



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ: 09.03.01 Информатика и Вычислительная техника

О т ч е т
по лабораторной работе 4

Дисциплина: электротехника

Вариант №6

Студент гр. ИУ6-33Б

(Подпись, дата)

В.К. Залыгин

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

Н.В. Аксенов

(И.О. Фамилия)

Цель работы

Ознакомится с моделями, отражающими поведение длинных цепей во время протекающим в них переходных процессах. Исследовать поведение длинных цепей в различных нагрузочных режимах и дать количественную оценку влияния длинной линии на проходящие через неё сигналы.

Задание

1. Перед началом работы изучить основные теоретические положения и законы, определяющие характер переходных процессов в линейных электрических цепях, и ответить на контрольные вопросы.
2. Ознакомиться со схемой, которую предстоит испытать, и собрать ее на рабочем столе пакета прикладных программ «Multisim».
3. Настроить генератор на выработку сигналов прямоугольной формы с частотой 1 МГц, скважностью 50%, амплитудой 10 вольт, средним значением 5 вольт и минимальной длительностью перехода из одного состояния в другое.
4. Последовательно с генератором включить резистор с сопротивлением, равным волновому сопротивлению длинной линии. Этот резистор будет отображать внутреннее сопротивление генератора.
5. Провести испытания схемы, последовательно создавая на выходе длинной линии следующие режимы нагружения:
 - холостой ход,
 - короткое замыкание,
 - согласованный режим.

При проведении упомянутых выше экспериментов регистрировать сигналы (напряжение и ток) на входе линии, в ее середине и на выходе.

6. Полученные сигналы представить в отчете в синхронизированном виде с максимальной детализацией (см. рекомендации по оформлению отчета).
7. По полученным сигналам определить величину напряжения и тока для падающей и отраженной волн и сопоставить их с расчетными значениями.
8. Экспериментально определить время задержки распространения сигнала в длинной линии и сравнить его с вычисленным значением.
9. На основе полученных данных сделать выводы.

Рисунок 1 - задание к лабораторной работе

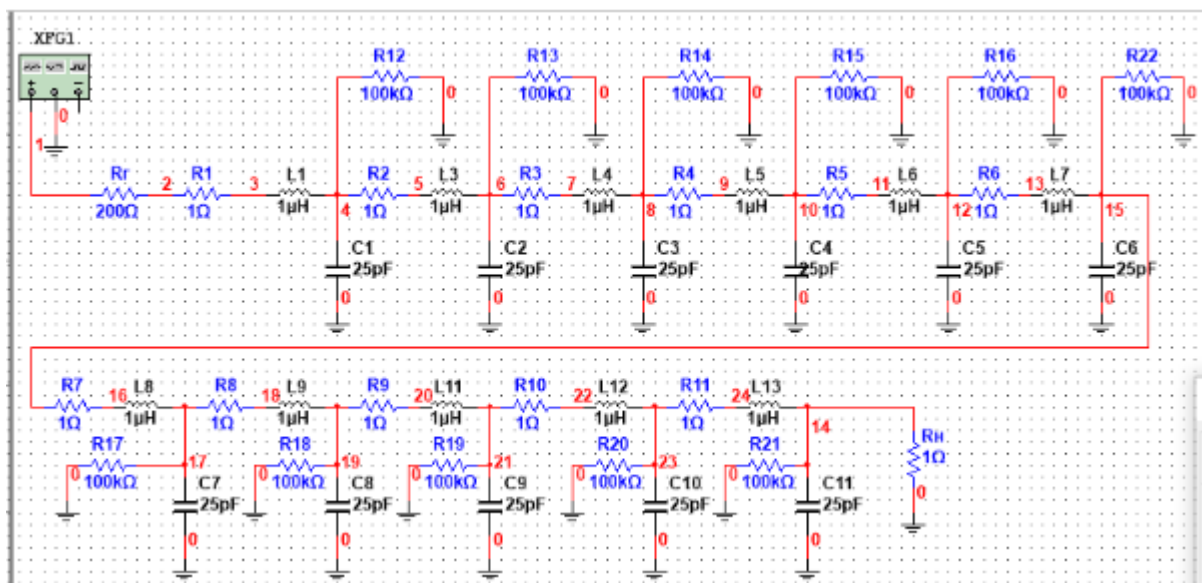


Рисунок 2 - схема установки

Выполнение

$$\dot{Z}_0 = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}} = Z_0 e^{j\varphi_{Z_0}}$$

$$Z_0 = \sqrt[4]{\frac{[R_0^2 + (\omega L_0)^2]}{G_0^2 + (\omega C_0)^2}}, \quad \varphi_{Z_0} = \frac{1}{2} \left(\arctg \frac{\omega L_0}{R_0} - \arctg \frac{\omega C_0}{G_0} \right)$$

$$\dot{Z}_0 = 201 e^{-j0,047}$$

$$|Z_0| = 201 \text{ Ом}$$

Выполним расчет волнового сопротивления. Для этого примем, что линия не имеет потерь. Далее будем считать, что волновое сопротивление равняется 200 (корень из L/C)

Часть 1 (режим холостого хода)

