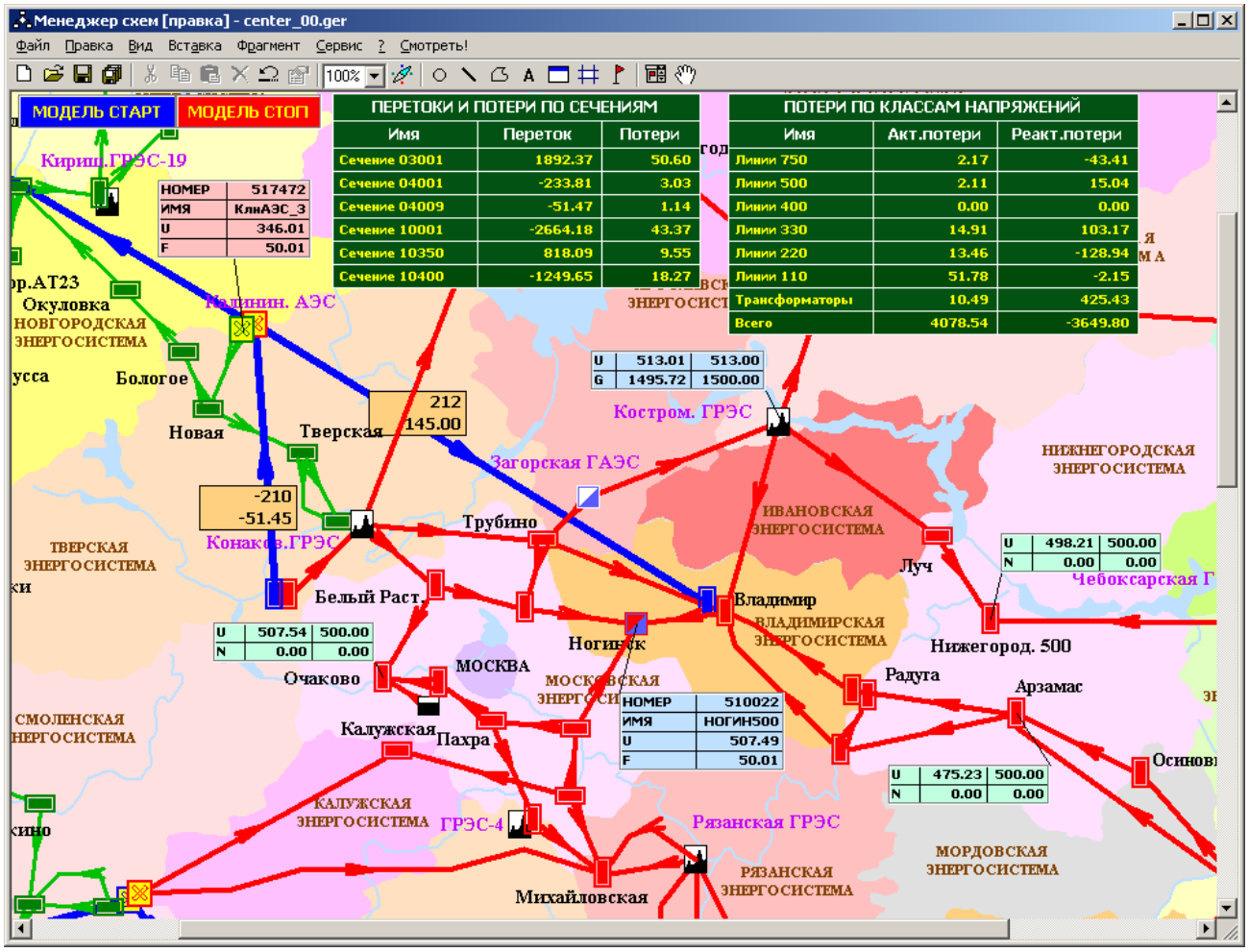
К У Э С

Комплекс Управления Электрическими Сетями

ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ООО «Каскад-НТ»



Москва, 2016 г.

АННОТАЦИЯ

Представлено описание комплекса программ управления электрическими сетями (КУЭС) и даны примеры его использования. Комплекс КУЭС состоит из ряда технологических задач и системы конструирования задач пользователя.

Представлена система отображения оперативной и иной информации из стандартных баз данных (ORACLE, MS SQL и т.д.) и ряда БД реального времени (БДРВ) отечественных оперативно-информационных комплексов (ОИК) на индивидуальных (дисплеях) и коллективных (видеостенах) средствах. КУЭС предназначен для мониторинга режима и топологии сети на предприятиях ОАО «ФСК ЕЭС». Может применяться в задачах оперативного управления сетевыми предприятиями.

Технологические задачи КУЭС решаются на базе данных ОИК, оценки состояния (ОС) и динамической модели электроэнергетической системы (ЭЭС) реального времени (РВ).

Приложения комплекса КУЭС созданы в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС». Получить информацию о КУЭС и его приложениях можно:

E-mail cascade-nt@yandex.ru ,

WWW: http://www.cascade-nt.ru

Тел: +7(499) 613-14-11.

Оглавление

Введение....4

1. Общие характеристики....4
   1.1. Назначение....4
   1.2. Основные принципы построения КУЭС....4
   1.3. Режим Конструирования....4
   1.4. Архитектура КУЭС....5
   1.5. Функциональный состав задач....5
   1.6. Режимы функционирования....7
   1.7. Принципы функционирования КУЭС....7
   1.8. Работа с КУЭС....9
   1.9. Комплектность поставки....10
   1.10. Сопровождение КУЭС....10
   1.11. Информационное взаимодействие задач в комплексе КУЭС....11
2. Технологические задачи КУЭС....12
   2.1. Мониторинг режима и топологии сети....12
   2.2. Управление видеостеной....13
   2.3. Программный комплекс РЕТРЕН....14
   2.3.1. Модель узла....15
   2.3.2. Модель сети....16
   2.3.3. Технологические особенности комплекса РЕТРЕН....17
   2.3.4. Сервисные возможности комплекса РЕТРЕН:....17
2.4. Универсальный Тренажер диспетчера ФСК....18
   2.4.1 Режимный Тренажер....18
   2.4.2. Тренажер оперативных переключений (ТОП)....20
2.5. Минимизация потерь в сети....21
2.6. Экспертные системы....22
2.8. Расчет токов коротких замыканий....24
2.9.Система автоматизированного проектирования распределительных сетей (САПР-НТ)....25

Введение

Развитие электроэнергетики России и структурные преобразования в ее системе управления привели к серьезным изменениям в режимах ЕЭС России. Появились новые средства управления сетями, а сами сети становятся «умными». Ниже представлены задачи адаптивного (интеллектуального) управления и основные принципы построения комплекса управления электрическими сетями (КУЭС). Рассматривается только программные средства КУЭС. Приведены основные задачи комплекса и его структура.

КУЭС разработан в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» средствами КАСКАД и прошел комплексные испытания в 2012 г.

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

1. Общие характеристики

1.1. Назначение

КУЭС предназначен для интеллектуального управления электрическими сетями. Программное обеспечение (ПО) комплекса позволяет его создавать, модернизировать и поддерживать в процессе всего жизненного цикла.

КУЭС может применяться для мониторинга режима и топологии сети, решения ряда технологических задач и интеллектуального управления электрическими сетями.

В состав комплекса программ входит система мониторинга топологии и режима электроэнергетической системы (ЭЭС), оперативного управления и информационной поддержки оперативно - диспетчерского персонала энергообъектов, служб режимов, РЗ и ПА и ряда других. Комплекс КУЭС позволит реализовать как автоматизированное (диспетчерское), так и автоматическое управление энергообъектами (энергокластерами). Собственно понятие «интеллектуальности» относится только к части задач КУЭС (таких как: тренажер оперативных переключений, анализ нештатных ситуаций на подстанциях, советчик диспетчера и некоторые другие). В автоматическом режиме КУЭС сможет функционировать только при наличии в системе управления значительной доли интеллектуальности.

В настоящее время активно внедряются новые средства измерения параметров (PMU) и управления (СТАТКОМ, FACTS). Комплекс КУЭС предназначен для управления сетями в этих новых условиях.

Комплекс открыт для подключения новых информационных и технологических задач в условиях применения фазовых измерений для идентификации параметров сети и оценивания состояния ЭЭС.

Создание КУЭС выполнено инструментальным комплексом КАСКАД. Комплекс реализован как надстройка над оперативно-информационным комплексом (ОИК) или SCADA – по международной терминологии.

1.2. Основные принципы построения КУЭС

- открытость,
- компонентная технология,
- конструирование приложений без программирования,
- визуальное конструирование,
  - интеграция приложений,
  - доступ к стандартным БД и БДРВ,
  - управление в реальном времени (РВ)
  - интеграция с приложениями пользователя.

1.3. Режим Конструирования

Режим конструирования КУЭС выполняет:

- формирование человеко-машинного

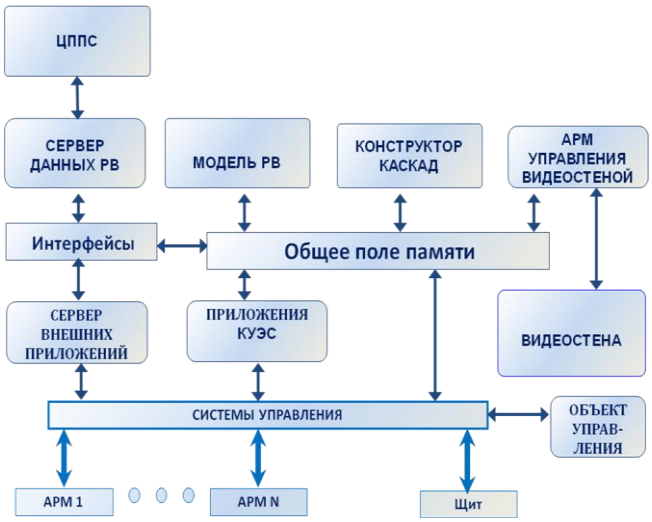


Рис. 1 Архитектура КУЭС

- интерфейса пользователя,
- создание схем, карт, таблиц, графиков, гистограмм и т.п.
- создание таблиц и экранных форм,

- создание панелей управления,
- формирование сценариев ПА и тренировок,
- привязку объектов к БД и БДРВ,
- формирование архивов информации.

1.4. Архитектура КУЭС

На рис.1. представлена архитектура КУЭС.

Объекты комплекса могут взаимодействовать с наиболее распространенными стандартными БД (ORACLE, MS SQL, ACSESS и т.д.) и рядом БДРВ (СК200Х, КИО-3, ДИСПЕТЧЕР, КОТМИ и другие). Объекты комплекса взаимодействуют с широко распространенными таблицами Excel и редактором Word и позволяют организовать удаленный доступ к экранным формам через Internet.

В комплексе предусмотрена развитая система разграничения доступа к оперативной информации и средствам конструирования экранных форм. Экранные формы конструируются на специальных АРМах администратором комплекса, который определяет уровень доступа остальных пользователей MMI.

Рис.2. Функциональная структура комплекса КУЭС

Взаимодействие задач КУЭС с ОИК выполнено, главным образом, по файл-серверной схеме, когда приложения выполняются, в основном, на клиентском рабочем месте. Часть задач функционирует по клиент - серверной схеме. Так, каждый клиент подписан на доступ к определенной информации. Обработка запросов к информации в этом случае обрабатывается на сервере данных.

Копии режимных задач хранятся на АРМах пользователей (для ускорения их активации) и только доступ к данным идет через общее поле памяти и соответствующие интерфейсы.

Управление видеостеной выполняется с отдельного АРМа на специальном сервере, находящегося в локальной сети. В этой же сети находятся все АРМы пользователей и сервер прикладных задач.

Сервер внешних приложений содержит как стандартные задачи (например WORD, EXCEL и др.), так и приложения сторонних разработчиков (Энергостат, МИМИР и др.).

1.5. Функциональный состав задач

В состав программ КУЭС входят:

- Оценка состояния.
- Мониторинг топологии и состояния объектов.
- Диспетчерские пометки.
- Расчет переходного и установившегося режима в темпе РВ.
- Моделирование противоаварийной автоматики.
- Прогноз нагрузки в узлах и регионах
- Анализ аварий.
- Оптимизация режима по Q и U.
- Проверка режима по критерию N – 1.
- Советчик диспетчера энергообъекта:
- - по инструкциям
- - по режиму
- Контроль параметров режима (U, P, Q)
- Режимный тренажер с контролем переключений

- Тренажер оперативных переключений (ТОП).
- Управление переключениями. с автоматической подготовкой бланка и блокировкой ошибок.
- Проработка оперативных ремонтных заявок (ПК «Заявка») и автоматизированное их рассмотрение (режимное и релейное).
- Технологическое планирование ремонтов электросетевого оборудования на различных уровнях управления. расчет потерь.

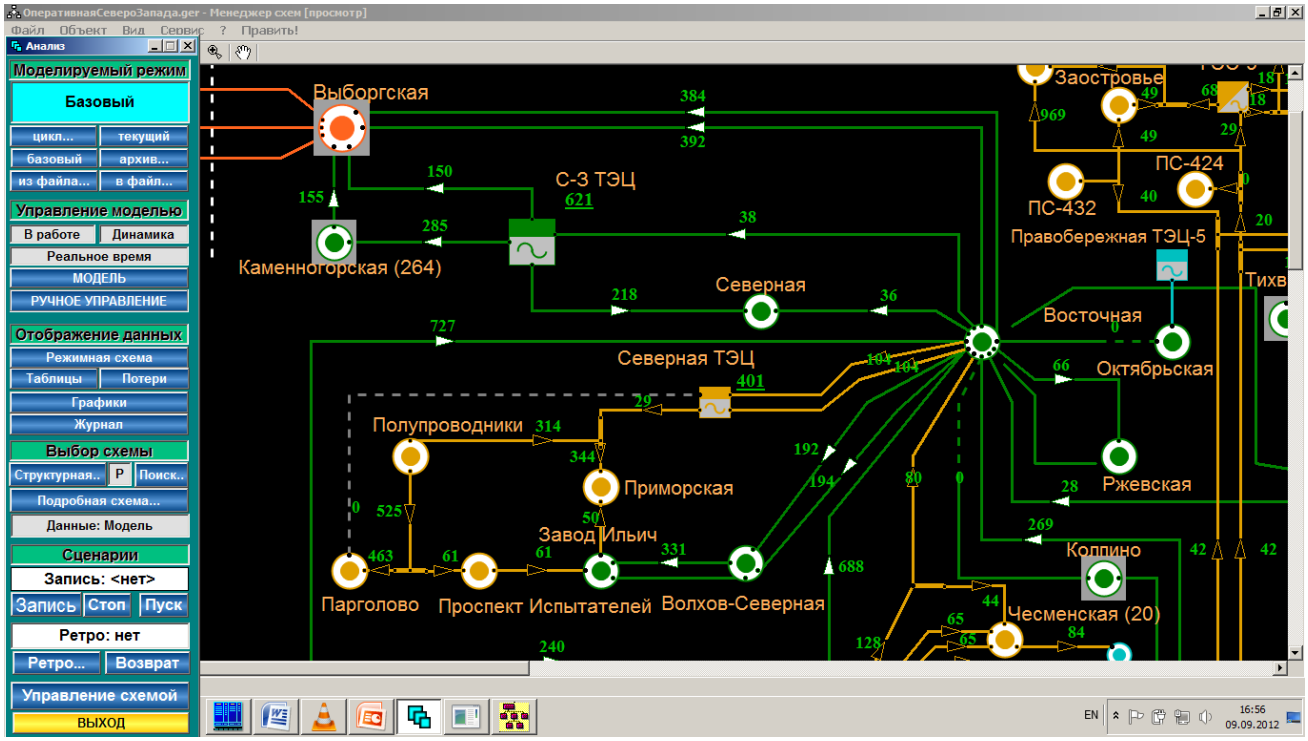


Рис.3. Фрагмент структурной схемы с панелью управления.

