



**5-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ
И АВТОМАТИКИ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

Перспективы использования ВЧ каналов в системах РЗА

1-5 ИЮНЯ 2015 г., СОЧИ

ВЧ КАНАЛЫ В СИСТЕМАХ РЗА

ВЧ тракты по **ЛЭП** 35 кВ и выше в существующих в России системах **РЗА**

- **ДФЗ** и **НЗ** с **ВЧБ** – каналы **ВЧ** защит
- **КСЗ** и системы **ПА** – каналы передачи аварийных сигналов и команд

ВЧ каналы для систем **РЗА** и сами системы **РЗА** для работы по **ВЧ** каналам

- высокая надежность и безопасность
- дешевизна, полная собственность энергопредприятий
- быстрота развертывания
- минимальное время устранения неисправностей **ЛЭП**

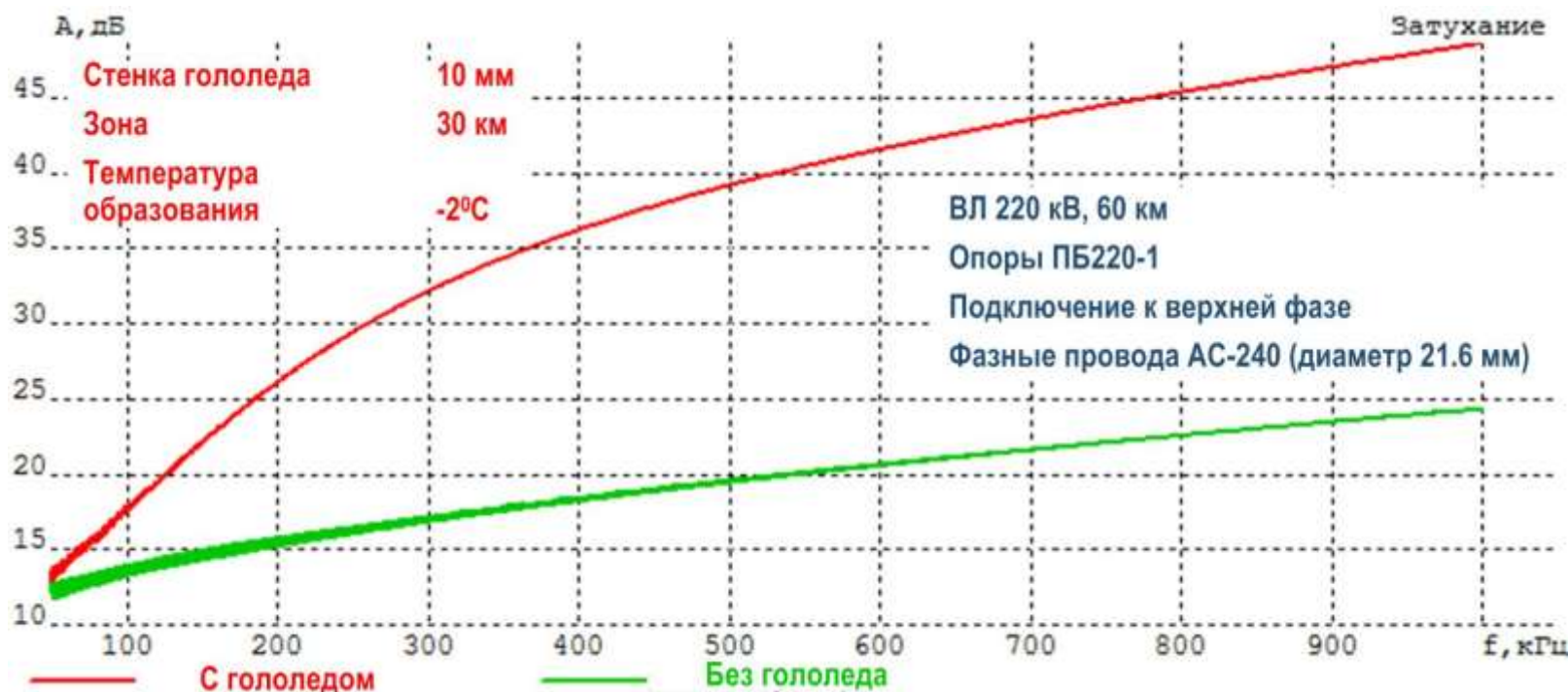


Использование оптических волокон только для цифровых устройств и систем **РЗА** на средних и больших расстояниях экономически неэффективно

