



Конференция *Energynet*

Секция «Технологии распределенной энергетики»

СЕМИНАР D2 РНК СИГРЭ «Информационные технологии и телекоммуникации в электроэнергетике: решения и перспективы с учетом опыта СИГРЭ».

Возможности и опыт эксплуатации современной цифровой аппаратуры ВЧ-связи по ЛЭП.

к.т.н. Назаров Юрий Валерьевич
Ялта. 24 июня 2015 года

ООО «НПФ «Модем»
www.npfmodem.spb.ru

Достоинства ВЧ-каналов

- проверено временем (с 1922 года);
- высокая надежность среды передачи;
 - работа при обрывах линий (стихийные бедствия, 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 ВЧ-каналов

- каналы связи в распределительных сетях 35-110 кВ;
- при невозможности подвески ВОЛС на старых опорах;
- оптимизации стоимости построения технологической сети связи;
- повышение надежности телекоммуникационных систем в условиях стихийных бедствий (ураганы, ледяные дожди).

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»

Использование ВЧ-каналов

Техническая брошюра СИГРЭ рабочей группы D2.34 «Telecommunication and information systems for assuring business continuity and disaster recovery» (Телекоммуникационные и информационные системы для обеспечения непрерывности бизнес-процессов и восстановления после аварий).

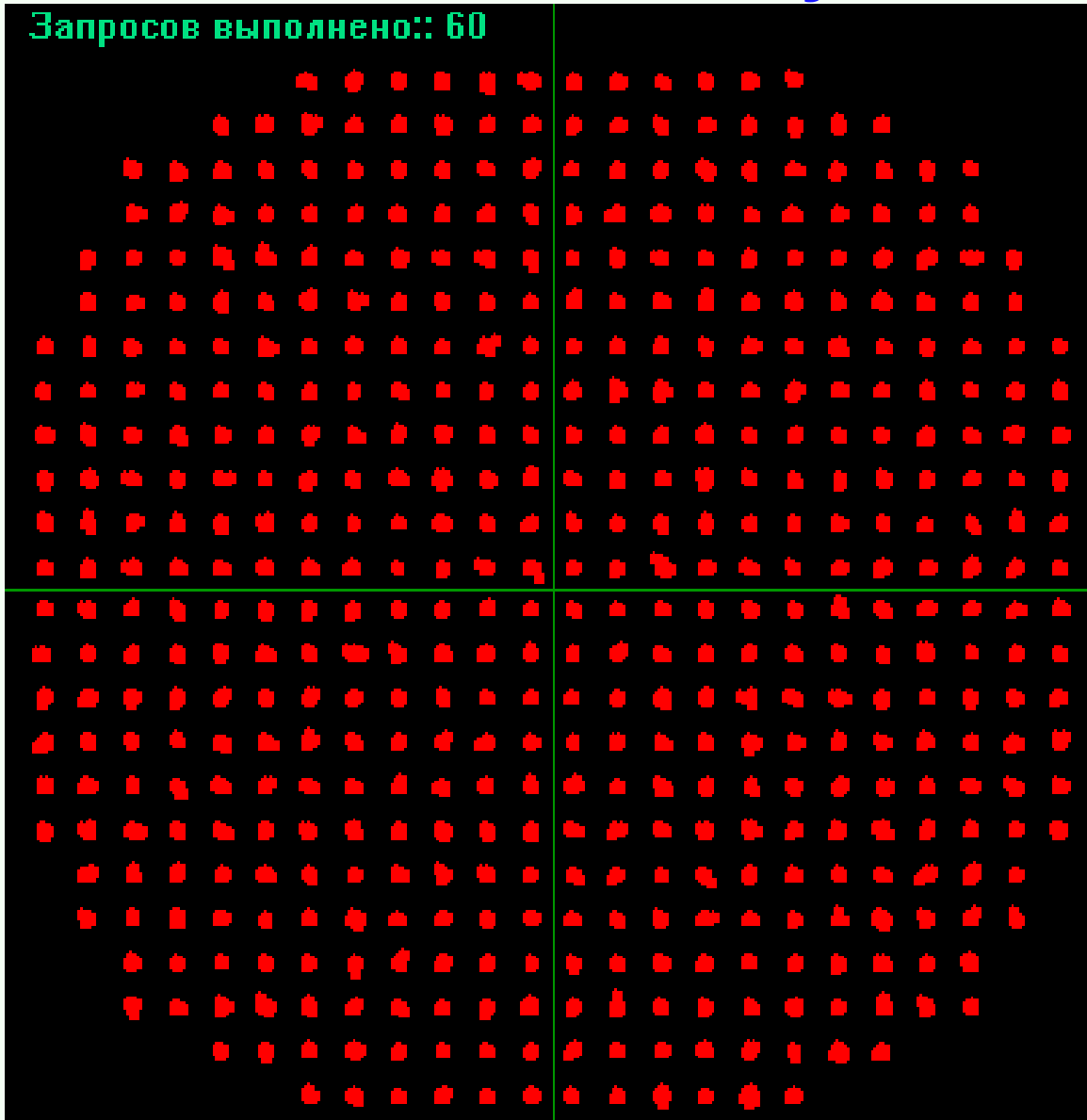
Меры по созданию высоко-надежных телекоммуникационных систем:

