

Лабораторная работа №1

Исследование статических нелинейностей и методов их компенсации

Цель лабораторной работы – исследование влияния типовых статических нелинейностей на качество переходных процессов в системах автоматического управления.

Краткие теоретические сведения.

Некоторые из типовых статических нелинейностей, реализованных в *MatLab*, показаны на рис. 1.

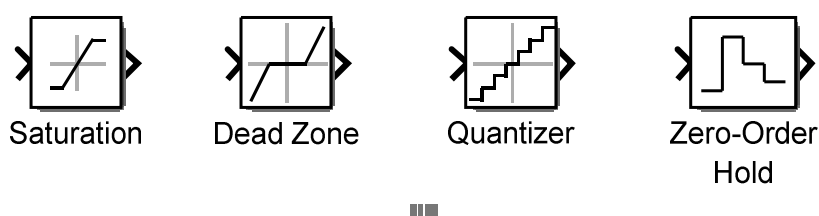


Рис. 1. Нелинейности: зона нечувствительности (*dead zone*), насыщение (или ограничение, англ. *saturation*), квантователь по уровню (*quantizer*), экстраполятор нулевого порядка (*zero-order hold*).

На практике в САУ часто оказывается возможным выделить статическую нелинейную часть F и динамическую линейную часть W , включенные последовательно (рис. 2).

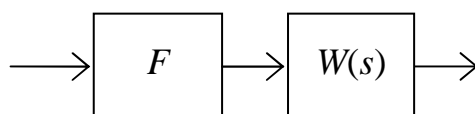


Рис. 2. Модель Гаммерштейна

Такая модель возникает при дополнении линейных моделей нелинейными элементами, учитывающими ограниченность управляющих воздействий, наличие зоны нечувствительности в измерительных и исполнительных элементах и т. п.

Один из приемов линеаризации заключается в охвате нелинейности отрицательной обратной связью (рис. 3).

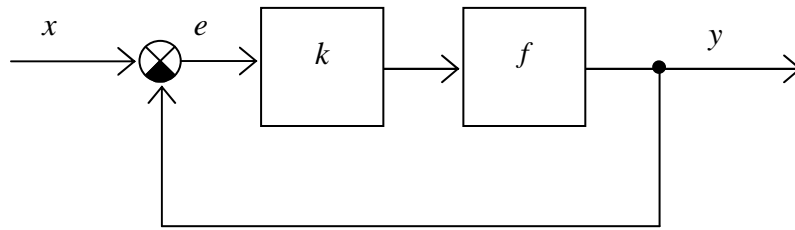


Рис. 3. Компенсация с помощью обратной связи.

При $k \gg 1$ имеем

$$y = \frac{kf}{1+kf} x \approx x.$$

В ряде случаев можно добиться устранения влияния статической нелинейности путем последовательного включения ее инверсии (рис. 4).

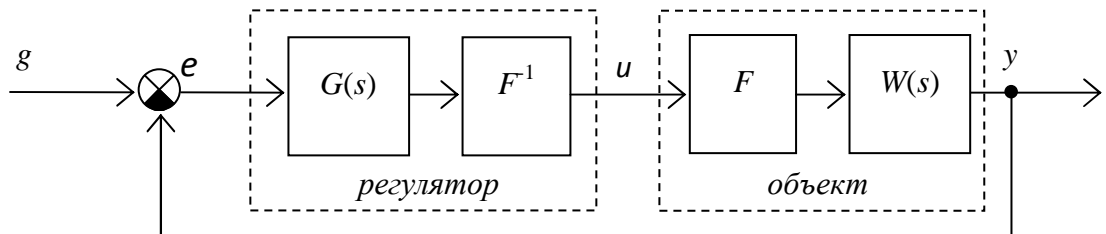


Рис. 4. Компенсация статической нелинейности

Регулятор $G(s)$ может проектироваться без учета нелинейности методами линейной теории автоматического управления.

Для получения обратной нелинейности можно использовать прием, основанный на использовании отрицательной обратной связи (рис. 5).

