

УДК 621.395

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КРУГЛОСУТОЧНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАБИЛЬНОСТИ СИГНАЛОВ СИНХРОНИЗАЦИИ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ – ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ

Б.Я. Костик, директор филиала ДПМ ПАТ «Укртелеком», д.т.н.

И.Ю. Шкляревский, директор ООО «Информационные сервисные технологии»; ish@ist.net.ua

П.А. Янко, заместитель начальника центра новых технологий филиала ДПМ ПАТ «Укртелеком»

Ключевые слова: сигнал синхронизации, система мониторинга, контроль уровня вандера, ВЗГ, TIE, MTIE, TDEV.

Введение. Для поддержания качества услуг электросвязи на стабильно высоком уровне одним из существенных факторов является обеспечение цифровых сетей электросвязи сигналом синхронизации (СС) с заданной стандартами нестабильностью фазы. Наиболее сложный для контроля вид фазовой нестабильности – дрейф фазы, или вандер, к которому условно отнесены флуктуации фазы с частотой ниже 10 Гц. Чаще всего под контролем качества СС подразумевают именно контроль уровня вандера.

В последнее время важность проблемы синхронизации для сетей электросвязи возросла: добавились мобильные сети UMTS, идет строительство сетей стандарта Wi-Max и т.д. Плавный, но необратимый переход на пакетные технологии передачи данных взамен SDH-технологий, процесс которого для ПАТ «Укртелеком» достаточно детально описан в [1], не снизил потребности в синхронизации. Пакетные сети еще долго вынуждены будут сосуществовать с традиционными синхронными сетями, создавая проблему переноса СС (см. рекомендации ITU-T группы G.826х).

Ряд сетевых элементов и сервисов по-прежнему требует синхронизации оконечных устройств (например, базовых станций) независимо от транспортной технологии. Все указанные факторы, а также расширение и усложнение существующих сетей, появление новых стандартов, таких как LTE, требуют постоянно действующего контроля качества СС в сетях.

Сегодня наиболее распространенный метод контроля качества СС – проведение периодических измерений (аудита) вандера специализированным измерительным оборудованием (см. таблицу), что предполагает командировку на продолжительный период

квалифицированных специалистов, или же обеспечение станций специализированным измерительным оборудованием. При этом в промежутках между периодическими измерениями качество СС фактически не контролируется, и возникающие в этот период проблемы проявляются в виде нарушения качества предоставляемых услуг. Особенно ярко это видно в случае одноразовых скачкообразных отклонений фазы СС, вызванных переключениями участков резервирования трактов, а также возможными скачками электропитания и аналогичными случайными факторами. Ухудшение качества услуг, вызванное отклонениями фазы, тоже носит случайный характер и локализовать, а тем более найти их причину, непросто.

Как известно, обеспечение качества СС – одно из условий договоров операторов электросвязи при взаимных присоединениях сетей. Таким образом, контроль вандера на сети по-прежнему актуален, хотя очевидно, что упомянутых периодических измерений далеко не достаточно для того, чтобы оперативно предоставить объективную информацию, необходимую для поддержания качества услуг на высоком уровне либо для подтверждения мнения сторон в возможном споре по данному вопросу.

Параметры, характеризующие вандер, и их измерение. Известно, что вопросы, связанные с контролем вандера в сетях электросвязи, регулируются Рекомендациями сектора «Телекоммуникации» МСЭ (ITU-T), а также аналогичными стандартами Европейского Союза и различных стран. Все они используют для обозначения уровня вандера первичный параметр, именуемый Time Interval Error (TIE), а в соответствующих стандартах РФ – термин *ошибка временного интервала* (ОВИ). На основании этого параметра рассчитываются нормированные параметры: Maximum Time Interval Error (MTIE), или максимальная ОВИ (МОВИ); Time Deviation (TDEV),

или девиация временного интервала (ДВИ). Определения и расчетные формулы для указанных параметров хорошо известны [2, 3]. Далее в тексте будет использоваться англоязычная аббревиатура.

Оборудование для измерения параметров TIE, MTIE и TDEV постоянно видоизменяется и совершенствуется. Первые установки, применявшиеся связистами в 80-х и частично 90-х годах прошлого столетия, первоначально состояли из набора стандартных измерительных приборов (стандарта частоты, измерителя временных интервалов, преобразователя частоты и т.п.), громоздких и дорогих. По мере внедрения измерений в эксплуатацию они сменились специализированными переносными приборами, называемыми *вандерметрами*. Их стоимость была ниже, чем у комплексов приборов, но все еще оставалась ощутимой.

