



МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»



Технология цифровой подстанции - основа образовательной программы

Гусев Юрий Павлович

Козинова Марина Алексеевна

Трофимов Алексей Валентинович

Чо Дмитрий Иванович



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ПАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
29.240.10.248-2017

Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС)

Цифровая подстанция (ЦПС) – это подстанция с высоким уровнем автоматизации, в которой практически все процессы информационного обмена между элементами ПС, а также управление работой ПС осуществляются в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850.

АСУ ТП подстанций = Digital Substation Automation System

Digital Substation => Цифровая подстанция

ИЭУ – интеллектуальные электронные устройства

Информационная модель системы автоматизации ЦПС

Главная схема



Точки доступа клиента



Функционал системы автоматизации

Полигон АСУ электроустановок на кафедре «Электрические станции» (ЭС)

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.

Первичное электротехническое оборудование полигона



Ячейка КРУЭ 220 кВ

Секция КРУ- 10 кВ

ЩПТ и РУСН 0,4 кВ



Структура полигона АСУ ЭТО кафедры ЭС МЭИ

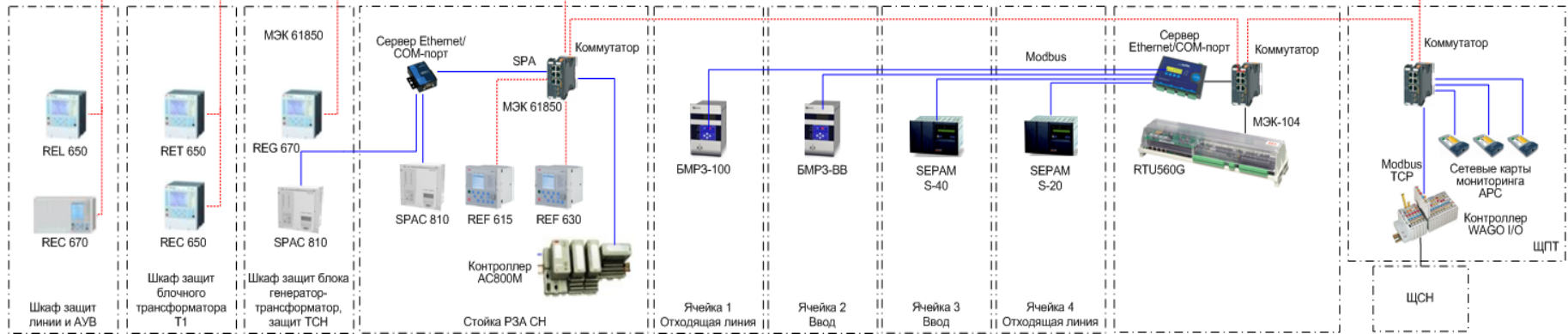
Промышленная сеть Ethernet

Автоматизированные рабочие места

APM персонала (1-9)
Переносной персональный компьютер

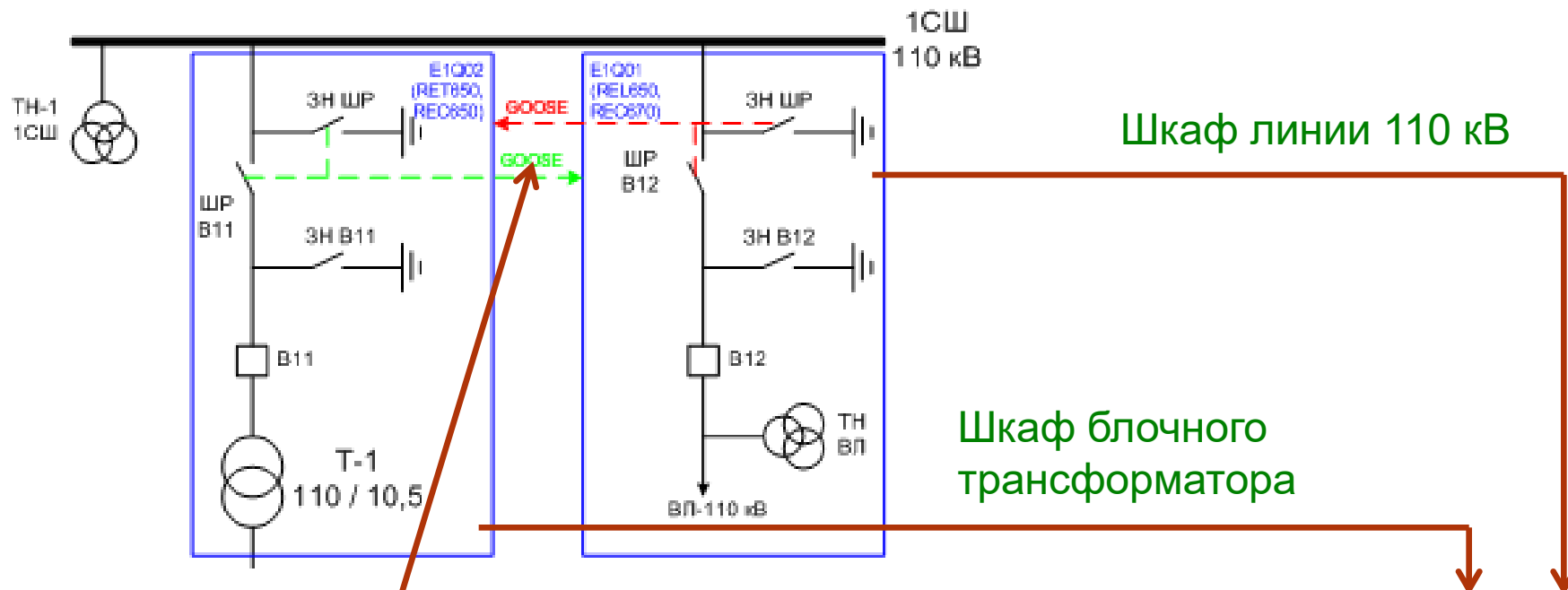


Серверное оборудование



Микропроцессорные ИЭУ

