



Москва, 29 сентября - 1 октября



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ 2021

«Мультишина 10G» цифровой подстанции - потенциальные проблемы, перспективы применения и возможности развития цифрового энергообъекта

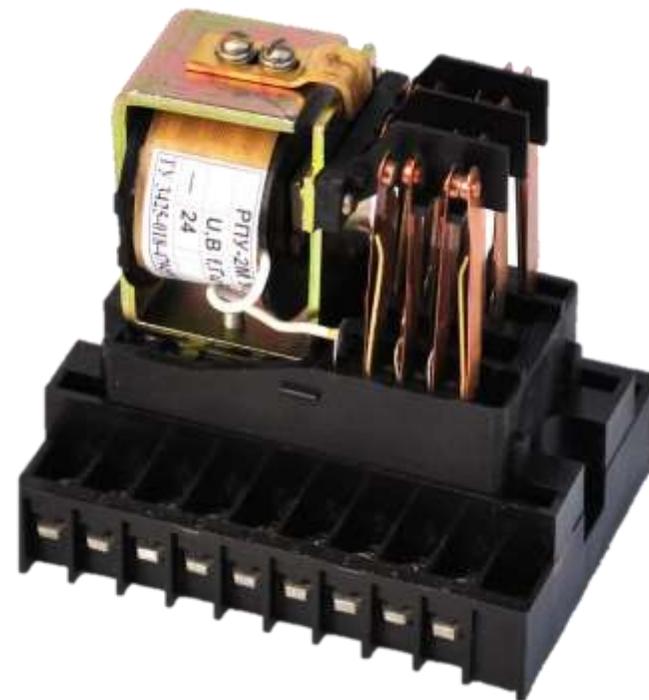
М.В. Никандров, А.С. Шеметов

«Интеллектуальные Сети», ПАО «ФСК ЕЭС»

Россия

М.В. Никандров

Эволюция электрических подстанций



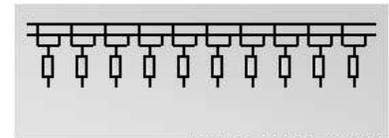
Электромеханика – основа российской энергетики и сегодня ;)

Первое поколение электроэнергетических объектов



Первое поколение:
Традиционная телемеханика
до 1986

Мнемощит



РЗА + РАС



Телемеханика

Проводные связи

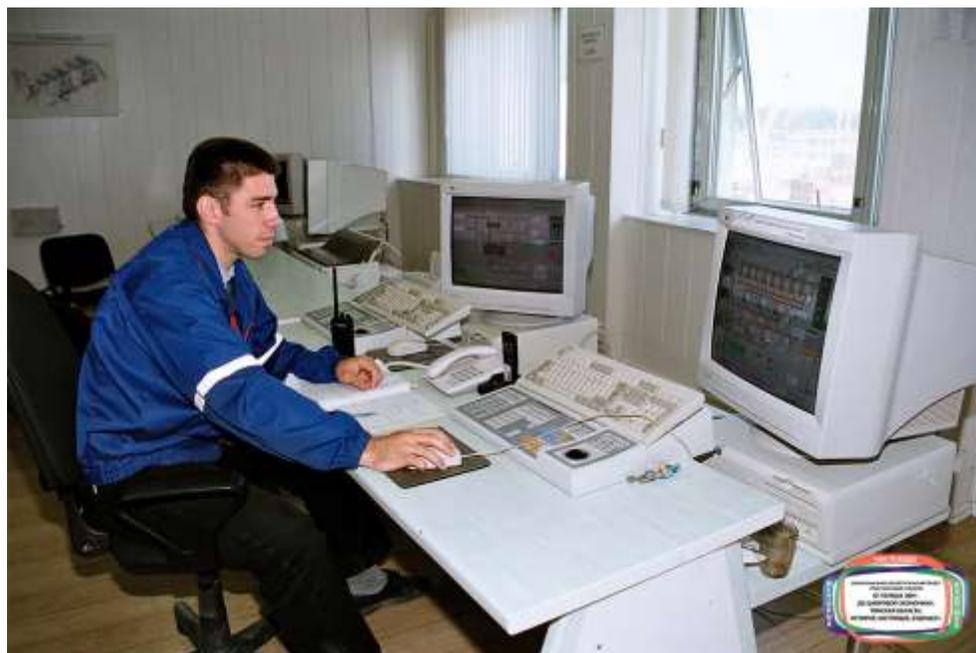
**Вторичные
цепи**

Проводные связи



Первые информационные системы – Мнемощит и Телемеханика

Второе поколение электроэнергетических объектов



Управление с АРМ, ЛВС практически нет.

