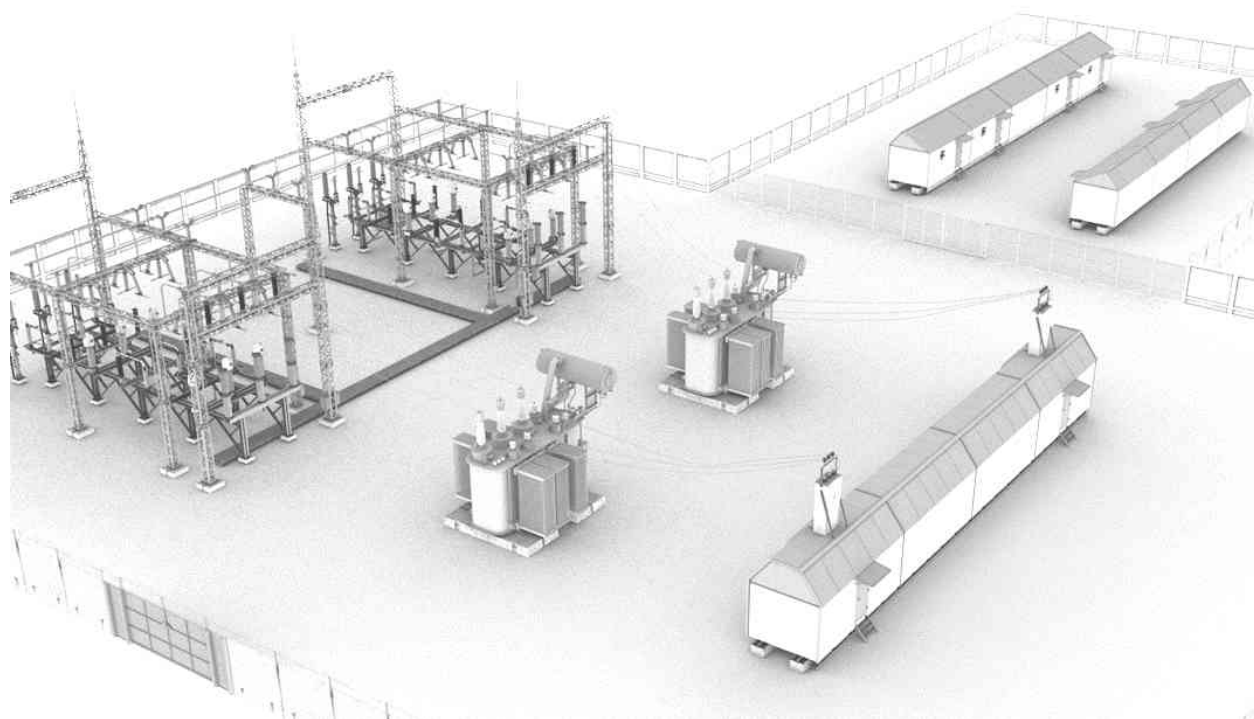


ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА



КОМПАНИЯ  
СИСТЕМОТЕХНИКА 3D

## ВИРТУАЛЬНЫЕ ПОЛИГОНЫ



для эксплуатационного и ремонтного персонала предприятий,  
студентов учебных заведений  
профессионального образования

Компания «СИСТЕМОТЕХНИКА 3Д» разрабатывает виртуальные полигоны- симуляторы электроэнергетических установок и сетей, предназначенные для обучения студентов среднеспециальных и высших технических учебных заведений, а также профессиональной подготовки эксплуатационного и ремонтного персонала промышленных и энергетических предприятий, осуществляющих эксплуатацию, ремонт и наладку электрооборудования общего и специального назначения, в том числе во взрывозащищенном исполнении.



Рис.1. Фотография объекта



Рис.2. Объект в среде виртуального полигона



# 1. Назначение

Виртуальные полигоны предназначены для:

**1.** наглядного представления об оборудовании, которое может быть сформировано только с использованием современных компьютерных 3D технологий, но в привязке к реальной технологической схеме;

**2.** повышения качества подготовки электротехнического персонала промышленных и коммунальных предприятий, занятого ведением технологического процесса, эксплуатацией, ремонтом и наладкой электрооборудования;

**3.** обучения оперативного, ремонтного и оперативно-ремонтного персонала правильным действиям при проведении оперативных и аварийных переключений, проведения работ в нормальных и ненормальных режимах работы электроустановок;

**4.** совершенствования квалификации персонала электросетевых предприятий;

**5.** анализа действий персонала при ликвидации аварийных и внештатных ситуаций на объектах электроэнергетики;

**6.** непрерывного и периодического контроля уровня знаний, тестирования и аттестации эксплуатационного и ремонтного персонала предприятий;

**7.** обучения навыкам коллективной работы: принятия совместных решений и закрепления навыков работы в команде;

**8.** снижения вероятности аварийных ситуаций при работе с электрооборудованием, в том числе во взрывозащищенном исполнении, возникающих вследствие человеческого фактора;

