Электрические сети России-2016

Круглый стол 2. «Системы связи – основа информационных технологий и телекоммуникаций в электроэнергетике. Проблемы, решения, векторы и драйверы развития».

Построение надежных цифровых ВЧ-каналов.

к.т.н. Назаров Юрий Валерьевич
Москва. 8 декабря 2016 года

ООО «НПФ «Модем»
www.npfmodem.spb.ru

Достоинства ВЧ-каналов

- проверено временем (с 1922 года);
- высокая надежность среды передачи;
  - работа при стихийных бедствиях (тайфуны);
  - работа при обрывах линий (ледяной дождь);
  - канал связи - собственность энергетиков;
- быстрое строительство канала;
  - среда передачи – провода ЛЭП;
- быстрое время восстановления;
- низкая стоимость.

Достоинства цифровых ВЧ-каналов

- возможность передачи данных с высокой скоростью (9,6; 64 кбит/с);
- отсутствие шумов ВЧ-тракта в телефонном канале;
- непрерывный контроль состояния канала связи

Использование цифровых ВЧ-каналов

- основные каналы связи в распределительных сетях 35-110 кВ;
- Резервные каналы в сетях 220 кВ и выше;
- повышение надежности каналов в условиях стихийных бедствий (ураганы, ледяные дожди);
- при невозможности подвески ВОЛС на старых опорах;
- при оптимизации стоимости строительства и эксплуатации технологической сети связи.

Регламентирующие документы

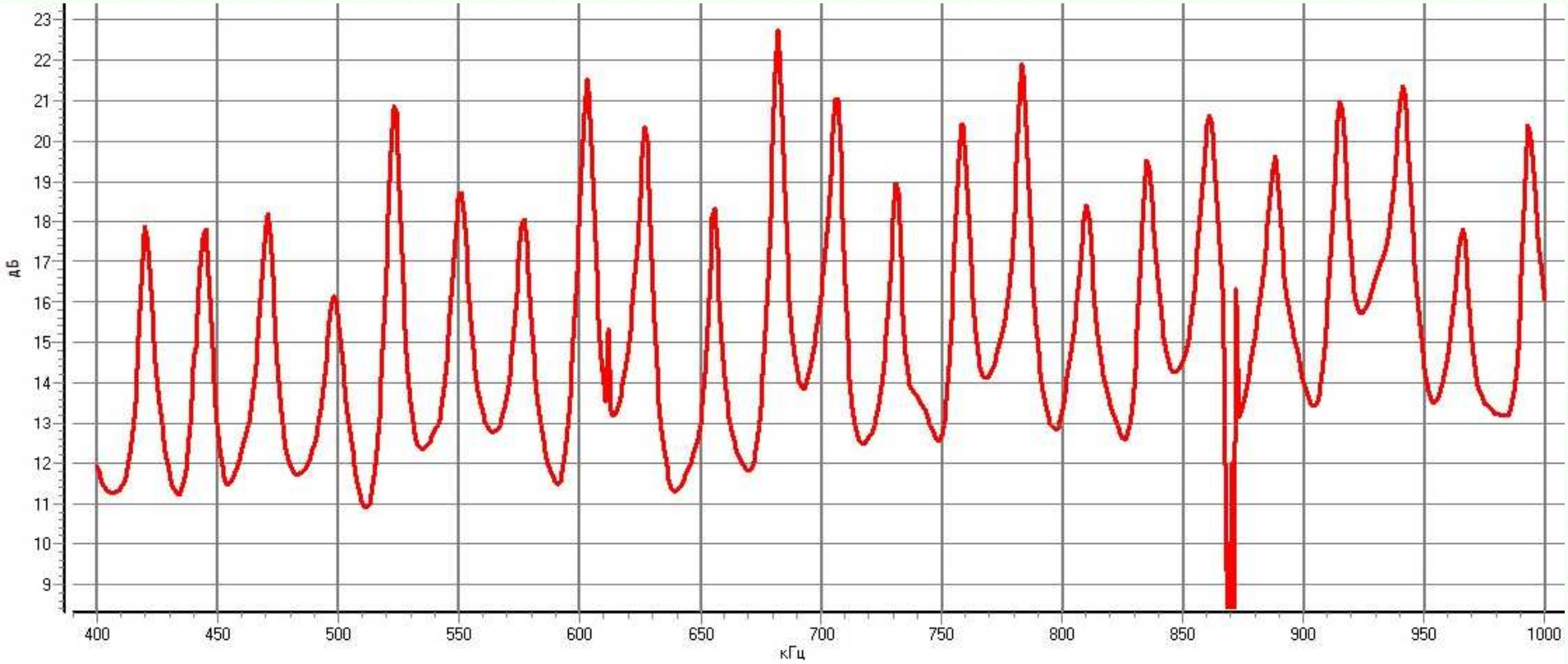
Россия (ГОСТ, СТО)	Мир (IEC, CIGRE)
СТО …177-**2014** Технологическая связь. Типовые технические требования к аппаратуре высокочастотной связи по линиям электропередачи	IEC 62488 Power line communication systems for power utility applications. Part 1 (**2012-11**): Planning of analogue and digital power line carrier systems operating over EHV/HV/MV electricity grids Part 2 (**2017-05**): Analogue power line carrier terminals (APLC) (IEC 60495-**1993** Single sideband power-line carrier terminals) IEC 60663-**1980** Planning of (single-sideband) power line carrier systems
СТО …045-**2010** Руководящие указания по выбору частот высокочастотных каналов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ СТО …052-**2010** Методические указания по расчету параметров и выбору схем высокочастотных трактов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ	
СТО …178-**2014** Технологическая связь. Руководство по эксплуатации каналов высокочастотной связи по линиям электропередачи 35-750 кВ	