Сегодня на рынке присутствует немало разновидностей вандерметров, специально предназначенных для измерения параметров вандера в сетях электросвязи. Их цена находится в диапазоне от 18 до 45 тыс. долл. США (зависит как от конфигурации прибора, так и от производителя). Важно отметить, что при контроле высокостабильных источников сигналов, таких как рубидиевые и кварцевые генераторные модули источников СС, необходимо обращать внимание на разрешающую способность вандерметра, поскольку внутренний фазовый шум измерительного прибора накладывается на реальный шум измеряемого источника. Особенно это актуально для измерения кратковременной нестабильности (на интервалах 0,03 – 10 с). Поскольку кратковременный фазовый шум высокостабильных источников может быть даже ниже внутреннего шума некоторых вандерметров, необходимо учитывать, в каком случае прибор измеряет реальный шум сигнала, а в каком – фактически свой собственный шум (вместо шума сигнала).

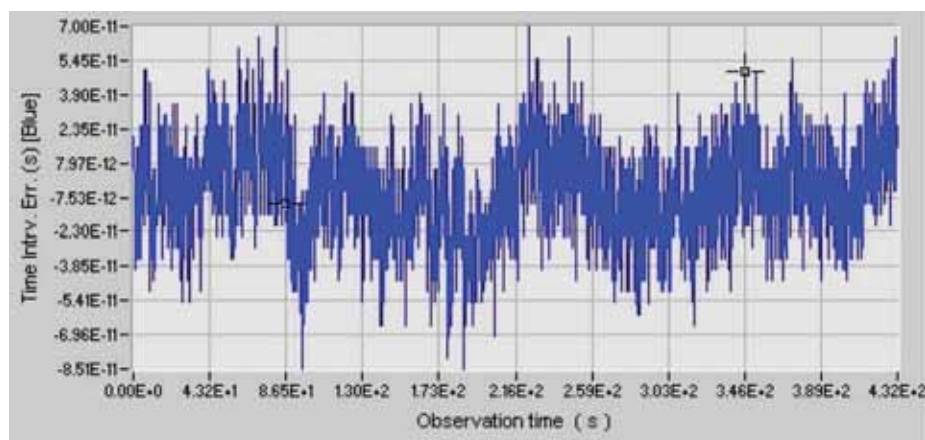


Рис. 1

Для оценки собственного шума вандерметром часто используются так называемые калибровочные измерения, для проведения которых сигнал встроенного в прибор рубидиевого генератора подается на вход измеряемого сигнала этого же прибора. Полученная в результате «шумовая дорожка» напрямую зависит от шума встроенного генератора и разрешения фазометра.

Измерения вандерметром высокостабильного сигнала, фазовый шум которого сопоставим с внутренним фазовым шумом самого прибора, нельзя признать метрологически корректным. Строго говоря, прибор способен измерять такой сигнал только в режиме тестера, т.е. определять, превышает ли стабильность сигнала требования стандарта или нет, но не давать реальное измеренное значение параметров MTIE и TDEV.

В таблице приведены данные по внутреннему фазовому шуму, полученной компанией «Информационные сервисные технологии» для указанных приборов, а на рис. 1 показана калибровочная характеристика (типичная «шумовая дорожка») прибора ИПС-2002,

использующего измерительный модуль бельгийской компании Gillam FEi.

Сегодня периодический аудит вандера является наиболее часто применяемым средством контроля вандера в сетях. Достоверность таких измерений достаточно высока, результаты по сети синхронизации ПАТ «Укртелеком» в деталях приведены в [4], однако проблемой остается охват контролем сети масштаба страны. Если типичный цикл измерений (не самый длительный) требует 2–4 суток для одного узла сети, то несложно посчитать, что для более или менее постоянного контроля сети, например в Украине, оператору требуется не менее десятка измерительных приборов, а также два десятка высококвалифицированных инженеров, непрерывно находящихся в командировках. Естественно, эти цифры для сети масштаба России должны быть существенно выше.

По оценкам авторов, таких ресурсов на контроль вандера ни один оператор связи не затрачивает, поэтому реально можно говорить о выборочном контроле, дающем только ориентиры для оценки качества СС, а не о постоянном

контроле важнейших узлов сети.

Встроенные в оборудование синхронизации средства мониторинга вандера. Еще одну возможность контролировать уровень вандера в сети предоставляют вторичные задающие генераторы (ВЗГ) сетей синхронизации. Остановимся на одном из механизмов, присущих типичному ВЗГ – механизму контроля качества входных сигналов.