Связь главной схемы и шкафов АСУ ЭТО



GOOSE обмен
для организации
оперативной
блокировки



Пример расчётного задания:

Формирование SSD-файла описания главной схемы

The image displays a software interface for creating an SSD (Single Source Description) file for a main schematic. The interface is divided into several key areas:

- Schematic Diagram:** Shows a power distribution system with busbars labeled W1E-TA4 and W1E-TA5, a transformer TA4, and a busbar W1E-QAT1E. Two circuit breakers, K1E and K2E, are connected to busbars W1E-QSG1 and W1E-QSG2, which are in turn connected to busbars W1E-QS1 and W1E-QS2. A busbar W1E-QS3 is also visible.
- Коммутационные аппараты Шины Линии (Switching Devices Bus Line):** A panel with a grid of symbols for various electrical components. The selected component is a circuit breaker with a spring return mechanism.
- Редактор атрибутов блоков (Block Attribute Editor):** A dialog box for editing the attributes of a block named PE_DIS01_00 with the name BAY. It contains a table of attributes.

Выполняется в рамках САПР ЦВК (разработчик Трофимов А.В.)

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

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

Анализ и формирование файла описания системы автоматизации

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 desc
 - ReportControl name=rcb_B desc
 - ReportControl name=rcb_C desc
 - ReportControl name=rcb_D desc
 - ReportControl name=rcb_E desc