- Разные среды передачи и технологии (ВОЛС, РРЛ, РЛС);
- Географическое разнесение маршрутов;
- Резервирование каналов оборудованием разных производителей;

Регламентирующие документы

Россия (ГОСТ, СТО ФСК ЕЭС)	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)
СТО ...045-2010 Руководящие указания по выбору частот высокочастотных каналов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ	(IEC 60495-1993 Single sideband power-line carrier terminals)
СТО ...052-2010 Методические указания по расчету параметров и выбору схем высокочастотных трактов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ	IEC 60663-1980 Planning of (single-sideband) power line carrier systems
СТО ...178-2014 Технологическая связь. Руководство по эксплуатации каналов высокочастотной связи по линиям электропередачи 35-750 кВ	

КАМ-модуляция



КАМ-512

9 бит

$F_B = 4$ кГц

$F_T = 3200$ Гц

28800 бит/с

$C/\text{Ш} = 36,5$ дБ

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	85	50	20
Прохождение ping, мс (Ethernet)	230	130	50
Отгружено полукомплектов	> 600 с 2008 года	32 с 2011 года	30 с 2011 года

каналы ЦВК удовлетворяют требованиям СО-ЕЭС по времени доставки телеинформации **1-2 с**

- 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 (9,6 кбит/с)

Энергосистема	Количество			Ввод в эксплуатацию	Число ПС
	ТС	ТИ	ТУ		
Оренбургэнерго	250	200	40	с 2007	> 50
Вологдаэнерго	264	14	82	с 2007	14
Ленэнерго	210	616	50	с 2008	> 10
Тюменьэнерго	3770	2540	140	с 2007	> 20

МЭК-104 (64 кбит/с)

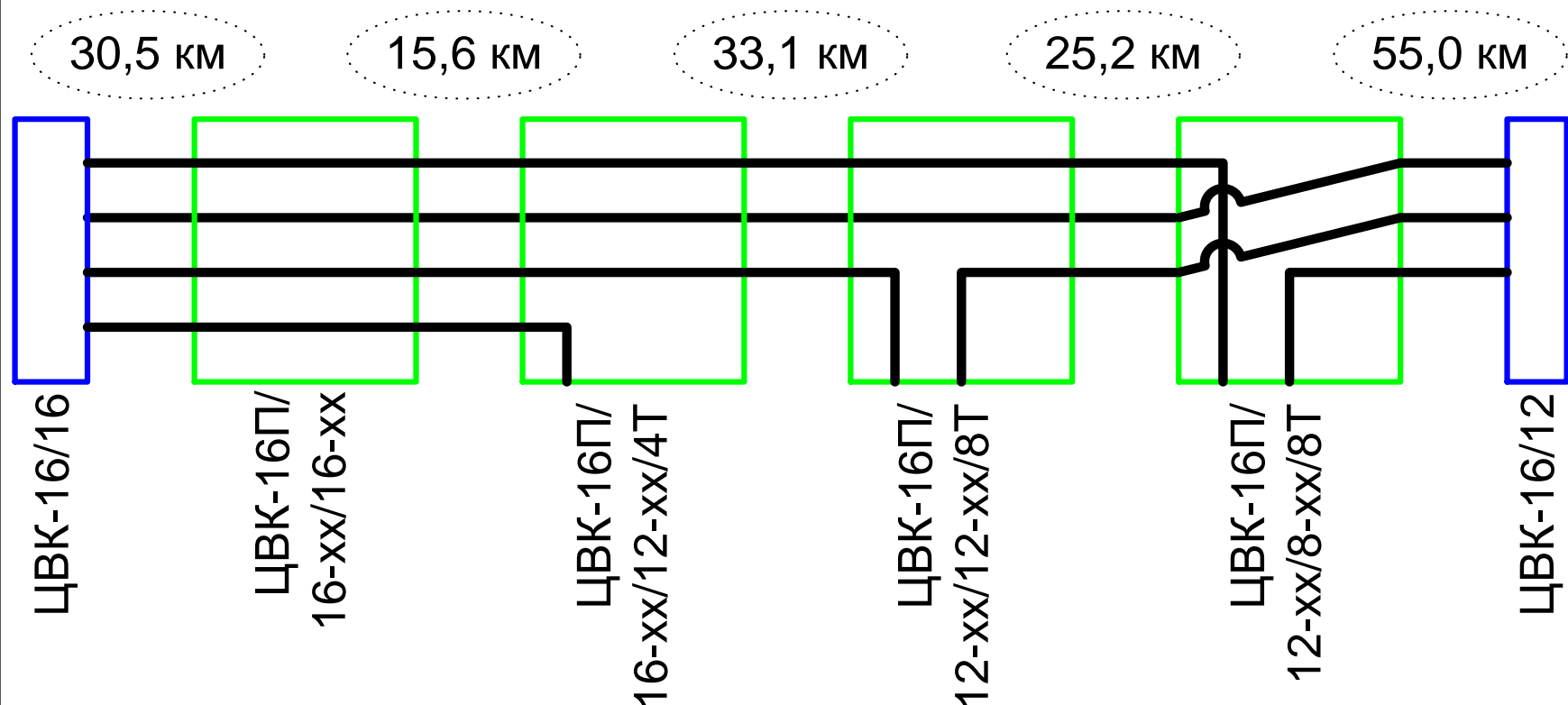
Энергосистема	Количество			Ввод в эксплуатацию	Число ПС
	ТС	ТИ	ТУ		
Томская РК	201	324		с 2012	4
Ленэнерго	100	20	80	с 2014	2
Тулаэнерго	60	15	40	с 2014	3
Сверловэнерго				с 2012	3

