

数字化变电站二次系统综合测试仪的研制

黄曙¹, 陈炯聪¹, 李晓朋², 包伟², 孙莹莹²

(1. 广东电网公司电力科学研究院, 广东 广州 510080; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 针对数字化变电站自动化发展中存在的二次系统检测难点, 提出了一种基于 SMV 和 GOOSE 基础设计的二次系统综合测试仪, 介绍了测试仪的系统功能设计、构成和工作原理。该测试仪全面支持 IEC 61850-9-1、IEC 61850-9-2 规约, 具有 GOOSE 收发功能, 同时支持硬开入开出和 GOOSE 报文。利用该测试仪构成的闭环测试系统, 可以实现数字化变电站二次系统智能设备的功能和性能测试。实际工程应用效果表明测试仪能正确完成二次设备的实时闭环测试, 为实现数字化变电站二次系统的全面测试提供了一个有效的新途径。

关键词: IEC 61850; 数字化变电站; 二次设备; 测试仪; SMV; GOOSE

Development of secondary system integrated tester in digital substation

HUANG Shu¹, CHEN Jiong-cong¹, LI Xiao-peng², BAO Wei², SUN Ying-ying²

(1. Guangdong Electric Power Research Institute, Guangzhou 510080, China;

2. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: Aimed at the difficulties of the secondary system test during the development of digital substation, a new kind of secondary system integrated tester is designed based on the basic design of SMV and GOOSE. The test system's function design, components and principle are also introduced. The tester is based on IEC 61850-9-1 or IEC 61850-9-2, and can receive and send out GOOSE message, and supports both binary I/O and GOOSE I/O. The closed test system built with this tester can test the function and performance of all kinds of secondary system smart device of digital substation. The engineering application shows that the device can exactly finish secondary device real-time closed loop test and provide an effective way for the comprehensive test of digital substation secondary system.

Key words: IEC 61850; digital substation; secondary device; tester; SMV; GOOSE

中图分类号: TM71 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)24-0195-04

0 引言

近年来, 随着网络技术、电子式互感器技术、智能开关技术的不断成熟和在电力系统的应用, 数字化变电站得到很快的推广和实施。在数字化变电站实施的现阶段, 各个厂家不同电压等级的保护测控装置的输入输出接口呈现出多样性, 输入信号有经过处理的光数字信号, 也有电子式互感器输出的模拟量信号, 输出有基于 GOOSE 机制的数字信号, 也有硬节点, 还有两种输出信号同时存在的情况。

数字化变电站二次系统本身的巨大变化, 带来了相应测试系统的变革。对测试仪电流电压源的要求不存在, 测试仪无需再考虑功率放大技术这一关键问题, 取而代之的是网络数据传输、61850 标准建模等问题。基于此, 我们成功研制了一种二次综合测试仪, 适用于数字化变电站任意一种接口的保

护测控装置测试。测试仪除了对各种电流电压保护测控进行单元测试外, 还可以模拟电力系统各种故障发生及切除的过程, 特别适用于现场和实验室的测试。

1 测试仪的功能要求

数字化变电站保护测控装置闭环测试系统, 对测试仪提出如下要求^[1]:

1) 能够向被测装置提供各种形式的电流电压量, 基于 IEC 61850-9-1 或 IEC 61850-9-2LE 传输的 SMV 报文, 或基于 IEC 60044-7/8 标准的模拟量信号。