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

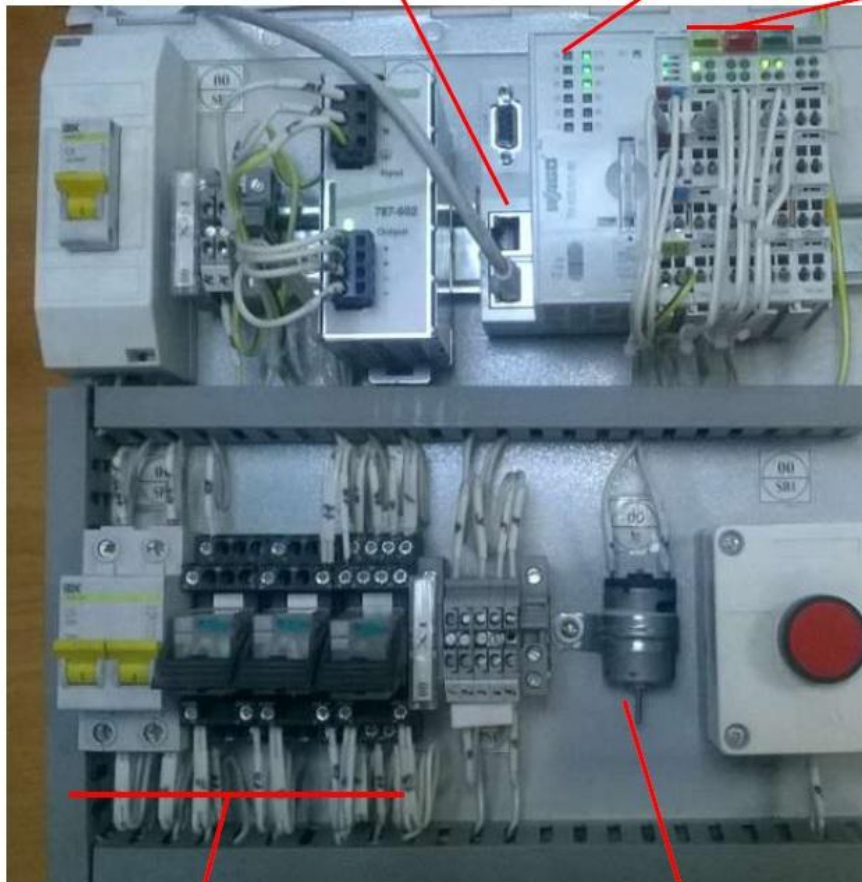
РУ	Ячейка	Оборудование	InClass	prefix	InInst	iedName	IdInst
			LLN0			AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	FCVI	B16I	5	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	RBRF	CC	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	RDRE	DRP	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PSCH	EC	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PSCH	ECRW	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	Q01	A2	PIOC	EF	1	AA1E1Q01A2	LD0
E1	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

Стенд для изучения основ АСУ ЭТО на кафедре ЭС

Цифровой интерфейс (Ethernet)

