



МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
«ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ»
ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Асаинов Данил Нуритдинович

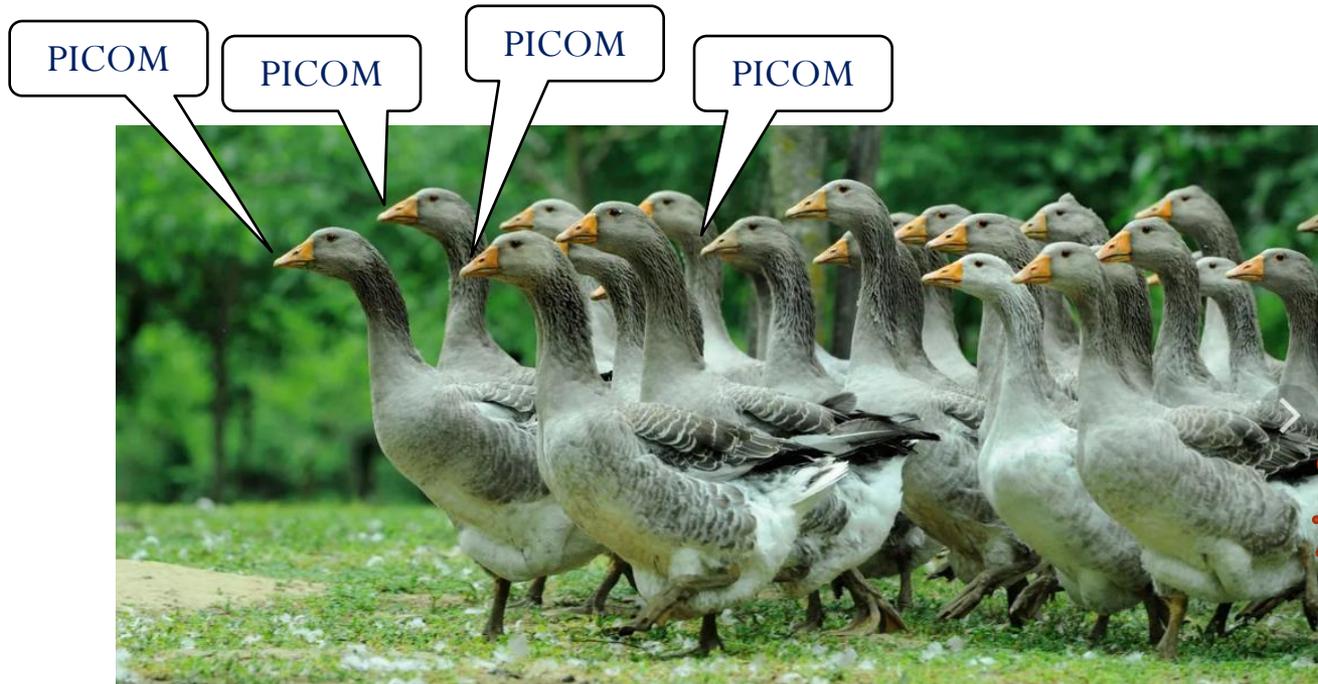
Гусев Юрий Павлович

Трофимов Алексей Валентинович

Эпиграф

„Беда в том, что самые простые вопросы мы стараемся решать хитро, а потому и делаем их необыкновенно сложными. Нужно искать простое решение.“

Антон Павлович Чехов



Полигон АСУ электроустановок

Для практического изучения современных АСУ ЭТО на кафедре «Электрические станции» МЭИ в 2012 г. был создан учебно-исследовательский полигон, соответствующий современным тенденциям.

- Широкая номенклатура ИЭУ для работы с различными видами электрических присоединений;
- Применение реального оборудования для организации промышленных цифровых сетей.
- Оснащенность как реальным первичным оборудованием, так и физическими и математическими моделями. Создание «живой» электроустановки для формирования навыков у эксплуатационного персонала.
- Использование типовых конструктивов щитовых устройств.

