

ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЁТА РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

© 2011 Ю. П. Кубарьков¹, В. Г. Гольдштейн¹, С. В. Амелин²

¹Самарский государственный технический университет

²ЗАО «Модус»

Рассматриваются объектно-ориентированный подход к созданию системы для моделирования энергетических объектов, методы представления объектов, их состояния, свойств, а также способы хранения этих объектов в упорядоченном виде. Показано, как с помощью традиционных функций в автономных системах электроснабжения можно решать расчётно-аналитические и информационно-справочные задачи. Для решения задач управления электротехническими комплексами, а также для автоматизированного ведения статической и динамической информации об оборудовании и режимах его работы разработана информационно-аналитическая система (ИАС) "Pegas".

Электротехнический комплекс, автономная система электроснабжения, информация, режим работы, потери энергии.

Для решения современных информационных, технологических и расчётных задач, постоянно возникающих в процессе эксплуатации электротехнических комплексов (ЭК) и автономных систем электроснабжения (АСЭС), а также проблем выполнения капитальных ремонтов оборудования в зависимости от его технического состояния, должна быть значительно улучшена вся организационно-техническая деятельность энергетических служб. Возрастают требования и к техническим службам.

Необходима развитая информационная поддержка по всей совокупности данных о технологическом оборудовании электроустановок (ЭУ), распределительных устройствах (РУ), средствах защиты, автоматике, трассах коммуникаций, нагрузках, а также ретроспективная информация о различных событиях и др.

Требуется совершенствования процесс профессионального обучения и переподготовки персонала, обслуживающего электротехнические комплексы и автономные системы электроснабжения. Его организация невозможна без создания развитой системы программно-технических тренажёров, информационно-обучающих автоматизированных систем и др.

Одной из важнейших задач в области современной электроэнергетики является задача моделирования и ведения режимов энергетических систем, зачастую требующая обработки больших объёмов данных с последующим отображением результатов пользователю.

Опыт показывает, что экономически выгодным решением при выборе инструментальных средств является интеграционный подход, при котором весь набор перечисленных функций реализуется в подсистемах информационно-управляющей системы энергетического комплекса (ИУС ЭК).

При проектировании электротехнических комплексов необходима разработка нового поколения ИУС, ориентированных на решение задач автоматизации автономных систем электроснабжения, основывающихся на современных информационных технологиях и технических средствах, приспособленных к решению задач эксплуатации. При этом создание адекватных моделей объектов и режимов их работы позволит решать многие задачи оптимизации управления и эксплуатации ЭК и АСЭС.

Поэтому задачи моделирования должны учитывать основные направления проектирования ИУС ЭК:

- цели построения такой системы;
- требования к архитектуре;
- принципы обеспечения единства объектов системы (совместимости);
- общие затраты и параметры эффективности внедрения (например, сроки окупаемости).

Таким образом, предприятие получает не разрозненные системы, ориентированные на частные задачи, а многофункциональную ИУС ЭК с полным и необходимым набором функций для решения комплекса задач в условиях нормальной и аварийной работы (многофункциональность, разнородность источников электроэнергии, избыточность, различные последствия отказов элементов, непостоянство нагрузки и т.п.).

Для решения этих задач может быть использована интегрированная информационно-аналитическая система (ИАС) «Pegas» [1]. Она состоит из информационно-справочной системы (ИСС), основанной на БД или СУБД (паспорта, ремонты, дефекты, испытания оборудования), графического интерфейса и печати, расчётных блоков в прикладных программах, системы комплексной оценки технического состояния, на основе которой с помощью искусственного интеллекта может быть сформирован план-график техобслуживания и план капитальных ремонтов оборудования этих сетей, сметы на их выполнение и др., а также интеллектуального интерфейса пользователя (рис. 1). Данная система интегрирована с графическим редактором «Модус», а многие блоки имеют единую функциональную структуру.

