

ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ТАКТОВОЙ СЕТЕВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

М. Н. Колтунов, ведущий научный сотрудник НИЧ МТУСИ, к. т. н.; mihnatk@rambler.ru

Ключевые слова: тактовая сетевая синхронизация, синхросигнал, временной интервал, первичный эталонный генератор, вторичный задающий генератор, петля по синхронизации.

Эксплуатация системы тактовой сетевой синхронизации (ТСС) требует устойчивого взаимодействия сетей электросвязи с сетью связи общего пользования (ССОП). Обеспечить надежное функционирование таких сетей позволяет грамотная организация измерений на сети ТСС, определяющая перечень измеряемых параметров системы ТСС, а также порядок и типовые методы проведения измерений, связанных с обеспечением четкого функционирования ССОП [1, 2].

Общие положения. Организация проведения измерений распространяется на оборудование ТСС, оборудование сетей электросвязи, выполняющее функции оборудования ТСС, источники, с которых эталонные синхросигналы поступают на сети ТСС, а также на сети ТСС, построенные на основе цифровых транспортных сетей.

При эксплуатации системы ТСС применяются следующие способы измерения ее параметров:

- измерения без нарушения условий функционирования системы ТСС, при проведении которых используются как средства эксплуатационного контроля в составе оборудования ТСС, так и средства измерения, предназначенные для проверки устойчивости функционирования системы ТСС в процессе ее ввода в эксплуатацию;

- измерения с изменением условий функционирования системы ТСС проводятся при присоединении сетей электросвязи к ССОП с целью определения возможностей устойчивого функционирования системы ТСС в аварийных ситуациях на ССОП;

- измерения с отключением от системы ТСС проводятся при проверке соответствия параметров ее элементов требованиям устойчивого функционирования системы ТСС.

Эксплуатация системы ТСС в части порядка и методов проведения измерений имеет свои особенности. Во-первых, цель большинства измерений — выявление повреждений в цифровых транспортных системах передачи и оборудовании коммутации, влияющих на функционирование системы ТСС. Во-вторых, все основные измерения в процессе эксплуатации должны быть выполнены без нарушения связи. В-третьих, каждая конкретная система ТСС требует соответствующих методов измерений, по результатам которых определяются необходимость коррекции существующей схемы ТСС.

Качество функционирования системы ТСС характеризуют:

- 1) относительная ошибка установки номинального значения тактовой частоты;
- 2) блуждание фазы синхросигнала, определяемое максимальной ошибкой временного интервала (МОВИ) и девиацией временного интервала (ДВИ);
- 3) точность запоминания и поддержания частоты синхросигнала в режиме удержания частоты;
- 4) эффективность подавления фазовых шумов в синхросигнале при его восстановлении в оборудовании ТСС;

5) нарушение непрерывности фазы в формируемом синхросигнале при переходе на резервный синхросигнал или на резервные комплекты оборудования.

Порядок проведения измерений параметров системы ТСС при присоединении сети электросвязи к ССОП определяется Правилами присоединения сетей электросвязи и их взаимодействия, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 28 марта 2005 г. № 161. До начала работы приемочной комиссии, определяющей возможность подключения сети электросвязи к ССОП, на сети ТСС должны быть проведены измерения:

- параметров оборудования ТСС (вторичные задающие генераторы — ВЗГ и местные задающие генераторы — МЗГ) и оборудования коммутации ССОП, выполняющего функции оборудования ТСС, в соответствии с данными, определенными в стандартах ETSI и рекомендациях МСЭ-Т [3—7];

- параметров источников эталонного синхросигнала: первичного эталонного генератора (ПЭГ), первичного эталонного источника (ПЭИ) или источника, формируемого другой сетью ТСС согласно установленному классу подключения в соответствии с данными, приведенным в [8—10] и таблице;

- системно-сетевые измерения характеристик синхросигналов на сети ТСС на соответствие данным, определенным в стандартах ETSI и рекомендациях МСЭ-Т [11, 12];

Измерения должны проводиться по типовым методикам (см. ниже), а результаты вносятся в протоколы измерений и паспорта на оборудование.

Методика проведения измерений, по которой проверяется устойчивость функционирования системы ТСС, должна разрабатываться на договорной основе с оператором связи специалистами в области ТСС в соответствии с аккредитацией на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов.