Подтверждена возможность работы цифровых ВЧ-каналов даже в условиях отечественных сетей (проблема заземления на ПС, большого числа источников шума в среде передачи)

Реализованные варианты схем

Возможно построение цифровых «ВЧ-сетей» на базе «drop-insert мультиплексора» ЦВК-16П

Хабаровские ЭС (ДРСК, 2009 год), Хехцир - Сукпай



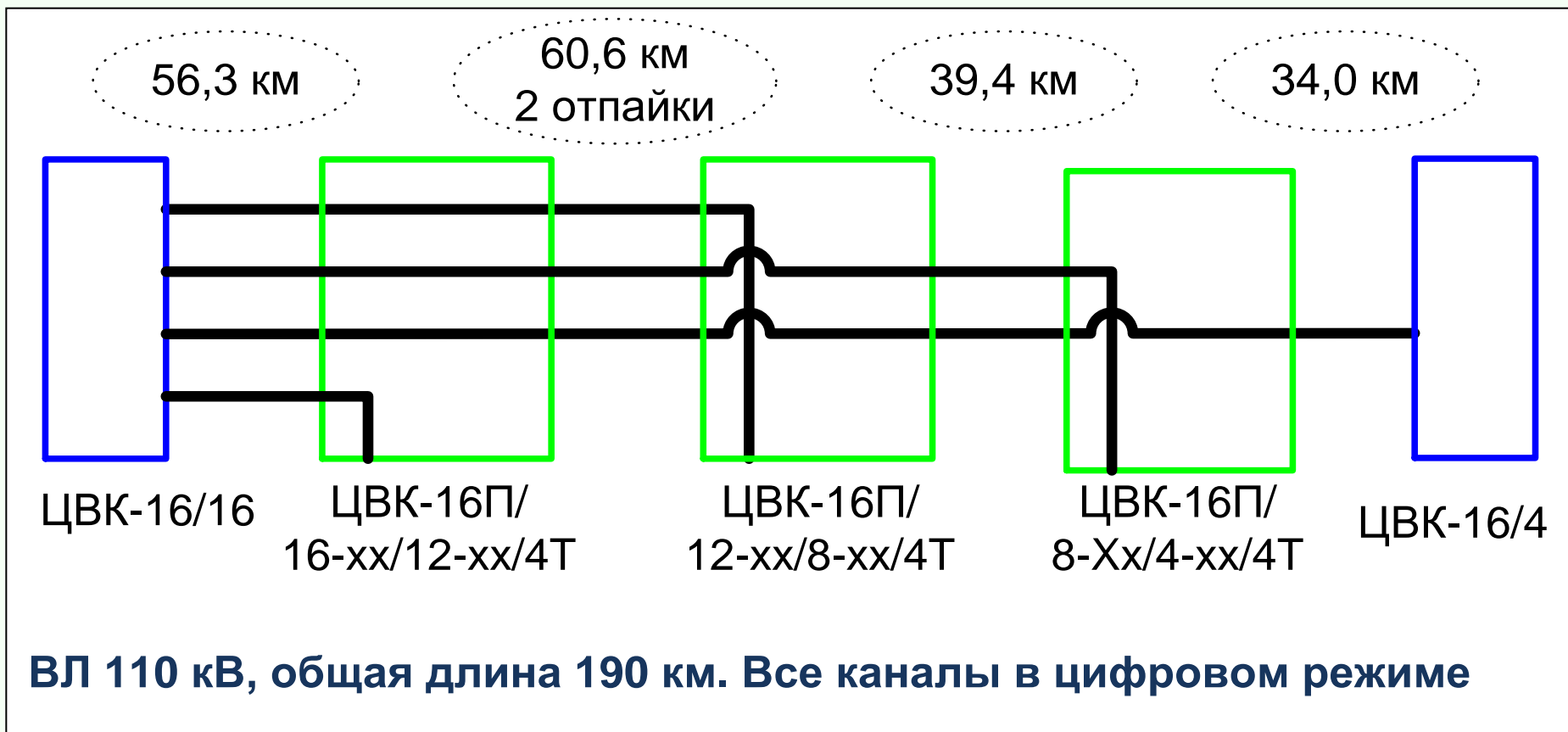
Все ВЛ 110 кВ, общая длина 160 км

Время задержки:
ТЛФ: 240 мс вместо 700 мс
ВД: 200 мс вместо 500 мс

Решена проблема цифровых ВЧ-транзитов

Реализованные схемы. Киргизия 2013

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

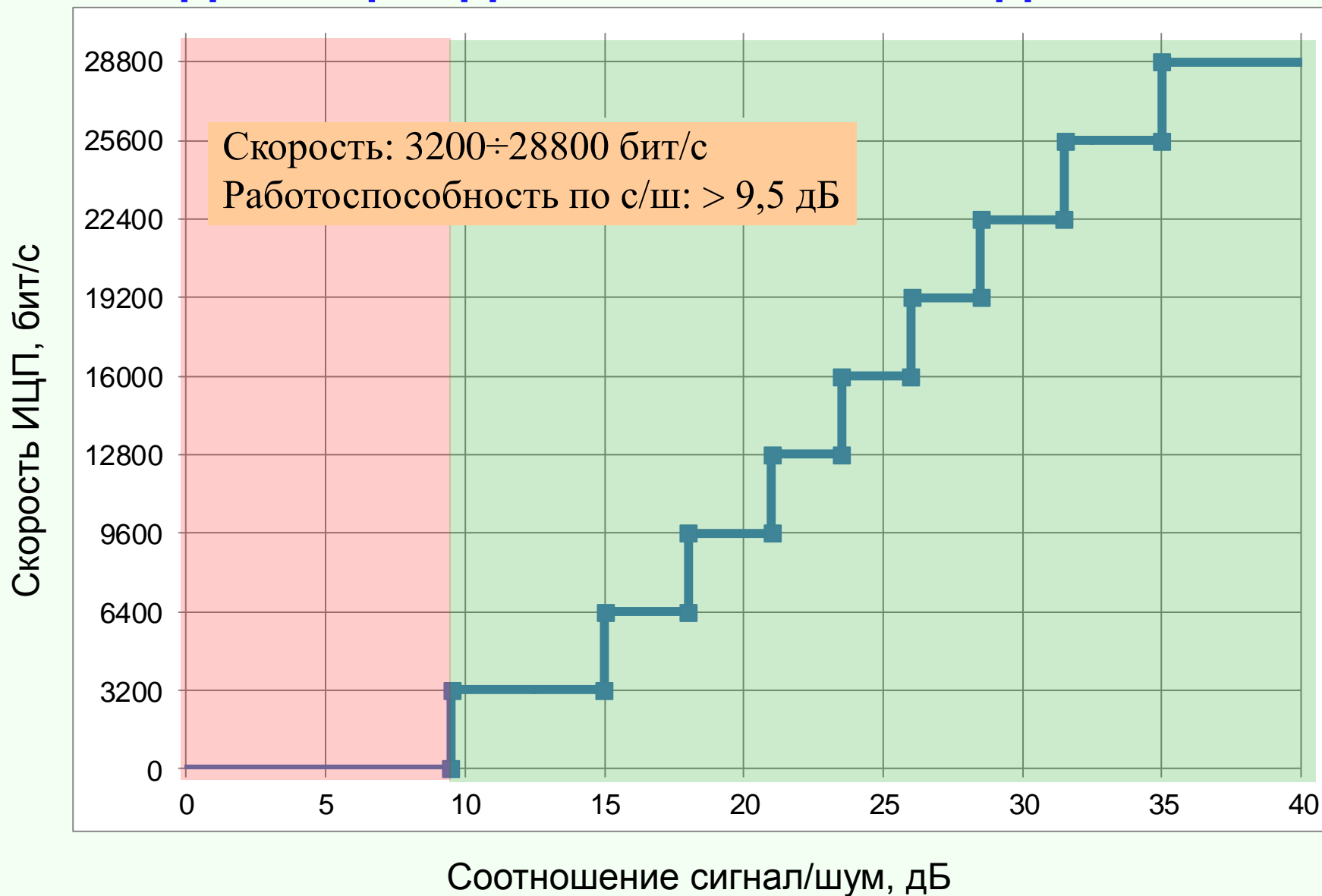


4 подстанции обеспечены диспетчерской телефонной
связью и каналами телемеханики

Мультиплексор, абонентские окончания

- Телефонные окончания (до 3-х в каждой полосе):
 - 4х-проводное окончание (-13/+4,3 или -3,5/-3,5 дБн);
 - FXS/FXO;
 - **E1 (построение полностью цифровых ВЧ-каналов).**
 - **характеристики:**
 - вокодер по рекомендации G.729D (6,4 кбит/с);
 - встроенная эхокомпенсация;
 - внутриполосная сигнализация АДАСЭ ;
 - передача сигналов факса, DTMF.
- Передача данных (до 4-х в каждой полосе):
 - Низкоскоростные модемы ТМ (100-1200 бод);
 - ММО (1,2÷230,4 кбит/с), RS-232/485/422;
 - **Ethernet (100/1000)**
 - **Сухие контакты (до 8 ПРД + 8 ПРМ).**
- Мультиплексирование до 7 временных каналов в каждой полосе

Адаптация для повышения надежности



Работа в условиях заземления ВЛ

Параметры линии:

линия: 110 кВ
протяженность: 70,2 км (1 ВЧ-обход)

