



VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

## РЕЛАВЭКСПО 2023

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РОССИИ

### Организация каналов передачи команд ПА по схеме «точка-многоточка» между высокоавтоматизированными ПС

к.т.н. В.А. Харламов, С.Е. Романов, А.Х. Хасанов

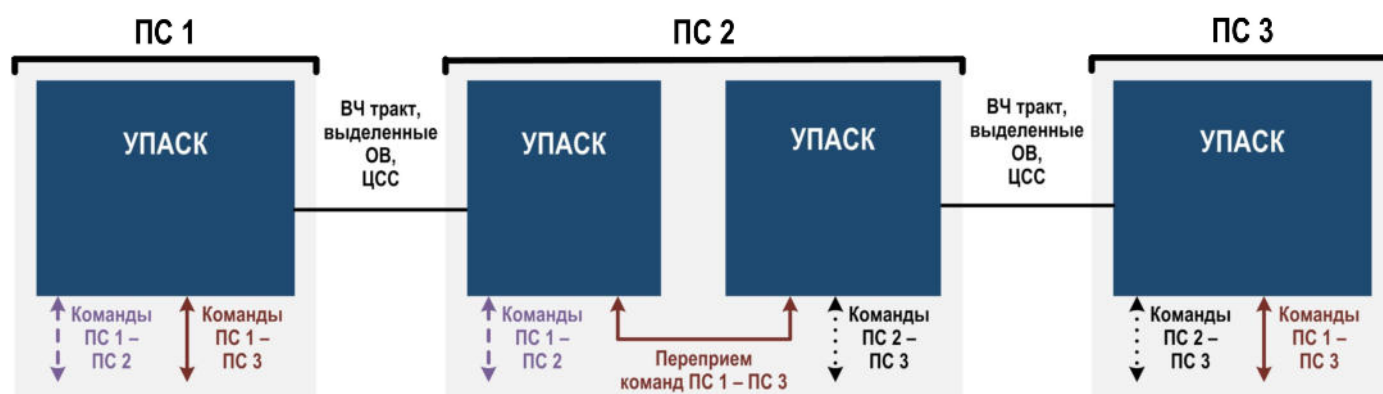
18-21 АПРЕЛЯ 2023 ГОДА, г. ЧЕБОКСАРЫ

ООО «Юнител Инжиниринг»

www.uni-eng.ru

## ПЕРЕДАЧА КОМАНД ПА ПО КАНАЛАМ «ТОЧКА-ТОЧКА»

Передача команд ПА осуществляется между большим числом ПС в пределах всей энергосистемы и в настоящее время, как правило, реализована по каналам «точка-точка» с использованием переприемов между УПАСК на промежуточных ПС



В качестве среды распространения сигналов УПАСК используют

- ВЧ каналы по ЛЭП
- Выделенные оптические волокна (ОВ)
- Цифровые сети связи (ЦСС)

**Проблема:** с развитием систем ПА требуется все большее число УПАСК

В последние два десятилетия в российской электроэнергетике происходит широкое развитие технологических **ЦСС**

В «Концепции развития релейной защиты, автоматики и автоматизированных систем управления технологическими процессами электросетевого комплекса группы компаний «Россети» отмечено, что в связи с развитием систем **ПА** и технологических **ЦСС** возникает предпосылка организации каналов передачи команд **ПА** по схеме «точка-многоточка» без переприемов команд между **УПАСК** на промежуточных **ПС**

