

Moldabayev N.R., Iskakova Zh.A.

TIME SYNCHRONIZATION THROUGH THE INTERNET WITH THE USE OF THE NTP PROTOCOL

Annotation

This article covers the use of NTP-servers for synchronization of time via Internet to ensure maximum available accuracy and warranty of time unit transmission.

Key words: time synchronization, clock, time standard, accuracy, dispatch, hierarchical system, level.

УДК 53.083.9

Молдабаев Н.Р., Искакова Ж.А., Исламова А.М.

*Казахский национальный аграрный университет,
ЮКФ РГП «Казахстанский институт метрологии», г. Алматы*

ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМЕ ТАКТОВОЙ СЕТЕВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ (ТСС)

Аннотация

В данной статье рассматривается организация, порядок проведения измерений, основные требования и рекомендуемые приборы для проведения измерений в системе тактовой сетевой синхронизации. В настоящее время, большинство аудиторов (измерителей) используют разные методики, что снижает ценность и объективность проводимых измерений, затрудняет возможность выявления элементов сети ТСС с некачественными параметрами, что в результате не гарантирует надежного распределения синхросигналов на сетях электросвязи.

Ключевые слова: тактовая сетевая синхронизация, временной интервал, синхросигнал, ошибка временного интервала, максимальная ошибка временного интервала, девиация временного интервала, дрейф частоты.

Введение

В процессе эксплуатации системы ТСС проводятся измерения основных параметров синхросигналов на сети связи, с целью определения их соответствия сетевым нормам, а также проводятся паспортизация оборудования, используемого для формирования и восстановления сигналов синхронизации.

К сожалению, эксплуатационный персонал, проводящий измерения на сети ТСС, не всегда правильно представляет назначение проводимого измерения, неверно его оценивает, в результате не гарантируется необходимая надежность используемой системы ТСС.

Стандартизированным сигналом синхронизации на сети ТСС служат синусоидальный или прямоугольный сигнал частотой 2,048 МГц. В качестве синхросигнала используют также сигнал 2,048 Мбит/с в коде HDB3.

Основными принципами метрологического обеспечения системы ТСС являются:

- применение разрешенных к использованию на сети связи средств измерений параметров сигналов синхронизации с требуемой точностью;
- обеспечение метрологического контроля используемых средств измерений, т.е. своевременное проведение поверки (калибровки);
- выполнение измерений по утвержденным методикам.

К основным параметрам синхросигналов, подлежащих нормированию на сети ТСС, относятся:

- относительная точность установки номинального значения частоты;
- долговременная нестабильность частоты (дрейф частоты);
- параметры блуждания фазы, которые определяются через характеристики МОБИ и ДВИ на различных интервалах наблюдения;
- нормируются также параметры дрожания фазы и форма импульсов синхросигналов, контроль которых должен проводиться только в аварийных ситуациях.

Для технических средств ТСС устанавливаются нормы на характеристики приема и обработка синхросигналов, к которым относятся:

- полоса захвата синхросигнала;
- помехоустойчивость;
- фазовые скачки при переключениях;
- полоса подавления фазовых помех во входном синхросигнале.

Принятые нормы определяют параметры синхросигналов:

- в зависимости от вида технического средства ТСС, на выходах которого эти синхросигналы измеряются;
- от условий синхронизации этого технического средства на сети ТСС.

Определены два крайних условия, соответствующие идеальной синхронизации и синхронизации при наихудшими допустимыми условиями их распределения по сети.

Материалы и методы исследований

Применять приборы измерения вандера, не имеющие собственного опорного генератора, можно лишь на крупных узлах связи, на которых имеется необходимые условия для проведения поверки источника опорной частоты.

Все специальные приборы для измерения вандера имеют в принципе аналогичные характеристики и отличаются лишь в деталях.

Прибор фирмы “Осциллокарт” малогабаритен и удобен в эксплуатации, но сильно подвержен влиянию внешнего магнитного поля.