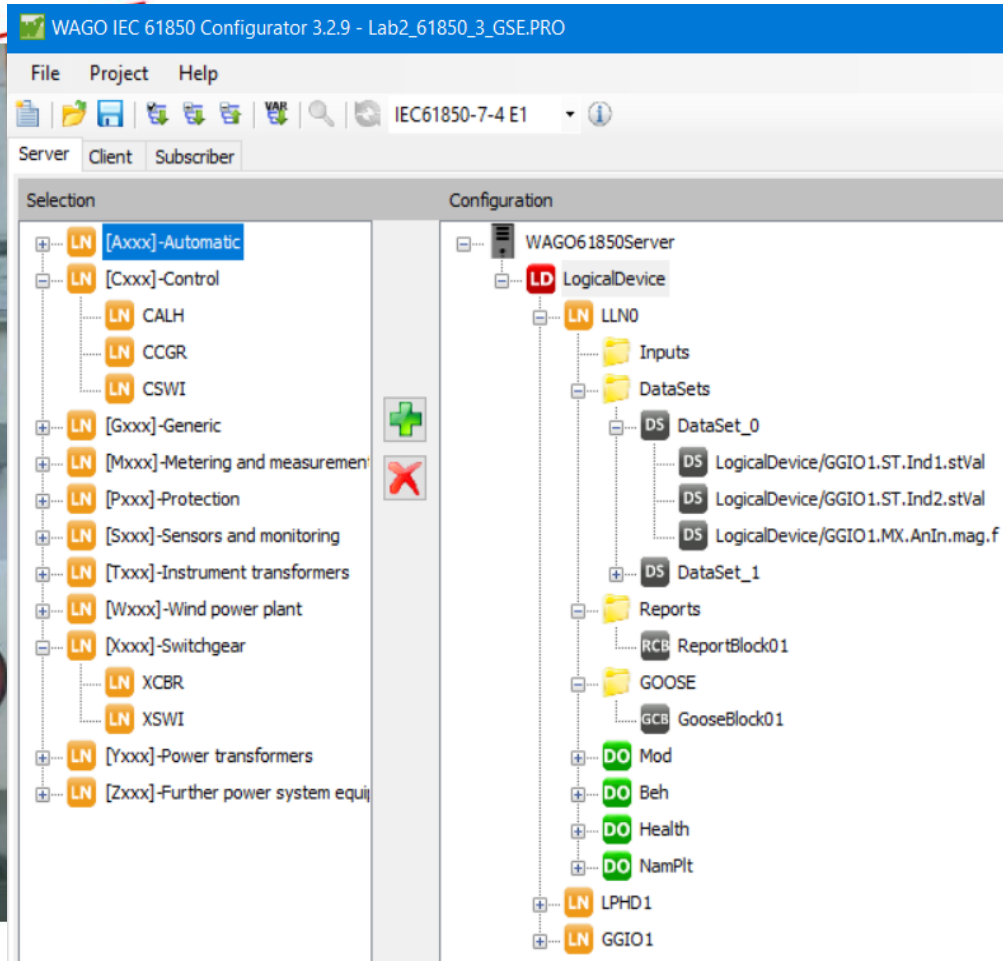
Контроллер

Модули УСО



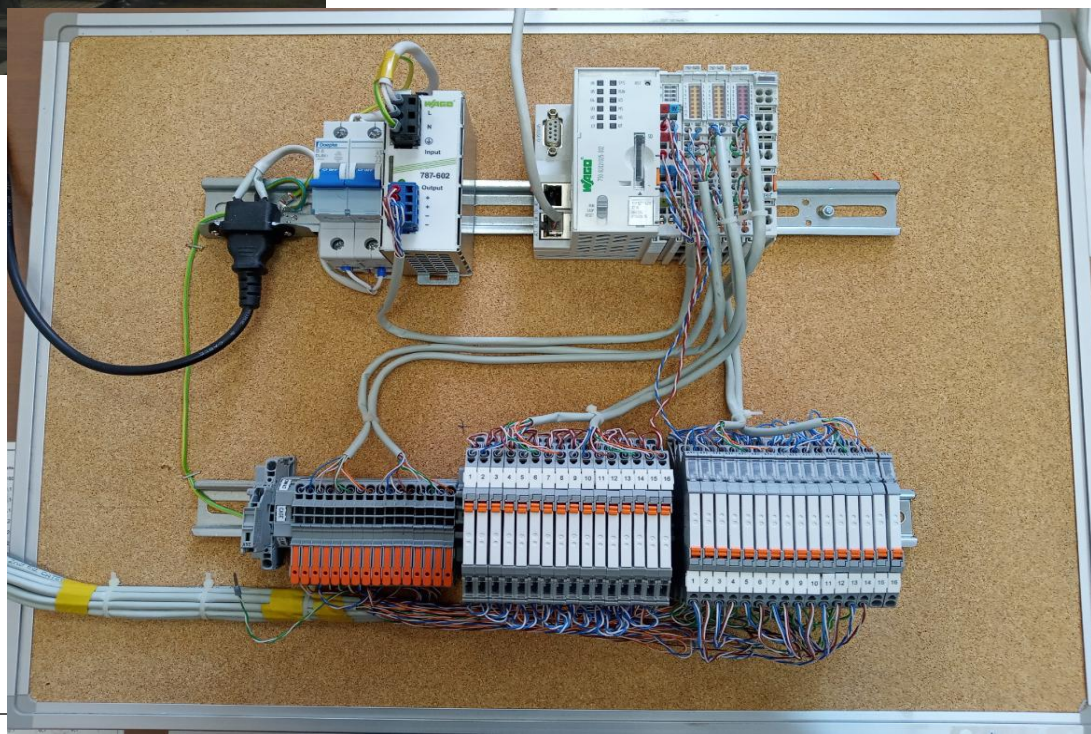
Коммутационное оборудование

Электродвигатель



Конфигуратор ICD-файла

Контроллер присоединения ячейки КРУЭ 220 кВ

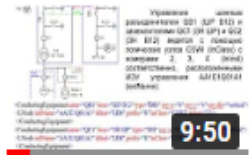


Фрагмент дистанционного курса «Обучение АСУ ЭТО» (видеохостинг YouTube)



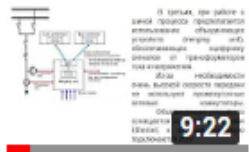
24.1. Основы МЭК 61850 (начало)

Обучение АСУ ЭТО



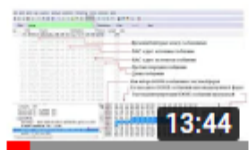
24.2. Основы МЭК 61850 (продолжение)

Обучение АСУ ЭТО



24.3. Основы МЭК 61850 (окончание)

Обучение АСУ ЭТО



25. МЭК 61850. Пример цифрового обмена GOOSE - сообщениями

Обучение АСУ ЭТО



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

Обучение АСУ ЭТО



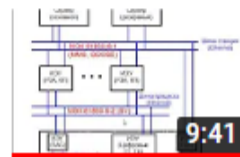
25.2. МЭК 61850. Пример информационной модели ИЭУ. Цифровой обмен.

