

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА ПО МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПИ-РЕГУЛЯТОРОВ

Бильфельд Н.В.,

к.т.н., доцент кафедры АТП Березниковского филиала (БФ)

Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ).

killbill2k@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены особенности работы с пакетом по многокритериальному анализу систем управления, такие как расчет настроечных параметров регуляторов по заданному критерию качества, построение переходных процессов, поверхностей настроечных параметров, границы области устойчивости настроечных параметров, вычисление интегрального критерия качества переходных процессов. Приведен пример алгоритма по оптимизации настроечных параметров и даны рекомендации по его использованию.

Ключевые слова: теория автоматического управления, регулятор, синтез.

USING MULTI-CRITERIA ANALYSIS CONTROL SYSTEMS FOR TUNING PARAMETERS OF THE PI CONTROLLER

Bilfeld N.V.,

candidate of technical science, assoc. prof. on automation department

in Berezniki branch of Perm national polytechnic research university.

Abstract. The features of the software for multiple criteria analysis of control systems, such as the calculation of setting parameters regulators on specific criteria of quality, the construction of transient surface tuning parameters, the stability boundary adjustment parameters, the calculation of an integral quality criterion transients are given. An example of an optimizing algorithm for tuning parameters and recommendations for its use is presented.

Keywords: automation theory, control, optimization.

На кафедре автоматизации технологических процессов (АТП) Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета (БФ ПНИПУ) разработан пакет по многокритериальному анализу систем управления. Одной из многочисленных функций данного пакета является расчет оптимальных настроек регулятора по одному из заданных критериев оптимальности. Интерес представляет интегральный критерий качества, который на практике используется достаточно редко из-за трудоемкости вычислений.

При расчете настроечных параметров методом В.Я. Роточа или методом расширенных КЧХ в качестве критерия оптимальности как правило, задаются либо показателем колебательности M , либо степенью

колебательности m . Оба эти параметра связаны со степенью затухания φ следующими соотношениями.

$$m = \frac{-\ln(1-\varphi)}{2\pi}$$

$$M = \frac{1}{\sin(2 \operatorname{atan}(m))} = \frac{1}{\sin(2 \operatorname{atan}(\frac{-\ln(1-\varphi)}{2\pi}))}$$

На рисунке 1 показан переходный процесс в замкнутой системе управления. Степень затухания для данного переходного процесса определяется как:

$$\varphi = \frac{A1 - A2}{A1}.$$

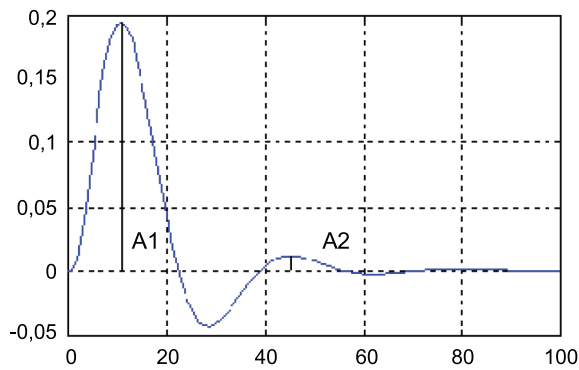


Рис. 1. Переходный процесс в замкнутой системе

Не трудно догадаться, что такую же степень затухания мы можем получить и для переходного процесса с другой динамической ошибкой и площадью под графиком переходного процесса.

Рассмотрим конкретный пример.

Возьмем объект с самовыравниванием второго порядка с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{50s^2 + 20s + 1}.$$

Используя пакет MATLAB, и встроенный модуль оптимизации NCD рассчитаем оптимальные настройки регулятора, как показано на рисунке 2.

В результате получим настроечные параметры регулятора: $K_p=4,9$ и $T_i=1,6$. Интегральный критерий качества для данного переходного процесса составляет 1,715.

Рассчитаем настроечные параметры, используя пакет многокритериального анализа. Для этого выберем интегральный критерий качества и установим ограничения в районе рассчитанных настроечных параметров, как показано на рисунке 3.

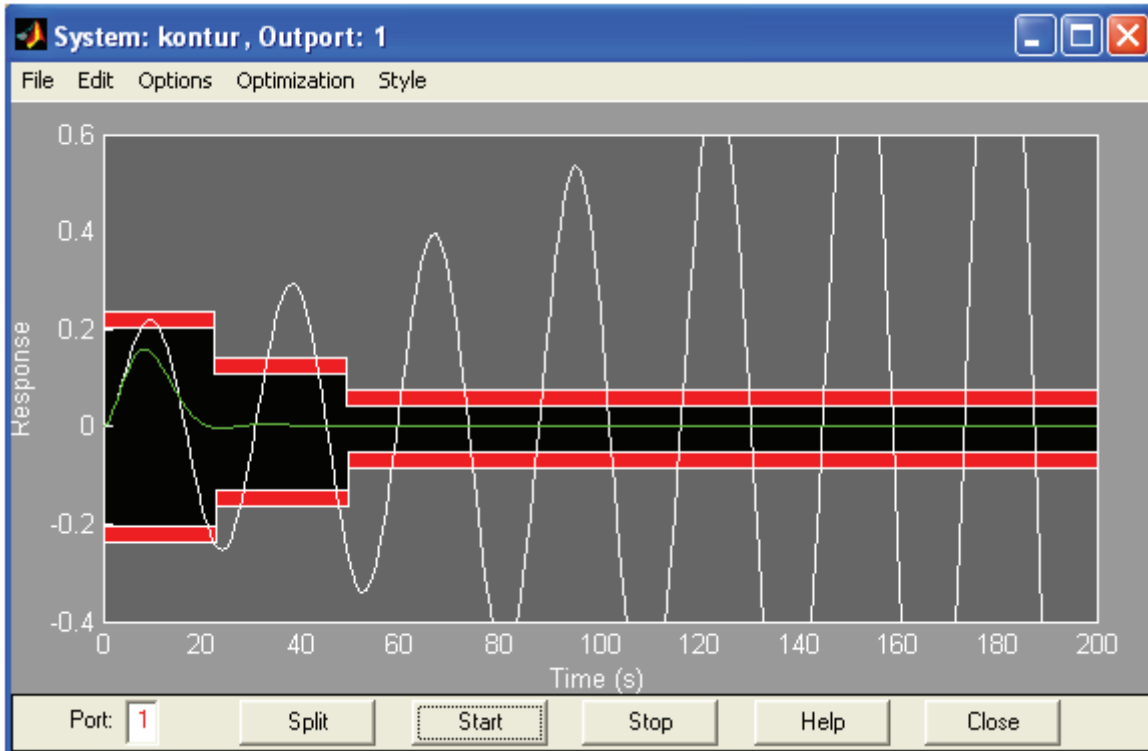


Рис. 2. Расчет оптимальных настроек в MATLAB

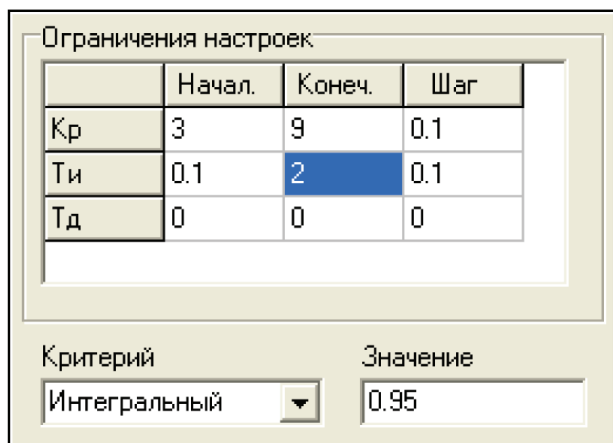


Рис. 3. Ограничения для расчета настроечных параметров.

В результате получим настроечные параметры $K_p=8,3$ и $T_i=0,8$. Построим графики переходных процессов, как показано на рисунке 4.

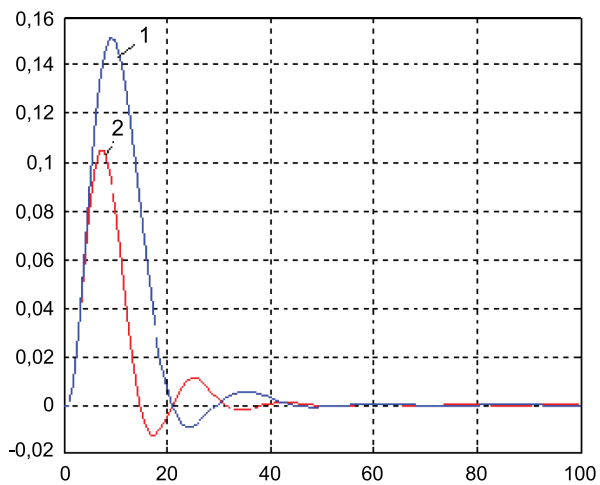


Рис. 4. Переходные процессы при различных методах расчета настроечных параметров.

Как видно из рисунка 4 площадь под кривой (2) стала меньше. Интегральный критерий составляет 0,938 по сравнению с 1,175, следовательно качество регулирования увеличилось практически вдвое.

Построим поверхность настроечных параметров. Для этого зададимся ограничениями, приведенными на рисунке 5.

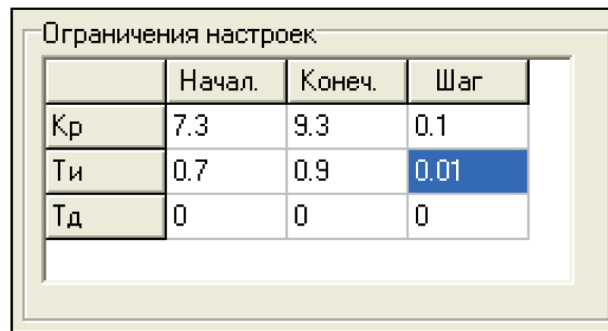


Рис. 5. Ограничения для построения поверхности настроечных параметров

Анализируя поверхность (рис. 5) мы видим, что поверхность не имеет явно выраженных экстремумов. Минимум для значений ($K_p=9,3$ $T_i=0,71$) находится на краю поверхности. Интегральный критерий при этом составляет 0,827.

Возьмем более широкий диапазон ограничений, как показано на рисунке 7. В результате получим поверхность, приведенную на рисунке 8. И опять мы видим, что минимальное значение интегрального критерия качества находится на краю поверхности, при отсутствии локальных экстремумов. Это означает, что, задаваясь, новыми ограничениями мы все более можем уменьшать интегральный критерий качества, а, следовательно, увеличивать качество регулирования.

Зададимся новыми ограничениями и меньшим значением интегрального критерия качества, как показано на рисунке 8. Рассчитаем настроечные параметры. В результате получим $K_p=15$ $T_i=0,4$. Как видно значение K_p равно верхнему ограничению или другими словами лежит где-то на краю плоскости настроечных параметров.

Если построить переходные процессы для параметров, полученных в первом ($K_p=7,4$ $T_i=0,9$) и втором ($K_p=15$ $T_i=0,4$) случаях, то получим графики, приведенные на рисунке 10.

В результате видно, что качество регулирования снова увеличилось. Интегральный критерий качества стал равным 0,501. Увеличивая в дальнейшем диапа-

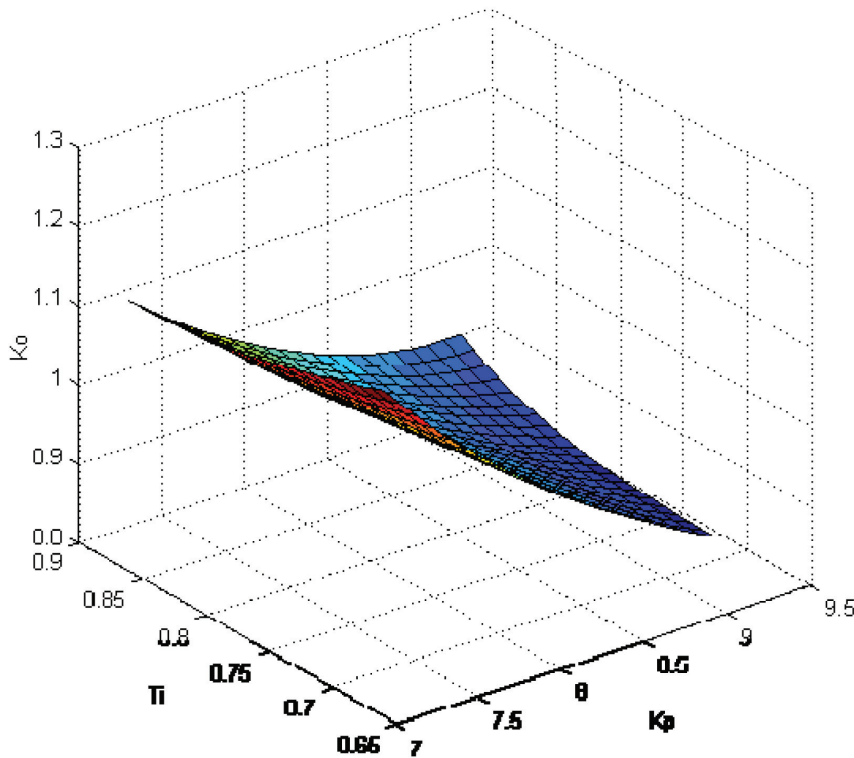


Рис. 6. Поверхность настроечных параметров.

Ограничения настроек			
	Начал.	Конеч.	Шаг
Кр	1	10	0.1
Ти	1	10	0.1
Тд	0	0	0

Рис. 7. Новый диапазон ограничений для построения поверхности настроечных параметров

зон для K_p , мы увидим, что в какой-то момент времени при расчете оптимальных параметров, на границе диапазона окажется значение T_i . И так будет происходить до бесконечности.

Данный эксперимент подтверждает и граница области устойчивости, приведенная на рисунке 11.

Увеличивая K_p и уменьшая T_i (стрелка 1) мы можем всегда оставаться в области устойчивых настроечных параметров, но при этом будет уменьшаться интегральный критерий качества переходного процесса.

На основании проведенных исследований с помощью разработанного пакета многокритериального анализа систем управления и теоретических заключений можно сделать следующий вывод. Если необходимо получить высокую точность регулирования, то в качестве критерия оптимальности лучше задаваться интегральным критерием качества.

При этом можно рекомендовать следующий порядок расчета. Рассчитать настройки регулятора одним из известных способов. Увеличить значение K_p в полтора, два раза. При фиксированном значении K_p , с помощью пакета многокритериального исследования систем управления рассчитать оптимальное значение T_i , задавшись минимальным (нулевым) интегральным критерием качества. При этом в качестве верхнего ограничения T_i , необходимо взять оптимальное значение T_i , рассчитанное обычным способом.

Необходимо добавить, что данный алгоритм однозначно работает с объектами с самовыравниванием, порядок которых не более двух, каковыми и является

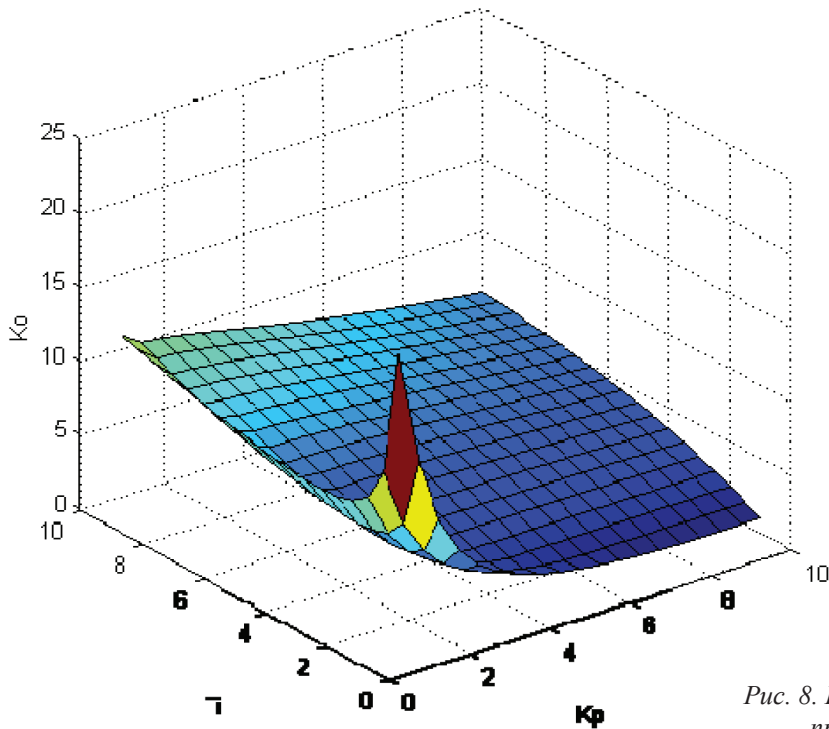


Рис. 8. Поверхность настроечных параметров, при расширенном диапазоне ограничений.

Рис. 9. Новые ограничения для вычисления настроечных параметров.

Ограничения настроек			
	Начал.	Конеч.	Шаг
Kp	1	15	1
Ti	0.1	1	0.1
Td	0	0	0

Критерий	Интегральный	Значение	0.5
----------	--------------	----------	-----

Кр	15	Кр
Ti	0.4	Ti
Td	0	Td
Ит. рас.	25	
Итер.	29	
Погреш.	0.501300000	
Время	2	

Результат: оптимум найден

Пуск Пауза Стоп

большинство технологических объектов. Также при чрезмерном увеличении K_p ухудшается переходный процесс по управлению, что накладывает еще одно

ограничение. Однако там, где требуется стабилизация технологических параметров с большой точностью, данный алгоритм вполне себя оправдывает.

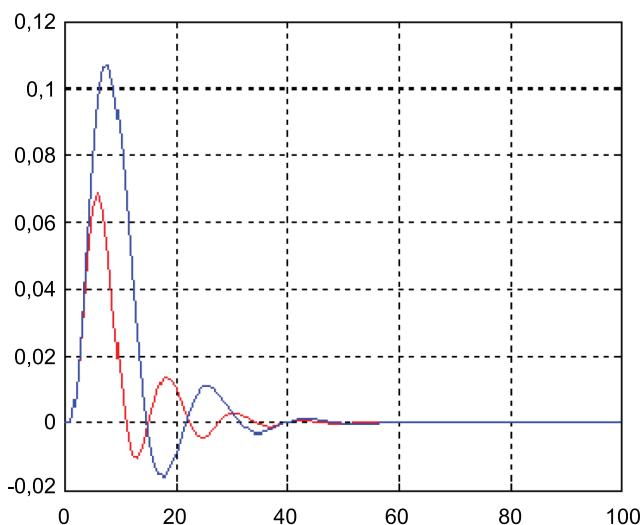


Рис. 10. Сравнение переходных процессов.

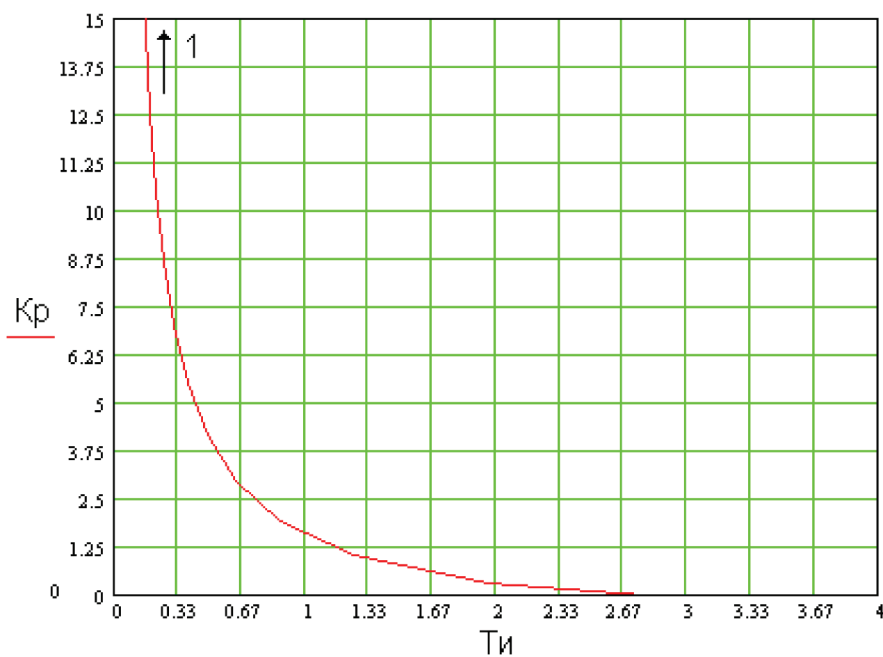


Рис. 11. Граница области устойчивости для объекта с самовыравниванием

Список литературы

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. М.: Энергоатомиздат, 1985. 296 с.
2. Бильфельд Н.В. Программа исследования динамики систем управления. Программные продукты и системы. Международное научно-практическое приложение к международному журналу «Проблемы теории и практики управления». Тверь. 2010. - №3, (91).–С. 118-120.
3. Беккер В.Ф. Управление производством губчатого титана с использованием модифицированных сетей Петри. Журнал «Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова» КГУ им. Некрасова, Т.16. Серия технические и естественные науки «Системный анализ. Теория и практика», Кострома – №2, 2010. – С. 52-56.