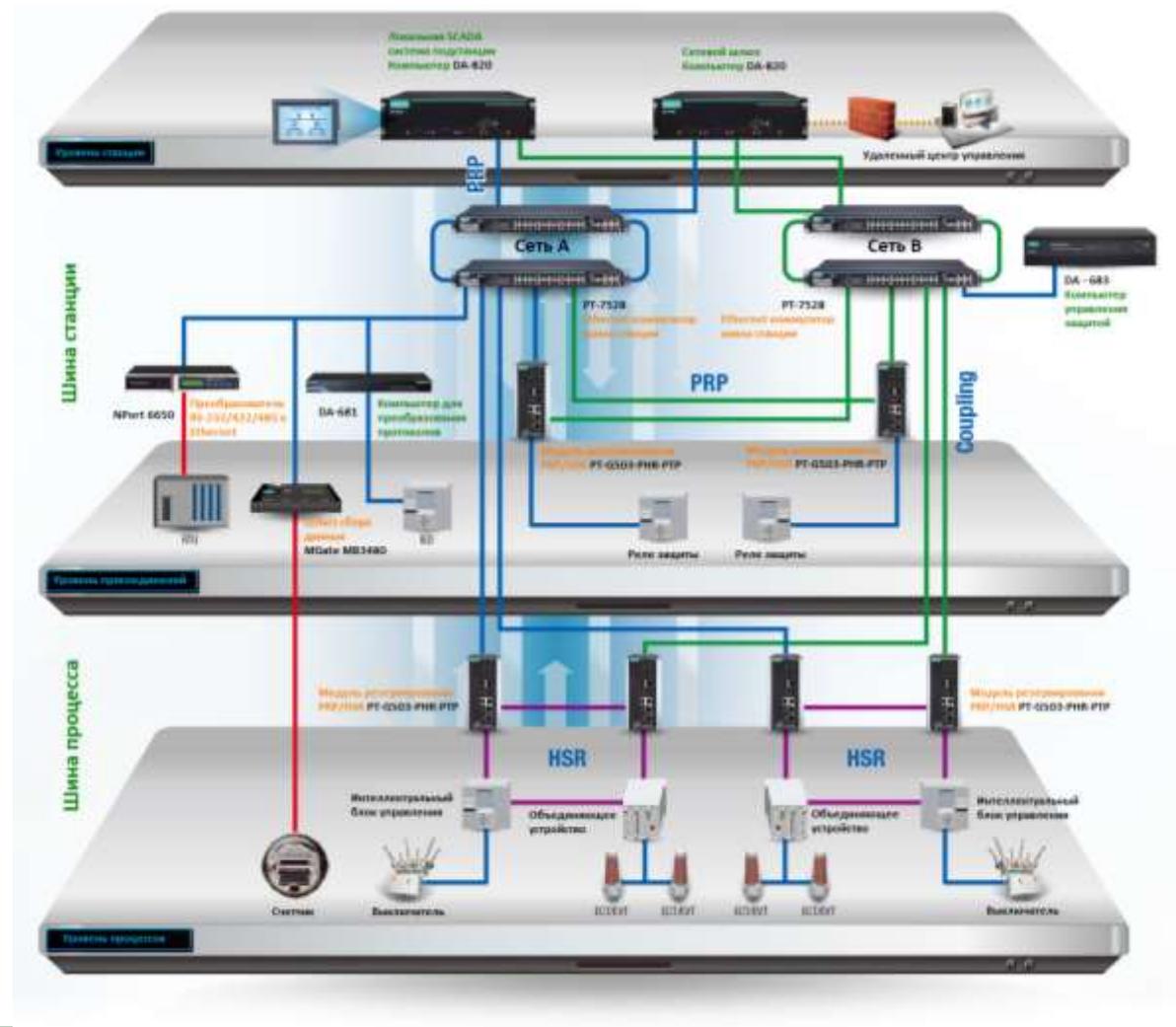


Третье поколение электроэнергетических объектов

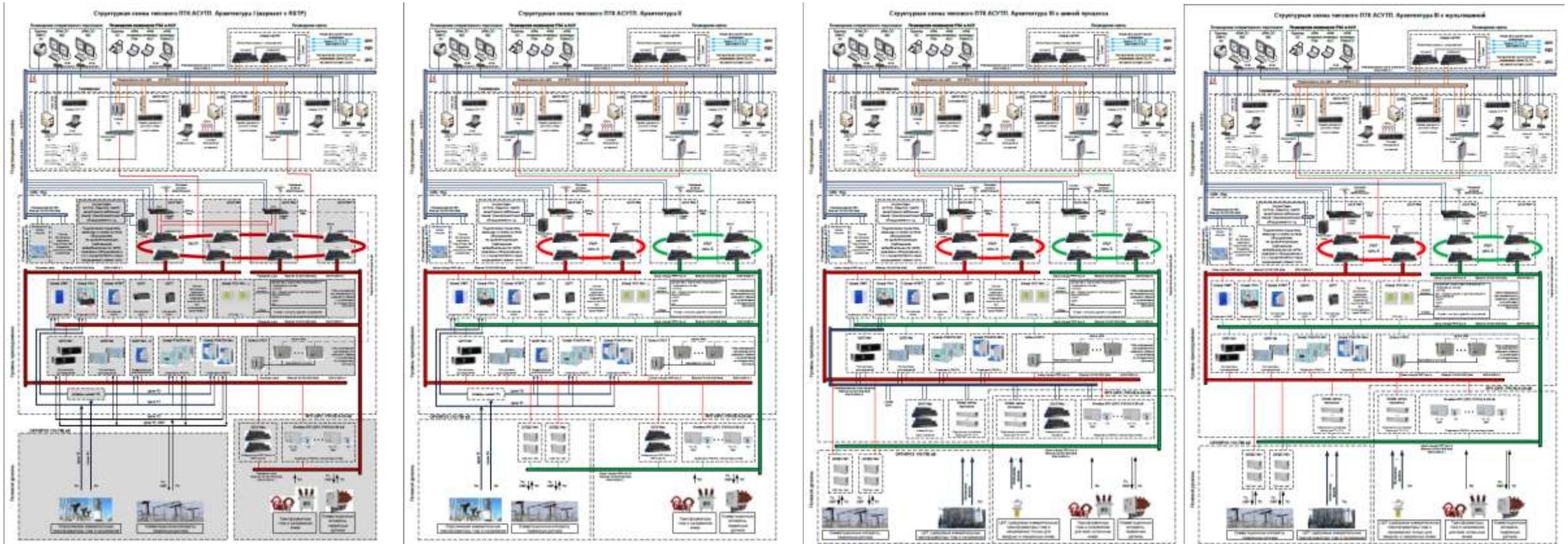


ЛВС – основа информационного обмена





СТО «Типовые технические требования к организации и технологических ЛВС в АСУ ТП ПС»

