

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С ТРАНСПОРТНЫМ ЗАПАЗДЫВАНИЕМ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ

1. ВВЕДЕНИЕ

Интерес к системам управления с запаздыванием всегда был и остаётся на достаточно высоком уровне. Большинство производственных процессов обладают запаздыванием, влияние которого на динамические свойства системы весьма велико. В ряде случаев запаздывание является принципиальным свойством объекта, что требует его учета при анализе динамических свойств объекта. К таким объектам относятся всевозможные транспортёры или объекты, построенные по аналогичному принципу[1].

2. ВЫБОР МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ

В настоящее время существует масса способов настройки регуляторов для различных объектов управления. Наиболее интересными для данного исследования являются такие методы как:

- метод Циглера-Никольса;
- метод Чена-Кронеса-Ресвика (CHR);
- метод Коэна-Куна (Cohen-Coon method).

Выбранные методы относятся к классу параметрических методов [2], широко применяемых на практике. Смысл этих методов заключается в формальном определении коэффициентов регулятора по динамическим характеристикам объекта управления.

3. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для практического исследования методов настройки ПИД-регулятора для данного класса систем была создана система автоматического регулирования уровня жидкости, содержащая протяженный трубопровод, представляющий собой звено чистого запаздывания. Функциональная схема объекта представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Функциональная схема объекта управления

Из емкости 2 насосом 8 жидкость перекачивается в ёмкость 1 по трубопроводу 4 и сливается через вентиль 5. Уровень в основной ёмкости измеряется датчиком 3. Результат измерений поступает в регулятор 6, который формирует аналоговый выходной сигнал 4...20 мА. Выходной сигнал поступает на частотный преобразователь, управляющий производительностью насоса.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДОВ

Настройка коэффициентов регуляторов выполняется на основании переходной характеристики объекта, способ получения которой авторами достаточно подробно описан в [3]. Переходная характеристика представляет собой апериодическое звено первого порядка с запаздыванием. Передаточная функция объекта имеет следующий вид

$$W(s) = \frac{1}{47s + 1} \cdot e^{-55s}.$$

Графики переходных процессов регулирования уровня для различных методов представлены на рисунках 2 – 4. Следует признать, что ни один из предложенных формальных методов не даёт оптимальных настроек регуляторов. Для сравнительного анализа методов настройки выбраны показатели качества:

- перерегулирование;
- время переходного процесса.

