

**V Международная научно-практическая конференция**

**«Автоматизация и информационные технологии в энергетике 2015»**

**Круглый стол: Технологии и средства сетей связи и телекоммуникаций в энергетике  
(под эгидой РНК СИГРЭ)**

# **Возможности и опыт эксплуатации современной цифровой аппаратуры ВЧ-связи по ЛЭП 35-750 кВ.**

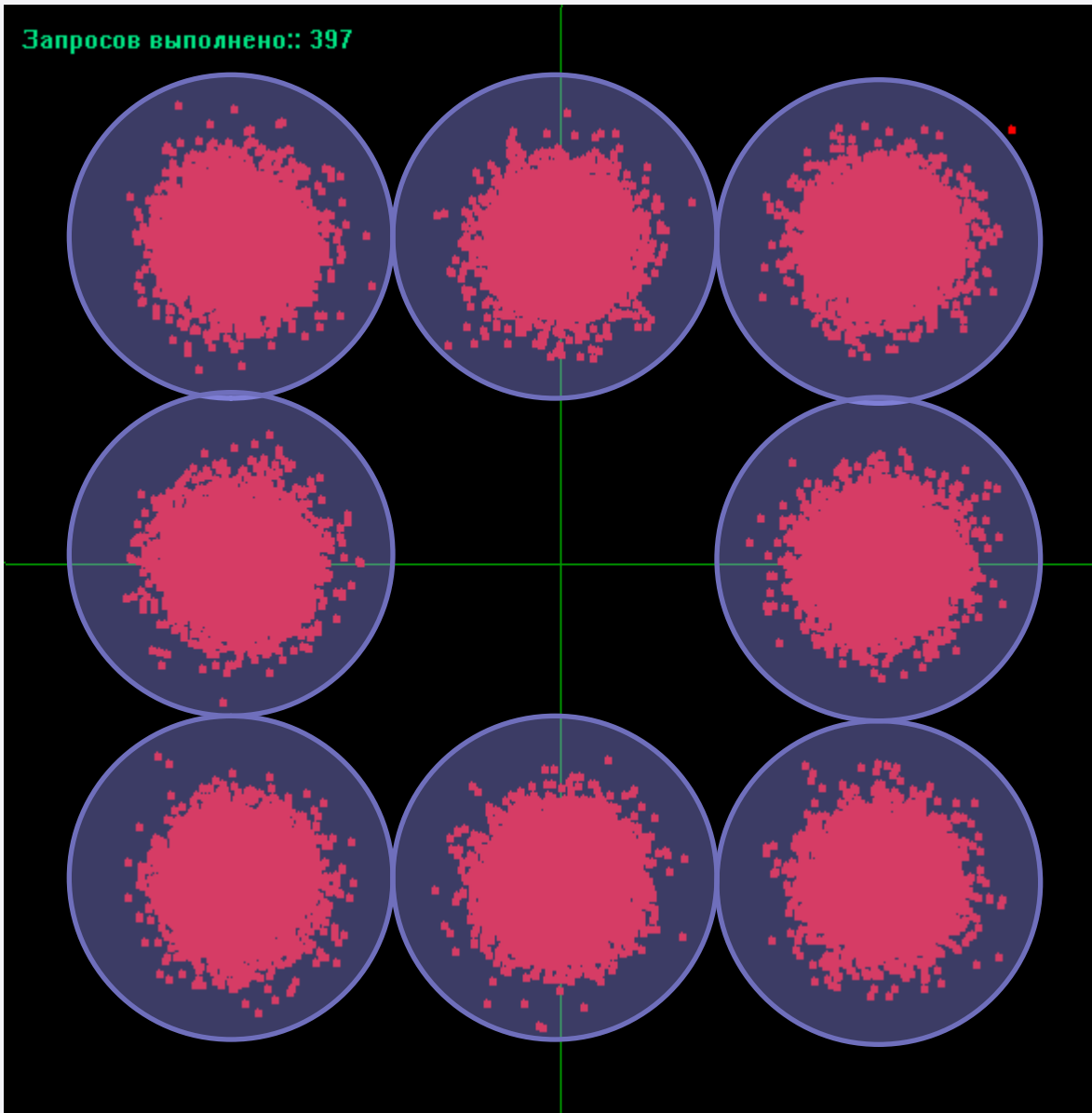
Назаров Юрий Валерьевич  
Москва. 3 декабря 2015 года

# Основные характеристики

- соответствие IEC 60495 (1993), IEC 62488-1 (2012), «Типовые технические требования ...» (СТО 56947007-33.060.40.177-2014);
- диапазон рабочих частот – 16 ÷ 1000 кГц;
- выходная мощность – 40 Вт (46 дБм), 80 Вт (49 дБм);
- режим работы – аналог. (ЧРК), цифр. (ВРК);
- скорость ИЦП в ВРК:
  - для полосы 4 кГц – **3,2** ÷ 28,8 кбит/с (9 ступеней);
  - для полосы 16 кГц – до 102,4 кбит/с;
- Наличие мультиплексора (ПД, телефонная связь);
- Встроенный эхокомпенсатор и эквалайзер;
- **Мониторинг** по SNMP и МЭК-104.

