

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЭС ПРИ ПЕРЕХОДЕ К КОНКУРЕНТНОМУ РЫНКУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*В.П. Герих, Н.П. Логинов, А.Б. Ратуш*

**Введение.** Программное обеспечение, предназначенное для проведения расчетов электрических режимов (установившихся и переходных электромеханических), использовалось в службах электрических режимов (ЦДУ, ОДУ и т.д.) всегда: и тогда, когда компьютеры не были персональными и занимали большие машинные залы, и сейчас, когда они легко размещаются на столе технолога.

За десятки лет существования ЦДУ ПО непрерывно совершенствовалось и развивалось. Между разработчиками ПО и технологами, как правило, существовал тесный контакт. В результате время определило ПО, которое является ныне доминирующим на рынке отечественных программных продуктов: Rastr – для расчетов установившихся режимов (УР) и Mustang – для расчетов переходных электромеханических процессов.

Изменения, которые произошли в стране на рубеже 1980-1990-х гг., принесли с собой как положительные моменты, так и весьма негативные, в особенности по отношению к науке и системе высшего специального образования. Распад СССР привел, в частности, к тому, что разработчик программы Mustang В.П.Иванов оказался не гражданином России, а Россия осталась без "своего" ПО расчета переходных электромеханических процессов. Создававшаяся ситуация не является в настоящий момент критической только потому, что в энергосистемах по-прежнему используют предыдущие версии отечественных программ, хорошо зарекомендовавшие себя при выполнении расчетов в течение всей предшествующей эксплуатации. Импортные программы достаточно дорогие. В части расчетов переходных электромеханических процессов эти программы по некоторым показателям (отличие форматов представления исходных данных, не совпадение моделей регуляторов скорости и особенно возбуждения, отсутствие в расчетной модели средств моделирования противоаварийной автоматик и т.д.) не в состоянии без проведения какой-либо серьезной адаптации к нашим условиям заменить в технологических расчетах отечественное ПО. Хочется надеяться, что все эти негативные моменты будут преодолены и внедрение рыночных отношений в электроэнергетике явится здесь только положительным фактором, способствующим восстановлению отечественной школы разработчиков программных средств для расчетов электрических режимов.

ПО расчетов электрических режимов, используемое в СО-ЦДУ ЕЭС, применяется для определения областей допустимых электрических режимов всех возможных регламентируемых схемно-режимных ситуаций, разрабатываемых с учетом требований ГОСТ, руководящих указаний по устойчивости (РУУ) и прочих нормативно-технологических документов, для выбора типов, структуры и уставок устройств противоаварийной автоматики и для подготовки на основе проделанных расчетов режимных инструкций, в том числе и для диспетчера ЦДУ ЕЭС. Выполнение указанных работ в полном объеме предусматривает наличие программных средств для расчетов УР электрических систем и для расчетов переходных электромеханических процессов, возникающих в них после заданных возмущений. Расчеты УР предшествуют любым последующим расчетам, включая и переходные электромеханические, являясь базовыми для них, и осуществляются, как сказано выше, фактически с самого первого дня существования ЦДУ.

Формирование оптового рынка электроэнергии с сектором торговли и расчетов за электроэнергию по конкурентным ценам выдвинуло дополнительные требования к ПО

расчетов электрических режимов. Возникла необходимость в проведении регулярных расчетов установившихся электрических режимов схем большой размерности (до 5-6 тысяч узлов). При работе с ними из-за плохой обзорности схемы и в условиях жесткого временного регламента на проведение расчетов, большое значение приобретает наличие в программах развитых сервисных средств для настройки входных и выходных форм отображения исходной информации результатов расчета. В условиях формирования оптового рынка переходного периода, когда нередко меняются требования к составу исходной информации для расчетов режимов, важно, чтобы ПО позволяло управлять составом и структурой исходных данных, используя систему их настроек и описателей, без необходимости модификации самой программы. Появление множества однотипных задач при проведении расчетов УР для нужд оптового рынка электроэнергии (например, расчет режимов при изменении мощностей генерации и потребления в разрезе суток) требует наличия в программе средств автоматизации решения таких задач, например, посредством выполнения макрокоманд.

