МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е.АЛЕКСЕЕВА

Институт радиоэлектроники и информационных технологий

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №2

«Исследование свойств типового звена W6»

по дисциплине

«Основы теории управления»

РУКОВОДИТЕЛЬ:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_ Никулин.Е.А\_\_

(подпись) (фамилия, и.,о.)

СТУДЕНТ:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Сухоруков В.А.\_\_\_

(подпись) (фамилия, и.,о.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Мосташов В.С.\_\_\_

(подпись) (фамилия, и.,о.)

\_\_\_\_\_\_19-ВМ\_\_\_\_\_\_\_\_

(шифр группы)

Работа защищена «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

С оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

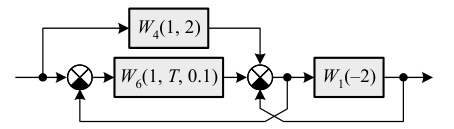
Нижний Новгород 2022

# Цель работы

Исследовать все свойства типового звена W6, вывести и построить графики частотных и временных характеристик. Синтезировать схему на операционном усилителе.

# Исходные данные

Вариант 6:



# Ход работы

## Вывод функционального уравнения

Заменим *s* на .

– Дифференциальное уравнение второго порядка.

## Вывод частотных характеристик

* **Комплексная частотная характеристика:**

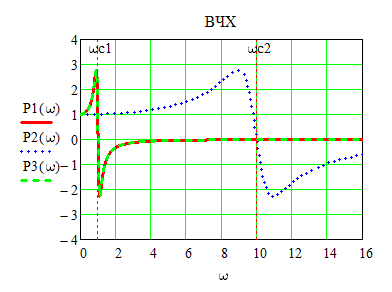
*При K=1, =0.1*

* **Вещественная частотная характеристика:**

*При K=1, =0.1*

Рассмотрим три разных значения параметра T:

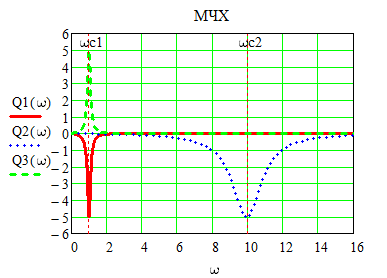
* T1 = 1
* T2 = 0.1
* T3 = -1



При уменьшении модуля параметра T график вытягивается вдоль оси абсцисс. Изменение знака параметра T на график не влияет.

* **Мнимая частотная характеристика:**

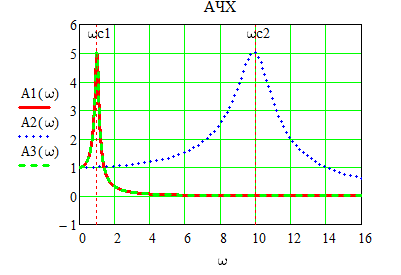
*При K=1, =0.1*



При уменьшении модуля параметра T график вытягивается вдоль оси абсцисс. При изменении знака параметра T график отражается относительно оси абсцисс.

* **Амплитудная частотная характеристика:**

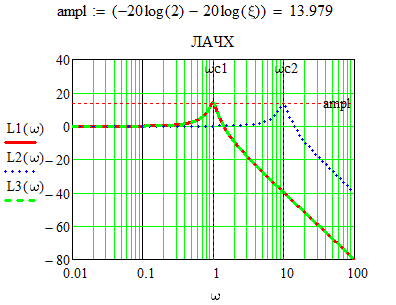
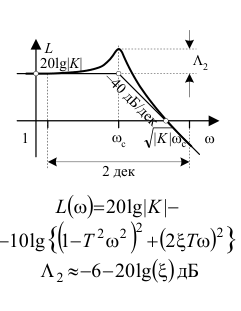
*При K=1, =0.1*



При уменьшении модуля параметра T график вытягивается вдоль оси абсцисс. Изменение знака параметра T на график не влияет.

* **Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика:**

*При K=1, =0.1*



При уменьшении модуля параметра T график сдвигается вправо относительно оси абсцисс. Изменение знака параметра T на график не влияет.

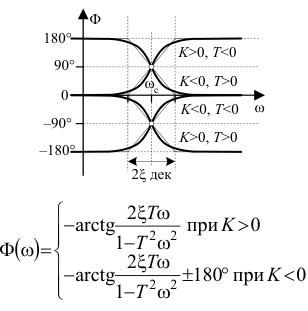
Проверим правильность построения графика по таблице «Приложение 1. Частотные и временные характеристики типовых звеньев» (Рис 5).

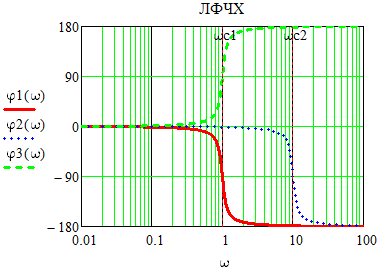
1. Изменение амплитуды при равно
2. При изменении частоты от до амплитуда колебания уменьшается на 20 дБ.