- Расчет балансов мощности и энергии.
- Определение мест повреждения*.
- Расчет токов КЗ, выбор уставок релейной защиты и мест деления сети*.
- Анализ нештатных ситуаций
- Управление ремонтными бригадами*.

(* отмечены задачи в стадии разработки).

Выше на рисунке 2 представлен КУЭС и основные принципы управления им. В рамках рассматриваемого комплекса реализована часть перечисленных выше задач. Остальные задачи – в стадии разработки.

Комплекс подключается к практически любому отечественному оперативно информационному комплексу (ОИК), например ОИК СК, КОТМИ и др.

Исходная информация от объекта управления и других сетевых компаний поступает через ЦППС в сервер данных. Надежность вычислительного комплекса обеспечивается средствами ОИК (обычно резервным комплексом).

В состав сервера данных входит Оценка состояния (обычно КОСМОС). Приложения КУЭС содержат перечисленные выше задачи и ряд АРМов пользователей.

В составе комплекса КУЭС,: человеко-машинный интерфейс (MMI) пользователя, динамическая модель электро-энергетической системы (ЭЭС), набор технологических задач (EMS), задачи поддержки диспетчерского персонала (DMS), режимный тренажер (РЕТРЕН), тренажер оперативных переключений (ТОП), система управления энергообъектом и другие задачи.

Среди относительно новых задач КУЭС отметим задачи:

- Анализ нештатных ситуаций на подстанциях,
- Оптимизация режима U-Q в темпе РВ,
- Отображение поля напряжений и частоты на фоне карты местности.

Последние две задачи предназначены, главным образом, для анализа режимов в аварийных ситуациях.

Система управления моделью энергообъекта состоит из программ топологического анализа сети, проверки допустимости переключений, оптимизации режима сети по U-Q, контроля режима по критерию N-1, подсистемы связи с энергообъектом и других задач.

Этот комплекс может отображать информацию практически всех отечественных ОИК, а именно: СК, КОТМИ, КИО, Диспетчер и

т.д. Система отображения (man machine interface (MMI)) может быть создана без привлечения профессиональных программистов. Активизация рабочих мест пользователей и/или отдельных подсистем выполняется (см. рис.3) с главной панели (называемой КУЭС).

Информационные возможности комплекса

- отображение информации из реляционных БД и БД реального времени (БДРВ) на схемах, таблицах, графиках и других экранных формах.
- отображение информации на экранах дисплеев (мониторах), видеостене и диспетчерском щите,
- ввод информации в РБД и БДРВ
- разграничение доступа к данным,
- сетевой доступ пользователей,
- удаленный доступ к экранным формам через **Internet**,
- отображение информации БДРВ через Microsoft Word™ и Excel™,
- доступ к данным в CIM формате.

Одной из основных задач комплекса является оценка безопасности текущего и прогнозного режима сетевого предприятия в темпе реального времени. Большинство задач и подсистем КУЭС предназначены для решения этой задачи.

Для этих целей в КУЭС реализована динамическая модель, которая выполняет моделирование режима ЭЭС для текущего времени с учетом новых элементов управления в реальном времени. Модель ЭЭС РВ может выполнять моделирование прогнозных и архивных режимов ЭЭС (при их сохранении в формате центрального диспетчерского управления (ЦДУ)).

Основная информационная задача программ комплекса – работа с базой данных объекта управления (в первую очередь, динамическое отображение данных), а также внесение изменений в БД пользователем и технологическими задачами.

1.6. Режимы функционирования.

КУЭС может функционировать в трех режимах:

- автоматизированном (под управлением оперативного персонала),
- автоматическом (под контролем оперативного персонала),
- имитационном (в режиме настройки ПО на объект).

Все три режима реализованы путем использования ПО КУЭС с различными вариантами человеко-машинного интерфейса (MMI) и техническими средствами управления.

Построение ПО КУЭС (за исключением динамической модели РВ и оптимизационных задач) выполнено средствами конструкторов КАСКАД.

Конструктора системы КАСКАД работают в двух основных режимах: Это режим Конструктора (правки) и режим Пользователя (просмотра).

В режиме правки пользователь конструирует экранную форму на экране дисплея, создает объекты и задает их свойства, располагает их на экранной форме и т.д. В режиме просмотра пользователь не может изменить саму форму. В этом режиме он управляет программным или технологическим комплексом, просматривает экранные формы с данными, меняет параметры в БД.

Администратор системы назначает права доступа всем пользователям (правки или просмотра).

1.7. Принципы функционирования КУЭС

На рис.4 представлена панель КУЭС для вызова автоматизированных рабочих мест (АРМ) и основных задач комплекса. Представлены АРМы ДИСПЕТЧЕРА, РЕЖИМЩИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА и АДМИНИСТРАТОРА. Эти кнопки активизируют соответствующие рабочие места пользователей.

С панели КУЭС могут быть активизированы отдельные подсистемы: ОИК, ТЕХНОЛОГИЯ и ВИДЕОСТЕНА. Кнопка ОИК (SCADA) позволяет пользователю активизировать функции подключенного к системе ОИКа. В этом случае доступны все функциональные возможности используемого ОИКа.

По кнопке ТЕХНОЛОГИЯ доступны все технологические задачи комплекса (главным образом, в режиме имитации режима энергообъекта). Последняя кнопка этой группы ВИДЕОСТЕНА позволяет активизировать систему управления видеостеной КУЭС.

Все указанные кнопки являются, по

существу, интеграторами групп задач, состав которых может пересекаться. Так, например, задача Модель входит в состав нескольких групп (РЕЖИМЩИК, ТЕХНОЛОГИЯ и др.).

Остальные кнопки панели КУЭС позволяют активизировать основные задачи комплекса (Оптимизация режима U-Q, Анализ Заявок, Контроль по N-1, Таблицы потерь, Тренажер и ПАНС (программа анализа нештатных ситуаций)).

В КУЭС можно выделить две основные группы задач. Это задачи ON LINE, решаемые в реальном времени (прием и обработка информации, оценка состояния, оптимизация U-Q и др.). Другие задачи (OFF LINE) решаются вне реального времени (например, графики ремонтов, режимная проработка Заявок и др.).

Блок-схема задач КУЭС реального времени (РВ) представлена на рис.6. Задачи этого комплекса базируются на данных SCADA и задачи ОС. В комплексе функционирует модель ЭЭС реального времени (установившихся и переходных режимов).

Отметим, что в большинстве существующих задач УР отсутствует понятие реального времени. В КУЭС использован метод решения задачи УР, в котором понятие времени физически обосновано и широко применяется.

Достаточно высокую оценку безопасности режима дает задача контроля (в широком смысле) по критерию N-1. Под критерием N-1 будем понимать проверку существования режима для набора нарушений топологии сети, коротких замыканий, срабатываний систем противоаварийных автоматик и т. п. Эту задачу комплекс КУЭС решает в масштабе реального времени.

Пример управляющей панели технологических задач представлен на рис. 7. Оперативный персонал сетевой компании выполняет мониторинг топологии сети и ряд коммутационных операций на объектах своего уровня ответственности.

Решаются задачи контроля предельных значений параметров режима, минимизации потерь в сети, оперативной режимной проработки Заявок, анализа нештатных ситуаций, вывода в ремонт и ввода в работу основного оборудования и ряд других задач.

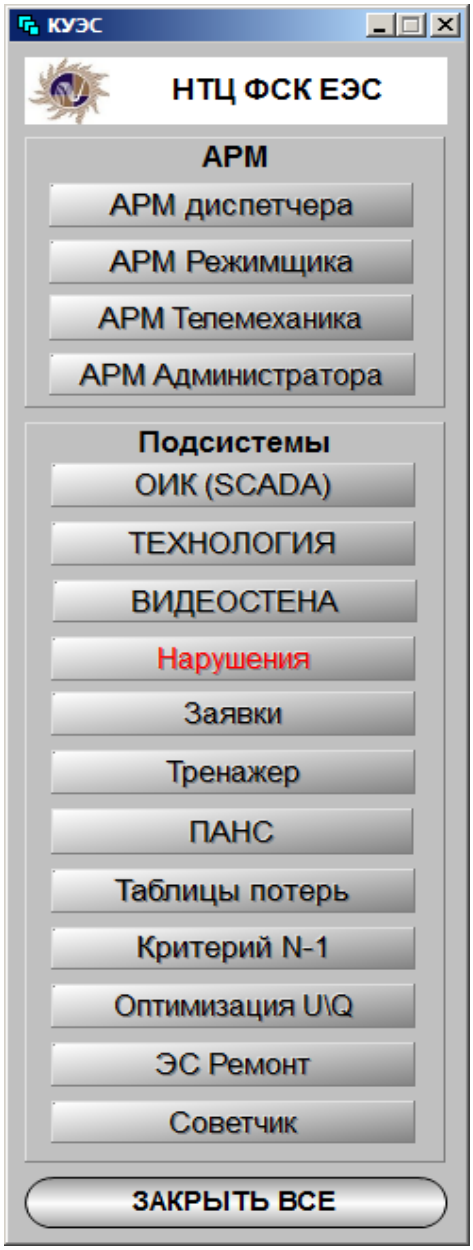


Рис.4. Рабочие места и задачи КУЭС.

Применяются и тренажеры-советчики по оперативным переключениям и по диспетчерским инструкциям.

Общий состав задач КУЭС представлен на рис.5. Можно выделить три основные группы задач. Это Конструкторы, расчетные модули и системы поддержки оперативного персонала.

В комплексе КУЭС предусмотрена возможность подключения программ сторонних разработчиков:

- КОСМОС,
- РАСТР,
- геоинформационных систем (ГИС),
- Энергостат,
- экспертной системы МИМИР,

Подключение этих программ выполняется на основе данных общих областей памяти. В

настоящее время разрабатывается БД и модули доступа в CIM формате (Common .Information Model).

1.8. Работа с КУЭС

Как обычно, реальная работа пользователя начинается с регистрации КУЭС на рабочем месте и вызова панели управления АРМ (см. рис. 3). При выборе АРМа (например, АРМ РЕЖИМЩИКА) на экране (или видеостене) появляется структурная схема контролируемого энергообъекта с всплывающей панелью управления (см. рис.3).

Параметры с нарушением предельных значений отмечаются на схеме цветом и миганием до квитирования. Отключенные ВЛ помечаются на схеме пунктиром, а с момента переключения ВЛ мигает до квитирования оператором.

Мониторинг режима выполняется (см. рис.3) визуально на схеме с учетом зависимости предельных значений контролируемых параметров (токов ВЛ, напряжений и т.д.) от температуры окружающей среды. Нарушения фиксируются автоматически в журнале нарушений.

Ряд задач КУЭС решается в режиме OFF LINE: планирование и управление ремонтом оборудования, расчет ТКЗ и мест повреждений, прогноз и планирование потребления, управление ремонтными бригадами и т.д.

Технологические задачи комплекса (см. рис.7) решаются на базе данных SCADA и ОС. Достаточно высокую оценку безопасности режима дает контроль топологии и режима сети (в широком смысле) по критерию N-1. Под критерием N-1 в широком смысле будем понимать проверку существования режима для набора нарушений топологии сети, коротких замыканий, срабатываний систем противоаварийных автоматик и их комбинаций, т.е. для достаточно сложных сценариев развития аварий. Эту задачу комплекс **КУЭС** решает в масштабе реального времени (РВ).

Выполнение в комплексе **КУЭС** переключений коммутационных аппаратов на подстанции требует проведения топологического анализа полной коммутационной схемы контролируемого энергообъекта с учетом допустимости

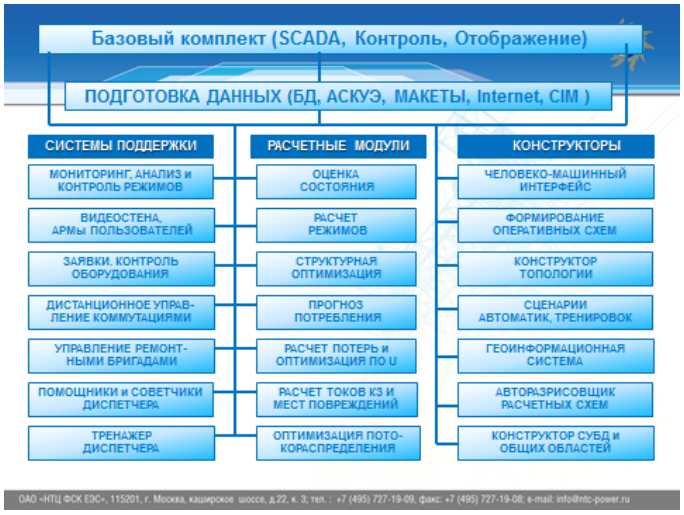


Рис.5. Состав задач комплекса КУЭС

необходимых переключений, выполнения расчета режима и получения выводов о состоянии оборудования.

Комплекс КАСКАД в составе КУЭС обеспечивает:

- доступ к информации РБД и БДРВ,
- конструирование экранных форм и MMI пользователем,
- возможность создания и настройки форм и задач в темпе реального времени (РВ),

Рис.6. Задачи КУЭС РВ.

- взаимодействие объектов КАСКАД с приложениями пользователя,
- наличие в составе КАСКАД динамической модели ЭЭС РВ,
- наличие в составе КАСКАД-НТ коммутационной модели п/станций РВ,
- возможность формирования общего поля памяти приложений,
- наличие режимного тренажера (РТ) диспетчера ЭЭС и тренажера оперативных переключений (ТОП),

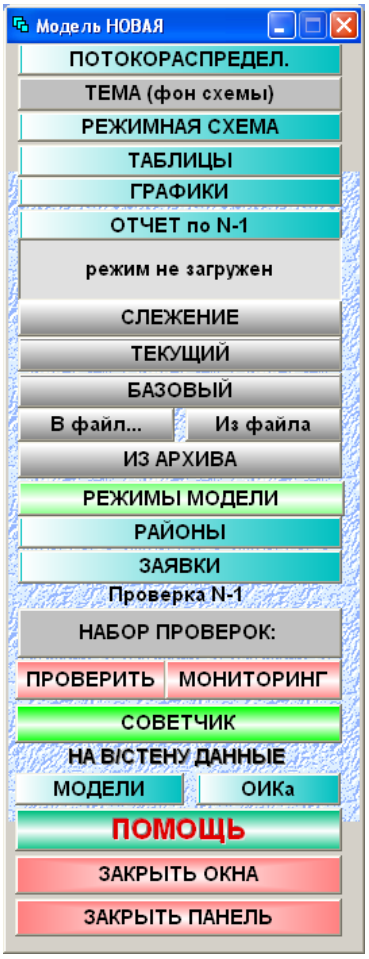


Рис.7. Панель управления моделью

- масштабируемость приложений,
- надежность (не убиваемость) комплекса,
- возможность перевода экранных форм в **bmp, png и wmf** формат,
- импорт схем из формата ТОПАЗ, AUTOCAD и Microsoft Visio™.
- возможность отображения информации отечественных и зарубежных оперативно – информационных комплексов.