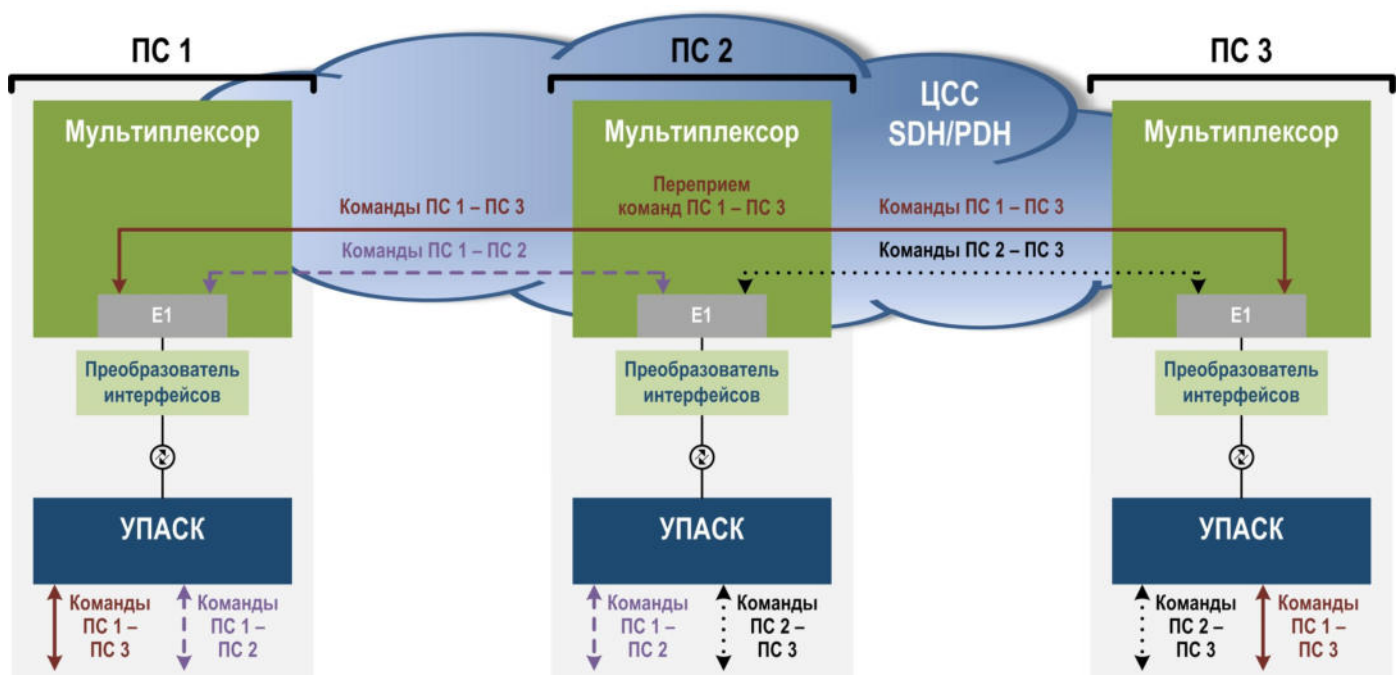
Такие каналы «точка-многоточка» в **ЦСС** без переприемов между **УПАСК** требуют новых подходов к их эксплуатации и обслуживанию, но позволяют

- уменьшить требуемое число **УПАСК**
- увеличить надежность передачи команд **ПА**
- снизить время передачи команд **ПА**

Существуют различные варианты реализации каналов передачи команд между высокоавтоматизированными **ПС** (**ВАПС**) по схемам «точка-многоточка» со своими достоинствами и недостатками

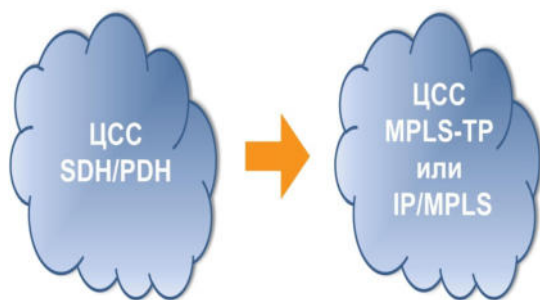
ПЕРЕДАЧА КОМАНД ПА ПО КАНАЛАМ «ТОЧКА-МНОГОТОЧКА»  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОПРИЕТАРНЫХ ПРОТОКОЛОВ (1)

Уже несколько лет по сетям **SDH/PDH** эксплуатируются каналы передачи команд **ПА** по схемам «точка-многоточка» без переприемов между или в **УПАСК**



Так же как и в каналах «точка-точка», **УПАСК** на канальном уровне (для работы по **ЦСС**) используют специально разработанные их производителями проприетарные протоколы

В эксплуатируемых сейчас каналах «точка-многоточка» обмен командами **ПА** производится по дискретным входам/выходам, но при внедрении **ВАПС** II-ой или III-ей архитектуры в них осуществим постепенный переход на обмен по **GOOSE** сообщениям (**УПАСК** на **ВАПС** начнет играть роль шлюза между шиной **ПС** и **ЦСС**)



