

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СЕТЕЙ ТСС

М. Н. Колтунов, доцент МТУСИ, к. т. н.; mihnatk@rambler.ru

**Ключевые слова:** тактовая сетевая синхронизация, синхросигнал, временной интервал, первичный эталонный генератор (ПЭГ), первичный эталонный источник (ПЭИ), вторичный задающий генератор (ВЗГ), петля по синхронизации.

При организации системы тактовой сетевой синхронизации (ТСС) на сети связи общего пользования важную роль играет проектирование сети ТСС. Грамотно спроектированная сеть ТСС — обязательное условие надежного функционирования цифровой сети связи [1, 5].

Так как сеть ТСС является как бы наложенной на телекоммуникационную, то для ее проектирования необходимы исходные данные, содержащие сведения об организации связи и определяющие характеристики оборудования, участвующего в распределении и получении синхросигналов [4].

Проектирование сети ТСС состоит из выбора источника синхросигналов, установки путей для их распределения с определением качества используемого источника синхросигналов на различных участках сети, установки приоритетов для приема синхросигналов, а также выбора оборудования синхронизации и места для его установки [4].

**Исходные данные для проектирования.** Сигналы синхронизации распределяются по телекоммуникационной сети в составе основной информации. Поэтому данные по организации связи должны содержать схему распределения этой информации по сети и схему установки оборудования на рассматриваемой сети с указанием типа оборудования и даты его изготовления. Для сети ТСС все оборудование сети связи, которое в той или иной мере включается в сеть ТСС, можно разделить на два класса.

К первому относится оборудование, принимающее синхросигналы. Для него необходимо указать вид используемого синхросигнала. Если это цифровая коммутационная станция (ЦКС), то нужны сведения о видах входных сигналов, которые можно применять для синхронизации, а если ЦКС принимает синхросигналы из потока STM-N, то необходимы сведения о возможности приема и обработки данных (SSM-бит) о качестве источника синхросигнала. Если данные, переданные в SSM-битах, не анализируются, то потоки STM-N нельзя использовать для синхронизации данной ЦКС.

Ко второму виду относится аппаратура систем передачи (СП), а также оборудование коммутации, применяемое в цепях распределения синхросигналов. Так как в данном случае оборудование коммутации предполагается использовать для восстановления синхросигналов с целью передачи их другому оборудованию сети, то для него необходимо следующее:

- соответствие допустимых значений максимальной ошибки временного интервала (МОВИ) и девиации временного интервала (ДВИ) при различных интервалах наблюдения требованиям к ВЗГ. Если эти данные отсутствуют или не соответствуют данному требованию, то ЦКС нельзя использовать для синхронизации СП синхронной цифровой иерархии (СЦИ);

- полоса среза передаточной характеристики должна быть не более 20 МГц. Если она ограничена значением 0,1 Гц, то ЦКС можно использовать в цепи передачи синхросигнала лишь в условиях, когда ЦКС получает синхросигнал непосредственно от ПЭГ, ВЗГ или местного задающего генератора (МЗГ);

- скачки фазы при переключениях на резервный синхросигнал или на резервный комплект оборудования не должны превышать 120 нс;

- запоминание частоты и суточный ее уход в режиме запоминания не должны превышать  $1 \cdot 10^{-9}$  отн. ед.;

- генераторное оборудование ЦКС не должно требовать эксплуатационных регулировок, т. е. возможный уход частоты генератора за все время его работы не должен превышать полосы захвата.

Для мультиплексоров СП СЦИ, включаемых в цепи распределения синхросигналов, необходимы следующие данные:

- количество и вид входных сигналов, по которым может приниматься синхросигнал;

- типы синхросигналов, которые могут использоваться при формировании выходного синхросигнала  $T_4$  — от внутреннего генератора и/или из линейного потока STM-N ( $T_0$  и/или  $T_1$ );

- количество и вид входных и выходных синхросигналов, а также возможность их одновременного использования (разные разъемы);

- условия выбора синхросигнала — по качеству источника и по приоритету;

- виды входных синхросигналов, для которых возможна установка данных о качестве источника синхросигнала.

Мультиплексоры СП плезихронной цифровой иерархии (ПЦИ) далеко не всегда требуют синхронизации. Обычно их можно рассматривать лишь с точки зрения искажений, которым они подвергают синхросигнал, передаваемый в потоке Е1. Мультиплексоры, в которых применяется двусторонний стаффинг, сильнее искажают синхросигналы, чем мультиплексоры с односторонним стаффингом. Если же в мультиплексорах СП ПЦИ обеспечивается синхронизация линейных сигналов, то в этом случае необходимы сведения о типах используемых синхросигналов и их количестве.