Результаты измерений, проведенных по разработанной методике, должны быть проанализированы, а результаты анализа оформлены в виде экспертного заключения. Экспертное заключение — это документ, на основании которого сеть электросвязи может быть подключена к ССОП [2].

Порядок проведения измерений параметров в процессе эксплуатации системы ТСС. Функции измерений в процессе эксплуатации возложены на систему контроля качества распределения синхросигналов по сети ТСС (мониторинга). Они выполняются как оборудованием синхронизации, так и специальным оборудованием с использованием возможностей системы управления и эксплуатационного контроля, если она входит в состав данной системы ТСС.

При отсутствии на сети оператора связи системы управления и эксплуатационного контроля, при анализе и принятии решений об устойчивости функционирования системы ТСС должны использоваться данные систем контроля, выполняемого оборудованием ТСС, и в аварийных случаях проводится измерения характеристик синхросигналов на сети ТСС в соответствии с порядком подключения сети электросвязи к ССОП [2].

Если система ТСС не имеет системы управления и эксплуатационного контроля, то не реже чем раз в три года необходимо проводить измерения характеристик синхросигналов по методикам, разработанным для проверки функционирования системы ТСС.

При изменении структуры распределения синхросигналов по сети электросвязи должны быть измерены их характеристики на вновь организованных участках сети, а при установке дополнительного оборудования синхронизации или использовании новых источников эталонных сигналов измерения проводятся на всей сети ТСС.

Перечни параметров источников эталонных сигналов, измеряемых и паспортизируемых при подключении их к сети ТСС. Параметры допустимого блуждания фазы выходных синхросигналов ПЭГ, ПЭИ и получаемых от сети ТСС другого оператора связи приведены в таблице.

Класс подключения	Измеряемый параметр	Интервал наблюдения τ , с	Значение измеряемого параметра, нс, не более
1 (ПЭГ, ПЭИ)	МОВИ	0,1—83	25
		83—1000	0,3 τ
		1000—20000	300
	ДВИ	0,1—100	3 τ
		100—1000	0,03 τ
		1000—10000	30
2	МОВИ	0,1—3,0	24
		3,0—125	8 τ
		125—10000	1000
	ДВИ	0,1—10,0	3,0
		10,0—200	0,3 τ
		200—2000	60
3	МОВИ	0,1—2,5	100
		2,0—50	40 τ
		50—2000	2000
	ДВИ	0,1—10,0	5,0
		10,0—100	0,5 τ
		100—1000	50
4	МОВИ	0,1—3,0	300
		3,0—20	100 τ
		20—2000	2000
	ДВИ	0,1—30	21
		30—100	0,7 τ
		100—1000	70

Относительное отклонение частоты выходных синхросигналов от номинального значения у ПЭГ должно быть не более 10^{-11} , а у других источников такую точность установки номинального значения частоты синхросигнала в процессе измерений не всегда можно гарантировать, поэтому достаточной будет точность не более 10^{-10} .

Скачок фазы в выходном сигнале, определяющий устойчивость ПЭГ к переключениям на резервный ПЭИ и на резервный комплект оборудования, не должен превышать 60 нс.

Типовые методы измерений параметров системы ТСС.

Измерение блужданий фазы синхросигнала. Блуждание фазы синхросигнала характеризуется максимальной ошиб-

кой временного интервала (МОВИ) и его девиацией (ДВИ), которые рассчитываются по результатам измерения ошибки временного интервала (ОВИ).

Измерения проводятся специализированным средством, в составе которого имеется поверенный стабильный высокоточный опорный генератор, формирующий эталонную последовательность тактовых импульсов. ОВИ определяется путем сравнения положений импульсов синхросигнала относительно эталонной последовательности, сформированной опорным генератором средства измерения. Результаты измерений МОВИ и ДВИ определяются вычислением по заданной программе данных для различных интервалов наблюдения. Полученные таким образом зависимости сравниваются с предельными значениями, установленными для данного вида оборудования и условий измерения.

В измерительных средствах предельные значения заранее рассчитаны и записаны в виде определенных масок, которые выводятся в логарифмическом масштабе на экран измерительного средства или персонального компьютера одновременно с результатами измерений. Если результаты измерений на всем интервале наблюдения не превышают значений установленной маски, значит, характеристики блужданий фазы синхросигнала (МОВИ и ДВИ) находятся в допустимых пределах.