АСУ ЭТО + МЭК 61850 = Цифровая подстанция

Структура полигона АСУ ЭТО кафедры ЭС МЭИ

Промышленная сеть Ethernet

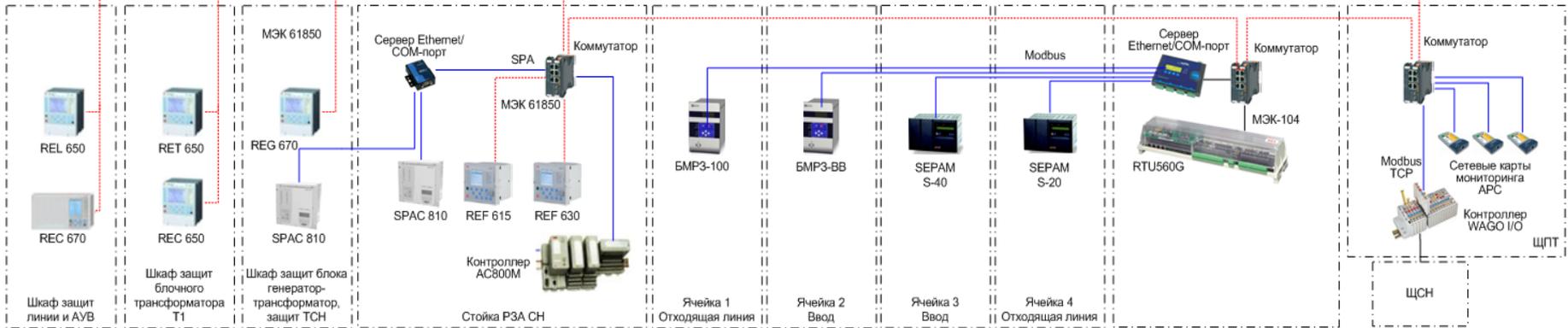
Автоматизированные рабочие места

АРМ персонала (1-9)
Переносной персональный компьютер



Серверное оборудование

Промышленная платформа
SYS600C



Микропроцессорные ИЭУ

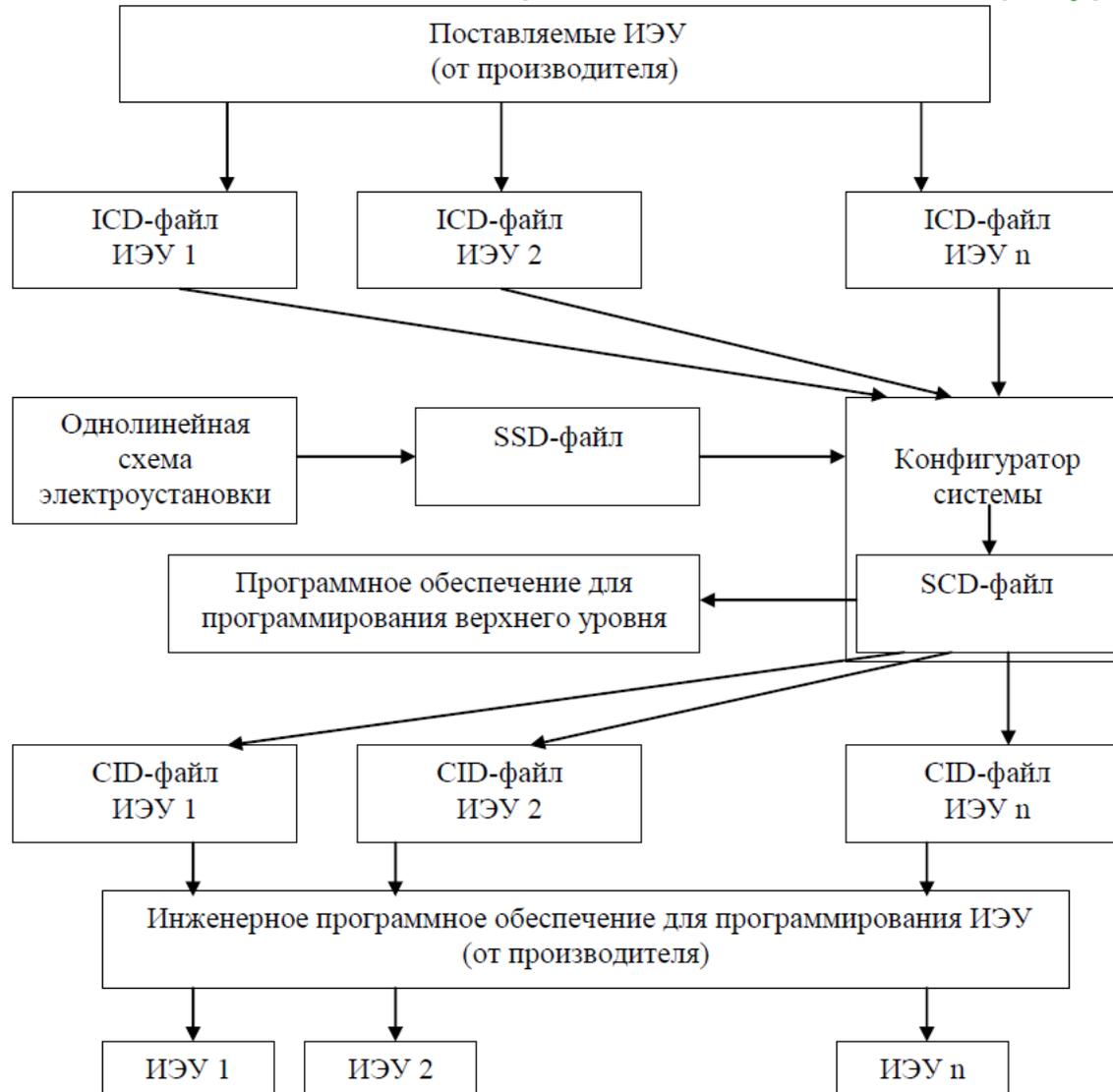
Основные особенности при проектировании ЦПС