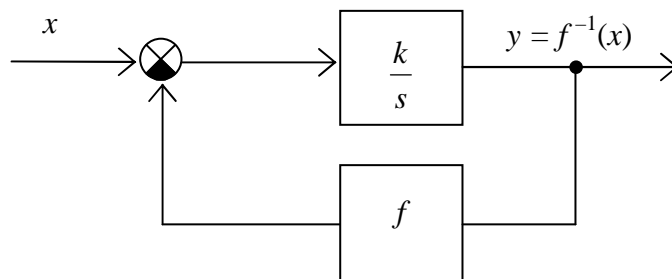


Рис. 5. Способ получения обратной нелинейности.

При $k \gg 1$ имеем

$$y = \frac{\frac{k}{s}}{1 + \frac{k}{s}f} x \approx f^{-1}x.$$

При параллельном соединении статических нелинейных элементов эквивалентное описание получается путем сложения выходных сигналов (рис. 6).

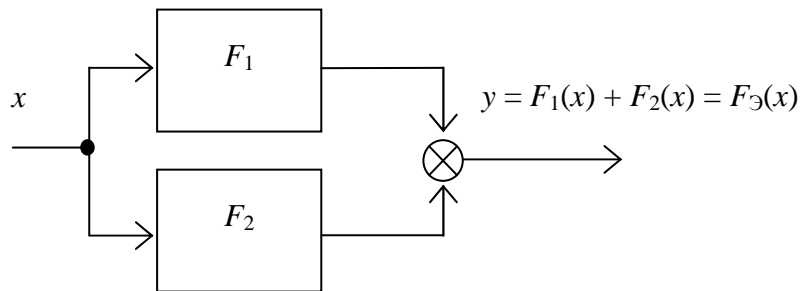


Рис. 6. Параллельное соединение нелинейных элементов

Задания на лабораторную работу

Задание 1.1. Проверить способ получения обратной нелинейности (рис. 3) путем моделирования при $f(x) = \exp(x)$.

Включить последовательно f и f^{-1} , подать на вход тестовый сигнал (*sine wave*). Привести в отчете схему моделирования и графики переходных процессов. Определить, при каких значениях k ошибка линеаризации остается малой.

Задание 1.2. Собрать схему, представленную на рис. 7.

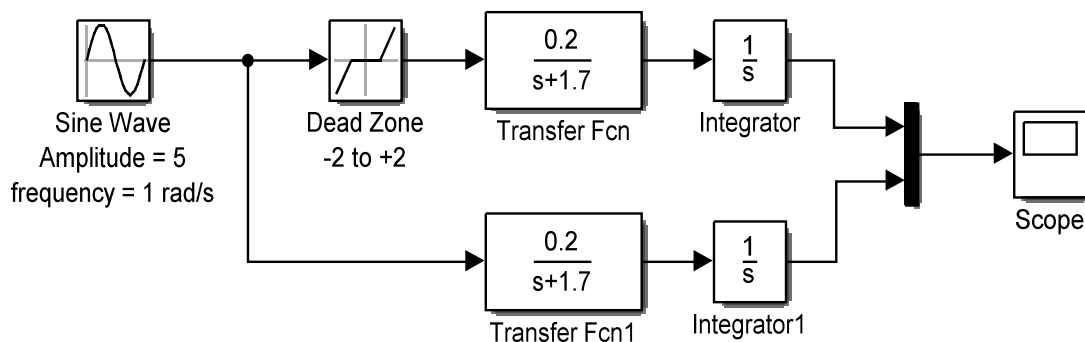


Рис. 7. Исследование влияния зоны нечувствительности

Запуская схему при различных значениях ширины зоны нечувствительности, показать влияние этой нелинейности на переходный

процесс. Время моделирования должно быть достаточным для завершения переходного процесса.

С помощью параллельного соединения с блоком «Насыщение» (рис. 6) добиться устранения влияния нелинейности «Мертвая зона».

Проверить вариант компенсации нелинейности с помощью отрицательной обратной связи (рис. 3). Показать влияние коэффициента k .