**Программы расчетов установившихся режимов.** Программы, которые в прежние времена так или иначе использовались в ЦДУ, приведены в таблице.

Программы расчета установившихся режимов ЭЭС, использовавшиеся в ЦДУ

Программы, использовавшиеся в ЦДУ	Разработчик	Версия, область расчетов
КУРС-ПК	ЦДУ ЭЭС	DOS, установившийся режим (УР)
Б-6	ВНИИЭ	DOS, УР, оптимизация по Q
АНАРЭС	СЭИ	DOS, УР, графика
Дакар	Россия, Украина	DOS, УР

В настоящий момент КУРС-ПК прекратил свое развитие, Б-6 осталась только в виде старой DOS версии, АНАРЭС развивается и имеется уже версия под Windows, перспективы программы Дакар не вполне ясны.

Как уже отмечалось, расчет УР – базовая задача электрических расчетов, которая обязательно должна предшествовать любой другой из всего спектра традиционно решаемых электрических задач. В этой части, из-за прихода в электроэнергетику рыночных отношений, имеющиеся программы расчета УР должны измениться незначительно. Однако оптовый рынок электроэнергии, даже в законодательно закреплённом неполном формате "5-15", поставил перед службами электрических режимов СО-ЦДУ некоторые новые, не свойственные им ранее задачи. Потребовалось внесение некоторых изменений в программы расчета УР с учетом требований рынка (например, автоматизированный расчет суточных режимов).

Модель оптового рынка электроэнергии предполагает проведение торгов с использованием единой расчетной модели ЭЭС России [1]. Под расчетной моделью понимаются схема для расчета установившегося электрического режима и системные ограничения, включающие сетевые ограничения (допустимые перетоки активной мощности в контролируемых сечениях), а также характеристики генерирующего оборудования (технический минимум, скорость загрузки/разгрузки, ограничение выработки электроэнергии за определенный период времени).

Функциональное назначение модели – проведение торгов на каждый час планируемых суток. Единая расчетная схема состоит из более 5200 узлов и 7400 ветвей и включает в качестве фрагментов электрические расчетные схемы ОЭЭС (Урала, средней Волги, Центра, Северо-Запада, Северного Кавказа) и расчетные схемы прилегающих параллельно работающих с ЭЭС России энергосистем зарубежных государств (ОЭЭС Украины, Беларуси и стран Балтии). На базовой единой расчетной схеме получен УР по данным режимного дня, а сама базовая расчетная схема соответствует нор-

мальной топологии электрических сетей. На каждые торговые сутки в каждом ОДУ производится актуализация расчетной модели ОЭЭС, а в СО-ЦДУ производится синтез (сборка) единой расчетной модели из полученных фрагментов.

В качестве основной программы расчета УР единой расчетной схемы в СО-ЦДУ используется программный комплекс RastrWin, а также его адаптированный вариант для обслуживания задач конкурентного рынка в части расчетов электрических режимов – ActOpus. Выбор этого программного комплекса в качестве основного расчетного инструмента был сделан исходя из следующих соображений:

- широкая распространенность DOS-версии программы Rastr, многолетний положительный опыт ее использования, а также возможность проведения расчетов электрических режимов схем большой размерности;
- удобная графическая подсистема для отображения электрической схемы и режима;
- наличие средств расширения функциональных возможностей программы за счет создаваемых пользователем макрокоманд;
- возможность автоматизации часто выполняемых однотипных операций с помощью встроенного макроязыка.

Программный комплекс RastrWin позволяет достаточно просто решить задачу синтеза единой расчетной схемы на основе пользовательских процедур, оформленных в виде макрокоманд, написанных на языке сценариев VBScript. В основу программы RastrWin положен единый объект – расчетный блок, который также обеспечивает работу с данными, организованными в виде СУБД. Пользователь может выполнять все действия с расчетным блоком, которые доступны из оболочки программы (команды, связанные с кнопками, пунктами меню, "горячими клавишами"), и дополнительные действия, поддерживаемые расчетным блоком, используя другие средства разработки, в том числе и средства Microsoft Office.

