

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
имени Гумарбека Даукеева

Кафедра Электротехники

Расчетно-графическая работа
по дисциплине «Цепи с распределенными и сосредоточенными
параметрами»
Расчет четырехполюсников и линий с распределёнными параметрами
(полное наименование работы)

Работа выполнена
Студентом Суворов Р.Е.
(фамилия и инициалы)
182345
(номер зачетной книжки)
Группа АУ 18-5
(шифр группы)
Отчет принят 11.04.2020
(дата принятия отчета)
Преподаватель Баймаганов А.С.
(Ф.И.О.)

Алматы 2020

Задание

Два симметричных четырехполюсника каскадно соединены. Заданы схемы двух четырехполюсников (схема 1 и схема 2) и сопротивления четырехполюсников. Определить:

2.1 А- параметры каждого из них.

2.2 А-параметры каскадного соединения четырехполюсников, используя:

2.2.1 А- параметры каждого из них.

2.2.2 Схему эквивалентного четырехполюсника.

2.3 Вторичные параметры четырехполюсника ($Z_{с1}$, Γ , A , B), используя А-параметры, режимы холостого хода и короткого замыкания.

2.4 Входное сопротивление относительно первичных зажимов, при подключении к выходным зажимам нагрузки R_n .

2.5 Входное сопротивление относительно вторичных зажимов, при нагрузке четырехполюсника со стороны первичных зажимов R_g .

Т а б л и ц а 2.1

Год поступления	Последняя цифра зачетной книжки									
чётный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечётный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
№ схемы 1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.1	2.2
L , мГн	70	60	50	65	80	55	75	85	95	100
f , кГц	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Т а б л и ц а 2.2

Год поступления	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
чётный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечётный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
R , кОм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_n , кОм	0.5	0.6	0.8	0.9	0.4	0.7	1.1	1.2	1.3	1.0

Т а б л и ц а 2.3

Год поступления	Первая буква фамилии									
чётный	БЛЦ	КХ	ВМЧ	ГНШ	ДОЯ	ЕПР	ЖСЗ	ТЭИ	УЮФ	АЩ
нечётный	КХ	ВМЧ	ГНШ	БЛЦ	ЕПР	ДОЯ	ТЭИ	ЖСЗ	АЩ	УЮФ
№ схемы 2	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	2.12	2.15
C , мкФ	0, 1	0, 3	0, 2	0, 4	0, 5	0, 6	0, 7	0, 8	0, 9	0, 6
R_g , кОм	0.2	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11

Рисунок 1 – Варианты заданий

Задание №2

Задана линия с первичными параметрами (R_0 , G_0 , L_0 , C_0) и частотой f , длиной линии l . Известен ток в конце линии (I_2) и сопротивление нагрузки (R_H). Определить:

- 3.1 Вторичные параметры линии.
 - 3.2 Напряжение и ток в начале линии.
 - 3.3 Активную мощность в начале и конце линии, кпд линии.
- Полагая, что линия стала линией без потерь, определить:
- 3.4 Вторичные параметры линии.
 - 3.5 Напряжение и ток в начале линии.

Содержание

Введение	5
Задание №1	6
Задание №2	13
Вывод по работе	16
Список литературы	17

Введение.

В данной расчетно-графической работе необходимо провести расчет четырехполюсников, их каскадное соединение, эквивалентное соединение, вторичные параметры и входные сопротивления при подключении сопротивления генератора и нагрузки.

В моей работе даны два четырехполюсника П-типа и Т-типа.

Цепи с распределенными параметрами - это такие электрические цепи, в которых напряжения и токи на различных участках даже неразветвленной цепи отличаются друг от друга, т.е. являются функциями двух независимых переменных: времени t и пространственной координаты x .

Смысл данного названия заключается в том, что у цепей данного класса каждый элемент их длины характеризуется сопротивлением, индуктивностью, а между проводами – соответственно емкостью и проводимостью.

Линия без потерь – это линия, у которой рассеяние энергии отсутствует, что имеет место при значениях первичных параметров $R = 0$ и $G = 0$.

