

厂站自动化系统中应用网络 时间同步技术探讨

高志远¹, 刘长虹², 刘瑞平³

(1. 南京中德保护控制系统公司, 江苏 南京 210003;

2. 中国科学院国家授时中心, 陕西 西安 710600;

3. 北京华电天仁电力控制技术有限公司, 北京 100085)

摘要: 根据 IEC 61850 标准和实际应用情况, 介绍了厂站自动化系统对时间精确性的要求、对网络对时方式的需求及目前厂站自动化系统中最常见的对时实现方案, 特别关注了网络对时的精度问题。结合系统保持时间的原理、网络时间协议(NTP)/简单网络时间协议(SNTP)的最新进展及其偏差定性分析和有关典型试验数据, 得出以下结论: 对于站控层节点机, 完全可采用网络对时方式; 若能在时间精确度上取得一定的改善, 则有可能实现间隔层和过程层设备部分或者全部网络化对时。

关键词: 时间同步; 全球定位系统; IEC 61850; 网络时间协议; 时间误差

中图分类号: TM 73; TM 933.3+13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2006)07-0084-06

0 引言

厂站自动化系统的正常运行离不开时间的准确计量, 而且需要高精度的时间, 否则就会因为时间不确定性引发许多问题^[1], 例如: 故障录波信息失去一定精度的时间参照将降低其有效性^[2]; 分相测量装置因时间误差可能引起较大误差^[3]。

目前, 在实际应用中, 采用最多的方式, 是利用全球定位系统(GPS)提供精确时间, 通过 GPS 接收机把该时间引入变电站, 再通过秒(分)脉冲、IRIG-B 码、DCF 77 码或者 RS-232 串口报文的方式给全站部分或全部装置对时^[4-7]。

如果全站的设备和节点机都直接通过以上直接连线方式对时, 虽然精确度有所提高, 但就要求采用多个 GPS 接收机或者多个 GPS 扩展箱, 使应用成本增高, 并且接线麻烦。

随着厂站自动化系统走向网络化, 间隔层装置开始普遍直接上网。利用无处不在的网络进行网络对时也开始越来越引起人们的注意和探讨。文献[8]讨论了网络时间协议(NTP)在电力自动化设备同步中的应用, 笔者认为有必要作更进一步的探讨。

随着 IEC 61850 的推广, 相应于 IEC 61850 的国内电力行业标准正在加紧制定(到写稿时为止, 部分已正式颁布或正在送审、报批)。在 IEC 61850 站内时间同步模型中, 除了少数几台时间装置是直接从来外高精度时钟源获取时间的, 其他大量站内装置和站控层节点机则是通过网络对时。采用简单网络时间协议(SNTP)的方式获取时间。可见网络对时是

厂站内时钟同步系统中一种重要的同步方式。这里最重要的问题是: 对时精度是否能够达到 IEC 61850 的要求或者实际装置完成正常功能所需要的精度。

本文将结合 IEC 61850 标准、网络时间同步技术发展以及厂站自动化系统中目前的对时应用情况和实际需要, 探讨厂站自动化系统中网络时间同步技术的应用, 以期对实际工作能有所帮助。

1 对时间精确度的要求

厂站自动化系统对时间精确度的要求, 随装置和节点机的不同而有所不同, 依据于它们所要实现的功能确定。

例如, 在站控层的后台机上, 目前对时间精度要求最高的是状态变位(COS)、事件顺序记录(SOE)的处理。SOE 的时标信息是由间隔层装置提供的, COS 的时标则是由监控后台机提供的, 这 2 个信号要互相比对。目前, 国内所见的标准或规范对当地监控后台的时间精确性要求相对较低, 一般 COS 的时标只要到秒就可以了, 即在站控层, 节点机上的时间目前只要精确到秒。但是, 根据 IEC 61850 具体实现精度应该比功能要求精度高一个数量级的要求, 站控层节点机的时间精度至少应在 100~500 ms。