Не всегда существующие системы **РЗА**, использующие только цифровые системы передачи информации (**ЦСПИ**), могут достигнуть технической и экономической эффективности систем, использующих **ВЧ** каналы



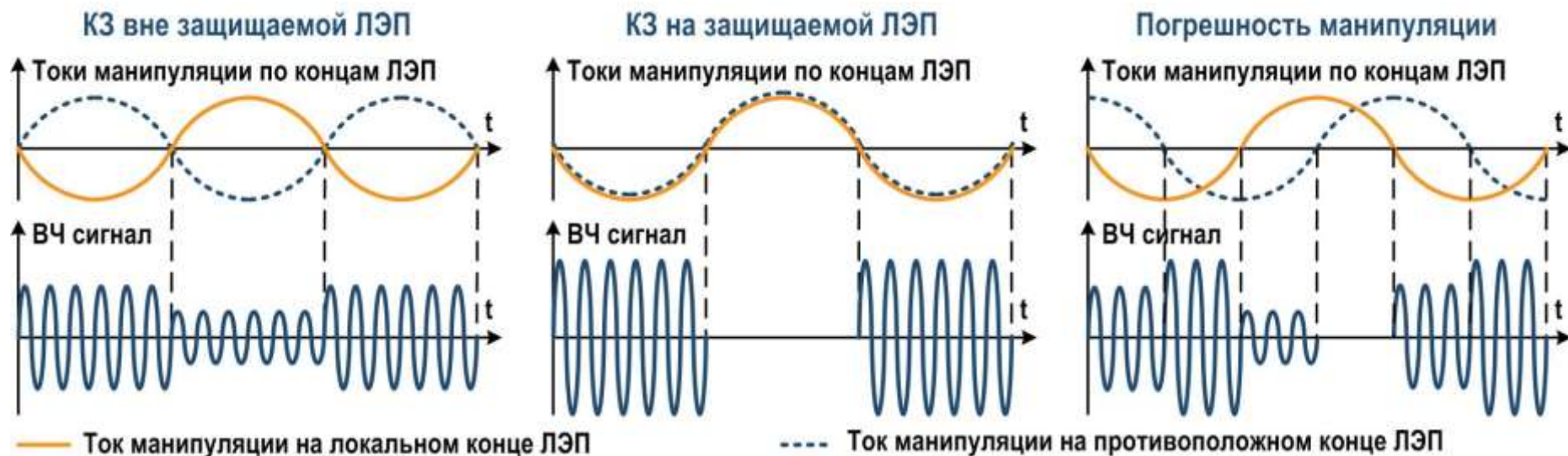
Вопросы использования **ВЧ** каналов в перспективных системах **РЗА** (цифровые **ПС**, **WAMPAC** и т.д.) практически не рассмотрены



Рабочее затухание ВЧ тракта может быть рассчитано

- по приближенным методикам (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, 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)
- по точным методикам (например, программа WinTrakt)

Тип помехи	Уровень относительно принимаемого ВЧ сигнала	Длительность
Непрерывные	Могут быть рассчитаны	
Шум от частичных разрядов исправных изоляторов	Низкий, меняется во времени	Постоянно
Шум от коронирования фазных проводов на ВЛ 110 кВ и выше	Низкий, меняется во времени	Постоянно
Сторонние ВЧ и радио каналы	Зависит от мощности стороннего передатчика и механизма влияния	Зависит от мешающего канала
Импульсные	Трудно предсказуемые	
Разряд молнии	Высокий	10 ... 1000 мс
Короткое замыкание начало горение дуги	Высокий Средний	2 ... 20 мс 100 мс
Коммутация выключателя	Высокий	5 ... 20 мс
Коммутация разъединителя	Высокий	500 ... 10000 мс



Наиболее распространена амплитудная манипуляция **ВЧ** сигнала током промышленной частоты

