

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Приведен краткий анализ структуры внутренних моделей деятельности человека–оператора. Предложен метод оптимизации процесса классификации диспетчером ситуаций в энергосистеме за счет мнемонического отображения ее строения в виде семейства подсистем, группируемых по принципу их функционально-ориентированных связей.

© В.А. Черноморец, В.Г. Попов,
С.К. Горбунов, Н.С. Сташкова,
2003

УДК 621.311:658.011.56

В.А. ЧЕРНОМОРЕЦ, В.Г. ПОПОВ,
С.К. ГОРБУНОВ, Н.С. СТАШКОВА

ПРИНЦИПЫ ГРАФО-ЛУЧЕВОГО ОТОБРАЖЕНИЯ СТРОЕНИЯ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В настоящее время в топливно-энергетическом комплексе Украины идет процесс смены поколений технологического и информационного оборудования. Учитывая особую важность данной отрасли, большие затраты и продолжительность этого процесса очевидно, что все эти работы должны носить системный характер и базироваться на перспективных методологиях. Существующие в этом отношении проблемы и перспективы так или иначе относятся к совершенствованию информационной поддержки деятельности диспетчерского персонала [1].

Современные системы отображения информации (СОИ), как правило, мнемонически воспроизводят принципиальную схему строения энергосистемы и ориентированы на поддержку ее штатных режимов эксплуатации.

В нештатных режимах первичные данные о ситуации в системе обычно поступают по разным каналам, являются зашумленными и противоречивыми, поэтому для оценки ситуаций диспетчеру приходится выполнять большой объем вспомогательных информационных преобразований, связанных с локализацией объектов, – их первоисточников [2]. Учитывая объективно возникающий при этом дефицит времени на принятие решений и все возрастающую цену его ошибок, есть все основания ориентировать СОИ новых поколений на преимущественную поддерж-

ку именно таких режимов. Для выбора перспективных в этом отношении методологий следует рассмотреть некоторые фундаментальные аспекты самой проблемы взаимодействия человека с информационной моделью управляемой системы.

Энергетическая система по определению относится к классу человеко-машинных систем с распределенными параметрами, поэтому качество решений диспетчера, в первую очередь, определяется способом группировки первичных исходных данных о текущих ситуациях [3].

Гипотетически возможные способы группировки этих данных могут варьировать в пределах диапазона, границами которого являются:

- **предметность**, агрегированность данных, порождающая дефицит информации о характеристиках ее конкретных подсистем (объектов), что затрудняет локализацию первоисточника отклонений в ее работе (идентификацию причин);
- **конкретность**, излишняя детализация данных, порождающая избыточность информации, поступающей к человеку и затрудняющей оценку динамики развития текущих ситуаций (оценку следствий).

Соответственно оптимально спроектированная СОИ должна поддерживать паритет между конкретностью и предметностью отображения первичных данных, достаточный для того, чтобы человек мог устойчиво классифицировать каждую ситуацию и принимать решение об адекватной форме реагирования на нее.

Организацию взаимодействия человека и такой СОИ условно можно разделить на два последовательных этапа, ориентированных на реализацию необходимых и достаточных условий сопряжения его рабочих характеристик с управляемой системой.

Содержательно необходимые условия заключаются в обеспечении адекватности восприятия человеком характеристик физических носителей информации о переменных состоянии системы и относятся к согласованию характеристик рабочего места с его психофизиологическими, санитарно-гигиеническими, эстетическими и другими характеристиками. По смыслу эти условия являются скорее объективными предпосылками для успешной деятельности некоторого статистически среднего человека в рамках ожидаемых классов ситуаций. В эргономике накоплен достаточный опыт решения подобных задач [4].

Условия достаточности относятся к адаптивной поддержке информационной деятельности конкретного человека в конкретных ситуациях и сводятся к обеспечению его исходными данными, адекватными каждому этапу поиска решений возникающих задач.

Если исходить из определения термина «адекватность» (от лат. *adaequantus* – приравненный), то это означает, что СОИ должна обеспечить тождественность отображения первичных данных о ситуациях в системе характеристикам соответствующих информационных технологий, используемых человеком при их анализе. Поэтому задача поддержки информационной деятельности человека адекватными данными, в первую очередь, относится к разработке количественных методов ее описания как таковой.