Назначение разработанного комплекса

Обеспечение информирования персонала о составе и характеристиках установленного оборудования системы электроснабжения, его текущем

состоянии, потреблении и потерях электроэнергии, других обобщённых технических характеристиках основной деятельности.

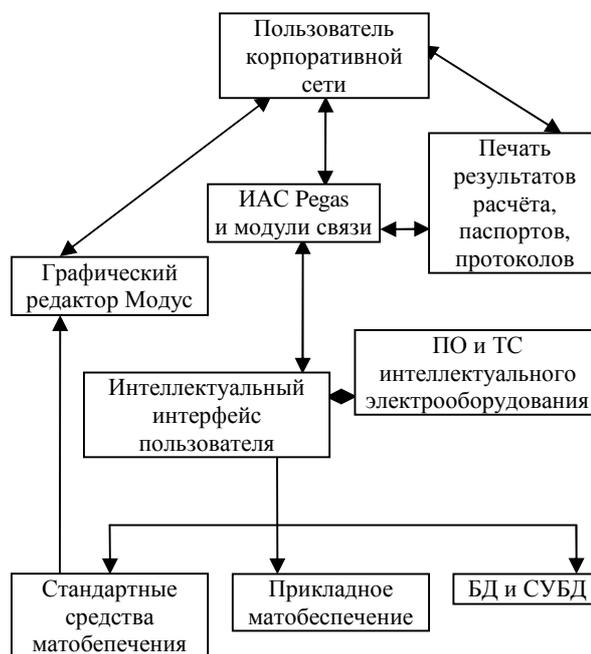


Рис. 1. Структурная схема ИАС «Pegas»

Информация должна вызываться непосредственно со схемы. Доступ к схемам – с любого рабочего места корпоративной сети.

Обеспечение инженерного персонала производственных служб средствами достоверного и наглядного отображения и контроля состояния конкретного оборудования АСЭС и распределительных сетей (РС), вторичных цепей и приборов, средств учёта, телемеханики, связи.

Обеспечение справочной информацией, средствами учёта дефектов, отказов, заявок, дежурств, прав и т.п.

Решение расчётно-аналитических задач управления режимами работы автономных систем электроснабжения инженерным персоналом производственных служб.

Обеспечение работы оперативно-диспетчерского персонала информацией о текущем состоянии оборудования автономных систем электроснабжения. Применение единой библиотеки схем в тренажёре оперативных переключений,

оперативном журнале и оперативно-информационном комплексе.

Основные технологические задачи и технические возможности комплекса

Комплекс позволяет решать следующие технологические задачи:

1. Подготовка в электронной форме схем первичной и вторичной коммутации РУ всех классов напряжения, схем тепловой и электрической частей АСЭС в формате ПО «Модус» (рис. 2).

2. Согласование нормативно-справочной информации по параметрам и характеристикам электротехнического оборудования с объектами, нарисованными на схемах.

3. Организация и формирование документов по оборудованию ЭК и СЭС, в том числе:

- протоколы испытаний;
 - паспорта оборудования;
 - технические инструкции;
 - государственные стандарты;
 - отраслевые правила и руководящие документы;
 - изображения конкретных объектов.
4. Определение иерархии управляющего доступа к запрашиваемой информации.

Основные технические возможности комплекса:

- Наличие структурированной интегрированной базы данных по элементам электрического оборудования, ориентированной на выбор формата хранения данных СУБД типа Access или Oracle.

- Формирование пакетов хранения информации различного назначения для электрических расчётов, текущих и перспективных задач эксплуатации и материально-технического снабжения.

- Наличие модуля однозначного соответствия данных, представляемых на схемах, отрисованных графическим редактором и в таблицах СУБД с возможностью использования средств фирмы ПО «Модус».

- Средства доступа и выборки параметров элементов и параметров режима, упрощённое обращение к данным, находящимся в БД, использование стандартных средств системы управления базой данных (СУБД).

- Возможность наращивания объёмов хранимой информации, а также возможности увеличения количества элементов, составляющих схемы РУ.