如果后台节点机同时充当主时钟/时间服务器, 则对时间精度的要求较高。

在间隔层的装置一级, 则有更高的时间精度要求。例如, 对于同步相量测量装置, 周期是 20 ms, 1 ms 的误差就会引起 18° 的相位误差, 要想相位误差在 1° 以内, 则要求时间精度在 55 μs 以内。又如, 在故障录波和信息管理系统中, 时间同步精度直接关系到录波数据和故障信息的有用程度。

在 IEC 61850 中,虽然目前对时间同步报文没有直接的要求定义,但对时间同步报文所实现的时间精度—时间性能类(time performance class)却有具体的规定,如表 1 和表 2 所示。

表 1 保护和控制事件用标准智能电子装置的同步性能

Tab.1 The synchronization precisions of standard IEDs for control and protection events

时间性能类	精度/ms	用途
t_1	± 1.0	事件时标
t_2	± 0.1	用于分布同期的过零和数据时标,支持波形定分点和时标

表 2 互感器用标准智能电子装置的同步性能

Tab.2 The synchronization precisions of standard IEDs for instrument transformers

时间性能类	精度/ μ s	用途
t_3	± 25	这 3 种时间性能类主要用于过程层和间隔层之间瞬时数据交换及某些间隔层之间的快速功能如互锁所要求的数据交换
t_4	± 4	
t_5	± 1	

除了以上对时间性能类的要求,并且在 IEC 61850 中规定, $t_1 \sim t_5$ 的时间精确度要求只是功能上的要求,在具体实现中必须比这些要求再高一个数量级,即按照 IEC 61850 规范,厂站自动化系统中各层装置的时间精确度最少在 1 ms 内,最好 100 μ s 内,依据装置所实现的功能还可能有更高的要求。

2 对网络对时的需求

网络对时作为一种时间同步方法,比起目前在厂站中普遍采用的装置直接接 GPS 外部高精度时钟源的方式,有它经济、简单、规范^[8]、高效的优势,并且符合厂站自动化系统网络化的发展趋势。

作为变电站内网络和系统的国际标准 IEC 61850,对网络对时的应用也有非常明确的要求和模型。

a. 功能方面,在 IEC 61850 第 5 部分功能通信要求和装置模型的附件 G 中对 IEC 61850 的时间同步任务规定:时间同步用于系统内各装置间的同步。具有精确外部时间源的逻辑节点作为主时钟,同一类型的另一个逻辑节点作为后备主时钟。通过主时钟对各分布节点设置绝对时间;各分布节点时钟连续同步。为提高效率,时钟同步最好通过协议层完成。可见除了主、备主时钟直接从外部高精度时间源获取时间,站内其他装置还是要通过主时钟实现时间同步。

b. 在模型方面,图 1 是 IEC 61850 第 7-2 部分规定的时间模型和时间同步原理图。图中的 IEC 61850 特定通信服务映射(SCSM)指的是 IEC 61850 中定义的一种映射机制,它提供了 IEC 61850 中上层抽象通信服务接口(ACSI)服务和对象对特定应用协议/通信协议集的具体映射。

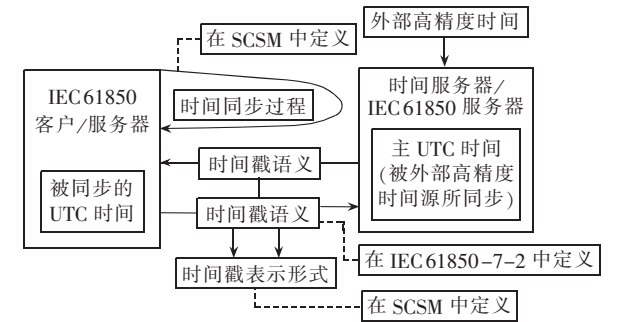


图 1 IEC 61850 时间模型和时间同步(原理)
Fig.1 Time model and time synchronization(principle)

图 1 的定义和说明如下:主世界协调时间 UTC(Universal Time Coordinated)从外部高精度时间源得到时间;时间服务器作为站内时间同步的时间源采用时间同步协议与站内其他智能电子设备(IED)进行时间同步,具体采用的时间同步协议依赖于所选择的 SCSM。对于网络型应用而言,SCSM 指的是 IEC 61850 第 8-1 部分所定义的到以太网加报文制造规范(MMS)的协议栈的映射。其中,简单网络时间协议(SNTP)被作为网络时间同步的应用层协议。

