



Научно-технический центр  
Единой энергетической системы

# **ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ СТАНДАРТНЫХ И НЕТИПОВЫХ АЛГОРИТМОВ РЗ И ПА НА СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНО- АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСАХ.**

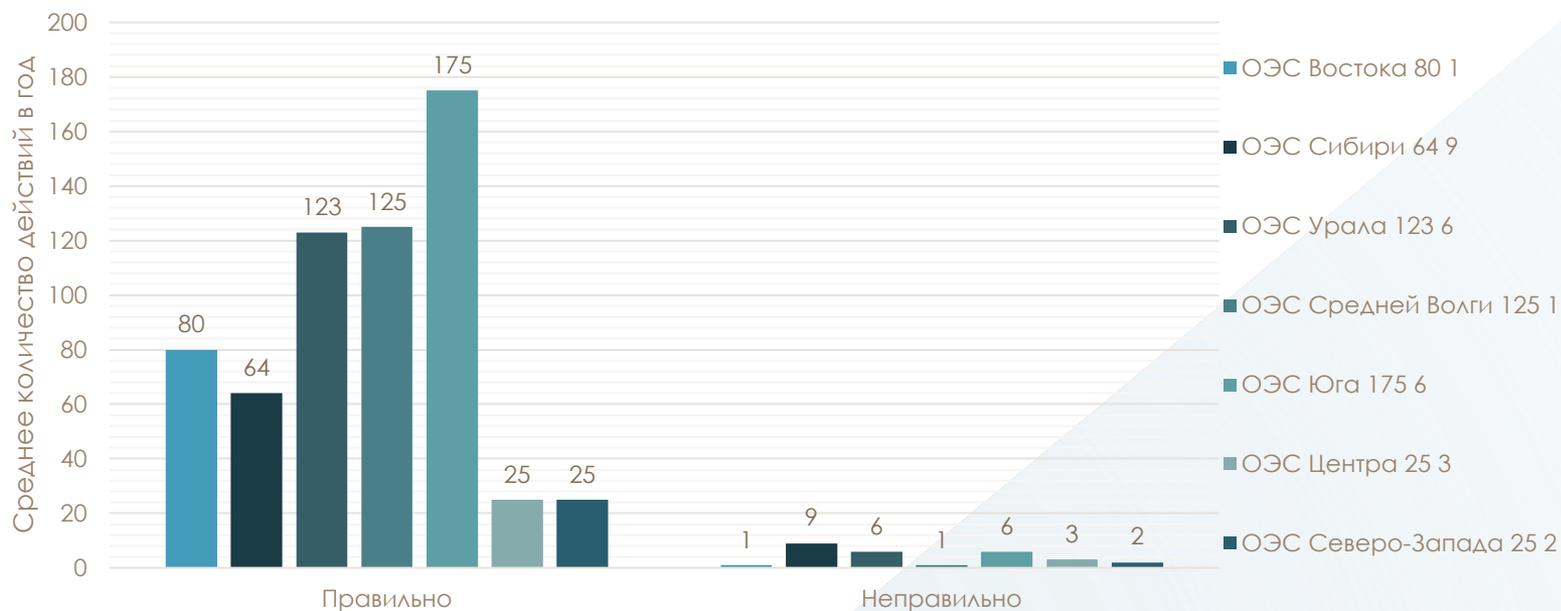
---

Казань,  
2023



## Цель испытаний устройств РЗА

- **Предсказуемая и правильная работа устройств РЗА как в аварийных, так и в нормальных режимах ЭС, независимо от производителя и сложности алгоритма**



**Сравнение среднего количества действий устройств ПА в год**



## Неправильная работа устройств РЗА по видам организационных причин

Причина	Случаев неправильной работы
Недостатки методики расчета и выбора параметров настройки	1,5 %
Ошибочные или неправильные действия персонала	10,5 %
Дефекты (недостатки) конструкции, изготовления	9,7 %
Дефекты (недостатки) монтажа	4,9 %



