

supply control electromagnetic switch on the basis of the energy source is connected to the electrical network power installations, power supply will be provided after the 0.044 sec. This value to the process of governing the electricity supply system is that it is small enough to inertia and the need for further research in this area.

References

1. О Программе мер по сокращению энергоемкости, внедрению энергосберегающих технологий в отраслях экономики и социальной сфере на 2015–2019 годы. РУз, ПП № 2343 от 5 мая 2015 г.
2. Официальный сайт компании «International Energy Agency». URL: <http://www.worldenergyoutlook.org>
3. BP Statistical Review of World Energy, June 2012. URL: http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp
4. Siddikov I. Kh., Abdulaev A. Kh., Bobojonov M. K. Perfection and development of sensor controls and measuring transducers on a basis of information-energetic model // WCIS – 2002. Collection of the works. II – World conf. 4–5 June 2002 y. b-Quadrat Verlag, Azerbaijan State Oil Academy, Azerbaijan, Baku, 2002. P. 310–315.
5. Yusupbekov N. R., Marahimov A. R., Siddikov I. H., Zhukova Ju. A. Fuzzy-situational model diagnostics technology industrial plant under the uncertain conditions of the initial information // International Journal of Emerging Technology And Advanced Engineering. Volume 4, Issue 9, September, 2014. P. 741–744.
6. Сиддиков И. Х., Измайлова Р. Н., Хушназарова Д. Р. Синтез системы автоматического управления динамическими объектами с распределенными параметрами // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2014. № 5. С. 57–61.
7. Siddikov I. Kh., Zhukova Yu. A. Synthesis Algorithm for Optimal Control of Multidimensional Discrete Dynamic Object // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Volume 5, Issue 1, January, 2015. P. 474–477.
8. Siddikov I. Kh. Adaptive identification neuro-fuzzy system control for nonlinear dynamic objects // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Volume 5, Issue 4, April 2015. P. 438–441.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ И ОБЪЕКТАМИ

***И. Х. Сиддиков, Х. А. Саттаров, Х. Э. Хужаматов,
К. М. Нажмиддинов***

Ташкентский университет информационных технологий

Проведенный анализ методов формального представления, моделирования и исследования динамики систем управления, функционирующих в условиях неопределенности, влияющих на режимы работы системы, показывает, что наиболее адекватными задачами является применение гибридных методов, включающих, как теорию нечеткой логики, так и методы теории автоматического управления электроэнергетическими системами и объектами. Показано, что в многоуровневых иерархических системах важным вопросом является решение задачи координации работы подсистем, если в системе имеется неопределенность, то задача принятия решения значительно усложняется. Создана информационно-аналитическая си-

стема технологического мониторинга и управления, реализованная для автоматизированного мониторинга технологических параметров ряда электроэнергетических предприятий Узбекистана.

Ключевые слова: электроэнергетические системы, гибридные методы, иерархические системы, мониторинг, автоматическое управление.

MODELING AND STUDY MANAGEMENT ELECTRIC POWER SYSTEMS AND FACILITIES

I. Kh. Siddikov, Kh. A. Sattarov, Kh. E. Khujamatov, K. M. Najmatdinov

Tashkent University of Information Technologies

The analysis methods of formal representation, modeling and study of the dynamics of control systems that operate in conditions of uncertainty affecting the operating modes of the system shows that the most appropriate task is the use of hybrid methods, including, as the theory of fuzzy logic and methods of control theory of power systems and objects. It is shown that in multilevel hierarchical systems important issue is to solve the problem of coordinating the work of the subsystems, if there is uncertainty in the system, the problem is much more complicated decision. The information-analytical system of process monitoring and control are created for automated monitoring of process parameters of a number of electricity companies in Uzbekistan.

Keywords: *electric power systems, hybrid methods, hierarchical systems, monitoring, automatic control.*

На сегодняшний день в мировой практике в сфере автоматизации ведущее место занимает создание высокоэффективных систем управления технологическими процессами с привлечением интеллектуальных технологий. Одной из наиболее актуальных задач стремительно развивающегося современного информационного общества является управление реальными электроэнергетическими системами на основе обработки и анализа огромных потоков данных. В этом направлении определенные успехи достигнуты в ведущих странах мира, таких как Россия, США, Германия, Япония, Южная Корея и др., где уделяется пристальное внимание по совершенствованию системы управления технологическими системами и объектами для обеспечения конкурентоспособности продуктов и эффективности производства в промышленной и непромышленной сфере. В настоящее время в этих странах применяемые интеллектуальные системы управления производством составляют около 40–45 %. В результате этого обеспечивается уменьшение расхода ресурсов и энергии на 35 %.