3 目前常见的对时系统结构

目前,厂站自动化系统中,对时系统普遍采用直接接线对时和网络对时相结合的方式。具体表现为:通过 1 个或多个 GPS 接收机引入高精度时钟;站控层则一般只有 1~2 台服务器采用串口时间报文的方式从 GPS 接收机获取时间,其余站控层节点则采用网络对时的方式;间隔层装置普遍采用直接接线到 GPS 接收机的方式获取时间,一般采用分/秒脉冲、IRIG-B 码、DCF 77 码方式。

由于间隔层装置众多,GPS 接收机装置往往连有扩展箱,以便多出接点,并且允许同一面屏上若干装置共用同 1 副接点,或者允许 1 副接点连接若干台装置。不同厂家出厂的 GPS 接收装置,其秒脉冲、IRIG-B 码输出精度略有不同。图 2 是典型 500 kV 变电站对时系统结构。

对于那些直接从 GPS 接收机取秒脉冲、分脉冲信号的装置,它还需要综合当前时刻的分、秒值(这些信息一般由其他节点通过网络传送),才能给出当前准确时间。其时间精确度和具体硬、软件实现水平有很大关系。

4 系统的时间保持

在讨论网络时间同步技术前,首先总结系统是怎样保持时间的。计算机所保持的时间有 2 个^[9]。

a. 硬时钟(CMOS)时间。它是基于石英晶体振荡器和靠电池供电的日历时钟芯片。晶体振荡器有固定的振荡频率;它们所保持的时间存放在主板上的 CMOS 中。

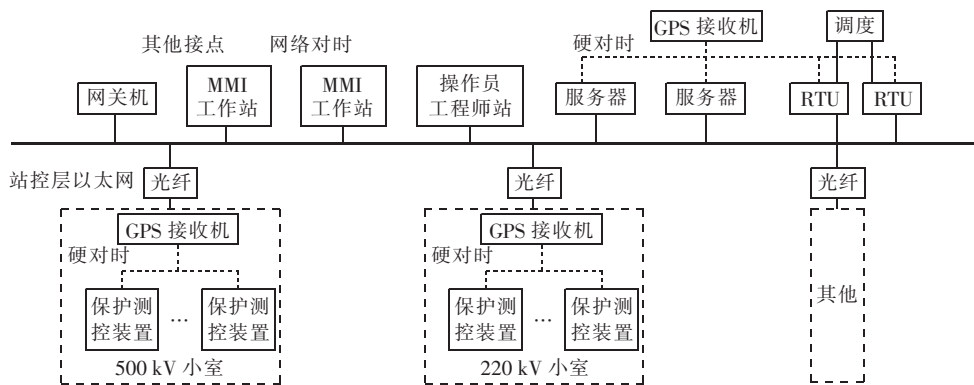


图 2 典型的 500 kV 变电站内对时方案

Fig.2 The time synchronizing scheme of a typical 500 kV substation

b. 软时钟(操作系统时钟)。操作系统在刚启动时从 CMOS 中读取初始时间,以后则由主板上计数器电路触发时钟中断,在中断处理程序中记录触发次数(常称为 tick 值),根据计数器触发中断的频率和 tick 值及开机初始时间,就可维持操作系统时钟。

硬时钟在关机后是可以保持的,而软时钟在开机以后就独立于硬时钟开始计算。这 2 种时钟依应用情况不同还存在着一个相互校正的过程。原则上,硬时钟的精度应该比软时钟高;而在操作系统获得外来高精度时间源的情况下,也存在着用软时钟定时校正硬时钟的情况。

装置上保持时间的方式,从原理上与以上通用计算机的方式一样。

在计算机或装置上,之所以能保持时间,说到底还是依赖于晶体振荡器稳定的振荡频率。然而,任何振荡器的振荡频率都不是恒定不变的,受环境温度、老化等各种因素的影响振荡频率有轻微的改变,这也是时间误差最重要的来源之一。如果晶体振荡器有 1×10^{-6} 的不稳定度,则每秒可能产生 $1 \mu\text{s}$ 的误差,每分钟产生 $60 \mu\text{s}$ 的误差,每天产生 86.4 ms 的误差。一般 PC 机和装置上所用的晶振的频率稳定度在 $1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-5}$ 。