**9.** способствования повышению энергоэффективности и выполнению мероприятий по энергосбережению на предприятиях.



## 2. Компоненты виртуального полигона

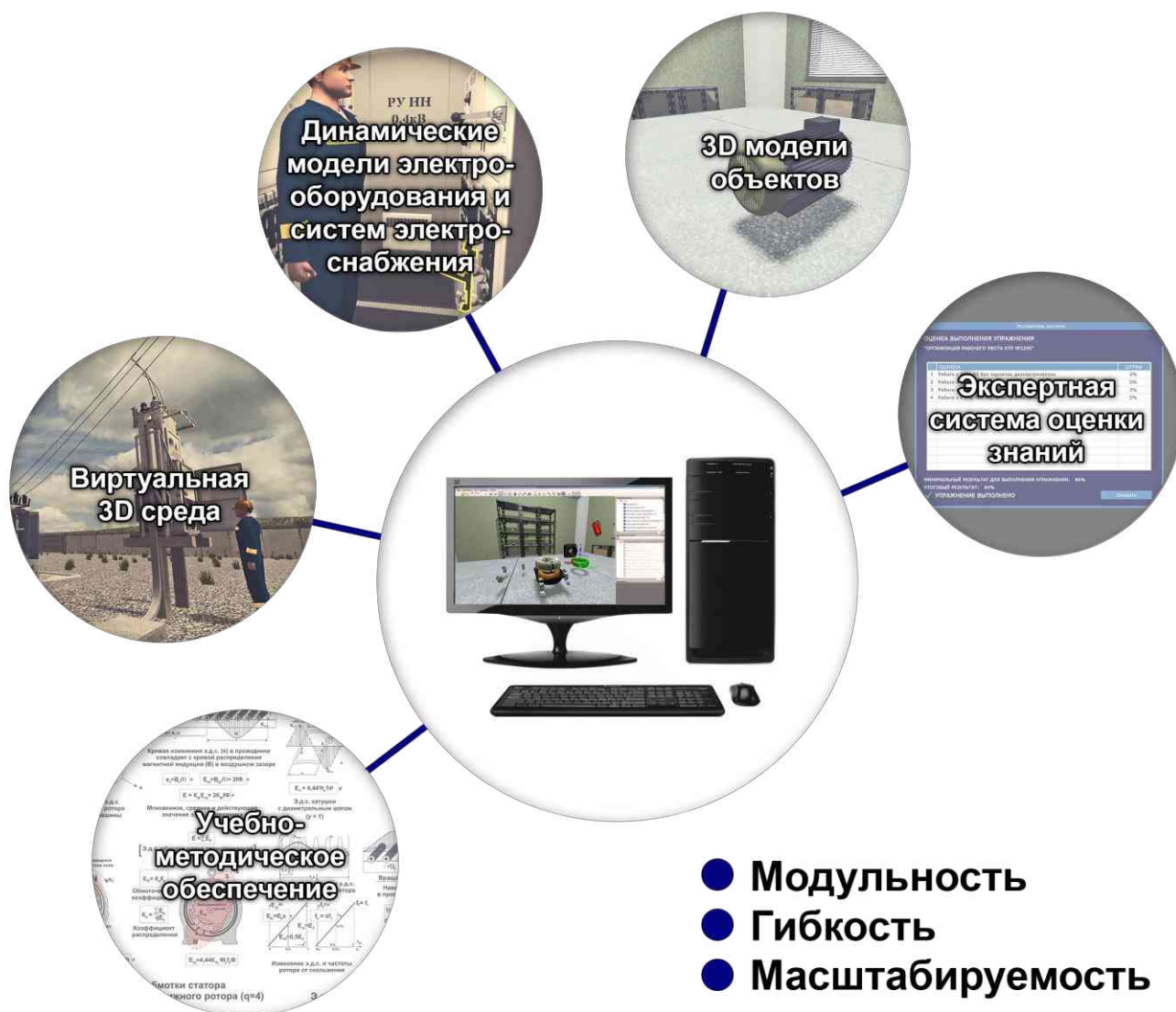


Рис. 3. Компоненты виртуального полигона

## 3. Описание виртуального полигона

В виртуальных полигонах создается, так называемая, виртуальная реальность (VR) - генерируемая компьютером трехмерная виртуальная рабочая (3D) среда, которая имеет очень точное сходство с реальностью для человека,





взаимодействующего с этой средой. Основная характеристика, которую ВР вносит в компьютеризованный инжиниринг технологических процессов, состоит в возможности визуализации техпроцесса в реальном масштабе времени.

Виртуальные полигоны позволяют не только сформировать моторно-рефлекторные навыки действий в сложных ситуациях, но и наглядно показать физическую сущность протекающих в оборудовании и электросети процессов, их взаимную зависимость, а также ряд существенных тонкостей, которым, к сожалению, не всегда придается значение на практике.

Виртуальные полигоны могут также оказать помощь при анализе аварий, как с точки зрения накопления статистики, так и путем проведения компьютерного эксперимента по воспроизведению реальных аварийных ситуации в виртуальном 3D пространстве.

Разработанное нашей командой программное ядро является ноу-хау и представляет собой мощное, масштабируемое и гибкое средство построения компьютерных моделей технологических процессов, а также виртуальных полигонов.

## **4. 3D модели объектов**

3D модели наглядно отображают внешний вид, конструкцию и способы установки элементов. Для этого они поворачиваются и перемещаются во всех плоскостях, разбираются на составные элементы и вновь собираются в единое целое.





**Рис. 4.** Электромеханическое реле времени



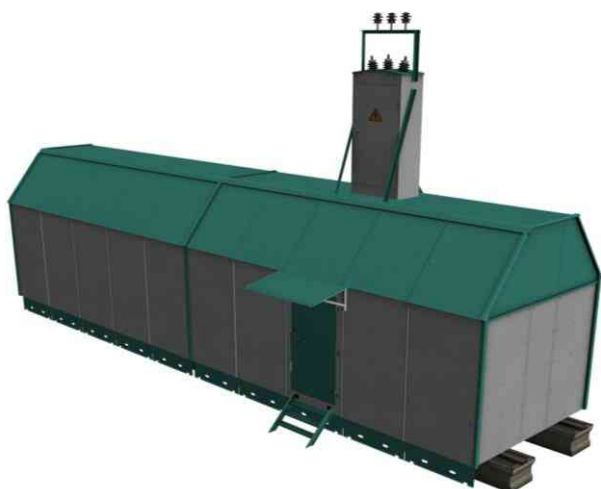
**Рис. 5.** Трехфазный сухой трансформатор 10/0,4 кВ



**Рис. 6.** Каскадный трансформатор тока 110 кВ



**Рис. 7.** Асинхронный двигатель с КЗ ротором (разобран)



**Рис. 8.** Распределительный пункт 10 кВ воздух/кабель



**Рис. 9** Трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ



**Рис. 10.** Трансформатор  
масляный 110/35/10 кВ

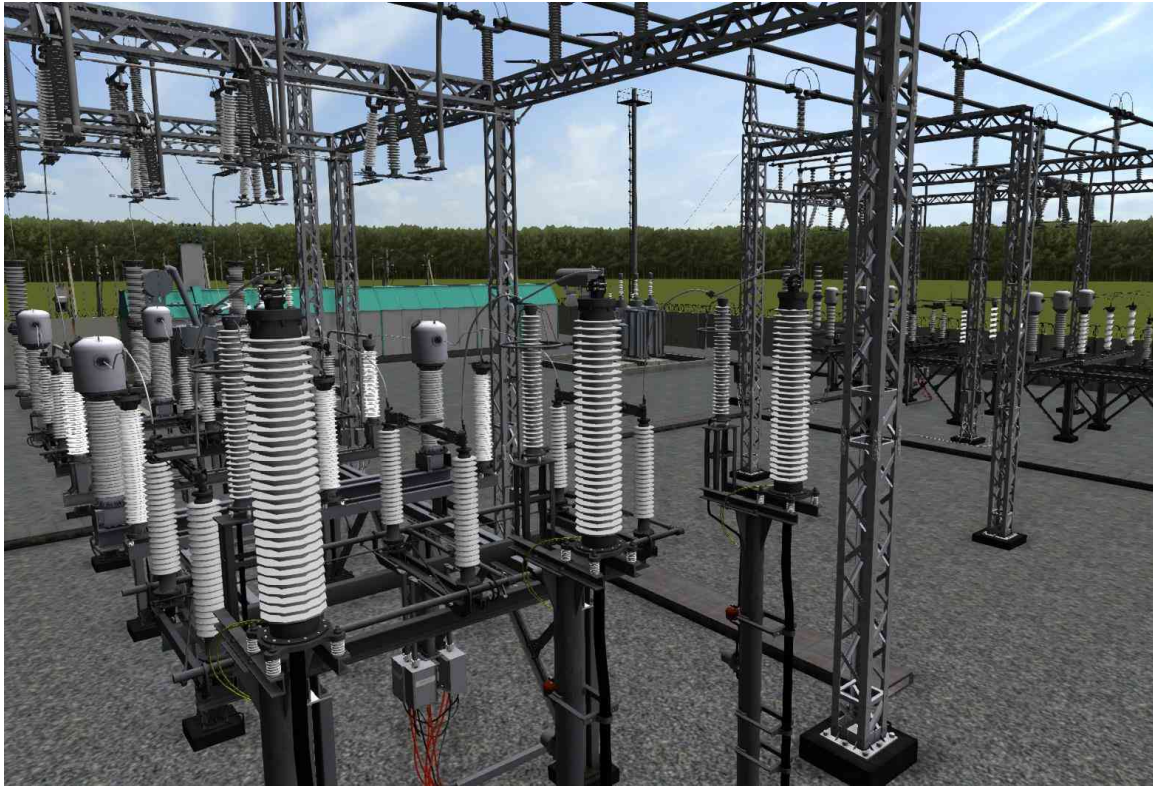
## **5. Виртуальная среда СТЭлектро**

Виртуальная среда СТЭлектро, реализованная в виртуальном полигоне, включает в себя как динамические модели электрооборудования и систем электроснабжения, так и модели средств индивидуальной защиты от поражения электрическим током, ручной и электроинструмент, комплекс моделирования технологии ремонта и наладки электрооборудования в целом.