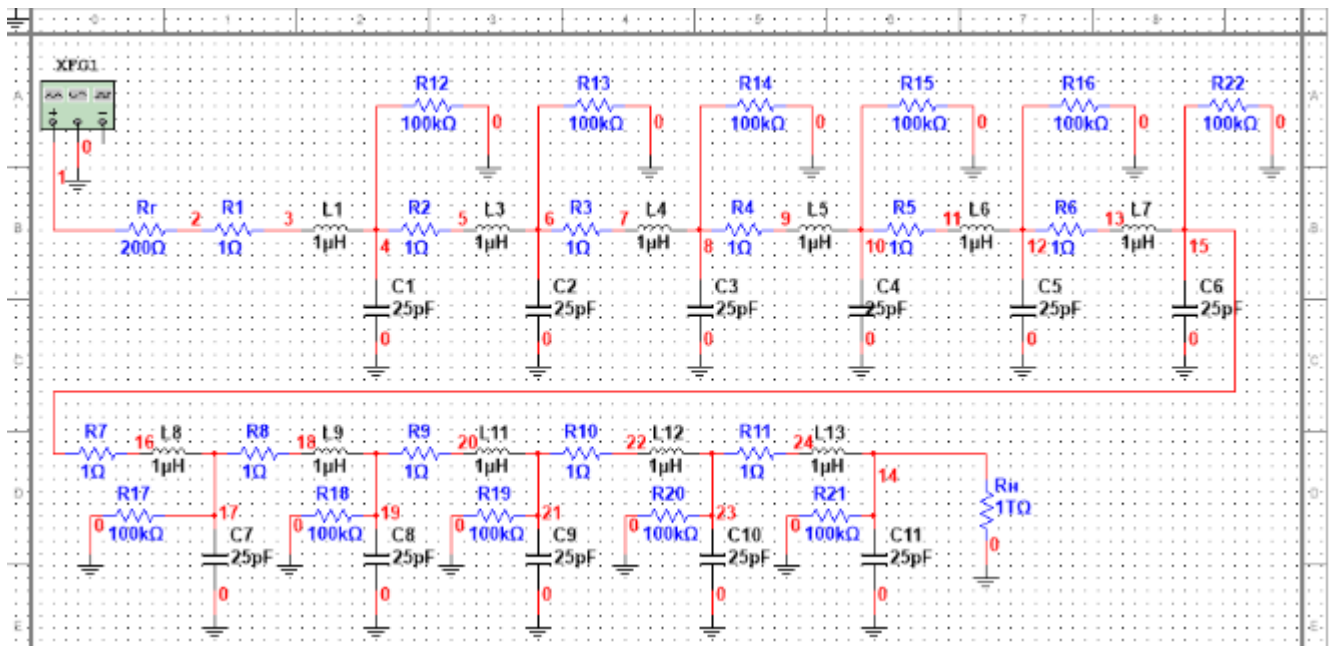


Рисунок 3 - схема холостого хода

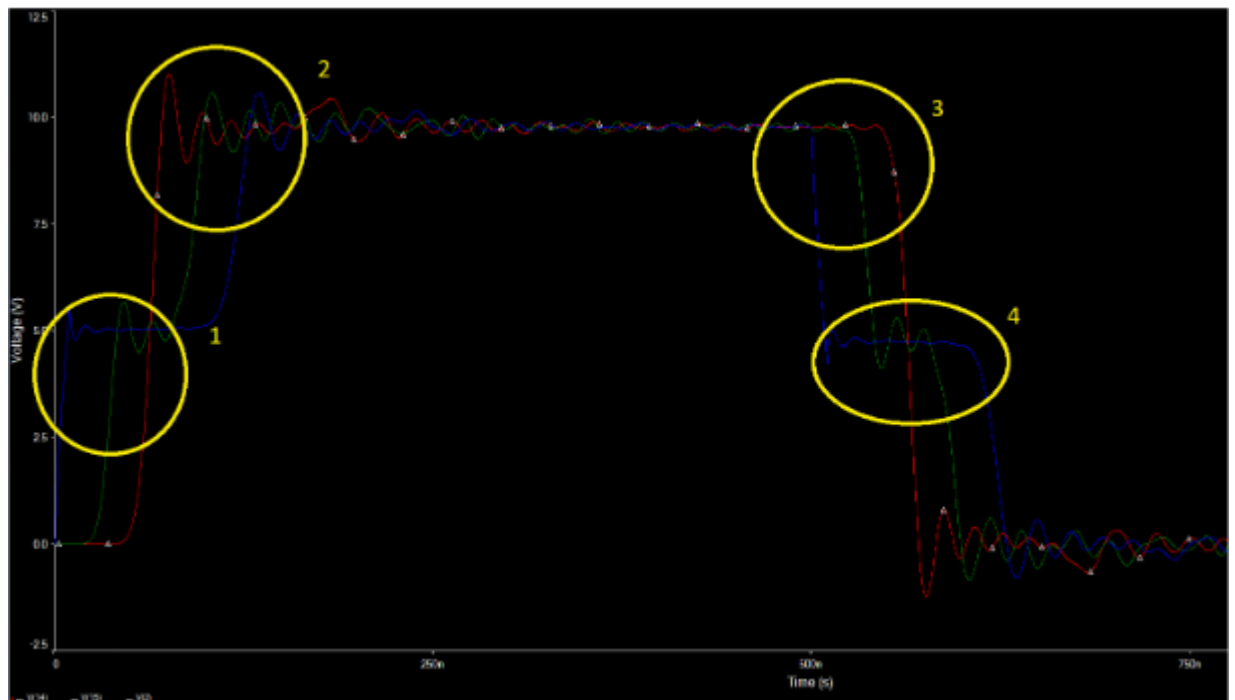


Рисунок 4 - график напряжения при хх

1. Начинает падающая
2. Приходит отражённая
3. Исчезает падающая
4. Сигнал начинает падать (пропадает отражённая волна)