**Выбор источника синхросигналов.** Получать синхросигналы для сети ТСС можно от следующих источников: ПЭГ; ПЭИ, подключенного к ВЗГ; ПЭИ, входящего в состав МЗГ и обычно определяемого как ПЭИ; сети ТСС другого оператора связи; ВЗГ, МЗГ и ЦКС в режиме запоминания частоты.

Как основной источник синхросигналов для междугородних сетей связи большой протяженности должен использоваться ПЭГ, поскольку другие источники в этом случае не обеспечивают необходимой надежности системы ТСС.

В качестве ПЭИ на сети ТСС можно применять цезиевый стандарт частоты, водородный мазер или приемник объединенных сигналов систем ГЛОНАСС/GPS. ПЭИ, подключенный к ВЗГ, можно использовать в качестве основного источника синхросигналов на сетях сравнительно малой протяженности или в тех случаях, когда имеется достаточно надежный источник резервного синхросигнала. ПЭИ, входящий в состав МЗГ, можно применять в качестве основного источника лишь на местных сетях связи, на которых ВЗГ не используется для восстановления синхросигналов, или как резервный источник для участка цифровой сети.

В режиме запоминания ВЗГ можно использовать на сети ТСС лишь в качестве резервного источника. МЗГ в режиме

запоминания допустимо устанавливать в качестве резервного только для небольшого участка сети связи. ЦКС в режиме запоминания частоты допустимо использовать в качестве резервного источника только для синхронизации своих выносных блоков, а также других ЦКС по физическим линиям и по СП ПЦИ.

Сети ТСС других операторов связи могут использоваться в качестве основного или резервного источника синхросигналов при условии, что получаемый синхросигнал соответствует необходимому классу подключения. Класс подключения определяется местом подключения с сети ТСС оператора связи, выдающего синхросигнал. Если на сети ТСС установлен ПЭГ, к которому подключено последовательно не более пяти ВЗГ и 30 мультиплексов СП СЦИ, то данная сеть может выдавать другим сетям ТСС синхросигналы по четырем классам:

- первому классу соответствует подключение сети ТСС к выходу ПЭГ. В этом случае к подключаемой сети не предъявляются никаких дополнительных требований, кроме установленных для эталонной цепи;

- второму классу соответствует подключение к выходу ВЗГ, при котором в подключаемой сети должно устанавливаться последовательно не более пяти ВЗГ и 30 мультиплексов СП СЦИ, т. е. генераторов сетевых элементов (ГСЭ);

- третьему классу соответствует подключение, при котором синхросигнал получают по СП СЦИ. В этом случае первый ВЗГ должен устанавливаться не позднее чем через пять ГСЭ, а в подключаемой сети может устанавливаться последовательно не более пяти ВЗГ, а общее число последовательно включаемых ГСЭ может достигать 30;

- четвертому классу соответствует подключение, при котором синхросигнал поступает по СП ПЦИ. В этом случае первый ВЗГ должен устанавливаться в точке подключения. Допустимое число последовательно включаемых ГСЭ не должно превышать 20, а ВЗГ — четырех.

Если сеть ТСС оператора связи получает синхросигнал от ПЭИ, подключенного к ВЗГ, то эта сеть может выдавать синхросигналы другим сетям лишь по 2, 3 и 4-му классам. От сети ТСС оператора связи, которая получает синхросигнал от ПЭИ, совмещенного с МЗГ, синхросигналы не должны выдаваться на сети ТСС других операторов связи, если они содержат более пяти последовательно включенных ГСЭ.

Сеть ТСС, получающая синхросигнал от сети ТСС другого оператора связи по одному из четырех классов, может выдавать синхросигналы только на сети ТСС, содержащие последовательно не более одного ВЗГ или МЗГ. При этом не должны нарушаться дополнительные условия для случаев, когда синхросигнал поступает по СП СЦИ или СП ПЦИ.

**Установка путей распределения синхросигналов по телекоммуникационной сети.** В качестве основных направлений для распределения синхросигналов по возможности должны использоваться СП СЦИ самой высокой иерархии. При наличии на сети кольцевых структур основное направление передачи синхросигнала должно идти в одну сторону, а резервное — в обратную. При этом на сети ТСС необходимо определить основные кольца и линии для передачи синхросигналов и от них образовывать основные пути распределения синхросигналов по сети, не допуская поступления резервных синхросигналов с вспомогательных колец и линий на основные. Главное направление в цепях распределения синхросигналов должно начинаться от их основного источника.

