
УДК 631.3; 519.71

С.А. Ляшенко

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени П. Василенко, Харьков*

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проведен анализ систем автоматизированного управления сложными технологическими процессами сахарного производства. Обосновывается применение одной из распространенных технологий интеллектуального управления, нейроуправления, для сложных исследуемых объектов. Предложены необходимые этапы для получения эффективной системы нейроуправления. Рассмотрена эффективность нейрорегуляторов для управления сложными технологическими процессами.

Ключевые слова: система, управление, объект, нейрорегулятор, нейросеть, технологический процесс, автоматизация, ПИД-регулятор, интеллектуальная система, нестационарность.

Введение

Производство сахарной продукции – сложный технологический процесс, в котором задействовано большое количество разнообразного оборудования. АСУТП в сахарном производстве осуществляется при помощи использования меняющихся многочисленных информационных данных о технологическом процессе.

Современные системы управления используют микропроцессорную технику, работа которой базируется на интеллектуальных и компьютерно-интегрированных системах управления сахарным производством.

Для получения эффективной системы управления технологическим процессом необходима информация об объекте исследования. Определение оптимальных условий работы и параметров технологических режимов, а также получение математи-

ческой модели объекта для осуществления оперативного контроля режимов работы и управления – основной вопрос для функционирования эффективной АСУТП.

Системный подход к развитию сахарного производства наряду с совершенствованием технологий и оборудования подразумевает и обязательное применение средств автоматизации производства.

Автоматизация сахарной промышленности обеспечивает качественную, эффективную работу всех технологических участков сахарного завода только посредством комплексного подхода к решению данной задачи.

В настоящее время на большинстве заводов функционируют сложные иерархические системы автоматизации сахарного производства, базирующиеся на структурах 3 – 4 уровней создания АСУТП: как правило, нижнем, среднем, верхнем и дополнительном корпоративном [1, 2].

Данная концепция комплексной автоматизации технически и технологически обусловлена особенностями управления сахарным производством, контроллерами, объединенными с сервером по сетям Ethernet.

Анализ состояния вопроса. При построении систем управления локальными технологическими процессами в настоящее время широко используются пропорционально-интегральные и пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы (ПИ- и ПИД-регуляторы).

Факторами, обусловившими широкое распространение ПИД-регуляторов, стали простота их структуры и высокая надежность.

Настройка ПИД-регулятора для управления некоторым объектом осуществляется заданием всего трех параметров: пропорционального, интегрального и дифференциального коэффициентов передачи.

Несмотря на достоинства, ПИД-регуляторам присущ ряд недостатков, наибольшим среди которых является необходимость ручной перенастройки параметров регулятора при изменении параметров объекта или внешних возмущений, причем трудности настройки существенно возрастают, если объект характеризуется наличием внутренних взаимодействующих контуров.

Кроме того, алгоритмы получения оценок параметров ПИД-регуляторов не лишены недостатков.

Так метод Зиглера-Никольса чувствителен к шумам, поскольку его оценки основаны на результатах экспериментов с разомкнутой системой, а для реализации метода Нишикавы всякий раз, когда требуется перенастройка параметров регулятора, необходимо вмешательство оператора для формирования тестовых входных сигналов.

Все отмеченное явилось причиной развития адаптивного управления, основная идея которого состоит в изменении параметров регулятора в зависимости от критерия оптимальности замкнутой системы.

Следует отметить, что большинство реальных производственных систем характеризуются нелинейными зависимостями, сложными для моделирования динамическими свойствами, наличием неконтролируемых шумов и помех, препятствующих реализации традиционных стратегий управления, поскольку, как современная (в частности теория адаптивного и оптимального управления), так и классическая теория управления в значительной степени базируются на идее линеаризации систем.

Основные недостатки адаптивных систем, разработанных согласно традиционным принципам,

состоят в том, что большинство алгоритмов адаптации получены при условии отсутствия неконтролируемых возмущающих воздействий и при возможности определения всех параметров объекта в процессе идентификации.

Кроме того, практически все алгоритмы адаптации работоспособны лишь, если выполняется гипотеза квазистационарности объекта управления в течение времени настройки регулятора и отсутствуют исчезающие возмущающие воздействия. Следует также заметить, что существующие алгоритмы адаптации достаточно сложны в реализации, а процесс адаптации часто занимает неприемлемо продолжительное время [3].

В отличие от адаптивных интеллектуальные системы управления способны к “пониманию” и обучению в отношении объектов управления, возмущений, внешней среды и условий работы [4, 5].

