

# ВОПРОСЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

## АВТОРЫ:

КАКОВСКИЙ С.К.,  
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ПОТАПЕНКО С.П.,  
К.Т.Н.,  
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

РАБИНОВИЧ М.А.,  
Д.Т.Н.,  
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

**И**мпортозамещение широкого класса задач может быть обеспечено при минимальных затратах путем конструирования программного обеспечения. В России

существуют системы конструирования, способные обеспечить ускоренное создание импортонезависимого программного обеспечения в области электроэнергетики.

**Ключевые слова:** импортозамещение; программное обеспечение; строительство; кибербезопасность; модели энергетических объектов и инженерных сетей.



## ВВЕДЕНИЕ

Стремительное внедрение компьютерных технологий во все области науки и техники и повседневной жизни общества приводит к развитию эффективных технологий разработки программного обеспечения (ПО). К таким технологиям относится методика конструирования ПО (без написания программного кода), что позволяет значительно (в несколько раз) сократить трудоемкость создания комплексов программ (КП), их развитие и сопровождение по сравнению с традиционной методикой разработки ПО. Эти технологии позволяют значительно повысить кибербезопасность ПО. Напомним, что традиционная схема разработки ПО содержит формирование технических требований, технического задания, рабочего проектирования, программирования, системной настройки, тестовых спецификаций, тестирования и приемных испытаний. При этом по умолчанию предполагается, что все этапы разработки и внедрения ПО выполняет разработчик.

Конструирование ПО резко снижает количество этапов разработки. Идеология конструирования, по существу, реализует древнюю притчу о «рыбах» и «удочке». Можно давать готовую программу («рыбу») и тем самым фактически развращать пользователя, готового лежать под яблоней с открытым ртом и ждать, когда туда упадет яблоко. Разумеется, есть приложения, где без таких программ не обойтись. В настоящее время это, в основном, программы, связанные с Интернетом. Но большинство используемых программных продуктов созданы (или могут быть созданы) отечественными разработчиками. Тем не менее, до последнего времени существовала устойчивая тенденция покупки множества зарубежных информационных систем, в том числе влияющих на информационную

безопасность электроэнергетики. Среди таких систем SCADA можно назвать комплексы PSI, ENMAC, ABB, SIEMENS, SYNDIS и др. Причем приобретаются не самые продвинутые версии систем, а, грубо говоря, комплексы второго сорта. Как правило, стоимость зарубежных SCADA значительно выше стоимости отечественных, причем их доработки и русификация требует значительных затрат. Но главным фактором служит слабая информационная безопасность этих систем.

Другим немаловажным фактором является серьезная зависимость разработчиков ПО от зарубежных программных продуктов (Word, Excel, БД ORACLE, MS SQL и многих других), которые служат компонентами при создании сложных информационных систем, в том числе отечественных. Мы уж не говорим о таких операционных системах, как Windows. Вводимые рядом зарубежных компаний санкции, а также ответные санкции с российской стороны значительно ограничили возможность применения зарубежных программных продуктов. В этих условиях создание импортонезависимых инструментальных средств и программ становится одной из важнейших задач, решение которой не терпит отлагательства.

Необходимо отметить, что в течение достаточно длительного периода отечественное программостроение существовало на правах нелюбимого пасынка. Другими словами, при прочих равных условиях предпочтение отдавалось зарубежному ПО, несмотря на его значительно большую стоимость и закрытость для развития. Такое положение сложилось при определенных условиях проведения тендерных конкурсов, обсуждение которых выходит за рамки настоящей работы. Разумеется, можно привести примеры использования отечественного ПО, но скорее в качестве исключения.

Пример человеко-машинного интерфейса пользователя, сформированного отечественным ПО, который не уступает зарубежным образцам, представлен на рис. 1.

На наш взгляд, самыми слабыми звеньями в вычислительных системах с точки зрения кибербезопасности оказываются операционные системы, сетевые структуры, а также Интернет, т.е. те системы, которые потенциально доступны извне. Известны случаи внешнего вмешательства в жизненно важные системы некоторых стран с достаточно тяжелыми последствиями для последних.

Новая экономическая и политическая ситуация в стране ставит, по существу, задачу импортозамещения ПО особо важного и опасного с точки зрения кибербезопасности. Это ПО должно гарантировать от несанкционированного взлома базы данных (БД), системы управления технологическими процессами, каналы передачи данных и т.д.

Необходимо отдавать себе отчет в том, что столь масштабная задача, как полное импортозамещение в области программирования, не может быть решена одномоментно. К сожалению, многое здесь упущено. Однако есть направления, в которых можно считать российские разработки ПО достаточно продвинутыми. Это многие технологические задачи электроэнергетики, мониторинга режима и топологии сети, оптимизационные задачи и т.д. Даже в этих традиционных для российской электроэнергетики направлениях в настоящее время наблюдается настоящая экспансия зарубежных разработчиков, которые, несмотря на достаточно благожелательное к ним отношение, весьма подвержены внешнему давлению политических сил, иногда достаточно враждебных.

## ПРИМЕР ЭКРАННОЙ ФОРМЫ НА ФОНЕ КАРТЫ

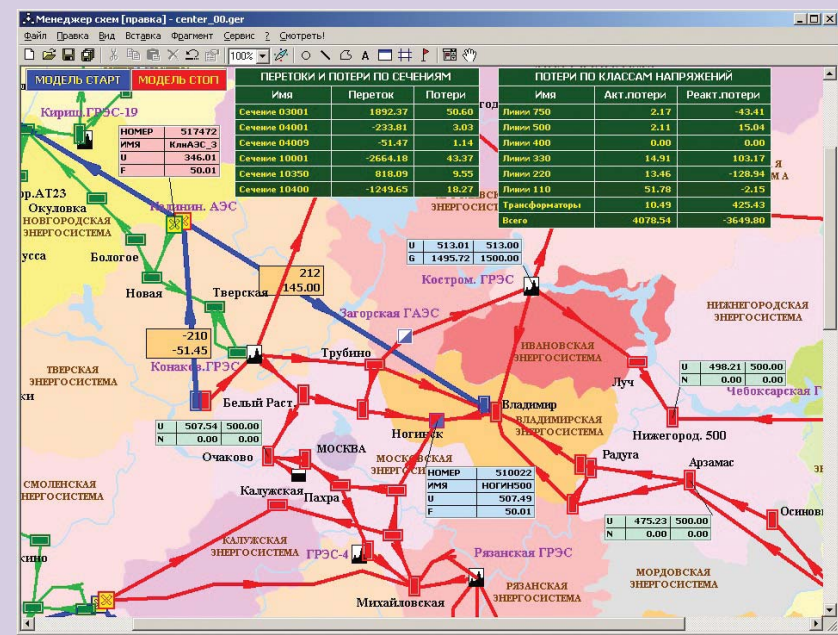


Рис. 1

Среди отечественных разработчиков ПО в электроэнергетике следует назвать Монитор Электрик, RTSoft, MODUS и др. Разработка ПО в этих фирмах основана, главным образом, на традиционных методах создания ПО, которые наряду с некоторыми достоинствами обладают главным недостатком: длительностью формирования ПО и необходимостью наличия множества высококлассных программистов. Во многих случаях разработки этих фирм вполне конкурентоспособны на рынке ПО. Но в перспективе необходимы значительные дополнительные ресурсы, чтобы успешно противостоять экспансии зарубежных конкурентов. В условиях серьезных ограничений этих ресурсов необходимо выбирать другие пути развития отечественного программостроения.