## Необходимость проведения испытаний

- Рост количества связей между элементами ЭС;
- Рост числа видов используемого электрооборудования;
- Усложнение алгоритмов РЗ и ПА;
- Разделение ЭС между несколькими собственниками;

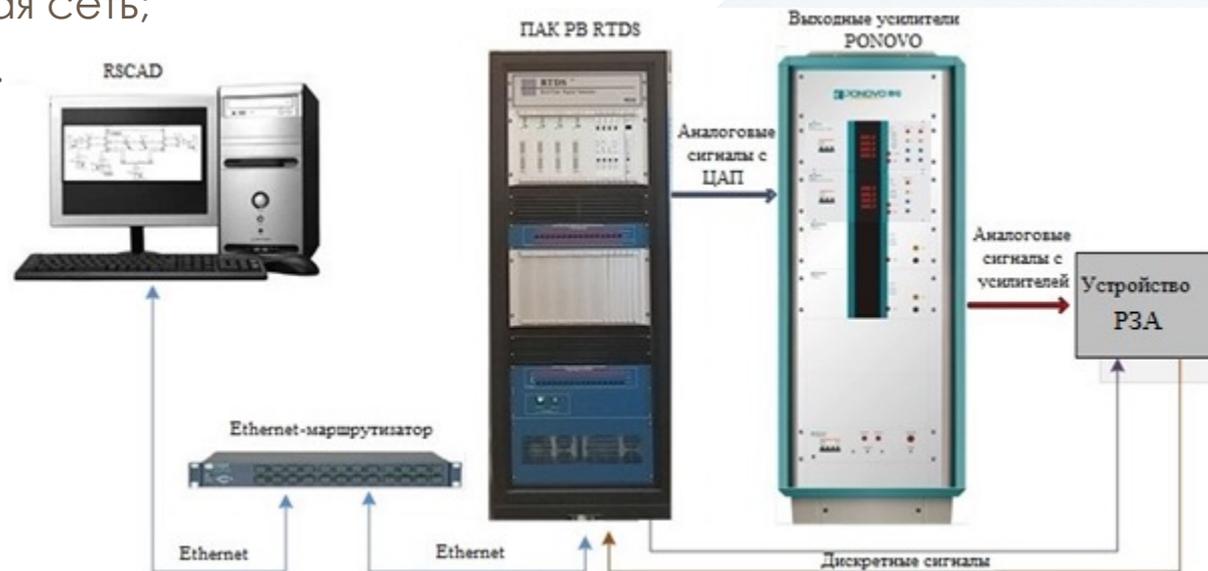
## Особенности моделирования в реальном времени

- Параллельно используются вычисления на нескольких процессорах
- Моделирование ЭС в течение, например, 1 секунды выполняется ровно 1 с.
- В системах жесткого реального времени все расчеты, необходимые для определения состояния модели и обработка состояний портов ввода/вывода, завершаются строго в течение заданного шага расчета



## Состав ПАК РВ RTDS:

- высокопроизводительные ЭВМ с операционной системой реального времени для проведения расчётов (моделирования);
- прецизионные усилители тока и напряжения для формирования сигналов во внешних цепях подключаемого оборудования (управляемые напряжением источники тока и напряжения большой мощности);
- персональные ЭВМ со специальным программным обеспечением для подготовки математических моделей и сбора результатов расчётов;
- локальная вычислительная сеть;
- испытуемое устройство.





# Программно-аппаратный комплекс реального времени

Испытательная лаборатория АО «НТЦ ЕЭС»





### **Моделировать энергетические системы различной конфигурации, включающие в себя:**

- воздушные и кабельные линии;
- электродвигатели и генераторы;
- силовые и измерительные трансформаторы;
- РЗА, системы автоматического управления и регулирования

### **Формировать сигналы для воздействия на вторичное оборудование**

**Воспринимать сигналы от вторичного оборудования и с учетом этих сигналов изменять конфигурацию модели, значения сигналов**



### **Проведение исследований электромагнитных и электромеханических переходных процессов в сетях переменного и постоянного тока.**

- моделирование режимов, создание которых в реальных условиях связано с опасностью для жизни людей или значительными расходами.

