

**Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана**

Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра ИУ5 «Системы обработки информации и управления»

Курс «Теория автоматического управления»

Отчет по лабораторной работе №3
Моделирование систем управления в пакете Simulink»

Выполнила:
студентка группы ИУ5-51Б
Бирюкова Е.И.
Подпись и дата:

Проверил:
преподаватель каф. ИУ5
Лукьянов В.В.
Подпись и дата:

Москва, 2024 г.

Цель работы

Цель лабораторной работы — освоить моделирование линейных систем управления в среде Simulink, включая создание и редактирование моделей, изменение параметров блоков, построение и анализ переходных процессов, оформление результатов, а также изучение метода компенсации постоянных возмущений с помощью ПИ-регулятора.

Порядок выполнения работы

Рассмотрим систему регулирования уровня жидкости в резервуаре. Используем следующие обозначения Q – поток жидкости, поступающей в резервуар; q – отток жидкости из резервуара; S_0 – площадь поперечного сечения резервуара; V – объем жидкости в резервуаре; t – время работы системы.

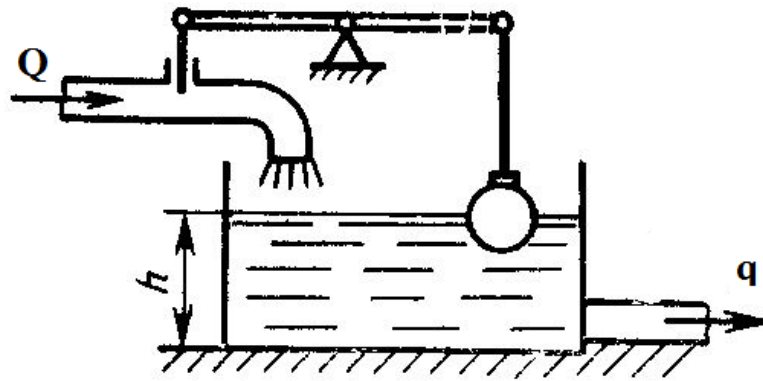


Рис 1 - Схема системы регулирования уровня жидкости в резервуаре

Первый вариант

Рассмотрим вариант, когда в резервуар поступает поток жидкости Q , а отток жидкости отсутствует ($q=0$), также отсутствует обратная связь (перемещение поплавка не регулирует задвижку крана).

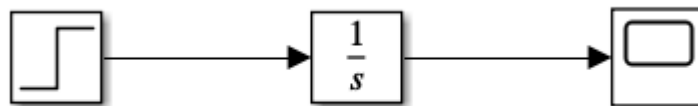


Рис 2 - Схема системы при $Q, q=0$, отсутствует обратная связь

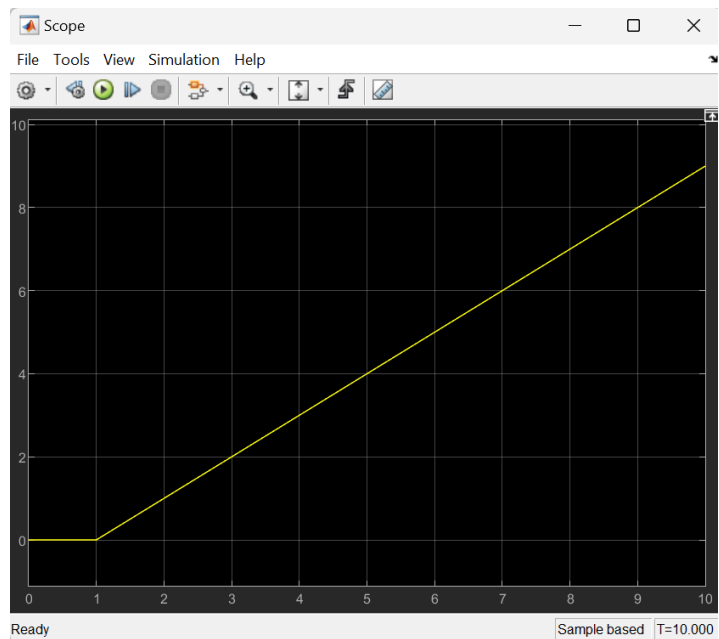


Рис 3 – График изменения уровня воды для схемы на Рис 2

Получаем, что резервуар наполняется с постоянной скоростью до бесконечности.

Второй вариант

Рассмотрим вариант с вводом обратной отрицательной связи. Ее обеспечивает поплавок, подсоединенный к задвижке крана. При уровне воды, соответствующем заданному, задвижка перекрывает кран. Когда уровень жидкости становится ниже, чем нужно, поплавок опускается вместе с жидкостью, задвижка открывает кран. Жидкость будет заполнять резервуар до тех пор, пока поплавок не вернется в исходное состояние.