由于时钟中断可能被其他更高优先级的中断所屏蔽等各种原因,使得系统软件所维持的时间,其误差比晶振频率不稳定直接带来的误差还要大很多。

可见系统本身所保持的时间精确度是不够的,外来高精度时间源的选择十分重要。目前,绝大多数厂站自动化系统中的外部时间源都选择 GPS,但还应该考虑其他备用的外部时间源^[3]。例如,我国自主研发的北斗导航系统的定时产品,其授时精度为 $20 \sim 100 \mu\text{s}$;西安国家授时中心的 BPL 长波授时系统,授时精度可达 $1 \mu\text{s}$ ^[10]。相应接收机的定时精度都在 $10 \mu\text{s}$ 以内,基本可以满足一般变电站装置对时间精确度的要求。

5 应用网络时间同步的探讨

由于实现精度的限制以及部分装置设计结构等其他原因,目前,在实际应用中网络对时主要用于

站控层或者站内远动单元与上级调度之间,还很少用于间隔层以下。不排除随着在精度问题上的突破,在间隔层上也部分或全部引入网络对时的可能性。

5.1 网络时间同步协议

首先必须指出,对于那些直接把时间值发到下一级节点或者由主站端直接通过规约报文把时间值发给子站端的做法,在站控层有可能达到精度要求,在间隔层以下则肯定不行。这一点在文献[11]的仿真分析中得到证明。

为了保证一定的精度,需要借助于一定的算法和协议。目前,这方面的网络协议首推网络时间协议(NTP)或简单网络时间协议(SNTP)。

NTP 协议全称网络时间协议。这是一个互联网上的对时协议,最早是由美国 Delaware 大学的 David L. Mills 教授设计实现的,从 1982 年最初提出到现在已发展到 NTP V4。NTP 是建立在 UDP/IP 协议之上的一个应用层协议,采用一种层次式分布结构,即第 0 层是外部高精度时间源,第 1 层时间服务器从第 0 层取得时间并通过 NTP 协议给其他层提供时间,第 2 层以后都从上一层或者同层取得时间,显然时间精度随层数增加而递减。其同步模式可分为客户/服务器模式、对等模式和广播/多播模式等。为了保证安全性,并且定义有授权和加密措施。NTP 协议是要在复杂的 Internet 网络上定义一种时间同步协议,它所要考虑的问题比厂站自动化系统环境复杂得多,典型的如:多时钟源(可多至几十至几百)、干扰性时钟信号、黑客攻击和不确定的网络延迟等。

为了保证精度,NTP 协议定义了相应的 NTP 时钟模型和算法,其算法有收包算法(计算时间包的偏移、网络延迟、错误估计等值)、时间过滤算法(进行时间包的健全性检验和过滤)、交集选择算法-聚类算法(这 2 个算法都是对时间包进行精选,留下合格的时间包信息)、合成算法(根据合格的不同时间源来的包信息,加权合成为更精确的时间信号)。在目前 NTP V4 中,调整的对象不仅包括时间偏移,也包括相应节点的频率误差补偿,以及根据测得的网络抖动对系统参数作相应的调整。这些新的特性还可能用到操作系统或硬件的特殊支持。

NTPV4 的时钟同步模型如图 3 所示。

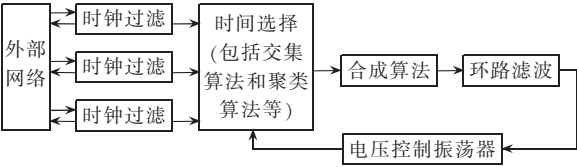


图 3 NTP V4 时钟同步模型
Fig.3 NTP V4 time synchronizing model

目前,某些基于NTPV4的时统产品,标称在 Internet 上对时精度可达到 1~10 ms,在 LAN 网上可达亚毫秒级。许多成熟的操作系统,例如 Sun 公司的 Solaris , 都已经 有现成的 NTP 实现。

