

Магергут В. З., д-р техн. наук, проф.,
Игнатенко В. А., аспирант,
Бажанов А. Г., аспирант,
Шаптала В. Г., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕПРЕРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СИНТЕЗА УПРАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТОВ

bigsom@mail.ru

Рассмотрены различные подходы к построению дискретных моделей непрерывных технологических процессов, которые можно разделить на три вида: «от процессов», «от операций» и «от режимов». Каждый из подходов целесообразно применять на соответствующем уровне исследования технологического процесса для целей синтеза управляющего автомата.

Ключевые слова: процесс, режим, операция, дискретизация, сеть Петри, технологический процесс, управляющий автомат.

В целом следует отметить, что развитие автоматизации производственных процессов, в том числе непрерывных, характеризуется возрастанием роли и доли систем логического управления на основе управляющих автоматов (УА).

Это связано с интенсификацией процессов, с переходом к агрегатам большой единичной мощности, с разработкой и внедрением АСУ ТП и ГАПС, с обеспечением безопасности потенциально опасных производств [1]. Связано это и с техническими средствами современной автоматизации - ЭВМ, позволяющими создавать более сложные системы автоматизации, системы с иными принципами построения и структурами, например, адаптивными, нечеткими, интеллектуальными, распределенными и др., естественно, с качественно новыми улучшенными их показателями.

В то же время непрерывность процессов сдерживает возможность применения УА, приводит к необходимости применения иных подходов, технических средств и методов для их автоматизации, делает неоднородным математический аппарат, используемый при описании моделей непрерывных процессов и синтезе их систем управления. Всё это накладывает серьезные ограничения на тип применяемого промышленного контроллера и средства алгоритмического программирования, с помощью которых реализуется система автоматического управления.

Избежать этого недостатка (при столкновении в процессе автоматизации на базе УА с непрерывными процессами) возможно путем построения дискретных моделей для непрерывных технологических процессов [2]. Существуют определенные предпосылки создания такого класса моделей. Среди них, наряду с уже выше-

сказанными причинами, следует назвать [3]: естественное разделение технологических режимов работы аппаратов в области параметров их функционирования; наличие ряда важных для создания информационных и информационно-управляющих систем свойств, которые присущи моделям дискретного класса, позволяющим, например, выявлять аварийные и нештатные ситуации в работе оборудования; применение в информационно-управляющих системах экспертных систем, что диктует необходимость использования дискретных разделов математики непосредственно связанных с логикой мышления человека и формальным представлением знаний.

В решении задач по построению дискретных моделей непрерывных технологических процессов существует несколько подходов.

В [1, 4] задача решена путем построения так называемых диаграмм поведения узлов, представляющих конечноавтоматное описание непрерывного технологического процесса в узле (узел связан с конкретной технологической величиной – температура, давление, уровень и т.д.) в виде графа, вершины которого сопоставлены режимам, а дуги помечены условиями в виде булевых функций, определяющих переход от режима к режиму. При этом режим – это часть качественного поведения конкретной технологической величины процесса на данном интервале ее изменения, т.е. качественное решение математической модели (ММ) поведения технологической величины, заданной в виде дифференциального уравнения (формализованное описание режимов и условий перехода от режима к режиму дано в [1, 4]). Отметим также, что качественное поведение (решение) технологической величины может быть получено без

решения ММ, а по данным наблюдения за изменением конкретной технологической величины.

Таким образом, непрерывное поведение той или иной технологической величины аппарата описывается путем ее разбиения последовательностью режимов, с переходами от режима к режиму, обусловленными теми или иными условиями. При этом может иметь место альтернативное протекание режимов и, соответственно, альтернативные ветви режимов. Такая последовательность, в том числе с альтернативными ветвями, названа разверткой поведения узла данной технологической величины. При периодических циклических процессах развертки приходят в исходное состояние, т.е. замыкаются. Развертки удобно и целесообразно (в силу рассмотрения в дальнейшем совокупности их работы) представлять помеченными сетями Петри – графами операций. Таким образом, получаем дискретное описание технологического процесса на основе помеченных сетей Петри – графов операций, которое является заданием на синтез УА, например, с использованием стандартной позиционной структуры. Для аппарата в целом, протекание технологического процесса в котором характеризуется рядом технологических величин, имеем совокупность разверток узлов, причем, между развертками вводятся свои связи [5].