Измерение относительного отклонения частоты. Значение относительного отклонения частоты синхросигнала на выходе оборудования от его номинального значения определяется за время измерения и рассчитывается по формуле

$$\frac{\Delta f}{f_n} = \frac{(МОВИ)_{\text{кон}} - (МОВИ)_{\text{нач}}}{t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}},$$

где $МОВИ_{\text{кон}}$ и $МОВИ_{\text{нач}}$ — значения МОВИ в конце и начале периода измерения соответственно; $t_{\text{кон}}$ и $t_{\text{нач}}$ — значения времени в конце и начале периода (или интервала) измерения соответственно. Величина $t_{\text{нач}}$ определяется началом временного интервала, на котором значение МОВИ практически перестает зависеть от входных блужданий фазы, а $t_{\text{кон}}$ является моментом окончания процесса измерения.

Действительное относительное отклонение частоты синхросигнала от его номинального значения измерять обязательно. Необходимо лишь проверить, не превышает ли оно заданное предельное значение. При таком методе оценки опорный генератор, относительно которого измеряется МОВИ, может иметь тот же порядок точности, что и измеряемый источник синхросигнала, при условии, что у обоих генераторов точность установки номинального значения частоты выше предельно допустимого не менее чем в два раза. При оценке относительной величины $1 \cdot 10^{-11}$ необходимо проводить измерения на суточном временном интервале, а при оценке $1 \cdot 10^{-10}$ — на интервале, не превышающем двух часов. При измерении точности установки номинального значения частоты в момент перехода задающего генератора в режим запоминания частоты и в процессе работы в этом режиме на суточном временном интервале достаточно использовать опорный генератор средства измерения ОВИ и проводить каждое измерение в течение 0,5 часа.

Для оценки относительного отклонения частоты у ПЭГ в качестве опорного источника рекомендуется использовать резервный ПЭИ, установленный в данном ПЭГ. Измерения должны проводиться для всех трех ПЭИ, установленных в ПЭГ, при их поочередном подключении для формирования выходных синхросигналов. Измеренные значения МОВИ, выраженные в секундах, делятся на длительность суточного временного интервала (86400 с). Результат деления не должен

превышать $1 \cdot 10^{-11}$. Если полученные данные не укладываются в заданные пределы, то, прежде чем браковать оборудование, следует провести повторные измерения с другим опорным ПЭИ. В случае, если значения, полученные при повторных измерениях, больше $1 \cdot 10^{-11}$, данное измеряемое ПЭИ бракуется.

Для оценки отклонения частоты $1 \cdot 10^{-10}$ и измерения относительного изменения частоты при переходе генератора в режим запоминания и работе в этом режиме на суточном временном интервале в качестве опорного источника рекомендуется использовать эталонный генератор измерительного средства.

Измерение нарушений непрерывности фазы в синхросигнале. Скачки фазы в выходных синхросигналах измеряются при переключении с основного синхросигнала на резервный и при переключении на резервный комплект оборудования. Измеряют изменение фазы выходных синхросигналов в момент переключения по изменению значения ОВИ. Измерения должны начинаться за две-три минуты до момента переключения и продолжаться не менее пяти минут после него.

Измерение полосы подавления фазовых шумов. Полоса подавления фазовых шумов определяется передаточной характеристикой фазовых шумов синхросигнала в оборудовании ТСС. При измерении передаточной характеристики для синхросигнала на вход оборудования ТСС должен подаваться синхросигнал, модулированный по фазе одной из измеряемых частот. Измеряемые частоты должны находиться в диапазоне от 1 до 0,001 Гц. Полоса подавления фазовых шумов равна той частоте, для которой отношение амплитуд фазовых шумов в выходном синхросигнале равно 0,7 амплитуды этих шумов на входе. При измерениях рекомендуется устанавливать в имитаторе измерительного средства следующие значения модулирующих частот: 1; 0,3; 0,1; 0,03; 0,01; 0,003 и 0,001 Гц.

