

Информационная поддержка оперативного персонала

Аннотация: В работе представлены результаты разработки и внедрения комплекса программ анализа и отображения оперативной информации на индивидуальных (дисплеях) и коллективных (видеостенах) средствах для задач оперативного управления режимами энергосистем (ЭЭС) и энергообъединений. Комплекс дополнен программами слежения за текущим режимом, проверки его устойчивости по критерию N-1 и информационной поддержки оперативного персонала.

Введение. Последние годы характеризуются бурным развитием систем анализа и отображения оперативной информации а также систем информационной поддержки оперативного персонала при управлении крупными энергообъединениями. Имеются объективные причины развития таких систем. Это, прежде всего, появление новых задач, определяемых процессом реформирования и появления новых организационных структур в электроэнергетике. Усложнились задачи оперативного управления режимом энергообъединений. Аварии в электроэнергетике по вине оперативного персонала приобрели системный характер и имеют серьезные последствия. Эти и другие причины стимулировали последние разработки систем анализа и отображения оперативной информации на ряде крупных энергообъектов.

Возможности современной вычислительной техники и аппаратные средства отображения информации, к счастью, отвечают возросшим потребностям задач оперативного управления режимом. Появились современные коллективные средства отображения оперативной информации (видеостены), которые обладают значительно большими возможностями по сравнению с традиционными диспетчерскими щитами. Это, прежде всего, гибкость системы при смене характера отображения (схем, графиков, экранных форм и т.д.), возможность раскрытия схем подстанций, отображения результатов решения технологических задач и другие возможности. В настоящее время известны [1, 2, 5] несколько примеров современных систем отображения оперативной информации в электроэнергетике. Одна из таких работ – это новая система коллективного отображения оперативной информации в ОАО «Башкирэнерго», установка которой была проведена в рамках проекта реконструкции Центрального диспетчерского пункта. Отличие этой работы от известных заключается в большом размере (4x8 кубов) видеостены, наличием большого объема технологических задач и малыми сроками выполнения работ генеральным подрядчиком проекта – системным интегратором ЗАО «Полимедиа» в сотрудничестве со специалистами ВНИИЭ.

Отображение оперативной информации. В рамках проекта созданы две видеостены для отображения оперативной информации: малая 3x2 куба для тренажерного зала и большая 8x4 куба для диспетчерского зала. Размер каждого куба фирмы Mitsubishi по диагонали - 67 дюйма. Общее видеополе малой видеостены – 4200 x 2100 пиксел, а большой - 11200 x 4200 пиксел. Информация на видеостены выводится по мере ее обновления, что позволяет минимизировать временные запаздывания в ее отображении и снизить вычислительные затраты.

Малая видеостена в тренажерном зале (см. рис. 1) предназначена для проведения тренировок оперативно-диспетчерского персонала, а также в качестве запасного диспетчерского пункта. В период реконструкции диспетчерского зала и установки большой видеостены (в течении 3 – х месяцев), диспетчерское управление энергообъединением Башкирэнерго осуществлялось в тренажерном зале на малой структурной схеме.

Большая видеостена создана вместо стандартного диспетчерского щита и обеспечивает диспетчерский персонал оперативной информацией на структурной и коммутационной схемах с данными ОИК СК, модели энергообъединения и задачи оценивания состояния (ОС).