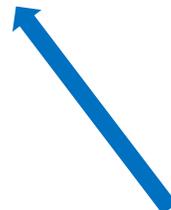
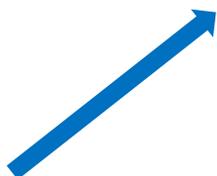


Эволюция электрических подстанций



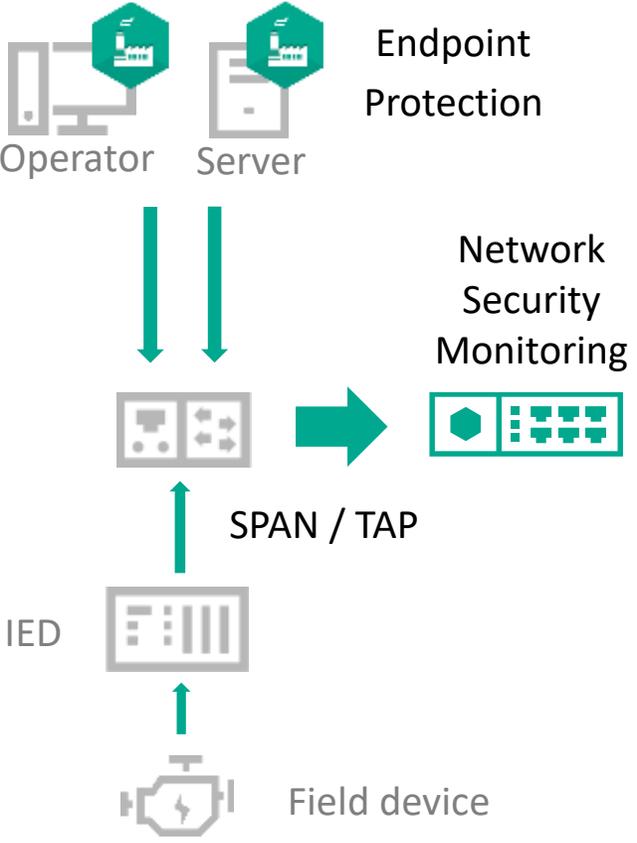
Переход от классических схем вторичного оборудования электростанций и электроподстанций, к чисто цифровой передаче и обработке сигналов

