

Московский физико-технический институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по РТ цепям

Длинный цепи [23]

Талашкевич Даниил Александрович
Группа Б01-009

Долгопрудный
2021

Содержание

1	Исследование параметров линии	1
2	Исследование переходных процессов	1
2.1	Согласованная линия	1
2.1.1	Выполнение	1
2.1.2	Полученные результаты	2
2.2	Рассогласованный источник	2
2.2.1	Выполнение	3
2.2.2	Полученные результаты	3
2.3	Рассогласованная нагрузка	4
2.3.1	Выполнение	4
2.3.2	Полученные результаты	8
2.4	Рассогласованный источник и нагрузка	8
2.4.1	Выполнение	9
2.4.2	Полученные результаты	10
2.5	Емкостная нагрузка	11
3	Литература	11

1 Исследование параметров линии

Так как нет возможности собрать плату и измерить её параметры, выполнение этого пункта пропускаю.

2 Исследование переходных процессов

Исследования проводим в режиме *TransientMicroCap*, с подготовленной моделью (файл *TLine.cir*), который содержит длинную линию с волновым сопротивлением $w = 50$ Ом, без потерь, время распространения $\tau = \frac{l}{w} = 10$ нс. Линия питается от источника единичного перепада напряжения $V = 1$ В.

Наблюдаются напряжения в узлах e, u на входе и выходе линии (переменные $v(e), v(u)$) и входной/выходной токи $i(s)/i(l)$ через виртуальные резисторы s, l с нулевыми сопротивлениями.

В этой модели (файле) Подготовлен вывод графиков амплитуд падающей волны на входе $A(0, t) = \frac{v(e)+50*i(s)}{2}$ и выходе $A(l, t) = \frac{v(u)+50*i(l)}{2}$ (плот 1), амплитуд отраженной волны на входе $B(0, t) = \frac{v^2(e)-50*i(s)}{2}$ и выходе $B(l, t) = \frac{v(u)-50*i(l)}{2}$ (плот 2), напряжений на входе и выходе $v(e), v(u)$ (плот 3) и токов на входе и выходе $50 * i(s), 50 * i(l)$ (плот 4).

Временной диапазон графиков выбран равным 20τ ($\tau = 10$ нс).

2.1 Согласованная линия

На схеме установим $R_s = R_l = 50$ Ом, и выведем графики (через меню *Analisis/Transient/Run*). Проанализируем графики амплитуды падающей волны, напряжений и токов. А так же, измерив по графикам установившиеся значения $v(u)$ и $i(l)w$, убедимся в том, что источник отдает в нагрузку предельную мощность:

$$P = v(u)i(l) = \frac{V^2}{4R_s}, V = 1 \text{ В} :$$

$$Pw = v(u)i(l)w = \frac{V^2}{4R_s}w = 0,25.$$

2.1.1 Выполнение

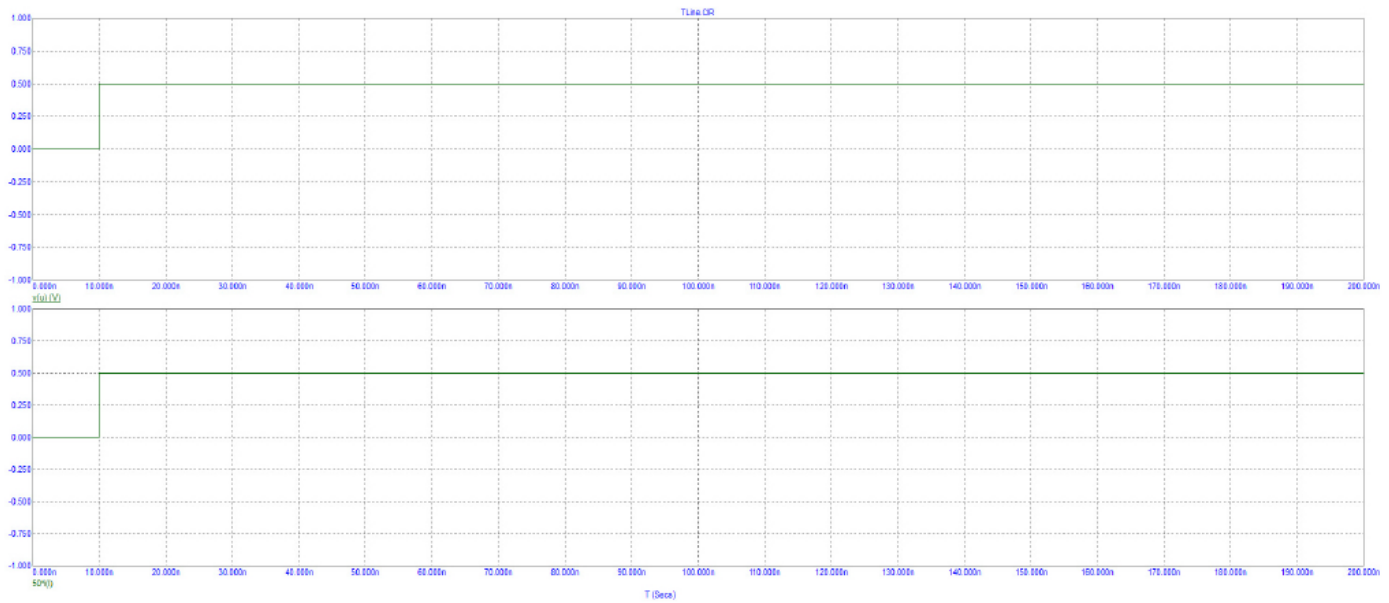


Рис. 1: согласованная линия, 1

2.1.2 Полученные результаты

Измеряемые значения:

$$v(u) = 0,5\text{В} \quad i(l) = 0,01\text{А},$$

по ним получаем:

$$P = v(u)i(l) = 0,005 = \frac{V^2}{4R_s} = 1.$$

Отсюда можно сделать вывод, что формула верна.

2.2 Рассогласованный источник

Варьированием установим $R_s = \frac{w}{3} \left[\rho_s = \frac{R_s - w}{R_s + w} = -\frac{1}{2} \right]$. (*Transient/Stepping* - [*From, To* | *StepValue*] = [50/3, 50/3 | 1]). Теперь пересчитаем графики по *Transient/Run*. И, измерив установившиеся значения $v(u)$ и $i(l)w$, проверим, что отдаваемая в нагрузку мощность P меньше мощности источника в $(1 - \rho_s^2)$ раз, т.е.:

$$Pw = v(u)i(l)w = \frac{V^2}{4R_s} w (1 - \rho_s^2) = 0.75 \left(1 - \frac{1}{4} \right) = 0.5625.$$

Повторим все это при $R_s = 3w \left[\rho_s = \frac{R_s - w}{R_s + w} = +\frac{1}{2} \right]$. Проверим, что

$$Pw = v(u)i(l)w = \frac{V^2}{4R_s} w (1 - \rho_s^2) = \frac{0.25}{3} \left(1 - \frac{1}{4} \right) = 0.0625.$$

2.2.1 Выполнение

Установим $R_S = \frac{\omega}{3} \text{ Ом}$, $\omega = 50 \text{ Ом}$, $\rho_S = \frac{R_S - \omega}{R_S + \omega} = -\frac{1}{2}$.

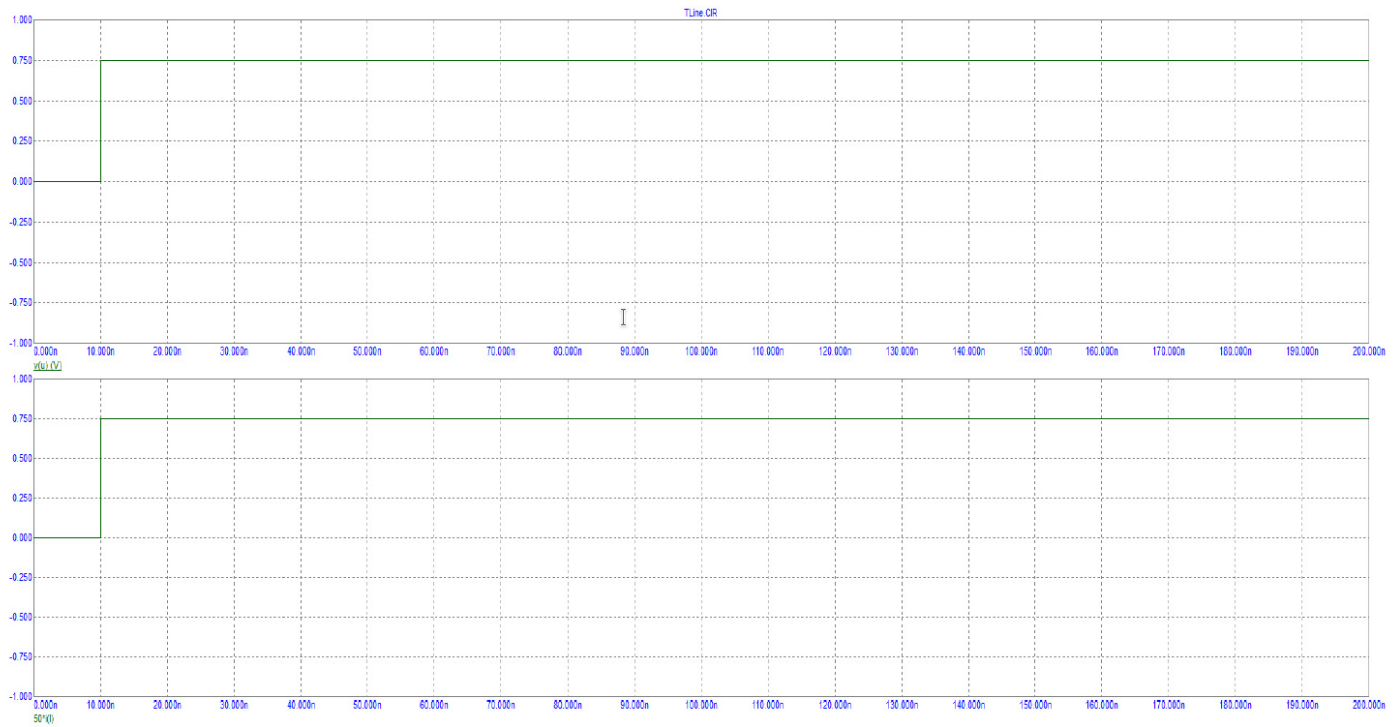


Рис. 2: Рассогласованный источник, 1

Повторим те же измерения при $R_S = 3\omega$, $\rho_S = \frac{1}{2}$:

