

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Введение

Современный уровень автоматизации производства, основанный на новейших информационных технологиях, привел к постановке задачи построения эффективных автоматизированных систем оперативного диспетчерского управления (АСОДУ), позволяющих значительно улучшить диспетчерский контроль за всеми технологическими этапами производства, получить возможность оперативно контролировать исполнение планов производственными подразделениями с выявлением отклонений на самых ранних стадиях и автоматизировать документооборот [1]. Актуальность данной задачи подчеркивается все время увеличивающимся количеством статей по данной тематике (например журналы “Мир компьютерной автоматизации”, “Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика”, “Современные технологии автоматизации”).

Наиболее важной подзадачей при построении эффективных АСОДУ является разработка системы поддержки принятия решений, которая позволяет в реальном времени предсказывать нежелательное поведение системы, и выдавать предупреждения и рекомендации управляющему персоналу.

Для построения систем принятия решений широко используются различные методы моделирования (более того главной целью построения любой модели и проведения имитации является принятие решений[2]).

При построении моделей процессов, происходящих в сложных производственных системах, используются различные аналитические и имитационные схемы математического моделирования. Известно, что построение аналитической модели функционирования производства является трудоемким и часто не реализуемым процессом [3]. Единственным выходом в такой ситуации становится метод имитационного моделирования (ИМ), который является эффективным инструментом оценки характеристик функционирования сложных систем на этапах их исследования и проектирования. Но этим возможности данного метода не ограничиваются: в современных системах управления ИМ используется непосредственно в контуре управления, на его основе решаются задачи диагностики и прогнозирования для принятия решений.

Постановка задачи

Особенностью современных технологических комплексов является дискретно-непрерывный характер их функционирования. Прежде всего

© А.А. Стенин, П.Е. Никулин, 2004

это заключается в том, что гибкие производственные системы, которые все чаще применяются в промышленности, состоят из отдельных подсистем. Состояния последних изменяются как непрерывно, так и дискретно в определенные моменты времени (при этом производство может быть непрерывным, а его технологические процессы непрерывно-дискретные).

Примером технологических систем подобного типа являются химические, нефтехимические, нефтеперерабатывающие[4] и газоперерабатывающие предприятия [5].

Характерной особенностью математических моделей непрерывного производства является их высокая размерность (300— 1500 переменных и более) [5], что обуславливает основную трудность управления производством. Такая размерность объясняется как структурой подсистем современного предприятия, при которой каждая подсистема имеет свою модель, так и сравнительно большим числом переменных и ограничений в моделях подсистем. При переходе к динамической оптимизации комплекса размерность модели еще больше возрастает. По этой причине целесообразно применять принцип декомпозиции для управления непрерывным производством и конкретно газоперерабатывающим комплексом.

В настоящее время на Украине разработки и внедрения общих моделей для газоперерабатывающих заводов не ведутся. Существуют частные решения, реализованные, например, на Шабелинском газоперерабатывающем заводе.

Как указывалось ранее, непрерывно-дискретные системы — это параллельные и распределенные динамические системы, состоящие из большого числа элементов различной природы, а именно из элементов, поведение которых описывается непрерывными процессами, имеющими конечную длительность, и элементов, поведение которых описывается дискретными процессами, время реакции на события в которых несущественно для анализа системы. Несмотря на то, что непрерывно-дискретная система имеет много общего с дискретными параллельными и распределенными системами, она не может быть сведена к чисто дискретным моделям, так как динамика ее непрерывных компонент достаточно сложна. С другой стороны, описание ее в рамках классической теории динамических систем затруднительно, так как в ней могут возникать события, в результате которых мгновенно меняется глобальное поведение и структура системы. При этом одно событие может породить другие, а сам дискретный процесс, результатом которого является выбор нового поведения, описывается нетривиальным дискретным алгоритмом, который в общем случае можно представить графом мгновенных переходов. Невозможность представления непрерывно-дискретной системы чисто дискретными или чисто динамическими моделями позволяет выделить эти системы в отдельный класс систем, поведение которых описывается бесконечной последовательностью сменяющих друг друга длительных непрерывных процессов и мгновенных дискретных событий.

В основе системы поддержки принятия решений лежит модель систе-

мы (как объекта управления, так и управляющего устройства) и система имитации, позволяющая имитировать изменение объекта во времени при применении определенных управляющих воздействий. На данный момент количество подходов к имитации производственных процессов достаточно велико. В [2] автор выделяет следующие формальные типы подходов к имитационному моделированию: “вычисление изменений” (“Change Calculus”) Ланкера, “теоретических систем” (Systems Theoretic Approaches), подходы на основе диаграмм циклического действия (Activity Cycle Diagrams), сигнальные графические методы (Event-Oriented Graphical Techniques), сети Петри, логические методы (Logic-Based), управляющие потоковые графы (Control Flow Graphs), обобщенные полумарковские процессы.