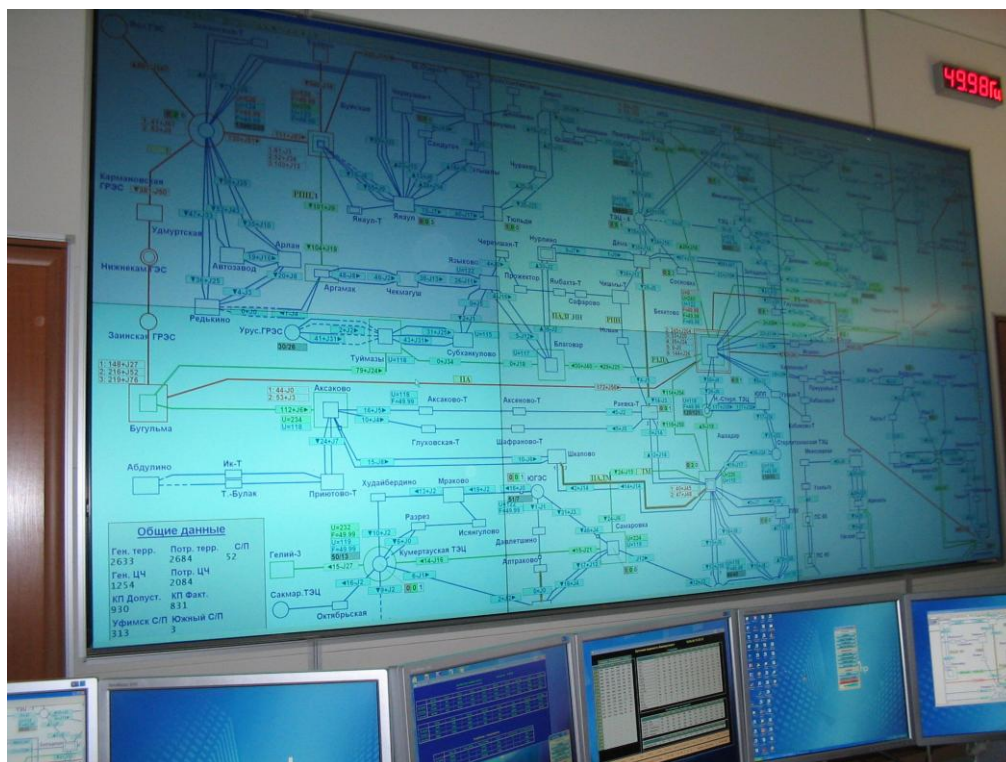


Рис.1. Малая видеостена тренажерного зала.

Копии системы отображения установлены на рабочих местах диспетчерского персонала и специальном рабочем месте для анализа ЗАЯВОК на вывод в ремонт оборудования с отображением схемы на большой жидкокристаллической панели. На рабочих местах пользователей установлены персональные копии системы отображения. Это позволяет диспетчерам наблюдать за режимом как на коллективном средстве отображения информации, так и непосредственно на рабочем месте (например, расчетный режим при определенных управляющих воздействиях).

Для упрощения задачи управления столь сложным оборудованием специалистами «Полимедиа» была разработана и установлена интегрированная система управления на базе программно-аппаратного комплекса Crestron. Сенсорный дисплей с интуитивно-понятным интерфейсом позволяет не только легко осуществлять оперативное управление, но и одновременно проводить мониторинг состояния технических средств.

Разработка всей системы отображения и анализа оперативной информации до сдачи в опытную эксплуатацию продолжалась 7 месяцев. В настоящее время программный комплекс модернизируется в соответствии с замечаниями диспетчерского персонала.

Для формирования схем всех типов и построения системы отображения использовалась система конструкторов КАСКАД-НТ и созданная в рамках проекта библиотека элементов основного оборудования. Эти средства применялись для создания структурной и полной коммутационной схемы энергообъединения, а также схем п/станций и схемы основных сетей на фоне карты региона.

Особенностью отображения энергообъектов на структурной схеме является их изменяемая геометрия, определяемая наличием нескольких уровней напряжения, разделением секций шин и возможностью их раскрытия в виде подробных схем подстанций. Наличие системы конструкторов позволило привлечь обслуживающий персонал и продвинутых пользователей к разработке интерфейсов пользователя и программного обеспечения комплекса. Эта система решает и проблему сопровождения и развития комплекса без привлечения разработчиков.

Схема энергообъединения может отображаться в структурной и коммутационной форме. Основная из них – структурная. Эта схема в упрощенном виде отображает все основные энергообъекты и параметры режима контролируемого энергообъединения. На коммутационной схеме (аналог традиционного диспетчерского щита) представлены все основные коммутационные аппараты и элементы основного оборудования.

В течении первых 3-х месяцев проекта была разработана структурная схема для малой видеостены в тренажерном зале. В этой части проекта были отработаны основные принципы организации отображения в виде структурной схемы Башкирэнерго, с возможностью раскрытия 5-ти основных подстанций энергообъединения.