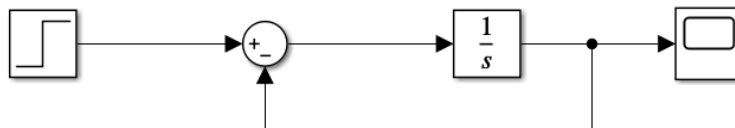


Рис 4 – Схема системы при $Q, q=0$, присутствует обратная связь

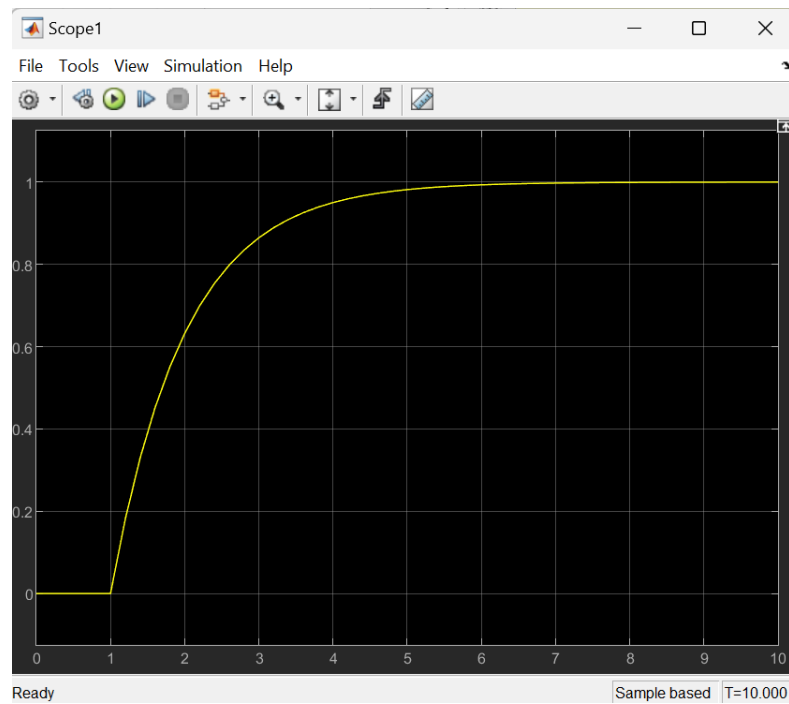


Рис 5 – График изменения уровня воды для схемы на Рис 4

Третий вариант

Добавим в схему усилитель с коэффициентом Gain, тем самым увеличим поток жидкости, наполняющей резервуар (с $Q=1$, до $Q=Gain$).