Для описания дискретно-непрерывных процессов предпринимались попытки совместить непрерывные и дискретные модели, либо свести модели к чисто дискретным. Так, например в [6] предпринята описывается возможность использования метода “трех фаз” (один из методов подхода на основе “диаграмм циклического действия”) для моделирования процессов производства, транспортировки и потребления газа. В статье [7] представляется язык χ позволяющий описывать как непрерывные, так и дискретные элементы системы. При этом для описания непрерывных процессов используется аппарат дифференциальных алгебраических уравнений, для описания дискретных процессов — язык для параллельного программирования типа CSP (Communication Sequential Processes). Недостатком данных подходов при этом является с одной ограниченность применения, с другой — недостаточная разработка спецификаций, связанной с описанием непрерывных элементов модели и с описанием взаимодействия непрерывных и дискретных моделируемых процессов.

В [4] указывается, что в последние годы в Украине и независимо во Франции появились работы, где описывались системы, состоящие из параллельно функционирующих и асинхронно взаимодействующих непрерывных и дискретных компонентов. В Украине такие графические и математические средства были названы ДН-сетями, а во Франции — гибридными сетями Петри (гибридные СП).

Гибридные СП являются расширением сетей Петри: в их основу положены непрерывные сети Петри. Последние являются эквивалентом тактируемых дискретных сетей Петри с определенным временем срабатывания перехода. Гибридные СП имеют непрерывные и дискретные позиции, а также непрерывные и дискретные переходы. Так как позиции непрерывной сети Петри маркируются вещественным (положительным) числом, которое не длиннее целого, то, по признанию самих авторов, непрерывные сети Петри позволяют моделировать лишь некоторые непрерывные системы. Эти же ограничения перенесены и на гибридные сети Петри.

Языковые средства ДН-сетей включают в себя непрерывную и дискретную позиции, непрерывный, дискретный и структурно-

управляемый переходы, спецификацию, в соответствии с которой непрерывные и структурно-управляемые переходы помечаются операторами, например, интегрирования, дифференцирования, передаточной функцией, коэффициентом усиления, а непрерывные позиции — непрерывными переменными. Непрерывные позиции маркируются вещественным числом. Структурно-управляемые переходы реализуют функцию "включить-выключить" машину, аппарат или связь между компонентами системы. Описание и возможности по применению данного метода в можно найти в [4].

Кроме того, ДН-сети позволяют единым топологическим средством описать дискретно-непрерывные производственные процессы совместно с алгоритмами управления [4]. Используя ДН-сети, можно разрабатывать модели сложных систем, состоящих из элементов различной природы: описанных языком интегральных или функциональных уравнений и языком событийных элементов. Существует также возможность представить производственные системы состоят из n иерархических уровней, нижний из которых описывается дифференциальной динамической системой. Уровень $(n-1)$ представляется системой с управляемой структурой, уровень $(n-2)$ — системой с управляемым составом подсистем. Могут быть и другие, стоящие выше уровни, что зависит от сложности операций, реализуемых производственной системой. В качестве модели, которая эффективно отражает установленную иерархию подпроцессов и адекватно представляет свойства и взаимодействия материальных непрерывно-дискретных и алгоритмических процессов, охватывающих все уровни иерархии, представляется иерархическая ДН-сеть с дальнейшим отображением в систему с управляемой структурой и составом подсистем.

Заключение

Данная статья рассматривает вопросы моделирования непрерывно-дискретных производств. Как наиболее перспективный выделен метод ДН сетей, позволяющий более полно описать моделируемую систему.

Дальнейшее направление исследований связано с применением данного метода для построения модели конкретного непрерывно-дискретного производства, анализом ее применимости для применения в подсистеме принятия решений и возможных ограничений.

Литература

1. Любашин А.Н. Современная АСОДУ – залог эффективного производства // Мир компьютерной автоматизации, 2004, 6
2. Page, E.H. Simulation Modeling Methodolgy: Principles and Etiology of Decision Support : Ph.D. Dissertation / Department of Computer Science - Virginia Tech, Blacksburg,. – 1990
3. А.А. Вавилов Имитационное моделирование производственных систем — М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. - 416 с. : ил.

4. Згуровский М.З., Денисенко В.А. Дискретно-непрерывные системы с управляемой структурой: Теория, моделирование, применение — К.: Наук. думка, 1998. — 350 с.
5. Радкевич В.В. Автоматизированные системы управления газоперерабатывающими заводами. — М. Химия, 1986. — 238 с.
6. Niels Stchedroff, Russel C.H. Cheng Modelling a continuous process with discrete simulation techniques and its application to LNG supply chains / Winter Simulation Conference, 2003 — pp. 1607 - 1611
7. D.A van Beek, S.H.F Gordijn, J.E.Rooda Integrating continuous-time and discrete-event concepts in process modelling, simulation and control / First World Conference on Integrated Design and Process Technology, Austin Texas, 1995 — pp. 197-204