



21-28 апреля 2021

ПЭИПК «Комплексная модернизация оборудования и повышение эффективности работы предприятий и служб связи»

Цифровые системы ВЧ-связи Оборудование ЦВК-16

к.т.н. Назаров Юрий Валерьевич, эксперт WG20 IEC

**ООО «НПФ «Модем»
www.npfmodem.spb.ru**

План работы

1. **Введение**
2. Стандартизация в области ВЧ-связи
3. Линейка аппаратуры ЦВК-16 НПФ Модем
4. Опыт эксплуатации
5. Мониторинг

Виды связи в электроэнергетике

Параметр	ВОЛС	ВЧ-связь	РРЛ	Спутник	Мобильная
Скорость передачи	+ до 100 Гбит/с	- (10-100 кбит/с)	± (10-100 Мбит/с)	± (0,1-10 Мбит/с)	± (0,1-100 Мбит/с)
Время задержки	+ сотни мкс	± десятки мс	- сотни мс	- сотни мс	± десятки мс
Протяженность	100-150 км	До 1000 км	40-50 км	без ограничений	1...35 км
Стоимость	-	+	+	+	+
Передача сигналов РЗПА	+	+	-	-	-
Надежность среды передачи	-	+	-	-	+
Время восстановления канала связи	-	+	+	-	
Информационная безопасность	±	+	-	-	-

Использование цифровых ВЧ-каналов

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

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; 1 Мбит/с);
- отсутствие шумов ВЧ-тракта в телефонном канале;
- непрерывный контроль состояния канала связи

Перспективы использования ВЧ-каналов

- Комплексное использование ВЧ-спектра: передача команд РЗПА, АСУТП, диспетчерская связь
- «Широкополосные» системы связи в полосе 8...192 кГц, при отказе от систем ВЧС-1, ВЧС-2, ВЧС-6 для достижения высоких скоростей передачи
- Применение ВЧ-связи, как аварийных каналов (работа при обрывах на ВЛ) для восстановления работоспособности энергосистемы при природных и техногенных авариях

План работы

1. Введение
2. **Стандартизация в области ВЧ-связи**
3. Линейка аппаратуры ЦВК-16 НПФ Модем
4. Опыт эксплуатации
5. Мониторинг

Актуальность ВЧ-связи. Работа МЭК

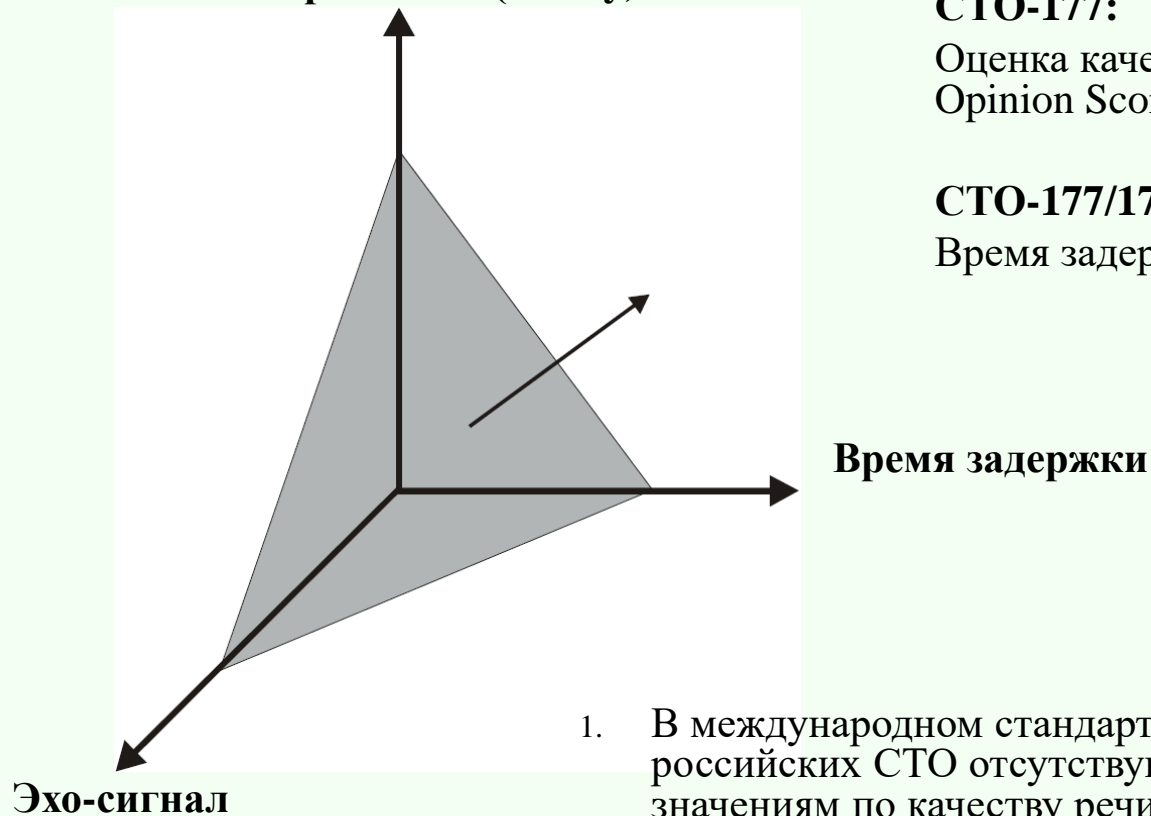
- **восстановление интереса к ВЧ-связи (выпуск новых линеек аппаратуры), после периода охлаждения;**
- Технический Комитет 57 «Электрические/энергетические системы менеджмента и связанные с ними способы обмена информацией» Международной Электротехнической комиссии (МЭК, IEC – International Electrotechnical Commission);
- Рабочая Группа 20. ВЧ-связь (Power Line Carrier Communication Systems);
- пересмотр стандартов по ВЧ-связи среднего, высокого и ультравысокого классов напряжения IEC 62488;
- участники группы - основные производители ВЧ-связи (ABB, Siemens, GE, Selta, НПФ Модем), представители заказчика;
- **использование ВЧ-связи в развитых странах (Италия, Япония);**
- отсутствие учета особенностей энергосистем России и стран СНГ:
 1. гололедные явления – диапазон АРУ
 2. большое число ВЧ-каналов – избирательность
 3. отсутствуют требования к времени задержки (не только ВЧ).

Соответствие документов в России и мире

Россия (СТО Россети/ФСК ЕЭС)	Мир (IEC, CIGRE)
<p>СТО ...177-2014 Технологическая связь. Типовые технические требования к аппаратуре высокочастотной связи по линиям электропередачи</p>	<p>IEC 60495-1993 Single sideband power-line carrier terminals действующий</p> <p>IEC 62488-2:2017: Analogue power line carrier terminals (APLC) действующий</p> <p>IEC 62488-3:xxxx: Digital Power Line Carrier Terminals or DPLC and hybrid ADPLC Terminals Принятие ближайшее время (недели)</p>
<p>СТО ...045-2010 Руководящие указания по выбору частот высокочастотных каналов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ</p>	<p>IEC 62488-1:2012: Planning of analogue and digital power line carrier systems operating over EHV/HV/MV electricity grids действующий</p>
<p>СТО ...052-2010 Методические указания по расчету параметров и выбору схем высокочастотных трактов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ</p>	<p>IEC 60663-1980 Planning of (single-sideband) power line carrier systems действующий</p>
<p>СТО ...108-2011 Технологическая связь. Нормы проектирования систем ВЧ-связи. Стандарт организации</p>	<p>Аналог отсутствует</p>
<p>СТО ...178-2014 Технологическая связь. Руководство по эксплуатации каналов высокочастотной связи по линиям электропередачи 35-750 кВ</p>	<p>Аналог отсутствует</p>

Качество речи

Разборчивость (clarity)



СТО-177:

Оценка качества речи: MOS (Mean Opinion Score, ITU-T P.862) >3,5

СТО-177/178:

Время задержки <150 (200) мс

1. В международном стандарте IEC-62488, в отличие от российских СТО отсутствуют требования к абсолютным значениям по качеству речи (MOS-оценка), времени задержки и т.д.
2. требования по качеству речи и максимальному времени задержки присутствуют в явном виде для ВЧ-связи, но не для каналов IP-телефонии

Обновление СТО по ВЧ-связи в ПАО Россети

- СТО-045 Руководящие указания по выбору частот. Изменения внесены, должны быть приняты в 2021 году:
 1. уточнение требований при проектировании цифровых ВЧ-каналов для повышения коэффициента готовности (запас 12 дБ вместо 9 дБ на увеличение уровня помех);
 2. «виртуальная» аппаратура ВЧ-связи;
 3. выдача частот на стадии «П» для исключения ситуации с отсутствием необходимых полос частот;
 4. обновление характеристик выпускаемой аппаратуры ВЧ-связи
- СТО-177 ТТТ к аппаратуре ВЧ-связи пересмотр в 2021-2022 году;
 1. требования к современным системам без пилот-сигналов;
 2. определений понятий скорости на ВЧ-интерфейсе, эффективной скорости передачи ВЧ-модема;
 3. учет широкополосных системы (определение частичная полоса).
- СТО-108 Нормы проектирования систем ВЧ-связи пересмотр в 2021-2022 году.

