

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г. Н. Чистяков
подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Разработка тренажера для учебной тренировки

оперативно-диспетчерского персонала

тема

Руководитель

подпись, дата

декан, доцент, к.т.н

должность, ученая степень

Е.В. Платонова

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Л.Д. Грищенко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка тренажера для учебной тренировки оперативно-диспетчерского персонала» содержит 52 страницы текстового документа, 27 рисунков, 26 использованных источников, 3 листа графического материала.

ТРЕНАЖЕР ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ, УЧЕБНАЯ ТРЕНИРОВКА, АЛГОРИТМ, МЕДИАЛЕКЦИИ.

Объект исследования – энергосистема Республики Хакасия.

Предмет исследования – надежность энергосистемы Республики Хакасия.

Цель исследования – Создание учебного комплекса для повышения качества подготовки оперативного персонала энергосистемы республики Хакасия.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Определить целевую функцию ситуационного алгоритма по предотвращению развития аварий в энергосистеме;
- Разработать алгоритмы противоаварийных тренировок с реализацией их в тренажере оперативных переключений (ТОП) «TWR12» для различных аварийных ситуаций в энергосистеме Республики Хакасия;
- Разработать обучающие медиалекции по созданию учебной противоаварийной тренировки в ТОП «TWR12».

В течение проработки проекта были получены следующие результаты:

- ✓ Определена целевая функция ситуационного алгоритма по предотвращению развития аварий в энергосистеме;
- ✓ В тренажере оперативных переключений «TWR12» реализовано 7 алгоритмов противоаварийных тренировок для различных аварийных ситуаций в энергосистеме Республики Хакасия;
- ✓ Разработаны обучающие медиалекции по созданию учебной противоаварийной тренировки в ТОП «TWR12».

ABSTRACT

The final qualifying paper on the topic "Development of a simulator for training the operational and dispatching personnel" contains 52 pages of a text document, 27 drawings, 26 used sources, 3 sheets of graphic material.

OPERATIONAL SWITCHING SIMULATOR, TRAINING, ALGORITHM, MEDIALECTION.

The object of research is the power system of the Republic of Khakassia.

The subject of research is the reliability of the power system of the Republic of Khakassia.

The purpose of the study - the creation of an educational complex to improve the quality of training of operational personnel of the power system of the republic of Khakassia.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- Determine the target function of the situational algorithm to prevent the development of accidents in the power system;
- Develop emergency response training algorithms with their implementation in the "TWR12" operational switching simulator for various emergency situations in the power system of the Republic of Khakassia;
- Develop educational medialcations to create a training emergency response training in the "TWR12".

During project development, the following results were obtained:

- ✓ The objective function of the situational algorithm to prevent the development of accidents in the power system has been determined;
- ✓ The "TWR12" operational switching simulator implements 7 emergency response training algorithms for various emergency situations in the power system of the Republic of Khakassia;
- ✓ Developed educational medialcations to create training emergency response training in the "TWR12".

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Целевая функция ситуационного алгоритма	7
2 Анализ опыта создания тренажеров оперативных переключений	14
3 Сравнительный анализ тренажеров оперативных переключений «МОДУС» и «TWR12»	20
4 Разработка учебных тренировок с реализацией их в тренажере оперативных переключений «TWR12».....	29
5 Разработка обучающих медиалекций для изучения тренажера оперативных переключений «TWR12».....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52

ВВЕДЕНИЕ

В отечественной электроэнергетике проблема надежности возрастает по мере нарастания износа оборудования, поэтому приобретает особую актуальность ужесточение требований к подготовке оперативного персонала [1, 2, 3].

По статистическим данным [4, 5] 9% аварий на электротехническом оборудовании электрических станций происходит из-за ошибочных действий персонала. На рисунке 1 представлена классификация аварий на электрических станциях, установленной мощностью 25 МВт и выше.



Рисунок 1 – Основные причины аварий на электрических станциях с установленной мощностью 25 МВт и выше

Для достижения требуемого профессионального уровня оперативного персонала должны применяться технические средства обучения и тренажеры оперативных переключений [6, 7].

Проблема: Высокая доля аварий, вызванная ошибочными действиями персонала.

Цель работы: Создание учебного комплекса для повышения качества подготовки оперативного персонала энергосистемы республики Хакасия.

В работе были поставлены следующие задачи:

1. Определить целевую функцию ситуационного алгоритма по предотвращению развития аварий в энергосистеме.

2. Разработать алгоритмы 7 противоаварийных тренировок с реализацией их в тренажере оперативных переключений «TWR12» для различных аварийных ситуаций в энергосистеме республики Хакасия.

3. Разработать обучающее видеопособие по созданию учебной противоаварийной тренировки в ТОП «TWR12».

Объект исследования: Энергосистема Республики Хакасия.

Предмет исследования: Надежность энергосистемы Республики Хакасия.

1 Целевая функция ситуационного алгоритма

Среди проблем, с которыми сталкивается диспетчер, особое место занимают разделение энергосистем и энергообъединений на несинхронно работающие части и погашение отдельных районов. Стратегия управления в аварийных ситуациях подобного рода заключается в установлении очередности восстановления питания погашенных районов, определении порядка синхронизации отдельных частей, подачи напряжения на сборные шины АЭС для надежного питания собственных нужд, а также в обеспечении нагрузки на выделившиеся блоки АЭС и ГРЭС [8].

За целевую функцию управления структурой можно принять ущерб потребителям от недоотпуска электроэнергии за время погашения [8]. Ущерб при этом имеет достаточно условную диспетчерскую «стоимость», так как служит для сравнительного выбора вариантов управления, в связи с чем значение реального ущерба потребителям не сильно влияет на получение оптимального решения. Такие же весьма общие оценки важности потребителей с точки зрения их энергоснабжения использует и диспетчер. Суммарный условный ущерб за время погашения Δt или значение целевой функции Y имеет вид:

$$Y = \sum_{i=1}^n a_i p_i \Delta t = \sum_{i=1}^n c_i \Delta t \quad (1.1)$$

где P – величина отключенной мощности;

a – цена потребителя;

$C = a \cdot P$ – стоимость узла нагрузки.

Значение целевой функции зависит от последовательности соединения частей. Нахождение ее значения математически сводится к задаче поиска оптимальной траектории на множестве траекторий, реализующей минимум

целевой функции $Y(k)$. В процессе ликвидации аварийной ситуации суммарная стоимость отключенных потребителей уменьшается [9].

Если Y_k – значение ущерба, полученное к моменту времени T_k , то к моменту времени T_{k+1} ущерб увеличится на величину $C_k \cdot (T_{k+1} - T_k)$, где C_k – значение функции на промежутке (T_{k+1}, T_k) . [10]

$$Y_{k+1} = Y_k + C_k \cdot (T_{k+1} - T_k) \quad (1.2)$$

Функцию ущерба в таком случае можно считать кусочно-линейной и монотонно возрастающей.

В практике современного оперативного управления энергосистемами [10] нашли применение такие методы ликвидации аварийных ситуаций, представляющие собой следующие ситуационные алгоритмы:

и1 – ликвидация аварийных отклонений частоты, обменных перетоков активной мощности или перегрузок ВЛ и трансформаторов по току перераспределением активных мощностей генерации и потребления;

и2 – ликвидация перегрузок по току ВЛ и трансформаторов изменением реактивных мощностей генерации и потребления и изменением коэффициентов трансформации;

и3 – поддержание напряжения в контрольных точках перераспределением реактивных и активных мощностей;

и4 – ликвидация аварийных изменений структуры энергосистем, включая подачу напряжения на питание собственных нужд АЭС и нагруженных блоков, выделившихся на небольшую нагрузку.

Для сокращения ущерба потребителям необходима оптимальная стратегия управления энергосистемой в аварийных ситуациях. Алгоритм поиска оптимального пути решения задачи исходит из построения рекордной траектории следующим образом. Предположим, что система разделилась на n частей, каждая из которых характеризуется двумя значениями: P_i^H – величиной погашенных потребителей и P_i^P – резервом мощности. Упорядочим

последовательности (P_i^u) и (P_i^v) по убыванию значений. В результате образуется перестановка чисел (u_i) и (v_i) .

Пусть I – минимальный индекс, для которого $P_u^u(I)=0$ или $P_{ul} = 0$. Будем считать, что на первых $I-1$ шагах одна из соединяемых частей u_j , а вторую часть назначаем при просмотре упорядоченной последовательности (P_i^v) , в которой выбирается первый свободный элемент k так, чтобы соединение частей (u) и (v) было возможно (имелись соединяющие связи). В результате принимается решение о параллельности выполнения первых m шагов ($m \leq I - 1$). После окончания какого-либо шага все не участвующие в данный момент в соединении части вновь упорядочиваются, и процедура повторяется. По данному алгоритму разработана эффективная программа.

Оптимальная стратегия управления [8] энергосистемой в аварийных ситуациях представлена в виде формулы (1.3):

$$S: u_4^{(1)} \rightarrow u_4^{(2)} \rightarrow (u_1 u_2 u_3) \rightarrow u_4^{(3)} \quad (1.3)$$

где $u_4^{(1)}$ – подача напряжения на шины собственных нужд АЭС;

$u_4^{(2)}$ – нагружение блоков АЭС и ГРЭС;

$u_4^{(3)}$ – синхронизация разделившихся частей.

На предотвращение развития аварии направлены ситуационные алгоритмы $u_4^{(1)}$, $u_4^{(2)}$, (u_1, u_2, u_3) .

Ситуационный алгоритм $u_4^{(3)}$ необходим для минимизации ущерба и повышения надежности состояния энергосистемы, переводя ее в исходное состояние или близкое к нему. Переведенные состояния считаются наиболее надежными априори.

Целевая функция алгоритма (u_1, u_2, u_3) должна рассматриваться как комплексная оценка тяжести аварийной ситуации, ликвидируемой управляющими действиями Y_i и затратами на эти управляющие действия. В общем случае она определяется исходя из:

- вероятности развития аварии;
- ущерба от погашения или ограничения потребителей;
- дополнительного износа оборудования при перегрузках;
- затрат на ремонт и замену поврежденного оборудования.

Необходимым условием реализации ситуационных алгоритмов, определяющих оптимальное управление, является задание вида целевой функции и определения ее численных значений. Целевая функция $F(Y,X)$ является оценкой качества управляющих действий Y_i в ситуации X_i , и она должна:

- учитывать «стоимость» управляющих действий, вследствие чего программа-советчик должна рекомендовать минимально необходимый объем управляющих действий для ликвидации аварийной ситуации;
- рекомендовать только достаточно эффективные управляющие действия;
- допускать разрешенные перегрузки контролируемых параметров режима в случае низкой эффективности управляющих действий или их высокой «стоимости»;
- давать рекомендации по управлению даже в тех случаях, когда решения задачи полной ликвидации всех аварийных отклонений не существует;
- иметь по возможности простой вид так, чтобы для решения полученной оптимизационной задачи мог быть разработан эффективный алгоритм решения.

Понятие «стоимости» управляющих действий в данном случае определяется характеристиками управляющих элементов. Для задач ликвидации аварийных режимов – это маневренные характеристики станций, надежность работы оборудования, категоричность потребителей электрической и тепловой энергии и др.

Степень аварийности характеризуется численным показателем $G(X)$ – штрафом за аварийные отклонения контролируемых параметров.

Таким образом, любое управляющее действие Y обобщенно оценивается двумя показателями – $C(X)$, $G(X)$. Решение о том, можно ли оставить некоторые отклонения контролируемых параметров X от номинальных значений, принимается из соотношения величин изменения «штрафа» $G(X)$ и «стоимости» управляющих действий $C(X)$, что обосновывает возможность представления общей целевой функции в виде формулы (1.4).

$$F(Y, X) = C(Y) + G(X) \quad (1.4)$$

Определение численных значений параметров целевой функции, к которой предъявлены столь разнообразные, специфические и ответственные требования, может быть выполнено только экспертным путем. Экспертный путь отражает практический опыт управления энергосистемами высококвалифицированными специалистами. Этот опыт вводится в целевую функцию посредством соответствующего выбора численных значений коэффициентов, определяющих приоритеты использования основных типов управляющих действий для ликвидации отклонений контролируемых параметров от допустимых. В соответствии с ситуационным подходом приоритеты выбора управляющих действий должны определяться вне темпа процесса управления, так как являются характеристиками метода управления.

Математическая задача определения управляющих действий для ликвидации аварийных отклонений основных параметров режима энергосистемы поставлена в следующем виде

$$\min F(Y, X) = 0 \quad (1.5)$$

$$H(Y, X) = 0 \quad (1.6)$$

$$Y^{\min} \leq Y \leq Y^{\max} \quad (1.7)$$

$$X^{\min} \leq X \leq X^{\max} \quad (1.8)$$

В основе уравнений (1.6), связывающих значения контролируемых переменных X с изменениями управляемых переменных Y , лежат уравнения установившихся режимов.

Вектор состояния энергосистемы V однозначно определяет ее состояние при заданных значениях управляемых переменных Y . При этом уравнения установившихся режимов в общем случае записываются следующим образом:

$$W(V, Y) = 0 \quad (1.9)$$

Вектор состояния V позволяет вычислять значения всех контролируемых параметров X , зная значения управляемых переменных Y . нахождение параметра X представлено формулой (1.10).

$$X = R \cdot (V, Y) \quad (1.10)$$

Сформулированная математическая оптимизационная задача представляет собой задачу линейного сепарабельного программирования. Разработан эффективный метод ее решения, в котором включение в число управляемых переменных проводимости элементов схем позволит управлять режимом путем изменения структуры сети.

Математически задача ставится более привлекательной. Решение ее ведется методом целочисленного программирования при нелинейных уравнениях режима.

Несмотря на то, что предложенные ситуационные алгоритмы охватывают значительный класс аварийных состояний энергосистем, возможно расширение класса аварийных состояний и, следовательно, построение новых сопутствующих им ситуационных алгоритмов.

Ситуационные алгоритмы математически представляют собой систему постулатов теории ситуационного управления [11]. Однако, для каждой данной системы постулатов встает вопрос, является ли она внутренне

непротиворечивой, т.е. не может ли оказаться, что из этой системы выводятся теоремы, противоречащие друг другу. Это – знаменитая теорема Геделя о неполноте формальной арифметики [12].

В теореме Геделя о неполноте в кибернетике говорится о невозможности создания автоматического устройства, решающего все возникающие задачи конкретной области управления, оставаясь в самой области правил. Таким образом, имея ситуационные алгоритмы управления, их параллельно-последовательное выполнение может приводить как к утверждениям истинным, так и к ложным, т.е. вести к цели и наоборот.

Развитие теории ситуационного управления показало, что непротиворечивость теории может быть доказана, но при этом необходимо использовать постулаты и методы, выходящие за рамки рассматриваемой теории. Данное положение достаточно точно определяет структуру построения математического обеспечения советчика диспетчера. Ситуационные алгоритмы должны управляться стратегией, которая не может быть внутренним свойством открытой системы. Но энергосистема – это открытая система, поэтому стратегия должна представлять собой внешнее содержательное знание не только о целях, но и о налагаемых ограничениях функционирования системы на заданном интервале времени. Цели обычно сохраняют достаточную устойчивость, в то время как ограничения, как правило, являются варьируемыми величинами, отражающими оптимальную реакцию системы на изменяемые внешние условия.

