

## Современное состояние частотно-временного обеспечения сетей связи

П.Н. Давыдкин, начальник научного отдела ФГУП ЦНИИС, к.т.н.

30-31 марта 2010 года в Центральном научно-исследовательском институте связи проведена 4-ая ежегодная международная конференция «Современные проблемы частотно-временного обеспечения сетей электросвязи» по теме: «Технические решения и задачи развития теории и техники тактовой сетевой синхронизации (ТСС) и единого точного времени (ЕТВ)». В конференции приняли участие представители Министерства связи и массовых коммуникаций РФ, а также специалисты научных организаций, производственных компаний и телекоммуникационных фирм России, Украины, Казахстана, Словении, Швейцарии и США.

Одной из наиболее обсуждаемых тем конференции в рамках нормативной базы по ТСС стал вышедший в прошлом году Приказ №31 от 02.03.2009г. об утверждении Требований к построению сети связи общего пользования в части системы обеспечения тактовой сетевой синхронизации. Напомню, что самый первый нормативный документ по ТСС был разработан в 1995г., имел статус руководящего технического материала и назывался «РТМ по построению тактовой сетевой синхронизации на цифровой сети связи Российской Федерации» (принят решением ГКЭС России от 01.11.95 г.). Таким образом, 2010 год можно по праву считать юбилейным и мы можем скромно, в узком кругу специалистов по сетевой синхронизации, отметить эту 15-летнюю дату.

Возвращаясь к теме статьи, рассмотрим сначала основные требования к построению сети связи общего пользования в части системы обеспечения тактовой сетевой синхронизации:

1. Система ТСС - технологическая система, используемая для обеспечения функционирования сетей электросвязи, состоящая из ПЭИ, в качестве которых могут использоваться стандарты частоты или приёмники сигналов навигационных систем ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, ПЭГ, ВЗГ, МЗГ, РСС, ПСС, генераторного оборудования систем передачи и коммутационных станций, которые используются при распределении синхросигналов по сети ТСС.
2. Сигналы синхронизации формируются ПЭГ или ПЭИ, которые могут использоваться как в составе ПЭГ, так и самостоятельно.
3. Сети электросвязи обеспечиваются сигналами синхронизации от ПЭГ, ПЭИ, ВЗГ или МЗГ, устанавливаемых непосредственно на узлах связи этой сети электросвязи или на узлах связи других сетей электросвязи.
4. В качестве сигналов синхронизации используются сигнал с частотой 2048 кГц или сигнал 2048 кбит/с.
5. Сигналы синхронизации передаются по линиям связи, в том числе по физическим цепям. Линии связи, используемые для передачи сигналов синхронизации, образуют цепи синхронизации, включающие оборудование ТСС и генераторы сетевых элементов систем передачи (ГСЭ).
6. Восстановление сигналов синхронизации, передаваемых по линиям связи, осуществляется с помощью ВЗГ. Количество ВЗГ, включенных последовательно в цепь синхронизации, не должно превышать десяти. В качестве последнего ВЗГ в цепи может быть использован МЗГ.
7. Количество ГСЭ, последовательно включенных в цепь синхронизации между ПЭИ/ПЭГ и ВЗГ, между ВЗГ и ВЗГ, между ВЗГ и МЗГ, а также после ВЗГ/МЗГ не должно превышать двадцати.
8. Общее количество ГСЭ, последовательно включенных в цепь синхронизации, не должно превышать шестидесяти.
9. Сети связи, предназначенные для оказания услуг по пропуску трафика, обеспечиваются основным и резервным сигналом синхронизации.