Проектирование

Часто ошибки при проектировании ведут к неработоспособности канала связи:

- неправильный уровень передачи (пиковый вместо RMS);
- неправильный расчет требуемого соотношения сигнал/шум (нет информации о скорости на ВЧ-интерфейсе или эффективной скорости);
- не учет шума типа «корона» (особенно для ВЛ 220 кВ);
- уровень шума «спрятан» в параметре минимальный уровень приема;
- большая неравномерность АЧХ ВЧ-тракта;
- расчет сложных каналов по «РУ по выбору частот». Требуется использовать WinTrakt;
- неправильный учет запаса на ГИО.

Наименование расчетного участка	Назначение канала	Тип аппаратуры	Скорость ИЦП, кбит/с	Длина ВЛ, км	Расчетная частота, кГц	Расчетный уровень передачи, дБм	Минимальный уровень приема, дБм	Перекрываемое затухание, дБ	Затухание, дБ					Общее затухание ВЧ тракта	Запас по перекрываемому затуханию, дБ	
									Линейное и концевое	Аппаратуры об-работки и присоеди-нения	Вносимое парал-лельной аппара-турой	Вносимое ответв-лениями	Вносимое ВЧ обходом		Расчет-ный	Допустимый
ПС №1 – ПС №2	Т/ЛФ, ТМ	ЦВК-16М/16	102.4	36.3	490	40.5	9.0	31.5	9.8	5.5		0.0		15.3	16.2	12.0

Проектирование

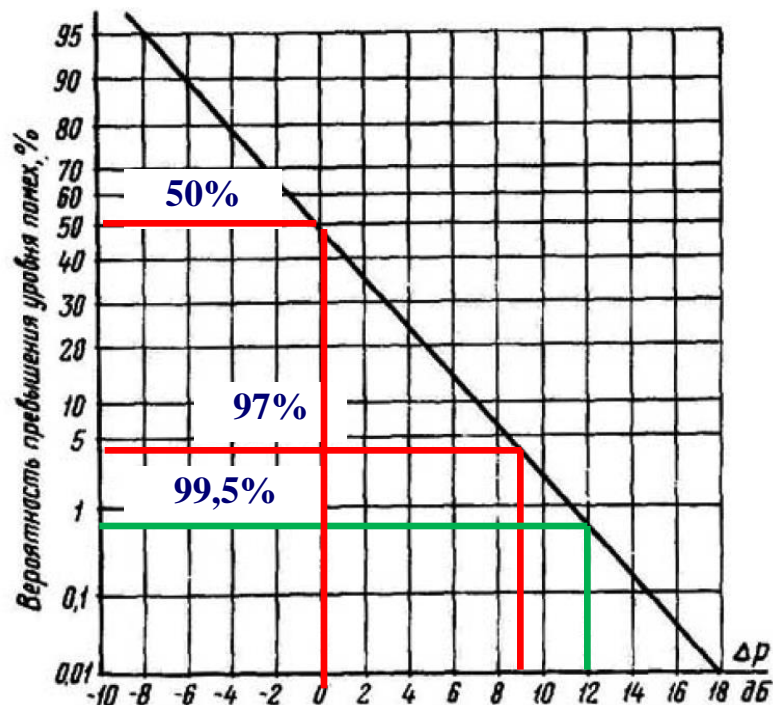


Рис. 2.1-Кривая для определения вероятности превышения уровня помех над $(p_{ном} + \Delta p)$

В РУ по выбору частот указан уровень помех указан для 50% вероятности превышения.

Минимальный запас 9 дБ соответствует 97% вероятности готовности канала, что не соответствует современным требованиям

Требуется использовать минимальный запас 12 дБ, что соответствует вероятности готовности канала 99,5%

План работы

1. Введение
2. Стандартизация в области ВЧ-связи
3. **Линейка аппаратуры ЦВК-16 НПФ Модем**
4. Опыт эксплуатации
5. Мониторинг

История ООО «НПФ «Модем»

- 1991 – начало работы коллектива разработчиков в области связи в электроэнергетике
- 1995 – разработка и производство комплексов ТФМ-3, ТФМ-12 с модемами ТМ (более 7500 шт.)
- 1998 – начало разработки аппаратуры ВЧ-связи по техническому заданию ОАО «Нептун» (Одесса)
- 2004 – создание аппаратуры ВЧ-связи АВС-ЦМ(Р), ввод в эксплуатацию цифрового канала ВЧ-связи на базе АВС-ЦМ(Р), Вологдаэнерго
- 2005 – **впервые** в РАО «ЕЭС России» получен Акт МВК на **цифровую** аппаратуру ВЧ-связи АВС-ЦМ
- 2008 – получен Акт приемки аппаратуры ВЧ-связи ЦВК-16
- 2013 – получено Заключение аттестационной комиссии (ЗАК) №47/008-2013 на аппаратуру ВЧ-связи ЦВК-16 Рев. 3, включая модификации ЦВК-16П и ЦВК-16М;
- 2018 – получен протокол ЗАК ИП-19/18 от 23.03.2018 года продления срока действия и **внесению изменений** в ЗАК 2013 года.

Развитие аппаратуры АВС-ЦМ/ЦВК-16

Скорость, кбит/с

1000

100

10

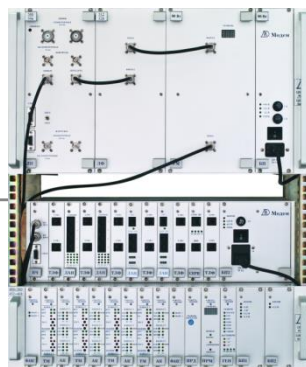
1

1998 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016 2018 2020 2022 2024