График построен верно.

* **Логарифмическая фазо-частотная характеристика:**

*При K=1, =0.1*



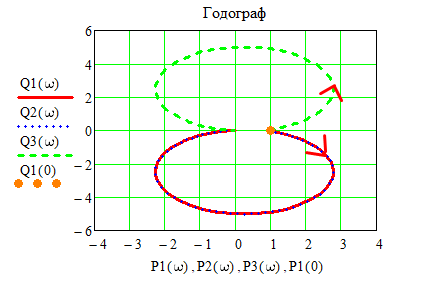


При уменьшении модуля параметра T график смещается вдоль оси абсцисс. Изменение знака параметра T приводит к отражению графика относительно оси абсцисс.

Проверим правильность построения графика по таблице «Приложение 1. Частотные и временные характеристики типовых звеньев» (Рис 7).

График построен верно.

* **Годограф:**



Уменьшение модуля параметра T не влияет на график. Изменение знака параметра T приводит к отражению графика относительно оси абсцисс.

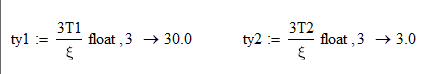
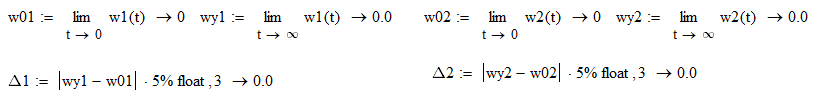
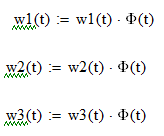
## Вывод временных характеристик

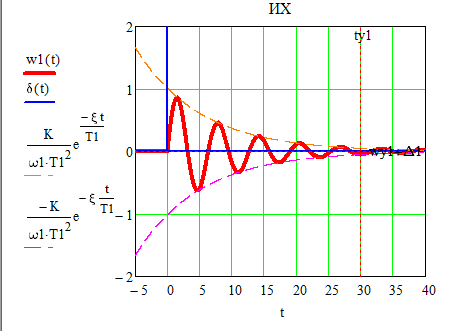
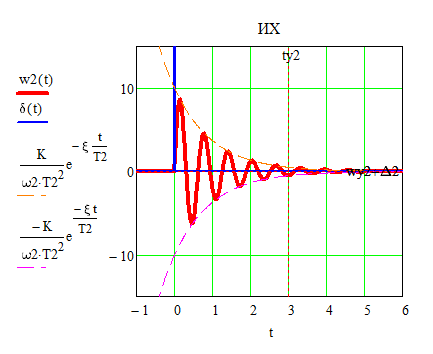
* **Импульсная характеристика:**

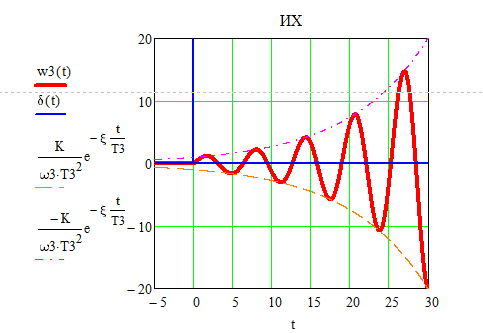
По таблице обратного преобразования Лапласа, изображение

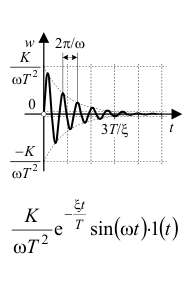
соответствует оригиналу , где

*При K=1, =0.1*









При уменьшении модуля параметра T, график вытягивается вдоль оси ординат и сжимается вдоль оси абсцисс. Изменение знака параметра T, приводит к расходимости графика.

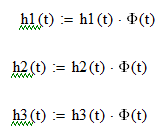
Проверим правильность построения графика по таблице «Приложение 1. Частотные и временные характеристики типовых звеньев» (Рис 12).