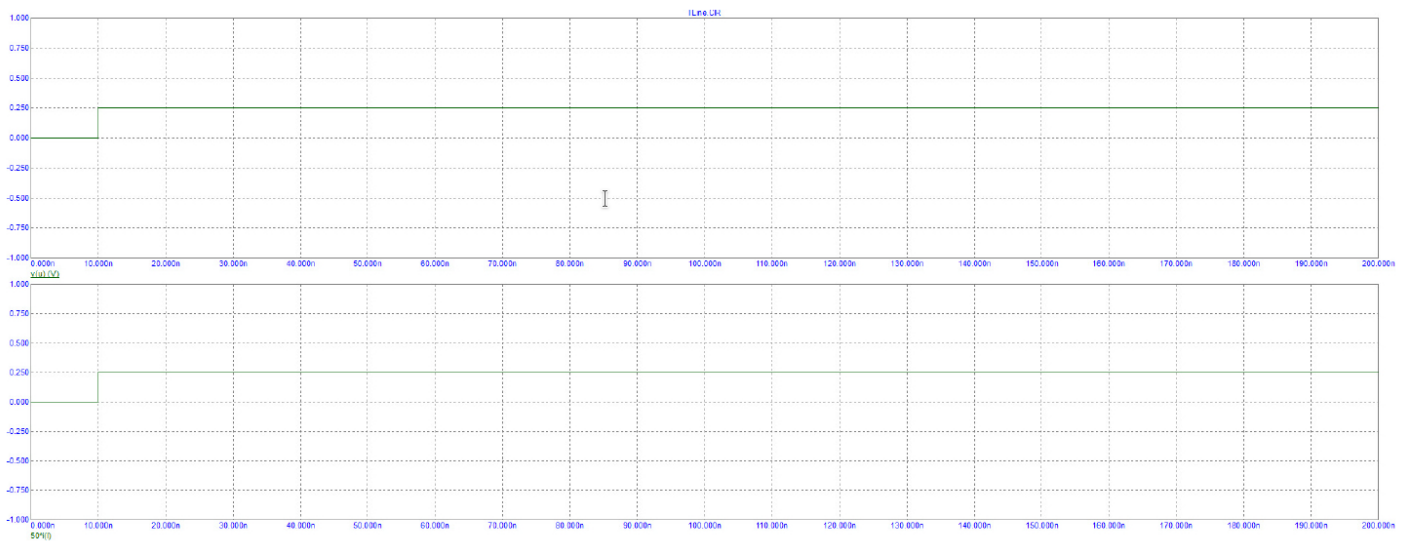


Рис. 3: Рассогласованный источник, 2

2.2.2 Полученные результат

$$v(u) = 0,75\text{В}, i(l)\omega = 0,75\text{В}$$

$$P\omega = v(u)i(l)\omega = 0,5625 = \frac{V^2}{4R_S}\omega (1 - \rho_S^2),$$

что говорит о справедливости утверждения о том, что отдаваемая в нагрузку мощность P меньше мощности источника в $(1 - \rho_S^2)$ раз.

Полученный значения, при $R_S = 3\omega$, $\rho_S = \frac{1}{2}$:

$$v(u) = 0,25B, \quad i(l)\omega = 0,25B$$

$$P\omega = v(u)i(l)\omega = 0,0625 = \frac{V^2}{4R_S}\omega (1 - \rho_S^2),$$

аналогично следует вывод о том, что мощность, отдаваемая в нагрузку меньше мощности источника в $(1 - \rho_S^2)$ раз.

2.3 Рассогласованная нагрузка

Установим варьированием $R_l = \frac{w}{3} [\rho_l = -\frac{1}{2}]$. Выясним характер переходных процессов, а так же измерим установившиеся значения амплитуд волн, напряжений и токов.

Повторим все наблюдения при $R_l = 0 [\rho_l = -1]$, $R_l = 3w [\rho_l = +\frac{1}{2}]$, $R_l = 50k \simeq \infty [\rho_l = +1]$.