Эволюция электрических подстанций

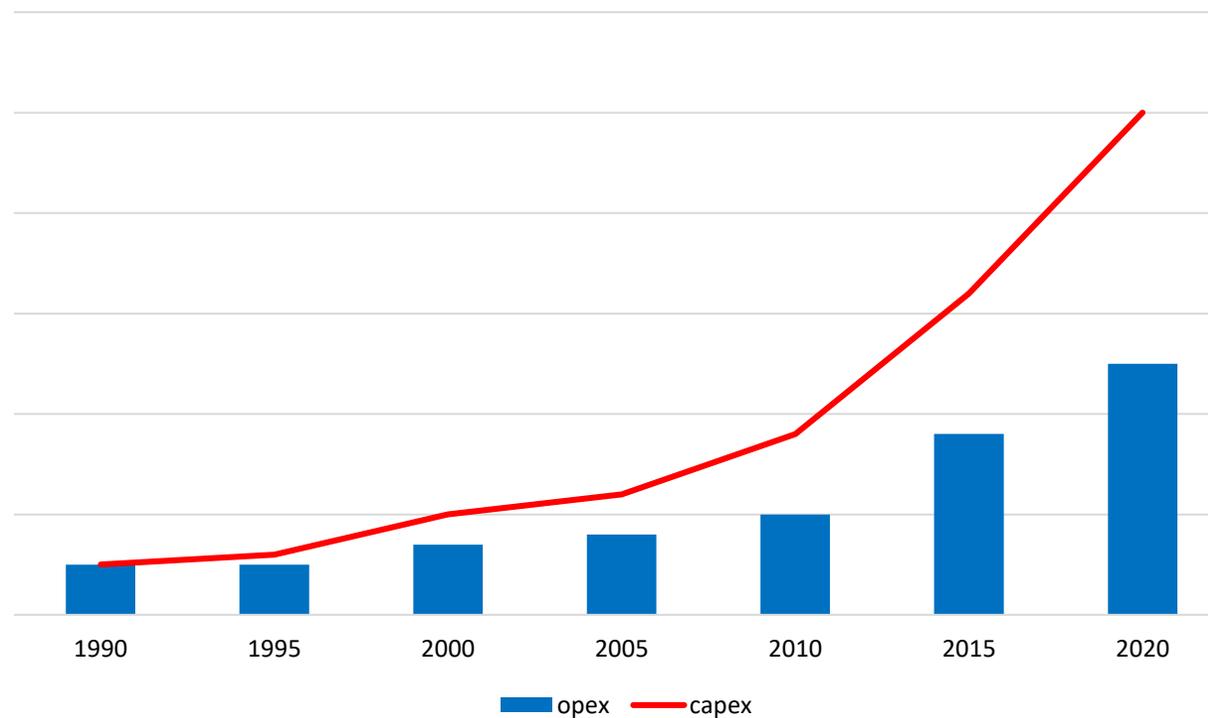


Интеграция системы технологического и охранного видеонаблюдения, системы мониторинга оборудования, усложнение систем учета и контроля качества энергии.