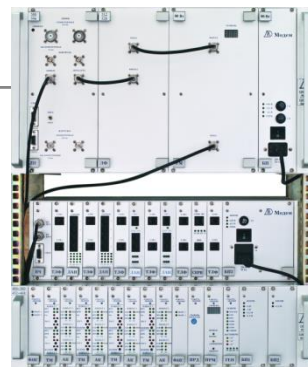
2004 год АВС-ЦМ
19,2 кбит/с



2008 год ЦВК-16 рев.1
25,6 кбит/с



2013 год ЦВК-16 рев.3
102,4 кбит/с

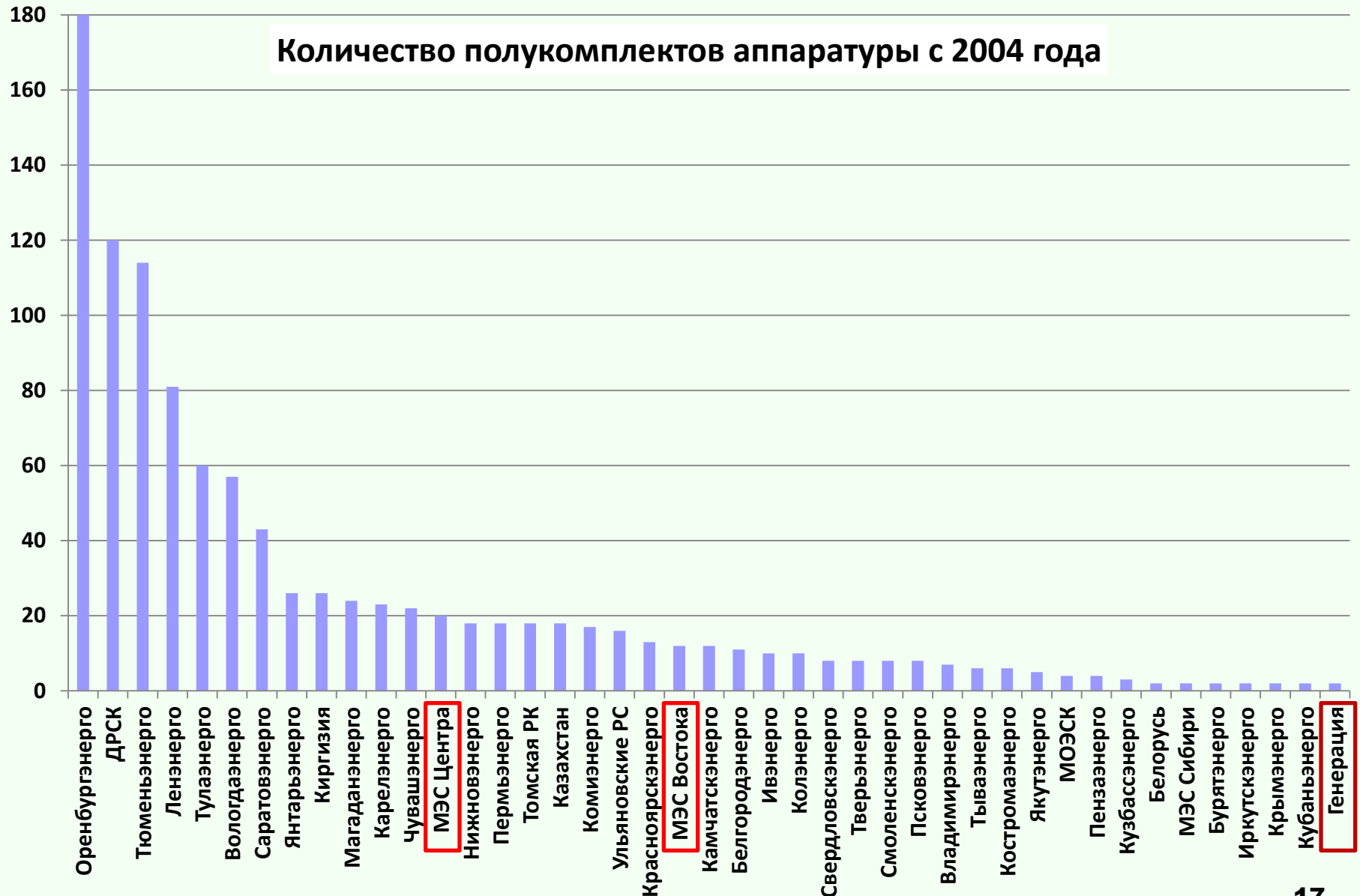


2021 год ЦВК-16 рев.5
2,5 Мбит/с



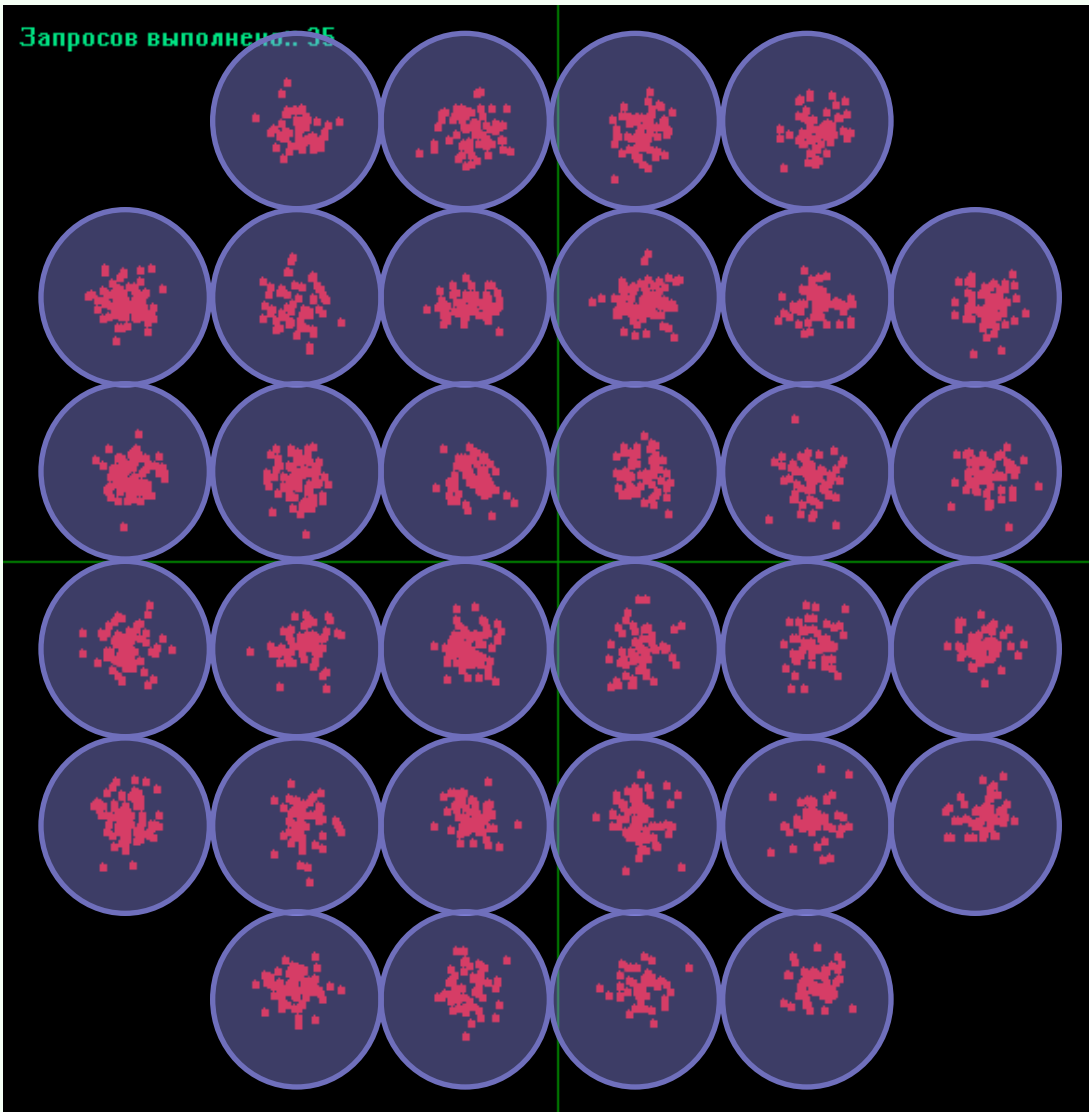
Опыт работы

Количество полукомплектов аппаратуры с 2004 года



КАМ-модуляция

Запросов выполнено: 95



КАМ-32 (QAM-32)

Кодирование

5 бит на 1 такте

$F_T=3200$ Гц

16000 бит/с

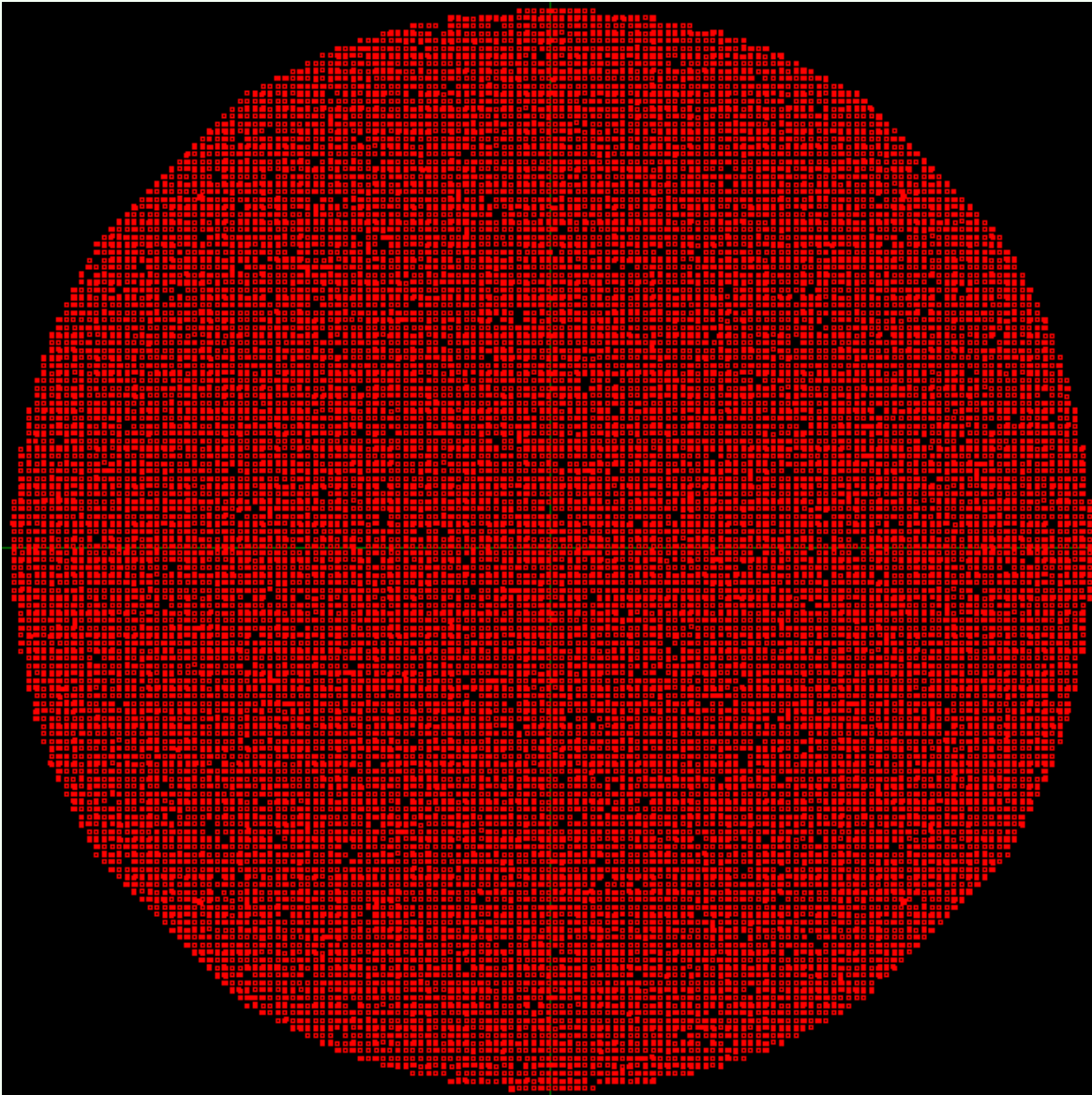
$F_T=3800$ Гц

19000 бит/с

$F_T=30400$ Гц

152,0 кбит/с

КАМ-модуляция



КАМ-16384

Кодирование

14 бит на 1 такте

Скорость на ВЧ-интерфейсе

Скорость на ВЧ-интерфейсе:

$$V_{\text{ВЧ}} = V_{\text{симв}} \cdot \log_2 N$$

$V_{\text{симв}}$ – символьная скорость (симв/с)
 N – число точек на КАМ-плоскости