Задание 1.3. Собрать схему, представленную на рис. 8

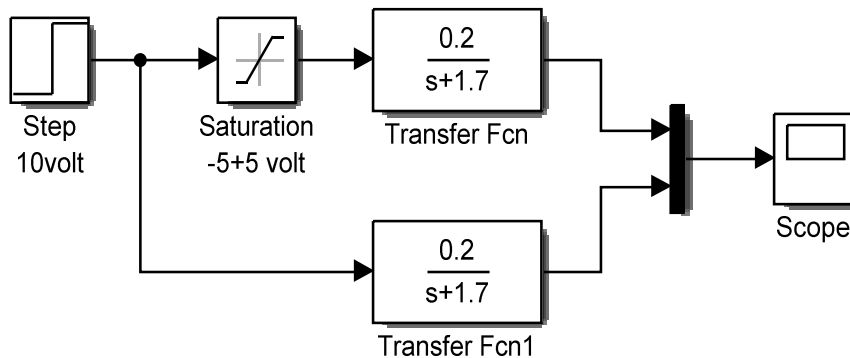


Рис. 8. Исследование влияния насыщения

Запуская схему при различных значениях уровня насыщения, показать влияние этой нелинейности на переходный процесс.

С помощью параллельного соединения с блоком «Мертвая зона» (рис. 6) добиться устранения влияния нелинейности «Насыщение».

Проверить возможность компенсации нелинейности с помощью отрицательной обратной связи (рис. 3).

Задание 1.4. Блок квантования по уровню характеризует работу аналого-цифрового преобразователя (рис. 9).

Запуская схему при различных значениях интервала квантования по уровню, показать влияние этой нелинейности на переходный процесс.

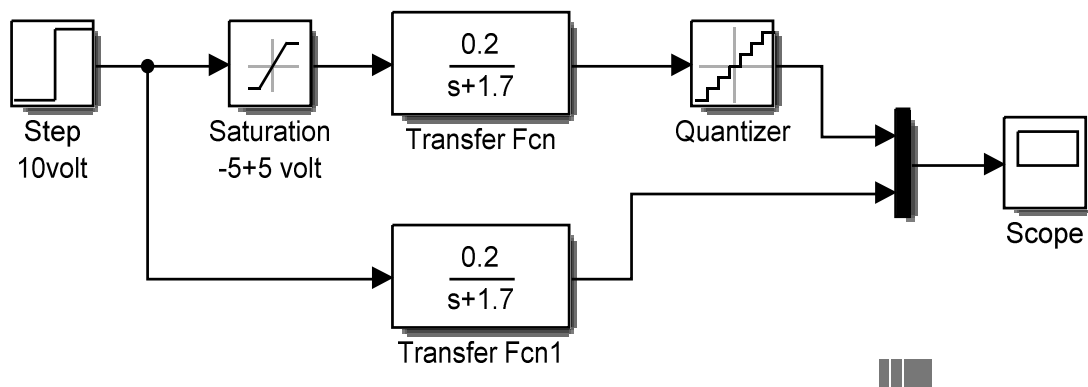


Рис. 9. Исследование влияния квантования по уровню

Задание 1.5. Работу цифро-аналогового преобразователя, сигнал на выходе которого квантуется по времени, описывает блок «Экстраполятор нулевого порядка» (рис. 10).

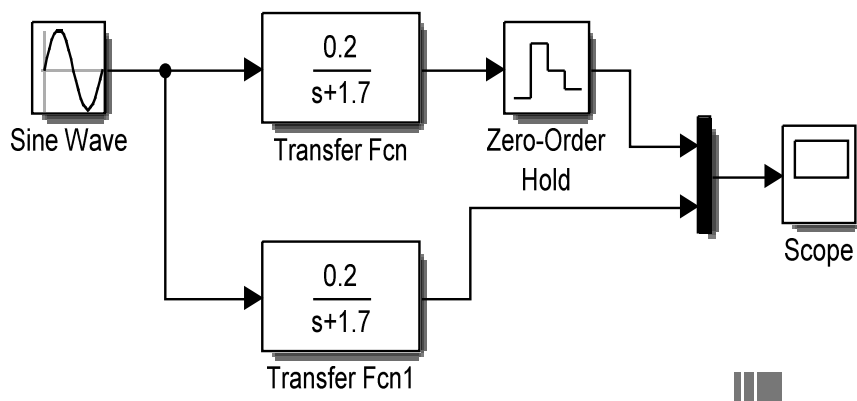


Рис. 10. Исследование влияния квантования по времени

Выполнив запуск схемы при различных значениях интервала квантования по времени, показать влияние этой нелинейности на переходный процесс.