1.9. Комплектность поставки

Комплекс КУЭС поставляется на СД в составе перечисленных выше задач. В состав поставки входит комплект документации в составе руководства пользователя и описания основных модулей КУЭС. Каким-то пользователям могут понадобиться только отдельные подсистемы (например, Тренажер или Советчик по переключениям). Стоимость КУЭС определяется составом задач и количеством рабочих мест.

В состав КУЭС входит комплекс конструкторов КАСКАД, предназначенный для расширения и сопровождения ПО. Для работы с приложениями пользователя достаточно клиентского рабочего места комплекса КАСКАД-НТ. Серверное рабочее место обеспечивает неограниченное количество конструкторских и клиентских рабочих мест в рамках локальной сети предприятия.

Комплекс поставляется на СД с комплектом документации и примерами применения.

1.10. Сопровождение КУЭС

Перед пользователями программного обеспечения (ПО) всегда стоит проблема его модернизации и добавления новых возможностей. Наиболее часто этот вопрос возникает при модификации человеко-машинного интерфейса пользователя (MMI-man-machine interface). Обращаться в этих случаях к разработчикам или покупать новую версию системы оказывается весьма накладно. Да и время внесения требуемых изменений в ПО разработчиками оказывается немалым.

Традиционная схема формирования приложений пользователя состоит в разработке алгоритмов, написании программного кода, его компиляции и сборке с другими программными модулями. Это дорогой и длительный путь, требующий привлечения профессиональных программистов при разработке приложений. Возникает также необходимость приобретать инструментальные средства разработки приложений.

Второй путь позволяет интерактивно (по мере исполнения) преобразовывать все процедуры приложений пользователя в исполняемый код. Это обеспечивается интерпретирующим режимом исполнения, что делает такую программу гибкой и удобной для модификации самим пользователем. Еще лучше, если система конструирования приложений окажется визуальной со стандартным и привычным для пользователя интерфейсом. Именно такая схема создания приложений пользователя реализована в комплексе конструкторов КАСКАД-НТ, что позволяет легко и просто расширять и сопровождать КУЭС и другие программные комплексы.

Несмотря на то, что инструментальный комплекс разработан сравнительно недавно и постоянно модернизируется, он внедрен в ряде серьезных организаций (СО ЕЭС России, ОДУ Центра и Средней Волги, РДУ Мосэнерго и

Башкирэнерго, ФСК ЕЭС и ряде других) и неплохо себя зарекомендовал. Отметим, что во всех этих случаях MMI без проблем конструировался силами обслуживающего персонала и продвинутых пользователей.

Нередко, возникает необходимость достаточно быстро создать новое технологическое приложение (обычно сравнительно несложное) и включить его в программный комплекс. Формировать такое приложение цепочкой (техзадание, проект, программирование и т.д.) долго и дорого.

Полномасштабное сопровождение КУЭС выполняется средствами комплекса конструкторов КАСКАД. Эти средства позволяют пользователям самостоятельно формировать новые экранные формы, сценарии автоматик и тренировок для тренажеров и отдельные дополнительные задачи. КУЭС позволяет решить перечисленные задачи силами обслуживающего персонала или самих пользователей путем визуального конструирования экранных форм и задания их свойств. Эта процедура оказывается под силу даже начинающим пользователям.

Таким образом, КУЭС спроектирован и построен так, что обеспечивается его нормальное функционирование, развитие и поддержка в течение всего жизненного цикла.

1.11. Информационное взаимодействие задач в комплексе КУЭС

На рис. 8 представлена схема информационное взаимодействия задач РВ в КУЭС.

Исходная информация о состоянии энергообъекта поступает в ОИК, как обычно, по каналам связи через устройства темемеханики (ТМ). Эта («сырая») информация содержит не только полезную информацию о параметрах режима и топологии сети, но и шумы, линейные и нелинейные искажения и т.д.

Эта информация после обрабртки (прогноз, фильтрация и т.п.) используется для формирования режимной и коммутационной схем энергообъекта. Это крайне необходимая и наиболее сложная задача в современных системах SCADA-TMS.

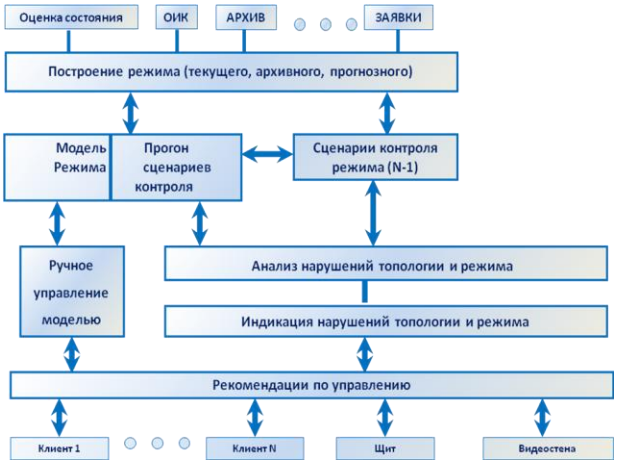


Рис. 8. Информационное взаимодействие задач РВ в КУЭС

Оперативная информация в ОИК обычно обновляется с периодом от 1-й до 10 с. Это, как правило, не синхронизированная информация. Однако, в последнее время все более широкое применение находят синхронизированные PMU измерения комплексных напряжений в узлах сети. Эти измерения (наряду с традиционными) применяются во многих задачах управления электрическими сетями и в,частности. ОС.

Архивы оперативной информации создаются с разной скважностью (от 30 с. до 30 минут) и задаваемой длительностью. Эти архивы обычно используются при прогнозе параметров режима. В комплексе КУЭС архивы применяются в задаче формирования ожидаемого режима (например, при прохождении суточного максимума) и его анализе.

Искажения и помехи в полезной информации приводят к несбалансированности параметров в схеме замещения энергообъектов. Проблема устраняется путем решения задачи ОС. В результате решения этой задачи формируется вектор состояния (комплексы узловых напряжений в расчетной схеме), по которым легко вычисляются все остальные параметры режима. Необходимо отметить, что ОС дает сбалансированный режим, имеющий минимальное отклонение от вектора измерений. К сожалению, систематические ошибки в измерениях параметров крайне сложно отделить от полезного сигнала (истинного параметра режима) и это серьезно ухудшает качество решения задачи ОС.

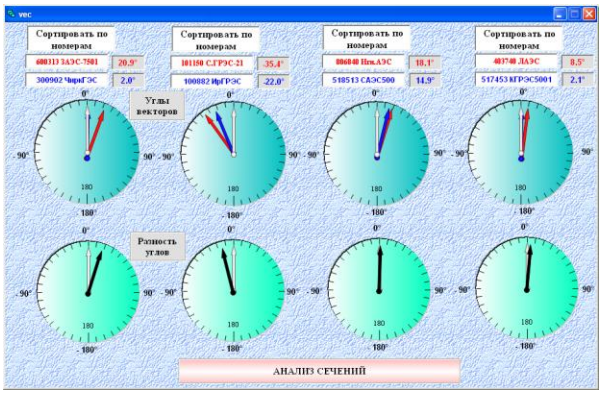


Рис.9. Экранная форма для фаз узлов.

После ОС формируется полная расчетная схема. При этом, получаемая после ОС расчетная схема расширяется за счет всех шин подстанций и ветвей (выключателей). В этой схеме состояние выключателей (ветвей) и параметров генераций в узлах формируются

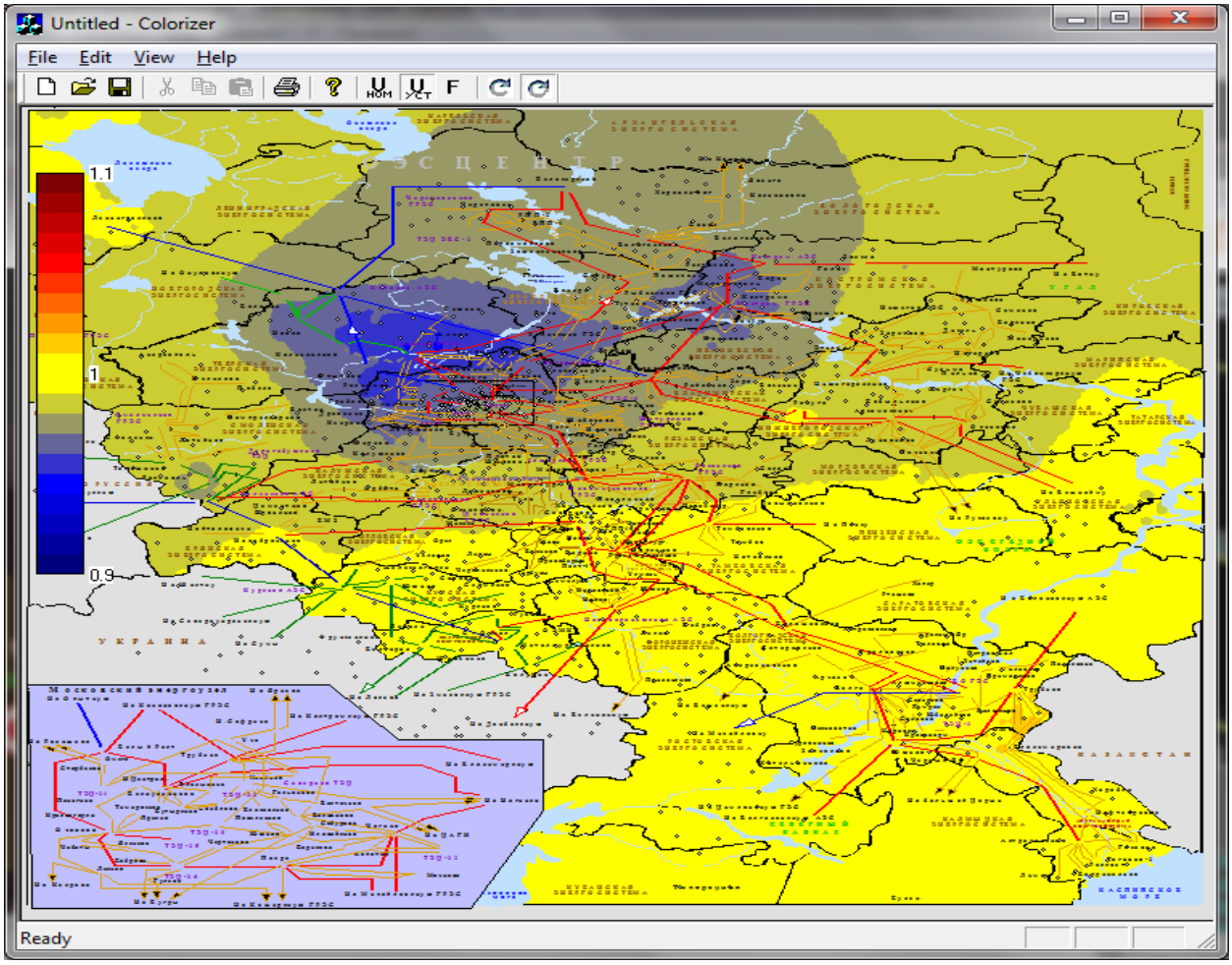


Рис. 10. Профиль уровня напряжения

в сети на фоне карты в момент КЗ непосредственно из данных ОИК (при отсутствии признака недостоверности).

Для мониторинга режима ОС решается с минутным интервалом, а в режимных задачах (например, контроль по критерию N-1, оптимизация режима по U-Q) задача ОС решается с пятиминутным интервалом.

На этом интервале возможен прогон нескольких сотен сценариев (в зависимости от объема расчетной схемы) в задаче контроль по критерию N-1.

Ряд задач РВ (режимный тренажер, советчик диспетчера) используют данные ОС по мере необходимости (по запросу). Советчик выдает рекомендации диспетчеру по ручному управлению переключениями и задает параметры средств управления реактивной мощностью FACTS).

Задачи управления в КУЭС решаются в РВ после проверки на их допустимость (например, управление переключениями). Допустимость переключений в сети проверяется на их соответствие правилам переключений. При отсутствии соответствия блокируется проведение операции.

В настоящее время эта задача находится в стадии разработки.

2. Технологические задачи КУЭС

2.1. Мониторинг режима и топологии сети

Мониторинг режима и топологии сети выполнен в КУЭС традиционно, т.е. средствами человеко-машинного интерфейса (MMI) на индивидуальных (дисплеях) и коллективных (видеостена) средствах.

Система MMI является распределенной и многопользовательской. Управление видеостеной выполняется со специального АРМа.

Система MMI на индивидуальных АРМах пользователя является более динамичной по сравнению с видеостеной в том смысле, что каждый пользователь может иметь свой рабочий стол из панелей управления задачами КУЭС и средствами анализа режима и топологии сети. На рис. 9 представлен пример одной из экранных форм системы отображения на клиентском рабочем месте. Представлены фазы в нескольких узлах расчетной схемы и разности фаз для выбранного набора сечений.

Состояние топологии энергообъектов отображается на структурной схеме контролируемой сети и схемах подстанций. Отключенные ВЛ представлены пунктирными линиями (при одностороннем отключении пунктир до середины ВЛ), а линии находящиеся в ремонте обозначены цветной подложкой.

При нарушении предельных значений параметры режима окрашиваются в заданный цвет.

На рис. 10 представлен фрагмент схемы ЕНЭС на фоне карты местности с профилем уровня напряжений в момент КЗ (темно-синия часть кадра). Пользователь может визуально оценить степень тяжести режима и эффективность системы РЗ и ПА.

Мониторинг текущего режима выполняется по данным БДРВ ОИК и задачи ОС. Автоматизированный режим мониторинга выполняется по запросу, а автоматическая оценка реализована с цикличностью 1 раз в минуту. С такой частотой обычно решается задача ОС.

По данным мониторинга формируются таблицы нарушений режима, моменты срабатывания коммутационных аппаратов и другие события (например, диспетчерские пометки).

В подсистеме мониторинга возможен режим проверки вариантов управляющих воздействий с отображением результатов на схемах, таблицах и графиках. Этот режим работы задачи целесообразен перед выводом (вводом) в ремонт оборудования, анализа ремонтных схем, прохождением максимума диспетчерсого графика и т.д.

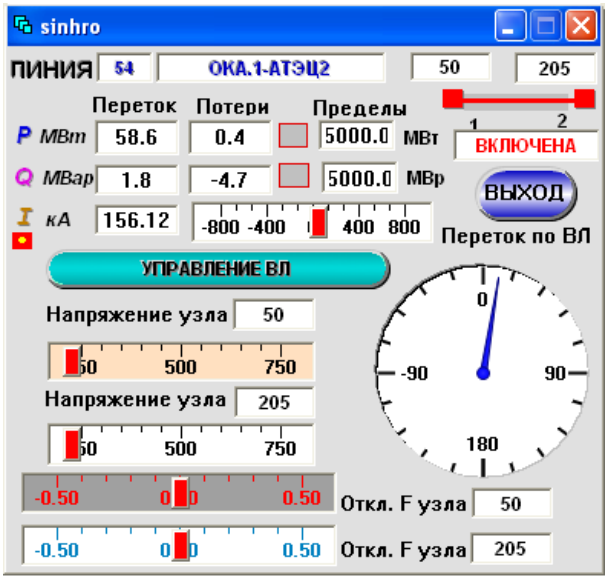


Рис.11. Панель контроля синхронизма

В подсистеме мониторинга существует несколько (см. пример на рис. 11) специальных экранных форм, реализация которых возможна при наличии динамической модели ЭЭС РВ или реальных фазовых измерений PMU в сети.

