

УДК 681.51

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЗНАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОДНОКОНТУРНЫХ И КАСКАДНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Сачко М.А., Кривошеев В.П.

ГОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервис»,
Владивосток, e-mail: keeper@vvsu.ru

В статье описывается способ организации самообучения параметрическому синтезу систем автоматического управления при помощи интеллектуализации контроля уровня знаний. Описанный метод интеллектуализации позволит повысить качество самостоятельной работы обучаемых и значительно сократит время на контроль выполнения лабораторных работ по параметрическому синтезу. Решение данной проблемы рассматривается на примере автоматизации оценки результатов проведения лабораторной работы по параметрическому синтезу одноконтурных и каскадных системы управления. Контроль уровня знаний параметрического синтеза определяется правильностью выбора точки на графиках амплитудно-фазовой характеристики и линии Д-разбиения. Адекватность работы созданной нечёткой системы вывода апробирована в программе FuzzyTECH. Приведены поверхности нечёткого вывода в трёхмерном пространстве для разработанной нечёткой модели определения уровня знаний промежуточных этапов параметрического синтеза одноконтурной системы управления.

Ключевые слова: автоматизация, амплитудно-фазовая характеристика, линия Д-разбиения, одноконтурные, каскадные, системы управления, параметрический синтез, нечёткая логика

THE THEORETICAL FOUNDATIONS OF ASSESSMENT OF TRAINEES' SKILLS IN PARAMETRIC SYNTHESIS OF ONE-LOOP AND CASCADE CONTROL SYSTEM

Sachko M.A., Krivosheev V.P.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: keeper@vvsu.ru

In article the method of the organization of self-study to parametric synthesis of control systems by means of intellectualization of knowledge's monitoring is described. The described method of intellectualization will improve the quality of independent works of trainees and significantly reduce the time on the control of performance of laboratory works on a parameter synthesis. Solving this problem in the example of automation evaluation of the level of knowledge for parametric synthesis determined by the correct choice of a point on a graph of the amplitude-phase characteristics and D-partition graphs. The adequacy of established fuzzy output system tested in a program FuzzyTECH. Are surface fuzzy inference on the three-dimensional space for developed fuzzy models to determine the level of knowledge of intermediate stages of parametric synthesis of one-loop control systems.

Keywords: automation, amplitude-phase characteristics, D-partition, one-loop, cascade, control systems, parametric synthesis, fuzzy logic

Параметрический синтез (ПС) как одна из основных задач синтеза систем автоматического управления (САУ) используется специалистами по автоматизации при создании САУ и их совершенствовании. В нефтепереработке и нефтехимии [5], энергетике [3] и других отраслях промышленности для стабилизации технологических параметров широко применяются одноконтурные и каскадные САУ. Для специалиста по автоматизации технологических процессов знания методик проведения ПС САУ является важным компонентом его профессиональных компетенций, а их повышение и закрепление является важной задачей на всех этапах его профессионального роста.

Согласно постановлению Правительства РФ от 26 июня 1995 г. № 610 обновление теоретических и практических знаний специалистов является целью повышения квалификации. В условиях непрерывной занятости специалиста на производстве возможна его переподготовка при помощи

организации процесса самостоятельного обучения.

Эффективными и широко используемыми средствами организации самостоятельного обучения являются автоматизированные обучающие системы (АОС). При этом процесс анализа выполненных в АОС учебных заданий, как правило, возлагается на человека. Т.к. процесс обучения тесно связан с субъективным мнением обучающего, он сложно поддается автоматизации, что усложняет его алгоритмизацию и внедрение в АОС. Однако полноценное самостоятельное обучение возможно организовать с помощью интеллектуализации процесса анализа проведённых учебных заданий как наиболее зависимых от преподавателя. Использование принципов построения интеллектуальных систем при организации АОС позволяет приблизить уровень самообучения к уровню аудиторных занятий.