Заменить экстраполятор нулевого порядка на экстраполятор 1-го порядка («*First-Order Hold*»). Сравнить работу двух вариантов экстраполятора.

Задание 1.6. Исследование влияния квадратичной нелинейности. Подобная нелинейность описывает, в частности, работу гидравлического клапана (рис. 11).

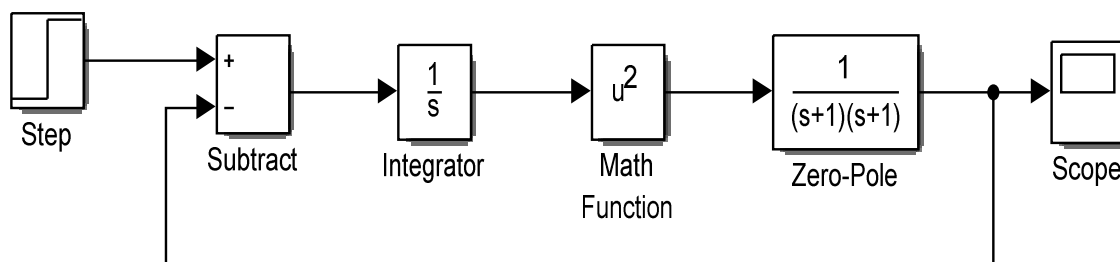


Рис. 11. Исследование влияния квадратичной нелинейности

Выполняя запуск схемы при различных значениях входного скачка, определить – при каком уровне входного скачка в системе возникают устойчивые колебания, и при каком уровне система теряет устойчивость.

Задание 1.7. Нелинейность «Ограничение» может вызывать эффект *интегрального насыщения* (англ. *windup*), который возникает в ПИД-регуляторах: если ошибка управления длительное время сохраняет знак, величина интегральной составляющей регулятора становится очень большой, и если затем ошибка меняет знак, то интегральная часть медленно уменьшается. Рассмотрим простую систему управления (рис. 12).

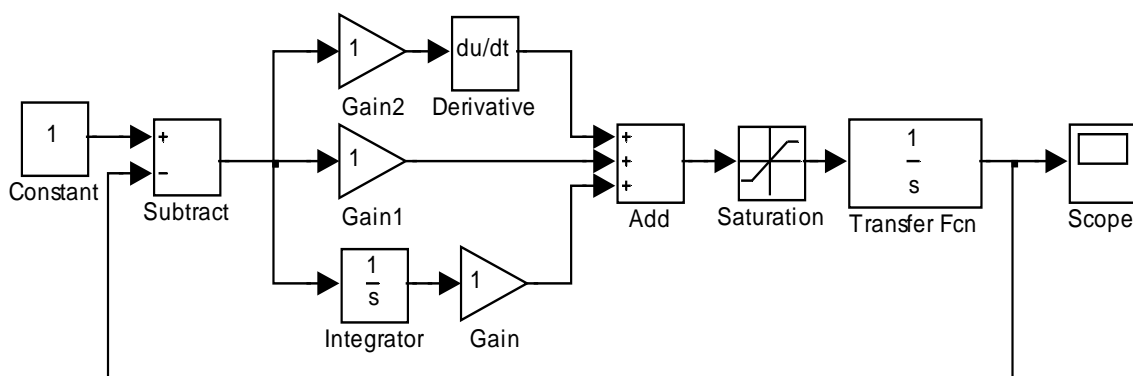


Рис. 12. Система управления с ПИД-регулятором и блоком «насыщение».

Определить, при каких параметрах блока «Ограничение» возникает эффект *windup*.

Для устранения эффекта насыщения охватить интегратор отрицательной обратной связью с нелинейным блоком «зона нечувствительности».