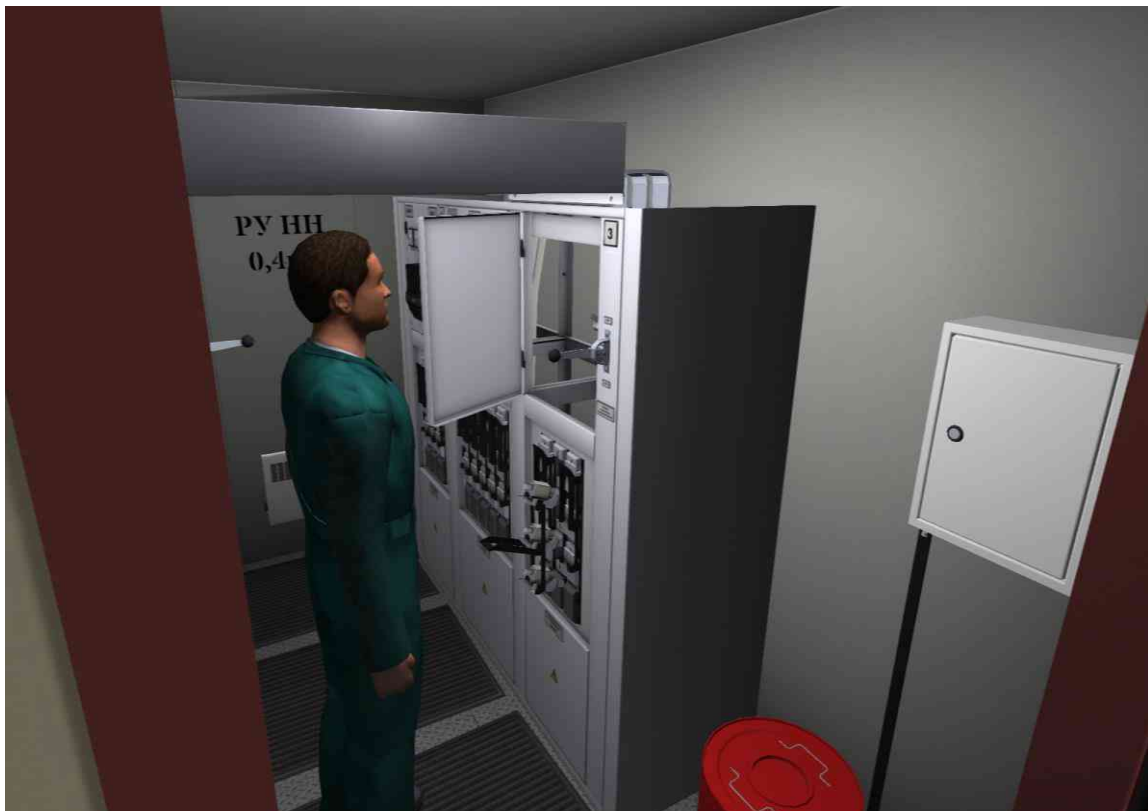
Помимо этого, в среде реализована полноценная система документооборота согласно действующему законодательству, которая включает как журналы и схемы, предназначенные для чтения и ознакомления, так и интерактивные формы для заполнения, например, бланки нарядов-распоряжений, страницы оперативного журнала и т.п.







**Рис. 11.** Открытое распределительное устройство 110 кВ районной понизительной подстанции 110/35/10 кВ в среде СТЭлектро



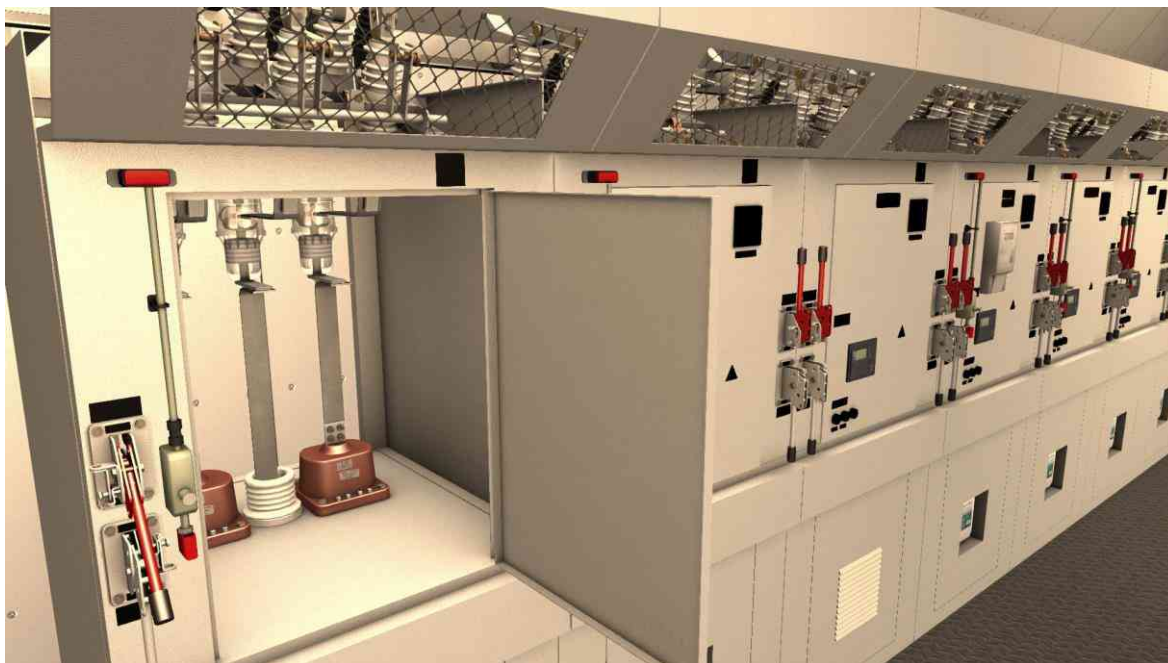
**Рис. 12.** Виртуальная реальность в среде СТЭлектро







**Рис. 13.** Открытое распределительное устройство 35 кВ и трансформатор ТМ 2500/35/10 понизительной подстанции 35/10 кВ в среде СТЭлектро



**Рис. 14.** Камеры КСО 299 в ЗРУ 10 кВ понизительной подстанции 35/10 кВ в среде СТЭлектро



**Рис. 15.** ВЛЭП 35 кВ и понизительная подстанция 35/10 кВ в среде СТЭлектро



**Рис. 16.** Открытое распределительное устройство 220 кВ тепловой электростанции в среде СТЭлектро







**Рис. 17.** Комплектная трансформаторная подстанция шкафного типа КТПС 10/0,4 кВ в среде СТЭлектро



**Рис. 18.** Оперирование вводным рубильником РУНН комплектной трансформаторной подстанции шкафного типа КТПС 10/0,4 кВ в среде СТЭлектро





Технологии 3D и виртуальной реальности (VR) позволяют создавать более реалистичные и иммерсивные среды для обучения. Это особенно полезно при обучении на опасных объектах (например, в модели трансформаторной подстанции, промышленного предприятия, электроцеха станции и т.п.), ощутить масштабы объекта, узнать места установки оборудования, осуществить все необходимые действия и операции: включение, отключение, ревизию и наладку электрооборудования, применяя при этом ручной инструмент и средства индивидуальной защиты.