Прибор фирмы “Джилам” – имеет встроенный компьютер, но достаточно тяжел и не имеет полного набора масок, необходимых при проведении измерений.

Приборы ИВО-1М и ИВО-2 фирмы “АЛТО” – сравнительно тяжелы, но в отличие от других приборов имеет универсальный имитатор синхросигналов – очень удобный при проведении аттестации технических средств ТСС и ЦКС.

При организации измерений на сети ТСС определяются перечень измеряемых параметров, а также порядок и методы проведения измерений, которые распространяются на следующие элементы системы ТСС:

- технические средства ТСС, а также коммутационные станции, которые используются при распределении синхросигналов по сети ТСС;
- источники эталонных синхросигналов, подключенные к сети ТСС;
- сети ТСС, построенные на базе цифровых транспортных систем.

На схеме сети ТСС определяются точки, в которых должны измеряться параметры синхросигналов;

Устанавливается последовательность проведения измерений в этих точках (план проведения измерений);

Проводится комплексный анализ результатов проведенных измерений, при котором определяются возможности данной сети ТСС, выявляются существующие недостатки этой сети, выдаются рекомендации по устранению выявленных недостатков и предложения по дальнейшему развитию данной сети ТСС.

При паспортизации технических средств ТСС восстанавливающих синхросигнал измеряются следующие характеристики:

- относительным отклонением частоты выходного синхросигнала от его номинального значения;
- уровень блуждания фазы выходного синхросигнала;
- характеристики изменения частоты синхросигнала в режиме удержания частоты;
- допустимый уровень фазовых шумов во входном синхросигнале;
- полоса подавления фазовых шумов входного синхросигнала;
- нарушения непрерывности фазы выходного синхросигнала при переходе на резервный синхросигнал или на резервные комплекты оборудования.

Измерения должны проводиться по методикам выполнения измерений, разработанным на базе типовых методик.

Разработку методик измерений оператор связи может проводить как самостоятельно, так с привлечением на договорной основе организаций отрасли связи.

Разработанные методики должны быть аттестованы. Аттестация методик измерений проводится в процессе ее метрологической экспертизы, которая осуществляется аккредитованными на эти виды деятельности юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

При вводе в эксплуатацию сети электросвязи (фрагмента сети) должны проводиться измерения и проверки сети ТСС в соответствии с программой испытаний. При этом контролируются:

- 1) наличие проектной схемы сети ТСС;
- 2) параметры источников эталонного синхросигнала, подключаемых к сети ТСС. По результатам измерений составляются электрические паспорта;
- 3) параметры технических средств ТСС, которые используются при восстановлении синхросигналов. По результатам измерений составляются электрические паспорта;
- 4) параметры сигналов синхронизации, в контрольных точках сети ТСС в соответствии с программой испытаний. По результатам измерений составляются протоколы;
- 5) процессы автоматических переключений на резервные источники и направления приема сигналов синхронизации при имитации аварийных ситуаций в соответствии с программой испытаний сети ТСС. По результатам испытаний составляются протоколы.

При подключении эталонного источника к сети ТСС необходимо проверить качество выдаваемых ими синхросигналов, которое характеризуется:

- параметрами блуждания фазы (МОВИ и ДВИ);
- точностью установки номинала тактовой частоты;
- видом используемого синхросигнала;
- устойчивостью к переключениям.

При получении эталонного синхросигнала от сети ТСС другого оператора связи, параметры блуждания фазы (МОВИ и ДВИ) должны проверяться на обоих сетях.

Результаты исследований и их обсуждение

Блуждание фазы синхросигнала - это наиболее распространенным и важными измерением на сети ТСС являются измерения блуждания фазы синхросигнала, которые определяются параметрами ошибки временного интервала (ОВИ). Основными параметрами блуждания фазы принято считать МОВИ и ДВИ для различных интервалов

наблюдения. Зависимости МОВИ и ДВИ от длительности интервала наблюдения сравниваются с предельными значениями (масками), установленными для различных условий измерения. Для оценки результатов проведенных измерений необходимо правильно использовать заложенные в прибор «маски» и установить необходимое время измерений.

