



ПЕРЕДОВАЯ
ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА НГТУ

Кибербезопасные электроэнергетические системы атомных станций

Институт: ИНЭЛ

доцент кафедры ЭССЭ, к.т.н., доцент

Лоскутов Антон Алексеевич

loskutov_aa@nntu.ru

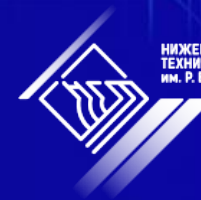
+7-908-158-63-66



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**Передовые
инженерные
школы**



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Р. Е. Алексеева



Ключевые тематики

- повышение технического совершенства релейной защиты и автоматики интеллектуальных активно-адаптивных электрических сетей;
- технические решения для программно-аппаратных комплексов цифровой подстанции (ПАК ЦПС) с использованием отечественной элементной базы и операционных систем;
- киберзащищенная аппаратно-программная платформа для построения систем управления и защиты распределительных электрических сетей, в том числе с объектами распределенной генерации, включающей интерфейсы цифровой обработки сигналов, соответствующий стандартам МЭК (IEC);
- специализированные устройства информационной безопасности для цифровой подстанции с применением отечественных микропроцессоров.

Терминал интеллектуальной защиты и автоматики



ПАК ЦПС



Разработка оригинальных компонентов



Оригинальное прикладное программное обеспечение - элемент САПР ИЭУ



Повышение технического совершенства релейной защиты и автоматики интеллектуальных активно-адаптивных электрических сетей

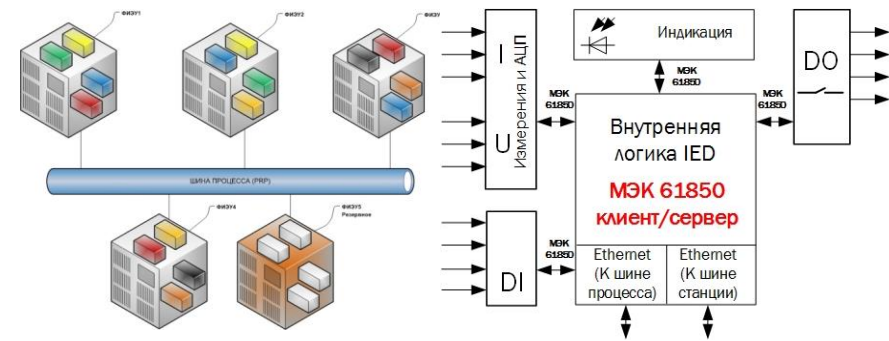
Решаемая проблема

В соответствии с концепцией «Цифровая подстанция», получившей статус национального проекта, требуется создание технологической, нормативной и производственной базы, с целью массового внедрения в энергетическую отрасль инновационного высокоэффективного продукта — необслуживаемых модульных самодиагностируемых электрических подстанций и станций («цифровых подстанций»), в том числе с применением централизованных, децентрализованных и гибридных принципов построения систем защиты и автоматики.

Задачи

Создание базового комплекта программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции (ПАК ЦПС), аппаратная и программная часть которого выполнена на отечественной базе и масштабируются под конкретный энергетический объект, объединяя в единую интегрированную архитектуру подстанции цифровые устройства автоматики, защиты и управления, учета и АСУ ТП.

Кроссплатформенная киберзащищённая ЦПС с динамической архитектурой



Разработанные компоненты ПАК ЦПС



Плата дискретных вх/выходов



Вычислительный модуль



Плата резервирования

ПК на базе промышленного компьютера QOTOM



ПК на базе платформы «Эльбрус»



Устройства ЦПС нижнего и среднего уровня с МЭК 61850





ПЕРЕДОВАЯ
ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА НГТУ

Киберзащищенная аппаратно-программная платформа для построения систем управления и защиты распределительных электрических сетей

