

Перетьяко О.Н., Кочеров А.В.

## О влиянии отсутствия синхронизации АТС на электрические характеристики коммутируемого телефонного канала, в том числе и на пропускную способность канала передачи данных

Достаточно давно занимаясь обеспечением качества коммутируемых телефонных каналов, в том числе и проверкой каналов на их пригодность для передачи данных, авторы позволят себе разделить имеющиеся вопросы и проблемы на две части:

- проблемы каналов, образованных аналоговыми коммутаторами и аналоговыми соединительными линиями (аналоговые каналы) и
- проблемы каналов, образованных цифровыми коммутаторами и цифровыми соединительными линиями (цифровые каналы).

Если по первой части круг вопросов обозначен [1], то по второй, проблем, казалось бы, должно быть существенно меньше (технология-то цифровая), но, тем не менее, обеспечить требуемое качество цифровых каналов удастся не всегда. Одной из причин недостаточного качества коммутируемого канала принято считать частичное отсутствие на сети ТФОП синхронизации. Именно этот вопрос обсуждается в данной статье.

Широкое внедрение SDH позволяет связать тактовые частоты, синхронизировать коммутационное оборудование. Однако, на сети еще остаются электронные АТС, которые связаны между собой двухмегабитными трактами, но у которых опорные частоты генераторного оборудования не синхронизированы от внешнего источника (например АТС типа МТ-20/25 и некоторые другие). В силу ряда причин тактовая частота отклоняется от номинала и, следовательно, скорость потока отличается от номинального значения равного 2,048 Мбит/с, что проявляется в так называемом проскальзывании. На практике это приводит к удалению или повторению фрейма и сопровождается пропуском или повторной выдачей во всех 30 каналах ИКМ-системы части тонального сигнала, соответствующей интервалу квантования, равному  $1/(8,0 \text{ кГц})=0,125 \text{ мс}$ .

При загрузке телефонного канала с проскальзыванием измерительным гармоническим сигналом с частотой равной 1,8 кГц удаление (вставка) фрейма провоцирует положительный (отрицательный) скачок фазы измерительного сигнала на величину  $(1,8 \text{ кГц})/(8,0 \text{ кГц}) \cdot (360 \text{ угл.град})=81,0 \text{ угл.градусов}$ . Вследствие неполного подавления выходным НЧ-фильтром кодека такого ударного воздействия проскальзывание сопровождается и импульсной помехой, возникающей в момент разрыва фазы сигнала.

На рисунках 1, 2 и 3 приведены осциллограммы исходного измерительного сигнала и сигналов, искаженных удалением и вставкой фрейма.

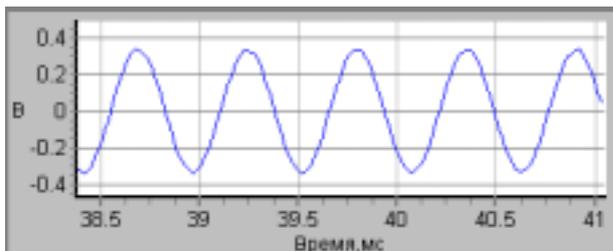


Рисунок 1. Исходный сигнал

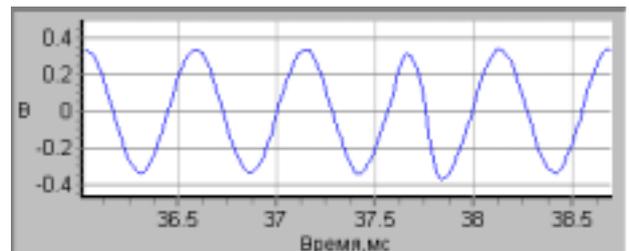


Рисунок 2. Сигнал при вырезке фрейма

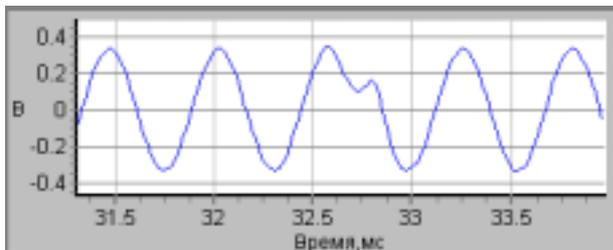


Рисунок 3. Сигнал при вставке фрейма

В профессиональной среде часто можно услышать утверждения о негативном влиянии отсутствия синхронизации на способность канала к передаче данных, о необходимости затрат в этой связи на модернизацию АТС и т.д.. Однако, авторам не приходилось встречать какие-либо сведения о количественном влиянии проскальзывания на качество канала или о экономическом обосновании затрат на модернизацию. Во всяком случае авторы не могут указать источники, в которых были бы даны ответы на следующие вопросы:

- какие характеристики канала ухудшаются при проскальзывании и на основании каких критериев следует оценивать влияние проскальзывания на качество канала,
- возможно ли измерительными средствами определить ухудшение электрических характеристик канала при проскальзывании,
- как можно количественно сопоставить частоту проскальзывания и, например, эффективную скорость передачи данных с применением телефонных модемов.

На сети ОАО «Яртелеком» имеются АТС типа МТ-20/25, которые с момента ввода в эксплуатацию и до настоящего времени не синхронизированы. В 2001 году была проведена работа по исследованию влияния отсутствия синхронизации АТС на электрические характеристики коммутируемого телефонного канала. Эта работа была проделана в том числе для обоснования затрат на модернизацию, необходимость которой могла бы быть обусловлена фактом несоответствия качества коммутируемых каналов действующим нормам, в том числе по пропускной способности канала передачи данных.

Следует заметить, что изготовители АТС, не допускающих синхронизации потоков, для исправной аппаратуры регламентируют величину максимального отклонения тактовой частоты. Например, на АТС типа МТ-20/25 при тактовой частоте равной 8,192 МГц отклонение ограничено величиной равной 12 Гц, соответствующей относительному отклонению равному  $1,46 \cdot 10^{-6}$ . На АТС имеются аппаратные средства контроля отклонения тактовой частоты за пределы максимального значения, которые при необходимости переключают генератор на резервный, выдают аварийные рапорта оператору и т.д.. Реально отклонение может быть и больше, но это уже должно восприниматься как авария на АТС.

Для проведения исследований был создан искусственный двухмегабитный тракт, образованный синхронизированной АТС (S-12) и АТС, у которой фактическое значение опорной частоты можно было бы отклонить на заданную величину от номинала (МТ-20). Таким образом образовывался тракт с необходимым отклонением информационной скорости, с использованием которого и устанавливалось телефонное соединение, параметры качества которого контролировались при передаче в обоих направлениях.

Для измерения электрических характеристик коммутируемого телефонного канала использовался программно-аппаратный измерительный комплекс ПАИК, производства компании Аналитик-ТС. Режим измерений и параметры настройки комплекса задавались в соответствии с действующими отраслевыми нормами [2].

Для проверки эффективной скорости передачи данных были использованы:

- пара модемов ZyXEL U-1496 (проверка на скорости до 19200 бит/с),
- модемы U.S.Robotics Courier V.Everything и U.S.Robotics Sportster 33.6 Faxmodem (проверка на скорости до 33600 бит/с).

Работа проводилась в два этапа:

- на первом этапе были проведены измерения электрических параметров коммутируемого телефонного канала при отклонении тактовой частоты станции МТ-20 от номинального значения;
- на втором этапе тоже при различных значениях отклонения тактовой частоты от номинала были измерены значения эффективной скорости передачи данных с применением модемов.

При выполнении первого этапа работ были применены следующие значения параметров настройки счетчиков импульсных помех и скачков фазы комплекса ПАИК:

- частота измерительного сигнала равна 1800 Гц;
- порог анализа скачков фазы равен 15 угл.градусов,
- порог анализа импульсных помех на 5 дБ выше уровня измерительного сигнала,
- «мертвое время» счета помех и скачков равно 125 мс.

Проведенные измерения подтверждают соответствие одного проскальзывания регистрации одного скачка фазы и одной импульсной помехи, так как:

- наблюдаемые периоды следования регистрируемых скачков фазы и импульсных помех соответствуют расчетному периоду следования проскальзываний, определяемому формулой  $T_c = 256 / (2048000 \cdot H)$ , где  $H$  - величина относительного отклонения тактовой частоты;
- регистрация скачка фазы и импульсной помехи производится в один и тот же момент времени;
- количество регистрируемых на интервале времени импульсных помех равно количеству скачков фазы и равно расчетному количеству проскальзываний.