Основную мысль этих положений можно изобразить в графическом виде, который будет более удобен для понимания специалистам, занимающимся проектированием сетей синхронизации, рис.1. Акцентирую внимание на том, что впервые узаконено автономное использование первичных эталонных источников с приёмниками сигналов навигационных систем ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, ранее подразумевалось, что первичным источником синхросигналов может быть только ПЭГ, содержащий в своём составе цезиевые или водородные стандарты частоты. Требования к вышеперечисленному оборудованию ТСС не изменились и приводятся в Правилах применения оборудования тактовой сетевой синхронизации (Приказ №161 от 07.12.2006). Если подвести черту в нормативной базе по ТСС на сегодня, то неизменными в своём понимании и применении остаются также следующие документы:

- РД45.230-2001 «Аудит системы тактовой сетевой синхронизации».
- Р45.09-2001 «Присоединение сетей операторов связи к базовой сети тактовой сетевой синхронизации».
- Р45.12-2001 «Эксплуатация первичных эталонных генераторов на Взаимоуязванной сети связи Российской Федерации».
- Р45.08-2001 «Использование международных и междугородных коммутационных станций в системе ТСС ВСС России».

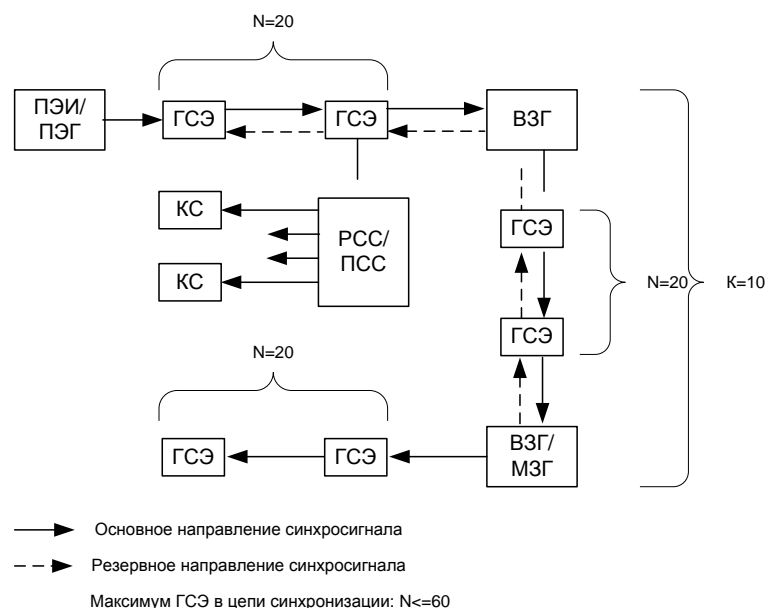


Рис.1

Другой важной темой конференции, уже практического плана, стала тема конвергенции систем тактовой сетевой синхронизации и единого точного времени. Необходимость в частотной и временной синхронизации остается всегда, меняется способ и среда передачи сигналов синхронизации, особенно это касается сигналов тактовой частоты. Если раньше, в большинстве случаев, использовалась технология синхронной цифровой иерархии (СЦИ) и между генераторами сетевых элементов постоянно передавалась тактовая частота, параметры которой соответствовали достаточно жестким нормам, например, относительное отклонение частоты должно оставаться в пределах  $\pm 1e-11$  отн.ед., то теперь повсеместное использование технологии Ethernet несколько усложняет возможность передачи частотного синхросигнала, но даёт импульс к решению задачи по передаче/восстановлению тактовой частоты в такой сети с помощью интернет протоколов NTP (Network Time Protocol) и PTP (Precision Time Protocol), отвечающих за временную синхронизацию. Изначально целью применения этих протоколов являлось обеспечение максимально возможной точности и надежности передачи времени по сети, несмотря на значительный разброс задержек при прохождении через промежуточные сетевые элементы: маршрутизаторы, серверы и т.д., и таким образом организация временной синхронизации клиента с сервером или сервера с сервером. Так вот на сегодняшний день современное оборудование синхронизации, передавая между собой временные сигналы посредством протоколов NTP и PTP, обеспечивает в сети Ethernet возможность получения на удаленном конце также и частотных сигналов синхронизации. На рисунке 2 показана иллюстрация к выше сказанному. Введя обозначения частоты и времени, соответственно F и T, рассмотрим четыре варианта доставки частотно-временных сигналов к удаленному оборудованию.

Вариант А. Традиционная сеть СЦИ с передачей частотных сигналов синхронизации 2,048МГц, 2,048Мбит/с. Стабильность передачи тактовой частоты в диапазоне  $\pm 9e-10$  отн.ед. -  $1e-12$  отн.ед.