Решаемая проблема

В соответствии с указом Президента РФ №166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» необходимо преимущественное применение отечественного радиоэлектронного оборудования и доверенных программно-аппаратных комплексов. С 01.01.2025г. вводится запрет на использование иностранного ПО на значимых объектах критической информационной инфраструктуры (ЗОКИИ), к которым относятся АСУ и РЗА объектов электроэнергетики. В условиях использования зарубежного оборудования и ПО возникает угроза «противоправное использование информационно-телекоммуникационных технологий, в том числе осуществление компьютерных атак на объекты КИИ и сети связи, используемые для организации их взаимодействия, способное привести к нарушениям функционирования инфраструктуры и объектов топливно-энергетического комплекса».



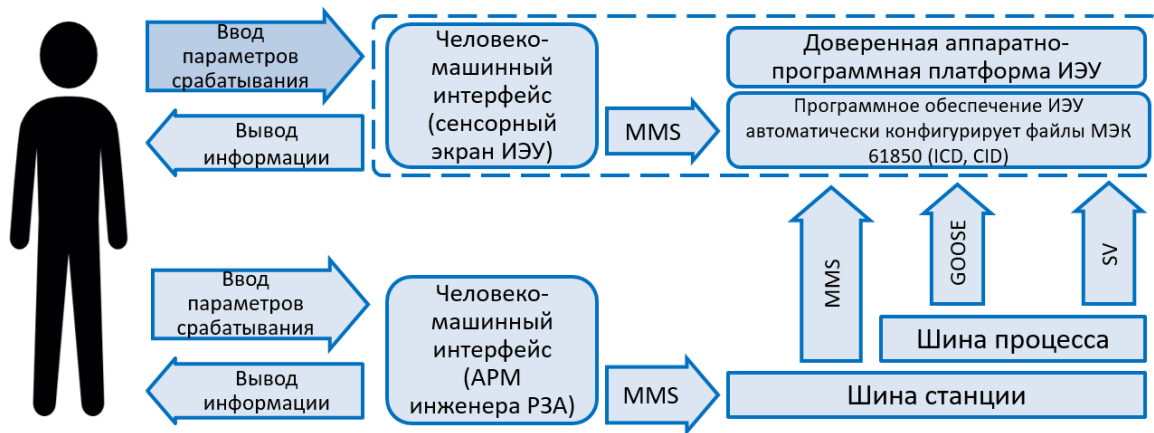
Аппаратная часть устройства



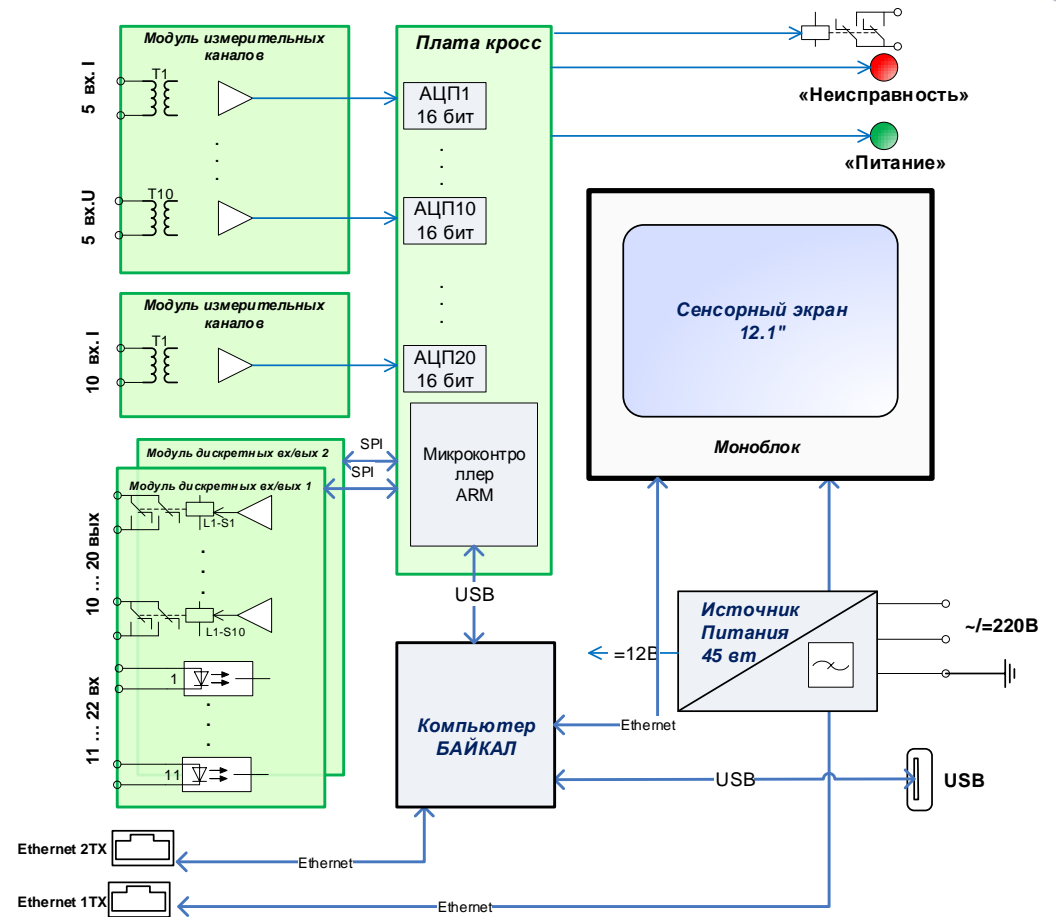
Киберзащищенная аппаратно-программная платформа для построения систем управления и защиты распределительных электрических сетей

Задачи

- создание технологии кроссплатформенных интеллектуальных электронных устройств для цифровых подстанций с интегрированными функциями информационной безопасности;
- реализация технологии на примере устройства релейной защиты и автоматики электрических сетей;