Предлагается интеллектуализировать определение уровня знаний (УЗ) ПС

одноконтурных и каскадных САУ за счёт применения математического аппарата нечёткой логики [4] как наиболее эффективного средства, позволяющего алгоритмизировать рассуждения обучаемого в условиях нечёткости и размытости их определения [7].

Интеллектуализация обучения ПС

В результате анализа частотных методов проведения ПС одноконтурных и каскадных САУ, установлено, что основная часть проведения ПС состоит из построения графиков расширенной амплитудно-фазовой характеристики (РАФХ) и линии Д-разбиения с дальнейшим поиском на них требуемых точек согласно заданным условиям.

Таким образом, для интеллектуализации обучения ПС САУ ТП необходимо обеспечить контроль правильности выбора точек на графиках, необходимых для получения результатов по текущему этапу ПС, на уровне эксперта данной области. Согласно [8] с задачами такого типа успешно справляются экспертные обучающие системы (ЭОС).

Основываясь на работе [4], описание любого определения и понятия, используемого человеком в процессе своей деятельности, можно выполнить с помощью лингвистической переменной. Для интеллектуализации контроля правильности выбора точек на графиках, необходимых для проведения ПС, введена лингвистическая переменная (ЛП) «Расстояние до точки» с соответствующими терминами: «За пределом–», «Далеко–», «Близко–», «Совпадает», «Близко+», «Далеко+» и «За пределом+».

Терм «Совпадает» определяет область, в которой, по мнению эксперта, выбранная точка соответствует заданным условиям. Термам «За пределом», «Далеко», «Близко» соответствует расстояние от искомой точки на графике до границы заданного экспертом диапазона. Диапазон на графике выделяется экспертом, исходя из его мнения, что выбор точки на графике за пределом данного диапазона является абсолютно ошибочным и полностью не соответствующим заданным условиям.

Для построения функций принадлежности термов ЛП «Расстояние до точки» используется функция (1), формируемая произведением двух функций вида (2) [6].

$$f_{II}(x; a, b, c, d) = f_S(x; a, b) \cdot f_S(x; c, d); (1)$$

$$f_S(x; a, b) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-b)}}, (2)$$

где a, b, c, d – некоторые числовые параметры, принимающие произвольные действительные значения и упорядоченные отношением $a \geq b \geq c \geq d$. Они определяются

экспертом в зависимости от типа графика и исходных условий поставленной задачи.

Уровень знаний оценивается с помощью ЛП «Знания» с соответствующими терминами «Плохо», «Удовлетворительно», «Хорошо» и «Отлично». Основываясь на [1], для термов ЛП «Знания» построены функции принадлежности по формуле (1) с параметрами, приведёнными в табл. 1.

Таблица 1

Значения функций принадлежности ЛП «Знания»

Термы ЛП	a	b	c	d
Плохо	-0,7	54	-	-
Удовлетворительно	0,38	59	-1,2	76
Хорошо	0,4	75	-1,6	90
Отлично	0,58	90	-	-

С помощью ЛП «Знания» можно обозначить уровень знаний на естественном языке в виде обозначенных выше термов. Базовой переменной для ЛП является процент усвоения изучаемого материала и балльно-рейтинговая система оценивания знаний.

Для интеллектуализации изучения ПС, основываясь на алгоритме нечёткого вывода Мамдани [10], составлены правила (нечёткие продукции) нечёткой базы знаний (БЗ), где посылка правил основана на ЛП «Расстояние до точки», а заключением правил является критерий УЗ, основанный на ЛП «Знания». Используемые лингвистические переменные дают возможность эксперту заполнять базу знаний, оперируя понятными ему определениями. Для получения чёткого значения вследствие дефазификации используется метод центра тяжести [11].

ПС одноконтурных и каскадных САУ

Рассматриваются задачи ПС САУ с пропорционально-интегральным (ПИ), пропорционально-дифференциальным (ПД), пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) законами управления на основе расширенных амплитудно-фазовых характеристик (РАФХ) для заданной степени колебательности. В этом случае задача ПС включает два этапа.

