# РЕТРЕН

## Режимный Тренажер с Контролем Переключений

ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ООО «Каскад-НТ»

Москва, 2016 г.

# АННОТАЦИЯ

Представлено описание комплекса программ РЕТРЕН (КП РЕТРЕН) режимного тренажера оперативного персонала энергообъектов с контролем переключений и даны примеры его применения. Этот КП предназначен для проведения обучения и тренировок оперативного персонала энергообъектов системного оператора (СО) единой электроэнергетической системы (ЕЭС) и энергообъектов Федеральной Сетевой Компании (ФСК) ЕЭС. КП РЕТРЕН выполнен в рамках КП КАСКАД НТ

КП РЕТРЕН состоит из динамической модели реального времени (РВ), информационно связанного с полной коммутационной моделью энергообъекта и ряда сервисных подсистем. Комплекс может использоваться для построения режимных тренажеров оперативного персонала, для конструирования интерфейса пользователя и решения ряда технологических задач. КП РЕТРЕН работает как в автоматизированном (под управление инструктора), так и в автоматическом режиме (под управлением сценариев тренировки). Предусмотрен локальный и сетевой режим проведения тренировки (с одновременным участием инструктора, посредников и обучаемых диспетчеров).

Динамическая модель энергообъединения моделирует электромеханические и длительные переходные процессы в турбинах-генераторах ТЭС и ГЭС, системы первичного и вторичного регулирования частоты и напряжения и длительные переходные процессы в котельном оборудовании.

Модель тренажера РЕТРЕН позволяет организовать раздельную работу частей энергообъединения, процесс синхронизации, короткие замыкания на ЛЭП и другие технологические процессы.

Все операции управления могут выполняться с оперативных, структурных, режимных и подробных схем энергообъектов. Операции с коммутационными аппаратами выполняются и по правилам переключений с необходимыми блокировками.

Получить информацию о комплексе РЕТРЕН и его приложениях можно по:
E-mail cascade-nt@yandex.ru ,
WWW: http://www.cascade-nt.ru
Тел: +7(499) 613-14-11.
+7-916-650-58-64

## Оглавление

Введение ..... 4
1. Общие характеристики ..... 5
1.1. Назначение ..... 5
1.2. Установка и старт ПК РЕТРЕН. ..... 6
1.3. Тренажер диспетчера ФСК. ..... 6
1.5. Загрузка технологического режима. ..... 9
1.6. Работа со схемами. ..... 9
1.6.1. Масштабирование схем ..... 10
1.6.2. Навигация по схеме ..... 10
1.6.3. Структурная схема ..... 11
1.6.4. Оперативная схема ..... 12
1.6.5. Подробная схема ..... 12
1.6.6. Схема регионов ..... 13
2. Служебные системы. ..... 14
2.1. Диспетчерские пометки ..... 14
2.2. Отправка сообщений ..... 15
2.3. Анализ событий (ALARM) ..... 15
2.4. Управление режимом ..... 16
2.4.1. Управление ветвями ..... 17
2.4.2. Управление узлами ..... 18
2.5. Журнал тренировки ..... 18
2.6. Библиотека режимов ..... 19
2.7. Архивы (РЕТРО) ..... 19
2.8. Сценарии ..... 20
2.9. Отображение данных ..... 21
2.10. Видеостена ..... 23
3. Модель энергообъекта ..... 24
3.1. Параметры статики узла. ..... 25
3.2. Параметры динамики узла. ..... 26
3.3. Параметры регулятора напряжения. ..... 27
4. Тренажер оперативных переключений (ТОП). ..... 28
5. Тренажер для анализа нештатных ситуаций ..... 29

## Введение

Программный комплекс РЕТРЕН построен на базе системы конструкторов КАСКАД и динамической модели ЭЭС реального времени (РВ). Комплекс предназначен для проведения обучения и тренировок оперативного персонала энергообъектов системного оператора (СО) единой электроэнергетической системы (ЕЭС) и энергообъектов Федеральной Сетевой Компании (ФСК) ЕЭС.

КП РЕТРЕН может использоваться широким кругом специалистов оперативно диспетчерского управления ЭЭС и энергообъединений, служб режимов, релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА).

В России для решения задач подготовки оперативного персонала используется ряд вычислительных комплексов (ФЕНИКС, ФИНИСТ, МОДУС и др.), которые нашли широкое применение. Эти комплексы позволяют проводить обучение и тренировки оперативного персонала ЭЭС, главным образом, в режиме OFF LINE, т.е. не в режиме реального времени (РВ). В этих программных комплексах (КП) были предусмотрены многие необходимые технологические задачи (модель ЭЭС, коммутационная модель, человеко-машинный интерфейс и др.), однако ряд важных подсистем осутствовал. Упомянутые тренажерные комплексы разработаны более 10 лет тому назад, когда вычислительные возможности компьютеров были весьма ограничены, что привело к трудностям в создании интегрированных программных комплексов, объединяющих отдельные элементы в единую систему и функционирующих в режиме РВ.

В тоже время появились задачи, для которых необходимо выполнять расчет установившегося (УР) и переходного режима (ПР) в темпе процесса, т.е. в темпе реального времени (РВ) и даже в ускоренном масштабе времени. Это многие задачи противоаварийной автоматики (ПА), топологического анализа, построения тренажерных комплексов, советчики диспетчера и ряд других. Появились мощные вычислительные средства, способные решать указанные задачи. Одним из таких комплексов является КП РЕТРЕН.

В КП РЕТРЕН сделана успешная попытка создания интегрированного КП с полным набором необходимых технологических задач для проведения обучения и тренажа оперативного персонала энергообъектов, системой его конструирования и поддержки полного жизненного цикла.

Конструирование и поддержка КП РЕТРЕН выполняется средствами специально разработанного для целей построения информационных систем конструкторского КП КАСКАД. Этот комплекс позволяет формировать человеко-машинный интерфейс, и другие задачи пользователя не традиционным программированием (цепочка из ТЗ, проектирования, программирования, тестирования и т.д.) а путем создания на экране дисплея экранных форм (таблиц, схем, панелей управления, сценариев и.п.) и задания их элементам определенных характеристик и свойств. Эти свойства и позволяют выполнять необходимые функции задачам, создаваемым таким образом.

Средства конструирования приложений позволяют организовать сопровождение и развитие создаваемого комплекса в процессе его нормального функционирования. Модификация тренажерного комплекса РЕТРЕН может выполняться не только разработчиками, но и обслуживающим персоналом и даже продвинутыми пользователями, хорошо представляющими суть решаемых задач.

Наиболее важной подсистемой режимного тренажера является динамическая модель, которая отражает наиболее характерные фазы поведения ЭЭС в нормальных, аварийных и послеаварийных режимов. Это невозможно без адекватного представления систем регулирования (частоты и напряжения), релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА).

Моделирование динамики ЭЭС, систем регулирования, РЗ и ПА выполняется путем решения систем дифференциальных уравнений совместно с решением уравнений сети (как правило нелинейных систем уравнений). Все эти задачи решены в КП РЕТРЕН в режиме реального времени.

Под моделированием в темпе РВ будем понимать способность модели формировать переходные электромеханические и длительные процессы в том же масштабе времени, что и реальные энергообъекты рассматриваемого класса. Вторым необходимым условием модели РВ является возможность пользователя, систем автоматики и сценариев возмущений (или аварий) менять параметры узлов схемы и сети практически в любой момент времени в процессе расчета. КП РЕТРЕН обладает такими возможностями. В тоже время комплекс обладает привычными для многих пользователей возможностями традиционных вычислительных комплексов.

В КП РЕТРЕН для определения узловых напряжений в темпе реального времени решается система нелинейных уравнений в форме узловых потенциалов. Расчет режима ЭЭС позволяет получить комплексы напряжений в узлах сети.

Расчет потокораспределения выполнен в предположении постоянства параметров сети на шаге интегрирования дифференциальных уравнений.

# 1. Общие характеристики

## 1.1. Назначение

В последние годы возникла необходимость проведения обучения и тренировок оперативного персонала энергообъектов на современных вычислительных средствах, моделирующих новые возможности управления энергообъектами и электрическими сетями. Разработка программ анализа электроэнергетических систем (ЭЭС) и электрических сетей выполнена в тренажере РЕТРЕН с учетом новых средств управления режимом и топологией сети. Сами сети становятся все более «умными» и позволяют адаптивно поддерживать требуемый режим, необходимый уровень надежности и качества электроэнергии. Появились задачи обучения и тренажа оперативного персонала, в которых кроме традиционного расчета установившегося режима (УР), требуется моделировать режим в динамике и темпе процесса (реального времени). Для решения этих задач предназначен комплекс программ РЕТРЕН.

Комплекс РЕТРЕН применим на всех уровнях иерархии энергообъектов от СО ЕЭС и его подразделений до ФСК ЕЭС и сетевых предприятий.

Комплекс РЕТРЕН предназначен для обучения порядку производства переключений, проведения тренировок с

диспетчерским и оперативным персоналом и для отработки навыков по контролю за режимом работы энергосистемы. Тренажерный комплекс может быть использован для самоподготовки, аттестации персонала различного уровня, для проведения соревнований оперативного и диспетчерского персонала.

Тренажерный комплекс РЕТРЕН может быть настроен для работы с персоналом подразделений ОАО «СО ЕЭС» или для оперативного персонала сетевых компания (подразделений ОАО «ФСК ЕЭС»). Функциональные характеристики этих видов тренажера могут значительно отличаться. Здесь рассматривается, в основном, тренажер диспетчера сетевой компании.

## 1.2. Установка и старт ПК РЕТРЕН.

Для регистрации тренажера РЕТРЕН необходимо один раз запустить регистационный файл ***controls_reg.bat.*** Этот файл запускается только при инсталляции комплекса.

Управление комплексом осуществляется посредством панелей, схем и таблиц. Для просмотра данных помимо перечисленных видов форм используются графики.

Вход в систему осуществляется с помощью набора стартовых панелей, на которых пользователь вводит свои идентификационные данные и выбирает режим работы. Далее запускается схема. Вместе со схемой стартует управляющая панель, появляющаяся с левого края экрана при подводе туда курсора мыши. Дальнейшие управляющие действия производятся именно с этой панели.

При первоначальном запуске тренажера необходимо запустить файл ***start_complex.bat***, расположенный в основной папке комплекса. Эта папка называется ***CasFsk*** и обычно располагается на диске ***C*** компьютера.

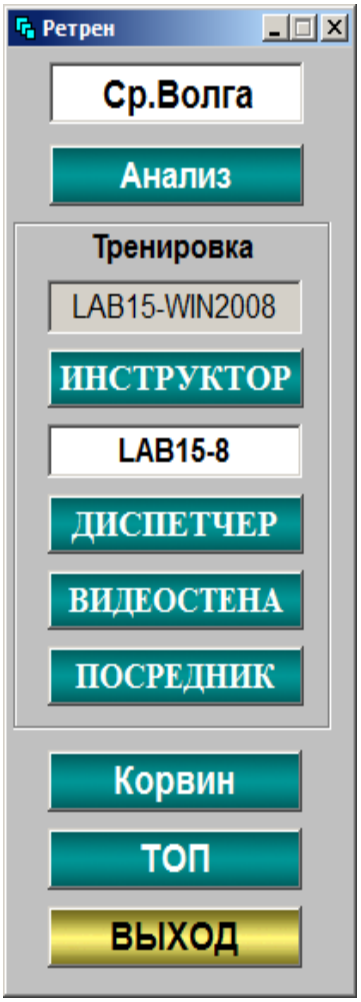



Рис.1. Панель управления

Можно также воспользоваться ярлыком на рабочем столе, имеющим рисунок зеленого дерева –

. На экране появится стартовая панель (см. рис.1).

## 1.3. Тренажер диспетчера ФСК.

На рис. 1 представлена стартовая панель тренажера оперативного персонала сетевой компании. Как следует из этого рисунка, сначала необходимо выбрать параметры тренировки.

Первая кнопка позволит выбрать энергообъект, на схеме которого предполагается проводить тренировку (на рис. 1 выбран МЭС Средней Волги).

По кнопке **АНАЛИЗ** можно выполнить самостоятельную подготовку

на единственном компьютере и выполнить подготовку к проведению тренировки, анализ режима моделируемой ЭЭС, настройку систем регулирования и ПА.

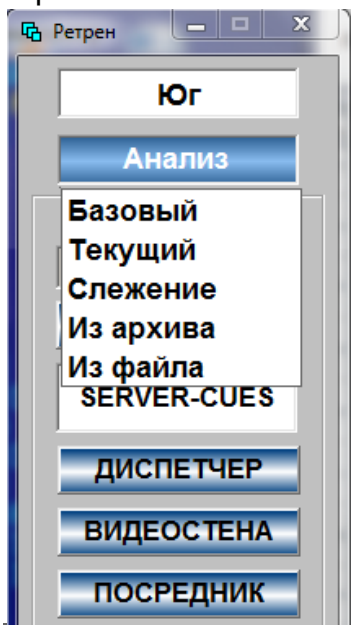



Рис.2. Выбор режима.

Ряд кнопок этой панели предназначен для вызова АРМа обучаемого диспетчера, посредника или руководителя тренировки.

Для входа в режим **Инструктор** и **Посредник** – требуется в диалоге ввести пароль, чтобы исключить несанкционированный доступ к тренажеру).

Кнопка **Видеостена** выполняет запуск отображения на видеостене (возможен запуск с рабочего места участника).

При необходимости контроля правильности переключений (по кнопке **ТОП**), тренажер РЕТРЕН совмещает в себе функции контроля топологии и режима энергосистемы и производства переключений на подстанции.

И, наконец, работа с полномасштабным тренажером оперативных переключений выполняется по кнопке **КОРВИН**.

Тренажерный комплекс может быть использован для самоподготовки, аттестации персонала различного уровня, для проведения соревнований оперативного и диспетчерского персонала.

По нажатию кнопки **Анализ** – отобразится список возможных режимов загрузки комплекса (рис. 2).

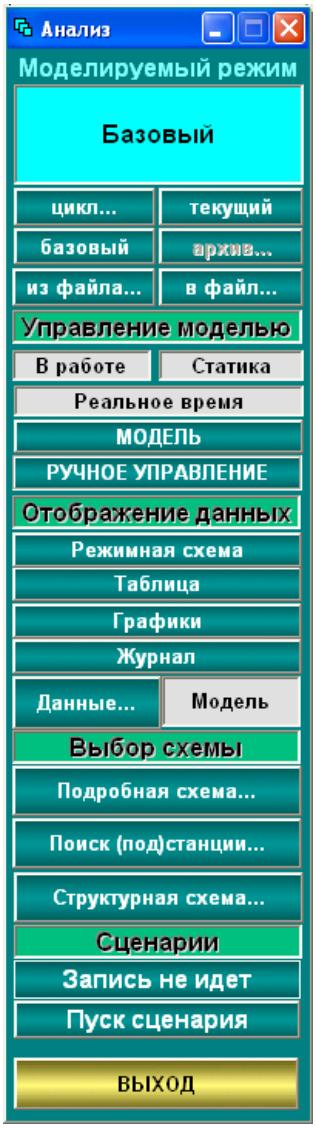



Рис.3. Всплывающая панель управления

Основной режим работы - **Базовый,** при выборе которого загружается режим моделируемого энергообъекта и состояния коммутационных аппаратов на подробных схемах подстанций из БД комплекса. Обычно, в этом режиме происходит настройка комплекса перед тренировкой.