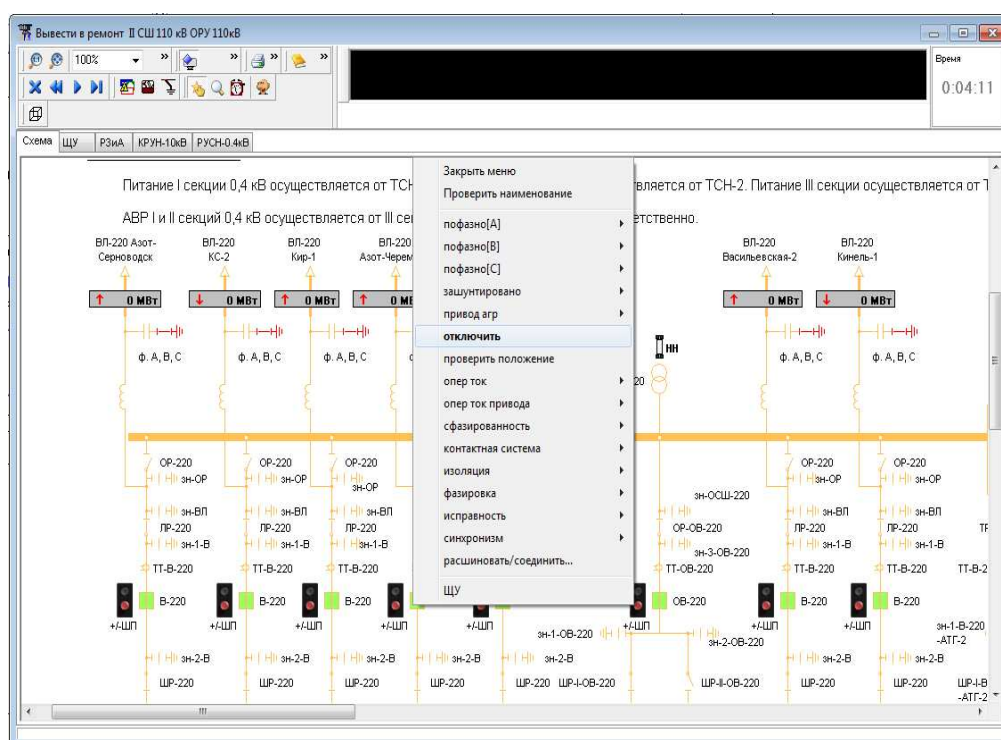
2 Анализ опыта создания тренажеров оперативных переключений

В этом разделе кратко рассмотрены тренажеры оперативных переключений, которыми пользуется персонал на энергообъектах России.

МОДУС

Тренажер по оперативным переключениям предназначен для обучения персонала энергетических объектов порядку проведения коммутаций на любых энергетических объектах. Он может быть использован для самоподготовки, аттестации персонала различного уровня, для проведения соревнований оперативного персонала, подготовки к проведению сложных переключений, на собеседовании при приеме на работу. [13]

В качестве пользовательского интерфейса тренажера, изображенного на рисунке 2.1, используется электронный макет, представляющий однолинейную схему энергообъекта или сети электроснабжения, изображения щитов управления, панелей релейных защит и автоматики, а также анимированных изображений реального основного оборудования ОРУ, ячеек КРУ (сцены),



моделей АРМ и терминалов микропроцессорных защит.

Рисунок 2.1 – Пример рабочего окна в тренажере МОДУС

В ходе тренировки обучаемый должен произвести переключения, проверочные и другие действия на макете энергообъекта в условиях нормальной работы или при аварийной ситуации в соответствии с полученным заданием.

Тренажер оперативных переключений TWR12.

Данный тренажерный комплекс применяется на электростанциях, предприятиях электрических сетей, ОДУ, РДУ и других объектах энергетики [14].

Основой тренажера является разработанная оригинальная экспертная система, использование которой позволило добиться неограниченной гибкости при построении учебных заданий и одновременно контролировать выполняемые операции с помощью анализа метабазы знаний, в которой описаны основные правила типовой инструкции по переключениям в электроустановках. Такой подход позволяет учитывать все пожелания энергокомпании. [15]

В тренажере выполнена возможность работы с несколькими окнами одновременно, то есть на экране можно наблюдать изменения в схемах нескольких объектов. На рисунке 2.2 приведен пример рабочего окна в TWR12.

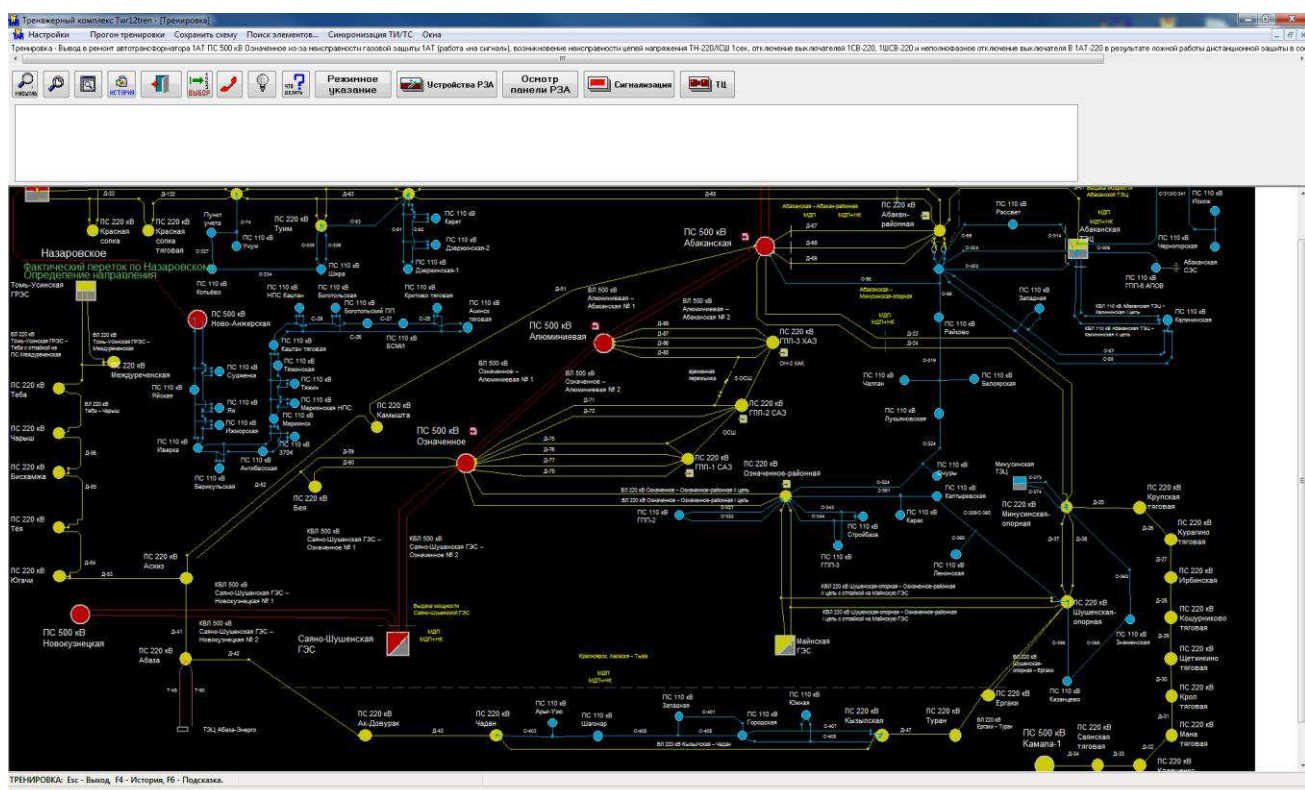


Рисунок 2.2 – Пример рабочего окна TWR12

В комплект поставки тренажера входят программы, позволяющие:

- создавать и редактировать цветные тепловые и электрические мнемосхемы любых энергетических объектов в векторном формате с возможностью создания элементов;
- привязывать и отображать на мнемосхемах текущие значения режимных параметров энергосистем и энергообъектов – работа редактора мнемосхем в режиме ОИК;
- создавать и редактировать типовые и противоаварийные тренировки для тепловых и электрических мнемосхем, включая сетевые, с учетом сценария и без него, включая работу РЗА, токовых цепей, сигнализации и синхронизации (с учетом специфики работы оперативного персонала ОДУ, РДУ, ПЭС, ПС, ГЭС, ТЭС и др.);
- сопровождать учебные и контрольные тренировки (необходимые сообщения, протокол, встроенный контроль (база знаний) соответствия типовым инструкциям переключений, видео и звуковое сопровождение, любая гибкость контроля соответствия заложенному сценарию, рейтинг обучаемых);
- отображать текущую режимную информацию на мнемосхемах;
- генерировать бланк переключений из созданных тренировок.

Тренажер оперативных переключений КОРВИН

(КОммутационно-Режимный тренажер для WINdows), включающая расчет установившегося режима с автоматическим преобразованием расчетной схемы при любых коммутациях [16]. Расчет установившегося режима производится модулем КУРС разработки ЦДУ. Результаты расчета - перетоки активной и реактивной мощности и ток, а также напряжения в узлах, - контролируются на нарушения заданных режимных пределов по ветвям и узлам и отображаются непосредственно на схеме и в форме таблиц. Поддерживается разделение схемы на любое число изолированных районов. Подготовка исходных данных расчетной схемы максимально

автоматизирована. Функциональная компонента Сервер потокораспределений, входящая в состав тренажера КОРВИН, содержит:

- функции автоматического построения графа узлов и ветвей расчетной схемы путем стягивания графа коммутационной модели;
- редактор исходных значений электрических параметров для расчета и режимных пределов по узлам и ветвям;
- функции тестирования и исследования режима при любых коммутациях без ограничений со стороны правил переключений.

Тренажерная программа "Тренажер ПТ-60" (ЭНЕРГЕТИК).

Предназначена для формирования и развития знаний динамических режимов работы тепломеханического оборудования, подготовки и переподготовки оперативного персонала ТЭС, эксплуатирующего соответствующее оборудование, а также может быть использована в целях технической учебы, для проведения конкурсов и соревнований. Пример рабочего окна приведен на рисунке 2.3 [17].

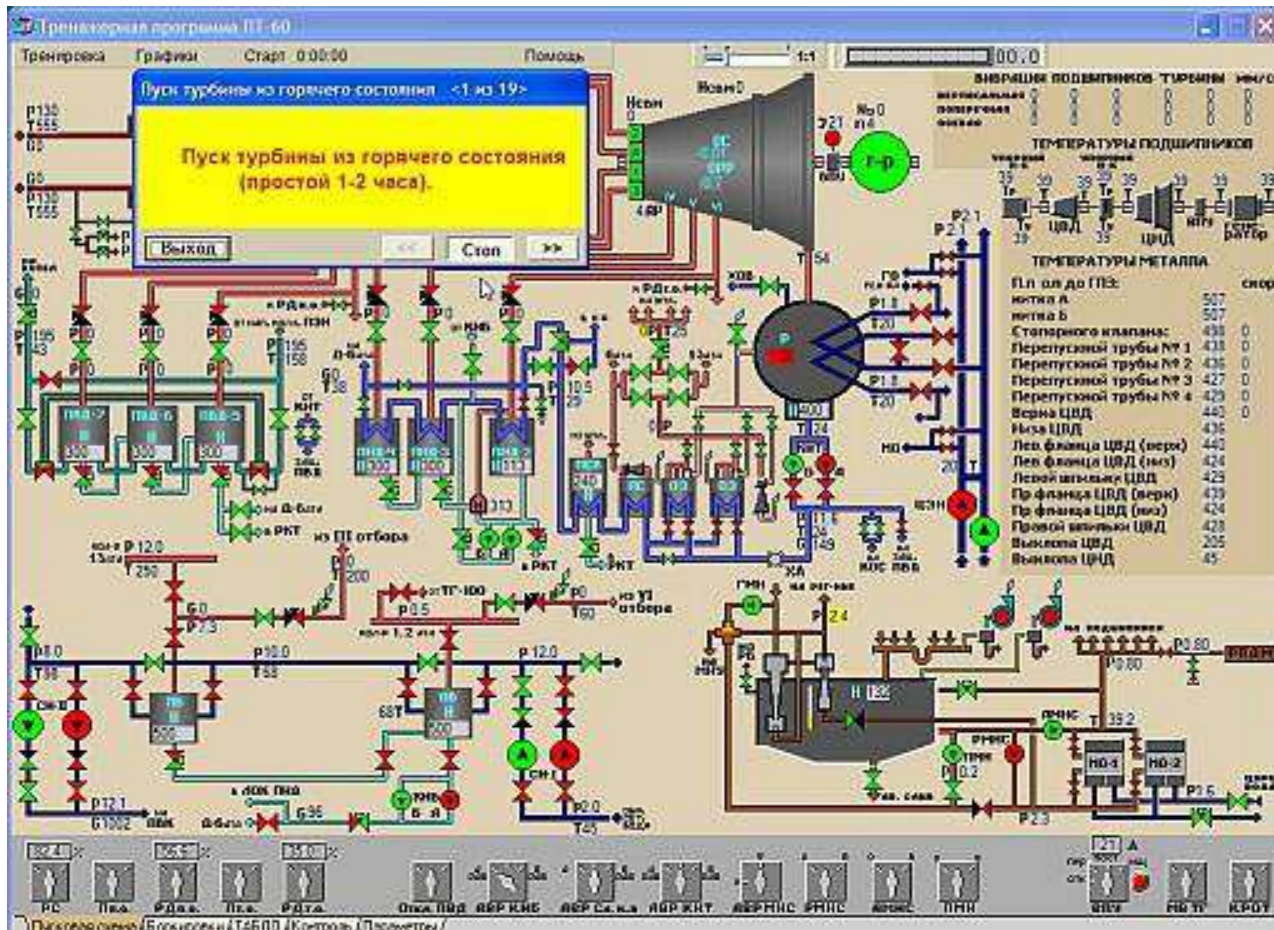


Рисунок 2.3 – Пример рабочего окна программы "Тренажер ПТ-60"

Экзаменатор Сотус-К предназначен для обучения и проверки знаний персонала по нормативно-техническим и распорядительным документам, инструкциям по оборудованию и может применяться в цехах предприятий, учебных заведениях и центрах подготовки персонала.

Тренажер оперативных переключений в электрической схеме станции ТОПАЗ” предназначен для использования в качестве обучающего и контролирующего средства при подготовке и аттестации эксплуатационного персонала, непосредственно участвующего в производственном цикле энергопроизводства, и охватывает следующие категории работников:

- оперативный персонал;
- оперативно – ремонтный персонал;
- оперативные руководители;
- ремонтный и наладочный персонал;
- руководящие работники и специалисты.

Программный комплекс для автоматизированного обучения и проверки знаний персонала диспетчерских центров «Эксперт-диспетчер» решает задачи - оптимизации процессов изучения и проверки знаний нормативно-технических и распорядительных документов, регламентирующих требования к объектам диспетчеризации и персоналу, осуществляющему оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике, а также аттестации лиц, осуществляющих профессиональную деятельность, связанную с оперативно-диспетчерским управлением в электроэнергетике. Рекомендован Департаментом технического аудита и генеральной инспекции КЦ ОАО РАО «ЕЭС России» для использования при проведении аттестации лиц, осуществляющих профессиональную деятельность, связанную с оперативно-диспетчерским управлением в электроэнергетике, подготовке и квалификационных проверках знаний персонала диспетчерских центров, организации соревнований и

конкурсов профмастерства персонала энергопредприятий ОАО РАО «ЕЭС России».

Все рассмотренные системы имеют общие недостатки:

- Сложность в использовании (необходимо пройти целый курс для ознакомления с продуктом, чтобы узнать его особенности, методы и приемы работы) – невозможно начать работу сразу после инсталляции продукта.
- Данные продукты содержат большое количество потенциальных возможностей, которые не будут использованы широким кругом пользователей.
- Достаточно высокие требования к системе (объем оперативной памяти и размер жесткого диска).
- Очень высокая цена (как правило, она составляет несколько тысяч долларов).
- Не совместимость версий одной программы с другой.