В Республике Узбекистан проводятся широкомасштабные мероприятия по эффективной организации мер по созданию высокоэффективных систем управления технологическими процессами и производствами. В этой сфере, в том числе, по разработке эффективных систем управления отдельными технологическими системами и объектами в различных отраслях производства, интеллектуализации процессов

управления, совершенствовании методов исследования интеллектуальных систем управления, создании интеллектуальных средств процессов управления, проводится ряд исследовательских работ.

В мире пристальное внимание уделяется разработке нейро-нечетких моделей и алгоритмов синтеза систем управления в задачах интеллектуализации систем управления электроэнергетическими системами и системами и объектами, формирования базы знаний и использования их при совершенствовании управляемых систем. В этой области осуществление целенаправленных научных исследований является приоритетной проблемой, при этом весьма актуальны исследования в следующих направлениях: разработка гибридных моделей динамических процессов на основе нейронных сетей и нечеткой логики, позволяющие учитывать особенности динамических объектов; интеллектуализация процессов управления на основе совместного применения современных методов теории управления и принципов интеллектуализации; разработка инструментальных и программных средств интеллектуализации процессов управления; разработка высокоэффективных алгоритмов адаптивного и робастного управления; создание базы знаний на основе моделей и алгоритмов управления; разработка программно-инструментальных средств интеллектуализации автоматизированного мониторинга и управления электроэнергетическими системами и объектами в условиях неопределенности.

Данное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-1989 от 27 июня 2013 г. «О мерах по дальнейшему развитию национальной информационно-коммуникационной системы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Научные исследования, направленные на разработку и создание интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами различного функционального назначения, осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, в Togai Infra Logic, Omron, Micro Devices, Johnson Space Centre, Department of Electron and Intellegent System (США), Международной лаборатории LIFE, Hitachi, Mitsubishi Elektric, Ibaraki University, Kawasaki Medical School (Япония), Siemens (Германия), Wecan Agrotexservis (Южная Корея), ZIFIT, BISC (США), университетах Зиген (Германия), Инха (Узбекистан), Донгук (Южная Корея), мультимедийном обществе (Корея).

В мировых исследованиях по разработке инструментальных средств создания интеллектуальных систем управления электроэнергетическими системами и объектами с привлечением достижений современных информационных технологий по ряду приоритетных направ-

лений проводятся научные исследования по формированию математических моделей динамических объектов с учетом неопределенностей; разработке нейро-нечетких моделей процессов управления технологическими процессами; алгоритмов интеллектуализации процессов управления электроэнергетическими системами и объектами; инструментальных средств автоматизированного мониторинга и управления электроэнергетическими системами и объектами; комплексов программ для решения задач интеллектуализации процессов управления электроэнергетическими системами и объектами в условиях неопределенности.

В настоящее время наблюдается активное развитие прикладных областей науки, связанных с автоматизацией промышленного производства. В связи с этим необходимо создание различного рода технических систем, обладающих высокой степенью автономности, адаптивности, надежности и качества функционирования в условиях неопределенности.

Управления электроэнергетическими системами являются сложные, многомерные нелинейные управления, которые требуют особых, нестандартных методов, для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик и широкого набора функциональных возможностей по формированию целесообразного поведения и планированию последовательности выполняемых операций с возможностью прогнозирования с учетом воздействия внешней среды, а также активной адаптацией ее текущих состояний. Данные требования обуславливают разработку инструментальных средств и методов управления.

Одной из наиболее актуальных задач стремительно развивающегося современного информационного общества является управление реальными электроэнергетическими системами на основе обработки и анализа огромных потоков данных. Неопределенность и динамический характер факторов, действующих в системе, существенно затрудняет прогнозирование поведения динамических систем, следовательно, усложняется решение задачи управления.

Существует множество моделей и алгоритмов построения интеллектуальных систем автоматического управления, которые используются в разных отраслях науки и техники. Самыми распространенными из них являются нейронные сети, нечеткие системы, экспертные системы управления, генетические алгоритмы, визуализация данных, деревья решений, роевой интеллект.

На основе системного анализа установлено, что создание моделей и алгоритмов управления электроэнергетическими системами и объектами при наличии неопределенных факторов настолько сложны и нетривиальны для классических методов теории управления, что для их решения потребуется разработка новых и модификация известных

методов с учетом развития достижения современных информационных технологий. Это связано с тем, что традиционные методы исследования таких систем в классе адаптивных и робастных систем управления, сталкиваются с трудностями, обусловленными структурой объекта управления и способом оценивания воздействий.

Анализ методологических аспектов оценки состояния управления и моделирования явлений и процессов динамических систем показывает, что вопросам их системных исследований в условиях информационной неопределенности с учетом физико-химических закономерностей и нечетких причинно-следственных связей, не уделялось должного внимания. Следовательно, применение методов системного анализа, математического моделирования, обработки информации, управления сложными электроэнергетическими системами и объектами в условиях информационной неопределенности, остается одной из важнейших задач, решение которой будет способствовать повышению эффективности производств.

