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 №1

«Исследование свойств типового звена W4»

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 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

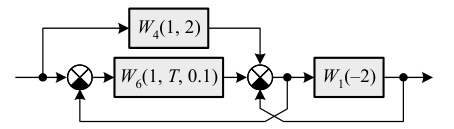
Нижний Новгород 2022

# Цель работы

Исследовать все свойства типового звена W4, 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 первого порядка.

## Вывод частотных характеристик

* Комплексная частотная характеристика:

При K=1, T=2

* Вещественная частотная характеристика:

При K=1, T=2

* Мнимая частотная характеристика:

При K=1, T=2

* Амплитудно-частотная характеристика

При K=1, T=2

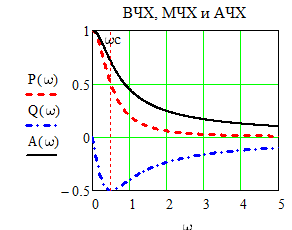


Рис 1.

* Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика

При K=1, T=2

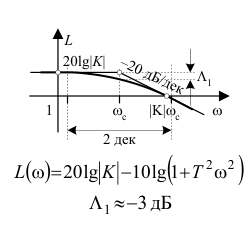
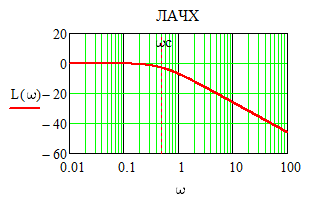


Рис 2. Рис 3.

Проверим правильность построения графика по таблице «Приложение 1. Частотные и временные характеристики типовых звеньев» (Рис 3).

– частота, при которой логарифмическое усиление амплитуды равно -3дБ.

При изменении частоты от до амплитуда колебания уменьшается на 20 дБ.

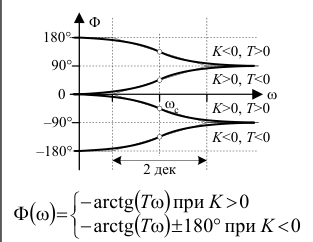
График построен верно.

* Логарифмическая фазо-частотная характеристика

При K=1, T=2



*Задание функции в Mathcad*:



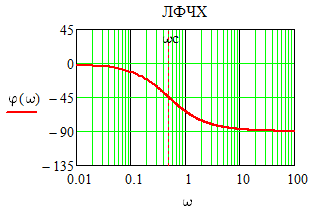


Рис 4. Рис 5.

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

График построен верно.

* Годограф

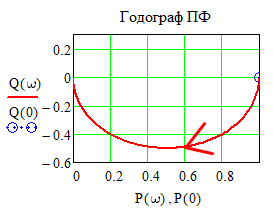


Рис 6.

## Вывод временных характеристик

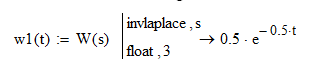
* Импульсная характеристика

По таблице обратного преобразования Лапласа, изображение

соответствует оригиналу , где .

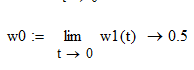
При K=1, T=2

*Задание функций в Mathcad*:













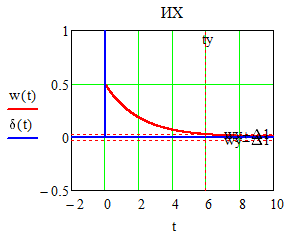
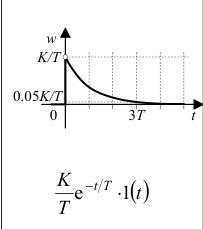
 

Рис 7. Рис 8.

Проверим правильность построения графика по таблице «Приложение 1. Частотные и временные характеристики типовых звеньев» (Рис 8).

График построен верно.

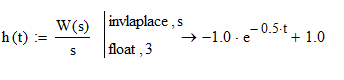
* Переходная характеристика

По таблице обратного преобразования Лапласа, изображение

соответствует оригиналу , где .