3 Сравнительный анализ тренажеров оперативных переключений «МОДУС» и «TWR12»

Наиболее распространенными тренажерами оперативных переключений являются «МОДУС» и «TWR12», поэтому в этом разделе приведен анализ двух этих тренажеров. По итогам анализа будет выбран наиболее подходящий тренажер.

Тренажер оперативных переключений «МОДУС», позволяет систематически проводить подготовку оперативного персонала электростанции по следующим направлениям:

- переключения в энергоустановках
- предотвращение и ликвидация технологических нарушений и нарушений нормального режима работы оборудования
- порядок ведения оперативных переговоров

Тренажер поставляется собой оболочку –универсальный исполняемый модуль swman32.exe. Возможность создавать и запускать модели разных энергообъектов осуществляется через создание макетов – моделей энергообъектов, в виде файлов sde / xsde, а также файлов – сценариев тренировок.

«МОДУС» позволяет проводить тренировки не только на абстрактных учебных макетах, но и на модели конкретного энергообъекта, на котором работает обучаемый. Для этого в поставку программного комплекса включены все средства для подготовки макета и набора заданий - графический редактор, аниматор схем, редактор сценариев, средство для компоновки курса.

Коммутационная модель электрической схемы описывается как множество энергообъектов (распределительных устройств, генераторов, трансформаторов, коммутационных аппаратов) и отходящих линий электропередачи. На рисунке 3.1 представлен пример моделирования коммутационной модели электрической схемы. Приборы указывают на состояние оборудования и порядок значений измеряемых параметров.

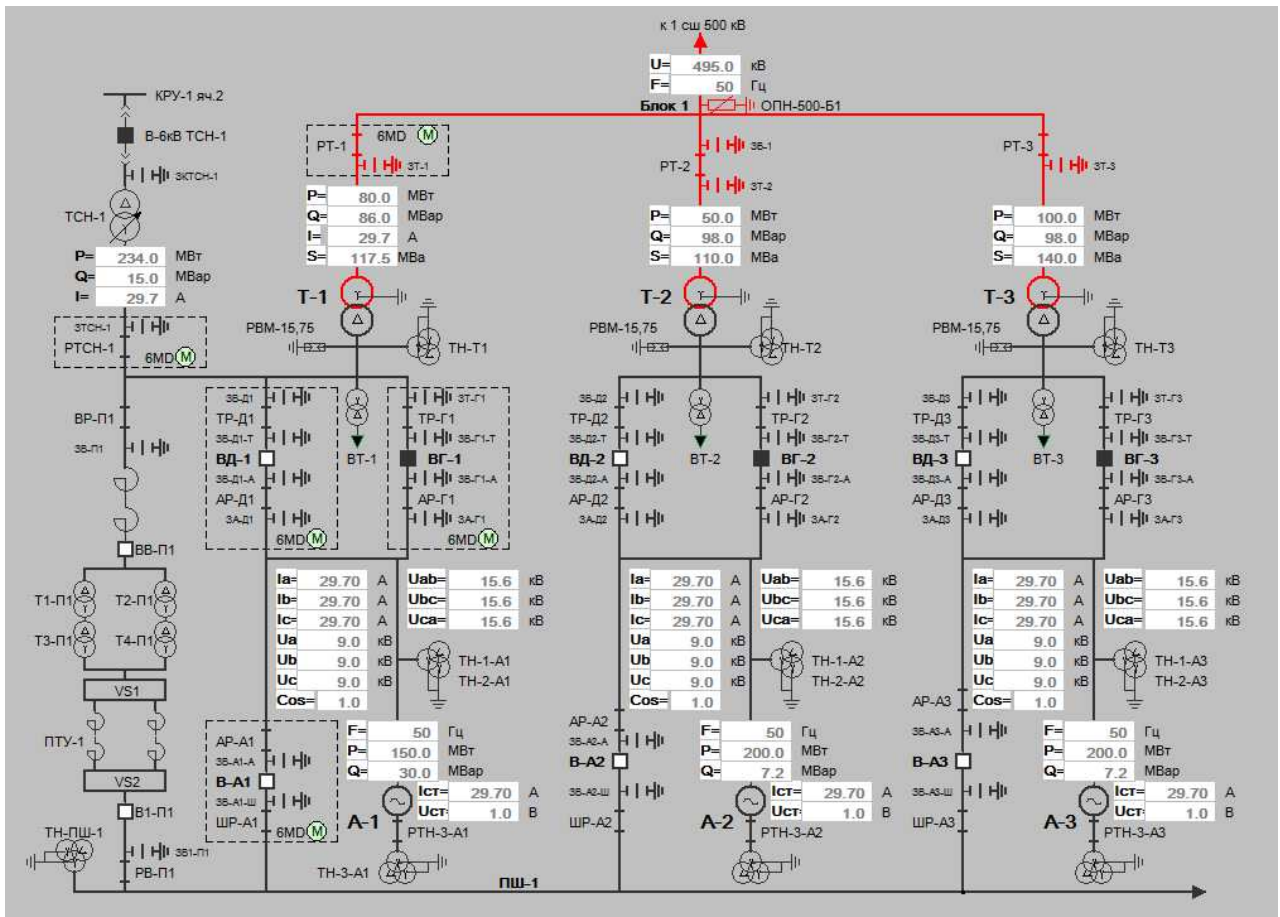
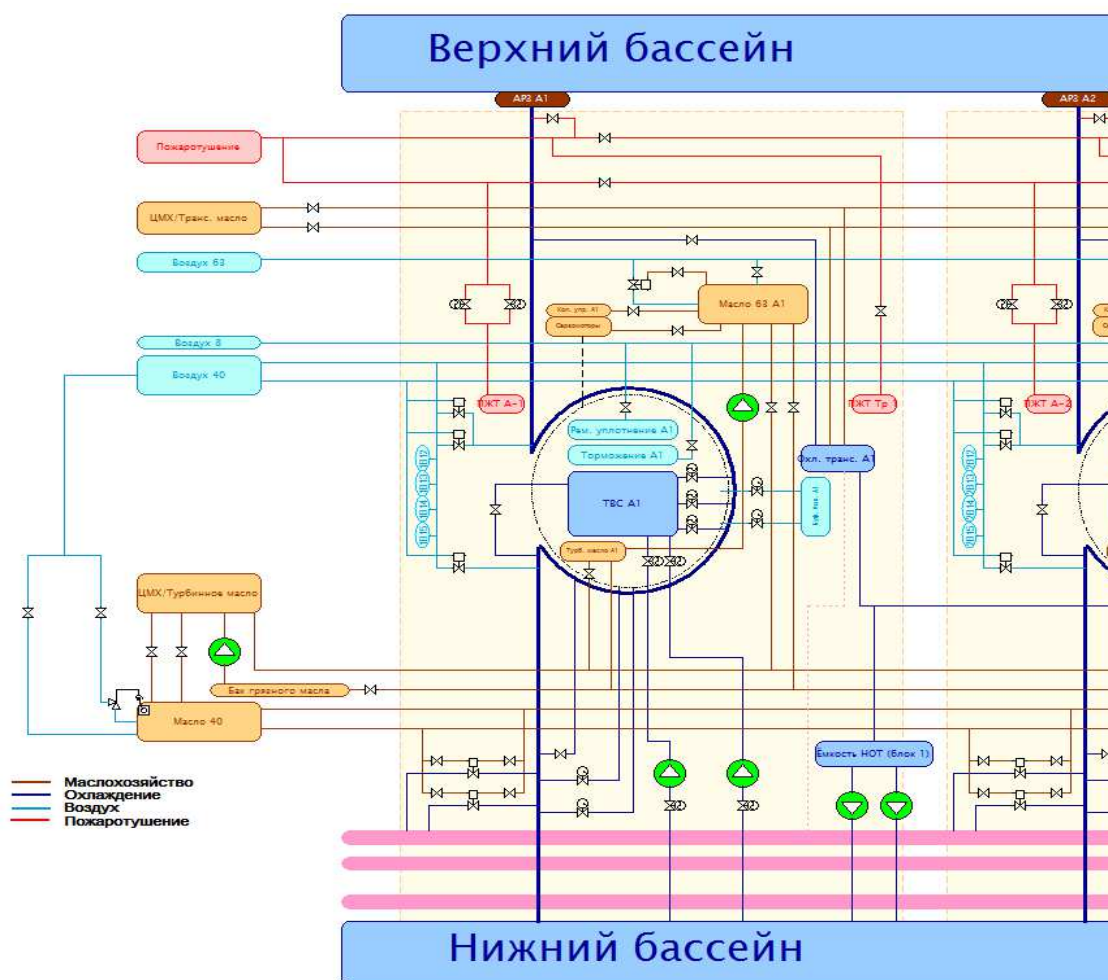


Рисунок 3.1 – Пример моделирования коммутационной модели электрической схемы

В рамках прохождения и создания тренировок моделируются следующие виды действий:

- коммутации;
- управление оборудованием (выключателем и др.) с ключа управления на щите управления;
- проверочные действия (в т.ч. проверка исправности оборудования, показаний приборов, работа с указателем напряжения) ;
- вывешивание плакатов;
- использование средства индивидуальной защиты;
- выполнение действий через АРМ;
- телефонные переговоры.

Достоинством тренажера «МОДУС», является возможность моделирования установившегося режима для любого текущего состояния гидромеханических систем и гидротурбинного оборудования. Формирование исходных данных для расчета режима гидромеханических систем и гидротурбинного оборудования производится автоматически при операциях (ручных, автоматических) с запорной арматурой, золотниками, клапанами, распределителями и т.д. При этом режимная модель корректно обрабатывает изменение коммутации внутри технологических систем и узлов агрегатов. В тренажере реализована имитация систем электропитания, тепловодоснабжения, маслохозяйства, торможения агрегатами, а также системы подачи воздуха, пожаротушения и заполняемости верхнего бассейна в зависимости от режима работы станции. На рисунке 3.2 показано взаимодействие различных систем



станции.

Рисунок 3.2 – Фрагмент взаимодействия систем станции

Наряду с тренажером оперативных переключений «МОДУС» широко применяется тренажер оперативных переключений «TWR12», который используется для моделирования электрических схем, расчетов электрических режимов, моделирования оперативных переключений в нормальных и послеаварийных режимах, как самой электростанции, так и узла энергосистемы, в состав которого электростанция входит.

Тренажер оперативных переключений «TWR12», используется для моделирования электрических схем, расчетов электрических режимов, моделирования оперативных переключений в нормальных и послеаварийных режимах, как самой электростанции, так и узла энергосистемы [9,10].

Для создания и проведения тренировки достаточно в режиме создания тренировки установить исходное состояние элементов мнемосхемы, накладок/ключей РЗА, токовых цепей, переносных заземлений и т.д.

Тренажер может использоваться как в локальной версии для работы на одном ПК, так и в сетевом режиме работы при одновременной работе на ПК-сервере, ПК-клиенте, ПК-диспетчере.

Локальная версия предназначена для самостоятельного выполнения тренировки пользователем. Сетевой режим удобен при проведении соревнований профессионального мастерства диспетчерского персонала. При этом переключения в тренажере выполняет ведущий тренировку на ПК-клиенте, а диспетчер отдает команды по телефону. Он наблюдает на своем ПК-диспетчере за изменениями на мнемосхеме и панелях РЗА без возможности выполнения самостоятельных переключений в тренажере. При этом протокол формируется на ПК-сервере.

Тренажер оперативных переключений «TWR12» позволяет производить переключения на фотореалистичных панелях релейной защиты и автоматики. В окне релейной защиты и автоматики можно производить операции с накладками, переключателями, испытательными блоками, кнопками, измерительным оборудованием и прочем.

На модели электрической схемы можно производить различные операции с коммутационными аппаратами (отключать выключатели, вывешивать на них плакаты, проверять исправность оборудования и т.д.). На рисунке 3.3 приведен пример моделирования электрической схемы [14].

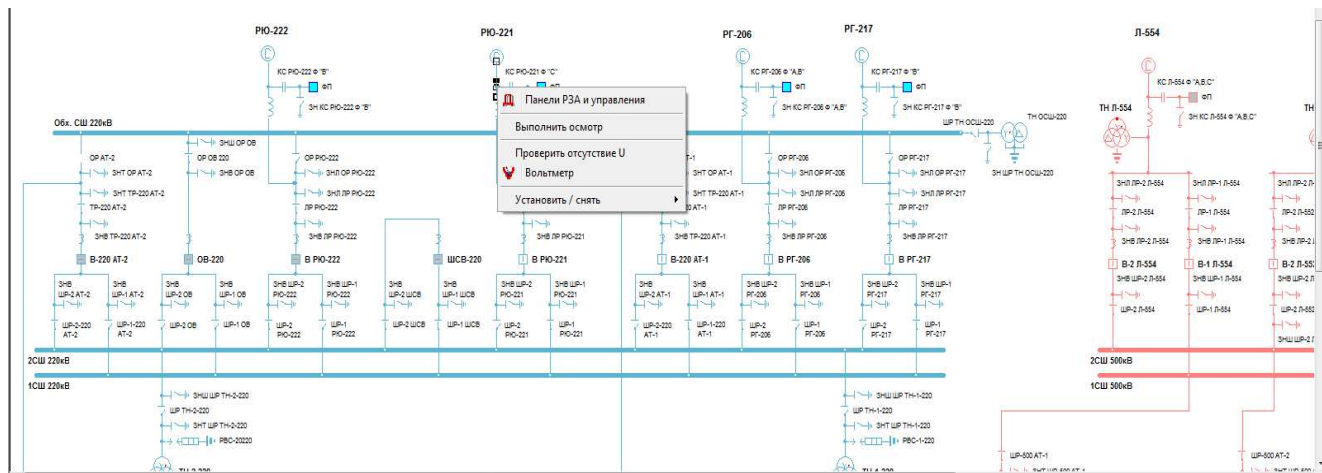


Рисунок 3.3 – Пример моделирования электрической схемы

Такие модели создаются при помощи редактора схем TWR12Cad, который является составной частью тренажерного программного комплекса TWR12. Программа предназначена для создания и редактирования элементов мнемосхем и подготовки схем для составления и проведения тренировок в TWR12.

При условии, что тренажер «TWR12» работает в составе с РТД «Финист», возможна разработка модели контроля текущих значений телеизмерений и реакции системы (автоматическое переключение аппаратов и работа РЗА) на их значения в зависимости от заданных ограничений.

В режиме создания тренировки ограничения могут быть заданы в виде двух минимальных и двух максимальных значений, а также в виде значений контролирующего телеизмерений (специального параметра). Значения специальных параметров используются в процессе контроля значений телеизмерений контролируемых сечений. Выбор нужного ограничения для телеизмерений задается в зависимости от состояния схемы и РЗА.

В тренажере «TWR12» также реализовано моделирование телефонных переговоров в системе диалога.

Технолог при создании тренировки может задать список абонентов, к которым может потребоваться обращение во время проведения тренировки. На рисунке 3.4 содержится пример окна абонентов.

