

## СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ И ПОТРЕБЛЕНИЕМ ТЕПЛОТЫ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ

Чайковская Е.Е.

Одесский Национальный политехнический университет

Как известно, в настоящее время чрезвычайно актуальна проблема целостного видения и понимания природы, техники, общества и человека, что требует переосмысления существующих и разработки новых форм взаимодействия человека и техники, в частности на уровне управления [1].

В отличие от силового воздействия по заданному алгоритму предложено управлять функционированием энергетических систем на основе диагностической информации как результирующего информационного фактора самоорганизации систем с использованием предложенной архитектуры экспертных систем. Выполнение экспертной системой функций управления согласованием взаимодействия производства и потребления теплоты на основе полученной информации о недопустимом изменении существенного диагностируемого параметра предложено осуществлять через контроль работоспособности и идентификацию состояния динамической подсистемы — действующей энергетической системы с применением разработанного графа причинно-следственных связей [2–5].

С этой целью выяснено выполнение энергетической системой основных положений представления систем в качестве синергетических [1,2].

Одним из главных положений самоорганизации как свойства синергетических систем является их обязательный обмен с окружающей средой потоками вещества и энергии. Будем рассматривать энергетическую систему в качестве системы, обменивающейся с окружающей средой не только веществом и энергией, но и информацией. Теплофикационная установка, например, - открытая система, для которой внешняя среда, в этом случае, является источником топлива, окислителя и приемником теплоты и информации.

Синергетическая система – динамическая система, движение которой должно протекать в нелинейной области ее пространства. Свойства системы проявляются при ее функционировании “жизнедеятельности”, сведения о которых получают из динамических характеристик. Динамические же характеристики энергетической системы с достаточной для практики точностью могут быть описаны конечным набором параметров, входные возмущения также могут быть описаны совокупностью параметров. Поэтому, динамическое описание системы наиболее полно и многогранно характеризует ее функционирование. Таким образом, реальная энергетическая система – динамическая система, математическая модель которой отражает свойства преобразования возмущений, т.е. ее динамические свойства [3].

Энергетическая система, например, теплофикационная установка с регулируемыми или нерегулируемыми отборами пара, – динамическая система, функционирование которой является отражением внешних и внутренних возмущающих воздействий и начальных условий, например, изменения температуры обратной сетевой воды, как внешнего возмущающего воздействия, характеризующего связь энергетической системы с потреблением теплоносителя. Необратимые термодинамические процессы, протекающие в динамической энергетической системе, описывают уравнениями неравновесной термодинамики, где параметры состояния рассматривают в качестве непрерывных функций пространственных координат и времени [2].

Нелинейность динамических процессов, протекающих в энергетической системе и составляющих информационную основу диагностических мероприятий, определяет математическое моделирование динамики существенных диагностируемых параметров (они должны быть выбраны на основе экспертных знаний в качестве определяющих при функционировании данной энергетической системы). Например, температура прямой сетевой воды после теплофикационной установки, температура вторичного теплоносителя на выходе из подогревательной установки тепловой подстанции при использовании теплоты от отопительной котельной, оснащенной водогрейными котлами и системой регенерации,

являются существенными диагностируемыми параметрами для согласованного управления взаимодействием производства и потребления теплоты с использованием теплофикационной установки и отопительной котельной соответственно. Система дифференциальных уравнений включает уравнение состояния как оценку физической модели системы, уравнения энергии передающей и воспринимающей сред, уравнение теплопроводности стенки, которое заменяют уравнением теплового баланса, и, при необходимости, уравнение сплошности, если изменение расхода рабочего тела выбрано в качестве существенного диагностируемого параметра [5].

Основой предложенной архитектуры экспертных систем для управления в энергетических системах является динамическая подсистема, отражающая через характер реакций на возмущения особенности функционирования энергетических систем. Поэтому, проектируя экспертную систему, закладываем ее основу - динамическую подсистему (ее название в экспертной системе) (рис.1),[3].