При K=1, T=2

*Задание функций в Mathcad*:

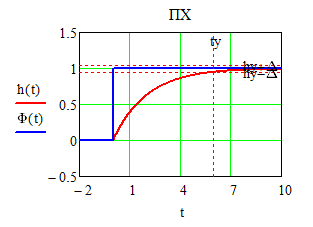












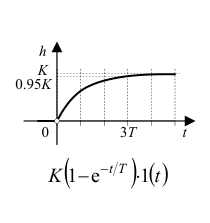


Рис 9. Рис 10.

Проверим правильность построения графика по таблице «Приложение 1. Частотные и временные характеристики типовых звеньев» (Рис 10).

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 предположим .

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

Эскизная схема имеет вид:

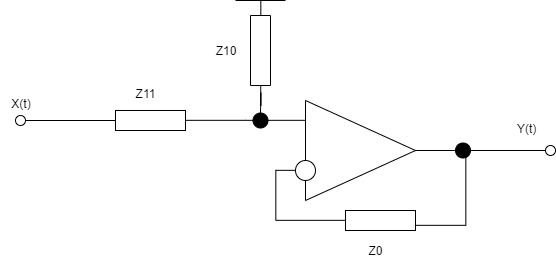


Рис 11.

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.

Из полученного соотношения видно, что удобно взять: .

Возьмем , тогда

Получим схему:

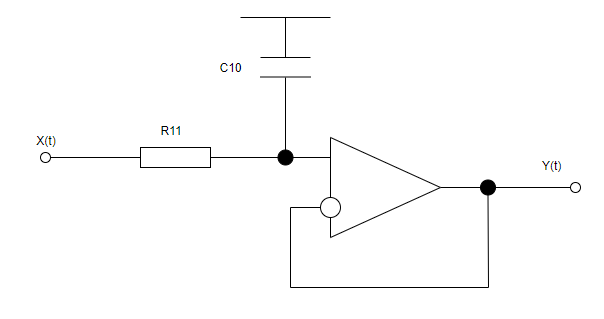


Рис 12.

Проверим правильность построения схемы по таблице «Приложение 2. Схемы каскадов на ОУ» (Рис 13). Схема соответствует строке 2, столбцу б.

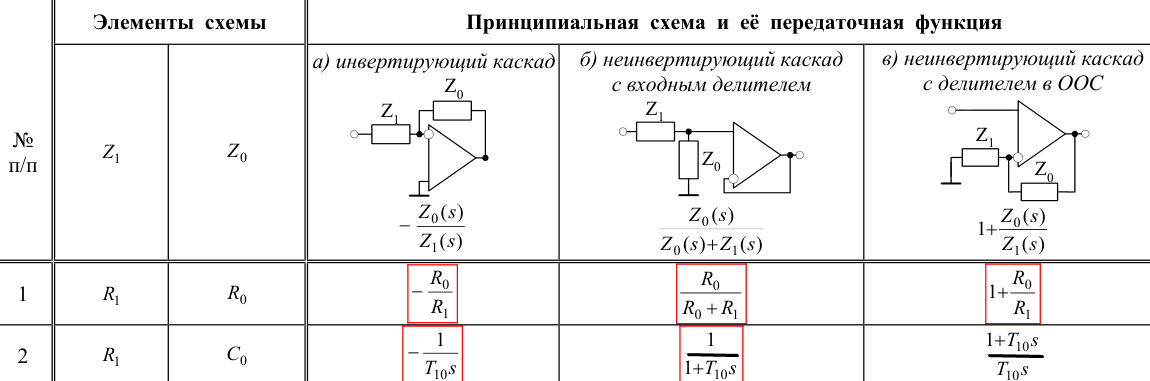


Рис 13.

## Использование программы WorkBench

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

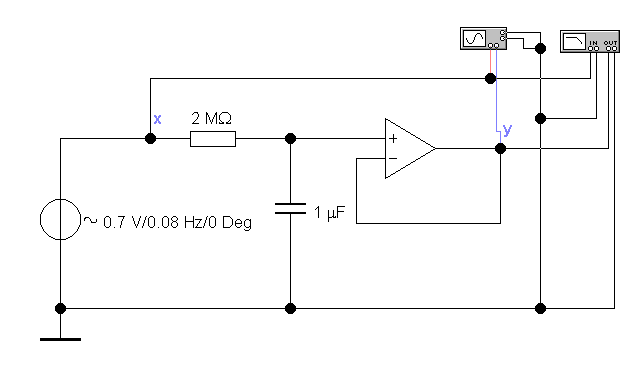


Рис 14.