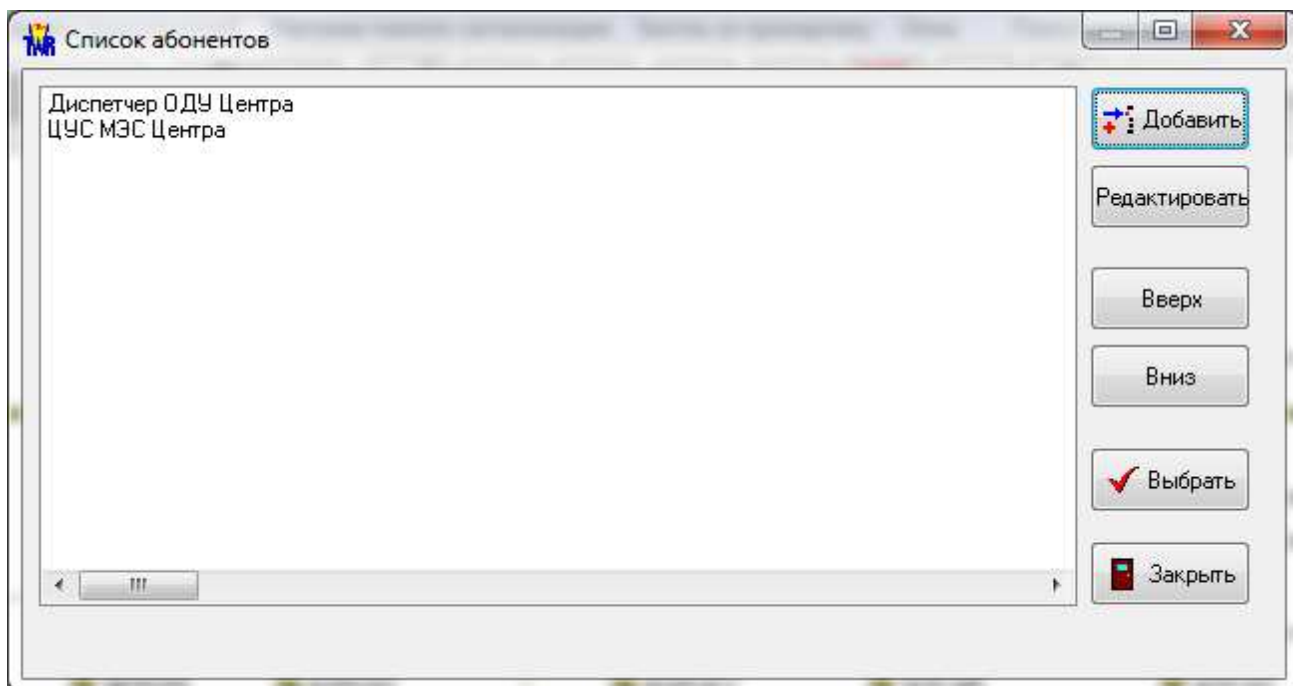


Рисунок 3.4 – Создание списка абонентов в TWR12

Как уже говорилось ранее в TWR12 есть возможность сопровождать учебные и контрольные тренировки протоколом, который содержит следующую информацию:

- список выполненных операциях;
- список выполненных операций, входящих в сценарий;
- список пропущенных операций;
- список выполненных операций, не входящих в сценарий;
- максимальная сумма баллов за тренировку;
- сумма баллов за тренировку.

На рисунках 3.5-3.6 приведен пример протокола учебной тренировки.

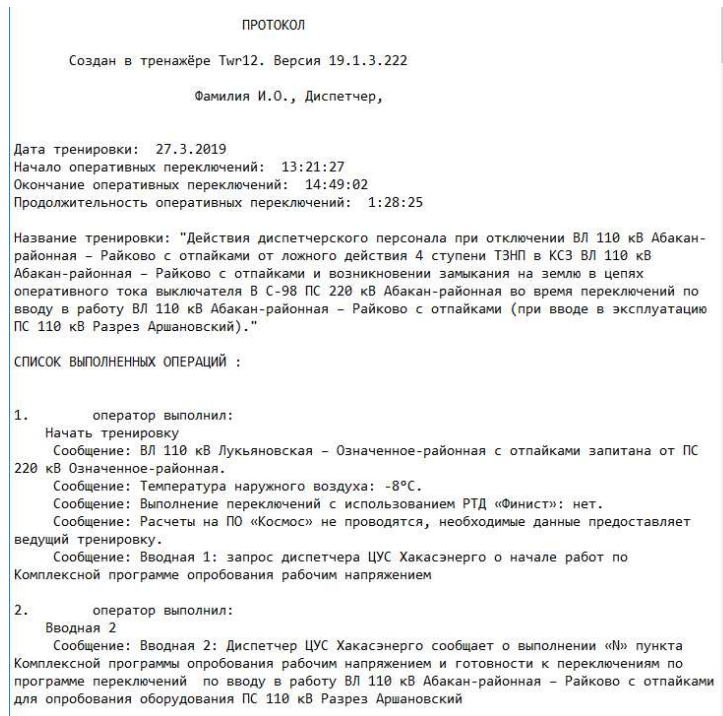


Рисунок 3.5 – Начало протокола учебной тренировки

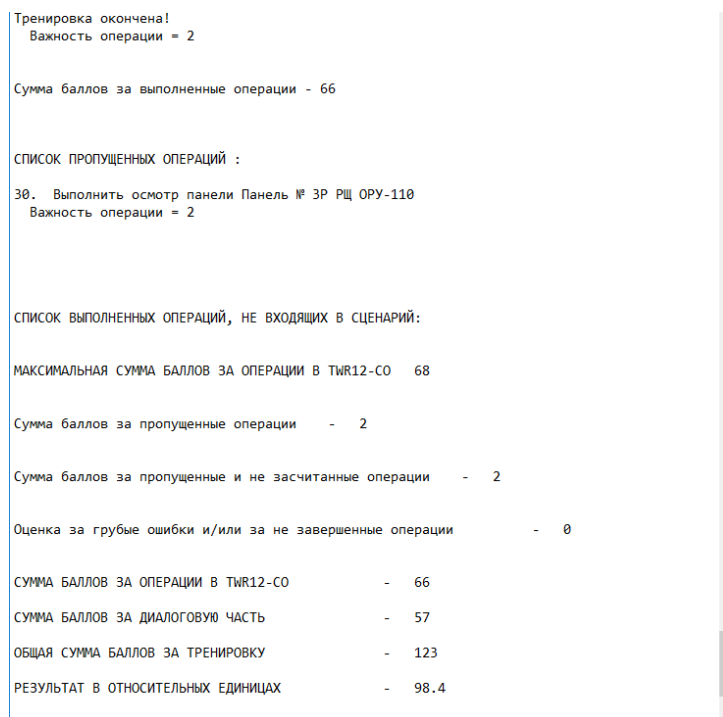


Рисунок 3.6 – Конец протокола учебной тренировки

Таким образом, сравнение тренажеров оперативных переключений «МОДУС» и «TWR12» позволило сделать следующие выводы.

1. Для наглядного (с визуальной составляющей) моделирования реальной электростанции более подходящим тренажёрным комплексом является «МОДУС». Тренажер «МОДУС» позволяет не только работать с переключениями коммутационных аппаратов и моделировать режим электрической нагрузки, но и моделировать гидромеханические схемы. Основным плюсом его графического редактора является значимость объектов с привязкой каждого элемента к схеме. Любой элемент схемы является не просто графическим отображением, а именно участком цепи с определенными привязками к ней. При решении задач программа анализирует действия и предупреждает об ошибках.

2. Для моделирования электростанций и подстанций как объекта в составе электроэнергетической системы более подходящим комплексом будет «TWR12». Тренажер оснащен специально разработанным конвертером графических форматов, позволяющим импортировать из оперативно-информационных комплексов диспетчерских центров Системного оператора схемы ЕЭС любого уровня, а также автоматизировать процесс создания учебных схем энергетической системы, что значительно сокращает время на подготовку заданий тренировки. В тренажере «TWR12» использованы интеллектуальные алгоритмы формирования протоколов тренировок, позволяющие автоматически оценивать правильность и своевременность действий диспетчера при выполнении оперативных переключений. Также достоинством тренажера «TWR12» является возможность автоматизировать процессы формирования учебных схем и подведения итогов тренировок и за счет этого существенно сократить время на подготовку заданий и оценку результатов.

3. Задачи, решаемые тренажерами «МОДУС» и «TWR12» различны, поэтому для более качественной подготовки оперативного персонала на сложных энергетических объектах (например на таких ГЭС, ТЭЦ), целесообразно совместное их использование на предприятии.

4. Для работы с энергетической системой определенного региона лучше будет применять один тренажерный комплекс. Для разработки противоаварийных тренировок нами был выбран ТОП «TWR12».

4 Разработка учебных тренировок с реализацией их в тренажере оперативных переключений «TWR12»

В рамках данной работы были разработаны 7 противоаварийных тренировок в тренажере оперативных переключений «TWR12» для различных аварийных ситуаций в энергосистеме Республики Хакасия:

1. Действия по перестройке устройств РЗА при неисправности цепей напряжения трансформатора напряжения.

2. Действия при выводе в ремонт ВЛ 220 кВ с отказом в отключении выключателя из-за неправильной работы блокировки от аварийного снижения давления элегаза выключателя.

3. Вывод в ремонт ВЛ 220 и возникновение неисправности приемопередатчика на ПС 500 кВ.

4. Вывод в ремонт ВЛ 220 кВ с разрезанием шлейфов на опоре №О в сторону линейного разъединителя.

5. Действия диспетчерского персонала при отключении ВЛ 110 кВ с отпайками от ложного действия 4 ступени ТЗНП в КСЗ ВЛ 110 кВ с отпайками и возникновении замыкания на землю в цепях оперативного тока выключателя на ПС 220 кВ во время переключений по вводу в работу ВЛ 110 кВ с отпайками.

6. Вывод в ремонт второй секции шин ПС 220 кВ из-за разрушения ОСИ шинного разъединителя при выведенной оперативно ДЗШ-110 кВ ПС 220 кВ и неисправности ДФЗ ВЛ 220 кВ.

7. Вывод в ремонт автотрансформатора 1АТ ПС 500 кВ из-за неисправности газовой защиты 1АТ (работа «на сигнал»), возникновение неисправности цепей напряжения ТН-220/ПСШ 1сек, отключение выключателей 1СВ-220, 1ШСВ-220 и неполнофазное отключение выключателя В 1АТ-220 в результате ложной работы дистанционной защиты в составе Резервных защит 220 кВ 1АТ при ремонте ТН-220/ПСШ 1сек.

В данном разделе будут разобраны две из семи созданных учебных тренировок, разработанных на базе тренажера «TWR12».

Тема тренировки: Действия диспетчерского персонала при отключении ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками от ложного действия 4 ступени ТЗНП в КСЗ ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками и возникновении замыкания на землю в цепях оперативного тока выключателя В С-А на ПС 220 кВ А во время переключений по вводу в работу ВЛ 110 кВ А– Р с отпайками (при вводе в эксплуатацию ПС 110 кВ Н).

Для создания данной тренировки были использованы следующие типы операций:

- операции с элементами схемы;
- операции с ключами/накладками на панелях РЗА;
- телефонные переговоры;
- дополнительные операции – любые операции, которые можно описать в виде текста.

Когда диспетчер начнет тренировку, первое что произойдет это вывод на экран сообщений с начальными условиями. А также первая вводная, которая изображена на рисунке 4.1.

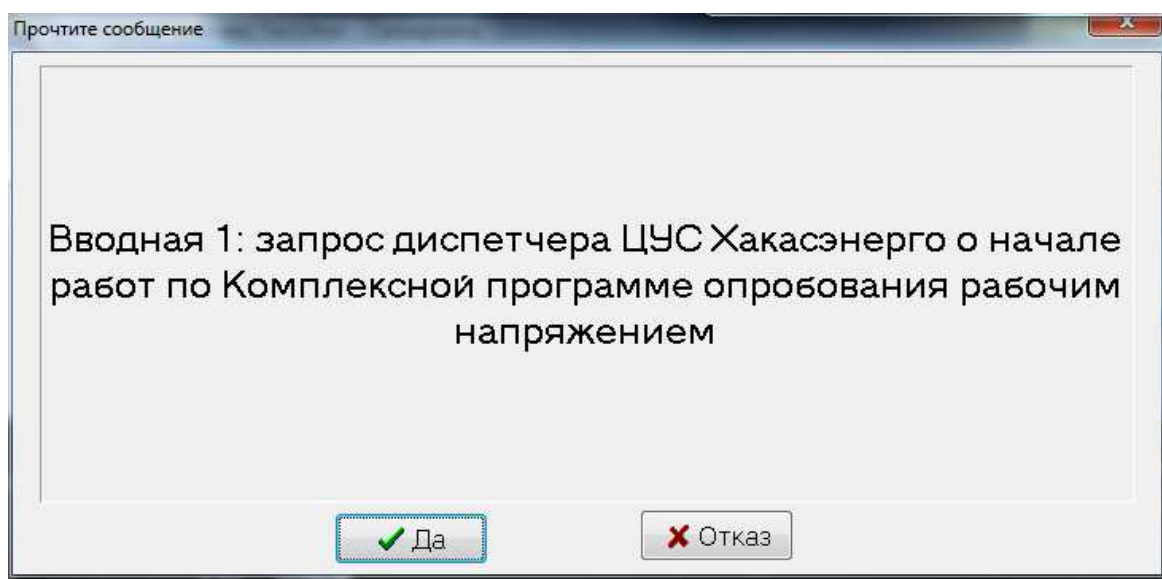
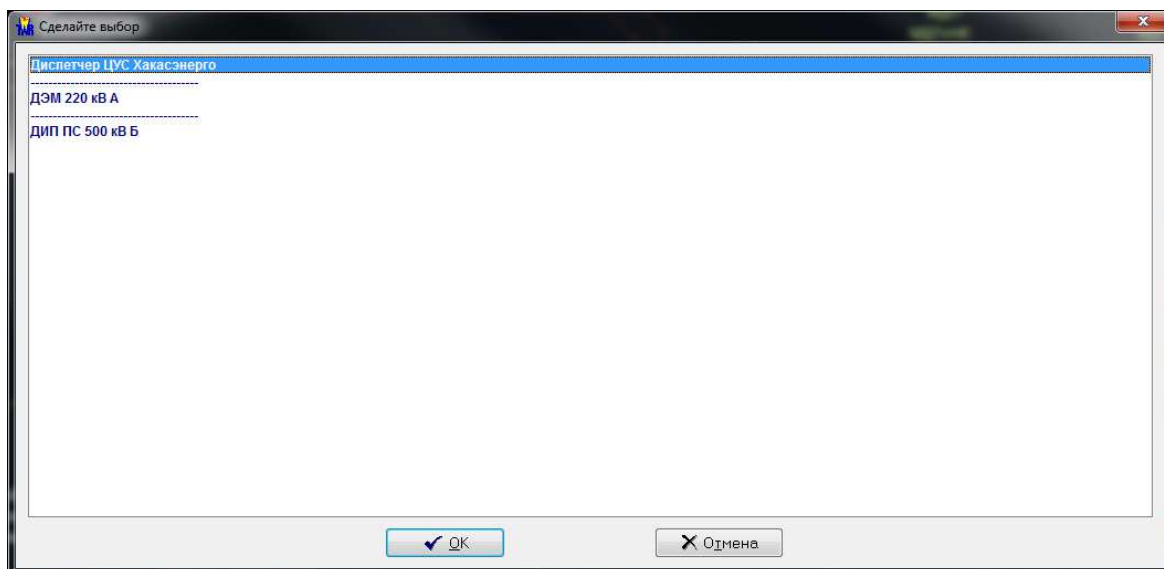


Рисунок 4.1 – Сообщение с содержанием вводной

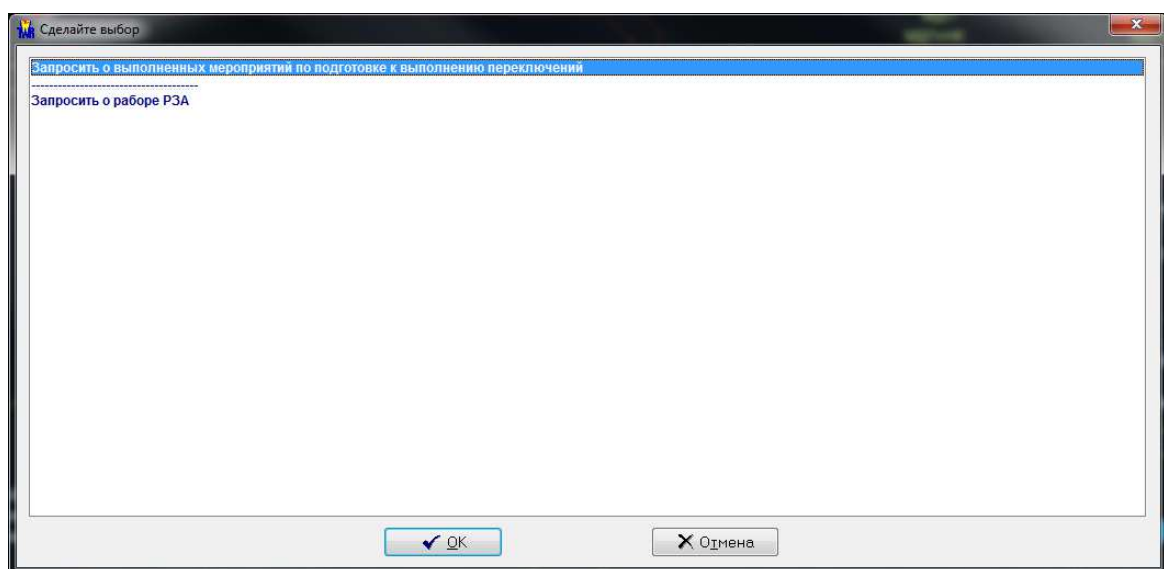
Далее согласно программе тренировки, диспетчер должен запросить информацию о выполненных мероприятиях по подготовке к выполнению переключений. Запрашивается эта информация у диспетчера ЦУС



Хакасэнерго, дежурного электромонтёра ПС 220 кВ А, дежурного инженера подстанции ПС 500 кВ Б. Для реализации этих операций используются телефонные переговоры. Из сформированного списка абонентов тренирующийся выбирает того к которому сейчас требуется обратиться. На рисунке 4.2 показан список абонентов из рассматриваемой тренировки.