- исследование и использование доверенной аппаратно-программной платформы, базирующейся на отечественных микропроцессорах и сертифицированных ФСТЭК операционных системах для создания кроссплатформенных ИЭУ различного функционального назначения АСТУ ЦПС.



Процесс конфигурирования ИЭУ с автоматическим изменением файлов стандарта МЭК 61850



Структурная схема устройства



Повышение технического совершенства релейной защиты и автоматики интеллектуальных активно-адаптивных электрических сетей

Решаемая проблема

Современные компьютерные технологии контроля, управления, измерений и передачи данных, используемые для мониторинга режимов и управления ими, хотя и имеют целый ряд преимуществ перед традиционными технологиями, но и увеличивают их уязвимость при компьютерных атаках извне на единую национальную электрическую сеть (ЕНЭС) и единую энергосистему (ЕЭС), а также её отдельные элементы. Поэтому внедрение новых технологий должно производиться с учётом требований защиты информации и самой информационной системы от неблагоприятных внешних воздействий.

Задачи

- разработка алгоритмов анализа аномалий в трафике, шины станции ЦПС и трафике внешней вычислительной сети (при подключении к ЦУС, РДУ и т.д.);
- разработка экспериментального образца доверенного программно-аппаратного комплекса информационной безопасности для цифровой подстанции на отечественном микропроцессоре с оригинальными быстродействующими сенсорами протоколов передачи данных;
- исследование системы защиты от сетевых атак для вычислительных сетей общего назначения.