В процессе измерений было отмечено отсутствие регистрации кратковременных перерывов связи и скачков амплитуды.

Влияние импульсных помех на качество коммутируемых телефонных каналов регламентируется указанными отраслевыми нормативами [2]. Норма на импульсные помехи

исчисляется в процентах секундных интервалов времени, пораженных импульсными помехами и перерывами связи, и составляет 10% для электронных АТС. Экспериментально определенная зависимость процента секундных интервалов, испорченных помехами, от отклонения тактовой частоты приведена на Рисунке 4.

В процессе проведения измерений выяснилось, что зависимость скачков фазы и импульсных помех от интенсивности проскальзываний одинакова для таких, казалось бы, разных по программно-аппаратному исполнению АТС, как S-12 (Alcatel) и МТ-20/25. Однако, это лишний раз подтверждает то, что природа изучаемого феномена не зависит от конкретного исполнения АТС.

Результаты второго этапа работ сведены в таблицу и представлены на Рисунке 4. Эффективная скорость передачи определялась по формуле  $V=S/D$ , где  $S$  – размер файла в байтах,  $D$  – время передачи в секундах,  $V$  – скорость передачи в байт/с (обозначение байт/с заменено на более часто встречающееся CPS).

Относительное отклонение тактовой частоты	Расчетные параметры проскальзывания			Измеренный процент секунд, испорченных имп. помехами, %	Измеренная эффективная скорость передачи (протокол коррекции МСЭ-T V.42 включен, протокол сжатия МСЭ-T V.42bis отключен)				
	период Т,с	количество			Модемы ZyXEL		Модемы USR		
		в минуту	в час		Протокол ZyX (макс. скор. 19200бит/с), передача файла S=3,1 МБ	Протокол МСЭ-T V.34 (макс. скор. 33600бит/с), передача файла S=5,2 МБ	CPS	%	CPS
$-18,20 \cdot 10^{-6}$	6,9	8,74	524	<b>14,6</b>					
$-6,10 \cdot 10^{-6}$	20,5	2,93	176	<b>5,3</b>					
$-4,27 \cdot 10^{-6}$	29,3	2,05	123	<b>3,7</b>					
$-2,20 \cdot 10^{-6}$	56,8	1,06	63	<b>1,8</b>					
$-1,46 \cdot 10^{-6}$	85,6	0,70	42	<b>1,0</b>					
$-0,73 \cdot 10^{-6}$	171,2	0,35	21	<b>0,9</b>					
$0,00 \cdot 10^{-6}$		0,00	0	<b>0,0</b>	<b>2170</b>	100,0	<b>3807</b>	100,0	
$0,73 \cdot 10^{-6}$	171,2	0,35	21	<b>0,9</b>					
$1,46 \cdot 10^{-6}$	85,6	0,70	42	<b>1,2</b>	<b>2103</b>	96,9	<b>3676</b>	96,6	
$6,25 \cdot 10^{-6}$	20,0	3,00	180		<b>1955</b>	90,1	<b>3244</b>	85,2	
$10,00 \cdot 10^{-6}$	12,5	4,80	288	<b>8,3</b>			<b>2947</b>	77,4	