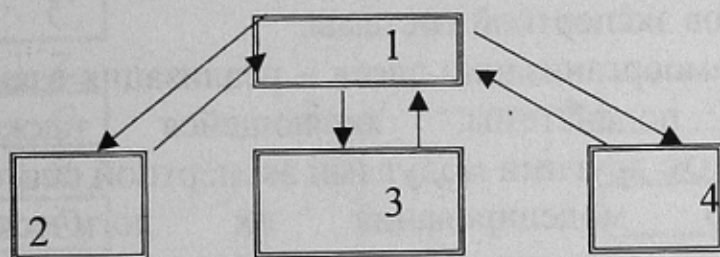


Рисунок 1 - Архитектура построения экспертных систем

1 - динамическая подсистема; 2 - модуль диагностирования эффективности; 3 - модуль диагностирования ситуации; 4 - модуль надежности (диагностирования структурных параметров)

Синергетический подход, как новое научное направление, раскрывает принципы самоорганизации систем. Самоорганизация систем определяется здесь через взаимодействие элементов, входящих в их состав, направленное на сохранение систем, как "процесс, в ходе которого создается, воспроизводится организация

сложной системы” [3]. Представляя конструкцию экспертной системы как организацию сложной системы, стремящуюся к самоорганизации, расширяем ее, наращивая вокруг ее основы – динамической подсистемы другие модули, такие как модуль диагностирования эффективности системы (расчет к.п.д. в новых условиях функционирования), модуль диагностирования ситуации без изменения структуры существующей АСР (для передачи в АСУ), модуль надежности (диагностирование структурных параметров) и др. (рис.1).

Математическое обоснование предложенной архитектуры экспертной системы имеет вид:

$$ES = ((D(P(\tau)(x_0(\tau), x_1(\tau), x_2(\tau), f(\tau), K(\tau), y(\tau), d(\tau)), R(\tau), P(\tau))), R(\tau), (P_i(\tau)(x_1(\tau), f_i(\tau), K_i(\tau), y_i(\tau))),$$

где ES - экспертная система; D – динамическая подсистема; P – свойства элементов экспертной системы; R- логические отношения; x - воздействия; f - диагностируемые параметры; K – коэффициенты математического описания; y – выходные параметры; d – динамические параметры;  $\tau$  - время; индексы: 0, 1, 2 – исходный стационарный режим, внешний, внутренний характер воздействий; i – число элементов экспертной системы.

Явление самоорганизации здесь – реализация взаимоотношения динамической подсистемы, являющейся также системой самоорганизации, с другими модулями экспертной системы на основе математического моделирования их логических связей, изменяющихся во времени. В результате такого взаимодействия устанавливаются новые свойства модулей экспертной системы, характеризующие воспроизводство ее организации, т.е. самоорганизацию. Диагностика новых свойств отдельных модулей (расчет эффективности, оценка ситуации в новых условиях функционирования системы и т.д.) с целью управления производится на основе результатов внутренних процессов самоорганизации, происходящих в самой динамической подсистеме, где через контроль динамических свойств и оценку работоспособности энергетической системы установлением причинно-следственных связей идентифицируют ее свойства. Они являются основой для

взаимодействия с другими элементами экспертной системы. Сообщения, подтверждающие эти свойства, получаемые динамической системой от других модулей экспертной системы (если они диагностируются) используют для выработки окончательного решения для проведения дальнейших оперативных операций.

Выполнение экспертной системой функций управления согласованием взаимодействия производства и потребления теплоты с использованием полученной информации о недопустимом изменении существенного диагностируемого параметра предложено осуществлять на основе контроля работоспособности и идентификации состояния динамической подсистемы — действующей энергетической системы с применением разработанного графа причинно-следственных связей, используя синергетический принцип когерентности как термодинамических, так и информационных процессов [2–4].

Выполнение динамической подсистемой функций контроля работоспособности и идентификатора состояния энергетической системы может быть осуществлено на основе предлагаемого графа причинно - следственных связей (рис. 2), [4].