Другой подход к дискретизации непрерывных процессов предложен в [3]. В этой работе в непрерывном технологическом процессе выделяются непересекающиеся состояния, для которых затем строится дискретная модель в виде конечного автомата. Суть выделения состояний при этом сводится к следующему: процесс в целом рассматривается как «серый» ящик, в котором выделяются входные воздействия, и выходные переменные. Кроме того, выделяется диапазон переменных состояний, задающих режим работы технологического процесса. С учетом системы ограничений по переменным состояниям и аналогичных ограничений на входные воздействия и выходные переменные, на основе комбинаторного перебора формируются возможные непересекающиеся области существования переменных состояний, которые и определяют конкретные технологические фрагменты работы системы с отражением причинно-следственных (вход-выход) связей, существующих в самих технологических процессах с учетом оборудования, в котором проводятся эти процессы.

Таким образом, в [3] конечно-автоматная модель строится для фрагмента технологического процесса и отражает поведение этого фрагмента в целом как части технологического про-

цесса. При этом в [3] это поведение процесса на заданном ограниченном гиперпространстве по состояниям, входам и выходам «серого» ящика, а в [1, 4] – поведение конкретной технологической величины в виде ее представления режимами на заданном диапазоне ее изменения. Иначе, модели по [3] позволяют дискретизировать технологический процесс на уровне фрагментов, а по [1, 4] на уровне режимов.

В этом плане не хватало дискретных моделей среднего уровня, т.е. тех моделей, которые описывали бы непрерывные технологические процессы на уровне элементарных технологических (динамических) звеньев: звено смещения (апериодическое звено), интегрирующее звено, ячеечная модель (та или иная последовательность звеньев) и т.п.

Этот пробел был устранен созданием моделей на основе информационных сетей Петри (ИСП) [6], позволяющих строить модели элементарных динамических звеньев (апериодического, интегрирующего, реального дифференцирующего и др.; реализовать операции суммирования, умножения и т.п.) в дискретном представлении.

Ниже (рис.1) построение такой модели показано на примере апериодического звена первого порядка с единичным коэффициентом усиления и постоянной времени τ , не вдаваясь в суть ИСП, определение которых и их работа даны в [6].

Апериодическое звено моделируется одним замкнутым контуром, состоящим из позиций P1, P2 и переходов T1, T2 с двумя типами информационных входов (повышающий, обозначенный кружком на конце перехода с символом «+»), и понижающий – с символом «-»). Переход T1 срабатывает, когда входной сигнал превышает порог срабатывания, задаваемый информационными дугами. Треугольники с коэффициентами K , меняющимся в диапазоне $[0, 1]$, показывают коэффициенты усиления информационных дуг.

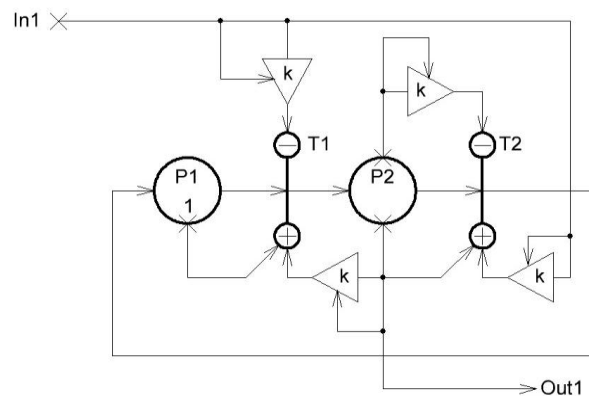


Рис. 1. Информационная сеть Петри, моделирующая апериодический процесс

Функция, реализуемая приведенной моделью, как реакция на единичную ступенчатую функцию, подаваемую на вход модели $In1$, представляет собой кусочно-непрерывную функцию, которая в точках излома повторяет экспоненциальную кривую, описываемую формулой:

$$Out1(t) = (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \cdot In1(t)$$

Используя правила работы позиций и переходов ИСП [6], можно получить временную итерационную модель информационной сети. Для учёта времени принят один такт работы информационной сети Петри за 1. Результат моделирования, представляющий собой кусочно-непрерывную функцию для модели и экспоненциальную кривую для апериодического звена, приведен на рис. 2.