Частоты канала: 480-488/432-440 кГц

Скорость канала: **28,8 кбит/с**

Период наблюдения: 20.04.2016-настоящее время

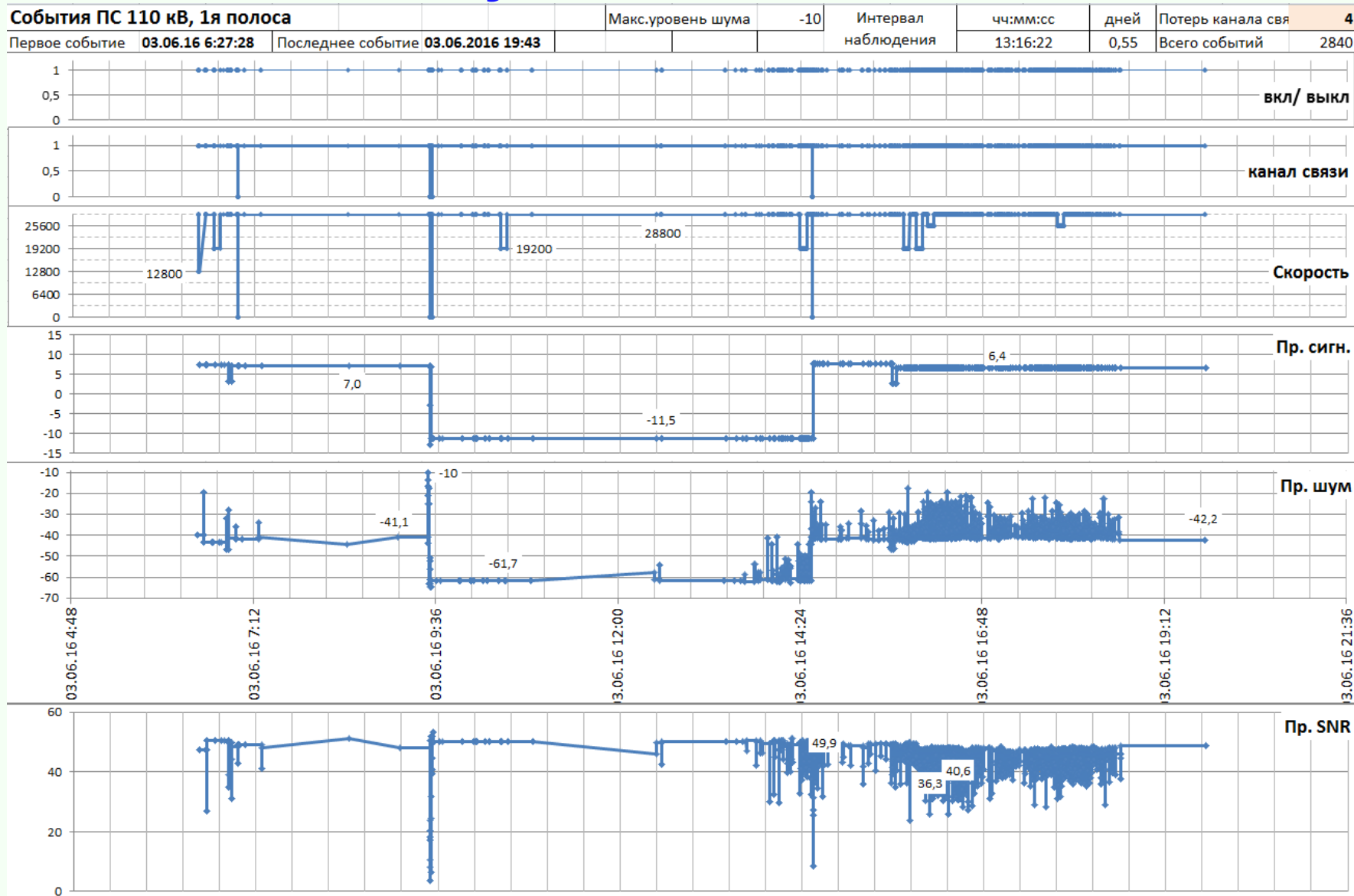
Длительность наблюдения: 2 месяца

Коэффициент неготовности канала: 0,0005

Коэффициент готовности на скорости 28,8 кбит/с: 0,9977

Коэффициент готовности канала: 0,9995

Работа в условиях заземления ВЛ



ВЛ заземлена в течение 5 часов, канал связи – в работе

