

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Е.В. Иванова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЗВЕНЬЕВ

*Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Автоматизированные системы управления АЭС» для студентов
направления 140404 "Атомные электрические станции и установки" Энергетического
института*

Издательство
Томского политехнического университета
2015

УДК 621.311.25

Исследование переходных характеристик элементарных звеньев.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Автоматизированные системы управления АЭС» для студентов направления 140404 "Атомные электрические станции и установки" Энергетического института. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. - 11 с.

Составитель: ст. преп., к.ф.-м.н. Иванова Е.В.

Рецензент: доцент, к.т.н. Озерова И.П.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «__» _____ 2015 г.

Заведующий кафедрой АТП,
канд. техн. наук, доцент _____ Озерова И.П.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы заключается в изучении переходной характеристики интегрального звена, а также - влияния коэффициента интегрирования на скорость нарастания переходной функции.

Задачами лабораторной работы являются:

- экспериментальное определение временной характеристики И-звена;
- вычисление весовых функций;
- графическое построение переходной характеристики.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЗВЕНЬЯ

Под звеном в теории автоматического управления подразумевают некую модель элемента или соединения элементов [1]. Часто используют типовые или элементарные звенья, передаточные функции которых имеют вид простых множителей или простых дробей.

Пропорциональное звено

По своей сути пропорциональное звено – идеальный (безынерционный) усилитель.

Пропорциональное звено описывается уравнением: $y(t) = k \cdot x(t)$, переходная характеристика - рис. 1.

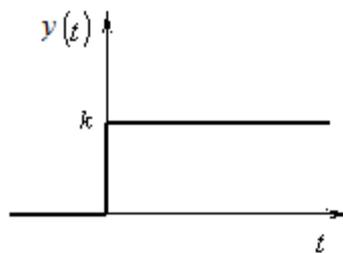


Рис. 1. Переходная характеристика пропорционального звена

В соответствии с преобразованием Лапласа получаем передаточную функцию: $W(P) = \frac{Y(P)}{X(P)} = k$.

Заменяя оператор P на $i\omega$, получаем частотные характеристики.

$$\text{ВЧХ} - \operatorname{Re}(\omega) = k.$$

$$\text{МЧХ} - \operatorname{Im}(\omega) = 0.$$

$$\text{АЧХ} - A(\omega) = k.$$

$$\text{ФЧХ} - \varphi(\omega) = 0.$$

Интегрирующее звено

Интегрирующее звено описывается уравнением: $y(t) = k_u \cdot \int_0^t x(t) dt$,

переходная характеристика представлена на рис. 2.

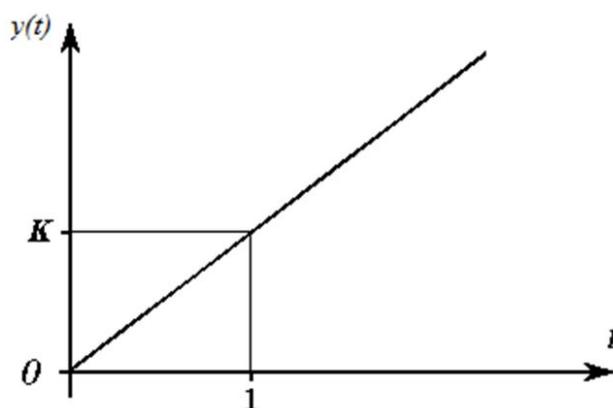


Рис. 2. Переходная характеристика интегрирующего звена

Передаточная функция равна: $W(P) = \frac{k_u}{P}$.

Частотные характеристики для интегрирующего звена:

$$\text{ВЧХ} - \operatorname{Re}(\omega) = 0.$$

$$\text{МЧХ} - \operatorname{Im}(\omega) = -\frac{k_u}{\omega}.$$

$$\text{АЧХ} - A(\omega) = \frac{k_u}{\omega}.$$

$$\text{ФЧХ} - \varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}.$$

Идеальное дифференцирующее звено

Идеальное дифференцирующее звено относится к физически нереализуемым звеньям.