1. Использование информационных моделей

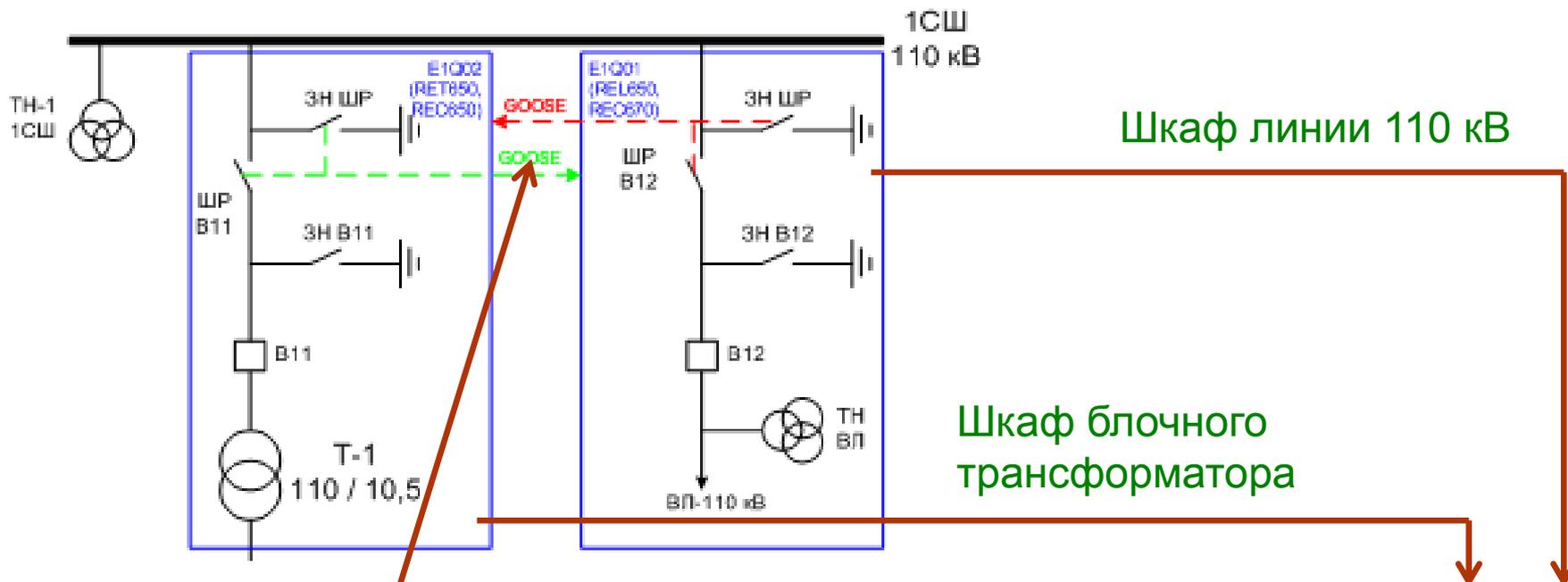


Основные особенности при проектировании ЦПС

2. Использование XML – файлов описания конфигурации



Связь главной схемы и шкафов АСУ ЭТО



GOOSE обмен
для организации
оперативной
блокировки



Фрагмент файла описания модели

Ниже приведен фрагмент SCD-файла описания подстанции в виде XML-текста, в котором описано, что управление шинным разъединителем QB1 (ШР В12) и заземлителями QC1 (ЗН ШР) и QC2 (ЗН В12) ведется с помощью логических узлов управления коммутационными аппаратами CSWI (InClass) с номерами 2, 3, 4 (InInst) соответственно, расположенными в ИЭУ управления AA1E1Q01A1 (iedName).

```
<ConductingEquipment name="QB1" desc="ШР В12" type="DIS" sxy:x="6"
sxy:y="4" sxy:dir="vertical">
```

```
<LNode iedName="AA1E1Q01A1" IdInst="LD0" prefix="S" InClass="CSWI"
InInst="2"/> </ConductingEquipment>
```

```
<ConductingEquipment name="QC1" desc="ЗН ШР" type="DIS" sxy:x="8"
sxy:y="4" sxy:dir="vertical">
```

```
<LNode iedName="AA1E1Q01A1" IdInst="LD0" prefix="S" InClass="CSWI"
InInst="3"/> </ConductingEquipment>
```

```
<ConductingEquipment name="QC2" desc="ЗН В12" type="DIS" sxy:x="11"
sxy:y="4" sxy:dir="vertical">
```

```
<LNode iedName="AA1E1Q01A1" IdInst="LD0" prefix="S" InClass="CSWI"
InInst="4"/> </ConductingEquipment>
```

Расчётное задание: Формирование SSD-файла: подготовка главной схемы

The image displays a software interface for creating an SSD file, showing the preparation of a main schematic. It includes a main schematic diagram, a component selection dialog, and an attribute editor.

Коммутационные аппараты Шины Линии

- Q_Вертикальный
- Q_Горизонтальный
- QS_Вертикальный
- QS_Горизонтальный
- QSG_Вертикальный
- QSG_Горизонтальный