Режим **Текущий** позволяет загрузить в расчетную схему текущее состояние

энергообъекта и текущее состояние коммутационных аппаратов. Обычно, параметры режима в этом случае получают из оперативно-информационного комплекса (ОИК) – по западной терминологии – SCADA после решения задачи оценивания состояния (ОС).

Режим **Слежение** - это загрузка текущего режима и периодическое обновление данных из ОИК АСДУ.

Режим **Из Архива** позволяет проводить тренировку с исходными данными из архивных данных ОИКа. Это может быть срез данных, представляющий интерес для оперативного персонала и режимных служб.

И, наконец, режим **Из файла** позволит воспользоваться сохраненным ранее в библиотеке режимов состоянием энергообъекта.

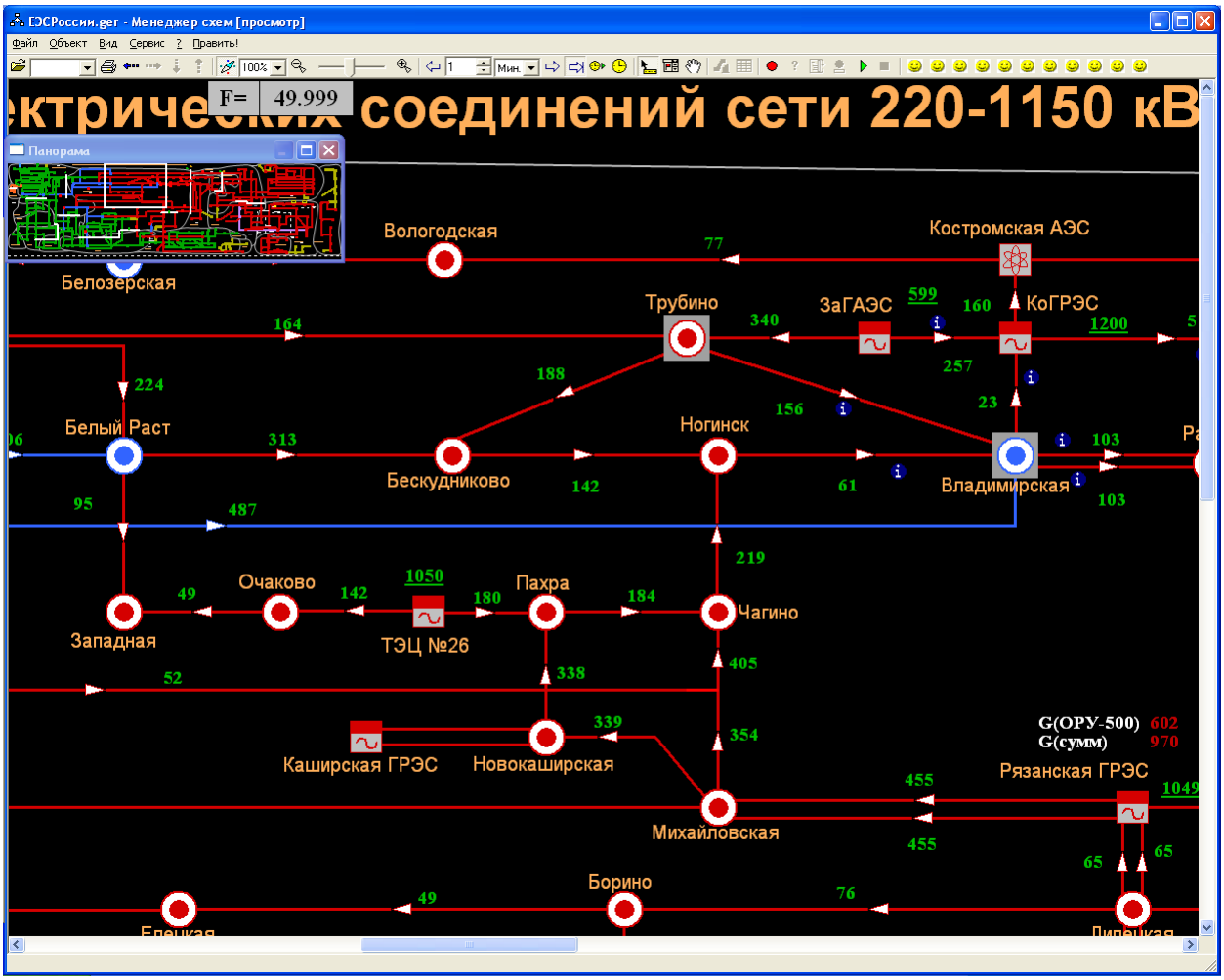



Рис.4. Фрагмент структурной схемы

## 1.4. Всплывающая панель.

После выбора одного из режимов работы на экране появится структурная схема ЕЭС с параметрами режима. Кроме того, запускается управляющая панель. Управляющая панель на схеме является всплывающей, т.е. появляется только тогда, когда курсор мыши касается левого края экрана. Вид и функциональность всплывающей панели зависит от пользователя (обучаемый, инструктор и т.д.)

На рис. 3 представлена всплывающая панель для управления тренажером в режиме **АНАЛИЗ** (режим настройки). На этой панели можно задать исходный режим (базовый, текущий, архивный), выбрать режим взаимодействия, в том числе ручное

управление непосредственно со схемы ЭЭС или с подробных схем подстанций.

С панели на рис. 3 можно выбрать необходимую графическую информацию (на схемах, таблицах, графиках м т.д.) и задать (по кнопке **СЦЕНАРИИ**) исполняемые сценарии.

**Начало тренировки.** Начинать тренировку (запускать модель) должен

**Инструктор**, **Диспетчер** и **Посредник.** Видеостена подключаются к уже запущенной инструктором тренировке.

После выбора указанной исходной информации, на экране АРМа появится структурная схема, фрагмент которой представлен на рис.4. В серой рамке показана панорама всей сети (внутри в белой рамке показан фрагмент этой схемы на экране.).

На структурной схеме сетевого предприятия показаны наиболее важные подстанции, соединенные ЛЭП (со значениями перетоков активной мощности или токов ).

Станции на схеме представлены квадратиками, а подстанции кружками.

## 1.5. Загрузка технологического режима.

Загрузку в тренажер исходного технологического режима можно выполнить разными способами :

- при запуске тренажера (Базовый),
- текущий из ОИК,
- из архива ОИК,
- из файла (библиотеки режимов).

На рис. 5 представлен пример панели выбора загрузочной информации из **Файла.** Сохранённые ранее файлы с режимами размещаются в папке **Regimes.**

При выборе режима загрузки **Из архива** выдаётся диалог выбора времени (рис. 6), согласно которому будут отображаться данные из ОИК АСДУ и к которому будет приведён режим.

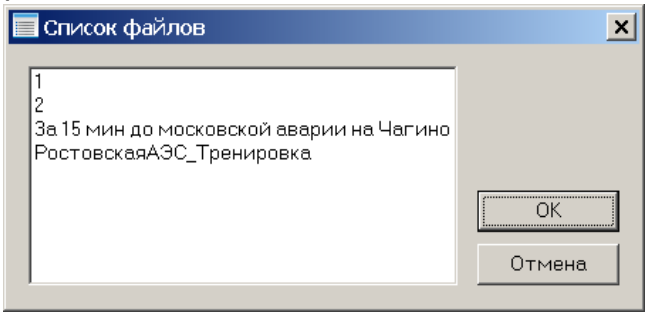



Рис.5. Список файлов для загрузки режима.

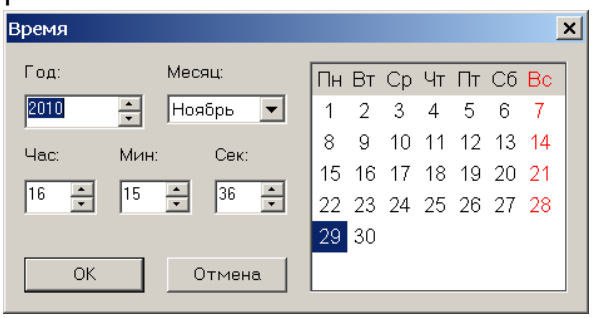



Рис. 6. Выбор времени данных Архива.

Важно отметить, при загрузке режима из ОИК в расчетную схему вводится не только числовые параметры режима, но и состояние топологии сети. Вводить текущие и архивные параметры можно только после оценивания состояния (ОС). В этом случае получаемые переменные состояния (обычно комплексы напряжений) формируют в отличие от «сырых данных» сбалансированный (по законам Ома и Кирхгофа) режим в модели ЭЭС.

## 1.6. Работа со схемами.

Для открытия той или иной схемы на всплывающей панели в любом режиме имеется две кнопки: **Структурная схема** и **Подробная схема**. При нажатии на одну из них отобразится список схем указанных видов. После выбора будет открыта указанная схема.

Подробные схемы подстанций можно открыть и непосредственно со структурной схемы всей сети

Каждая схема открывается в новом окне, поэтому после окончания работы со схемой её следует закрывать, во избежание накопления окон и излишней нагрузки на компьютер.

### 1.6.1. Масштабирование схем

На рис. 7 представлен блок кнопок управления масштабом отображения, расположенный на основной панели.

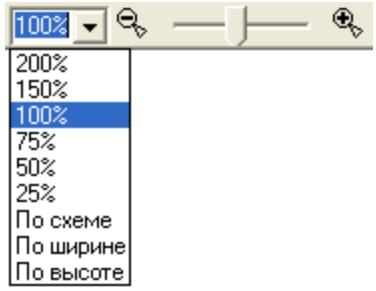



Рис.7. Выбор масштаба схемы.

Масштаб можно выбрать из выпадающего списка. Если вы хотите задать масштаб, которого нет в списке, впишите его в окошко (в процентах, символ % в конце писать не обязательно) и нажмите ***Enter***. После выбора из выпадающего списка позиции ***По схеме*** масштаб подберется таким, чтобы вся схема уместилась в основном окне (линеек прокруток не будет), ***По ширине*** – ширина схемы уместится в ширине основного окна (горизонтальной прокрутки не будет), ***По высоте*** – высота схемы уместится в высоте основного окна (вертикальной прокрутки не будет). Кнопками и текущий масштаб увеличивается и уменьшается. Передвигая слайдер можно плавно изменить масштаб от 20% до 200%.

По команде меню Вид – Масштаб будет выдан диалог, изображенный на рис. 8.

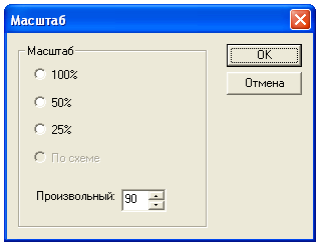



Рис. 8. Задание масштаба.

Также масштаб можно менять, нажимая клавиши + и – на цифровой клавиатуре.

Растянув правой кнопкой мыши рамку на панораме, вы получите в основном окне выбранный участок схемы.

### 1.6.2. Навигация по схеме

Имеется несколько способов перемещения по схеме.

- С помощью панорамы которую можно вызвать кнопкой основной панели инструментов, либо через меню ***Вид*** – ***Панорама***.
- С помощью стандартных полос прокрутки: вертикальной и горизонтальной.
- С помощью клавиш-стрелок: вверх, вниз, влево, вправо. Если при этом дополнительно нажата клавиша ***Shift***, то шаг перемещения увеличен.
- В вертикальном направлении можно перемещаться с помощью клавиш ***PgUp***, ***PgDn***.
- С помощью колесика мыши – по вертикали, с нажатой клавишей ***Alt*** – по горизонтали.
- При нажатой кнопке панели инструментов с помощью “царапания” мышкой в основном окне. Этот же режим действует при нажатой клавише ***Shift***.
- С помощью заранее расставленных вешек на схеме.

### 1.6.3. Структурная схема

Структурная (см. рис.4) схема максимально приближена к той, которая отображается на рабочем месте обучаемого (на АРМе или видеостене). На ней основные станции ЕЭС изображены квадратами, подложке. Чтобы открыть подробную схему объекта, надо нажать на нем правую кнопку и из контекстного меню выбрать пункт ***Подсхема***. Подробную схему можно открыть, просто щелкнув по узлу, имеющему серую подложку.

Используя структурную схему можно управлять режимом энергосистемы (см.

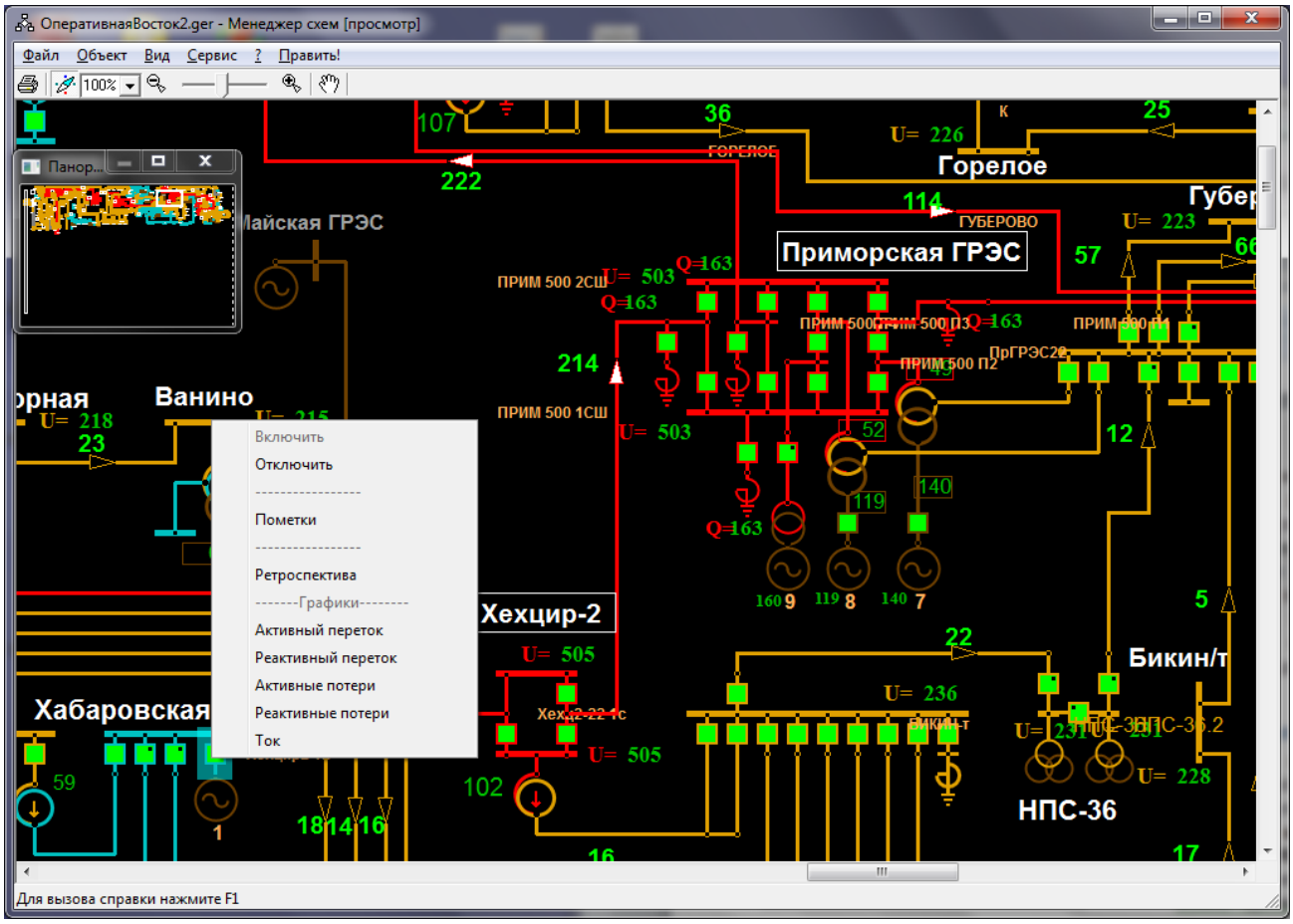



Рис. 9. Оперативная схема

рис. 10). На этом рисунке представлены

Table [просмотр] - SubStnParam.tab

| № | Имя узла | U(кВ) | Рг(МВт) | Рн(МВт) | Qн(МВар) | Qmax(МВар) | Qmin(МВар) | Шунт P(МВт) | Шунт Q(МВар) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | Дагомыс220 1 СШ-220 кВ,2 СШ-22 | 220.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 702 | Дагомыс110 1 СШ-110 кВ,2 СШ-11 | 110.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7021 | Дагомыс10 2 СШ-10,2 СШ 0,4 кВ. | 10.50 | 0.00 | 5.00 | 2.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7905 | Даг АТ1 | 220.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 97905 | Даг АТ2 | 220.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 90702 | Дагомыс Т3 110 | 110.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 27021 | Дагомыс10 3 СШ-10 | 10.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 37021 | Дагомыс10 4 СШ-10 | 10.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

23.05.2013

Рис. 10. Таблица узлов подстанции.