Идеальное дифференцирующее звено описывается уравнением:

$$y(t) = k_D \cdot \frac{dx(t)}{dt}, \text{ переходная характеристика - рис. 3.}$$

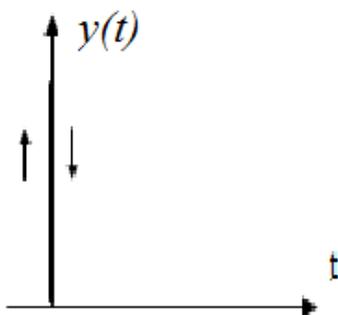


Рис. 3. Переходная характеристика идеального дифференцирующего звена

Передаточная функция – $W(P) = k_D \cdot P$.

Частотные характеристики:

$$\text{ВЧХ} - \operatorname{Re}(\omega) = 0.$$

$$\text{МЧХ} - \operatorname{Im}(\omega) = k_D \cdot \omega.$$

$$\text{АЧХ} - A(\omega) = k_D \cdot \omega.$$

$$\text{ФЧХ} - \varphi(\omega) = \frac{\pi}{2}.$$

Звено чистого транспортного запаздывания

Уравнение звена чистого транспортного запаздывания: $y(t) = x(t - \tau)$, $\tau \geq 0$,
переходная характеристика - рис. 4.

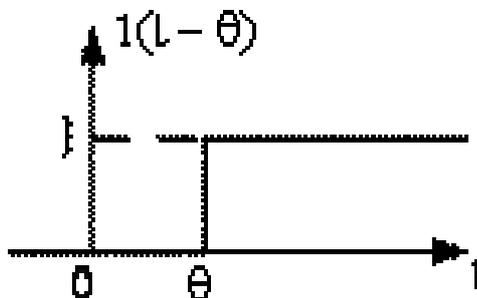


Рис. 4. Переходная характеристика звена запаздывания

Передаточная функция: $W(P) = e^{-P\tau}$.

$$\text{ВЧХ: } \operatorname{Re}(\omega) = \cos \omega\tau.$$

$$\text{МЧХ: } \operatorname{Im}(\omega) = -\sin \omega\tau.$$

$$\text{АЧХ: } A(\omega) = 1.$$

$$\text{ФЧХ: } \varphi(\omega) = -\omega\tau.$$

Апериодическое звено

Уравнение аperiodического звена: $T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k \cdot x(t)$, переходная характеристика - рис. 5.

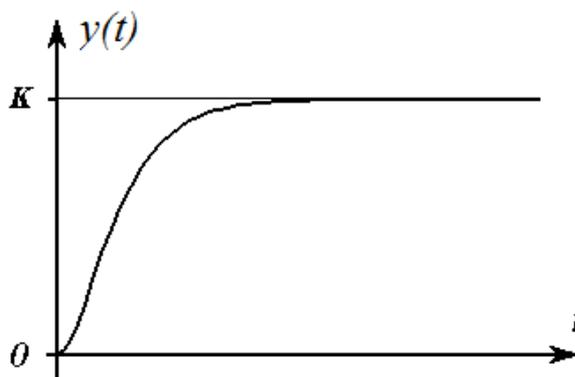


Рис. 5. Переходная характеристика аperiodического звена

Передаточная функция: $W(P) = \frac{k}{TP+1}$.

$$\text{ВЧХ: } \operatorname{Re}(\omega) = \frac{k}{T^2\omega^2 + 1}.$$

$$\text{МЧХ: } \operatorname{Im}(\omega) = -\frac{kT\omega}{T^2\omega^2 + 1}.$$

$$\text{АЧХ: } A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{1+T^2\omega^2}}.$$

$$\text{ФЧХ: } \varphi(\omega) = -\operatorname{arctg} T\omega.$$

Реальное дифференцирующее звено

Реальное дифференцирующее звено описывается уравнением:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k \frac{dx(t)}{dt}, \text{ переходная характеристика – рис. 6.}$$

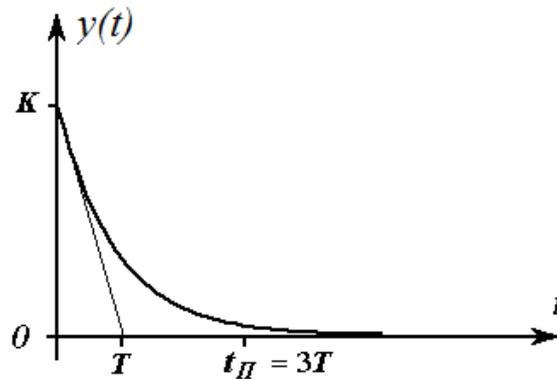


Рис. 6. Переходная характеристика реального дифференцирующего звена

Передаточная функция: $W(P) = \frac{kT\omega}{TP+1}$.