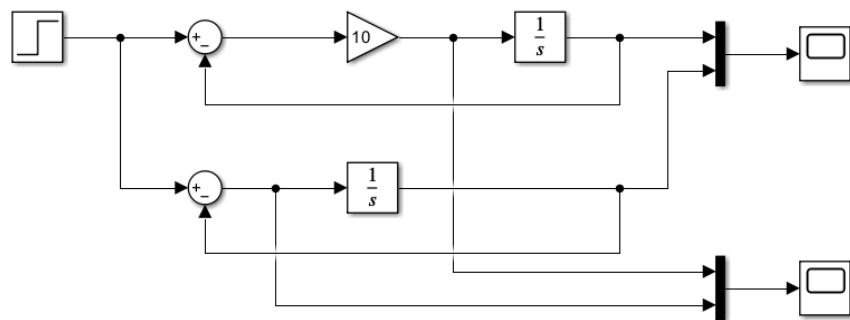


Рис 6 – Схема системы при $Q=Gain$, $q=0$, присутствует обратная связь

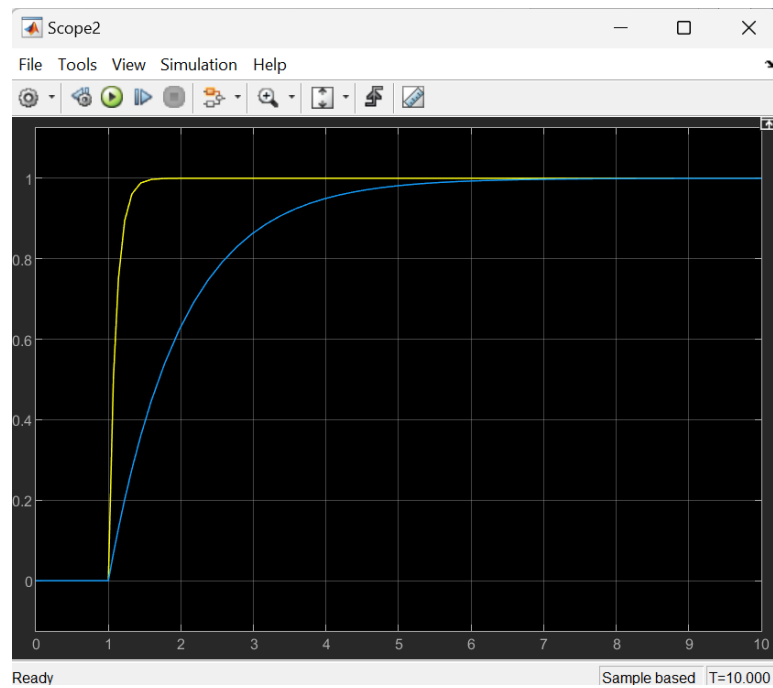


Рис 7 – График изменения уровня воды для схемы на Рис 6

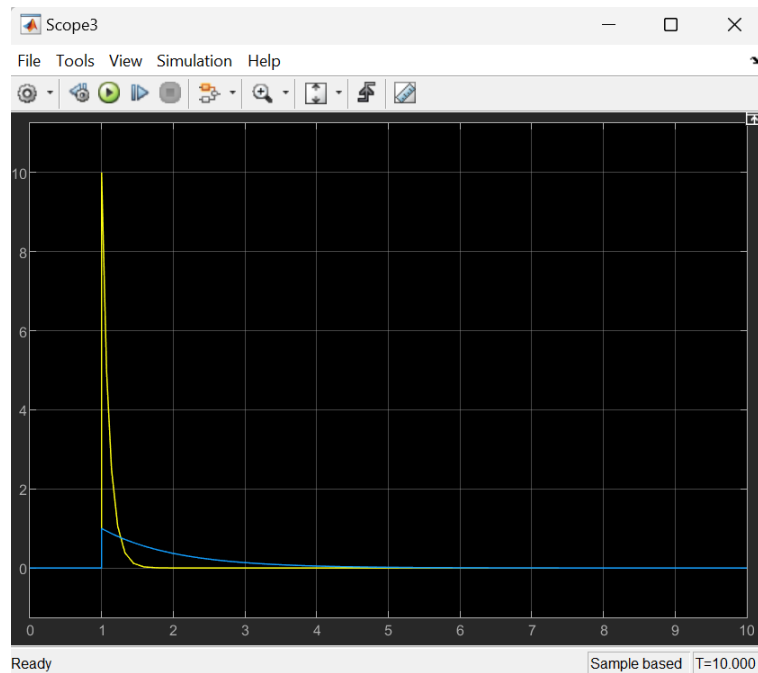


Рис 8 – График изменения потока воды для схемы на Рис 6

Исходя из графиков, снятых с осциллографа, можно сделать вывод, что резервуар наполняется быстрее с усилением ($Q=Gain$), чем без усиления ($Q=1$).

Четвертый вариант

Теперь учтем в схеме отток жидкости из резервуара, начинающийся с некоторого момента времени.