Рисунок 4.2 – Окно со списком абонентов

После выбора абонента из списка появляется выбор сообщения. Как минимум одно из этих сообщений создается ложным. Запрос о выполнении мероприятий по подготовке к выполнению переключений у всех трех абонентов делается аналогичным образом. Пример окна с выбором сообщения

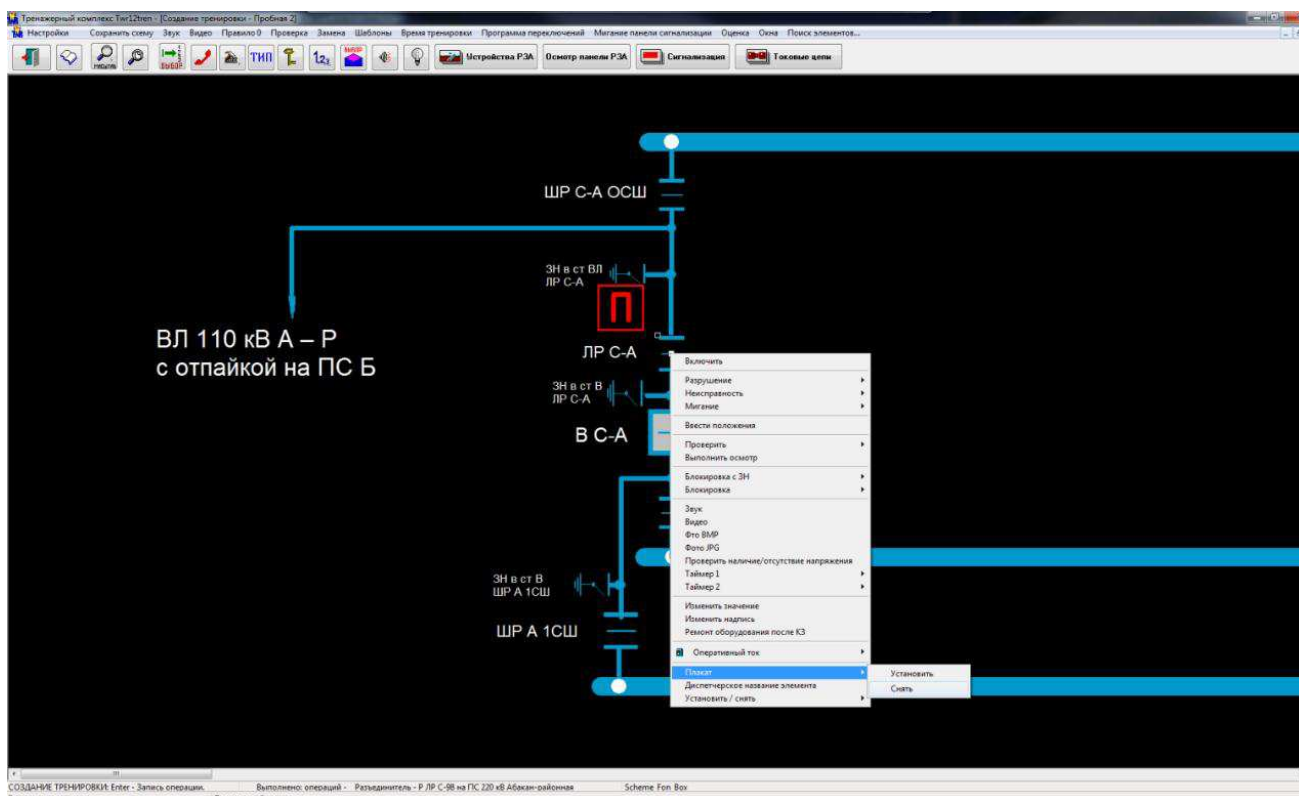


представлен на рисунке 4.3.

Рисунок 4.3 – Окно со списком сообщений

Следующий шаг – это отключение заземляющих ножей ЗН в сторону ВЛ ЛР С-А на каждой подстанции, так как линия на начало тренировки находилась в ремонте. Данная операция является ключевой, невыполнение которой означает невыполнение учебной тренировки.

Далее нужно с привода линейного разъединителя ЛР С-А снять плакат «НЕ ВКЛЮЧАТЬ! Работа на линии» и включить эти разъединители на каждой подстанции. На рисунке 4.4 изображена схема на которой необходимо снять плакат с линейного разъединителя. Также тренирующийся при помощи звонков и сообщений информирует всех абонентов о том, что заземление и плакаты



сняты, а линейные разъединители включены.

Рисунок 4.4 – Часть схемы подстанции ПС 110 кВ А

Прежде чем включать выключатель В С-А нужно вывести оперативно АПВ В С-А, ввести оперативное ускорение защит в АУВ с КСЗ ВЛ 110 кВ А –

Р с отпайками ввести оперативное ускорение ДЗ в КСЗ ВЛ 110кВ А – Р с отпайками. Где АПВ – автоматика повторного включения; АУВ – автоматика управления выключателем; КСЗ – комплект ступенчатых защит; ДЗ – дистанционная защита. Затем уже подать оперативный ток на выключатель В С-А и включить сам выключатель.

Операции с панелями релейной защиты происходят на специально подготовленных схемах. На рисунке 4.5 в качестве примера представлена панель № 3Р РЦ ОРУ-110 в АУВ с КСЗ ВЛ 110кВ

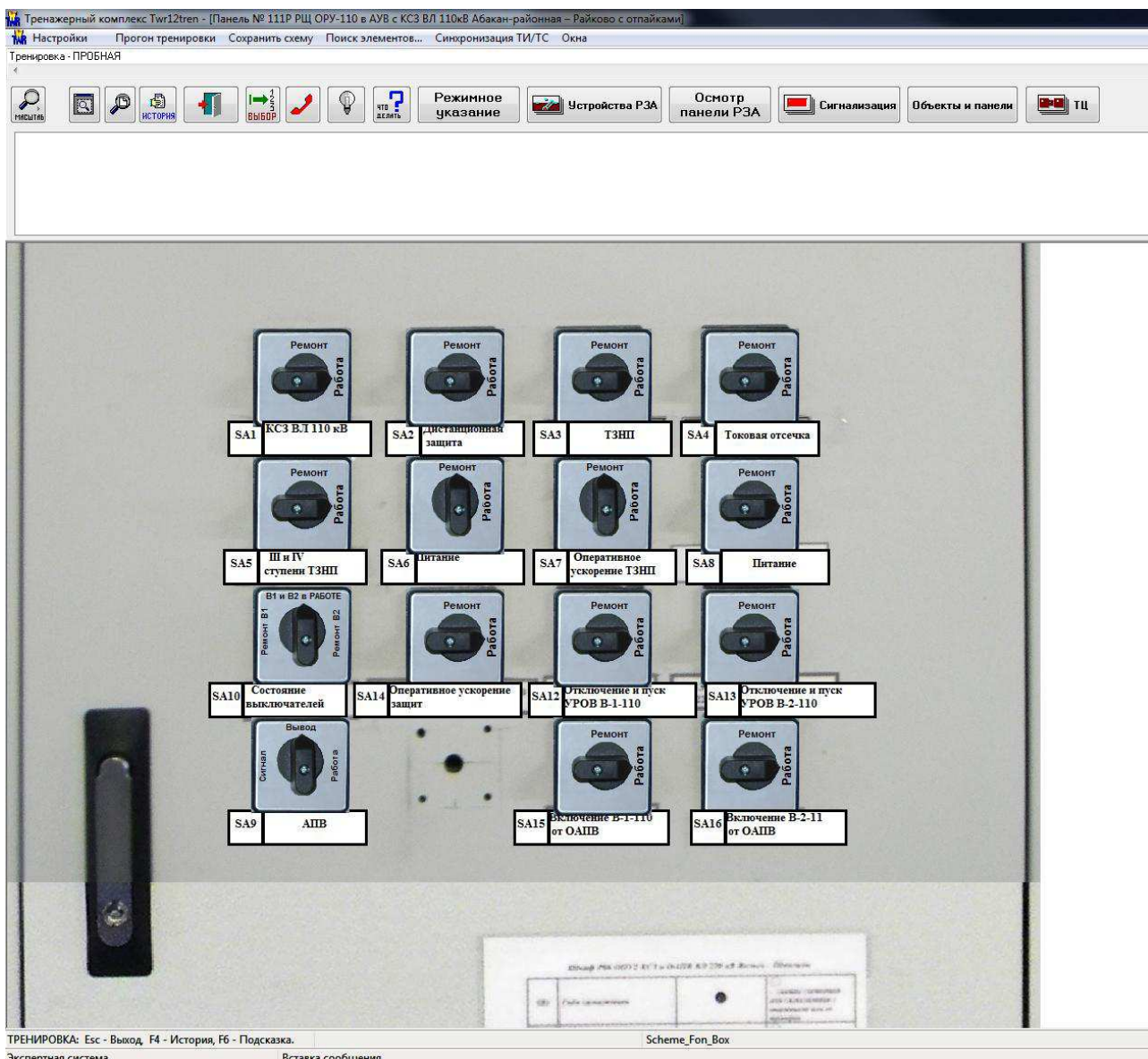


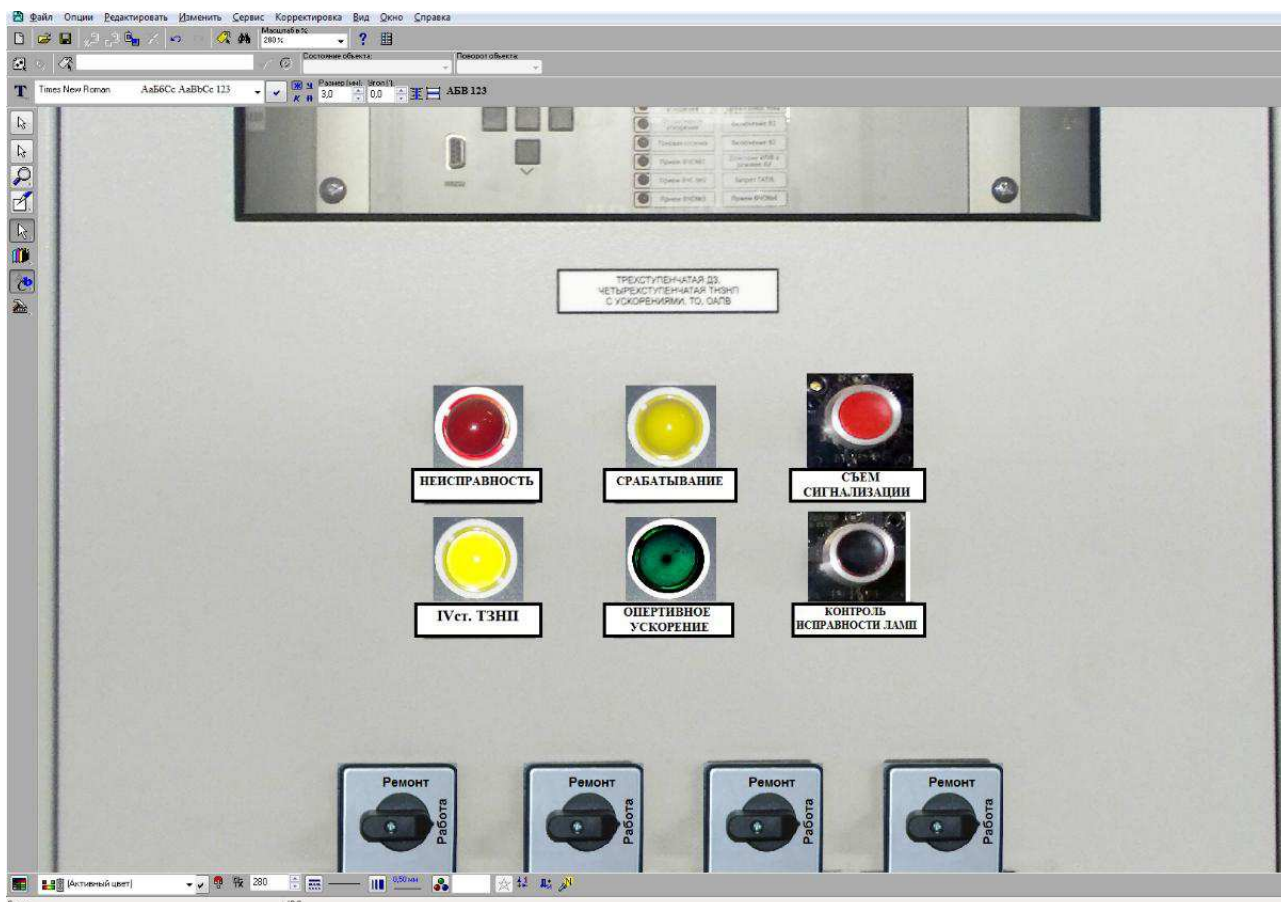
Рисунок 4.5 – Панель РЗА

Если проходящий тренировку выполнит правильно действия с панелями РЗА и включит выключатель В С-А то он получит следующее сообщение (с

использованием всплывающего окна): «Вывели оперативно АПВ в АУВ с КСЗ ВЛ 110кВ А – Р с отпайками, ввели оперативное ускорение защит в АУВ с КСЗ ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками, ввели оперативное ускорение ДЗ в КСЗ ВЛ 110кВ А – Р с отпайками, включен выключатель В С-А». Следом за этим сообщением следует новая вводная (также с использованием всплывающего окна): «Вводная 3. Сообщение оперативного персонала ПС 220 кВ Абакан-районная об отключении выключателя В С-А».

