

智能变电站便携式接口回路测试仪的研制

龚华麟 张择策 曾祥力 李官宇 令狐静波 曾 雪
(国网成都供电公司 四川 成都 610041)

摘要: 泛在电力物联网,是具有状态全面感知、信息高效处理、应用便捷灵活的智慧服务系统。坚强的智能电网是建设泛在电力物联网的重点,而作为智能电网重要组成部分的智能变电站,其应用正越来越广泛。研制了一种专用的智能变电站便携式接口回路测试仪,为了保证 GOOSE 报文的原始性不会被任何测试设备更改,设计了一个将实际的二次设备出口报文进行抓取并储存的功能,并且可以在离线和非实时情况下,发送所捕获并储存的报文对其他二次设备进行测试。最后,通过在成都供区内的数个智能变电站进行实地测试,验证了所提方法的正确性和智能变电站便携式接口回路测试仪的可用性。

关键词: 泛在电力物联网; 接口回路; 智能测试仪

中图分类号: TM934 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2019)05-0046-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2019.05.009

Development of Portable Interface Circuit Tester for Smart Substation

Gong Hualin, Zhang Zece, Zeng Xiangli, Li Guanyu, Linghu Jingbo, Zeng Xue
(State Grid Chengdu Power Supply Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Ubiquitous power internet of things (UPIoT) is a smart service system with comprehensive state awareness, efficient information processing, convenient and flexible application. Strong smart grid and ubiquitous power internet of things complement each other. As an important part of smart grid, smart substation is being used more and more widely. A special portable interface circuit tester for smart substation is proposed. In order to ensure the primitiveness of GOOSE message and not be changed by any test equipment, a function of capturing and storing the actual message is designed, and the captured and stored message can be sent off-line and non-real-time to test other equipment. Finally, the validity of the proposed method and the usability of portable interface circuit tester in smart substation is verified by field tests in several substations in Chengdu area.

Key words: ubiquitous power internet of things; interface circuit; intelligent tester

0 引言

泛在电力物联网,是在电力系统的各个环节中,充分应用移动互联、人工智能^[1-4]、大数据^[5-10]等现代信息技术、先进通信技术,实现在电力系统中的众多环节里人机交互、万物互联的智慧服务系统。

坚强的智能电网是建设泛在电力物联网的重点,而作为智能电网重要组成部分的智能变电站,其应用正越来越广泛。但智能变电站的接口回路测试工作不能再通过测量电位实现,测试十分复杂和不直观,往往为了保证试验的可靠性和完整性,需要陪

停相关设备,扩大停电范围。

在目前的接口回路测试工作中,主要有以下几点困难:

1) 采用传统的继电保护测试仪进行模拟测试时,无法保证测试过程中报文不被其他设备所更改。据统计,报文准确率只能达到 90%。

2) 采用继电保护测试仪进行单个接口回路的测试时,单次作业时间较长,进行一次接口回路测试的平均时间为 40 min,效率非常低。

3) 智能变电站数量激增,以成都地区为例,2018 年智能变电站的数量是 2015 年的 2.5 倍。同样的期限内所需进行的接口回路测试的工作量也会

同比增长,而班组的试验人员逐年减少。试验人员紧缺与工作量剧增之间形成了不可调和的矛盾。

为了解决这样的矛盾,有两种主流的方法可以实现。一是采用建立标准化作业指导库的模式,该方法只需要将已有的经验编制成册即可,但仍然难以覆盖所有种类的测试或者新类型的接口回路测试,因此后期维护和升级不够方便。此外,这种方案无法保证传输的GOOSE报文不被其他设备篡改,即本质上与普通的试验方法没有区别,实用性也不够强。

二是研制专用的接口回路测试仪,它能从原理上解决报文准确率的问题,保证了GOOSE报文的可靠性,此外如果能制作成便捷式的,可以更为方便地使用和推广。

鉴于两种技术的优缺点,研制了一种智能变电站专用的便携式的接口回路测试仪,该仪器能在满足所有指标要求的基础上实现对接口回路进行可靠而高效的测试。

1 硬件设计

1.1 电源模块

使用了MP2636电源管理模块作为电源的解决方案。锂电池是一种方便而常见的电源解决方案。该方案中亟待解决的两个技术难点就是充电与升压。如果按照传统的方式,将充电部分和升压部分独立执行,会使得所搭建的电路十分繁琐。而作为一种小体积的“升压/充电”综合模块,MP2636电源管理模块可以一次性满足以上两个功能。MP2636电源管理模块如图1所示。