- Простая структура запросной системы для работы специалистов и руководящих работников, не имеющих специальной подготовки, с базой данных и схемами, доступными из локальной сети.

- Доступный непрофессиональному пользователю интерфейс с большой степенью наглядности и информативности.

- Набор расчётных задач, имеющихся в составе комплекса (с возможностью изменения состава задач в зависимости от потребностей), позволяет обеспечить решение прикладных задач анализа электрических режимов АСЭС, в частности:

- расчёт токов короткого замыкания;
- расчёт перенапряжений при однофазных замыканиях на землю – ОЗЗ;
- расчёт установившегося режима;
- возможность использования диспетчерской схемы в качестве режимного тренажёра для оценки аварийных и ремонтных режимов;
- расчёт потерь мощности и электроэнергии в элементах АСЭС.

- Доступ к электрическим отображениям, базам данных с любого рабочего места локальной сети.

- Возможность внесения изменений и дополнений в базы данных и в схемы администратором системы или уполномоченным лицом.

Комплекс разработан на основе трёх ключевых концепций.

Виртуальное отображение реальных систем. Операции и действия с графически отображаемой схемой системы выполняются как можно более

адекватно операциям и действиям в реальной электрической системе [2]. Например, отключенное положение выключателя, вывод элемента из рабочего состояния, изменение оперативного статуса электрического аппарата отражается на схеме с помощью изменения его цвета. В качестве базового редактора используется редактор фирмы «Модус».

Общая интеграция данных. ИАС «Pegas» даёт возможность использовать одну базу данных для электрических, механических, логических и физических характеристик системных элементов. Эти данные могут использоваться как для различного рода расчётов (нормальный режим, токи короткого замыкания, механический расчёт и т.д.), так и для задания характеристик аналогичных элементов при их добавлении в схему. Эта интеграция данных обеспечивает идентичность характеристик однотипных

элементов для всей схемы и уменьшает объём входной информации.

Упрощение входных данных. ИАС «Pegas» позволяет подготовить базу данных детальной информации для каждого электрического аппарата, входящего в схему. При последующем вводе данных для вновь помещаемого на схему элемента требуется только проведение корректировки выбранной информации или просто её выбор из базы данных.

В соответствии с изложенными концепциями ИАС «Pegas» состоит из четырёх подсистем:

- Собственно графического редактора "Модус", позволяющего работать непосредственно в визуальном режиме со схемами электрических сетей и автономных систем электроснабжения, выполненных в однолинейном представлении.