Так как выключатель отключился необходимо немедленно прекратить переключения по программе переключений по вводу в работу ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками для опробования оборудования ПС 110 кВ Р.

Тренирующийся выполняет осмотр оборудования линейной ячейки ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками, осмотр панели № 111Р РЩ ОРУ-110 АУВ с КСЗ ВЛ 110кВ А – Р с отпайками. На панели горит светодиод «IV ст.ТЗНП», это можно



увидеть на рисунке 4.6.

Рисунок 4.6 – Панель № 111Р РЩ ОРУ

Затем диспетчер получает сообщение: «При отключении выключателя В С-А определена работа 4 ступени ТЗНП в АУВ с КСЗ ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками, защиты на панели КСЗ ВЛ 110кВ А – Р с отпайками не работали, по данным РАС с ПС 220 кВ А короткого замыкания не обнаружено, произведён осмотр оборудования линейной ячейки ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками - ЗАМЕЧАНИЙ НЕТ».

Параллельно с этим диспетчер должен сформировать запись в ЖДИ (журнал дежурного информатора) по факту отключения выключателя. Так как данную операцию удобнее всего описать в виде текста, то тип ее будет – дополнительная операция. На рисунке 4.7 представлен список дополнительных операций, использованных в тренировке.

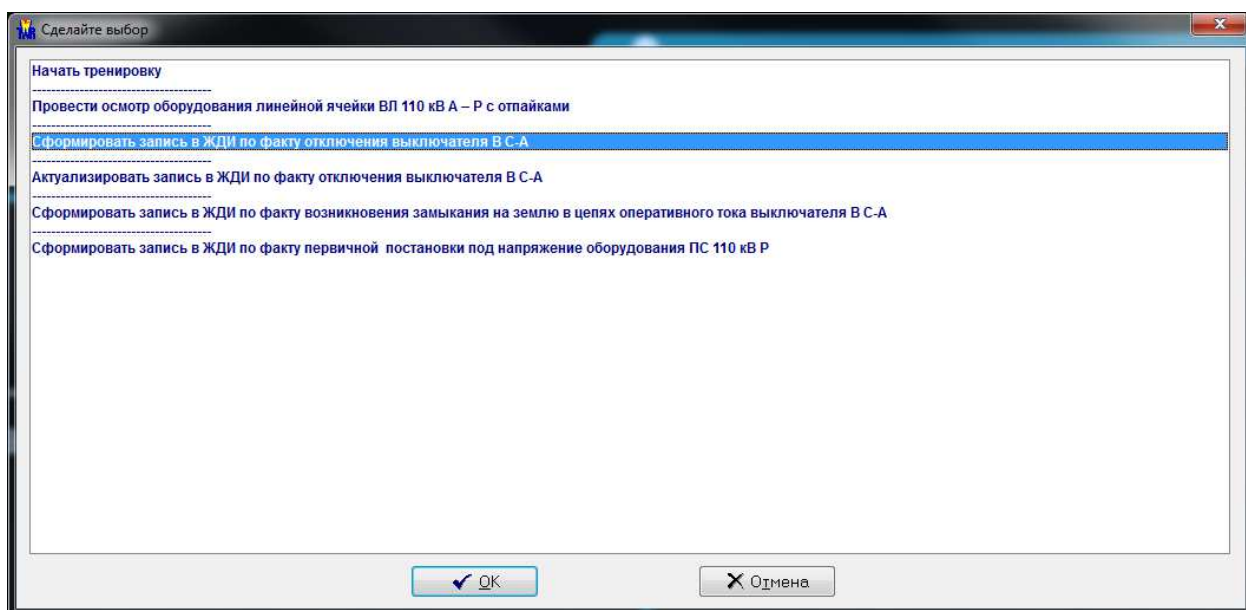


Рисунок 4.7 – Список дополнительных операций

Далее тренирующийся получает вводную 4 со следующим содержанием: «Сообщение оперативного персонал ПС 220 кВ Абакан-районная о возникновении замыкания на землю в цепях оперативного тока выключателя В С – А»

Первое действие, которое должен предпринять диспетчер при получении этой вводной это снятие оперативного тока с выключателя. При нажатии на выключатель появится окно с вариантами действий с этим выключателем. Один из вариантов – это работа с оперативным током. На рисунке 4.8 показано окно работы с оперативным током выключателя.

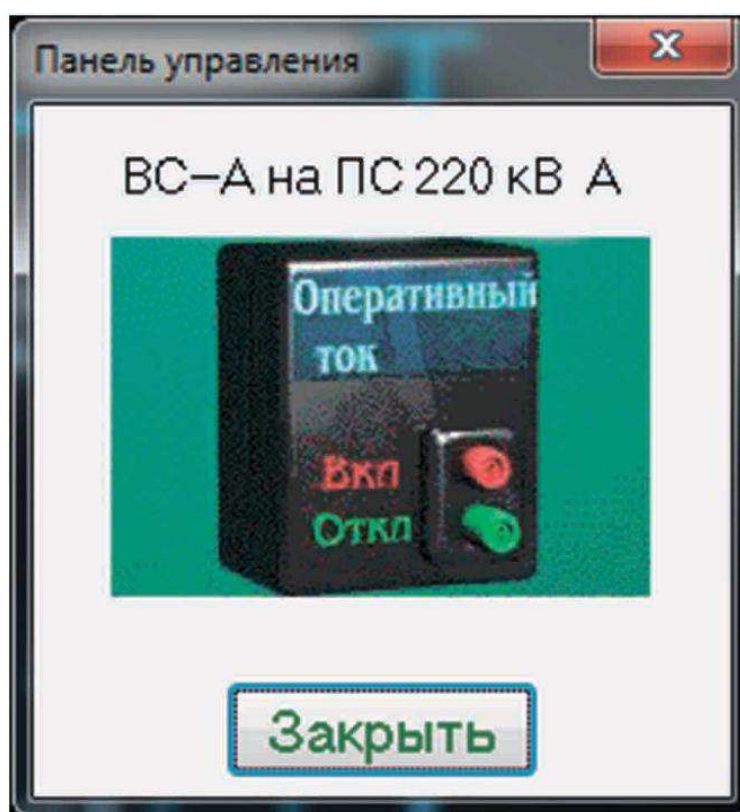


Рисунок 4.8 – Список дополнительных операций

После этого тренирующийся запрашивает у персонала ПС 220 кВ А подачу аварийной заявки на АУВ с КСЗ ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками и на выключатель В С-А, а также отдает команду подготовить бланк переключений по переводу ВЛ 110 кВ А – Р с отпайками в работу через обходной выключатель ОВ-110. Эти операции носят диалоговый характер и выполняются при помощи телефонных переговоров, как уже было описано ранее.

Далее идут следующие операции:

Вывести оперативно АПВ ОВ-110

Ввести оперативное ускорение ДЗ в КСЗ ОВ-110

Включить выключатель ОВ-110

Сформировать запись в ЖДИ по факту первичной постановки под напряжение оборудования ПС 110 кВ Р.

Аналогичные операции были описаны выше.

На этом тренировка заканчивается, на экран выводится сообщение об этом и открывается протокол тренировки. Пример протокола был приведен в разделе 3 на рисунке 3.4

Некоторые действия тренировки выполняются в строгой последовательности, а некоторые можно выполнять одновременно, то есть в любом порядке. Для структуризации создается граф тренировки. Пример графа изображен на рисунке 4.9. Граф содержит в себе информацию о вводных, о последовательности выполнения операций, а также отмечены звездочкой ключевые операции, невыполнение которых означает невыполнение учебной тренировки. Параллельное соединение объектов означает что данные операции можно выполнять в произвольной последовательности, а последовательное соединение означает строго выполнение операций

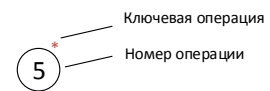
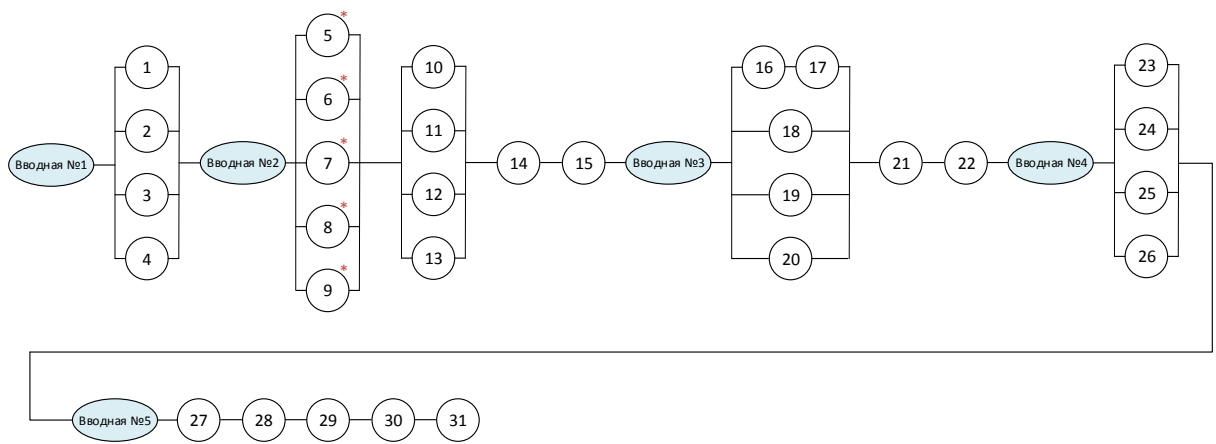


Рисунок 4.9 –Граф учебной тренировки

Тема следующей разработанной тренировки по переключениям: Вывод в ремонт автотрансформатора 1АТ ПС 500 кВ из-за неисправности газовой защиты 1АТ (работа «на сигнал»), возникновение неисправности цепей напряжения ТН-220/ЛСШ 1сек, отключение выключателей 1СВ-220, 1ШСВ-220 и неполнофазное отключение выключателя В 1АТ-220 в результате ложной работы дистанционной защиты в составе Резервных защит 220 кВ 1АТ при ремонте ТН-220/ЛСШ 1сек.

Объекты на которых были запланированы переключения: ПС 500 кВ, ПС 220 кВ ГПП-2, ПС 220 кВ ГПП-3.

Подготовка схем проводилась с использованием редактора схем TWR12Cad.

По каждой подстанции был создан перечень панелей РЗА для удобной навигации. Это поможет быстрее переходить к нужной панели во время прохождения тренировки. Переход осуществляется посредством нажатия на специальный символ рядом с названием панели. Пример перечня панелей для ПС 500 кВ приведен на рисунке 4.10.

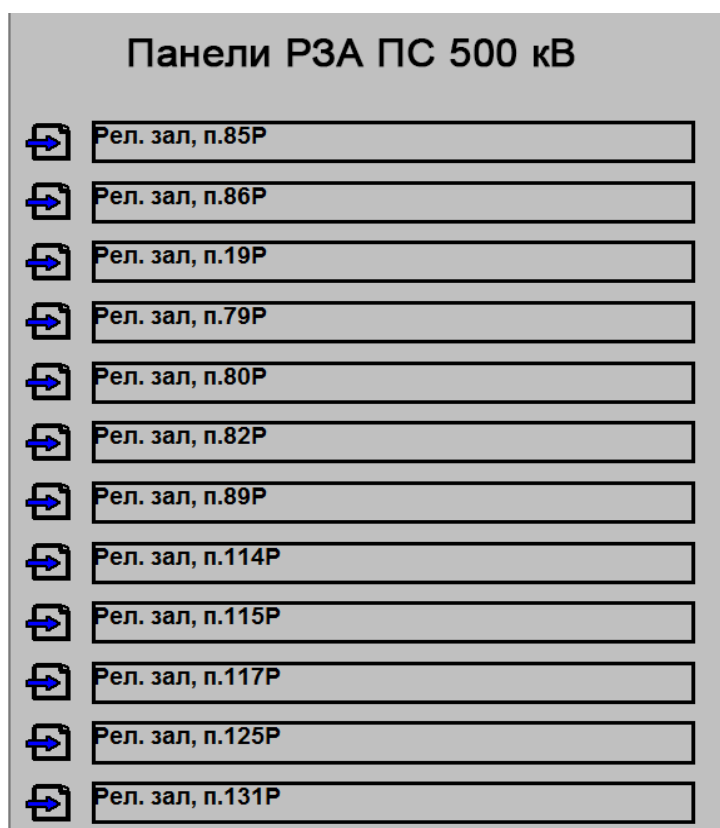


Рисунок 4.10 – Перечень панелей для ПС 500 кВ

Для создания панелей РЗА были использованы фотографии реальных панелей с подстанций. Модуль TWRCAD имеет большую базу накладок, переключателей, блинкеров, испытательных блоков и прочих элементов РЗА, которые можно использовать для создания собственных панелей. Как и при создании схем ОРУ, здесь требуется дать имя каждому элементу, с которым будет взаимодействовать тренирующийся. Одна из нарисованных панелей приведена на рисунке 4.11.

Типы операций использованные при создании тренировки:

- операции с элементами схемы;
- операции с ключами/накладками на панелях РЗА;
- телефонные переговоры;
- дополнительные операции.

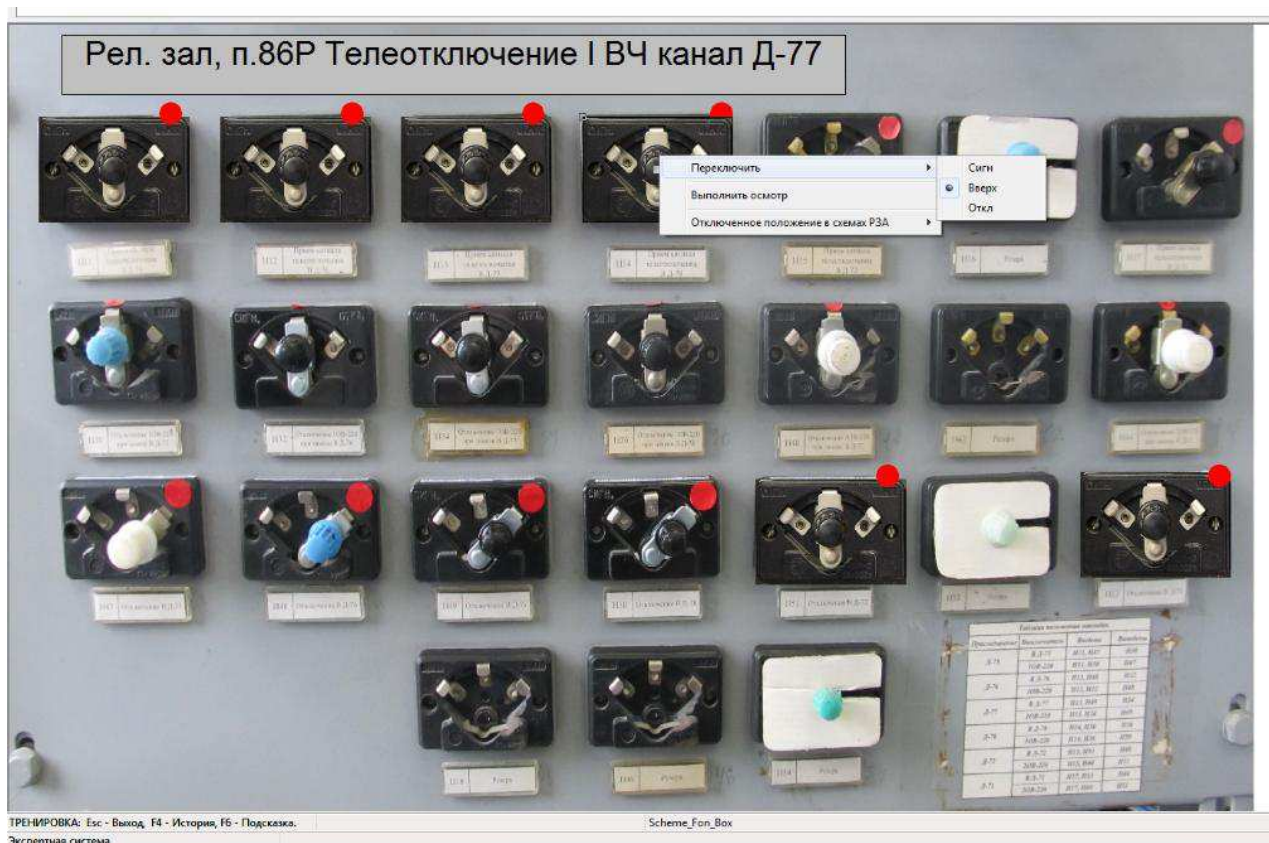


Рисунок 4.11 – Пример панели РЗА

После ознакомления с текущим состоянием схемы для начала прохождения тренировки тренирующийся выбирает из списка дополнительных

операций вариант: «Начать тренировку». В результате перед ним появляется сообщение с вводной: «Вводная 1. Сообщение от ДИП ПС 500 кВ: работа «на сигнал» газовой защиты 1АТ».