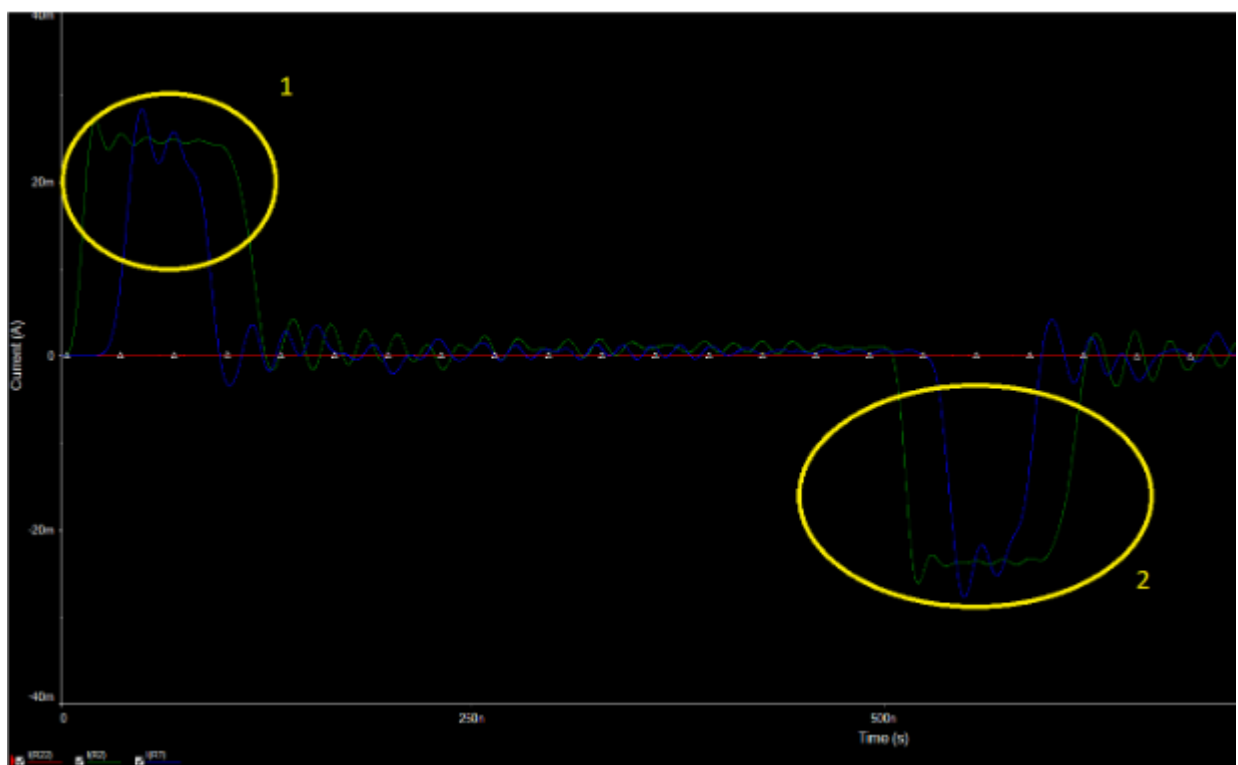
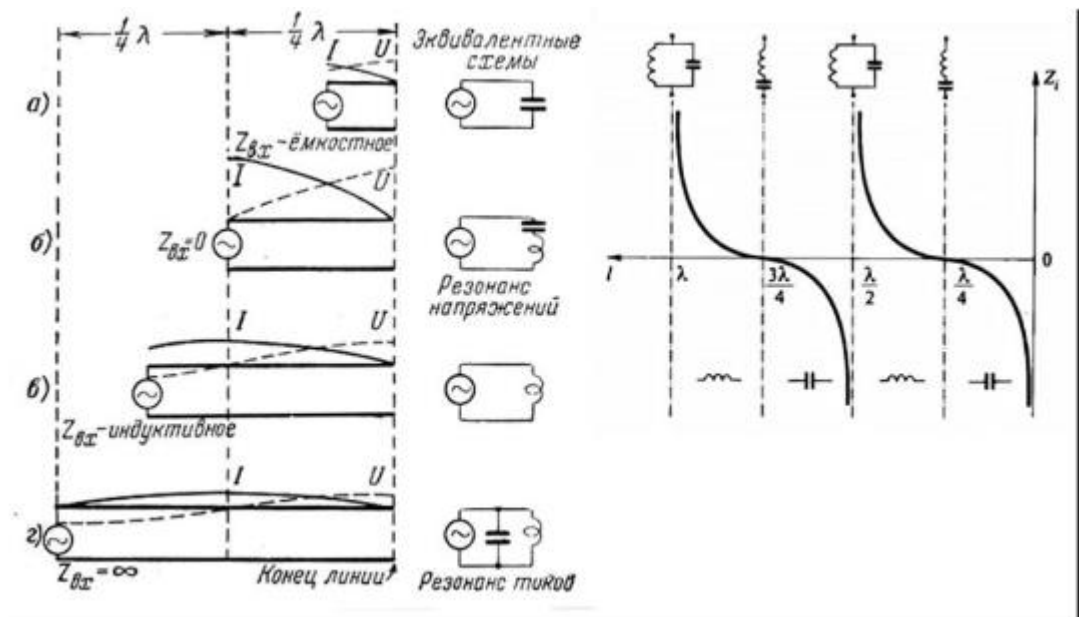


Рисунок 5 - график токов при хх

1. Приходит отражённая, ток начинает падать

2. Исчезает падающая, ток поддерживает только отражённая. Затем и она пропадает.