# КАМ-модуляция

Запросов выполнено: 397



**КАМ-8 (QAM-8)**

**3 бита**

**$F_B=4$  кГц**

**$F_T=3200$  Гц**

**9600 бит/с**

**$F_B=8$  кГц**

**$F_T=6400$  Гц**

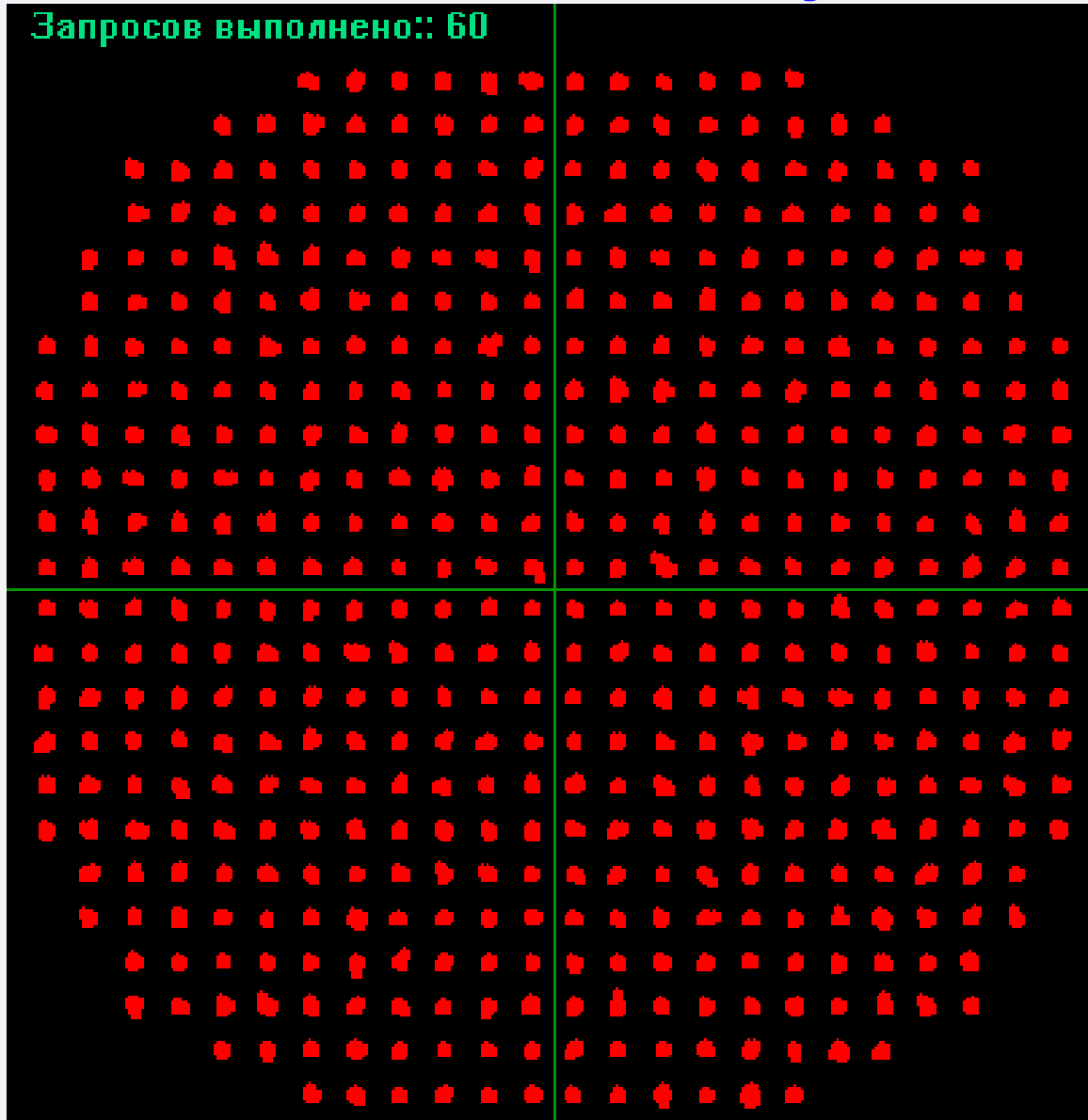
**19200 бит/с**

**$F_B=16$  кГц**

**$F_T=12800$  Гц**

**38400 бит/с**

# КАМ-модуляция



КАМ-512

9 бит

$F_B=4$  кГц

$F_T=3200$  Гц

28800 бит/с

С/Ш = 36,5 дБ

# Мультиплексор

## Источники данных мультиплексора:

- телефонные каналы со сжатием (например, G.729D);
- каналы прозрачной передачи данных 100-1200 бод;
- каналы передачи данных RS-232/485/422 (1,2-230,4 кбит/с);
- каналы Ethernet;
- удаленный доступ.

Скорость ИЦП 28800 бит/с		Скорость ИЦП 28800 бит/с		Скорость ИЦП 28800 бит/с		Скорость ИЦП 28800 бит/с		Скорость ИЦП 28800 бит/с		Скорость ИЦП 28800 бит/с		Скорость ИЦП 28800 бит/с	
ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)	
100	ТЛФ (6,4 кбит/с)	ТЛФ (6,4 кбит/с)		100	ТЛФ (6,4 кбит/с)	ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)	
100	ТЛФ (6,4 кбит/с)	ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)	
100	ТЛФ (6,4 кбит/с)	ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)	
100	ТЛФ (6,4 кбит/с)	ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)	
300	ТЛФ (6,4 кбит/с)	ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)		ТЛФ (6,4 кбит/с)	

# Характеристики каналов передачи данных

Параметр	ЦВК-16	ЦВК-16М/8	ЦВК-16М/16
Базовая полоса	4 кГц	8 кГц	16 кГц
Максимальная скорость, кбит/с	28,8	51,2	102,4
Время задержки, мс	100	60	30
Прохождение ping, мс (Ethernet)	250	150	68
Отгружено полукомплектов	<b>&gt; 600</b> <b>с 2008 года</b>	32 с 2011 года	30 с 2011 года

## ■ Использование каналов передачи данных

- телемеханика (АСТУЭ);
- АИИС КУЭ (АСКУЭ);
- регистраторы аварийных событий;
- ММО;
- Электронная почта.

# Передача ТМ в протоколах МЭК-101 и МЭК-104

## МЭК-101 (1,2÷9,6 кбит/с)

Энергосистема	Количество			Ввод в эксплуатацию	Число ПС
	ТС	ТИ	ТУ		
Оренбургэнерго	250	200	40	с 2007	> 40
Вологдаэнерго	264	14	82	с 2007	14
Ленэнерго	210	616	50	с 2008	> 10

## МЭК-104 (25,6÷102,4 кбит/с)

Энергосистема	Количество			Ввод в эксплуатацию	Число ПС
	ТС	ТИ	ТУ		
Томская РК	201	324		с 2012	4
Ленэнерго	100	20	80	с 2014	2
Тулаэнерго	60	15	40	с 2014	2

# Особенности среды передачи

- значительный диапазон изменения соотношения сигнал/помеха при изменении уровня принимаемого сигнала (ГИО), при осадках (ливневый дождь);
- скачкообразные изменения АЧХ и ГВП ВЧ-тракта (изменение коммутационного состояния ВЛ).
- наличие мощных импульсных помех;