SNTP 协议是对 NTP 协议的一种简化。NTP 协议的复杂定义源于 Internet 本身的复杂性,但厂站自动化的应用环境则简单得多。所以在 IEC 61850 中规定的时间同步协议是 SNTP 协议。在 SNTP 协议中明确建议 SNTP 客户端只应该作为对时层次的叶子(最底层),SNTP 服务器则应该安排在第 1 层,直接从外部高精度时间源获得时间,并依据 SNTP 协议给 SNTP 客户端提供对时。实际在厂站中,绝大多数也只需要实现第 1、2 层对时层次即可。在 SNTP 协议中,客户端只根据某一个上级时间服务器校准本地时间(虽然在 anycast 模式下,SNTP 客户端可以向多台服务器发出请求,但在具体校准时间时,还是以第 1 个收到的回答为准)。这使得在具体实现时可以不考虑 NTP 协议中复杂的涉及多时钟源的选择类算法、时间合成算法等,时间过滤算法也可以极大简化。授权加密可以作为可选项或者内部实现。

在 Internet 网上,SNTP 客户机的精度要低于 NTP 客户机。但是,在厂站内网络结构相对简单和确定,可能获得更高的时间精确度,有可能达到 IEC 61850 对间隔层装置要求的 100 μs 以内。

5.2 偏差原因的定性分析

为了更好地分析时间偏差来源,举例说明 NTP / SNTP 协议的收包算法,它可以计算出网络延迟和节点之间的时间偏差。

如图 4 所示是一个请求/响应过程,双方通过互打时间戳,而使客户方在收到回复报文时掌握了 4 个时间值: t_1 (客户方发请求的时刻值,以客户方时间为参照); t_2 (服务器方收到请求的时刻值,以服务器方时间为参照); t_3 (服务器方发送响应的时刻值,以服务器方时间为参照); t_4 (客户方收到响应的时刻值,以客户方时间为参照)。

假定 t_θ 为服务方相对于客户方的时间偏移; $t_{\delta 1}$ 为请求报文在网上的延迟时间; $t_{\delta 2}$ 为响应报文在网

上的延迟时间; $t_\delta=t_{\delta 1}+t_{\delta 2}$ 代表请求/响应时间报文总共在网络上的延迟时间。可以得到如下方程组:

$$\begin{aligned} t_2 &= t_1 + t_\theta + t_{\delta 1}, & t_4 &= t_3 - t_\theta + t_{\delta 2} \\ \text{以上 2 式分别相加或相减,可以解得:} \\ t_\theta &= [(t_2 - t_1) - (t_4 - t_3) + (t_{\delta 2} - t_{\delta 1})] / 2 \\ t_\delta &= t_{\delta 1} + t_{\delta 2} = (t_4 - t_3) + (t_2 - t_1) \end{aligned}$$

设 $t_{\delta 2} = t_{\delta 1}$, 则可精确得到 $t_\theta = [(t_2 - t_1) - (t_4 - t_3)] / 2$ 。然而,即使此时客户方调整时间偏移量 t_θ ,它的时间也并不和服务方完全一致,因为双方计时基频可能不同,在 $t_4 - t_1$ 这段时间内又产生了新的时间偏差。

根据资料和实际应用经验分析,在网络对时的过程中,时间偏差产生原因有 4 点。

a. 晶振偏移。例如,我国授时中心时频基准实验室的原子钟,其精确度可达到 1×10^{-13} 。而 NTP V4 协议算法中,有补偿频率偏差的部分,但频率是动态变化的,随温度、老化程度而变,终究会引起误差。

b. 网络抖动。网络响应能力的变化给定时带来了不确定性。简单地把上级服务器的时间发到下级,至少使下级节点落后了传送报文的时间。在文献[11]的变电站网络仿真中,时延平均达 2.58 ms。NTP 的收包算法虽然避免了这种明显的错误,但它是假定时间包来回时间都相等的,如果不等,则又会带来新的误差。显然来回时间不可能绝对相等,甚至在互联网中存在着来回报文传送的网络路径都不同的情况;即使在 LAN 网中,不同时刻网络的繁忙程度不同,这也可能导致来回时间不同。

c. 中断处理、系统调度及软件编制不当导致误差。操作系统调度的快慢和系统性能及当时的负载情况有关,装置的情况也类似。以上面 NTP 收包算法为例,接收方的网卡收到报文,并不会自动打上时间戳,而是要等到相应的 NTP 进程被调度执行时才由 NTP 进程打上时间戳,这种延迟也引入时间偏差。

d. 其他硬件有关误差。可能导致误差的地方还是很多,有些甚至意想不到。例如,某工程在更新装置时钟电路的时间值时,发现并没有立即更新,而是延迟了一段时间之后才更新,这种延迟在程序中甚至反映达到 1 ms。