Распределение синхросигналов должно быть таким, чтобы как можно большее число элементов цифровой сети по-

лучало кроме основного еще хотя бы один резервный синхросигнал. (На узлах цифровой сети это достигается путем установки специального оборудования синхронизации.) Не допускается образовывать последовательные цепи для передачи синхросигналов (с учетом возможности использования резервных направлений), которые содержат более 60 мультиплексов СП СЦИ, а также 20 мультиплексов без включения ВЗГ.

Синхросигнал, переданный по СП ПЦИ, перед тем как поступить на вход СП СЦИ, должен быть восстановлен с помощью ВЗГ, МЗГ или ЦКС, а синхросигнал в потоке 2048 кбит/с, переданный по СП СЦИ, не должен использоваться на сети ТСС, если он не восстановлен в преобразователе синхросигналов (ПСС). Исключением является случай, когда этот же сигнал применяется для синхронизации данной СП СЦИ.

Данные о качестве источника синхросигналов должны устанавливаться для входных и выходных синхросигналов мультиплексов СП СЦИ, если в качестве этих сигналов используются последовательности 2048 кГц или 2048 кбит/с. Для синхросигналов, поступающих непосредственно с выходов ПЭГ, устанавливается качество  $Q = 2$ . Это же значение может устанавливаться и в тех случаях, когда синхросигнал поступает с выходов ВЗГ или ПЭИ. При этом на сети нет другого источника с лучшим качеством, а данную сеть предпочтительно синхронизировать именно от этого источника синхросигналов. В таком случае, естественно, синхросигналы и на сети ТСС других операторов не выдаются.

Синхросигналу с выхода ВЗГ обычно должно устанавливаться качество источника  $Q = 4$ , а синхросигналу с выхода МЗГ, ПЭИ и ЦКС —  $Q = 8$ .

Для синхросигнала на выходе мультиплекса СП СЦИ устанавливаются данные о качестве, при котором допустимо его выделение. Допустимое качество зависит от характеристик аппаратуры, на которую этот синхросигнал поступает, и качества того источника, от которого синхросигнал получен. На вход ВЗГ допустим синхросигнал с качеством, не превышающим  $Q = 4$ . В других случаях возможно  $Q = 8$ . Если нужно выделять только сигнал с определенным качеством, то оно записывается на выходе мультиплекса.

После установки оборудования синхронизации необходимо уточнить схему распределения синхросигналов в пределах узлов связи, т. е. схему внутриузловой синхронизации. Она должна иметь звездообразную структуру. Синхросигналы, поступающие с мультиплекса СП СЦИ на ВЗГ, МЗГ или ЦКС должны выделяться из линейного сигнала, минуя внутренний генератор мультиплекса.

Для всех синхросигналов приоритет их приема должен указываться таким, чтобы основному синхросигналу соответствовало наивысшее качество синхросигнала, а при равном качестве — более высокий приоритет. Наивысший приоритет равен 1, наивысшее качество  $Q = 2$ .

**Выбор типа и места установки оборудования синхронизации.** Оборудование синхронизации кроме формирования эталонных синхросигналов предназначено для восстановления исходных характеристик синхросигналов, поддержания плезиохронного режима работы сети в аварийных ситуациях и получения нужного количества синхросигналов для синхронизации оборудования на узлах связи, а также для контроля состояния системы ТСС.

Основным оборудованием в системе ТСС является ВЗГ. Рекомендуется на любой сети связи, содержащей в об-

шей сложности более десяти мультиплексов СП СЦИ, устанавливая собственный ВЗГ. Он должен размещаться на центральном узле связи и получать основной синхросигнал от ПЭГ, приемника ГЛОНАСС/GPS или сети ТСС другого оператора. При получении синхросигнала от сети ТСС другого оператора необходимо довести этот сигнал до ВЗГ по самому короткому и надежному пути. Если синхросигнал поступает на синхронизируемую сеть с выхода мультиплекса СП СЦИ или с аппаратуры размножения синхросигналов (АРСС), то участок цепи передачи синхросигналов до ВЗГ не должен содержать более пяти мультиплексов СП СЦИ.

Если проектируемая сеть не будет использоваться для транзита синхросигнала другим сетям, не требует установки второго ВЗГ или МЗГ, содержит не более 10 мультиплексов СП СЦИ, включенных последовательно, то вместо ВЗГ можно установить МЗГ. Его можно размещать на узлах связи, где находится большое количество оборудования, нуждающегося в синхронизации, а передавать синхросигнал на другие узлы связи не предполагается. В тех случаях, когда сеть связи содержит 15 и более включенных последовательно мультиплексов СП СЦИ, для восстановления синхросигналов необходимо применять дополнительные ВЗГ или МЗГ.