- Разъединитель с ЗН**
- Разъединитель с ЗН
- Разъединитель с ЗН
- Разъединитель с ЗН
- Линия
- Линия
- Кабель
- Кабель
- Шины
- Узел связи

Редактор атрибутов блоков

Блок: PE_DIS01_00
Имя: BAY

Атрибут	Параметры текста	Свойства
Имя	Подсказка	Значение
POS	Обозначение	QS3
BAY	Присоединение	W1E
VOLTAGELE...	Обозначение РУ	RU220
DEF	Разделитель	.
W1		
W2		

Выполняется в рамках САПР ЦВК

Расчётное задание: Формирование SSD-файла: привязка LN

Первичное оборудование

Вид Оборудование Соединения Логические узлы Блокировки

Печать SSD-файл

Чертеж Новый Удалить Задать поле Описание РУ Лог. узлы

Обозначение РУ	Обозначение ячейки	Обозначение оборудования	Описание оборудования	Вид оборудования	Тип оборудования	МЕ проекта
			SAPR_VK # SAPR_VK	ПС		
		AT	Силовой трансформатор AT	PTR		
		AT.W1	Обмотка W1 AT	PTW		
		AT.W2	Обмотка W2 AT	PTW		
		AT.W3	Обмотка W3 AT	PTW		
			RU110	РУ		
			AT1E	ВАЗ		
		QAT1E	Выключатель QAT1E	CBR		
		QS1	Разъединитель QS1	DIS		
		QS2	Разъединитель QS2	DIS		
		QS3	Разъединитель QS3	DIS		
		QS4	Разъединитель QS4	DIS		
		QSG1	Заземляющий нож QSG1	DIS		
		QSG2.1	Заземляющий нож QSG2.1	DIS		
		QSG2.2	Заземляющий нож QSG2.2	DIS		

RU110

RU220

Логические узлы

Q - W1E РУ- RU110

InInst	InClass	Описание	IEDname	IdInst	prefix	InType
1	CSWI	Контроллер				
1	XCBR	Выключатель				

Общий список логических узлов

Обозначение	Название
ANCR	Регулятор тока нейтрали
ARCO	Регулирование реактивной мощности
ATCC	Автоматический регулятор РПН
AVCO	Регулирование напряжения
CALH	Управление сигнализацией
CCGR	Групповое управление охлаждением
CILO	Блокировка
CPOW	Функция переключения в заданной фазе
CSWI	Контроллер присоединения XCBR и XSWI
GAPC	Общие управление автоматическим процессом
GGIO	Вход/выход для общих процессов