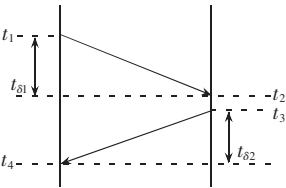
以上的误差可能绝对值都不大,但相对于 1 ms 以内的精度要求,积累起来就相当可观。由于这些误差源的存在,所以某一级的节点不可能把时间校准得与上一级时钟完全一样,而且即使假设某一时刻调整得完全准确,由于本地晶振的校准误差、频率偏移及其他原因,时间还是会逐渐走偏。

5.3 仿真误差观测

从文献[15]的总结看,NTP 协议可在 Internet 网上取得 1~50 ms 的精度,具体值取决于时间源的精度和网络状况,当然也取决于时间同步技术应用情况。

厂站内站控层和间隔层的 LAN 网的情况应该

图 4 计算延迟和偏差
Fig.4 Calculating delay and offset



取得更高的精度。在这方面许多单位和专家都做过试验。中国科学院国家授时中心有关人员也曾做过 NTP 在局域网上的定时精度测试。测试原理见图 5。

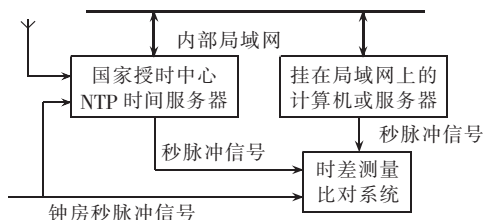


图 5 在局域网上的 NTP 定时实验原理

Fig.5 Principle of a NTP time synchronization experiment

时间偏差(时差)测量比对系统,以每秒 1 次的采样,记录时间服务器及局域网内其他计算机输出的 1 个秒脉冲(PPS)信号与钟房信号之间的时差比对数据。每日在指定时间作定时连续测量。根据分析统计测试结果,直接接线引入高精度时间源时间的时间服务器的时间同步精度好于 $3\ \mu\text{s}$,网络内部其他计算机通过局域网获得时间校准后的时间同步精度在 $3\sim 4\ \text{ms}$ 。并且对广域网进行了一些个别测试,其计算机时间同步精度约 $200\ \text{ms}$ 。

在文献[16]中有 David L. Mills 教授提供的实验数据。图 6 是其中在 Delaware 大学校园网内所作的有关局域网内时间同步偏差测试的实验结果。

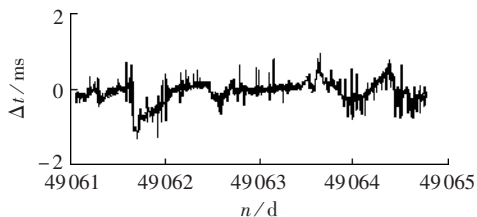


图 6 在局域网上一台 2 级时间服务器的偏差

Fig.6 Time offset of a LAN second server

在这个试验中,1 级时间服务器和 2 级时间服务器间相隔多个网段,其间包括 Ethernet 网和 FDDI 网,两者之间每 64 s 定时 1 次,定时协议是 NTP 协议。该图显示的是两者之间 4 d 内的时间差值数据。在图中,大多数时间的偏差都在 1 ms 内。

在综合采用各种硬、软件技术的情况下,Mills 教授在文献[17]中总结道:在局域网内,应该能可靠地把时间同步的精度保持在 1 ms 之内。

6 结语

从对 IEC 61850 标准中有关时间同步的规定、网络时间同步技术的发展以及厂站实际定时方案的应用情况分析,不难看出:在厂站的站控层节点机上,完全可以应用网络定时方式;对于间隔层、过程层的众多装置,虽然 IEC 61850 中定义了站内大量采用网络对时的方式,但是限于精度要求,目前直接接线和网络定时相结合的方式是较为合理的。如果