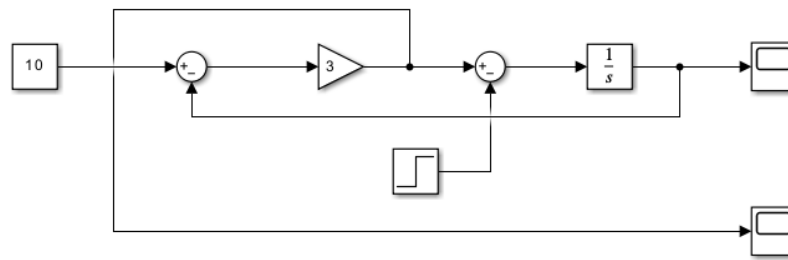


Рис 9 – Схема системы при $Q=Gain$, q , присутствует обратная связь

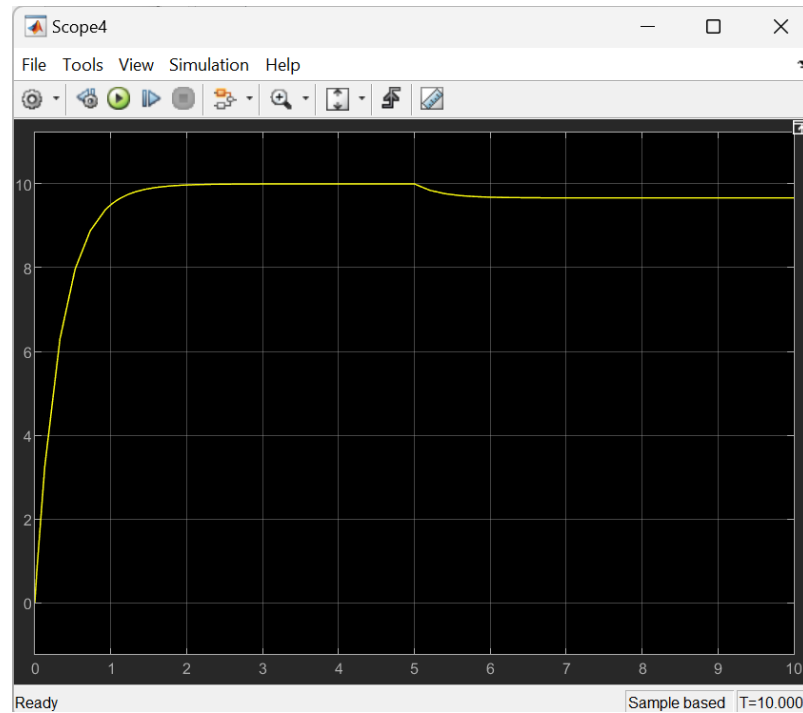


Рис 10 – График изменения уровня воды для схемы на Рис 9

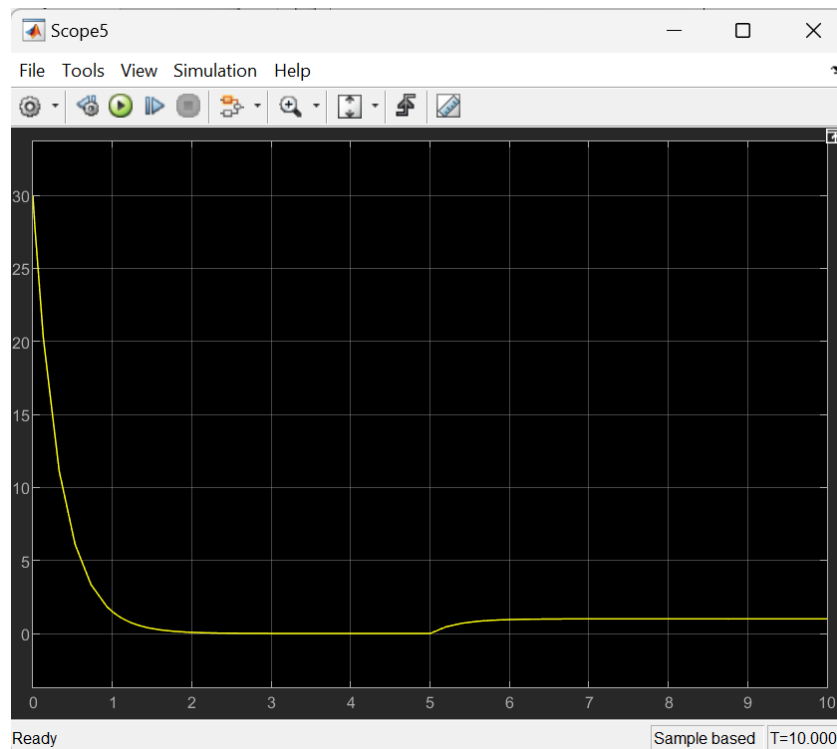


Рис 11 – График изменения потока воды для схемы на Рис 9

Из вида приведенных графиков, снятых с осциллографа, можно сделать вывод, что

появилась ошибка поддержания уровня жидкости в резервуаре. Для ее устранения можно значительно увеличить коэффициент усиления.

Пятый вариант

Возьмем за основу схему из предыдущего варианта, увеличив коэффициент усиления.

