

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ ПО ПАРАМЕТРИЧЕСКОМУ СИНТЕЗУ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Сачко М. А., Кривошеев В. П.

ГОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток, Россия (690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41), e-mail: keeper@vvsu.ru

В статье рассматривается проблемная ситуация, сущность которой состоит в противоречии между необходимостью комплексной автоматизации процесса обучения и явным дефицитом систем автоматизации процесса проведения и оценки качества знаний в практической части технических дисциплин. Данное противоречие не дает возможности создавать комплексные обучающие системы по техническим дисциплинам, необходимые в дистанционной и заочной формах обучения, а также для самостоятельных занятий обучаемых. Решение данной проблемы рассматривается на примере автоматизации оценки результатов проведения лабораторной работы по параметрическому синтезу системы управления. С учетом того, что при параметрическом синтезе построение графиков и дальнейшая работа с ними являются одной из наиболее частых задач, предлагается автоматизировать процесс оценки качества данной работы при помощи принципов нечеткой логики. Автоматизация оценки качества работы описывается на примере выбора точек на графиках амплитудно-фазовой характеристики и линии Д-разбиения при параметрическом синтезе одноконтурных и комбинированных систем управления.

Ключевые слова: автоматизация, графики, комбинированные системы, параметрический синтез.

AUTOMATION OF ASSESSMENT OF KNOWLEDGE IN THE PARAMETRIC SYNTHESIS CONTROL SYSTEMS

Sachko M. A., Krivosheev V. P.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, Russia (690014, Vladivostok, Gogolya Str., 41), e-mail: keeper@vvsu.ru

The article deals with the problem situation, the essence of which is the contradiction between the need to automation of the learning process and the apparent lack of process automation systems and assess the quality of knowledge in the practical part of the engineering disciplines. This contradiction does not allow you to create complex learning systems in technical disciplines required in remote and distance learning, as well as for self-study students. Solving this problem in the example of automation evaluation of laboratory work on the parametric synthesis of control systems. Given that the parametric synthesis charting and working with them is one of the more specific problems, it is suggested by the principles of fuzzy logic to automate the process of assessing the quality of the work. Automation of quality assessment is described as an example the choice of points on the amplitude and phase characteristics and D-partition graphs the parametric synthesis of single and combined management systems.

Key words: automation, graphics, integrated systems, parametric synthesis.

Введение

Разработка новых образовательных технологий в высшей школе – давно назревшая необходимость. Использование электронных конспектов лекций и лабораторных практикумов, пакетов контрольных и самостоятельных работ различных уровней сложности, модульно-рейтинговая технология оценивания знаний являются неотъемлемыми этапами автоматизации образовательного процесса [4], ориентированных на возможность самостоятельного приобретения знания и контроля их усвоения.

Наиболее явно необходимость использования автоматизации и постоянного совершенствования образовательных технологий наблюдается в технических дисциплинах,

которые больше всех остальных связаны с течением новых прогрессивных технологий. Используемые здесь подходы, так же как и инструментарий преподавательской и исследовательской деятельности, быстро устаревают и требуют постоянных доработок и усовершенствований. При этом способ оценки правильности использования данных инструментариев, так же как и оценка приобретенных с их помощью новых навыков и умений, достаточно сложно поддается алгоритмизации и автоматизации, т.к. данный процесс является неоднозначным. Тем не менее существующие принципы нечеткой логики позволяют описать алгоритм построения моделей приближенных рассуждений человека. Следовательно [6], используя принципы нечеткой логики, можно построить модель приближенных рассуждений преподавателя для оценки знаний студента и использовать ее для автоматизации данного процесса.

Существующие системы автоматизации оценки знаний обычно затрагивают только теоретическую сторону изучаемого предмета. При этом изучение предметов по техническим наукам невозможно без проведения лабораторных и практических работ. По определению техническая наука не может рассматриваться только с точки зрения теории, без ее практической стороны. В связи с этим полноценные знания по техническим наукам необходимо оценивать как по знанию теории, так и по её применению в решении практических задач [7].

Как правило, практические занятия по техническим дисциплинам заключаются либо в решениях математических задач, либо в проведении экспериментов на математических моделях или на физических объектах. При этом многие из них сопровождаются построением графиков. Поэтому автоматизация оценки правильности решений при работе с графиками является важным элементом автоматизации всего процесса изучения технических дисциплин.