### **Исследования процессов при каскадных авариях**

- моделирование объединенных энергосистем и анализ их взаимодействия между собой при различных схемно-режимных ситуациях.

### **Исследование работы энергосистемы при изменении ее конфигурации.**

### **Формирование цифровых потоков PMU стандарта C37.118**

### **Исследования устойчивости систем управления, релейной защиты и автоматики к кибератакам**



## **Проверка и исследование вторичного оборудования:**

- проверка функционирования сложных комплексов РЗА;
- исследование поведения энергосистем при работе РЗА;
- разработка новых алгоритмов РЗА;
- уточнение и верификация уставок, что особенно важно для устройств РЗА со свободно программируемой логикой.

## **Моделирование работы систем управления генераторами:**

- регуляторы возбуждения;
- групповые регуляторы активной и реактивной мощности (ГРАРМ).

## **Моделирование работы противоаварийной автоматики:**

- автоматика ликвидации асинхронного режима (АЛАР);
- автоматика для предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ);
- автоматика для ограничения повышения частоты (АОПЧ) и напряжения (АОПН) и др.



## 1 этап. Анализ документации

- Изучение руководства по эксплуатации Устройства, включающее техническое описание с обязательным указанием типа и функционально-логические схемы, а также инструкцию по монтажу, настройке и вводу в эксплуатацию устройства;
- Анализ Методики выбора параметров настройки (уставок) для всех заявленных областей применения Устройства.

## 2 этап. Испытания

- Разработка и согласование программы испытаний;
- Подключение устройства к ПАК РВ;
- Проведение испытаний по согласованной программе;
- Корректировка параметров настройки (при необходимости);
- Повторные испытания (при необходимости);
- Оформление протокола испытаний;
- Выдача сертификата соответствия СТО.