Цель работы. Определение основных этапов эффективного интеллектуального нейроуправления для сложных автоматизированных технологических процессов в сахарном производстве.

Основная часть

В основе создания интеллектуальных систем управления лежат два принципа:

ситуационное управление (управление на основе анализа внешних ситуаций или событий);

использование современных информационных технологий обработки знаний.

Интеллектуальные технологии между собой различает, прежде всего то, что именно положено в основу концепции интеллектуальности – либо способность работать с формализованными знаниями человека (экспертные системы, нечеткая логика), либо свойственные человеку приемы обучения и мышления (искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы).

Структурно интеллектуальные системы управления содержат дополнительные блоки, выполняющие системную обработку знаний на основе названных выше информационных технологий.

Данные блоки могут выполняться либо как надстройка над обычным регулятором, настраивая нужным образом его параметры, либо непосредственно включаться в замкнутый контур управления.

Нейросетевые системы управления – это системы управления, в которых используется архитектура искусственных нейронных сетей и их способность к обучению [6].

Искусственные нейронные сети (ИНС) являются весьма многообещающей альтернативой классическим методам идентификации и управления нелинейными системами.

Так как для практического применения алгоритмов управления необходимо, чтобы они были адаптивными, устойчивыми, нелинейными, а также простыми для реализации и понимания.

Именно по этим причинам в настоящее время широкое применение в задачах управления получили ИНС, обладающие указанными выше свойствами.

Являясь альтернативой традиционным методам управления, нейросетевое управление основано на применении полностью определенных ИНС для выработки требуемых сигналов управления.

Учитывая следующие факторы:

многомерность исследуемых ТП,

разнотипность исследуемых ТП,

нестационарность характеристик и неполноту технологической информации на всех уровнях управления производством получения сахарной продукции для поддержки принятия решений операторами, диспетчерами, технологами и другими работниками,

требования к повышению качества принимаемых решений необходимо применение интеллектуального подхода.

Для дальнейшего применения одной из наиболее распространенных технологий интеллектуального управления, нейроуправления, для сложных исследуемых объектов необходимо выполнение следующих этапов:

1) формулирование цели и критериев управления;

2) уточнение объекта управления (ОУ);

3) построение общей математической модели ОУ и формирование вектора пространства состояний системы (структурная идентификация);

4) определение параметров модели ОУ (параметрическая идентификация);

5) синтез управления (интеллектуального регулятора);

6) реализация управления на основе выбранного алгоритма;

7) коррекция и оптимизация отдельных этапов управления.

Следует отметить, что при нейросетевом управлении, как и при традиционном, важную роль играют используемые математические модели исследуемых объектов.

При нейросетевом подходе исследуемый объект представляется в виде ИНС, содержащей помимо входного и выходного один или несколько скрытых слоев, каждый из которых состоит из определенного количества нейронов, реализующих заданную функцию активации.

Сложность модели в значительной мере определяет эффективность решения задачи управления.

Так, например, полученные в [7] нейросетевые модели Гаммерштейна, достаточно точно описывающие свойства нелинейных динамических объектов, оказываются неудобными для использования их в контуре управления.

При нейросетевой идентификации в основном пользуются NARX, NARMA и NARMAX модели. Поэтому представляет интерес построение этих традиционных моделей нелинейных динамических объектов с помощью нейросетевого подхода. В частности, для практического решения задачи слежения Нарендра и Макхопадхай [8, 9] предложили приближенную NARMA – модель со скользящим средним управления (NARMA – L2).

Для управления объектами с изменяющимися параметрами используются два принципиально разных метода адаптивного управления: прямое и не прямое адаптивное управление.

При прямом адаптивном управлении технологическими процессами сахарного производства параметры контроллера, зависящие от параметров объекта, которые предполагаются известными, настраиваются таким образом, чтобы происходило уменьшение ошибки управления.

При непрямом адаптивном управлении (управление с идентификатором) параметры объекта предполагаются неизвестными либо дрейфующими, поэтому на его первом этапе происходит оценивание параметров объекта либо их дрейфа, а на втором – полученные оценки используются в алгоритме управления.

Оба этих подхода используются и при нейросетевом управлении нелинейными объектами. Если при прямом адаптивном управлении применяется одна ИНС, реализующая нейроконтроллер, то в случае непрямого адаптивного нейросетевого управления – две ИНС, одна из которых реализует нейроконтроллер, а другая – идентификатор.

В работах [5, 10] рассмотрены вопросы синтеза нейросетевого ПИД – регулятора на базе радиально-базисных сетей.

