



Актуальность и эффективность централизованных решений РЗА ВАПС

Традиции. Надежность. Инновации.

Докладчики: Атнишкин А.Б. (ООО «Релематика»)

Лештаев И.И. (ООО «ЗапСибНефтехим»)



20 лет МЭК 61850: от пилотных проектов к масштабированию



Актуальные задачи применения технологии ЦПС:

- анализ результатов пилотных проектов
- устранение недостатков
- **выбор архитектуры РЗА**
- увеличение массовости устройств с поддержкой МЭК 61850
- выход за границы ПС

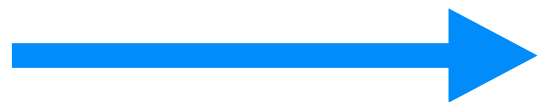
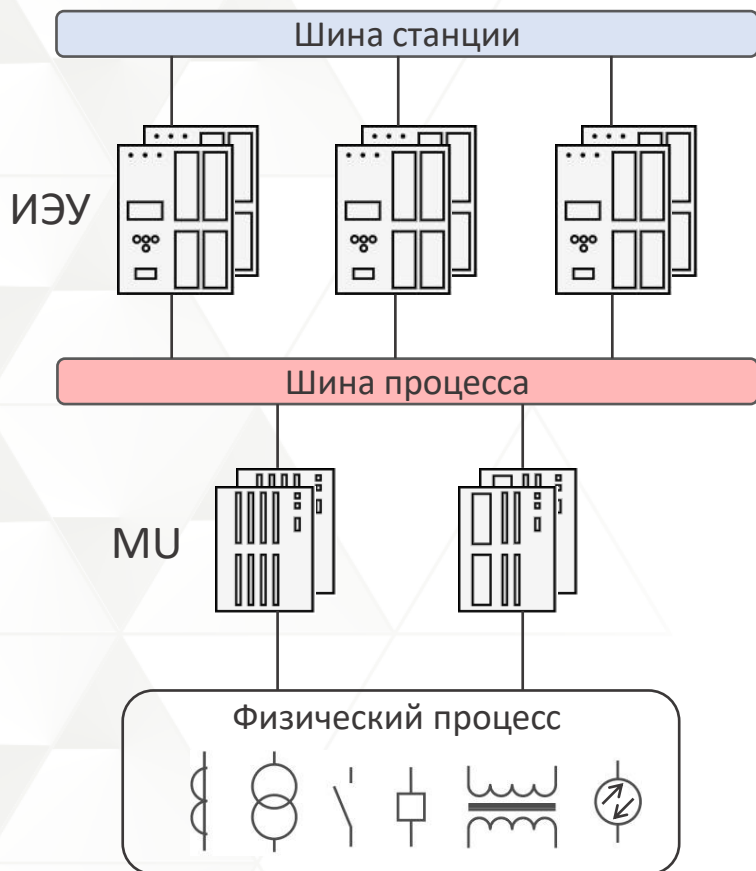
Преимущества МЭК 61850

	Выбор, покупка	Проект	Монтаж	Наладка	Эксплуатация	Обслуживание	Демонтаж
централизация функций РЗА	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
совместимость оборудования	✓	✓		✓	✓	✓	
стандартный инжиниринг		✓		✓	✓	✓	
техобслуживание по состоянию					✓	✓	
автоматизация проверок				✓		✓	
диагностика, мониторинг				✓	✓	✓	
уменьшение габаритов ОПУ	✓	✓	✓		✓		✓
сокращение меди	✓	✓	✓	✓		✓	✓
безопасность ЭТТ, ЭТН					✓	✓	