### 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≈0,08 ГЦ=*fср* - это средняя частота.

Низкая частота ≈0,008 ГЦ.

Высокая частота ≈0, 8 ГЦ.

Для этого на генераторе гармонических колебаний установим

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

и поочередно будем менять значение частоты.

*Действующее значение переменного тока* равно величине такого постоянного тока, который за время, равное одному периоду переменного тока, произведёт такую же работу, что и рассматриваемый переменный ток.

Работа постоянного тока равна:

Работа переменного тока равна:

Тогда,

Среднее значение функции за период колебания равно нулю, поэтому

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

Время установления tу=3T=3\*2=6(c).

Приведем графики для 3 частот с измерениями после времени установления.

* Низкая частота

Значение амплитуды получим с помощью инструмента «Analysis Graphs».

* Общий график

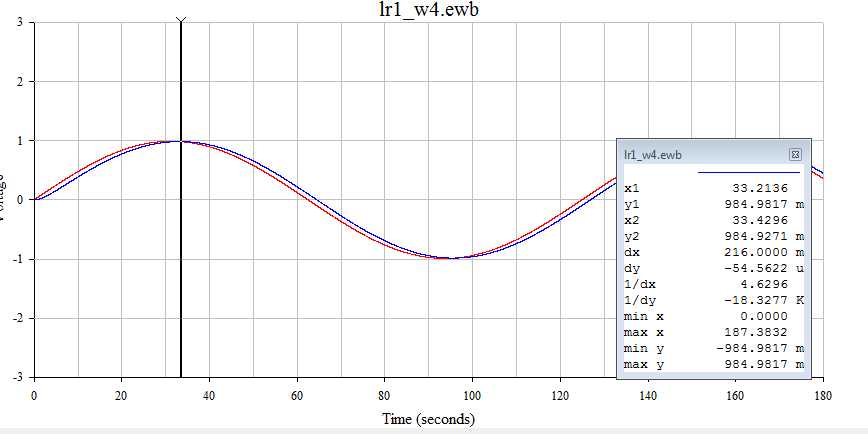


Рис 15.

Для повышения точности измерения фазового сдвига используем окно осциллографа.

, значит необходимо узнать . Увеличим масштаб графиков до 20мВ на деление. Установим движки на те моменты, когда графики пересекают ось времени. Тогда будет равно Т2-Т1=1,944 сек.

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

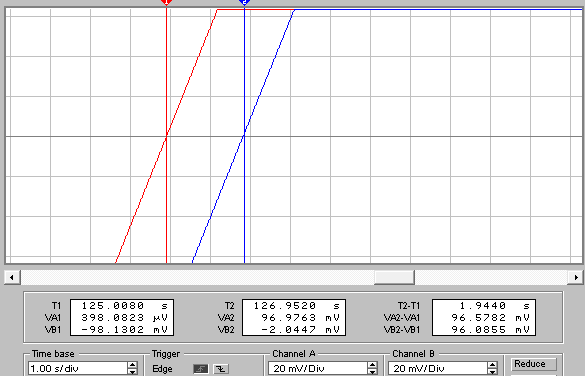


Рис 16.

* Средняя частота
* Общий график

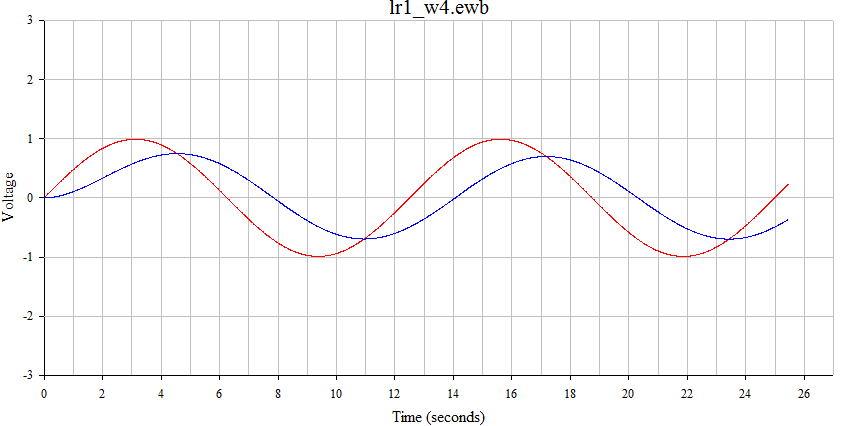


Рис 17.

