

智能变电站时间同步装置的同步性能研究

与传统变电站相比,智能变电站在时间同步技术方面提出了更高的要求,变电站时钟同步装置的同步性能是保证全站设备同步性能的基础。介绍了目前变电站中应用的时间同步系统技术,包括网络时间协议(NTP)、IRIG-B码对时等,并给出了相应的技术比较。在此基础上,选取北京某智能变电站的时间同步装置为研究对象,采用时间同步测试仪对其进行同步性能的测试,同时研究针对智能变电站时间同步装置的同步性能测试技术。

王宁/北京电力科学研究院



王宁/工程师

0 引言

时间同步装置是智能变电站运行的基本组成之一,它为变电站中所有智能电子设备提供可靠稳定的时间同步信息,时间同步的准确度及稳定度决定着智能变电站的稳定运行^[1]。与常规变电站相比,智能变电站的结构体系存在巨大的差异。电子式互感器、合并单元、交换机和保护测控设备等构成了智能变电站的二次设备体系,光纤代替了原先复杂的电缆硬导线连接,保护测控设备的电流、电压等采样值输入也由模拟信号转变为数字信号输入,这些变化对智能变电站的时钟同步系统提出了严格的要求。

从以上介绍可以看出,时间同步装置同步性能带来的诸多问题对智能变电站尤其是过程层设备来说有很严重的威胁,比如GOOSE输出延迟带来的跳闸延迟问题^[2],会给智能变电站带来极其严重的后果。目前,市面上的时间同步装置问题较多,如接口类型不规范、同步时间长、同步信号

稳定性差、自守时能力差以及网络负载能力不足等。如果时间同步装置在运行中出现故障,则会影响到被授时设备的正常运行,严重时会给整个电力系统带来损失。

1 时钟同步技术

1.1 网络时间协议

网络时间协议(Network Time Protocol, NTP)是使用最普遍的国际互联网时间传输协议,属于TCP/IP协议族^[3]。这种基于软件协议的同步方式,根据客户机/服务器之间数据包所携带的时间戳确定时间误差,NTP可以进行动态时延补偿,因为它通过客户机/服务器的往返时延(Round-trip)计算模式,同时利用多种算法来消除网络传输的不确定性。时间准确度范围是:100~1 000 ms(广域网)、10~100 ms(城域网)和200 μs~10 ms(局域网)。由此可见,NTP属于跨越广域网或局域网复杂的同步时间协议,采用的是客户机/服务器方式进行通信,客户机以传统的客户机/服务器方式周期性地向服务器请求时间信息报文。

NTP基于UDP报文进行传输,传输延迟不仅包括报文在网络上的传输时延,还包括数据帧被计算机处理的时间。使用NTP可以对网络内所有具有时钟的设备进行时钟同步,通常认为NTP时间协议可达到毫秒级的对时准确度。当上下行帧等长时,可以认为网络传输时延相等,但客户机/服务器之间报文往返传输延迟并非严格相等。

关键词/Keywords

智能变电站 ·
时间同步 ·
同步性能测试 ·
NTP ·
IRIG-B ·

设备可以采用如下多种 NTP 工作模式进行时间同步：客户端/服务器模式、对等体模式、广播模式和组播模式等。用户可以根据需要选择合适的工作模式。

NTP 组网方式技术相对成熟，实现方便，理论简单，适用于电力系统 IP 网络已覆盖的站点，但由于 IP 网的固有属性，其定时准确度相对较低，不能满足变电站中对时间要求较高的装置（如合并单元）定时准确度要求。

1.2 IRIG-B 码定时

IRIG 码是由美国国防部下属的靶场仪器组（IRIG）制定的一种定时标准^[4]，目前已被广泛应用于军事、商业和工业等领域。IRIG 时间序列码分为 G、A、B、E、H 和 D 共六种编码格式，其中应用最广泛的是 IRIG-B 格式，简称 B 码。B 码定时是一种准确度很高并且又含有绝对准确时间信息的定时方式。该编码以每秒 1 次的频率发送包括日、时、分和秒等在内的时间信息，采用 B 码定时时，就无须现场总线的通信报文定时，也无须 GPS 输出大量脉冲节点信号。国网公司发布的技术规范中明确要求变电站自动化系统间隔层设备原则上采用 IRIG-B（DC）方式实现定时^[5]。