За полувековую историю работ в этом направлении были проверены возможности использования практически всех известных методов, первоначально разработанных для решения задач теории информации, теории автоматического управления, теории обслуживания, распознавания образов, структурного анализа, принятия решений и т.д. [5]. Общие выводы заключались в следующем. Человек гибко изменяет характеристики своей информационной деятельности в зависимости от текущих ситуаций в системе, поэтому в его реакциях всегда можно выделить фрагменты, относящиеся к базовым постулатам любого метода анализа сложных систем. Следовательно, области корректного применения моделей, которые разрабатываются по принципу «от метода — к объекту», относятся только к тем ситуациям, в которых деятельность человека близка к процессам функционирования соответствующих технических средств (сервомеханизмов, каналов связи, регуляторов и т.д.). Для разработки более универсальных моделей этой деятельности требуются формализованные описания закономерностей в функционировании психофизиологических механизмов, обеспечивающих ее формирование и реализацию.

Иными словами, для того, чтобы СОИ новых поколений могли обеспечить адресную поддержку профессиональной деятельности человека, их функционирование должно быть организовано на тех же принципах, что и функционирование его памяти. Между тем, естественные науки пока что не располагают исчерпывающими и однозначными описаниями этих механизмов. Поэтому в качестве их рабочих характеристик используются конструктивные обобщения разноплановых результатов их исследований в форме непротиворечивых общепринятых соглашений (парадигм, принципов и пр.), из которых в контексте настоящей задачи можно выделить следующие [6]:

- память человека имеет иерархическую структуру;
- отражение человеком картины внешнего мира является целостным;
- предметная деятельность человека и сопутствующие психические процессы обладают тождественными характеристиками.

Кроме того, предполагается, что структура памяти человека и ее программно-алгоритмическое обеспечение эволюционно сформировалась как многоуровневая система обработки информации, предназначенная для когнитивной поддержки двух режимов его взаимодействия с внешней средой. Один из них ориентирован на формирование внутренних описаний причинно-следственных связей между событиями в среде, а второй — на организацию целенаправленных воздействий на атрибуты этих событий.

Из этих уровней в качестве основных выделяют три, которые в порядке возрастания уровня общности отображения первичных чувственных данных обозначают как сенсорно-перцептивный, представленческий и понятийный.

В прикладных задачах эти принципы конкретизируются в виде разнообразных проблемно-ориентированных концептуальных моделей [7]. В частности, систему взаимосвязанных многоуровневых внутренних описаний человеком собственных характеристик, характеристик объекта деятельности и задач управления рассматривают как его внутреннюю модель деятельности (ВМД). С этих пози-

ций информационная модель объекта управления, которой оперирует человек в процессе деятельности, и интуитивно принятая практика ее поддержки включают в себя:

– нижний уровень – сенсорно-перцептивный – содержит отображение конструкции отдельных элементов и их размещение во внутреннем пространстве объекта. Адекватным этому уровню условным отображением реального объекта является его чертеж, монтажная или принципиальная схема;

– средний уровень – представленческий – содержит описание назначения элементов, их групп и причинно-следственные связи между ними. Адекватным является условное отображение объекта в виде схемы функциональных связей между его элементами или подсистемами;

– верхний уровень – понятийный – содержит концептуальное описание глобальных переменных объекта и зависимостей между ними, например, тип ресурсов, экономические, социальные и прочие характеристики. Адекватным данному уровню являются формальные описания этих зависимостей в виде фундаментальных законов или эмпирических правил.

Аналогично представляются и другие компоненты задачи деятельности (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Форма представления некоторых компонентов задачи управления на различных уровнях внутренней модели деятельности человека

Компонента / уровень	Форма описания объекта управления	Тип целей управления	Способ достижения целей	Способ реализации решений
Понятийный	Концептуальная модель	Глобальные	Стратегии	Знания
Представленческий	Функциональная модель	Промежуточные	Алгоритмы	Умения
Сенсорно-перцептивный	Монтажная схема	Локальные	Программы	Навыки

Из приведенного краткого обсуждения общих принципов организации и функционирования памяти человека следует, что значительную часть операций, связанных с идентификацией ситуаций в условиях неопределенности первичных данных, можно исключить путем проектирования СОИ с учетом ориентации когнитивных процессов на представленческом уровне его ВМД.

Основная идея конструктивной реализации данного метода заключается в устранении возможных неопределенностей в идентификации диспетчером причинно-следственных связей между энергообъектами за счет априорного преобразования принципиальной схемы энергосистемы (рис. 1) к графическому отображению иерархии функциональных связей между ее подсистемами (рис. 2). На рис. 1, 2 ПС новая – подстанция; РП 18 – распределительный пункт; 258, 735 и т.д. – распределительные трансформаторы.