2.3.1 Выполнение

$$R_l = \frac{w}{3}, \quad v(u) = 0,25B, \quad i(l)\omega = 0,75B :$$

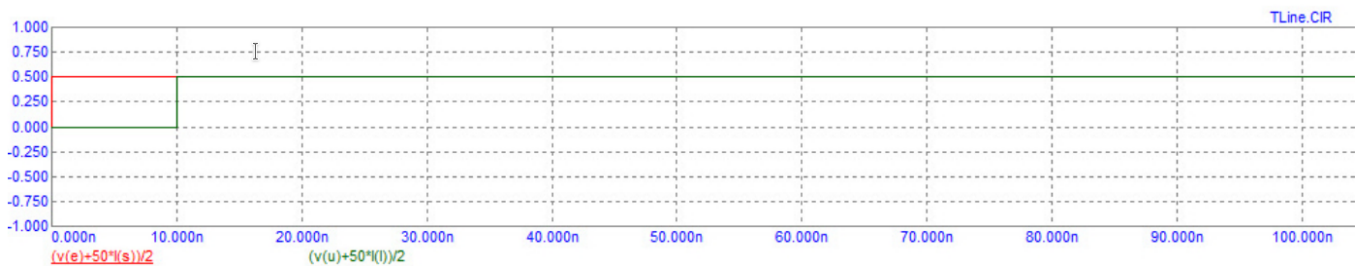
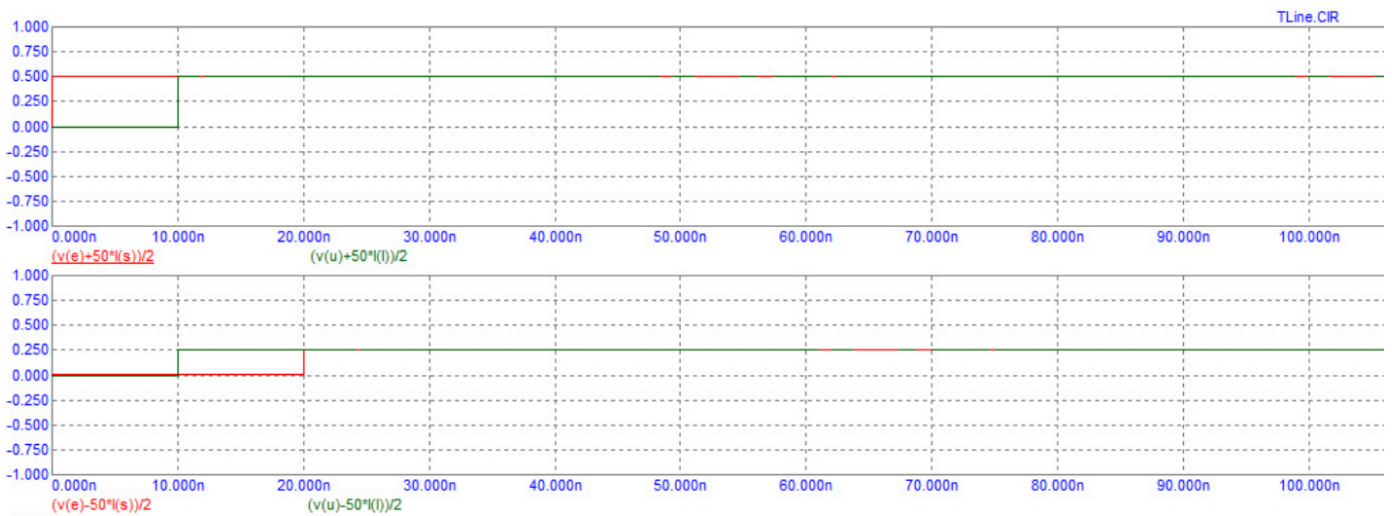