Задание №1

$$L := 80 \cdot 10^{-3}$$

$$f := 5000$$

$$R := 4000$$

$$Rn := 900$$

$$C := 0.7 \cdot 10^{-6}$$

$$Rg := 140$$

$$i := \sqrt{-1} = 1i$$

$$w := 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$XL := w \cdot L = 2.513 \cdot 10^3$$

$$XC := \frac{1}{w \cdot C} = 45.473$$

Рисунок 2 – Начальные условия и схемы

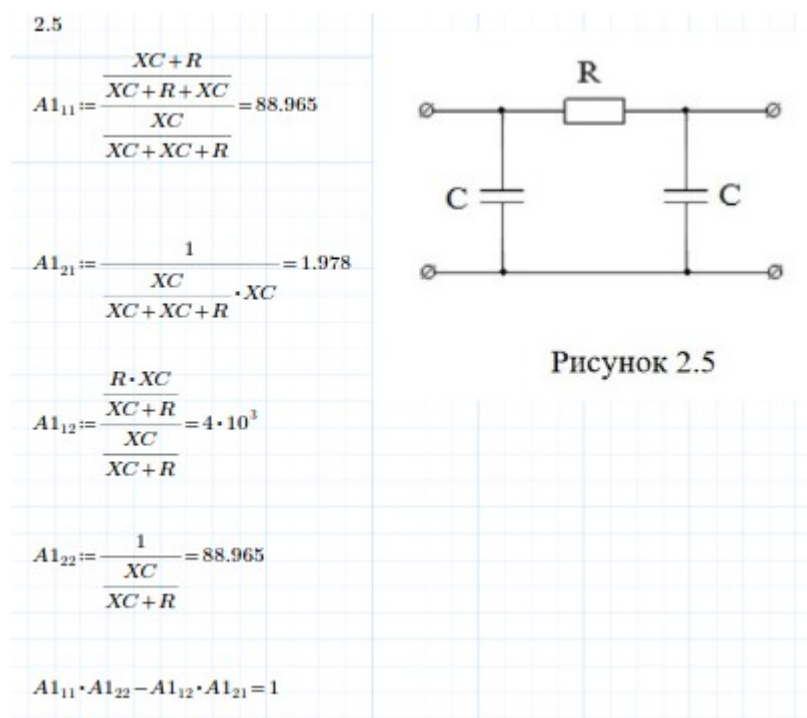


Рисунок 3 – А параметры 1 четырехполюсника.

2.15

$$A_{211} := \frac{\frac{XL + R}{XL + R + XL}}{\frac{XL}{XL + XL + R}} = 2.592$$

$$A_{221} := \frac{1}{\frac{XL}{XL + XL + R} \cdot XL} = 0.001$$

$$A_{212} := \frac{\frac{R \cdot XL}{XL + R}}{\frac{XL}{XL + R}} = 4 \cdot 10^3$$

$$A_{222} := \frac{1}{\frac{XL}{XL + R}} = 2.592$$

$$A_{211} \cdot A_{222} - A_{212} \cdot A_{221} = 1$$

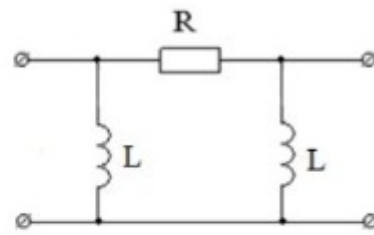


Рисунок 2.15

Рисунок 4 – А параметры 2 четырехполюсника.

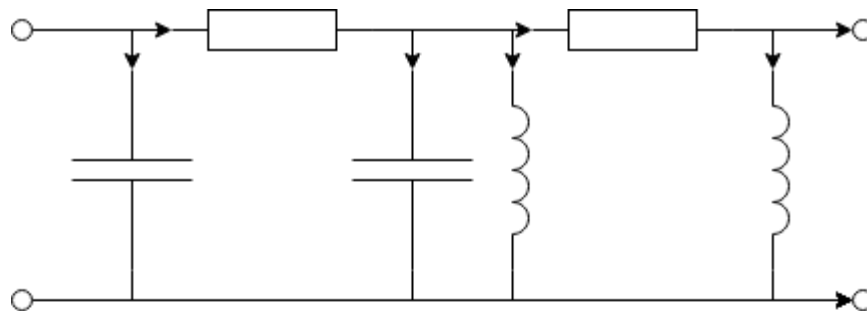


Рисунок 5 – Каскадное соединение четырехполюсников.