1. Определение начальной ω_n и конечной ω_k частот для построения линии Д-разбиения, удовлетворяющей заданному значению степени колебательности в плоскости настроечных параметров выбранного типа регулятора.

2. Определение рабочей частоты $\omega_{раб}$ на линии Д-разбиения и настроечных параметров регулятора, удовлетворяющих наилучшему значению критерия качества переходного процесса.

все этапы ПС одноконтурных САУ здесь проводятся неоднократно, то в качестве выходных параметров используют усред-

нённый показатель ЛП «Знания» на этапе выбора диапазона частот и на этапе выбора рабочей частоты.

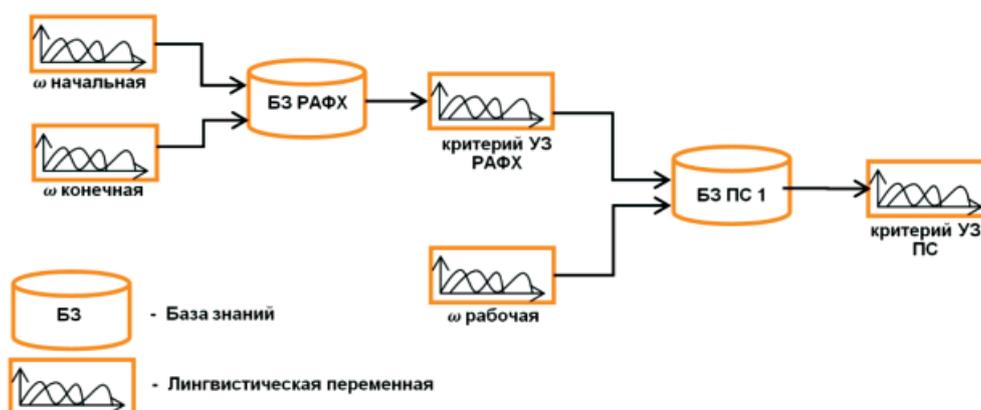


Рис. 2. Модель контроля обучения ПС одноконтурной САУ

Моделирование системы нечёткого вывода

Для создания и моделирования систем нечёткого вывода чаще всего используют специализированные программные продукты MATLAB и FuzzyTECH. Для моделирования системы нечеткого вывода (рис. 1) использовался FuzzyTECH, т.к. он позволяет строить модели из нескольких взаимосвязанных баз знаний, используя более простой и понятный интерфейс, чем интерфейс в MATLAB.

Рассматриваемая нечёткая модель содержит 2 блока правил нечётких продукций для определения уровня знаний первого и второго этапа проведения ПС.

Первый блок правил используется для определения УЗ первого этапа ПС. Он содержит 49 правил нечётких продукций. Второй блок правил используется для определения УЗ второго (заключительного) этапа ПС. Он содержит 28 правил нечётких продукций.

Для анализа рассматриваемой системы нечёткого вывода построена поверхность нечёткого вывода в плоскости начальной и конечной частот, взятых с графика РАФХ.

Поверхность нечёткого вывода на графике (рис. 3, а) позволяет установить зависимость уровня знаний первого этапа ПС от выбора начальной и конечной частоты на графике РАФХ. Поверхность нечёткого вывода на графике (рис. 3, б) позволяет установить зависимость уровня знаний ПС одноконтурной САУ от уровня знаний первого этапа ПС и от выбора частоты настроечных параметров регулятора.

Приведённые нечёткие зависимости полностью соответствуют ожиданиям эксперта, а отсутствие разрывов поверхностей нечёткого вывода свидетельствует об адек-

ватности созданной системы [6]. Таким образом, по созданным правилам нечётких продукций можно определить критерий УЗ данного этапа при любых действиях обучаемого по поиску требуемых точек на графике РАФХ и линии Д-разбиения. Это свидетельствует о возможности применения на практике созданной системы нечёткого вывода для определения уровня знаний обучаемых параметрическому синтезу одноконтурных и каскадных систем автоматического управления.