Действительно, возможен альтернативный (асимметричный) ответ российских разработчиков ПО су-

ществующим вызовам. Это создание эффективных инструментальных систем для конструирования программных комплексов. Наличие таких средств позволяет сократить несколько трудоемких этапов формирования ПО и значительно (в несколько раз) ускорить его разработку и внедрение. Дополнительно появляются возможности оперативной коррекции необходимых характеристик программ продвинутыми пользователями и обслуживающим персоналом непосредственно на функционирующем программном комплексе. Отметим также возможность конструкторских систем оперативно корректировать ПО в процессе его нормального функционирования. Последняя возможность появляется при реализации интерактивного (без компиляции) режима выполнения программ, что может привести к некоторому их замедлению в работе, но чрезвычайно удобно на практике.

Достоинства метода конструирования настолько очевидны, что многие российские фирмы начинают активно осваивать его отдельные возможности.

Первые серьезные конструкторские системы ПО в России начали использоваться более 15 лет назад. Это программный комплекс КАСКАД-НТ 2.0, в состав которого входит более 10 отдельных программ-конструкторов для визуального построения программных систем. Пример компонентов экранной формы одного конструктора приведен на рис. 2.

Под визуальным будем понимать способ создания программ и систем путем манипулирования графическими образами и их свойствами вместо написания программного кода. Идея создания инструментальных конструкторских средств (для программирования без написания разработчиком программного кода) возникла давно, как минимум 30–40 лет тому назад. Однако многие годы не удавалось создать достаточно работоспособный инструментальный комплекс. Возможности известных конструкторских систем (Visual C++, DELPHI, Visual Basic, Builder C, PHP DevelStudio, Multimedia Builder и многих другие) ограничивались, главным образом, созданием путем конструирования отдельных элементов интерфейса (кнопок управления, таблиц и др.) методом практически традиционного программирования. Они требовали компиляции программного кода, автономного и комплексного тестирования и т.д.

Последние 10 лет оказались более удачными. Ряд разработок (РАСТР, СК, Модус, Каскад, RUSTAB и др.) наряду с традиционными задачами, обладают серьезными конструкторскими возможностями с точки зрения пользователя. Эти конструкторы позволили создать несколько качественных программных продуктов (главным образом, расчетных

задач, систем SCADA и тренажерных комплексов). Мы специально акцентируем внимание читателя на термине конструирование, для того чтобы подчеркнуть отличие рассматриваемых методов создания программного обеспечения от традиционного программирования задач пользователя и систем MMI. Под конструированием мы будем понимать возможность создания и развития программных продуктов без участия профессиональных программистов, пользователей и администраторов программного обеспечения, т.е. без традиционного написания и отладки программного кода, его тестирования и внедрения. Эти функции, разумеется, никуда не исчезают, но они выполняются автоматически без участия разработчика.

Потребность в современных конструкторских системах значительна. В настоящей работе представлена серия конструкторов (КАСКАД-НТ 4.0) с дополнительными возможностями, которые появились за последние 10 лет. Основное внимание в работе уделено описанию возможностей комплекса КАСКАД-НТ 4.0, предназначенного для конструирования приложений пользователя, в том числе человеко-машинного интерфейса в задачах оперативного управления. Такие задачи возникают в электроэнергетике, системах связи, нефтегазовой отрасли и ряде других, т.е. спектр возможного использования комплекса КАСКАД достаточно широк. Этот комплекс состоит из ряда конструкторов, которые, в частности, нашли применение при разработке задач оперативного управления режимом и отображения информации в электроэнергетике, построением тренажерных комплексов и т.д.

Применение при конструировании приложений компонентной технологии программирования представляется наиболее продук-

тивным. Эта технология применима и для решения задач отображения информации, которые в наибольшей степени подвержены модификации и максимально зависят от вкусов и предпочтений пользователей. Пример компонентов (библиотеки элементов схем и экранной формы) представлен на рис. 2. Пример применения конструктора ГРАФ для формирования схемы дан на рис. 3, где представлен фрагмент оперативной схемы энергообъекта с элементами управления.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ  
ПОСТРОЕНИЯ ПО

Перед разработчиками и пользователями программного обеспечения (ПО) вычислительного комплекса всегда возникает проблема его модернизации и добавления новых возможностей в процессе эксплуатации и развития. Наиболее часто этот вопрос появляется при модификации средств отображения информации, так называемого человеко-машинного интерфейса пользователя. Нередко возникает необходимость модифицировать сами приложения. Достаточно остро эта проблема стоит перед пользователями ПО при необходимости решать новые задачи, не предусмотренные в начальной конфигурации вычислительного комплекса. Обращаться в этих случаях к разработчикам или покупать новую систему весьма накладно. Да и время внесения разработчиком требуемых изменений в ПО оказывается немалым. Мы рассмотрим, главным образом, вопросы создания и модернизации ПО силами обслуживающего персонала и самих пользователей без привлечения профессиональных программистов.

Обычно приложения состоят из некоторого монолитного исполняемого файла. Формирование такого приложения выполняется

PD-TaD 60 – Новое  
поколение технологий  
оценки состояния кабеля

- Всесторонний анализ кабеля на все 360° благодаря одновременному измерению частичных разрядов и коэффициента диэлектрических потерь
- Оптимизированная по времени и щадящая оценка состояния кабеля
- Самый компактный и легкий прибор для измерения ЧР при напряжении до 60 кВ<sub>пнв</sub>
- Разработан для портативного использования в месте эксплуатации



[www.baur.eu/ru/pd-tad60](http://www.baur.eu/ru/pd-tad60)



smart testing

## ПРИМЕР БИБЛИОТЕКИ ЭЛЕМЕНТОВ

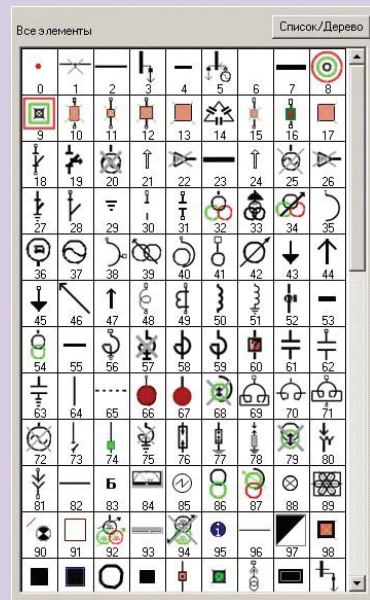


Рис. 2

нии иметь такие же возможности при создании программ и вычислительных систем, что вполне реально. В программировании, особенно в последние годы, программы стали собирать из отдельных деталей (иногда называемых компонентами). Это позволило значительно упростить и ускорить процесс создания ПО. Важно только, чтобы программные компоненты, как в детском конструкторе, стыковались друг с другом, т.е. имели согласованный информационный интерфейс.

Строго говоря, компонентное программирование известно давно. Однако проблема состояла в стыковке компонентов разных разработчиков в единый программный продукт. Такая возможность появилась [2] с возникновением COM, CORBA и других подобных технологий, основанных на использовании унифицированных интерфейсов, понятных для отдельных компонентов. Технология COM (Component Object Model) служит основой широко распространенной OLE ActiveX-технологии.