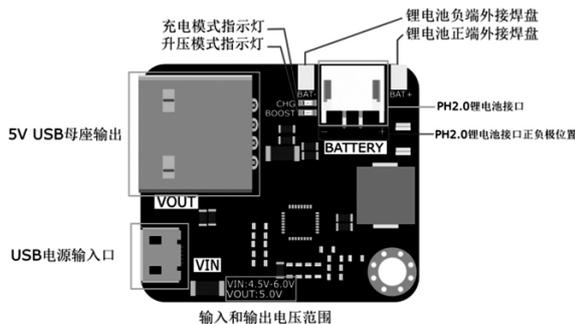


图1 MP2636 电源管理模块

1.2 主机模块

主机模块采用了可以运行完整版Windows 10操作系统的LattePanda开发板。板载一颗英特尔4

核处理器,最高1.92 GHz运行频率,内置LPDDR3 4G内存、eMMC 64G固态硬盘、蓝牙4.1和WiFi模组,支持USB 3.0接口、HDMI视频输出接口、3.5 mm音频接口,1000 Mbps/100 Mbps/10 Mbps自适应以太网口,以及额外的MicroSD扩展卡槽。此外,开发板还集成一块Arduino Leonardo单片机,可以外拓各种传感器模块,如图2所示。

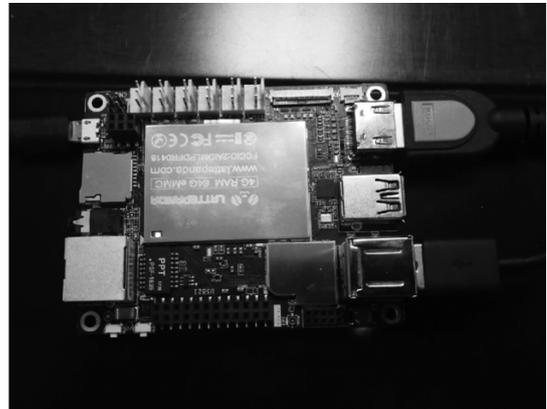


图2 CPU板外观

1.3 交互模块

显示器模块采用了一款树莓派7寸LCD触控一体显示屏,拥有1024×600分辨率,支持HDMI高清输出。该模块带有一个支持多点触控的电容式触摸面板,可同时识别五个手指。USB触摸采用DFRobot免驱动设计,无需安装特殊驱动,可以直接插在主机模块上进行触摸操作。屏幕支持Windows操作系统,可以直接配合Raspberry Pi,LattePanda及其他带有HDMI输出的设备使用。交互模块如图3所示。



图3 显示模块背板

1.4 通讯模块

通讯模块采用较为成熟的CXL-6011STSUB-2KM,可使用USB接口供电,工作电流小,功耗低,支持多模光纤,采用ST光纤接口,工作波长1310 nm,具

备 10M/100M 带宽自适应能力,支持全双工/半双工工作模式。通讯模块如图 4 所示。

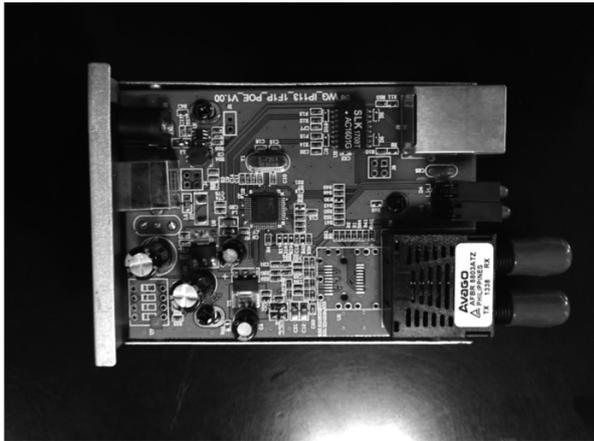


图 4 通讯模块

1.5 外壳设计

为了使研制出的测试仪方便携带以及外形美观,经过技术分析和比较后拟采用 3D 打印技术制作测试仪的外壳,并将相互连接的各模块放入其中。3D 打印外壳图见图 5,内部结构图见图 6。