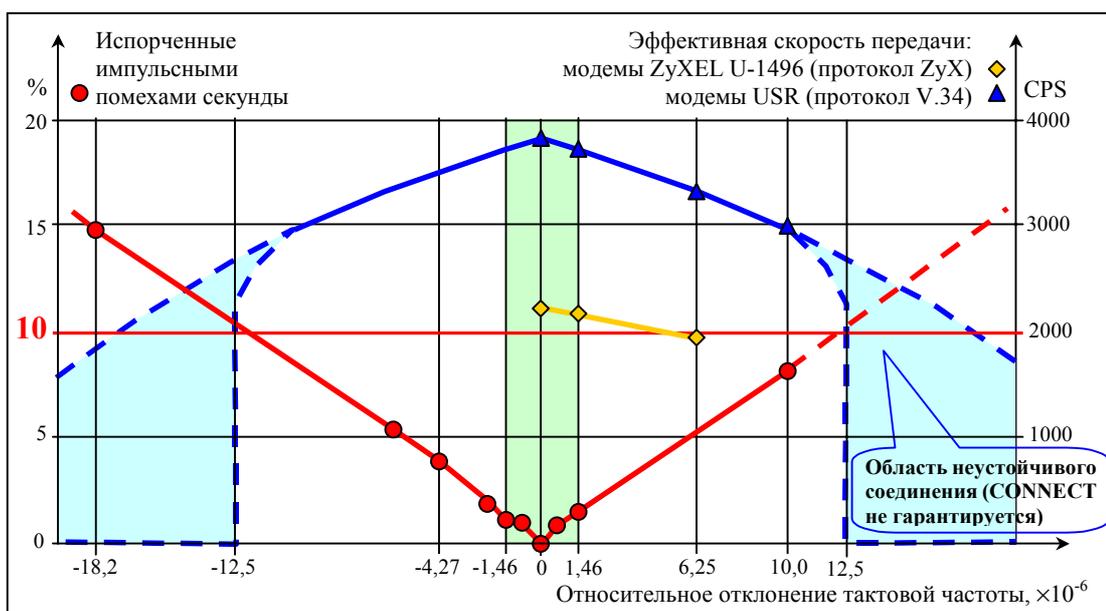


Рисунок 4. Зависимости процента пораженных помехами секунд и эффективной скорости передачи от относительного отклонения тактовой частоты

Итак. С учетом того, что в исправном состоянии относительное отклонение тактовой частоты не должно превышать  $1,46 \cdot 10^{-6}$  и что провоцирует около 42 проскальзываний в час, можно считать установленным следующее:

- электрические характеристики канала, образованного между двумя АТС, одна из которых работает в плезиохронном режиме, будут с не менее чем восьмикратным запасом соответствовать отраслевым нормам [2] по проценту пораженных импульсными помехами секундных интервалов,
- негативного влияния на другие электрические характеристики не зафиксировано,
- скорость передачи данных падает не более чем на 3,1% для модемов ZyXEL (протокол ZyX) и на 3,4% для поддерживаемого модемами USR протокола V.34.

При относительном отклонении тактовой частоты равном  $12,5 \cdot 10^{-6}$  (что обусловит около 360 проскальзываний в час и соответствует восьмикратному нарушению допуска на отклонение тактовой частоты):

- процент пораженных помехами секунд достигает предела эксплуатационных норм [2] для электронных АТС равного 10%;
- кроме того при таких недопустимо больших отклонениях действительно наблюдается неустойчивость установления модемных соединений на высоких скоростях, причиной чего является то, что вероятность поражения скачками фазы критических элементов циклограммы процесса установления модемного соединения увеличивается при уменьшении периода следования скачков до 10 с и ниже (длительность установления V.34-соединения составляет около 13...15 с).

Принимая во внимание, что реальный коммутируемый канал содержит не более 1...2 звеньев, работающих в плезиохронном режиме, введение синхронизации на еще не синхронизированных станциях само по себе очень незначительно улучшит нормируемые показатели качества образуемых через эти станции коммутируемых каналов. Это справедливо при удовлетворении требований к допустимому отклонению тактовой частоты от номинала.

В случае же несоответствия характеристик каналов требованиям отраслевых норм актуальность принимает не проблема наличия или отсутствия синхронизации, а задача **своевременной диагностики и устранения повреждений** на АТС и соединительных линиях.

#### **Литература**

- [1] Нормирование и система измерения качества коммутируемых телефонных каналов. Л.И.Зубовский, А.О.Пасковатый. Метрология и измерительная техника в связи, №1 1998.
- [2] Эксплуатационные нормы на электрические параметры каналов сети ТфОП. Введены приказом Госкомсвязи РФ №54 от 05.04.1999.

Сведения об авторах:

*Перетягько Олег Николаевич*, инженер ОАО «Яртелеком»

(0852)73-97-20, 45-21-00

pon@tues.yartelecom.ru,

<http://www.yartelecom.ru>

*Кочеров Андрей Владимирович*, заместитель директора ООО «Аналитик ТелекомСистемы»,

(095)490-07-99, 490-07-13

andrey@analytic.ru,

<http://www.analytic.ru>