Обучающиеся погружаются в виртуальное пространство, которое имитирует реальные условия, без риска для их безопасности. Такие тренажеры помогают обучающимся освоить навыки и принять решения в сложных и опасных ситуациях, улучшая их подготовку и безопасность.



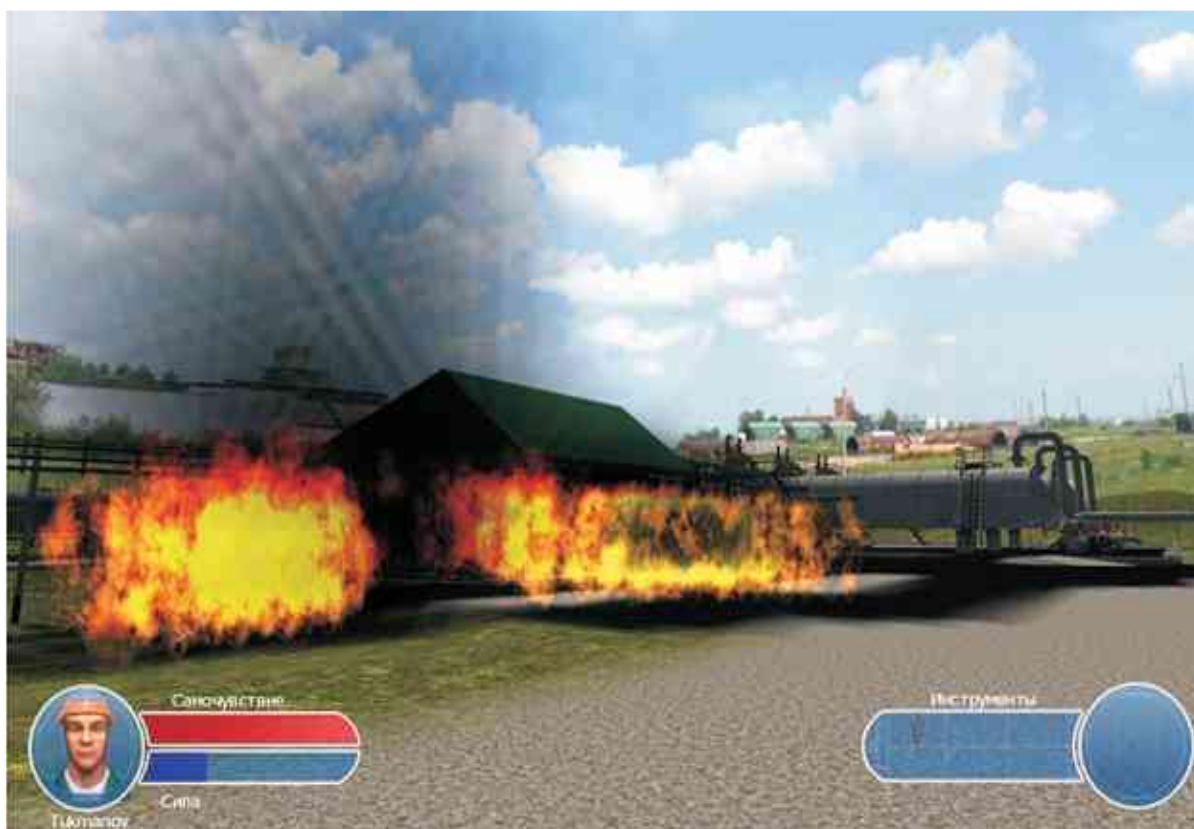
**Рис. 21.** Районная понизительная подстанция 110/35/10 кВ в среде СТЭлектро



Современные технологии 3D и VR позволяют обучающемуся еще глубже погрузиться в реальную среду опасного объекта.



**Рис. 22.** Работа на тренажере с использованием VR в среде СТЭлектро



**Рис. 23.** Аварийная ситуация на промышленном объекте в среде СТЭлектро





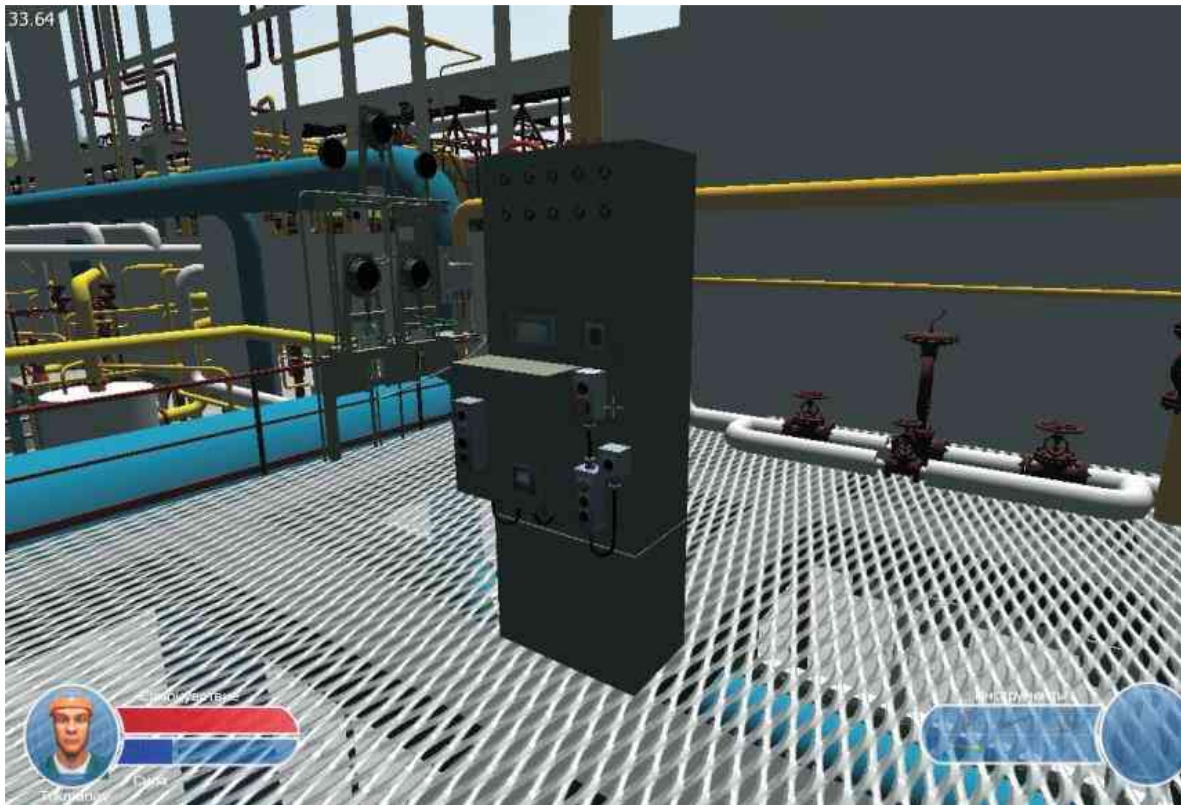


Рис. 24. Шкаф управления в среде СТЭлектро

## 6. Виртуальная среда СТКонструктор

Учебная лаборатория СТКонструктор предназначена для обучения студентов учебных заведений среднего и высшего профессионального образования. В ней можно изучить любую из реализованных разработчиком в 3D-среде моделей электрооборудования и осуществлять действия по правильной их разборке на составные части и обратной правильной сборке.