В типичном ВЗГ входные СС, поступающие из различных источников, анализируются в модулях входных сигналов. С выхода указанного модуля один из входных сигналов, отобранный в соответствии с алгоритмом функционирования ВЗГ, используется системой ФАПЧ генераторного модуля ВЗГ в качестве ведущего (опорного) сигнала.

Алгоритм отбора сигнала включает, в частности, функцию измерения вандера входных (для ВЗГ) синхросигналов по отношению к сигналу встроенного генераторного модуля. Предполагается, что сигнал такого исправного модуля имеет высокую кратковременную стабильность, в нем нет скачкообразных изменений фазы. Этот факт обычно подтверждается отсутствием аварийных сигналов генераторных модулей. Таким образом, если результат измерения MTIE и TDEV одного из входных сигналов хуже, чем требует соответствующий стандарт, то этот сигнал считается непригодным в качестве ведущего. Описанный механизм лучше всего обнаруживает скачкообразные (либо другие кратковременные) флуктуации фазы входных сигналов ВЗГ.

Программно-аппаратные средства ВЗГ производят непрерывные измерения параметров MTIE и TDEV каждого входного сигнала на различных интервалах измерений (обычно это фиксированные значения 1, 10, 100 и 1000 с). При этом результаты измерений записываются в log-файл ВЗГ и передаются в базу данных системы управления сетью синхронизации (если эта система была установлена). Подробнее о функционировании систем управления нескольких различных производителей можно прочитать в [5].

Назначение механизма контроля входных сигналов в рамках отдельно взятого ВЗГ – предотвращать использование входного сигнала с недостаточной кратковременной стабильностью в качестве опорного. Тем не менее производители оборудования ВЗГ и систем управления часто декларируют возможность накопления результатов такого мониторинга в базе данных, что якобы

Сравнительные характеристики вандерметров

Характеристика // модель прибора	STA-61	OSA-5565	ИВО-2	ИПС-2002
Страна-производитель	Швеция/Франция	Швейцария	Россия	Украина
Стоимость в Украине (с GPS-приемником, ориентировочно), \$	30 000	40 000	50 000	25 000
Количество измеряемых сигналов	6	1	2	1
Тип измеряемых сигналов:				
- 2,048 МГц, 2048 Мбит/с	да	да	да	да
- 10 МГц	да	нет	нет	по заказу*
- 5 МГц	да	нет	нет	по заказу*
25, 125, 156,25 МГц (SyncE)	да	нет	нет	по заказу*
1 Гц (PTP)	да	нет	нет	нет
- другие	любые до 200 МГц	нет	нет	по заказу*
Внутренний фазовый шум, нс	0,5	0,4	2,5	0,18
Питание, В	220	220/-48	220	220/-48
Вес (ориентировочно), кг	6	10	12	6

* — с помощью встроенного малощумящего (шум менее 50 пс) конвертора частоты

помогает оценить нестабильность СС в сети. Однако такие декларации не учитывают того факта, что корректность измерения МТІЕ и TDEV в рамках данного механизма ограничена сравнительно короткими интервалами времени, сравнимыми с постоянной времени петли ФАПЧ генераторных модулей. За пределами этих интервалов, обычно имеющих значения от тысячи до десятка тысяч секунд, сигнал встроенного генератора ВЗГ уже не может служить надежным опорным сигналом в измерениях вандера, поскольку в это же время ВЗГ сам отслеживает фазу входного сигнала посредством указанной системы ФАПЧ.

Кроме того, в данном случае не измеряются параметры выходного сигнала ВЗГ, который прежде всего интересен эксплуатации, так как является ведущим синхросигналом для остального оборудования участка сети. Наконец, оборудование ВЗГ достаточно дорогое и устанавливается на сравнительно небольшом количестве узлов сети электросвязи.

Насколько известно авторам, применение механизма контроля входных сигналов для одновременного мониторинга вандера не прижилось на практике по причине как вышеуказанных ограничений, так и того, что система управления сетью синхронизации далеко не всегда используется оператором связи. Например, такая система управления не применяется на сети синхронизации ПАТ «Укртелеком», как минимум из-за оснащения сети оборудованием ВЗГ от разных производителей, практически не совместимых с какой-то одной системой управления.

Учитывая изложенное выше, в последние годы внимание специалистов все больше обращается в сторону мониторинга, или автоматического непрерывного измерения качества СС, как к более информативной альтернативе традиционному методу аудита вандера.