В [6, 9, 11] описаны контроллер на основе модели авторегрессии со скользящим средним NARMA – L2 Controller, контроллер на основе эталонной модели Model Reference Controller и контроллер с предсказанием NN Predictive Controller.

Моделирование интеллектуальной системы управления с нейроконтроллером, нейроэмулятором и эталонной моделью подтверждает эффективность применения нейросетевого подхода для автоматизации локальных технологических процессов сахарного производства.

Выводы

Таким образом, как показывают выполненные исследования, нейросетевые технологии управления

позволяють преодолеть многие сложности, возникающие при работе с нелинейными объектами или с объектами неизвестной структуры и неразрешимые с помощью обычных методов адаптивного управления.

Кроме того, способность искусственных нейронных сетей к самообучению позволяет использовать нейрорегуляторы даже в условиях существенных неопределенностей, а высокая степень обеспечивает высокое быстродействие и надежность нейрорегуляторов.

Список литературы

1. Ляшенко С.А. Концепции повышения эффективности АСУТП при производстве сахара в Украине / С.А. Ляшенко, А.С. Ляшенко, И.С. Беляева // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. "Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробки і харчових виробництв". – 2008. – Вип. 74. – С. 54-63.
2. Стратегия автоматизации производства сахара / В.Ю. Белоусов, А.Ф. Литвинов, О.А. Потапов, Ю.Н. Горчинский // Сахар. – 2002. – № 1. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://www.loes.ru/main/technology/tech-map.html>.
3. Ляшенко С.А. Адаптивное управление технологическими процессами на основе их линеаризированных моделей / С.А. Ляшенко, А.Н. Коваленко // Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційнотехнологічними комплексами. – К.: НУХТ, 2009. – С. 74-75.
4. Ляшенко С. Интеллектуальное управление технологическими процессами сахарного производства / С. Ляшенко, А. Ляшенко // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszow. – Vol. 15, № 7. – 2013. – P. 145-150.
5. Ляшенко С.А. Оптимизация управления сложными технологическими процессами в сахарном производстве на основе применения нейросетевых регуляторов / С.А. Ляшенко // Вестник ХНТУ. – Херсон, № (41). – 2011. – С. 412-415.
6. Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения / Е.В. Бодянский, О.Г. Руденко. – Х.: Телетех, 2004. – 369 с.
7. Ляшенко С.А. Построение модели Гаммерштейна с помощью радиально-базисной сети / С.А. Ляшенко, Т.С. Сакало // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х., 2008. – Вип. 1(16). – С. 85-89.
8. Narendra, K.S., Mukhopadhyay S. Adaptive Control Using Neural Networks and Approximate Models // IEEE Transactions on Neural Networks. – Vol. 8. – 1997. – P. 475-485.
9. Demuth H., Beale M. Neural Network Toolbox User's Guide For Use with MATLAB. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа до журн.: http://www.image.ece.ntua.gr/courses_static/mn/matlab/mnet.pdf.
10. Ляшенко С.А. Синтез нейросетевого ПИД-регулятора для управления технологическими процессами производства Сахара / С.А. Ляшенко // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон. – 2010. – Вып. 2(38). – С. 430-433.
11. Медведев В.С. Нейронные сети. Matlab 6 / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин. – Диалог МИФИ, 2002. – 496 с.

Поступила в редколлегию 8.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Г. Удовенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ

С.О. Ляшенко

Проведено аналіз систем автоматизованого управління складними технологічними процесами у цукровому виробництві. Обґрунтовано застосування однієї з розповсюджених технологій інтелектуального управління, нейроуправління, для складних об'єктів, що досліджуються. Запропоновані необхідні етапи для отримання ефективної системи нейроуправління. Розглянута ефективність нейрорегуляторів для управління складними технологічними процесами.

Ключові слова: система, управління, об'єкт, нейрорегулятор, нейромережа, технологічний процес, автоматизація, ПИД-регулятор, інтелектуальна система, не стаціонарність.

FEATURES OF APPLICATION OF NEURONETWORK TECHNOLOGIES FOR AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SUGAR PRODUCTION

S.A. Lyashenko

We consider a method of extracting expert knowledge-based organization procedures incomplete paired comparisons, which is implemented in a convenient form of an expert, greatly simplifies and reduces the period of the expert procedure. Proposed methods for determining the vector of priorities signs of an incomplete matrix of pair wise comparisons based on the definition of missing values, or bring it to a system of linear equations.

Keywords: system, management, object, neurocontrol, neural network, process, automation, PID regulator, intelligent systems, unsteadiness