Основная идея компонентного программирования состоит в том, чтобы разделить приложение на ряд отдельных частей, тех самых компонентов, из которых можно создать требуемый программный комплекс. Понятно, что их наличие позволяет не одно, а множество приложений, для построения которых достаточно существующих компонентов. Когда этих компонентов недостаточно, то всегда можно разработать новые, необходимые для построения приложений, которые имеют стандартный информационный интерфейс. Если же существует возможность использовать компоненты других (сторонних) разработчиков, то создание приложений еще более упрощается.

Компонентная структура приложений позволяет решить проблему

развития приложений не революционным (как это обычно бывает при традиционном программировании), а эволюционным путем, что почти всегда является предпочтительным. Модификация и расширение программного обеспечения в этом случае сводится к замене некоторого компонента его модифицированной версией.

Наиболее продуктивным представляется применение компонентной технологии программирования для решения задач отображения информации, которые в наибольшей степени подвержены модификации и которые максимально зависят от вкусов и предпочтений пользователей. Немаловажным фактором является время, необходимое для разработки и модификации приложений. И с учетом этого фактора компонентная технология построения программного обеспечения выгодно отличается от традиционной.

В нашем рассмотрении приложений пользователя и систем отображения информации мы будем придерживаться упомянутой выше компонентной идеологии. При независимости отдельных компонент, из которых формируется приложение, или замене одной или нескольких компонент не происходит нарушение работоспособности всего приложения в целом. Разумеется, выполнение такой схемы формирования приложений имеет практическое значение только при соблюдении определенных соглашений на информационные интерфейсы между компонентами. В этом случае внутреннее содержание каждого компонента оказывается независимым от остальных и может безболезненно для всего приложения развиваться.

Другой важной особенностью этой идеологии в программировании является формирование

компонентов в виде исполняемых модулей (exe, dll и т.п. файлов). В этом случае модификация компонентов возможна без прерывания функционирования всего приложения. Эти два неперемняемых условия применения компонентной архитектуры приложений в полной мере использованы в представленной ниже системе конструкторов КАСКАД-НТ 4.0 (далее везде будем использовать сокращение КАСКАД).

## УРОВНИ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Строго говоря, компонентная архитектура приложений предполагает его многоуровневую (иерархическую) организацию. Так, отдельные подсистемы могут состоять из объектов (таблиц, схем, графиков и т.п.). Те, в свою очередь, могут содержать объекты следующего уровня (окна, кнопки, приборы и т.п.). Таких уров-

ней может быть несколько, причем их количество зависит от возможностей конструкторов и степени сложности решаемых задач.

Таким образом, можно отметить наличие нескольких уровней конструирования приложений в зависимости от технологической наполненности создаваемых программных систем. Компонентная технология построения ПО может быть реализована как методами классического про-

## ПРИМЕР ОПЕРАТИВНОЙ СХЕМЫ СЕТИ

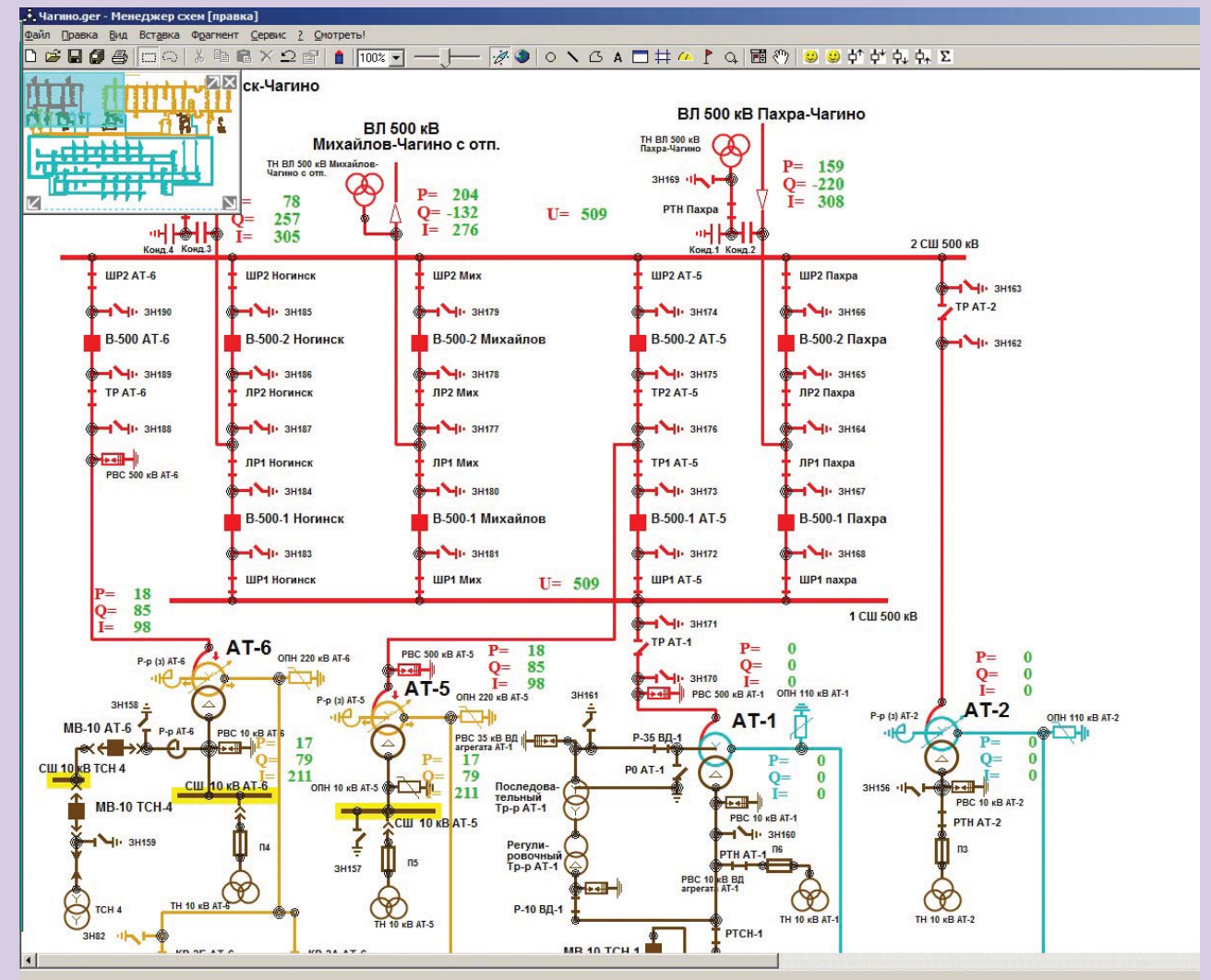


Рис. 3

граммирования со всеми необходимыми атрибутами использования языков высокого уровня (трансляции, компиляции и других подобных процедур), так и методом построения ПО путем его конструирования специальными конструкторами, в которых отсутствуют (а точнее скрыты) многие традиционные этапы программирования. Отметим, что сборка приложений из некоторых стандартных компонентов давно уже была мечтой создателей ПО.