Украинская компания «Информационные сервисные технологии» разработала и производит программно-аппаратный комплекс КВС-8, выполняющий задачу такого мониторинга (КВС – сокращение украиноязычного наименования “контрольно-вимірювальна система”). Особенности построения и функционирования КВС-8 изложены ниже.

Назначение и состав системы мониторинга качества сигнала синхронизации. Система КВС-8 (далее – система), концепция которой разрабатывалась,

начиная с 2002 г. [6], предназначена для непрерывного круглосуточного контроля уровня вандера в заданной точке сети синхронизации. Система, построенная с использованием архитектуры “клиент-сервер”, состоит из блоков датчиков (в название моделей входит аббревиатура БД) различных модификаций и центрального сервера КВС-8, объединенных средой передачи данных.

В качестве среды передачи данных выбор сделан в пользу сети TCP/IP с поддержкой интерфейса Ethernet 10/100 Мбит/с, что соответствует тенденциям возрастания роли сетей с пакетной коммутацией в качестве транспортных сетей, а также хорошо согласуется с требованиями стандарта LXI, принятого ведущими мировыми производителями в качестве отраслевого стандарта для дистанционно управляющихся измерительных приборов. В процессе функционирования БД непрерывно снабжают сервер первичными данными (ТІЕ), характеризующими уровень вандера СС, а сервер, помимо накопления в базе данных, производит их окончательную обработку (расчет МТІЕ, TDEV), а также выполняет контрольные функции системы и функции управления.

В зависимости от постановки задачи и бюджета система может выполнять контроль абсолютных либо относительных (см. ниже) значений вандера. В первом случае БД комплектуются собственными высокостабильными генераторами опорного сигнала, относительно которых измеряются контролируемые СС. Оптимальным выбором таких генераторов по критерию стоимость/качество являются кварцевые либо рубидиевые генераторы, привязанные к сети GPS.

Оба типа генераторов обеспечивают опорный сигнал, удовлетворяющий требованиям Рек. ITU-T G.811, но стабильность рубидиевых генераторов все же выше, особенно на средних интервалах измерений, где разница в стабильности может достигать порядка и более. Поэтому тип генератора выбирается исходя, с одной стороны, из уровня контролируемого сигнала синхронизации, а с другой – из бюджета проекта.

Для более уверенного контроля высокостабильных сигналов рекомендуется применять встроенные рубидиевые генераторы. Отметим, что даже в такой максимальной конфигурации блок датчиков БД-2 стоит не более 10 тыс. долл. США, а аналогичная планируемая цена

нового БД-5 – не более 6 тыс. долл., что в разы дешевле специализированного измерительного прибора, укомплектованного приемником GPS (см. таблицу). Конечно, при желании БД могут быть использованы и как перевозимые с узла на узел измерительные приборы, хотя это и не целесообразно.

Во втором случае для контроля относительных значений вандера можно использовать БД без встроенного источника опорного сигнала. Тогда на входы БД подаются сигналы, например, с различных мультиплексоров, расположенных на данном узле, а измеряться будет их нестабильность относительно друг друга. Достоинство контроля относительных значений вандера – существенное уменьшение затраченных средств, а недостаток такого решения состоит в том, что после получения аварийного сигнала необходимо уточнять, какой именно из двух мультиплексоров виновен в нестабильности.

Блоки датчиков системы. Их размещают в ключевых узлах сети, где в первую очередь необходимо контролировать качество СС. Это могут быть как транзитные узлы с высоким уровнем трафика, в которых нарушения синхронизации могут нанести существенный ущерб качеству услуг связи, так и точки предоставления услуги синхронизации потребителям оператора электросвязи (сетям других операторов, ведомственным сетям электросвязи т.п.).

Разработано несколько моделей БД, имеющих соответствующую нумерацию. БД любой модели включает, как минимум модуль вторичного электропитания, управления и индикации, а также модуль контроля ТІЕ, функционально являющийся измерителем временных отклонений, или погрешности временных интервалов. Основная на данный момент модель БД-2 (снимается с производства в 2013 г.) выпускается в нескольких модификациях в зависимости от наличия и типа генератора опорного сигнала. Технические характеристики БД-2 приведены в [6]. Модификация БД-2 без встроенного опорного генератора должна использоваться для измерений ТІЕ внешний опорный сигнал (синусоидальный 10 МГц или 2,048 МГц, согласно G.703/13). По умолчанию измерения проводятся на интервале выборки 1 с, но можно устанавливать другой интервал выборки (от 0,03 с).

Важная характеристика БД – уровень собственного фазового шума, выраженный через параметр МТІЕ.