“Каскадное соединение”

$$A_{11} := A_{111} \cdot A_{211} + A_{112} \cdot A_{221} = 138.467 + 83.19i$$

$$A_{12} := A_{111} \cdot A_{212} + A_{112} \cdot A_{222} = 8 \cdot 10^3 + 3.455i \cdot 10^5$$

$$A_{21} := A_{121} \cdot A_{211} + A_{122} \cdot A_{221} = -1.795 + 3.066i$$

$$A_{22} := A_{121} \cdot A_{212} + A_{122} \cdot A_{222} = -7.597 \cdot 10^3 + 262.302i$$

$$A_{11} \cdot A_{22} - A_{21} \cdot A_{12} = 1 + 1.164i \cdot 10^{-10}$$

$$Z_{C1} := \sqrt{\frac{A_{11} \cdot A_{12}}{A_{21} \cdot A_{22}}} = 0.517 - 45.461i$$

$$\Gamma_c := \ln \left(\sqrt{A_{11} \cdot A_{22}} + \sqrt{A_{12} \cdot A_{21}} \right) = 7.704 - 1.318i$$

$$Z_{HH} := \frac{A_{11}}{A_{21}} = 0.517 - 45.461i$$

$$Z_{KZ} := \frac{A_{12}}{A_{22}} = 0.517 - 45.461i$$

Рисунок 6 – А параметры каскадного соединения четырехполюсника.