B 码定时的优点是时间准确度范围为 10~1 000 μs，时间准确度高；缺点是需要进行点对点传输，组网不灵活。B 码定时技术基本可以满足变电站内，在 B 码定时方案中，每个变电站只安装一个 GPS 接收装置，利用 RS 422/485 总线进行传输，简化了回路设计，同时可以提供较为可靠的时间信息^[6]。

2 某智能变电站同步时钟的测试

选择北京某智能变电站的时间同步装置为对象，此站的同步时钟设备如图 1 所示。

2.1 直流 IRIG-B 码测试准确度

（1）同步时钟系统处于同步状态的测试要求：同步时钟系统的同步时间输出准确度时差小于 2 μs。

测试步骤：将被测同步时钟的 IRIG-B 码接入时间测试仪。

GPS 时钟装置一测试通道信息如图 2 所示。GPS 时钟装置一 IRIG-B 码测试准确度如图

3 所示。



图 1 时间同步装置示意图

摘要
测量通道:通道2;数据类型:B码;开始时间:2014-12-25 11:49:38
结束时间:2014-12-25 12:01:25;测量计数:707;最大时差:156.3 ns
最小时差:77.6 ns;平均时差:113.7 ns;标准差:18.692 ns

图 2 GPS 时钟装置一测试通道信息

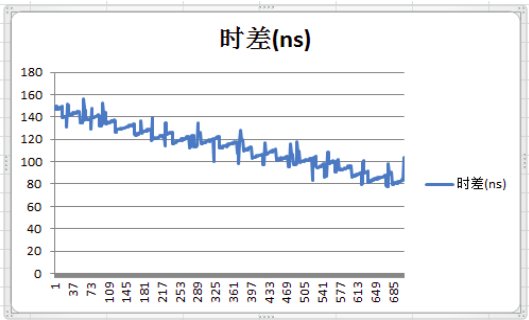


图 3 GPS 时钟装置一 IRIG-B 码测试准确度

GPS 时钟装置二测试通道信息如图 4 所示。

摘要
测量通道:通道3;数据类型:B码;开始时间:2014-12-25 11:49:44
结束时间:2014-12-25 12:01:25;测量计数:701;最大时差:167.3 ns
最小时差:76.2 ns;平均时差:115.8 ns;标准差:19.056 ns

图 4 GPS 时钟装置二测试通道信息

GPS 时钟装置二 IRIG-B 码测试准确度如图 5 所示。

以上测试结果表明，GPS 时钟装置均满足同步时间输出准确度时差小于 2 μs 的要求，两个时钟同步时间输出准确度相差不大，GPS 时钟装置一的准确度略好于 GPS 时钟装置二。

（2）同步时钟系统处于守时状态的测试要求：10 min 内同步时钟系统的守时输出准确度时差小于 4 μs。

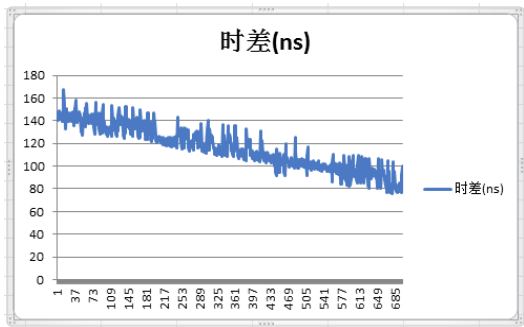


图 5 GPS 时钟装置二 IRIG-B 码测试准确度

测试步骤：将被测同步时钟的 IRIG-B 码接入时间测试仪。

GPS 时钟装置一测试通道信息如图 6 所示。

摘要
测量通道::对时状态电网1,数据类型::对时状态,开始时间::2014-12-25 11:49:28
;结束时间::2014-12-25 12:01:29;测量计数::720;最大时差::-66277.0 ns
;最小时差::-66649.0 ns;平均时差::-66476.7 ns;标准差::68.290 ns