Поскольку кратковременный фазовый шум высокостабильных источников СС может быть ниже внутреннего шума некоторых приборов, необходимо учитывать, когда прибор измеряет реальный шум сигнала, а когда – фактически свой собственный (вместо шума сигнала). Параметр МТІЕ согласно ТУ на БД-2 не должен превышать 5 нс на интервале 10 с (реальные значения составляют в среднем 2–3 нс на интервале 10 с и 10–15 нс на трехсуточном интервале в рабочем диапазоне температур $+20... \pm 2^\circ\text{C}$). Типичная «шумовая дорожка» БД-2 на трехсуточном интервале и подробные данные по погрешности измерений (типичная погрешность – менее 15%) приведены в [6]. В качестве опции для сетей IP в БД-2 возможна установка модуля IEEE-1588, придающая блоку функцию GrandMaster (за минимальную дополнительную цену) либо позволяющая (в режиме Slave) выделить СС из сети ТСР/IP для последующего мониторинга качества.

В настоящее время осваивается производство нового блока датчиков БД-5 со следующими характеристиками:

- количество каналов для одновременного мониторинга – до 2;
- уровень внутреннего фазового шума – 200 пс;
- сигналы, поддерживаемые первым каналом – 2,048 МГц, 2,048 Мбит/с (G.803); 5, 10, 25, 125 и 156,25 МГц (для контроля синхронного Ethernet); рабочий сигнал выбирается при конфигурировании системы;
- опционно вместо измеряемого сигнала по первому каналу возможна установка модуля РТР (IEEE-1588 в.2), обеспечивающего мониторинг стабильности принимаемой по сети (Ethernet или UDP/IP) временной шкалы РТР по протоколу IEEE-1588 (не требует дополнительных преобразователей или выделения сигнала 1 Гц, а сразу включается в сеть РТР в качестве ведомого устройства);
- сигналы, поддерживаемые вторым каналом: 2,048 МГц, 2,048 Мбит/с (G.803);
- внешний опорный сигнал частотой 10 МГц или встроенный источник опорного сигнала.

В БД-5 предусматривается возможность установки следующих опций:

- встроенный источник опорного сигнала 10 МГц на основе высокостабильного генератора, корректируемого сигналами GPS ГЛОНАСС (далее – GPS/DOCSO), соответствующий

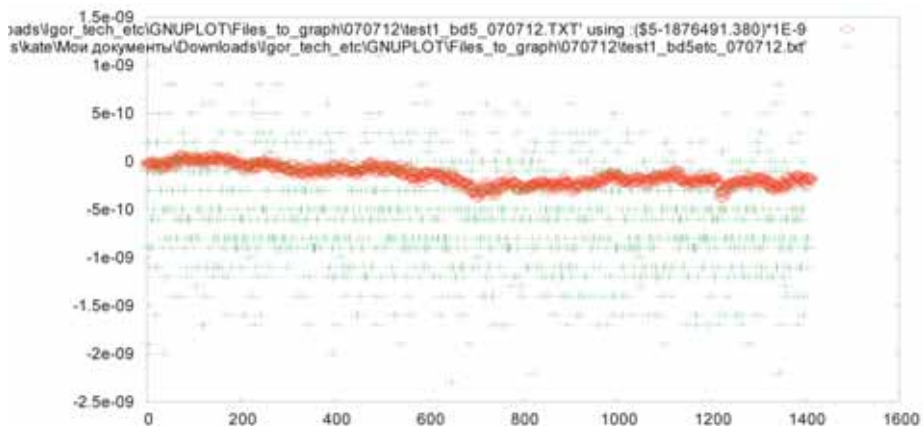


Рис. 2

по уровню стабильности требованиям G.811;

- модуль РТР (ведущий), синхронизируемый от встроенного GPS/DOCSO (применяется только вместе с модулем GPS/DOCSO); модуль РТР имеет три исполнения с различными характеристиками стабильности.

Блок БД-5 будет выпускаться в корпусе 1U и иметь базовую стоимость менее 1,3 тыс.долл. США.

Для сравнения на рис. 2 показаны построенные в одном масштабе результаты измерения одного и того же сигнала блоками БД-2 (зеленый цвет) и опытного образца БД-5 (красный). Если БД-2 дает размах измеренных данных около 2,5 нс, то БД-5 – около 0,5 нс. Примечательно, что и в том, и в другом случае БД фактически измеряет уровень внутреннего фазового шума (получается, что БД-2 по разрешающей способности примерно соответствует прибору ИВО-2, а БД-5 – прибору STA-61 или OSA-5565).