Следующие действие тренирующегося связано с другим типом операции. Ему по сценарию нужно совершить переговоры по телефону с рядом абонентов. Список абонентов, которые видит тренирующийся представлен на рисунке 4.12.

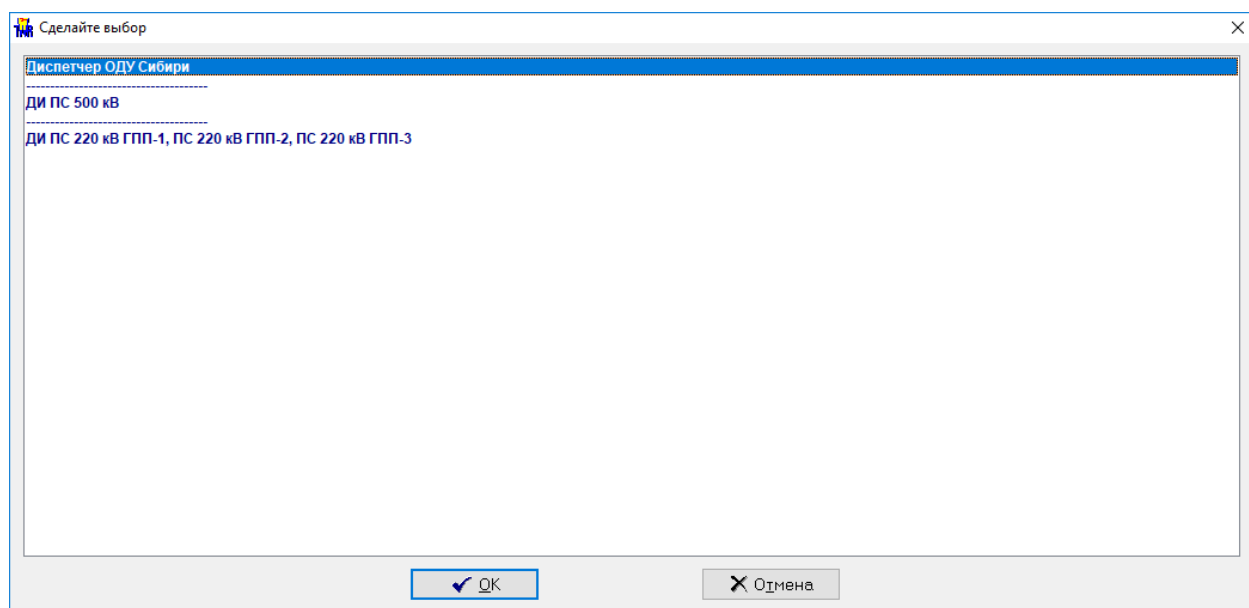


Рисунок 4.12 – Список абонентов

После выбора абонента появится сообщение, которое нужно передать этому абоненту в данный момент тренировки. К примеру, если выбрать абонентом ОДУ Сибири, то сообщение, которое нужно передать будет выглядеть следующим образом: «Сообщить о работе «на сигнал» газовой защиты 1АТ. Запросить разрешение на отключение автотрансформатора 1АТ ПС 500 кВ. Запросить разрешение на увеличение нагрузки подключенной к ОН-1 Хак- 400 МВт, ОН-2 Хак -650 МВт».

Когда проходящий тренировку закончит с телефонными звонками, ему нужно будет перейти на панель РЗА и совершить ряд операций с ключами. После переключения ключей он получит с подстанции сообщение следующего

характера: «На ПС 220 кВ ГПП-2 в устройстве УОН увеличена величина нагрузка, подключенная к ОН-1Хак до 400 МВт путём действия УВ на отключение нагрузки трансформатора 2Т» .

После этого начинается самая важная часть тренировки – это непосредственные переключения в ОРУ. Для примера опишем переключения по переводу питания нагрузки 4Т от ПС 500 кВ через 5ОСШ.

Переключения на ПС 220 кВ ГПП-2:

- отключить разъединитель секционный РС-4ОСШ;
- проверить отключенное положение разъединителя секционного РС-4ОСШ;
- отключить разъединитель шинный РШ-4Т;
- проверить отключенное положение разъединителя шинного РШ-4Т;
- включить выключатель 4ВМШ;
- проверить распределение нагрузки между 4Т и 8Т (амперметр 8Т) ;
- отключить выключатель ВМ- ВВ4;
- снять оперативный ток с выключателя ВМ- ВВ4;
- проверить отключенное положение выключателя ВМ- ВВ4;
- отключить разъединитель линейный РЛ-4Т;
- проверить отключенное положение разъединителя линейного РЛ-4Т;
- включить разъединитель шинный РШ-4Т;
- проверить включенное положение разъединителя шинного РШ-4Т.

Подобным образом будет продолжаться тренировка, пока не будут выполнены все вводные. За выполнение каждой операции тренирующемуся будут назначены баллы, сумма которых автоматически будет подсчитана в конце тренировки.

После того как тренирующийся выполнит все операции, которые считает нужными, он сможет завершить тренировку. В результате будет сформирован протокол тренировки, содержащий информацию обо всех выполненных

операциях в ходе тренировки. Они будут сопоставлены с операциями, которые должны были быть выполнены по сценарию. Помимо этого, протокол содержит информацию о дате проведения тренировки, о начале и об окончании переключений, о продолжительности тренировки и о максимальной сумме баллов.

Всего в рамках работы было разработано 7 противоаварийных тренировок в тренажере оперативных переключений «TWR12» для различных аварийных ситуаций в энергосистеме Республики Хакасия. Все они были внедрены и проводились в филиале АО «СО ЕЭС» Хакасское РДУ.

5 Разработка обучающих медиалекций для изучения тренажера оперативных переключений «TWR12»

Специфика всех рассмотренных тренажеров такова что, освоив один, нельзя спокойно перейти на пользование другим. Поэтому была поставлена задача записать обучающий видеоматериал о создании учебной противоаварийной тренировки в ТОП «TWR12».

При создании тренировки можно выделить 4 основных этапа.

Первый этап — это подготовка необходимых схем энергообъектов и панелей РЗА. Так же на этом этапе нужно согласовать схемы между собой, чтобы была возможность перехода от схемы к схеме.

На втором этапе определяется логика тренировки. То есть какой тип операций будет применяться для каждого правила. Для этого необходимо нарисовать граф тренировки.

Третий этап – это уже непосредственно создание тренировки в самом «TWR12». Путем последовательного выполнения операций будет сформирован файл тренировки, который содержит в себе сведения о типе операций, об объекте на котором производится операция и о количестве баллов за операцию.

Четвертый, завершающий, этап состоит в проверке тренировки на ошибки, т.к. «TWR12» не лишен изъянов, из-за которых, к примеру, могут не корректно считаться баллы.

Далее каждый этап будет рассмотрен более подробно.

1 этап.

В первую очередь нужно нарисовать схему в редакторе схем TWR12Cad, по которой будет создаваться тренировка (элементы схемы должны иметь свои внутренние диспетчерские имена и класс напряжения) или сконвертировать схему из графического редактора Диоген.

На рисунке 5.1 приведен пример окна программы, в котором открыт пункт меню опции с вариантами импортирования.

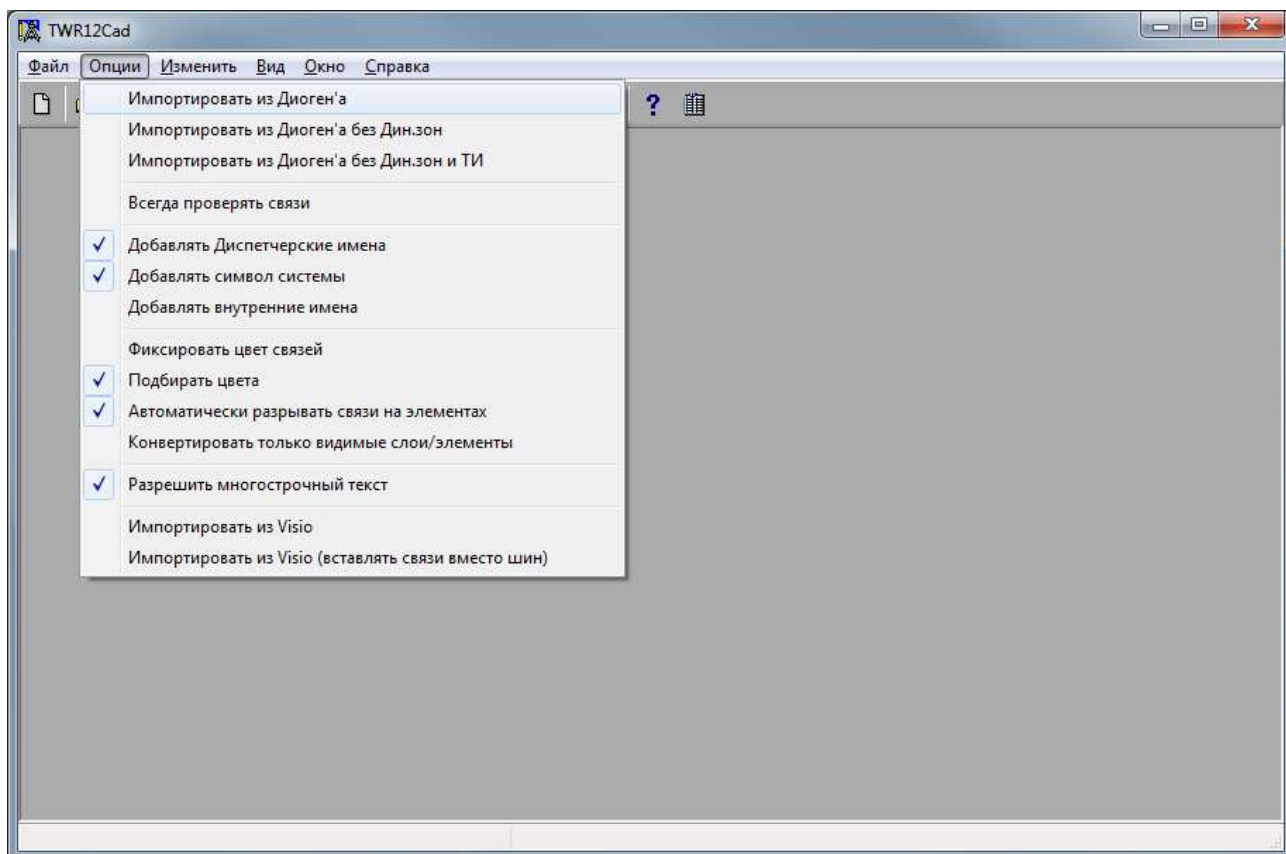


Рисунок 5.1 – Пример рабочего окна TWR12Cad

Всем элементам, участвующим в тренировке, нужно дать имена. Это нужно сделать обязательно для генерации подсказки, программы и протокола тренировки.

Нарисовать, если нужно, дополнительные элементы (кнопки), не входящие в состав схемы, но на которых будут выполняться операции. Например, кнопка «Начало тренировки», для организации вводных сообщений и возникновения аварии в начале тренировки.

Также на первом этапе создаются панели РЗА. Их можно создать двумя способами.

Первый способ это при помощи типовых, которые находятся в папке с самой программой. В большинстве случаев их должно быть достаточно, так как их можно редактировать.

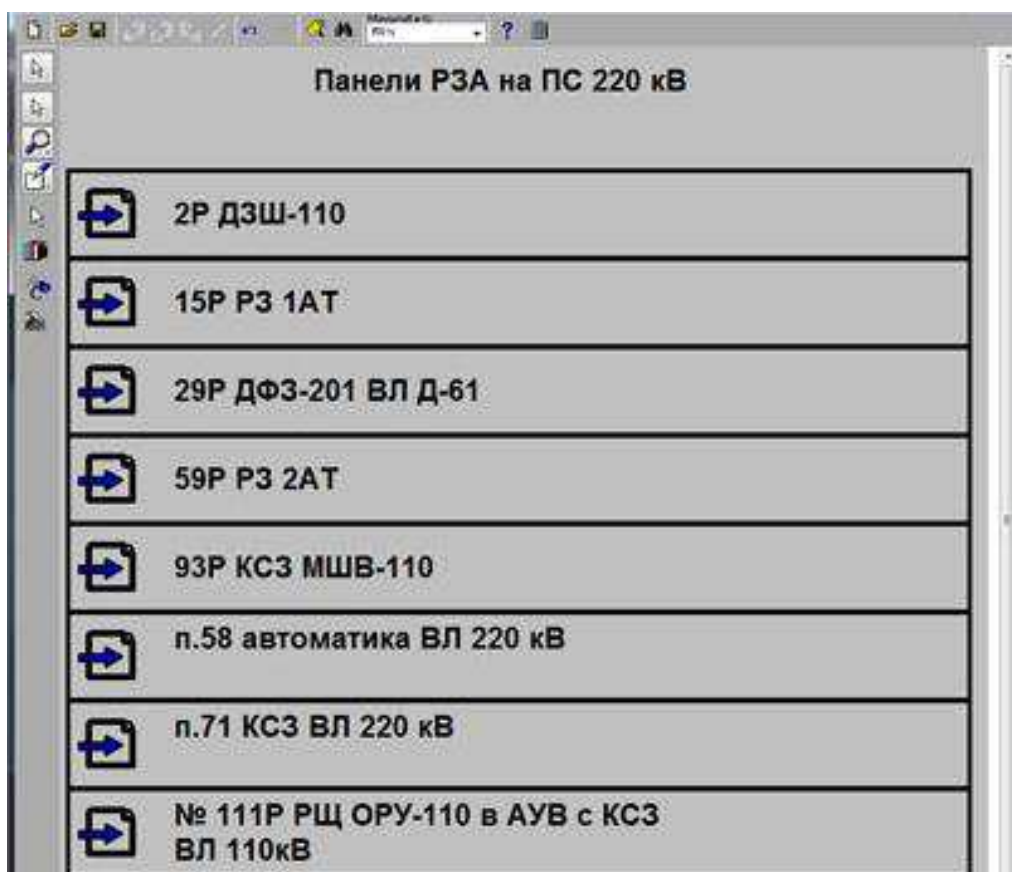
Другой вариант создания – фотография реальной панели. Тогда эта фотография помещается как подложка при создании в TWR12Cad и на нее накладываются элементы РЗА, такие как переключатели, накладки,

испытательные блоки, блинкеры. Специальный файл со всеми элементами РЗА находится в папке с программой и называется Элементы РЗА. Он имеет расширение .itm что позволяет его открыть в редакторе TWR12Cad.