能结合 NTP/SNTP 协议和其他技术在时间精确度上取得更进一步的改善,则有可能实现间隔层、过程层部分或者全部网络化定时。

参考文献:

- [1] 唐涛,诸伟楠,杨仪松. 发电厂与变电站自动化技术及其应用[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [2] 孙月琴,卢金滇. 电网故障信息管理系统开发[J]. 电网技术, 2002,26(1):67-69.
SUN Yue-qin, LU Jin-dian. Development of power network fault information management system[J]. Power System Technology, 2002,26(1):67-69.
- [3] 李建,谢小荣,韩英铎,等. 北斗卫星导航系统与 GPS 互备授时的分布式相量测量单元[J]. 电网技术,2005,29(9):1-4.
LI Jian, XIE Xiao-rong, HAN Ying-duo, et al. Study on distributed pmu for synchronous phasor measurement using mutually backup synchronization signals from both beidou satellite navigation system and global positioning system[J]. Power System Technology, 2005,29(9):1-4.
- [4] 张文涛,邱宇峰,郑旭军. GPS 及其在电力系统中的应用[J]. 电网技术,1996,20(5):38-40.
ZHANG Wen-tao, QIU Yu-feng, ZHENG Xu-jun. GPS and its application in power system[J]. Power System Technology, 1996, 20(5):38-40.
- [5] 朱文治,肖晓刚. GPS 卫星时钟在电网自动化系统中的应用[J]. 电网技术,1997,21(3):32-33.
ZHU Wen-zhi, XIAO Xiao-gang. Application of global positioning system clock in power system automation[J]. Power System Technology, 1997,21(3):32-33.
- [6] 王峥,胡敏强,郑建勇. 基于 GPS 的变电站内部时间同步方法[J]. 电力系统自动化,2002,26(4):36-39.
WANG Zheng, HU Min-qiang, ZHENG Jian-yong. Synchronization in the substation based on global positioning system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002,26(4):36-39.
- [7] 苗世洪,王少荣,刘沛,等. 基于 GPS 的电网状态监测系统的设计和实现[J]. 电力系统自动化,2000,24(12):52-54.
MIAO Shi-hong, WANG Shao-rong, LIU Pei, et al. The design and implementation of the GPS based real-time monitoring system for the states of power network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000,24(12):52-54.
- [8] 黄小耘. NTP 在电力自动化设备时钟同步中的应用探讨[J]. 电力系统自动化,2005,29(15):93-95.
HUANG Xiao-yun. Discussion on the application of NTP in the time synchronization of power automation devices[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005,29(15):93-95.
- [9] 刘长虹. 计算机内部时钟的同步校准方法[EB/OL]. [2005-11-10]. <http://www.time.ac.cn/jianjie/36.htm>.
- [10] 中国科学院国家授时中心科技处. BPL 长波授时台[EB/OL]. [2005-11-10]. <http://www.time.ac.cn/jianjie/36.htm>.
- [11] 吴在军,胡敏强,杜炎森. 变电站通信网络实时性能仿真分析[J]. 电力系统自动化,2005,29(8):45-49.
WU Zai-jun, HU Min-qiang, DU Yan-sen. Analysis of realtime performance of communication network in substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005,29(8):45-49.
- [12] International Electrotechnical Commission. Technical committee 57 IEC 61850 communication networks and systems in substations[S]. Switzerland:IEC,2003.
- [13] 中华人民共和国发展和改革委员会. DL/T860.72-2004 变电站通讯网络和系统系列标准[S]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [14] MILLS D L. RFC1305 network time protocol(version 3) speci-

fication, implementation and analysis [S]. University of Delaware; Internet Architecture Board / the Internet Engineering Task Force, 1992.

[15] MILLS D L. RFC 2030 simple network time protocol (SNTP) version 4 for IPV4, IPV6 and OSI[S]. University of Delaware; Internet Architecture Board / the Internet Engineering Task Force, 1996.