По мнению авторов, дальнейшее снижение стоимости внедрения системы мониторинга способно инициировать ее широкое применение в телекоммуникационных сетях с вытеснением аудита вандера в более узкую область случаев, когда необходим дополнительный анализ зафиксированных мониторингом неполадок. В этом случае обязателен выезд на объект квалифицированного специалиста.

Процесс конфигурирования подключенных к сети БД и начала измерений запускается с центрального сервера КВС-8, на сервер же отправляются результаты измерений в виде меток текущего времени и первичного параметра ТІЕ.

Центральный сервер системы КВС-8. Для системы небольших размеров (до 64 БД) центральный сервер является

единственным. Он базируется на стандартной серверной IBM-совместимой платформе под управлением операционной системы Windows Server 2003. Конфигурация аппаратного обеспечения зависит от нагрузки на сервер, что, в первую очередь, определяется количеством используемых БД и заданным интервалом выборки.

Серверное программное обеспечение (ПО) КВС-8 построено на основе технологии интеграции программных продуктов (фирменное наименование Depthi) разработки ООО «Интерактивные системы» (Киев) и выполняет следующие основные функции:

- одновременный сбор данных (временных меток и значений ТІЕ) с заданного количества БД в реальном времени;
- непрерывное фоновое вычисление параметров МТІЕ и TDEV для каждого массива данных ТІЕ (по умолчанию – 1 раз в минуту) и сравнение полученных значений с шаблонами, заданными при конфигурировании ПО;
- генерация сигналов аварии (по МТІЕ и TDEV отдельно) для каждого БД в случае опасного приближения к значению шаблона (сигнал предупреждения) и совпадения со значениями шаблона (сигнал аварии);
- визуализация состояния БД и результатов фоновых вычислений на контрольной панели путем имитации светодиодных индикаторов соответствующего цвета (зеленый, желтый и красный – см. рис. 3, 4 и 6); контрольная панель расположена в нижней части интерфейсного окна;
- организация базы данных значений ТІЕ за заданный период (определяется размером памяти сервера, на практике ограничивается примерно годом);
- независимое от фоновых вычислений формирование запроса к базе

данных и получение информации о значениях TIE, MTIE и TDEV по любому количеству контролируемых сигналов одновременно за любой период в прошлом (см. пример для трех сигналов на рис. 3), а также независимый выбор шаблонов;

- ведение журнала событий (авторизация пользователя, срочные и несрочные аварии, перезапуск БД, статус оборудования и т.д.);
- составление отчетов (графики, таблицы), экспорт данных в формате Excel, клиентский доступ к базе данных сервера (значения TIE) в соответствии с установленными правами доступа.

Для организации клиентского доступа к серверу используется версия «клиент» этого же ПО, при условии приобретения соответствующего количества клиентских лицензий Windows Server 2003 и наличия прав доступа, задаваемых при конфигурировании ПО.

Внешний вид главного окна ПО приведен на рис.3. (показаны три контролируемых сигнала).

Результаты мониторинга сети синхронизации ПАТ «Укртелеком». В ходе опытной эксплуатации системы КВС-8 на сети синхронизации ПАТ «Укртелеком» было принято решение о публикации на сайте <http://dpm-dev.ukrtelecom.ua/offers/async/monitor> ежедневных данных мониторинга как свидетельство постоянного контроля за качеством СС. Данные на момент публикации доступны в Интернете.

Неоднократно результаты мониторинга позволяли выявить скачкообразные флуктуации фазы СС. И хотя они не выходили за рамки требований Рек. G.811 (могли быть вызваны, например, переключениями в сетях электропитания), несомненно способствовали профилактике подобных осложнений. Менее типично, но более интересно то, что в начале 2010 г. с помощью данных мониторинга были выявлены проблемы, связанные с функционированием сети GPS. На них остановимся чуть подробнее ввиду методологической наглядности подобных результатов.

По данным мониторинга были зафиксированы нехарактерные для сети синхронизации ПАТ «Укртелеком» периодические флуктуации по крайней мере двух СС: в Киеве и Харькове. Примерный внешний вид флуктуаций показан на рис.4.