Измерения проводятся измерительным средством, имеющим в своем составе генератор, способный формировать опорные тактовые импульсы с погрешностью частоты не более $1 \cdot 10^{-10}$. Значение ОВИ определяется путём сравнения положений импульсов сигнала синхронизации относительно опорных тактовых импульсов. При оценке результатов измерений основной «маской» должна служить «маска» характеризующая синхросигналы на входе сети ТСС, определяемая как выходные сетевые параметры ПЭГ («маска» рекомендации МСЭ-T G823 п.6.2.1). Если измеренные параметры МОВИ и ДВИ укладываются в пределы этой маски, то качество синхронизации на данном участке сети связи можно считать очень хорошим. Если МОВИ или ДВИ на каком-либо временном интервале не укладывается в эту «маску», то требуется проведение анализа цепи передачи данного синхросигнала. Для такого анализа обычно нужна другая «маска», превышение которой недопустимо для данного вида оборудования на сети ТСС.

Исходя из вида оборудования, на выходе которого проводится измерения, устанавливается оптимальное время измерения. На входах любого оборудования, включенного в сеть ТСС, длительность каждого измерения должна определяться исходя из диапазона, создаваемого им шума. Для мультимплексов систем передачи этот диапазон ограничен временем 1000 секунд. На выходах ВЗГ, МЗГ и БСС коммутационных станций, диапазон помех, создаваемый собственной системой фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), находится в пределах 2,5-10 тысяч секунд. В результате время измерения ОВИ на выходах мультимплексов систем передачи время измерения устанавливается равным 1200 секунд, а на выходе оборудования синхронизации и коммутации - 2400 секунд.

Характеристика ДВИ обычно имеет сложную форму, а сравнивать с «маской» необходимо максимальные значения ДВИ для всего интервала наблюдения. Для приведенного на рисунке 1 зависимость ДВИ при всех интервалах наблюдения больших 25с приблизительно равно 12 нс. Если в каких-то точках рассматриваемого интервала наблюдения допустимое значение ДВИ меньше, чем измеренный максимум, то необходимо указывать какому временному интервалу этот максимум соответствует.

Метод измерения относительного отклонения частоты синхросигнала от её номинального значения заключается в сравнении частоты синхросигнала с частотой опорного сигнала, в качестве которого должен использоваться поверенный генератор, точность установки частоты которого выше, чем у измеряемого сигнала, т.е. не более, чем $2 \cdot 10^{-12}$.

Относительное отклонение частоты синхросигнала рассчитывается по формуле:

$$\Delta f/f_n = (\text{МОВИ})_k - (\text{МОВИ})_n / \tau_{\text{кон}} - \tau_{\text{нач}}$$

где: Δf – отклонение частоты синхросигнала от её номинального значения;
 f_n – номинальное значение частоты синхросигнала;

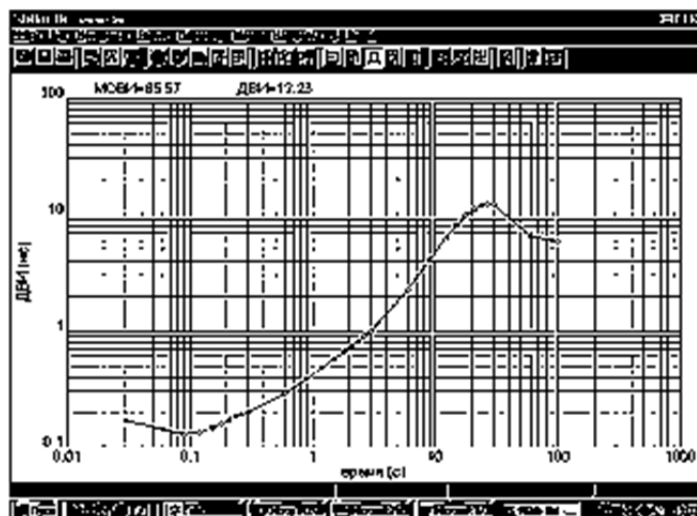


Рисунок 1. Характеристики синхросигналов

$(\text{МОВИ})_к$ и $(\text{МОВИ})_н$ – значения МОВИ, соответствующие началу и концу участка графика зависимости МОВИ от интервала наблюдения «т», на котором изменение МОВИ определяется долговременной стабильностью частоты;