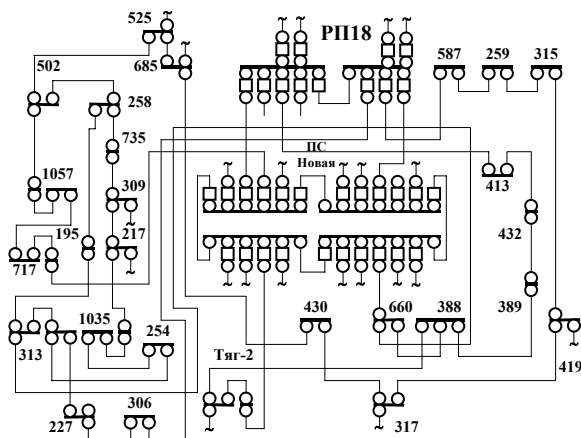


РИС. 1. Представление типовой подстанции мнемосхемой принципиального типа

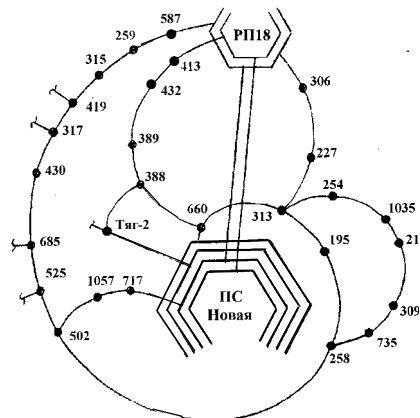


РИС. 2. Представление типовой подстанции мнемосхемой графо-лучевого типа

Когнитивный характер такой графики заключается в размещении элементов мнемосхемы энергосистемы в виде их совокупностей (узлов), сформированных по принципу функционального единства. Каждый такой узел содержит доминирующий элемент (генератор, преобразователь) и группу соподчиненных ему элементов (потребителей). Их связи отображаются в виде ориентированных графов, лучей. Кроме того, эти лучи, отображают направленность потоков энергии и являются внутренними координатными осями, отражающими положение потребителей относительно своего доминирующего элемента. Свойства целостности структуры данной модели дополняются соразмерностью параметров функциональных характеристик мнемосимволов и лучей. В итоге, вся принципиальная схема энергосистемы преобразуется к виду сети визуально выраженных узлов, относительное расположение которых, кроме того, конформно отображает их размещение на конкретной местности (рис. 3).

Для отображения функционального состояния отдельных участков энергосистемы были разработаны специальные мнемосимволы индикаторов-переключателей, положение указателей которых может управляться вручную или автоматически – от базового компьютера или сигналами телеметрии (рис. 4) [8].



РИС. 3. Фрагмент диспетчерского щита городских кабельных сетей г. Николаева с графо-лучевой компоновкой мнемосхемы

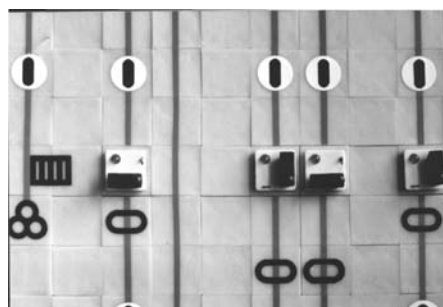


РИС. 4. Индикаторы-переключатели с ручным и дистанционным управлением положением указателя

Графо-лучевое отображение строения энергосистемы существенно упрощает процесс идентификации диспетчером текущих ситуаций, поскольку позволяет ему заменить информационный поиск причинно-следственных связей между активированными объектами на процедуры считывания этих данных с СОИ. При этом одновременно с возрастанием качественных показателей деятельности диспетчера резко снижается относительный уровень его психофизиологической напряженности (табл. 2) [9].

ТАБЛИЦА 2. Сравнительные данные о характеристиках восприятия диспетчером информации о ситуациях в одной и той же системе, представленной в виде мнемосхем принципиального типа (см. рис. 1) и графо-лучевого (см. рис. 2)

Показатели мнемосхемы	Диспетчерский щит	
	принципиального типа	графо-лучевого типа
Количество подстанций на щите, шт.	1400	1400
Суммарная длина линий, км	1,26	0 36
Коэффициент заполнения поля щита	0.6	0.1
Количество изломов линий на мнемосхеме, шт.	2340	Нет
Относительная скорость уверенного чтения сложной схемы фидера, раз	1	≈ 200
Процент ошибок при чтении мнемосхемы, %	≈ 8	Нет
Относительный уровень психофизиологической напряженности, раз	1	≈ 0, 3

Опытная эксплуатация СОИ на основе графо-лучевой компоновки мнемосхемы городских кабельных сетей показала, что ориентировочно можно установить следующие правила конструирования графо-лучевых отображений мнемонических схем энергосистем.

