

для контроля углов. При взлёте наблюдается более длительное время переходного процесса для контроля высоты (2 с) из-за низкой мощности двигателей, что также допустимо, поскольку задач скоростного взлёта не ставилось, значительно более важна скорость системы для контроля угла, так как при недостаточной скорости отработки угла возможны падения ЛП;

– установившаяся ошибка для контроля высоты и угла  $e \leq 1\%$ .

По результатам исследований на моделях изготовлен экспериментальный образец ЛП.

#### Литература

1. Майника Э. Оптимизация на сетях и графах. – М.: Мир, 1981. 323 с.

**УДК 621.18:681.5**

### **НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ**

Крохин Г.Д., д.т.н., Мухин В.С., к.т.н., Судник Ю.А. д.т.н.,  
профессор, *ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина, г. Москва,*  
*Российская Федерация*

Оперативное оценивание технического состояния сложных теплоэнергетических установок производится в условиях реального времени (on-line), в резкопеременных режимах, т.е. при малой выборке исходных данных. Это не позволяет применять классические математические модели, хорошо описывающие базовые режимы. В нестационарных режимах необходимы другие методы оценивания состояния из-за отсутствия информации о законах распределения и возникающей нечеткости исходной информации. Поэтому исследователь вынужден отказаться от точечных оценок и должен обращаться к интервальным и экспертным оценкам. При этом уже появляется возможность использования эвристических знаний о работе объектов, т.е. размытых знаний. Для решения задачи использования четких и размытых информации и знаний, получаемых при функциональной диагностике на ТЭС разработана методология анализа и извлечения из нечеткой информации размытых знаний с применением их при идентификации состояния и параметров энергоустановок.

Допустим, что заданы пространства входов ( $U, P$ ) и выходов ( $Y, d$ ) функционирующего агрегата с соответствующими элементами  $u \in U, y \in Y$  и метриками  $\rho(x_1, x_2)$  и  $d(y_1, y_2)$ . Предполагается, что модель «вход-выход» управляемой системы описывается отображением  $y = f(u)$  из  $U$  в  $Y$  (рис.1). Реальная модель управляемой системы содержит множество неопределенностей в определении параметров структуры, неточностей измерений выходного процесса  $y$  и т. п. Предполагается учитывать подобного рода НЕ-факторы путем введения нечеткого отношения  $\mu_\varepsilon(y, z)$  для выходных сигналов  $y, z \in Y$ , которое может интерпретироваться как степень принадлежности пары сигналов  $(y, z)$  отношению  $d(y, z) < \varepsilon$  для неотрицательного действительного числа  $\varepsilon$ .

В результате неравенство  $d(y, z) < \varepsilon$  охарактеризует влияние неучтенных факторов в модели на отклонение выходных сигналов с заданной функцией принадлежности  $\mu_\varepsilon(y, z)$ .

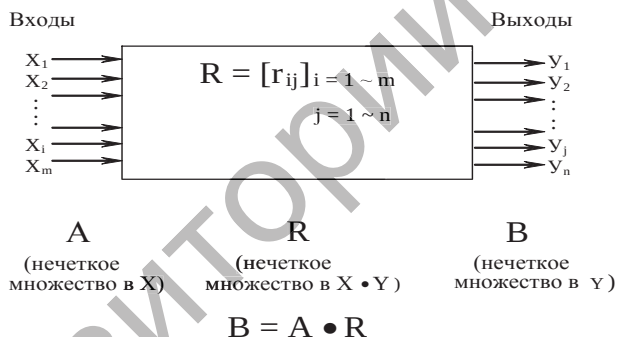


Рис. 1. Моделирование агрегата энергоустановки с помощью нечетких множеств.