подстанции – кружками, ЛЭП – линиями (рис. 4). Символы под/станций, чьи подробные схемы можно вызвать, нарисованы на серой

все объекты входящие в подстанцию и доступные для управления.

Контекстное меню (подстанции содержит команду ***Управление***. Выбрав эту команду, вы получите (см. рис.10) список объектов подстанции. Красной

точкой в этом списке помечены ячейки, доступные для ввода. Переход к режиму ввода осуществляется двойным щелчком по нужной ячейке.

Щелкнув правой кнопкой по линии на схеме с помощью соответствующих команд можно отключить или включить линию.

### 1.6.4. Оперативная схема

Оперативная схема МЭС представлена на рис.9. Это наиболее привычная для диспетчерского персонала схема всей контролируемой сети. На этой схеме представлены основные коммутационные аппараты (выключатели), необходимые для проведения тренировки.

Щелчком правой кнопке мыши по объекту управления можно вызвать контекстное меню (см. рис.9) для активизации ряда приложений (например, для установки пометки или отображения графика ретроспективы).

Все элементы оперативной схемы (шины, реакторы, выключатели и т.д.) являются управляемыми.

### 1.6.5. Подробная схема

На подробной схеме (в отличие от оперативной) представлено все основное оборудование станций и подстанций: шины, выключатели, трансформаторы, разъединители и пр. Пример подробной схемы приведен на рис. 11.

С подробной схемы можно управлять коммутационным оборудованием: выключателями, разъединителями, выкатными тележками и заземляющими ножами. Для этого необходимо щелкнуть по нужному элементу схемы правой кнопкой и из контекстного меню выбрать требуемое действие. Для выключателей, разъединителей, заземлителей и выкатных тележек доступно упрощенное переключение – одинарным щелчком по объекту. При выполнении коммутации меняется расцветка или внешний вид коммутационного аппарата. Пример такого управления дан на рис. 11.

Все операции управления могут выполняться как в ручном режиме (оператором, обучаемым и т.д.) так и средствами противоаварийной автоматики и сценариями. Напомним, что сценарии тренировок и автоматик можно формировать непосредственно со схем всех типов.

В зависимости от режима работы, на схеме отображаются данные из модели и/или ОИКа. В любом режиме числовые данные из модели отображаются зеленым цветом, из ОИКа – желтым.

Отметим, что все цветовые характеристики могут настраиваться пользователем или обслуживающим персоналом непосредственно в процессе тренировки.

Если выбран режим отображения данных ***Из модели*** или ***Сравнение***, то состояние коммутационных аппаратов выдается из модели, если выбран режим ***Из ОИКа***, то их состояние показывается из ОИКа.

При подводе курсора мыши к некоторым видам объектов, например шинам и линиям, возникает всплывающая подсказка с более детальной информацией по данному объекту.

В комплексе РЕТРЕН используются схемы распределительных сетей. Это, как правило, электрические сети нижних классов напряжений : от 0.4 кВ до 10 кВ. Схема этого типа представлена на рис.37 и обычно имеет очень большую размерность.

## 1.6.6. Схема регионов

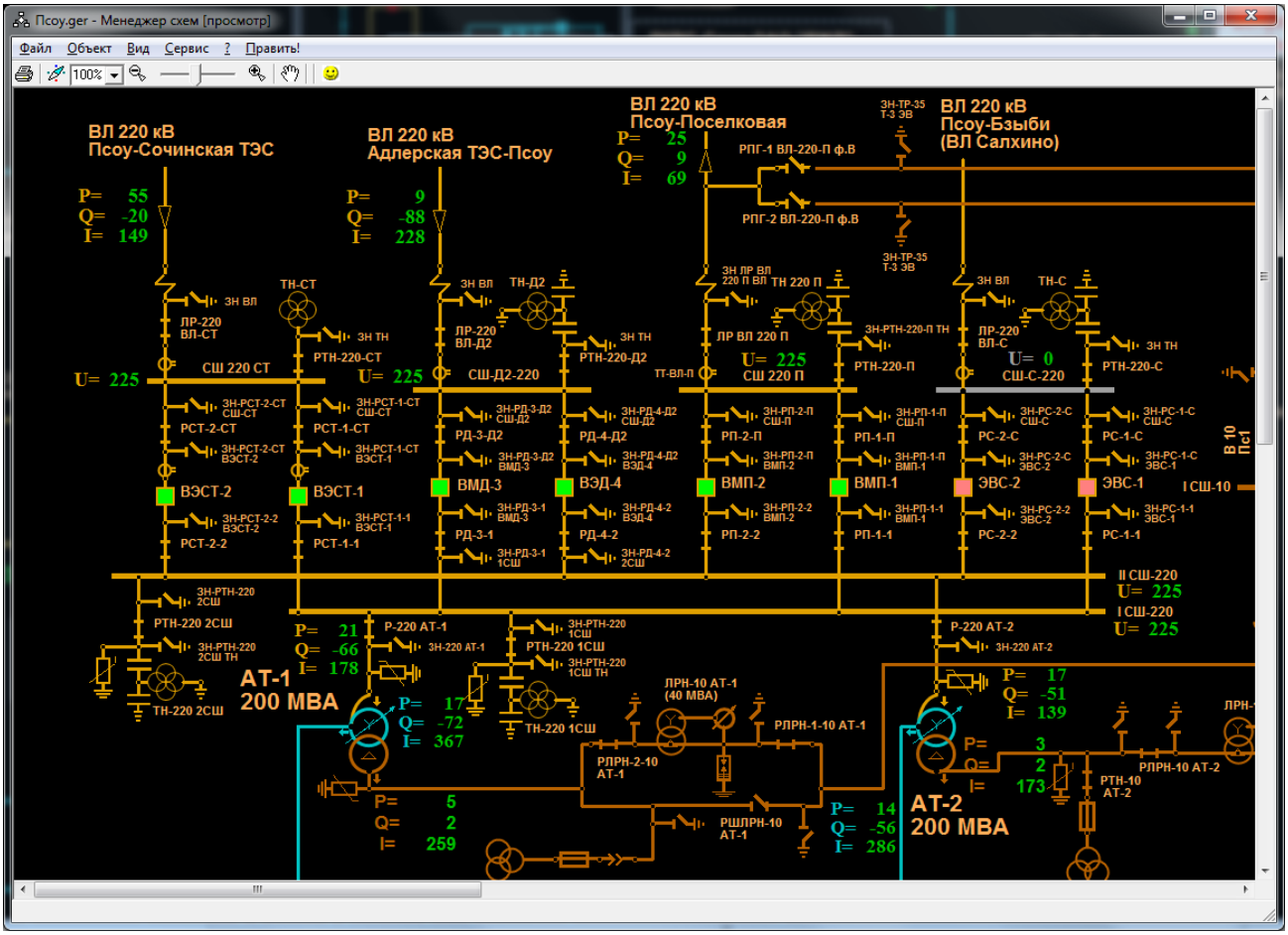



Рис.11. Фрагмент подробной схемы

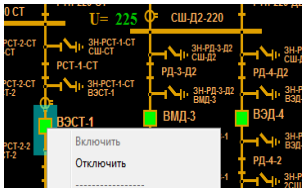



Рис.12. Управление выключателем.

Двойным щелчком по шинам и по другим видам объектов вызывается окошко, в котором можно посмотреть и ввести параметры объекта (см. рис.13).

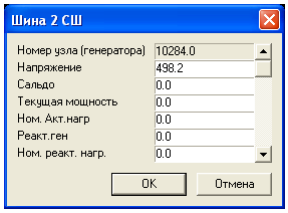



Рис.13.Панель задания параметров

На рис. 14 представлена схема районов ОЭС Центра, где каждый регион (район) представлен (см. рис. 14) отдельным прямоугольником, в котором отображаются балансовые характеристики: (генерация, потребление и сальдо активной мощности). Регионы, между которыми есть хотя бы одна линия, связаны на схеме связью со стрелкой, показывающей текущий переток активной мощности между ними.

Отдельные районы на схеме ОЭС Центра отличаются от соседних регионов (Украина, Юг и т.д.). На этой схеме контролируются перетоки как внутри районов ОЭС Центра, так и некоторые межгосударственные перетоки мощности.

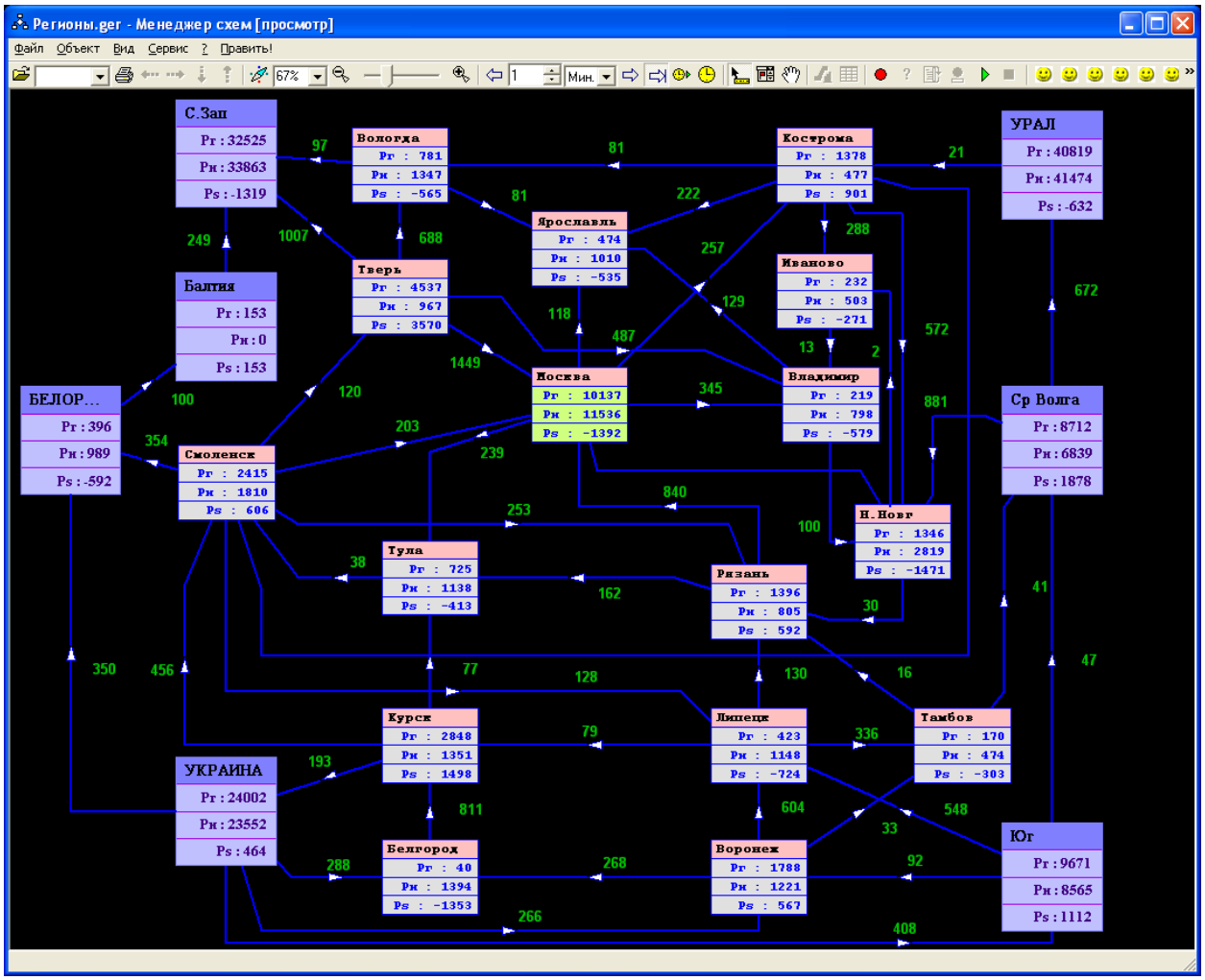



Рис.14. Пример схемы регионов

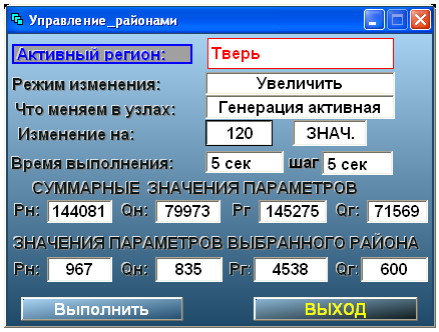



Рис.15. Панель управления регионами

Со схемы регионов можно управлять генерацией и нагрузкой каждого региона.

Для управления из контекстного меню следует выбрать пункт ***Управление***. Далее на открывшейся панели (см.рис. 15) необходимо выбрать то или иное действие.

Изменение генерации / нагрузки производится пропорционально текущей генерации/нагрузке узла таким образом, чтобы обеспечить требуемую суммарную коррекцию.

## 2. Служебные системы.

### 2.1. Диспетчерские пометки

Диспетчерский персонал часто использует специальные пометки для фиксации на диспетчерском щите определенных действий (например, вывод в ремонт оборудования). Эти действия можно выполнять и в тренажерном комплексе РЕТРЕН.

Диспетчерские пометки устанавливаются и отображаются, на структурной схеме, возле значка . Эти значки установлены возле ЛЭП и имеют

номер линии. Щелчком по этому значку можно вызвать панель для работы с пометками (см. рис. 16).

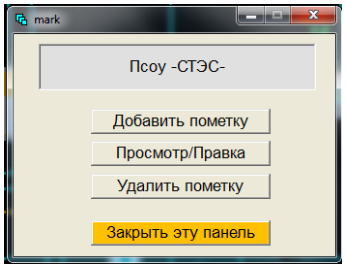



Рис.16. Работа с пометками

Добавить новую пометку можно из списка, представленного на рис. 17. Каждая из пометок списка имеет определенный значок.