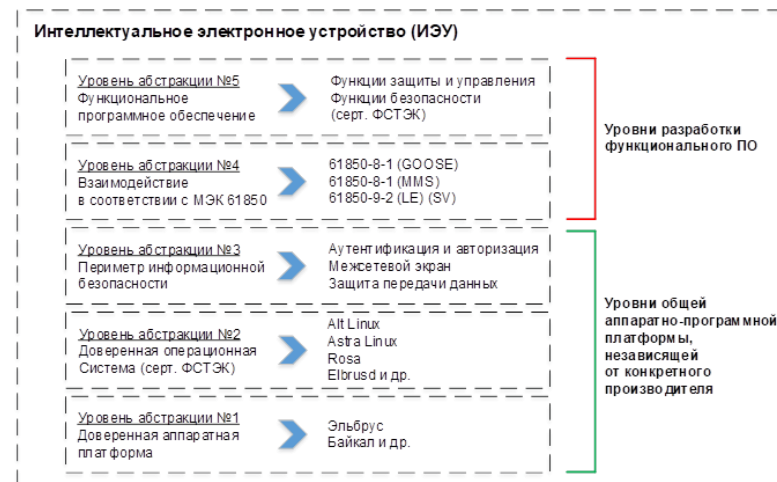
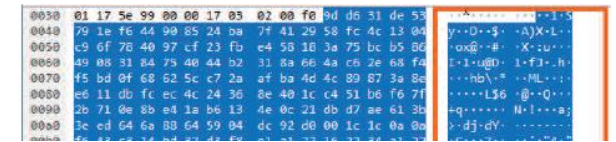
Синтез элементов кроссплатформенной ЦПС



Двухфакторная аутентификация с использованием USB-идентификатора



TLS-шифрование MMS-пакетов



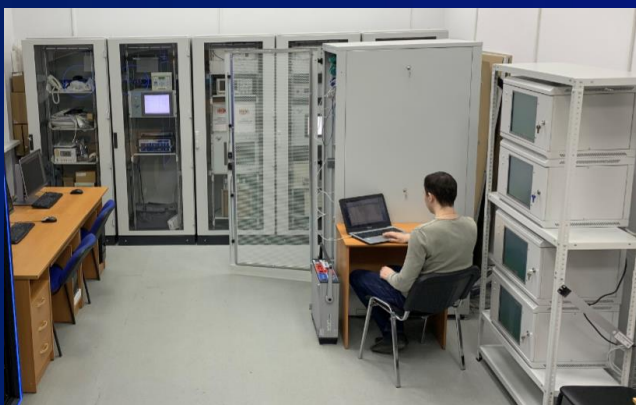


Лаборатория «Интеллектуальная релейная защита и цифровая подстанция»

Учебно-исследовательский класс для математического и имитационного моделирования с использованием современных программных комплексов Matlab, PSCAD v5, Etap 19, RSCAD FX, RTDS, а также испытательное оборудование PETOM-61,21, 61850, RTDS NovaCor.

Курсы:

- современная релейная защита;
- автоматизация систем электроснабжения;
- компьютерное моделирование систем электроснабжения;
- компьютерные и сетевые технологии в электроэнергетике;
- применение ЭВМ в электроэнергетике.



Испытательные устройства
РЕТОМ



Микропроцессорные
терминалы РЗА



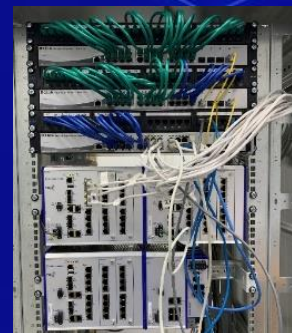
Микропроцессорные
терминалы РЗА



Цифровые осциллографы
и генераторы сигналов



Коммуникационное оборудование



Отечественный сервер Эльбрус-8С1



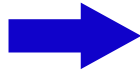
Киберфизический стенд
с ПАК RTDS NovaCor





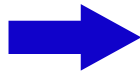
Взаимодействие с реальным сектором экономики

Минобрнауки России, ФЦП,
Соглашение №14.577.21.0124
от 20.10.2014г.



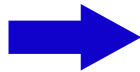
Разработка интеллектуальной релейной защиты с характеристиками, не зависящими от режимов работы активно - адаптивной электрической сети

Минобрнауки России, ФЦП,
Соглашение
№14.577.21.0244
от 26.09.2017г.