Что касается функциональных возможностей отдельных компонентов высокого уровня, то наблюдается их расширение и взаимная экспансия. Так, функции оперативно-информационных систем часто имеют возможности отображения информации и, напротив, системы отображения решают ряд задач таких комплексов. Однако если модификацию таких функций, как прием и обработка информации, трудно выполнить без привлечения профессиональных программистов, то создание систем отображения можно выполнить силами пользователей и обслуживающего персонала. На рис. 4 представлен пример конструкции панели высокого уровня, состоящий из множества компонентов более низкого уровня.

Системы конструирования низкого уровня предполагают использование традиционной процедуры программирования, трансляции программ и сборки прикладного ПО. К ним можно отнести такие широко известные системы, как Visual C++, DELPHI, Builder C и многие другие. Использование перечисленных выше систем низкого уровня требует привлечения к участию в каждой конкретной разработке высококвалифицированных программистов, что, несомненно, увеличивает трудоемкость и стоимость создания прикладного ПО и человеко-машинного интерфейса (далее Man Machine Interface — MMI). Несмотря на упо-

мянутый «низкий» уровень, эти системы значительно более удобны для разработчиков, чем традиционные языки программирования C, FORTRAN и особенно ASSEMBLER. И это несмотря на то, что профессиональный программист может создать на языках низкого уровня программы очень высокого класса.

Системы конструирования высокого уровня ориентируются на их использование персоналом, хорошо представляющим суть решаемой технической или технологической задачи, для которой создается прикладное ПО или MMI. От пользователей этих систем либо вообще не требуется знаний в области программирования, либо эти требования минимальны.

На рынке программных продуктов появились различные по своим возможностям и назначению высокоуровневые системы конструирования человеко-машинных интерфейсов приложений и автоматизированных рабочих мест пользователя. К таким систе-

мам можно отнести конструкторы Autocad, CorelDraw, ABB, Citect, Fix, Iconics и многие другие, главным образом зарубежного производства. В России к таким системам относятся комплексы МОДУС и ТОРАЗ и представленный в настоящей работе комплекс КАСКАД. Эти системы можно условно разделить на конструкторы широкого применения и узкопрофильные (например, только для задач автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) электроэнергетики).

Применение в России для автоматизации рабочего места пользователя зарубежных высокоуровневых конструкторов ПО затруднено двумя основными причинами. Первой является их высокая стоимость (порядка нескольких тысяч долларов на одно рабочее место). Другой причиной является необходимость их адаптации к специфике решения задач в российских условиях. Немалые проблемы вызывает и необходимость русификации западных продуктов (включая их интерфейс, используемые шрифты,

## ПРИМЕР ПАНЕЛИ «ВЫСОКОГО» УРОВНЯ

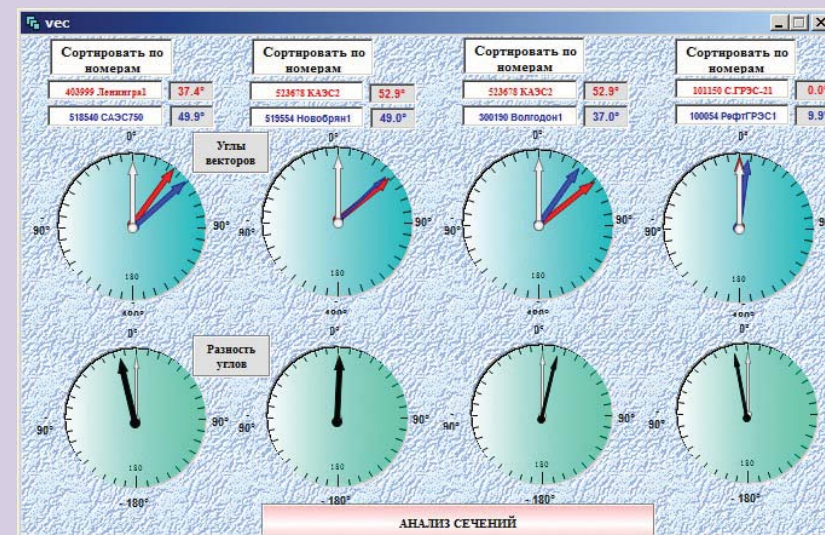


Рис. 4

## ИНТЕРФЕЙС ДИСПЕТЧЕРА С ПАНЕЛЬЮ УПРАВЛЕНИЯ

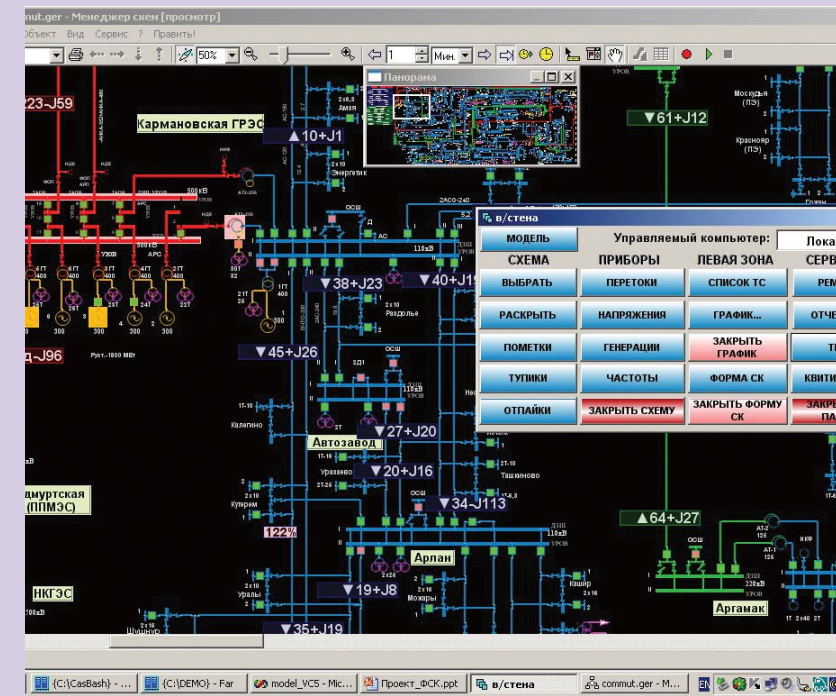


Рис. 5

систему помощи и документацию). Русификация продукта стоит дорого и выполняется разработчиками системы конструирования лишь при очень большом объеме продаж данного продукта. Немаловажным, как упоминалось выше, является необходимый уровень кибербезопасности, который сложно обеспечить в зарубежном ПО.

В то же время, в силу массовой компьютеризации сфер научного исследования, управления, материального производства, подготовки кадров и т.д., потребность в удобных, дешевых и приспособленных к российским условиям системах конструирования прикладного ПО и MMI чрезвычайно велика. Причем важно понять, что при имеющемся дефиците и высокой стоимости программ-

ств, единственной в условиях России возможностью создания современных программных комплексов является использование высокоуровневых конструкторских систем. В этом случае основная тяжесть создания и модификации формируемых программных продуктов ложится на обслуживающий персонал и продвинутых пользователей, которых много и которые кровно заинтересованы в поддержке и развитии вычислительных комплексов.

Таким образом, необходимо отметить два самых главных фактора:

1. Обеспечение кибербезопасности создаваемых программных комплексов. Этот фактор в России может быть реализован

только для российских продуктов.  
2. Действие санкций со стороны основных поставщиков ПО.