СТКонструктор полностью имитирует условия реальной учебной лаборатории и содержит весь необходимый учебно – методический материал.

В СТКонструктор интегрирована экспертная система оценки действий обучающегося в среде при виртуальной сборке и разборке электрооборудования на составные части, при подключении и стыковке отдельных элементов оборудования.





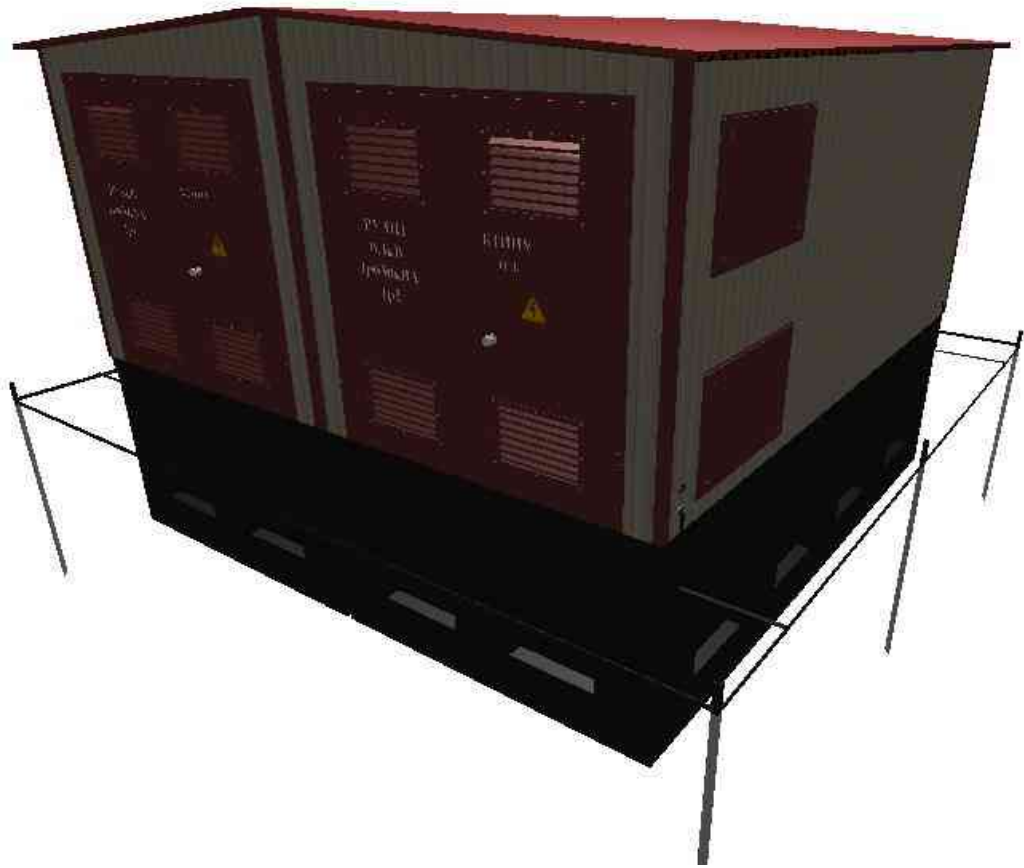
Рис. 25. Интерьер учебной лаборатории



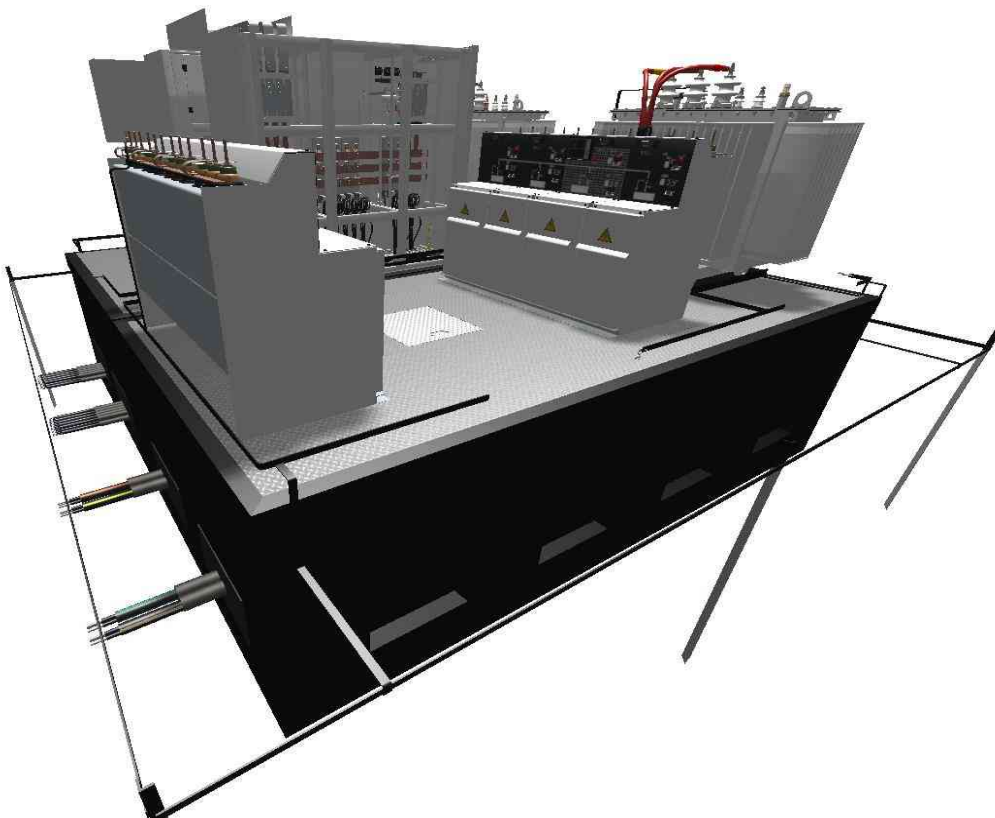
Рис. 26. Магнитный пускатель



Рис. 27. Пост управления



**Рис. 28.** Блочно-бетонная трансформаторная подстанция 6(10)/0,4 кВ в среде СТКонструктор



**Рис. 29.** Блочно-бетонная трансформаторная подстанция 6(10)/0,4 кВ (вид с разобранным внешним корпусом)



## 7. Взаимная связь между средами в виртуальном полигоне



Рис. 30. Оперативные переключения в среде СТЭлектро (ввод электроустановки в работу)