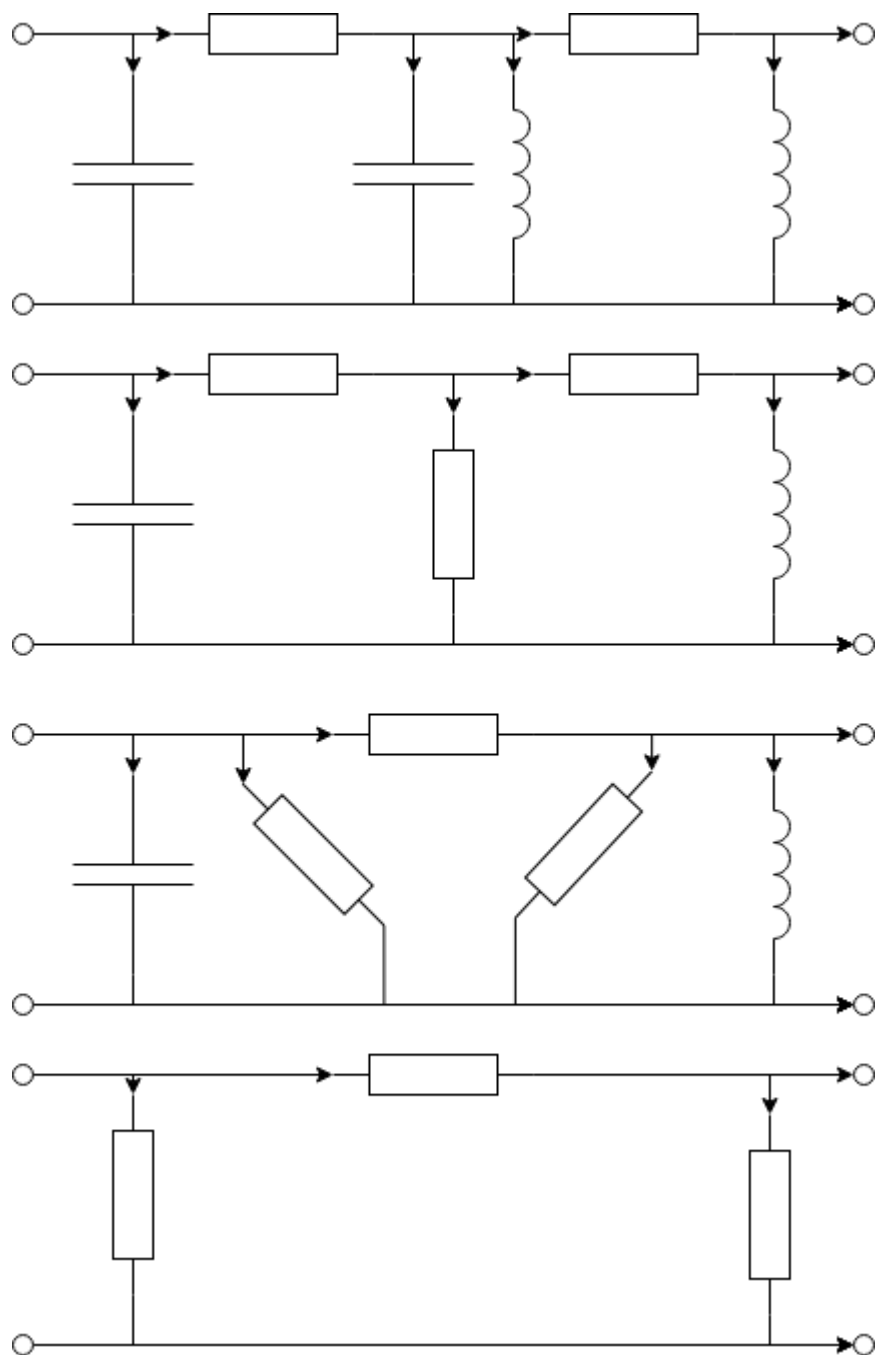


Рисунок 7 – Эквивалентное соединение четырехполюсников.

Рассчитанные эквивалентные сопротивления я не вставляю в отчёт, так-как они слишком громоздкие.

“Холостой ход” $I_{2xx} := 0$

$$U_1 = A_{11} \cdot U_2 + A_{12} \cdot I_2$$

$$I_1 = A_{21} \cdot U_2 + A_{22} \cdot I_2$$

$$I_{1xx} = I_{3xx} = \frac{U_{1xx}}{Z_{16} + Z_{18}}$$

$$U_2 = I_{3xx} \cdot Z_{18} = U_{1xx} \cdot \frac{Z_{18}}{Z_{16} + Z_{18}}$$

$$A_{21} = \frac{I_{1xx}}{U_{2xx}} = \frac{\frac{U_{1xx}}{Z_{16} + Z_{18}}}{U_{1xx} \cdot \frac{Z_{18}}{Z_{16} + Z_{18}}} = \frac{1}{Z_{18}} \quad A_{321} := \frac{1}{Z_{18}} = 2.506 \cdot 10^{-4} + 1.039i \cdot 10^{-6}$$

$$A_{11} = \frac{U_{1xx}}{U_{2xx}} = \frac{U_{1xx}}{U_{1xx} \cdot \frac{Z_{18}}{Z_{16} + Z_{18}}} \quad A_{311} = \frac{Z_{16} + Z_{18}}{Z_{18}} = 1.003 - 0.002i$$

Рисунок 8 - А параметры эквивалентного соединения четырехполюсников (холостой ход).

“Короткое замыкание” $U_{2kz} := 0$

$$I_{1kz} = U_{1kz} \cdot \frac{Z_{18} + Z_{17}}{Z_{16} \cdot Z_{18} + Z_{16} \cdot Z_{17} + Z_{18} \cdot Z_{17}}$$

$$I_{2kz} = I_{1kz} \cdot \frac{Z_{17}}{Z_{18} + Z_{17}} = U_{1kz} \cdot \frac{Z_{17} \cdot (Z_{18} + Z_{17})}{Z_{16} \cdot Z_{18} + Z_{16} \cdot Z_{17} + Z_{18} \cdot Z_{17} \cdot (Z_{18} + Z_{17})}$$

$$I_{3kz} = U_{1kz} \cdot \frac{Z_{18}}{Z_{16} \cdot Z_{18} + Z_{16} \cdot Z_{17} + Z_{18} \cdot Z_{17}}$$