Оба этих фактора являются основополагающими в таких жизненно важных отраслях, как обороноспособность, электроэнергетика, связь и др. Так или иначе, эти жизненно важные области необходимо делать полностью импортонезависимыми, в том числе и используемую в них элементную базу.

Выше отмечалось, что при функционировании приложений (задач) пользователей возникают проблемы управления ими и отображения информации, формируемой в процессе решения задач. Обычно такие проблемы решаются в рамках самих приложений пользователя, что приводит к неоправданно большим затратам на их разработку и проблемам с организацией интерфейса пользователя. Как упоминалось выше, традиционные методы решения проблем управления решением задач и отображения информации в вычислительных системах требуют значительных временных и финансовых ресурсов, а также высококвалифицированных программистов.

Эти значительные силы при таком подходе необходимы для написания программных кодов, их трансляции и компиляции, а также отладки и организации взаимодействия с другими приложениями.

Первый путь состоит в конструировании приложений и затем в преобразовании их в исполняемый код программы, используемый для решения задач пользователя. В этом случае можно получить эффективную (быструю) программу, однако при всех ее модификациях необходимо повторять процедуру коррекции исходного текста, транс-

ляции программ и их сборку (преобразования в исполняемый код).

Второй путь позволяет интерактивно (по мере исполнения) преобразовывать все процедуры приложений пользователя в исполняемый код (это обеспечивается интерпретирующим режимом исполнения), что приводит к некоторому замедлению исполнения программы, но делает такую программу гибкой и удобной для модификации самим пользователем непосредственно в процессе выполнения. Этот режим предусматривает возможность конструирования приложения как в процессе его исполнения, так и предварительно (до исполнения этой задачи).

Некоторое замедление выполнения приложений, которое возникает в режиме интерпретации программного кода, обычно не вызывает затруднений, поскольку скорость выполнения программ в настоящее время достигла небывалых величин.

Необходимо отметить, что все основные компоненты комплекса КАСКАД являются визуальными конструкторами и при создании приложений пользователя не требуют процедур трансляции и компиляции. Другими словами, формирование исполняемых модулей и необходимой информации происходит в интерактивном режиме непосредственно перед интерпретирующим режимом исполнения программы.

## УРОВНИ ДОСТУПА

Компоненты (конструкторы) системы КАСКАД-НТ функционируют в двух основных режимах: конструирования и просмотра (управления). В режиме конструирования пользователь создает панели управления, графики, схемы и другие экранные формы, т.е. задает их свойства, а также привязки к БД. Все эти формы будем называть объектами

комплекса КАСКАД-НТ. В режиме просмотра (пользователя) созданные формы используются пользователем для отображения информации и управления технологическим объектом.

Администратор системы на каждом автоматизированном рабочем месте (АРМе) устанавливает уровень доступа к конструкторским возможностям комплекса и обеспечивает доступ к созданию системы только уполномоченным лицам. Такая защита гарантирует от случайных (несанкционированных) изменений в созданном или проектируемом комплексе.

Подобным образом выполняется разграничение пользователей и по уровню доступа к информационным, и по технологическим задачам нормально функционирующего комплекса. Реализация этой опции задается системой паролей, которыми могут быть снабжены отдельные кнопки и другие элементы управления интерфейса пользователя.

## СОСТАВ КОНСТРУКТОРОВ КАСКАД-НТ 4.0

В состав системы конструкторов КАСКАД входят следующие исполнительные подсистемы — конструкторы, служебные программы и библиотеки:

- конструктор локальных баз данных и общих областей памяти для Windows приложений — программа TABULA;
- конструктор панелей управления — программа COP (см. рис. 4);
- конструктор экранных форм — программа GRAF (см. рис. 5);

## ВЫВОД ПАРАМЕТРОВ НА ГРАФИК



Рис. 6

- конструктор элементов экранных форм — программа ELEM;
- авторазрисовщик режимных схем электрической сети — программа AUTOGRAPH (см. рис. 12);
- конвертер из унифицированного формата данных по электрической сети (формат ЦДУ ЕЭС России) в формат авторазрисовщика режимных схем — программа CF;
- конструктор графиков и таблиц — программа PAR (см. рис. 6 и 7);
- конструктор сценариев — SCENA;
- конструктор просмотра данных средствами таблиц Excel — BEE;
- конструктор отчетов — WordCas, основанный на известном редакторе Word;
- конструктор просмотра данных средствами Internet — WEBCAS;
- конструктор средств защиты от несанкционированного доступа CODER;

- драйвер связи подсистем КАСКАД с универсальными и специализированными базами данных — динамическая библиотека bind.dll;
- драйвер связи со стандартными БД — cascade.dll;
- драйвер связи с БДРВ — oik.dll;
- библиотека функций на языке С для модификации структуры локальных баз данных, созданных конструктором TABULA, и доступа к ним — tbl.dll;
- библиотека элементов экранных форм — libfig.glf;
- библиотека правил поведения объектов экранных форм — libfig.add.

Состав конструкторов, библиотек и драйверов связи КАСКАД-НТ охватывает практически все необходимые функции для проектирования и создания программных комплек-

## ГИСТОГРАММЫ ПАРАМЕТРОВ (ПРОГРАММА PAR)

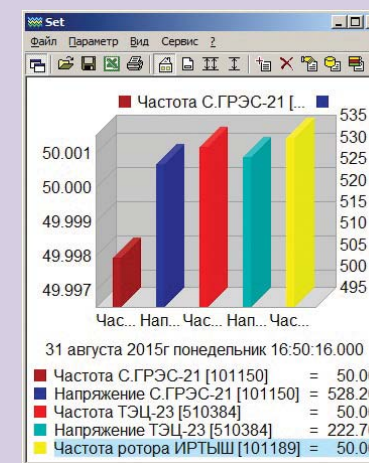


Рис. 7

сов широкого профиля (т.е. является практически импортнезависимым). Если какого-либо функционала недостаточно, разработчики КАСКАД-НТ быстро формируют необходимую опцию (например, доступ данных по OPC).

Ядром системы КАСКАД является система библиотек связи bind.dll, oik.dll, cascade.dll, поскольку именно они обеспечивают информационное взаимодействие различных конструкторов системы через их привязку к базам данных. В дальнейшем будем называть эти библиотеки также драйверами связи.

Ключевой библиотекой, которая организует взаимодействие объектов со всеми БД, является bind.dll. К стандартным внешним базам данных привязка объектов системы КАСКАД осуществляется через библиотеку cascade.dll с помощью системы драйверов ODBC, OSCI или ADO, входящих в поставку OS Windows.

Комплекс КАСКАД предоставляет разработчикам библиотеку функций tbl.dll на языке С++ для организации доступа к данным БД, созданной конструктором TABULA, управления занимаемой ею памятью и модификации ее структуры. Эта БД является чрезвычайно быстрой (по сравнению со стандартными) за счет полного размещения всех таблиц в оперативной памяти ЭВМ. Блоки данных конструктора TABULA позволяют управлять приложениями пользователя (дерево управления).

Для организации общего для ряда приложений адресного пространства внутренней памяти ЭВМ, конструктор может создавать файл с расширением .sdf, в котором в форме таблиц содержится внешний образ поля памяти. Конструктор позволяет работать с этим внешним образом общего поля памяти как с обычной базой данных, обе-

спечивая тем самым доступ к внутренним данным приложения для их просмотра и редактирования в процессе его выполнения. Механизм общей области памяти обеспечивает непосредственный доступ по именам к объектам данных в памяти ЭВМ из различных параллельно работающих на данной платформе программных приложений. Эти приложения могут быть разработаны на языке С, С++ или Фортран 90 для операционных систем Windows 200X, NT, XP. В качестве объекта данных в общей области могут выступать простые переменные, одномерные массивы, двумерные массивы и массивы структур.