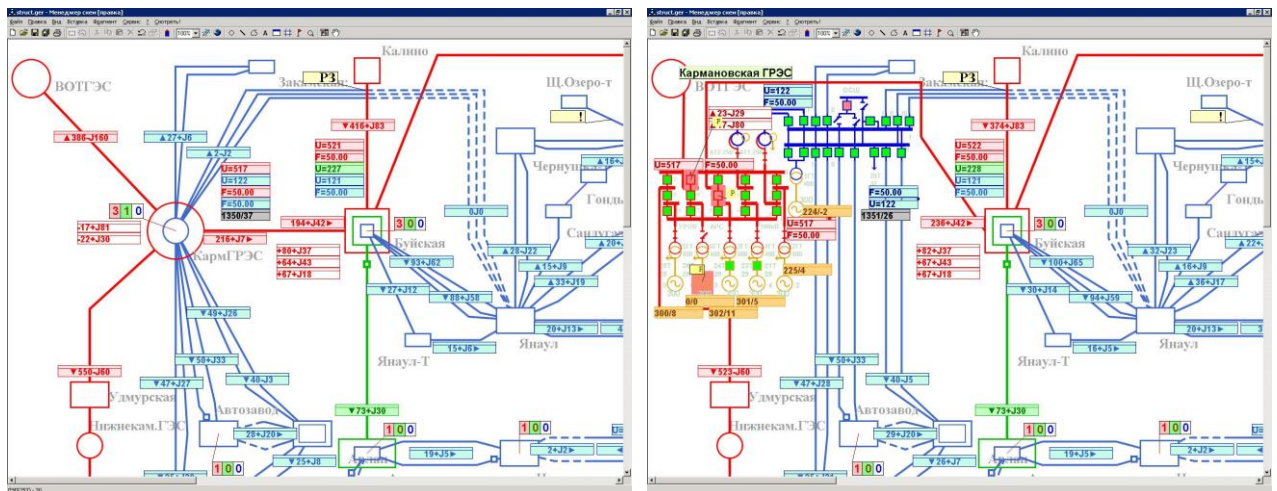


Рис.2. Фрагмент структурной схемы (а-исходный, б- с раскрытой п/станцией).

На структурных схемах представлены численные значения измеряемых параметров режима (см. рис. 2). Направления перетоков мощности указывается стрелкой. Численные значения измеряемых параметров режима отображаются приборами, которые меняют свою окраску при нарушении параметром предельных значений. Некоторые приборы (например, для отображения параметров трансформаторов) кроме численного значения показывают состояние объекта (ВКЛ/ОТКЛ) и его номер. Недостоверность параметров режима, фиксируемая в ОИК СК, приводит к пунктирной окантовке соответствующего прибора.

На малой видеостене в тренажерном зале представлена упрощенная структурная схема контролируемого энергообъединения (с отображением примерно 100 основных объектов) и технологической зоной 1x1 куб. Фрагмент малой структурной схемы представлен на рис.2. На этой схеме отключение ВЛ с одной стороны фиксируется пунктирной линией до середины линии, а отключение ВЛ с двух концов – пунктиром вдоль всей линии. Вывод ВЛ или другого оборудования в ремонт обозначается оранжевой подложкой. Нарушения предельных значений параметрами режима указывается красной подложкой соответствующего оборудования.

Большая структурная схема упрощенно отображает все энергообъекты контролируемого энергообъединения, 62 из которых могут раскрываться, сохраняя связность с остальными элементами схемы. Раскрывать подстанции достаточно подробно можно индивидуально или все одновременно (с отображением коммутационных аппаратов: выключателей, разъединителей, а также трансформаторов, энергоблоков и т.д.). Подстанции могут раскрываться на месте соответствующих объектов структурной схемы или в специальной технологической зоне не меняя общий вид структурной схемы.

Состояние выключателей идентифицируется цветом (например, красный – отключен, зеленый - включен) а состояние ветвей схемы характером их отрисовки (например, пунктирная линия – состояние отключено, оранжевая подложка – вывод линии в ремонт и т.д.). Таким образом, диспетчерский персонал имеет полное представление о

текущем состоянии контролируемого энергообъединения в целом и об основных энергообъектах в частности.



Рис.3. Большая видеостена (4x8 кубов) со структурной схемой.

На малой и большой видеостене, кроме структурной схемы, может отображаться полная коммутационная схема энергообъединения с параметрами режима и состоянием коммутационных аппаратов. На малой видеостене отображение коммутационной схемы выполняется в масштабе 50 %, а на большой – в масштабе 100%. Отметим, что полная коммутационная схема играет важную технологическую роль, а именно: по ней выполняется топологический анализ состояния основного оборудования (включение/отключение ВЛ, погашение отдельных районов и др.) для отображения на структурной схеме. Кроме того, коммутационная схема может использоваться непосредственно для отображения параметров режима и топологии сети в привычном для диспетчерского персонала виде. На коммутационной схеме нет необходимости раскрывать отдельные объекты – они все уже раскрыты. Однако, эта схема перенасыщена второстепенными элементами, что отвлекает внимание диспетчерского персонала. Кроме того, полная коммутационная схема не может быть размещена на видеостене в приемлемом масштабе.