2) 测试仪能够接收并解析处理被测装置发出的动作信号, 目前主要有: GOOSE 传输的跳合闸信号和硬节点输出两种。

3) 测试仪能够模拟间隔的闭锁信息, 以 GOOSE

报文发送给被测保护测控装置，或者以硬接线和保护测控装置连接，能够控制开出量的状态。

4) 开放协议，所有数字信息可配置，能够与任意厂家的保护测控装置实现无缝通讯。

5) 有功能强大的控制软件，能够实现保护测控单元测试和整组测试，界面友好，人机交互性强。

2 系统构成

2.1 测试仪总体构成

数字化变电站二次综合测试系统由 PC 机、测试仪主机构成。测试系统总体构成如图 1 所示。

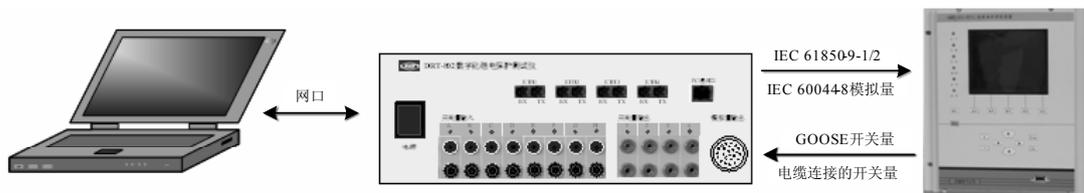


图 1 测试系统示意图

Fig.1 Schematic diagram of test system

测试仪采用新一代 DSP+FPGA 构成的数字信号处理系统，系统实时性好，具备强大的数据处理能力，可同时发送 4 组 SMV 报文并发送和接收解析多达 40 组 GOOSE 报文。主机有以太网接口、开关量输入、开关量输出、DA 输出、工作电源、同步脉冲接口等模块构成，采用标准机箱，整台装置体积小，重量轻，使用方便^[2]。测试仪主机硬件模块如图 2 所示。

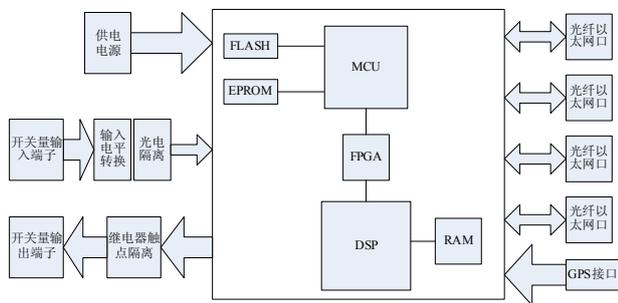


图 2 测试仪硬件模块示意图

Fig.2 Schematic diagram of tester hardware modules

2.2 光纤以太网信息输出

测试仪全面支持 IEC 61850 规约，具有光纤以太网端口，可以输出基于 IEC 61850-9-1 或 IEC 61850-9-2LE 的采样值报文。测试仪可以模拟现场多台合并单元，支持多组 SMV 报文输出，用于多侧差动等保护的测试。中断控制的 SMV 发送模块，使测试仪发出的采样值报文均匀、可靠、稳定。

测试仪的光纤以太网口可以接收和发送 GOOSE 报文，测试时，测试仪直接和被测装置连接，或者和光交换机连接，实现和被测装置之间的开关量信息交互。

测试仪接收和发送的 GOOSE 信息均可以根据实际工程需要进行灵活配置，标准的 GOOSE 模型使测

试仪可以和任意数据格式的 GOOSE 报文实现无缝通讯。

另外测试仪具有强大的数据处理能力，可以稳定可靠地发送多达 4 组 SMV 报文、发送 40 组 GOOSE 报文，接收 40 组 GOOSE 报文，大容量的测试系统能够满足任意测试需要。

2.3 模拟量输出

数字化变电站的中低压保护测控装置一般就地安装于智能开关柜上，对于这种保护测控装置的实现方案，目前较多采用电子式互感器输出的小信号模拟量直接在开关柜内引至保护测控装置，虽然采集部分没有实现数字化，但是这种方案在降低成本，节约安装空间方面有一定的优势，因此此类保护测控装置在未来一段时间内具有较强的生命力。

对于中低压保护测控装置的测试，需要测试仪模拟电子式互感器的模拟量输出，提供较弱的模拟量信号给被测装置。

本文介绍研制的综合测试仪共有 12 个 DA 输出通道，模拟量输出端口采用高精密度电缆连接器，通过特制电缆连接至被测保护装置，从而保证了输出的小信号抗干扰能力强，精度高，满足 0.05 级误差要求，同时推拉自锁的电缆连接器使测试时试验接线更简单，更可靠。

2.4 开关量输入输出

测试仪具有多路开关量输入和开关量输出通道，用于检测保护装置跳闸出口触点的开闭情况及模拟硬闭锁信号。每一路开入兼容空触点和有源触点、并且有源触点极性自适应，满足现场各种接线需要，不存在开入接线错误引起测试仪损坏的问题。开出采用继电器空触点形式，开断容量大。

2.5 测试仪同步

对基于 IEC 61850 的变压器保护装置来说, 各侧电气量以 SMV 报文数据帧形式输入, 根据变压器保护现场工程配置, 各侧均配有合并器, 每侧的模拟量配置在一组 SMV 报文中, 因此一台三卷变压器保护装置输入的 SMV 组数至少三组。母线差动保护测试也存在类似问题。因此测试仪需要支持多组 SMV 报文输出。如果一台测试仪发送的 SMV 组数不够, 可以采取多台测试仪同步输出的模式, 搭建如图 3 所示的测试系统。