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

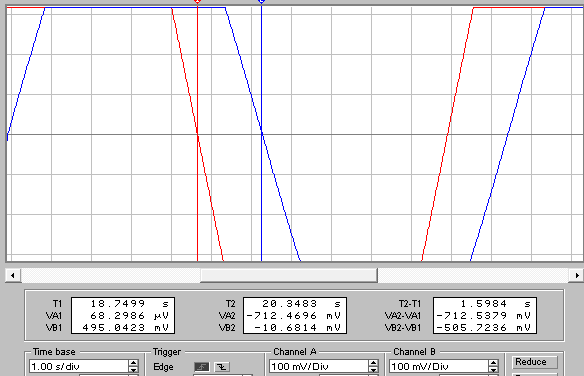


Рис 18.

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

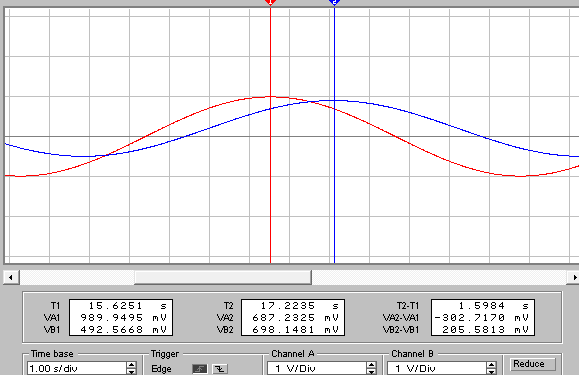


Рис 19.

дБ

* Высокая частота
* Общий график

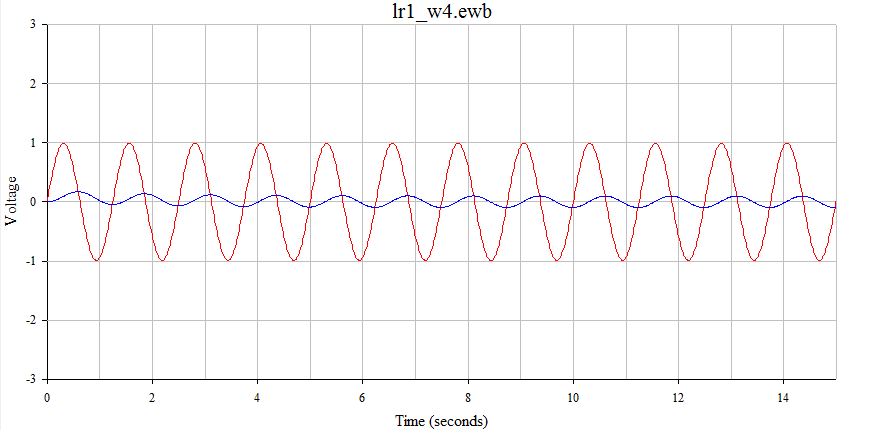


Рис 20.

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

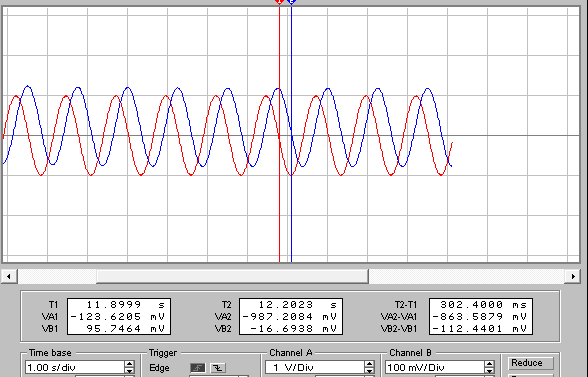


Рис 21.