Для отдельных лучей:

- связи между объектами отображаются лучами либо кривыми;
- лучи являются ориентированными, начало – точка связи с энергогенерирующим объектом, конец – энергопотребитель;

- каждый луч имеет индивидуальный признак (графический, цифровой, символический и др.);
- разграничение линий на пересечениях лучей – контрастное;
- отображение точек сложения и разложения потоков энергии – векторное;
- мнемосимволы кольцевых подключений потребителей – кривые;
- крутизна кривой зависит от количества соединяемых подстанций;
- размещение подстанций вдоль луча и кривой – неравномерное.

Для семейств лучей:

- два однонаправленных луча – параллельны;
- расстояние между двумя параллельными лучами определяется разрешающей способностью зрения и принимается за базовое для всей мнемосхемы;
- расстояние до третьего параллельного луча пропорционально базовому;
- относительная ширина линий каждого из лучей пропорциональна отношениям передаваемых мощностей.

Для мнемосимволов объектов:

- площадь мнемосимвола не больше 75% площади ячейки наборного поля;
- световые индикаторы нормального режима работы объекта – зеленый, аварийного – красный;
- указатель состояния «включено–выключено» должен независимо управляться вручную, от компьютера или сигналами телеметрии;
- фиксация указателя за счет внутренних источников энергии.

Для мнемосхем подстанций:

- мнемосхемы подстанций представлены в виде правильных разомкнутых шестиугольников, вложенных один в другой с кольцевым подключением отходящих линий;
- стороны многоугольников ориентированы в направлениях, перпендикулярных отходящим или подходящим лучам;
- расстояние между секциями равно ширине мнемосимволов секций;
- мнемосимволы секций нумеруются начиная с наименьшего многоугольника;
- межсекционные аппараты размещаются между торцами многоугольников;
- параллельные лучи подключаются к параллельным сторонам многоугольников.

Для узлов:

- узлы должны иметь индивидуальные графические особенности в виде конфигурации общего вида, кривизны закольцовок и пр.

На размещение всей схемы и ее фрагментов:

- карта-схема местности под размещение мнемосхемы отображается относительно взаимному расположению подстанций в зависимости от локальной насыщенности участка мнемосхемы;
- карта-схема делится на большие зоны, границами которых являются естественные или административные ориентиры (реки, проспекты);
- мнемосхема на щите стилизовано ориентирована относительно карты-схемы;

- на щите должна быть тестирующая и аварийная звуко-световая индикация участка поля расположения каждой подстанции;
- расположение диспетчерского щита с мнемосхемой в диспетчерском пункте должно соответствовать ориентации мнемосхемы на местности.

Как следует из вышеизложенного, графо-лучевое отображение строения системы, в основном, относится к функциональному уровню ее описания и поэтому мало зависит от особенностей конкретной реализации системы. Это позволяет использовать данную методологию для отображения систем водоснабжения, газового хозяйства и других объектов или технологических процессов.

1. Чачко А.Г. Язык взаимодействия оператора с системой для атомного энергоблока // Электрические станции. – 1996. – № 1. – С. 15 – 28.
2. Система диспетчеризации буровых работ КУБ-2м с использованием радиостанций типа «Гранит» / П.А. Баранов, Н.Н. Харитонов, С.К. Горбунов и др. // Автоматизация в нефтедобывающей промышленности. – 1974. – С. 165 – 168.
3. Павлов В.В. Синтез стратегий в человеко-машинных системах. – Киев: Вища шк., 1989. – 162 с.
4. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.
5. Шеридан Т.Б., Феррел У.Р. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком оператором: Пер. с англ. / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.
6. Системный анализ процесса мышления / Под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 1989. – 236 с.
7. Черноморец В.А. Принципы оценки функциональной антропоморфности когнитивного автомата // Кибернетика и вычисл. техника. – 1998. – Вып. 116. – С. 25 – 29.
8. Пат. № 36866А Украина. Индикатор-переключатель / В.А. Черноморец, В.Г. Попов. – Оpubл. 16.04 2001. – Бюл. № 3.
9. Демьяненко П., Попов В., Федченко В. Надежность энергоснабжения и новые решения в разработке мнемосхем диспетчерских щитов // Охрана труда. – 1998. – № 10. – С. 32 – 34.

Получено 15. 06. 2003