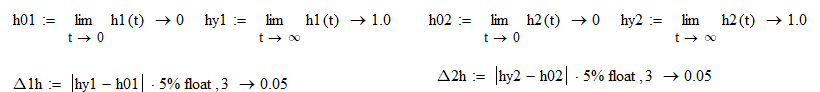
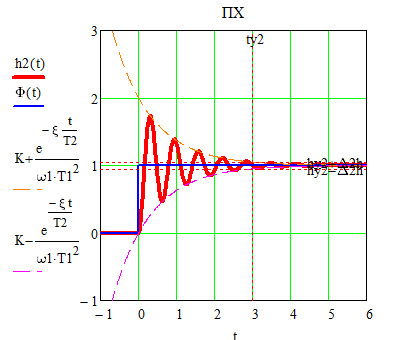
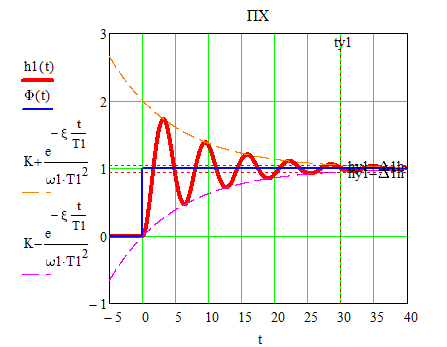
График построен верно.

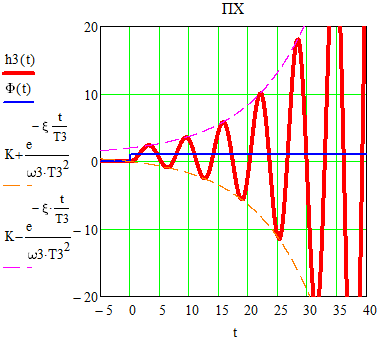
* **Переходная характеристика:**

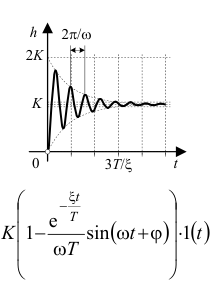
По таблице обратного преобразования Лапласа, изображение соответствует оригиналу , где

*При K=1, =0.1*









При уменьшении параметра T, график сжимается вдоль оси абсцисс. Изменение знака параметра T, приводит к расходимости графика.

Проверим правильность построения графика по таблице «Приложение 1. Частотные и временные характеристики типовых звеньев» (Рис 16).

График построен верно.

## Синтез схемы на операционном усилителе

Передаточная функция:

Вычислим суммы коэффициентов усиления по прямому и инверсному входам

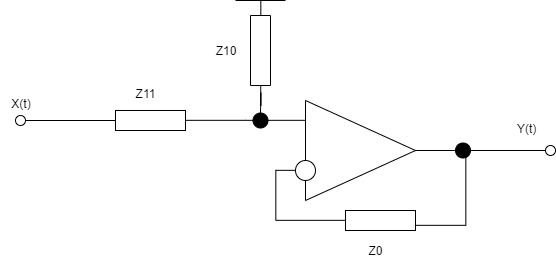
Условие баланса:

Условие баланса не выполняется, значит нужно подобрать передаточные функции и с положительными коэффициентами, удовлетворяющие условию

Для оптимальной схемы (в целях экономии элементов) предположим .

Полиномы числителя и знаменателя с положительными коэффициентами, следовательно, предположение верно и .

Эскизная схема имеет вид:



Для инверсного входа:

1.В качестве константы можно взять любое неотрицательное число. Возьмем константу равную нулю, тогда сопротивление .

2. Z0 можно заменить проводом, поскольку входное сопротивление *идеального* ОУ бесконечно велико, и входной ток равен нулю.

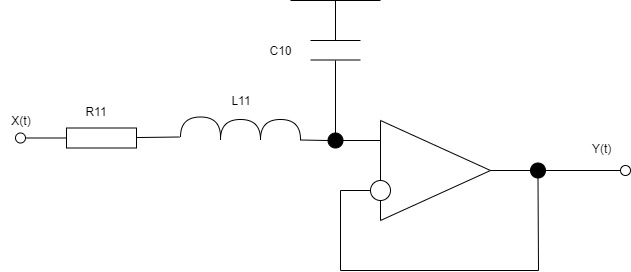
Для прямого входа:

Возьмём , так как при таком выборе в уравнении сократится s.

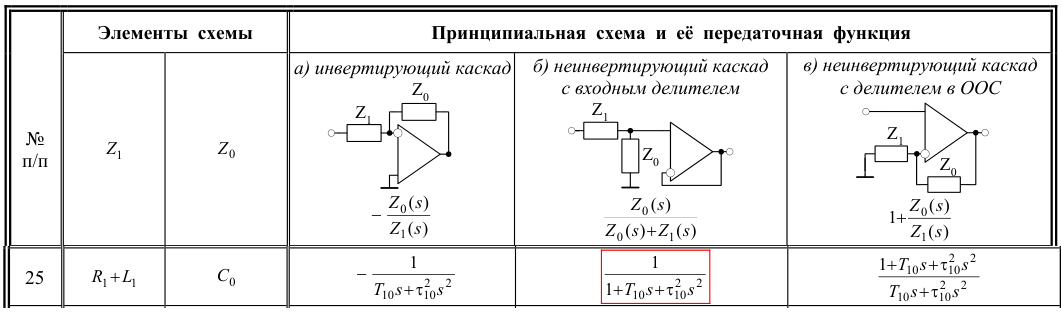
Последовательное соединение резистора и индуктивности равно R+Ls. Сопротивление индуктивности равно .