На узлах связи для раздачи синхросигналов потребителям должна устанавливаться аппаратура АРСС. При использовании для синхронизации оборудования узла первичных цифровых групп 2048 кбит/с, переданных по СП СЦИ, для восстановления в них качественных синхросигналов должны использоваться ПСС, которые могут устанавливаться на выходе или на входе СП СЦИ. При получении синхросигнала от сети ТСС другого оператора по СП СЦИ, этот сигнал не должен применяться непосредственно для синхронизации СП СЦИ. Сначала он должен поступить на вход ВЗГ, МЗГ или ЦКС.

**Заключение.** После окончания проектирования схемы ТСС необходимо провести анализ спроектированной схемы с целью выявления и ликвидации замкнутых петель в цепях передачи синхросигналов. Петля в цепи передачи синхросигналов считается замкнутой, если можно вернуться в исходную точку, используя как основные, так резервные пути передачи синхросигналов. В результате проводимого анализа необходимо также рассмотреть все имеющиеся возможности по обеспечению каждого элемента цифровой сети, нуждающегося в синхронизации, резервными синхросигналами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Алексеев Ю. А., Колтунов М. Н.** Требования к построению системы тактовой сетевой синхронизации на сети связи общего пользования России//Электросвязь. — 2006. — № 10. — С. 48—50.
2. **Белевитина В. В., Вольфсон А. М.** Система синхронизации ВСС России, разработка схем синхронизации региональных операторов//Электросвязь. — 2002. — № 9. — С. 8—9.
3. **Бирюков Н. Л.** Проектирование потенциально устойчивых распределительных сетей тактовой синхронизации//Электросвязь. — 2006. — № 10. — С. 57—61.
4. **Колтунов М. Н.** Планирование сетей синхронизации/Материалы семинара «Синхронизация цифровых сетей связи. — Москва, ЦНИИС. — 2005.
5. **Колтунов М. Н.** Правила построения системы тактовой сетевой синхронизации/Докл. семинара «Частотно-временное обеспечение телекоммуникационных сетей». — Москва, ЦНИИС. — 2007.
6. **Федорова Н. В.** Принципы планирования сети синхронизации/Вестник «Украинский дом экономических и научно-технических знаний». — 2005. — № 1. — С. 111—117.
7. **Шварц М. Л.** Особенности проектирования и аудита сложных и ячеистых сетей ТСС/Докл. конф. «Современные проблемы тактовой сетевой синхронизации и единого точного времени в сетях электросвязи». — Москва, ЦНИИС. — 2008.

Получено 16.09.09

## ИНФОРМАЦИЯ

### ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ — В ПРАКТИКУ ВЫБОРОВ

#### На Всероссийском молодежном образовательном форуме «Селигер-2009» медийного лидера выбрали с помощью мобильной связи.

Техническую составляющую мобильного голосования обеспечивал Федеральный центр информатизации при Центральной избирательной комиссии России. Для голосования использовалась технология GSM 900/1800. В мобильный телефон закачивалась специальная программа, затем на его экране появлялся список кандидатов — такой же, как был бы в избирательном бюллетене. После того как избиратель сделал свой выбор, информация зашифровывалась и отправлялась через SMS-шлюз и Интернет на сервер хранения данных, с которого отправлялось сообщение, подтверждающее, что ваш голос учтен.

Анализ технических параметров услуги мобильного голосования и опро-

са общественного мнения на форуме осуществляла компания «A1 Агрегатор», предоставившая на основании договора с «Интеллект Телекомом» короткий номер 1121, а также осуществлявшая транспорт SMS-сообщений. Во время реализации проекта биллинг работал в штатном режиме.

Электронное голосование посредством мобильной связи нацелено на отработку технологий и методов дистанционного электронного голосования в России. Первый эксперимент по электронному опросу избирателей с использованием сети Интернет был проведен в октябре 2008 г. в Тульской области. Во время Единого дня голосования 1 марта 2009 г. эксперимент прошел уже в пяти субъектах Российской Федерации: Владимирской, Волгоградской, Вологодской, Томской областях и Ханты-Мансийском автономном округе — Югре. Для электронных опро-

сов использовались CD, электронная социальная карта и мобильный телефон.

Дистанционное электронное голосование предназначено для использования в труднодоступных районах и за рубежом. Оно позволяет сократить расходы на подготовку и проведение голосования и увеличить число голосующих. Так, достаточно большую группу избирателей представляют проживающие за рубежом российские граждане, обладающие правом голоса: по данным МИД России, их более полутора миллионов. Обычно голосуют всего 250 тыс. Около 3,5 млн. молодых людей, по данным социологов, никогда не придут на избирательные участки и не будут голосовать никаким другим способом, кроме как по Интернету.

Закон об электронном голосовании находится на рассмотрении в Государственной Думе РФ.