Записать Выход

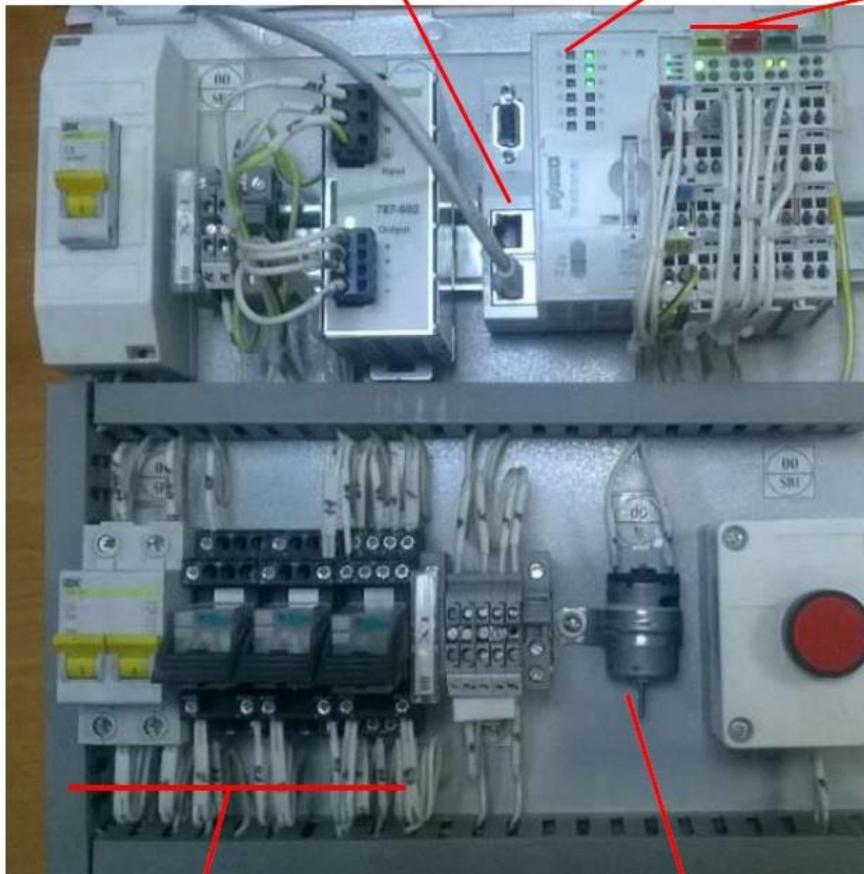
Выл

Стенд для изучения основ АСУ ЭТО

Цифровой интерфейс (Ethernet)

Контроллер

Модули УСО



Коммутационное оборудование

Электродвигатель

WAGO IEC 61850 Configurator 3.2.9 - Lab2_61850_3_GSE.PRO

File Project Help

Server Client Subscriber

Selection Configuration

- LN [Axxx]-Automatic
- LN [Cxxx]-Control
 - LN CALH
 - LN CCGR
 - LN CSWI
- LN [Gxxx]-Generic
- LN [Mxxx]-Metering and measurement
- LN [Pxxx]-Protection
- LN [Sxxx]-Sensors and monitoring
- LN [Txxx]-Instrument transformers
- LN [Wxxx]-Wind power plant
- LN [Xxxx]-Switchgear
 - LN XCBR
 - LN XSWI
- LN [Yxxx]-Power transformers
- LN [Zxxx]-Further power system equipment

WAGO61850Server

- LD LogicalDevice
 - LN LLN0
 - Inputs
 - DataSets
 - DataSet_0
 - LogicalDevice/GGIO1.ST.Ind1.stVal
 - LogicalDevice/GGIO1.ST.Ind2.stVal
 - LogicalDevice/GGIO1.MX.AnIn.mag.f
 - DataSet_1
 - Reports
 - ReportBlock01
 - GOOSE
 - GooseBlock01
 - DO Mod
 - DO Beh
 - DO Health
 - DO NamPlt
 - LN LPHD1
 - LN GGIO1

Конфигуратор ICD-файла

Анализ и формирование SCD-файла

F:\VB_XML\PC2_supressed.xml - [Структура]

Файл Модель Окно ?