Возьмем , тогда .

Итоговая схема имеет вид:

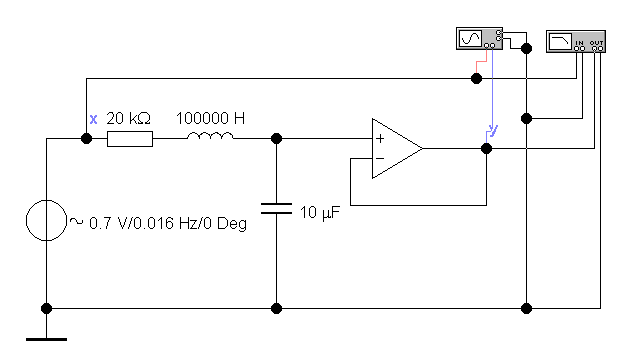


Проверим правильность построения схемы по таблице «Приложение 2. Схемы каскадов на ОУ» (Рис 19). Схема соответствует строке 25, столбцу б.



## Использование программы WorkBench

### Синтез и сборка схемы моделирования на ОУ в EWB



### Исследование частотных характеристик

Заполним таблицу значений логарифмического усиления L, линейного усиления А и фазового сдвига φ для средних, низких и высоких частот.

Частота сопряжения ГЦ≈0,16 ГЦ=*fср* - это средняя частота.

Низкая частота ≈0,016 ГЦ.

Высокая частота ≈1,6 ГЦ.

Для этого на генераторе гармонических колебаний установим

* амплитуду Ax=1В,
* значение напряжения установим равное значению действующего напряжения = Ax/√2=0.7 Ax,
* фазу сигнала равную 0°

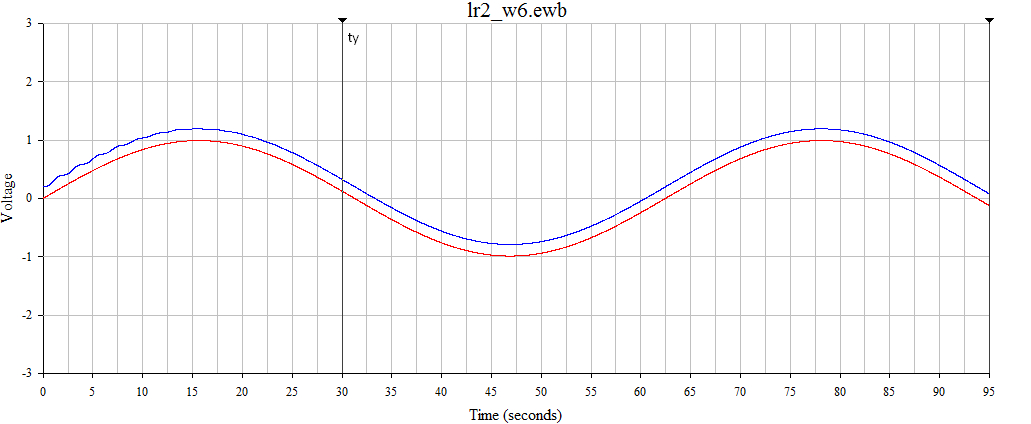
и поочередно будем менять значение частоты.

На осциллографе строятся графики входного и выходного, по которым в установившемся режиме измеряются амплитуда, фазовый сдвиг φ, и вычисляется коэффициент усиления .

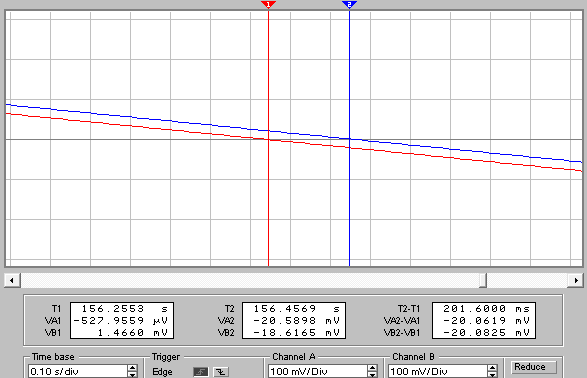
Время установления =30 (c).

Приведем графики для 3 частот с измерениями после времени установления.