$\tau_{\text{кон}}$ – интервал наблюдения, соответствующий концу участка графика зависимости, значение которого выбирается исходя из требуемой точности измерений;

$\tau_{\text{нач}}$ – интервал наблюдения, соответствующий началу участка графика зависимости. На приведённом рисунке 2, $\tau_{\text{нач}} = 20$ с.

Использование приведенных выше формул позволяет уменьшить время измерения, т.к. на результаты измерения практически не влияет блуждания фазы синхросигнала. Полагая достаточным, чтобы отклонению частоты $\Delta f/f_n = 1 \cdot 10^{-12}$ соответствует изменение величины МОВИ = 10 нс, то время наблюдения должно быть не менее 10 000 сек, или 3 часа. Если $\tau_{\text{нач}}$ принять равным одному часу, то общее время измерения может не превышать 4-х часов.

На сети ТСС не требуется проводить измерение фактического отклонения частоты формируемого синхросигнала от его номинального значения, как в приведенном примере на рисунке 2. Необходимо лишь удостовериться, что это отклонение не превышает значение $1 \cdot 10^{-11}$. Для упрощения данной процедуры в качестве опорного источника синхросигнала целесообразно использовать один из свободных ПЭИ, входящий в состав ПЭГ. Если в качестве внешнего генератора используется не поверенный ПЭИ, то полагая, что проверяемый и опорный ПЭИ имеют точность установки частоты не хуже, чем $5 \cdot 10^{-12}$, необходимо проводить измерение в течении 2,5 часа и получить в результате измерений изменение значения МОВИ не более 70 нс за время 7000с. Если результаты не укладываются в заданные значения, то необходимо повторить измерения с использованием поверенного опорного генератора.

Измерения отклонений значения частоты сигнала синхронизации в момент перехода задающего генератора в режим запоминания частоты и в процессе работы в этом режиме проводятся необходимо проводить в течение суток с использованием, опорного генератора средства измерения. Для оценки значения измерения отклонений значения частоты сигнала синхронизации в пределах $2 \cdot 10^{-10}$ необходимо проводить измерения с точностью не хуже чем $1 \cdot 10^{-11}$, что обеспечивается при времени измерения в 30с.

Проводятся три измерения – два в начале и одно конце суток. Изменение отклонения частоты за сутки равно разности между измерением отклонения частоты в начале установки режима запоминания частоты и конце суток работы в этом режиме, а точность запоминания частоты равна разности измерений отклонений значения частоты до и после установки режима запоминания частоты.

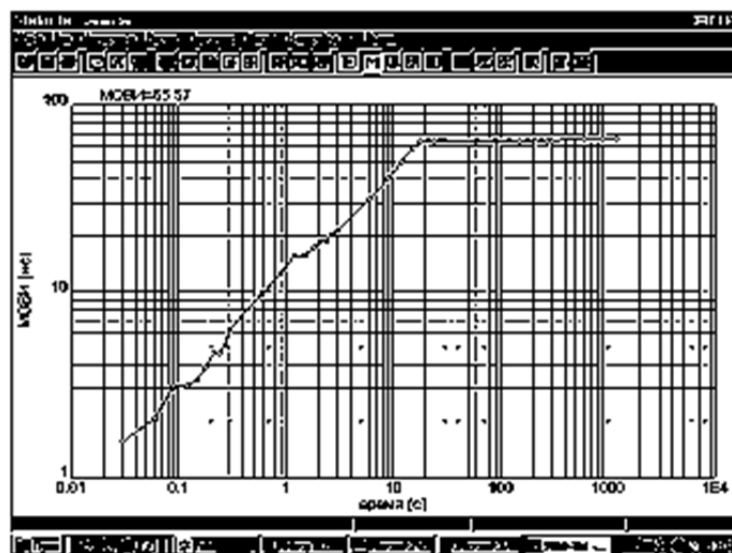


Рисунок 2. Относительное отклонение частоты от номинального её значения

Эти измерения можно заменить непрерывным измерением ОВИ в течение суток, и сравнивать полученные значения с предельными, определяемыми по формуле:

$$\Delta T(S) = a \cdot S + b \cdot S^2,$$

где $\Delta T(S)$ – изменение значения ОВИ на временном интервале в S секунд;

a – предельно допустимое значение точности запоминания частоты;

b – предельно допустимое изменение отклонения частоты на суточном временном интервале ;

S – время нахождения технического средства ТСС в режиме запоминания частоты.

При проведении измерений допустимого уровня фазовых шумов на входе оборудования осуществляют модуляцию входного синхросигнала последовательно частотами 1Гц с амплитудой 375нс; 0,1Гц с амплитудой 375нс; 0,01Гц с амплитудой 1000нс; 0,001Гц с амплитудой 1000нс и 0,0001Гц с амплитудой 2500нс. Длительность измерений для частот 1и 0,1Гц -100 с; для частоты 0,01Гц -1000с; для частоты 0,001Гц -10000с и для частоты 0,0001Гц -20000с. Наблюдается выходной синхросигнал, который должен в среднем сохранять исходную частоту синхросигнала 2,048МГц. Если выходной сигнал не удерживает исходную частоту, то амплитуду модуляции надо уменьшать до тех пор пока выходной сигнал не станет устойчиво удерживать исходную частоту входного синхросигнала.

Полоса подавления фазовых шумов во многом аналогична предыдущей.

При проведении измерений осуществляют модуляцию входного синхросигнала последовательно частотами 1Гц; 0,1Гц; 0,01Гц; 0,001Гц и 0,0001Гц , но для всех сигналов устанавливается одинаковая амплитуда 200нс. Длительность измерений такая же, что и при предыдущей методике. Наблюдается выходной синхросигнал, который должен в

среднем сохранять исходную частоту синхросигнала 2,048 МГц. Амплитуда модуляции уменьшается с повышением частоты. Частота для которой амплитуду модуляции выходного синхросигнала становится равной 140 нс определяет полосу подавления фазовых шумов. Для более точного определения полосы подавления фазовых шумов допустимо устанавливать дополнительные модулирующие частоты входного синхросигнала.

Нарушение непрерывности фазы синхросигнала не предусматривает анализ всего процесса переключения, т.к. режим запоминания частоты синхросигнала проверяется отдельно. Переход на резерв определяется скачком фазы выходного синхросигнала. Скачки фазы выходного синхросигнала определяются по измерении ОВИ на интервале времени, в течении которого происходит переключение. Начинается измерение за 5 минуты до момента переключения и заканчивается спустя 5 минут после перехода на резервный синхросигнал или на резервный комплект оборудования. Измеряется величина изменения фазы выходного синхросигнала в моменты переключений.

При проведении измерений полосы захвата устанавливается допустимые для данного оборудования отклонения частоты входного синхросигнала относительно исходного, формируемого измерительным прибором. Сначала изменяют частоту в сторону её увеличения (например на $+1 \cdot 10^{-8}$), а затем в сторону уменьшения (например на $-1 \cdot 10^{-8}$). При этом наблюдается величина ОВИ выходного сигнала, которая должна соответствовать отклонению частоты в выходном синхросигнале.

Выводы

Для обеспечения высокого качества услуг, которые предоставляет ССОП потребителям, необходимо качественные и надежные измерения параметров, определяющих частотно-временное обеспечение сетей электросвязи всех операторов связи.

Надежные и качественные измерения невозможны в отсутствии утвержденных методик измерения основных параметров системы ТСС.