Редактирование

Модель Связь LN Сеть

Модель

- Substation
 - VoltageLevel L1
 - VoltageLevel K1
 - Bay Q01
 - VoltageLevel E1
 - Bay Q02
 - Bay Q01
 - VoltageLevel AA1
- Communication
 - SubNetwork AA1WA1
 - ConnectedAP AA1E1Q01A2
 - ConnectedAP AA1E1Q02A2
 - ConnectedAP AA1K1Q01A1
 - ConnectedAP AA1OPC2
 - ConnectedAP AA1E1Q02A1
 - ConnectedAP AA1E1Q01A1
 - ConnectedAP AA1L1Q01A1
 - ConnectedAP AA1OPC1
 - ConnectedAP AA1A1
- IED AA1TJ3
- IED AA1KA1
- IED AA1KA2
- IED AA1E1Q01A2
 - AccessPoint S1
 - Server
 - LDevice EF4_1
 - LDevice LD0
 - LN0 inst= InClass=LLN0 InType=IED
 - DataSet name=StatUrgentA desc
 - DataSet name=StatNormalA desc
 - DataSet name=StatNormalB desc
 - DataSet name=MeasFitA desc=A
 - DataSet name=StatIedA desc=AI
 - ReportControl name=rcb_A des
 - ReportControl name=rcb_B des
 - ReportControl name=rcb_C des
 - ReportControl name=rcb_D des
 - ReportControl name=rcb_E des

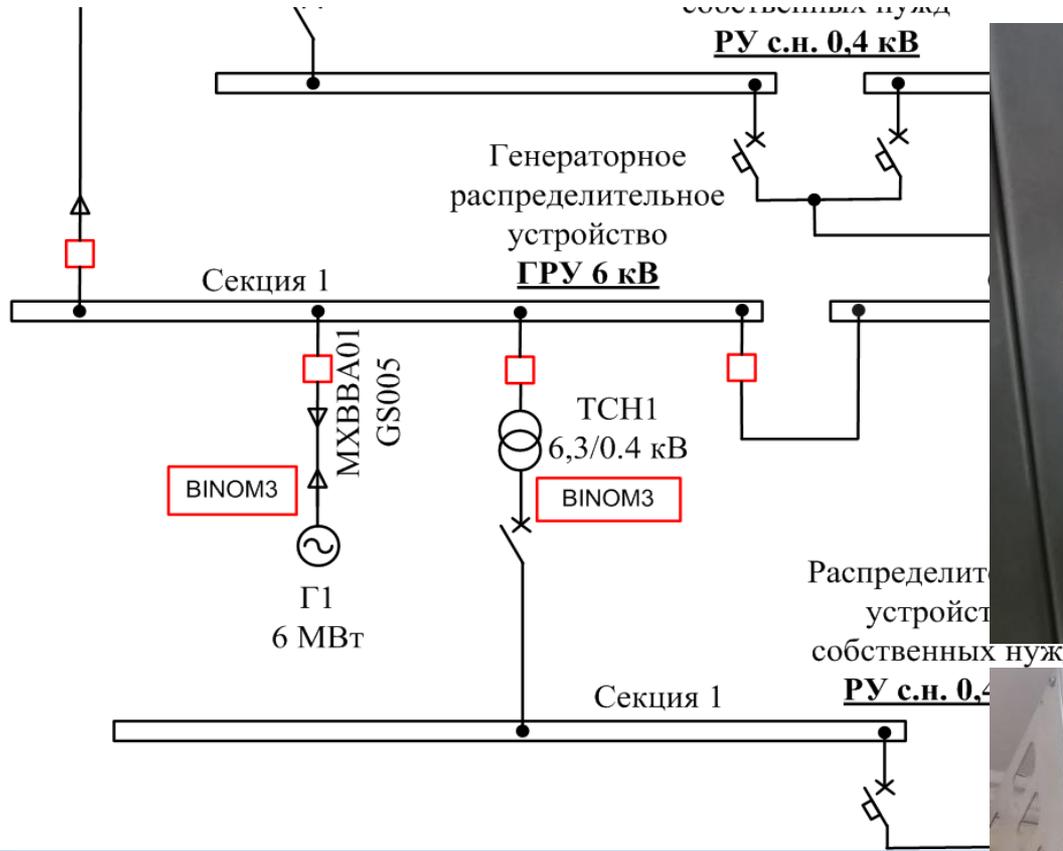
Модель\Substation\VoltageLevel E1\Bay Q02