Фон отображаемых схем и технологической зоны может оперативно меняться пользователем. Наиболее приемлем, с точки зрения оперативного персонала, темный фон, который обеспечивает минимальную утомляемость диспетчерского персонала.

Основная сеть РДУ Башкирэнерго может отображаться на фоне карты местности с представлением значений перетоков мощности и состояния основного оборудования.

Диспетчерские пометки. Диспетчерские пометки позволяют на структурной и коммутационной схемах отмечать основные этапы оперативной деятельности диспетчерского персонала с энергообъектами.

Трудность создания системы управления пометками заключается в том, что пометка ставится на оборудование, которое, как правило, не представлено на структурной и даже на коммутационной схеме, например на автоматику пожаротушения. Поэтому была выбрана следующая технология задания пометки. Сначала пользователь выбирает п/станцию, на оборудование которой он желает поставить пометку, а потом ему выдается

полный список оборудования выбранной п/станции, хранящийся в БД Заявка. Все пометки (около 10) были разбиты на 3 группы: ремонтные, вывод РЗА и прочие пометки. На структурной схеме около каждой п/станции показывается количество пометок соответствующей группы, поставленное на оборудование данной п/станции. Щелкнув (на рабочем месте) по п/станции можно получить полный список пометок оборудования данной подстанции с указанием названия оборудования, вида пометки, комментария к пометке, даты и времени постановки пометки а также имени пользователя поставившего пометку.

На раскрываемых подсхемах и на коммутационной схеме показываются сами пометки при наличии соответствующего оборудования. Информация по пометкам хранится в MS SQL базе данных Заявка, поэтому при необходимости доступна другим