Эффективная скорость передачи данных:

$$V_{\text{ПД}} = R_{\text{ПД}} \cdot V_{\text{ВЧ}}$$

$R_{\text{ПД}}$ – относительная эффективная скорость
как правило $R_{\text{ПД}} \approx 0,9$

Эффективная скорость передачи данных зависит от метода кодирования, числа телефонных каналов, степени КАМ, числа каналов передачи данных.

Требуется учитывать при проектировании

Характеристики аппаратуры ЦВК-16

- соответствие IEC 60495 (1993), IEC 62488-1,2,3; «Типовые технические требования ...» (СТО 56947007-33.060.40.177-2014);
- диапазон рабочих частот – 16 ÷ 1000 кГц;
- выходная мощность – 40, 80, 100, **160 Вт** (52 дБм);
- режим работы – аналог. (ЧРК), цифр. (ВРК), смешанный, подгруппа;
- частичная полоса/число полос – 4...32 кГц / до 6
- скорость на ВЧ-интерфейсе:
 - в частичной полосе 4 кГц – 3,2÷38,4; 3,8÷53,2 кбит/с;
 - в частичной полосе 8 кГц – 7,6÷106,4 кбит/с;
 - ...
 - в частичной полосе 32 кГц – 30,4÷**425,6** кбит/с.
- Максимальная неравномерность ВЧ-тракта – до 12 дБ
- Наличие мультиплексора: передача данных, телефонная связь;
- до четырех ТЛФ каналов в любой частичной полосе;
- Подключение по интерфейсу E1;
- Температурный режим – (минус) 5° ...45°
– (минус) 10° ...55° не более 24 часов/месяц
- Передача данных Ethernet (МЭК-104), с возможностью организации полностью независимых каналов.

ЦВК-16 РЗПА (ревизия 5)

Семейство аппаратуры связи, передачи команд на базе единого платформы.
Улучшение ЦВК-16 рев. 4:

- компактный вариант аппаратуры связи (одна кассета 6U);
 - до 6-ти блоков АК (мощное вычислительное ядро);
 - гибкое задание абонентских окончаний (данные и/или телефония);
 - блок АК обеспечивает полосу **до 32 кГц скорость 425,6 кбит/с**;
 - суммарная скорость в полосе **до 192 кГц – до 2,55 Мбит/с**;
 - расширенные возможности по диагностике аппаратуры (измерение напряжений источников питания, измерение и контроль мощности передачи в линию, температурные датчики, SNMP-мониторинг.
 - расширенные возможности по диагностике ВЧ-тракта.
- передача команд РЗ и ПА в одной кассете 6U при числе команд до 8 или протоколу МЭК 61850-8-1 (GOOSE).



Характеристики аппаратуры ЦВК-16

Полоса модема, кГц		4	8	12	16	20	24	32
Символьная скорость		3800 симв/с	7600 симв/с	11400 симв/с	15200 симв/с	19000 симв/с	22800 симв/с	30400 симв/с
Сигнальное созвездие	SNR, дБ							
КАМ 2	11,5	3,8	7,6	11,4	15,2	19,0	22,8	30,4
КАМ 4	16,0	7,6	15,2	22,8	30,4	38,0	45,6	60,8
КАМ 8	19,0	11,4	22,8	34,2	45,6	57,0	68,4	91,2
КАМ 16	22,0	15,2	30,4	45,6	60,8	76,0	91,2	121,6
КАМ 32	24,5	19,0	38,0	57,0	76,0	95,0	114,0	152,0
КАМ 64	27,0	22,8	45,6	68,4	91,2	114,0	136,8	182,4
КАМ 128	30,0	26,6	53,2	79,8	106,4	133,0	159,6	212,8
КАМ 256	33,0	30,4	60,8	91,2	121,6	152,0	182,4	243,8
КАМ 512	36,0	34,2	68,4	102,4	136,8	172,8	205,2	273,6
КАМ 1024	39,0	38,0	76,0	114,0	152,0	192,0	228,0	304,0
КАМ 2048	42,0	41,8	83,6	125,4	167,2	209,0	250,8	334,4
КАМ 4096	46,0	45,6	91,2	136,8	182,4	228,0	273,6	364,8
КАМ 8192	48,0	49,4	98,8	148,2	197,4	247,0	296,4	395,2
КАМ 16384	52,0	53,2	106,4	159,6	212,8	266,0	319,2	425,6

Высокие характеристики аппаратуры показывают, что достигаемые характеристики канала связи будут определяться не возможностями аппаратуры, но ВЧ-тракта

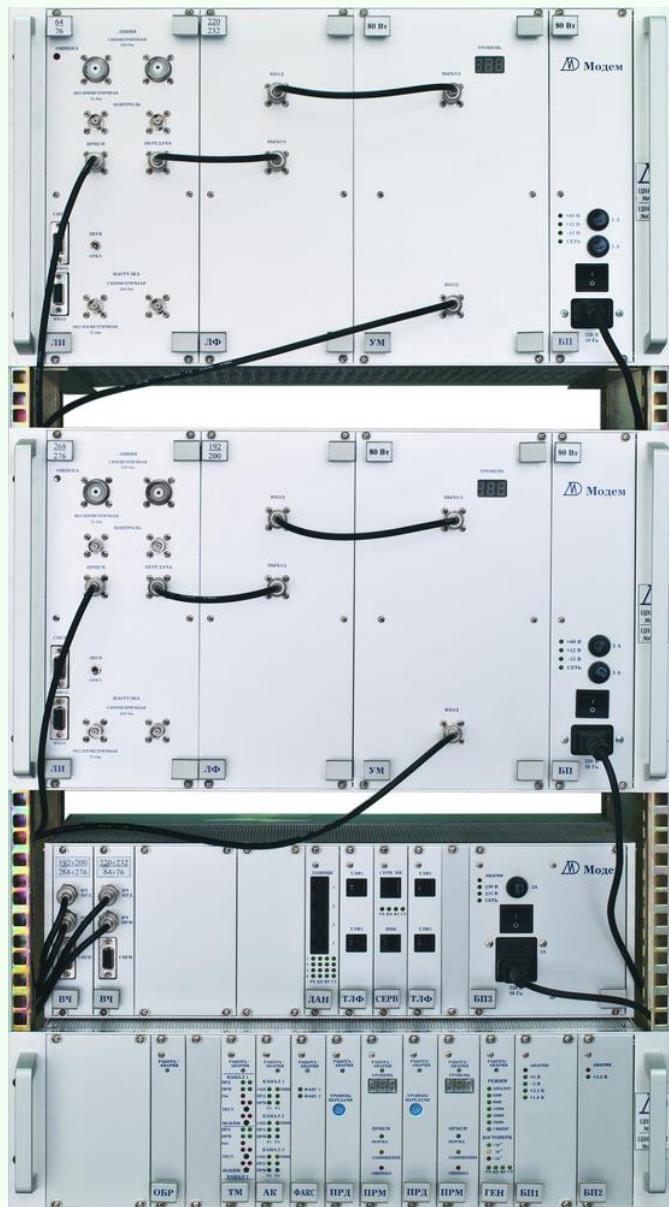
Характеристики каналов передачи данных

Частичная полоса	4 кГц	4 кГц (new)	8 кГц	8 кГц (new)	16 кГц	24 кГц	32 кГц
Скорость на ВЧ-интерфейсе, кбит/с	38,4	53,2	51,2	106,4	102,4	266,0	425,6
Скорость на абонентском интерфейсе, кбит/с	37,6	51,3	49,6	102,6	98,8	256,6	410,6
Прохождение ping, мс (Ethernet)	180	140	100	100	70	60	30
Отгружено полукомплектов	> 1000 с 2008 года		40 с 2011 года		30 с 2011 года	2 с 2021	

Каналы ПД 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, интернет.

Активный переприем на ЦВК-16П



Проблема цифровых ВЧ-каналов с переприемом:

- увеличение времени задержки при частичной полосе 4 кГц;
- ухудшение качества речи, потеря разборчивости;
- увеличение стоимости;
- наличие НЧ-переприемов.