**Аппаратура должна быть адаптирована к среде передачи.**



# Модель искажений ВЧ-тракта

Модель канала
X

	Абс. сигнал, дБм	Абс. помеха, дБм	Соотношение сигнал/помеха, дБ	
А	<input type="text" value="-61.3"/>	<input type="text" value="-68.8"/>	<input type="text" value="7.5"/>	<input type="checkbox"/> Соотношение сигнал/шум рассчитывается как для канала РЗ ПА
Б	<input type="text" value="-68.4"/>	<input type="text" value="-68.8"/>	<input type="text" value="0.4"/>	<input type="checkbox"/> Применение помехи до затухания

**Аддитивный белый шум**

 Активно  Абсолютный уровень помехи

Соотношение сигнал/шум в направлении А, дБ

Соотношение сигнал/шум в направлении Б, дБ

**Перерывы в канале**

 Активно

Длительность перерыва, мс

Интервал между перерывами, мс

**Сосредоточенная помеха**

 Активно

	А	Б
Частота, Гц	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Амплитуда, дБм	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

**Неравномерность АЧХ**

 Активно

Тип неравномерности  Направление А  Направление Б

Величина неравномерности, дБ

**Неравномерность ГВП**

 Активно

Тип неравномерности  Направление А  Направление Б

Величина неравномерности, отсчетов

**Корона**

 Активно

	А	Б
Амплитуда, дБм	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Амплитуда фазы А	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>
Амплитуда фазы В	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>
Амплитуда фазы С	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>

**Скачки затухания тракта**

 Активно

	А	Б
Изменение уровня сигнала, дБ	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Длительность затухания, мс	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="10"/>
Интервалы между затуханиями, мс	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="10"/>

**Затухание тракта**

 Активно

Затухание сигнала в направлении А, дБ

Затухание сигнала в направлении Б, дБ

**Плавное изменение затухания**

 Активно

	А	Б
Начальное значение, дБ	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Конечное значение, дБ	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Длительность перехода, с	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>

**Плавное изменение шума**

 Активно  Абсолютный уровень помехи

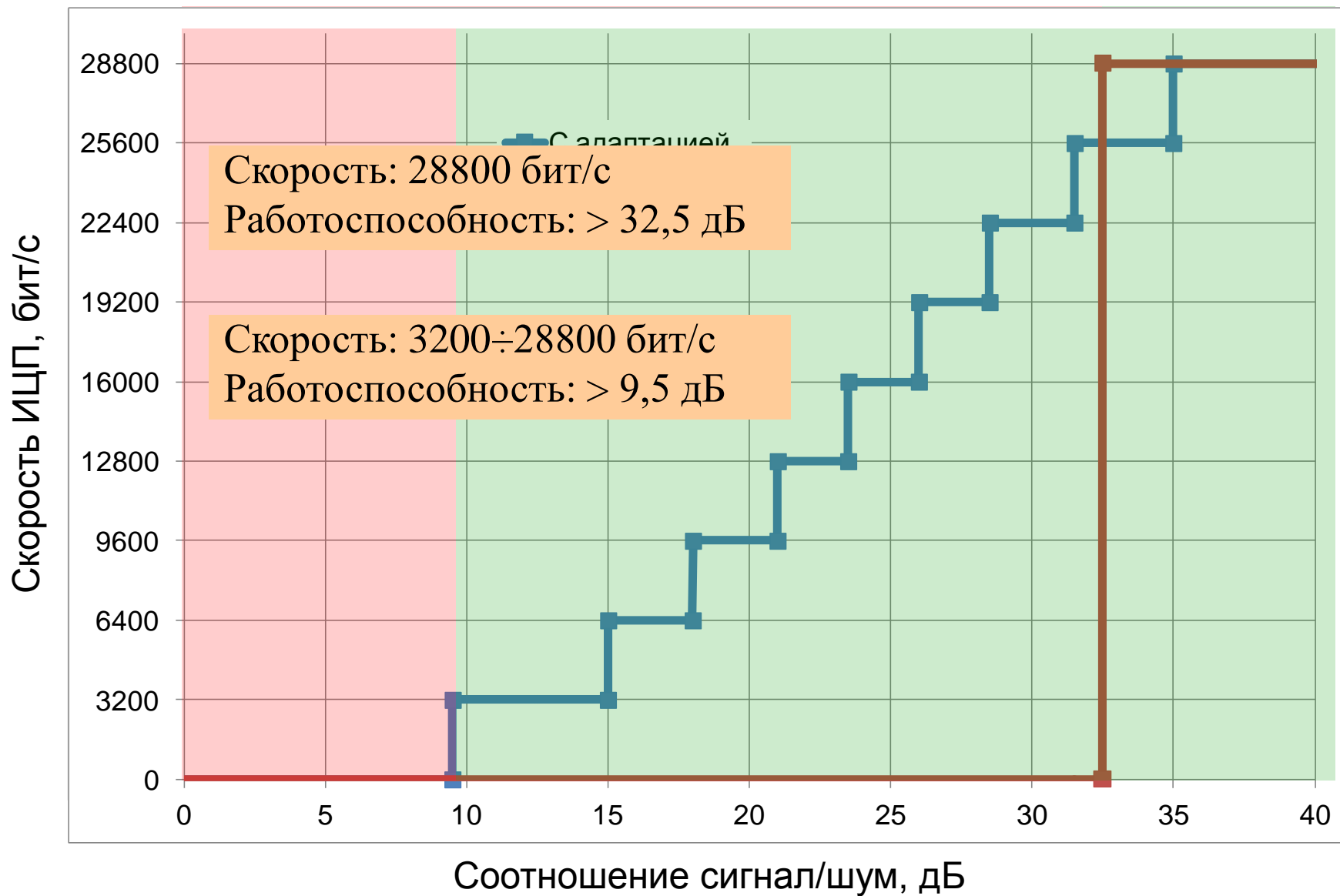
	А	Б
Начальное значение, дБ	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Конечное значение, дБ	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Длительность перехода, с	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>