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

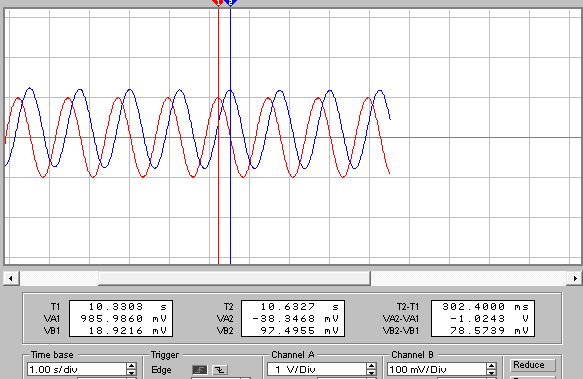


Рис 22.

дБ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Частота, Гц | L, ДБ | А | φ, ° |
| fн≈0,008 |  |  |  |
| fср≈0,08 |  |  |  |
| fв≈0,8 |  |  |  |

Таблица 1.

*Объяснение свойств выходного сигнала:* Собранная схема является фильтром нижних частот. Фильтр нижних частот (ФНЧ) — фильтр, эффективно пропускающий частотный [спектр](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80) [сигнала](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB) ниже некоторой частоты ([частоты среза](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B0)) и подавляющий частоты сигнала выше этой частоты.

При частоте fн=0,008 Гц выходной сигнал y(t) копирует сигнал x(t) с небольшим отставанием.

При частоте fср=0,08 Гц линейный коэффициент усиления равен 0,71 – низкие частоты пропускаются через фильтр, а средние частоты уменьшаются в √2 раза.

При высокой частоте 0,8 Гц сигнал на выходе составляет ≈ одну десятую входного сигнала – высокие частоты не пропускаются через фильтр.

Электронные фильтры нижних частот используются на входах сабвуферов и других типов громкоговорителей, чтобы блокировать высокие тона, которые они не могут эффективно воспроизводить. В радиопередатчиках используются фильтры нижних частот для блокирования гармонических излучений, которые могут создавать помехи другим средствам связи.

*Объяснение свойств выходного сигнала при высокой частоте:*

«Растянем» выходной сигнал y(t) в 10 раз. Как можно увидеть на графике, выходной сигнал «сползает» по оси напряжения после времени установления(6 сек).

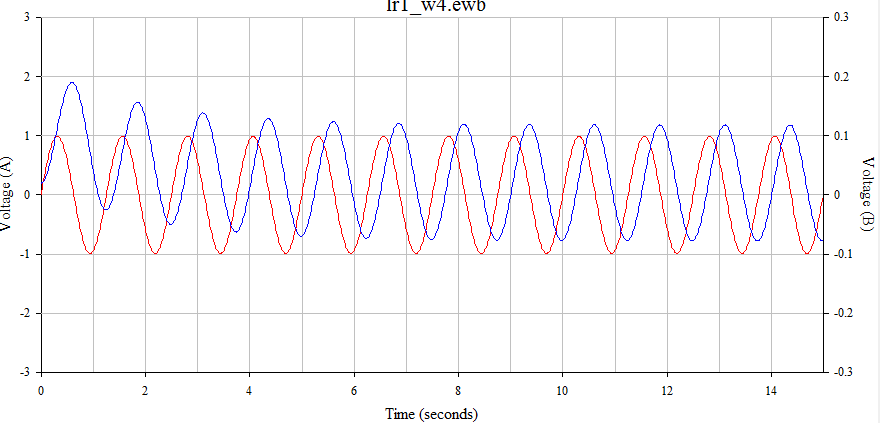
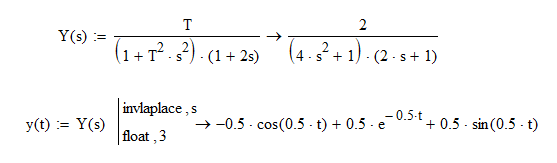


Рис 23.

Выведем формулу выходного сигнала.

Вычислим значение y(t) с помощью Mathcad.



В формуле выходного сигнала как слагаемое присутствует экспонента в отрицательной степени. Колебания происходят относительно значения экспоненты. При уменьшении значения экспонаты, график «сползает» вниз.