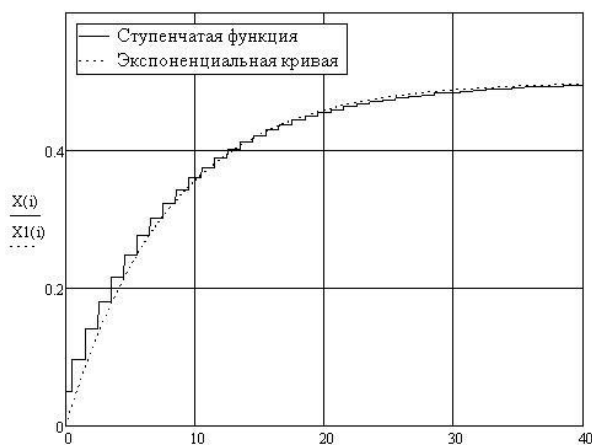


Рис. 2. Реакция информационной сети, моделирующей апериодический процесс и апериодического звена на скачок

Как видно из графиков (рис. 2) адекватность аналоговой модели и дискретной очень хорошая.

Таким образом, можно говорить о трёх видах дискретных моделей непрерывных технологических процессов, позволяющих применять их на соответствующем уровне исследований. Верхний уровень – «от процессов» в соответствии с моделями по [3], средний уровень – «от операций» в соответствии с моделями по [6] и, наконец, нижний уровень – «от режимов» по [1, 4].

Эти модели непрерывных технологических процессов объединяет дискретный характер их

построения и возможность применения однородного математического аппарата (описания), например, в виде помеченной сети Петри – графа операций.

Отличие моделей заключается в уровне детализации непрерывного технологического процесса: от более крупного – фрагментов, к среднему – операциям и детальному – режимам.

Модели позволяют устранить препятствие на пути совместного моделирования дискретных и непрерывных технологических процессов и создания для них систем управления на базе УА.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Магергут, В. З.; Построение логических моделей химико-технологических объектов (первичные и исходные модели) / В.З. Магергут, С.А. Юдицкий, В.Л. Перов. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1988. – 80 с.
2. Магергут, В.З. Разработка методов анализа и реализации систем логического управления в гибких автоматизированных химико-технологических производствах: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07 / Магергут Валерий Залманович. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1990. – 198 с.
3. Богатиков, В. Н. Построение дискретных моделей химико-технологических систем. Теория и практика / В.Н. Богатиков, Б.В. Палюх. – Апатиты: КНЦ РАН, 1995. – 164 с. Юдицкий, С.А., Магергут, В.З. Логическое управление дискретными процессами. Модели, анализ, синтез: – М.: Машиностроение, 1987.–176 с.
4. Юдицкий, С.А. Логическое управление дискретными процессами. Модели, анализ, синтез / С.А. Юдицкий, В.З. Магергут. - М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
5. Кафаров, В. В. Логическое моделирование типовых технологических процессов / В.В. Кафаров, В.А. Перов, В.З. Магергут // ДАН СССР, Т.318, №3, 1991.- С. 658-663.
6. Игнатенко, В.А. Информационная сеть Петри как сквозной лингвистический инструмент разработки систем автоматического управления / В.А. Игнатенко, В.З. Магергут // Сб. труд. Второй Междун. науч.-техн. конф. «Компьютерные науки и технологии» (КНиТ), Белгород: Изд-во «ГиК», 2011. С.73 – 77.