

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Заболотный И.П., Павлюков В.А.

Донецкий государственный технический университет  
ivp@elf.dgtu.ua

*Work related to construction principles development of automated systems of efficient management by local objects of electric systems. Are considered the organization questions of information personnel decisions backing and management commands admission estimations, forming of models of given technological tasks, is described a version of software on present moment of time.*

Повышение надежности работы объектов электрической системы и всей системы неразрывно связано со своевременной оценкой режимов их работы, диагностикой оборудования и улучшением качества работы оперативного персонала. Очень важным является также обеспечение эффективной подготовки персонала при использовании имитационного моделирования реальных режимов электрической системы. Общеизвестной является необходимость существенного улучшения взаимодействия оперативного персонала со средствами обработки значительных объемов информации. Таким образом, задача совершенствования управления режимов электрических систем на основе современных информационных технологий является актуальной. Это подтверждает анализ систем управления, создаваемых в США, Франции, Японии.

В [1-2] сформулировано, что управление электрическими системами должно исходить из необходимости обеспечения надежного и экономичного электроснабжения при нормированном качестве электроэнергии. Математически это можно выразить следующими математическими соотношениями, справедливыми для любого момента времени:

$$\begin{aligned} V^H(t) &\in M^H(t), \\ \dot{V}^K(t) &\in M^K(t), \\ \dot{V}^Э(t) &\in M^Э(t), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $V^H(t)$ ,  $V^K(t)$ ,  $V^Э(t)$  – векторы состояния, определяющие соответственно надежность, качество, экономичность выработки, передачи, распределения и потребления энергии;  
 $M^H(t)$ ,  $M^K(t)$ ,  $M^Э(t)$  – области допустимых значений векторов состояний, в которых выполняются условия надежности, качества и экономии.

При помощи подмножеств согласно [1-2] в [3] сформулированы определения режимов нормальное (НР) состояние системы, когда выполняются все три условия (1):

$$\text{НР} = \dot{V} \in M^H \cap M^K \cap M^Э,$$

аварийное (АР) состояние системы, когда нарушается условие надежности (1):

$$\text{АР} = \dot{V} \in M - M^H,$$

утяжеленное послеаварийное (УР) состояние системы, когда восстанавливается только условие надежности в условиях (1):

$$\text{УР} = \dot{V} \in M^H - [(M^H \cap M^K) \cup (M^H \cap M^Э)],$$

где  $M$  – множество всех состояний системы.

Для количественной оценки меры показателей надежности, качества или экономичности режима в [3] на основе теории нечетких множеств предложен метод количественного определения показателей и рассмотрены возможности применения показателей для управления режимом электрической системы.

Для оценки режимов может быть использован подход, изложенный в [4], использующий теорию распознавания образов.

В данной работе предлагается использовать сочетание экспертных систем, реализующих деревья оценки ситуаций, и нейронных сетей. Экспертные системы целесообразно использовать для распознавания аварийных состояний и формирования рекомендаций (рис. 1, блоки 2-3), а нейронные сети использовать для оценки состояний фрагментов электрической сети на множестве допустимых значений (рис.1, блоки 5-8). Реализация методов [3-4], использование нейронной сети требует проведения многовариантного моделирования режимов электрической системы.

Проведение таких расчетов, а также реализация управления согласно рис. 1 может быть выполнено на основе создания автоматизированной системы управления, предложенной в [5], обеспечивающей существенное упрощение взаимодействия пользователя с ПЭВМ за счет удобного формирования режима работы объекта

электрической системы и последующего автоматического формирования модели данных технологической задачи на основе электрической схемы.