Для актуализации сетевых ограничений в службе электрических режимов СО-ЦДУ был разработан программный комплекс АСО. На основе предварительно созданных "электронных образов" режимных инструкций и заданного списка ремонтов сетевых элементов с помощью этого ПО на каждый час расчетных суток формируется список контролируемых сечений с максимально допустимыми величинами перетоков, выбранными из образа режимной инструкции для текущей схемно-режимной ситуации. При выполнении процедуры синтеза единой расчетной схемы ЕЭС эти данные заносятся в соответствующие таблицы и в дальнейшем используются в качестве сетевых ограничений при проведении аукциона.

Для согласованной работы инфраструктуры оптового рынка нужно обеспечить обмен между субъектами инфраструктуры технологической информацией, необходимой для подготовки и проведения аукционов на конкурентном секторе "5-15", а также последующего контроля за реализацией результатов аукционов.

В процессе синтеза и актуализации расчетной модели возникает необходимость передачи ее составных частей между подразделениями СО. С этой целью создан Web-узел транспортной системы, который обеспечивает обмен данными, необходимыми для специалистов различных подразделений.

**Программы расчета переходных электромеханических процессов.** Расчет переходных электромеханических процессов – составная часть разработки электрических режимов, и потому эти расчеты всегда выполнялись в соответствующих службах оперативно-диспетчерских управлений энергосистем еще до рыночных реформ. Введение рынка фактически ничего не изменило в этом процессе, поскольку получаемые величины, например максимально допустимых перетоков в заданных сечениях электрической системы, определяются техническими условиями, регламентированными в норматив-

но-технологической документации (например, РУУ), и инвариантны по отношению к рынку. Во времена существования ЦДУ ЕЭС СССР (и позднее России) в энергосистемах на различных уровнях оперативно-диспетчерского управления в той или иной степени использовались такие программы расчета переходных электромеханических процессов, как Mustang, КУ ВНИИЭ, Корона, Дакар.

Ранние версии этих программ были ориентированы на работу в операционной системе MS DOS (Mustang и КУ ВНИИЭ вели свое начало еще с ЭВМ серии ЕС), имели фиксированный максимальный объем решаемой задачи (количество узлов, ветвей, генераторов, регуляторов возбуждения и скорости, динамических нагрузок и т.д.), но тем не менее, и достаточно развитый, хотя и не во всех программах равнозначный, интерфейс сервис для обеспечения наиболее удобной работы технолога. До настоящего времени активно продолжает использоваться фактически только программа Mustang, автор которой, как уже отмечалось выше, не является гражданином России. Программа КУ ВНИИЭ фактически прекратила свое существование по причине распада соответствующих лабораторий ВНИИЭ. Программа Дакар, наследуя в определенной степени алгоритмы и методы КУ ВНИИЭ, как показывает практика оказалась не вполне жизнеспособной из-за разрозненности ее разработчиков и реализаторов (Россия, Украина). Программа Корона, разработанная в свое время в рамках службы электрических режимов ЦДУ ЕЭС России, тоже не смогла реально заявить о себе как о жизнеспособной программе.

Таким образом, в настоящее время, на начальном этапе внедрения в электроэнергетику России рыночных отношений, реально в виде программного продукта, способного работать в среде Windows как полноценная Windows-программа, из разработок, известных еще со времен существования СССР, осталась только программа Mustang. Конкуренцию ей вряд ли могут составить и импортные программы, например, PSS/E. Их главными недостатками по сравнению с отечественными (об этом говорилось выше) являются практически полное отсутствие возможности моделирования в процессе расчета действий ПА, наличие англоязычного интерфейса и, к тому же, существенно бóльшие цены, запрашиваемые западными разработчиками за них в сравнении с известными отечественными программными продуктами, включая в том числе и программу Mustang.

