

低压电力线载波信道一体化智能检测技术

利用模块化设计理念, 针对电力线载波通信及组网评估的特性, 力求探讨一种新的低压电力线载波通信及组网评估的检测技术, 用于对整机和载波模块进行一体化智能检测, 实现载波通信模块的互换性测试、采集终端的带载能力测试、协议一致性测试以及功耗检测等的检测。提升检测工作的技术水平和效率, 提高现场运行采集终端和电能表的技术水平。

史轮 冯波 马红明 耿建坡 任鹏 李飞 张洋瑞 石振刚/国网河北省电力公司电力科学研究院

0 引言

低压电力线载波通信技术能够充分利用现有的电力线资源, 在不影响传输电能的基础上, 实现窄带或宽带通信, 因此在国家电网公司用电信息采集系统的建设中被普遍采用^[1-3]。随着用电信息采集系统不断深化应用, 对用电信息采集系统采集成功率的要求越来越高, 低压载波用户采集成功率应不小于 96%^[4]。然而, 低压载波用户的采集成功率很大部分受制于用电信息采集系统的载波信道的通信质量, 即载波信道的数据传输性能的稳定性和可靠性直接影响了采集的成功率。

为此, 探讨开发一种新的电力线载波组网检测技术, 使其覆盖载波通信模块的互换性测试、采集终端的带载能力测试、协议一致性测试和功耗等性能的检测, 提高载波信道的定性定量一体化检测水平。

1 载波信道一体化智能检测系统分析

利用标准仪器、虚拟仪器、一体

化的检测装置和智能测试软件构建电力线载波通信及组网检测及评价的测试系统, 对不同厂家的载波终端设备和载波模块进行全方面的检测和运行质量评估分析, 进而在智能电能表、采集终端和载波通信模块的推广应用中, 可以进一步指导针对不用运行环境和区域进行相应载波方案的选型, 保证投运设备的信息采集的成功率。

为了保证技术先进性、前瞻性和扩充性, 载波信道一体化智能检测系统应遵从和执行国家电网公司的 2013 年和 2014 年等最新的和最严的技术规范, 主要技术规范包括: 电力用户用电信息采集系统技术规范: 通信单元技术规范 (Q/GDW 1374.3—2013)、电力用户用电信息采集系统通信协议: 主站与采集终端通信协议 (Q/GDW 1376.1—2013)、电力用户用电信息采集系统检验技术规范: 通信单元检验技术规范 (Q/GDW 1379.42013)、电力用户用电信息采集系统检验技术规范: 系统检验技术规范 (Q/GDW 1379.1—2013)、采用配电网载波的配电自动化 第 3 部分: 配电网载波信号传输要求 第 1 篇: 频带和输出电平 (DL/T 790.31—2001) 等技术规范和行业标准。

对载波通信模块的互换性、采集终端带载能力、载波通信协议一致性和功耗检测等是基本要求。为此, 载波信道一体化智能检测系统应主要包括: ①载波通信模块互换性检测单元; ②采集终端带载能力检测单元; ③协议一致性检测单元; ④模块功耗、整机功耗检测单元; ⑤主控单元。该测试系统如图 1 所示。