ЦВК-16П – аппаратура с возможностью работы на 2 направления.

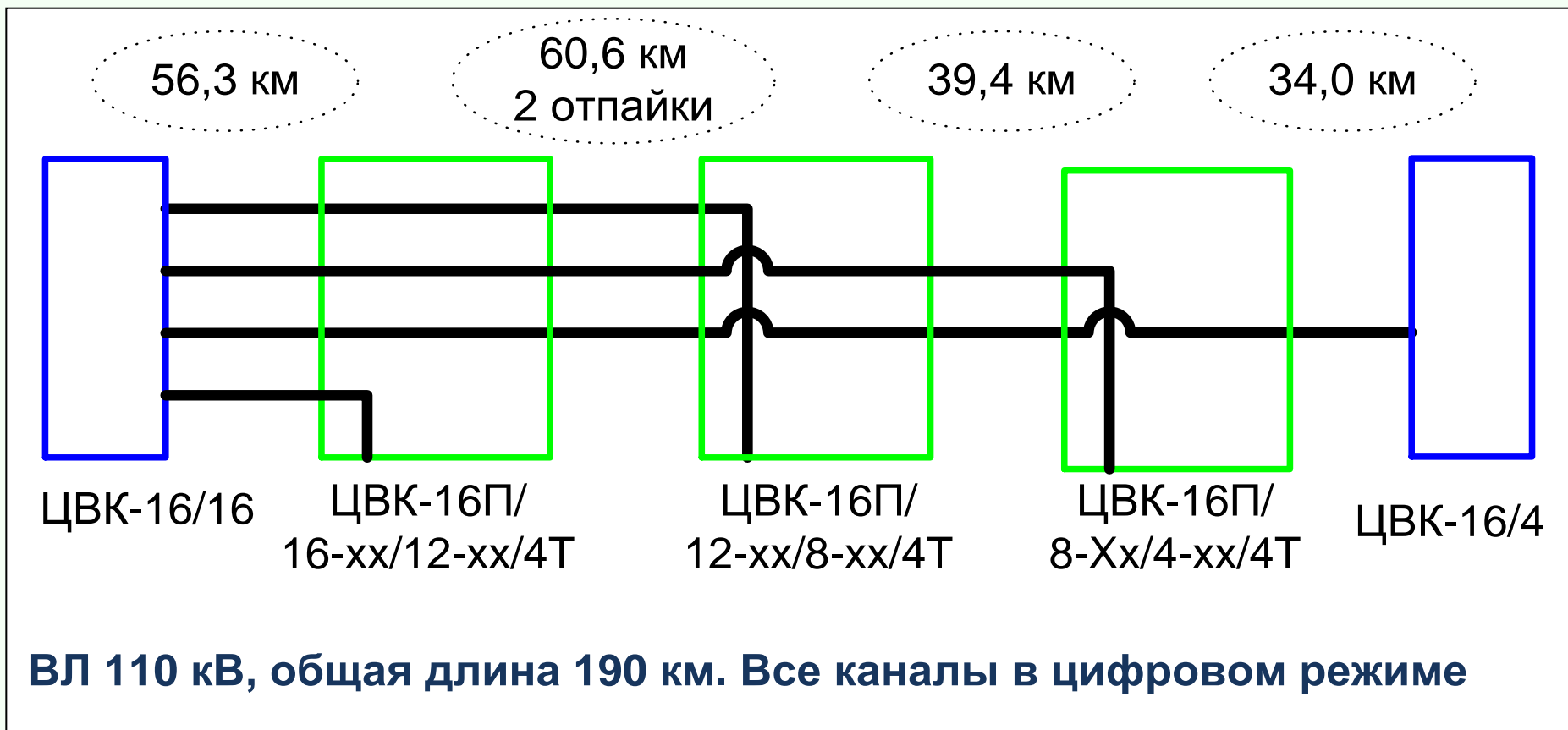
Единственная аппаратура в мире, выполняющая требования* ко времени задержки для диспетчерских каналов в цифровом режиме для каналов, образованных с 4 (!) участками переприема в цифровом режиме

* - Менее 200 мс. СТО 56947007-33.060.40.178-2014

«Технологическая связь. Руководство по эксплуатации каналов высокочастотной связи по линиям электропередачи 35-750 кВ»

Реализованные схемы. Кыргызстан 2013

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



4 подстанции обеспечены диспетчерской телефонной связью без шумов и помех

План работы

1. Введение
2. Стандартизация в области ВЧ-связи
3. Линейка аппаратуры ЦВК-16 НПФ Модем
4. **Опыт эксплуатации**
5. Мониторинг

Гололедно-изморозиевые отложения (ГИО)



Работа в условиях обледенения ВЛ

Большая проблема «сельских» ЛЭП (35-110 кВ). Резкое снижение нагрузки – «холодный провод» - выпадение ГИО (изморозь) на всей длине 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 затуханием ~68 дБ»

Отсутствие других видов связи из-за массовых обрывов проводов.

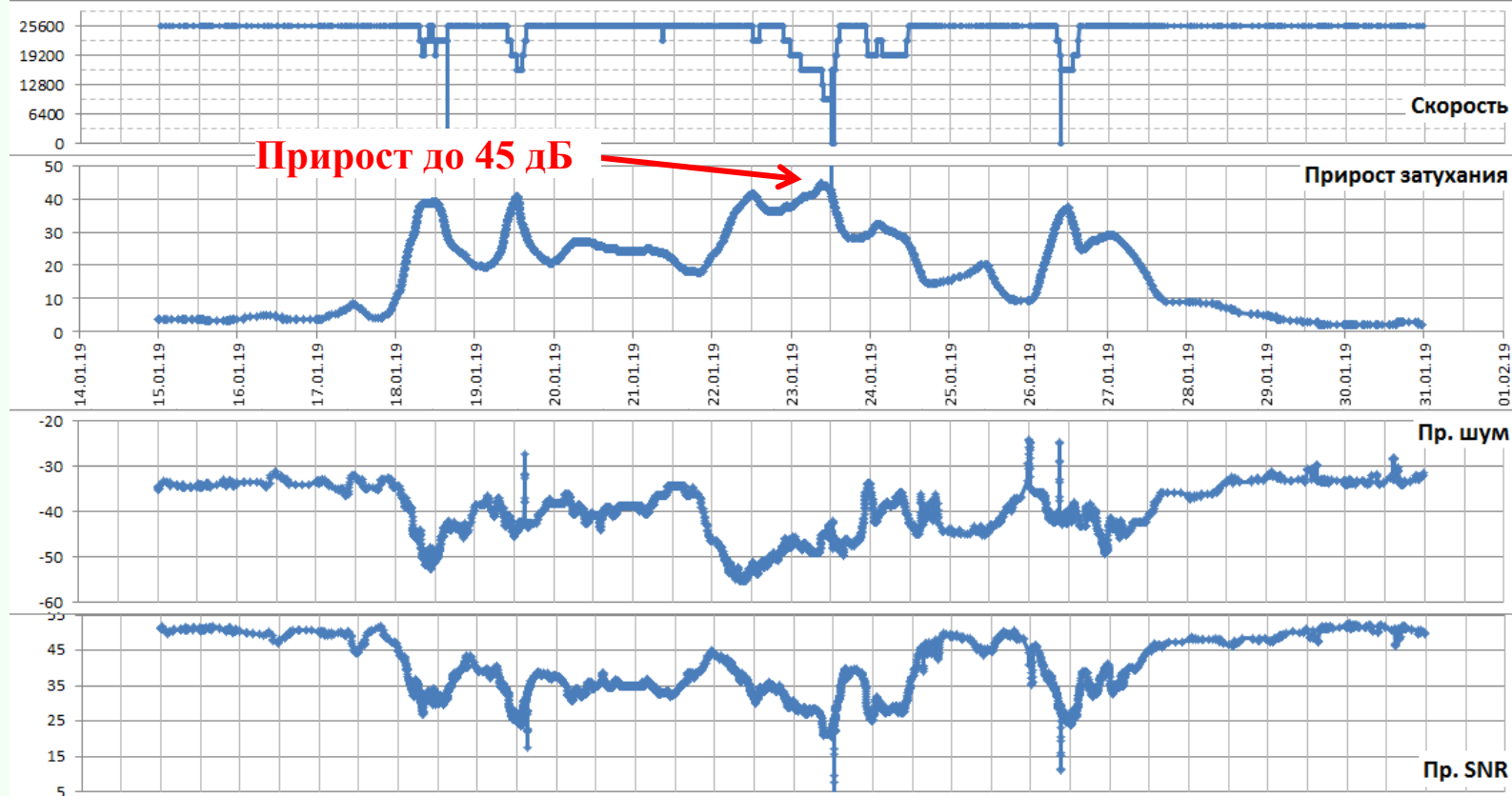
Сохранение управляемости энергосистемы при природных катаклизмах (гололедный дождь, тайфуны, сходы селевых потоков) – нарушение всех видов связи – ВЧ-связь единственный вид связи, сохраняющий работоспособность при нарушении среды передачи.