Для детального анализа проблемы был специально сформулирован запрос по данным на пяти объектах в теч-

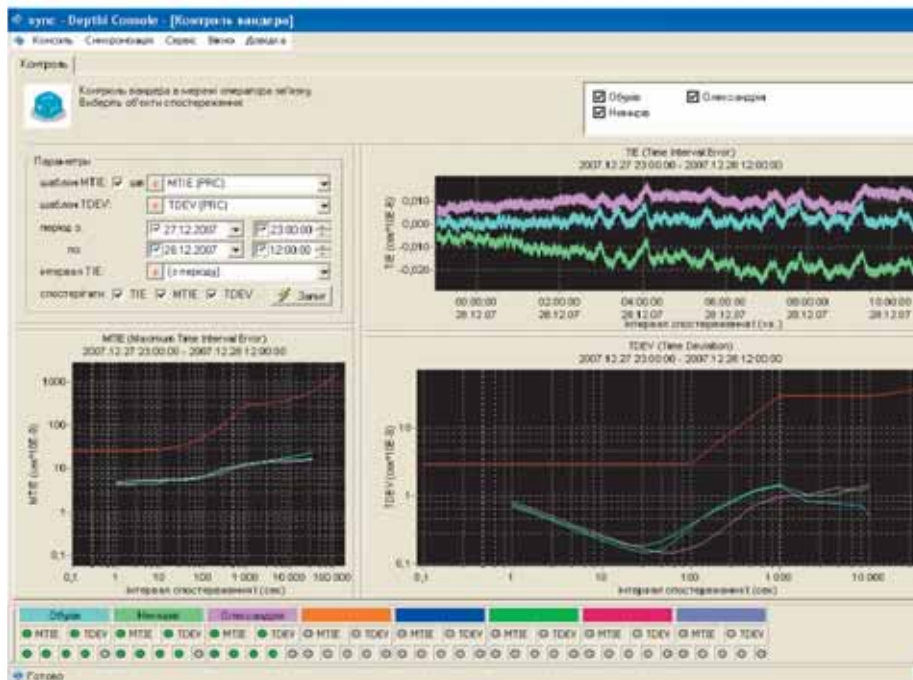


Рис. 3

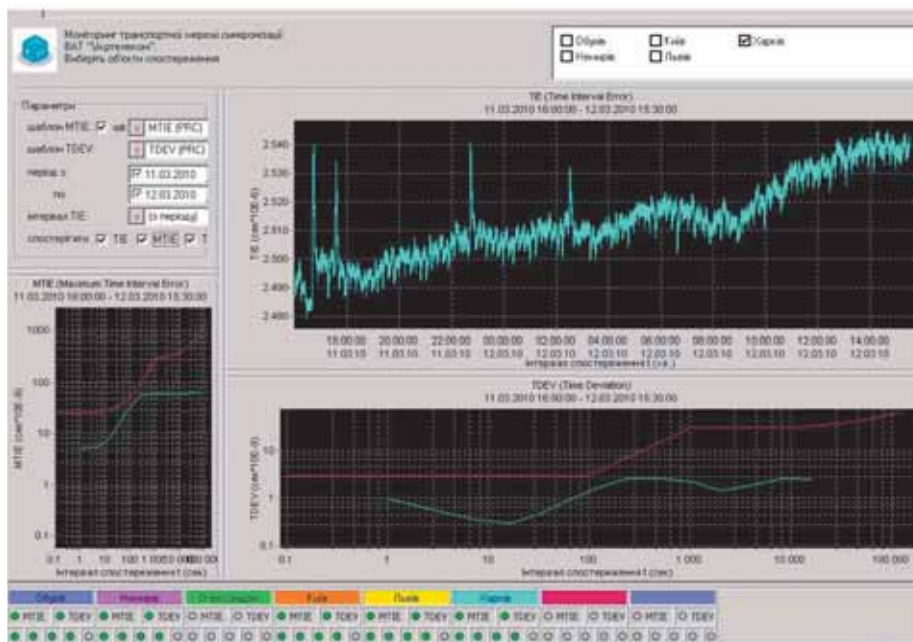


Рис. 4

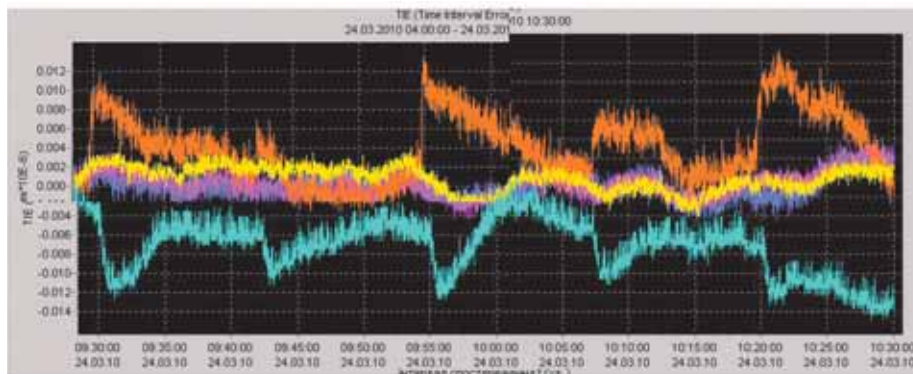


Рис. 5



Рис. 6

ние непродолжительного периода (для большей наглядности графиков). Полученный результат приведен на рис. 5, из которого видно, что аномальные флуктуации присутствуют только на двух сигналах (Киев и Харьков).