Каналы передачи команд **ПА** по схемам «точка-многоточка» в **ЦСС** с использованием специальных проприетарных протоколов могут быть реализованы при прогнозируемом переходе от технологии временного разделения каналов **SDH/PDH** к технологиям пакетной коммутации **MPLS-TP** или **IP/MPLS**

**Единственный недостаток:** использование специальных проприетарных протоколов на канальном уровне не позволяет применять на разных концах канала **УПАСК** разных производителей

## МАРШРУТИЗИРУЕМОЕ GOOSE СООБЩЕНИЕ (ROUTABLE GOOSE – R-GOOSE)

Для передачи **GOOSE** сообщений по **IP** сетям между **ПС** в него добавляется **UDP/IP** заголовок, и таким образом из **GOOSE** получается **R-GOOSE** сообщение

<b>GOOSE</b> сообщение	Заголовок Ethernet	Набор данных GOOSE	CRC Ethernet	
<b>R-GOOSE</b> сообщение	Заголовок Ethernet	<b>Заголовок UDP/IP</b>	Набор данных GOOSE	CRC Ethernet

**UDP** позволяет осуществлять многоадресную рассылку **R-GOOSE** сообщений, что потенциально может быть применено для передачи команд **ПА** между **ВАПС** по схемам «точка-многоточка» теоретически с установкой на разных концах канала **УПАСК** разных производителей

Реализация высокоскоростного обмена **R-GOOSE** сообщениями требует применения более высокопроизводительных импортных компонентов, чем обмена **GOOSE** сообщениями, что немаловажно в текущих реалиях

**GOOSE** изначально были предназначены для передачи по локальным сетям внутри **ПС**, а не по каналам связи между ними → **R-GOOSE** сообщения унаследовали все недостатки **GOOSE** сообщений

В специальных проприетарных протоколах для передачи 8 команд с вероятностью приема ложной команды не ниже требуемой  $10^{-8}$  может быть использован, например, прием двух последовательных сообщений о командах длиной по 8 байт (общая длина посылки 16 байт = 128 бит) → эффективность использования доступной полосы канала между ПС (число команд РЗА деленное на общее число бит в посылке) – **6.25 %**

R-GOOSE	Длина	Эффективность использования полосы
R-GOOSE 8 команд	196 байт (1568 бит)	0.51 %
R-GOOSE 8 команд с атрибутом качества	236 байт (1888 бит)	0.42 %
R-GOOSE 8 команд с атрибутом качества и меткой времени	316 байт (2528 бит)	0.31 %
R-GOOSE 32 команды	268 байт (2144 бит)	1.45 %
R-GOOSE 32 команды с атрибутом качества	428 байт (3424 бит)	0.93 %
R-GOOSE 32 команды с атрибутом качества и меткой времени	748 байт (5984 бит)	0.53 %

Российские и зарубежные НТД требуют, чтобы время передачи команд РЗА без учета задержки в канале по ЦСС не превышало 10 мс с вероятностью  $10^{-4}$  при коэффициенте битовых ошибок в канале  $10^{-6}$

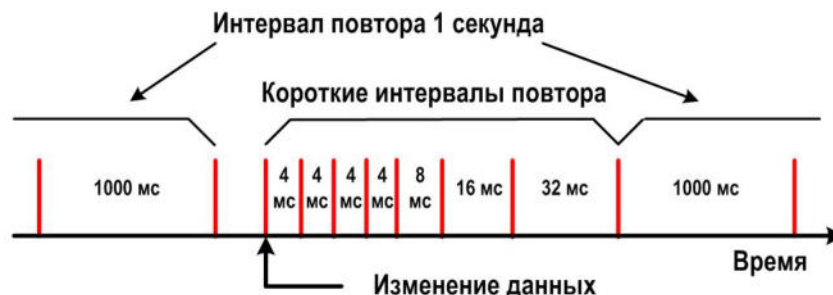
Неготовность канала между ПС по сетям SDH/PDH согласно НТД наступает только при коэффициенте битовых ошибок больше  $10^{-3}$