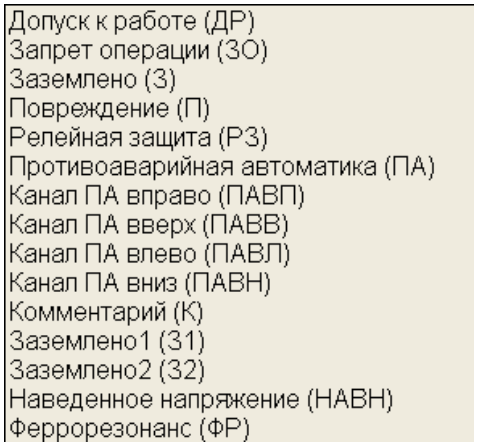



Рис.17. Выбор пометки.

Установленную пометку можно снабдить комментариями (см. рис. 19). Для одной линии может быть несколько пометок.

Удаление пометок выполняется на панели (рис. 16) нажатием кнопки ***Удалить пометку***. Из появившегося списка выбираем удаляемую пометку (рис. 18).

Рис.18.

При изменении состояния пометок линий, соответствующий значок информации на структурной схеме, начинает мигать и появляется звуковая сигнализация.

## 2.2. Отправка сообщений

Обучаемые, инструктор и другие участники тренировки обмениваются сообщениями (так же как и участники управления реальными энергообъектами). В тренажере РЕТРЕН создан специальный механизм для обмена сообщениями.

При нажатии на кнопку **Отправить сообщение** выдается список участников тренировки.

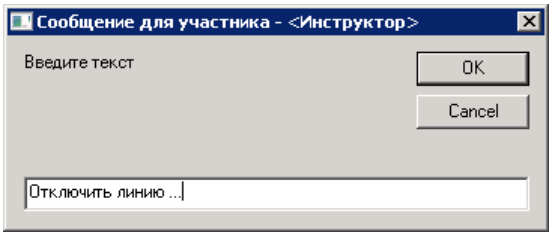



Рис.19. Набор сообщения.

Выбрав имя участника, ему можно написать в открывшемся окне сообщение (см. пример на рис. 19).

## 2.3. Анализ событий (ALARM)

Система ALARMS состоит из двух частей. Первая часть выполняет анализ событий (ВКЛ/ОТКЛ выключателей, разъединителей, ЛЭП и т.д.), а вторая отображает эти события, формирует звуковое оповещение, выполняет квитирование всех или отдельных событий и т.п.

На рис.20 представлена панель оповещения о событиях и времени их наступления.

Квитирование событий можно выполнить непосредственно на панели рис.20, а также по кнопке **Квитировать** на всплывающей панели.

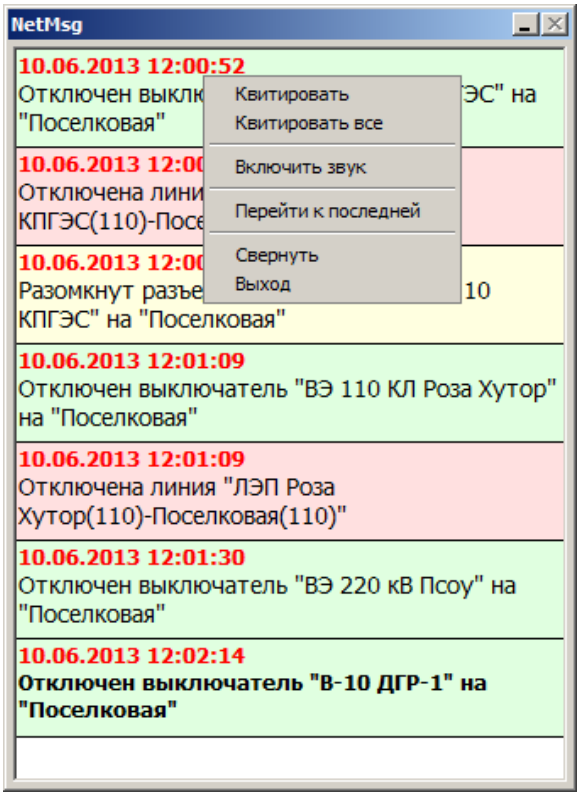



Рис.20. Панель сообщений.

Эта панель возникает при появлении события на рабочем месте пользователя (обучаемого), который принимает решение о его квитировании. Здесь же можно задать режим звуковой сигнализации и др.

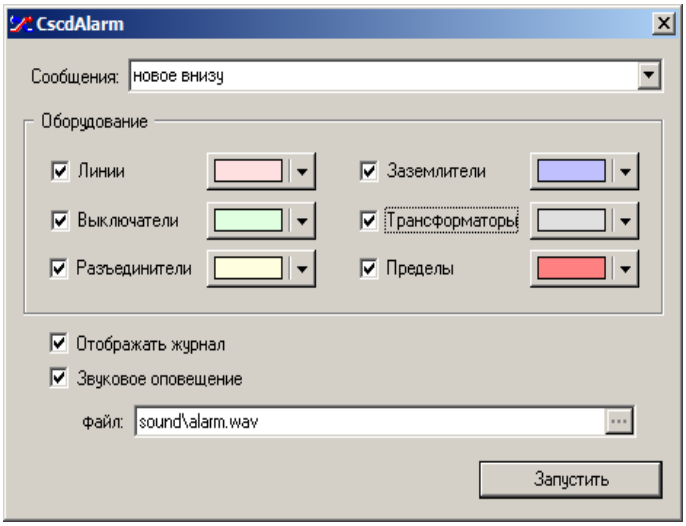


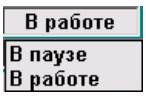

Рис.21. Настройка сообщений.

На панели настройки данной задачи (см. рис.21) можно задать типы контролируемых событий и другие параметры задачи. Для каждого типа нарушений можно задать цвет фона в таблице на рис.20. Таким образом, в таблице на рис.20 можно анализировать события определенного типа.

Новые события по умолчанию появляются в конце списка. Порядок их следования можно изменить. Новое появление сообщения отображается мигающим для привлечения внимания диспетчера.

## 2.4. Управление режимом

Управление режимом модели выполняется на всплывающей панели (см. рис.3) группой кнопок **: В работе, Динамика, Реальное время, МОДЕЛЬ,РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ.** В окошках отображается состояние модели. Сменить состояние можно щёлкнув по окну и выбрав из списка нужное состояние модели. Выводятся следующие состояния модели:



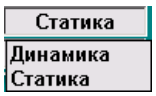




Рис. 22 Рис. 23

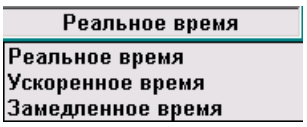



Рис. 24. Управление моделью.

По кнопке “Модель” (рис. 25 ), можно остановить или (пере)запустить программу расчёта электрического режима – model.exe.

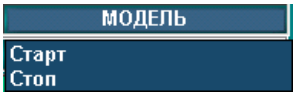



Рис. 25

По кнопке “Ручное управление” вызывается панель управления режимом и элементами расчётной схемы **(рис. 26).** Частично эта панель

повторяет функции кнопок всплывающей панели на рис.**3**.

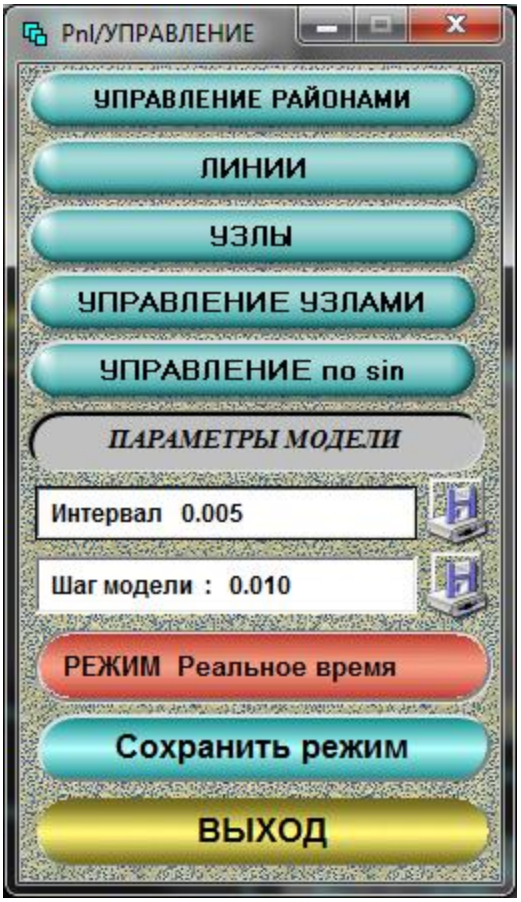



Рис.26. Панель ручного управления.

На этой панели можно задать шаг интегрирования дифференциальных уравнений а также интервал времени между шагами. По кнопке УПРАВЛЕНИЕ РАЙОНАМИ появится панель (см. рис.15) , которая позволит управлять группой узлов входящих в выбранный район. В этом случае возможно разовое задание на изменения группы параметров, их пошаговое изменение, а также изменение по заданному графику.

### 2.4.1. Управление ветвями.

Кнопка **ЛИНИИ** на панели рис. 26 приведет к появлению панели управления линиями (ветвями расчетной схемы) (см. рис. 27). На этой панели можно выбрать ЛЭП или трансформатор из списка и ВКЛ и ОТКЛ их через заданный временной интервал. ЛЭПы могут быть упорядочены по имени, номеру или по ее статусу. Кроме того, на выбранной из списка ЛЭП можно задать трехфазное короткое замыкание (КЗ) с заданными параметрами (см. рис 27). В месте КЗ могут быть заданы параметры шунта. И, наконец, имеется возможность задать тип автоматики повторного включения (АПВ) (успешное, неуспешное, без АПВ).

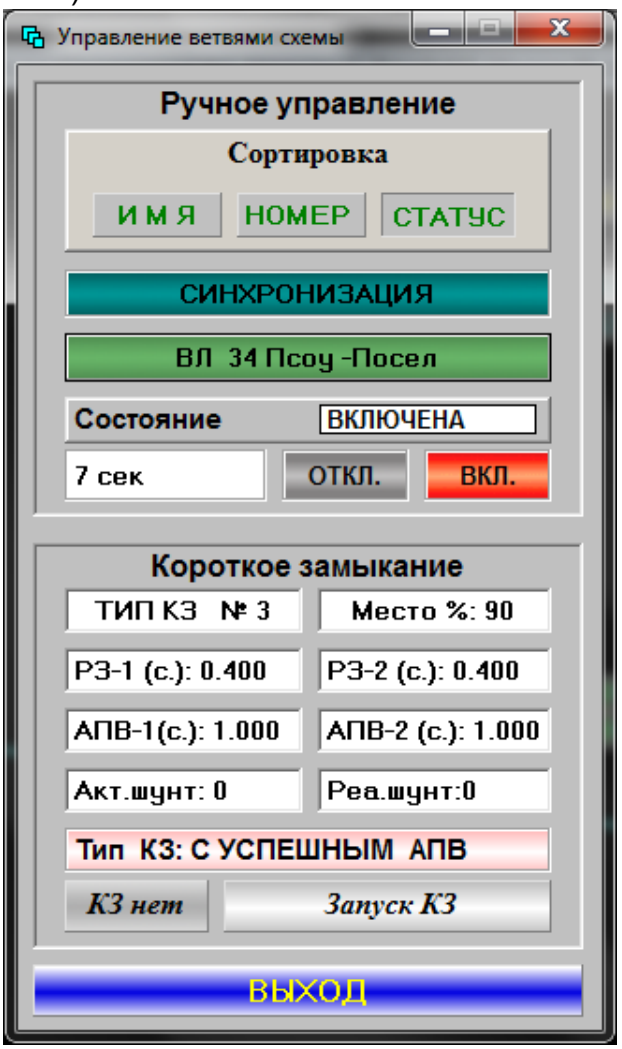



Рис. 27. Панель управления ЛЭП.

На панели управления ЛЭП по кнопке **СИНХРОНИЗАЦИЯ** можно вызвать панель (см. рис. 28) для выполнения процесса синхронизации раздельно работающих частей энергообъединения (так называемая колонка синхронизации). На этой панели можно наблюдать значение разности фаз напряжений на концах выбранной ЛЭП,

значения частот и напряжений в концевых узлах расчетной схемы и другие параметры.

Рис.28. Колонка синхронизации.

При ручной синхронизации раздельных частей энергообъединения необходимо выровнять частоты (+-0.2 Гц), сблизить фазы напряжений и затем объединять части энергообъединений включив необходимый выключатель.

### 2.4.2. Управление узлами.

По кнопке **УЗЛЫ** вызывается панель управления узлами (см. рис. 29). На этой панели можно выбрать необходимый для управления узел в котором задать значение активной и реактивной нагрузки для номинального уровня напряжения в узле.

Значение нагрузки можно задать импульсом, параметры которого указываются на панели рис. 29.

На панели узлов можно увидеть параметры опорного узла расчетной схемы и при необходимости сменить его.

Кнопка **УПРАВЛЕНИЕ по sin** позволяет выполнить анализ частотной характеристики отдельных узлов или частей энергообъединения (эта функция носит исследовательский характер и прямого отношения к проведению тренировки не имеет).

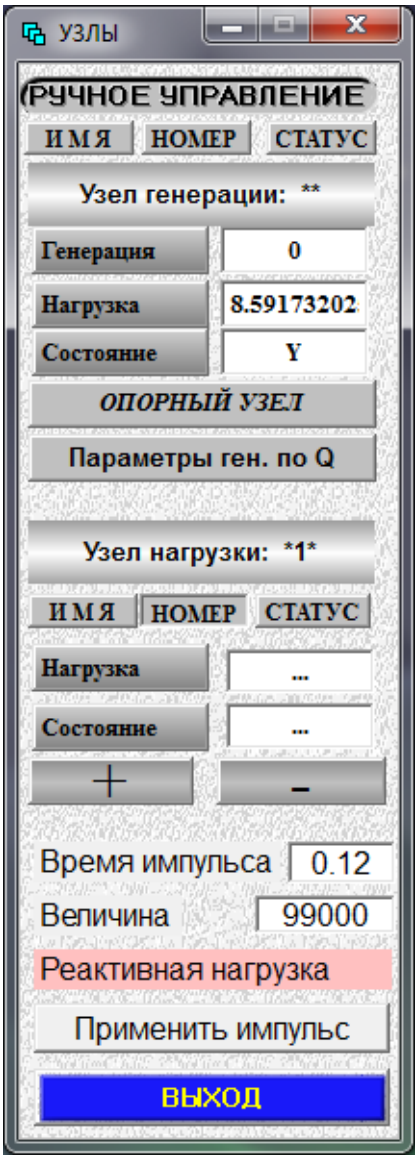



Рис.29. Панель узлов.

## 2.5. Журнал тренировки

***Журнал*** – отображение журнала тренировки. Журнал содержится в файле public.log. В журнал записываются действия всех участников тренировки с указанием имени инициатора операции и времени ее выполнения. Журнал открывается в программе texter.exe (рис. 30). Для слежения за системой, можно открыть журнал (см. рис.30) и следить за новыми добавленными командами.