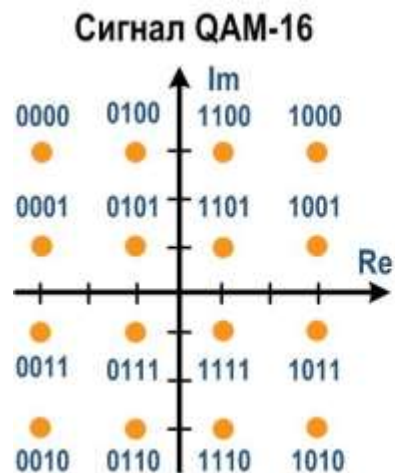
- при **КЗ** вне **ЛЭП** – постоянное наличие **ВЧ** сигнала на входе приемника
- при **КЗ** на **ЛЭП** – отсутствие **ВЧ** сигнала на входе приемника → действие **ДФЗ**

Важной является точность манипуляции **ВЧ** сигнала при переходе тока промышленной частоты через ноль

Отказ канала из-за увеличения затухания **ВЧ** тракта при **КЗ** на **ЛЭП** не приводит к отказу **ДФЗ** в действии



Кодирование **ВЧ** сигналов уменьшает влияние помех, в том числе и узкополосных. Обработка контрольного/охранного сигнала и сигналов команд в узкой полосе снижает влияние импульсных помех, которые имеют широкополосный спектр, и позволяет обеспечить передачу команд при отношении сигнал/шум 6 дБ в полосе 4 кГц.



Модемы с **QAM** и **OFDM** по сравнению с традиционными **ЧМ** модемами

- высокая спектральная эффективность → более высокая скорость передачи данных
- большая задержка в канале (**QAM** – десятки мс, **OFDM** – сотни мс в полосе 4 и 8 кГц, у **OFDM** задержка увеличивается с ростом числа несущих частот)
- большое время восстановления канала после его прерывания (может достигать несколько десятков секунд)
- высокое отношение пиковой мощности сигналов к действующей (в **QAM** достижимо 3...4 дБ, в **OFDM** – 5...10 дБ)



Сложность обеспечения высокой скорости в **ЦВЧ** канале с полосой 4 кГц (24 кбит/с при отношении сигнал/белый шум 32 дБ), для увеличения скорости требуется более широкая полоса **ЦВЧ** канала, что не всегда осуществимо на практике

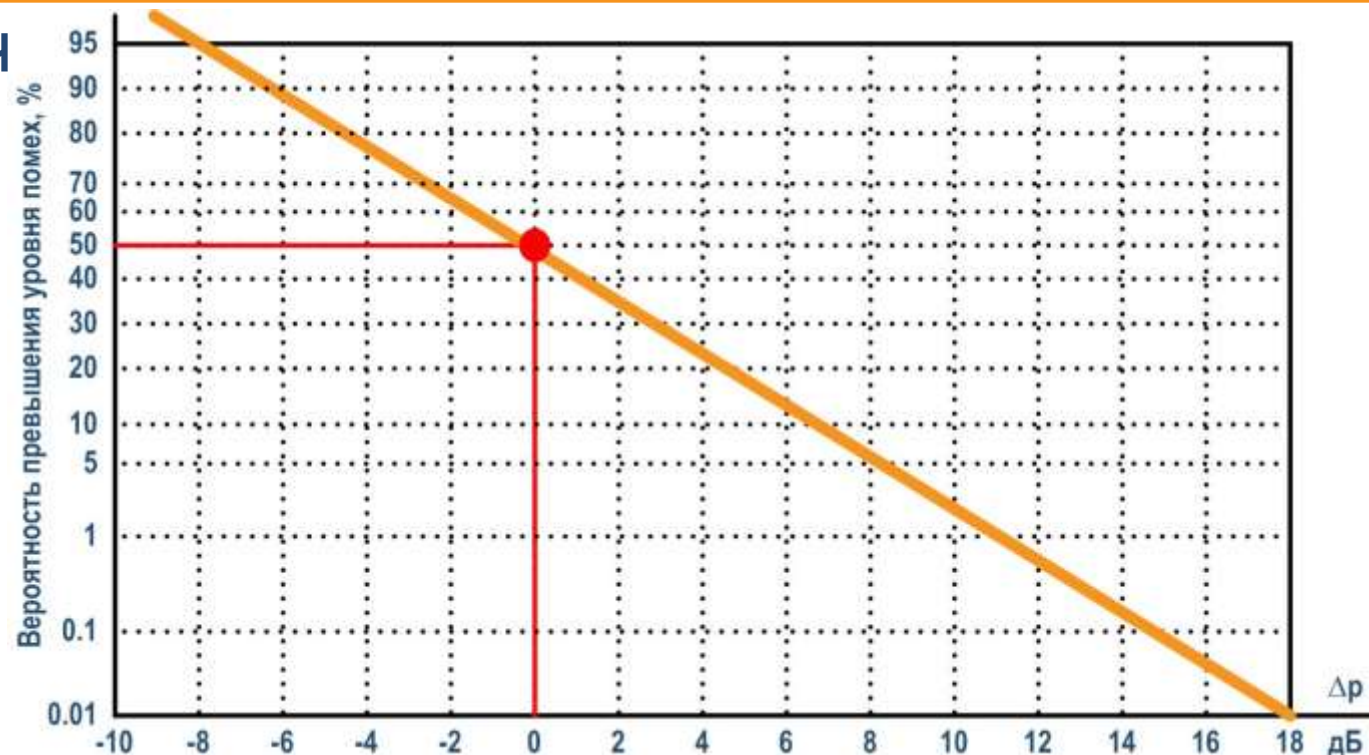
Нестационарная природа помех от «короны» увеличивает требуемое отношение сигнал/шум по сравнению с белым шумом на 5...7 дБ в зависимости от реализации **ЦВЧ** аппаратуры и напряжения **ЛЭП**