Выводы

В результате анализа научных работ по интеллектуализации процесса обучения установлено, что контроль уровня знаний обучаемых является важнейшим и неотъемлемым компонентом организации процесса самостоятельного обучения. При этом уровень знаний, как правило, контролируется с помощью систем тестирования. Т.к. уровень знания параметрического синтеза САУ сложно оценить на основе тестирования, необходимо разработать метод интеллектуализации процесса его определения.

На основе проведённого анализа способов интеллектуализации процесса обучения предложено использовать принцип построения экспертных обучающих систем, а также методы, применяемые в нечёткой логике для интеллектуализации обучения ПС САУ ТП.

Используя лингвистические переменные для определения действий обучаемого и уровня получаемых при этом знаний, на основе баз знаний, заполненных экспертом данной области, можно интеллектуализировать процесс самообучения ПС.

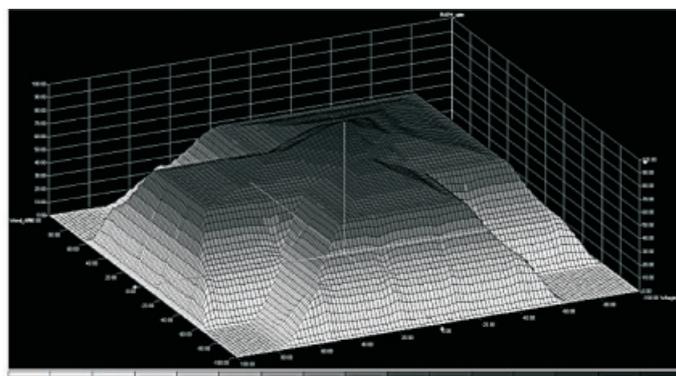
Созданная система нечёткого вывода для определения УЗ ПС, смоделирована

при помощи программы fuzzyTECH. Результаты моделирования показали, что:

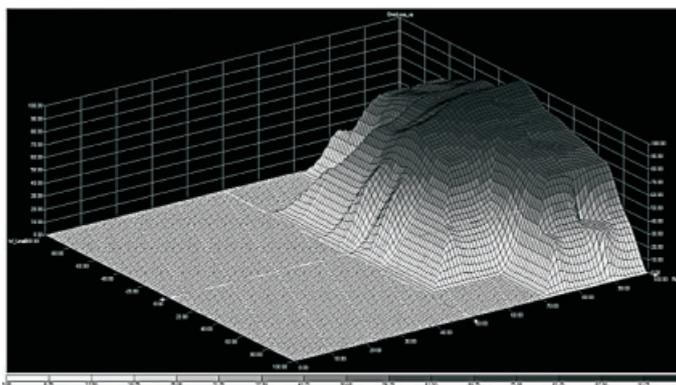
– предложенные правила нечёткой базы знаний обучающей системы адекватно реагируют на все действия обучаемого, необходимые для проведения ПС САУ;

– блок логического вывода экспертной системы корректно обрабатывает подаваемые в него исходные данные;

– полученные на выходе критерии УЗ всех промежуточных и конечных этапов проведения ПС САУ соответствуют ожиданиям экспертов.



а



б

Рис. 3. Зависимость уровня знаний:
а – первого этапа ПС от выбора начальной и конечной частоты на графике РАФХ;
б – ПС одноконтурной САУ от уровня знаний первого этапа ПС и выбора рабочей частоты регулятора

Это доказывает, что разработанный метод интеллектуализации обучения параметрическому синтезу систем автоматического управления технологическими процессами способен обеспечить самообучение специалистов по автоматизации ТП на достаточно высоком уровне. При этом качество оценивания знаний специалистов будет приближено к мнению экспертов данной области.

Список литературы

1. Данилюк С.Г. Теоретическое обоснование итогового оценивания на основе среднего балла текущей успеваемости // Учёные записки ИИО РАО / под ред. И.В. Роберт – М.: Институт информатизации образования РАО, 2003. – № 10. – С. 123–135.
2. Дудников Е.Г. Автоматическое регулирование в химической промышленности. – М.: Химия, 1987. – 368 с.