Назрела острая необходимость разработки и утверждения НПА по эксплуатации системы ТСС, включив в него типовые методики измерений.

Литература

6. Колтунов М.Н., Леготин Н.Н., Шварц М.Л. Сетевая синхронизация в системах связи. - М.: SYRUS SYSTEMS - 2007. - 240 с.
7. Колтунов М.Н. Организация измерений при эксплуатации системы тактовой сетевой синхронизации // Т-COMM: Телеком. и транспорта - 2010. – Т. 4. № 4. – С. 11-13
8. Колтунов М.Н. Измерения основных параметров системы ТСС // Т-COMM: Телеком. и транспорта - 2014. – Т. 8. № 2. – С. 32-35
9. Токанов Т.Д., Исламова А.М. Системы измерений передачи данных // Научно-технический журнал Метрология – 2014. - № 3. – С. 11-13
10. Конканов М.Д. Основы измерений времени и частоты // Научно-технический журнал Метрология – 2011. - № 3. – С. 23-26
11. Рекомендация МСЭ-Т G. 812: Временные характеристики ведомых генераторов, пригодных для использования в качестве генераторов на узлах сети синхронизации, 2002. – С. 5-6
12. ЕТБІ EN 300 462-3-1 Передача и мультиплексирование (ТМ); Общие требования к сетям синхронизации. ч.3.1: Управление дрожанием и блужданием фазы в сетях синхронизации, 2003. - С. 4-9
13. ЕТБІ EN 300 462-4-1 Передача и мультиплексирование (ТМ); Общие требования к сетям синхронизации ч.4.1: Временные характеристики задающих генераторов для

синхронизации аппаратуры синхронной цифровой иерархии (СЦИ) и плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ), 2002. - С. 9-17.

Молдабаев Н.Р., Исламова А.М., Исакова Ж.А.

ТАКТИЛІК ЖЕЛІЛІК СИНХРОНДАУ (ТЖС) ЖҮЙЕСІНДЕ ӨЛШЕУДІ ҰЙЫМДАСТЫРУ

Аңдатпа

Мақалада тактілік желілік синхрондау жүйесінде өлшеу жүргізу ұйымдастыру тәртібі, өлшеу жүргізу, негізгі талаптар және ұсынылатын аспаптар қарастырылады. Қазіргі уақытта, көптеген аудиторлар (өлшеуіштер) әр түрлі әдістемелер қолданады, бұл өз тарапынан өткізілетін өлшеудің объективтілігі мен құндылығын төмендетеді, сапасыз параметрлерімен ТЖС желі элементтерінің анықтыуын қиындатады, нәтижесінде электр-байланыс желілерінде синхросигналдарды сенімді бөлуге кепілдік бермейді.

Кілт сөздер: тактілік желілік синхрондау, уақыт аралығы, синхросигнал, уақыт аралығының қателігі, уақыт аралығының үлкен қателігі, уақыт аралығы девиациясы, жиіліктің дрейфі.

Moldabayev N.R., Islamova A.M., Iskakova Zh.A.

ORGANIZATION OF MEASUREMENTS IN THE SYSTEM OF NETWORK TIME SYNCHRONIZATION (NTS)

Annotation

This article covers the organization, measurements procedure, the basic requirements and recommended devices for measurements in the system of network time synchronization. Currently, the majority of auditors (measures) use different techniques, which reduces the value and objectivity of the measurements, makes it difficult to identify elements of the network with poor quality parameters, that result does not guarantee reliable distribution of signals on telecommunication networks.

Key words: network time synchronization, the time interval, sync signal, the time interval error, the maximum error of the time interval, time interval deviation, drift of frequency.

УДК 631.8

**Нукешев С.О., Есхожин К.Д., Романюк Н.Н., Ахметов Е.С.,
Сыздыков Д.А., Тлеумбетов К.М.**

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана
Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск*

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТУКОВЫСЕВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Аннотация

В статье представлены результаты сравнительных исследований новой конструкции экспериментального катушечно-штифтового и усовершенствованного желобчато-