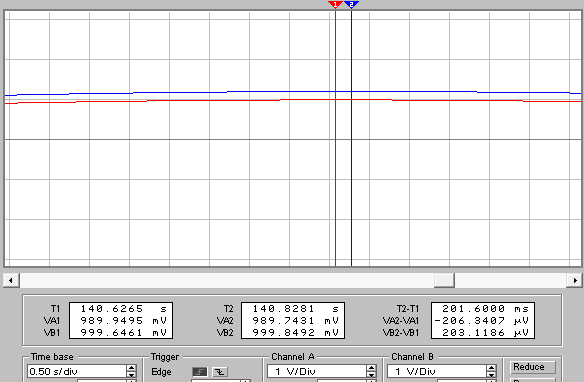
* **Низкая частота**
* Общий график



* Моменты времени, когда x(t)=0 и y(t)=0

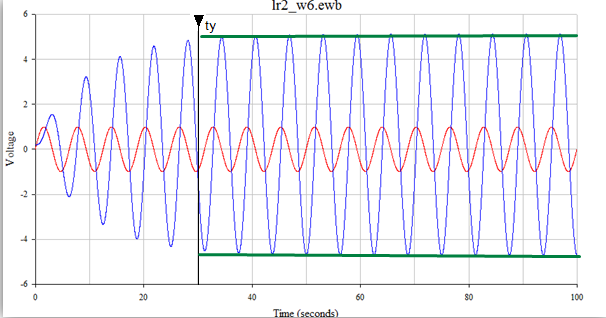


* Моменты времени, когда x(t)=Ax и y(t)=Ay

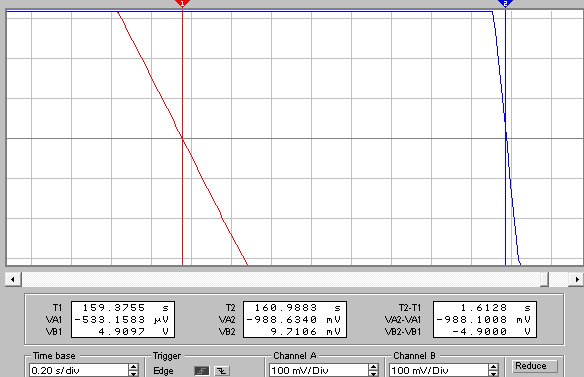


дБ

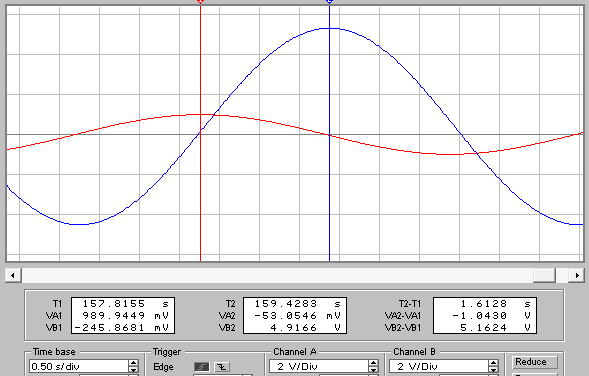
* **Средняя частота**
* Общий график



* Моменты времени, когда x(t)=0 и y(t)=0

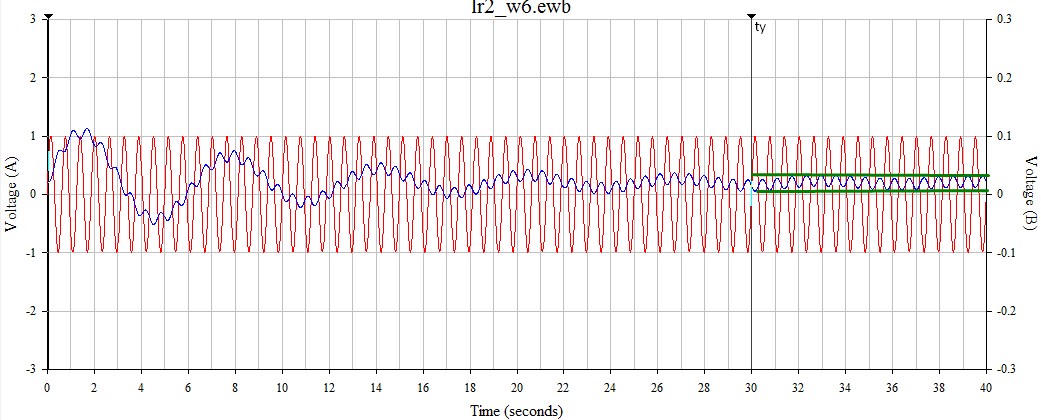


* Моменты времени, когда x(t)=Ax и y(t)=Ay

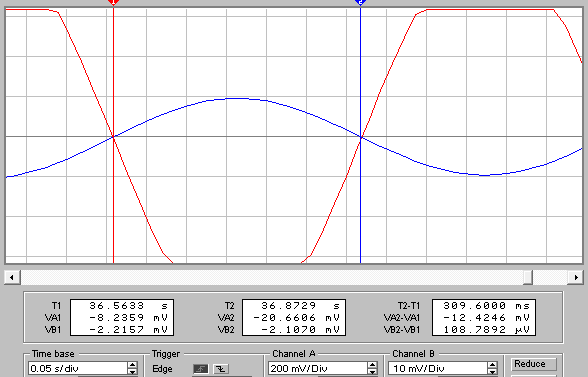


дБ

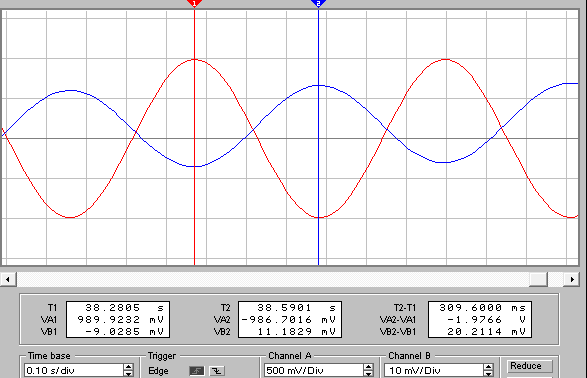
* **Высокая частота**
* Общий график



* Моменты времени, когда x(t)=0 и y(t)=0



* Моменты времени, когда x(t)=Ax и y(t)=Ay



*дБ*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Частота, Гц | L, ДБ | А | φ, ° |
| fн≈0,016 |  |  |  |
| fср≈0,16 |  |  |  |
| fв≈1,6 |  |  |  |

*Объяснение свойств выходного сигнала:* Собранная схема является селективным усилителем частот. Селективный усилитель — усилитель, у которого коэффициент усиления максимален в узком диапазоне частот и много больше за его пределами.

При частоте fн=0,016 Гц выходной сигнал y(t) копирует сигнал x(t) с небольшим отставанием.

При частоте fср=0,16 Гц линейный коэффициент усиления равен – средние частоты усиливаются почти в 5 раз.

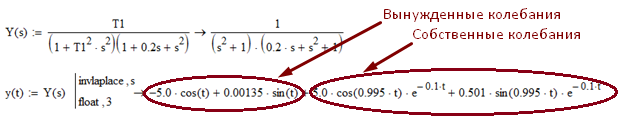