图 5 3D 打印外壳

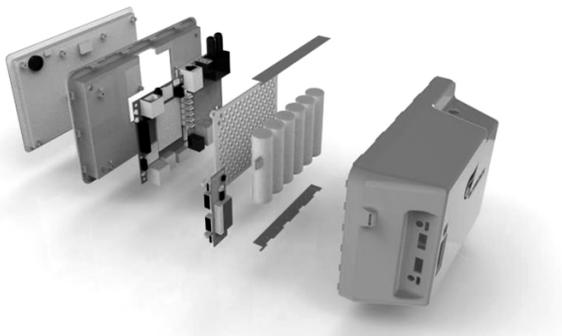


图 6 内部结构

2 软件设计

2.1 基于特征码匹配的报文关键语段筛选

系统软件设计的关键是基于特征码匹配的

GOOSE 报文关键语段筛选。二次设备接口的 GOOSE 报文通常数据较多,而在 GOOSE 报文的捕获阶段不带有筛选功能,因此需要设计一种方法筛选出测试所需要的报文。由于 GOOSE 报文内部各类信息可以用对应关键语段进行区分,所以采用了基于特征串树的报文特征码匹配进行 GOOSE 报文关键语段的筛选。

宏汇编代码中报文特征串匹配的执行过程为:读取文件内容,然后采用 cmpsb 串比较指令扫描并查找是否含有报文特征码。用这种匹配法检测目标报文虽然较为准确,但与报文特征串的匹配是否精确强相关,且无法处理那些含有通配符的特征串。所研制测试仪在分析已有报文特征码的精确和模糊模式匹配算法的基础上,面向对象进行程序设计,实现了一个基于报文特征串树的匹配算法,该方法可以用于含通配符特征串的模糊匹配,还能准确地更新报文特征库。

2.2 特征串树的建立算法

特征串树的建立算法是建立一棵报文特征串树,它由已知的报文特征构成,从“树根”到任何给定节点的路径标志了与该节点有关的报文特征串^[7]。匹配停止的条件是,从起始位置到固定位置再到当前位置的输入流模式和任何一个报文特征完全吻合。下面以实际程序为例进行说明。算法中主要用到了一个 node* traverse 函数,该函数返回一个指针,若为非空指针,就令从节点 n 开始的部分特征匹配输入流;若为空指针,就令从节点 n 开始的部分特征不匹配输入流。该算法并非寻找和列举输入文件中所有的报文,而是仅对是否含有目标报文作出回答。简要流程图如图 7 所示。

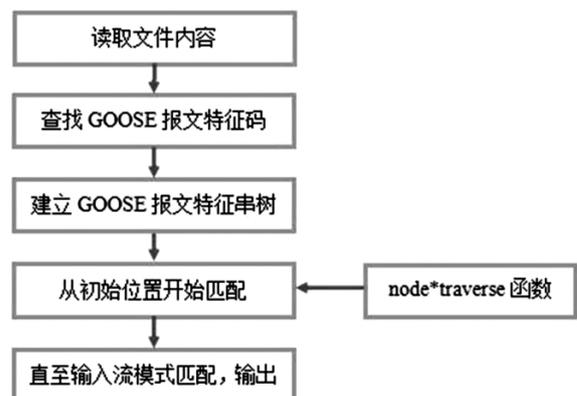


图 7 算法简要流程

3 实施情况

3.1 软硬件联调

为了保证 GOOSE 报文的原始性不会被任何测试设备更改,设计了一个将实际的二次设备出口报文进行抓取并储存的功能,并且可以在离线和非实时情况下,发送所捕获并储存的报文对其他二次设备进行测试。

目前云端共享的概念已经深入到各类科技创新当中,旨在应用虚拟化技术,集搜索、下载、使用、管理、备份等多个功能为一体,以搭建软件资源、软件及硬件协调应用和服务平台,使资源获取更加简单流畅、方便快捷。所提设计可以将所抓取并储存的报文上传到云端进行共享。方便任一收取端进行接收,可以便捷地对其他二次设备进行测试。