Вариант В. Сеть с цифровой системой передачи, позволяющей обеспечить реализацию технологии синхронного Ethernet и передачу частотных сигналов 2,048МГц, 2,048Мбит/с. Стабильность передачи тактовой частоты на сегодняшний день в диапазоне  $\pm 2e-7$  отн.ед. -  $1e-10$  отн.ед.

Вариант С. Используется сетевая технология Ethernet для передачи только временных сигналов с помощью протокола NTP.

Вариант D. Используется сетевая технология Ethernet. От оборудования частотно-временной синхронизации к сетевому оборудованию передаются как частотные, так и временные синхросигналы, далее по сети с помощью протокола PTP к оконечному сетевому оборудованию передаётся только временная синхронизация, так называемые метки времени или временные отчеты. Оконечное оборудование, получая временную синхронизацию, формирует частотный синхросигнал и таким образом клиентское оборудование может обеспечиваться и частотным и временным синхросигналом одновременно. Не так много на сегодняшний день опытных результатов передачи частотных синхросигналов рассматриваемым методом (вариант D), но некоторые из них позволяют сделать вывод о том, что обеспечивается стабильность передачи/восстановления тактовой частоты на приёме в диапазоне  $\pm 5e-8$  отн.ед. -  $4e-10$  отн.ед.

В итоге отмечу, что найденные технические решения в теории и техники ТСС и ЕТВ, в соответствии с темой прошедшей конференции, поставили серьёзные задачи по разработке технических требований к оборудованию частотно-временной синхронизации, нормативных значений к параметрам сигналов временной синхронизации, а также методик проверки этих значений.

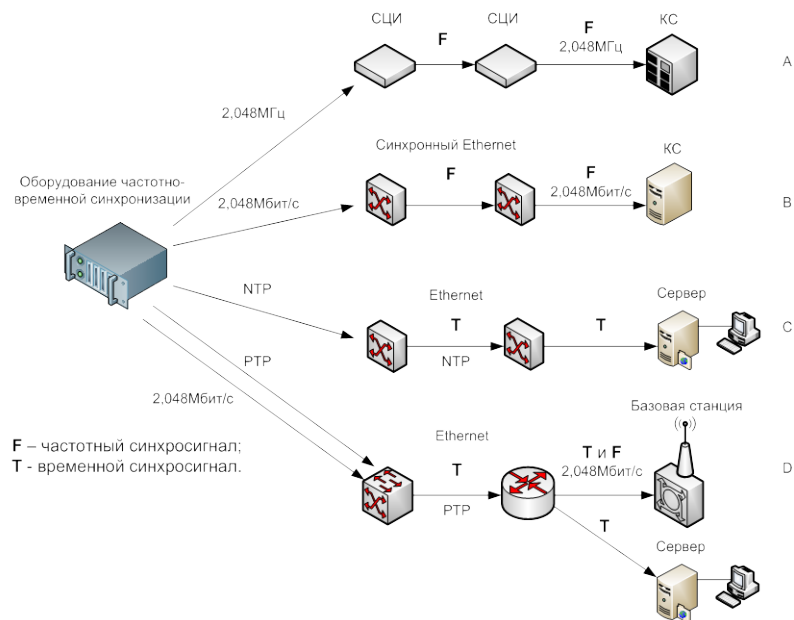


Рис. 2

#### Литература.

1. Давыдкин П.Н., Колтунов М.Н., Рыжков А.В. Распределение сигналов времени и стандартных частот по волоконно-оптическим линиям с использованием системы тактовой сетевой синхронизации // Электросвязь – 2002, №7.
2. Давыдкин П.Н., Колтунов М.Н., Коновалов Г.В., Миусов И.М. Частотно-временное обеспечение телекоммуникаций и перспективы его совершенствования при развитии единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения РФ // Метрология и измерительная техника в связи – 2006, №2.
3. Давыдкин П.Н. Частотно-временное обеспечение телекоммуникационных сетей // Вестник связи – 2007, №4.
4. Материалы 4-ой международной конференции «Современные проблемы частотно-временного обеспечения сетей электросвязи» // ФГУП ЦНИИС, 2010г.