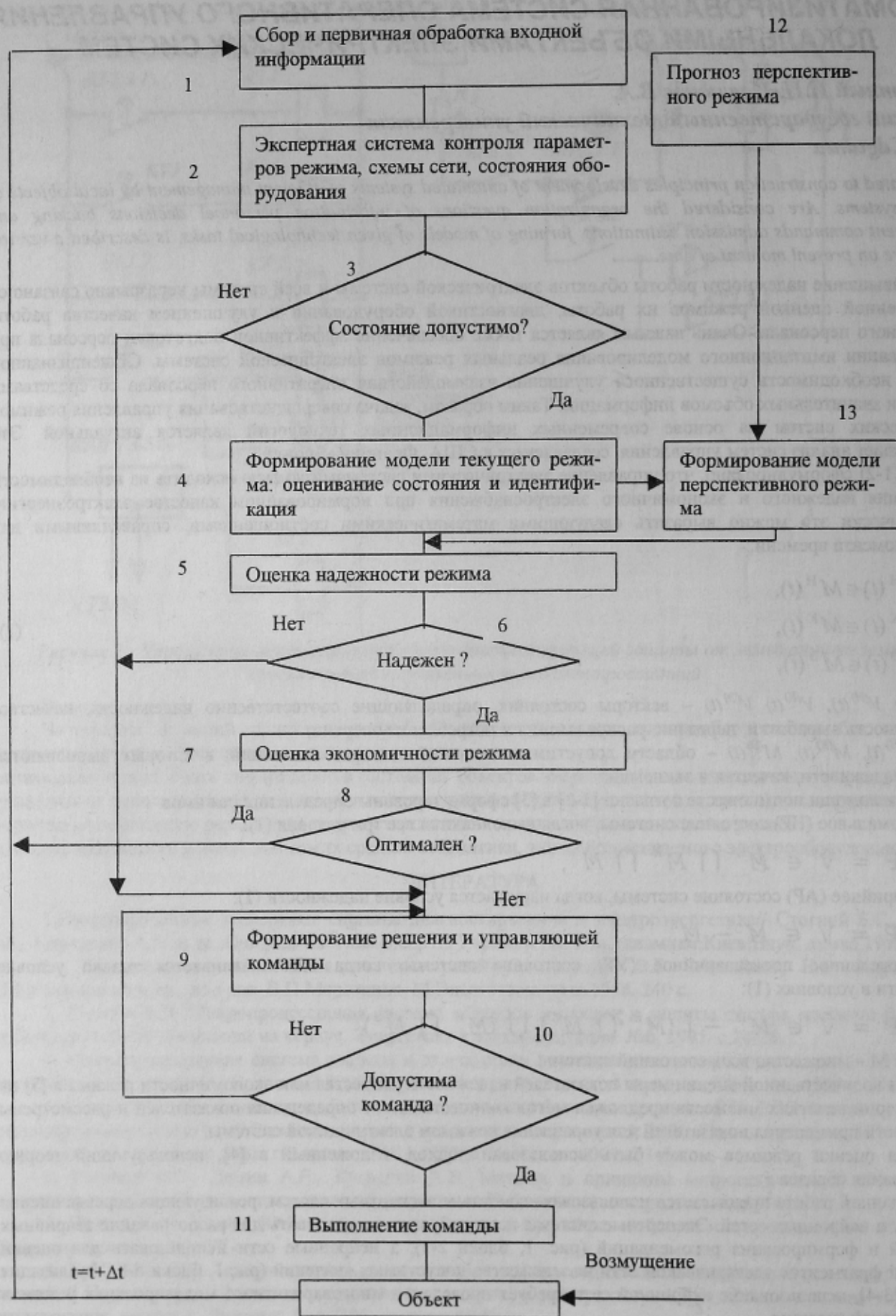


Рисунок 1 - Упрощенная схема управления

Кроме того, в [5] предлагается использование локальной вычислительной сети с функциональным распределением узлов, один из которых реализует функции экспертных систем (рис. 1, блоки 2-3).

Опыт применения созданных на основе [5] автоматизированных рабочих мест инженеров-электриков различных служб, анализ реализации управления согласно рис. 1 позволили сформулировать направления дальнейшего развития информационно-управляющей системы.