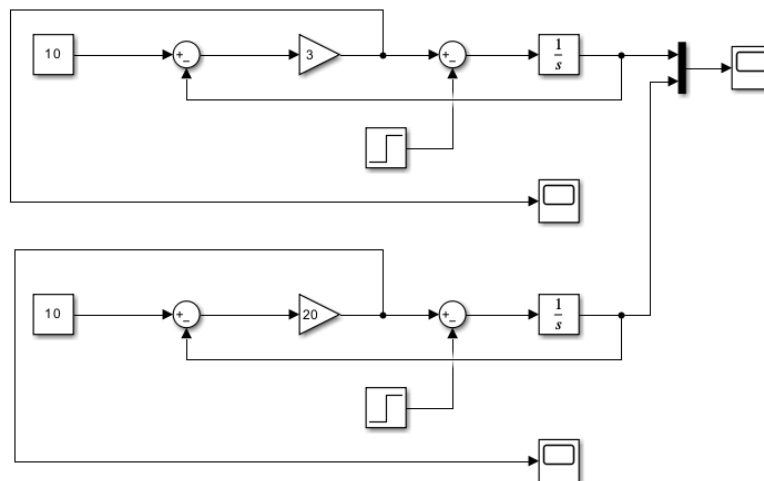


Рис 12 – Схема системы при различных Q , q , присутствует обратная связь

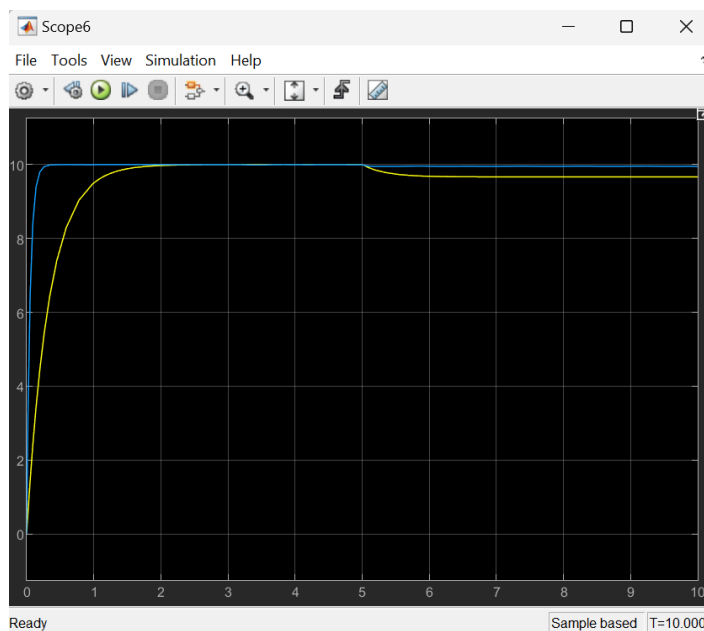


Рис 13 – График изменения уровня воды для схемы на Рис 12

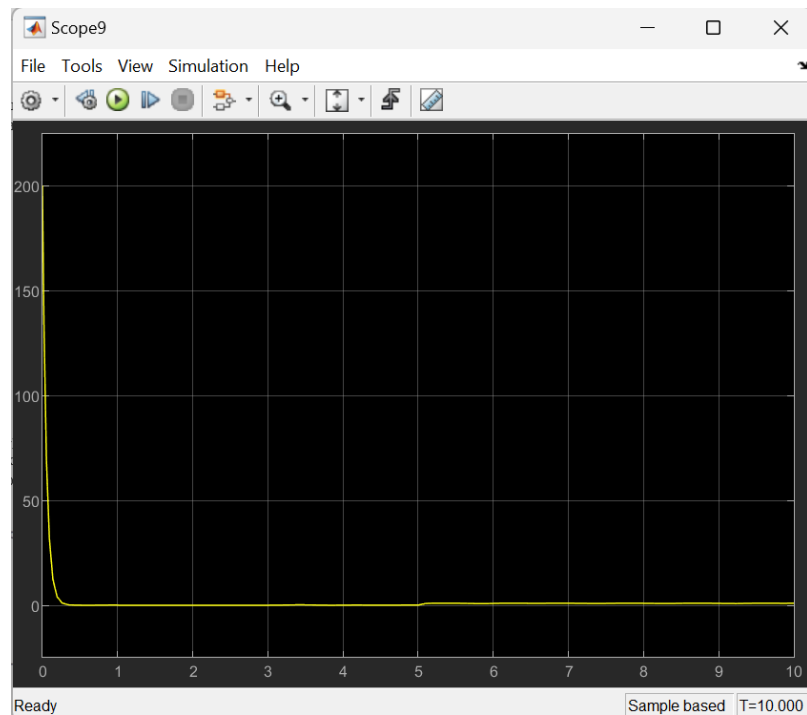


Рис 14 – График изменения потока воды для схемы на Рис 12 при $K=20$

При увеличении коэффициента усиления K с 3 до 20 ошибка уменьшается. Однако, большой коэффициент усиления угрожает устойчивости системы.

Шестой вариант

Уменьшить ошибку поддержания уровня жидкости в резервуаре можно и другим способом. Добавим в систему ПИ-регулятор (пропорционально-интегральный регулятор). Он делает так, чтобы поток жидкости был пропорционален как ошибке (с коэффициентом 3), так и ее интегралу (с коэффициентом 5).

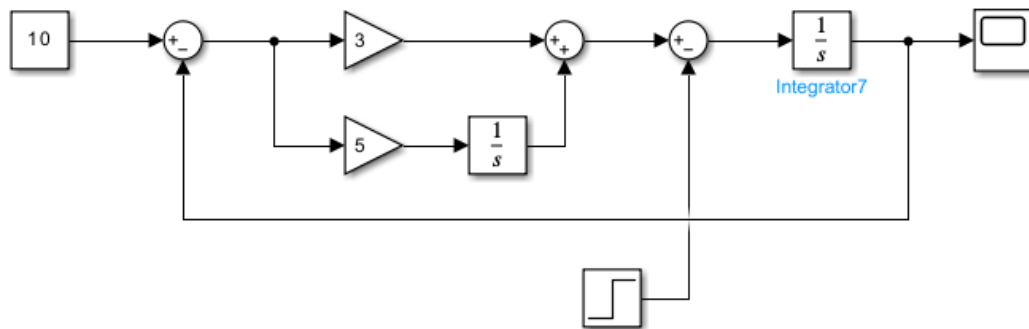


Рис 12 – Схема системы при $Q=Gain$, q , присутствует обратная связь, ПИ-регулятор

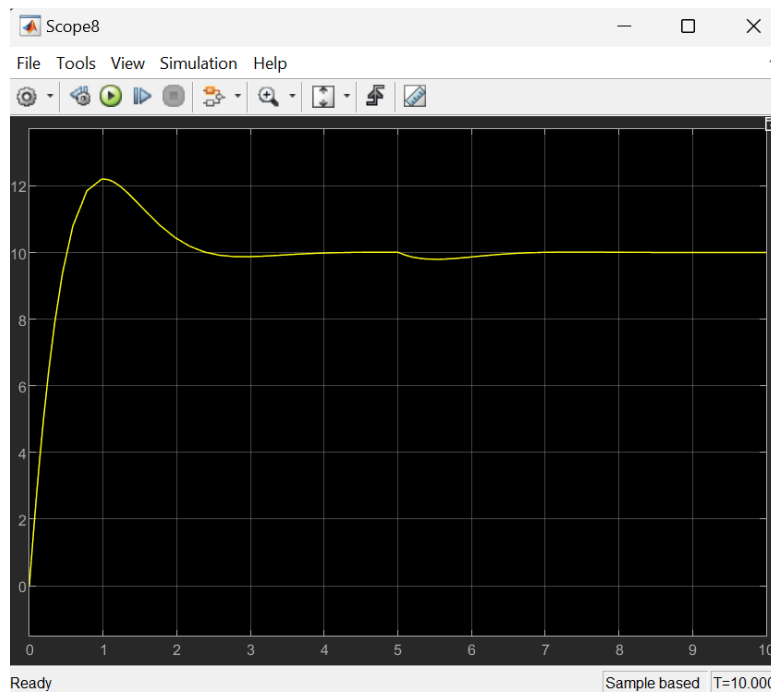


Рис 16 – График изменения уровня воды для схемы на Рис 15, где $K_1=3$, $K_2=5$

Из вида приведенных графика, снятого с осциллографа, можно сделать вывод, что ошибка поддержания заданного уровня жидкости в конечном итоге исчезла, но на начальном этапе возникло существенное перерегулирование, которое могло привести к переполнению резервуара. Коэффициент усиления $K_2=5$ слишком большой. Выберем другие значения коэффициентов K : $K_1=10$, $K_2=2$.