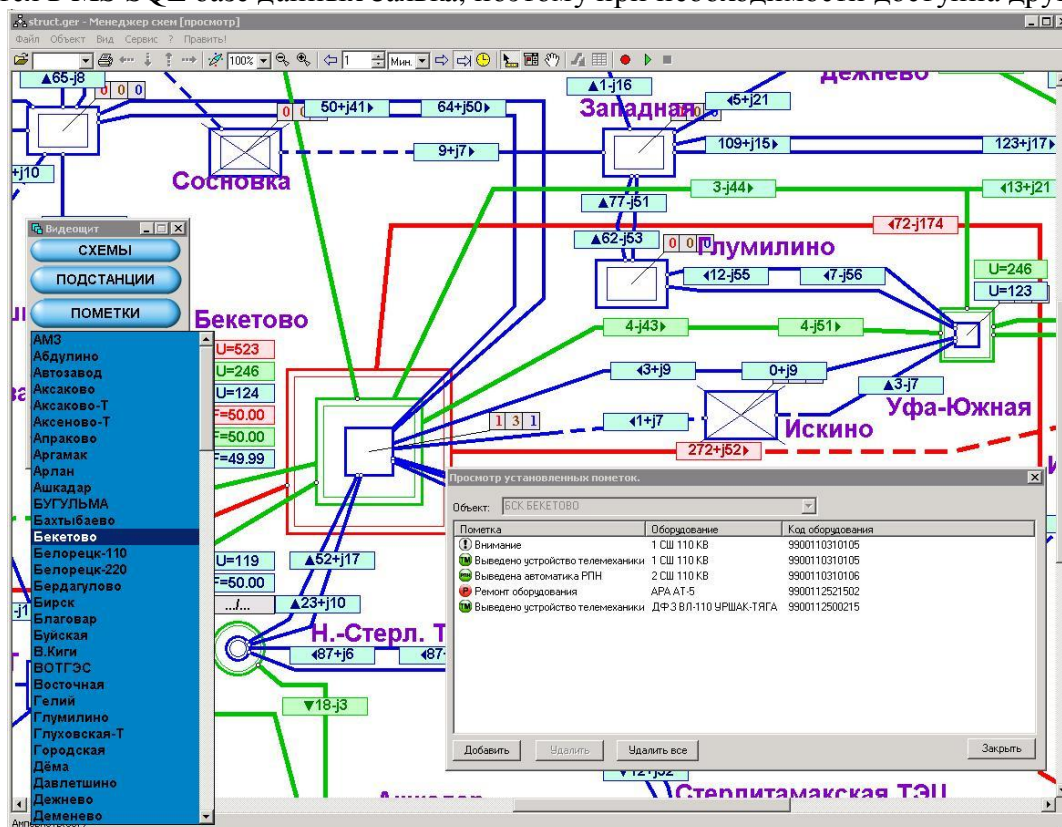


Рис. 4. Отображение и редактирование пометок

(сторонним) задачам. На рисунке 4 показан диалог редактирования пометок и табличка структурной схемы с количеством каждой из 3-х групп пометок для конкретного объекта.

Технологическая зона. На большой видеостене определены две основные зоны: первая – 7 x 4 куба для отображения схемы контролируемого энергообъединения (Башкирэнерго) и вторая – 1 x 4 куба для отображения интегральной технологической информации в табличной и графической форме.

Технологическая зона определена как на структурной, так и на коммутационной схемах. Общий вид этой зоны представлен на рис.5. На верхних двух кубах технологической зоны, представленных на рисунке, отображаются некоторые параметры основных регионов и всего энергообъединения в целом. Это текущее время и частота, генерация, потребление и обменная мощность, резерв на набор и сброс мощности основных районов Башкирии, значения напряжений в контрольных точках.