图 6 GPS 时钟装置一测试通道信息

GPS 时钟装置一 IRIG-B 码守时测试准确度如图 7 所示。

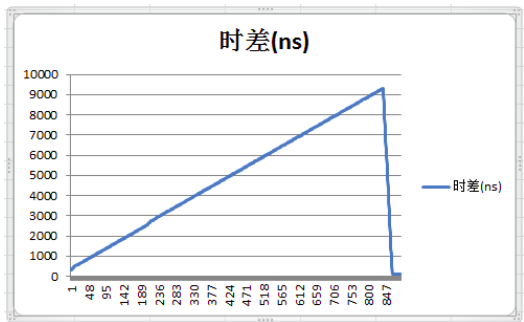


图 7 GPS 时钟装置一 IRIG-B 码守时测试准确度

GPS 时钟装置二测试通道信息如图 8 所示。

摘要
测量通道::通道3;数据类型::B码;开始时间::2014-12-25 12:35:02
;结束时间::2014-12-25 12:49:45;测量计数::883;最大时差::1648.0 ns
;最小时差::-1.5 ns;平均时差::1055.2 ns;标准差::388.989 ns

图 8 GPS 时钟装置二测试通道信息

GPS 时钟装置二 IRIG-B 码守时测试准确度如图 9 所示。

以上测试结果表明,GPS 时钟装置二的准确度好于 GPS 时钟装置一,GPS 时钟装置一不满足 10 min 内同步时钟系统的守时输出准确度时差小于 4 μ s 的要求,但其数据波动程度小于 GPS 时钟装置二。

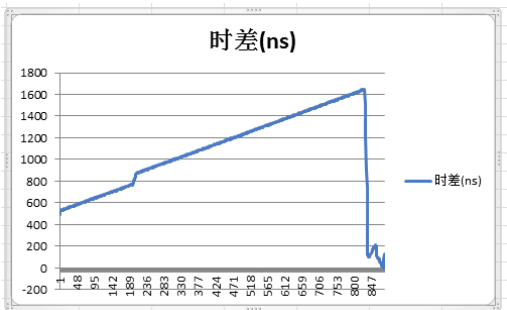


图 9 GPS 时钟装置二 IRIG-B 码守时测试准确度

2.2 同步时钟 NTP 时间输出测试准确度

要求：同步时钟系统的 NTP 同步时间输出准确度时差小于 5 ms。

测试步骤：将被测同步时钟的 NTP 输出接入时间测试仪,本文采用 GPS 时钟装置一作为研究对象。

(1) 同步时钟系统处于同步状态的测试

GPS 时钟装置一测试通道信息如图 10 所示。

摘要
测量通道::对时状态电网1,数据类型::对时状态,开始时间::2014-12-25 11:49:28
;结束时间::2014-12-25 12:01:29;测量计数::720;最大时差::-66277.0 ns
;最小时差::-66649.0 ns;平均时差::-66476.7 ns;标准差::68.290 ns