Требуется пересмотр РУ с учетом новых знаний

Фактор №1. Проектирование

- расчет перекрываемого затухания с учетом шума ВЛ;
- необходимость запаса на ухудшение погодных условий выше 9 дБ (10-12 дБ, либо по результатам долговременных измерений - лучше);
- учет типа передаваемых данных и протокола передачи (речь – 10^{-5}, МЭК-101 – 10^{-6}, МЭК-104 – 10^{-7});
- расчет сложных каналов в WinTrakt (особое внимание короткие ВЧ-тракты, тракты с отпайками и ВЧ-обходами для ВЛ 35-110 кВ; тракты с транспозицией для ВЛ 220 кВ и выше);
- учет времени задержки в каналах (150-200 мс для телефонных каналов; время доставки телеинформации 1-2 с; время задержки в каналах передачи данных 100-200 мс). Особенно составные каналы с переприемами;
- внесение изменений в руководящие документы для проектирования;
- системный подход при проектировании. Не отдельные ВЧ-каналы, а учет полной схемы каналов ВЧ-связи

Фактор №1. Проектирование



В работающем канале неравномерность АЧХ ВЧ-тракта до 10 дБ в полосе 4 кГц. Канал в работе.

При переключениях, практически гарантированы, кратковременные перерывы связи.

Результаты измерения АЧХ короткого ВЧ-тракта

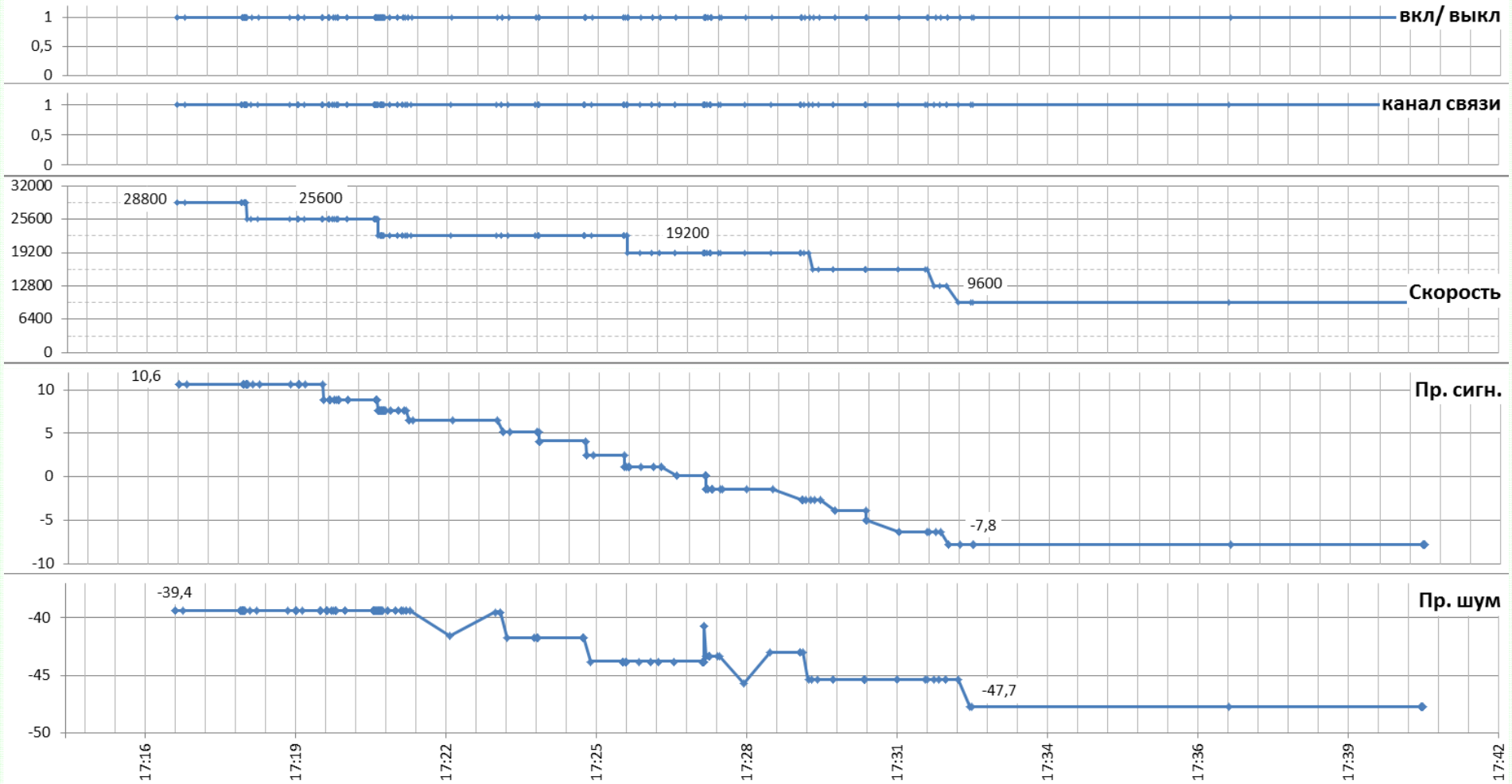
Фактор №2. Пуско-наладка

Как правило скорость передачи в тракте выше, чем при расчете.