Система MMI обеспечивает удаленный доступ пользователей к экранным формам средствами Internet. Отображение информации осуществляется стандартным просмотро-вщиком (броузером), а ее формирование и передача выполняется средствами комплекса КАСКАД-НТ. Таким образом, мониторинг сети в рамках КУЭС возможен для удаленных пользователей

2.2. Управление видеостеной

В КУЭС (как и в других программных комплексах, созданных системой конструкторов КАСКАД-НТ) выполняется управление большим диспетчерским щитом. Такое управление выполняется для традиционного (финского) диспетчерского щита в СО ЕЭС. В последние годы диспетчерский щит для сетевых компаний реализован на видеостене, с возможностью отображения не только схем энергообъектов всех типов, но и табличной, графической и иной информации. Управляемыми на схемах являются (см. рис.13) приборы с параметрами режима и состояния выключателей. В нормальном режиме информация приборов и выключателей поступает из БДРВ ОИК, а в случае неисправности источников информации или их отсутствия, возможен режим ручного

управления.

Рис.12. Отображение схемной информации на видеостене.

Значения перетоков мощности указываются с учетом их направления. Обновление информации происходит только при ее изменении. Схема энергообъекта дает информацию о нарушении предварительных и аварийных пределов параметрами режима, состоянии топологии сети (отключенные ВЛ представлены пунктиром, линии в ремонте с цветной подложкой и т.д.).

Управление диспетчерским щитом выполняется со специально выделенного АРМа. При этом, движение курсора мыши воспроизводится только на управляющем АРМе

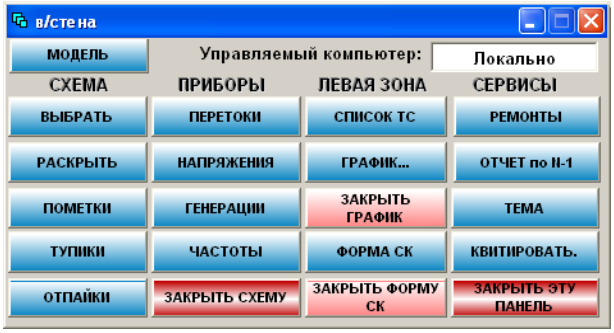


Рис.13. Панель управления видеостеной.

На видеостене, как и на АРМах пользователей могут отображаться подробные схемы подстанций и полные коммутационные схемы целых энергорайонов. Фрагмент подробной схемы подстанции представлен на рис.14. Отличительной особенностью таких схем является возможность управления состоянием коммутационных аппаратов непосредственно со схемы.

Рабочее поле видеостены разделено на несколько зон. На основной части видеостены обычно помещается полная схема контролируемой сети (структурная, режимная или коммутационная). Часть видеостены, обычно 10-20% площади, используется для общих параметров и событий (генерация и потребление отдельных районов, средние температуры воздуха в регионе, запасы топлива и т.д.). В общей области представлена информация о последних переключениях в схеме и список соответствующих подстанций.

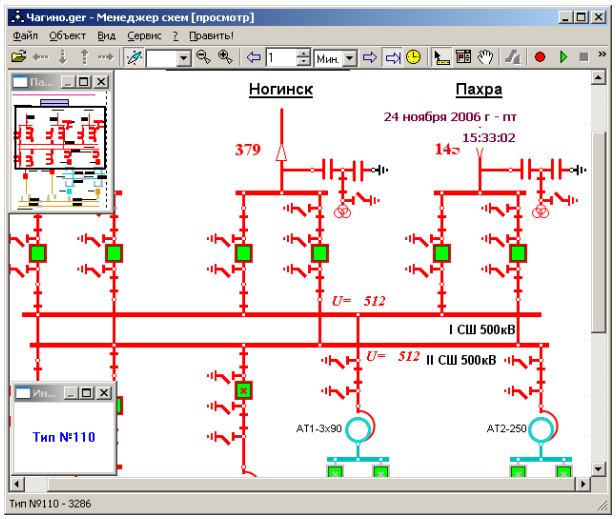


Рис. 14. Фрагмент подробной схемы подстанции

2.3. Программный комплекс РЕТРЕН .

Программный комплекс (ПК) анализа режима РЕТРЕН (сокращение от РЕжимный ТРЕНажер), построенный на базе системы конструкторов КАСКАД и динамической модели ЭЭС реального времени, предназначен для широкого круга специалистов оперативно диспетчерского управления ЭЭС и энергообъединений, службы режимов, РЗ и ПА.

В настоящей работе комплекс РЕТРЕН применяется в задачах оперативного управления сетевых компаний. В комплекс РЕТРЕН включена динамическая модель ЭЭС и энергообъединения РВ и вся система отображения привязана к информации этой модели.

Комплекс РЕТРЕН служит, главным образом, для проведения тренировок оперативного персонала сетевых компаний. Персонал этих компаний в рамках своих компетенций участвует в переключениях коммутационных аппаратов на подстанциях, управлением напряжением, снижением потерь в сети и рядом других задач.

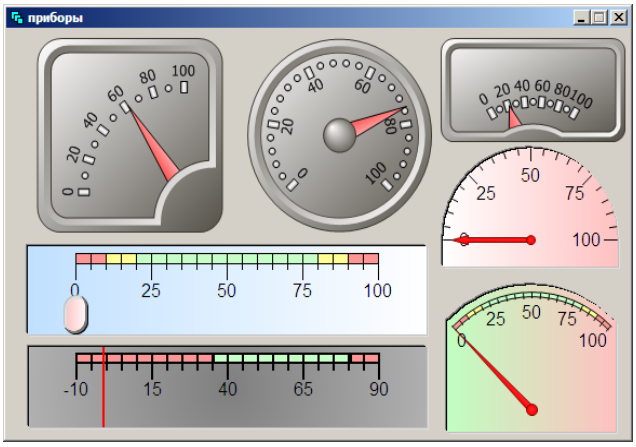


Рис.15. Типовые приборы

Реализация указанных выше задач в тренажере возможна, если обеспечить:

- моделирование электрических режимов энергообъектов,
- моделирование полной коммутационной модели электрической сети,
- действие модели РЗ и ПА,
- информационный обмен между режимной и коммутационной моделью энергообъекта,
- управление моделями пользователем, сценарием тренировки и моделью РЗ и ПА.

В модели ЭЭС реализован алгоритм динамики узла ТЭС и ГЭС и возможность разделения энергообъединения на произвольное количество раздельных несинхронных частей.

В комплексе возможен анализ переходных процессов в нормальных и аварийных режимах .Для полноты реакции, модель дополнена системой противоаварийной автоматики (ПА) (в объеме комплекса МУСТАНГ). Дополнительная возможность состоит в том, что сценарий управляющих воздействий в системе ПА формируется непосредственно со схемы энергообъекта. Эта возможность обеспечивает создания не только достаточно сложных сценариев тренировок, но и формировать сценарии систем РЗ и ПА.

Комплекс РЕТРЕН позволяет решать широкий круг задач от расчета установившихся и переходных режимов в энергосистемах (ЭЭС) и энергообъединениях до задач обучения и тренировки оперативно-диспетчерского персонала. Оценка параметров ЭЭС как объектов управления, вычисление потерь в сетях и затрат по управлению нормальными, утяжеленными и послеаварийными режимами - все эти задачи могут быть решены комплексом РЕТРЕН.

Основная задача тренажерного комплекса – полготовка и проведение тренировок оперативного персонала. Решение этой задачи обеспечивается автоматизацией создания сценариев тренировки, их прохождение в динамической модели энергообъекта и участие инструктора и обучаемых в тренировке на АРМах пользователей

Другой важнейшей компонентой тренажера является модель энергообъекта. В рамках настоящей работы используется упрощенная динамическая модель ЭЭС, представленная ниже. Исходной информацией модели служит расчетная схема в формате ЦДУ (для УР) и параметры динамики узлов (типовые значения).

При необходимости параметры динамики узлов и расчетная схема могут корректироваться. Фрагмент расчетной схемы в графике представлен на рис.16.

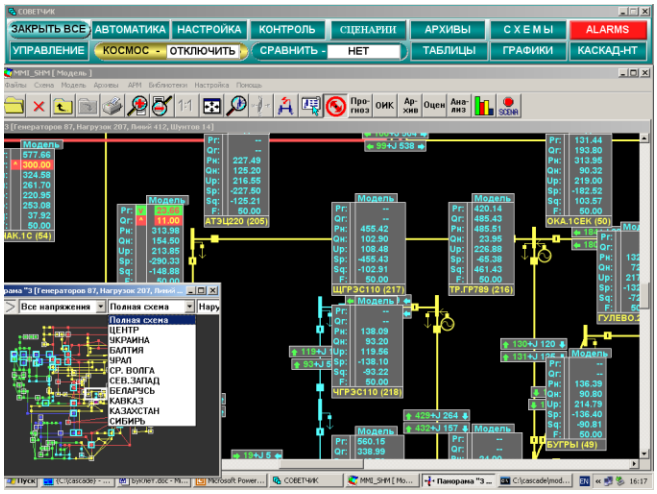


Рис.16. Фрагмент режимной схемы.

Модель ЭЭС РВ в комплексе КУЭС применяется для оценки надежности режима по критерию N-1, в советчике диспетчера, при режимной проработке диспетчерских Заявок и в др. задачах.

2.3.1. Модель узла.

Модель узла в расчетной схеме ЭЭС отражает динамические свойства тепловых и гидравлических энергоблоков электростанций. Моделируются электромеханические и длительные переходные процессы, а также системы регулирования и ПА.

На рис.16 можно задать исходные параметры отдельных узлов расчетной схемы (генерация, потребление, реакторы и т.д), а на рис.16

представлены параметры динамики электромеханических и длительных переходных процессов групп узлов расчетной схемы (Tj турбоагрегата, зону нечувствительности регулятора скорости, коэффициенты крутизны и т.д.).

В развернутой схеме узла на рис. 19 представлены все основные параметры (задаваемые на панели рис. 18) блока ТЭС, а именно:

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

В свою очередь турбина представлена:

- регулятором скорости вращения паровой турбины,
- частями среднего и низкого давления.

На этой схеме в линеаризованном виде представлена простейшая модель котлоагрегата, сохраняющая, однако, физическое подобие с реальным обьектом. Каждый элемент или связь на блок-схеме соответствует одному определенному элементу или физическому явлению в обьекте.

Параметры режима могут отображаться традиционно (на схемах, графиках и т.д.) либо на приборах (см. примеры на рис. 15).

Нерегулируемый котлоагрегат моделируется 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 по частоте и активной мощности.

Параметры динамики узлов по частоте и напряжению задаются указанием соответствующей информационной группы. Обычно достаточно задать всего несколько

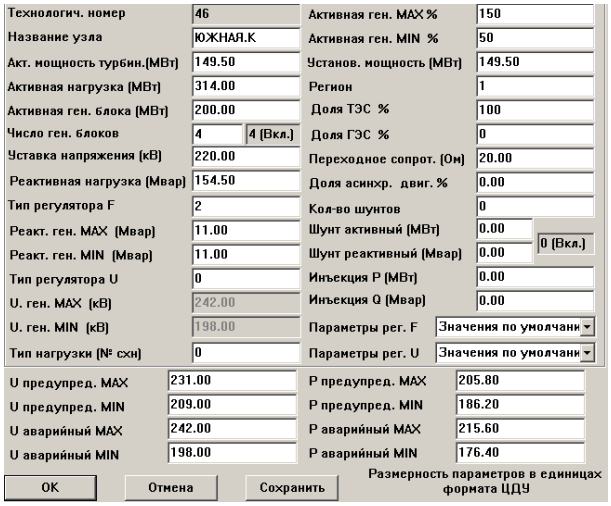


Рис.17. Панель задания параметров узла.

информационных групп (типов) с характеристиками энергоблоков.

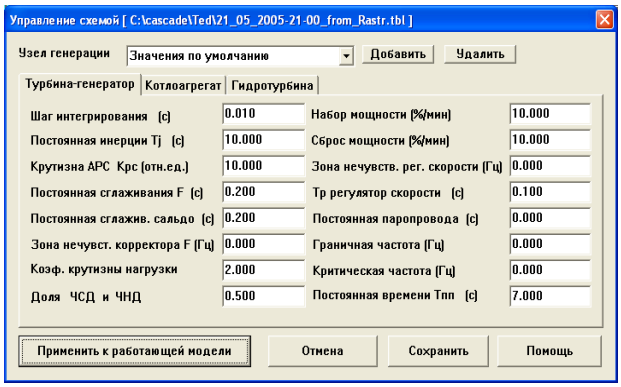


Рис.18. Типовые характеристики узла ТЭС.

Параметры узлов задаются по умолчанию или на панелях (см. рис.17 и рис.18). Подобным образом задаются типы параметров ТЭС и ГЭС.

2.3.2. Модель сети

В КУЭС 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. Решение выполняется с шагом решения системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику узлов. Обычно это 0.01с. В отдельных случаях (при моделировании КЗ или асинхронного режима) шаг моделирования может быть значительно меньше. В модели реализован адаптивный выбор шага.

Расчет потокораспределения выполнен в комплексной форме в предположении постоянства параметров сети на шаге интегрирования.

Комплекс РЕТРЕН обеспечивает:

- ввод текущих параметров режима из ОИК и задачи оценивания состояния (ОС),
- задание режима из формата ЦДУ,
- задание параметров режима оператором,
- задание параметров режима сценарием,
- имитацию с помощью комплекса текущего режима энергосистемы и его динамики,
- использование комплекса РЕТРЕН в качестве автоматизированной обучающей системы (АОС) по анализу нормальных, утяжеленных, аварийных и послеаварийных режимов;

На рис.19 представлена простейшая двухузловая схема энергообъединения. Один из узлов представлен подробно (с регуляторами и котельным оборудованием), а второй узел – обобщенно.

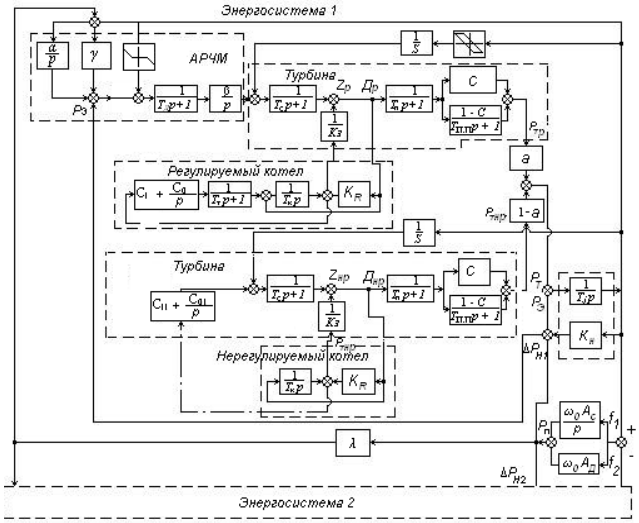


Рис.19. Структурная схема узла ТЭС.