При высокой частоте 1,6 Гц сигнал на выходе составляет ≈ одну сотую входного сигнала – высокие частоты не пропускаются через усилитель.

Селективные усилители применяют в промышленных системах обработки информации, когда необходимо из широкого спектра частот входного сигнала выделить составляющие, несущие информацию. Также данные усилители используются в радиоприёмниках для настройки на нужную частоту вещания.

*Объяснение свойств выходного сигнала при высокой частоте:*

Выведем формулу выходного сигнала.

Вычислим значение y(t) с помощью Mathcad.



В формуле выходного сигнала как слагаемые присутствуют:

1)Произведение экспоненты в отрицательной степени и косинуса.

2)Произведение экспоненты в отрицательной степени и синуса.

Колебания происходят с амплитудой, уменьшающейся по экспоненте. При уменьшении значения экспонаты, график сходится к незатухающим колебаниям.

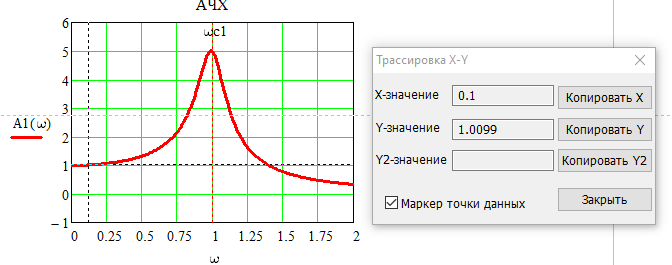
### Сравнение полученных значений с графиками, построенными в Mathcad

Для проверки соответствия данных, полученных двумя способами, воспользуемся функцией «Трассировка» в программе Mathcad.

* **Низкая частота**

fн≈0,016 Гц≈ 0,1 Рад/c

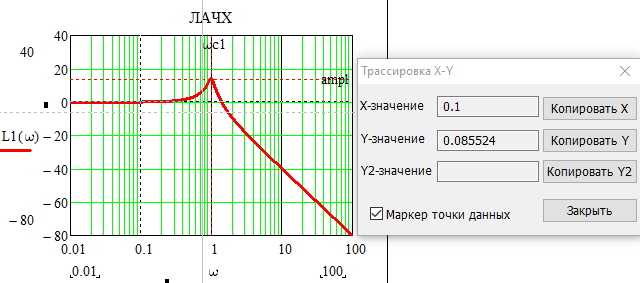
* Линейное усиление – Значение совпадает.



* Логарифмическое усиление – Значение совпадает.