- проверка запаса на увеличение затухания ВЧ-тракта снижением мощности по передаче (аттенюатор – менее предпочтительно; снижение программными средствами);
- контроль уровня шума перед включением канала (1-2 часа, лучше 1-2 дня);
- долговременная проверка 1-2 дня по списку событий;
- проверка работы канала по рекомендации ITU-T G.821 с учетом снижения мощности передачи (необходимо разработать единые требования по приемке каналов);
- обязательное измерение АЧХ ВЧ-тракта, несогласованности аппаратуры с ВЧ-трактом;
- выбор оптимальной скорости для канала (нельзя завышать скорость передачи).

Фактор №2. Проверка запаса по мощности

			Макс.уровень шума	-39,4	Интервал наблюдения	чч:мм:сс	дней	Потерь канала связи 0
	23.09.16 17:17:23	Последнее событие 23.09.2016 17:41				0:23:53	0,02	Всего событий 162

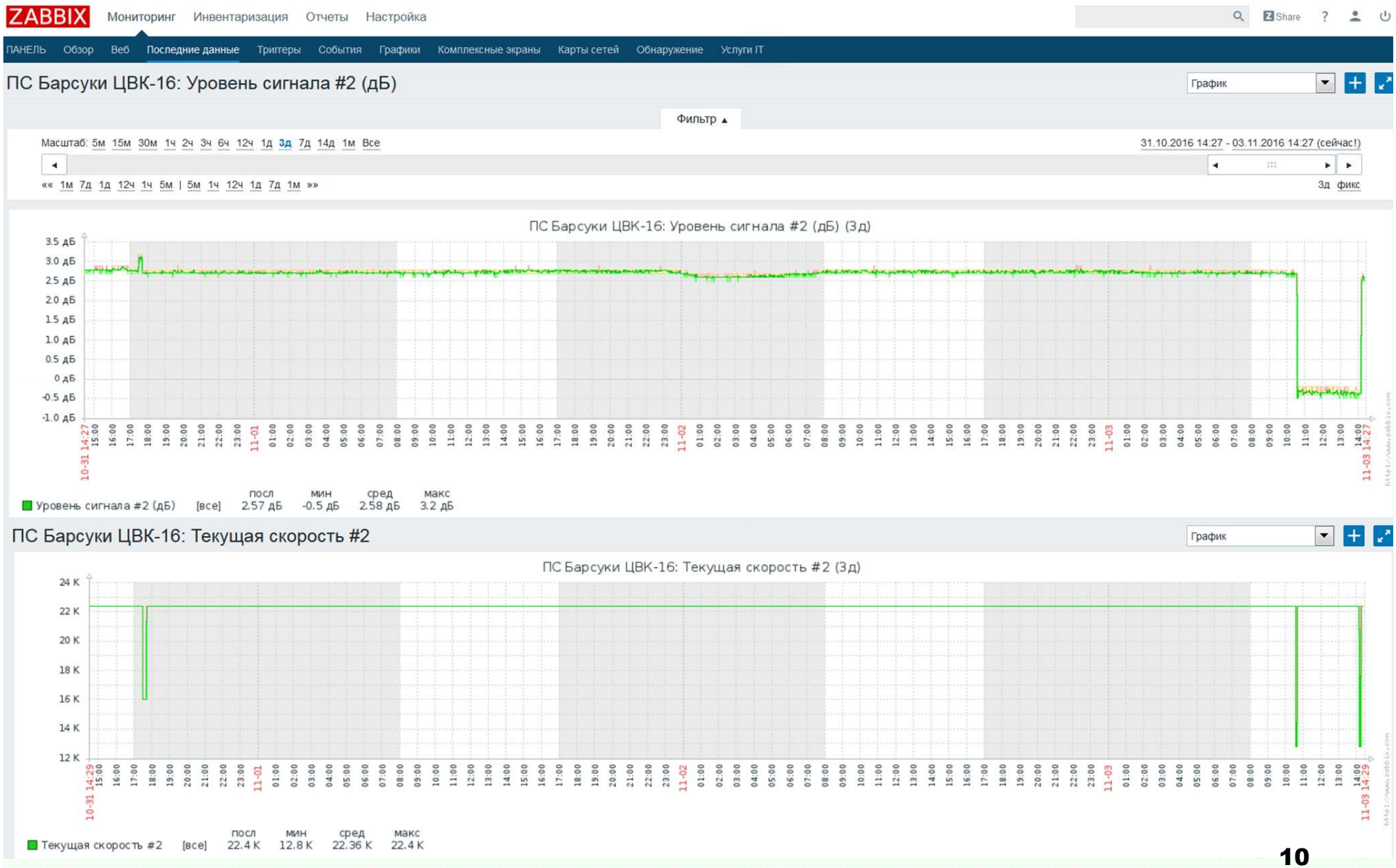


Снижение мощности по передаче на 17 дБ (с двух сторон ВЧ-тракта) привела к снижению скорости передачи в ВЧ-тракте 28,8 кбит/с до 9,6 кбит/с. Канал связи сохранен.