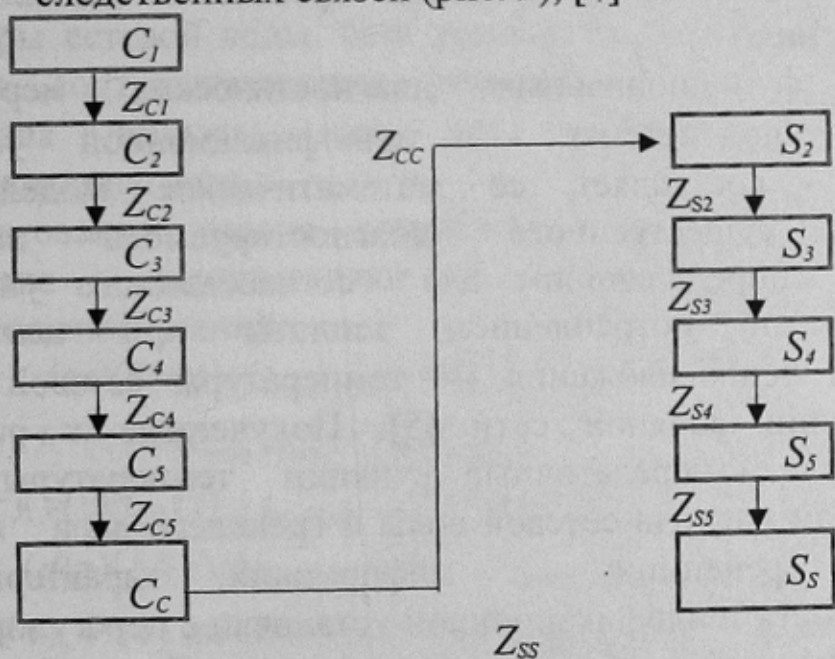


Рисунок 2 - Граф причинно--следственных связей динамической подсистемы

С - контроль (событие); Z - логические отношения; S - идентификация (событие). Индексы: 1 - воздействия; 2 - внутренние диагностируемые параметры; 3 - коэффициенты уравнений динамики; 4 - существенные диагностируемые параметры; 5 - динамические параметры; с - контроль работоспособности; s - состояние.

Управление предложено осуществлять с использованием информации, определенной выбором из двух равновероятных альтернатив (в допуске, не в допуске) о недопустимом изменении существенного диагностируемого параметра - параметра порядка [4].

Эта информация в качестве "неспецифического" внешнего воздействия, фиксируя отклонение от состояния, которого нужно достичь, определяет цель - попадание на желаемую структуру - аттрактор и указывает путь перевода системы на новый уровень функционирования.

Управление переходом на новый уровень функционирования и управление в новых условиях функционирования предложено производить на основе согласования взаимодействия вещества, энергии и информации с обеспечением требования технологической задачи управления.

Основу функциональных диагностических мероприятий динамической подсистемы — теплофикационной установки, например, составляет ее математическое моделирование относительно существенного диагностируемого параметра, являющегося определяющим для согласованного управления производством и потреблением теплоты при центральном регулировании теплоснабжения — температуры сетевой воды в подающей линии водяной сети [5]. Полученные в результате реализации модели передаточные функции температуры сетевой воды по каналам расхода сетевой воды и греющего пара являются основой для рецепции информации, характеризующей работоспособность теплофикационной установки с нерегулируемыми и регулируемыми отборами пара соответственно. Так, информация о недопустимом изменении температуры сетевой воды управляет переходом системы на новый уровень функционирования:

$$\begin{aligned}
 ES = & ((D(P(\tau)(C_1(\tau), (x_0(\tau), x_1(\tau)(G_B(\tau)(0), G_H(\tau)(0), t_{обр.}(\tau)(-)(+)), \\
 & x_2(\tau)(t_{пр}(\tau)(0))))), Z_{c1}(\tau), \\
 & (C_2(\tau)(f(\tau)(\theta(\tau)(t_{обр.}(\tau))(-)(+))), Z_{c2}(\tau), \\
 & (C_3(\tau)(K(\tau)(K(\tau)(-)(+))), Z_{c3}(\tau), \\
 & (C_4(\tau)(y(\tau)(t_{пр}(\tau)(0))), Z_{c4}(\tau), \\
 & (C_5(\tau)(d(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{уст.расч.}(\tau)(+)(-))), Z_{c5}(\tau), \\
 & (C_c(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{уст.расч.}(\tau) > \Delta t_{расч.уров.}(\tau) / \Delta t_{уст.расч.}(\tau))), \\
 & (C_c(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{уст.расч.}(\tau) < \Delta t_{расч.уров.}(\tau) / \Delta t_{уст.расч.}(\tau) < 0)), \\
 & (P(\tau)(G_H(\tau)(+)(-))))), Z_{cc}(\tau).
 \end{aligned}$$