**Запуск воздействий**

 Режим одновременных воздействий Статус

Режим сценария

# Сравнение режимов работы

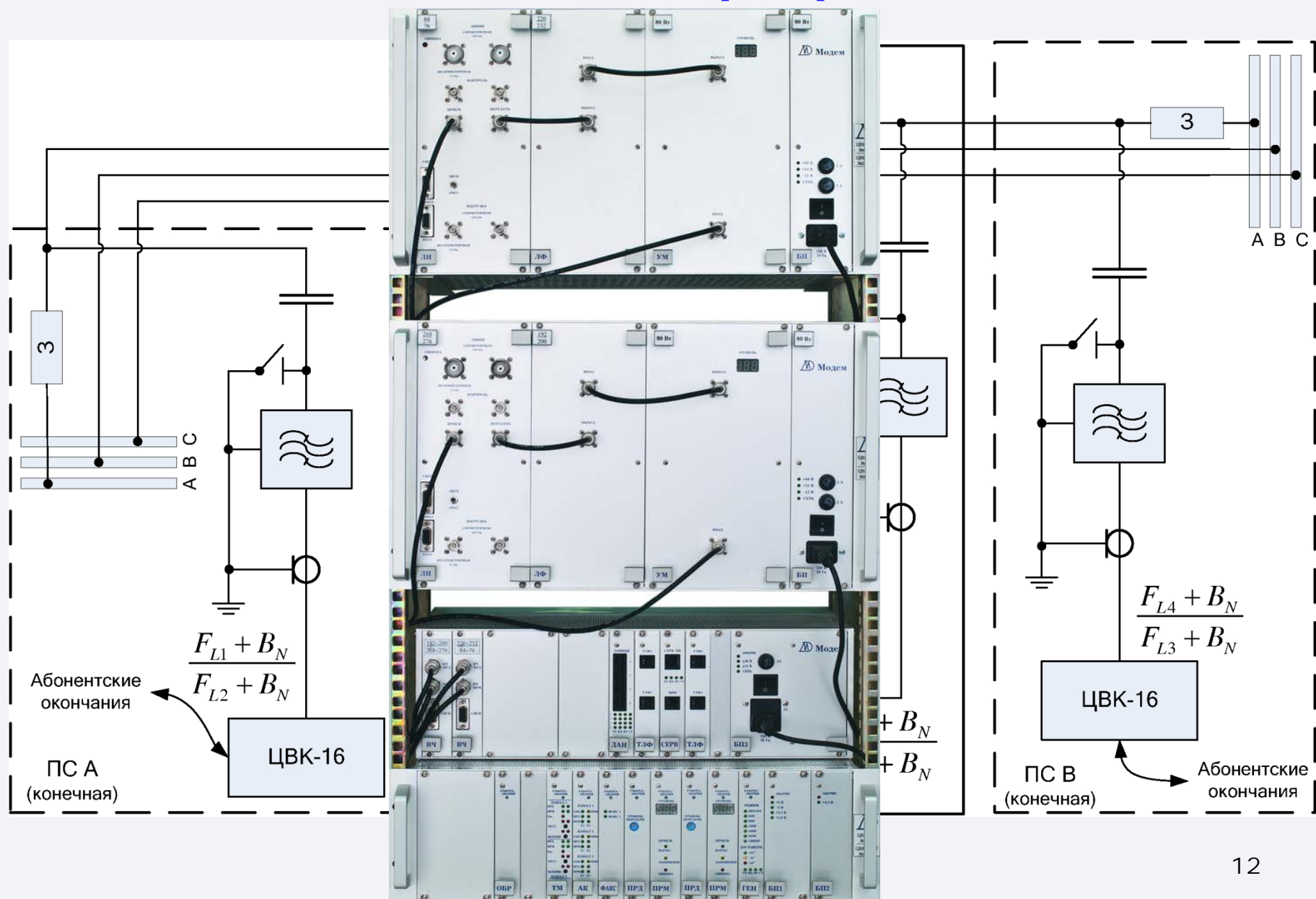


# Переприем цифровых ВЧ-каналов

Проблема цифровых ВЧ-каналов с переприемом (составные каналы):

- увеличение времени задержки;
- ухудшение качества речи, потеря разборчивости;
- увеличение стоимости;
- наличие НЧ-переприемов (согласование уровней сигналов).