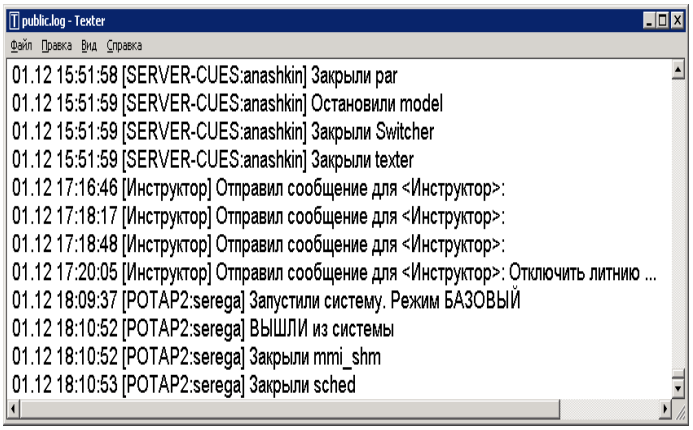



Рис. 30. Журнал тренировки.

## 2.6. Библиотека режимов

Настроенный электрический режим можно сохранить в файл, для последующего использования в тренировках или демонстрации параметров режима при обработке результатов. Для выполнения сохранения – нажмите кнопку ***Сохранить в файл…***

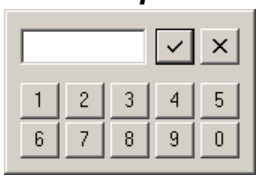



Рис. 31. Задание имени файла.

На экране отобразится диалог задания имени файла (рис. 31). После набора имени – файлы с текущим режимом сохранится в папке **Regimes.** Один сохранённый режим содержится в нескольких файлах (параметры режима, состояние ТС, состояние пометок).

Для загрузки режима из библиотеки (ранее сохранённых режимов), нужно на панели инструктора нажать кнопку ***Из файла…*** На экране появится диалог выбора режима из списка (рис. 2) (смотрите раздел “Старт системы”).

## 2.7. Архивы (РЕТРО)

Ход тренировки удобно анализировать по ее архивам. В ПК РЕТРЕН формируются архивы данных в течение всей тренировки (в том числе неограниченной длительности) с циклом 10 с. Архивы данных формируются практически по всем параметрам. Для узлов это: частота, напряжение, его фаза, мощность турбины, обменная активная мощность, активная нагрузка и др. параметры.

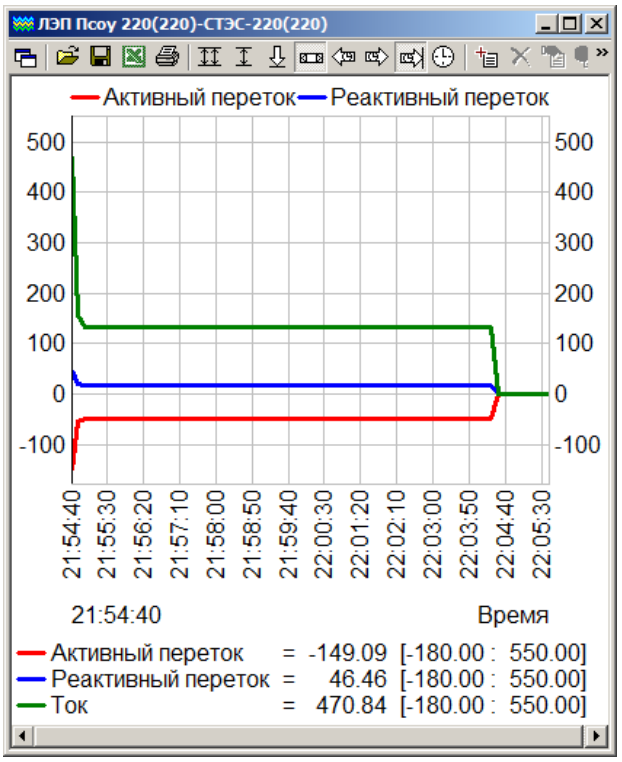



Рис.32. Графики параметров из архива.

Для ЛЭП это значения токов и перетоков активной и реактивной мощности в начале и конце ЛЭП. Для трансформаторов архивируются все токи и перетоки мощности во всех обмотках.

Архивируются также многие параметры регионов (районов). Кроме того архивируются состояния коммутационных аппаратов.

Все перечисленные выше параметры можно отображать на графиках (см. пример на рис.32).

Задание на вывод данных архива на график формирует пользователь со схемы контролируемой сети путем

активизации в контекстном меню соответствующей позиции (**Ретроспектива**).

К функциям подсистемы **Архив** следует отнести возможность вызова полного среза параметров за выбранное в календаре время (см. рис.33) в систему отображения. Эта функция обеспечивает возможность возврата к контрольным точкам тренировки.

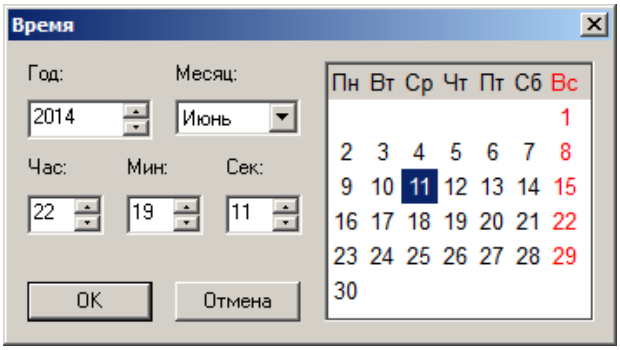



Рис.33. Выбор времени среза **Архива**.

По кнопке **Возврат** на всплывающей панели можно вернуться к исходному режиму.

## 2.8. Сценарии

Сценарии в комплексе РЕТРЕН предназначены для решения двух основных задач :

- Создание и проигрывание сценариев тренировок,
- Создание и выполнение сценариев автоматик.

Работа со сценариями выполняется на всплывающей панели группой кнопок Сценарии (**Запись, Стоп и Пуск**).

По кнопке **Запись** появится панель **Запись сценария** (см. рис.34), в которой следует установить режим записи. Сценарий задается на открытой схеме (операции ВКЛ/ОТКЛ, изменить и т.п.). Если на панели рис.34 указан режим сохранения команд с временными задержками, то по умолчанию между командами будут указаны естественные временные задержки при создании сценария.

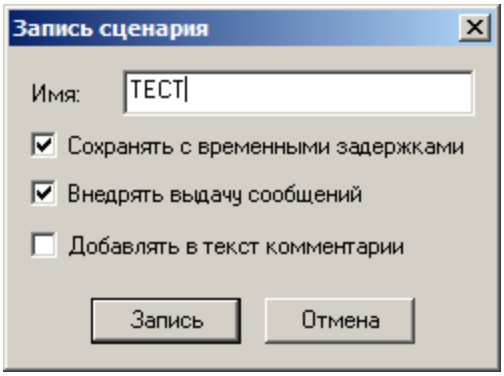



Рис.34. Задание сценария.

В противном случае интервал между командами будет нулевым (по умолчанию), либо может устанавливаться принудительно пользователем. При нулевом интервале между командами, они будут выполняться практически одновременно.

Между отдельными командами могут внедряться сообщения а в текст сценария вставляться комментарии.

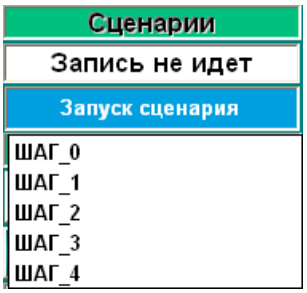



Рис.35. Выполнение сценариев.

Отдельные сценарии тренировки можно оформить как шаги сложного сценария тренировки. (см. рис.35). И затем запускать исполнение отдельных шагов по мере необходимости.

Использование сценариев для создания системы противоаварийной автоматики (ПА) подобно представленному выше, с тем отличием, что они помещаются в специальную папку Automation (в настоящей версии не используется) из которой вызываются автоматически при возникновении аварийной ситуации.

## 2.9. Отображение данных

Кнопки управления отображением сосредоточены в разделе Отображение

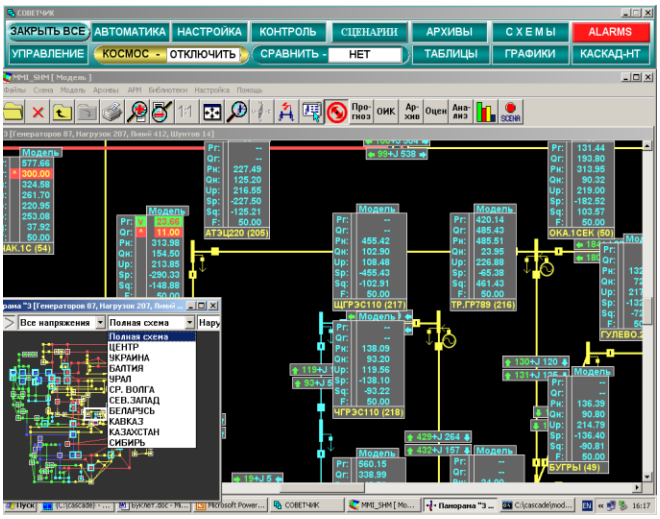



Рис.36. Фрагмент расчетной схемы.

данных на всплывающей панели. К ним относятся:

- Режимная схема.
- Sched (схемный редактор).
- Таблицы.
- Потери.
- Графики.
- Журнал.
- Нарушения.

Фрагмент отображения параметров на режимной схеме представлен на рис.36. На этой схеме в узловых табличках приведены узловые параметры режима (частота, напряжение, генерация и т.д.), а в табличках на ЛЭП параметры ветвей (перетоки мощности, токи). На режимной схеме, которая наиболее удобна для режимного анализа, имеется «панорама» для отображения ряда технологических нарушений, индикации состояния и поиска оборудования и др.

Схемный редактор Sched (ГРАФ-НТ) формирует и отображает схемы всех уровней с необходимыми параметрами. Кроме того эта программа обеспечивает все функции управления

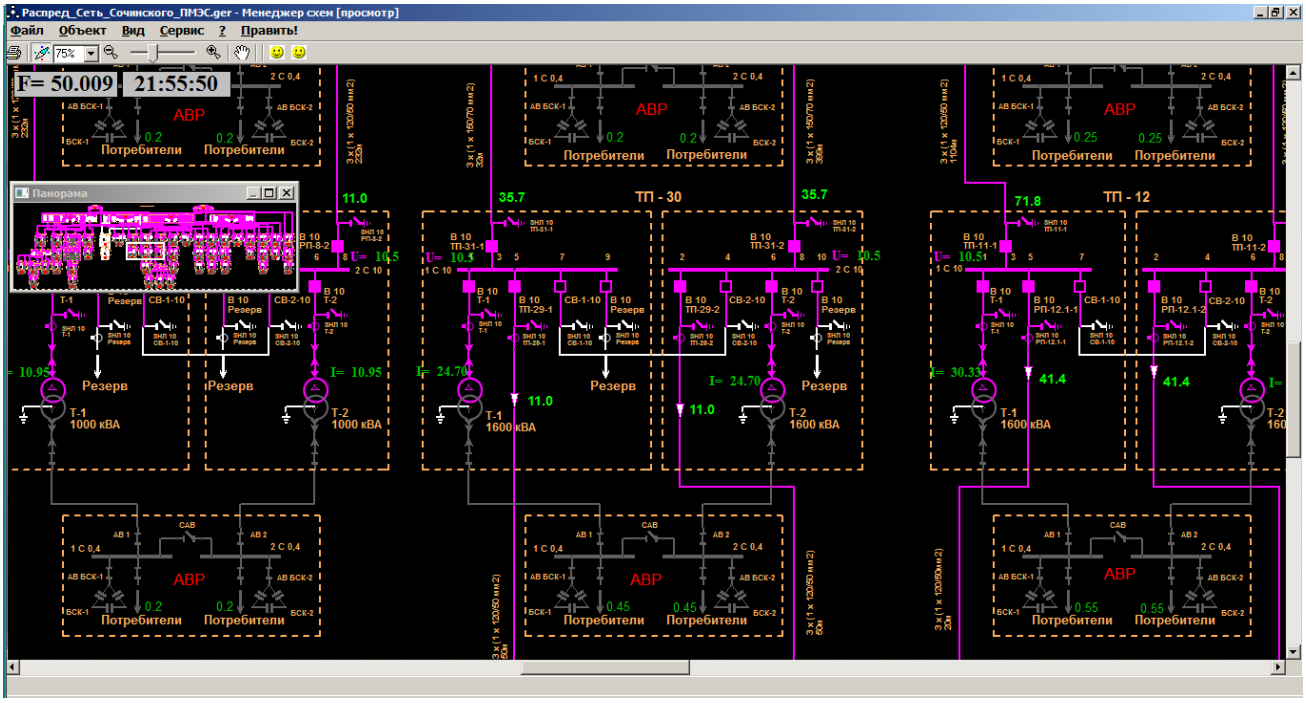



Рис.37. Схема распределительной сети

коммутационными аппаратами. Примеры таких схем представлены на рис.11 и рис.37. Вызов схем в этой программе выполняется с панели управления, а также обычным для Windows приложений образом.

Третья позиция блока отображения данных позволяет вызвать на экран список Таблиц. Выбрав из списка необходимую таблицу (**сечения, Анализ, Участники** и т.д.) можно ее активизировать на экране. В таблицах отображаются данные модели, но при необходимости могут отображаться данные ОИК.

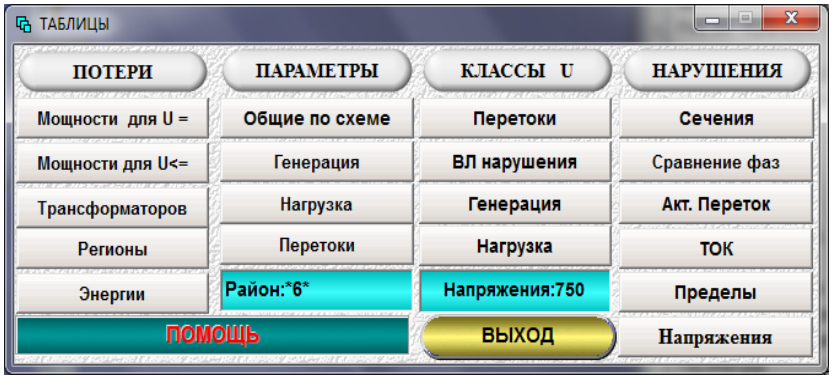



Рис. 38. Панель вызова таблиц.

В позиции Потери появится панель для таблиц потерь активной мощности и энергии и другой информации (см. рис.38).

Рис.39. Панель управления графиками.

На этой панели можно выбрать тип отображаемых в таблице параметров. При этом по кнопке **Район** можно отображать параметры выбранного района, а по кнопке **Напряжение** ограничить данные только выбранным классом напряжения.

Позиция Графики в блоке отображения данных выводит на экран панель запросов (см. рис.39), которые формируют конкретную графическую форму. На графики можно выводить параметры узлов, ЛЭП, трансформаторов, регионов и сечений.

Энергообъекты можно выбирать из списков упорядоченных по именам или по номерам. Готовый график (вызываемый по кнопке **Профиль** ) для значений отклонений частот и приведенных значений напряжений во всех узлах моделируемой сети приведен на рис. 40. На форму можно выводить до 10 параметров (в том числе разнородных).