3. Журавлев А.А. Система регулирования газоохладителя теплонасосной установки в комбинированной системе теплоснабжения в широком диапазоне изменения тепловой нагрузки // Электронный журнал «Проблемы региональной энергетики» – Institutul de Energetica al ASM, 2007. – URL: http://ieasm.webart.md/data/m71_2_67.doc (дата обращения: 18.12.2013).

4. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 168 с.

5. Кривошеев В.П. Автоматизация непрерывных технологических процессов нефтехимических производств на основе двухуровневых систем управления: дис. ... д-ра техн. наук. – Уфа, 1989. – 274 с.

6. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 719 с.

7. Сачко М.А., Кривошеев В.П. Автоматизация оценки качества знаний по параметрическому синтезу систем управления // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – URL: <http://science-education.ru/106-7665> (дата обращения: 25.12.2013).

8. Сачко М.А. Сохранение экспертных знаний и их применение в образовании // Территория новых возможностей // Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2013. – № 3 (21). – С. 149–154.

9. Стефани Е.П. Основы расчета настройки регуляторов теплоэнергетических процессов. – 2-е изд., перераб-е изд. – М.: Энергия, 1972. – 376 с.

10. Mamdani E.H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis, IEEE Transactions on Computers 26(12). – P. 1182–1191.

11. Zimmermann H.J. Fuzzy Set Theory and its Applications. – 3rd ed. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. – 435 p.

References

1. Daniljuk S.G. Teoreticheskoe obosnovanie itogovogo ocenivaniya na osnove srednego balla tekushhej uspevaemosti // Uchjonye zapiski IO RAO / pod red. I.V. Robert M.: Institut informatizacii obrazovaniya RAO, 2003. no. 10. pp. 123–135.

2. Dudnikov E.G. Avtomaticheskoe regulirovanie v himicheskoj promyshlennosti. M.: Himija, 1987. 368 p.

3. Zhuravlev A.A. Sistema regulirovaniya gazoohladitelja teplonasosnoj ustanovki v kombinirovannoj sisteme teplosnabzheniya v shirokom diapazone izmeneniya teplovoj na-gruzki // Jelektronnyj zhurnal «Problemy regional'noj jenergetiki» Institut de Energetica al ASM, 2007. URL: http://ieasm.webart.md/data/m71_2_67.doc (data obrashheniya: 18.12.2013).

4. Zade L.A. Ponjatie lingvisticheskoj peremennoj i ego primenenie k prinjatiju priblizhennyh reshenij. M.: Mir, 1976. 168 p.

5. Krivosheev V.P. Avtomatizacija nepreryvnyh tehnologicheskikh processov neftehimicheskikh proizvodstv na osnove

dvuhurovnevnyh sistem upravleniya: dis. ... dokt. tehn. nauk. Ufa, 1989. 274 p.

6. Leonenkov A.V. Nechjotkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb.: BHV-Peterburg, 2003. 719 p.

7. Sachko M.A., Krivosheev V.P. Avtomatizacija ocenki kachestva znaniy po parametricheskomu sintezu sistem upravleniya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. no. 6. URL: <http://science-education.ru/106-7665> (data obrashheniya: 25.12.2013).

8. Sachko M.A. Sohranenie jekspertnyh znaniy i ih primenenie v obrazovanii // Territorija novyh vozmozhnostej. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta jekonomiki i servisa. 2013. no. 3 (21). pp. 149–154.

9. Stefani E.P. Osnovy rascheta nastrojki reguljatorov teplojenergeticheskikh processov. 2-e izd., pererab-e izd. M.: Jenergija, 1972. 376 p.

10. Mamdani E.H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis, IEEE Transactions on Computers 26(12). pp. 1182–1191.

11. Zimmermann H.J. Fuzzy Set Theory and its Applications. 3rd ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1996. 435 p.

Рецензенты:

Игнатюк В.А., д.ф.-м.н., профессор Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, г. Владивосток;

Дыда А.А., д.т.н., профессор Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 17.01.2014.