[16] MILLS D L. Precision synchronization of computer network clocks[J]. ACM Computer Communication Review, 1994, 24(2): 28-43.

[17] MILLS D L. The network computer as precision timekeeper[C] // Precision Time and Time Interval (PTTI) Application and

Planning Meeting. Reston VA: [s.n.], 1996: 96-108.

(责任编辑: 汪仪珍)

作者简介:

高志远(1972-),男,安徽亳州人,工程师,硕士,主要从事厂站自动化系统的应用研究(E-mail: gaozhiy@nari-nsps.com);

刘长虹(1965-),男,吉林长春人,工程师,主要从事中国科学院国家授时中心时频产品的研发和推广;

刘瑞平(1979-),男,山东济南人,助理工程师,主要从事发电厂厂级监控信息系统研发。

Discussion on application of network-based timing technology in power plant and substation automation systems

GAO Zhi-yuan¹, LIU Chang-hong², LIU Rui-ping³

(1. Nanjing Sino-German Protection & Substation Control Systems Ltd., Nanjing 210003, China; 2. National Time Service Center(NTSC) of the Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710600, China; 3. Beijing Huadian Tianren Electric Power Control Technology Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: The requirement of time accuracy, the demand of network-based synchronization mode and the most common time synchronization schemes in power plant and substation automation systems are presented according to the IEC 61850 standard and its practices, with the accuracy of time synchronization over Ethernet emphasized. Based on principles of timekeeping in systems, current states of NTP(Net Time Protocol) and SNTP(Simple Net Time Protocol) and their qualitative error analysis, and the typical experimental data, it is concluded that the network-based time synch scheme can be applied to the substation level host. If the time precision can be improved to a certain degree, all or most of bay level and process level equipments may apply network-based time synchronization.

Key words: time synchronization; global positioning system; IEC 61850; network time protocol; time error

TCS 3000 仪电一体化分散控制系统圆满通过鉴定

2006 年 6 月 2 日, 国电南京自动化股份有限公司和北京华电南自天元控制系统科技有限公司自主研制的“TCS 3000 仪电一体化分散控制系统”圆满通过了由中国电力企业联合会组织的技术鉴定。

鉴定委员会由 14 名国内资深学者、专家组成, 清华大学蒋洪德院士任鉴定委员会主任, 王汉生、侯子良任副主任, 五大发电集团、西安热工研究院、有关电力设计院和电力科学研究院的专家参加了 TCS 3000-DCS 鉴定会。清华大学倪维斗院士对 TCS 3000 仪电一体化分散控制系统做了书面鉴定。

鉴定委员会听取了项目的研发报告、技术报告、检测报告、用户报告以及科技查新报告, 察看了该系统的演示, 并进行了抽查测试。经认真讨论, 一致认为有 5 大特性。(1) TCS 3000 在传统的 DCS 技术基础上, 融入电气测控技术和标准, 实现了热工、电气数据采集和监控的一体化, 具有自主创新性。(2) 控制器采用 32 位的高性能 Pentium 处理器, 功能块组态符合 IEC 61131-3 国际标准, 并具有交流电气量、多种现场总线通讯、多输入多输出等丰富的电厂专用功能模块。(3) 在采用国际先进的高档 16 位嵌入系统单片机技术基础上, 进行 I/O 模块的全智能化设计, 全部采用 I/O 信号单点隔离电路, 可以灵活冗余配置。应用低功耗技术、SMT 表面贴装技术, 以及金属封装外壳, 在抗电磁干扰方面有独特优势。SOE 模块、DO 模块采用自主开发的技术, 系统可诊断到通道级。(4) I/O 总线采用 CAN 现场总线技术, 可以直接接入电气测控和保护装置。(5) 该系统已在乌达电厂(2×150 MW CFB 机组)和卓资电厂(2×200 MW 空冷机组)应用, 稳定可靠, 经测试各项指标达到行业标准。

鉴定委员会认为 TCS 3000 系统总体技术处于国内先进水平, 其中系统在热工和电气监控一体化方面处于国际先进水平, 一致同意通过鉴定, 可以在大型火电机组和其他行业推广应用。

(华电南自天元)