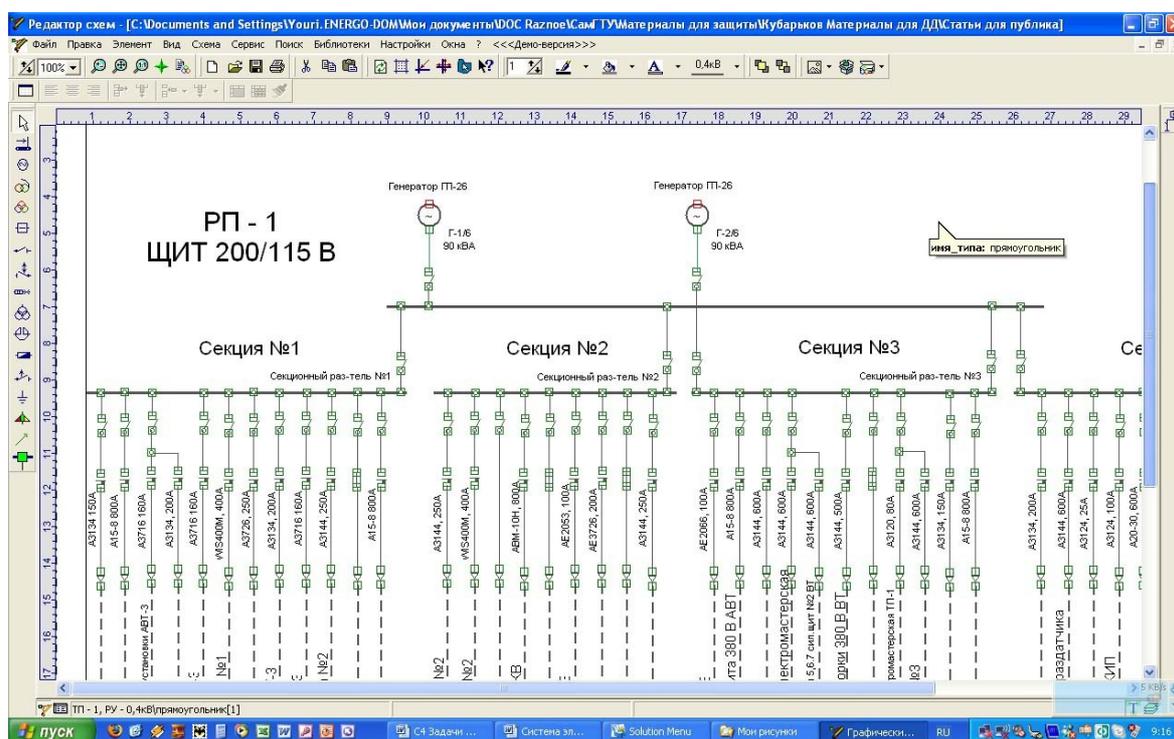


Рис. 2. Однолинейная схема электроснабжения АСЭС в формате ПО «Модус»

- Базы данных, где хранится вся необходимая нормативно-справочная информация по элементам, отображаемым с помощью графического редактора.
- Установки и коррекции параметров и их значений или характеристик элементов, помещённых на поле отображения.
- Расчётно-аналитических модулей, позволяющих выполнять электротехнические и другие расчёты для отображённой схемы электрической системы.

Графический редактор.

Подсистема моделирования графического редактора выполняет ряд задач для построения цифровой модели электрической сети. Начальная стадия построения цифровой модели электрической сети состоит в компоновке пользователем схемы электрических соединений.

На этой стадии графический редактор выступает в роли конструктора, который позволяет посредством встроенных графических объектов моделирования задавать конфигурацию схемы соединений электрической сети. Встроенные графические объекты подсистемы моделирования редактора представляют собой графические эквиваленты составляющих электрической сети. Рабочая область, в которой происходит размещение графических объектов, является областью редактирования графического редактора.

Пользователь интерактивно формирует топологию электрических соединений посредством распределения и связывания графических объектов друг с другом в области редактирования редактора.

По завершении компоновки схемы электрических соединений в области редактирования формируется графическое представление модели электрической сети. При этом отдельные графические объекты модели жёстко связаны друг с другом с помощью коннекторов, и на основании этих связей в дальнейшем при вызове расчётных функций в среде объектно-ориентированного программного

модуля формируется расчётная модель электрической сети.

Следующим шагом в построении цифровой модели АСЭС является задание параметров схемы замещения отдельных графических элементов (рис. 3). Изменение параметров графических объектов моделирования возможно в диалоговом окне «Свойства» графического объекта, создание и обработка событий которого возложены на подсистему графического интерфейса пользователя и отдельные его компоненты.

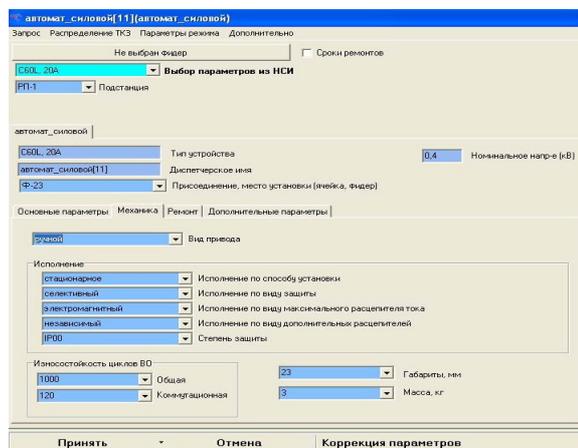


Рис. 3. Закладка с основными параметрами силового автомата

Заключительной стадией в построении цифровой модели АСЭС является настройка подсистемы визуализации данных, состоящая в размещении графических объектов визуализации в области редактирования графического редактора и задании параметров этих объектов.