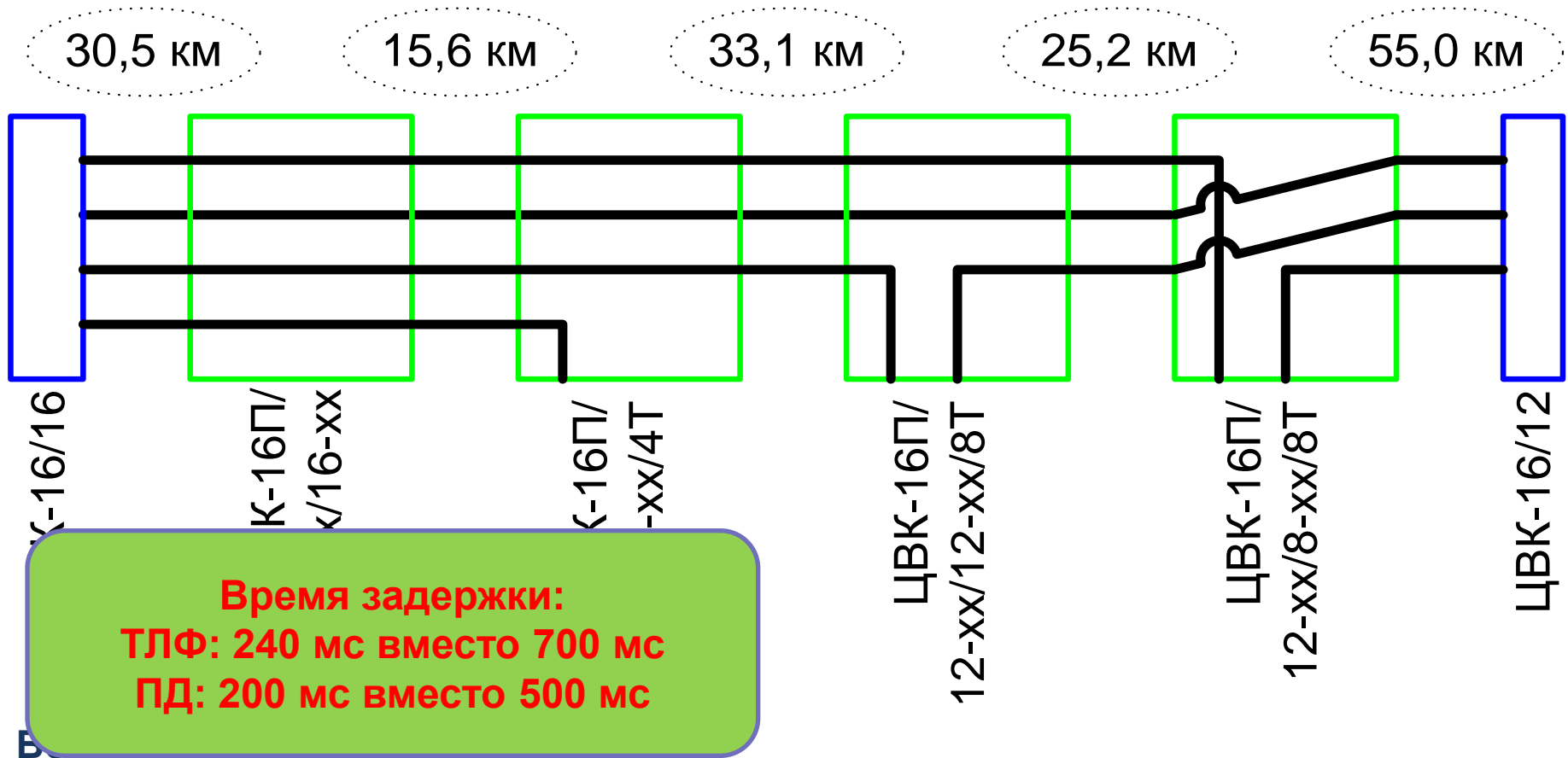
# Активный пере прием



## Реализованные варианты схем

Возможно построение цифровых «ВЧ-сетей».

### Хабаровские ЭС (2009 год)



# Сравнение вариантов пере приема

Характеристика	Тип пере приема	
	по НЧ-окончаниям	пере прием ЦВК-16П
макс. число пере приемов	один	до четырех
пере крываемое затухание	максимальное, нет суммирования помех разных линейных трактов	ниже, чем для 1ого варианта, из-за суммирования помех разных транзитных участков тракта
время задержки	увеличение в два раза (для ТЛФ +140 мс)	дополнительная задержка на каждый пере прием – 25 мс
качество речевого канала	снижение качества речи из-за работы 2х последовательно включенных вокодеров	нет ухудшения качества речи

# Опыт работы «Оренбургэнерго»

**139 полуккомплектов**

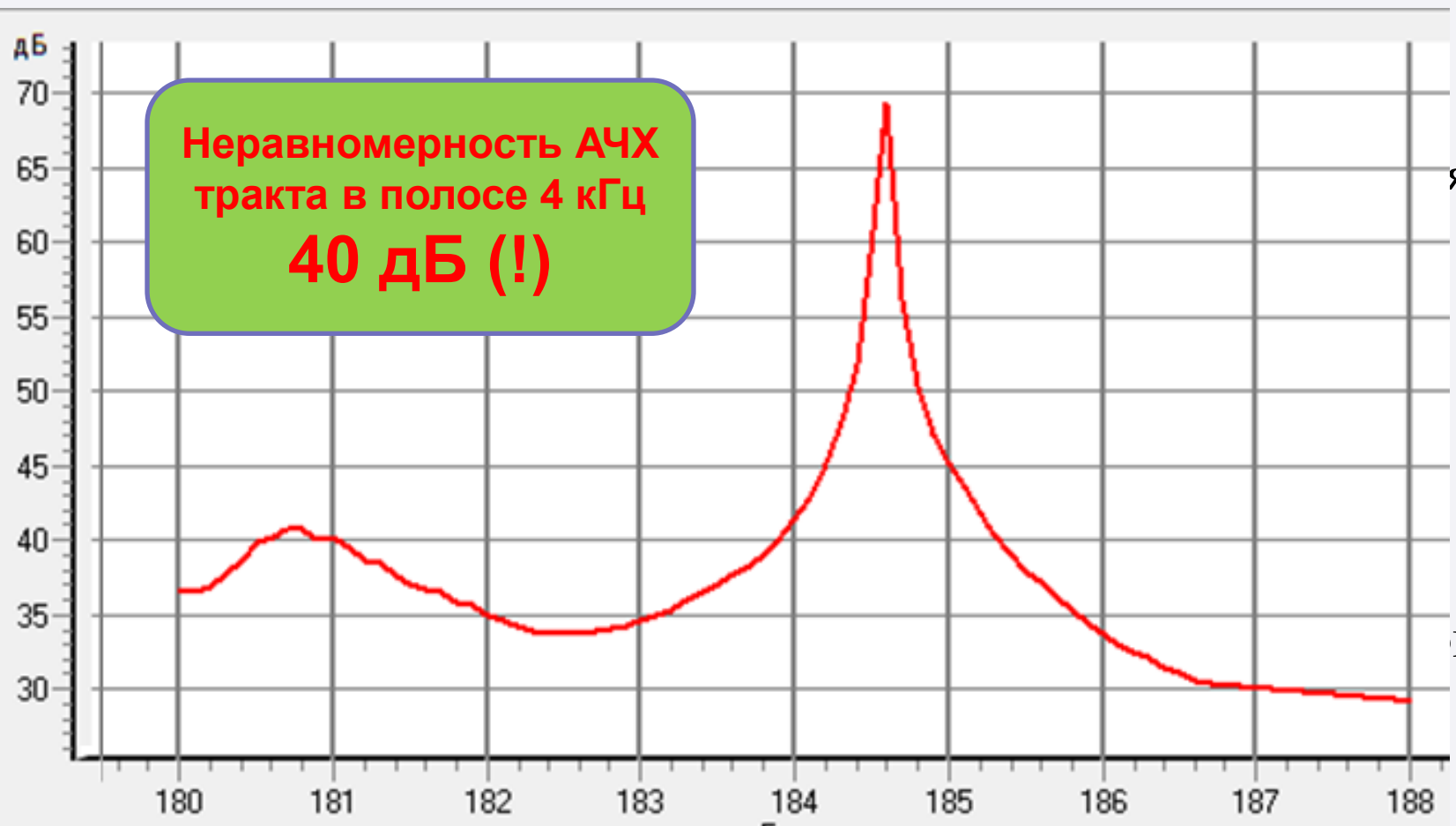
Центральные ЭС (с 2006 года)  
**28 п/к (1 в аналоговом режиме)**