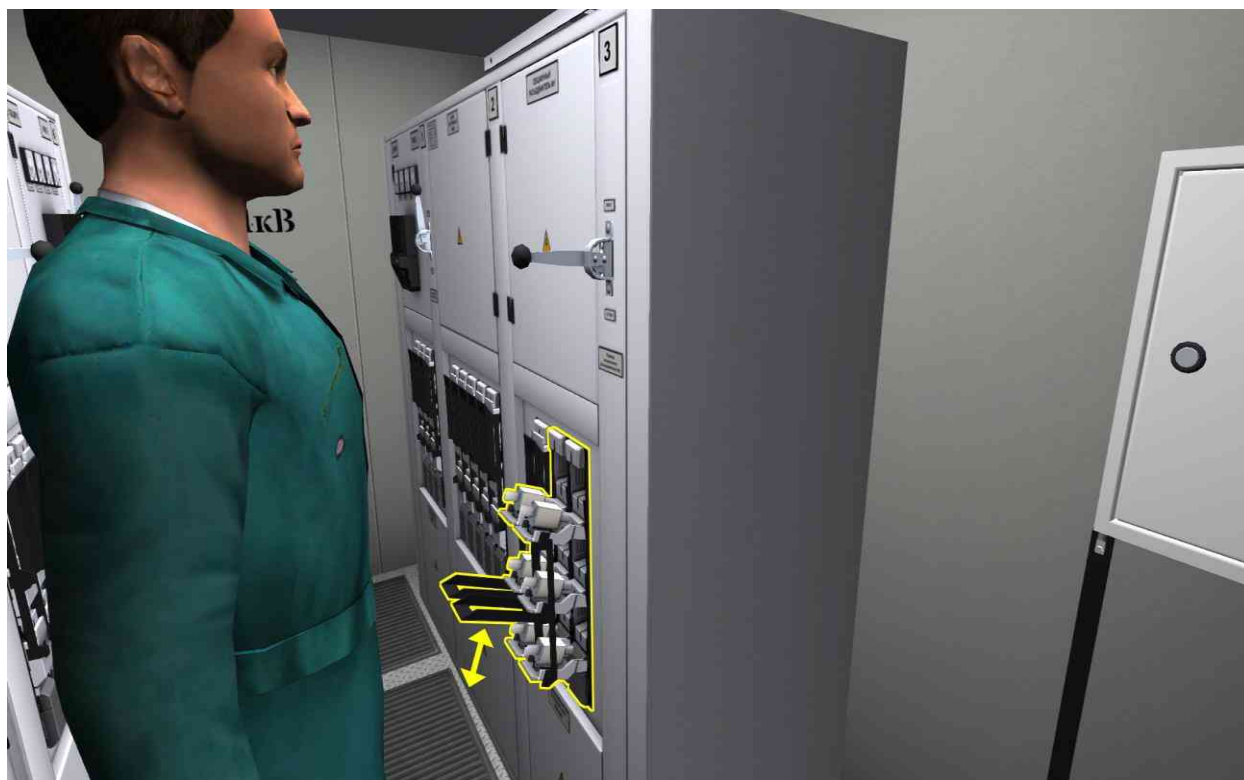
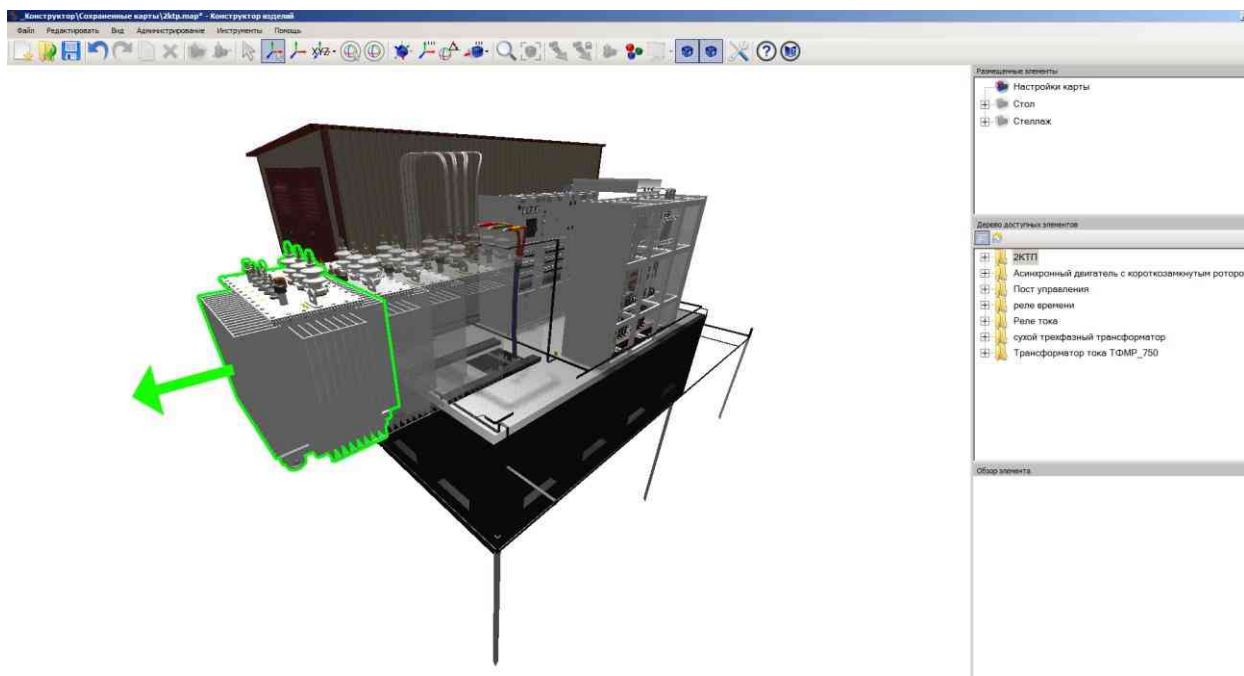


Рис. 31. Оперативные переключения в среде СТЭлектро (оперирование с ППВР)





**Рис. 32.** Выбор («захват») электроустановки в среде СТЭлектро для перехода в среду СТКонструктор



**Рис.33.** Рабочее поле виртуальной среды СТКонструктор



При проведении занятий, тренингов и тестирования в среде виртуальных полигонов компании СИСТЕМОТЕХНИКА 3Д всегда можно перейти из одной виртуальной среды в другую для более тщательного рассмотрения, изучения и разборки всех процессов и явлений, возникающих в электрооборудовании в процессе их эксплуатации, ремонта или пуско-наладки.

## **8. Экспертная система СТЭксперт**

Экспертная система «СТЭксперт» позволяет обучающему и обучающемуся:

1. Изучать и запоминать, а также контролировать порядок действий, осуществляемых на объекте персоналом при моделировании операции с оборудованием при ликвидации аварий, а также в нормальном и в ненормальных режимах работы сети;

2. Изучать и получать навыки, а также контролировать правильность работы с нарядами и распоряжениями, с соответствующими журналами, знаками и плакатами, а также средствами индивидуальной защиты;

3. Проводить обучение по базовым сценариям индивидуальной или коллективной работы на электроустановке;

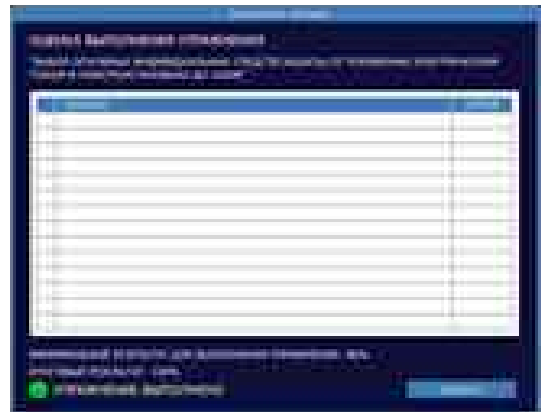
4. Проводить анализ и выводить статистику достижений, как каждого пользователя по отдельности, так и групп пользователей (бригад, цехов, студенческих групп и т.п.);

5. Сохранять и предоставлять по запросу журналы и ведомости оценок с разбивкой по периодам времени, экспортировать/импортировать и сохранять таблицы;

6. Выводить на печать таблицы и журналы в установленной форме.