Разработка технических решений программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции с использованием отечественной элементной базы и операционных систем в составе устройств уровня присоединения и среднего уровня

Научно-образовательный
центр Нижегородской
области,
договор №16-11-2021_50
от 16.11.2021г.



Разработка устройств для автоматического повторного включения кабельно-воздушных линий электропередачи 110-500 кВ

ООО «В-ЛЮКС», Договор
№23Д-11/В от 10.03.2023г.



Экспериментальные исследования и испытания коммуникационного оборудования с целью определения возможности использования в вычислительных сетях промышленного назначения, цифровых подстанций (МЭК 61850) и других объектов критической информационной инфраструктуры

Результаты

Экспериментальные образцы интеллектуальной релейной защиты, экспериментальные образцы находятся в опытной эксплуатации на электросетевых объектах.

Экспериментальный образец ПАК ЦПС для управления и защиты «цифровых» активно-адаптивных электрических сетей в условиях «цифровой экономики» на основе стандарта МЭК 61850.

Макетный образец устройства АПВ КВЛ.

Результаты проверочных испытательных тестов по временной задержке SV-поток в коммуникационном оборудовании.



ПЕРЕДОВАЯ
ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА НГТУ

Опыт выполнения работ

Минобрнауки России, ФЦП, Соглашение №14.577.21.0124
от 20.10.2014г.

Цель и задачи

- разработка и изготовление трех экспериментальных образцов интеллектуальной релейной защиты электрических сетей, алгоритмы которого используют непрерывный мониторинг токов и напряжений в электрических сетях и корректируют характеристики защиты при изменениях нагрузки сети;
- разработка алгоритмов релейной защиты, не зависящих от параметров и режимов электрических сетей с учетом технологий управления этими сетями;
- создание экспериментальных образцов интеллектуальной релейной защиты активно-адаптивной электрической сети;
- изготовление и проведение испытаний экспериментальных образцов интеллектуальной релейной защиты.

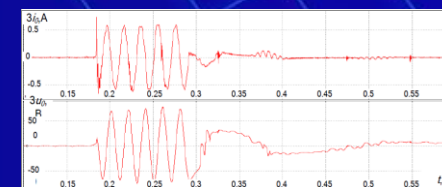
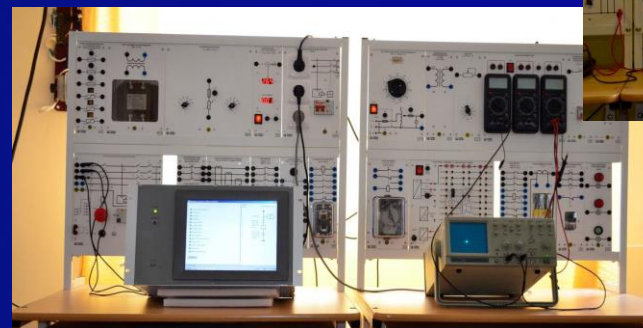
Результаты

В процессе реализации проекта наработан теоретический задел и приобретены компетенции в области алгоритмизации релейной защиты, конструирования, программирования и расчетов параметров срабатывания РЗА. Получено более 10 патентов.

Экспериментальные образцы релейной защиты



Исследовательские испытания экспериментальных образцов релейной защиты





Минобрнауки России, ФЦП, Соглашение №14.577.21.0124
от 20.10.2014г.