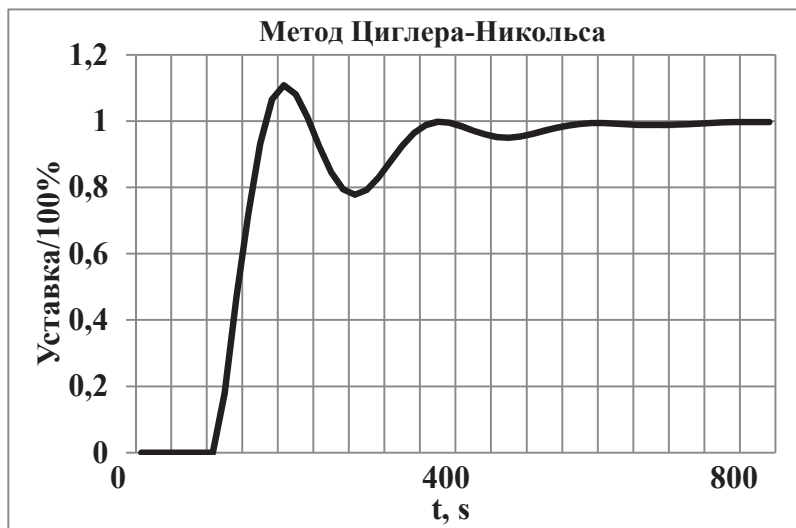


Рисунок 2– Метод Циглера-Никольса

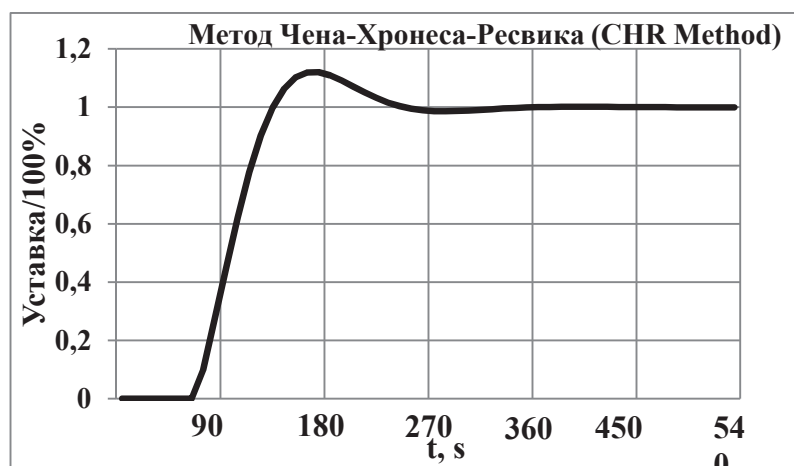


Рисунок 3– Метод CHR

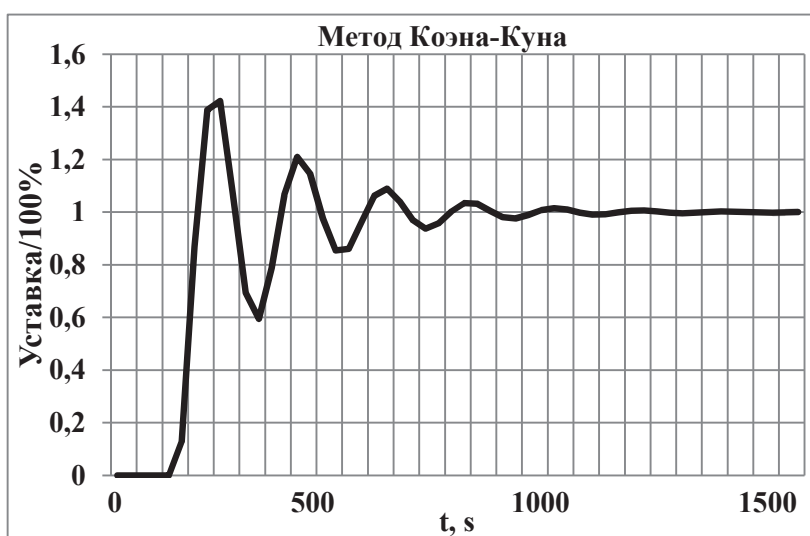


Рисунок 4– Метод Коэна-Куна

Анализ полученных переходных процессов позволяет сделать следующие выводы.

1. Использование метода CHR для настройки коэффициентов регулятора позволяет получить наименьшее перерегулирование ($\sigma = 12,2\%$) при наименьшем времени регулирования ($t_p \approx 200$ с).

2. Использовании метода Циглера-Никольса позволяет получить также приемлемое качество регулирования, однако процесс более колебательный и время регулирования значительно больше ($t_p \approx 500$ с).

3. Переходный процесс, полученный с помощью метода Козна-Куна характеризуется крайне высокой степенью колебательности и наибольшим перерегулированием.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ методов настройки регуляторов для данного класса систем показал, что наибольшее качество регулирования обеспечивает метод CHR. Метод Циглера-Никольса также дает относительно приемлемый результат. Результат, полученный методом Козна-Куна без дополнительной настройки не рекомендуется использовать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. Пер. с польского М., «Машиностроение», 1974, 328 с.
2. Silva, G.J., 1973-PID controllers for time-delay systems/ G.J. Silva, A. Datta, S.P. Bhattacharyya. p.cm. – (Control engineering).
3. Курганов В. В., Цавнин А. В. Управление объектом с запаздыванием // Автоматика и программная инженерия. - 2015. - №2. - С. 9-13.