Фактор №3. Эксплуатация

- переход от ремонта аппаратуры ВЧ-связи к анализу работы аппаратуры (список событий, системы мониторинга);
- внедрение и эксплуатация систем мониторинга (удобство преставления данных, новый уровень информации о работе ВЧ-каналов, состояния ВЛ);
- полная информация о состоянии каналов связи (для диспетчеров, начальников служб связи, обслуживающего персонала);
- параметры, регистрируемые системами мониторинга:
  1. работа канала связи и скорость ИЦП;
  2. мониторинг ГИО;
  3. реальная скорость передачи на интерфейсах;
  4. уровень помех в ВЧ-тракте (С/Ш).
- коррекция максимальной скорости передачи по результатам долговременной эксплуатации.

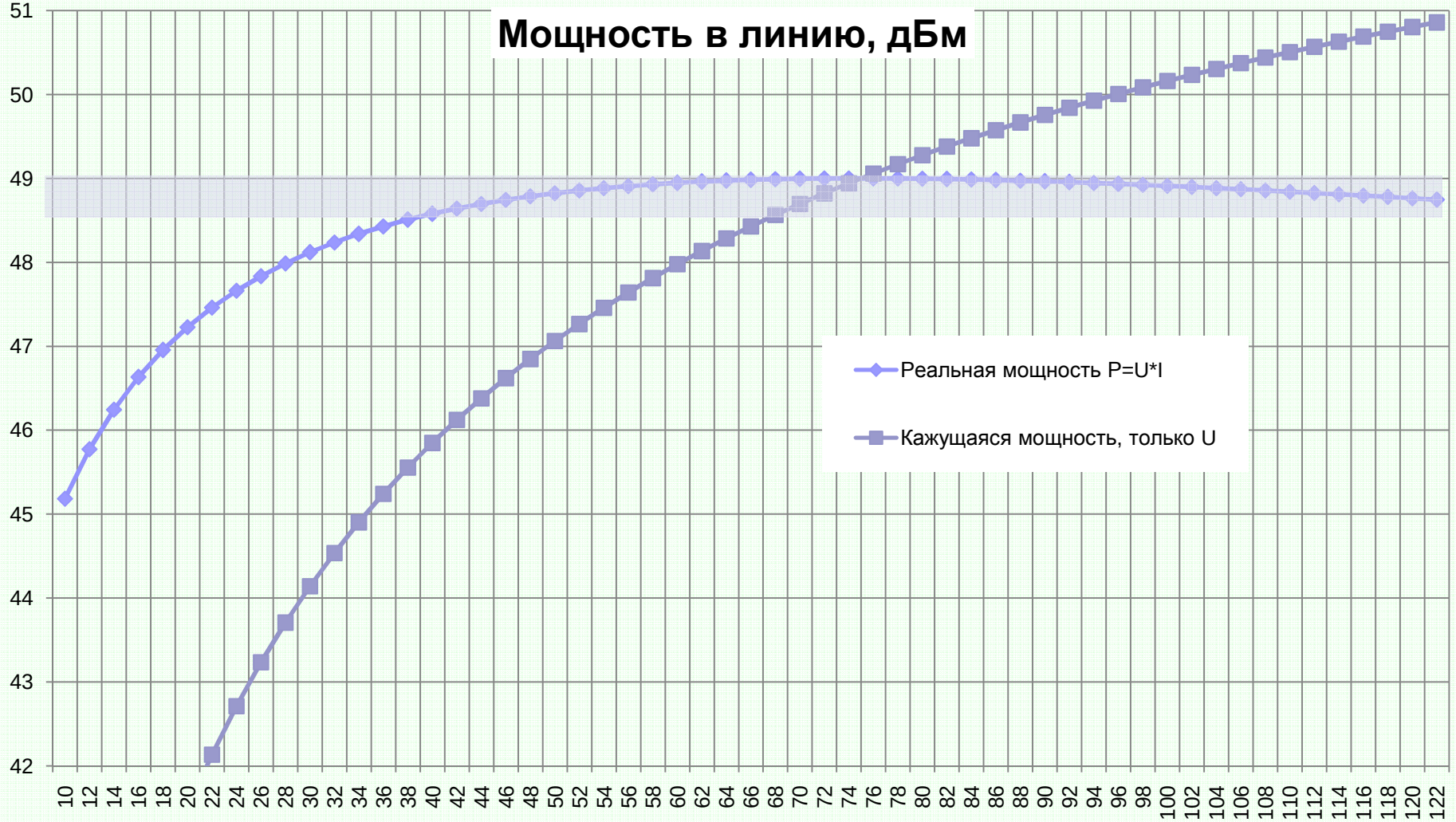
Фактор №3. Эксплуатация



Фактор №4. Аппаратура

- среднеквадратическая мощность по передаче;
- работа при низких соотношениях сигнал/шум (до 10 дБ);
- возможность работы в условиях изменения несогласованности ВЧ-тракта без уменьшения мощности передачи (запас по току и напряжению);
- устойчивость к изменениям затухания ВЧ-тракта, возникновения мощных импульсных помех (гроза, переключения на ПС);
- работа при больших затуханиях ВЧ-тракта в условиях обледенения ВЛ, появления изморози («шуга», «куржак»). Большой динамический диапазон.