$$A_{12} = \frac{U_{1kz}}{I_{2kz}} = \frac{U_{1kz}}{U_{1kz} \cdot \frac{Z_{17}}{Z_{18} + Z_{17}}} = \frac{Z_{18} + Z_{17}}{Z_{17}} \quad A_{312} = \frac{Z_{16} \cdot Z_{18} + Z_{16} \cdot Z_{17} + Z_{18} \cdot Z_{17}}{Z_{18}} = 1.224 \cdot 10^3 + 925.432i$$

$$A_{22} = \frac{I_{1kz}}{I_{2kz}} = \frac{U_{1kz} \cdot \frac{Z_{18} + Z_{17}}{Z_{16} \cdot Z_{18} + Z_{16} \cdot Z_{17} + Z_{18} \cdot Z_{17}}}{U_{1kz} \cdot \frac{Z_{17}}{Z_{18} + Z_{17}}} = \frac{Z_{14} + Z_{15}}{Z_{14}} \quad A_{322} = \frac{Z_{18} + Z_{17}}{Z_{18}} = 1.302 + 0.235i$$

$$A_{311} \cdot A_{322} - A_{312} \cdot A_{321} = 1 + 2.776i \cdot 10^{-17}$$

Рисунок 9 - А параметры эквивалентного соединения четырехполюсников (короткое замыкание).

Сопротивление короткого замыкания и холостого хода

$$Z_{kz1} := Z_{16} + \frac{Z_{17} \cdot Z_{18}}{Z_{17} + Z_{18}} = 1.034 \cdot 10^3 + 524.337i \quad Z_{kz1} := \frac{A_{312}}{A_{322}} = 1.034 \cdot 10^3 + 524.337i$$

$$Z_{kz2} := Z_{17} + \frac{Z_{16} \cdot Z_{18}}{Z_{16} + Z_{18}} = 1.219 \cdot 10^3 + 924.98i \quad Z_{kz2} := \frac{A_{312}}{A_{311}} = 1.219 \cdot 10^3 + 924.98i$$

$$Z_{hh1} := Z_{16} + Z_{18} = 4 \cdot 10^3 - 23.003i \quad Z_{hh1} := \frac{A_{311}}{A_{321}} = 4 \cdot 10^3 - 23.003i$$

$$Z_{hh2} := Z_{17} + Z_{18} = 5.198 \cdot 10^3 + 914.879i \quad Z_{hh2} := \frac{A_{322}}{A_{321}} = 5.198 \cdot 10^3 + 914.879i$$

Характеристическое сопротивление

$$Z_{c1} := \sqrt{Z_{kz1} \cdot Z_{hh1}} = 2.096 \cdot 10^3 + 494.6i \quad Z_{c1} := \sqrt{\frac{A_{311} \cdot A_{312}}{A_{321} \cdot A_{322}}} = 2.096 \cdot 10^3 + 494.6i$$

$$Z_{c2} := \sqrt{Z_{kz2} \cdot Z_{hh2}} = 2.604 \cdot 10^3 + 1.137i \cdot 10^3 \quad Z_{c2} := \sqrt{\frac{A_{322} \cdot A_{312}}{A_{321} \cdot A_{311}}} = 2.604 \cdot 10^3 + 1.137i \cdot 10^3$$

Рисунок 10 – Сопротивление короткого замыкания и холостого хода.

Характеристическое сопротивление

$$Z_{c1} := \sqrt{Z_{kz1} \cdot Z_{hh1}} = 2.096 \cdot 10^3 + 494.6i$$

$$Z_{c2} := \sqrt{Z_{kz2} \cdot Z_{hh2}} = 2.604 \cdot 10^3 + 1.137i \cdot 10^3$$

$$Z_{c1} := \sqrt{\frac{A_{311} \cdot A_{312}}{A_{321} \cdot A_{322}}} = 2.096 \cdot 10^3 + 494.6i$$

$$Z_{c2} := \sqrt{\frac{A_{322} \cdot A_{312}}{A_{321} \cdot A_{311}}} = 2.604 \cdot 10^3 + 1.137i \cdot 10^3$$

$$\Gamma_c := \ln \left(\sqrt{A_{311} \cdot A_{322}} + \sqrt{A_{312} \cdot A_{321}} \right) = 0.566 + 0.171i$$

$$\text{th} \Gamma_c := \sqrt{\frac{Z_{kz1}}{Z_{hh1}}} = 0.523 + 0.127i$$

$$\text{th} \Gamma_c := \sqrt{\frac{Z_{kz2}}{Z_{hh2}}} = 0.523 + 0.127i$$

$$\Gamma_c := \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{1 + \text{th} \Gamma_c}{1 - \text{th} \Gamma_c} \right) = 0.566 + 0.171i$$

Рисунок 11 – Вторичные параметры эквивалентного сопротивления четырехполюсников.