Работы СИГРЭ –требования (Telecommunication and information systems for assuring business continuity and disaster recovery. Working Group D2.34, November 2016):

1. резервирование каналов связи;
2. территориальное разнесение каналов связи;
3. резервирование среды передачи (ВЧ/ВОЛС).

Мониторинг. Работа в условиях ГИО

События ПС	, 1я полоса		Макс.уровень шума	-10,2	Интервал	чч:мм:сс	дней	Потерь канала связи	4
Первое событие	15.01.19 0:02:07	Последнее событие	30.01.2019 23:34		наблюдения	383:32:29	15,98	Всего событий	4183



Повторяемость по толщине стенки гололеда:

РУ по выбору частот 2010	1 раз в 5 лет
ПУЭ 7-издание	1 раз в 25 лет

Увеличение стенки гололеда приводит к завышенным требованиям по надежности ВЧ-канала, невозможности выбора частот. Реальной статистики по приросту затухания из ГИО **нет**

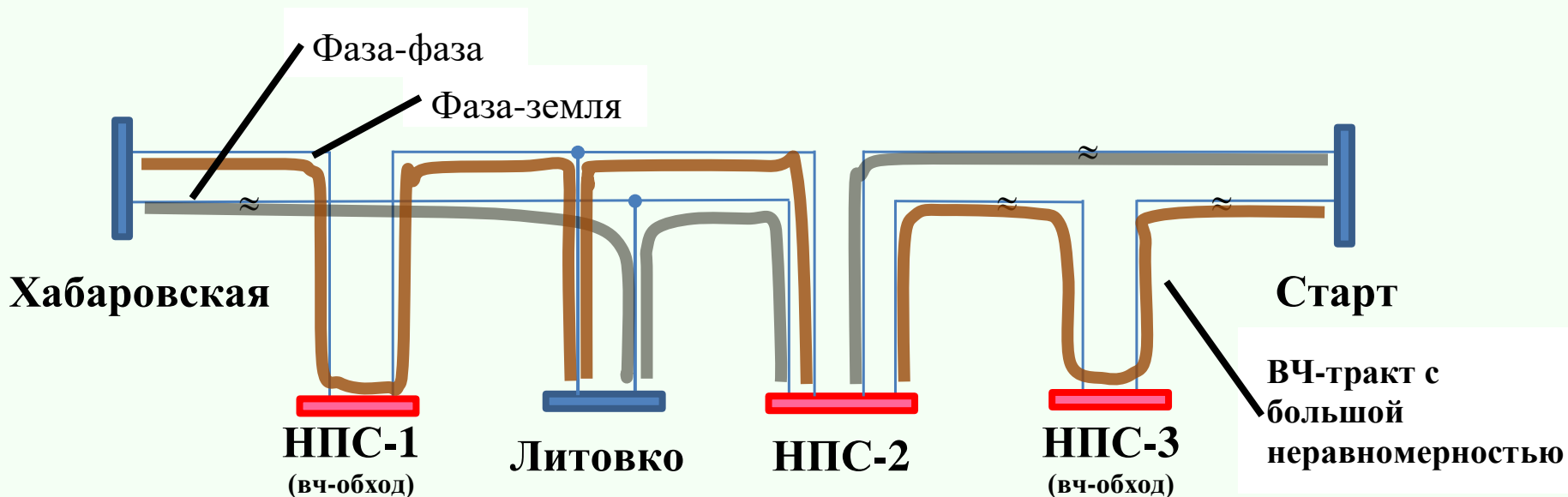
Опыт эксплуатации. ТС ВСТО (ВЛ 220 кВ, 400 км)

Задача:

- ВЛ 220 кВ с отпайкой (двухцепная);
- линия разрезается в 3х местах (НПС-1, НПС-2, НПС-3);
- сохранение каналов ВЧ-связи с увеличением скорости ПД до 9,6 кбит/с.

Решение:

- активные переприемы на ПС Литовко и НПС-2;
- установлено **12 п/к** двухканальной аппаратуры ЦВК-16, ЦВК-16П;
- Для схемы «фаза-фаза» использование ЦВК-16 с мощностью **160 Вт**;
- использование режима «смежных» частот (Хабаровская – Литовко с обходом на ПС НПС-1);
- ВЧ-тракты на ПС Литовко в разных направлениях организованы по одной и той же фазе, с разделением заградителями (направо-налево) с минимальной переходной областью 8/28 кГц.



Опыт эксплуатации. ЛЭП 500 кВ

Задача:

- Обеспечение канала сбора доаварийной информации для комплекса ПА АЭС;
- Канал телемеханики в МЭК-101 (9,6 кбит/с);
- ВЛ 500 кВ 17 км
- Резервный канал связи

Решение:

- Модернизация существующего канала ВЧ-связи в полосе 12 кГц
- Перераспределение мощности передачи в один канал для обеспечения высокой надежности канала
- Затухание ВЧ-тракта 16 дБ

Итог:

- Канал связи прошел опытную эксплуатацию 4 месяца (март-июнь 2020 года)
- Коэффициент готовности канала составил 0,99989
- Канал введен в эксплуатацию

Работа на линии 220 кВ (канал МЭК-101)

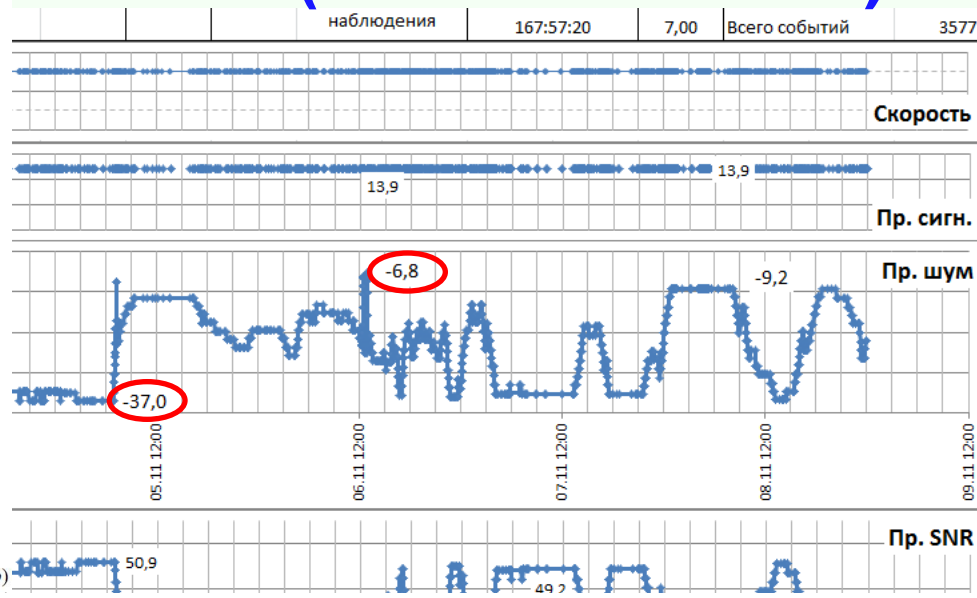
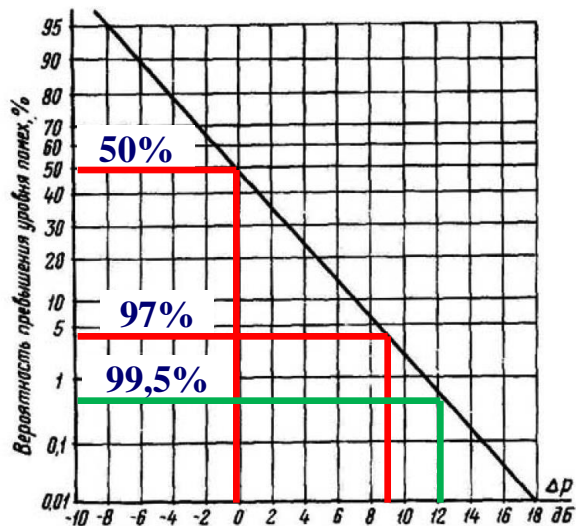
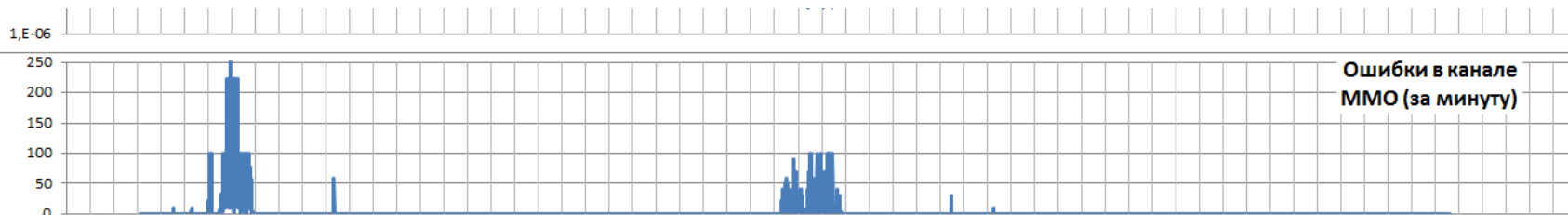


Рис. 2.1-Кривая для определения вероятности превышения уровня помех над ($p_{ном} + \Delta p$)

- **Уровень шума по РУ по выбору частот (СТО...45): -22 дБм (B=4 кГц);**
- **По РУ возможное увеличение шума на 9 дБ до -13 дБм;**
- **За неделю уровень шума изменяется от -37 дБм до -6 дБм. Уровень шума на 7 дБ выше расчетного.**

Для сохранения работоспособности каналов требуется увеличивать проектный запас с 9 дБ до 12-14 дБ.