2.3.3. Технологические особенности комплекса РЕТРЕН

Составная часть КУЭС комплекс программ РЕТРЕН для моделирования динамики ЭЭС имеет следующие особенности

- Учет изменений частоты в каждом узле сети;
- Расчет динамических режимов с учетом электромеханических и длительных переходных процессов;
- Возможность моделирования динамических режимов ЭС в реальном масштабе времени (РВ), а также ускоренном и замедленном;
- Использование многоуровневой иерархической модели расчета режима.
- Информационное взаимодействие с коммутационной моделью энергообъединения.
- Анализ топологии сети в реальном времени.
- Информационное взаимодействие с ОС.

Модель длительной динамики комплекса учитывает действие котельной автоматики ТЭС и вторичных регуляторов частоты и мощности (в системе АРЧМ).

Комплекс РЕТРЕН позволяет выполнить:

- расчет УР и переходных процессов в модели ЭС;
- выполнение коммутаций в моделях верхнего и нижнего уровней в режиме РВ;
- функционирование комплекса как режимного тренажера (РТ) диспетчера ЭС;
- функционирование комплекса как тренажера оперативных переключений (ТОП);
- выполнение функций автоматизированной обучающей системы;
- функции советчика диспетчера ЭЭС по надежности ведения режима;
- функции анализа структуры и объемов потерь в сетях разных классов напряжения;
- функции имитатора ЭС при настройке ОИК на объект.

2.3.4. Сервисные возможности комплекса РЕТРЕН:

- отображение информации о режиме в виде схем, таблиц, графиков, гистограмм и дисплейных аналогов диспетчерских приборов (см. рис.15);
- управление режимом модели и топологией сети непосредственно со схемы ЭС посредством клавиатуры или мышью;
- формирование графической схемы энергообъединения и отдельных подстанций (в том числе автоматически);
- формирование нормативно-справочной и режимной информации в виде электронных таблиц;
- формирование и отображение ретроспективной информации о параметрах режима и событиях в комплексе;
- оперативная коррекция структуры отображаемой информации (настройка системы отображения).
- сравнение расчетов модели с расчетами других комплексов (РАСТР, КОСМОС и др.).

Основным элементом системы РЕТРЕН является модель ЭЭС с учетом динамики электромеханических и длительных переходных процессов. Такая модель ЭЭС является, по существу, всережимной, что позволяет

моделировать все виды аварий, в том числе сложные каскадные аварийные процессы.

Система отображения РЕТРЕН позволяет выполнить анализ режима ЭЭС в переходном и установившемся режиме (см. рис. 9 - 11), управление топологией сети и режим с помощью панелей управления, графиков, таблиц и других экранных форм (см. рис.17,18,20). Управление моделью ЭЭС возможно как по отдельным узлам сети, так и отдельными районами (регионами) и всей схемой в целом.

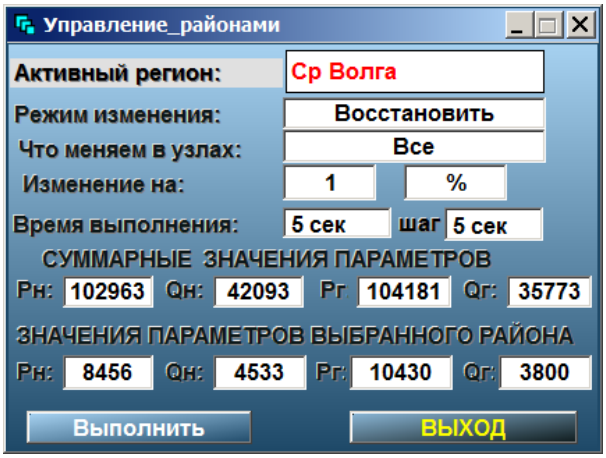


Рис.20. Панель управления районом

2.4. Универсальный Тренажер диспетчера ФСК.

2.4.1 Режимный Тренажер.

Тренажерный комплекс РЕТРЕН выполняет функции тренажера-советчика. Комплекс предназначен для обучения проведения мониторинга режима и топологии и порядка производства переключений в сети. Основная задача комплекса - проведение тренировок с диспетчерским и оперативным персоналом, а также отработка навыков по контролю за режимом работы энергосистемы.

На рис. 21 Представлена стартовая панель тренажера оперативного персонала сетевой компании. По кнопке **АНАЛИЗ** можно выполнить самостоятельную подготовку к проведению тренировки, анализ режима моделируемой ЭЭС, настройку систем регулирования и ПА. Ряд кнопок этой панели предназначен для вызова АРМа обучаемого диспетчера, посредника или руководителя тренировки. При необходимости контроля правильности переключений Он совмещает в себе функции контроля топологии и режима энергосистемы и производства переключений на подстанции.следует вызвать АРМ по кнопке **ТОП**.

И, наконец, при работе с полномасштабным тренажером оперативных переключений, необходимо вызвать АРМ по кнопке **Корвин**.

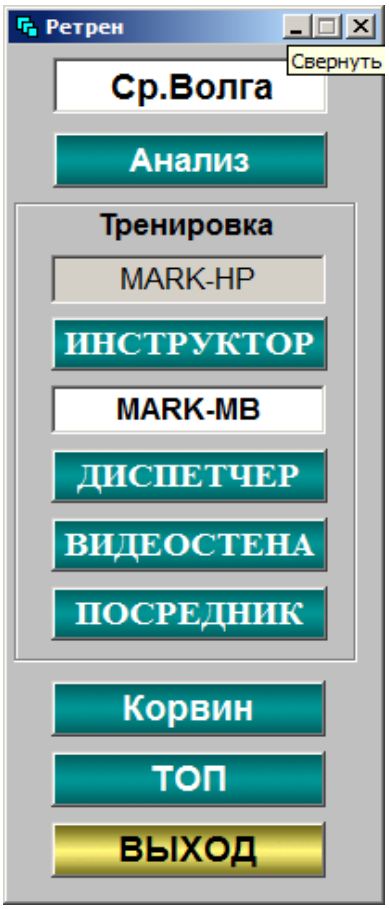


Рис.21. Стартовая панель тренажера ФСК.

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

На рис.22. представлен фрагмент оперативной схемы сети МЭС Средней Волги. Это та схема, которую диспетчер видит на видеостене на своем рабочем месте. С этой схемы диспетчер может раскрыть любую подробную схему подстанции, на которой проводить переключения коммутационных аппаратов, изменения параметров генерации и потребления и другие операции.

На рис. 23 Представлена всплывающая панель для управления тренажеров в режиме **АНАЛИЗ**. На этой панели можно задать исходный режим (базовый, текущий, архивный), выбрать режим управления.в том числе ручное непосредственно со схемы ЭЭС или подробных схем подстанций.

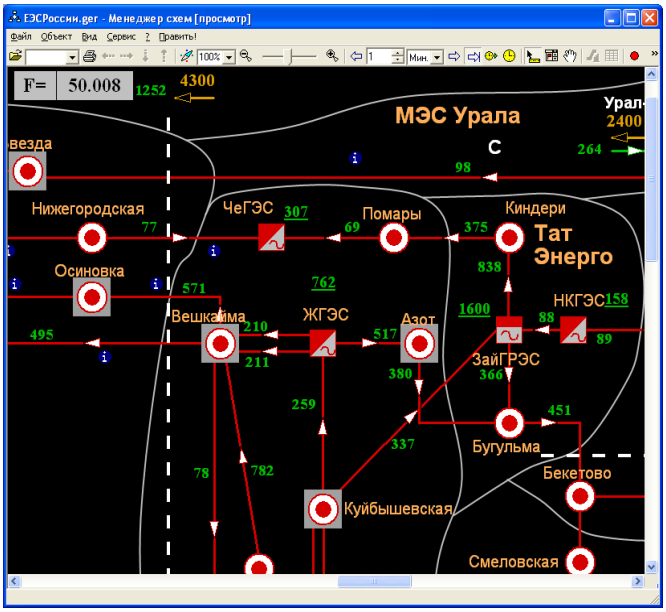


Рис.22. Фрагмент оперативной схемы тренажера

С панели на рис. 23 можно выбрать необходимую графическую информацию (на схемах, таблицах, графиках и т.д.) и задать (по кнопке **СЦЕНАРИИ**) исполняемые сценарии тренировок.

В рабочем режиме формируется журнал тренировки, в котором фиксируются все действия обучаемых, сценария, инструктора и ошибки управления.

При анализе тренировки возможно сопоставление журнала тренировки с графиками ретроспективы заданных параметров режима и состояний коммутационных аппаратов..

Достоинством тренажера **РЕТРЕН** является возможность формирования текущего или архивного режима ЭЭС. Для этого комплекс **РЕТРЕН** может загружать режим после оценивания состояния задачей **КОСМОС**. В тех случаях, когда решить задачу ОС не удается, приблизиться к реальному режиму ЭЭС можно используя информацию о генерации и состоянии выключателей из ОИК. Дальнейшее приближение к необходимому режиму в модели ЭЭС выполняется путем управления генерацией и потреблением отдельных регионов или узлов расчетной схемы.

Тренажер работает по принципу клиент-сервер. На машине инструктора работает модель ЭЭС, а остальные участники тренировки удаленно, со своих рабочих мест, просматривают схемы, воздействуют через них на общую модель.

В процессе реальных тренировок управление моделью ЭЭС обычно выполняет инструктор или руководитель тренировки.

Работа ведется с двумя видами схем: общей структурной (см. рис.22) и подробными (см. рис.24) для п/станций. Управление

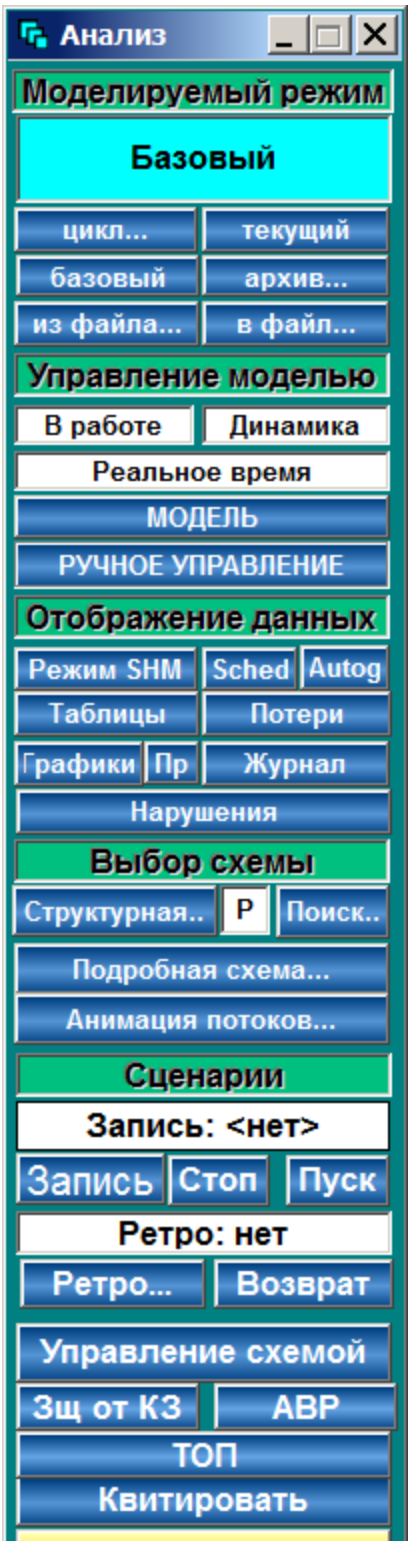


Рис. 23. Всплывающая панель для ТОП/ моделью ЭЭС возможно с этих видов схем.

тренировки инструктор может запустить заранее подготовленный сценарий тренировки.

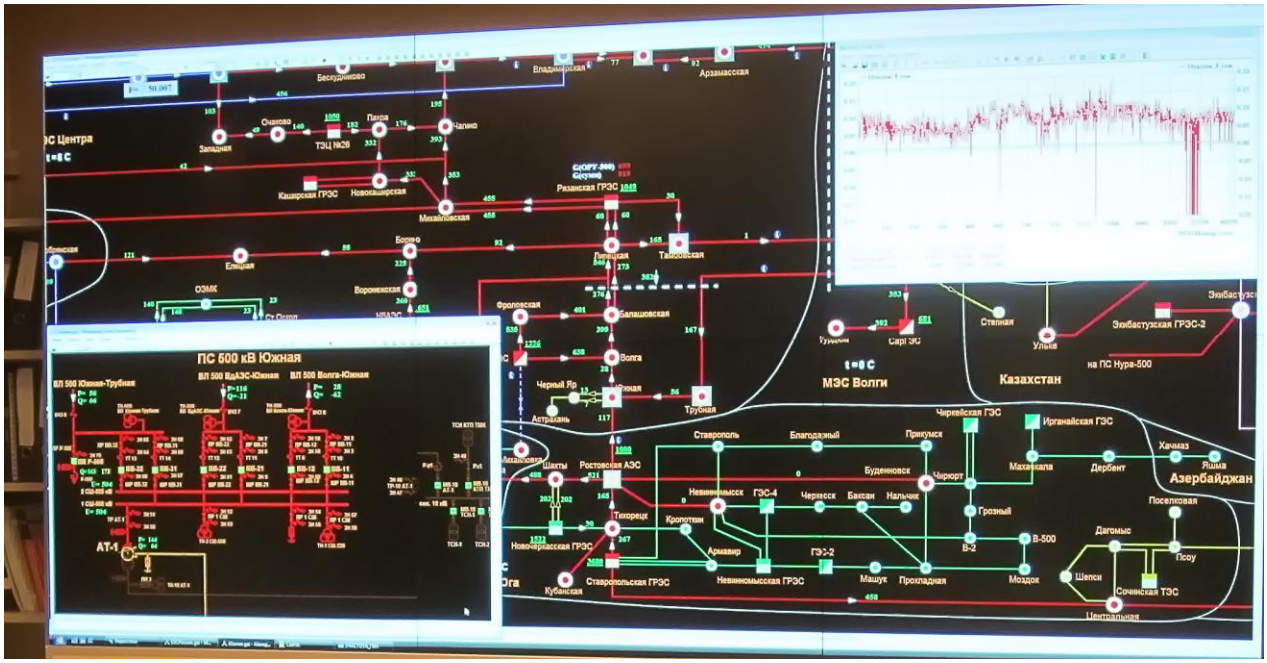


Рис.24. Структурная схема на видеостене

Помимо коммутаций обучаемый может ставить диспетчерские пометки на оборудование схем.