Таблица 1 — Перечень проводимых испытаний ФОЛ для схемы 1

№ опыта	Исходная модель	Положение ключа ввода в работу	Моделируемый процесс	Цель проверки	Корректная работа устройства		
1.1	Все аппараты включены	Введено	Отключение питания терминала, пауза 1 мин. и затем включение питания	Сохранение выходных сигналов при перезагрузке терминала, отсутствие выдачи аварийных сигналов при перезапуске, при потере и восстановлении питания, проверка времени перезапуска	Сохранение выходных сигналов ФВЛ (внутренних сигналов ФВВQ1 и ФВВQ2), время перезапуска менее 30 с		
1.2			Отключение питания терминала, пауза 1 мин. во время паузы отключение Q1 и затем включение питания	Сохранение выходных сигналов при перезагрузке терминала и смене состояния выключателя	Сохранение выходного ФВЛ (изменение внутреннего сигнала Q1 на ФОВ Q1)		
1.3			Отключение питания терминала, пауза 1 мин. во время паузы отключение Q1 и Q2, затем включение питания	Изменение выходных сигналов при перезагрузке терминала и смены состояния линии	Срабатывание, 1ФРЛ и 3ФРЛ («Отключена» 1, ФОВQ1, ФОВQ2). Отсутствие выдачи ФОЛ		
2.1			Одновременное наличие сигналов KQT Q1 и KQC Q1	Фиксация неисправности, отсутствие изменений выходных сигналов ФОЛ	Отсутствует срабатывание (неисправность и/или неопределенное положение Q1)	Отсутствует срабатывание (неисправность и/или несоответствие)	
2.2			Одновременное отсутствие сигналов KQT Q1 и KQC Q1				
2.3			Выдача сигнала «Разъединитель линии отключен»				
2.4			Перевод ключа из положения «Работа / ремонт» в положение «Ремонт» на ПС1				
2.5			Замыкание клеммы питания «+» устройства на землю				
2.6			Замыкание клеммы питания «-» устройства на землю				
2.7			Перевод ключа Q1 из положения «Работа» в положение «Ремонт»				Отсутствует срабатывание (неисправность и/или несоответствие ключа ремонта выключателя)
2.8			Перевод ключа Q2 из положения «Работа» в положение «Ремонт»				
2.9			Отключить Q1, отключить разъединители Q1, ключ ремонта Q1 оставить в положении «Работа»				Отсутствует срабатывание (ФОВQ1 неисправность и/или несоответствие ключа ремонта)
2.10			Отключить Q2, отключить разъединители Q2, ключ ремонта Q2 оставить в положении «Работа»				Отсутствует срабатывание (ФОВQ2 неисправность и/или несоответствие ключа ремонта)
2.11			На дискретный вход контроля соответствия выходного сигнала ФОВ Q1 подается логическая 1. Q1 соответствует включенному положению	Проверка контроля соответствия выходного сигнала о состоянии выключателя (ФВВ / ФОВ) фактическому состоянию выключателя и сигнализация при несоответствии.	Отсутствует срабатывание (неисправность)		
3.1			Отключение выключателя Q1 с выдачей сигналов KBS, KQT	Проверка несрабатывания 1ФОЛ при оперативном отключении одного выключателя	Отсутствует срабатывание (ФОВQ1)		
3.2			Отключение выключателя Q2 с выдачей сигналов KBS, KQT			Отсутствует срабатывание (ФОВQ2)	
3.3			Отключение выключателя Q1 с выдачей сигналов ФОВ			Отсутствует срабатывание	
3.4			Отключение выключателя Q2 с выдачей сигналов ФОВ			Отсутствует срабатывание	
4.1			Отключение выключателей Q1 и Q2 с выдачей сигналов KBS, KQT	Проверка срабатывания 1ФОЛ и 3ФОЛ	Срабатывание, выдача сигналов 1ФОЛ1, 1ФРЛ и 3ФРЛ («Отключена» 1, ФОВQ1, ФОВQ2)		