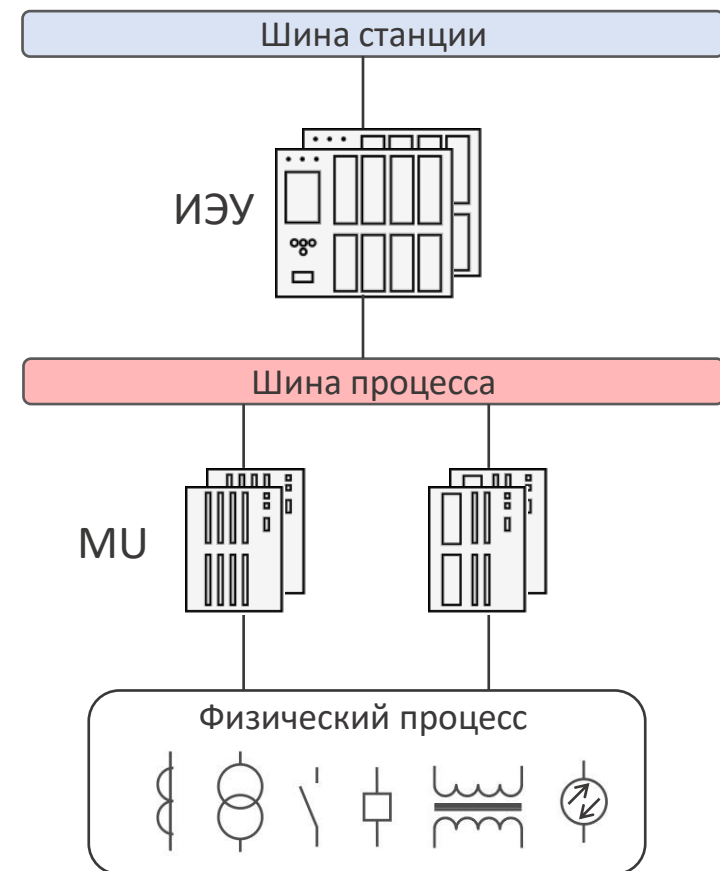
МЭК 61850 утвердился как «стандарт отрасли», предполагается длительная поддержка, это наиболее подходящая основа для РЗА.

Архитектуры цифровых систем РЗА

3 архитектура (распределенная)



4 архитектура (централизованная)



Преимущества

снижение стоимости
жизненного цикла:

- уменьшение количества УРЗА
- упрощение ЛВС
- сокращение обслуживания

Опасения

- надежность
- информационная
безопасность
- удобство эксплуатации

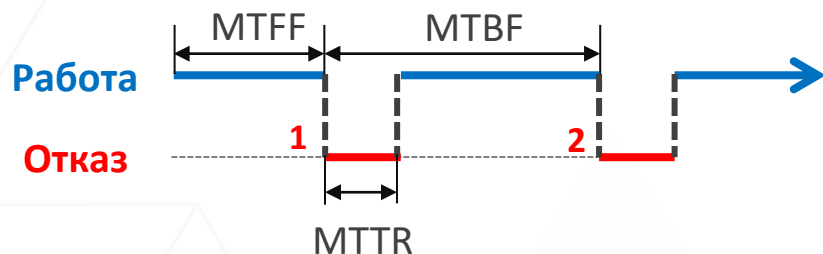


Надежность. Устройство РЗА

Надежность - свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.



ИЭУ



MTTF – средняя наработка до отказа, ч;
MTBF – средняя наработка на отказ, ч;
MTTR – среднее время восстановления, ч;

Комплексные показатели надежности

$$k_{\text{гот}} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$M[\mathcal{E}] = \frac{k_1}{T_{0.\text{CP}}} + \sum_{i=1}^n k_{\text{CT},i} q_{\text{PЗi}} \Omega_i + \sum_{j=1}^m k_{\text{CT},j} q_{\text{PЗj}} \Omega_j ,$$

НТД содержит требования к **показателям надежности устройства МП РЗА**:

- средняя наработка на отказ, ч;
- средний срок службы, лет;
- коэффициент готовности;
- среднее время восстановления;
- средняя наработка на отказ ПО, ч;