**Внедрение нового программного обеспечения.** В условиях рынка в работе диспетчерской смены с большой вероятностью могут возникать ситуации, когда диспетчеру будет необходимо оперативно оценить последствия того или иного переключения или какого-либо действия. Поэтому очень важное значение приобретают программы-советчики диспетчера. В системе оперативно-диспетчерского управления задача объективного контроля за режимом всегда была одной из основных. Особую актуальность данная задача приобретает с введением рыночных механизмов в электроэнергетике и появлением балансирующего рынка, поскольку здесь может возникнуть необходимость учета большого числа параметров, прямо влияющих на экономические интересы участников параллельной работы. Более того, уже на первом этапе становления конкурентного рынка планируется создание действующей в реальном времени схемно-режимной модели основной системообразующей сети 750-220 кВ ЕЭС на основе данных телеметрии с использованием программы оценки состояния КОСМОС. В рамках этих же задач производятся развитие и адаптация к объекту управления (ЕЭС) программного комплекса определения опасных сечений и допустимых в них перетоков мощности (программный комплекс Спрут) в неохваченных режимными инструкциями схемно-режимных ситуациях.

Переход к рыночным отношениям в электроэнергетике требует проведения реформы оперативно-диспетчерского управления. Одним из важнейших направлений

этой реформы является создание SCADA/EMS, соответствующей новым условиям функционирования ЕЭС. В СО–ЦДУ разрабатывается спецификация для новой SCADA/EMS. На ее основе будет проводиться сопоставление альтернативных вариантов новой SCADA/EMS. В качестве возможных вариантов рассматриваются: SCADA/EMS, построенная на базе используемой в России технологии и телекоммуникационной инфраструктуры, расширенная западными программными продуктами для обслуживания задач рынка; SCADA/EMS на базе западных технологий, дополненных российскими телекоммуникационными технологиями и российскими приложениями по отчетности, обучению персонала и планированию режимов. До конца 2003 г. предполагается провести тендер среди всемирно известных разработчиков SCADA/EMS (Siemens, ABB, General Electric) для выбора оптимального варианта создания SCADA/EMS верхнего уровня диспетчерского управления (ЦДУ, ОДУ). Также до конца 2003 г. планируется выполнить разработку типового ОИК уровня РДУ (на базе КЮ ОДУ Урала или СК-2000 ОДУ Северного Кавказа) и провести его испытания в одном или нескольких РДУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Единая расчетная модель ЕЭС России для аукциона на конкурентном оптовом рынке электроэнергии.** / А.А. Ган, В.П. Герих, В.Г. Неуймин и др. // Новое в российской электроэнергетике (электронный журнал), 2002. – № 8.

*Об авторах.*

**Герих Валентин Платонович**, 1952 г.р. В 1974 г. окончил энергетический факультет Кишиневского политехнического института. После окончания вуза работал в Отделе энергетической кибернетики Академии наук Молдавии, учился в очной аспирантуре на кафедре электрических систем МЭИ, с 1982 г. работает в ЦДУ ЕЭС России. В 1984 г. защитил кандидатскую диссертацию в Московском энергетическом институте. Заместитель главного диспетчера, начальник службы электрических режимов СО-ЦДУ ЕЭС, Почетный энергетик России. Автор 65 публикаций, в том числе 18 изобретений. Область научных интересов – режимы, устойчивость и управление большими электроэнергетическими системами.

**Логинов Николай Петрович**, 1948 г. р. В 1976 г. окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института, работал в Проблемной лаборатории кафедры электрических систем МЭИ, с 1984 г. – в ЦДУ ЕЭС России. Заместитель начальника службы оптимизации электрических режимов СО-ЦДУ ЕЭС.

**Ратуш Алексей Борисович**, 1965 г. р. В 1988 г. окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института, прошел обучение в аспирантуре кафедры электроэнергетических систем МЭИ. С 1999 г. работает в ЦДУ ЕЭС России. Главный специалист службы электрических режимов СО-ЦДУ ЕЭС.