Как и в реальном ОИК, предусмотрено отображение прошлых режимов, а также показ графика заданного параметра во времени. Участники тренировки могут обмениваться мгновенными сообщениями. В процессе

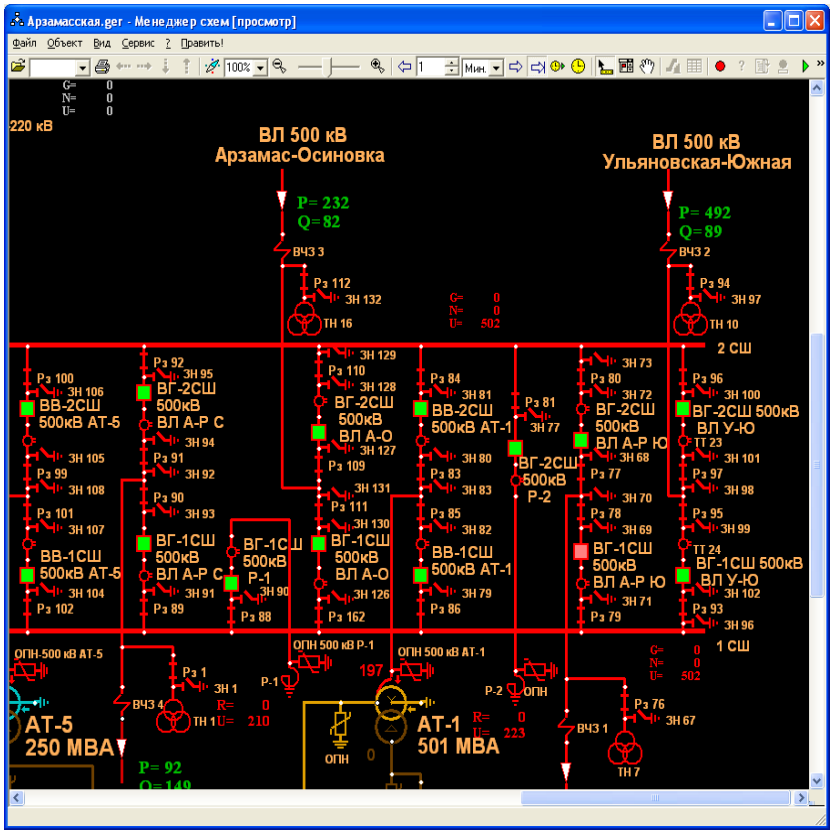


Рис. 25. Фрагмент схемы п/станции.

В сценарий могут входить коммутационные операции, короткие замыкания, изменение генерации, нагрузки и других параметров режима.

2.4.2. Тренажер оперативных переключений (ТОП).

В комплекс КУЭС составной частью входит тренажер оперативных переключений. В нем возможна проверка универсальных правил проведения переключений (см. рис.28), а также проверка выполнения конкретного задания. Возможен контроль по заранее заготовленному бланку переключений.

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.

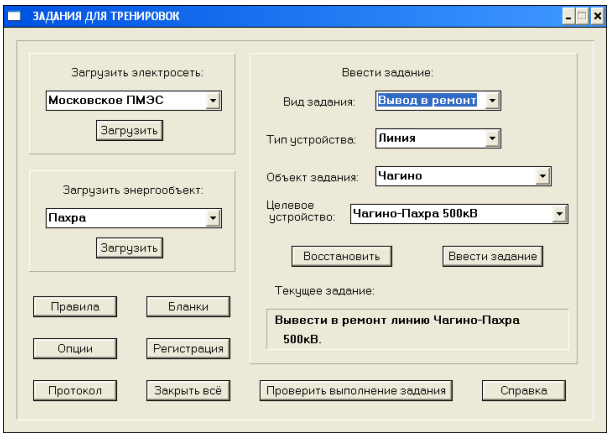


Рис.26. Задание на тренировку

Задания на тренировку (см. рис. 26) 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 в соответствии с правилами переключений (см. рис. 27).

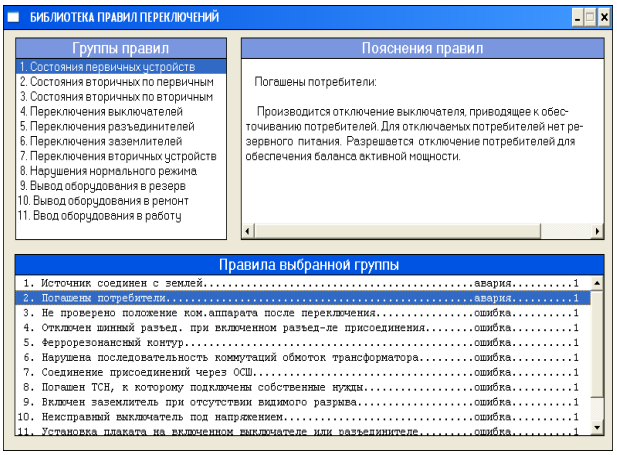


Рис.27 Список и пояснения правил переключений.

Обычно для тренажера используется видеостена небольшого размера (3x2 куба). При этом отображается только часть полной схемы (см. рис. 24).

По результатам тренировки формируется (см. рис.28) 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. Перед началом тренировки ее исходное состояние нужно загрузить.

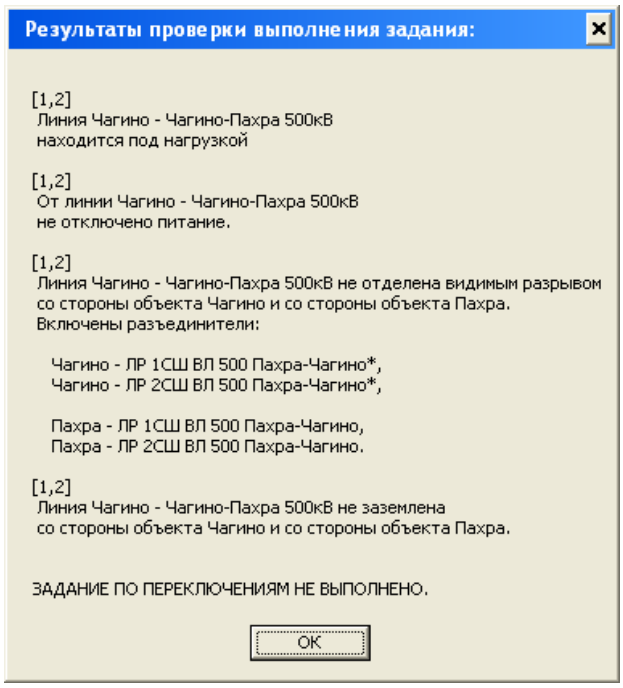


Рис. 28. Результат проверки правил ТОП.

Нужно также указать вид задания («вывод в ремонт» или «ввод в работу») и то устройство, для которого это задание нужно выполнить (ЛЭП, трансформатор, секция шин, выключатель).

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

Существует набор исключений из правил, которые позволяют настроить систему на нужный уровень сложности тренировки.

ТОП содержит систему подсказок и пояснений (см. рис.28) к каждому действию и может служить обучающей системой в процессе подготовки диспетчерского состава.

2.5. Минимизация потерь в сети.

Одной из технологических задач КУЭС, решаемой в темпе РВ является минимизация потерь электроэнергии в сети. Задача решается циклически на базе динамической модели ЭЭС по данным ОИК и ОС (с периодом 1-5 мин).

На рис. 29 представлен график изменения потерь в процессе минимизации на фоне карты местности, окрашенной в соответствии с отклонениями приведенных напряжений в узлах сети. В левой части рисунка дана шкала относительных напряжений в узлах сети.

Процесс минимизации потерь для расчетных схем порядка 1000 узлов требует порядка 5 – 10 с. времени на типовой ПЭВМ.

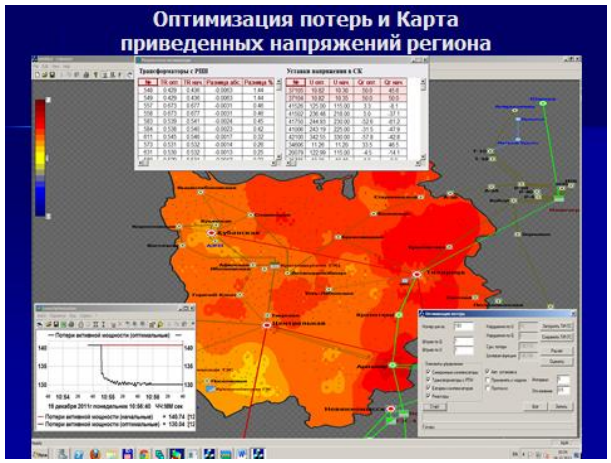
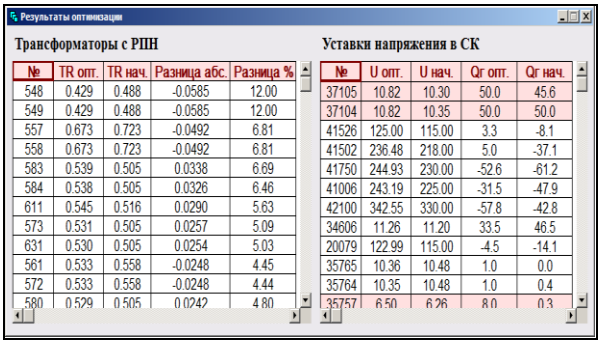


Рис.29 Карта напряжений при оптимизации U-Q

В задаче можно задать тип оборудования и конкретные его экземпляры, участвующие в процессе минимизации потерь. В процессе минимизации общий фон напряжений в узлах сети повысился (карта приобрела оранжевый фон).



Результаты оптимизации

Трансформаторы с РПН

№	TR опт.	TR нач.	Разница абс.	Разница %
548	0.429	0.488	-0.0585	12.00
549	0.429	0.488	-0.0585	12.00
557	0.673	0.723	-0.0492	6.81
558	0.673	0.723	-0.0492	6.81
583	0.539	0.505	0.0338	6.69
584	0.538	0.505	0.0326	6.46
611	0.545	0.516	0.0290	5.63
573	0.531	0.505	0.0257	5.09
631	0.530	0.505	0.0254	5.03
561	0.533	0.558	-0.0248	4.45
572	0.533	0.558	-0.0248	4.44
580	0.529	0.505	0.0242	4.80

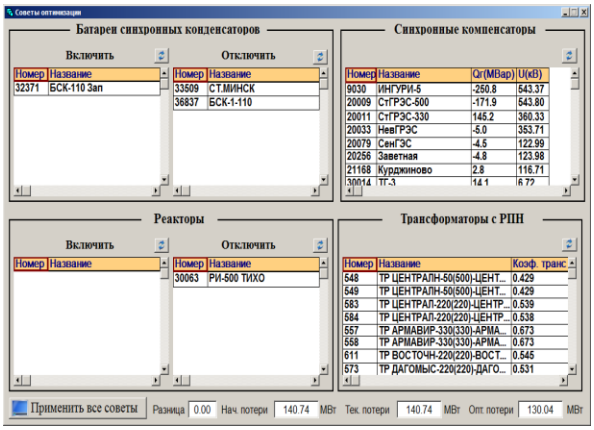
Уставки напряжения в СК

№	U опт.	U нач.	Qг опт.	Qг нач.
37105	10.82	10.30	50.0	45.6
37104	10.82	10.35	50.0	50.0
41526	125.00	115.00	3.3	-8.1
41502	236.48	218.00	5.0	-37.1
41750	244.93	230.00	-52.6	-61.2
41006	243.19	225.00	-31.5	-47.9
42100	342.55	330.00	-57.8	-42.8
34606	11.26	11.20	33.5	46.5
20079	122.99	115.00	-4.5	-14.1
35765	10.36	10.48	1.0	0.0
35764	10.35	10.48	1.0	0.4
35757	6.50	6.26	8.0	0.3

Рис.30. Результаты минимизации потерь

.

Интенсивность окраски указывает на значение отклонения напряжений от номинальных значений. Результат минимизации потерь с путем изменения параметров и режима сети можно наблюдать в таблицах на рис. 30. Приведены значения коэффициентов трансформации до и после оптимизации, а также уставки в синхронных компенсаторах. Эти и другие таблицы служат для формирования рекомендаций (см. рис.31) диспетчерскому персоналу при оптимизации потерь в реальном режиме.



Советы оптимизации

Батареи синхронных конденсаторов

Включить

Номер	Название
32371	БСК-110 Зап

Отключить

Номер	Название
33509	СТ.МИНСК
36837	БСК-1-110

Синхронные компенсаторы

Номер	Название	Qг(МВар)	U(кВ)
9030	ИНГУРИ-5	-250.8	543.37
20009	СтГРЭС-500	-171.9	543.80
20011	СтГРЭС-330	145.2	360.33
20033	НевГРЭС	-5.0	353.71
20079	СевГЭС	-4.5	122.99
20256	Заветная	-4.8	123.98
21168	Курджиново	2.8	116.71
30014	ТГ-3	14.1	6.72

Реакторы

Включить

Номер	Название

Отключить

Номер	Название
30063	РИ-500 ТИХО

Трансформаторы с РПН

Номер	Название	Коэф. транс
548	ТР ЦЕНТРАЛН-50(500)-ЦЕНТ...	0.429
549	ТР ЦЕНТРАЛН-50(500)-ЦЕНТ...	0.429
583	ТР ЦЕНТРАЛ-220(220)-ЦЕНТР...	0.539
584	ТР ЦЕНТРАЛ-220(220)-ЦЕНТР...	0.538
557	ТР АРМАВИР-330(330)-АРМА...	0.673
558	ТР АРМАВИР-330(330)-АРМА...	0.673
611	ТР ВОСТОЧН-220(220)-ВОСТ...	0.545
573	ТР ДАГОМЫС-220(220)-ДАГО...	0.531

Применить все советы | Разница 0.00 | Нач. потери 140.74 МВт | Тек. потери 140.74 МВт | Опт. потери 130.04 МВт

Рис.31. Рекомендации по минимизации потерь

2.6. Экспертные системы

Комплекс КАСКАД-НТ интегрирован с инструментальной экспертной системой МИМИР-3, предназначенной для создания прикладных интеллектуальных систем. Реализованы прикладные системы: оперативная режимная проработка ремонтных заявок, оперативная «релейная» проработка ремонтных заявок, годовое и месячное планирование ремонтов электротехнического оборудования, анализ нештатных ситуаций на электрических подстанциях.

Рис. 32. Анализ нештатных ситуаций.

Экспертная система используется в ТОП для анализа допустимости переключений при формирования бланка переключений и его выполнении.

Система анализа нештатных ситуаций для подстанций ПАНС (см. рис.32) получает из АСУ ТП протокол событий (срабатывания устройств РЗА, переключения выключателей), осуществляет диспетчерский экспресс-анализ, отображает краткое

```
================================
заявка   122  : 2 янв 12г. 1.00 --19 фев 12г. 1.00
плановая
разрешена
вывод
ВЛ 500 Тамбов - Пенза
НА ВРЕМЯ ОПЕРАЦИЙ
2400    Центр-Восток                    из Центра
3500    Восток-Центр                    в Центр
4000    СВЦ-2                           в Центр
2000    II сеч. Моск. кольца + Тамбов-Пенза  на
Север
.........    ВЛ500 Лип.Вост,Лип.З.,РГРЭС-Тамб.(у шин
             РГРЭС),П-Т  на юг
Рмакс доп лип.в.,лип.з.,ряз-т.
1900    ВЛ 500 ЧеГЭС-Ниж,Осин.-Вешк,Арз.-
             Вешк,Тамбов-Пенза  на Урал
3100    ВЛ 500 ЗайГРЭС-Кинд,Осин-Вешк,Арз.-
Вешк,Тамб-Пенза  в Центр
НА ВРЕМЯ ЗАЯВКИ
2400    Центр-Восток                    из Центра
3500    Восток-Центр                    в Центр
4000    СВЦ-2                           в Центр
2000    II сеч. Моск. кольца + Тамбов-Пенза на Север
НА ВРЕМЯ ОПЕРАЦИЙ при отключенном
             состоянии  ВЛ 500 Костромская ГРЭС - Луч
1200    Центр-Восток                    из Центра
2500    СВЦ-2                           в Центр
НА ВРЕМЯ ЗАЯВКИ   при отключенном сстоянии
            ВЛ 500 Костромская ГРЭС - Луч
1200    Центр-из Центра
2500    СВЦ-2                           в Центр
--------------------------------
 отключаются выключатели :
Тамбовская
Тамбовская        В-532
Тамбовская        В-534
 отключаются выключатели :
Пенза
Пенза     ВВ-3
Пенза     ВВ-4
==============================
```

Рис. 33.Пример проработки Заявки.