Параметры графических объектов визуализации можно разделить на две категории:

- параметры, отвечающие за внешний вид средства визуализации (цвет, размер и т.д.),
- параметры, однозначно определяющие источник данных визуализации.

В качестве источника данных визуализации могут выступать константные величины (номер узла, его название и др.) и переменные величины (уровень напряжения в узле, переток

мощности в начале и конце ветви и т.д.), определённые в разных модулях.

После построения цифровой модели система готова к выполнению расчётных функций. Отметим, что приложение не содержит расчётных функций, а только создает расчётную модель, на основании которой в дальнейшем возможно проведение расчётов. При этом любой алгоритм расчёта может быть реализован в отдельном, не зависящем от ИАС модуле. Каждый независимый модуль имеет открытый доступ чтения/записи ко всем данным основного приложения и после подключения получает возможность обмена информацией и отображения пользователю расчётных данных с помощью подсистемы визуализации. Таким образом, подсистема визуализации является универсальным средством отображения результатов работы модулей вне зависимости от решаемых ими задач.

Визуализация данных. Подсистема визуализации данных графического редактора решает задачу наглядного отображения цифровых и текстовых данных непосредственно в области редактирования графического редактора. В качестве элементов визуализации в графическом редакторе применяются графические объекты визуализации. Эти объекты обладают рядом свойств (размер, цвет), изменение которых позволяет сфокусировать внимание пользователя на наиболее важных данных. Кроме того, графические объекты визуализации не связаны жёстко с некоторыми другими графическими объектами, а могут быть свободно перемещены по области редактирования. Данное свойство графических объектов визуализации позволяет группировать сходные по некоторому признаку объекты в одном месте области редактирования. Группировку данных объектов возможно также проводить в пределах границ некоторого графического объекта моделирования (узла, шины), увеличивая

тем самым наглядность отображаемой информации.

Дополнительной возможностью подсистемы визуализации данных, повышающей информированность пользователя, является послойное расположение объектов визуализации. При этом пользователь управляет количеством и набором отображаемых в области редактирования объектов визуализации посредством выбора текущего слоя. Каждый объект визуализации имеет свойство, определяющее слой, которому он принадлежит. Изменяя данное свойство, пользователь перемещает объект на другие слои. Отдельным пунктом этого свойства является возможность отображения объекта на любом из слоёв.

Использование современных технологий при построении графического редактора для моделирования электрических комплексов и систем электроснабжения позволяет реализовать:

- интерактивное построение модели электрической сети с возможностью последующей коррекции топологии электрических соединений;
- наглядное отображение информации подсистемой визуализации данных;
- отображение расчётных данных непосредственно на схеме электрических соединений;
- возможность расширения расчётных функций за счёт подключения и настройки независимых расчётных модулей;
- универсальность подсистемы визуализации данных в отображении результатов работы различных расчётных модулей.

Внедрение разрабатываемой системы позволит обеспечить персонал электротехнического комплекса или автономной системы электроснабжения единым программным комплексом и в результате этого:

- Повысить эффективность работы подразделений за счёт обеспечения более высокой степени достоверности, полноты

и оперативности получения всей необходимой информации.

- Обеспечить возможность автоматизации сбора данных о результатах выполнения технологических присоединений и формирования на их основе аналитических и статистических справок и отчётов.
- Обеспечить более широкие возможности по интеграции создаваемых информационных ресурсов в рамках предприятия.
- Обеспечить снижение трудовых и материальных затрат на обслуживание системы за счёт стандартизации форматов хранения, использования корпоративных справочников и кодификаторов, средств отображения информации и процедур обслуживания.
- Привести методы выполнения измерений отчётных и расчёта технических потерь в соответствие с Законом РФ, ГОСТ Р 8.563-96, а также с нормативами документа [3], повысить объективность оценки погрешностей потерь электроэнергии и в конечном счёте более обоснованно подойти к выбору мероприятий по снижению потерь.