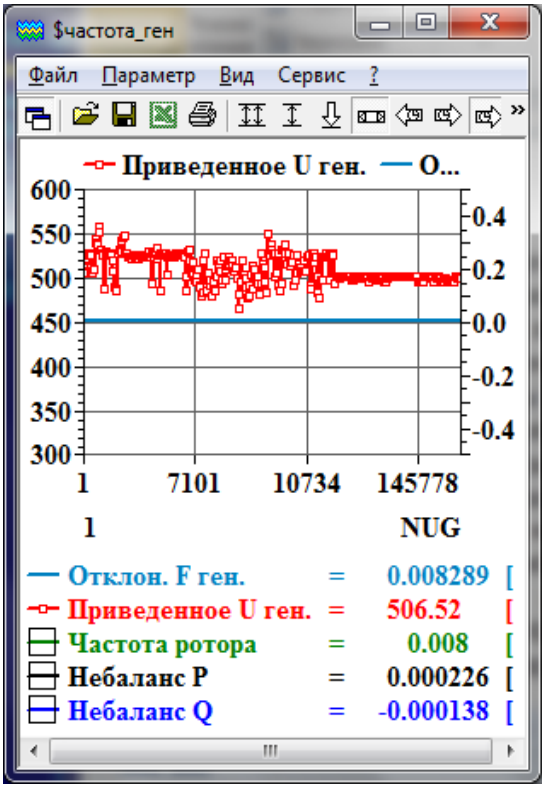



Рис 40. Пример графика параметров.

параметрами (имена узлов, напряжения, прописка и т.д.). Этот список может быть

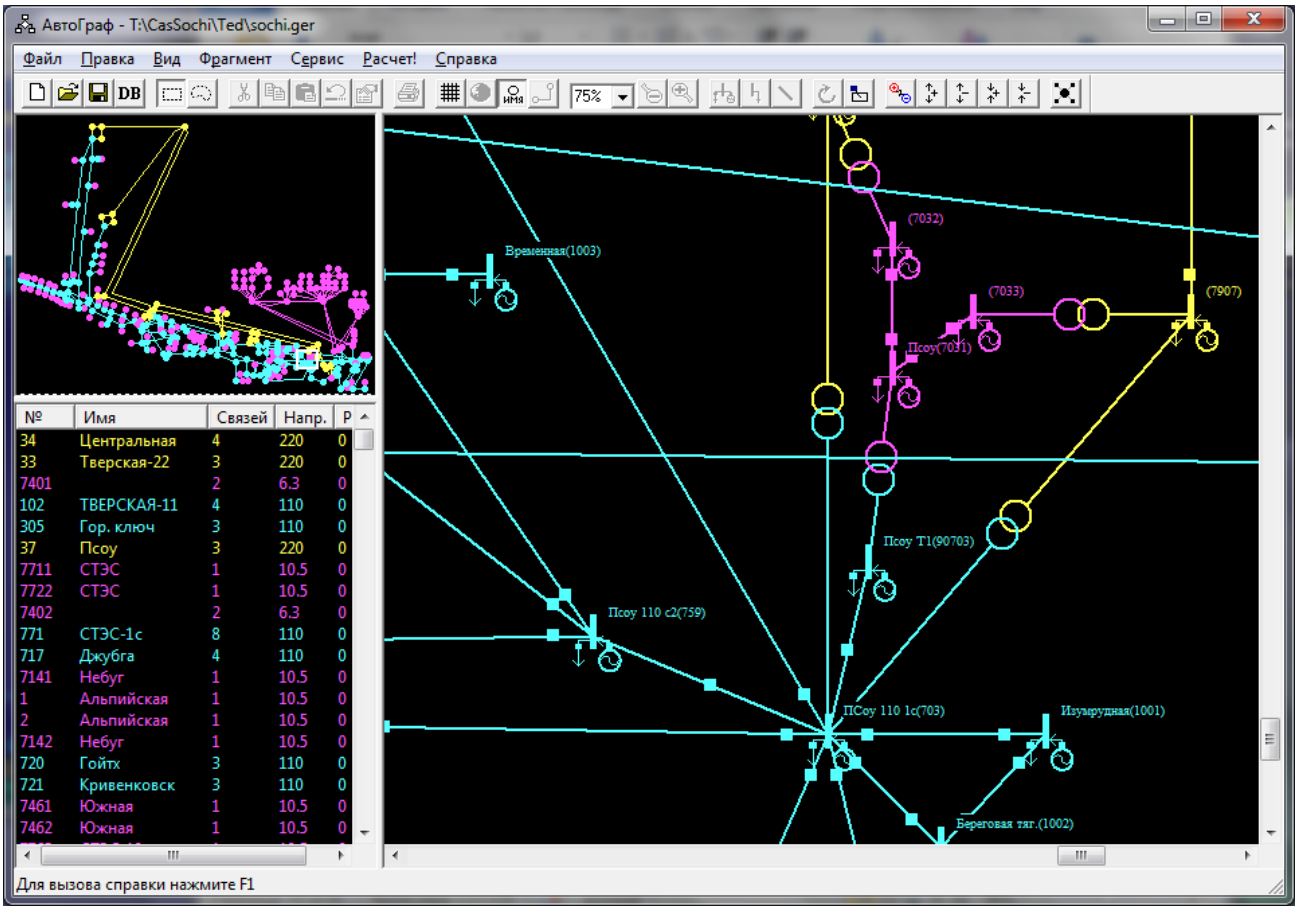



Рис.41 Формирование расчетной схемы.

И, наконец, отображать расчетную схему с возможностью ее коррекции и расширения можно по кнопке Autog, которая вызовет на экран задачу AutoGraph (см. рис. 41) с активной режимной схемой.

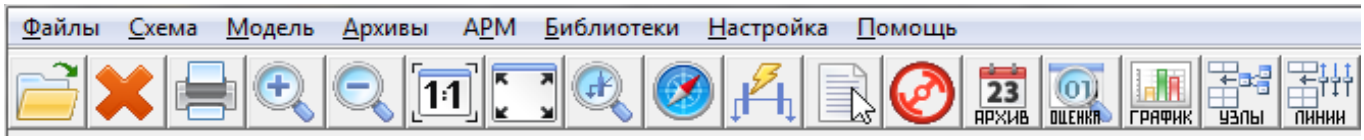



рис.42. Панель управления режимной моделью.

В основном (большом) окне этой программы представлена разрисованная автоматически расчетная схема, в левом верхнем окне ее панорама и в нижнем левом окне дан список всех узлов с некоторыми упорядочен по любому из параметров.

Разрисовку расчетных схем целесообразно проводить начиная с узлов верхних классов напряжений. Любой набор узлов может быть закреплен на фоне карты местности.

## 2.10. Видеостена

Режим работы на видеостене активизируется на стартовой панели по кнопке **Видеостена**. При выборе этого режима будет запущена стартовая схема и специальная выплывающая управляющая панель для видеостены. Упрощенно открыть схему на видеостене можно непосредственно с рабочего места **Участника тренировки.** Для этого, прежде чем открыть схему, из

всплывающей слева управляющей панели необходимо выбрать место открытия схемы – на видеостене. Аналогично можно закрыть все открытые на видеостене схемы.

## 3. Модель энергообъекта

В тренажерном комплексе РЕТРЕН моделируется установившийся и переходной режим ЭЭС. Для работы с моделью используется панель на рис. 42. На этой панели можно управлять моделью энергообъекта кнопками : - выбора расчетной схемы, - запуска схемы на расчет, - вызова таблиц узлов и линий, - масштабирования графического образа схемы, - вход в графический редактор, - вызова панорамы, - характеристик узлов , - вызова линзы, - вызова панели графиков, - вызова архивных данных и ряд других.

Подробное описание панели рис.42 и правил работы с ней представлено в описании комплекса МОДЕЛЬ.

Моделируются электромеханические и длительные переходные процессы узла, а также системы регулирования и ПА. Обычно в тренажерных комплексах используется модель установившегося режима, главным образом потому, что неизвестны параметры динамики узлов ТЭС и ГЭС. В настоящей модели эта проблема решена заданием типовых значений нормативно-справочной информации (НСИ) во всех узлах сети, кроме тех, которые принимают непосредственное участие в развитии аварии. Кроме стандартной НСИ имеется возможность задавать индивидуальные характеристики динамики узлов.

Модель узла в расчетной схеме ЭЭС отражает статические и динамические свойства тепловых и гидравлических энергоблоков электростанций и характеристики нагрузки узла.

Основная панель узла, на которой можно ВКЛ/ОТКЛ генерацию, потребление и шунты узла, выполнять управление узлом, отображение графиков параметров узла и другие операции, представлена на рис.43.

Панель задания параметров режима узла представлена на рис.44.

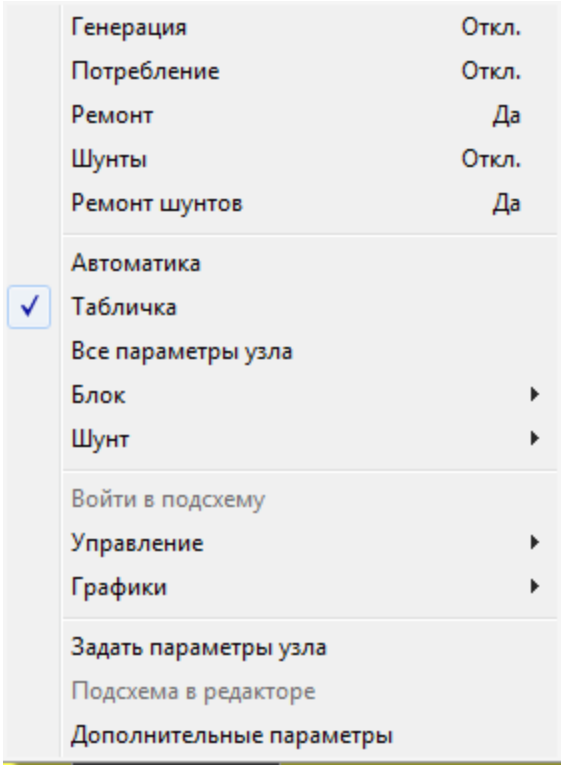



Рис.43. Панель узла сети

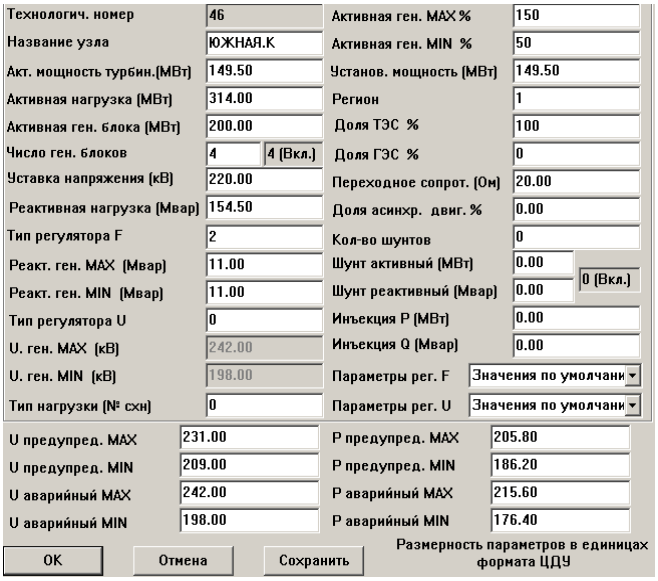



Рис.44. Задание параметров узла.

Параметры узлов и ветвей расчетной схемы могут быть заданы как в таблицах, так и непосредственно с графической схемы моделируемой ЭЭС.

Table [просмотр] - Test_узлы.tab

Файл Вид Помощь Править!

Параметры узлов с генерацией

| № | Узел | Uуст | Напряжение | Акт.Ген. | Уст. мощность | Реакт. Ген. | Акт.нагр. | Реакт. нагр. | Qmin | Qmax | Umin | Umax |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ПАГИ1С | 220.00 | 217.89 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 68.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 2 | ГРИБОВО | 220.00 | 224.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 3 | РАДИЩЕВО | 220.00 | 222.77 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 4 | ПАГИ2С | 220.00 | 216.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 5 | *БРАСТ750-С | 750.00 | 738.46 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 712.50 | 787.50 |
| 6 | БРАСТ500 : | 500.00 | 495.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 475.00 | 525.00 |
| 7 | БЕСКУДН : I | 500.00 | 500.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 475.00 | 525.00 |
| 8 | Н.СОФР | 220.00 | 223.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 9 | ПАГИ3С | 220.00 | 216.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 116.90 | 79.10 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 10 | ТРУБ220 | 220.00 | 222.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 91.20 | 23.50 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 11 | ТРУБ500 : I | 500.00 | 500.81 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 475.00 | 525.00 |
| 12 | ШМЕЛЕВО | 220.00 | 223.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 13 | БЕСКУД2 | 220.00 | 223.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 14 | ТЭЦ21-1С | 220.00 | 225.34 | 560.00 | 560.00 | 400.00 | 22.00 | 156.00 | -20.00 | 400.00 | 198.00 | 242.00 |
| 15 | ТЭЦ21-2С | 220.00 | 227.20 | 560.00 | 560.00 | 400.00 | 225.80 | 95.90 | -20.00 | 400.00 | 198.00 | 242.00 |
| 16 | ЗАПАД500 | 500.00 | 499.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 475.00 | 525.00 |
| 17 | БУТЫРКИ1 | 220.00 | 222.93 | -29.40 | 29.40 | 23.60 | 0.00 | 0.00 | 23.60 | 23.60 | 143.00 | 297.00 |
| 18 | ЗАПАД12 | 220.00 | 222.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 19 | ЕЛОХ.АТ1 | 220.00 | 223.89 | 139.80 | 139.80 | 70.30 | 198.60 | 83.80 | 70.30 | 70.30 | 198.00 | 242.00 |
| 20 | НОГИН220 | 220.00 | 216.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 108.70 | 0.00 | 0.00 | 198.00 | 242.00 |
| 21 | СВИБЛ.2С | 220.00 | 223.20 | 25.50 | 25.50 | 14.90 | 74.50 | 29.30 | 14.90 | 14.90 | 198.00 | 242.00 |
| 22 | НОГИН500 : | 500.00 | 500.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 475.00 | 525.00 |

Рис.45. Таблица узлов.

Табличный способ задания параметров узлов (по кнопке

на панели инструментов рис.42) является достаточно удобным и позволяет задать параметры сразу для нескольких узлов. В КП РЕТРЕН этот способ задания нескольких параметров расчетной схемы в таблице на рис.45 позволяет выполнять расчет в темпе РВ.

Другой способ задания параметров узлов возможен непосредственно с графического образа расчетной схемы (см. рис. 36). Щелчком правой кнопкой мыши по узлу на схеме и выбором из меню позиции **Задать параметры узла** можно на панели узла (рис. 44) задать или изменить необходимые параметры. На этой панели можно задать статические характеристики узла и предельные значения для параметров режима по реактивной генерации, напряжению и активной мощности. Здесь задается тип регулятора напряжения, частоты, значения внешних инъекций по активной и реактивной мощности.

## 3.1. Параметры статики узла.

Традиционно параметры узлов расчетной схемы задаются в таблицах (см. рис.45). В этой таблице можно задать или изменить параметры узлов как до проведения расчетов, так и в процессе их проведения, т.е. в темпе РВ. Таблицу на рис.45 можно вызвать с инструментальной панели (кнопка **Узлы**) или множеством других способов.