параметров режима при разрешении заявки. В Базу знаний системы входит топологическая модель электрической сети, база по инструкциям. Ввод заявок в систему может производиться как в ручном режиме, так и автоматически от информационной системы «Заявки». На рис. 33 приведен пример проработки Заявки.

Проработка заявок осуществляется по системе приоритетов, автоматически назначаемых при вводе заявок – в зависимости от вида заявки (плановая, неплановая, неотложная, действующая и пр.), вида оборудования, уровня номинального напряжения.

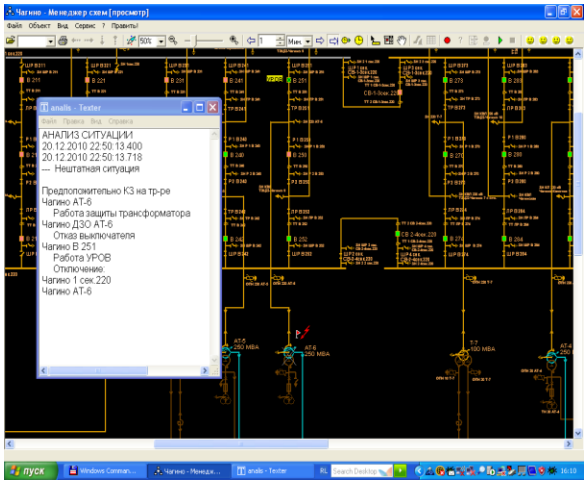


Рис.34. ПАНС в работе.

К заявленному времени прорабатываемой заявки система автоматически приводит множество уже проработанных (разрешенных) заявок и их временами, наложенными на временной интервал прорабатываемой заявки и набранными по разрешенным заявкам режимными ограничениями. По сочетанию уже выведенного по разрешенным заявкам оборудования и оборудования, выводимого по прорабатываемой заявке, система автоматически выбирает из Базы инструкций режимные указания об ограничениях, которые должны быть наложены на параметры режима при разрешении прорабатываемой заявки. В результате система выдает рекомендации для пользователя о решении по заявке (разрешить, отказать, перенести) и по необходимым ограничениям. Пользователь может корректировать рекомендации системы.

Проработка Заявок на модели ЭЭС также представлена в КУЭС. Эта задача решается на реальном текущем или прогнозном режиме ЭЭС. В этом случае исходный режим формируется на базе ОС энергообъекта и далее активизируются актуальные на определенный момент времени Заявки. Результат расчета оценивается с точки зрения надежности режима и отсутствия нарушений пределов параметрами режима.

На рис. 35 представлена экранная форма для режимной проработки Заявок. На форме представлен фрагмент оперативной схемы с элементами

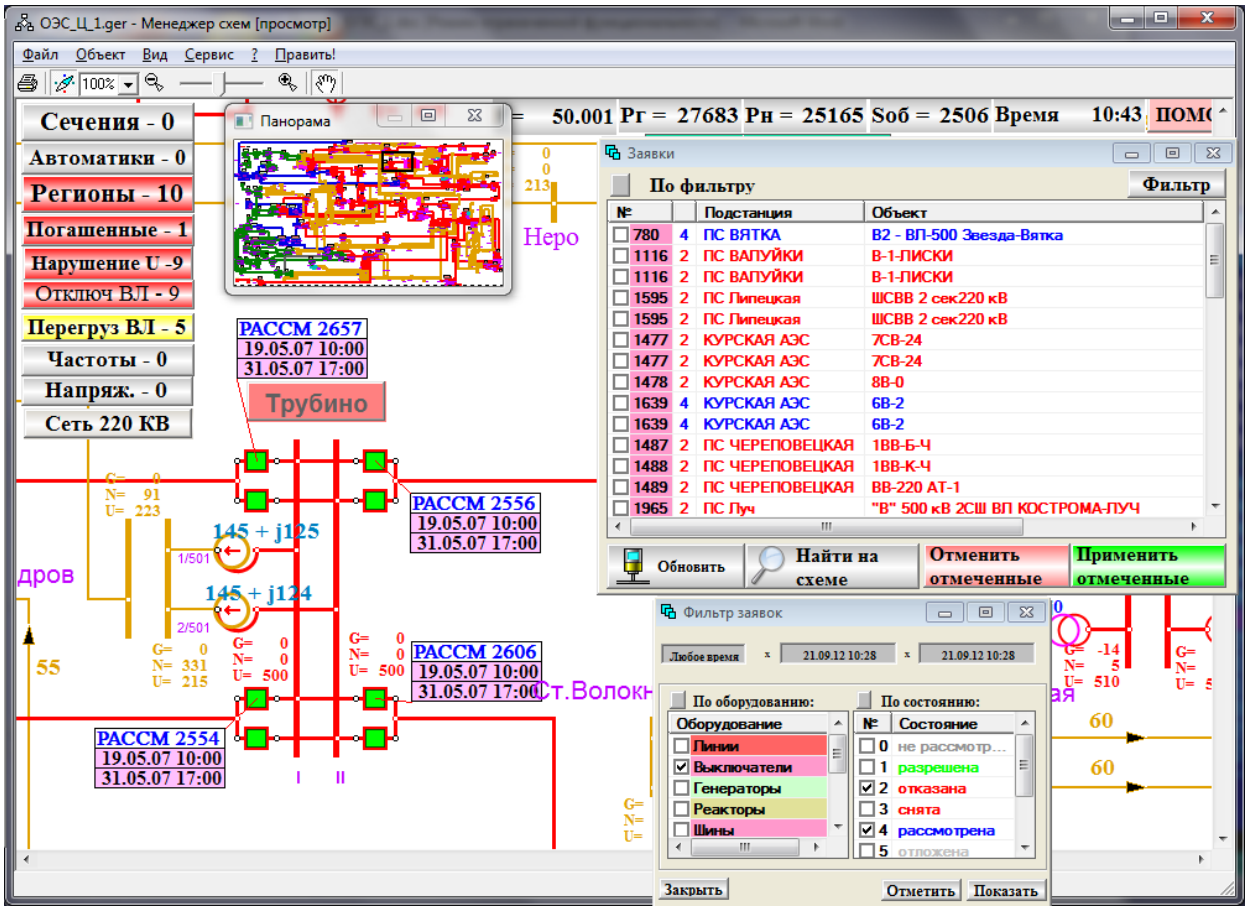


Рис.35. Фрагмент оперативной схемы с элементами Заявки.

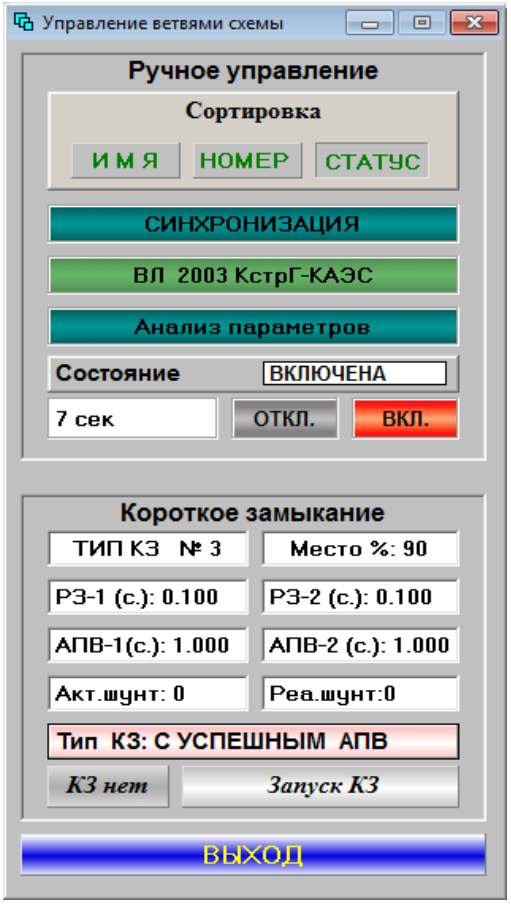


Рис.36. Панель управления КЗ

основного оборудования. Отдельные элементы (выключатели) отмечены табличками с параметрами Заявок. В табличках указаны основные параметры Заявок (тип заявки, время и др.)

В отдельном окне представлен список всех выбранных Заявок, а в другом окне фильтр по выбору типа оборудования (ВЛ, энергоблоки, выключатели и т.д.), состояния заявки (открыта, разрешена, закрыта и т.д.).

Пользователю представлена возможность выполнить реализацию заявок на модели ЭЭС для текущего или прогнозного режима, ремонтной схеме и т.д.

2.8. Расчет токов коротких замыканий

Задача позволяет моделировать действия трёхфазных коротких замыканий на ветвях расчётной схемы. Возможно задание места короткого замыкания, замыкания на землю через шунт и моделирование действия РЗА для этих замыканий. Моделирование производится на динамической модели реального времени и позволяет получать все расчётные параметры режима.

Задание параметров КЗ выполняется на панели (см. рис. **36**), которая вызывается непосредственно со схемы энергообъекта.

Ряд параметров КЗ (место, тип, величины шунтов и т.д.) исходно задаются по умолчанию, но при необходимости могут устанавливаться пользователем.

Подготовка задачи расчёта коротких замыканий включает этапы:

- Формирование расчетной схемы.

- Формирование текущего режима.

- Моделирование трёхфазных коротких замыканий с указанием места КЗ на линии (задаётся в процентном соотношении).

- Моделирование трёхфазных коротких замыканий при возникновении КЗ на землю через шунт (задание активной и реактивной составляющей шунта).

- Моделирование трёхфазных коротких замыканий без действия Автоматики Повторного Включения (АПВ), с успешным действием АПВ и с неуспешным действием АПВ.

- Моделирование трёхфазных коротких замыканий с заданием различных временных уставок для АПВ.

- Анализ режима при различных этапах развития коротких замыканий с помощью табличной, графической и схемной информации.

Для анализа КЗ переходные процессы можно отобразить на графиках в РВ (или замедленном темпе).

2.9.Система автоматизированного проектирования распределительных сетей (САПР-НТ)

Назначение САПР-РС. Комплекс САПР-РС предназначен для создания, поддержки и модернизации оптимальных схем развития ЭС. Комплекс формирует электрические схемы всех типов (режимные, структурные, оперативные и подробные) на фоне геоподложки. Технологические программы комплекса САПР-РС позволяют проверить существование и надежность установившихся и переходных режимов (нормальных, утяжеленных и аврийных). Комплекс позволяет формировать оптимальные схемы развития ЭС с учетом систем релейной защиты (РЗ) и ПА

Программный комплекс (КП) САПР-РС построен на базе системы конструкторов КАСКАД, динамической и коммутационной модели ЭЭС реального времени (РВ), автоматизированном разрисовщике расчетных схем, технологическом комплексе **EMS** мониторинга надежности режима и отображения режимной и иной информации из систем **SCADA** и расчетных программных комплексов..

Область применения. КП САПР-РС является надстройкой над SCADA системой и применяет информационное обеспечение этой системы о составе и параметрах контролируемой ЭЭС.

КП САПР-РС применим для ЭС всех классов напряжения и состава энергооборудования. Наиболее важной эта система является для проектирования распределительных ЭС, где ряд задач (например, управление ремонтными бригадами) решается с использованием гео - информационной системы (ГИС).

КП САПР-РС функционально состоит из трех основных частей:

- авторазрисовщика режимных схем (построитель графов).

- геопостроитель электрических схем (аналог геоинформационной системы).

- технологический блок задач контроля.

Каждая из этих частей может функционировать в изолированном режиме, но наибольший (синергитический) эффект достигается при совместной работе всех трех частей.

Авторазрисовщик (программа AutoGraph)

строит граф (узлы-ветви), который достаточен для формирования графического образа расчетной схемы. Одновременно формируется база данных (БД) для выполнения расчета режима ЭЭС.

Геопостроитель позволяет привязать графический образ расчетной схемы к географическим координатам на карте местности. Отображение таких схем с параметрами режима выполняет либо сам Авторазрисовщик либо практически любая ГИС.

И, наконец, последняя часть **КП САПР-РС** решает необходимые технологические задачи. Это расчет установившегося (УР) и переходного (ПР) режима, контроль его на надежность, оптимизация режима, оценка потерь в сетях и множество других.

Собственно, основное отличие рассматриваего **КП САПР-РС** от классических ГИС заключается в наличие технологического блока и возможности решать соответствующие задачи без подключения специализированных ПК.

Программа Автограф. Программа Автограф предназначена для автоматической и ручной расстановки узлов сети на плоскости по информации о связях в сети. Узлы сети могут иметь разнообразную природу (компрессоры нефте или газопровода, узлы связи, магазины торговой сети и т.п.). На рис.**37** дано основное окно

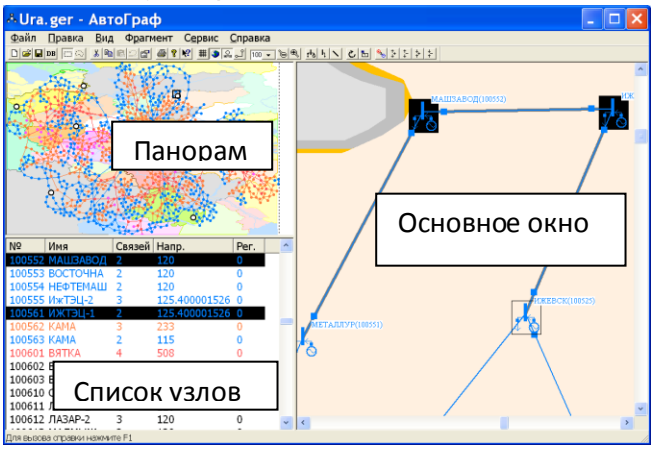


Рис.37. Интефейс программы Автограф.

программы, окно со списком узлов и панорамой. Сама схема ЭЭС размещена на фоне геоподложки в виде обычной карты местности, на которой закреплены объекты. В качестве подложки может быть использован любой видеообраз в допустимом формате (например, **BMP**, **JPEG** и др.).

Основное окно содержит инструментальную панель и Главное меню. С помощью него можно вызвать диалог свойств узла/линии (рис.38), выбросить на схему соседей выбранного узла, убрать выбранные узлы со схемы, прикрепить/открепить узлы к их текущим координатам, сменить генераторный тип узла на нагрузочный и наоборот.

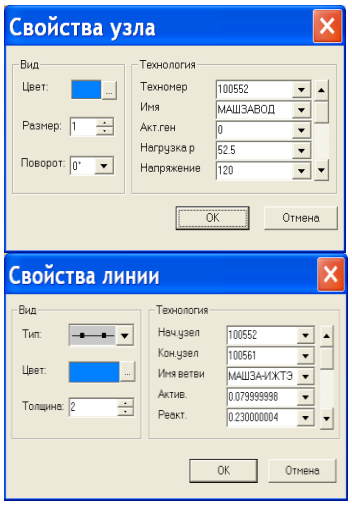


Рис**38**. Панели задания свойств ветвей и узлов.