Возможно и большее увеличение запаса после мониторинга шума на ВЛ.



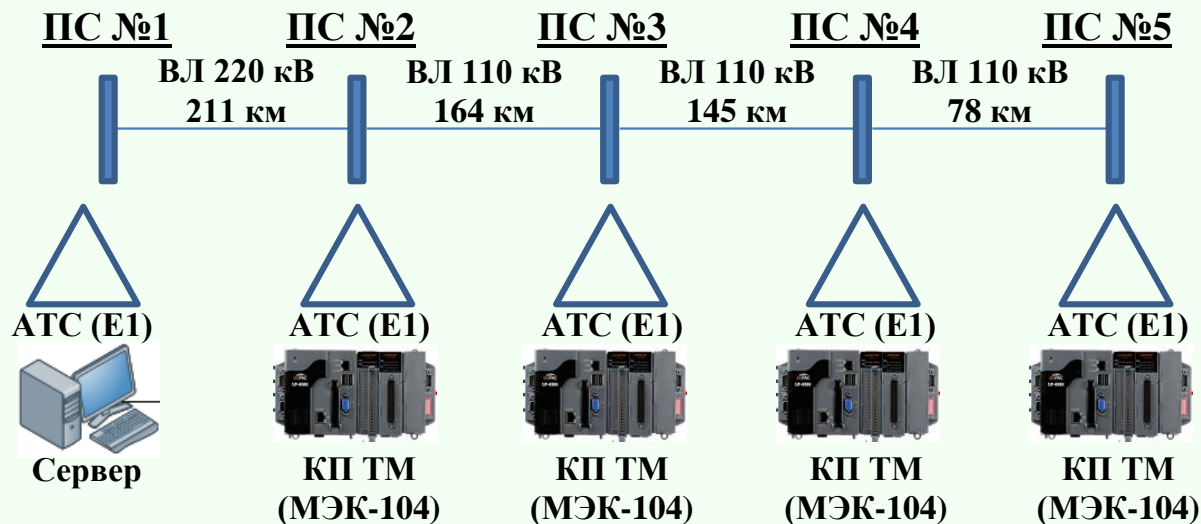
Опыт эксплуатации. Самая длинная ВЛ 110 кВ в мире

Задача:

- модернизация связи на ВЛ 220 кВ + ВЛ 110 кВ, общая **длина 600 км**, 5 ПС;
- обеспечить связи между РЭСами: диспетчерская и административно-технологическая;
- прием каналов ТМ в протоколе **МЭК-104 с 4х ПС**.

Решение:

- максимальное время задержки для диспетчерских ТЛФ каналов **не более 200 мс** (140 мс);
- проведен выбор оптимального присоединения к ВЛ;
- скорость ВЧ-модема **от 25,6 кбит/с до 35,2 кбит/с**;
- установлено **10 п/к аппаратуры ЦВК-16, ЦВК-16П**;
- в каждой полосе 4 кГц обеспечено по 3м ТЛФ канала, в т.ч. в режиме ДК/ПС;
- использование стыка **Е1** вместо 4-х пр. окончаний (АДАСЭ) для подключение к АТС Протон-Вектор и Протон-Алмаз.



Итог: успешная эксплуатация цифровых ВЧ-каналов с передачей данных ТМ в МЭК-104 и диспетчерско-технологической связи с апреля 2019 года

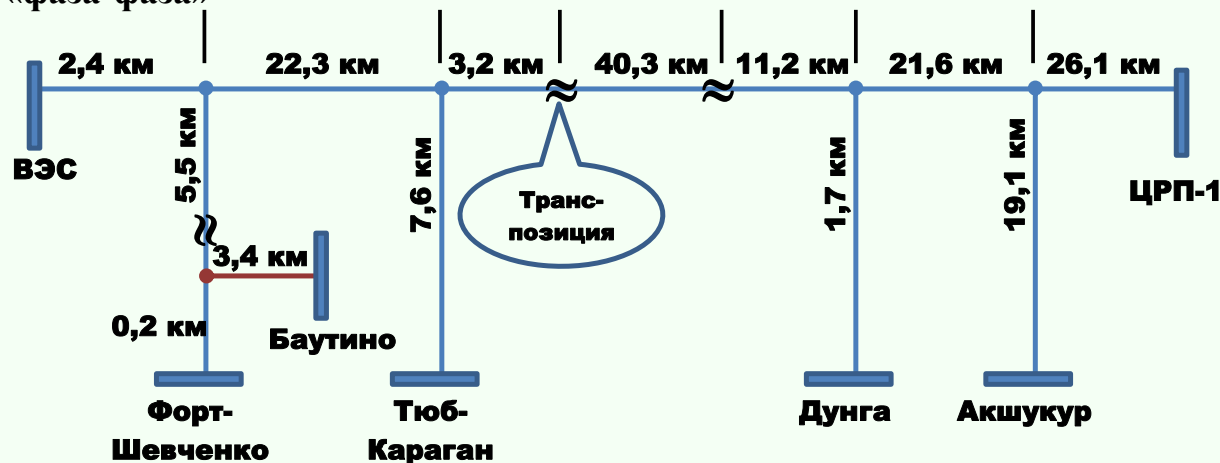
Опыт эксплуатации. УПАСК для ВЭС 47 МВт

Задача:

- ВЛ 110 кВ (сложный ВЧ-тракт):
 - Длина 127,1 км;
 - Двухцепная ВЛ;
 - 4 отпайки;
 - транспозиция;
 - «тонкий» провод.
- Передача команд РЗ и ПА (УРОВ, телеускорения) на две цепи. Дуплексная передача 8 команд

Решение:

- ЦВК-16РЗПА (рев.4) + ПВЗУ-Е на каждую цепь;
- Проектирование (расчет в WinTrakt, РФ, согласование частот);
- Использование схемы «фаза-фаза»



Итог: задача передачи команд РЗА успешно решена. Стоимость организации оптического канала несоизмерима

Успешная эксплуатация канала с июня 2019.

Измерения на ВЧ-тракте показали возможность организации канала ТМ в протоколе МЭК-104

План работы

1. Введение
2. Стандартизация в области ВЧ-связи
3. Линейка аппаратуры ЦВК-16 НПФ Модем
4. Опыт эксплуатации
5. **Мониторинг**

Мониторинг SNMP

Современная аппаратура ВЧ-связи позволяет опрашивать ее состояние по протоколам МЭК-104, SNMP

Для ЦВК-16 это реализовано через блок ДАН2 через порт Ethernet

Всего формируется более 100 параметров о состоянии как **аппаратуры**, так и состоянии **ВЧ-канала связи**:

- затухание ВЧ-тракта (уровень АРУ);
- прирост затухания канала (диагностика ВЧ-обработки);
- уровень шума (диагностика основного оборудования);
- соотношение сигнал/шум;
- достигаемая скорость на ВЧ-интерфейсе (распределение по времени);
- загрузка каналов передачи данных (скорость, переполнение буферов);
- отказы/деградация аппаратуры.