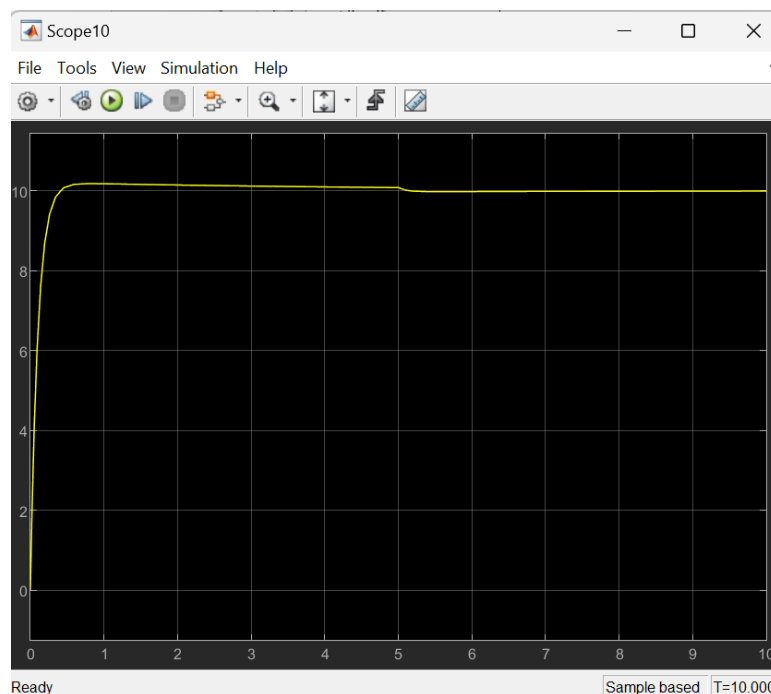


Рис 17 – График изменения уровня воды для схемы на Рис 15, где $K_1=10$, $K_2=2$

Переполнение стало не таким большим, существенно уменьшилась ошибка регулирования.

Седьмой вариант

Рассмотрим теперь реакцию системы не на ступенчатое возмущение, а на синусоидальное, изменив интенсивность оттока жидкости. Сравним реакцию на оба воздействия.