Входное сопротивление при $R_{\text{нагрузки}}$

$$R_H := 500$$

$$Z_{\text{вх}1} := Z_{16} + \frac{(Z_{17} + R_H) \cdot Z_{18}}{Z_{18} + R_H + Z_{18}} = 814.411 + 431.582i$$

Входное сопротивление при $R_{\text{генератора}}$

$$R_Z := 150$$

$$Z_{\text{вх}2} := R_Z + Z_{16} + \frac{Z_{17} \cdot Z_{18}}{Z_{17} + Z_{18}} = 1.184 \cdot 10^3 + 524.337i$$

Рисунок 12 – Расчет входного сопротивления при сопротивлении нагрузки и генератора.

Задание №2

$R0 := 9$	$L0 := 0.8 \cdot 10^{-3}$	$f := 5 \cdot 10^3$	$G0 := 1.4 \cdot 10^{-6}$	$RH := 250$
$l := 70$	$C0 := 7 \cdot 10^{-9}$	$I2 := 40 \cdot 10^{-3}$		

Рисунок 13 – Начальные условия

$\omega := 2 \cdot \pi \cdot f = 3.142 \cdot 10^4$	$Z0 := R0 + 1i \cdot \omega \cdot L0 = 9 + 25.133i$
$Y0 := G0 + 1i \cdot \omega \cdot C0 = 1.4 \cdot 10^{-6} + 2.199i \cdot 10^{-4}$	
$\gamma := \sqrt{Z0 \cdot Y0} = 0.013 + 0.075i$	$Z_B := \sqrt{\frac{Z0}{Y0}} = 343.461 - 58.517i$
$U2 := RH \cdot I2 = 10$	