На функцию  $\mu_\varepsilon(y, z)$  наложим следующие условия, которые будут отражать физические требования к динамике управляемой системы:

Функция  $\mu_\varepsilon$  есть отношение, поэтому она рассматривается как отображение  $Y \times Y$  в интервале  $[0, 1]$ ;

если  $\varepsilon = 0$ , т. е. требуется совпадение сигналов  $y$  и  $z$ , а сами сигналы произвольны в  $Y$ , то естественно принять  $\mu_0(y, z) = 0$ ;

$$\mu_\varepsilon(y, z) = \mu_\varepsilon(z, y); \quad (1)$$

если  $y = z \forall \varepsilon$ , то  $\mu_\varepsilon(y, z) = 1$ ;

если  $\varepsilon \leq \eta$ , то  $\mu_\varepsilon(\mathbf{y}, \mathbf{z}) \leq \mu_\eta(\mathbf{y}, \mathbf{z})$  (т. е. требования на точность выше  $\forall \varepsilon$ , чем  $\forall \eta$ );

если асимптотически увеличивать  $\varepsilon \rightarrow \infty$ , т. е. снижать требования на точность, то

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow \infty} \mu_\varepsilon(\mathbf{y}, \mathbf{z}) = 1. \quad (2)$$

Для случая с двумя критериями точности  $\varepsilon$  и  $\eta$  с соответствующими  $\mu_\varepsilon(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  и  $\mu_\eta(\mathbf{y}, \mathbf{z})$  имеет место естественное условие:

$$\mu_{\varepsilon+\eta}(\mathbf{x}, \mathbf{z}) \geq \min(\mu_\varepsilon(\mathbf{x}, \mathbf{y}), \mu_\eta(\mathbf{y}, \mathbf{z})), \quad (3)$$

для любых сигналов  $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$  из пространства выходов.

Таким образом, приведенное описание модели оперирует пространством  $(Y, \mu)$ , но уже не в терминах расстояния  $d(\mathbf{y}, \mathbf{z})$ , а в терминах нечеткого отношения  $\mu_\varepsilon(\mathbf{y}, \mathbf{z})$ , включающего в себя неучтенные факторы неопределенности в модели  $\mathbf{y} = f(\mathbf{u})$ , которые влияют на отклонение выходного сигнала  $\mathbf{y}$ . В результате этого топологию пространства  $(Y, \mu)$  можно ввести с помощью понятия  $t$  — окрестности выхода системы в виде:

$$N_y(t) = \{\mathbf{z} : \mu_t(\mathbf{y}, \mathbf{z}) > 1 - t\}, \quad (4)$$

а окрестность выходных сигналов в пространстве  $Y$  — как объединение

$$\bigcup_{y \in Y} \{N_y(t) | t > 0\}. \quad (5)$$

Принятие решения, как правило, основывается на какой-то информации о динамике производства электроэнергии, о будущих условиях функционирования ТЭС и надежности ее элементов, описании подлежащих выполнению ремонтно-восстановительных работ и т.д. Такой подход может применяться при проектировании нечетких адаптивных регуляторов нечетких систем управления, т. е. систем требующих проведения управления и измерения текущих параметров в режиме on-line. К подобным системам относятся теплоэнергетические установки ТЭС.

Литература

1. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976.- с. 172-215

2. Крохин Г.Д. Использование нечеткой информации для математических моделей диагностики функционирующих энергоустановок тепловых электростанций.1. Формализмы. // Вестник ИГТУ, № 3 . — Иркутск, 2004. – С. 110-114.

#### **УДК 004.31**

### **МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ AVR: ПРАКТИКА ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Матвеев И.П., к. т. н., доцент, Куль С.В.,  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

В последние годы микроконтроллеры AVR приобрели большую популярность, привлекая разработчиков удобными режимами программирования, доступностью программно-аппаратных средств поддержки и широкой линейкой выпускаемых типов. Микроконтроллеры AVR представляют удобный инструмент для создания современных высокопроизводительных и экономичных встраиваемых контроллеров многоцелевого назначения. В частности, они используются в автомобильной электронике, бытовой технике, сетевых картах и материнских платах компьютеров, мобильных телефонах и т.д. [1].

Однако изучение реальных контроллеров оказывается затратной задачей, так как недостаточно только написать программу в определенной среде, необходимо с помощью программатора «прошить» процессор, т.е. записать в него разработанную программу, подключить к выходу контроллера исполнительные устройства и только тогда наглядно увидеть результат своей работы. А если что-то пошло не так, следует все повторить заново, но количество «прошивок» ограничено.

Поэтому изучение контроллеров удобнее и дешевле проводить виртуально, без паяльника или макетной платы, достаточно использовать программу Proteus v7.7.