Рис. 4: Рассогласованная нагрузка, 1

$$R_l = 3w, \quad v(u) = 0,75\text{В}, \quad i(l)w = 0,25\text{В} :$$



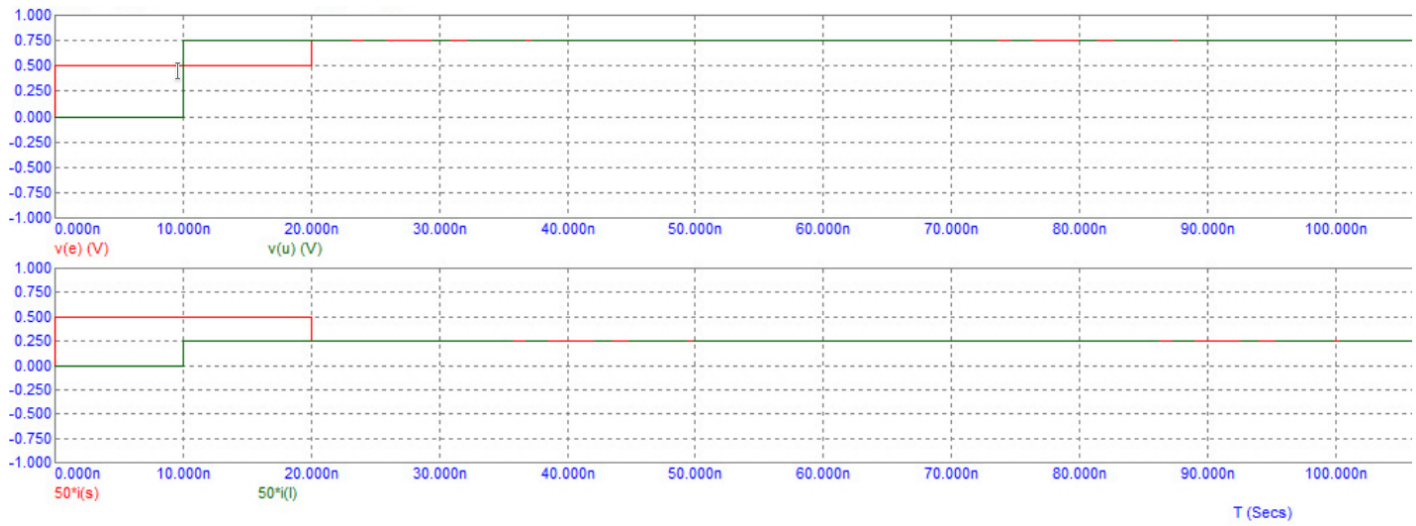
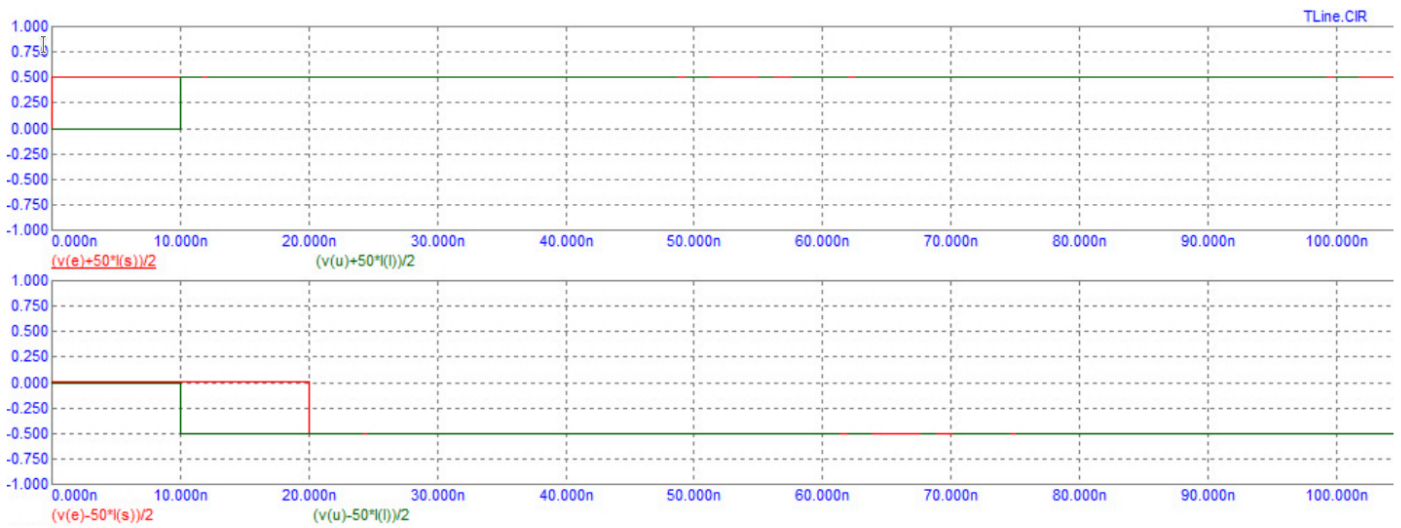


