

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

О. А. Савина, А. А. Стычук (Орел)

За последнее десятилетие в России, стране с богатейшими, но крайне расточительно используемыми топливно-энергетическими ресурсами, наконец, пришли к пониманию острой необходимости в интенсификации усилий в области осуществления широкомасштабных энергосберегающих программ во всех без исключения секторах экономики на федеральном, региональном и местном уровнях. Высокая энергоёмкость отечественной экономики, уровень которой в среднем в 3 раза превышает соответствующие показатели в ведущих промышленно развитых странах, тяжким финансовым бременем ложится на федеральный и региональные бюджеты, не позволяет поднять экономическую конкурентоспособность промышленной продукции, выпускаемой российскими предприятиями, усугубляет и без того напряжённую экологическую обстановку в стране.

Режимы нагрузок промышленных предприятий характеризуются заметной неравномерностью потребления по времени суток и дням недели. С увеличением неравномерности электропотребления возрастают затраты на производство, передачу и распределение энергии, в связи с чем большое значение для экономичности работы систем внешнего электропотребления имеет выравнивание электрических нагрузок. Это определяет необходимость создания автоматизированной системы учёта электроэнергии для ведения оперативного контроля и управления энергопотреблением, что позволит снизить заявленную мощность, участвующую в суточном максимуме нагрузки энергосистемы, и выровнять график нагрузки. С целью установления оптимального уровня потребления электрической энергии промышленными предприятиями нами разрабатывается автоматизированная система управления энергосбережением предприятия, которая включает автоматизированную систему учёта электрической энергии, а также основанную на данных системы учёта имитационную модель электропотребления.

В настоящий момент системы имитационного моделирования являются наиболее эффективным средством исследования сложных систем. В отличие от традиционного аналитического моделирования принцип имитационного моделирования основывается на том, что модель воспроизводит процесс функционирования во времени, причем имитируются элементарные события, протекающие в системе с сохранением логики их взаимодействия. Выбор имитационного моделирования также обусловлен сложностью построения классической аналитической математической модели из-за большой размерности задачи и сложных взаимосвязей внутри системы энергопотребления промышленного предприятия. Если рассматривать вопросы проектирования, то для создания имитационной модели энергопотребления предприятия необходимо как минимум выполнить следующие действия:

- построить математические имитационные модели каждого в отдельности агрегата проектируемой технической системы;
- определить формальную модель взаимодействия моделей агрегатов внутри системы.

Разрабатываемая модель имеет модульную структуру. Вначале строятся модели каждого структурного подразделения предприятия (цехов, насосных станций, компрессорных станций, лабораторий, заводоуправления и т. д.), представляющие собой отдельные модули. Далее создается общая модель системы энергопотребления всего предприятия в целом, то есть созданные модули объединяются в иерархическую струк-

туру, которая определяется взаимосвязями между подразделениями и интегрирует их в единое целое. Моделирующая программа для каждого структурного подразделения предприятия состоит из трех частей: иницирующая секция, управляющая секция и несколько событийных секций.

В иницирующей секции описывается структура системы, то есть происходит определение средств и очередей. К основным средствам подразделений предприятия, потребляющим электроэнергию, можно отнести установленное в цехах оборудование: различные станки (точильно-шлифовальные, сверлильные, токарно-винторезные, фрезерные и т. п.), сварочное оборудование, пресса, грузоподъемные механизмы, термическое оборудование, освещение, насосы, трансформаторы и т. д. Основным параметром функционирования оборудования, отслеживаемый в процессе моделирования, – это потребляемая в единицу времени электроэнергия. Этот параметр необходимо вычислять для каждой единицы оборудования, используя данные из технического паспорта, а также из инвентаризационных ведомостей электрооборудования по подразделениям. К каждой единице оборудования организуется очередь из транзактов (деталей для обработки). Кроме того, в данной секции планируется возбуждение системы имитации во времени, то есть необходимо описать начальное событие, представляющее собой поступление заказа на изготовление какой-либо детали.

Затем управление передается монитору, который осуществляет процесс моделирования и передает управление в соответствующую событийную секцию. В событийной секции выполняются действия, связанные со свершением события и планируются последующие события. После этого управление передается в управляющую секцию. Основные событийные секции, выделяемые в системе энергопотребления цеха:

- приход заявок на изготовление деталей;
- последовательное резервирование необходимого оборудования;
- последовательное освобождение оборудования;
- передача обрабатываемой детали от одного вида оборудования к другому.