Table [просмотр] - Test_ветви.tab

Файл Вид Помощь Править!

Параметры ветвей

| № | ВЛ | Начало | Конец | Кд | Км. | Реакт.... | Емкость | Корона | Max P | Min P | Max I | Min I | Ток1 | Ток2 | P1 | P2 | U1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | *БРАС-БРАСТ | 2 | 911 | 100 | 0.000 | 0.057 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 220.37 | 330.39 | 268.54 | 268.36 | 738.59 |
| 3 | *БРАС-БРАСТ | 2 | 3 | 100 | 0.000 | 0.057 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 220.37 | 330.39 | 268.53 | 268.36 | 738.59 |
| 4 | *БРАС-БРАСТ | 2 | 1317 | 100 | 0.000 | 0.090 | 0.001 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 440.75 | 509.20 | -537.07 | -537.87 | 738.59 |
| 5 | *БРАС-БРАСТ | 912 | 909 | 100 | 0.000 | 0.073 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 425.34 | 397.83 | 297.69 | 297.17 | 495.50 |
| 6 | БРАСТ-СШ500 | 913 | 383 | 100 | 0.000 | 0.040 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 252.63 | 311.15 | -191.48 | -191.77 | 495.50 |
| 7 | *БЕСК-БЕСКУ | 908 | 959 | 100 | 0.000 | 0.091 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 58.19 | 17.93 | -5.38 | -5.39 | 500.16 |
| 8 | *БЕСК-БЕСКУ | 910 | 938 | 100 | 0.000 | 0.044 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | Н.СОФ-ТРУБ2 | 5 | 7 | 100 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 46.89 | 49.36 | 17.35 | 17.34 | 223.38 |
| 10 | Н.СОФ-БУЖАН | 5 | 34 | 100 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 10.36 | 20.73 | 3.69 | 3.65 | 223.38 |
| 11 | Н.СОФ-УЧА | 5 | 49 | 100 | 0.000 | 0.017 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 149.66 | 145.90 | -52.94 | -53.08 | 223.38 |
| 12 | Н.СОФ-ЯРЦЕВ | 5 | 52 | 100 | 0.000 | 0.014 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 45.79 | 51.14 | 15.92 | 15.89 | 223.38 |
| 13 | ПАГИЗ-НЕЖИН | 6 | 25 | 100 | 0.000 | 0.013 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 106.81 | 96.97 | -22.12 | -22.21 | 216.22 |
| 14 | ПАГИЗ-ВОСТ. | 6 | 38 | 100 | 0.000 | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 281.05 | 275.26 | -94.77 | -95.48 | 216.22 |
| 15 | ТРУБ2-УЧА | 7 | 49 | 100 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 11.80 | 11.80 | -4.09 | -4.10 | 222.97 |
| 16 | ТРУБ2-ХВОЙН | 7 | 54 | 100 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 47.31 | 47.31 | -18.19 | -18.33 | 222.97 |
| 17 | ТРУБ2-ТЭЦ23 | 7 | 67 | 100 | 0.000 | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 137.04 | 135.23 | -51.57 | -51.69 | 222.97 |
| 18 | *ТРУБ-ТРУБ5 | 957 | 854 | 100 | 0.000 | 0.038 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 289.68 | 177.85 | -32.74 | -33.06 | 500.88 |
| 19 | ТРУБ5-ТРУБ2 | 8 | 114 | 100 | 0.000 | 0.021 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 226.67 | 513.99 | 145.84 | 145.70 | 500.87 |
| 20 | *ТРУБ-ТРУБ5 | 958 | 955 | 100 | 0.000 | 0.022 | 0.001 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 134.29 | 128.79 | -83.08 | -83.17 | 500.88 |
| 21 | ТРУБ5-СШ500 | 960 | 845 | 100 | 0.000 | 0.021 | 0.001 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 226.55 | 330.27 | -181.26 | -182.28 | 500.87 |
| 22 | БЕСКУ-ТЭЦ21 | 9 | 11 | 100 | 0.000 | 0.030 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 487.60 | 483.48 | -143.95 | -144.80 | 223.08 |
| 23 | БЕСКУ-БУТЫР | 9 | 12 | 100 | 0.000 | 0.109 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 222.00 | 222.08 | 84.64 | 84.59 | 223.08 |
| 24 | БЕСКУ-БЕСКУ | 9 | 90 | 100 | 0.000 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 744.66 | 1489.32 | 253.28 | 251.88 | 223.08 |
| 25 | ТЭЦ21-ТЭЦ21 | 10 | 11 | 100 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 5.71 | 5.71 | 0.03 | 0.03 | 225.34 |
| 26 | ТЭЦ21-БЕСКУ | 10 | 21 | 100 | 0.000 | 0.030 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 291.56 | 295.60 | 87.94 | 87.63 | 225.34 |
| 27 | ТЭЦ21-СТАРБ | 10 | 28 | 100 | 0.000 | 0.035 | 0.000 | 0.000 | 2000.000 | -2000.00 | 2000.00 | -2000.00 | 327.08 | 330.06 | 91.49 | 91.06 | 225.34 |

09.03.2013

Рис. 46. Таблица линий.

Параметры, доступные для изменения помечены красной точкой.

Сразу после изменения параметров они будут немедленно «подхвачены» расчетной схемой и текущий режим соответственно изменится. При необходимости все изменения, заданные на панели узла могут быть сохранены в БД по кнопке **Сохранить** на панели рис. 44.

Подобным образом кнопкой **ЛИНИИ** можно вызвать таблицу линий (46) для одновременного занесения параметров нескольких ЛЭП.

## 3.2. Параметры динамики узла.

Параметры динамики сгруппированы по типам. Количество типов характеристик не ограничено. При моделировании переходных режимов на панели узла (см. рис.44) следует выбрать тип параметров регуляторов по частоте и напряжению. Среди этих типов представлены типовые значения узловых характеристик (по умолчанию).

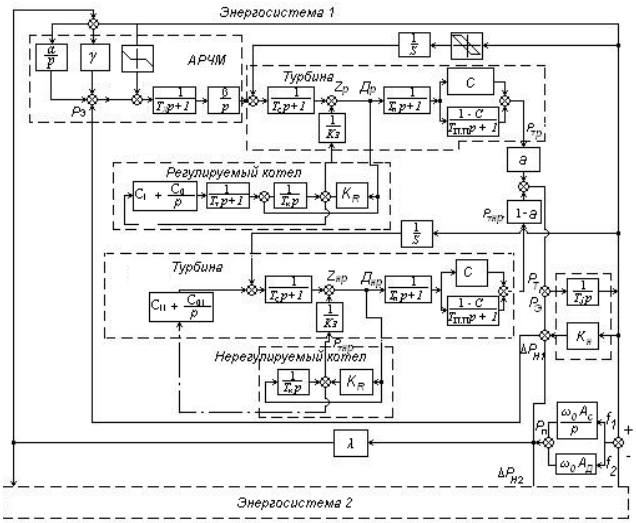



Рис.47. Структурная схема узла ТЭС.

На рис.47 представлена структура простейшей двухузловой схемы энергообъединения. Один из узлов представлен подробно (с регуляторами и котельным оборудованием), а второй узел – обобщенно. На этом рисунке представлена упрощенная структурная схема динамики электромеханических и длительных переходных процессов узлов расчетной схемы (Tj турбоагрегата, зона нечувствительности регулятора скорости, коэффициенты крутизны и т.д.).

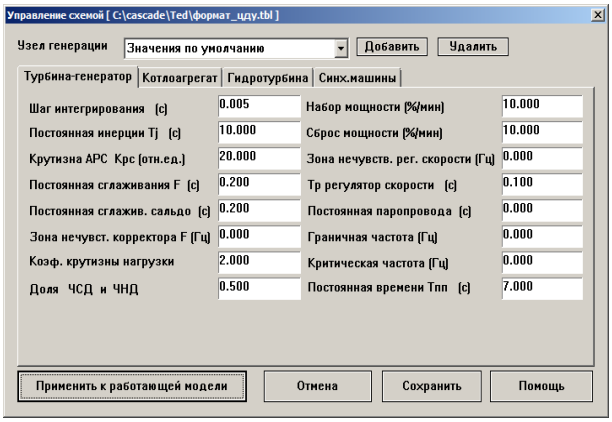



Рис.48.Типовые характеристики динамики узла.

В развернутой схеме узла на рис. 47 представлены все основные параметры (задаваемые на панели рис. 48) динамики узла, а именно:

- регулируемый котел,
- турбина для регулируемого котла,
- турбина для нерегулируемого котла,
- нерегулируемый котел,
- генератор,
- система АРЧМ,
- сумматор мощности от турбины с регулируемым и нерегулируемым котлами.

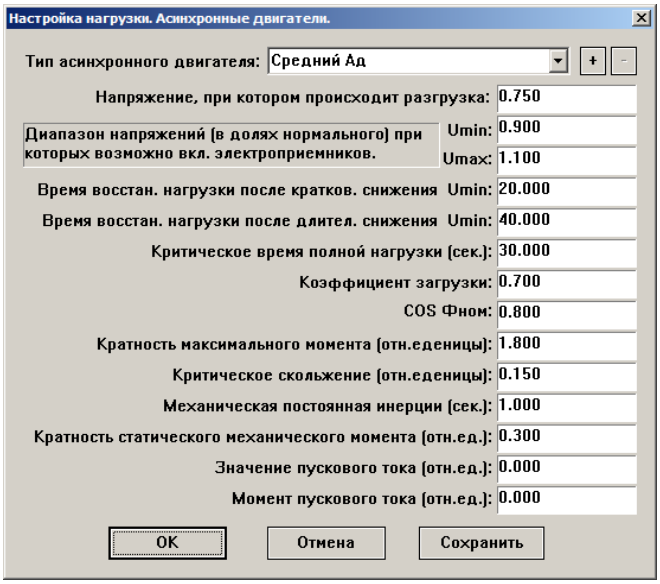



Рис.49. Параметры асинхронной нагрузки.

В свою очередь модель турбины представлена уравнениями:

- движения ротора
- регулятора скорости вращения паровой турбины,
- частей среднего и низкого давления.

Несмотря на то, что на этой схеме представлена простейшая модель котлоагрегата, она сохраняет физическое подобие с реальным обьектом. Каждый элемент или связь на блок-схеме рис.47 соответствует одному определенному элементу или физическому явлению в энергообъекте.

Нерегулируемый котлоагрегат моделируется (см. рис.47) в простейшем виде двумя звеньями:

- с передаточной функцией 1/ $T_к p$ (где $T_к$- постоянная времени тепловой инерции),
- усилительным звеном с коэффициентом усиления $K_R$, характеризующим потерю давления в паровом тракте энергоблока.

Таким образом, модель отражает основные свойства узла с генерацией по частоте и активной мощности.

Параметры динамики узлов по частоте и напряжению задаются указанием соответствующей информационной группы. Обычно достаточно задать всего несколько информационных групп (типов) с характеристиками энергоблоков.

Параметры динамики узлов задаются по умолчанию или на панелях (см. рис.48). Подобным образом задаются типы параметров ТЭС и ГЭС.

На рис. 49 представлены параметры асинхронного двигателя, которые необходимо задать или взять типовые значения по умолчанию. При этом, можно указать долю мощности, приходящейся на асинхронные двигатели. Остальная часть мощности нагрузки узла задается, как обычно, статической характеристикой нагрузки по напряжению и частоте.

## 3.3. Параметры регулятора напряжения.

В узлах сети предусмотрены

несколько типов регуляторов напряжений. Это:

-пропорционально-интегральный регулятор реактивной мощности (при наличии регулировочного диапазона по реактивной мощности).

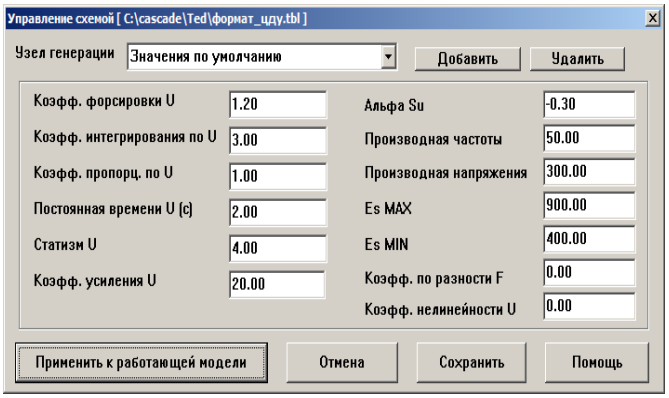



Рис. 50. Параметры регулятора напряжения

- простейший регулятор напряжения путем управления ЭДС генератора за переходным сопротивлением.
- полномасштабный регулятор напряжения (сильного действия).

Большинство узлов могут использовать простейший ПИ регулятор, а в тех узлах сети, которые расположены в районе возмущения, необходимо использовать более точные модели регуляторов напряжений.

С панели на рис. 5 можно вызвать панель задания параметров регуляторов напряжения (см. рис. 50). На этой панели для ПИ регулятора напряжения необходимо задать: коэффициенты при пропорциональной и при интегральной составляющей и постоянную времени регулятора.

На панели рис.50 остальные параметры задают второй и третий тип регулятора напряжения. Эти параметры аналогичны соответствующим параметрам КП МУСТАНГ.

## 4. Тренажер оперативных переключений (ТОП).

В комплекс РЕТРЕН составной частью входит тренажер оперативных переключений. В нем возможна проверка универсальных правил проведения переключений (см. рис.33), а также проверка выполнения конкретного задания. Возможен контроль по заранее заготовленному бланку переключений.

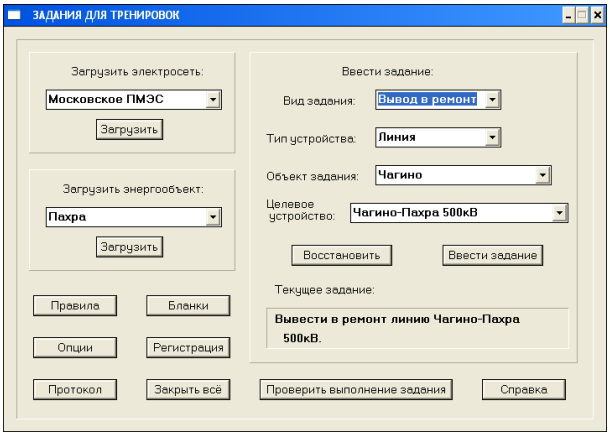



Рис.51. Параметры ТОП.

Тренажер по оперативным переключениям в составе КУЭС служит для отработки знаний и навыков оперативно-диспетчерского персонала подстанций по производству плановых и послеаварийных оперативных переключений. Он позволяет проводить тренировки с автоматическим контролем команд тренируемых по правилам технологии переключений и по предварительно введенным бланкам переключений. Проверка выполнения задания на тренировку производится автоматически (по запросу пользователя) на основе критериев целевого состояния схемы. Протокол тренировки, успешно выполненной при наличии блокировки ошибочных команд, может быть автоматически преобразован в бланк переключений.

Обычно для тренажера используется видеостена небольшого размера (3x2 куба). При этом отображается только часть полной схемы.