Эволюция электрических подстанций

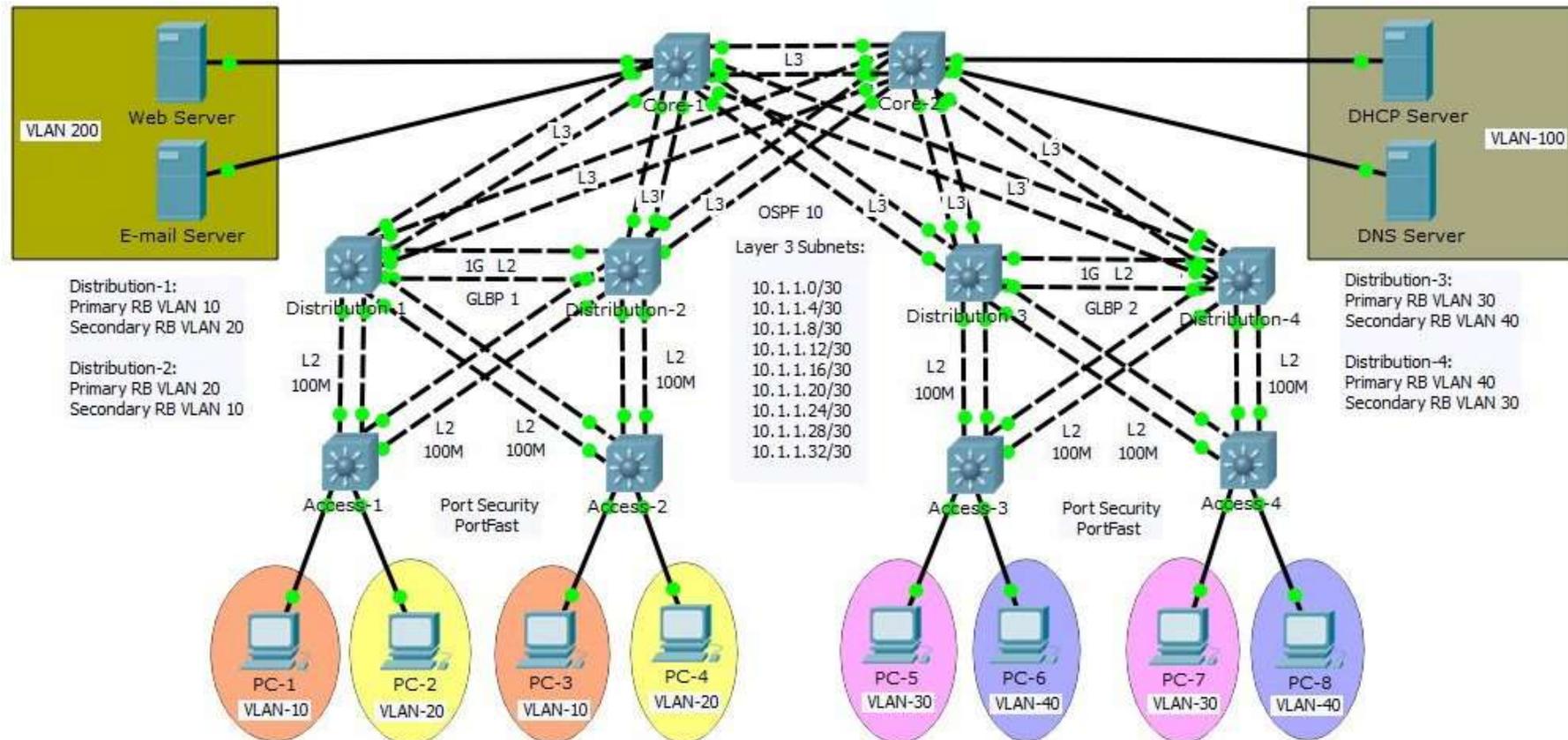


Эволюция электрических подстанций



Тенденция к росту стоимости вторичного оборудования и стоимости обслуживания
(экспертная оценка)

Технология «мультишины» на ЦПС





Нагрузка сети:

Лимитирующим фактором работы сети является допустимая нагрузка на коммутаторы.

Согласно стандарту СТО 56947007-29.240.10.302-2020 «Типовые технические требования к организации и производительности технологических ЛВС в АСУ ТП ПС ЕНЭС» эмпирические значения **нагрузки от потоков SV** для типовых шкафов РЗА для **195 потоков РЗА (типовой пример подстанции)** составляют **998,4 Мб/с** для МЭК 61850-9-2LE либо **670,8 Мб/с** для профиля ПАО «ФСК ЕЭС» на базе МЭК 61869-9.

Для аналогичной схемы нагрузка сети, генерируемая **GOOSE**-сообщениями, составит **128,8 Мб/с**.

Согласно СТО 56947007-29.240.10.302-2020 **максимально допустимый коэффициент** использования сети определен в размере **0,75**.