Разработана динамическая модель, реализованная в виде интегрированной базы данных и состоящая из базы данных и базы знаний. База данных состоит из графической и символьной частей. В символьной части выделены электрические станции, подстанции, линии электропередач, которые описываются совокупностью объектов и представляют собой разветвляющиеся потоки информации. Установлены взаимосвязи, которые исключают дублирование информации. Файлы символьной базы данных содержат нормативно-справочную информацию по видам оборудования, устройствам защиты и управления; эксплуатационную информацию по видам испытаний и видам оборудования, по тестовой диагностике

В графический интерфейс пользователя добавлены новые компоненты и расширены возможности ряда существующих компонент. Графический редактор работает с библиотеками графических образов элементов сети. Для графических образов элементов сети введен ряд параметров, позволяющих повысить эффективность формирования моделей данных задач управления.

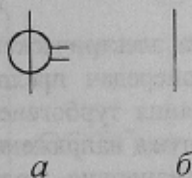
Параметр состояния отражает состояние элемента с помощью модификации графического образа на экране дисплея. Форма, цвет, мигание фигур зависят от актуального состояния элемента. Фигура на экране дисплея определяется из ряда состояний по таблице решений. Значения параметра состояния определяются либо сигналами, переданными дистанционно, либо введенными вручную, либо полученными расчетным путем. Типовые значения параметра состояния для выключателя: включен, отключен, отключен аварийно, неисправен, отказ отключения.

Параметр связи позволяет для сложного графического изображения выделять цветом или типом линий те графические образы, для которых установлена связь с другими разделами баз данных.

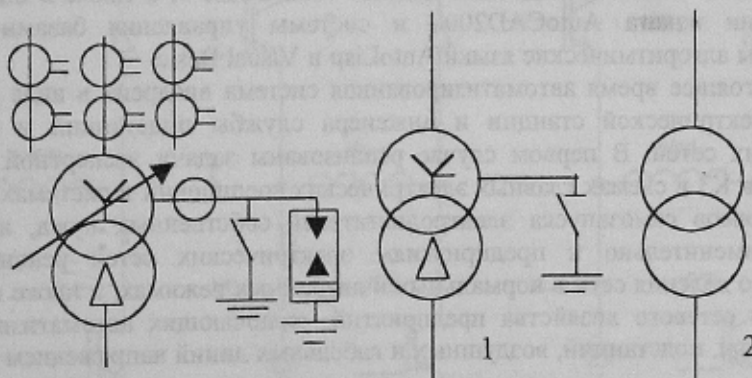
Параметр математической модели элемента позволяет устанавливать связь между графическим образом и математическими моделями элемента и режима.

Параметр функции позволяет установить связь между формой графического образа и режимом работы программного обеспечения автоматизированной системы управления. Обеспечивается оптимальная степень насыщенности графического изображения. На рис. 2 приведены примеры изображений элементов сети при работе программного обеспечения в режиме информационно-справочной установки (а) и в режиме решения технологических задач (б).

Трансформатор тока



Двухобмоточный трансформатор



б (1-при расчете несимметричных КЗ, 2-при расчете трехфазных КЗ)

Рисунок 2 - Примеры из библиотеки графических образов элементов сети

В графический интерфейс введены редактор оценки состояния оборудования и редактор таблиц решений для учета контроля условий блокировок: общих, местных, функциональных и по специальным условиям. Эти редакторы создают возможности для выполнения оценки допустимости команд по переключениям в электрической схеме.

Разработан метод решения разреженных систем алгебраических уравнений, отличающийся от известных использованием списков, а не массивов, не требующий специальных приемов кодирования и преобразования информации. Списки также используются для автоматизированного формирования узлов электрических соединений для распределительных устройств высокого напряжения с большим количеством коммутационных аппаратов (выключателей, разъединителей, заземляющих ножей) и специальных режимов их работы. Примером одного из них является режим работы электростанции на сбалансированную нагрузку или нагрузку собственных нужд, применяемых в последнее время для повышения надежности работы мощных электростанций. На рисунке 3 показан фрагмент схемы главных электрических соединений Угледгорской ТЭС при работе первого ее блока мощностью 300 МВт на сбалансированную нагрузку. В этом случае на ОРУ 110 кВ с помощью имитации переключения выключателей и разъединителей формируются два расчетных узла для первой и второй систем шин, на которые работают выделенная и остальная часть схемы.