Рисунок 14 – Вторичные параметры линии

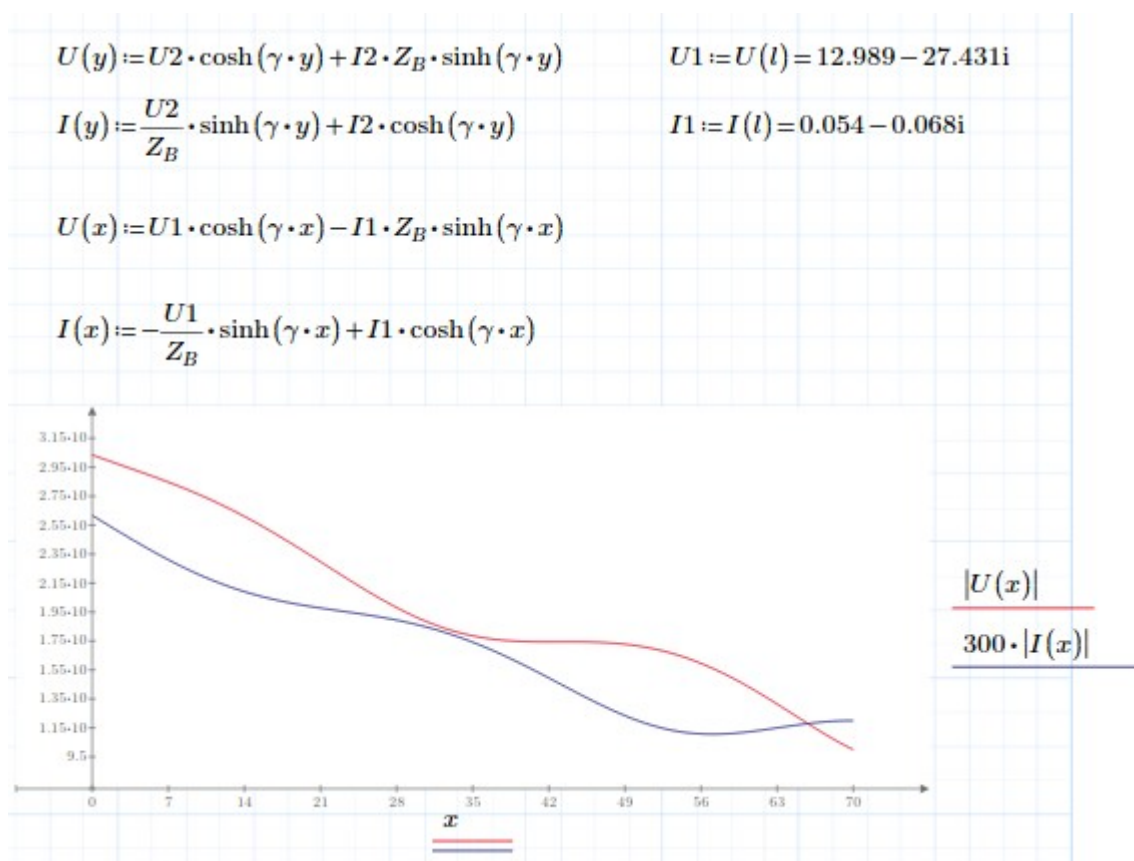


Рисунок 15 – Напряжение и ток в начале линии

$$\begin{aligned}
I1 &= 0.054 - 0.068i \\
\overline{I1} &= 0.054 + 0.068i \\
S1 &:= U1 \cdot \overline{I1} = 2.581 - 0.593i & P1 &:= \operatorname{Re}(S1) = 2.581 & Q1 &:= \operatorname{Im}(S1) = -0.593 \\
S2 &:= U2 \cdot I2 = 0.4 & P2 &:= \operatorname{Re}(S2) = 0.4 & Q2 &:= \operatorname{Im}(S2) = 0 \\
\text{КПД} &:= \frac{P2}{P1} \cdot 100 = 15.497
\end{aligned}$$

Рисунок 16 – Активная мощность в начале и конце линии и КПД.

Линия без потерь

$$\begin{aligned}
R0 &:= 0 & G0 &:= 0 \\
\omega &:= 2 \cdot \pi \cdot f = 3.142 \cdot 10^4 & Z0 &:= 1i \cdot \omega \cdot L0 = 25.133i \\
Y0 &:= 1i \cdot \omega \cdot C0 = 2.199i \cdot 10^{-4} \\
\gamma &:= 1i \cdot \omega \cdot \sqrt{L0 \cdot C0} = 0.074i & Z_B &:= \sqrt{\frac{Z0}{Y0}} = 338.062 \\
U2 &:= R_H \cdot I2 = 10 & \beta &:= \omega \cdot \sqrt{L0 \cdot C0} = 0.074 \\
U(y) &:= U2 \cdot \cosh(\gamma \cdot y) + I2 \cdot Z_B \cdot \sinh(\gamma \cdot y) & U1 &:= U(l) = 4.721 - 11.921i \\
I(y) &:= \frac{U2}{Z_B} \cdot \sinh(\gamma \cdot y) + I2 \cdot \cosh(\gamma \cdot y) & I1 &:= I(l) = 0.019 - 0.026i \\
U(x) &:= U1 \cdot \cosh(\gamma \cdot x) - I1 \cdot Z_B \cdot \sinh(\gamma \cdot x) \\
I(x) &:= -\frac{U1}{Z_B} \cdot \sinh(\gamma \cdot x) + I1 \cdot \cosh(\gamma \cdot x)
\end{aligned}$$