Анализ методов формального представления, моделирования и исследования динамики систем управления, функционирующих в условиях неопределенности, влияющих на режимы работы системы, показывает, что наиболее адекватными задачами является применение гибридных методов, включающих, как теорию нечеткой логики, так и методы теории автоматического управления, которые являются базовой основой для интеллектуализации процессов управления электроэнергетическими системами и объектами.

Основным моментом при разработке систем управления процессом, является создание высокоэффективных методов обработки информации и выработки управляющих воздействий. Решение этой проблемы непосредственно связано с разработкой математических моделей, которые отражают специфику сложных условий функционирования системы, такие, как неопределенность и изменение характеристик внешней среды, появление аномальных ситуаций, отказов источников информации, каналов связи, устройств, реализующих формирование управляющих воздействий, а также влияние возмущений и помех.

Сложность решения данной проблемы значительно осложняется в связи с тем, что помимо чисто концептуальных задач и решения общесистемных вопросов, необходимо решать задачи формализации представления структур моделей, анализа адекватности моделей, формирование банка аналитико-технологических выборок, выявления причинно-следственных связей, разработки форм представления знаний о событиях, действиях и процедурах.

Использование интеллектуального подхода позволяет осуществлять эффективное управление сложными системами и объектами при наличии различных видов неопределенностей в моделях, когда модели

и процедуры выбора управляющих решений определены расплывчато, а иногда заданы лишь на качественном уровне.

В общем случае динамику систем управления можно представить уравнением состояния:

$$x_{k+1} = F(x_k, u_k), k = \overline{0, N}, \\ x_k \in X, u_k \in U,$$

где X – пространство состояний, U – множество допустимых управлений, F – переходная функция состояния, в общем случае нелинейная

$$F : X \times U \rightarrow X.$$

Для динамических систем с различными видами неопределенностей переходная функция может быть записана в следующем виде

$$F : X \times U \rightarrow XP,$$

где XP – множество распределений вероятности на X . Для учета неопределенностей в модель вводятся случайные величины или коэффициенты.

Основой моделирующих систем является иерархическое описание динамики исследуемой системы, представляемое семейством моделей, каждая из которых описывает поведения динамической системы с точки зрения различных уровней абстрагирования.

Применительно к решаемым задачам предлагается выделить два направления иерархических моделей:

- иерархия по вертикали, в которой деление моделей по уровням осуществляется по структурно-функциональным особенностям системы;

- иерархия по горизонтали, в которой деление моделей по уровням осуществляется в зависимости от методов исследования.

В иерархии по вертикали выделены три уровня моделей:

- уровень базовых моделей, содержащий простейшие модели;
- уровень локальных моделей, отображающих структурно-функциональные свойства функционально законченных устройств, ориентированных на решение частных задач;

- уровень глобальных моделей, отображающих организационные особенности систем и представляющих собой модели с высокой степенью детализации.

Иерархия по горизонтали включает четыре уровня моделей в зависимости от методов их исследования:

- модели, позволяющие получить результаты расчета процессов на основе аналитического моделирования;

- модели, отображающие дискретный характер процессов и представимые логико-дифференциальным уравнением;

- модели, отображающие структурное сопряжение математических схем процессов на основе нейросетевых алгоритмов;

▪ модели, позволяющие оптимизировать и прогнозировать состояние системы на основе методов искусственного интеллекта.

Формально конструирование моделей динамических объектов может быть представлено в следующем виде:

$$M = \langle I, P, \Phi, X, Y, \Omega \rangle,$$

где I – идентификатор модели; $P = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – одноместный предикат, определенный на множестве X . Смысл этого предиката состоит в формальном определении возможности использования данной модели; $\Phi: X \rightarrow Y$ ($XUY = Z$) – отображения, описывающие некоторую совокупность свойств моделирующего алгоритма; $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – входные переменные вычислительной модели; $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ – выходные переменные вычислительной модели; $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ – совокупность переменных; Ω – область применения модели, которая задается парой области определения X и значения Y , т.е. $\Omega = \{X, Y\}$

Гибридные модели, являющиеся математической основой интеллектуализированной системы управления, реализующие положительные свойства нейронных сетей и нечеткой логики показали высокую эффективность нейро-нечетких систем управления.

Элементы интеллектуализированной системы управления электроэнергетическими системами и объектами описываются нечеткими адаптивными моделями, являющимися разновидностью многослойной нейронной сети, структура которой формируется на основании анализа технологических переменных и характера связей между ними с возможностью настройки на меняющиеся условия производства.

В многоуровневых иерархических системах важным вопросом является решение задачи координации работы подсистем, если в системе имеется неопределенность, то задача принятия решения значительно усложняется.