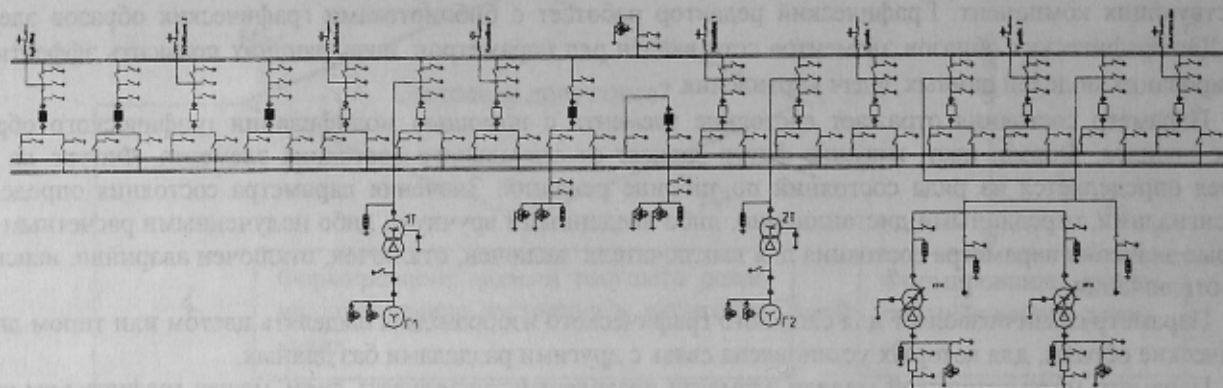


Рисунок 3 – Фрагмент схемы главных электрических соединений Угледгорской ТЭС в режиме работы блока №1 на сбалансированную нагрузку

Программное обеспечение реализовано в операционной системе DOS при использовании 12 версии пакета AutoCAD и символьной базы данных типа Dbase 3, а также в операционной системе WINDOWS при использовании пакета AutoCAD2000 и системы управления базами данных Access. При этом были использованы алгоритмические языки AutoLisp и Visual Basic.

В настоящее время автоматизированная система внедрена в виде АРМ инженера электрического цеха тепловой электрической станции и инженера службы подстанций и линий электропередач предприятий электрических сетей. В первом случае реализованы задачи экспертной оценки состояния турбогенератора, расчета токов КЗ в схемах главных электрических соединений и системах собственных нужд напряжением 6 и 0,4 кВ, режимов самозапуска электродвигателей собственных нужд, а также информационно-справочных систем. Применительно к предприятиям электрических сетей реализованы задачи расчета токов КЗ, оптимального деления сети в нормальных и аварийных режимах, а также информационно-справочные системы по объектам сетевого хозяйства предприятий, включающих автоматизированное ведение паспортов линий электропередач, подстанций, воздушных и кабельных линий напряжением 0,4 кВ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Высш. шк., 1985. – 536 с.
2. Баринов В.А., Совалов С.А. Режимы энергосистем: методы анализа и управления. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 440 с.
3. Молиш З., Садецки Б. Ситуационный анализ управления режимом больших энергетических систем в условиях неопределенности // Электричество. – 1981. - N4. – С. 13-17.
4. Александров Е.П. Применение теории распознавания образов для классификации режимов сложных электрических систем // Электричество. – 1978. - N9. - С. 76 - 77.
5. Заболотный И.П., Павлюков В.А. Применение компьютерных технологий для управления электрическими системами // Технічна електродинаміка. – 1998. – Спеціальний випуск. – С. 90-99.