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

Перегребное- Белоярская

Начало 26.12.13 12:09:48

Окончание 14.03.2014 13:57

Интервал
наблюдения

чч:мм:сс

1873:47:51

дней

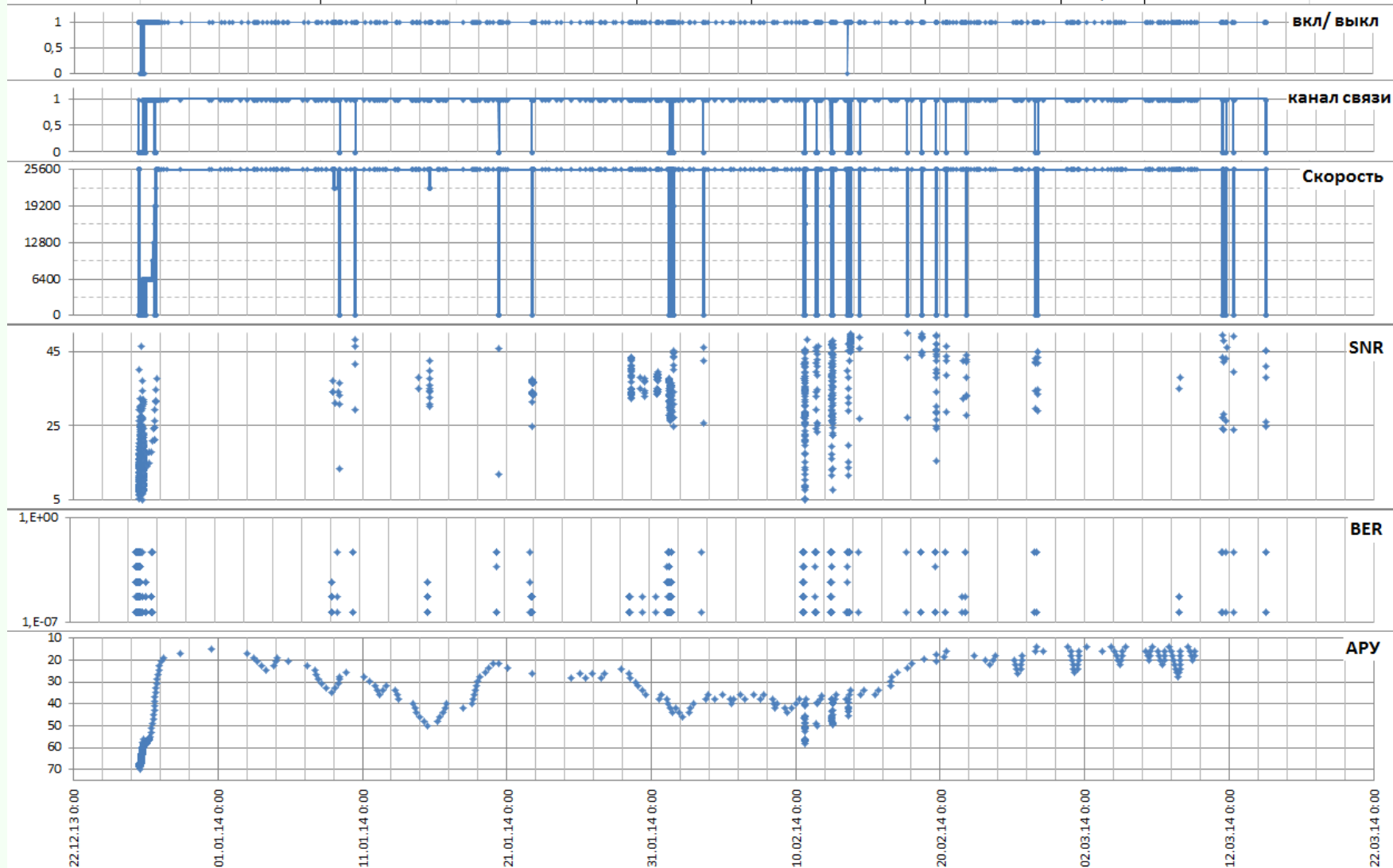
78,07

Потерь канала

139

Всего событий

8800

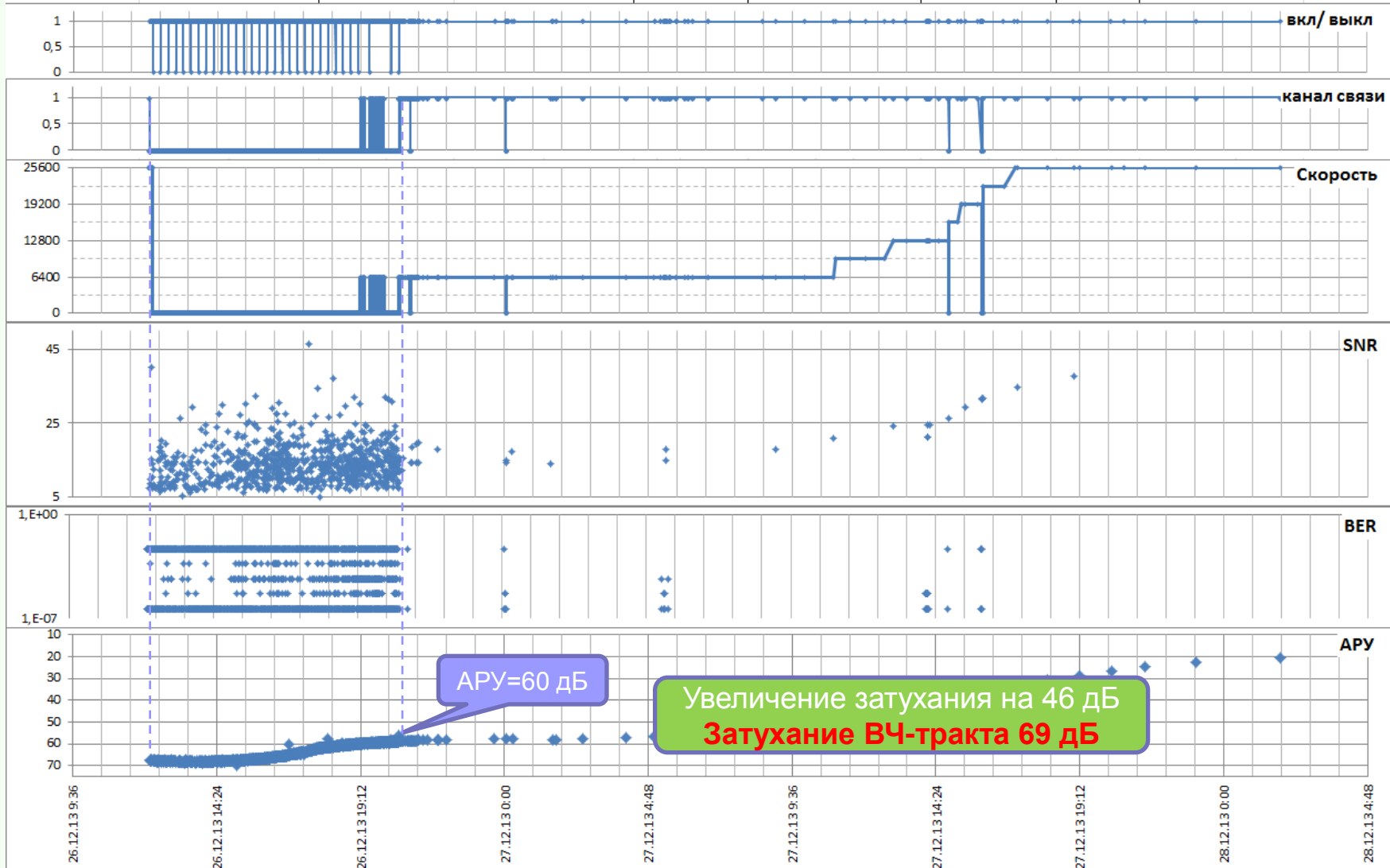


События за 3 месяца

Работа в условиях «запредельного» гололеда

Перегребное- Белоярская

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



События за 3 месяца

Работа в условиях «запредельного» гололеда

- Практически подтверждена необходимость большого диапазона АРУ (до 80 дБ) при работе в условиях гололеда (в настоящий момент норма 40 дБ);
- Требуется обязательный расчет ВЧ-трактов при проектировании, реконструкции каналов связи (с возможной сменой частотного диапазона) с целью обеспечения высокого коэффициента готовности в условиях гололеда;