$Z_2 = Z_n = \infty$. Волна напряжения отражается без инверсии, тока с инверсией, $R_U = 1$ $R_I = -1$, после отражения линия заряжается до $U_{вх} = U_0$, а ток в ней исчезает:

$$\underline{U}_{пад} = \frac{1}{2} \underline{U}_0 = 5 \text{ В} \Rightarrow \underline{U}_{отр} = R_U * \underline{U}_{пад} = 5 \text{ В}; \underline{U}_{вх} = \underline{U}_1 = \underline{U}_{пад} + \underline{U}_{отр} = 10 \text{ В}$$

$$\underline{I}_{пад} = \frac{\underline{U}_0}{R_l + \rho} = 0.025 \text{ А} \Rightarrow \underline{I}_{отр} = R_I * \underline{I}_{пад} = -0.025 \text{ А}; \underline{I}_{вх} = \underline{I}_1 = \underline{I}_{пад} + \underline{I}_{отр} = 0 \text{ А}$$

Поскольку линия без потерь и сигнал постоянный

$$\underline{U}_{вх} = \frac{\underline{U}_1 + \underline{I}_1 \underline{Z}_0}{2} + \frac{\underline{U}_1 - \underline{I}_1 \underline{Z}_0}{2} = 5 + 5 = 10 \text{ В}$$

$$\underline{I}_{вх} = \frac{\underline{U}_1 + \underline{I}_1 \underline{Z}_0}{2 \underline{Z}_0} - \frac{\underline{U}_1 - \underline{I}_1 \underline{Z}_0}{2 \underline{Z}_0} = 0,025 - 0,025 = 0 \text{ А}$$

Результаты сошлись с ожидаемыми и подтвержденными графиками.

Часть №2(Режим короткого замыкания)

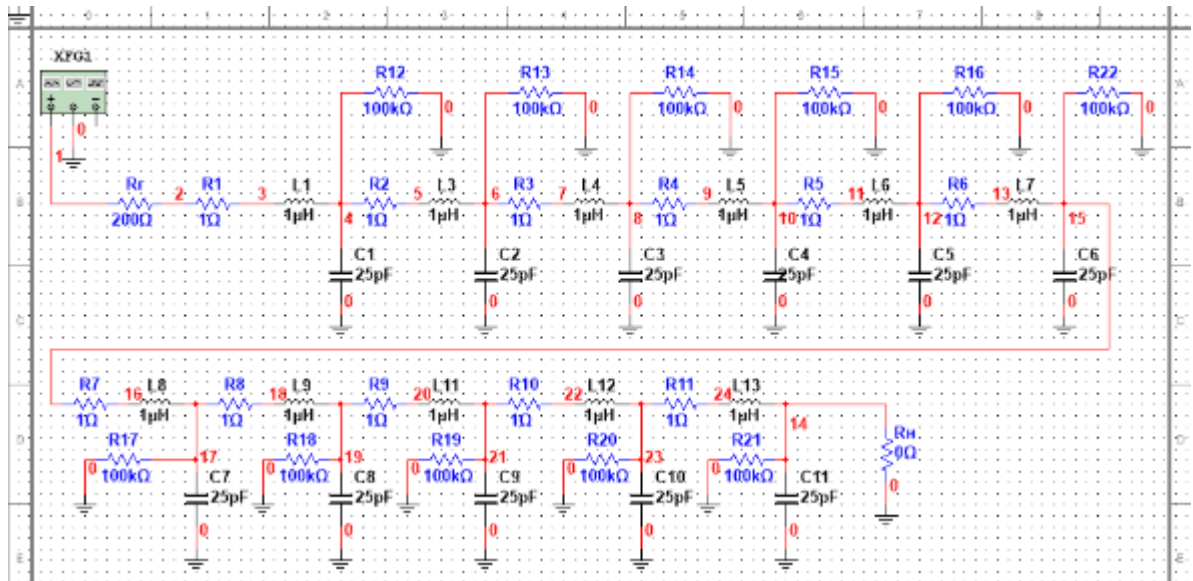


Рисунок 6 - схема для короткого замыкания

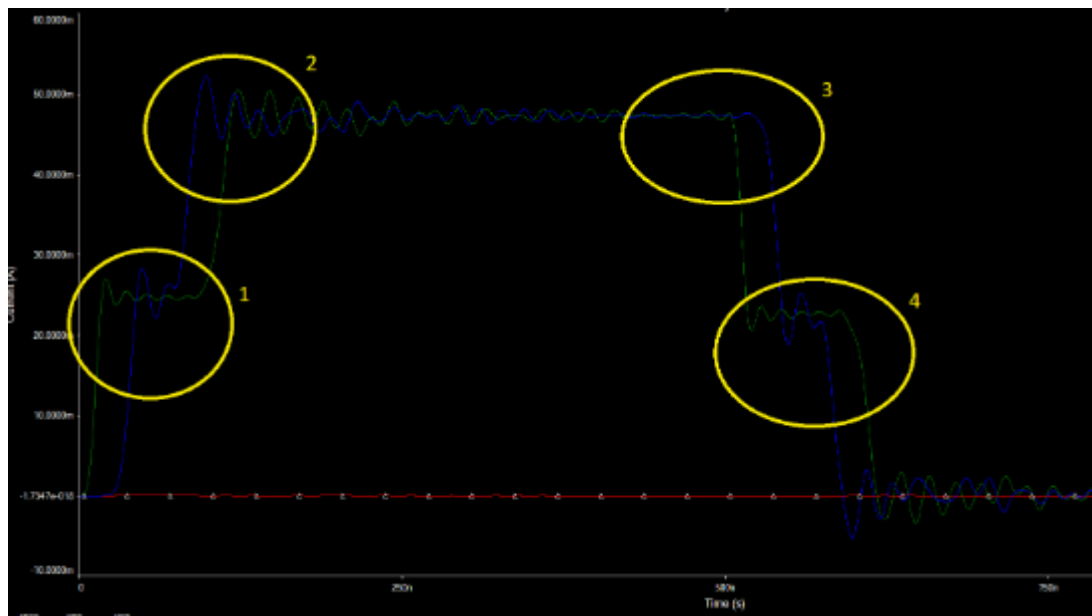


Рисунок 7 - график токов

1. Падающий ток поступает
2. Усиливается отражённой волной
3. Падающая пропадает
4. Пропадает отражённая

