

УДК 681.5

Студ. В.Д. Липай, А. Н. Давидович
Научн. рук. доц. Д.А. Гринюк

(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

**ПОВЫШЕНИЕ РОБАСНОСТИ (ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ)
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ
КАЧЕСТВА ДЛЯ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ**

ПИД регулятор был изобретён ещё в 1910 году. Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор — устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе — интеграл сигнала рассогласования, третье — производная сигнала рассогласования. Если какие-то из составляющих не используются, то регулятор называют пропорционально-интегрирующим, пропорционально-дифференцирующим, и т.д.

Идеализированное уравнение ПИД-регулятора имеет вид

$$u(t) = Ke(t) + \frac{1}{TI} \int e(t)dt + TD \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

где K — коэффициент передачи, TI — постоянная интегрирования; TD — постоянная дифференцирования.

Методы оценки качества процесса управления могут быть самыми различными, но определяются они в основном тремя факторами. Во-первых, они зависят от выбора критерия качества (когда систему считать «хорошей», а когда «плохой»); во-вторых, от исследуемого режима работы системы (в переходном режиме ошибки управления намного больше, чем в установившемся, а значит, и методы исследования должны быть разные); в- третьих, от характеристик воздействий. Рассмотрим два метода косвенных оценок.

Корневые оценки основаны на зависимости характера переходного процесса от распределения нулей и полюсов передаточной функции замкнутой системы.

Переходная характеристика может быть вычислена по формулам разложения:

$$h(t) = \frac{K(0)}{D(0)} + \sum_{k=1}^n \frac{K(p_k)}{D(p_k)} e^{p_k t} \quad (2)$$

где p_k — корни (полюсы) характеристического уравнения замкнутой

системы $D(p)=0$, n – число корней. Из выражения видно, что на характер $h(t)$ влияют и числитель $K(p)$, и знаменатель $D(p)$ передаточной функции. Однако, если числитель $K(p)$ представляет собой постоянную величину, то оценка по корням характеристического уравнения допустима.

Для приближенной оценки качества надо на плоскости корней выделить ту область, в которой располагаются корни. О качестве переходного процесса приближенно можно судить по степени устойчивости α_{min} , под которой понимают расстояние от мнимой оси до ближайшего корня или ближайшей пары комплексных корней. Степень устойчивости характеризует предельное быстроедействие системы, так как вещественная часть корня α_{min} принадлежит той компоненте переходной характеристики, которая затухает медленнее всех остальных. Время переходного процесса $t_{пер} \approx 3/\alpha_{min}$, если ближайший к мнимой оси корень – вещественный и не превосходит этого значения, если ближайшей к мнимой оси является пара комплексных корней. Под колебательностью системы μ понимают

$$\mu = tg\varphi = \left(\frac{w}{\alpha}\right)_{max} \quad (3)$$

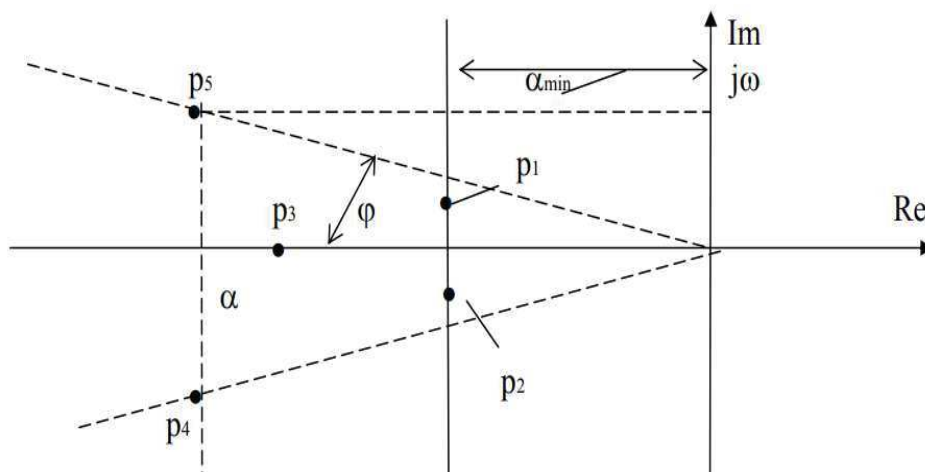


Рисунок 1 – Пример распределения корней на комплексной плоскости

Интегральные оценки качества представляют собой интегралы по времени (в пределах от 0 до ∞) от некоторой функции управляемой переменной $X(t)$ или сигнала ошибки $\Delta X(t)$.

$$I = \int_0^{\infty} f_0 |X(t), t| dt \quad (4)$$

Подынтегральная функция f_0 выбирается т.о., чтобы интеграл лучше характеризовал качество системы. Чтобы интеграл был сходящимся, в функцию f_0 вводят не абсолютное значение $X(t)$, а ее отклоне-

ние от установившихся значений.

В качестве еще одного интегрального критерия может выступать выражения [1]

$$S_{\min} = \int_0^{\infty} t^N |e| dt \rightarrow \min \quad (5)$$

где $N = 0, 1, \dots$

Проследим влияние на запас устойчивости проектируемой системы. Объект имеет следующую передаточную функцию:

$$W(p) = \frac{1}{T^2 p^2 + 2Tz p + 1} \quad (6)$$

где T – постоянная времени объекта, z – коэффициент.

Найдем настройки ПИ и ПИД-регуляторов путем минимизации с помощью MATLAB критерия (5) при разных значения N .

После оптимизации получим следующие значения:

Для ПИ-регулятора:

$$T=19 \text{ and } z=2. \quad K_p=14.6544, \quad t_i=4.8323$$

Таблица 3 – Корни

N	0	1	2	3
Корни	-0.0995 – 0.1970i	-0.0923-0.1883i	-0.0982-0.176i	-0.0982-0.176i

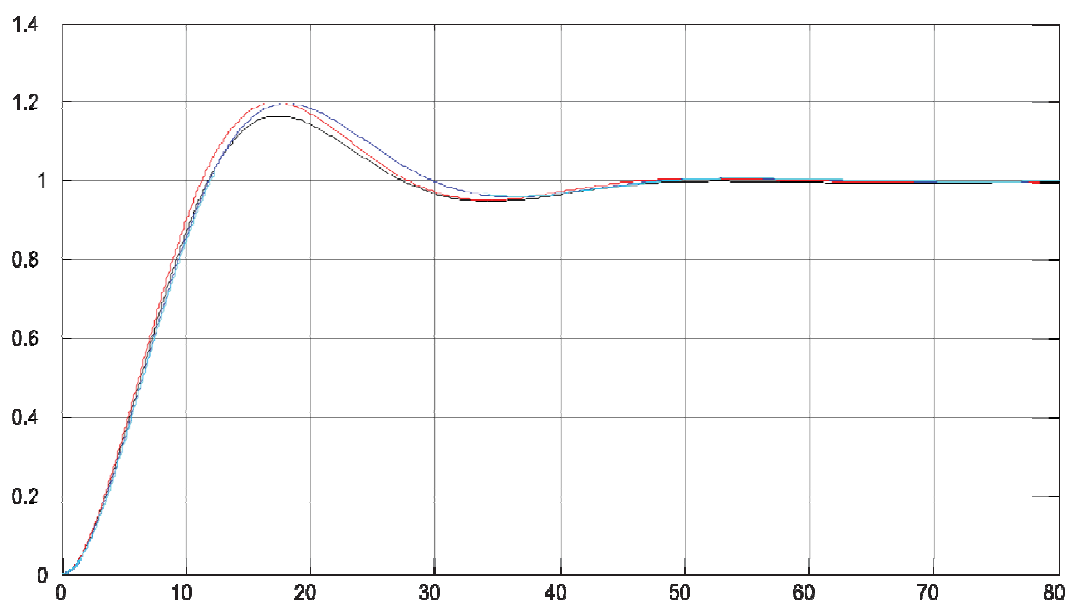


Рисунок 5 – Переходная характеристика с ПИ-регулятором

Для ПИД-регулятора:

$$T=19 \text{ and } z=2. K_p=1.1 \cdot 10^6, t_i=0.2842, t_d=3.144 \cdot 10^5$$

Таблица 4 – Корни

Степень критерия	0	1	2	3
Корни	-0.45- 0.275i	-3.33-3.1813i	-3.65-4.61i	-3.56-4.746i

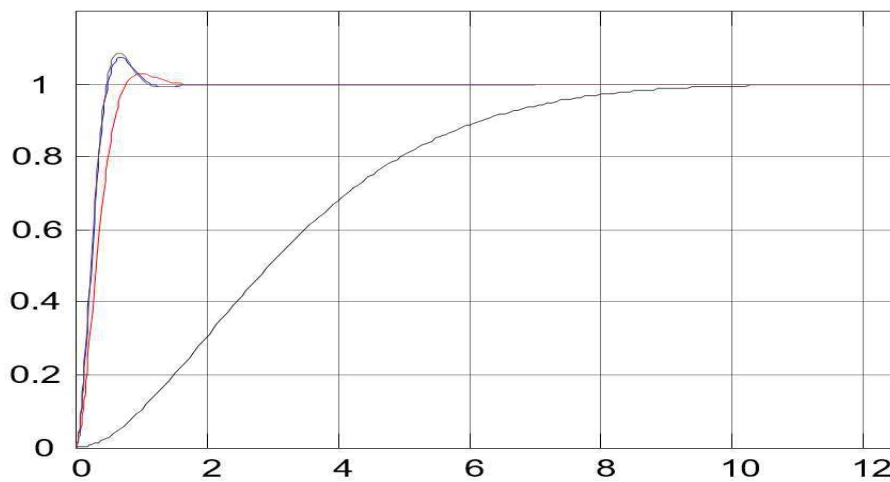


Рисунок 6 – Переходная характеристика с ПИД-регулятором

Теперь нанесем корни на комплексную плоскость

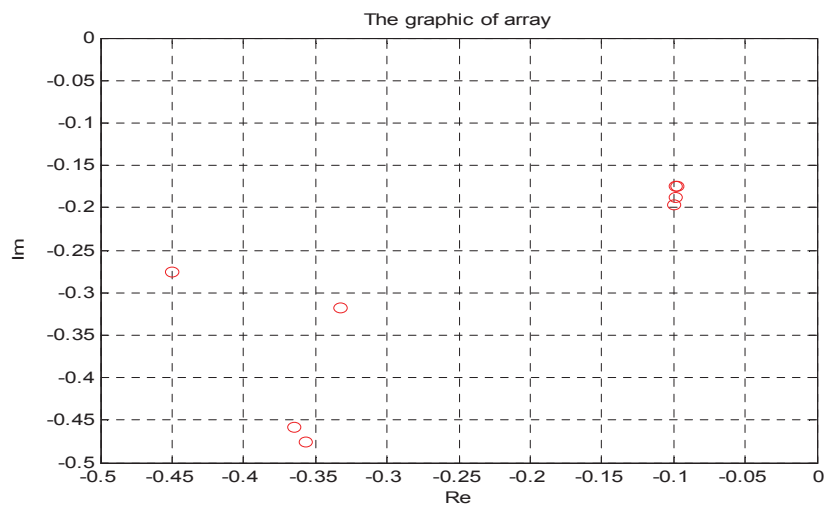


Рисунок 7 – Расположение корней

Анализ результатов показывает, что для вида системы, который был использован в работе, увеличение N приводит к уменьшению времени переходного процесса, перерегулирования, но также и уменьшает запас по устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.А. Гринюк, И.О. Оробей, И.Г. Сухорукова. “Модификация интегральных критериев для повышения запаса по устойчивости” Труды БГТУ, №6, Физ.-мат. науки и информатике. 2012. С. 118-121

УДК 681.5

Студ. Р.Ч. Алешкевич, А.В. Фоменко

Научн. рук. доц. Д.А. Гринюк

(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

ПОВЫШЕНИЕ РОБАСНОСТИ (ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ)

ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ

КАЧЕСТВА ДЛЯ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ

Качественная настройка промышленных регуляторов способствует повышению стабильности технологических параметров и уменьшает энергозатраты на единицу продукции. Это обусловлено уменьшением переходных процессов и критических отклонений. Практика обучения специалистов теории управления, а также большинство учебной литературы используют наблюдение за переходным процессом вследствие изменения сигнала задания для проверки качества регулирования. В тоже время большинство систем стабилизации технологических параметров предназначены для подавления возмущений в процессе функционирования. Иногда возникают задачи, при которых система подвергается частым возмущениям, как со стороны канала возмущения, так и ввиду частого изменения сигнала задания.

Одним из вариантов решения проблемы является использовать two-degree-of-freedom structure (2DoF) [1, 2]. Это предполагает два варианта реализации структуры (fig. 1 [3] или fig. 2). Несмотря на введение дополнительных подстроенных коэффициентов a and b , задачу поиска настроек регулятора можно легко разделить на два этапа: настройка основные коэффициенты K_P , T_I and T_D , а затем поиск дополнительные коэффициенты a and b .