В качестве примера рассмотрены вопросы создания интеллектуальной адаптивной нейро-нечеткой системы управления технологическими процессами.

В существующей системе управления, что при наличии внешних возмущений (например, изменения расход пара более чем на 15 %) или параметрических возмущений в объекте управления (например, изменения состава смеси на 10 %) потери сырья составляет 86 %. Имитационный эксперимент показал, что при интеллектуализации процесса данного процесса отклонения значений текущих реализаций не превышает 2,5 % от их заданного значения, что приводит к уменьшению потерь электроэнергии в 1,1–1,4 раз.

Созданная информационно-аналитическая система технологического мониторинга и управления, реализована для автоматизированного мониторинга технологических параметров ряда электроэнерге-

тических предприятий Узбекистана, позволила сократить время на обработку потоков информации в 1,26 раза и уменьшила расход энергии на 1,15 % за счет выбора оптимальных режимов.

На основе проведенных исследований по моделированию, алгоритмизации и интеллектуализации процессов управления электроэнергетическими системами и объектами в условиях неопределенности представлены следующие выводы:

На основе систематизации и анализа методов и алгоритмов решения задач интеллектуального управления электроэнергетическими системами и объектами развиты теоретические основы создания систем интеллектуального управления электроэнергетическими системами и объектами на основе сочетания методов теории автоматического управления и принципов интеллектуальных технологий.

Предложен качественно новый подход к созданию системы интеллектуализации процессов управления электроэнергетическими системами и объектами, функционирующими в условиях неопределенности, на основе интеграции методов классической теории управления и интеллектуального управления.

Разработан комплекс интеллектуализированных моделей систем управления электроэнергетическими системами и объектами, обладающий адаптивными свойствами, и позволяющий в отличие от известных типов моделей учитывать особенности управляемых процессов.

На базе нейронных сетей, нечеткой логики, генетических алгоритмов и методов классической теории управления разработана методология конструирования гибридных моделей технологических процессов, являющаяся математической основой интеллектуализации процессов управления электроэнергетическими системами и объектами, и позволяющая формировать модели сложно формализуемых процессов управления.

Разработаны алгоритмические основы конструирования моделирующих алгоритмов исследования динамических объектов, обеспечивающие эффективное решение задач выбора наилучших моделей функционирования систем в вычислительном отношении, основанные на сочетании метода анализа иерархии, процедур оценивания и методов нечеткой логики.

Создан интеллектуализированный решатель задач управления электроэнергетическими системами и объектами, сочетающий в себе методы традиционной теории автоматического управления и принципы интеллектуального управления в условиях структурной, параметрической и ситуационной неопределенностей.

Разработаны алгоритмы адаптивного прогнозирования, определения неизмеряемых координат системы и коррекции параметров системы управления, а также синтеза адаптивной нейро-нечеткой комбинированной системы управления электроэнергетическими системами

и объектами на основе метода интерактивной адаптации, представляющий собой комбинацию алгоритмов идентификации и генетических алгоритмов.

Предложен принцип иерархического многоуровневого моделирования и исследования интеллектуальных систем управления, базирующийся на иерархическом описании исследуемой системы интеллектуального управления.

Разработаны алгоритмы синтеза адаптивной нейро-нечеткой системы управления, включающие в себя процедуру определения архитектуры, разработку структуры и модели взаимодействия ее элементов, оценку влияния параметров нейронной сети на показатели качества системы, позволяющие повысить эффективность систем управления при неполных априорных сведениях относительно модели объекта управления.

Создана система автоматизированного мониторинга и управления технологическими параметрами электроэнергетических систем, объектов и комплексов, позволяющая выбирать оптимальные режимы работы технологических агрегатов, уменьшить энергозатраты и повысить производительность за счет сокращения удельного расхода используемой энергии, а также предотвратить аварийные ситуации.

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Ф. М. Кадиоров, Ф. Д. Назаров, Э. Абдуллаев

Ташкентский университет информационных технологий

В докладе рассмотрена проблема распределительных сетей высшими по отношению к промышленной частоте гармониками. Рассмотрены способы уменьшения количества гармоник в сети. Выделены основные технико-экономические требования к фильтрам исследуемых сетей.

Ключевые слова: гармонический состав тока, гармоники, источники вторичного электропитания, фильтры.

A METHOD FOR IMPROVING THE HARMONIC CONTENT OF VOLTAGE AND CURRENT

F. M. Kadirov, F. D. Nazarov, E. Abdullayev

Tashkent University of Information Technologies

The report deals with the problem of distribution networks higher in relation to the power frequency harmonics. The methods of reducing the number of harmonics in the network. The basic technical and economic requirements of the filters investigated networks.

Keywords: harmonic composition of the current harmonics, secondary power sources, filters.