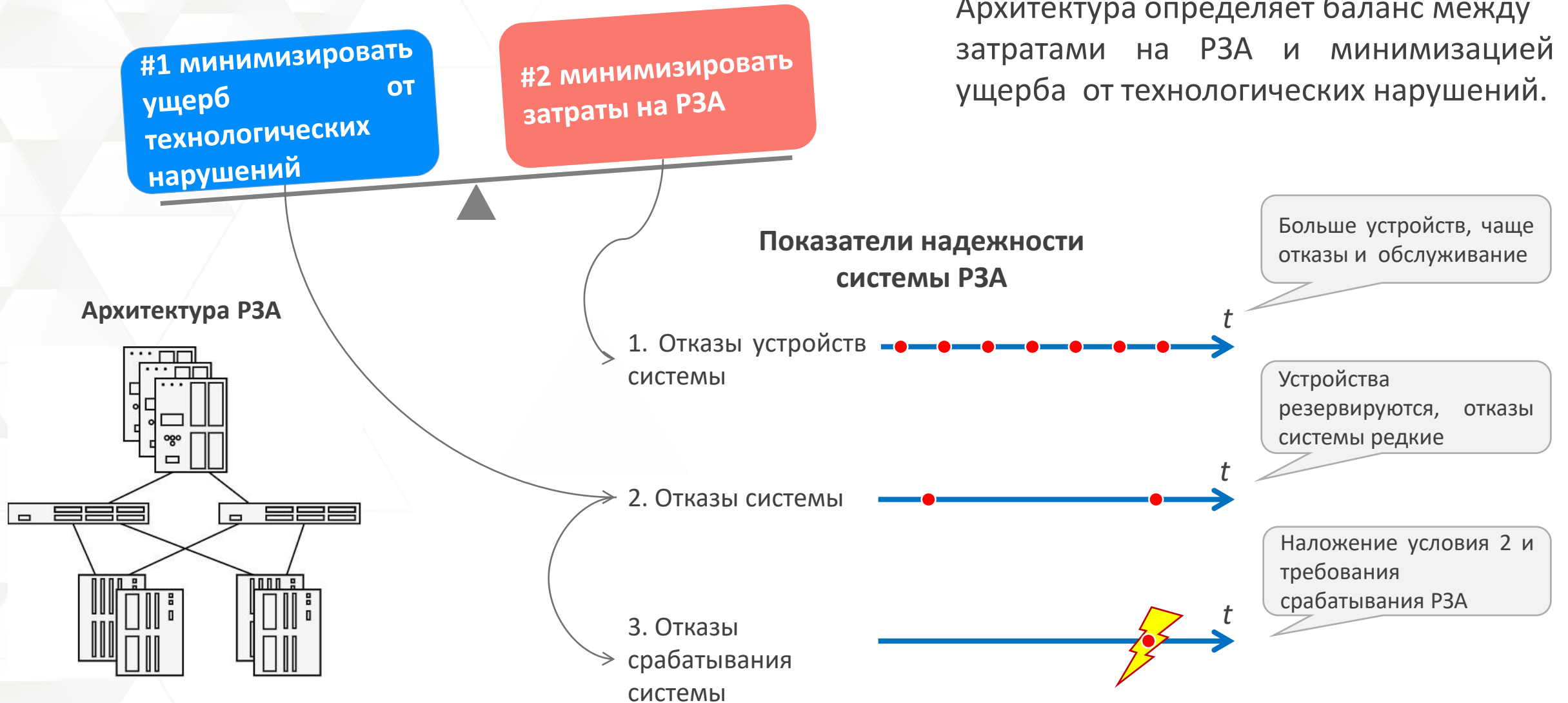
Для цифровых систем РЗА показательна **надежность системы в целом** (т.е. надежность архитектуры с учетом устройств сопряжения, коммутаторов и т.д.), а не одного устройства РЗА.

Надежность РЗА

Поколение	ЭМ, МЭ	МП	Цифровая
			
Объект	панель	МП УРЗА	?
Требование к надежности	$K_{\text{гот}} \geq 0,998$	$K_{\text{гот}} \geq 0,998$	
Комментарий	Одна панель (МП РЗА) защищает один ЭО. Связь 1 к 1.		

1. Сущность со связью с ЭО 1 к 1 невыделима.
2. $K_{\text{гот}}$ для устройств, необходимых для РЗА одного ЭО, рассчитать можно. Но у них будут связи и с другими ЭО. Поэтому $K_{\text{гот}}$ отличен по смыслу от $K_{\text{гот}}$ для МП РЗА или панели.

Надежность. Система РЗА в целом (архитектура)



Расчет показателей надежности систем РЗА численными методами

Система РЗА на 3 ЭО (1Т+2Л)

- 1. CIGRE B5.60 WG; Protection, Automation and Control Architectures with Functionality Independent of Hardware; CIGRE: Paris, France, 2023.
- 2. Chen, X.; Jin, L. Study on Reliability of PACSs with Integrated Consideration of Both Basic and Mission Reliability. Energies 2024, 17, 365.