Отказ **ЦВЧ** каналов при приращении затухания при **КЗ** на **ЛЭП** (при схеме подключения «фаза-земля») нормируемое приращение затухания при однофазном **КЗ** – 22 дБ)

ЦВЧ КАНАЛЫ: КОЭФФИЦИЕНТ ГОТОВНОСТИ

При проектировании **ЦВЧ** каналов используется уровень помех с 50% вероятностью его превышения (слабый дождь)

Нормируемый запас в 9 дБ обеспечивает коэффициент готовности около 0.97 (сильный дождь)



Для обеспечения коэффициента готовности **ЦВЧ** канала 0.99-0.995 необходим запас порядка 11-12 дБ

Требуется изменение существующих методик проектирования **ВЧ** каналов

При построении систем **РЗА** с использованием **ЦВЧ** каналов необходимо учитывать

- ограничения по скорости передачи данных и задержку
- отказ каналов из-за увеличения затухания **ВЧ** трактов при **КЗ** на **ЛЭП** и прерывание передачи данных в следствие воздействия больших импульсных помех или изменения коммутационного состояния **ЛЭП**

Для передачи данных одного **УСВИ** по **Ethernet** с частотой 50 Гц требуется скорость **ЦВЧ** канала без использования сжатия заголовков **UDP/IP** не менее 26.4 кбит/с в формате с плавающей запятой (информационная скорость без **UDP/IP** – 15.2 кбит/с) и 22.4 кбит/с в целочисленном формате (информационная скорость – 11.2 кбит/с)

ЦВЧ каналы с полосой более 16-20 кГц могут обеспечить требуемые скорости и задержки