史轮/高级工程师

关键词/Keywords

电力线载波 ·
采集成功率 ·
一体化智能检测 ·
模块化设计 ·

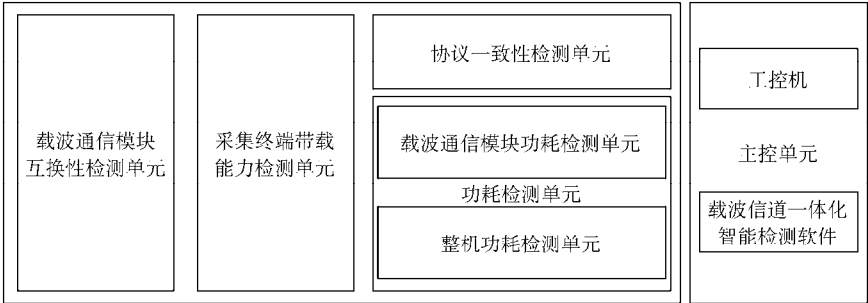


图 1 测试系统示意图

不同的检测单元具有不同的功能，载波信道一体化智能检测系统的各单元技术分析如下。

1.1 载波通信模块互换性检测单元

载波通信模块互换性检测单元的技术要求为：一是可以对各厂家符合 2013 年和 2014 年国家电网公司的技术标准的集中器、单相电能表和三相电能表载波通信模块进行互换性检测与验证，在实验室的最小检测平台中验证互换性的可行性；二是具有实用性强、自动化程度高、性能稳定、模块化设计、具备先进性和易于维护等特点；三是在载波通信技术上并没有实现互联互通，通过此单元国家电网公司可以很好的对不同载波通信模块厂家或载波方案的互换性进行研究验证。

载波通信模块互换性检测单元由三相净化稳压电源、三相隔离变压器、V 型人工电源网络、相限选择单元、载波通信模块互换性检测单元、检测软件、标准单元、报文解析单元和工控机等部分组成，具体如图 2 所示。

在对载波通信模块测试时，要求集中器复位模块电平不小于 200 ms，具体地，通过设计识别流程、档案同步流程、点抄流程、从节点主动注册流程、定时或周期抄表流程和广播流程等流程，可全面检测载波通信模块的互换性。

1.2 采集终端带载能力检测单元

采集终端带载能力检测单元设计目标：一是可实现对载波集中器的带载能力的测试；二是具有实用性强、准确性好、自动化程度高、性能稳定和易于维护等特点；三是控制由网络来连接，测控软件具有高效的数据传输能力，可以实现现场情况仿真；四是带有模拟可调负载，