Целью данного исследования является автоматизация оценки качества выполнения практических работ, связанных с построением графиков, на примере параметрического синтеза (ПС) систем управления (СУ). Для достижения поставленной цели предлагается использовать принципы нечеткой логики при определении оценки выполнения практической работы.

Проведение параметрического синтеза систем управления

Одним из основных этапов проведения параметрического синтеза является нахождения оптимальных настроечных параметров регулирующих устройств системы. Данный процесс может включать в себя несколько этапов, заключающихся в построении графиков и поиска необходимой для дальнейших расчетов требуемой точки. В большинстве случаев при ПС

необходимо построение графиков амплитудно-фазовой характеристики (АФХ) и линии D-разбиения.

К примеру, для ПС одноконтурной СУ необходимо сначала построить график расширенной амплитудно-фазовой характеристики объекта по каналу управления для определения диапазона частот, а затем на основе этих данных построить график линий D-разбиения с последующим выбором на нем оптимальных значений настроечных параметров регулятора. Для ПС комбинированных СУ, дополнительно к выше описанным этапам, после этого необходимо построить график АФХ идеального и реального компенсаторов для нахождения оптимальных настроечных параметров.

Оценка выполнения этапов параметрического синтеза

Рассмотрим этапы ПС более подробно с учетом того, что в данной работе рассматриваются линии D-разбиения для заданного значения степени колебательности $m = m_{\text{зад}}$.

На рис.1 приведен график расширенной АФХ объекта управления и показаны граничные частоты, необходимые для построения линий D-разбиения. Угол $\gamma_{\text{зад}}$ здесь соответствует заданному значению степени колебательности. Они связаны между собой выражением $\gamma_{\text{зад}} = \arctg(m_{\text{зад}})$.

В зависимости от выбранного типа регулятора выбирается следующий диапазон частот:

ПИ-регулятора $\omega_{\text{нач}} = \omega_1$, $\omega_{\text{кон}} = \omega_2$, $\omega_{\text{пред}} = \omega_3$;

ПД-регулятора $\omega_{\text{нач}} = \omega_2$, $\omega_{\text{кон}} = \omega_3$, $\omega_{\text{пред}} = \omega_{03}$;

ПИД-регулятора $\omega_{\text{нач}} = \omega_1$, $\omega_{\text{кон}} = \omega_3$, $\omega_{\text{пред}} = \omega_{03}$,

где $\omega_{\text{нач}}$ – начальная частота, $\omega_{\text{кон}}$ – конечная частота, $\omega_{\text{пред}}$ – предельное значение частоты.

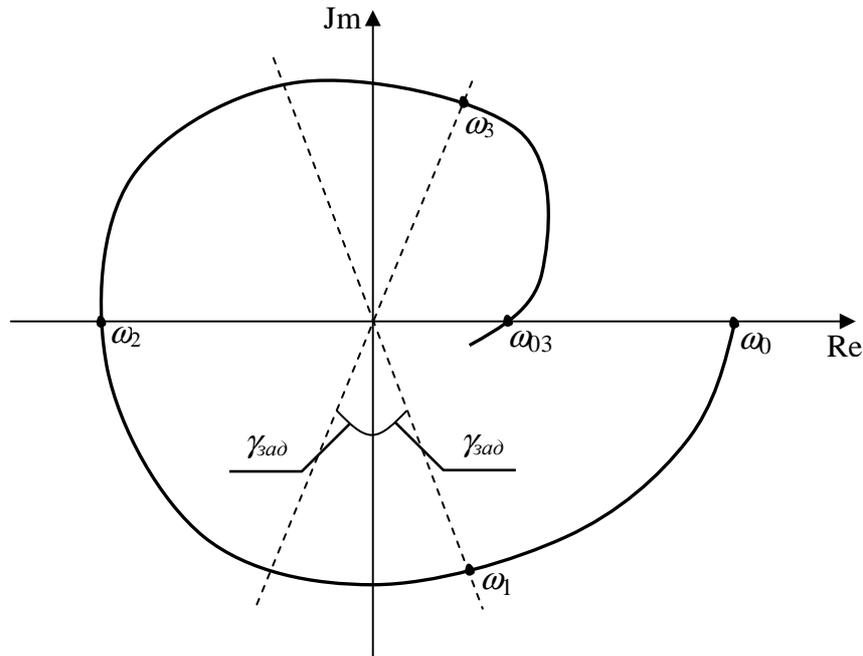


Рис. 1. Расширенная амплитудно-фазовая характеристика объекта управления

Нужно учесть, что небольшая погрешность обучаемым начальной и конечной частот, согласно вышеуказанным условиям, не сильно скажется на результатах всего ПС. По этой причине оценку за выполнение этого этапа можно оценить по трапецевидной функции принадлежности [7]