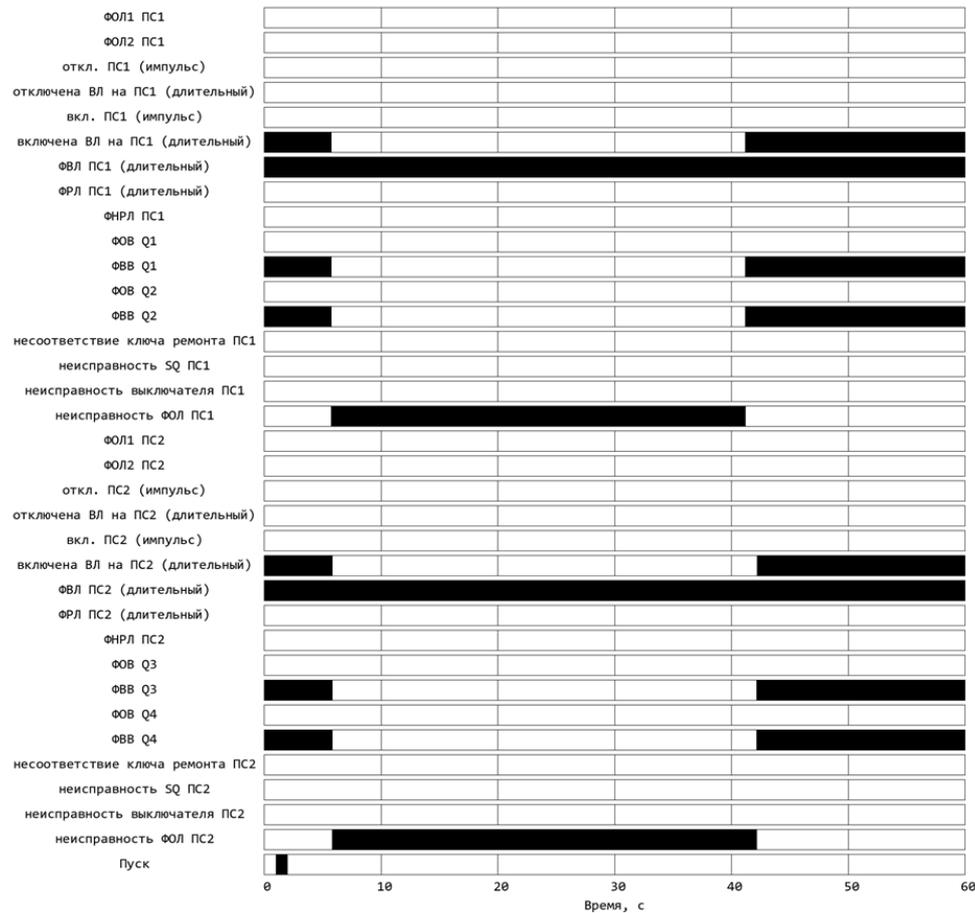


Таблица 3 — Перечень проводимых испытаний ФОЛ для схемы 1

№ опыта	Исходная модель	Положение ключа ввода в работу	Моделируемый процесс	Цель проверки	Корректная работа устройства	Результаты испытаний	№ Рисунка				
							Входные сигналы (в ПАК РВ)	Выходные сигналы (из ПАК РВ)			
1.1	Все аппараты включены	Введено	Отключение питания терминала, пауза 30 сек. и затем включение питания	Сохранение выходных сигналов при перезагрузке терминала, отсутствие выдачи аварийных сигналов при перезапуске, при потере и восстановлении питания, проверка времени перезапуска	Сохранение выходных сигналов ФВЛ (внутренних сигналов ФВВQ1 и ФВВQ2), время перезапуска менее 30 с	Верно	A.1.1	A.1.2			
1.2			Отключение питания терминала, пауза 40 сек. во время паузы отключение Q1 и затем включение питания	Сохранение выходных сигналов при перезагрузке терминала и смене состояния выключателя	Сохранение выходного ФВЛ (изменение внутреннего сигнала Q1 на ФОВ Q1)	Верно	A.1.3	A.1.4			
1.3			Отключение питания терминала, пауза 40 сек. во время паузы отключение Q1 и Q2, затем включение питания	Изменение выходных сигналов при перезагрузке терминала и смены состояния линии	Срабатывание, 1ФРЛ и 3ФРЛ («Отключена» 1, ФОВQ1, ФОВQ2). Отсутствие выдачи ФОЛ1	Верно	A.1.5	A.1.6			
2.1			Одновременное наличие сигналов KQT Q1 и KQC Q1	Фиксация неисправности, отсутствие изменений выходных сигналов ФОЛ	Отсутствует срабатывание (неисправность выключателя)	Отсутствует срабатывание (неисправность разъединителя линии)	Верно	A.1.7	A.1.8		
2.2			Одновременное отсутствие сигналов KQT Q1 и KQC Q1				Верно	A.1.9	A.1.10		
2.3			Выдача сигнала «Разъединитель линии отключен»				Верно	A.1.11	A.1.12		
2.4			Перевод ключа из положения «Работа / ремонт» в положение «Ремонт» на ПС1				Отсутствует срабатывание (несоответствие ключа ремонта линии)	Верно	A.1.13	A.1.14	
2.5			Замыкание клеммы питания «+» устройства на землю				Отсутствует срабатывание	Верно	A.1.15	A.1.16	
2.6			Замыкание клеммы питания «-» устройства на землю								Верно
2.7			Перевод ключа Q1 из положения «Работа» в положение «Ремонт»				Отсутствует срабатывание (несоответствие ключа ремонта выключателя)	Верно	A.1.19	A.1.20	
2.8			Перевод ключа Q2 из положения «Работа» в положение «Ремонт»				Отсутствует срабатывание (ФОВQ1 и несоответствие ключа ремонта)	Верно	A.1.21	A.1.22	
2.9			Отключить Q1, отключить разъединители Q1, ключ ремонта Q1 оставить в положении «Работа»				Отсутствует срабатывание (ФОВQ2 и несоответствие ключа ремонта)	Верно	A.1.23	A.1.24	
2.10			Отключить Q2, отключить разъединители Q2, ключ ремонта Q2 оставить в положении «Работа»				Отсутствует срабатывание (ФОВQ1 и несоответствие ключа ремонта)	Верно	A.1.25	A.1.26	
2.11			На дискретный вход контроля соответствия выходного сигнала ФОВ Q1 подается логическая 1. Q1 соответствует включенному положению				Проверка контроля соответствия выходного сигнала о состоянии выключателя (ФВВ / ФОВ) фактическому состоянию выключателя и сигнализация при несоответствии.	Отсутствует срабатывание (неисправность выключателя)	Верно	A.1.27	A.1.28
3.1			Отключение выключателя Q1 с выдачей сигналов KBS, KQT				Проверка несрабатывания 1ФОЛ при оперативном отключении одного	Отсутствует срабатывание (ФОВQ1)	Верно	A.1.29	A.1.30