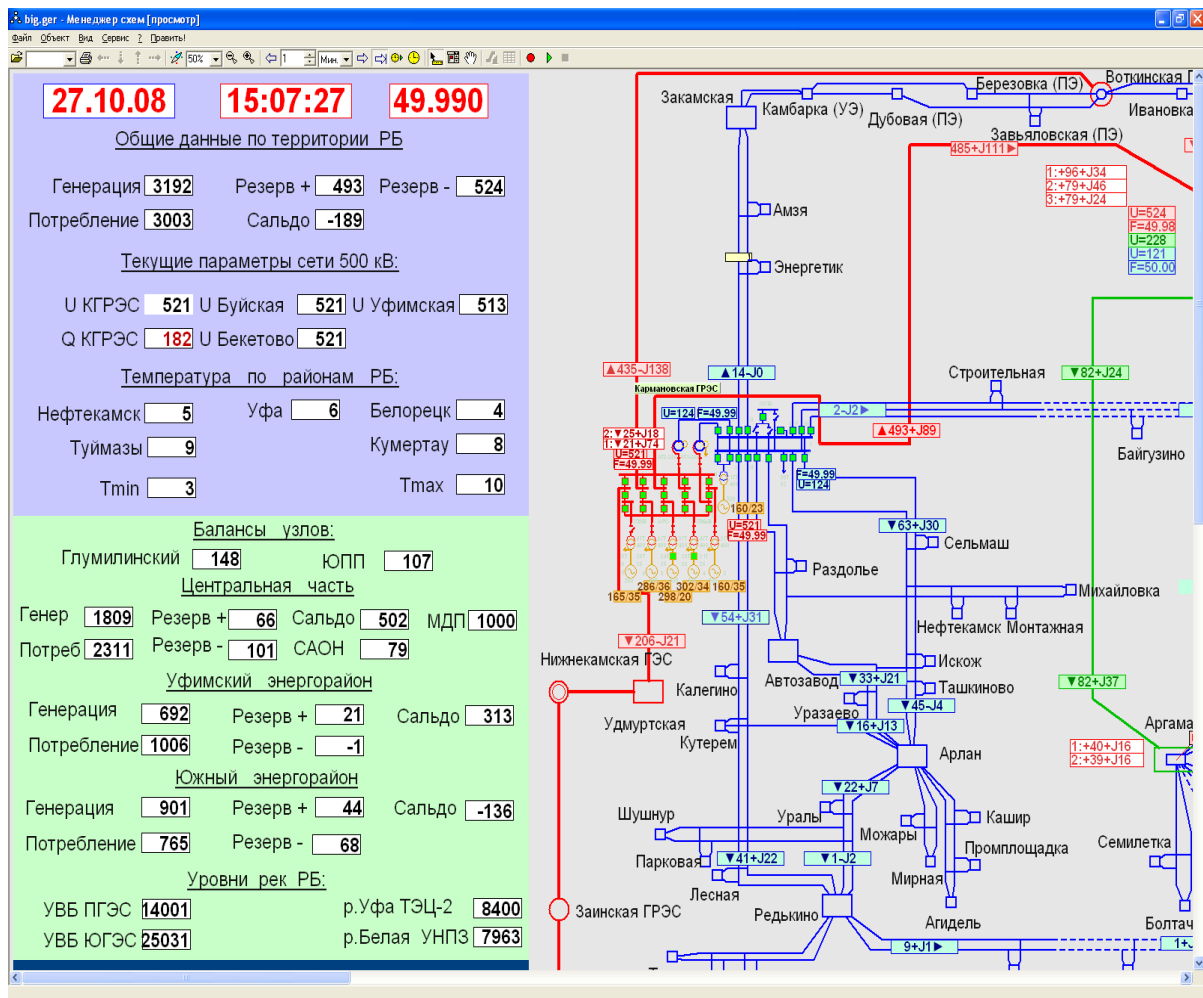


Рис.5. Фрагмент структурной схемы с технологической зоной.

В этой зоне представлены средние температуры в районах, а также максимальная и минимальная температуры по всей территории Башкирии. В рассматриваемой технологической зоне даны уровни основных рек региона. Эта часть технологической зоны структурно неизменна в отличие от второй части.

Вторая часть технологической зоны (два нижних куба) служит для отображения сигнальной и динамической информации, формируемой технологическими задачами. Сигнальная информация состоит в отображении 15 - ти последних изменившихся ТС и перечислении 5-ти объектов, в которых эти изменения произошли. В состав отображаемых ТС обычно входят отфильтрованные данные, представляющие интерес при диспетчерском управлении (например, ТС определяющие топологию системы).

В нижней части технологической зоны отображается почасовой график основных интегральных параметров Башкирэнерго: суммарной генерации, потребления и обменной мощности. К этой тройке с клиентского места можно добавить любой интересующий параметр.

Выше перечислен штатный набор отображаемых в режимной зоне параметров. В этой зоне по запросу пользователей вместо графиков может отображаться информация технологических задач – отчет по критерию N-1, несколько наиболее важных советов по устранению нарушений режима и т.д.

Система управления. Система управления отображением (см. рис. 6) позволяет убирать часть приборов (например, с перетоками мощности) или менять тип отображаемого параметра. Панель управления на рис.6 условно разделена на 4 зоны. Первая из них (СХЕМЫ) позволяет выбрать необходимую схему (кнопка ВЫБРАТЬ),

раскрыть все или отдельную п/станцию (кнопка РАСКРЫТЬ), установить и проанализировать диспетчерские пометки (кнопка ПОМЕТКИ), квитиловать все или отдельные события (кнопка КВИТИРОВАТЬ), убрать или восстановить отображение тупиков и отпаек на структурной схеме (кнопки ТУПИКИ и ОТПАЙКИ соответственно).

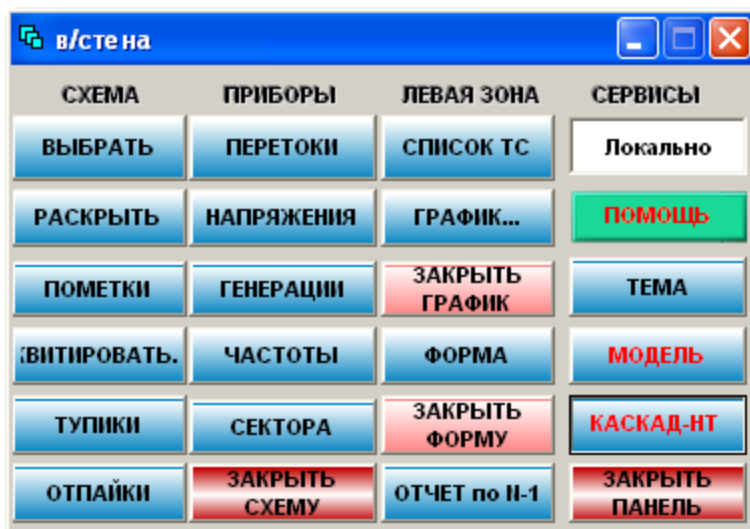


Рис. 6. Панель управления отображением.