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d < x < a \end{cases},$$

где a, b, c, d – частоты РАФХ, принимающие различные значения, в зависимости от типа выбранного регулятора, и упорядоченные отношением: $a \leq b \leq c \leq d$.

Для определения функций принадлежности (рис. 2) начальной частоты справедливо, что:

$$a = 0, b = 0,9\omega_{нач}, c = 1,1\omega_{нач}, d = \omega_{кон},$$

а для конечной частоты:

$$a = \omega_{нач}, b = 0,9\omega_{кон}, c = 1,1\omega_{кон}, d = \omega_{пред}.$$

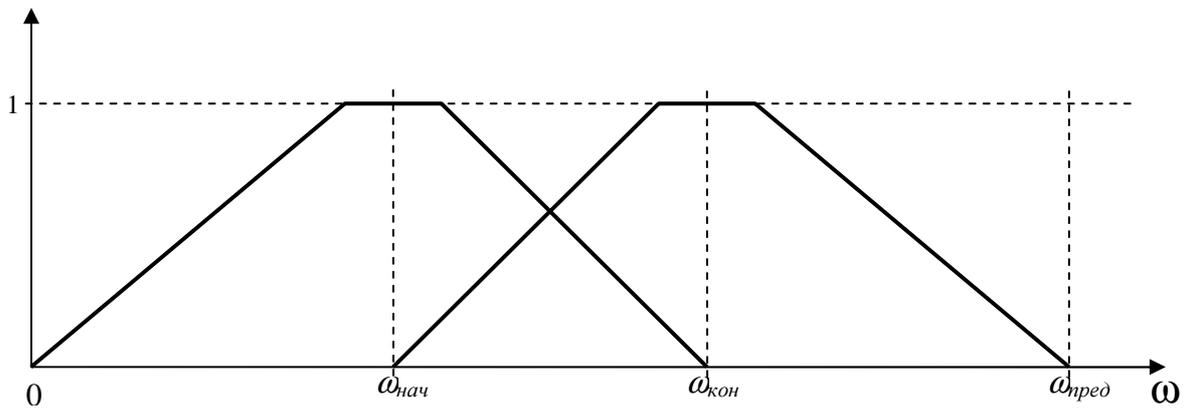


Рис. 2. Функции принадлежности для оценки выбора начальной и конечной частот расширенной амплитудно-фазовой характеристики

Следующим этапом ПС является определение оптимальных настроечных параметров C_0 и C_1 на линии D-разбиения (рис. 3). При этом оптимальными считаются параметры, выбранные на рабочей частоте $\omega_{раб} = 1.1\omega_{max}$, где ω_{max} – частота, при которой достигается максимум параметра C_0 на линии D-разбиения.