$$V = \sum_{1}^{N} V_{GOOSE\ i} + \sum_{1}^{N} V_{SV\ i}$$

Формула расчёта нагрузки сети

$$\eta = \frac{V}{V_{max}}$$

Формула расчёта коэффициента использования сети

$$\eta = 0,781$$

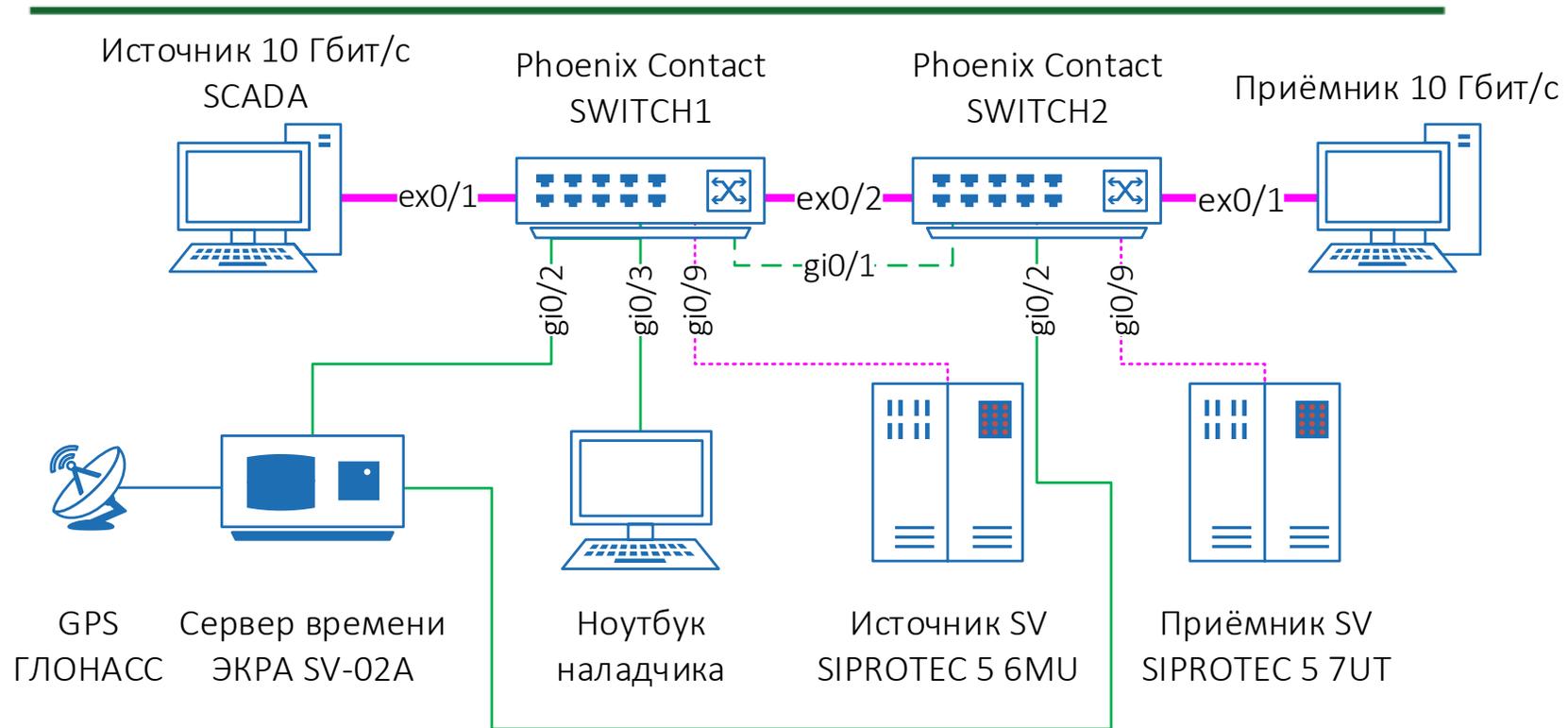
Расчётный коэффициент использования сети из примера



Наименование	Цена	Количество	Стоимость, Евро
Промышленный коммутатор 24*100 мб	4 866,04	4	19 464,16
Промышленный коммутатор 26*1Гб	6 672,15	2	13 344,29
Промышленный коммутатор 24*1Гб + 2*10Гб	6 942,99	2	13 885,99