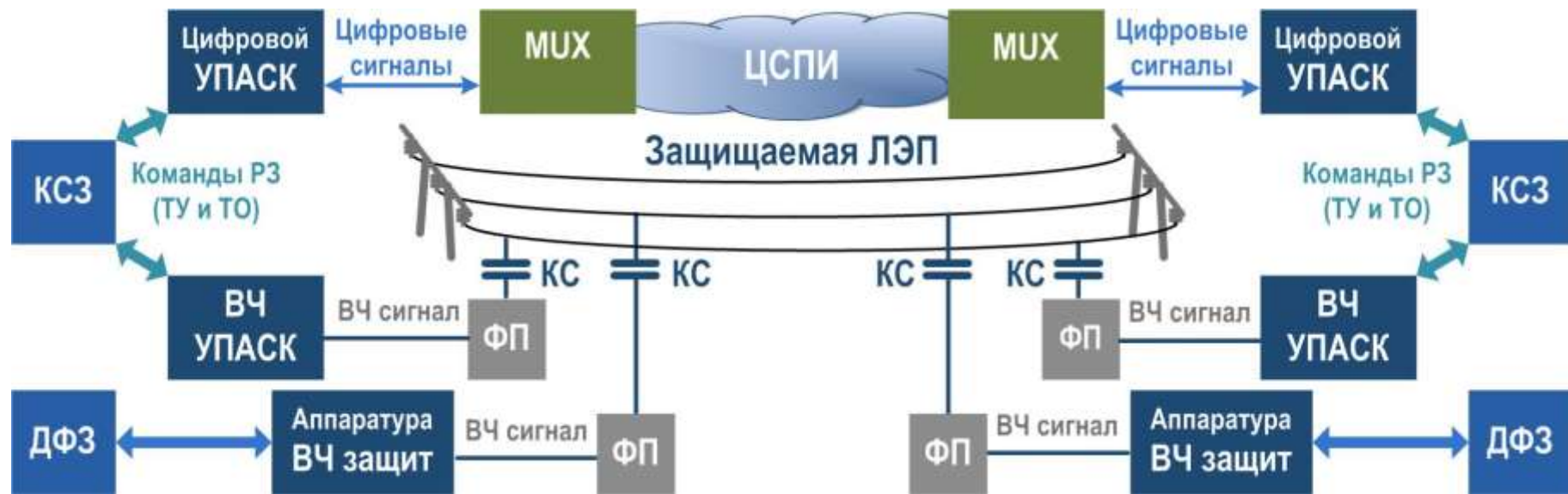
Но прерывания **ЦВЧ** каналов при импульсных помехах и отказ при **КЗ** на **ЛЭП** делают крайне затруднительным их использование в быстродействующих **on-line** системах **РЗА**

Например, использование **ЦВЧ** каналов для передачи **GOOSE** сообщений или для **ДЗЛ** абсурдно из-за их отказов при **КЗ** на **ЛЭП**, т.е. тогда, когда требуется действие защит

Но не существует неустранимых ограничений для использования **ЦВЧ** каналов в **off-line** системах **РЗА**, например, в **СМПР** для скачивания архивов данных в **УСВИ**

ВЧ каналы по ЛЭП	ЦСПИ по ВОК
+ Область использования в РЗА: ДФЗ , НЗ с ВЧБ , УПАСК для КСЗ с ТУ и ТО и систем ПА	+ Область использования в РЗА: ДЗЛ , НЗ с передачей блокирующих сигналов, УПАСК для КСЗ с ТУ и ТО и систем ПА
+ Большая протяженность без ретрансляторов	- Ограниченная протяженность без ретрансляции (за разумную стоимость)
+ Быстрое устранение неисправностей ЛЭП	- Иногда неопределенно большое время устранения неисправностей ВОК
- Влияние электромагнитных помех на среду передачи сигналов (удары молнии и т.д.)	+ Устойчивость среды передачи сигналов к электромагнитным помехам
+ Использование существующей крайне надежной среды передачи сигналов	- Потребность в дополнительных инвестициях для прокладки ВОК
- Небольшое число каналов и ограниченная пропускная способность	+ Большое число каналов и высокая скорость передачи данных
- Большая задержка в каналах	+ Небольшая задержка в каналах
+ Высокая информационная безопасность на уровне каналов и при отсутствии удаленного доступа на уровне оборудования и системы	- Низкая информационная безопасность, как на уровне каналов, так и оборудования, системы и систем управления

Совместное использование **ВЧ** каналов и **ЦСПИ** в **РЗА** позволяет нивелировать их минусы