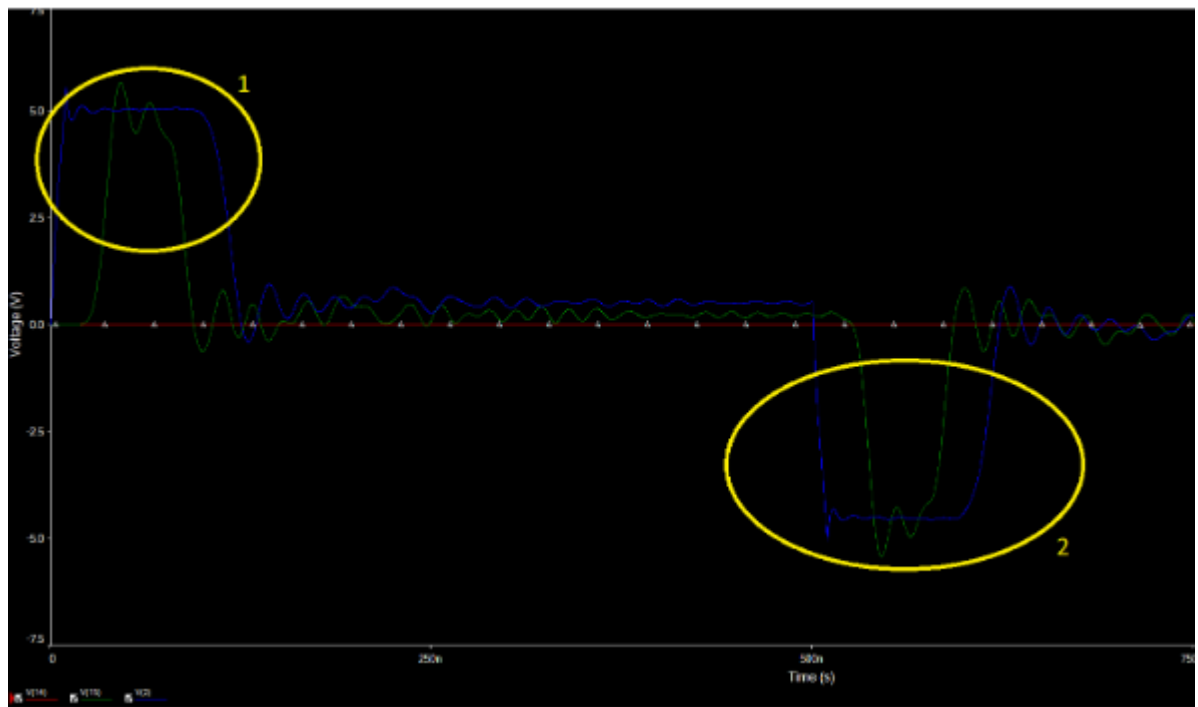
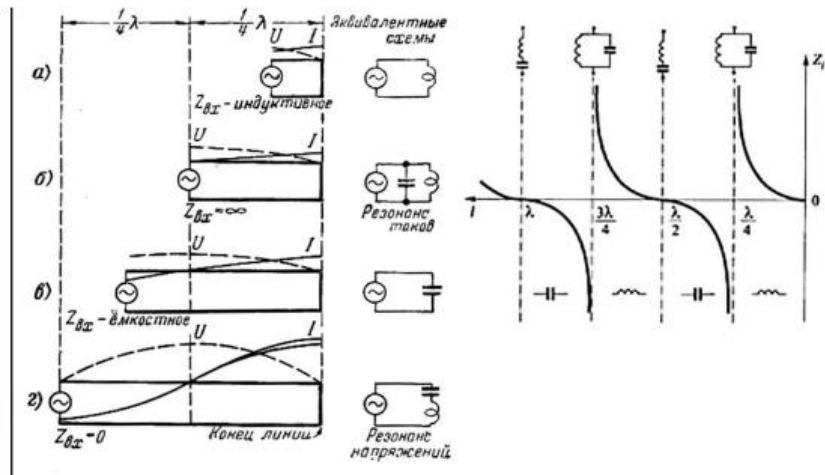


Рисунок 8 - график напряжений

1. Приходит отражённая, ток начинает падать
2. Исчезает падающая, ток поддерживает только отражённая. Затем и она пропадает.