Рис. 5: Рассогласованная нагрузка, 2

$$R_l = 0\Omega, \quad v(u) = 0,00\text{В}, \quad i(l)\Omega = 1,00\text{В} :$$



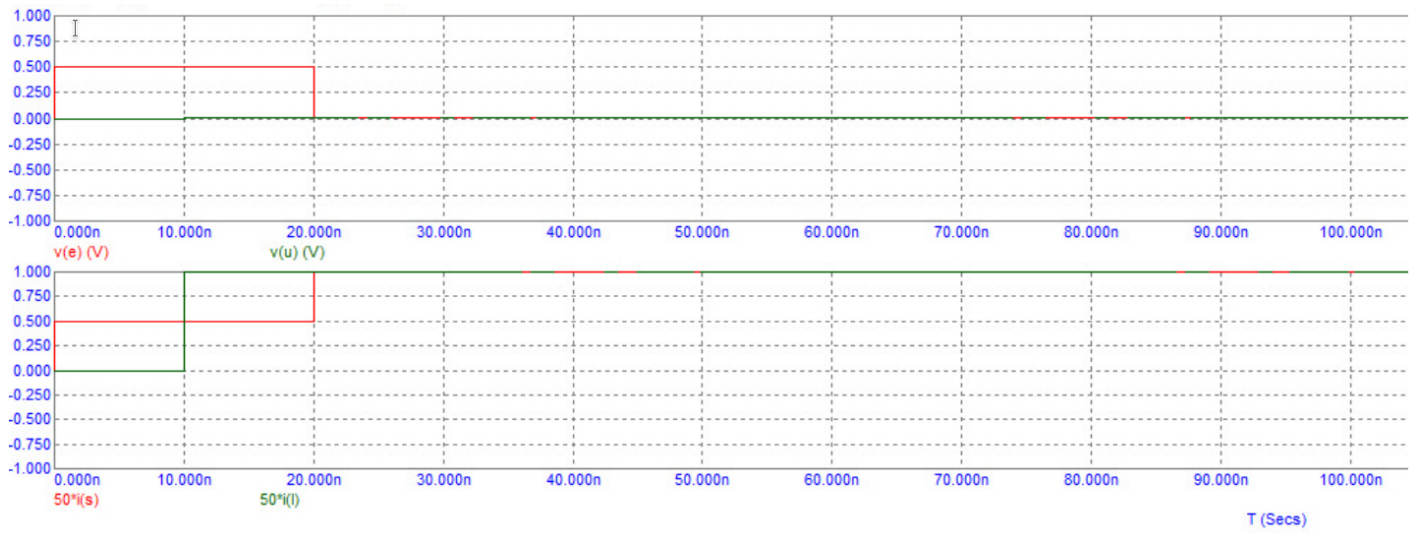
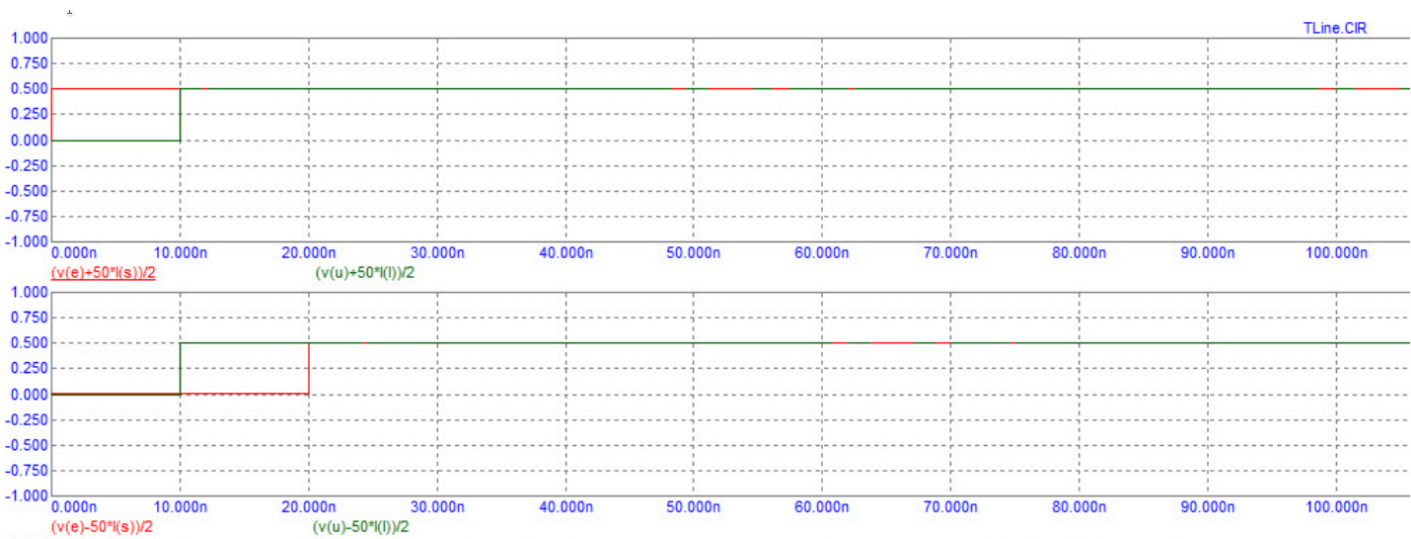