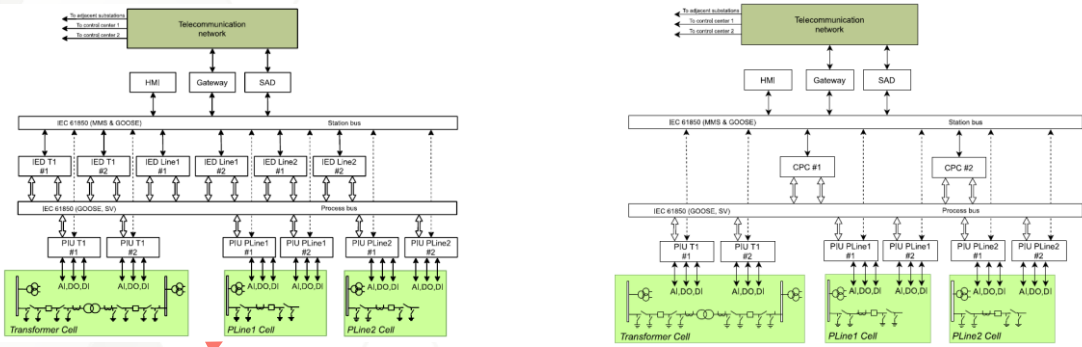


Table 17. Reliability value pair of the 4 PACS architectures.

Architecture	Steady-State Probability of Working Normally	MTBF (h)	Device Counts
1	99.8971%	7772	14
2	99.8620%	11,321	9
3	99.8993%	18,673	6
4	99.9282%	11,139	10

Comparison of architectures 1 - 5

Item	Criteria	Architecture				
		1 (IEDs + SLF)	2 (IED + MFP + SLF)	3 (IED + CPC + SLF)	4 (CPC+IPIU + SLF)	5 (redundant CPCs)
6	Reliability	1	2	3	4	5 ³²

Система РЗА на 1 ЭО (1Т)

- 1. Расчет показателей надежности различных архитектур РЗА ЦПС. ФГБОУ «НИУ «МЭИ», 2024. Заказчик – ООО «ЗапСибНефтехим».