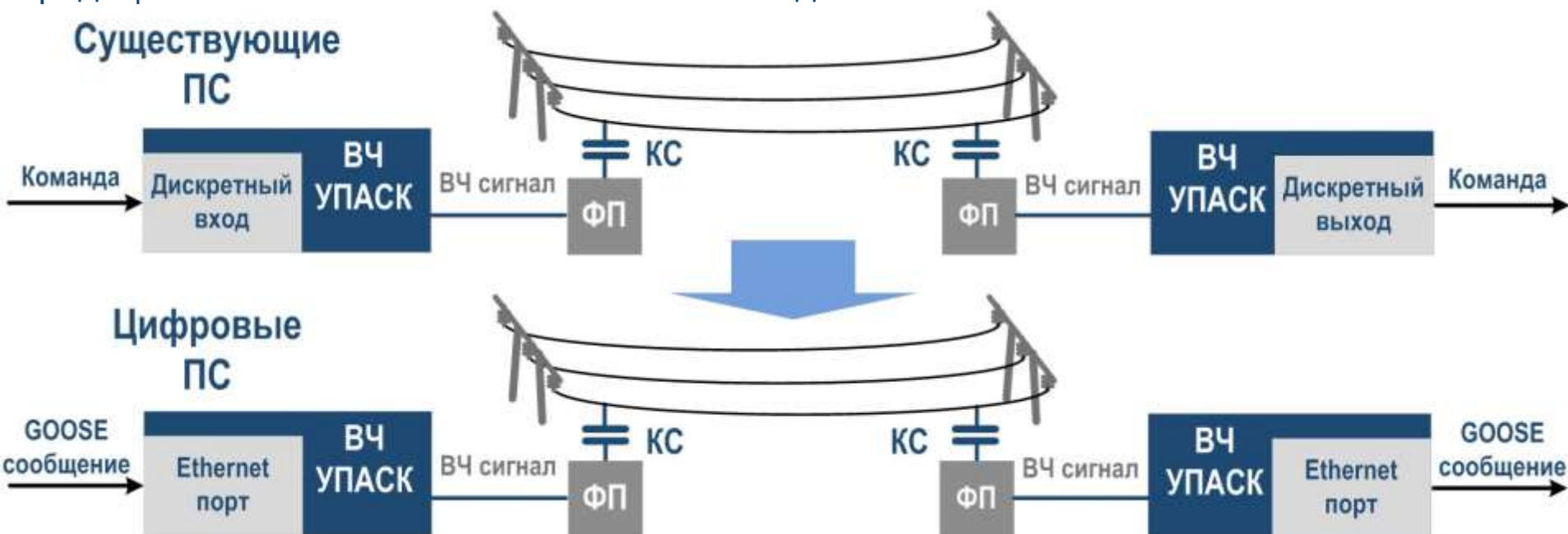


Крайне высокая надежность за счет

- резервирования защит **ЛЭП**
- резервирования каналообразующего оборудования **РЗА**
- резервирования среды распространения сигналов

Актуальным является совместное использование **ВЧ** каналов и **ЦСПИ** в рамках концепции цифровой **ПС**

Передача управляющих воздействий – преобразование **GOOSE** сообщений в традиционные аналоговые **ВЧ** сигналы команд



Джиттер (отклонения от средней задержки следования пакетов) в сети **Ethernet** – проблема для обеспечения точной манипуляции **ВЧ** сигналом передатчика **ДФЗ**

Величина джиттера зависит от конкретной реализации сети и ее загрузки

Необходимы синхронизированные буфера компенсации джиттера, увеличивающие задержку в манипуляции **ВЧ** сигналом

- **ЦВЧ** каналы имеют крайне ограниченную область применения как в существующих так и в перспективных быстродействующих **on-line** системах **РЗА** в силу невозможности обеспечения в них требуемой надежности из-за увеличения затухания **ВЧ** трактов при **КЗ** на **ЛЭП** и прерываний передачи данных в следствие воздействия больших импульсных помех или изменения коммутационного состояния **ЛЭП**
- В **off-line** системах **РЗА** неустранимых ограничений для использования **ЦВЧ** каналов нет
- Использование традиционных **ВЧ** каналов и аналоговых **ВЧ** сигналов актуально как в существующих, так и в перспективных системах **РЗА**
- Использование традиционных аналоговых **ВЧ** сигналов в перспективных системах **РЗА** не требует изменения методик проектирования **ВЧ** каналов

В НАШЕМ ЛИЦЕ ВЫ НАЙДЕТЕ НАДЕЖНОГО
ПАРТНЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВАШИХ ЗАДАЧ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Офис:

111024, Москва, ул. 2-ая Кабельная д.2 стр.1,
Территория завода МКМ
Телефон: +7 (495) 651-99-98
E-mail: info@uni-eng.ru

Производство:

111024, Москва, ул. 2-ая Кабельная д.2 стр.1,
Территория завода МКМ
Телефон: +7 (495) 651-99-98
E-mail: info@uni-eng.ru