测试仪具有同步脉冲接口, 搭建测试系统时, 各测试仪的光同步脉冲和 GPS 的同步口连接, 测试仪在同步秒脉冲的上升沿触发时刻, 将发送的 SMV 中的采样序号清零, 之后的 SMV 的采样序号依次连续增加。以此搭建的测试系统, 所有的采样值报文均可同步, 真实的模拟过程层网络数据, 满足变压器保护、母线差动保护等测试需要。

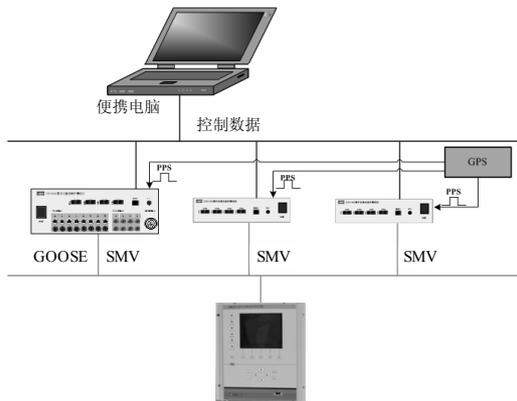


图 3 多台测试仪同步输出

Fig.3 Sync outputs of multiple testers

3 系统设计

常规二次综合测试仪与被测装置之间的接线为硬接线, 测试仪的模拟量输出和开关量输入输出不需要过多配置, 接线完成后即可开始测试。而数字化变电站的保护测试仪存在多种输入输出模式, 与被测装置之间有时仅是简单的光纤连接, 有时需要光纤连接和硬接线连接, 应用情况复杂。因此, 测试前必须先做测试仪配置, 配置操作相当于常规试验的接线, 非常重要。

具体流程如图 4 所示。

测试仪需要根据不同的保护测控装置, 通过适当的配置后, 可以工作在以下几种模式下:

1) SMV 输出+GOOSE 收发;

2) SMV 输出+硬开入开出;

3) SMV 输出+GOOSE 收发+硬开入开出;

4) 模拟量输出+GOOSE 收发;

5) 模拟量输出+硬开入开出;

6) 模拟量输出+GOOSE 收发+硬开入开出。

测试仪配置模块的设计是整个开发中的重要工作。该模块关系到测试仪的最终用户的应用感受、测试系统是否简单易懂、易学易掌握等问题, 是开发的关键点和难点。

测试仪配置是整个测试系统的公共模块, 其他测试模块均可以灵活调用并进行实时修改。通过配置, 可以输出 SMV 报文, 也可以输出模拟量信号。并应用了“映射”模型, 支持 GOOSE 开入和硬开入, 并且允许两种开入同时存。测试仪配置选项中, 用户如果为硬开入关联了一个 GOOSE 数据, 那么该路开入就做为 GOOSE 开入用, 否则就为硬开入。这样做的最大的优势是: 对于用户来说, 无论是 GOOSE 开入还是硬开入, 在测试模块界面上呈现给用户的是一样的内容。