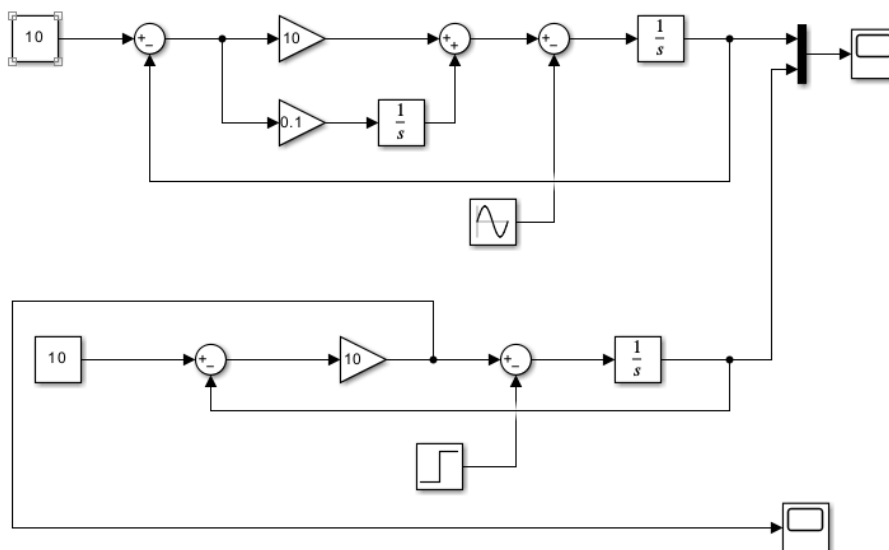


Рис 18 – Схема системы при синусоидальном и ступенчатом возмущениях

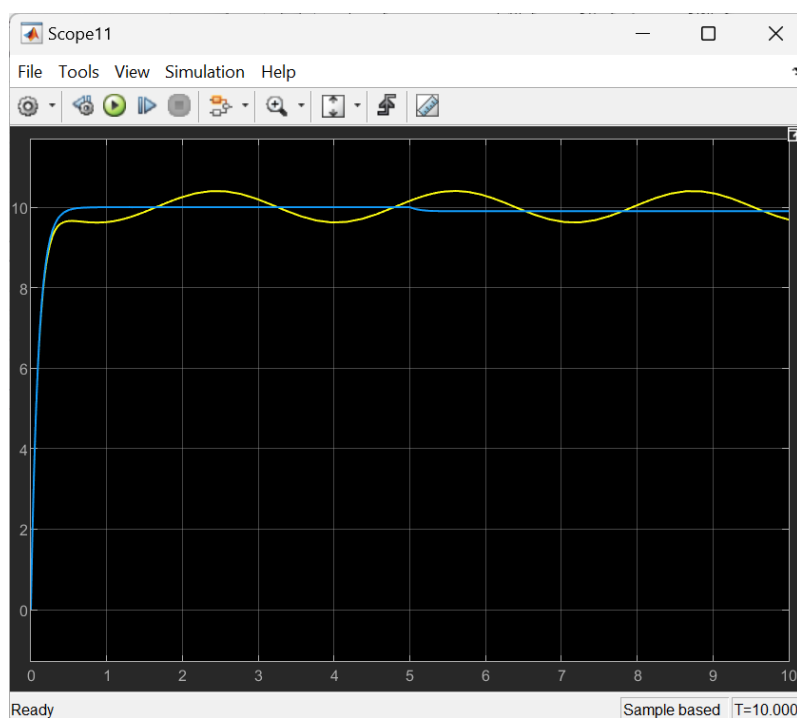


Рис 19 – График изменения уровня воды для схемы на Рис 18

Контрольные вопросы

1. Является ли исследуемая в данной работе система системой с обратной связью? Если да, то как эта связь реализуется конструктивно? Является ли эта связь положительной или отрицательной и чем это можно доказать? Если связь отрицательная, как нужно изменить конструкцию, чтобы она стала

положительной (и наоборот)?

Система с обратной связью – это система, в которой выход системы влияет на ее вход. В лабораторной работе чем выше уровень жидкости(выход), тем выше поплавков, тем больше закрывается заслонка, тем меньше поток воды(вход), тем меньше уровень воды(выход) и так далее. Следовательно, система в лабораторной является системой с обратной связью.

Конструктивно отрицательная обратная связь реализована с помощью поплавка на поверхности и прикрепленной к нему задвижки.

Если уровень жидкости в резервуаре повышается и выходит за пределы желаемого, система будет регулировать клапан или насос, чтобы снизить подачу жидкости, чтобы вернуть уровень к заданному значению. Если уровень жидкости понижается, система увеличит подачу жидкости в резервуар, чтобы вернуть уровень на нужную высоту.

Сигнал обратной связи в данном случае противодействует изменениям, то есть, чем выше или ниже уровень жидкости, тем сильнее система регулирует подачу жидкости, стремясь вернуть уровень к целевому значению. Поэтому сигнал обратной связи является отрицательным.

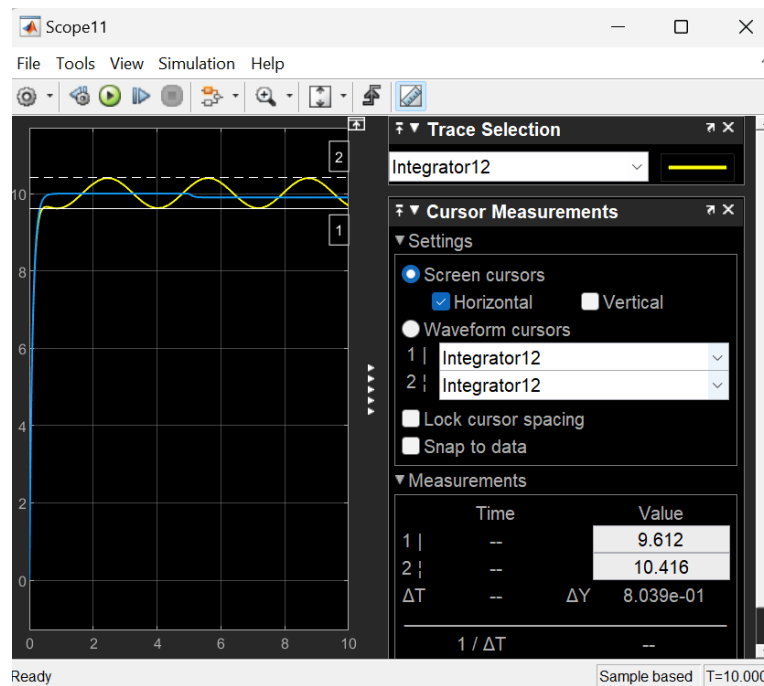
Чтобы добиться положительной обратной связи, можно изменить конструкцию поплавка. При положительной обратной связи выход должен усиливать вход, то есть если при поднятии уровня воды (выход), следовательно, поднятии поплавка, заслонка будет тоже подниматься, тем самым увеличивая скорость потока воды(вход). То есть надо изменить конструкцию поплавка и задвижки.

2. Является ли исследуемая в данной работе система статической или астатической? Для доказательства приведите соответствующий график. Дать определение статической системы.

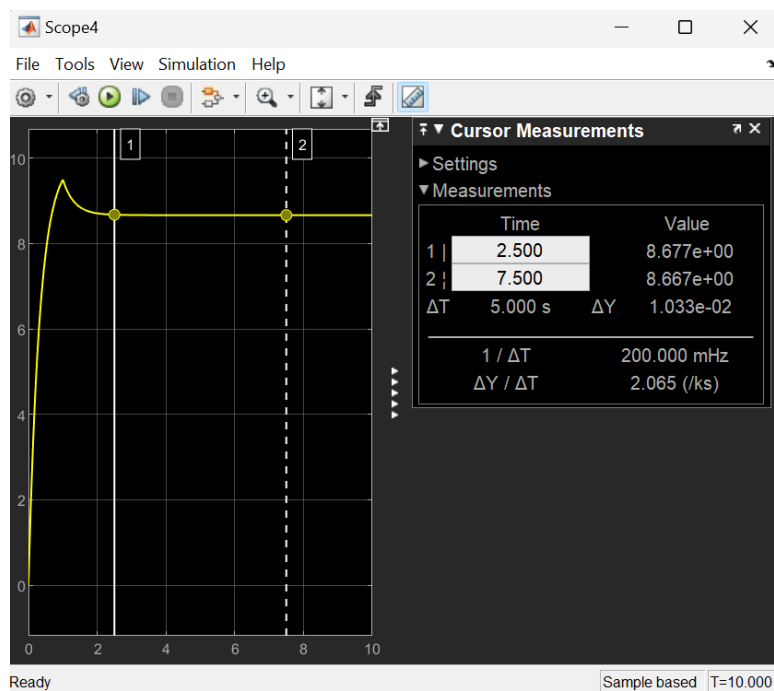
Статическая система - система, в которой выходное значение зависит только от текущего входного значения, и не зависит от предыдущих значений входного сигнала или истории системы.