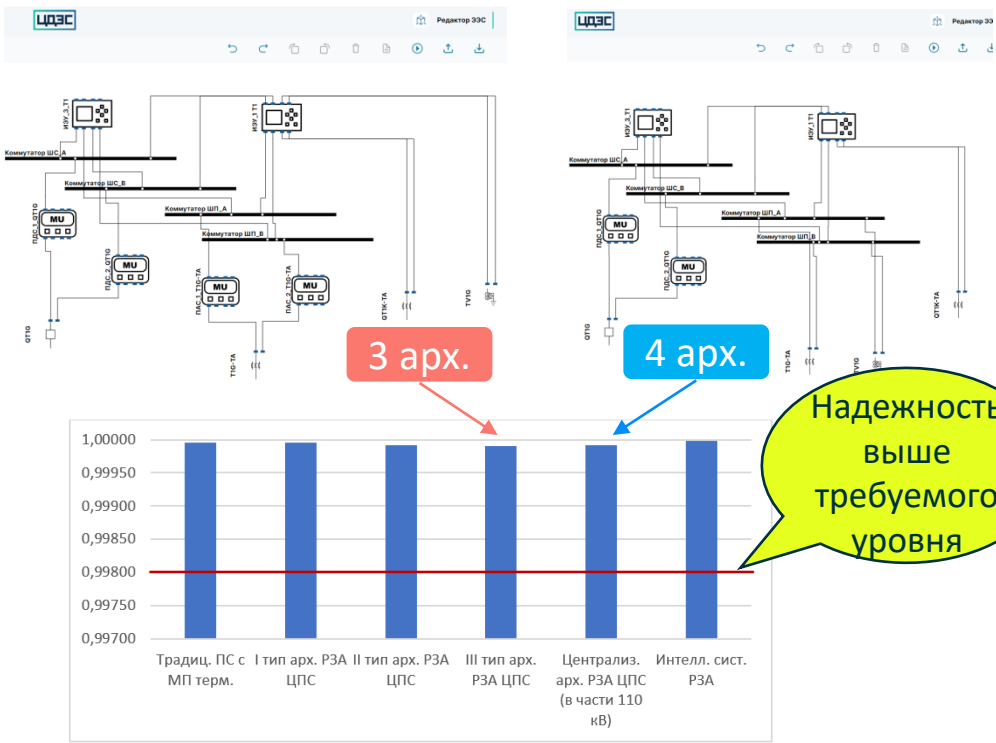
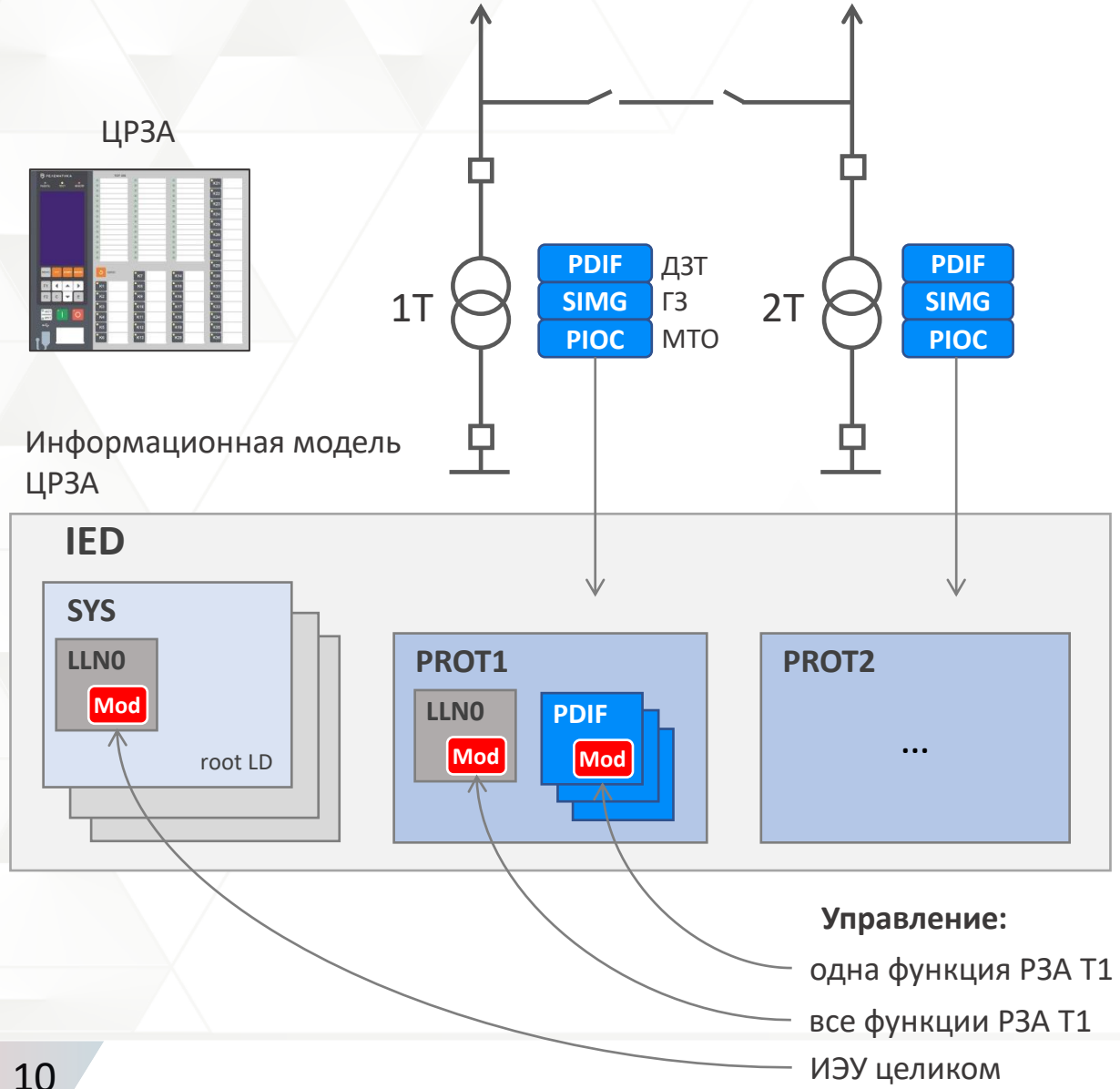


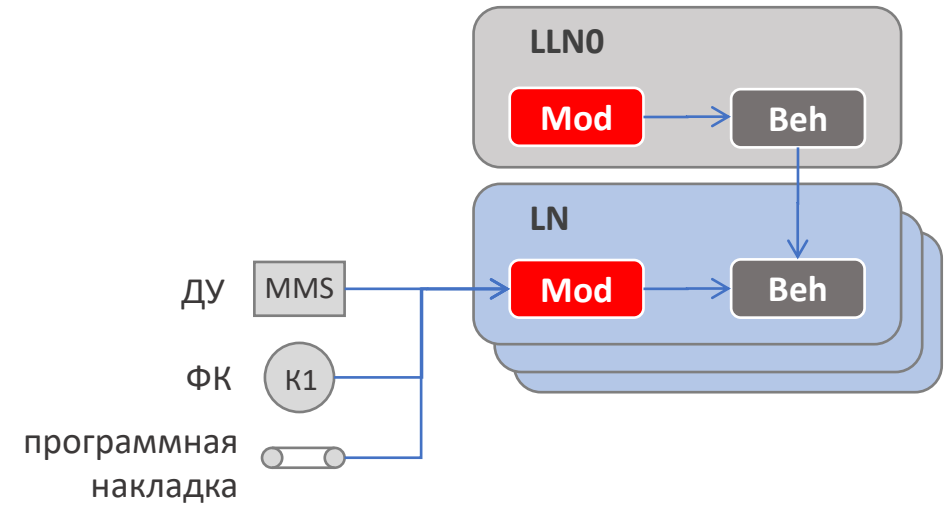
Рисунок 14 - Вероятность безотказной работы комплекса защит трансформатора