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: более 1 года

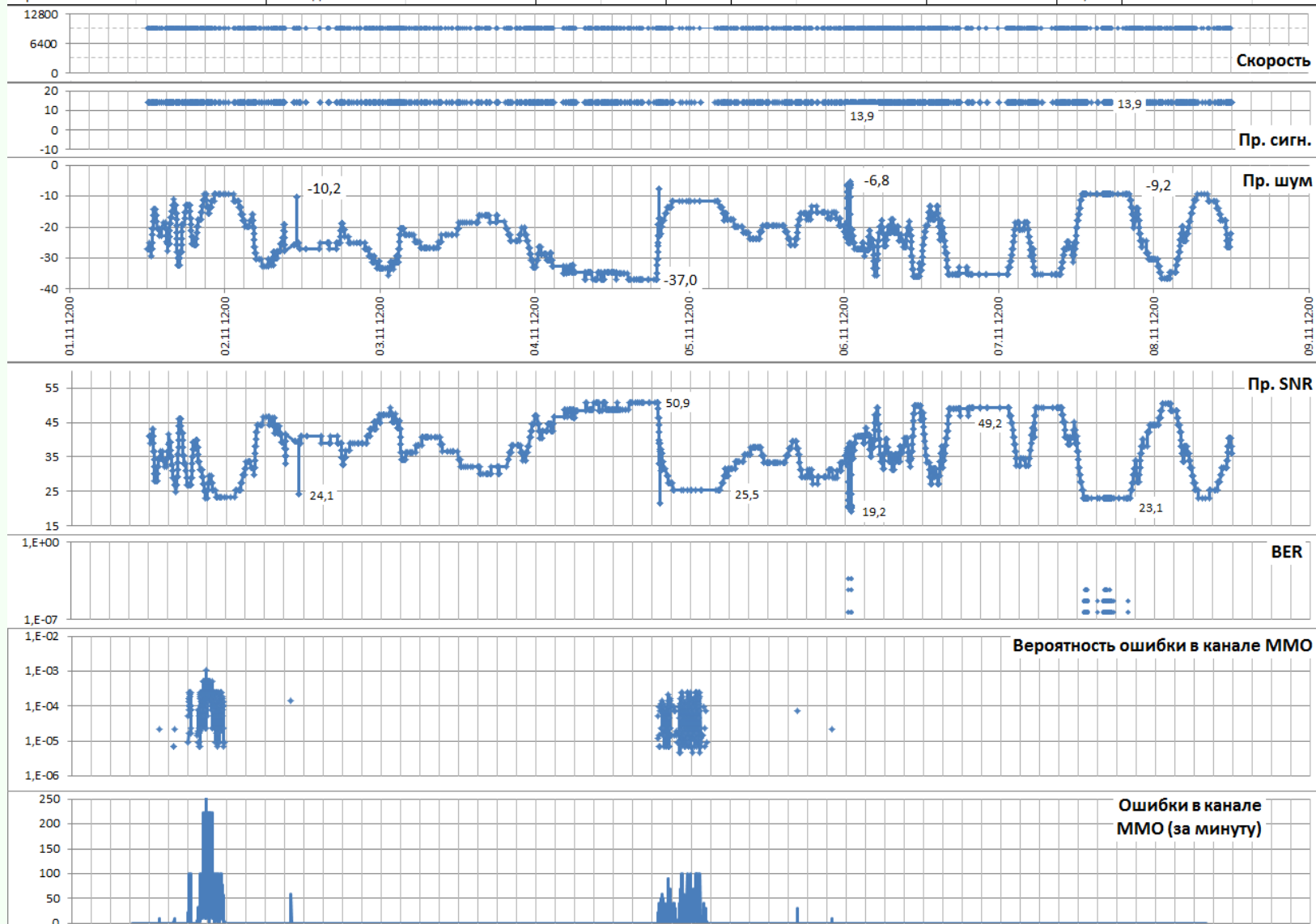
Контроль работоспособности канала связи - тестер
цифровых потоков Asterna EDT-135

Коэффициент неготовности канала: 0,00005

Коэффициент готовности канала: 0,99995

Работа на линии 220 кВ (канал МЭК-101)

Первое событие 02.11.15 0:01:04 | Последнее событие 08.11.2015 23:58 | наблюдения 167:57:20 | 7,00 | Всего событий 3577



Должны быть сформированы нормы на приемку каналов связи

Результаты эксплуатации

- Надежная работа канала 9,6 кбит/с по ВЛ 220 кВ на ПС 500 кВ в течение 1 года (коэффициент готовности канала 0,9999 (!));
- Передача канала МЭК-101 (9,6 кбит/с) в периоды снегопадов, ливневых дождей, выпадения гололеда, грозовой активности;
- Контроль работы канала – непрерывный по тестеру цифровых каналов (G.821, G.826 – ES, SES, ESR, SESR);
- Требуется уточнение методики приема каналов в работу (долговременная проверка, проверка при заниженном уровне передачи). Установление норм и порядка приема каналов;
- Повышение ответственности (производителей, проектировщиков) за неработающие цифровые ВЧ-каналы.

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);

Системы ВЧ-связи эффективно использовать:

- построение надежных каналов связи;
- 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



Назаров Юрий Валерьевич

ООО «НПФ «Модем»
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