Стоимость «мультишины» уже сегодня на 30% ниже

Технология «мультишины» на ЦПС



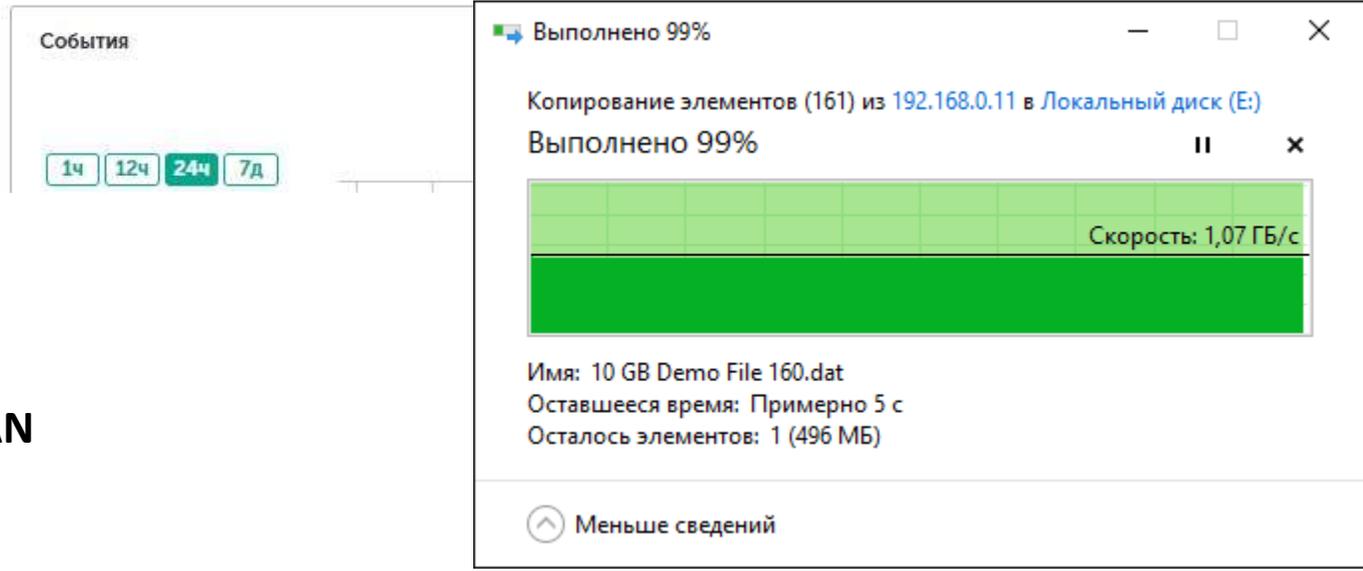
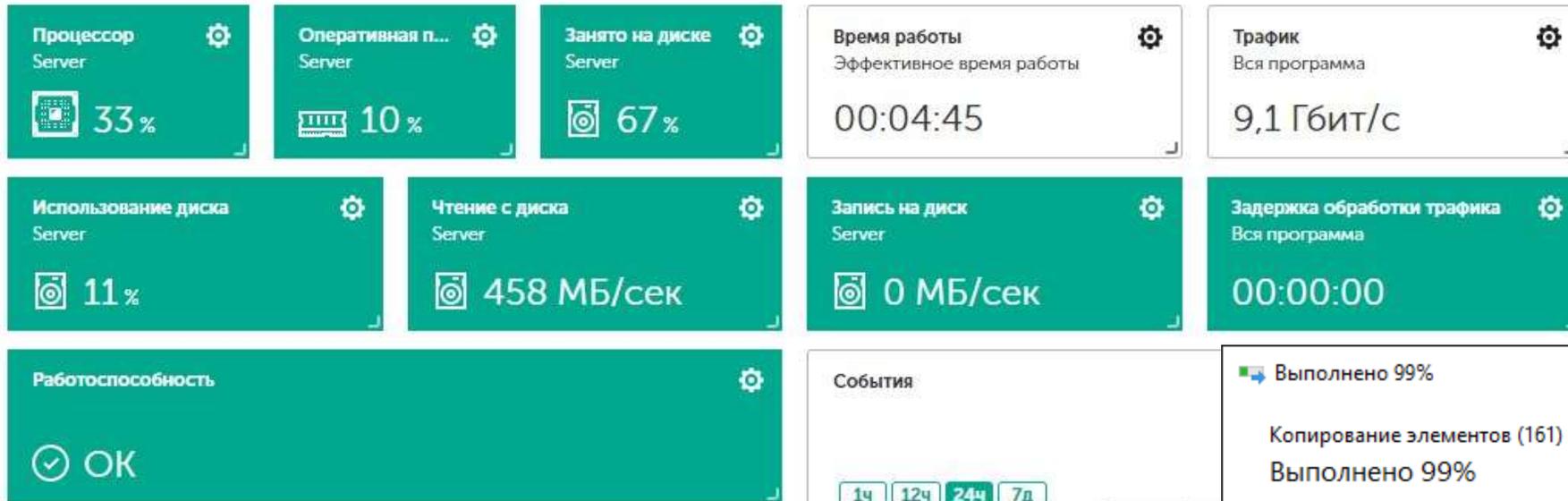
Обозначения:

- Ethernet Optic (LC), 10 Гбит/с
- Ethernet Optic (LC), 100 Мбит/с
- Ethernet RJ45, 1 Гбит/с | 100 Мбит/с
- Ethernet RJ45, 1 Гбит/с, временное межкоммутаторное соединение