Таблицы и блоки в локальной базе tbl упорядочены древовидным образом, для чего используются папки. Начиная с корня дерева базы (имеющего всегда то же имя, что и имя файла базы), каждая папка может содержать любое количество таблиц и подпапок, т.е. папок, вложенных в другие папки. Таблицы, блоки и папки являются элементами дерева базы. Дерево базы доступно для просмотра и редактирования пользователем также, как, например, дерево каталогов диска в левом окне стандартного проводника Windows. Для папок и таблиц в дереве поддерживается режим перетаскивания мышью и стандартный буфер обмена для копирования, в том числе и из других баз tbl. В дереве базы можно создать новую папку или таблицу, а также удалить имеющиеся.

Конструктор TABULA может функционировать в сетевом и локальном режимах. В целом БД TABULA обладает обычными свойствами реляционных БД, но основным ее достоинством является возможность формирования общих областей памяти для интеграции программ нескольких разработчиков, причем обращения к переменным разных

## СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КП МОДЕЛЬ

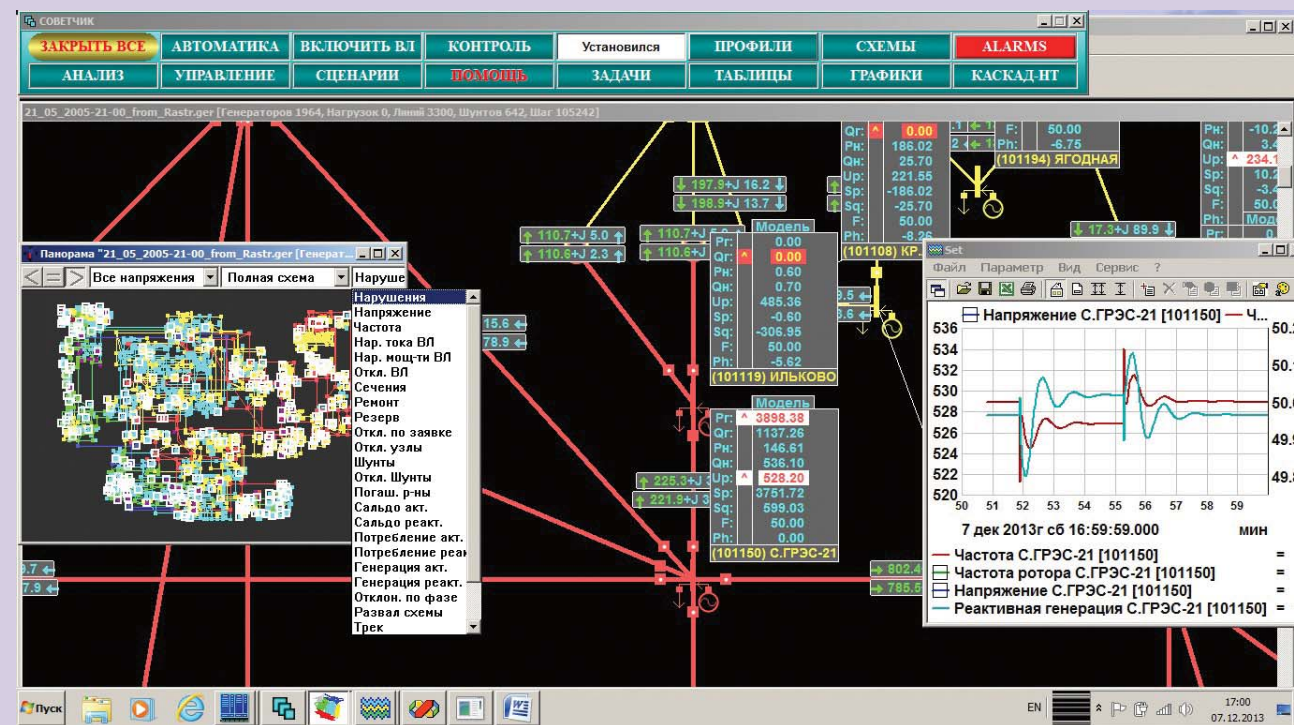


Рис. 8

задач происходит по их именам, т.е. очень быстро.

Разумеется, пользователь может использовать и другие БД. Это становится неизбежным при хранении больших объемов информации (напомним, что данные БД TABULA целиком должны размещаться в оперативной памяти ПК). Подобным образом как расчетный можно использовать любой иной блок (например, РАСТР или КОСМОС).

## ПРИЛОЖЕНИЯ КОМПЛЕКСА КАСКАД-НТ 4.0

Путем применения представленной методики созданы следующие системы:

### 1. ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЭС РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Этот комплекс программ (КП) предназначен для анализа установившихся (УР) и переходных режимов (ПР) расчетных схем ЭЭС в формате ЦДУ, PSSЕ, CIM (cim13) в темпе реального времени, а также в ускоренном и замедленном темпах. Комплекс используется для построения режимных тренажеров оперативного персонала, конструирования интерфейса пользователя и решения ряда технологических задач.

В КП Модель моделируются электромеханические и длительные переходные процессы в котлоагрегатах и гидроагрегатах, формируется коммутационная схема всего или части энергообъединения, выполняется управление

коммутационными аппаратами и ряд других функций. Представлены системы вторичного регулирования (АРЧМ) и противоаварийной автоматики (ПА). Решаются задачи повышения режимной надежности. Отметим, что ряд задач РВ (моделирование ЭЭС, оптимизация режима и т.д.) с высокими требованиями по скорости решения следует решать традиционно.

Представлена система отображения результатов расчета в виде 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.

В КП Модель решается задача оптимизации режима по напряжению и реактивной мощности, вводу режима в допустимую область, мониторинга режима реального энергообъекта и ряд других задач.

КП Модель содержит средства (КАСКАД-НТ) формирования расчетных и графических схем, систему управления расчетом в реальном времени, статистического анализа параметров режима при случайных колебаниях нагрузок в узлах сети.

КП Модель решает задачи статистического анализа параметров режима при случайных колебаниях узловых нагрузок и задачу анализа параметров сети для решения задачи оценивания состояния (ОС). В КП Модель обеспечено моделирование динамики без накопления ошибки, что является необходимым свойством при построении режимных тренажеров и советчиков диспетчера.

Пример интерфейса КП Модель дан на рис. 8.

### 2. РЕЖИМНЫЙ ТРЕНАЖЕР С КОНТРОЛЕМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ

Комплекс РЕТРЕН-НТ предназначен для создания, поддержки и модернизации режимного тренажера с контролем переключений для обучения и тренажа оперативного персонала энергообъектов системного оператора (СО) единой электроэнергетической системы (ЕЭС) и энергообъектов Федеральной сетевой компании (ФСК) ЕЭС. Программный комплекс РЕТРЕН построен на базе системы конструкторов КАСКАД, динамической и коммутационной модели ЭЭС реального времени (РВ). Комплекс РЕТРЕН содержит режимный тренажер (РТ), тренажер оперативных переключений (ТОП) и тренажер анализа нештатных ситуаций (ТРАНС). Все виды тренажеров являются

инновационными и объединены в общий комплекс программ (КП) РЕТРЕН. В программе РЕТРЕН реализована динамическая модель ЭЭС, отражающая электро-механические и длительные переходные процессы в тепловых и гидравлических электростанциях. В тренажере формируется полная коммутационная модель ЭЭС, информационно связанная с режимной моделью. Управление топологией сети и ее режимом выполняется пользователем в интерактивном режиме, средствами РЗ и ПА, сценариями тренировки и развития аварий.