Щелчком правой кнопкой по узлу (или нескольким предварительно выделенным узлам) вызывается контекстное меню. С помощью него можно вызвать диалог свойств узла/линии (рис.**38**), выбросить на схему соседей выбранного узла, убрать выбранные узлы со схемы, прикрепить/открепить узлы к их текущим координатам, сменить генераторный тип узла на нагрузочный и наоборот.

В основном окне рис.**37** можно вызвать контекстное меню. Но в этом случае в нем будут присутствовать команды, применяемые ко всей схеме в целом: задать параметры сетки, по которой будут выравниваться координаты узлов в процессе рисования, задать цвета отдельных элементов интерфейса. Перемещаться по схеме можно линейками

прокрутки либо “царапанием” придерживая клавишу **Shift**. Перемещаться вертикально и горизонтально можно с помощью колеса мыши и колеса с клавишей **Alt** соответственно.

Панорама. На панораме (рис.**1**) показывается вся схема целиком в мелком масштабе. Тот небольшой участок схемы, который в данный момент отображается в основном окне, изображен на панораме толстой рамкой. Перетаскивая мышкой эту рамку (нажать кнопку и не отпуская смещать мышь) можно “перемещаться” по схеме. Просто щелчки левой кнопкой по панораме смещают основное окно в выбранное место на схеме. Растягивая правой кнопкой мыши рамку на панораме, можно показать выбранный участок на схеме (возможно с маленьким масштабом) или напечатать выбранный участок.

Команды КП САПР-РС. Команда ***Открыть базу*** DB загружает информацию о связях в сети (tbl-файл). Информация о связях узлов может быть загружена из текстового файла (в формате ЦДУ). Все команды пользователя активизируются на инструментальной панели, общем и контекстном меню.

Отметим, что сформированные или корректируемые схемы можно тут же проверить на существование режима и получить все критические параметры (узлы и ветви с нарушениями, опасные сечения и т.п.).

Авторазрисовка. В простом способе, необходимо загрузить нужную БД со связями и нажать кнопку . При этом схема разрисуется заданным алгоритмом. Типовые части схемы (линейные, круговые) сформируются идеально правильно. Узлы с известными координатами можно закрепить на фоне карты.

Рациональные методы разрисовки состоят в закреплении известных узлов по координатам на карте и затем включаем авторазрисовку остальных узлов. Другой такой метод состоит в привязке узлов по регионом и затем в объединении полученных фрагментов. И, наконец, наиболее часто предпочитают начинать разрисовку и закрепление координат узлов с высших уровней напряжений.

Автоматическая разрисовка сложных схем, как правило, требует их ручной коррекции пользователем. Ручная разрисовка схемы целесообразна для сравнительно простых топологических структур энергообъектов.

Для файла подложки поддерживаются следующие графические форматы (расширения файлов): **emf, wmf, bmp, jpg, png, gif**. Для файла подложки поддерживаются следующие графические форматы (расширения файлов): **emf, wmf, bmp, jpg, png, gif**. Чтобы заданная картинка воспринималась Автографом как подложка (карта) к схеме, она должна храниться в файле с тем же именем, что и схема (**ger**-файл) и лежать в том же каталоге.

Изломанный характер линий выполняется путем добавки на них изломов и формирования необходимой конфигурации ЛЭП.

В качестве подложки может использоваться не только карта, но и любой файл (например, вид рабочего места диспетчера) в указанном формате.

Основным достоинством программы **AutoGraph** является возможность автоматического заполнения БД исходной информацией для выполнения расчетов режима и топологии сети.

Печать схемы. Схема печатается в **2** этапа: сначала задают, как печатать, а потом уже непосредственно отправляют схему на печать. При выборе опции ***Разместить не более чем на*** масштаб подбирается автоматически из расчета разрешенного числа страниц. Но следует иметь в виду, что максимальный масштаб при этом не превысит **100** %. Если разрешенное число страниц по какому-либо направлению больше необходимого, оно

будет уменьшено. Реальное число страниц, которые будут напечатаны, будет показано на диалоге печати. Страницы печатаются рядами слева направо, сверху вниз, то есть сначала будут напечатаны все верхние страницы, потом следующий горизонтальный ряд страниц и в конце – самая нижняя, самая правая страница.

Проектирование электрических схем.

КП САПР-РС с успехом применяется в задачах проектирования электрических распределительных сетей, пример которой представлен ниже на рисунке.

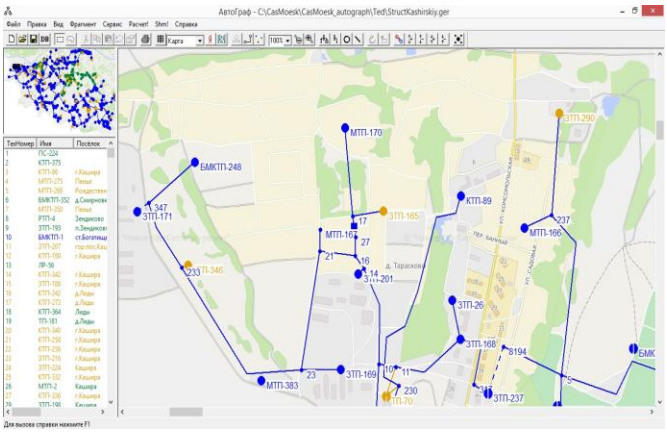


Рис. 39. Формирование схемы распредсети на карте.

На нижнем рис.39 представлена та же схема, привязанная к реальным географическим координатам.

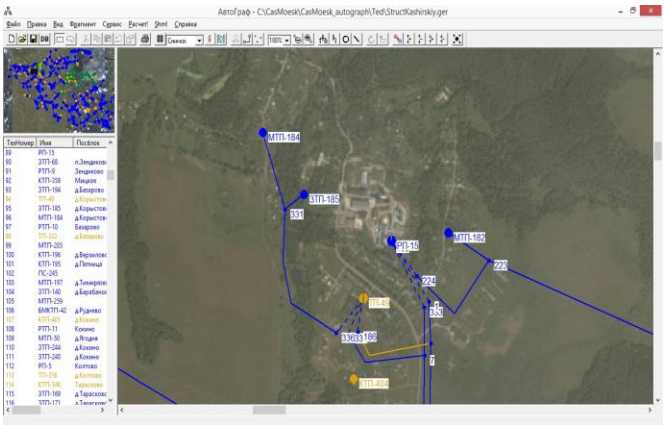


Рис.40. Схема распредсети на космическом снимке.

Реальные трассы по этим картам можно проводить с учетом наличия дорог, лесных массивов, водных преград и т.п., используя графические возможности **КП САПР-РС**.

Основой для формирования расчетных режимных схем служат расчетные схемы фидеров распределительных сетей, которые во множестве существуют на реальных энергообъектах.

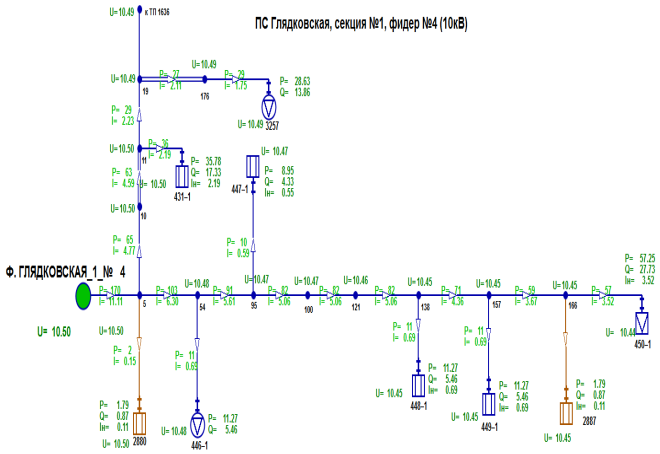


Рис.41. Пример расчетной и графической схемы фидера.

Однако, расчетные схемы фидеров существуют как независимые фрагменты общей расчетной схемы распределительной сети. Одной из основных задач настоящего комплекса является объединение отдельных схем фидеров в общую расчетную схему района. В этом случае в системе возможно проектирование и моделирование систем РЗ и ПА и полномасштабное моделирование ее развития на перспективу. При перспективном проектировании необходима информация об ожидаемом изменении потребления и генерации в районе. При этом решается задача обеспечения пропускной способности ЛЭП и надежности всей сети в целом.

Для выполнения расчётов и визуализации результатов в послеаварийных и ремонтных режимах необходимо использовать полные оперативные диспетчерские схемы распределительной сети с отображением состояния основного оборудования.

Работа со схемами. Подробные схемы подстанций (см. рис. 42) можно

открыть непосредственно со структурной или оперативной схемы всей сети. На каждой открытой схеме отображаются топология сети и параметры режима. Управление топологией сети и ее режимом возможно непосредственно со схем подстанций.

Для выполнения технологических расчетов (расчет топологии и режима сети, оценка надежности сети и т.д.)в **КП САПР-РС** разработана модель ЭЭС.

Модель энергообъекта. Днамическая модель, отражает характерные фазы поведения ЭЭС в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах. Это требует адекватного представления в модели систем регулирования частоты и напряжения в узлах сети, систем релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА), а также систем вторичного регулирования.

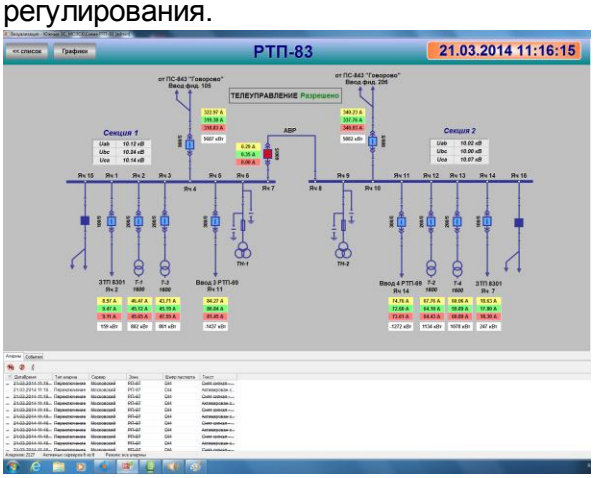


Рис. 42. Схема РТП.

Модель ЭЭС функционирует в

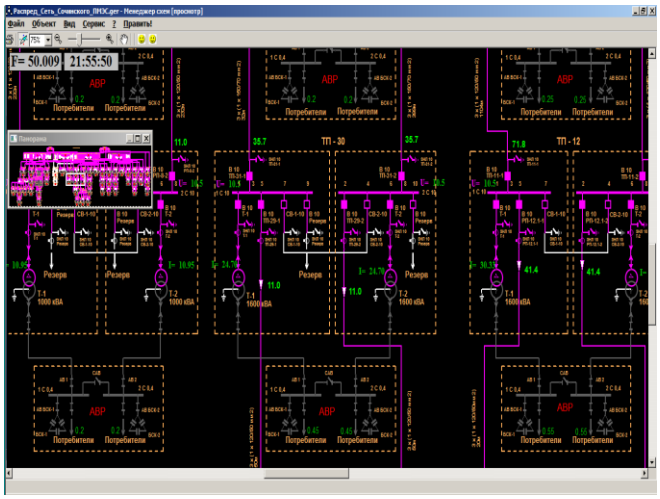


Рис. 43. Схема распредсети с элементами ПА.

установившемся и переходном режиме. Моделирование динамики ЭЭС необходимо для адекватного представления систем регулирования,РЗ и ПА. Моделирование динамики ЭЭС выполняется путем решения систем дифференциальных уравнений совместно с решением уравнений сети (как правило нелинейных). Все эти задачи решаются в КП в режиме реального времени.

Под моделированием в темпе РВ будем понимать способность модели формировать переходные электромеханические и длительные процессы в том же масштабе времени, в котором работают реальные энергообъекты рассматриваемого класса. Вторым необходимым условием модели РВ является возможность пользователя, систем автоматики и сценариев тренировки (или аварий) менять параметры узлов схемы и сети практически в любой момент времени в процессе расчета.

При управлении топологией ЭЭС выполняется топологический анализ коммутационной схемы и контроль правил переключений оборудования (выключателей, разъединителей и т.д.).

При нарушении правил переключений ошибочные операции блокируются, а ошибки фиксируются в журнале.

Управление моделью в КП САПР-РС.

Управление моделью ЭЭС в процессе проектирования выполняется сценариями и/или пользователем со схемы энергообъекта. Результаты моделирования могут отображаться непосредственно на схемах энергообъектов, таблицах и графиках. Операции управления могут выполняться с панелей.

В КП КУЭС использована оригинальная схема расчета УР и ПР в модели ЭЭС, которая обеспечивает режим РВ для схем объемом **4000** узлов на типовом ПК.

В Заключение отметим:

Инновационные особенности комплекса

1. Создание комплекса без прямого программирования.
2. Использование динамической модели реального времени.
3. Полномасштабный Топологический процессор.
4. Взаимодействие режимной и коммутационной моделей.
5. Визуальное конструирование систем регулирования и ПА.
6. Привязка к текущему режиму энергосистемы (ОИК и ОС).
7. Современный графический интерфейс.
8. Автоматическое построение режимных схем.
9. Применение общих областей оперативной памяти.
10. Полное импортозамещение.
11. Средства обеспечения жизненного цикла.
12. Сетевой (многопользовательский) режим.
13. Возможность сторонних расчетных модулей (РАСТР).

11

Интеграционные возможности КАСКАД-НТ

ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

- Общие области памяти, в которых ведется расчет (File mapping)
- COM (OLE Automation) доступ ко всем конструкторам MMI
- COM (OLE Automation) доступ к программе моделирования
- Использование ActiveX элементов управления
- Возможность подключения модулей (plugin) к модели
- Возможность подключения модулей (plugin) к конструкторам MMI
- Возможность подключения модулей (plugin) к библиотеке доступа к данным
- Доступ к самым распространенным отечественным ОИК (версии dll)
- Возможность подключения модулей (plugin) доступа к SCADA
- Возможность подключение к SCADA через OPC
- Доступ к SQL базам через ODBC и ADO
- Экспорт - импорт файла формата ЦДУ
- Расчет схем, заданных в CIM (rdf) формате
- Подключение сторонних задач по именам переменных.
- В комплексе обеспечивается взаимодействие ОИК (SCADA) с ПК РЕТРЕН и задачами сторонних разработчиков.

© ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» 24/02/12 ФИО 6

Основные направления и возможности конструктора КАСКАД-НТ.

УДАЧИ!

Получить информацию о комплексе КУЭС и технологических разработках 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

Рабинович Марк Аркадьевич.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2010612758

Программное обеспечение диспетчерского комплекса управления электрическими сетями (ДИСКУЭС)

Правообладатель(ли): ***Открытое акционерное общество «Научно-технический центр электроэнергетики» (RU)***

Автор(ы): ***Моржин Юрий Иванович, Рабинович Марк Аркадьевич, Потапенко Сергей Павлович, Девяткин Максим Владимирович, Анашкин Сергей Викторович, Каковский Сергей Константинович, Головинский Илья Абрамович, Любарский Юрий Яковлевич, Макоклюев Борис Иванович, Антонов Александр Владимирович (RU)***

Заявка № **2010611966**

Дата поступления **13 апреля 2010 г.**

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ

23 апреля 2010 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

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

№ 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

№ 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

И еще около 50-ти авторских свидетельств на изобретения.

Для заметок