- Для цифровых систем РЗА показательна надежность системы, а не отдельных устройств;
- Уменьшение количества устройств снижает вероятность отказов устройств системы (показатель надежности 1) и затраты на ее обслуживание;
- Резервирование устройств повышает вероятность безотказной работы системы (показатель надежности 2);
- Показатели надежности 1, 2 выше у 4 архитектуры;
- Вероятность безотказной работы РЗА 3 и 4 архитектуры выше значения, предъявляемого НТД.

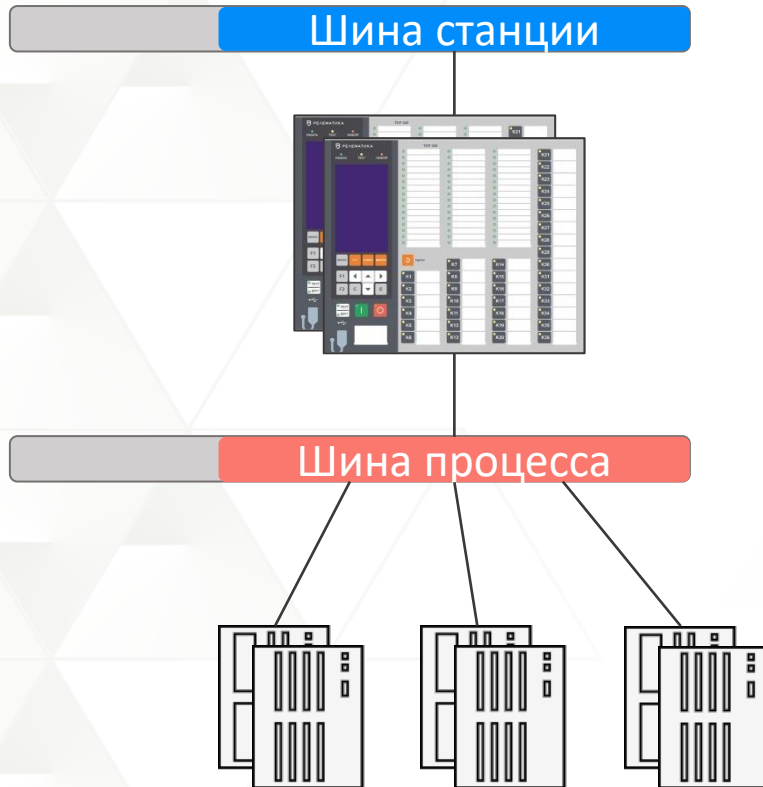
Принципы управления функциями ЦРЗА



- 1) Одно логическое устройство (LD) – один ЭО (присоединение)
- 2) Mod – единое место управления режимом работы функции / набора функций / всего устройства
- 3) Вложенные LN, LD наследуют поведение (Beh) от вышестоящих по иерархии структур



4 архитектура



1. Сокращение количества устройств, упрощение ЛВС уменьшает поверхность атаки централизованной системы РЗА в сравнении с распределенной
2. Информационная безопасность шины станции, шины процесса обеспечивается:
 - организационными мерами
 - техническими средствами
 - система обнаружения вторжений - IDS (анализаторы сети)
3. Технические средства предотвращения вторжений (IPS) прорабатываются, сейчас не применяются