В сетевом режиме возможно до 10 АРМ обучаемых, инструктора и посредника. Управление топологией сети выполняется коммутационными аппаратами с подробных схем подстанций по правилам переключений. Пример интерфейса КП РЕТРЕН дан на рис. 9.

Средствами сопровождения заданы системы регулирования и ПА. Внедрен с 2012 г. в 10 объектах (МЭС и ПМЭС).

### 3. КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ

Комплекс управления электрическими сетями (КУЭС) состоит из ряда технологических задач и системы их конструирования. В ПК представлена система отображения оперативной и иной информации из стандартных БД (ORACLE, MS SQL и т.д.) и ряда БД реального времени (БДРВ) отечественных оперативно-информационных комплексов (ОИК) на индивидуальных (дисплеях) и коллективных средствах (видеостенах). КУЭС предназначен для мониторинга режима и топологии сети на предприятиях ОАО «СО ЕЭС» и ПАО «ФСК ЕЭС», применяется в задачах оператив-

## РАБОЧЕЕ МЕСТО РУКОВОДИТЕЛЯ ТРЕНИРОВКИ



Рис. 9

ного управления и при создании тренажерных комплексов.

В КУЭС методом конструирования сформирован ряд технологических задач: динамическая модель электроэнергетической системы (ЭЭС) реального времени (РВ), тренажерный комплекс РЕТРЕН, расчет УР и ПР, ввод режима в допустимую область, минимизация потерь в сети, контроль режима по критерию N-1, топологический анализ сети, анализ нештатных ситуаций и ряд других. Пример реализации КУЭС с отображением информации на большой (4 × 8 кубов) видеостене в диспетчерском зале показан на рисунке на странице 42.

Технологические задачи КУЭС решаются на базе данных ОИК, оценки состояния (ОС) и динамической модели ЭЭС реального

времени. Комплекс создан как надстройка над отечественными и зарубежными SCADA. Приложения комплекса КУЭС разработаны в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».

#### 4. КОМПЛЕКС ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОММУТАЦИЯМИ

В комплексе представлены задачи интеллектуального управления электрическими сетями и основные принципы построения соответствующего программного комплекса (ПК SMARTCOM). Приведены основные задачи комплекса и его структура.

Применение комплекса целесообразно на всех уровнях иерархии энергообъектов — от СО ЕЭС и его подразделений до ФСК ЕЭС и электросетевых предприятий.

ПК SMARTCOM предназначен для интеллектуального управления электрическими сетями. В ПК SMARTCOM входят стандартные функции управления отключениями (OMS), дополненные интеллектуальными агентами, создающими возможности повышения надежности сети. В состав ПК SMARTCOM входит задача анализа нештатных ситуаций в сети при коротких замыканиях, погашении отдельных районов и других нарушениях.

SMARTCOM может применяться для мониторинга состояния электроэнергетической системы (ЭЭС) и решения ряда технологических задач интеллектуального управления электрическими сетями и информационной поддержки оперативно-диспетчерского персонала энергообъектов. Пример отображения фрагмента схемы

с погашенным районом представлен на рис. 10.

#### 5. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Система для автоматизированного проектирования распределительных электрических сетей (САПР-РС) — это набор информационных и технологических программ для создания и развития электронных образов электрических сетей (ЭС). Создаваемые схемы ЭС формируются на фоне геоподложки местности с привязкой энергообъектов к географическим координатам.

Применение САПР-РС содержит следующие основные этапы:

- исследование текущего состояния оборудования проектируемой системы;
- прогнозирование местоположения изменения потребления в сети;
- определение исходной информации по фрагментам проектируемой сети;
- формирование полной расчетной схемы проектируемой сети;
- формирование графической однолинейной проектируемой схемы;
- привязка элементов расчетной схемы сети к геокоординатам;
- корректировка положения сети на геоподложке;
- формирование системы отображения режимных параметров на однолинейной схеме;
- формирование перспективных расчетных схем проектируемой сети;
- формирование ремонтных расчетных схем;

## ФОРМИРОВАНИЕ СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА КАРТЕ

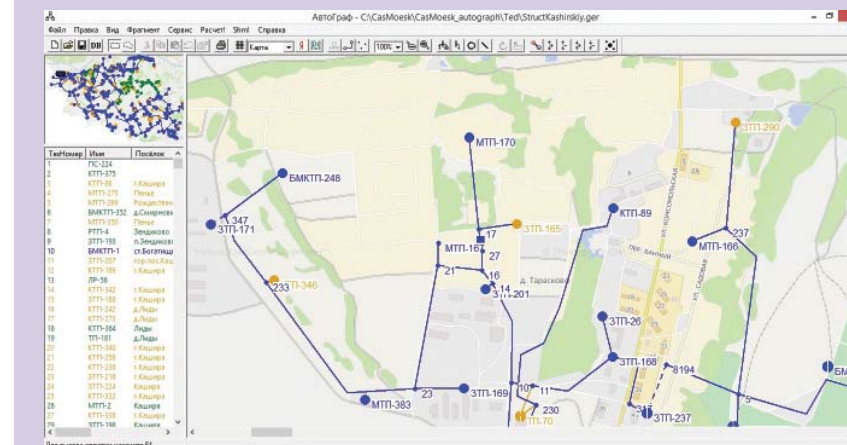


Рис. 11

- моделирование систем РЗ и ПА;
- проведение серии расчетов УР и ПР;
- оценка надежности проектируемых режимов;
- формирование отчетной документации.

В САПР-РС реализована расчетная динамическая модель электроэнергетической системы (ЭЭС), отражающая электромеханические и длительные переходные процессы в тепловых и гидравлических электростанциях с моделями систем регулирования и противоаварийной автоматики (ПА). Формируется полная коммутационная модель ЭС, информационно связанная с режимной моделью. Управление топологией сети и ее режимом формируется пользователем в интерактивном режиме, средствами РЗ и ПА, сценариями развития аварий и командами пользователя. Управление топологией сети выполняется коммутационными аппаратами с подробных схем подстанций по правилам

переключений. Схемы ЭС могут оперативно дополняться или изменяться в режиме реального времени на фоне геоподложки (рис. 11).

Откорректированные схемы можно в темпе реального времени рассчитать в статическом или динамическом режиме и проверить их надежность.