可进行最大带载能力等项目的研究测试。

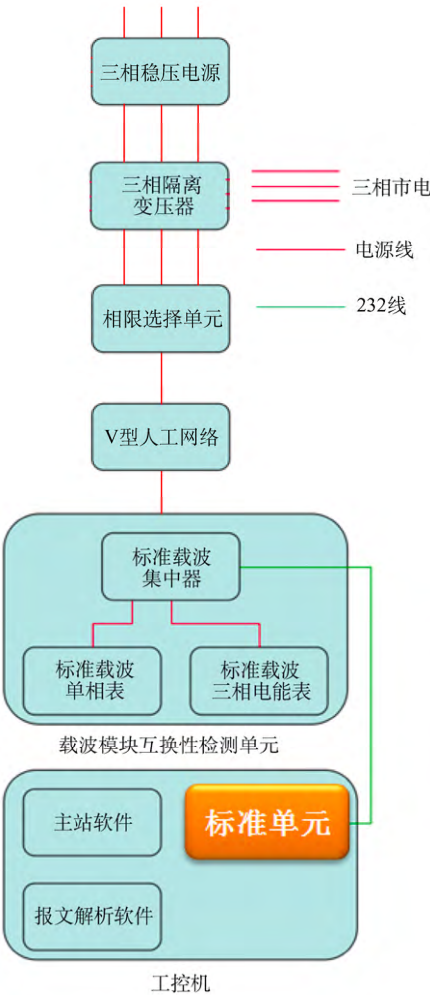


图 2 载波通信模块互换性检测单元示意图

采集终端带载能力检测单元主要包括交流三相净化稳压电源、三相隔离器、V 型电源网络、频谱仪、程控负载、程控衰减器、抄控器和被测设备等，具体如图 3 所示。

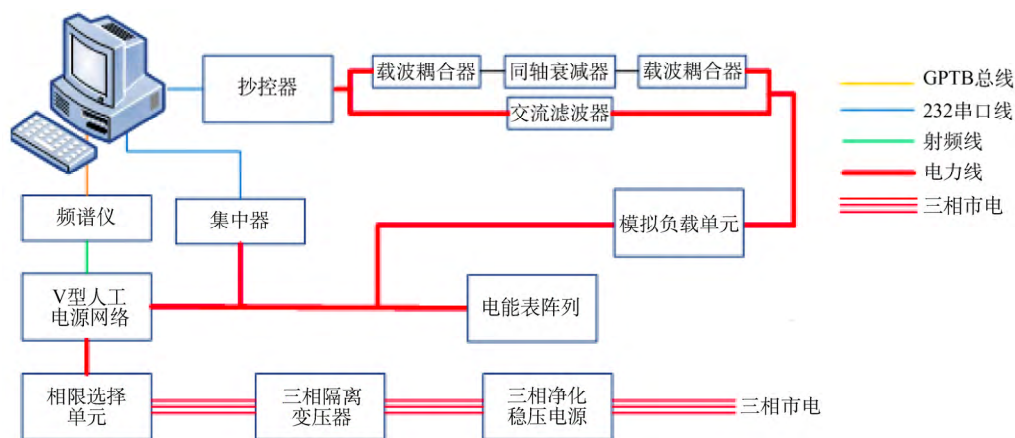


图3 采集终端带载能力检测单元示意图

1.3 协议一致性检测单元

协议一致性检测单元通过主站自动向集中器发送符合电力用户用电信息采集系统通信协议：主站与采集终端通信协议（Q/GDW 1376.1—2013）的抄表命令，自动进行协议一致性测试，检测速度快。

其中，主要的测试项目包括：抄表成功率、当前正向有功总电量、当前正向有功尖电量、当前正向有功峰电量、当前正向有功平电量、当前正向有功谷电量、当前正向有功电能数据块、当前反向有功尖电量、当前反向有功峰电量、当前反向有功平电量、当前反向有功谷电量、当前反向有功电能数据块、读取电表的日历、读取电表的时钟和实时总功率因数等。

1.4 功耗检测单元

功耗检测单元具体包括载波通信模块功耗检测单元和整机功耗检测单元。

1.4.1 载波通信模块功耗检测单元

载波通信模块功耗检测单元实现了对单相、三相电能表载波通信模块和集中器载波通信模块的各管脚电气特性及模块功耗等的检测和检测结果显示。载波通信模块各项指标应满足国家电网公司2013年和2014标准要求，对不满足标准的模块，检测结果会通过LCD显示屏显示出来，并通过蜂鸣器报警提示。工装能实现自动和手动两种模式对载波通信模块进行检测。在自动模式下，随着模块的上电会逐步检测模块的通信状态、静态功率、动态功率及各管脚电气特性等。手动模式下，需要手动选择检测项，工

装会对选择项进行检测并显示检测结果。

1.4.2 整机功耗检测单元

整机功耗检测单元通过内置功率检测仪的方式实现了对载波集中器、载波单相电能表及载波三相电能表整机功耗检测和检测结果显示，各项指标满足国家电网公司2013年和2014新标准要求，对不满足标准的终端，检测结果会通过LCD显示屏显示出来，并通过蜂鸣器报警提示。

1.5 主控单元

主控单元由工控机和载波信道一体化智能检测软件组成。其中，载波智能检测软件对采集、监测到的各种数据、结果进行统计和分析，并能自动给出评价结果；并带有监控、报文解析功能。

2 载波信道一体化智能检测软件分析

载波信道一体化智能检测软件通过工控机实现对载波信道一体化智能检测系统的操作控制，具体逻辑控制流程如图4所示。

采用当今最流行的面向对象语言Java编写，开发环境选用Eclipse，Eclipse是一种可扩展的开放源代码的IDE，其允许在同一IDE中集成来自不同供应商的工具，并实现了工具之间的互操作性，从而显著改变了项目工作流程，使开发者可以专注在实际的嵌入式目标上。

在技术架构方面，采用J2EE这一全然不同于VB、C++等传统应用开发的技术架构，包含许多组件，可简化且规范应用系统的开发与部署，进而提高可移植性、安全与再用价值。

在功能块组织方面，采用IT界流行的Spring

框架。Spring 框架，贯穿软件开发的全过程，其面向接口编程，而不是针对类编程。将使用接口的复杂度降低到零，可以很有条理地将软件各部分连贯、组织起来。对各功能块、协议块，都进行分级、分包处理，充分利用包机制的优点，分隔类名空间，更好地组织数量庞大的类。

