

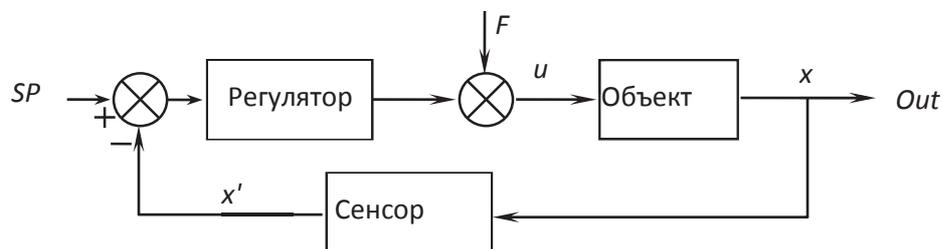
ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ЧЕРЕЗ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ

Гринюк Д.А., Сухорукова И.Г., Михновец А.С., Гедерт К.Д.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск, Беларусь

Существует множество подходов к настройке регуляторов, но интегральные критерии характеризуются обеспечением одновременного компромисса между отдельными параметрами эффективности работы систем автоматического управления. Кроме этого, они обладают универсальностью – с их помощью можно производить настройку как линейных [1-2], так и нелинейных систем [3]. Интегральный критерий – это мера эффективности, основанная на интеграле некоторой функции ошибки управления и, возможно, других переменных, например, времени. Общее выражение

$$\text{Integral criterion} = \int_0^{\infty} f(x, t) dt.$$

В качестве x может выступать один параметр системы или несколько. t – время с начала внешнего воздействия на систему – обычно изменение SP (рис. 1), но может быть и сигнал возмущения F . Можно использовать сигнал с датчика x' , но лучше ориентироваться на непосредственно физический параметр x , которым управляет система регулирования. Иногда полезно использовать комбинацию выходного параметра и значение управляющего воздействия u с регулятора.



SP – сигнал задания; x – выход; u – выход с регулятора на исполнительный механизм;
 x' – значение с измерительного преобразователя

Рисунок 1 - Структурная системы с обратной связью

Такой подход позволяет обеспечить более комфортную работу исполнительного механизма. Это может позволить существенно снизить количество циклов включения электродвигателя.

В литературе можно встретить различные вариации интегральных критериев, но чаще всего встречаются следующие: интеграл абсолютной ошибки (IAE); интеграл квадратичной ошибки (ISE); интеграл времени и абсолютной ошибки ($ITAE$)

$$IAE = I_1 = \int_0^{\infty} |x| dt ; ISE = I_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt ; ITAE = I_3 = \int_0^{\infty} |x| t dt . \quad (1)$$

Минимизация каждого из выше указанных критериев, так как и другие модификации интегральных критериев [2], приводят к разным настройкам ПИД-регулятора.

Обычно считается, что если система обладает большим диапазоном регулирования, то настройки по критерию ISE приводят к максимально быстрому

регулированию, однако это достигается за счет большого перерегулирования и снижения запаса по устойчивости. Минимизация критерия *IAE* дает менее агрессивные настройки, но колебательность и перерегулирование также присутствует. Минимизация *ITAE* приводит к улучшению таких показателей как перерегулирование и запаса по устойчивости. Инженеры-технологи обычно предпочитают такой тип поведения и выбирают данный критерий для настройки. Но такие результаты сильно зависят от динамические и нелинейные свойства объекта управления.

Еще одним старым критерием, который рекомендуется использовать для поиска настроек регулятора, является интегральный критерий, который позволяет минимизировать сумму квадратичных отклонений выходного параметра $u(t)$ регулятора и выходного параметра системы $x(t)$.

$$I_4 = \int_0^{\infty} (x(t)^2 + u(t)^2) dt. \quad (2)$$

Как вариант, для обеспечения комфортной работы исполнительного механизма можно использовать интегральный критерий абсолютной ошибки

$$I_5 = \int_0^{\infty} (|x(t)| + |u(t)|) dt. \quad (3)$$

Еще одной возможностью обеспечения баланса между показателями качества настройки является вариация степени времени N в интегральных критериях.

$$I_6 = \int_0^{\infty} |x|t^N dt \text{ или } I_7 = \int_0^{\infty} x^2 t^N dt. \quad (4)$$

При увеличении значения N обычно происходит уменьшение перерегулирования и увеличение запаса по устойчивости, однако время переходного процесса немного увеличивается. Недостатком данного способа настройки является необходимость вычислительной техники с соответствующим программным обеспечением (ПО), лучше всего Matlab. Можно реализовать или свой поисковый алгоритм или воспользоваться встроенными решениями. За последнее время разработано множество поисковых алгоритмов на основе нейронных сетей, которые позволяют быстро минимизировать выбранный интегральный критерий. В случае применения интегральных критерием для реальных технологических объектов, обеспечение высокой точности обнаружения минимума не требуется, так как большинство объектов имеют вариацию своих динамических свойств. Обычно 50-200 итераций достаточно для получения требуемого качества.

Список использованных источников

1. Hryniuk D., Suhorukova I., Oliferovich N., Orobei I. Complex tuning of the PID controller according to integral criteria // 2018 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences. P. 1-4.
2. Гринюк Д.А., Оробей И.О., Сухорукова И.Г. Оптимизация каскадной системы регулирования для распределенных объектов на основе интегральных критериев // Труды БГТУ. 2007. С.97-100.
3. Использование нелинейных регуляторов в каскадных системах регулирования при одновременной настройке четырех параметров / Гринюк Д.А. и др.// Труды БГТУ. 2020. - № 2 (236). - С. 61-68.
4. Гринюк Д. А., Оробей И. О., Сухорукова И. Г. Модификация интегральных критериев для повышения запаса по устойчивости // Труды БГТУ. 2012. № 6: Физ.-мат. науки и информатика. С. 118–121. .2018.8394117.