Периферийные ЭС (с 2006 года)  
**47 п/к, 70 каналов по 4 кГц  
7 в аналоговом режиме**



# Причины неработоспособности ВЧ-каналов

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

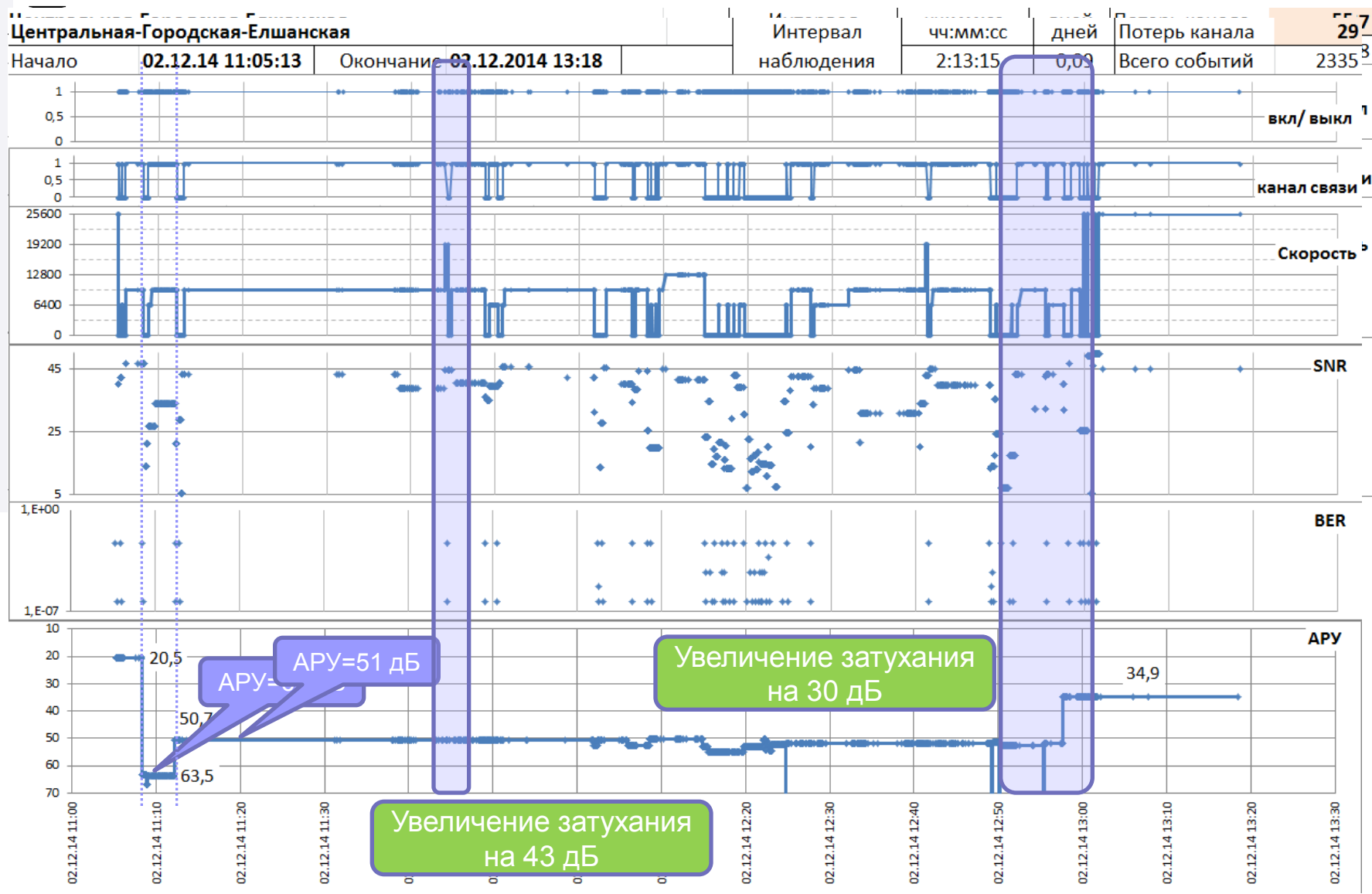


Я  
ГО

Неравномерный рас... в... тракта (т... теоретический...).



# Работа аппаратуры при заземлении ВЛ



Работа аппаратуры при заземлении ВЛ (2 часа)

# Работа в условиях запредельного гололеда

Перегребное- Белоярская				Интервал наблюдения	чч:мм:сс	дней	Потеря канала	31
Начало	26.12.13 12:09:48	Окончание	28.12.2013 1:54		37:44:40	1,57	Всего событий	7668



**События за 2,5 месяца**

## Работа на линии 220 кВ (канал МЭК-101)

Параметры линии:

линия: 220 кВ

протяженность: 70 км

Частоты канала: 432-444/608-620 кГц

Скорость канала: 9,6 кбит/с (фиксированная)

Период наблюдения: 14.05.2015-настоящее время

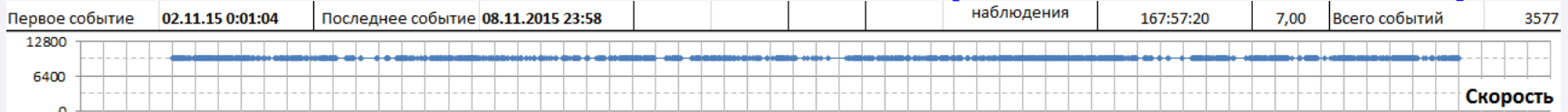
Длительность наблюдения: 6,5 месяцев

Контроль работоспособности канала связи - тестер  
цифровых потоков Asterna EDT-135