**Вероятности пропуска переданных команд РЗА при битовых ошибках в канале**

Посылка	Коэффициент битовых ошибок в канале			
	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$
1 специальная посылка длиной 16 байт	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$	0.013	0.13
2 специальные посылки длиной по 16 байт	$1.6 \cdot 10^{-8}$	$1.6 \cdot 10^{-6}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	0.016
1 R-GOOSE 8 команд с атрибутом качества	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$1.9 \cdot 10^{-2}$	0.19	1
2 R-GOOSE 8 команд с атрибутом качества	$3.6 \cdot 10^{-6}$	$3.6 \cdot 10^{-4}$	0.036	1
1 R-GOOSE 32 команды с атрибутом качества	$3.4 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-2}$	0.34	1
2 R-GOOSE 32 команды с атрибутом качества	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$	0.12	1

Специальные проприетарные протоколы в УПАСК осуществляют непрерывную передачу по каналу сообщений о командах РЗА, что в свою очередь позволяет обеспечить непрерывный мониторинг состояния и пропускной способности каналов связи по ЦСС

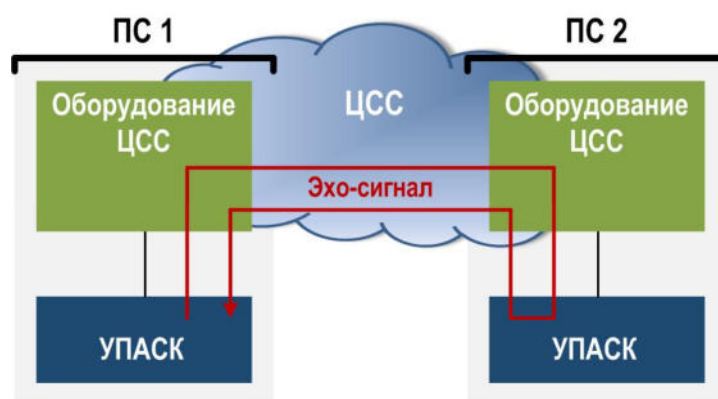
Интервалы повтора передачи GOOSE по корпоративному профилю ПАО «ФСК ЕЭС»



Приведенный механизм повтора передачи R-GOOSE делает невозможным

- непрерывный мониторинг ошибок и прерываний канала, т.к. приемник не может зафиксировать инциденты, произошедшие между передачей R-GOOSE, → деградация канала связи между ПС может быть незамечена
- мониторинг пропускной способности канала → если по какой-либо причине пропускная способность канала между ПС будет уменьшена, это не будет замечено

В специальных протоколах, используемых сейчас в УПАСК, предусмотрено измерение задержки в канале между ПС методом эхо-сигнала (при этом не требуется синхронизация часов УПАСК на разных ПС от ГЛОНАСС/GPS, к надежности работы которой для целей РЗА имеются обоснованные нарекания)



Измерение задержки R-GOOSE возможно только при синхронизации часов на разных ПС от ГЛОНАСС/GPS и наличии в R-GOOSE метки времени, что существенно увеличивает их длину → повышение требований к пропускной способности каналов между ПС и еще большее снижение и без того невысокой надежности передачи команд РЗА

В R-GOOSE отсутствуют надежные механизмы, позволяющие производить измерение задержки в канале между ВАПС → если по какой-либо причине канал будет переключен на другой маршрут в ЦСС, обладающий недопустимо большой задержкой для передачи команд ПА, то это не будет замечено

- Для передачи команд **РЗА** между **ВАПС R-GOOSE** сообщения по сравнению с специальными проприетарными протоколами, используемыми сейчас в **УПАСК**, имеют целый ряд существенных недостатков
- Данные недостатки делают крайне сомнительным использование **R-GOOSE** сообщений в каналах передачи команд **ПА** по схеме «точка-многоточка» с целью обеспечения совместимости на канальном уровне **УПАСК/шлюзов** разных производителей
- Для обеспечения совместимости на канальном уровне **УПАСК/шлюзов** разных производителей при реализации передачи команд **ПА** по схеме «точка-многоточка» с технической точки зрения значительно более предпочтительной является стандартизация специально разработанного протокола для каналов по **ЦСС** между **ВАПС**

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