#### 6. КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ

Представлен комплекс программ управления распределительными электрическими сетями (КУРС-НТ, далее КУРС) и даны примеры его использования. Комплекс КУРС состоит из ряда технологических задач и системы их конструирования (см. рис. 11). 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) и геоинформа-

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ФРАГМЕНТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

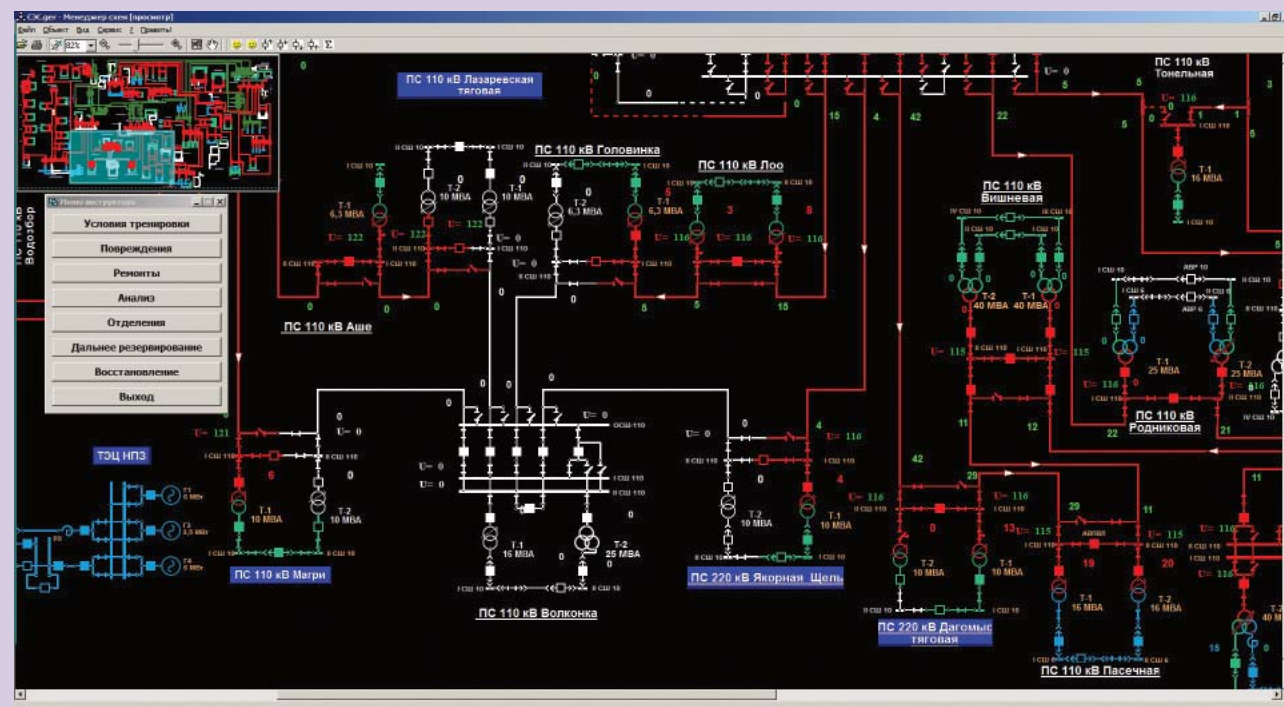


Рис. 10

## КАРТА НАПРЯЖЕНИЙ В УЗЛАХ СЕТИ ПОСЛЕ ОПТИМИЗАЦИИ ПО РЕЖИМУ U-Q

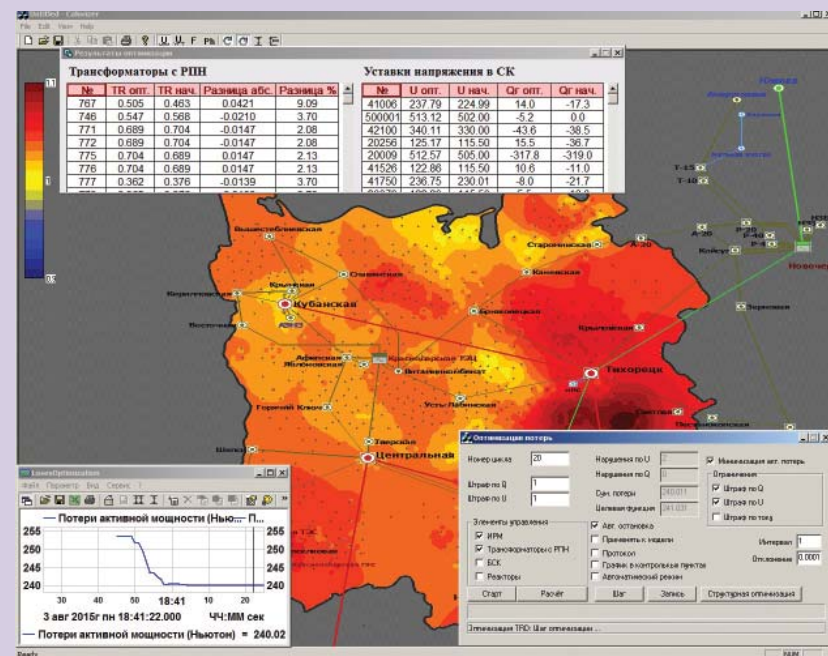


Рис. 12

ционных систем (ГИС). КУРС предназначен для мониторинга режима и топологии сети на предприятиях ПАО «Россети» и ПАО «ФСК ЕЭС», применяется в задачах оперативного управления и при создании тренажерных комплексов. Технологические задачи КУРС решаются на базе данных ОИК, оценки состояния (ОС) и модели электроэнергетической системы (ЭЭС) реального времени (РВ). Комплекс создан как надстройка над отечественными и зарубежными SCADA. Приложения комплекса КУРС разработаны в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».

### 7. КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Комплекс программ СТЕНД создан для тестирования систем управ-

ления электроэнергетическими системами (ЭЭС) и электрическими сетями. Даны примеры его использования. Комплекс СТЕНД состоит из ряда технологических задач и системы их конструирования. 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 средствах (видеостенах). Комплекс СТЕНД предназначен для моделирования режима и топологии электрической сети на предприятиях ОАО «СО ЕЭС» и ПАО «ФСК ЕЭС», систем автоматического и противоаварийного управления, релейной защиты и автоматики (РЗ и ПА). Комплекс

СТЕНД состоит из имитатора ЭЭС (один компьютер) и системы мониторинга совмещенной с тестируемой системой управления (второй компьютер). Моделируется реальный, замедленный и ускоренный режимы ЭЭС в динамике и статике, наличие и отсутствие помех, переменный график нагрузки и т.п.

На рис. 12 приведен результат испытаний системы оптимизации режима ЭЭС по напряжению и реактивной мощности (минимизация потерь активной мощности).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Импортозамещение широкого класса задач может быть обеспечено при минимальных затратах путем конструирования ПО.
2. Системы конструирования ПО обеспечивают полный жизненный цикл программных систем (разработку, внедрение, развитие и модернизацию).
3. Кибербезопасность ПО можно обеспечить путем его конструирования.
4. В России существуют системы конструирования, способные обеспечить ускоренное создание импортонезависимого ПО в области электроэнергетики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович М.А. Цифровая обработка информации для задач оперативного управления в электроэнергетике. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2001.
2. Рабинович М.А. Отображение оперативной информации. Комплекс «КАСКАД-НТ 2.0». М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2004.



20-23 ОКТЯБРЯ 2015

ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР», ПАВИЛЬОНЫ №2, №8  
МОСКВА, КРАСНОПРЕСНЕНСКАЯ НАБ., 14

RUGRIDS-ELECTRO.RU | 8-800-555-19-57 | #RUGRIDSELECTRO