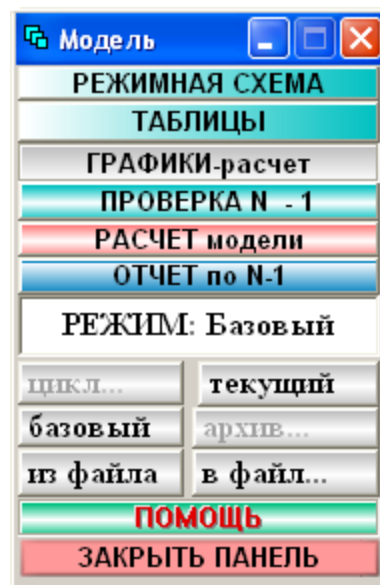


Рис. 7. Панель режимных задач.

Вторая зона панели управления (ПРИБОРЫ) позволяет управлять отображением численных значений параметров режима на приборах. Кнопки этой зоны позволяют проявлять или скрывать отдельные типы приборов (см. рис. 6) и менять их внешний вид при качественном отображении параметров режима (кнопка СЕКТОРА).

Управление технологической зоной видеостены сосредоточено в третьей части управляющей панели (ЛЕВАЯ ЗОНА). Кнопки этой части управляющей панели позволяют открыть (или скрыть) список последних 15 – ти ТС и соответствующих 5 – ти объектов. Управление графиками (кнопка ГРАФИК) позволяет пользователю выбрать и запустить необходимый график, добавить к нему новую кривую. Аналогичным образом в технологическую зону можно выбрать некоторую форму из заданного списка (например, подробную схему п/станции). В связи с возможностью выбора графиков и форм закрыть их можно отдельными кнопками (ЗАКРЫТЬ ГРАФИК и ЗАКРЫТЬ ФОРМУ).

Последняя зона управляющей панели (СЕРВИСЫ) служит для задания режима работы рабочего места пользователя (Локально, Юпитер 1, Юпитер 2, Тренажерный). Кнопка позволяет автоматизировать переход на основной (Юпитер 1) и резервный (Юпитер 2) сервера основной видеостены, а также в случае необходимости перейти в локальный режим или работу в тренажерном зале.

Кнопка ТЕМА позволит сменить фон схемы и режимной зоны, а кнопка ПОМОЩЬ предназначена для оперативной помощи пользователю (в разработке). Кнопка КАСКАД-НТ позволит пользователю самостоятельно настраивать и модернизировать ПК применяя любой конструктор из комплекса КАСКАД-НТ (редактор схем, графиков, таблиц, панелей управления и т.д.).

Режимные задачи. Управление технологическими задачами выполняется кнопками панели МОДЕЛЬ (см. рис.7). К этим задачам относятся:

- Оценка состояния энергообъединения,
- Оценка надежности энергообъединения по критерию N-1,
- Расчет режима по ремонтным схемам,
- Расчет ожидаемого режима,
- Выбор и отображение советов диспетчеру при нарушениях режима.

Режимная часть программного обеспечения комплекса предназначена для анализа текущего режима энергообъединения. Общая схема такова: задача оценивания состояния (ОС) Космос [3, 4] по данным ОИК формирует текущий режим, который анализируется по критерию N-1 в программе **Монитор**. Для каждого контролируемого режима моделируется примерно 400 (в перспективе 1000) вариантов (сценариев) возможного отключения основного оборудования. Сценарии отключения элементов оборудования могут быть достаточно сложными - от отключения одиночных ВЛ, энергоблоков или реакторов до имитации сложных каскадных аварий. Сценарии могут создаваться средствами задачи **Монитор** или непосредственно с режимной схемы энергообъединения. Система контроля по критерию N-1 позволяет формировать несколько наборов сценариев и активизировать любой из них.

В активном наборе сценариев можно задать определенную выборку (например, из тех сценариев, которые приводят к нарушениям режима) или определенный сценарий который вызывает интерес и проводить проверку только выбранных.

При нарушении устойчивости режима, а также при нарушениях предельных значений по напряжениям, перетокам мощности и токам ВЛ выдается сообщение о возможном нарушении. Проверка выполняется циклически с периодом десять минут, по запросу персонала и факту переключений в коммутационных аппаратах.

Панель МОДЕЛЬ позволит запустить расчет текущего режима в циклическом режиме (с шагом 5-10 минут) и выполнить проверку надежности режима по критерию N-1 (кнопка ПРОВЕРКА N-1). После проверки всех вариантов по критерию N-1 формируется отчет, выводимый на видеостену, экран дисплея или печать.