РУ	Ячейка	Оборудование	InClass	prefix	InInst	iedName	IdInst
E1	Q02		CBAY	Q	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	PTOC	BRC	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	RBRF	CC	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	RDRE	DRP	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	LLN0			AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	LPHD		1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	RFUF	SDD	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	RREC	SMB	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	GGIO	SP16	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	GGIO	SP16	2	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	GGIO	SP16	3	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	GGIO	SPC8	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	GGIO	SPC8	2	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	GGIO	SPC8	3	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	XCBR	S	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	GGIO	TMA	1	AA1E1Q02A1	LD0
E1	Q02	A1	PHAR	GEN4	1	AA1E1Q02A1	OC4_1
E1	Q02	A1	LLN0			AA1E1Q02A1	OC4_1

Модель\IED AA1E1Q01A2\AccessPoint S1\Server\LDevice LD0

РУ	Ячейка	Оборудование	InClass	prefix	InInst	iedName	IdInst
			LLN0			AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	FCVI	B16I	5	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	RBRF	CC	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	RDRE	DRP	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PSCH	EC	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PSCH	ECRW	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PIOC	EF	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PDIS	FDPS	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	RFLO	LMB	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	LPHD		1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PIOC	PH	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	RFUF	SDD	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PTRC	SMP	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	GGIO	SP16	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	GGIO	SPC8	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	GGIO	TMA	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PSCH	ZC	1	AA1E1Q01A2	LD0