Коэффициент неготовности канала: 0,00005

Коэффициент готовности канала: 0,99995

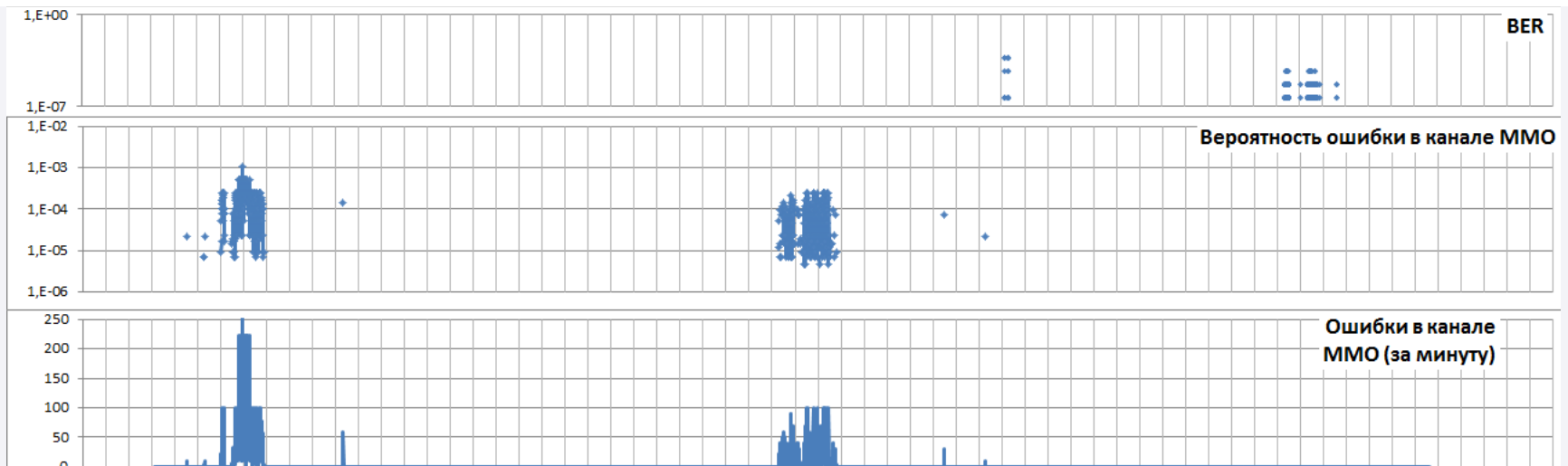
# Работа на линии 220 кВ (канал МЭК-101)



Диапазон изменения уровня помехи (в полосе 4 кГц)

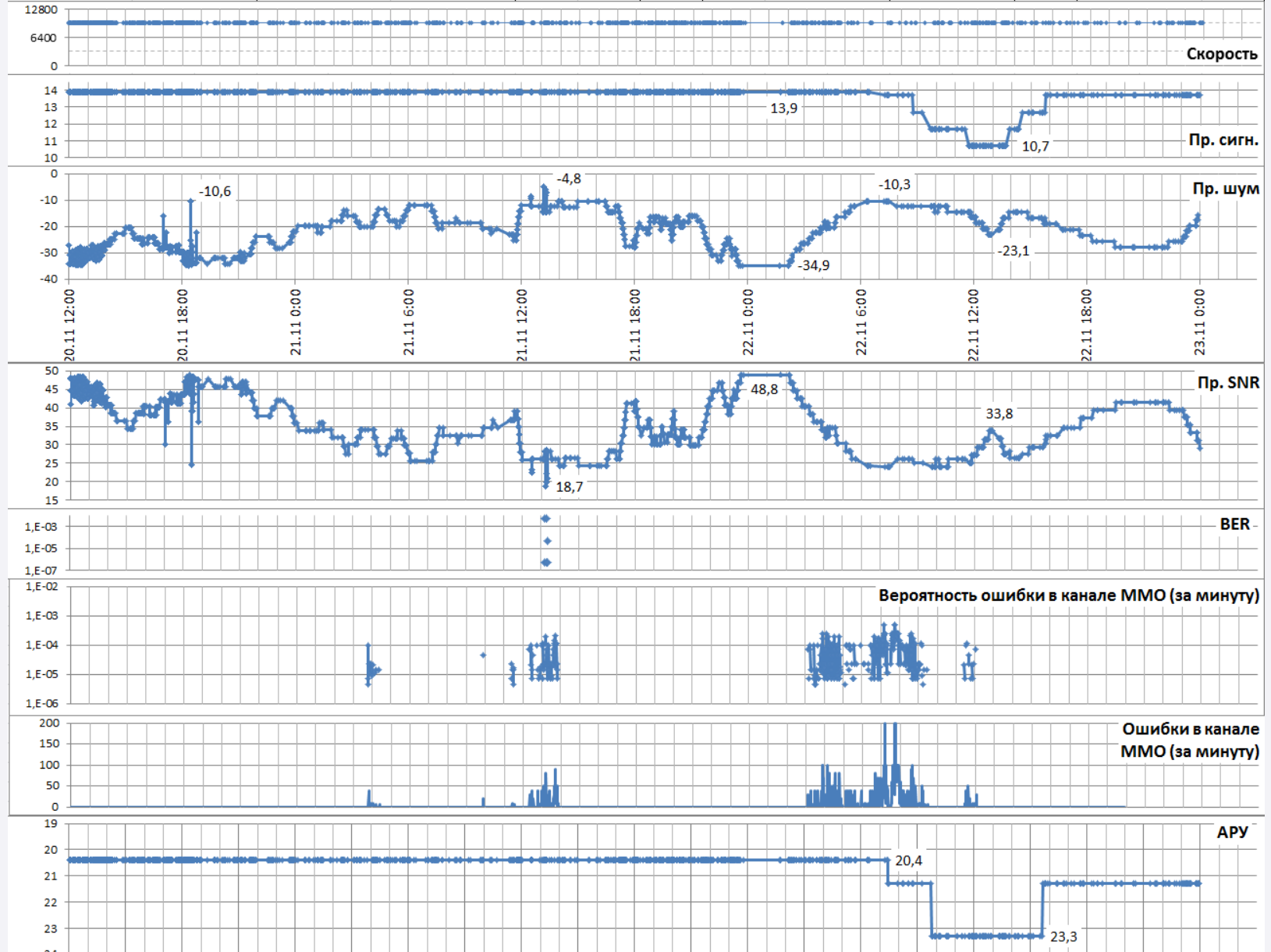
- летом: от -36,2 до -9,4 дБм; С/Ш (от 47,7 до 20,9 дБ)
- зимой от -37,4 до -0,7 дБм; С/Ш (от 50,0 до 14,4 дБм)
- норма по РУ на частоте 600 кГц – (-25,9 дБм);

Реальный уровень помехи выше нормы на **25 дБ (!)** в плохую погоду (ливневый дождь или ливневый снег)



# Работа на линии 220 кВ (канал МЭК-101)

Первое событие 20.11.15 12:00:39 | Последнее событие 22.11.2015 23:56 | наблюдения 59:56:05 | 2,50 | Всего событий 2138



## Результаты эксплуатации

По результатам эксплуатации цифровых каналов ВЧ-связи можно отметить:

- возможно построение надежных цифровых каналов ВЧ-связи (требования СО-ЕЭС не ниже 0,98);
- требуется пересмотр требований к запасу на ГИО («холодные провода», «шуга»);
- требуется уточнение методики ввода в эксплуатацию цифровых каналов;
- проверка работы канала передачи данных в условиях плохих погодных условий (при приемке канала летом принудительное занижение мощности передачи).