Режим короткого замыкания

$Z_2 = Z_n = 0$. Волна напряжения отражается с инверсией, тока без инверсии, $R_U = -1$ $R_I = 1$, после отражения ток во всей линии установится равным $\frac{U_0}{R_1} = \frac{U_0}{\rho}$, а напряжение пропадёт $U_{вх} = 0$ В.

$$\begin{aligned} U_{пад} &= \frac{1}{2} U_0 = 5 \text{ В} \Rightarrow U_{отр} = R_U \cdot U_{пад} = -5 \text{ В}; U_{вх} = U_1 = U_{пад} + U_{отр} = 0 \text{ В} \\ I_{пад} &= \frac{U_0}{R_1 + \rho} = 0.025 \text{ А} \Rightarrow I_{отр} = R_I \cdot I_{пад} = 0.025 \text{ А}; I_{вх} = I_1 = I_{пад} + I_{отр} = 0.05 \text{ А} \end{aligned}$$

Через уравнения передачи

Поскольку линия без потерь и сигнал постоянный

$$\begin{aligned} U_{вх} &= \frac{U_1 + I_1 Z_0}{2} + \frac{U_1 - I_1 Z_0}{2} = 5 - 5 = 0 \text{ В} \\ I_{вх} &= \frac{U_1 + I_1 Z_0}{2 Z_0} - \frac{U_1 - I_1 Z_0}{2 Z_0} = 0.025 + 0.025 = 0.05 \text{ А} \end{aligned}$$

Энергия в таком случае отсутствует, падающая волна полностью отражается.

Результаты сошлись с ожидаемыми и подтверждёнными графиками.

Часть 3 (согласованный режим)