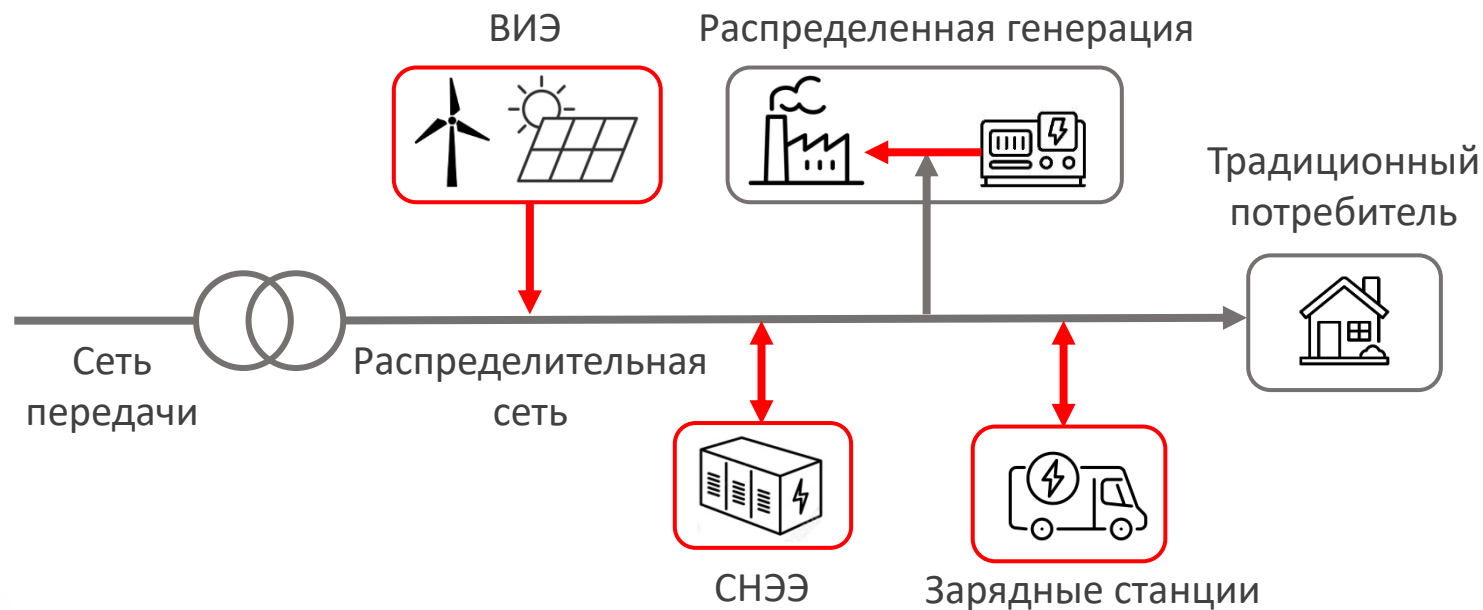
Интеллектуальные распределительные сети

Новые задачи для РЗА и автоматики

1. Функционирование при ограниченных токах КЗ и реверсе мощности
2. Сохранение устойчивости энергосистемы с малой инерцией из-за ВИЭ
3. Обеспечение нулевого экспорта электроэнергии в общую сеть от собственной генерации

Способы решения

1. Расширение информационной базы, обмен информацией по МЭК 61850
2. Алгоритмы



Централизованный подход и поддержка стандартных протоколов связи позволяют строить алгоритмы для интеллектуальных электрических сетей и повышать техническое совершенство РЗА

Риски применения централизованных решений РЗА

#1 Комплексная сложность ЦРЗА

- много функций
- много уставок
- обширная информационная модель

#2 Небольшой накопленный опыт применения ЦРЗА

- ЦРЗА различных производителей введены в ОПЭ на ПС ПАО «Транснефть», ПАО «Газпромнефть», ПАО «Сибур Холдинг»