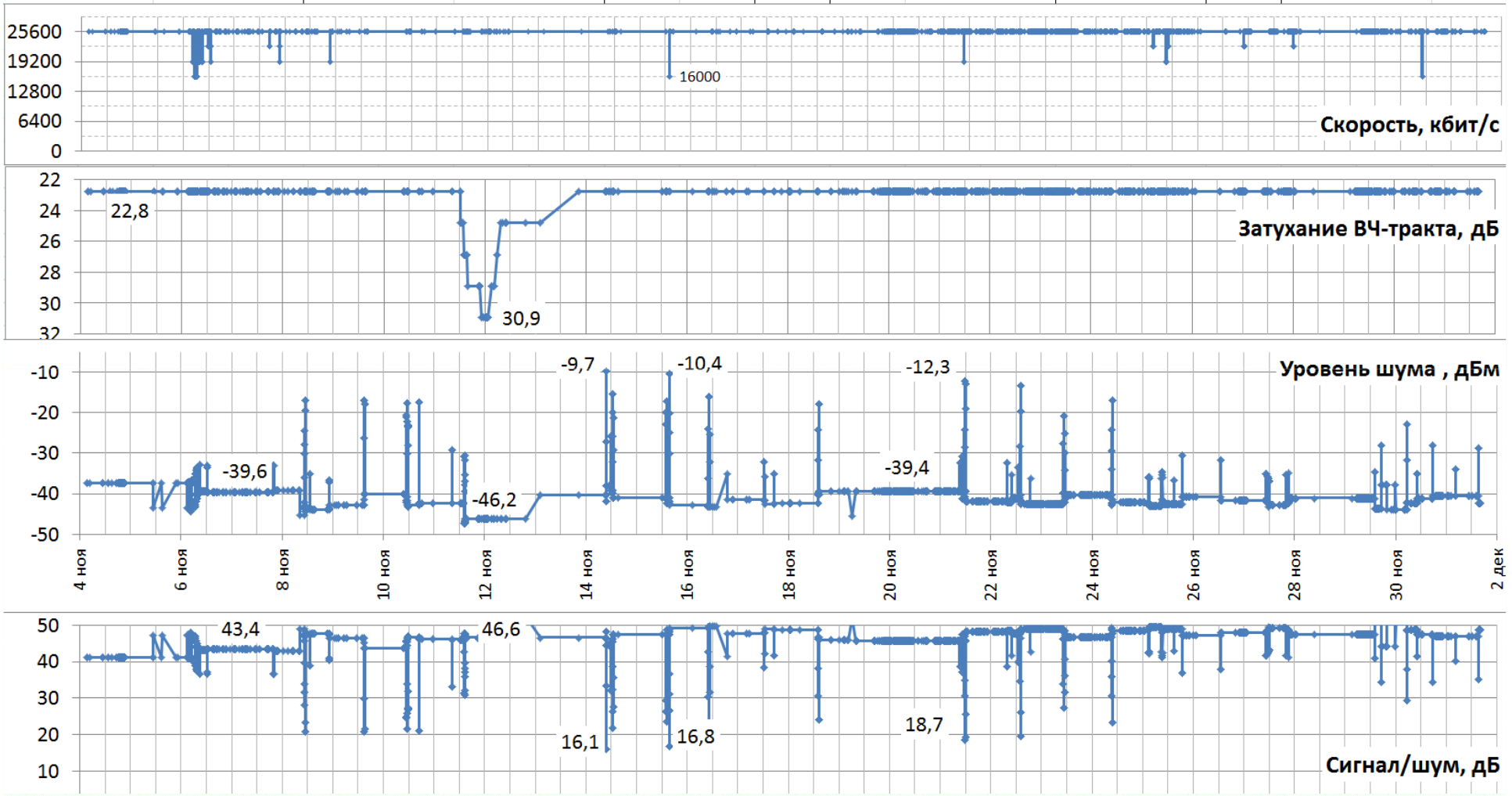
Фактор №4. Аппаратура



Мощность в линию уменьшается на всего на 0,5 дБ при рассогласовании ВЧ-тракта в пределах 37 – 150 Ом без изменений параметров аппаратуры.

Фактор №4. Аппаратура. Устойчивость

				Макс.уровень шума	-9,7	Интервал наблюдения	чч:мм:сс	дней	Потерь канала связи 0
Первое событие	04.11.16 3:29:27	Последнее событие	01.12.2016 16:04				660:34:56	27,52	Всего событий 9166