Учитывая отсутствие флуктуаций на трех сигналах и их присутствие более, чем на одном сигнале (причем флуктуации явно синфазны), была проанализирована конфигурация соответствующих БД. Оказалось, что в БД, установленных в Киеве и Харькове, используется опорный сигнал от встроенного кварцевого генератора, ведомого сигналами GPS, тогда как в трех других БД опорный сигнал подается с местного цезиевого стандарта частоты. Таким образом, был сделан вывод, что наблюдаемые флуктуации присутствуют не в контролируемом СС сети ПАТ «Укртелеком», а в опорных сигналах, привязанных к сети GPS.

В обоих БД с нарушениями опорного сигнала были установлены GPS-приемники компании Trimble. На сайте компании после поиска была найдена информация о необходимости модернизации ПО ряда моделей GPS-приемников в связи с недавней модернизацией ПО собственно сети GPS, из-за которой приемники стали периодически терять привязку к сети GPS. После

проведенной модернизации указанный эффект исчез.

Типичные характеристики СС на примере объекта в Киеве приведены на рис. 6. Попутно отметим, что еще один БД с немодернизированным приемником Trimble (в Львове), но снабженный рубидиевым генератором, не показал вышеописанных флуктуаций, поскольку смог самостоятельно погасить их за счет большей постоянной времени рубидиевого генератора. Это стало дополнительным свидетельством в пользу повышенной надежности такой конфигурации.

Приведенный пример демонстрирует эффективность системы мониторинга КВС-8 и возможности ее применения для мониторинга и/или исследования долговременной стабильности других сигналов. Из примера также очевидно, что контроль стабильности сигналов GPS возможен, если в качестве опорного сигнала для нескольких БД использовать тот же СС сети электросвязи. Необходимые форматы сигналов и образцовые шаблоны могут быть легко видоизменены предприятием-изготовителем под заказ.

Выводы. 1. Исходя из опыта эксплуатации системы КВС-8 на сети ПАТ «Укртелеком», внедрение концепции непрерывного контроля (мониторинга) параметров качества СС на ключевых

узлах сетей электросвязи позволило существенно расширить и перевести на новый уровень информированность оператора о динамике качества СС, а за счет этого улучшить управляемость его параметрами в процессе эксплуатации. Мониторинг в значительной степени заменил периодические измерения (аудит) сигнала тактовой синхронизации, которые проводятся только по зарегистрированным отклонениям параметров качества системой КВС-8.

2. Получаемая регулярная информация о характеристиках СС за любой момент времени в прошлом (в пределах установленных самим оператором сроков хранения данных) предоставит оператору эффективную аргументацию не только в возможных спорах о выполнении договорных обязательств по данному вопросу, но и при анализе состояния сети синхронизации, включая как разовые отклонения (броски), так и ее поведение на длительных интервалах времени.

3. Регулярная (ежесуточная) публикация результатов мониторинга сети синхронизации, доступная на веб-сайте ПАТ «Укртелеком», воспринимается потенциальными потребителями СС как дополнительное подтверждение качества услуги и служит дополнительным рекламным фактором услуг оператора электросвязи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костік Б.Я. Розвиток первинної мережі в 2006 році та перспективи розвитку на 2007 рік // Вісник УНДІЗ. – 2006. – №1. – С. 5.
2. Рекомендация ITU-T G.810.
3. Стандарт ETSI EN 300 462-1.
4. Дубінін Г.О., Янко П.О. Тактова синхронізація на цифрових телекомунікаційних мережах України // Вісник УНДІЗ. – 2006. – №1. – С.74.
5. Гриднев С.А., Коновалов Г.В., Шклярєвський І.Ю. Системи управління тактовою мережею синхронізацією цифрових мереж зв'язу // Електросв'язь. – 2005. – №1. – С.37.
6. Шклярєвський І.Ю. Измерительная система для автоматизированного контроля вандера в сетях электросвязи // Вісник УНДІЗ. – 2006– №1. – С.84.

Получено 13.11.12