Астатическая система - система, у которой выходной сигнал продолжает изменяться даже после того, как входной сигнал достиг своего постоянного значения.

Исследуемая в лабораторной работе система (6 и 7 варианты) при $Q=Gain$ (поток), q (отток), отрицательной обратной связи и ПИ-регуляторе является астатической, так как ее выходное значение можно ограничить снизу и сверху двумя постоянными.



Но в начале (4 вариант) при $Q=Gain$ (поток), q (отток) и отрицательной обратной связи система являлась статической. Для наглядности изменим параметры оттока q : уменьшим значение времени, с которого начинается отток, и усилим его в 4 раза.



Исходя из полученного графика можно сделать вывод, что также присутствует статическая ошибка в 13,3% (1,33 от 10).

3. Какими способами удалось сделать систему астатической? Какие недостатки имеют эти способы: а) с конструктивной точки зрения б) с точки зрения теории автоматического управления?

Систему удалось сделать астатической с помощью ПИ-регулятора. Данный способ имеет

следующие недостатки:

1. С конструктивной точки зрения

- a. Усложнение конструкции: Добавление в систему интегрирующего звена или иных механизмов ведет к снижению надежности данной системы.
- b. Требуемая точность: Для обеспечения корректной работы системы требуется точное исполнение конструкции с интегратором, что может быть трудно в реализации.
- c. Износ составляющих системы: Есть потребность в техническом обслуживании ввиду наличия составляющих системы, подверженных износу.

2. С точки зрения теории автоматического управления

- a. Чувствительность к внешним возмущениям: Система чувствительна к внешним возмущениям и шумам ввиду наличия интегратора в ней. Возмущения могут накапливаться интегратором, что может привести к неустойчивой работе системы.
- b. Длительные переходные процессы: Наличие интегратора в системе может привести к увеличению длительности переходных процессов, так как интегратор реагирует на накопленную ошибку. Система может медленно реагировать на изменения, что приведет к замедлению ее динамики.
- c. Снижение устойчивости системы: Наличие интегратора в системе может привести к снижению устойчивости системы при неправильной настройке. Также интеграторы накапливают ошибку, поэтому слишком большие возмущения могут привести к неустойчивости.

4. Какие проблемы возможно решить и какие при этом могут возникнуть новые при введении в систему следующих корректирующих звеньев: пропорционального, интегрального, дифференциального с точки зрения качества переходного процесса (его длительности, перерегулирования, статической ошибки), устойчивости системы, чувствительности к измерительным шумам?

1. Пропорциональное звено (Прегулятор)

a. Решаемые

- i. Уменьшение, но не устранение статической ошибки
- ii. Улучшение реакции системы и ускорение переходных процессов

b. Новые

- i. Качество переходного процесса

- 1. Перерегулирование: Возможно ухудшение переходного

процесса ввиду увеличения коэффициента усиления, которое может привести к большому перерегулированию

- ii. Устойчивость: Большой коэффициент усиления может привести к неустойчивости системы, что потребует точной настройки
- iii. Чувствительность: Большой коэффициент усиления делают систему более чувствительной к измерительным шумам

2. Интегральное звено (Ирегулятор)

а. Решаемые

- i. В стационарном режиме полное устранение статической ошибки
- ii. Улучшение точности регулирования

б. Новые

i. Качество переходного процесса

1. Длительный переходный процесс: Интегральная часть может привести к замедлению реакции системы, что сделает переходный процесс медленнее
2. Перерегулирование: В силу наличия интегральной части в системе, накапливающей ошибку с течением времени, может возникнуть значительное перерегулирование.

- ii. Устойчивость: Наличие интегральной части может привести к ухудшению устойчивости системы, особенно при его неправильной настройке
- iii. Чувствительность: Система с интегральной частью менее подвержена измерительным шумам, но может накопиться ошибка при постоянных небольших возмущениях

3. Дифференциальное звено (Дрегулятор)

а. Решаемые

- i. Улучшение реакции системы и ускорение переходных процессов
- ii. Снижение перерегулирования, так как реагирует на скорость изменения ошибки и предсказывает будущие изменения
- iii. Повышение устойчивости системы при правильной настройке

б. Новые

- i. Устойчивость: При неправильном коэффициенте дифференцирования система может стать нестабильно из-за чрезмерной реакции на быстро изменяющиеся сигналы
- ii. Чувствительность: Дифференциальное звено усиливает

высокочастотные компоненты сигнала, что делает систему крайне чувствительной к измерительным шумам