$$\text{ВЧХ: } \operatorname{Re}(\omega) = \frac{kT^2\omega^2}{T^2\omega^2+1}.$$

$$\text{МЧХ: } \operatorname{Im}(\omega) = \frac{kT\omega}{T^2\omega^2+1}.$$

$$\text{АЧХ: } A(\omega) = \frac{kT\omega}{T^2\omega^2+1}.$$

$$\text{ФЧХ: } \varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{1}{T\omega}.$$

Колебательное звено

Колебательное звено описывается уравнением: $T^2 \frac{d^2y}{dt^2} + 2\xi T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx$,

переходная характеристика – рис. 7.

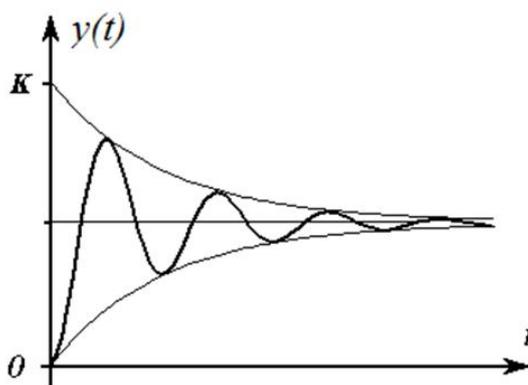


Рис. 7. Переходная характеристика колебательного звена

Передаточная функция: $W(P) = \frac{k}{T^2 P^2 + 2\xi TP + 1}$.

$$\text{ВЧХ: } \operatorname{Re}(\omega) = \frac{k(1 - T^2 \omega^2)}{(1 - T^2 \omega^2) + 4\xi^2 T^2 \omega^2}.$$

$$\text{МЧХ: } \operatorname{Im}(\omega) = \frac{-2\xi T \omega k}{(1 - T^2 \omega^2) + 4\xi^2 T^2 \omega^2}.$$

$$\text{АЧХ: } A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(1 - T^2 \omega^2) + 4\xi^2 T^2 \omega^2}}.$$

$$\text{ФЧХ: } \varphi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{2\xi T \omega}{(1 - T^2 \omega^2)}.$$

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустить программу "Интегральное звено" с рабочего стола.
2. Изучить информацию об интегральном звене и его характеристиках.
3. В соответствии с заданным вариантом получить переходную характеристику И-звена.
4. Зафиксировать значения времени и ординаты переходной характеристики И-звена.
5. Увеличить в два раза все значения исходных данных.

6. Зафиксировать значения времени и ординаты переходной характеристики второго И-звена.
7. Найти весовые функции для обоих случаев.
8. Сделать выводы.
9. Выполнить тест.

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Варианты исходных данных

№ вар	Коэффициент интегрирования	Максимум времени	Шаг по времени
1	1	100	5
2	2	200	10
3	3	300	15
4	4	150	5
5	5	250	10
6	1,5	350	15
7	2,5	400	20
8	3,5	500	25
9	4,5	600	30
10	5,5	450	20
11	10	550	25
12	8	650	30

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Теоретические сведения об элементарных звеньях.
2. Порядок проведения лабораторной работы.
3. Полученные с помощью программы "Интегральное звено" таблицы и рисунки.
4. Вывод весовых функций.

5. Ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие бывают элементарные звенья?
2. Как получить АФЧХ для каждого из звеньев?
3. Какие из звеньев не имеют мнимой частотной характеристики?
4. Как можно получить амплитудную частотную характеристику для реального дифференцирующего звена?
5. Запишите формулы для определения амплитудно-частотной характеристики для каждого звена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теория автоматического управления, часть 1 / под ред. Воронова А.А., – Москва: Высшая школа, 1977 г. – 153 с.

Евгения Владимировна Иванова

Исследование временных характеристик элементарных звеньев.
Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Автоматизированные системы управления АЭС» для студентов направления
140404 "Атомные электрические станции и установки" Энергетического
института.

Подписано к печати _____.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печать RISO. Усл. печ. л. 0.75. Уч.-изд. л. 0.7.

Тираж _____ экз. Заказ _____ . Цена свободная.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина 30.