#3 Отсутствие нормативных требований

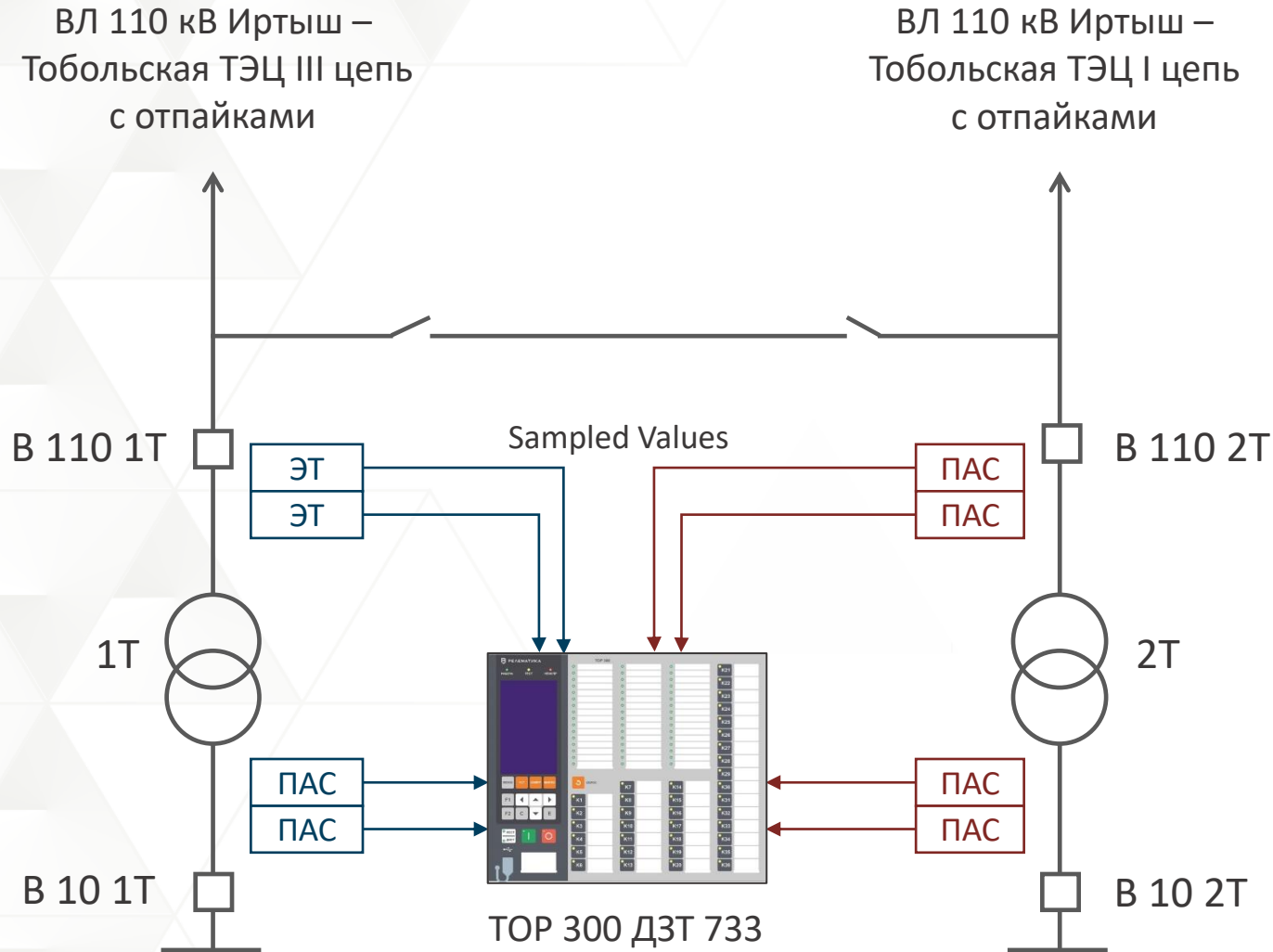
- стандарты предприятий по результатам ОПЭ

#4 Компетенции по МЭК 61850

- повышенные требования к квалификации персонала

Риски 2-4 будут снижаться с расширением применения МЭК 61850 и ЦРЗА.

Централизованная РЗА для ПС 110 кВ ЗапСиб-2 (ЗапСибНефтехим)



Функции

- защита двух трансформаторов
- оперативные блокировки КА
- телеизмерения

МЭК 61850

- протоколы SV, GOOSE, MMS
- стандартный инжиниринг
- удобная информационная модель

Особенности РЗА

- основные (ДЗТ, ГЗТ) и резервные (МТЗ) защиты двух трансформаторов
- МТЗ, УРОВ, ЗПО остаются в работе при потере синхронизации SV

Заключение

- ❑ Развитие технологий, решение актуальных задач снижения стоимости жизненного цикла РЗА (CAPEX+OPEX) и обеспечения надежного электроснабжения, распространение распределенной генерации формируют новые критерии выбора системы РЗА.
- ❑ Централизованные решения РЗА на основе МЭК 61850, отвечая запросам в большей степени, становятся следующим шагом в эволюции РЗА энергообъектов.

Приглашаем к сотрудничеству!



www.relematika.ru

Центральный офис:

Россия, 428020, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 1

Московское представительство:

Россия, 109028, г. Москва, Серебряническая наб., 29

тел./факс: +7 (8352) 240-650

e-mail: info@relematika.ru