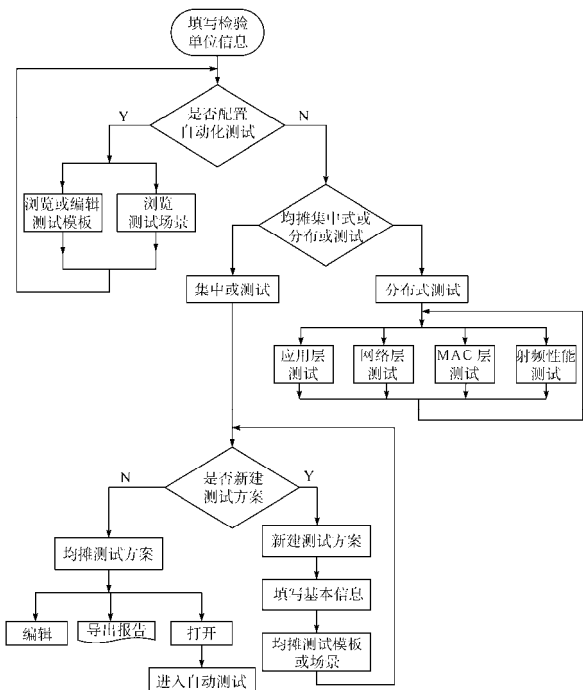


图 4 逻辑控制流程图

在数据存取方面，采用 IT 界流行的 Hibernate 框架、HSQLDB/MySQL 数据库。Hibernate 框架是一个开放源代码的对象关系映射框架，其对 JDBC 进行了非常轻量级的对象封装，使得 Java 程序员可以随心所欲地使用面向对象编程思维来操纵数据库，极大地提高了软件开发效率。HSQLDB 是一个开放源代码的 JAVA 数据库，其具有标准的 SQL 语法和 JAVA 接口，可以自由使用和分发，非常简洁和快速。另外，给 Eclipse 加入 hsqldb.jar 插件后，可以通过 Data Source Explorer 工具可视化查看、操作 HSQLDB 数据库，在软件测试阶段监控数据库中数据的动态变化，保证软件发布后数据库的可靠性。

在多任务调度处理方面，采用了事件总线机制。主要通过各种串口与下位机进行通信，与仪器通信采用标准的 GPIB/ Ethernet，以实现对整个平台的集中控制。由于要快速、频繁地处理串口通信，本软件设计了事件总线机制，以实现

对多个串口收到数据的集中分析，并根据设计的业务逻辑，自动将任务分解、分配给各功能块，各功能块具体执行对应任务，如回应串口数据、产生对应动作等，相当于在软件中建立了一个统一调度平台，保证快速、准确地实现多任务处理。

在资源利用方面，高效使用公共资源。在软件开发阶段，以上 3 部分源代码工程共用一个公共工程，这个公共工程集成了被调用频率很高的与 1376.2、DL/T 645 和微功率无线等协议有关的类，以及其他关键库、外部 jar 包。在软件发布时，此公共工程以 jar 包形式嵌入到各软件中去，以供调用。

3 结束语

低压电力线载波信道一体化智能检测系统为了便于升级、维护和提高开发效率，采用了模块化设计；为了综合满足场地、位置等因素要求，采用了移动式设计，检测系统可以移动到不同位置；为了满足与第三方软件交互，采用了接口通用性设计，设计通用性的接口和数据结构；数据管理和追溯设计，运用 MySQL 数据库对测试数据进行管理和追溯，MySQL 被广泛地应用在 Internet 上的中小型数据库中，其体积小、速度快。

参考文献

[1] 殷树刚. 载波抄表系统稳定运行的研究[J]. 电力系统通信, 2002 (5): 14-16.

[2] 李安全, 周波, 殷树刚, 等. 超窄带载波抄表系统的应用[J]. 电力系统通信, 2003 (12): 52-54.

[3] 戚佳金, 陈雪萍, 刘晓胜. 低压电力线载波通信技术研究进展[J]. 电网技术, 2010, 34 (5): 161-172.

[4] 殷树刚, 张成文, 田海亭, 等. 载波侦听/冲突检测机制应用于低压电力线载波通信的适应性分析[J]. 电网技术, 2012, 36 (8): 233-238.

作者简介

史轮 (1972-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电力计量。

冯波 (1984-), 男, 工程师, 主要研究方向为电力营销。

(收稿日期: 2015-12-10) EA

(编辑: 崔岩)