**Рис. 34.** Внешний вид интерфейса СТЭксперт

## 9. Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методическое обеспечение, включающее в себя комплекс упражнений, 3D-модели, анимацию и учебные видео-ролики, способствует достижению высокой эффективности, как при индивидуальном, так и при групповом обучении.

Обучающие видео-ролики представляют собой файлы видеозаписи учебных сюжетов. Они предназначены для наглядного представления об электрооборудовании, устройстве, принципе действия и режимах работы, а также о схемах электроснабжения объектов. Ролики могут быть использованы как для индивидуального, так и для коллективного просмотра и обучения.



Последовательный пуск электродвигателя.

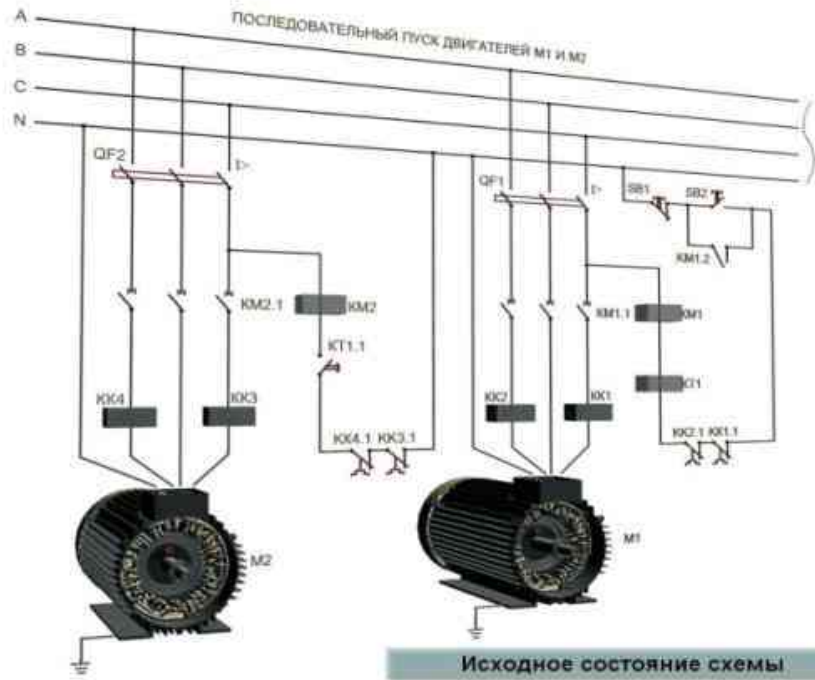
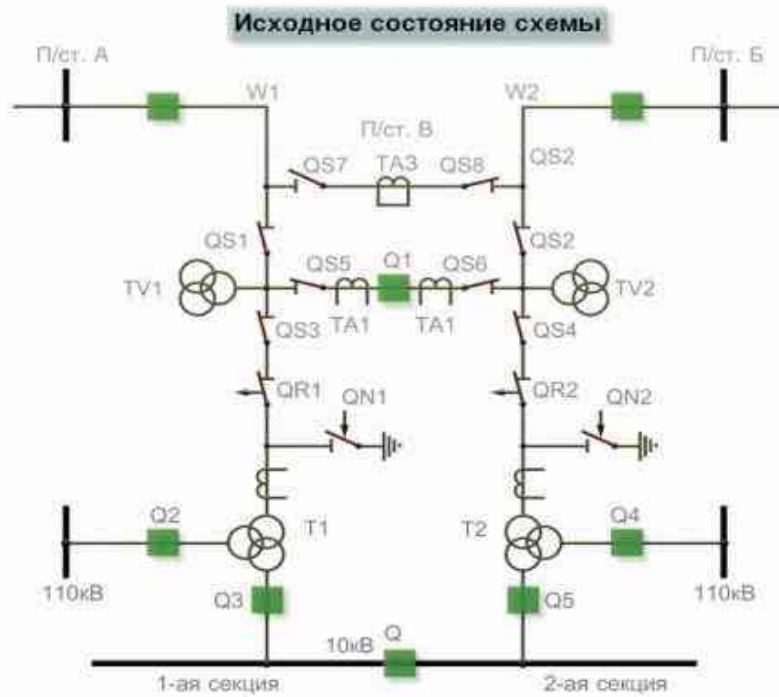


Рис. 35. Видео-ролик. Последовательный пуск двигателей



Основные операции при выводе в ремонт секционного выключателя в схеме мостика с ремонтной перемычкой на разъединителях