Рисунок 17 – Линия без потерь

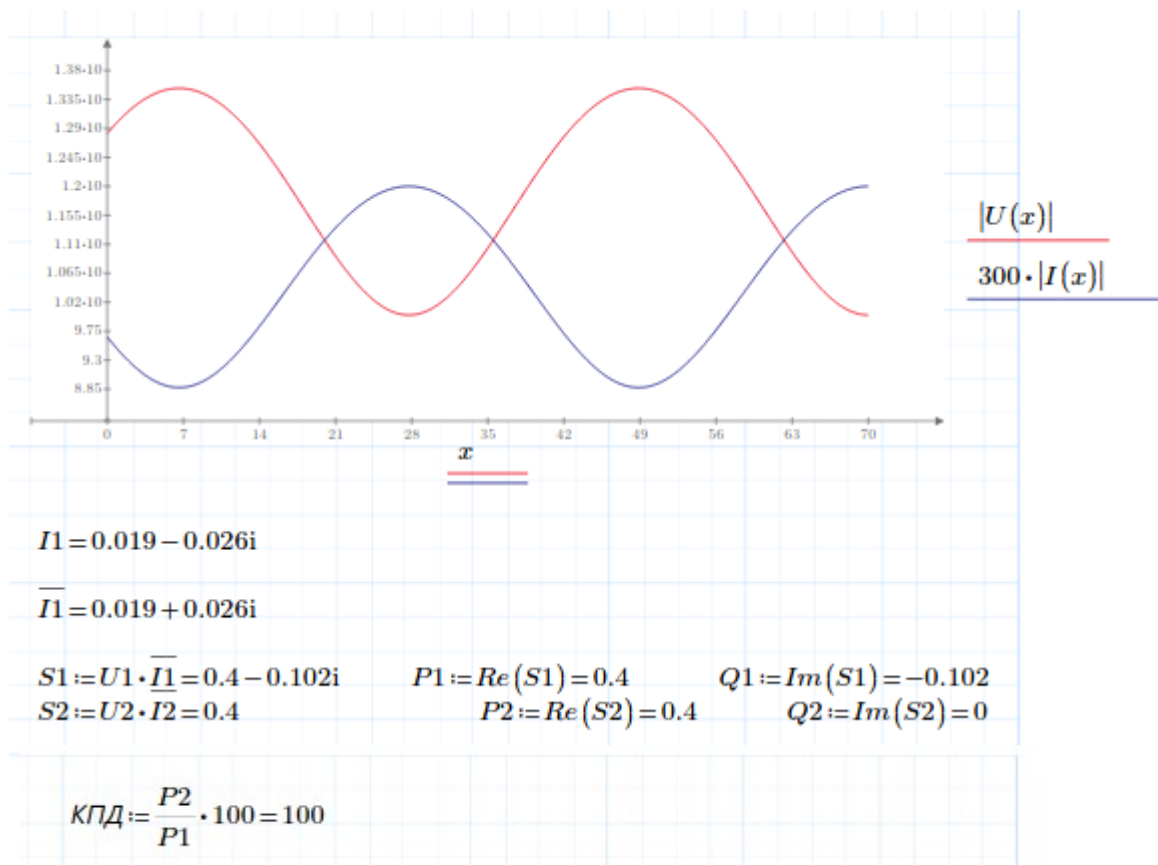


Рисунок 18 – Активная мощность в начале и конце линии и КПД линии без потерь.

Вывод по работе

В этом задании расчетно графической работы я провел расчеты четырехполюсников.

А параметры вычислял по формуле четырехполюсников:

$$U_1 = A_{11} * U_2 + A_{12} * I_2$$

$$I_1 = A_{21} * U_2 + A_{22} * I_2$$

Эквивалентное соединение выполнил с помощью преобразования из треугольника в звезду. Нашел вторичные параметры четырехполюсника в эквивалентном соединении. Далее нашел входные сопротивления при включении сопротивлений генератора и нагрузки.

В этом задании расчетно графической работы я провел расчеты линии с распределенными параметрами.

Во второй задаче были определены вторичные параметры линии, напряжение и ток в начале линии, активная мощность в начале и конце линии и КПД линии, а также рассчитаны вторичные параметры в линиях без потерь

Список литературы.

С. Ю. Креслина, А. Т. Аршабекова Методические указания и задания № 1, 2 к расчетно-графической работе по дисциплине «Цепи с распределенными и сосредоточенными параметрами», содержат две задачи по темам: «Расчет четырехполюсников» и «Расчет линии с распределенными параметрами», требования к выполнению и оформлению, задания, схемы и параметры электрических цепей, методические указания. для студентов специальности 5В070200 – Автоматизация и Управление, Алматы, АУЭС, 2015.