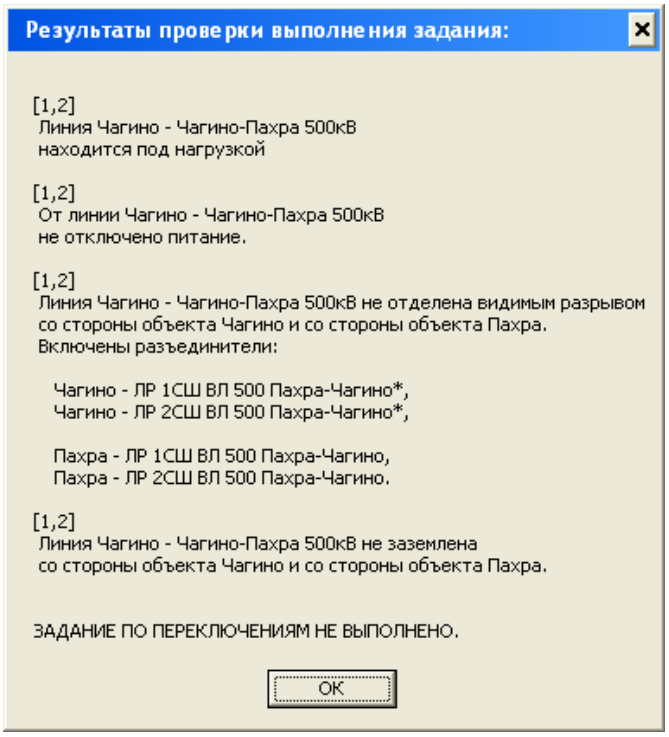



Рис. 52. Результат проверки правил ТОП.

По результатам тренировки формируется отчёт и оценка действиям диспетчера. Существует функция формирования бланка переключений по результатам проведённой тренировки.

Система имеет возможность настройки баллов вычитаемых за неверное действие диспетчера.

В базе данных тренажера сохраняются варианты исходного состояния электрической сети для различных тренировочных

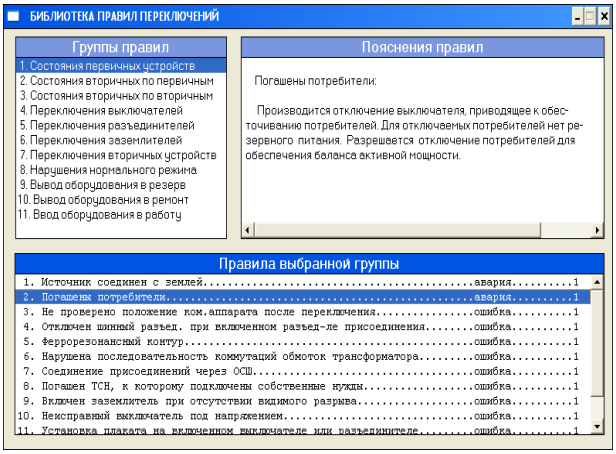



Рис.53. Список и пояснения правил переключений.

заданий. Перед началом тренировки ее исходное состояние необходимо загрузить. Следует также указать вид задания («вывод в ремонт» или «ввод в работу» и т.д) и то устройство, для которого это задание необходимо выполнить (ЛЭП, трансформатор, секция шин, выключатель).

В процессе проведения тренировки по оперативным переключениям также ведётся расчёт режима, что позволяет контролировать параметры сети.

## 5. Тренажер для анализа нештатных ситуаций

Важный этап деятельности диспетчеров электрических сетей – анализ ситуации, возникшей в результате технологических нарушений, работы релейной защиты и автоматики, автоматического отключения оборудования – этот этап сейчас совершенно не охвачен существующими тренажерными системами.

Тренажер анализа нештатных ситуаций (ТРАНС) интегрирован с комплексом КАСКАД, что обеспечивает сочетание интеллектуальных функций тренажера - экспертной системы с графическим отображением схем электрической сети и с конструированием панелей диалога-отображения.

Тренажер ТРАНС предназначен для использования в диспетчерских службах электрических сетей и в центрах подготовки персонала.

**Основные функции ТРАНС:**

- компьютерная поддержка подготовки сетевых противоаварийных тренировок (удобное задание ремонтных схем и «тестовых» повреждений),
- автоматизированная проверка умений диспетчерского персонала анализировать ситуации, связанные с технологическими повреждениями в

электрических сетях (эта тренажерная функция реализуется впервые).

**Особенности ТРАНС**

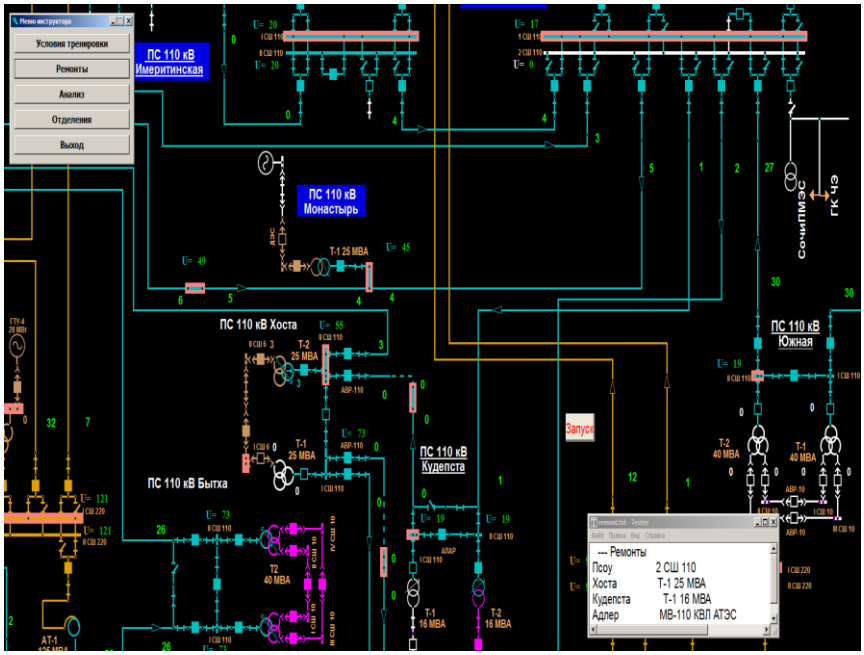



Рис.54 Предшествующая повреждению ремонтная схема. Белым цветом выделено оборудование в ремонте (в частности 2 СШ 110 Псоу).

***<u>Простота</u> подготовки тренировок.***

Для подготовки тренировки инструктор должен задать только ремонтируемое оборудование, оборудование с технологическим повреждением (например, линию с коротким замыканием), отказавшие выключатели (с указанием — отказ или затягивание отключения).

***<u>Естественность</u> предъявления ситуации тренируемому.*** Коммутационное состояние схемы отображается на оперативной схеме (как в режимных тренажерах), списки событий предъявляются пообъектно – тем самым имитируется поступление докладов от дежурного персонала подстанций.

***<u>Автоматизм</u> анализа ситуации.*** В ТРАНС производится автоматический анализ ситуации, заданной при подготовке тренировки (выполняется экспертной системой САНС, входящей с состав комплекса ТРАНС). При этом используется топологическая модель сети, модель РЗА и правила логического вывода. При этом в имитируемой при тренировке ситуации определяются возможные технологические нарушения (в частности, короткие замыкания), отказавшие в отключении выключатели, срабатывания РЗА, отключившиеся элементы оборудования, отделившиеся районы сети. Результаты анализа автоматически формируются в форме протокола.

***<u>Удобство</u> выполнения тренировки.***

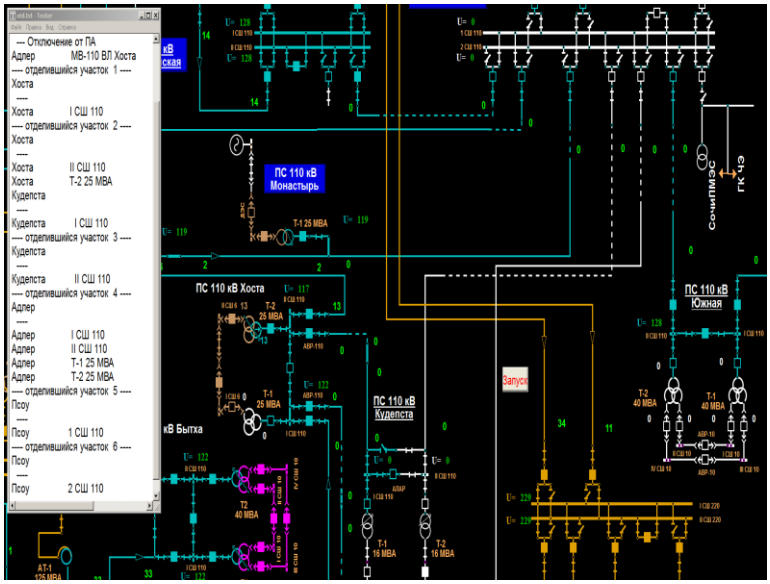



Рис.55. Схема с наложением заданного для тренировки технологического повреждения.

Из-за повреждения отключены шины 1 СШ 110 Псо.

После сообщения тренируемого об окончании ознакомления с подготовленной инструктором ситуацией тренажерная система задает ему ряд вопросов, например, указать (предположительно) поврежденный элемент оборудования,

задать работу защит, указать, если необходимо, отказы или «затягивания» выключателей, указать работу АПВ и УРОВ, указать отключения оборудования и изменения положения выключателей.

По результатам ответов тренируемого автоматически формируется ***Тренировочное описание ситуации.***

***Объективность оценки результатов тренировки.*** Тренажерная система автоматически сравнивает «правильное» описание ситуации (результат автоматического анализа) с тренировочным описанием. В результате сравнения формируется (см. рис.56) ***Протокол оценки***, содержащий определения правильных ответов тренируемого, указание ошибок и автоматическое выставление штрафных баллов за тренировку.

**АНАЛИЗ СИТУАЦИИ**
==========
--- Нештатная ситуация Псоу
Предположительно КЗ на линии
КВЛ-110 кВ Псоу-Кудепста
Работа защиты линии
РЗЛ Псоу КВЛ-110 кВ Псоу-Кудепста
Затягивание отключения
Псоу МВ-110 ВЛ-К
Работа УРОВ
Отключение:
Псоу 1 СШ 110
ВЛ 110кВ Псоу-Лед.дворец
КЛ 110 кВ Псоу – Имеретинская
КВЛ-110 кВ Псоу-Кудепста
ВЛ 110 кВ Псоу-Адлер с отпайкой на ПС Адлер тягова
--- Изменение положения выключателей:
Псоу МВ-110 АТ-2
Псоу МВ-110 Имеретинская
Псоу МВ 110кВ ВЛ Лед.дворец
Псоу МВ-110 АТ-1
Псоу МВ-110 Ахштырь
Псоу МВ-110 ВЛ-Ю
Псоу МВ-110 ВЛ-А
Псоу МВ-110 ВЛ-К
Псоу МВ-110 Леселидзе
--- Нештатная ситуация - Кудепста
Предположительно КЗ на линии
КВЛ-110 кВ Псоу-Кудепста
Работа защиты линии
РЗЛ Кудепста КВЛ-110 кВ Псоу-Кудепста
Отключение:
Кудепста II СШ 110
Кудепста Т-2 16 МВА
--- Изменение положения выключателей:
Кудепста СМВ 110
Кудепста МВ-110 Т-2

Рис.3. Анализ ситуации в экспертной системе.

**УДАЧИ!**

Получить информацию о комплексе РЕТРЕН и рекомендации по эксплуатации можно по:

E-mail cascade-nt@yandex.ru
WWW http://www.cascade-nt.ru
Тел: +7(499) 613-14-11,
8-916-650-58-64 (моб.)
Рабинович Марк Аркадьевич.

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**

**РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ (РОСПАТЕНТ)**

## СВИДЕТЕЛЬСТВО

**Об официальной регистрации программы для ЭВМ**

**№ 2002611247**

На основании Закона Российской Федерации "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных", введенного в действие 20 октября 1992 года, Российским агентством по патентам и товарным знакам выдано настоящее свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ

**Режимный тренажер диспетчера энергосистемы "РЕТРЕН-2.0"**

Правообладатель(ли):

*Рабинович Марк Аркадьевич, Девяткин Максим Владимирович, Сергеев Сергей Николаевич, Шамароков Алексей Борисович (RU)*

Автор(ы):

*Рабинович Марк Аркадьевич, Девяткин Максим Владимирович, Сергеев Сергей Николаевич, Шамароков Алексей Борисович (RU)*

Страна: Российская Федерация

по заявке № 2002611007, дата поступления: 6 июня 2002 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ

*г. Москва,* ***29 июля 2002 г.***

*Генеральный директор*

*А.Д. Корчагин*

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**

**РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ (РОСПАТЕНТ)**

## СВИДЕТЕЛЬСТВО

**Об официальной регистрации программы для ЭВМ**

**№ 990397**

На основании Закона Российской Федерации "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных", введенного в действие 20 октября 1992 года, Российским агентством по патентам и товарным знакам выдано настоящее свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ

**Конструктор человеко-машинных интерфейсов "Каскад-NT 2.0"**

Правообладатель(ли):

*Потапенко Александр Павлович, Рабинович Марк Аркадьевич (RU)*

Автор(ы):

*Потапенко Александр Павлович, Рабинович Марк Аркадьевич (RU)*

Страна: Российская Федерация

по заявке № 990281, дата поступления: 15 апреля 1999 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ

г. Москва, **11 июня 1999 г.**

*Генеральный директор*

*А.Д. Корчагин*

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**

**РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ (РОСПАТЕНТ)**

## СВИДЕТЕЛЬСТВО

**Об официальной регистрации программы для ЭВМ**

**№ 2001611692**

На основании Закона Российской Федерации "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных", введенного в действие 20 октября 1992 года, Российским агентством по патентам и товарным знакам выдано настоящее свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ

**Автоматизированный построитель схем AUTOGRAPH - NT 2.0**

Правообладатель(ли):

*Потапенко Александр Павлович, Потапенко Сергей Павлович, Рабинович Марк Аркадьевич (RU)*

Автор(ы):

*Потапенко Александр Павлович, Потапенко Сергей Павлович, Рабинович Марк Аркадьевич (RU)*

Страна: Российская Федерация

по заявке № 2001611418, дата поступления: 16 октября 2001 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ

*г. Москва,* ***10 декабря 2001 г.***

*Генеральный директор*

*А.Д. Корчагин*

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**

**РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ (РОСПАТЕНТ)**

## СВИДЕТЕЛЬСТВО

**Об официальной регистрации программы для ЭВМ**

**№ 990788**

На основании Закона Российской Федерации "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных", введенного в действие 20 октября 1992 года, Российским агентством по патентам и товарным знакам выдано настоящее свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ

**Конструктор схем и экранных форм "Граф-NT 2.0" (ГРАФ-NT 2.0)**

Правообладатель(ли):

*Девяткин Максим Владимирович, Потапенко Сергей Павлович, Рабинович Марк Аркадьевич, Сергеев Сергей Николаевич, Силаков Валентин Николаевич, Шамароков Алексей Борисович (RU)*

Автор(ы):

*Девяткин Максим Владимирович, Рабинович Марк Аркадьевич, Потапенко Сергей Павлович, Сергеев Сергей Николаевич, Силаков Валентин Николаевич, Шамароков Алексей Борисович (RU)*

Страна: Российская Федерация

по заявке № 990669, дата поступления: 02 сентября 1999 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ

г. Москва, **02 ноября 1999 г.**

*Генеральный директор*

*А.Д. Корчагин*

Для заметок