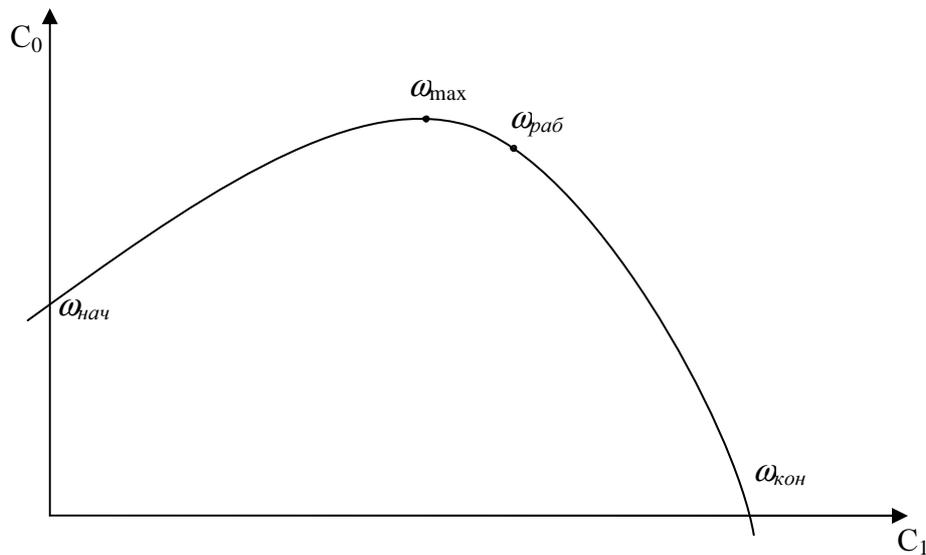


Рис. 3. Выбор оптимальных значений настроечных параметров (линия D-разбиения)

Для оценки правильности выбора рабочей частоты на линии D-разбиения целесообразно использовать инвертированную область распределения минимальной квадратичной ошибки (1). Соответственно функция принадлежности линии D-разбиения есть $\mu_D = \overline{\mu_E}$, где μ_E описывается выражением:

$$\mu_E(\omega) = \begin{cases} \frac{E}{e_{\min}}, & \omega_{\text{нач}} \leq \omega \leq 0,9\omega_{\text{раб}} \text{ и } 1,1\omega_{\text{раб}} \leq \omega \leq \omega_{\text{кон}} \\ 0, & 0,9\omega_{\text{раб}} < \omega < 1,1\omega_{\text{раб}} \\ 1, & \omega_{\text{кон}} < \omega < \omega_{\text{нач}} \end{cases}, (1)$$

где E - множество значений квадратичной ошибки регулируемой переменной,

e_{\min} – минимальная квадратичная ошибка.

Заключительным этапом при расчете комбинированной СУ является поиск оптимальных настроечных параметров компенсатора. По его описанию в [1-3] следует, что для определения настроечных параметров реального компенсатора необходимо построить АФХ идеального компенсатора комбинированной системы управления. После построения графика необходимо выбрать на нем точку, соответствующую частоте $\omega_{\text{раб}}$, и затем подобрать для нее АФХ реального компенсатора с соответствующими настройками. Правильность выбора точки на графике целесообразно оценивать по функции принадлежности на основе функции распределения Гаусса [8].

$$\mu_K(\omega) = \exp\left[-\frac{(\omega - \omega_{\text{раб}})^2}{2\sigma^2}\right],$$

где σ^2 – дисперсия частоты.

В рассматриваемом случае для оценки правильности выбора требуемой точки на графике АФХ целесообразно установить $\sigma = 0,5$. При необходимости изменения сложности выполнения данного действия её значение можно корректировать.

Точка, расположенная на графике АФХ, характеризуется координатами в комплексной плоскости для конкретной частоты. В связи с этим множество оценок выбранной частоты $A_k = \{(\omega, \mu_k(\omega)) | \omega \in \mathfrak{R}\}$ является частью множества точек, принадлежащих графику АФХ. Также необходимо учитывать, что множество оценок выбранной частоты A_k должно принадлежать множеству координат реализации реального компенсатора K , которое зависит от типа используемого звена. В качестве реальных компенсаторов рассмотрены реальное дифференцирующее, интегро-дифференцирующее и неминимальнофазовое инерционное звенья. Для реализации области реального компенсатора необходимо выполнение условий:

в виде реального дифференцирующего звена:

$$\{\text{Im} \in K | 0 < \text{Im} < +\infty\} \cap \{\text{Re} \in K | -\infty < \text{Re} < +\infty\};$$

в виде интегро-дифференцирующего звена:

$$(\{\text{Im} \in K | 0 < \text{Im} < +\infty\} \cap \{\text{Re} \in K | k < \text{Re} < +\infty\}) \cup (\{\text{Im} \in K | -\infty < \text{Im} < 0\} \cap \{\text{Re} \in K | 0 < \text{Re} < k\});$$

в виде неминимальнофазового инерционного звена:

$$\{\text{Im} \in K | -\infty < \text{Im} < 0\} \cap \{\text{Re} \in K | -\infty < \text{Re} < +\infty\},$$

где Re – вещественная часть комплексной плоскости, Im – мнимая часть комплексной плоскости; k – коэффициент усиления реального компенсатора.

При правильном выборе точки на графике АФХ идеального компенсатора возможна ситуация, что этот выбор даст нулевую оценку результата из-за неправильного выбора типа компенсатора, т.к. в этом случае $A_k \cap K = \emptyset$. Для непосредственной оценки правильности выполнения вышеописанных этапов необходимо ввести лингвистическую переменную ОЦЕНКА и обозначить для неё следующие термы: ОТЛИЧНО при $\mu=1$, ХОРОШО при $0,8 \leq \mu < 1$, НЕПЛОХО при $0,6 \leq \mu < 0,8$, УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО при $0,3 \leq \mu < 0,6$, ПЛОХО при $0 < \mu < 0,3$, НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО при $\mu = 0$.

Приведенную лингвистическую переменную возможно использовать как основную составляющую нечеткой базы правил для оценки действий при выполнении всей лабораторной работы. К примеру, для проведения параметрического синтеза (ПС) комбинированной СУ можно ввести следующие нечеткие правила:

если любая ОЦЕНКА этапа расчета = НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО, то ОЦЕНКА ПС = НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО;

если ОЦЕНКА μ_A = УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО, μ_D = ОТЛИЧНО, μ_K = ХОРОШО, то ОЦЕНКА ПС = ХОРОШО;

если ОЦЕНКА μ_A = УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО, μ_D =ХОРОШО, μ_K = ОТЛИЧНО, то ОЦЕНКА ПС = ОТЛИЧНО;

если ОЦЕНКА μ_A = ОТЛИЧНО, μ_D =ХОРОШО, μ_K = УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО, то ОЦЕНКА ПС = УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО.

Дальнейшее заполнение базы правил необходимо осуществлять согласно мнению экспертов (преподавателей) по проведению ПС. Составленная база правил используется при оценке проведения всей лабораторной работы по значению переменной ОЦЕНКА ПС.

Заключение

Описанный метод оценки проведения параметрического синтеза (ПС) комбинированных СУ позволит повысить качество самостоятельной работы обучаемых и значительно сократит время на контроль выполнения лабораторных работ по ПС. Использование автоматизации оценки выполнения лабораторного практикума в составе обучающих систем [5] дополнит существующие подходы при автоматизации учебного процесса. В частности, данный подход дает возможность включать практические задания в системы тестирования, а также в адаптивные и экспертные обучающие системы.

Список литературы

1. Кривошеев В. П., Сачко М. А. Аналитический метод расчета типовых компенсаторов и развязывающих устройств. I // Информатика и системы управления. – 2010. – № 23. – С. 147-155.
2. Кривошеев В. П., Сачко М. А. Аналитический метод расчета типовых компенсаторов и развязывающих устройств. II // Информатика и системы управления. – 2010. – № 25. – С. 125-136.
3. Кривошеев В. П., Сачко М. А. Аналитический метод расчета типовых компенсаторов и развязывающих устройств. III // Информатика и системы управления. – 2010. – № 26. – С. 127-136.
4. Роберт И. В. Автоматизация информационно-методического обеспечения учебно-воспитательного процесса и организационного управления образовательным учреждением: современное состояние; перспективы развития // Информатизация образования и науки. – 2009. – № 2. – С. 51-62.
5. Сачко М. А., Кривошеев В. П., Епифанцев А. В. Разработка информационно-программного комплекса для исследования систем управления // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-23: сб. трудов XXIII международная научная конференция в 12 т. Т 12. Секция 14,15 / под общей редакцией В. С. Балакирева. – Смоленск, 2010. – С. 151-154.
6. Силантьев М. И. Использование нечетких множеств при построении типовых состояний образовательного процесса на основе экспертной информации // Метрология. – 2007. – № 7. – С. 39-42.
7. Стригин Е. Ю. Дидактический потенциал учебного лабораторного эксперимента на основе автоматизированного лабораторного практикума удаленного доступа // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – С. 128-128.
8. Функция принадлежности и методы ее построения [Электронный ресурс] // Сайт Fuzzy Modeling Group – Режим доступа: <http://fuzzy-group.narod.ru/files/Lecture03.The.membership.function.pdf>.

Рецензенты:

Игнатюк Виктор Александрович, д.ф.м.н., профессор, профессор Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, г. Владивосток.

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