图 10 GPS 时钟装置一测试通道信息

GPS 时钟装置一 NTP 同步时间输出准确度如图 11 所示。

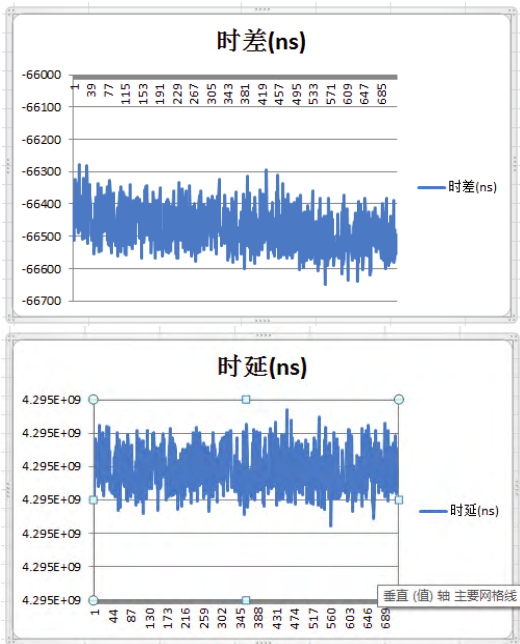


图 11 GPS 时钟装置一 NTP 同步时间输出准确度

以上测试结果表明，GPS 时钟装置一满足同步时钟系统的 NTP 同步时间输出准确度时差小于 5 ms 的要求。

(2) 同步时钟系统处于守时状态的 NTP 测试准确度

GPS 时钟装置一测试通道信息如图 12 所示。



图 12 GPS 时钟装置一测试通道信息

GPS 时钟装置一 NTP 守时时间输出准确度如图 13 所示。

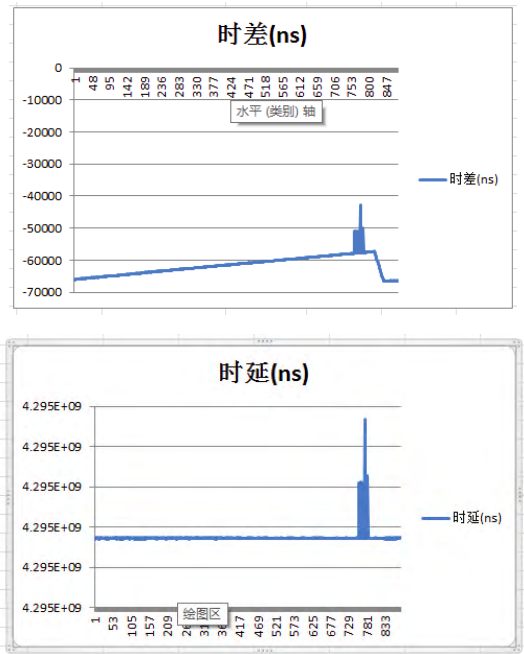


图 13 GPS 时钟装置一 NTP 守时时间输出准确度

以上测试结果表明，GPS 时钟装置一满足同步时钟系统的 NTP 同步时间输出准确度时差小于 5 ms 的要求。

3 结束语

综上所述，为了保障智能变电站的正常运行，有必要对每一种入网的时间同步装置进行全面的时间同步性能测试。本文利用时间同步测试仪，选择北京某智能变电站的时间同步装置为对象，深入研究了其同步性能。测试发现时钟装置一不满足去除天线后在守时状态下运行 10 min 时差小于 4 μs 的规范要求。通过对站内时钟同步装置的同步性能检测，有助于督促时钟同步装置的厂家对时钟装置进行整改，以满足守时要求。

参考文献

[1] 唐志军, 翟博龙, 邓超平. 智能变电站时钟同步检验系统设计与实现[J]. 机电产品开发与创新, 2015, 28 (1): 122-125.

[2] 高吉普, 桂军国. 智能变电站时间同步特性检测系统研究及实现[J]. 华东电力, 2014, 42 (12): 2676-2679.

[3] 吴玉林, 李澄, 陈颢, 等. 基于 SDH 时钟的变电站时间同步装置高精度守时方法研究[J]. 电力信息化, 2014 (1): 32-35.

[4] 李芹, 沈鼎申, 宗俊丽, 等. 时间同步装置在不同网络环境下的性能研究[J]. 电力系统通信, 2011, 32 (226): 37-41.

[5] 苏永春, 刘祺. 时间同步技术在智能变电站的应用[J]. 江西电力, 2010, 34 (4): 6-8.

[6] 杨松, 王恩东, 黄鑫, 等. 变电站时间同步装置存在问题分析及对策[J]. 吉林电力, 2013, 41 (6): 12-14.

作者简介

王宁 (1987-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力系统继电保护及自动化领域相关工作。

(收稿日期: 2015-12-10) EA

(编辑: 胡颖)