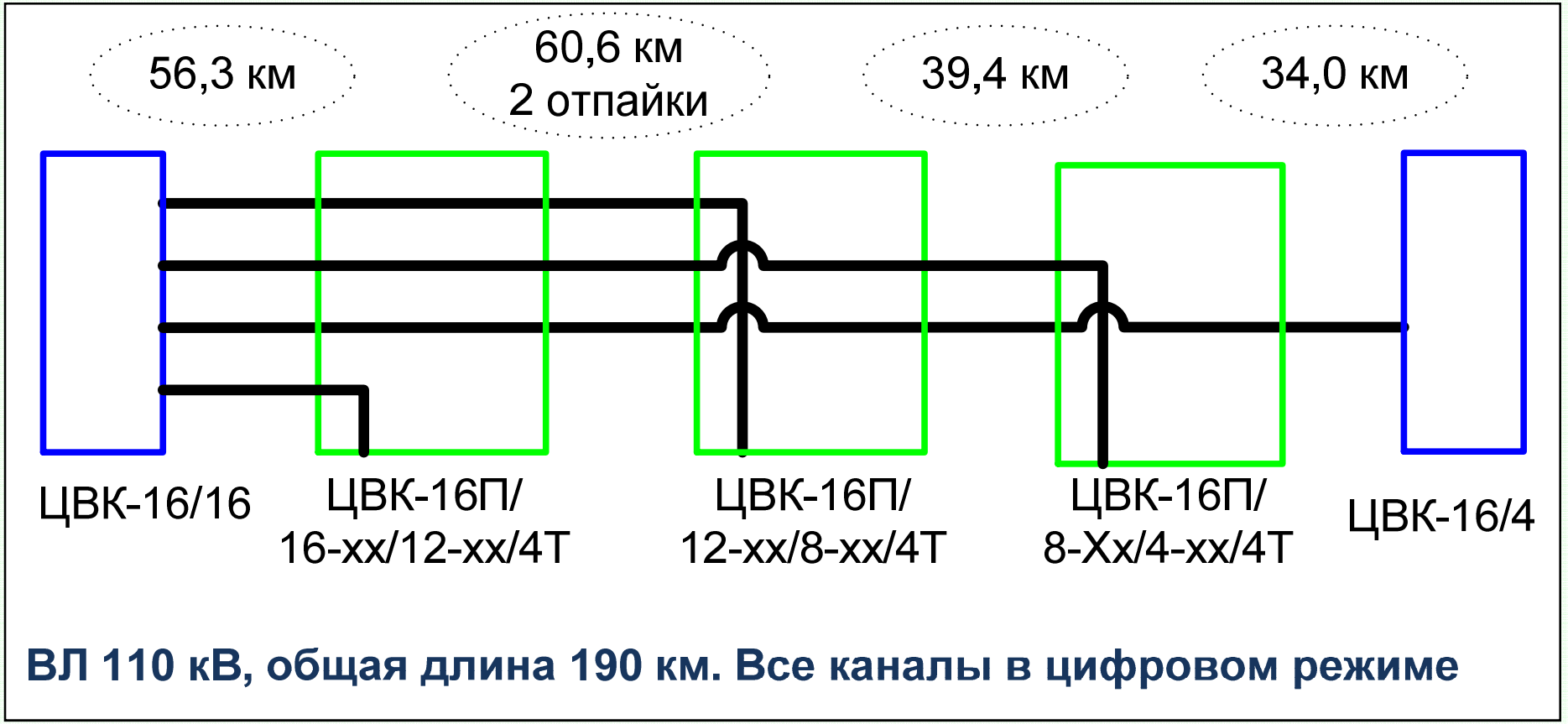


Сохранение цифрового потока 25,6 кбит/с в условиях действия импульсной помехи до -10 дБм (измерения в полосе 4 кГц) без перерыва связи.

Работа в условиях гололеда: увеличение затухания на 8 дБ.

Фактор №4. Аппаратура. Составные каналы

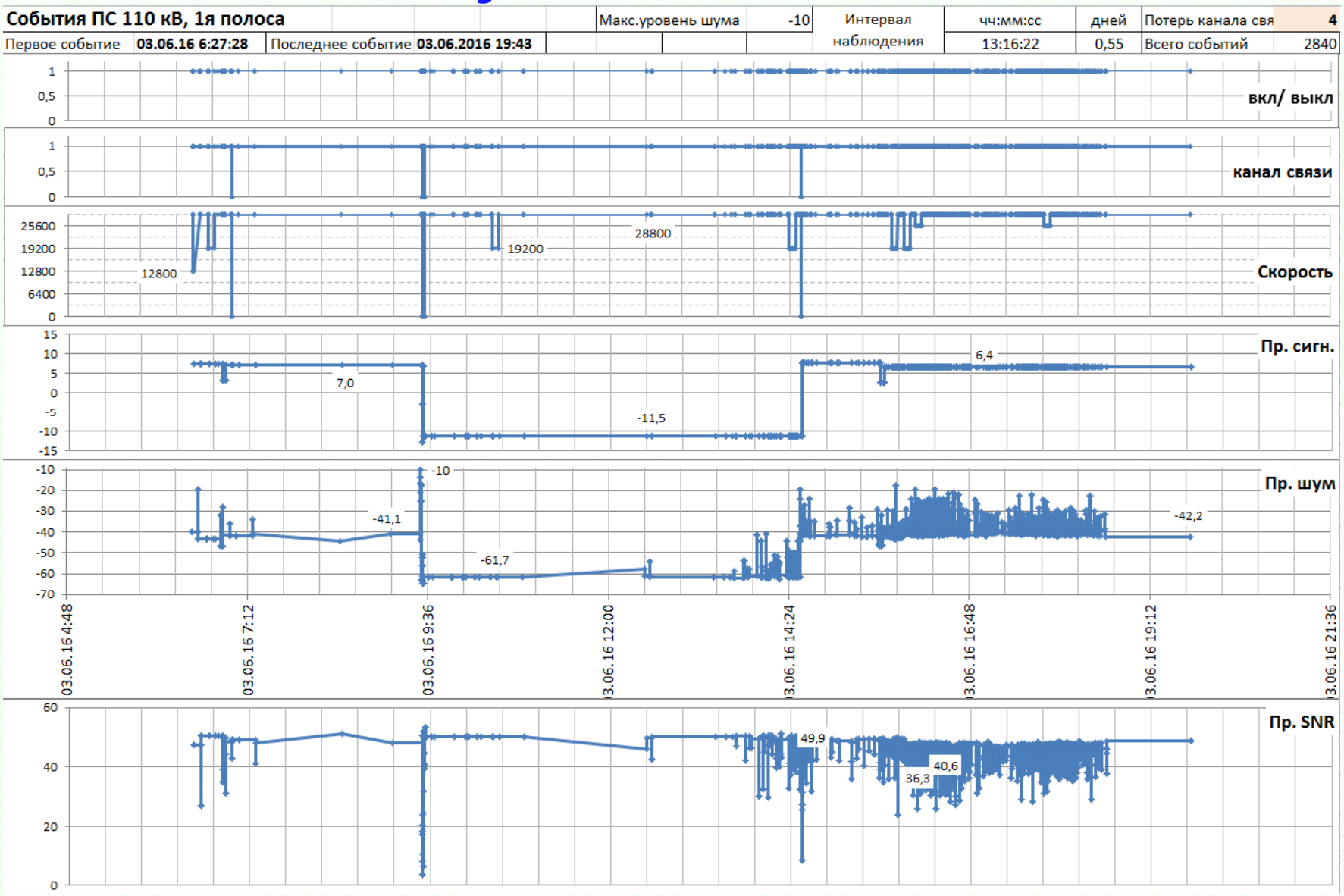
Схема связи для ПС медно-золотого проекта «Бозымчак» (юго-запад Кыргызской Республики Джалал-Абадской области)