Технология «мультишины» на ЦПС

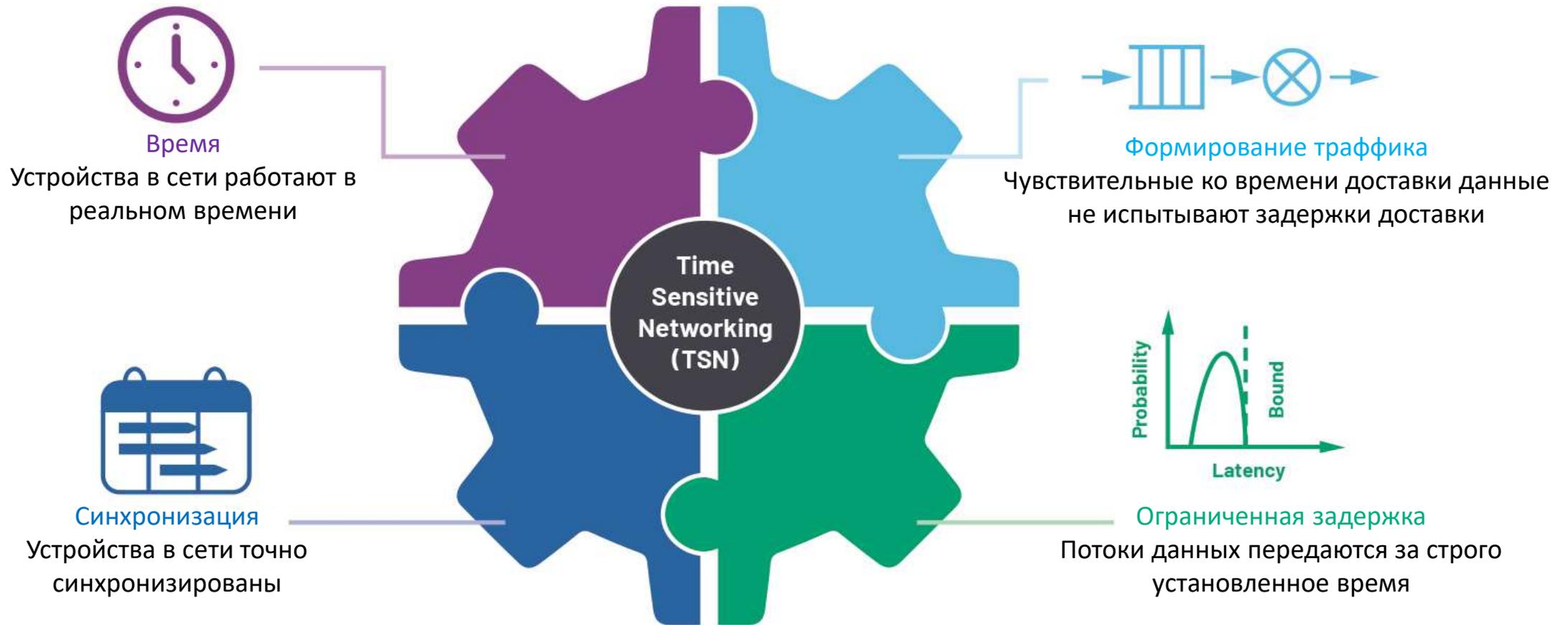
Мониторинг

Виджеты



**Преимущества «мультишины» -
возможно применение технологии RSPAN**

Технология «мультишины» на ЦПС



Возможность применения новых технологий, обеспечение детерминированности доставки



- Рост требований к компетенции персонала
- Использование более сложного оборудования



- Разделение физической сети на виртуальные сегменты значительно упростит работу компетентных сотрудников

Проблемы применения и преимущества «мультишины» - компетенции персонала

Технология «мультишины» на ЦПС

TDA4VM-Q1 - NEW - Next generation SoC family for L2/L3, near-field analytic systems using deep learning technologies	0	2 Arm Cortex-A72	2000	MCU island of 2 Arm Cortex-R5F (lockstep opt), SoC main of 4 Arm Cortex-R5F (lockstep opt)	64-bit	1 3D	2 DPI, 1 DSI, 1 EDP	Ethernet	8-port 2.5Gb switch
DRA829J - NEW - Dual Arm Cortex-A72, quad Cortex-R5F, multi-core DSP, 8-port Ethernet switch, and 4-port PCIe switch	0	2 Arm Cortex-A72	2000	4 Arm Cortex-R5F, MCU Island: 1 Dual Arm Cortex-R5	64-bit	1 3D	2 DPI, 1 DSI, 1 EDP	Ethernet	8-port 2.5Gb switch
AM6442 - NEW - Dual-core 64-bit Arm® Cortex®-A53, quad-core Cortex-R5F, PCIe, USB 3.0 and security	0	2 Arm Cortex-A53	800, 1000	4 Arm Cortex-R5F, PRU-ICSS	64-bit	—	—	EtherCAT, EtherNet/IP, PROFINET	5-port 10/100/1000
DRA821U - NEW - Dual Arm Cortex-A72, quad Cortex-R5F, 4-port Ethernet switch, and a PCIe controller	0	2 Arm Cortex-A72	2000	MCU Island of 1 Dual Arm Cortex-R5, SoC of 1 Dual Arm Cortex-R5	64-bit	—	—	Ethernet, TSN	4-port 2.5Gb Switch

Производители CPU в новых моделях в базе закладывают 2,5 – 8 Гбит интерфейсы

Изменение организационной структуры



- Необходимо изменение организационной структуры предприятия.
- Необходимо переопределение ответственности и обязанностей



Предлагаемый план перехода

Год	Планируемые мероприятия
2020	СТО ЛВС есть упоминание «мультишины»
2022	включение в СТО ТТ к РЗА требований к 1 Гбит портам
2023	актуализация СТО ЛВС
2024	корректировка СТО типовые шкафы
2024	начало проектирования ЛВС с «мультишиной»
2025	начало применения «мультишины» на объектах



Выводы

1. Переход на «мультишину» – хороший вариант уменьшить стоимость вторичного оборудования.
2. Эксперименты на макетах показали, что «мультишина» позволяет реализовать весь необходимый функционал цифровой подстанции;
3. Появляются новые возможности для расширения функционала (RSPAN , TSN, BigData, ML)
4. Уже существующими комплексами можно обеспечить необходимый уровень информационной безопасности.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Контакты:

nikandrov@igrids.ru

shemetov-as@fskees.ru