Рис. 36. Видео-ролик. Оперативные переключения в ОРУ 110 кВ



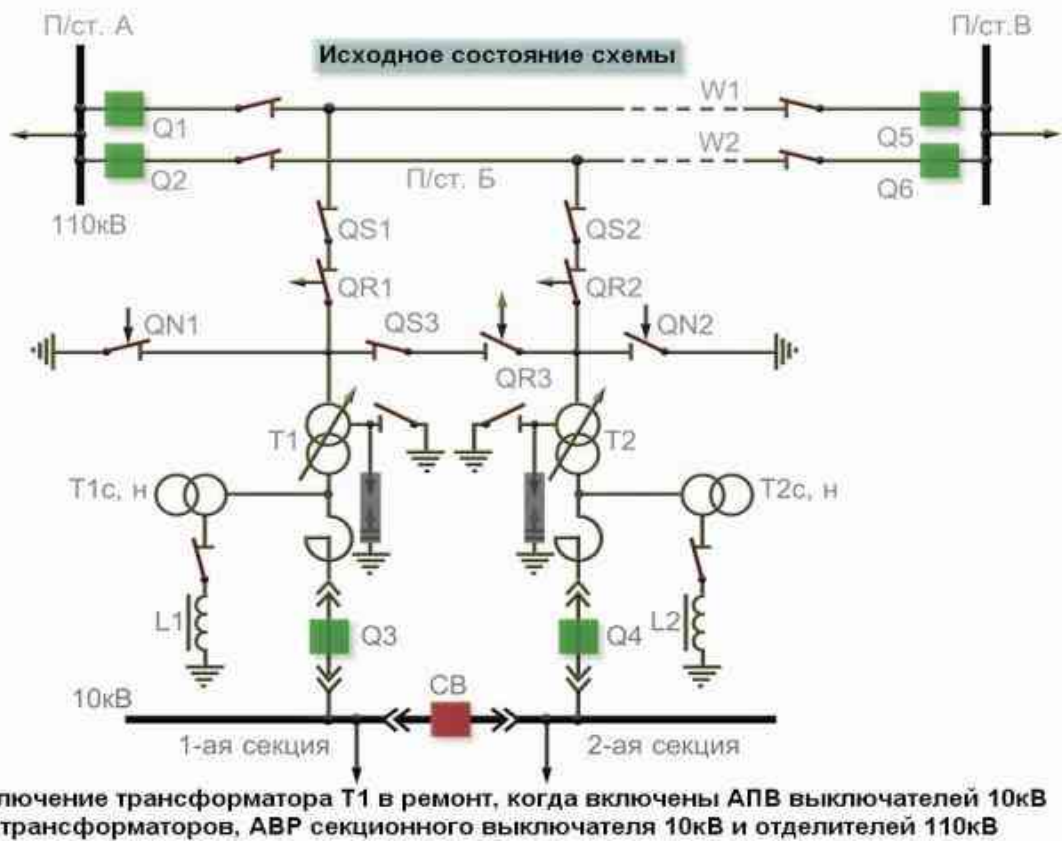


Рис. 37. Видео-ролик. Оперативные переключения в ОРУ 110 кВ

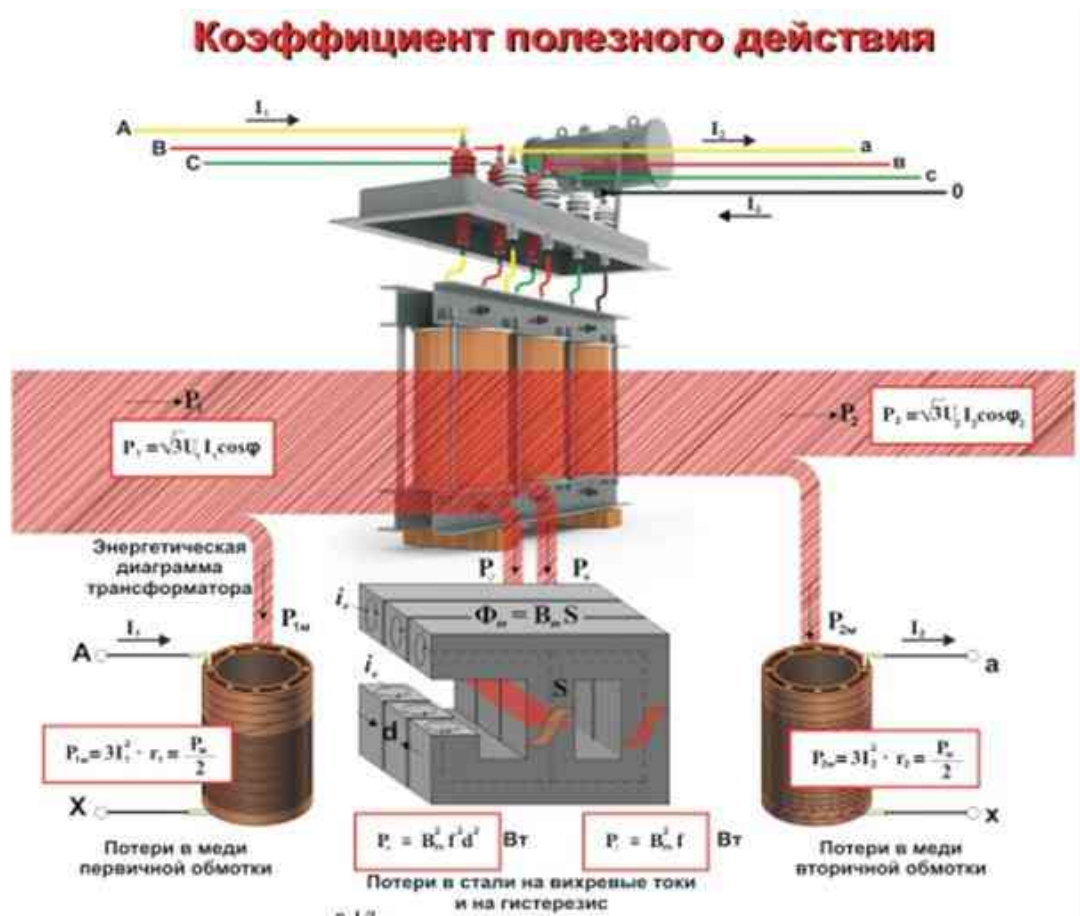


Рис. 38. Образец представления теоретического материала





## 10. Технология электронного обучения e-learning

На основе современных информационных технологий и собственных виртуальных комплексов компания СИСТЕМОТЕХНИКА 3Д внедряет в корпоративной среде системы дистанционного электронного обучения (e-learning), позволяющие наиболее экономично и эффективно провести подготовку и аттестацию персонала предприятий, причем, в максимально сжатые сроки.

Электронные учебные курсы технологии e-learning от компании СИСТЕМОТЕХНИКА 3Д включают в себя не только электронные учебники, методическое обеспечение и среду для on-line тестирования, но и такие эффективные инструменты обучения и подготовки, как полностью интерактивные виртуальные полигоны/симуляторы технологического оборудования, цехов, сетей или предприятий в целом.

Такой подход к обучению (геймификация через виртуальные полигоны плюс учебно-методическое сопровождение) позволяет:

1. обеспечить целостное понимание процессов на предприятии;
2. максимально эффективно подготовить сотрудника к тем технологическим операциям, которые ему предстоит в дальнейшем выполнять;
3. оценить уровень знаний и дать экспертную оценку уровня квалификации сотрудника или студента;
4. обучить персонал правильным действиям при нарушениях технологического процесса или авариях на объектах с вынесением экспертной оценки.





**Рис. 39.** Электронный учебный курс от компании СИСТЕМОТЕХНИКА ЗД



**Рис. 40.** Интерактивное тестирование в среде СТЭлектро



## 11. Перспективы и возможности применения

Виртуальные полигоны могут быть дополнены различными вычислительными модулями, например, осуществляющими функции расчетов токов КЗ, перетоков мощности в узлах сети по заданным мощностям нагрузки и генерации, расчетов статической, динамической и результирующей устойчивости, уточненных параметров ЛЭП с учетом данных ГИС и т.п.

В перспективе реализация виртуальной модели всей электроэнергетической сети на основе комплекса 3D моделей отдельных электроустановок, с учетом экспортируемых из известных информационных систем данных, позволит принципиально по-новому взглянуть на применение таких систем на предприятиях, иным образом организовать обучение и подготовку электротехнического персонала.

Также по мере развития и внедрения концепции Smart Grid в России, будет построен виртуальный полигон по цифровым подстанциям и сетям, организованным согласно международному протоколу МЭК 61850: например, для моделирования информационного обмена между ИЭУ согласно протоколам МЭК 61850-9-2(SV), МЭК61850-8-1 (GOOSE), МЭК61850-8-1 (MMS) и т.д.

Качественная модель цифровой подстанции, с наложением слоев, имитирующих информационный обмен согласно МЭК 61850 позволит ускорить и упростить внедрение перспективных решений в электроэнергетике, а также добиться повышения качества обслуживания персоналом таких инновационных систем.





## **Руководящими документами являются:**

1. Правила устройства электроустановок **ПУЭ 7** изд.;
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утв. приказом МинЭнерго РФ (с изменениями 2022 г.);
3. Правила по электробезопасности. Утв. приказом МинТруда от 15.12.2020 года № 903н;
4. **ГОСТ 30852.0-2002.** Электрооборудование взрывозащищенное;
5. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств **ПБ 09-540-03**, утв. Постановлением Ростехнадзора РФ.



# Внедрения



Компания  
СИСТЕМОТЕХНИКА ЗД

[www.sistemotehnika.com](http://www.sistemotehnika.com) – направление энергетики  
[www.sistemotehnika.ru](http://www.sistemotehnika.ru) – направление технологии  
e-mail: [gmr@sistemotehnika.com](mailto:gmr@sistemotehnika.com)

тел.: (843) 290-23-82