ВЛ 110 кВ, общая длина 190 км. Все каналы в цифровом режиме

4 подстанции обеспечены диспетчерской телефонной связью и каналами телемеханики

Работа в условиях заземления ВЛ



ВЛ заземлена в течение 5 часов

Статистика включения ВЧ-каналов за 2016 год

№	Наименование	Скорость	Длина ВЛ, км	Коэффициент готовности		Примечание
				общий	На уст. скорости	
1	ЦВК-16/8 – 2 шт.	22,4	70,2	**0,9975**		Работа 230 дней
2		25,6		**0,9991**		
3	ЦВК-16/8, ЦВК-16П/8/4/4Т, ЦВК-16/4	**3,2**-22,4	**353,9**	0,9991	**0,1414**	Переприем на ЦВК-16П, **220 кВ**
4		**3,2**-22,4	**430,2**	0,9990	**0,1038**	
5	ЦВК-16/8, ЦВК-16П/8/4/4Т, ЦВК-16/4	22,4-25,6	1,9	**0,9998**	**0,9679**	
6		25,6	20,1	**1,0000**	**0,9993**	
7	ЦВК-16М/16 – 6 шт. (переприем по НЧ)	**102,4**	**109,0**			переприем по НЧ
8		**102,4**	**137,1**			
9	ЦВК-16/12 – 2 шт.	ЧРК	25,3			
10		25600		1,0000	0,9929	
11		25600		1,0000	0,9926	
12	ЦВК-16/12, ЦВК-16/4, ЦВК-16П/8/4/4Т, ЦВК-16/4	22,4		1,0000	1,0000	
13		19,2	14,7	1,0000	0,9981	ВЧ-обход
14		19,2	17,8	1,0000	0,9981	ВЧ-обход + переприем
15	ЦВК-16/8 – 2 шт.		59,3			5 отпаек
16	**ЦВК-16/8 – 2 шт.**	**3,2-6,4**	60,0			Ethernet, **3 ВЧ-обхода**
17	ЦВК-16/8 – 2 шт.	25,6-28,8	32,0			
18		28,8				
19	ЦВК-16/8 – 2 шт.	28,8	26,0			
20		28,8				
23	ЦВК-16/4 – 2 шт.	28,8	23,0			
24	ЦВК-16/8 – 2 шт.	28,8	20,3			1 ВЧ-обход
25		28,8				

Включено порядка 30 каналов связи. **90%** - работают в режиме временного разделения каналов (**цифровой**).

Статистика … (выводы)

- коэффициент готовности ВЧ-каналов связи 0,999;
- возможность организации каналов связи на длинных ВЛ (100-300 км, сложных ВЧ-трактах – ВЧ-обходы и отпайки);
- основным ограничивающим фактором по достигаемой скорости для каналов на ВЛ 35-110 кВ – коммутационные помехи, для ВЛ 220 кВ и выше – шум ВЧ-тракта («корона»);
- определяющее требование к аппаратуре ВЧ-связи – мощность по передаче (достижение требуемого соотношения С/Ш);
- снижение канальности оборудования – повышение надежности ВЧ-канала связи;
- необходимость использования активных переприемов для сложных каналов (перекрываемое затухание, выполнение требований по времени задержки);
- завышенные требования к цифровому режиму работы (полное прекращение работы при низких С/Ш).