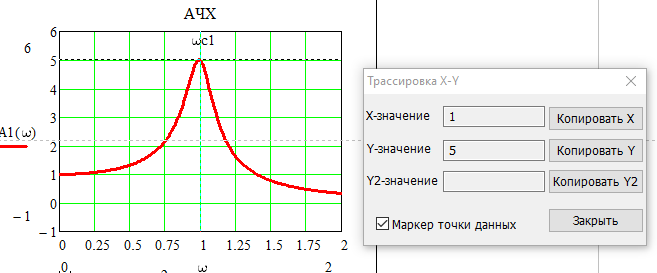
* Фазовый сдвиг – Значение совпадает.



* **Средняя частота**

fср≈0,16 Гц≈ 1 Рад/c

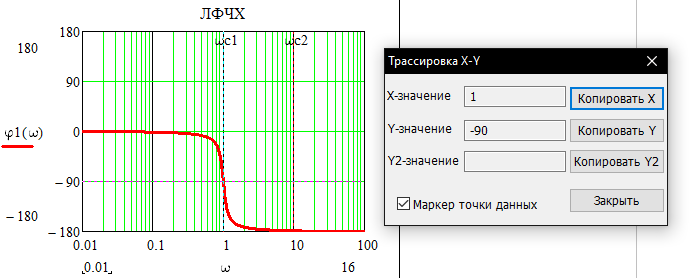
* Линейное усиление – Значение совпадает.



* Логарифмическое усиление – Значение совпадает.



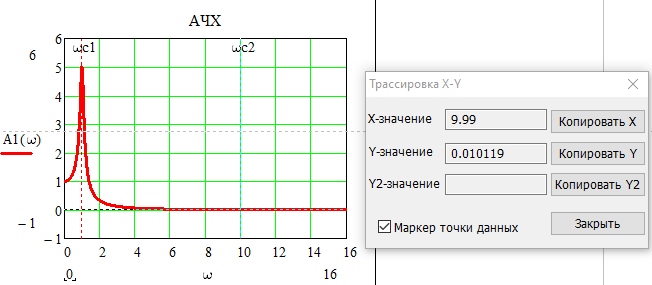
* Фазовый сдвиг – Значение совпадает.



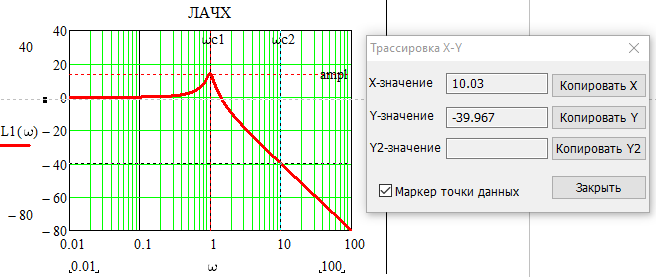
* **Высокая частота**

fвыс≈1,6 Гц≈ 10 Рад/c

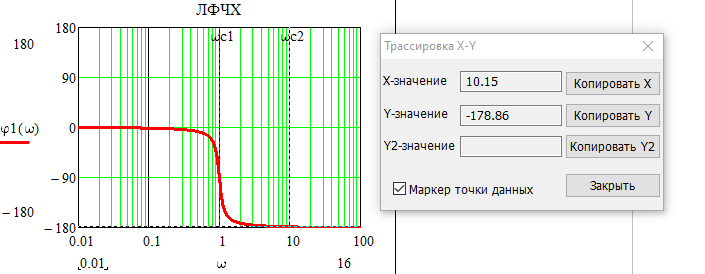
* Линейное усиление – Значение совпадает



* Логарифмическое усиление – Значение совпадает.

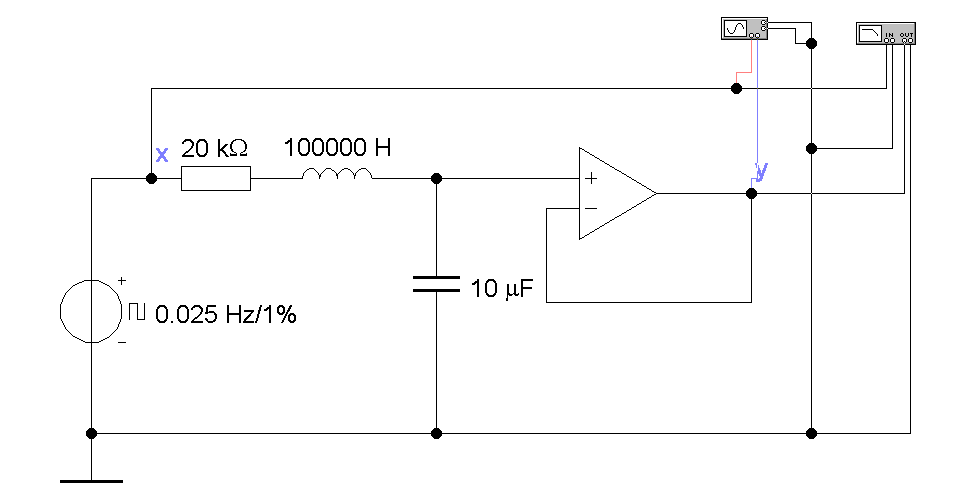


* Фазовый сдвиг – Значение совпадает.