Обучение АСУ ЭТО



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

Обучение АСУ ЭТО



25.4. Цифровая подстанция. По мотивам Релавэкспо-2019.

Обучение АСУ ЭТО

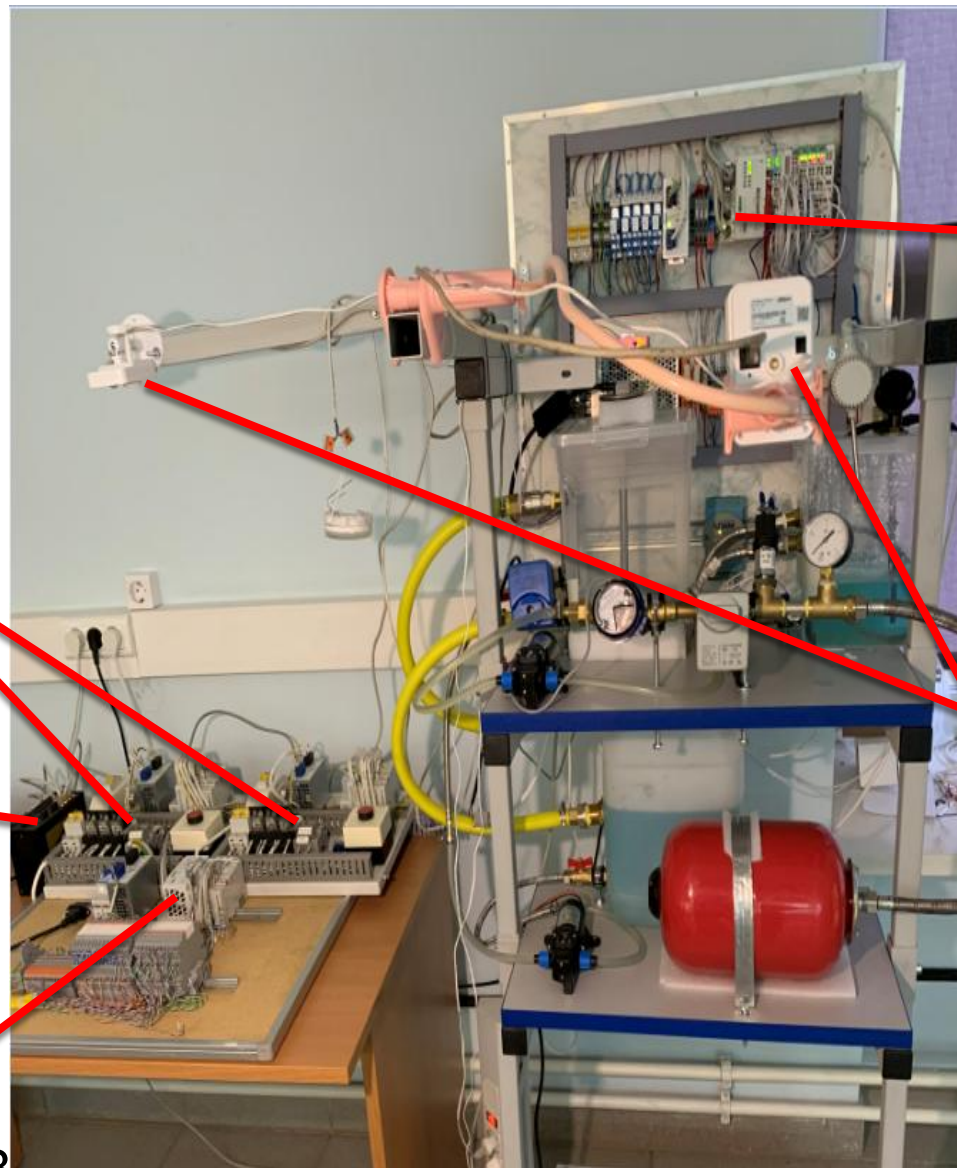
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLErnxolv3FKsycCJOMgQcxTFUjg25qRUpr>

Дистанционный доступ к лабораторному комплексу

Стенды с
электродвигателем

Сетевой
коммутатор

Стенд контроллера
присоединения
ячейки КРУЭ 220 кВ



Стенд АСУ
ТМО

IP
видеокамеры

Тематика проводимых лабораторных работ, проводимых на кафедре ЭС МЭИ

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