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

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

* **Низкая частота**

fн≈0,008 Гц≈ 0,05 Рад/c

* Линейное усиление – Значение совпадает.

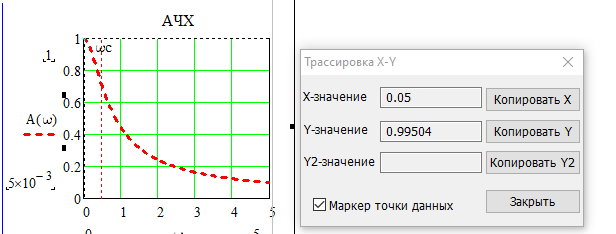


Рис 24.

* Логарифмическое усиление – Значение совпадает.

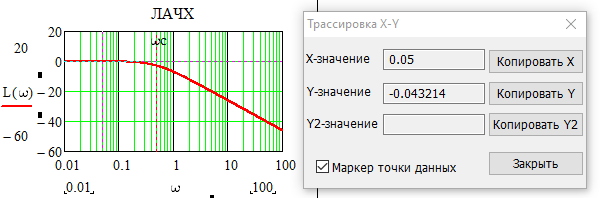


Рис 25.

* Фазовый сдвиг – Значение совпадает.

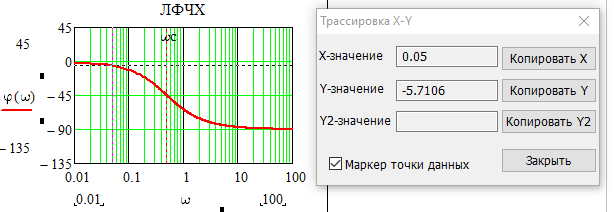


Рис 26.

* **Средняя частота**

fср≈0,08 Гц≈ 0,5 Рад/c

* Линейное усиление – Значение совпадает.

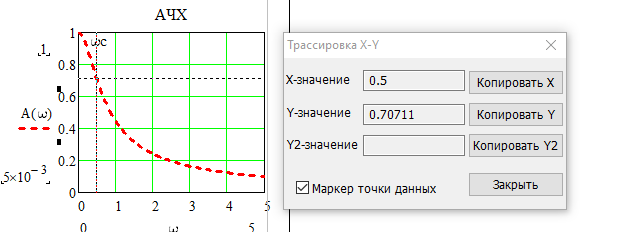


Рис 27.

* Логарифмическое усиление – Значение совпадает

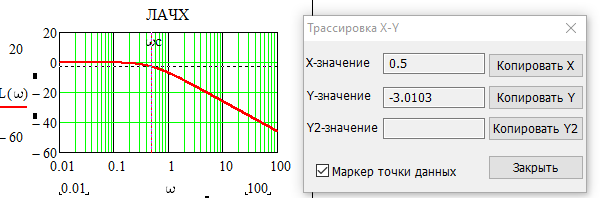


Рис 28.

* Фазовый сдвиг – Значение совпадает.



Рис 29.

* **Высокая частота**

fв≈0,8 Гц≈ 5 Рад/c

* Линейное усиление – Значение совпадает.

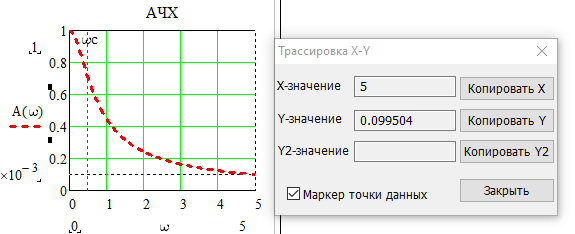


Рис 30.

* Логарифмическое усиление – Значение совпадает



Рис 31.

* Фазовый сдвиг – Значение совпадает.