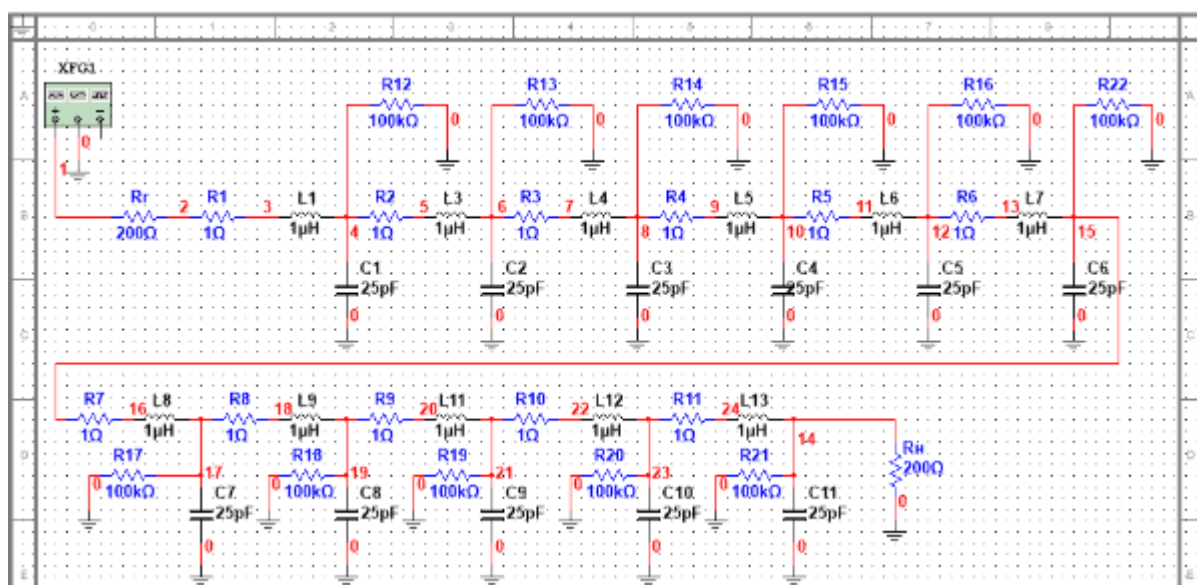


Рисунок 9 - схема для согласованного режима

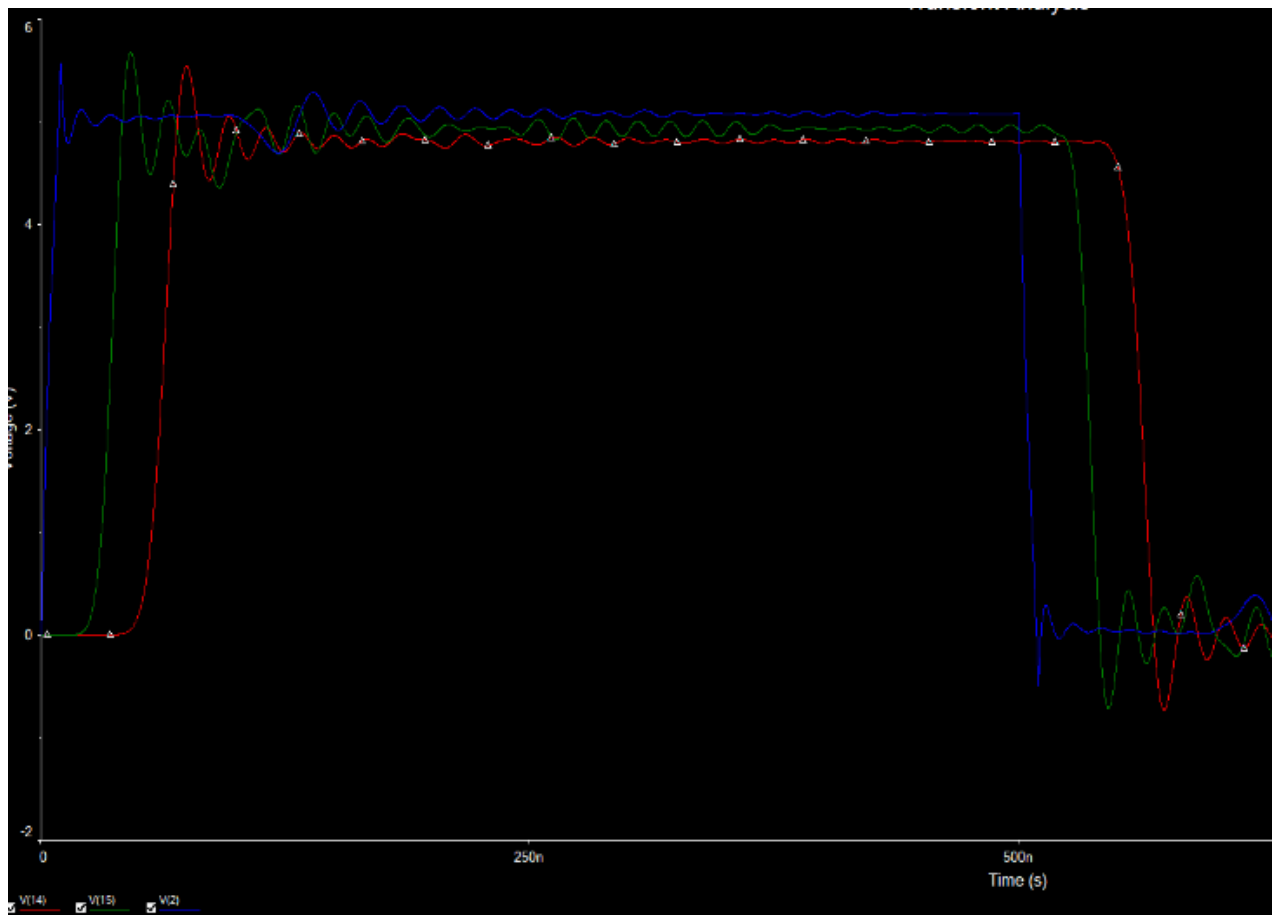


Рисунок 10 - схема для токов в согласованном режиме

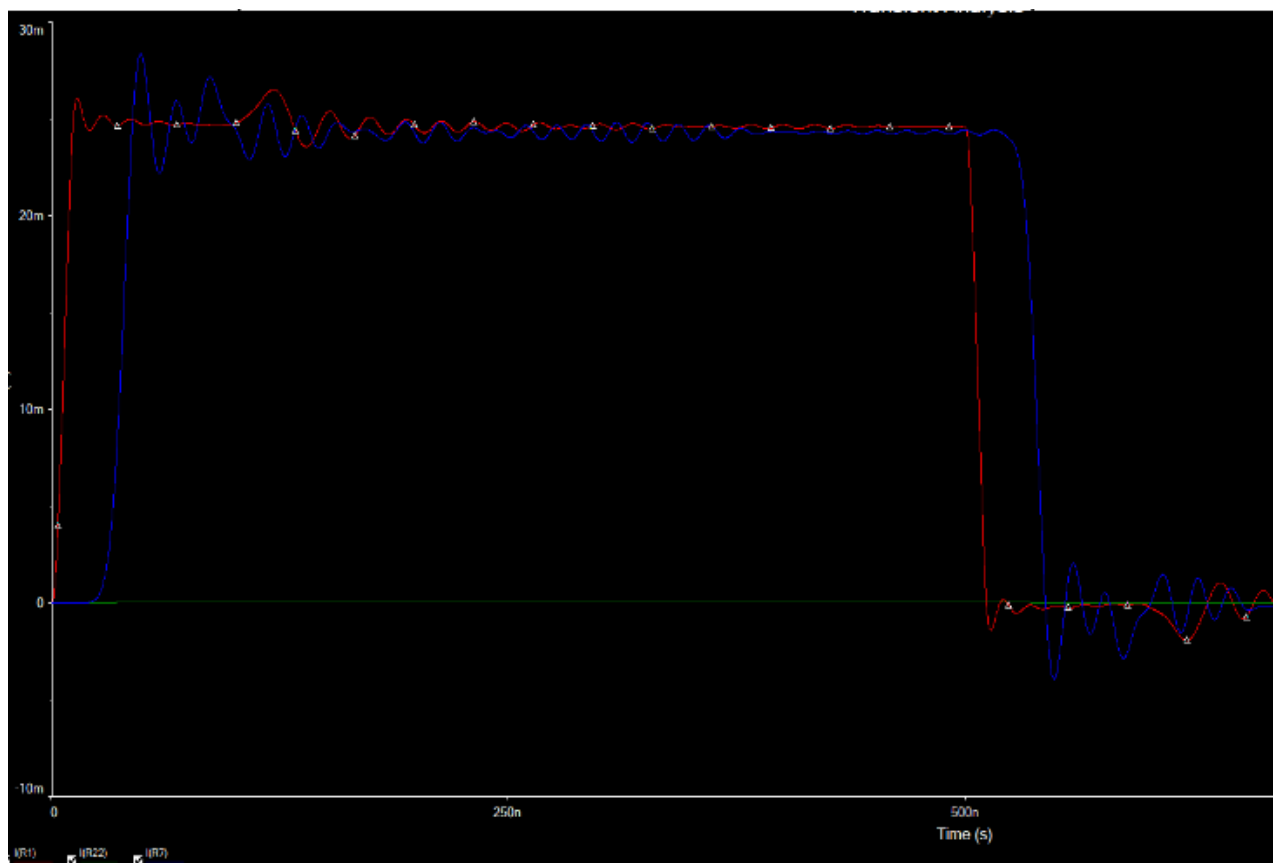


Рисунок 11 - схема напряжений в согласованном режиме

Согласованный режим

$\underline{Z}_2 = \underline{Z}_0 = \rho \neq 0$. Падающая волна поглощается нагрузкой, нет отражения, $\underline{R}_U = 0$ $\underline{R}_I = 0$, напряжение в линии устанавливается $\frac{1}{2} \underline{U}_0$, а ток $\frac{\underline{U}_1}{\rho}$.