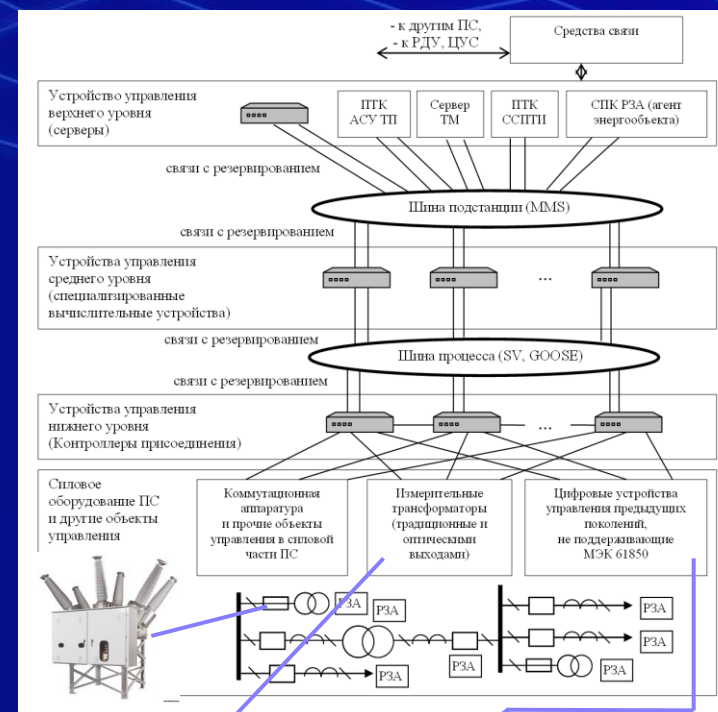
Цель и задачи

- разработка и применение отечественной платформы-ядра для цифровой подстанции с использованием отечественной элементной базы и операционных систем в составе устройств уровня присоединения и среднего уровня;
- разработка методов формирования алгоритмов и программного обеспечения блоков коммутации цифровой подстанции с поддержкой МЭК 61850;
- разработка алгоритмов АСУ ТП цифровой подстанции с поддержкой МЭК 61850;
- разработка программного обеспечения макетов цифровых устройств автоматики, защиты и управления;
- испытания ПАК ЦПС.

Результаты

В процессе реализации проекта наработан теоретический и практический задел, приобретены компетенции в области работы со стандартом МЭК61850, отечественными вычислителями «Эльбрус». Разработан Инновационный универсальный подход к построению ЦПС, оригинальные отечественные компоненты и программное обеспечение, более 8 патентов РФ.

Структура ПАК ЦПС с МЭК 61850



Соответствие
«КОНЦЕПЦИИ
ЦИФРОВАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ 2030»
утвержденной Советом
директоров ПАО
«Россети» 21.12.2018.

Серверное оборудование

Отечественная SCADA система

Экспериментальный образец устройства среднего уровня

Экспериментальный образец устройства нижнего уровня





Научно-образовательный центр Нижегородской области, договор №16-11-2021_50 от 16.11.2021г.

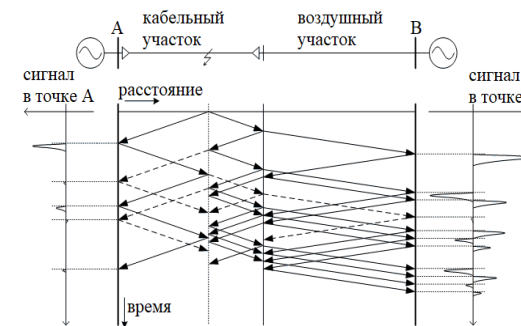
Цель и задачи

- автоматика повторного включения на кабельно-воздушных линиях электропередачи является средством повышения надежности электрических сетей и является обязательной по ПУЭ (п. 3.3.2). Разработанные на данный момент способы АПВ КВЛ требуют установки большого числа дополнительного оборудования и очень дорогие;
- создание прототипа серийно выпускаемого устройства автоматического повторного включения с функцией определения места повреждения на кабельно-воздушных линиях электропередач, работающего на основе волновых методов.

Результаты

- получены компетенции в области математического и имитационного моделирования волновых электромагнитных процессов, разработки волновых измерительных органов устройств автоматики;
- снижение стоимости аппаратной части устройства за счет исключения каналов связи, устройств сбора и передачи информации и вспомогательного оборудования (не менее 50%);
- повышение точности идентификации участка КВЛ и быстродействия алгоритма работы;
- реализация функции волнового определения места повреждения (ОМП) на ЛЭП;
- получено 3 патента.