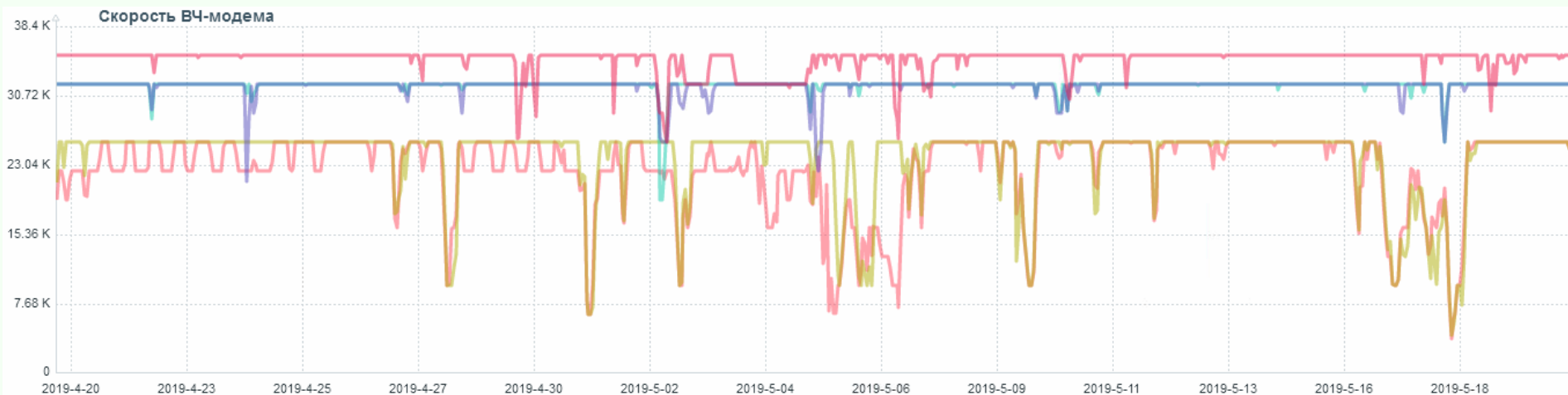
Серверы SNMP

Сбор информации позволяет в графическом виде видеть состояние каналов связи (скорость передачи, загрузка каналов связи), деградацию каналов (рост затухания ВЧ-тракта, изменение уровня шума) в течение всего времени эксплуатации ВЧ-каналов

Сбор/накопление/обработка статистических данных позволяет вносить изменения в текущую работу канала, а главное используется при последующем проектировании.

Переход к периодического обслуживанию аппаратуры к **обслуживанию по состоянию**, значительно снижающего эксплуатационные затраты.

Данный сбор информации реализован в Якутскэнерго, Тулаэнерго.



Мониторинг ВЧ-канала на ВЛ 220 кВ, 210 км

ZABBIX

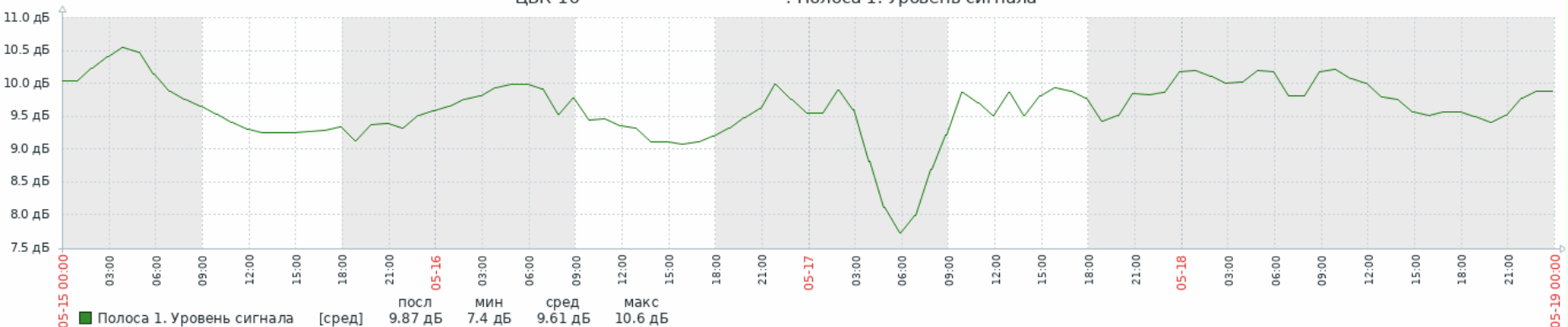
ЦВК-16

Конфигурация текущая. Полоса 1. Скорость



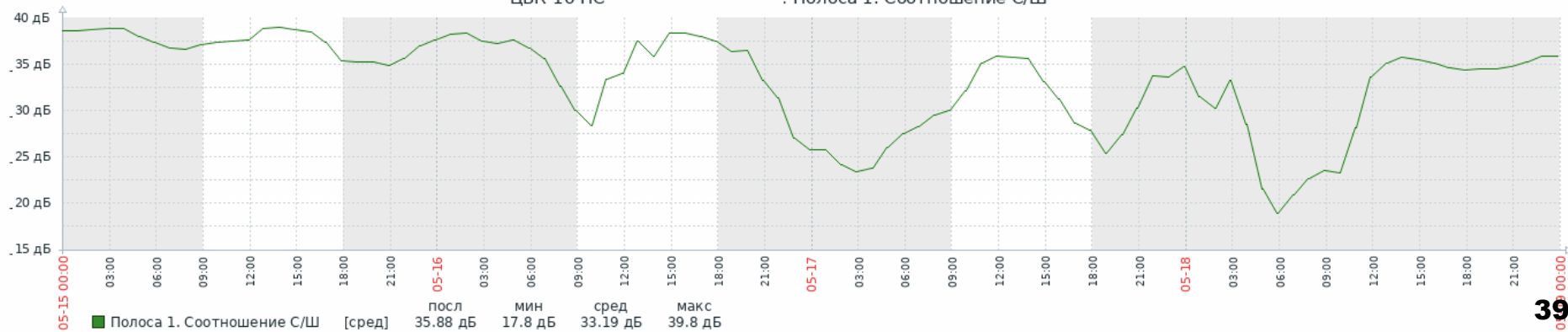
ЦВК-16

: Полоса 1. Уровень сигнала



ЦВК-16 ПС

: Полоса 1. Соотношение С/Ш



Причины неработоспособности ВЧ-канала

1. Низкое соотношение сигнал/шум (менее 15 дБ)
2. Большая неравномерность АЧХ ВЧ-тракта (более 12 дБ).
Норма по СТО-178: 4 дБ;
3. Нелинейность в ВЧ-канале
- отказ БП УМ;
4. Нелинейность на приеме аппаратуры (неправильная установка аттенюатора БЛИ)
5. «Быстрое» изменение параметров ВЧ-тракта
- пляска проводов;
- неисправность ОПН заградителя (Вологдаэнерго)

Особенности работы на ВЛ 35-110 кВ и 220 кВ

Параметр	35-110 кВ	220 кВ и выше
Уровень шума	низкий	высокий
Характер шума	белый шум + импульсные помехи	«Корона» (требуется дополнительный запас 3-6 дБ)
Затухание ВЧ-тракта	Высокое при наличии отпаек и ВЧ-обходов	Высокое при большой протяженности
Нормируемый запас по ГИО для III района 400 (1000) кГц	35 кВ – 25 (29) дБ 110 кВ – 19 (22) дБ	220 кВ – 14 (17) дБ 330 кВ – 10 (12) дБ 500 кВ – 6,4 (7,6) дБ

При проведении ПНР:

- Каналы, организованные на ВЛ 35-110 кВ в хороших погодных условиях должны работать **на максимальной скорости** и/или с большим запасом.
- Требуется проверять запас на ухудшение условий приема (увеличения шума, снижение принимаемого сигнала).

Результаты эксплуатации

По результатам эксплуатации цифровых каналов ВЧ-связи можно отметить:

- возможно построение надежных **цифровых** каналов ВЧ-связи (коэффициент надежности **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.

ВЧ-связь продолжает оставаться одним из основных видов связи в электроэнергетике.

Список литературы

- Серия брошюр «Измерения в ВЧ-связи» (под ред. Ю.П.Шкарина) Библиотека AnCom (на сайте www.analytic.ru)
 - «Устройства обработки и присоединения», Москва 2017, изд.4
 - «ВЧ-тракт», Москва 2014, изд.1
 - «Каналы и аппаратура», Москва 2014, изд.1
 - «Программы WinTrakt и WinNoise для расчета параметров ВЧ-трактов и помех от короны», Москва 2016, изд.2
- Микуцкий Г. В., Скитальцев В. С. «Высокочастотная связь по линиям электропередачи», Энергия 1977г. , 440 стр.
- Шкарин Ю.П. Высокочастотные тракты каналов связи по линиям электропередачи (часть 1 и 2). М., НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2001
- Меркулов А.Г., Шкарин Ю.П., др. «Цифровые каналы высокочастотной связи», Горячая Линия – Телеком, 2019, 240 стр., ISBN978-5-9912-0824-6
- СТО 56947007-33.060.40.108-2011 Нормы проектирования систем ВЧ связи, ОАО «ФСК ЕЭС»
- СТО 56947007-33.060.40.045-2010 Руководящие указания по выбору частот высокочастотных каналов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ, ОАО «ФСК ЕЭС»
- СТО 56947007-33.060.40.052-2010. Методические указания по расчету параметров и выбору схем высокочастотных трактов по линиям электропередачи 35-750 кВ переменного тока
- Костенко М.В., Перельман Л.С., Шкарин Ю.П. Волновые процессы и электрические помехи в многопроводных линиях высокого напряжения. М., Энергия, 1973, 270 с.
- Микуцкий Г.В., Шкарин Ю.П. Линейные тракты каналов ВЧ связи по линиям электропередачи. - М.: Энергоатомиздат, 1986
- Сайт «Советы бывалого релейщика», <http://rzia.ru/>
- Сайт «Телемеханика и связь в энергетике», <http://offtop.ru/telemex/>

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

email: nazarov@npfmodem.spb.ru

www.npfmodem.spb.ru

skype: npfmodem