## ПРИЛОЖЕНИЕ А Графики переходных процессов





## Сертифицированные устройства ПА

№ п/п	Наименование	Организация
1	Устройство АЛАР	АО «ТеконГруп» ООО НПП «ЭКРА» АББ ООО "НПП ЭКРА" ООО «Релематика» ООО "НПП Бреслер"
2	Устройство АРПМ	ООО НПП «ЭКРА» ООО "НПП Бреслер"
3	Устройство АОПО	АО «ТеконГруп» ООО НПП «ЭКРА» АББ ООО «Прософт-Системы» АО "ЧЭАЗ" ООО "НПП Бреслер" ООО «Релематика»
4	Устройство АОПЧ	АО «ТеконГруп» ООО НПП «ЭКРА» АО "ЧЭАЗ"
5	Устройство АРКЗ/ФТКЗ	АО «ТеконГруп» ООО "НПП Бреслер"  ООО ПП ЭКРА

№ п/п	Наименование	Организация
6	Устройство АЧР	ООО «ПАРМА» АО "ЧЭАЗ" ООО НПП «ЭКРА» ООО НПП «ЭКРА» ООО «Релематика» ООО "ПиЭлСи Теънолоджи" ООО "НПП Бреслер" Грид РУС ООО "НТЦ Механотроника" АО «ТеконГруп»
7	Устройства фиксации	ФОЛ АО «ТеконГруп» ФОТ АО «ТеконГруп» ФОЛ ООО «Прософт-Системы» ФОДЛ ООО «Прософт-Системы» ФОЛ ООО "НПП Бреслер" ФОДЛ ООО "НПП Бреслер" ФОТ ООО "НПП Бреслер" ФОСШ ООО "НПП Бреслер" ФОДТ ООО "НПП Бреслер" ФОЛ ООО "НПП ЭКРА" ФОДЛ ООО НПП ЭКРА ФОДТ ООО "НПП ЭКРА" ФОТ ООО "НПП ЭКРА" ФОСШ ООО "НПП ЭКРА" ФОб ООО НПП ЭКРА"

- более 10 различных функций устройств РЗА;
- 13 производителей устройств РЗА;
- более 70 испытаний.

Весь перечень сертифицированных устройств: <https://www.so-ups.ru/sds/sds-cert-pa/>



## Испытания функций Противоаварийной автоматики

- Автоматика ограничения снижения частоты
- Автоматика ограничения снижения напряжения
- Автоматика ограничения повышения напряжения

## Испытания функций Релейной защиты

- Дистанционная защита
- Дифференциально-фазная защита
- Направленная высокочастотная защита



Научно-технический центр  
Единой энергетической системы

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

---

Синянский Иван Владимирович  
АО «НТЦ ЕЭС»  
[sinyanskiy\\_i@ntcees.ru](mailto:sinyanskiy_i@ntcees.ru)  
(812) 297-54-10

Казань,  
2023

**ntcees.ru**