Рис. 6: Рассогласованная нагрузка, 3

$$R_l = \infty, v(u) = 1,00\text{V}, i(l)w = 0,00\text{V} :$$



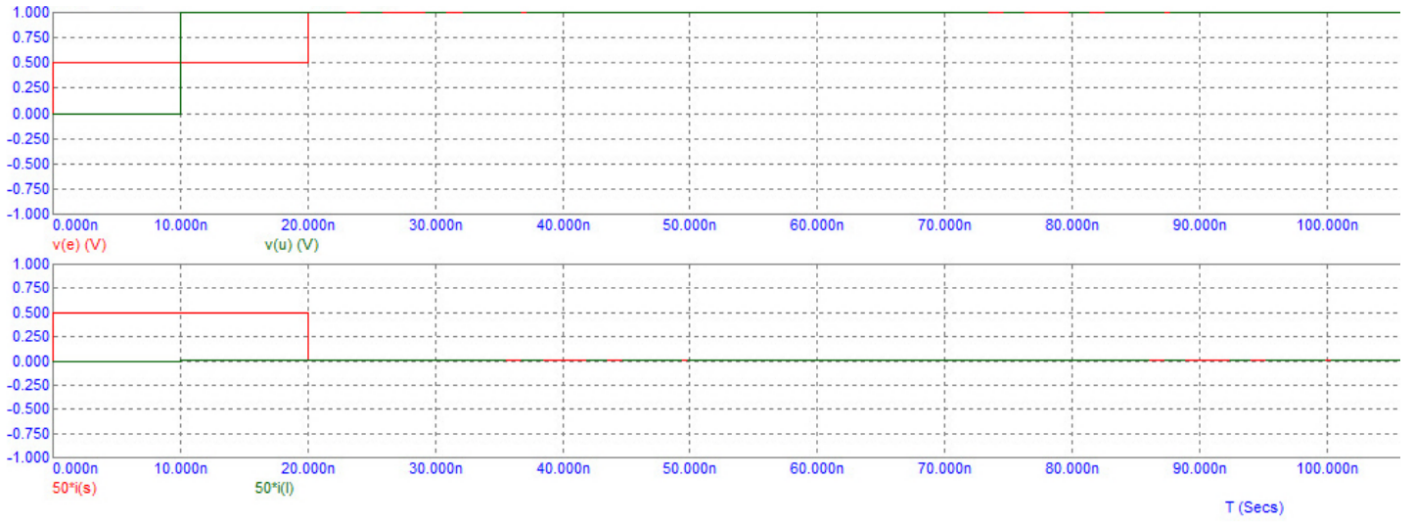


Рис. 7: Рассогласованная нагрузка, 4

2.3.2 Полученные результаты

XX

2.4 Рассогласованный источник и нагрузка

Установим на схеме $R_s = 50/3 [\rho_s = -\frac{1}{2}]$. Установив варьированием $R_l = 0 [\rho_l = -1]$, $\rho_s \rho_l = \frac{1}{2}$, изобразим полученные графики. По ним убедимся, что амплитуда падающей волны нарастает как последовательность частичных сумм прогрессии:

$$A = \frac{w}{w + R_s} \left(1 + \rho_s \rho_l + (\rho_s \rho_l)^2 + \dots \right) = \frac{3}{4} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots \right).$$

Как итог, объясним ход графиков амплитуд волн, напряжений и токов и измерим установившиеся значения.

Повторим наблюдения при $R_l = 50k \simeq \infty [\rho_l = 1]$, $\rho_s \rho_l = -\frac{1}{2}$:

$$A = \frac{w}{w + R_s} \left(1 + \rho_s \rho_l + (\rho_s \rho_l)^2 + \dots \right) = \frac{3}{4} \left(1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{4} - \frac{1}{8} + \dots \right)$$

Установим на схеме $R_s = 50 * 3 [\rho_s = +\frac{1}{2}]$ и повторим наблюдения при $R_l = 0 [\rho_l = -1]$:

$$A = \frac{w}{w + R_s} \left(1 + \rho_s \rho_l + (\rho_s \rho_l)^2 + \dots \right) = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{4} - \frac{1}{8} + \dots \right)$$

и $R_l = 50k \simeq \infty [\rho_l = 1]$:

$$A = \frac{w}{w + R_s} \left(1 + \rho_s \rho_l + (\rho_s \rho_l)^2 + \dots \right) = \frac{1}{4} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots \right).$$

Установим на схеме $R_s = 0 [\rho_s = -1]$ (предельно сильное рассогласование на источнике) и повторим наблюдения при

$$\begin{aligned} R_l = 50k, [\rho_l = 1] &\Rightarrow A = (1 - 1 + 1 - 1 + \dots), \\ R_l = 500, [\rho_l = 0.8] &\Rightarrow A = (1 - \rho_l + \rho_l^2 - \rho_l^3 + \dots), \\ R_l = 0, [\rho_l = 1] &\Rightarrow A = (1 + 1 + 1 + 1 + \dots), \\ R_l = 5, [\rho_l = -0.8] &\Rightarrow A = (1 + \rho_l + \rho_l^2 + \rho_l^3 + \dots). \end{aligned}$$

2.4.1 Выполнение

$$R_s = \frac{50}{3}, \rho_s = -\frac{1}{2}, R_l = 0, \rho_l = -1, \rho_s \rho_l = \frac{1}{2},$$

$$\text{где } A = \frac{\omega}{\omega + R_s} \left(1 + \rho_s \rho_l + (\rho_s \rho_l)^2 + \dots \right) = \frac{3}{4} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots \right) :$$