Работа в условиях обледенения ВЛ

Выдержка из письма специалиста Нижновэнерго о работе аппаратуры ЦВК-16 во время гололедного дождя в Центральном регионе России в декабре 2010 года:

«… во время обледенения, на выведенной линии, с неизвестно где оборванными проводами и неизвестно как наложенными заземлениями, с конденсаторами спрятанными в кокон льда и заградителями в «шубе» из льда и снега, ЦВК работала в аналоговом режиме с уровнем АРУ ~68 дБ»

Работа в условиях «запредельного» гололеда

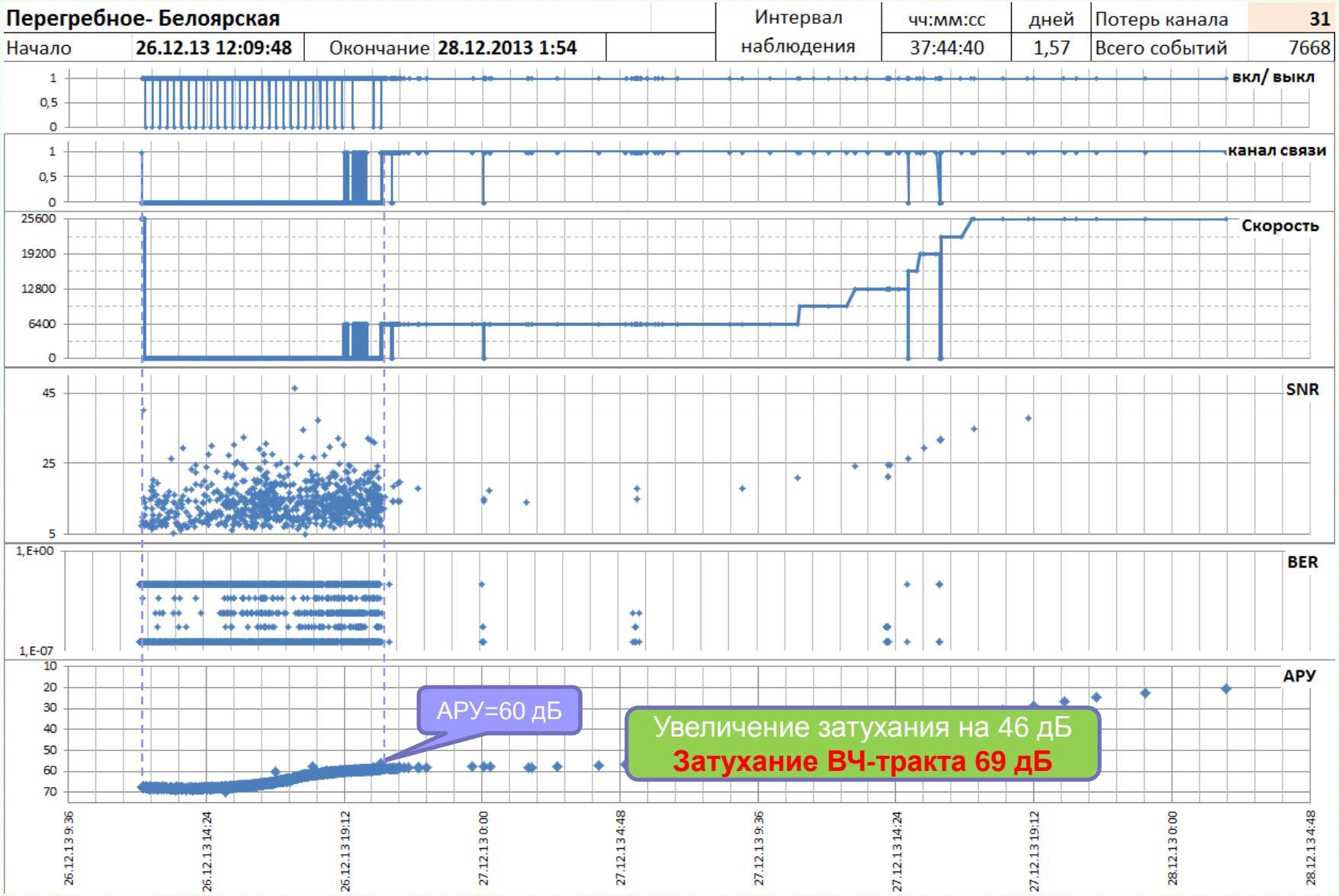
Параметры линии:

линия:	110 кВ
протяженность:	125 км (2 отпайки)
тип провода:	АС-120
Частоты канала:	316-320/416-420 кГц
Скорость канала:	25,6 кбит/с

Период наблюдения:	26.12.2013-14.03.2014
Длительность наблюдения:	78 дней

Коэффициент неготовности канала:	0,0052
Коэффициент готовности на скорости 25,6 кбит/с:	0,9787
Коэффициент готовности канала:	0,9948

Работа в условиях «запредельного» гололеда



События за 1,5 дня

Результаты эксплуатации

По результатам эксплуатации цифровых каналов ВЧ-связи (**с 2004 года**) можно отметить:

- возможно построение **надежных цифровых** каналов ВЧ-связи (требования СО-ЕЭС не ниже 0,98);

Системы ВЧ-связи эффективно использовать:

- в качестве резервных на магистральных каналах;
- с качестве основных и резервных каналов для связи с труднодоступными и тупиковыми подстанциями;
- на старых ЛЭП, где использование ВОЛС невозможно по весовым или ветровым параметрам;
- при модернизации существующих ВЧ-каналов.

Спасибо за внимание

ООО «НПФ «Модем»
Санкт-Петербург
пр. Коломяжский, д.27А
тел./ф.+7 (812) 340-01-02
тел./ф.+7 (812) 340-01-03
тел./ф.+7 (812) 340-01-04
тел.+7 (931) 25-MODEM

email: nazarov@npfmodem.spb.ru
www.npfmodem.spb.ru

skype: npfmodem