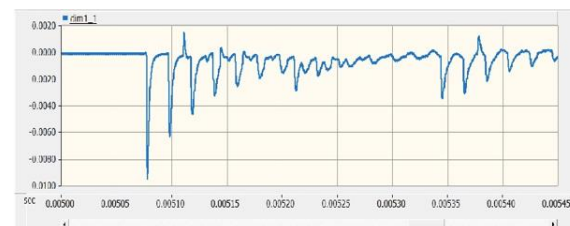
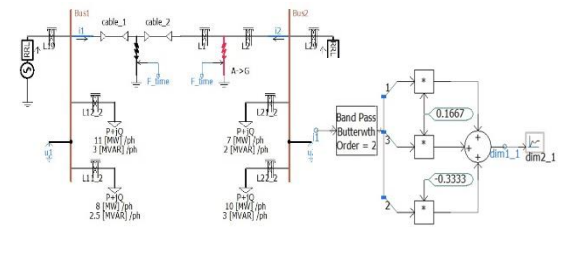
Лестничная диаграмма распространения волн по линии



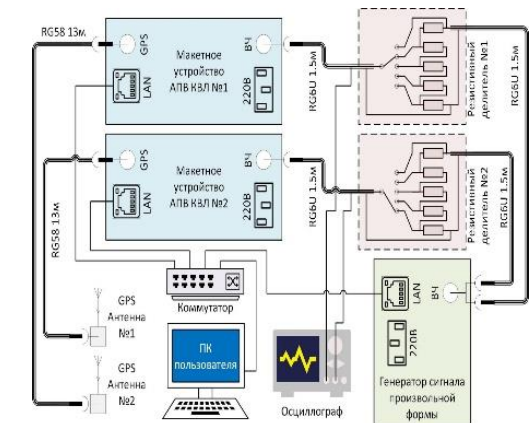
Макет устройства АПВ КВЛ



Имитационное моделирование в PSCAD



Испытательный стенд





Устройства, разработанные в рамках указанных проектов, в различных вариантах исполнения нашли применение компаниями — индустриальными партнерами (ООО НПП «АЛИМП», АО «НИПОМ») в реальных секторах экономики и находятся в опытно-промышленной и промышленной эксплуатации на электросетевых объектах:

- Нижновэнерго: РЗА ЛЭП 110 кВ "Урень-Ветлуга"; РЗА 6-35 кВ ПС "Моховые горы"; ЛЭП 220 кВ «Борская-Семёновская», ЛЭП 110 кВ «Пуголи-Нармонка»;
- ПАО «Русгидро»: (Нижегородская ГЭС — цифровой полигон);
- ОАО «РЖД»: РЗА 6-35 кВ ПС «Н.Новгород-Сортировочный»; РЗА 6-35 кВ на ПС «Н.Новгород-Сортировочный»;
- ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»: РТП №12 (РУ-6кВ).

Опытно промышленная эксплуатация на электросетевых объектах

РЗА на ЛЭП
220 кВ «Борская-
Семёновская»

РЗА на ЛЭП
110 кВ «Пуголи-
Нармонка»

РЗА 6-35 кВ
на ПС «Моховые
горы»

РЗА 6-35 кВ
ПС «Н.Новгород-
Сортировочный»

РЗА 6-35 кВ на объекте
РТП №12 (РУ-6 кВ)

Цифровой полигон ПАО
«РусГидро»
на Нижегородской ГЭС





ПЕРЕДОВАЯ
ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА НГТУ

Кибербезопасные электроэнергетические системы атомных станций

Кафедра: ИНЭЛ

доцент кафедры ЭССЭ, к.т.н., доцент

Лоскутов Антон Алексеевич

loskutov_aa@nntu.ru

+7-908-158-63-66



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**Передовые
инженерные
школы**



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. П. Е. Алексеева