"Температура сетевой воды находится вне зоны допустимых значений", "Потеряна работоспособность по каналу "производство — потребление теплоты", "Необходимо изменить уровень производства" — эта информация поступает на интерфейс эксперта в качестве первоначальной диагностируемой информации, полученной в результате контроля работоспособности сетевых подогревателей относительно существенного диагностируемого параметра — температуры сетевой воды. Она должна быть передана в АСУ для выработки соответствующего решения — изменения уровня производства теплоты еще до получения окончательного расширенного диагноза.

Согласование уровня потребления теплоты с уровнем ее производства осуществляют с использованием следующих взаимоотношений знаний:

$$\begin{aligned}
 (S_2(\tau)(f(\tau)(\theta(\tau)) = \theta_{нов.уров.}(\tau))), Z_{s2}(\tau), \\
 (S_3(\tau)(K(\tau) = K_{нов.уров.}(\tau))), Z_{s3}(\tau), \\
 (S_4(\tau)(y(\tau)(t_{пр}(\tau) = t_{пр нов.уров.}(\tau))), Z_{s4}(\tau), \\
 (S_5(\tau)(d(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{уст.расч.}(\tau) = \Delta t_{нов.уров.}(\tau) / \Delta t_{уст.расч.}(\tau))), Z_{s5}(\tau), \\
 (S_{ss}(\tau)(P(\tau) (\text{новый уровень производства теплоты}))).
 \end{aligned}$$

"Новый уровень производства теплоты". Это сообщение в качестве окончательного расширенного диагноза поступает на вход модуля диагностирования ситуации: "Подтвердите диагноз".

"Диагноз подтверждаем", " Осуществляйте функционирование согласно новому уровню производства теплоты" — сообщения, вырабатываемые блоком диагностирования ситуации, подтверждены следующим распознаванием:

$$R(\tau)(P_d(\tau)(x_1(\tau)(G_n(\tau) = G_{\text{нов.уров.}}(\tau))), \\ (y_d(\tau)(t_{\text{обр}}(\tau) = t_{\text{обр.нов.уров.}}(\tau) ))),$$

де  $G$  — расход вещества;  $t$  — температура рабочего тела;  $\theta$  — температура разделяющей стенки. Индексы: в,н — внутренний, наружный потоки; уст. — установившееся значение параметра; расч. — расчетное значение параметра; уров. — уровень функционирования; нов.уров.— новый уровень функционирования; пр. — прямая сетевая вода; обр. — обратная сетевая вода; д — блок диагностирования ситуации.

Управление согласованием взаимодействия производства и потребления теплоты в процессе функционирования блока Запорожской АЭС, Одесской ТЭЦ, например, позволяет при обеспечении потребителей необходимым количеством теплоты требуемых параметров снизить себестоимость ее производства как за счет экономии топлива, оздоровления ресурсных возможностей станций, так и благодаря возрастанию комфорта условий работы персонала в реальных условиях принятия решений.

#### Список источников

1. Хакен Г. Синергетика.— М.: Мир, 1985.
2. Чайковская Е.Е. Диагностика энергетических систем как результат самоорганизации // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2000. — Вып. 2(11). — С. 91 — 95.
3. Чайковская Е.Е. Синергетический подход при разработке экспертных систем // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 1999. — Вып. 2(8). — С. 126 — 128.
4. Чайковская Е.Е. Динамическая подсистема как основа экспертных систем // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 1999. — Вып. 3(9). — С. 108 — 110.
5. Чайковская Е.Е. Математическое моделирование динамики энергетических систем как основы диагностики // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2000. — Вып. 3(12). — С. 83 — 86.