Любой из расчетных режимов по кнопке В ФАЙЛ можно сохранить в специальной библиотеке под конкретным именем и затем загрузить его по кнопке ИЗ ФАЙЛА для выполнения ожидаемых управлений и оценки возможных нарушений. Этот режим можно условно назвать Интерактивным Советчиком. Подобные проверки можно проводить и с текущим или базовым режимом, вызываемым по кнопкам ТЕКУЩИЙ или БАЗОВЫЙ соответственно.

Проверки и анализ режима может выполняться моделью путем расчета установившегося (УР) или переходного (ПР) режима. Строго говоря, анализ критерия N-1 расчетом УР корректен только в тех случаях, когда исходный и анализируемый режим лежат в связной области существования. В противном случае оба режима могут существовать, однако физически реализуемого перехода между ними может не быть. В это случае будет сделан неверный вывод об отсутствии нарушений. По этой причине в комплексе предусмотрен режим непрерывного моделирования ПР, который ошибки указанного типа не допустит.

В ПК применяется модель энергообъединения [4,6,7] с возможностью расчета УР и упрощенного ПР. Параметры динамики узлов могут задаваться по умолчанию типовыми или индивидуально. Режим в модели считается с учетом электромеханических и длительных переходных процессов, а также систем вторичного регулирования и ПА. Модель использует достаточно точную динамику по режиму частота - активная мощность и несколько возможных типов регуляторов напряжений.

Контроль режима по критерию N-1 выполняется после окончания ПР, т.е. при достижении моделью УР. Быстрое достижения УР достигается использованием ускоренного режима моделирования динамики.

Режим расчета может оперативно задаваться кнопкой РАСЧЕТ модели. В выпадающем списке можно: остановить и стартовать модель, установить ускоренный, замедленный режим или РВ, приостановить модель и установить переходной или установившийся режим расчета.

Все результаты расчета модели в темпе реального времени можно вывести в табличной или графической форме (кнопки ТАБЛИЦЫ и ГРАФИКИ соответственно). Это могут быть параметры узлов сети, ветвей, отдельных районов и всего энергообъединения

в целом (потоки мощности, токи, и потери в сети, напряжения, генерация и потребления в узлах и т.д.).

В комплексе разработан Помощник диспетчера по ведению режима. При нарушениях в текущем режиме анализируются возможные управляющие воздействия, список которых и условия выполнения хранятся в БД. Программа анализирует выполнимость советов и выдает диспетчеру те из них, которые реализуемы в текущем режиме. Анализируются нарушения частоты и напряжений в узлах, потоки мощности и токи в ветвях и сечениях.

Таким образом, комплекс программ позволяет отображать оперативную информацию на видеостене и рабочих местах, выполнять ее анализ и информационную поддержку диспетчерского персонала.

Авторы благодарны Девяткину М.В. и Абраменко И.М. за участие в разработке программ, а Апееву А.Г., Агашкову В.В. и Шендрику П.А. за участие и помощь в работе.

Литература:

1. Новая технология отображения оперативно-диспетчерской информации на пунктах управления в электроэнергетике. , Энергоэксперт, №2, 2007.
2. Л.С.Штейнбок, Ю.Я.Любарский, Ю.И.Моржин, М.А.Рабинович и др. Технология ситуационного отображения данных текущего режима и ее реализация на диспетчерском щите ОДУ Средней Волги. Электрические станции. № 8, 2004 г.
3. А.З. Гамм. Статистические методы оценивания состояния электроэнергетических систем. М.: Наука, 1976., 219 стр.
4. М.А. Рабинович. Цифровая обработка информации для задач оперативного управления в электроэнергетике. М., Из-во НЦ ЭНАС., 2001 г., 343 стр.
5. М.А. Рабинович. Отображение оперативной информации. Комплекс «КАСКАД–НТ 2.0». М., Из-во НЦ ЭНАС., 2004 г., 541 стр.
6. Л. Д. Стернинсон. Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах. М.: Энергия, 1975., 216 стр.
7. А.А. Андронов М.А., Рабинович, Л.Д. Стернинсон. Влияние регулирования котлоагрегата на процессы изменения частоты и мощности в энергосистемах. Электричество. 1988. №6., стр. 1-8