Библиографический список

1. Koubarkov Y., Goldshtein V. Usage of graphic systems for the solution of technological problems of control by operational modes both availability index of product of electric equipment of electrical networks and electrical power systems. 11th

International conference on electrical machines, drives and power systems, ELMA 2005, Sofia, Bulgaria.

2. Веников, В. А. Теория подобия и моделирования [Текст] / В. А. Веников, Г. В. Веников. – М.: Высшая школа, 1984. – 260 с.

3. Порядок расчёта и обоснования нормативов технологических потерь электроэнергии при её передаче по электрическим сетям, утвержденные приказом Минпромэнерго России №267 от 04.10.2005.

References

1. Koubarkov Y., Goldshtein V. Usage of graphic systems for the solution of technological problems of control by operational modes both availability index of product of electric equipment of electrical networks and electrical power systems. 11th International conference on electrical machines, drives and power systems, ELMA 2005, Sofia, Bulgaria.

2. Venikov, V. A. Theory of similarity and simulations [Text] / V. A. Venikov, G. V. Venikov. – M.: Vysshaya shkola, 1984. – 260 p.

3. Procedure of calculation and substantiations of the standards of technological losses of electric power during its transmission via electrical networks approved by the order of Minpromenergo of Russia №267 of 04.10.2005.

PROBLEMS OF SIMULATION AND CALCULATION OF MODES OF ELECTRICAL ENGINEERING COMPLEXES AND OFF-LINE SYSTEMS OF ELECTRICAL POWER SUPPLY

© 2011 Yu. P. Kubarkov¹, V. G. Goldshtein¹, S. V. Amelin²

¹Samara State Technical University

²“Modus” plc

The paper deals with the object-oriented approach to the creation of a system for the simulation of power objects, methods of representation of objects, their condition, properties, as well as ways of storage of these objects in an ordered way. It is shown how with the help of conventional functions in off-line systems of electrical power supply it is possible to solve design – analytical and directory problems. To solve the problems of controlling electrical engineering complexes, as well as for the automated management of static and dynamic information about the equipment and modes of its activity the information analytical system (IAC) "Pegas" is designed.

Electrical engineering complex, off-line system of electrical power supply, information, operational mode, energy loss.

Информация об авторах

Кубарьков Юрий Петрович, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», Самарский государственный технический университет, tsara.cuba@yandex.ru. Область научных интересов: моделирование режимов работы электрического оборудования технических комплексов и систем.

Гольдштейн Валерий Геннадьевич, доктор технических наук, профессор, кафедра «Автоматизированные электроэнергетические системы», Самарский государственный технический университет, aees@rambler.ru. Область научных интересов: электромагнитная совместимость высоковольтного электроэнергетического оборудования при воздействиях перенапряжений.

Амелин Сергей Владимирович, кандидат технических наук, директор ЗАО «Модус», swman@modus.ru. Область научных интересов: моделирование электрических режимов энергетического оборудования для создания тренажёрных комплексов.

Kubarkov Yury Petrovitch, candidate of technical sciences, associate professor, doctoral of the department “Automated electrical power systems”, Samara State Technical University, tsara.cuba@yandex.ru. Area of research: simulation of operating modes of electrical equipment of engineering complexes and systems.

Goldshtein Valeriy Guennadievitch, doctor of technical sciences, professor, the department “Automated electrical power systems”, Samara State Technical University, aees@rambler.ru. Area of research: electromagnetic compatibility of high-voltage electrical engineering equipment under current overvoltage.

Amelin Sergei Vladimirovitch, candidate of technical sciences, director of “Modus” plc, swman@modus.ru. Area of research: simulation of operating modes of electrical equipment for training complex creation.