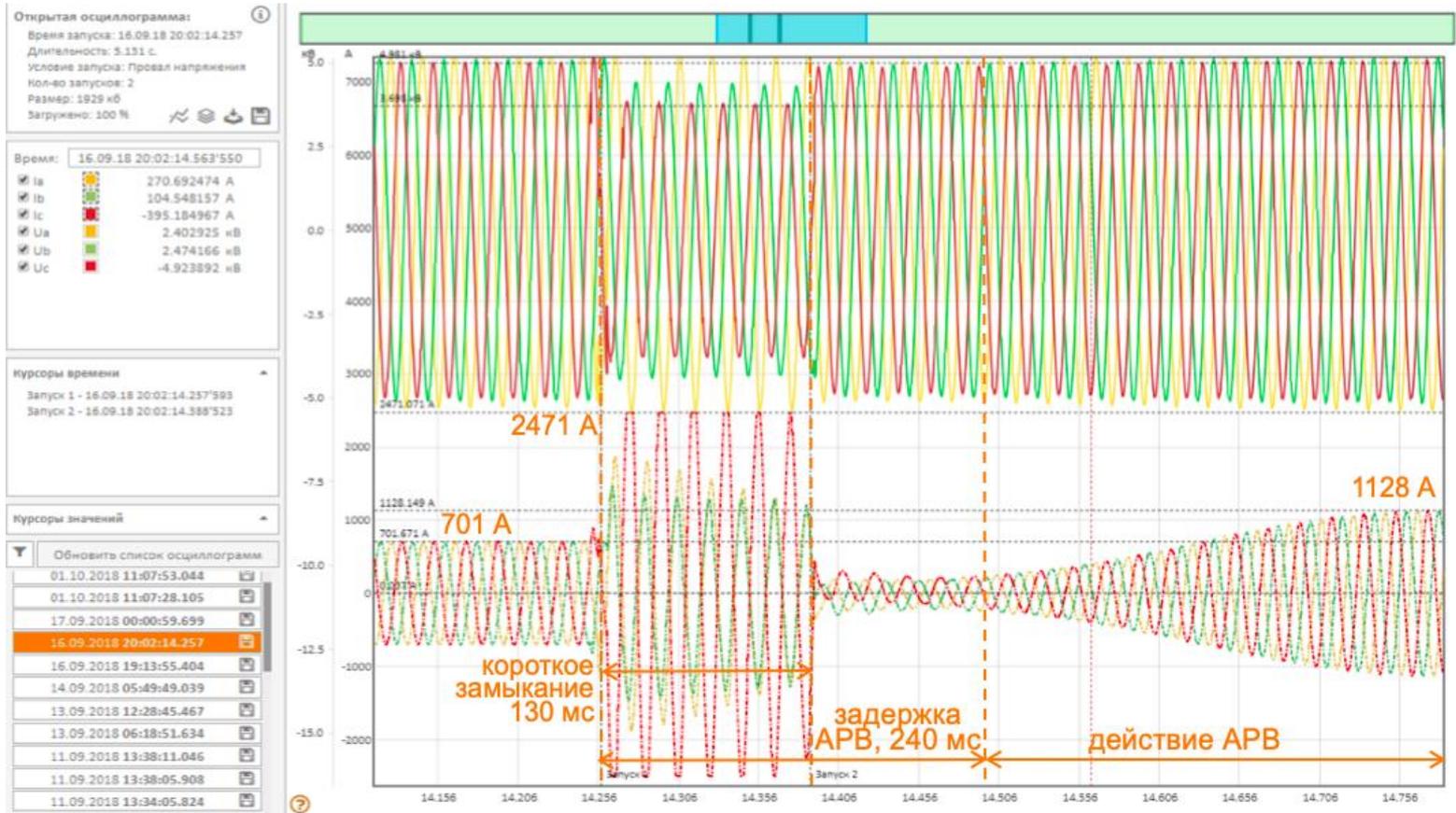
Цифровизация ТЭЦ МЭИ



Многофункциональный счетчик серии BINOM3 с поддержкой МЭК 61850

Цифровизация ТЭЦ МЭИ (к «Smart Grid»)

Удалённый анализ параметров присоединения по Интернет



Осциллограмма фазных токов и напряжений на выводах генератора

Открыт on-line доступ (логин: User, пароль: 1):

- <http://hpc-ec1.mpei.ru/index.html> (BINOM337 на стороне 0,4 кВ ТЧН)
- <http://hpc-ec2.mpei.ru/index.html> (BINOM337 на выводах 6 кВ статора генератора)

Фрагмент дистанционного курса «Обучение АСУ ЭТО» (видеохостинг YouTube)



24.1. Основы МЭК 61850 (начало)

Обучение АСУ ЭТО

9:56



24.2. Основы МЭК 61850 (продолжение)

Обучение АСУ ЭТО

9:50



24.3. Основы МЭК 61850 (окончание)

Обучение АСУ ЭТО

9:22



25. МЭК 61850. Пример цифрового обмена GOOSE - сообщениями

Обучение АСУ ЭТО

13:44



25.2. МЭК 61850. Пример информационной модели ИЭУ. Цифровой обмен.

Обучение АСУ ЭТО

11:37



25.2. МЭК 61850. Пример информационной модели ИЭУ. Цифровой обмен.

Обучение АСУ ЭТО

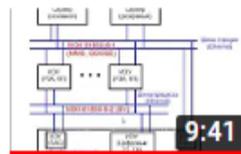
11:04



25.3. МЭК 61850. Цифровой обмен аналоговыми значениями (SV)

Обучение АСУ ЭТО

14:49



25.4. Цифровая подстанция. По мотивам Релавэкспо-2019.

Обучение АСУ ЭТО

9:41

Тематика проводимых лабораторных работ

1. Микропроцессорные устройства защит и управления для различных видов присоединений. Входные и выходные сигналы. Реализуемые функции. Токовые цепи. Цепи напряжения. Оперативные цепи.
2. Конструктивное исполнение ИЭУ. Модули УСО. Цифровые интерфейсы.
3. Организация цифровых сетей. Протоколы передачи данных.
4. Сервера сбора и обработки информации.
5. Основы стандарта МЭК 61850.
6. Работа оператора (наблюдение, управление, работа с журналами событий, тренды, архивы).
7. Местное управление присоединением с помощью ИЭУ.
8. Программные инструменты конфигурирования ИЭУ защиты и управления.
9. Основные функции в системе наблюдения и управления SCADA: организация интерфейса человек-машина; обработка событий и аварийных сигналов; выполнение расчетов и выдача отчетов;.
10. Разработка системы управления. Формирование базы данных переменных. Организация связи с ИЭУ. Создание пользовательского интерфейса. Реализация автоматического управления.
11. Анализ ситуаций (на основе ситуационных моделей режимов работы оборудования).

Заключение

Учебно-исследовательский полигон АСУ ЭТО кафедры «Электрические станции» МЭИ представляет собой современную, высокотехнологичную установку, которая позволяет значительно улучшить подготовку специалистов электроэнергетиков в области автоматизации электрических станций и подстанций.

На полигоне проводится как обучение студентов, так и курсы повышения квалификации для специалистов отрасли.

Для повышения эффективности использования полигона АСУ ЭТО постоянно разрабатывается новое методическое обеспечение.

Будем рады сотрудничеству

НИУ МЭИ

es.mpei.ac.ru

Кафедра «Электрические станции»

TrofimovAV@mpei.ru