除了接口回路测试,所研制仪器还能对 GOOSE 报文进行更详细的分析。它可以将抓取并储存的报文提供给云端进行云计算。即基于互联网的相关服务的增加、使用和交互模式,通过互联网或局域网来提供动态易扩展的虚拟化资源,进入可配置的计算资源共享池。在引入云端共享和计算分析的框架之后,能扩展的功能将会越来越多。

3.2 测试效果分析

为了验证智能变电站便携式接口回路测试仪的实际效果,希望能将单次测试平均时长缩短到 8 min 以内。使用变电站便携式接口回路测试仪分别对 8 个变电站内的接口回路进行了测试,取其单次测试平均值,具体的测试结果如表 1 所示,测试结果对比见图 8。

表 1 测试结果统计表

实验序号	变电站名称	测控装置总数/台	校验总计用时/min	单台平均用时/min
1	腾飞	12	90	7.5
2	锦悦	14	104	7.4
3	驾青桥	10	78	7.8
4	罗家店	10	79	7.9
5	新川	14	109	7.8
6	沱源	12	95	7.9
7	新津	16	122	7.6
8	解林	14	109	7.8

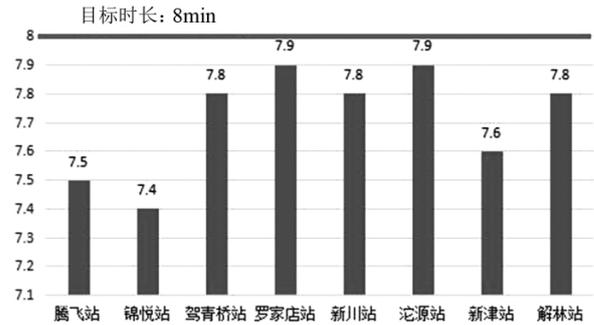


图 8 测试结果对比

统计了 8 个变电站共 102 次接口回路测试用时,计算出单次接口回路测试平均用时为 7.71 min。因此,采用自主研发的智能变电站便携式接口回路测试仪后,单次接口回路测试平均用时低于 8 min,目标达成。

3.3 经济效益分析

随着智能变电站应用越来越广泛,截止 2018 年成电地区智能变电站的数量是 2015 年 2.5 倍。按照班组现有设备和人数配备情况,一个 220 kV 变电站的全站接口回路测试,平均需要 38 次独立测试,需 5 台传统继电保护测试仪、10 人连续工作 2 h 才能完成全站接口回路测试工作。1 台传统测试仪成本约为 30 万元,5 台购置成本为 150 万元。

而采用智能变电站便携式接口回路测试仪可由 2 人在 2 h 完成全站接口回路测试工作。一个智能变电站便携式接口回路测试仪成本为 3 万元,2 台购置成本为 6 万元。

显然,采用便携式接口回路测试仪,不管是在人力成本还是设计购置成本上都远低于采用传统的继电保护测试仪。

4 结 语

研制了一种专用的智能变电站便携式接口回路测试仪,主要创新点如下:

1) 实现了 GOOSE 报文的捕获与共享。为了保证 GOOSE 报文的原始性,不会被任何测试设备更改,设计了一个将实际的二次设备出口报文进行抓取并储存的功能。并且可以在离线和非实时情况下,发送所捕获并储存的报文对其他二次设备进行测试。

2) 高效完成 GOOSE 报文的关键语段筛选。基于特征码匹配的 GOOSE 报文关键语段筛选,将已

知报文特征构成一颗报文特征串树。该方法可以用于含通配符特征串的模糊匹配,还能准确地更新报文特征库。

3) 基于 3D 打印的轻便式外壳设计。为了使研制出的测试仪方便携带以及外型美观,经过技术分析和比较后采用 3D 打印技术制作测试仪的外壳,并将相互连接的各模块放入其中。