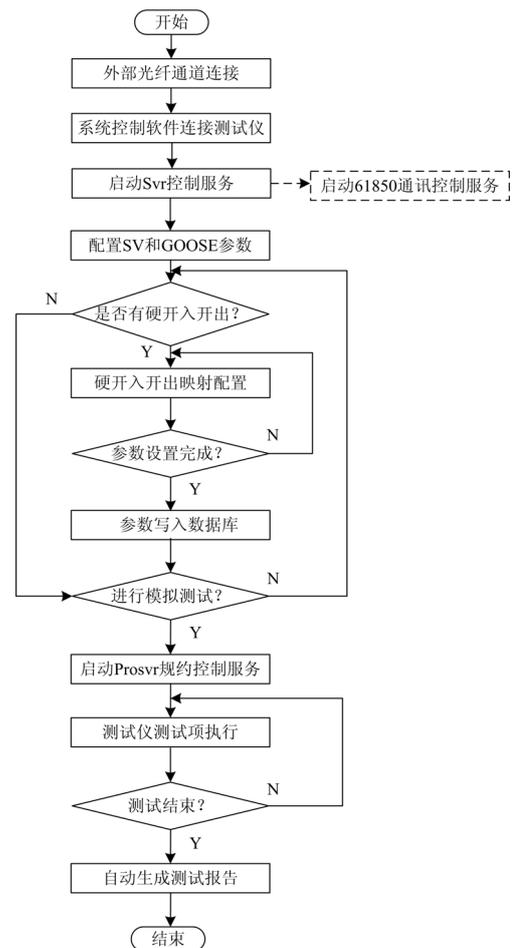


图 4 测试流程图

Fig.4 Test flow figure

测试时,测试仪订阅被测装置发送的 GOOSE 信息,根据映射关系在测试业务模块有针对性的监视相关的 GOOSE 数据,实现闭环测试。测试仪发送 GOOSE 时,也是根据映射关系,通过业务模块的开出设置来控制 GOOSE 数据的状态值,这样做,最大限度地继承了原来测试软件的做法,使用户很容易掌握测试系统的使用方法。

4 系统控制软件

PC 机端的系统控制软件为 Windows 界面,美观简洁、人机交互性强。数字化保护与目前常规保护的保护功能,除新原理的保护(如网络化保护)外,其他保护功能在本质上并无明显的区别,因此数字化测试仪保护功能测试模块沿袭了现有测试软件的功能,继承优点完善不足,实现了操作简单、易学易用的目标。通过简单的设置后,测试仪即可以进行保护功能的测试。

控制软件提供手动测试、状态序列、递变测试、谐波测试等基础测试模块,同时还可以模拟电力系统各种故障发生及切除的过程,提供整组测试模块、差动保护测试等专用保护功能测试模块,特别适用于现场和实验室的调试。

5 测试仪的实际运行效果

自测试仪投入运行以来,已在数字化变电站二次系统验收现场中多次实际应用,在不同的数字化变电站系统中进行了前述的保护测控装置的功能及性能测试,另外还可实现故障回放、采样报文监视分析、GOOSE 开关量监视等多项测试^[3]。

1) 故障回放。测试仪可以记录网络上的 SMV 报文,并存储记录下来。需要时可以将这些报文再次回放发送到网络上,实现网络数据再现。同时测试仪也支持 COMTRADE 格式波形文件的数字回放,将波形文件中的采样值打包成 SMV 报文发送到以太网上,这非常有利于现场故障的再现,对事故分析很有帮助。

2) 采样值报文监视分析。测试仪的以太网口和过程层网络连接后,可以自动获取网络上的 SMV 报文,并自动解析,以图形化的方式将每个通道的采样值信息显示出来,同时提供波形分析工具,可

以很方便地获取通道的各种信息,如幅值相位等。

3) GOOSE 开关量监视功能。测试仪可以监视网络上所有 GOOSE 报文中的 GOOSE 数据,图形化给出 GOOSE 数据的状态值、品质因数等,使测试人员很轻松获知各个开关量信息的状态,便于分析测试结果。

6 结语

本文介绍的数字化变电站二次系统智能设备测试仪,已经在工程测试中发挥了重要的作用,应用效果良好,继承性强,测试人员很快就可以掌握其使用方法,测试系统使用方便,性能可靠,是真正意义上的适用于数字化变电站的测试仪。

参考文献

- [1] 李晓朋,赵成功,李刚,等.基于 IEC 61850 的数字化继电保护 GOOSE 功能测试[J].继电器,2008,36(7): 59-61.
LI Xiao-peng, ZHAO Cheng-gong, LI Gang, et al. GOOSE test of digital relays based on IEC 61850[J]. Relay, 2008, 36(7): 59-61.
- [2] 冯硕,黄梅,李晓朋.基于 IEC 61850 的光数字保护继电保护测试仪的研制[J].继电器,2008,36(8): 23-25.
FENG Suo, HUANG Mei, LI Xiao-peng. Development of digital relay protection tester based on IEC 61850[J]. Relay, 2008, 36(8): 23-25.
- [3] 宋丽君,王若醒,狄军峰,等.GOOSE 机制分析、实现及其在数字化变电站中的应用[J].电力系统保护与控制,2009,36(14): 31-35.
SONG Li-jun, WANG Ruo-xing, DI Jun-feng, et al. Analysis and implementation of GOOSE mechanism and its application in digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2009, 36(14): 31-35.

收稿日期:2010-10-21; 修回日期:2010-12-09

作者简介:

黄曙(1979-),男,工程师,硕士,从事电力系统二次专业的研究及技术管理工作;

陈炯聪(1979-),男,高级工程师,硕士,从事电力系统二次专业的研究及技术管理工作;

李晓朋(1979-),女,工程师,本科,从事数字化变电站测试技术研究。E-mail: xiaopengl@xjgc.com