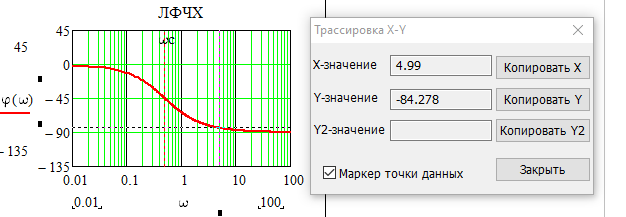
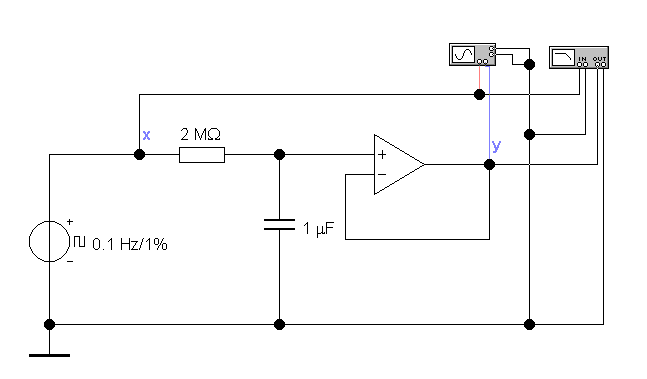


Рис 32.

### 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.

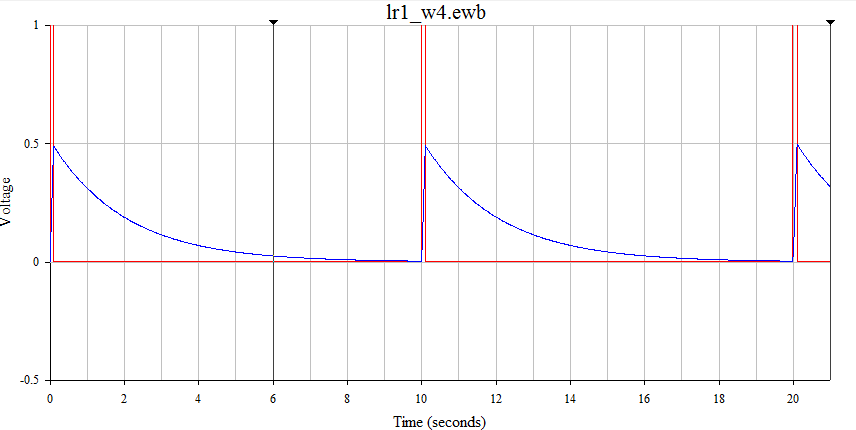
Рис 33.

Для формирования функции Дирака установим следующие параметры генератора:

* Частота – 0,1 Гц. Период импульсов должен быть больше времени установления ≈ в 1,5 раза, чтобы можно было увидеть реакцию на функцию Дирака. Время установления равно 3T=6с, период импульсов при выбранной частоте будет равен 10 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 10 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.

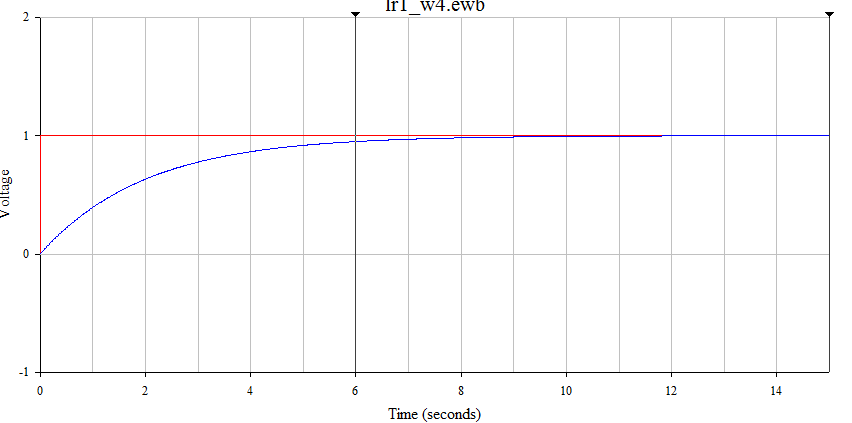
Полученный график (Рис 34) совпадает с графиком, построенным с помощью Mathcad (Рис 7).

Рис 34.

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 35) совпадает с графиком, построенным с помощью Mathcad (Рис 9).

Рис 35.

Вертикальные движки на рис.34, 35 показывают время установления ty=6c.