4) 泛在电力物联网应用的有益探索。智能变电站便携式接口回路测试仪的研制,是在大力推进电力物联网建设的大背景下实施的。所设计的智能变电站便携式接口回路测试仪对 GOOSE 报文的捕获和共享以及其内部智能算法对 GOOSE 报文关键语段的筛选,都体现着泛在电力物联网“移动互联、人机交互、信息高效处理、应用便捷灵活”的智慧服务系统的本质。

虽然成功研制出了智能变电站便携式接口回路测试仪,但更深层次的报文分析机制并没有进步。下一步将基于大数据理论深度挖掘 GOOSE 报文的传输机制和常见的故障模式,研制一种专用于 GOOSE 报文的快速分析仪,助力高效实施智能站年检及改造工作。

参考文献

[1] 戴彦,王刘旺,李媛,等. 新一代人工智能在智能电网中

(上接第 40 页)

[2] 苗世洪,徐浩,钱甜甜,等. 扩展时间尺度下的电动汽车有序充电策略[J]. 中国电机工程学报,2015,35(23):5959-5967.

[3] Qian K J,Zhou C K,Allan M, et al. Modeling of Load Demand Due to EV Battery Charging in Distribution Systems [J]. IEEE Transactions on Power Systems,2011,26(2):802-810.

[4] Kalman R E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems [J]. Transactions of the ASME, Journal of Basic Engineering,1960,82(Series D):35-45.

[5] 谢开,汪峰,于尔铿,等. 应用 Kalman 滤波方法的超短期负荷预报[J]. 中国电机工程学报,1996,16(4):245-249.

[6] 贾嵘,杨可,原丽,等. 基于卡尔曼滤波和加窗插值谐波分析法的介损测量方法[J]. 电网技术,2007,29(31):52-55.

[7] 潘迪夫,刘辉,李燕飞. 基于时间序列分析和卡尔曼滤波算法的风电场风速预测优化模型[J]. 电网技术,

的应用研究综述[J]. 电力建设,2018,39(10):1-11.

[2] 葛磊蛟. 含分布式电源的智能配用电云平台关键技术及评估方法[D]. 天津:天津大学,2016.

[3] 贾宏杰,穆云飞,余晓丹. 对我国综合能源系统发展的思考[J]. 电力建设,2015,36(1):16-25.

[4] 邱剑. 电力中文文本数据挖掘技术及其在可靠性中的应用研究[D]. 杭州:浙江大学,2016.

[5] 刘晓放,黄育松,姬源. 大数据分析在电力行业自动化系统故障预测中的应用[J]. 信息与电脑(理论版),2017(23):151-152.

[6] 宋康. 基于“大数据”的调度自动化云平台研究[J]. 通讯世界,2016(22):47-48.

[7] 钟向宇. 电力自动化系统在大数据背景下的数据处理分析[J]. 科技传播,2016,8(18):113-114.

[8] 唐健. 电力自动化系统在大数据背景下的数据处理分析[J]. 硅谷,2014,7(22):4-4.

[9] 江秀臣,盛戈皞. 电力设备状态大数据分析的研究和应用[J]. 高电压技术,2018,44(4):1041-1050.

[10] 严英杰,盛戈皞,陈玉峰,等. 基于大数据分析的输变电设备状态数据异常检测方法[J]. 中国电机工程学报,2015,35(1):52-59.

作者简介:

龚华麟(1985),主要从事继电保护研究与检修工作;
张择策(1992),主要从事继电保护检修工作。

(收稿日期:2019-05-04)

2008,32(7):82-86.

[8] 李江,王义伟,魏超,等. 卡尔曼滤波理论在电力系统中的应用综述[J]. 电力系统保护与控制,2014,42(6):135-144.

[9] 张民,鲍海,晏玲,等. 基于卡尔曼滤波的短期负荷预测方法的研究[J]. 电网技术,2003,27(10):39-42.

[10] 马静波,杨洪耕. 自适应卡尔曼滤波在电力系统短期负荷预测中的应用[J]. 电网技术,2005,29(1):75-79.

作者简介:

李小雨(1989),硕士研究生,工程师,主要从事电力系统规划设计工作;
肖汉(1975),硕士研究生,高级工程师,研究方向为电力系统规划设计;
李嘉逸(1975),硕士研究生,高级工程师,研究方向为智能电网技术、电力系统保护等。

(收稿日期:2019-05-08)