Информационной базой имитационной модели служит разработанная информационная система, которая предоставляет полную и достоверную информацию об энергопотреблении на промышленном предприятии, что позволило перейти к формированию методики определения заявленной мощности, участвующей в суточном максимуме нагрузки энергосистемы, и прогнозирования будущего расхода электроэнергии предприятием. Эта методика используется для построения имитационной модели потребления электроэнергии, которая позволит значительно снизить расходы на энергоресурсы.

В процессе построения информационной системы учета электрической энергии удалось получить точные данные об энергопотреблении, которые позволяют определить направления, на которых существуют наибольшие возможности энергосбережения. Они также дают возможность оценить потенциал энергосбережения, сравнить различные предлагаемые мероприятия. Большая часть промышленных предприятий в России не имеет подробной информации об энергопотреблении. На предприятиях установлено недостаточное количество приборов учета, с помощью которых можно получить информацию об энергопотреблении. Приборы учета расхода энергоресурсов относительно недороги. С их помощью можно получить значительно больше информации об энергопотреблении и разработать мероприятия по повышению энергоэффективности. Автоматический сбор данных облегчает ведение учета, позволяет персоналу быстро и эффективно анализировать данные по энергопотреблению. Кроме данных о фактическом энергопотреблении, во время проведения энергоаудита была собрана информация об энергопотребляющем оборудовании на предприятии. Сочетание точных данных о потреблении энергии и данных об энергопотребляющем оборудовании позволило си-

стематизировать информацию о базовом уровне энергопотребления на предприятии. Эта информация является исходной для имитационного моделирования.

При проектировании базы данных, в соответствии со сложившейся системой учета электроэнергии на предприятии, выделены следующие сущности концептуальной схемы базы данных: подразделение предприятия, оборудование, группа оборудования, счетчик электроэнергии, исправность счетчика, журнал учета электрической энергии, лимит-план энергоресурсов на месяц, расход электроэнергии по неделям, расход и стоимость электроэнергии, фидер, показания счетчиков на подстанции, акт сверки показаний счетчиков. При проектировании концептуальной схемы базы данных особое внимание уделялось предупреждению возникновения предпосылок для аномалий, поэтому была получена нормализованная схема, находящаяся в третьей нормальной форме.

Приложение, обрабатывающее базу данных, представляет собой набор стандартных форм – окон Windows. Интерфейс предоставляет пользователю широкий спектр возможностей по сортировке, фильтрации, поиску, редактированию, формированию отчетов, построению диаграмм и печати результатов обработки данных.

Проектирование автоматизированной системы учета электрической энергии промышленного предприятия позволило подтвердить большую долю стоимости энергоресурсов в себестоимости производимой этими предприятиями продукции. Разрабатываемая имитационная модель позволит менеджерам предприятия производить сбор и обработку результатов моделирования и, таким образом:

- удешевить производственный процесс благодаря снижению расходов на электроэнергию;
- сократить сроки подготовки предложений по изменению производственной программы, увеличить количество и детальность прорабатываемых предложений (повышением конкурентоспособности предлагаемых решений);
- привлечь инвесторов к финансированию энергосберегающих мероприятий на предприятии в связи с точной и детальной финансовой оценкой этих мероприятий, так как разрабатываемая модель дает возможность сравнивать существующий уровень энергопотребления с данными будущего энергопотребления для определения объема экономии энергии и экономической эффективности мероприятий.

В ходе проектирования информационной системы использовались программные продукты VPwin (при построении модели процессов предметной области) и ERwin (при построении концептуальной схемы базы данных) фирмы Logic Works. Информационная система учета энергопотребления промышленного предприятия создана в программной среде Borland Delphi 5.0. Среда разработки Delphi позволяет за достаточно короткое время создать высокоэффективное приложение с интуитивно-понятным интерфейсом, обеспечивающее обработку информации базы данных и предоставляющее пользователю широкие возможности печати отчетной документации. В основу работы информационной системы положено взаимодействие с базой данных, которая спроектирована при помощи InterBase 6.0. Для построения имитационной модели была выбрана ориентированная на события система имитационного моделирования SMPL, представляющая собой набор процедур и функций, реализованных в среде Borland Pascal.

Для внедрения разрабатываемой автоматизированной системы управления энергосбережением промышленного предприятия на рабочем месте пользователя необходим компьютер с процессором Intel Pentium с тактовой частотой не менее 200 МГц, работающий под управлением операционной системы Windows 95 или выше. На компьютере должна быть установлена машина базы данных фирмы Borland (BDE – Borland Database Engine), а также, если работать локально, – СУБД InterBase 6.0. Перечисленные средства позволят в полной мере использовать все возможности автоматизированной системы управления энергосбережением промышленного предприятия.