强的自检功能。

11) 无功功率切换功能, 多组电容器进行分组和循环切换, 并根据国家标准, 将无功功率作为切换的依据。

12) 该终端配置有多通道通信接口, 内部可以配置通信, 也可以配置外部做透明转发, 方便用户之间的通信。本系统由管理后台、多功能移动终端两部分组成, 实现变电站全面巡检、例行巡视和熄灯巡视的自动化过程。

4 应用

SDTT-B台区智能终端能有效、快速地完成城乡配电网信息的采集、处理和控制在。该终端集成度高, 体积小, 安装方便, 可集成到综合配电箱和箱式配电柜中。台区智能终端支持GPRS/CDMA通信, 支持RS 485、载波和无线通信接口。图4为智能终端设备接入智能配电站区监控系统的结构示意图。选定需改造的配电变压器台区, 以台区智能终端为控制管理核心, 结合各类智能化开关、监控等设备, 实现台区智能化升级改造, 如图5所示。

台区的生产、管理、分析和维护是通过运行管理系统来实现的。配电变压器监控、智能开关控制和配电台区参数管理功能由台区智能终端实现, 如图6所示。

台区智能终端可直接采集三相电压和电流, 根据交流采样结果计算出配电变压器的有功功率、无功功率、功率因数和零序电流等运行数据。

低压开关配置为智能剩余电流断路器, 则开

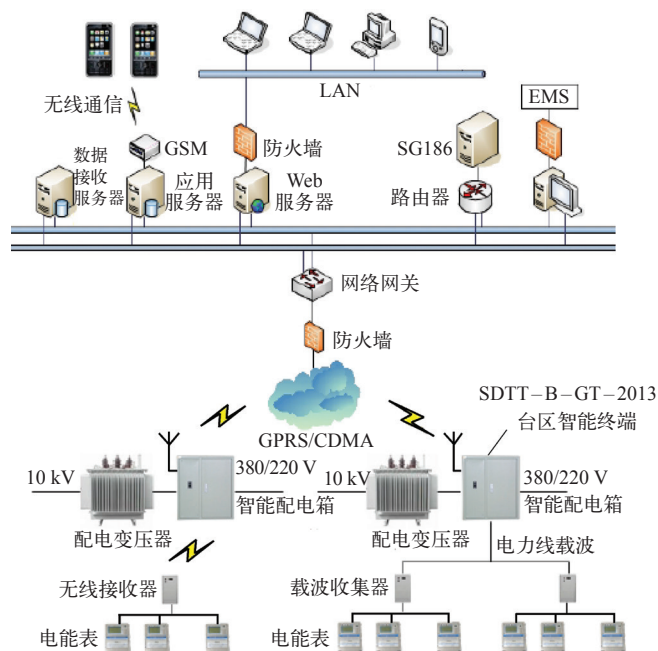


图4 台区智能终端连接到智能配电站的原理图

Fig. 4 Schematic diagram of intelligent terminal in station area connected to intelligent distribution station

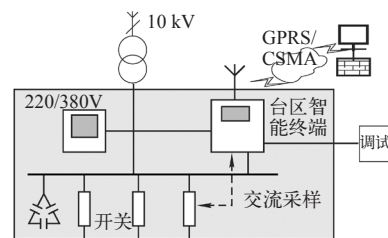


图5 配电台区智能化升级改造示意图

Fig. 5 Intelligent upgrading schematic diagram of distribution station area

关状态和漏电值可通过台区智能终端传输到主站系统。如果没有智能剩余电流断路器, 则通过其他接口获取开关状态, 通过安装在台区智能终端的漏电CT测量漏电值, 然后传输到主站系统。

配电站的温湿度等信息与接口相连, 通过台区智能终端发送到主站系统。

利用手持设备 (iPad或智能手机) 和定位点 (二维码) 进行检测, 工作人员检测完成后, 将智能手持设备接入计算机, 并通过USB方式将数据导入主站系统进行统计检查情况分析。

5 结束语

根据配电台区的现状和需求, 介绍了一种新型的台区智能终端装置, 该装置采用智能组件

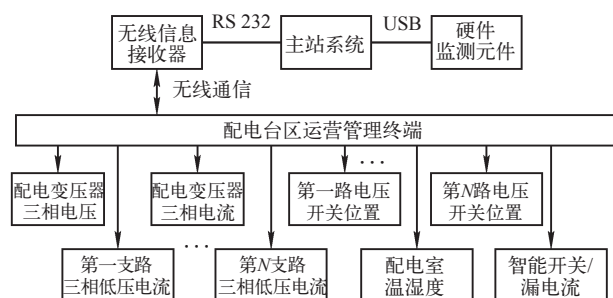


图6 配电变压器接线端子工作原理图

Fig. 6 Working principle diagram of distribution transformer terminal

和模块化应用程序，集配电变压器监测、谐波分析、集中抄表、无功补偿、远程通信和温湿度测量等多种功能于一体。每个应用模块在设计和功能上都是独立的，根据组件的各种功能进行了基于组件的设计，并设计了智能总线和统一接口，从而实现了即插即用。

在实际应用中，台区智能终端可以根据现场需求配置不同的应用模块，完成所需的功能。该终端不仅具有良好的性价比，而且具有良好的可扩展性，有助于实现配电台区的智能化，为运行维护提供有效的监控数据，为配电网的运行管理提供有效的技术保障，并且提高配电网运行的安全性、稳定性和可靠性。

参考文献

- [1] 张锋明, 付俊强, 李孝蕾, 等. 地区智能电网调配自动化贯通模式[J]. 广东电力, 2016, 29(4): 122-127.
- [2] 张勇军, 刘斯亮, 江金群, 等. 低压智能配电网技术研究综述[J]. 广东电力, 2019, 32(1): 1-12.
- [3] 冯志国. 10 kV配电台区智能化的设计及应用[J]. 电气时代, 2013(12): 96-97.
- [4] 林加生. 基于智能配电网的配电自动化改造建设探究[J]. 新型工业化, 2019, 9(9): 9-13.
- [5] 刘小涛. 智能配电网无线传感器网络路由算法研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2019.
- [6] 高原, 张卫东, 高盛, 等. 基于大数据的智能配电网状态监测技术[J]. 通信电源技术, 2019, 36(5): 259-260.
- [7] 吴国沛, 刘育权. 智能配电网技术支持系统的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2010,

38(21): 162-166, 172.

- [8] 刘卫兵. 农村智能配电台区典型建设方案研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- [9] 配电物联网智能台区解决方案[J]. 电气时代, 2019(11): 30.
- [10] 张体领, 袁新平, 边宁, 等. 智能台区的配电网经济运行及其分析系统探讨[J]. 自动化与仪器仪表, 2017, (3): 24-26.
- [11] 李辉, 吴光灿, 雷鹏, 等. 配电网智能台区一体化系统的研究与应用[J]. 电气应用, 2015, 34(7): 29-33.

作者简介



张明龙

张明龙(1976—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为电网设备状态检修、配电网运检技术研究以及配电网规划设计。

钱健(1991—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为低压配电智能化建设规划设计、配电网一次设备状态评价及故障分析研究。

王健(1984—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为配电网一次设备状态评价技术研究, 配电网防灾减灾规划、设计、运维及抢修技术研究。

高源(1989—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为配电网二次设备状态评价及故障分析研究, 配电网自动化及一、二次融合设备技术研究。

李耀(1982—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为配电物联网、配电网二次设备状态评价及故障分析研究, 智能台区解决方案设计。

(收稿日期: 2020-03-25)EA