### Исследование временных характеристик

Исследуем реакции типового звена на негармонические входные воздействия — функции Дирака δ(t) и Хевисайда 1(t). Для этого подключим к схеме импульсный генератор.

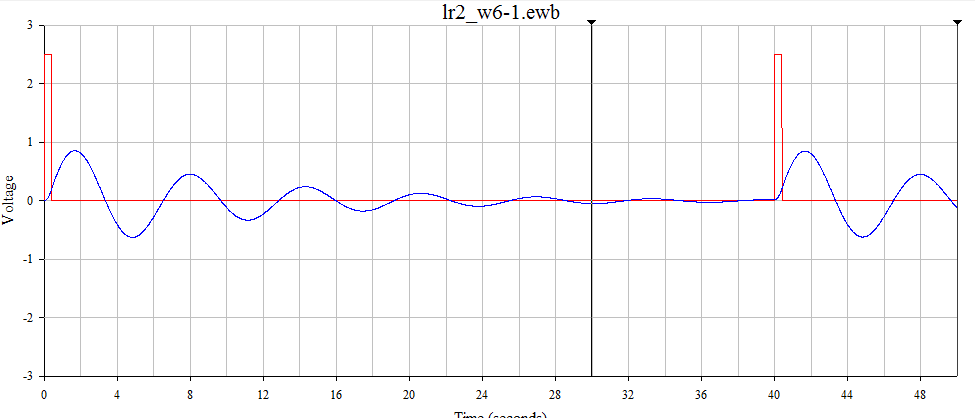


Для формирования функции Дирака установим следующие параметры генератора:

* Частота – 0,025 Гц. Период импульсов должен быть больше времени установления, чтобы можно было увидеть реакцию на функцию Дирака. Время установления равно 3T/=30с, период импульсов при выбранной частоте будет равен 40 с.
* Коэффициент заполнения - характеристика импульсных систем, определяющая отношение длительности импульса к периоду следования (повторения) импульсов. Установим 1% т.к. нам нужен максимально короткий импульс.
* Напряжение. Интеграл функции Дирака должен быть равен единице. Интеграл – площадь под графиком. Для обеспечения этого условия установим напряжение равное 2.5 В.

В промежутке между соседними импульсами на выходе схемы формируется *приближение к импульсной характеристике w(t)*, поскольку. реальную дельта-функцию получить невозможно - значение напряжения не может быть в один момент равно нулю и бесконечности.

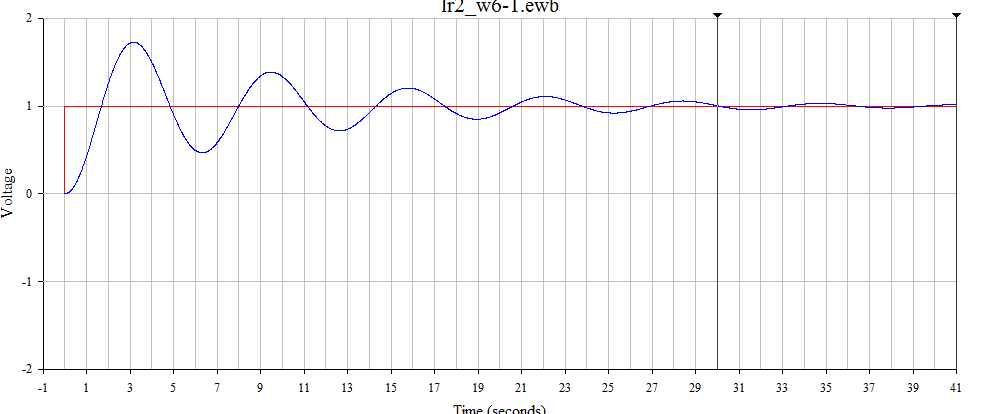
Полученный график (Рис 40) совпадает с графиком, построенным с помощью Mathcad (Рис 9).



Для формирования функции Хевисайда установим следующие параметры генератора:

* Частота – 0,1 Гц.
* Коэффициент заполнения - 100%. Поскольку значение функции при значении времени >0 должно быть равно единице.
* Напряжение – установим напряжение равное 1В.

Полученный график (Рис 41) совпадает с графиком, построенным с помощью Mathcad (Рис 13).



Вертикальные движки на рис.40, 41 показывают время установления ty=30c.