## Рекомендации

Уменьшение полосности многоканальной аппаратуры для увеличения мощности передачи: увеличение числа базовых полос 4 кГц с одной до двух уменьшает мощность передачи в каждой полосе и перекрываемое затухание на **6 дБ**; от 1 до 12 каналов на **21 дБ (!)**

Ограничение скорости цифрового потока до минимально необходимого (кроме случая, проверки возможности работы на повышенной скорости)

Учет запаса на ГИО, шума «корона» (4...8 дБ), плохие погодные условия

# Внеполосные излучения аппаратуры ВЧ-связи

Аппаратура ВЧ-связи должна выполнять требования по уровню внеполосных излучений (ВНИ):

- устаревший парк оборудования;
- обязательный контроль ВНИ при проведении пуско-наладочных работ и периодическом ТО;
- проблема выдачи частот;

Невыполнение требований к ВНИ приводит к сбоям при работе цифровых ВЧ-каналов, а иногда к полной неработоспособности.

**Частотный ресурс невосполним и крайне ограничен.  
Проблему «засорения» ВЧ-спектра требуется решать!**

Лучше раньше. Не приняв требований сейчас, данная проблема отложится в «долгий ящик» (еще на 10-15 лет).

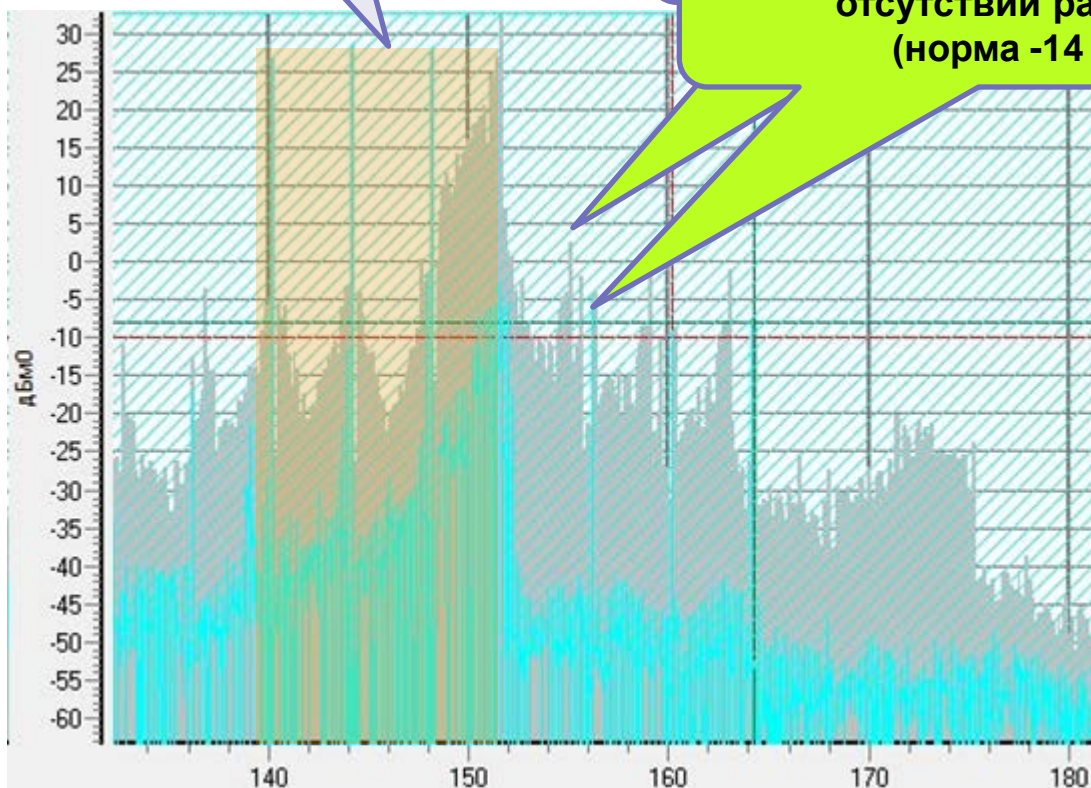


# Внеполосные излучения старого оборудования

Передача АВС-3  
140-152 кГц

Уровень ВНИ +2 дБм при громком разговоре в одном из ВЧ каналов

Уровень ВНИ -5 дБм при  
отсутствии разговора  
(норма -14 дБм)



Что будет при громком разговоре в трех каналах!?

Спектр сигнала никто не контролирует, в момент разговора «на повышенных тонах»

- Синий график – нет разговора
- Серый график – громкий разговор в одном канале

# Достоинства цифровых ВЧ-каналов

- возможность передачи данных с относительно высокой скоростью (9,6; 64 кбит/с);
- быстрое восстановление канала связи при обрывах ЛЭП (часто сохранение связи при обрыве);
- быстрое строительство канала связи;
- отсутствие шумов ВЧ-тракта в телефонном канале

## Использование цифровых ВЧ-каналов

- основные каналы связи в сетях 35-110 кВ;
- резервные каналы в сетях 35-750 кВ;
- при невозможности подвески ВОЛС на старых опорах;
- при оптимизации стоимости построения технологической сети связи.

# Спасибо за внимание

ООО «НПФ «Модем» (Санкт-Петербург)  
www.npfmodem.spb.ru  
тел./ф.+7 (812) 340-01-02  
тел.+7 (931) 25-MODEM  
email: [nazarov@npfmodem.spb.ru](mailto:nazarov@npfmodem.spb.ru)  
skype: npfmodem