Как и на схемах энергообъектов, элементы панели должны иметь свои внутренние диспетчерские наименования, иначе запись о взаимодействии с ними не будет отражена в протоколе.

Для перехода между схемами во время создания и прохождения тренировки существует система детализации. В руководстве пользователя можно найти несколько способов детализации. Настройка детализации по любому из этих способов приводит к тому, что по двойному щелчку на значок энергообъекта будет открываться дочерняя схема.

Для удобства перехода между панелями РЗА создается специальный файл, со списком всех панелей РЗА конкретной подстанции. Здесь в качестве элемента детализации будет применяться специальный элемент, который так и называется – элемент детализации. На рисунке 5.2 приведен пример списка



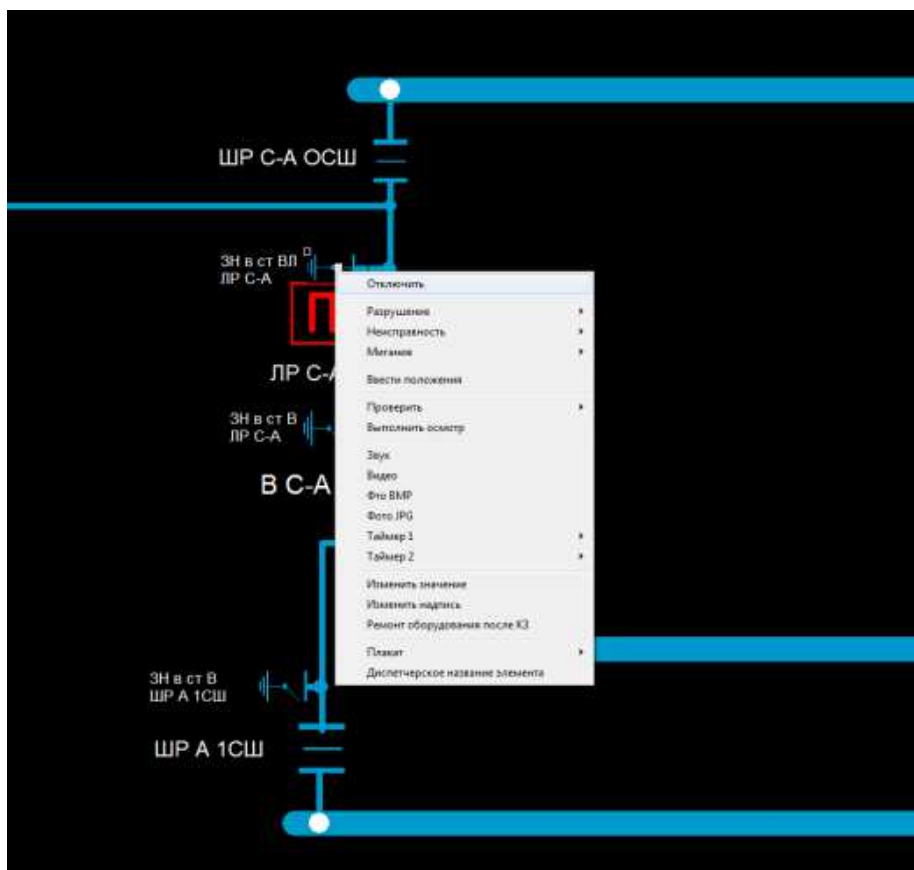
В зависимости от относительного расположения на графе тренировки операции могут быть:

- Обязательная со строгим порядком выполнения
- Альтернативная с контролем порядка выполнения
- Альтернативная в заданной области
- Необязательная

3 Этап.

На данном этапе происходит непосредственно создание тренировки в самом «TWR12». Последовательно выполняемые операций будут формировать файл тренировки, который содержит в себе сведения о типе операций, об объекте на котором производится операция и о количестве баллов за операцию.

В TWR12 есть возможность работать со многими элементами схемы: с выключателями, разъединителями, заземляющими ножами. Есть возможность устанавливать различные плакаты на элементы схемы. На рисунке 5.4 приведен пример диалогового окна, в котором видны варианты взаимодействия с



элементом схемы.

Рисунок 5.4 – Пример взаимодействия с элементом схемы

После выполнения каждого действия будет появляться диалоговое окно, в котором происходит подтверждение правильности выбора операции, выбор типа операции (были описаны во втором этапе), затем можно ввести количество баллов за операцию.

В каждой тренировке могут быть ключевые операции, невыполнение которых приводит к неудовлетворительной оценке за тренировку. Для назначения такого типа операции, после ее формирования нужно открыть файл тренировки и вручную поставить данный тип. Такие операции всегда являются обязательными со строгим порядком выполнения.

Каждая операция может сопровождаться всплывающим информационным сообщением. Информационные сообщения – одно или несколько сообщений, появляющихся в процессе выполнения тренировки, после выполнения заданной при создании тренировки операции. Например, после включения выключателя, может появиться сообщение о том, что он заблокирован. Для того, чтобы сообщения были зафиксированы в правиле и появлялись в тренировке после нужной операции, необходимо сначала выполнить данную операцию, а потом выбрать сообщения.

4 Этап.

После занесения всех операций в файл тренировки можно приступить к проверке. Тренажер не лишен изъянов, поэтому проверку нужно выполнить несколько раз. Благодаря возможности автоматического прогона все действия не придется выполнять самостоятельно, достаточно лишь указать с какой операции начать и какой закончить, если требуется проверить что-то в середине тренировки.

Предметом проверки могут стать следующие пункты:

- Правильность типа операции – необходимо проверить все ли операции можно выполнять в соответствии с графом тренировки;

- Вызывает ли невыполнение ключевой операции неудовлетворительную оценку за всю тренировку;

- Телефонные переговоры;
- Корректность подсчета баллов;
- Корректное завершение тренировки и появление протокола.

TWR12, на момент написания данной работы, поддерживается разработчиками, которые регулярно, раз в несколько месяцев, выпускают обновления. Обновление версии программы устраняет многие ошибки, которые не зависят от составителя тренировки.

Каждый из описанных этапов подробно разобран в созданном видеоматериале. Данный материал будет применяться в Хакасском РДУ для создания учебных ПАТ. На рисунке 5.5 показан фрагмент созданного пособия.

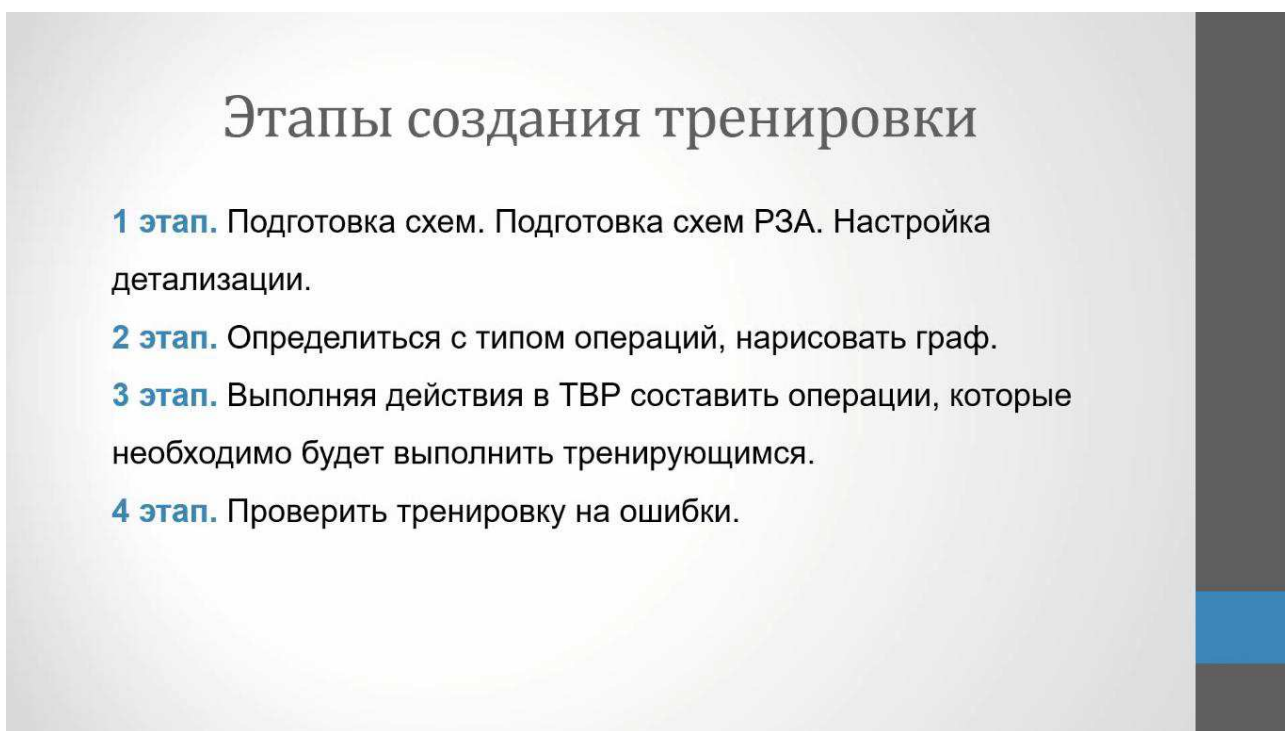


Рисунок 5.5 – Фрагмент созданного видеоматериала

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы были получены следующие результаты.

Определена целевая функция ситуационного алгоритма по предотвращению развития аварий в энергосистеме.

Создан и внедрен учебный комплекс для повышения качества подготовки оперативного персонала энергосистемы Республики Хакасия, который состоит из 7 противоаварийных тренировок и обучающего видеопособия.

Анализ тренажеров оперативных переключений, применяемых на объектах электроэнергетики, показал, что для работы на сложных электроэнергетических объектах, например ГЭС, целесообразно не ограничиваться тренажером одного вида. Для работы с энергетической системой определенного региона лучше будет применять один тренажерный комплекс.

Для разработки противоаварийных тренировок был выбран ТОП «TWR12» в котором разработано 7 учебных тренировок по переключениям. В качестве примера в работе приведены две учебные тренировки по переключениям для реального узла Хакасской энергосистемы.

Даны предложения по набору моделируемых систем и функций, по объему оборудования и точности моделирования для двух тренажеров оперативных переключений.

Записан обучающий видеоматериал в формате медиалекций о создании учебной противоаварийной тренировки в ТОП «TWR12». Данный видеоматериал будет применяться в Хакасском РДУ для работы с тренажером оперативных переключений «TWR12».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головинский И. А., Куклев В.И. Кассихин С.Д., Славинский А.З., Львов Ю.Н., Универсальные тренажеры оперативных переключений// Электрические станции. № 11, 2001 – С. 2–8.
2. Карчевский А.А. Анализ задачи подготовки оперативного персонала. – М.: Материалы 3- го ежегодного семинара фирмы Модус, 1998
3. Мальгин Г.В., Малышева Н.Н., Павлов А.А. Подготовка оперативного персонала в электроэнергетике / Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: Материалы IV Всероссийской научно- практической конференции (г.Нижневартовск, 12–13 февраля 2015 года). Часть II. – Нижневартовск: Изд- во Нижневарт. Гос. ун- та, 2015 – С. 137–140.
4. Минэнерго // Министерство Энергетики Российской федерации: сайт. – М., 2008–2019 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/>
5. Участие в расследовании аварий, сбор информации об авариях и иных технологических нарушениях, анализ причин аварийности. Участие в контроле за техническим состоянием объектов электроэнергетики // АО «СО ЕЭС»: сайт. – М., 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/events/2018/konf_5_231018_prez_05_inv.pdf
6. Амелин С.В. Графоаналитическое имитационное моделирование электротехнических комплексов и систем электроснабжения: Дис. Канд. Техн. Наук: 05.09.03. – Самара, 2006 – 226 с.
7. Кубарьков Ю.П. Разработка элементов экспертных систем для информационного моделирования режимов работы электрически сетей 6–35кВ // Вестник Самарского государственного технического университета. Выпуск 15, серия «Технические науки». – Самара, 2002
8. Меркурьев Г.В. Оперативно-диспетчерское____управление энергосистемами [Текст] : мет. пособие. / Г.В. Меркурьев. – СПб.: Издание Центра подготовки кадров энергетики, 2016. – 116 с.

9. Гисин Б.С., Жак А.В., Меркурьев Г.В., Окин А.А. Автоматизация принятия решений по оперативно-диспетчерскому управлению энергообъединениями в аварийных режимах. М.: Известия АН СССР, Энергетика и транспорт, 1989, №6.
10. Дьяков А.Ф., Лековец И.Е., Меркурьев Г.В., Щербаков А.Д. Оценка противоаварийных тренировок оперативно-диспетчерского персонала энергосистем. - М.: Электрические станции, 1997, №2.
11. Меркурьев Г.В. Поситуационное программированное управление энергосистемой. - М.: Электрические станции, 1968, №12.
12. Гнеденко В.В., Беляев Ю.Н, Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. - М.: Наука, 1965.
13. Модус // ПК «Модус»: сайт. – М., 1994–2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://swman.ru/>.
14. Тренажер оперативных переключений TWR-12 // «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»: сайт. – М., 2006-2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.enert.ru/twr>
15. Тренажер оперативных переключений КОРВИН // Образовательная социальная сеть: сайт. – М., 2009-2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kazedu.kz/referat/48093/1>
16. Тренажерная программа "Тренажер ПТ-60" // АНО ДПО «ПРЦПК «Энергетик» : сайт. – М., 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prcpk.ru/programms/index.html>
17. Современные тренажерные технологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.treintech.ru/ru/profi/index.php?path=energy>, свободный.
18. Головинский И.А. Новые возможности интеллектуальных тренажеров оперативных переключений// Вестник электроэнергетики.- 2002.- №1.- С. 36-41.
19. Будовский В. П., Пасторов В. М. Оценка действий диспетчерского персонала при проведении противоаварийной тренировки // Известия вузов. Электромеханика. – 2004. – № 6. – С. 58–61.

20. Е. В. Калентионок и др. Оперативное управление в энергосистемах: Учеб. пособие/Е.В. Калентионок, В.Г. Прокопенко, В.Т. Федин – Минск: Высш. шк., 2007. – 351 с.
21. Инструкция по переключениям в электроустановках Утверждена приказом Минэнерго от 30.06.2003 №266. – М.: ЦПТИ ОРГРЭС., 2004. – 116 с.
22. Вейтков Ф.Л., Мешков В.К. Диспетчерское управление энергосистемами. М.: стандартгиз, 1936, 308с.
23. Хорольский В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения [Текст] : учеб. пособие /В. Я. Хорольский, М. А. Таранов – М. : ИНФРА-М, 2013. – 288 с.
24. Филатов А.А. Ликвидация аварий в главных схемах электрических соединений станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 112 с.,
25. Лисовский Г.С., Хейфиц М.Э. Главные схемы и электротехническое оборудование подстанций 35–750 кВ. – 2-е изд. – М.: Энергия, 1977. – 460 с.
26. Основы противоаварийной автоматики в электроэнергетических системах: Учебное пособие / Р.А. Вайнштейн, Е.А. Понаморов, В.А. Наумов, Р.В. Разумов. – Чебоксары: Изд-во РИЦ «СРЗАУ», 2015. – 182 с.: ил.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



подпись

Г. Н. Чистяков

инициалы, фамилия

« 14 »

06 20 19 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Разработка тренажера для учебной тренировки

оперативно-диспетчерского персонала

тема

Руководитель



подпись, дата


декан, доцент, к.т.н

должность, ученая степень

Е.В. Платонова

инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

Л.Д. Грищенко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер



подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия