

Автоматизированная настройка ПИД-регулятора для объекта управления следящей системы с использованием программного пакета MATLAB Simulink

Филиппов А. В.¹, Косолапов М. А.², Маслов И. А.³, Тарасова Г. И.⁴

¹Филиппов Анатолий Владимирович / *Filippov Anatolij Vladimirovich* – студент;

²Косолапов Михаил Александрович / *Kosolapov Mikhail Aleksandrovich* – студент;

³Маслов Иван Алексеевич / *Maslov Ivan Alekseevich* – студент;

⁴Тарасова Галина Ивановна / *Tarasova Galina Ivanovna* – кандидат технических наук, доцент,
кафедра систем автоматического управления и контроля,
факультет интеллектуальных технических систем,

Национальный исследовательский университет Московский институт электронной техники (МИЭТ), г. Москва

Аннотация: в статье задается математическая модель объекта управления, по которой моделируется структурная схема объекта управления. Далее производится автоматизированная и ручная настройка регулятора. Проведен анализ качества переходного процесса.

Ключевые слова: регулятор, MATLAB Simulink, автоматизированная настройка, ручная настройка.

На сегодняшний день широкое применение в промышленности получили ПИД-регуляторы. Более 90 % всех регуляторов в промышленности используют именно такие регуляторы. Таким образом, применение ПИД-регуляторов в сложных системах (устройствах) с достаточно малой ошибкой регулирования является приоритетной задачей управления.

Казалось бы, что настройка ПИД-регулятора, является достаточно простой задачей, всего лишь требуется определить коэффициенты усиления для трех составляющих. Однако определение коэффициентов усиления на практике оказывается довольно сложной задачей, требующее знания теории автоматического управления.

В настоящее время достаточно много различных методов настройки параметров ПИД-регуляторов, но по-прежнему самым распространенным является метод Зиглера–Никольса [3]. Этот метод является простым в применении, но требует некоторого знания теории автоматического управления. Однако после настройки параметров регулятора приходится производить ручную подстройку, чтобы улучшить качество регулирования.

Таким образом, для каждой системы необходим свой подход настройки параметров регулятора. Следовательно, необходимо усовершенствование уже имеющихся методов настройки регуляторов как для простых, так и для сложных систем.

Автоматизированная настройка ПИД-регулятора

Смоделируем систему управления в программной среде Simulink. Структурная схема следящей системы показана на рисунке 1:

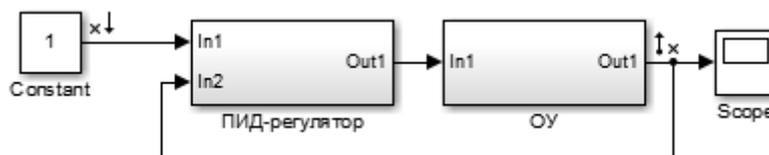


Рис. 1. Структурная схема объекта управления следящей системы

Структурная схема объекта управления представлена на рисунке 2:



Рис. 2. Передаточная функция объекта управления следящей системы

Структура ПИД-регулятора представлена на рисунке 3:

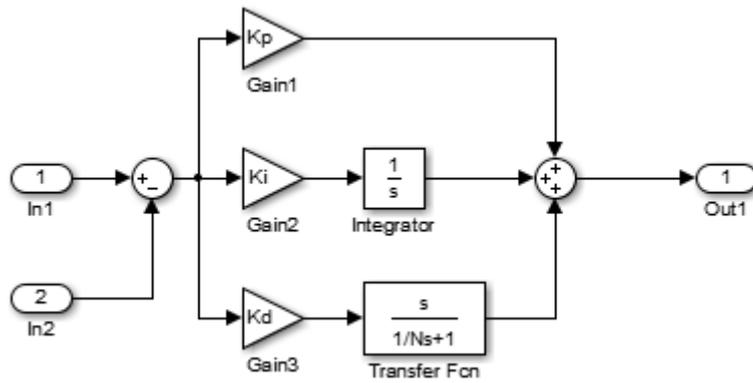


Рис. 3. Структурная схема ПИД-регулятора

Обозначения: K_p - коэффициент усиления пропорциональной составляющей; K_i - коэффициент усиления интегральной составляющей; K_d - коэффициент усиления дифференциальной составляющей.

Настройка параметров ПИД-регулятора осуществляется в программной среде Simulink. Во вкладке Model Properties указываются необходимые коэффициенты усиления составляющих.

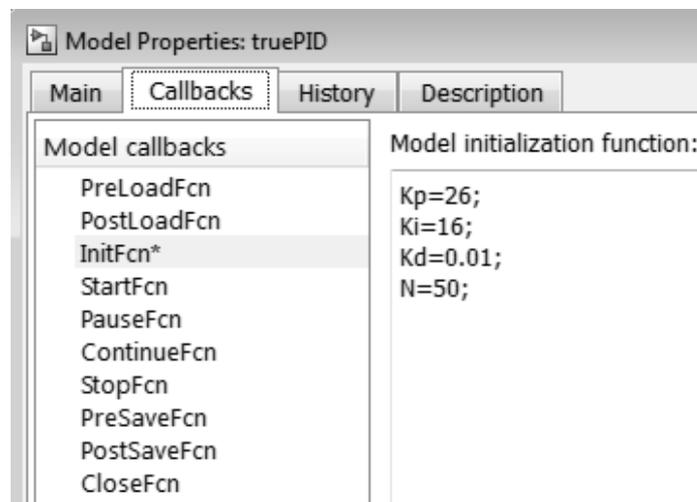


Рис. 4. Настройка параметров ПИД-регулятора

Устанавливая значения составляющих регулятора, можно подобрать наиболее оптимальные коэффициенты усиления, однако этот метод является наиболее трудоемким и очень много времени занимает подбор нужных коэффициентов усиления. При этом надежность и качество регулирования будут невысокими.

Для приведения переходного процесса к оптимальному виду существуют такие правила [1]:

- увеличение пропорционального коэффициента усиления увеличивает быстродействие и снижает запас устойчивости;
- при уменьшении интегральной составляющей ошибка регулирования быстрее уменьшается с течением времени;
- увеличение дифференциальной составляющей увеличивает запас устойчивости и быстродействие.

После нахождения оптимальных значений коэффициентов усиления ПИД-регулятора, получили переходный процесс следящей системы, показанный на рис. 5:

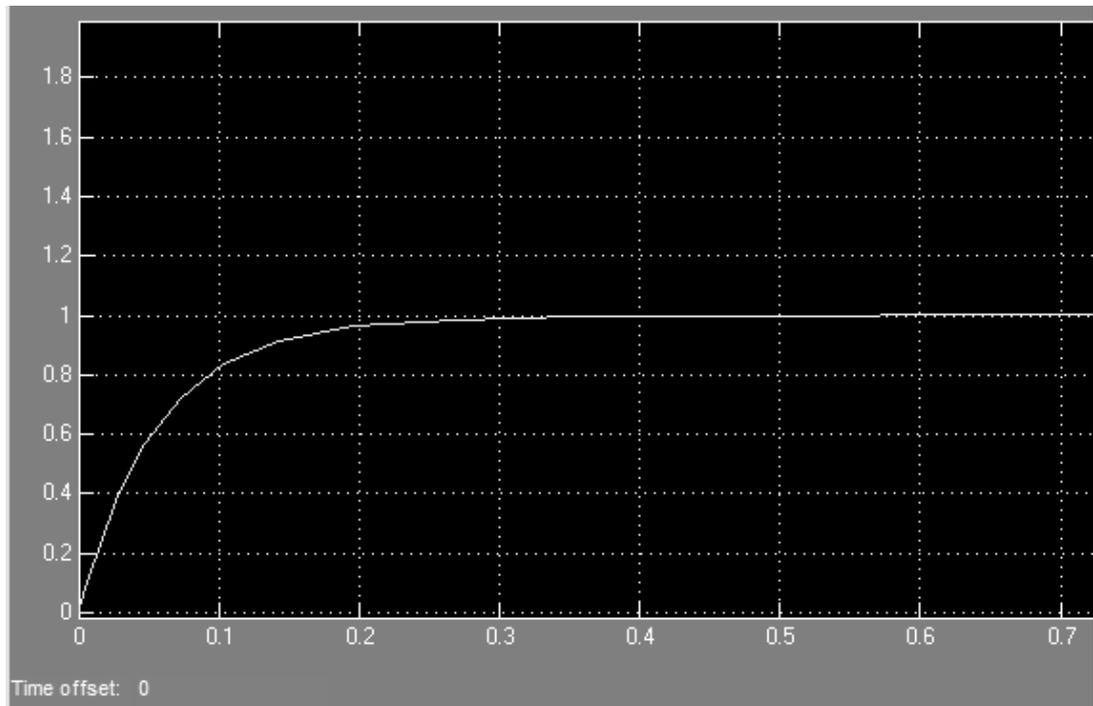


Рис. 5. Переходной процесс следящей системы с ПИД-регулятором

Из полученного переходного процесса видим, что время переходного процесса составляет более 0.2 секунд, а перерегуливание не более 10 %, таким образом, следящая система не удовлетворяет нашим требованиям. $t_p \leq 0.2 \text{ c}$; $\delta \leq 10\%$; $\varepsilon_{уст} = 0$.

Построение ПИД-регулятора в программной среде Simulink с использованием автоматической настройки.

Для моделирования объекта управления следящей системы с ПИД-регулятором в программной среде Simulink используем встроенный регулятор из библиотеки PID Controller. Смоделированная структурная схема объекта управления показана на рис. 6:

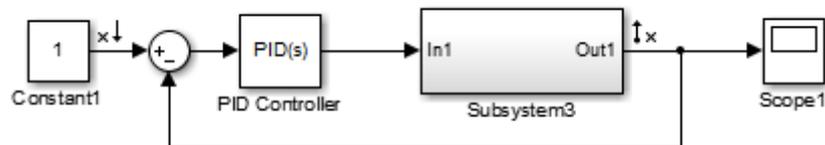


Рис. 6. Структурная схема замкнутой системы со встроенным ПИД-регулятором и объектом управления

Параметры встроенного ПИД-регулятора (Function Block Parameters) показаны на Рис. 7:

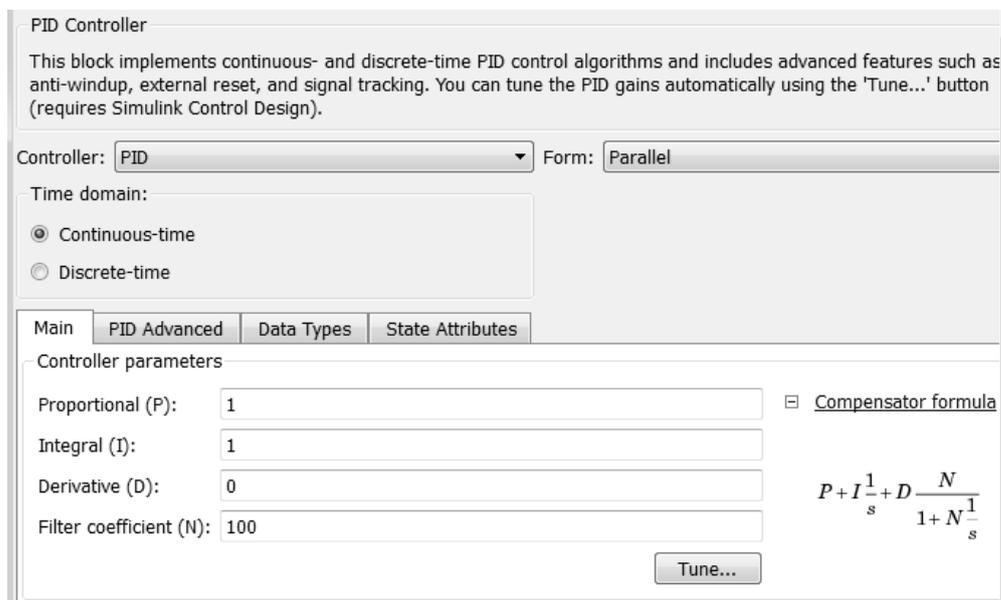


Рис. 7. Параметры встроенного ПИД-регулятора (PID Controller)

На рис. 7. видим, Proportional (P) – коэффициент усиления пропорциональной составляющей, Integral (I) – коэффициент усиления интегральной составляющей, Derivative (D) – коэффициент усиления дифференциальной составляющей [2]. Изначально параметры коэффициентов усиления установлены по умолчанию. Proportional (P) = 1, Integral (I) = 1, Derivative (D) = 0.

Для автоматической настройки коэффициентов ПИД-регулятора используем кнопку «Tune...» - настройка.

В появившемся окне настройки ПИД-регулятора (PID Tuner), получим переходный процесс объекта управления следящей системы, показанный на рис. 8.

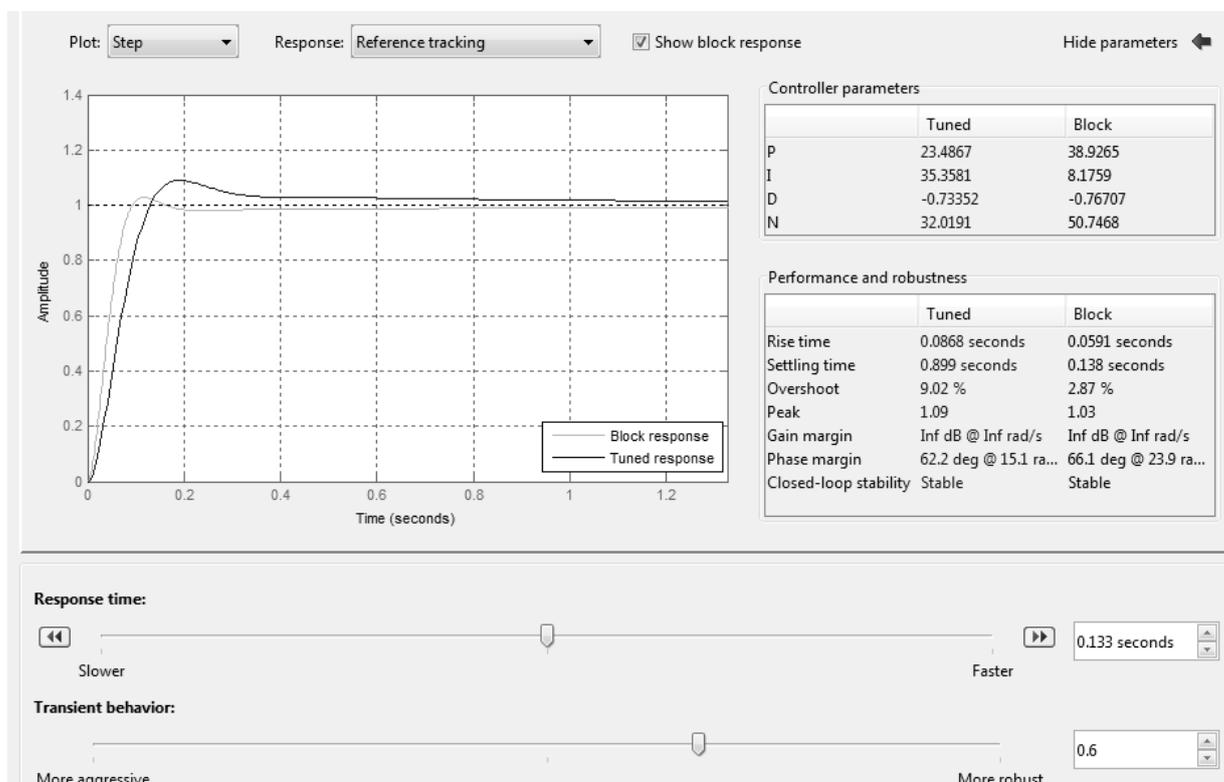


Рис. 8. Окно настройки ПИД-регулятора

В окне Controller parameters (параметры контроллера) показаны коэффициенты усиления пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих. В окне Performance and robustness (Производительность и надежность) показаны параметры: rise time (время нарастания), settling time (время установления), overshoot (перерегулирование), peak (пик). Меняя параметр Response time (время реакции), можем менять установившееся время, время нарастания и перерегулирование, исходя из этого меняется и время переходного процесса. После нахождения оптимальных коэффициентов усиления ПИД-регулятора

для нашей системы слежения получим: пропорциональный коэффициент усиления равен 23.48, интегральный коэффициент усиления равен 35.35, дифференциальный коэффициент усиления равен -0.73. Время установления равно 0,899 с., перерегулирование равно 9.02 процента. По требованию время установления должно составлять порядка 0.1-0.2 с., а перерегулирование не должно превышать 10 процентов. У нас время установления равно 0.9 с., значит, по этому параметру система уже не удовлетворяет заданному требованию. Исходя из этого, была произведена ручная настройка регулятора, результат показан на рисунке 9:

PID Controller

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: **PID** Form: **Parallel**

Time domain:

Continuous-time
 Discrete-time

Main | **PID Advanced** | Data Types | State Attributes

Controller parameters

Proportional (P): Compensator formula

Integral (I):

Derivative (D):

Filter coefficient (N):

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

Рис. 9. Коэффициенты усиления ПИД-регулятора после ручной настройки

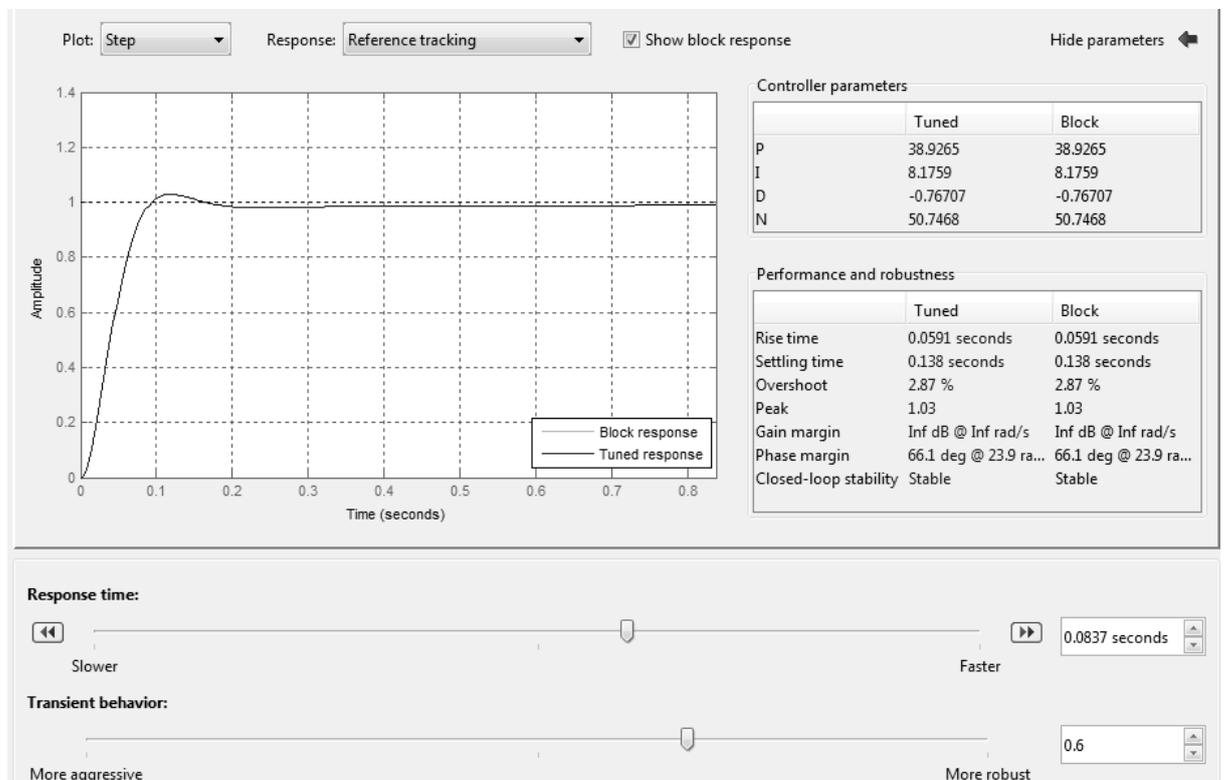


Рис. 10. Переходный процесс после ручной настройки ПИД-регулятора

После ручной настройки получили такие параметры: пропорциональный коэффициент усиления равен 38.92, интегральный коэффициент усиления равен 8.17, дифференциальный коэффициент усиления равен -0.76. Время установления равно 0.138 с., перерегулирование равно 2.87 процентов.

Таким образом, требование к системе полностью удовлетворено, установившееся время не превышает 0.2 с., перерегулирование меньше 10 процентов, установившаяся ошибка равна нулю.

Литература

1. *Тарасова Г. И., Топильская Т. А.* Идентификация и диагностика систем: лаб. Практикум. Ч. 1. – М: МИЭТ, 2011. - 84 с.
2. Справочные материалы по ПИД-регулятору в среде Simulink. Mathworks Inc. 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.mathworks.com/help/simulink/slref/pidcontroller.html> (дата обращения: 22.12.2015).
3. *Бункин П. Я.* Типовые регуляторы систем управления. Дальневосточный федеральный университет, 2013.