$$\underline{U}_{\text{пад}} = \frac{1}{2} \underline{U}_0 = 5 \text{ В} \Rightarrow \underline{U}_{\text{отр}} = \underline{R}_U * \underline{U}_{\text{пад}} = 0 \text{ В}; \underline{U}_{\text{вх}} = \underline{U}_1 = \underline{U}_{\text{пад}} + \underline{U}_{\text{отр}} = 5 \text{ В}$$

$$\underline{I}_{\text{пад}} = \frac{\underline{U}_0}{\underline{R}_I + \rho} = 0.025 \text{ А} \Rightarrow \underline{I}_{\text{отр}} = \underline{R}_I * \underline{I}_{\text{пад}} = 0 \text{ А}; \underline{I}_{\text{вх}} = \underline{I}_1 = \underline{I}_{\text{пад}} + \underline{I}_{\text{отр}} = 0,025 \text{ А}$$

Через уравнения передачи

Поскольку линия без потерь и сигнал постоянный

$$\underline{U}_{\text{вх}} = \frac{\underline{U}_1 + \underline{I}_1 \underline{Z}_0}{2} + \frac{\underline{U}_1 - \underline{I}_1 \underline{Z}_0}{2} = 5 + 0 = 5 \text{ В}$$

$$\underline{I}_{\text{вх}} = \frac{\underline{U}_1 + \underline{I}_1 \underline{Z}_0}{2 \underline{Z}_0} - \frac{\underline{U}_1 - \underline{I}_1 \underline{Z}_0}{2 \underline{Z}_0} = 0,025 - 0 = 0,025 \text{ А}$$

Результаты сошлись с ожидаемыми и подтверждёнными графиками.

Рассчитаем время задержки

Время задержки

Из определения фазовой скорости следует, что

$$V_{\phi} = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow$$

$$\text{время задержки } \tau_{\text{зад}} = \sqrt{LC} \bullet N$$

N – число звеньев

$$C = 25 \text{ пФ}$$

$$L = 1 \text{ нГ}$$

$$N = 11 \text{ с}$$

Отсюда получаем, что $t = 55 \text{ нс}$. Умножим на 2, так как необходимо учитывать дорогу туда и обратно, $T_{\text{зад}} = 110 \text{ нс}$.

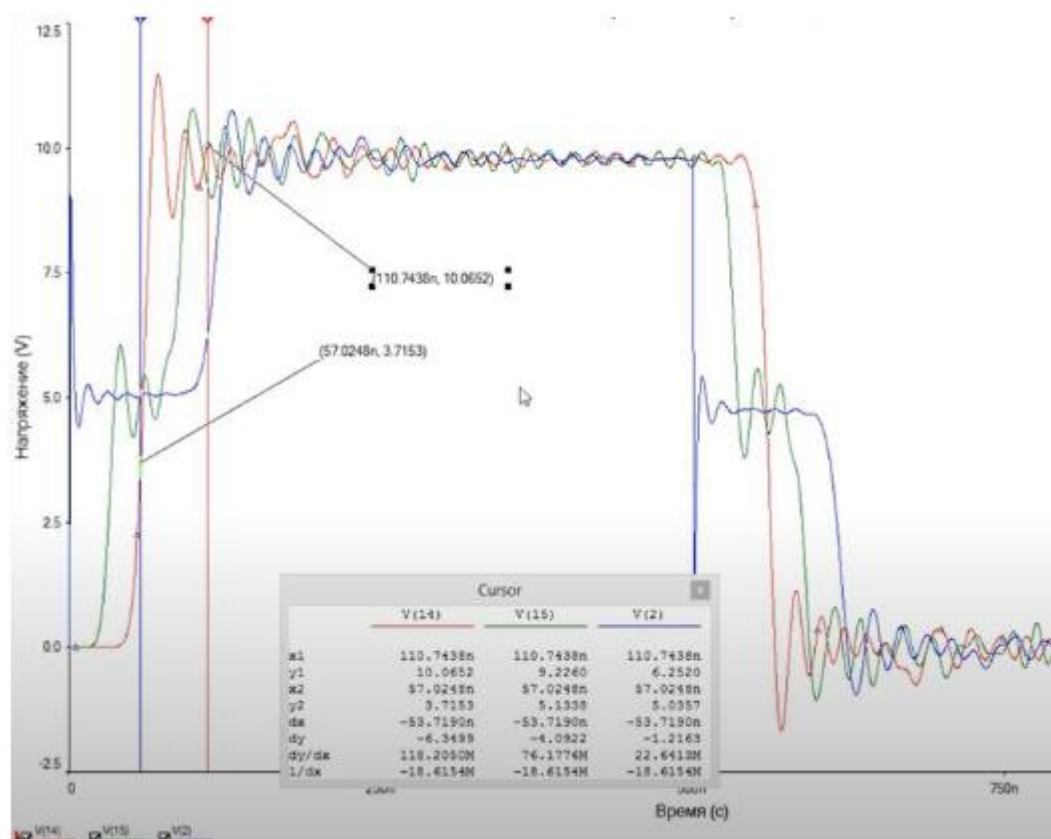


Рисунок 12 - график времени задержки

Вывод

При выполнении лабораторной работы были изучены переходные волновые процессы на примере предложенной цепи. Отмечено, что при холостом ходе волна отраженного тока и падающая волна гасят друг друга, а волны напряжения усиливаются, при коротком замыкании происходит обратный процесс – напряжение гасится, а токи усиливаются, в случае согласованного режима наблюдаем только падающую волну (отраженная волна не возникает, она поглощается).