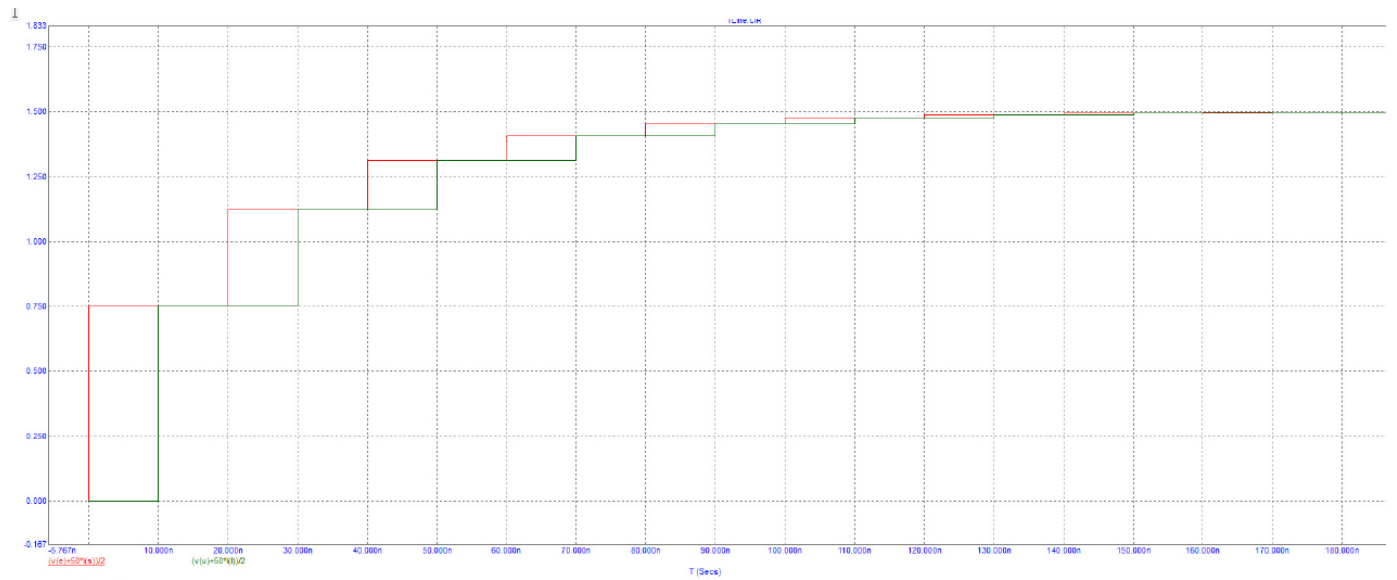


Рис. 8: Рассогласованный источник и нагрузка, 1

$$R_S = \frac{50}{3}, \quad \rho_S = -\frac{1}{2}, \quad R_L = 50k \simeq \infty, \quad \rho_L = 1, \quad \rho_S \rho_L = -\frac{1}{2},$$

$$\text{где } A = \frac{\omega}{\omega + R_S} \left(1 + \rho_S \rho_L + (\rho_S \rho_L)^2 + \dots \right) = \frac{3}{4} \left(1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{4} - \frac{1}{8} + \dots \right) :$$

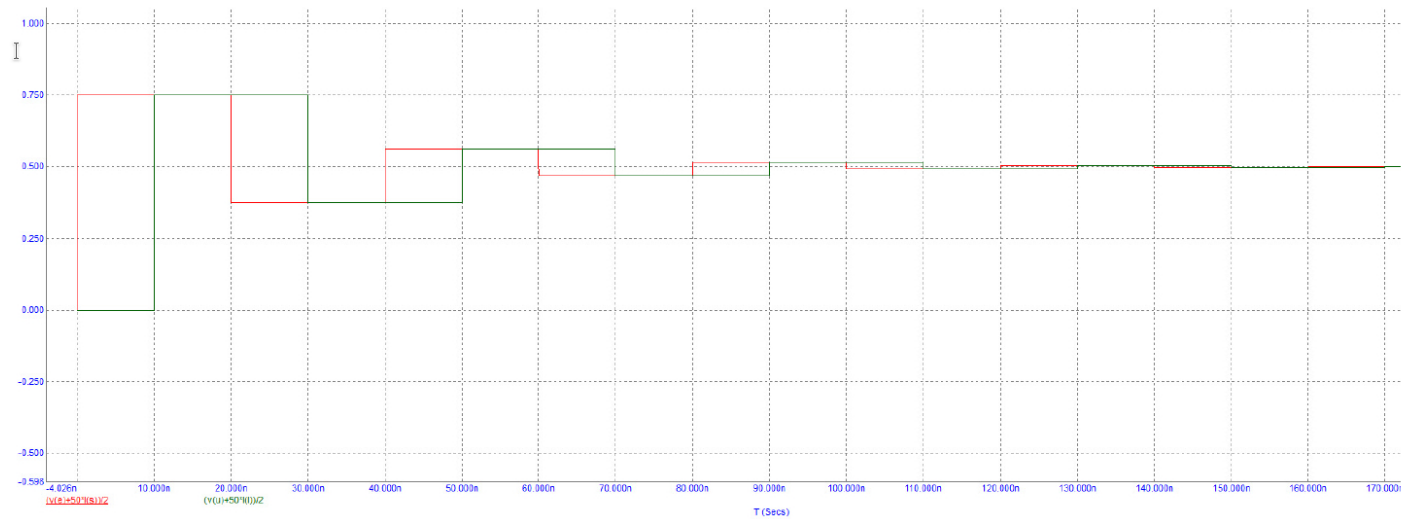


Рис. 9: Рассогласованный источник и нагрузка, 2

2.4.2 Полученные результаты

XX

2.5 Емкостная нагрузка

3 Литература

- Григорьев А.А. Лекции по теории длинных цепей. - М.: МФТИ, 2013.
- Методические указания к работе №23(Длинный цепи).