Таковы основные принципы организации измерений на сети ТСС, применяемые как при подключении сети к ССОП, так и в процессе ее эксплуатации. Реализация предложенных в статье порядка и способов проведения необходимых измерений, приведенных типовых методик измерений и предельных параметров измеряемых характеристик может стать залогом успешного взаимодействия сетей электросвязи с сетью связи общего пользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колтунов М. Н., Леготин Н. Н., Шварц М. Л. Сетевая синхронизация в системах связи. — М.: SYRUS SYSTEMS, 2007.
2. РД 45.230—2001 «Аудит системы тактовой сетевой синхронизации. Организационное обеспечение. Методика проведения». — М.: Минсвязи России.
3. Рекомендация МСЭ-Т G.812: Временные характеристики ведомых генераторов, пригодных для использования в качестве генераторов на узлах сети синхронизации.
4. Рекомендация МСЭ-Т G.813: Временные характеристики ведомых генераторов SDH (SEC).
5. ETSI EN 300462-4-1: Передача и мультиплексирование (ТМ); Общие требования для сетей синхронизации. Часть 4-1: Временные характеристики ведомых задающих генераторов для обеспечения синхронизацией оборудования синхронной цифровой иерархии (SDH) и псевдосинхронной цифровой иерархии (PDH).
6. ETSI EN 300462-5-1: Передача и мультиплексирование (ТМ); Общие требования для сетей синхронизации; Часть 5-1: Временные характеристики ведомых задающих генераторов для функционирования аппаратуры синхронной цифровой иерархии (SDH).
7. ETSI EN 300462-7-1: Передача и мультиплексирование (ТМ); Общие требования для сетей синхронизации; Часть 7-1: Временные характеристики ведомых задающих генераторов для источника синхронизации аппаратуры, применяемого в местных узлах.
8. Рекомендация МСЭ-Т G.811: Временные характеристики первичных эталонных генераторов, пригодных для обеспечения псевдосинхронной работы международных цифровых трактов.
9. ETSI EN 300462-6-1: Передача и мультиплексирование (ТМ); Общие требования для сетей синхронизации; Часть 6-1: Временные характеристики первичных эталонных генераторов.
10. Рекомендация отрасли Р45.09—2001. Присоединение сетей операторов связи к базовой сети тактовой сетевой синхронизации. — М.: Минсвязи России, 2001.
11. Рекомендация МСЭ-Т G.823: Управление дрожанием и дрейфом фазы в цифровых сетях, основанных на иерархии 2048 кбит/с.
12. ETSI EN 300462-3-1: Передача и мультиплексирование (ТМ); Общие требования для сетей синхронизации; Часть 3-1: Управление дрожанием и дрейфом фазы в сетях синхронизации.

Получено 19.09.10

ИНФОРМАЦИЯ

ПУТЬ К ЦИВИЛИЗОВАННОМУ КИБЕРПРОСТРАНСТВУ

Региональный форум Бюро развития электросвязи (БРЭ) Международного союза электросвязи (МСЭ) по кибербезопасности для Европы и СНГ, состоявшийся в стенах Московского технического университета связи и информатики, высветил основные тенденции в области информационной безопасности (ИБ), защиты персональных данных, борьбы с киберпреступностью в глобальных информационных сетях.

Эксперты МСЭ — **О. Османи** (Швейцария) и **Ф. Вамала** (Соединенное Королевство) — рассказали о деятельности БРЭ МСЭ по созданию стратегии национальной безопасности, национальных групп реагирования на компьютерные инциденты (CIRT). Руководство МСЭ считает, что необходимо организовать национальные (CIRT) и даже интернациональные (CERT) органы безопас-

ности, и предлагает методологию для обеспечения кибербезопасности в национальном аспекте, которую легко можно применить в рамках какого-то общего пространства. Ведь Интернет един, а цивилизованного киберпространства пока нет.

Советник ДИТ Минкомсвязи России **А. А. Домрачев** в докладе «Электронный документооборот: трансграничные аспекты» представил новые идеи и предложения по давно (с 2002 г.) обсуждаемой теме государственной политики в области организации электронного документооборота и трансграничных взаимодействий.

Тема выступлений председателя Комиссии РСС по ИБ, зам. начальника Главного управления ИТ и телекоммуникаций Службы информации и безопасности Республики Молдова **А. Е. Доноса** — ме-

роприятия по обеспечению ИБ при оказании электронных услуг и защите персональных данных в государствах-участниках СНГ, создание Единого центра по обеспечению безопасности в киберпространстве государств-участников СНГ.

Основными докладчиками второго дня форума были российские специалисты, работающие по тематике ИК-17 МСЭ-Т: председатель ИК-17 **А. С. Кремер**, руководитель фокусной группы по облачным вычислениям **В. А. Кутуков**, **Д. В. Костров** и др. Обсуждались вопросы стандартизации — защиты персональных данных, безопасности больших информационных экранов, противодействия потерям доходов операторов, децентрализованной архитектуры отображения идентификаторов объектов и др.