

### Лабораторная работа 3. Исследование пассивного четырехполюсника

Цель работы: определение А-параметров пассивного четырехполюсника в системе MathCAD.

#### 1. ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИК И ЕГО УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ

Четырехполюсником называется любая схема или часть схемы, имеющая **два входных** и **два выходных** зажима (рисунок 1). Четырехполюсник называется пассивным, если внутри его отсутствуют источники ЭДС и тока, иначе он называется активным.

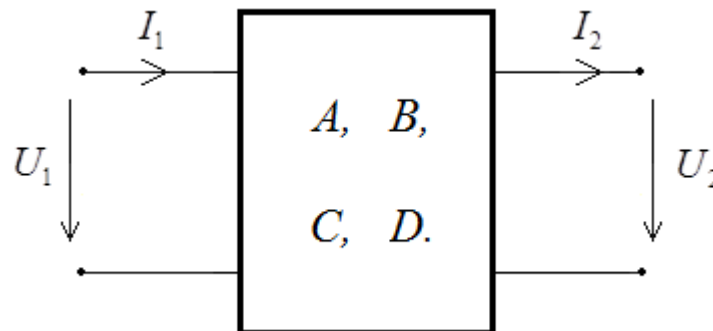


Рисунок 1 – Условное обозначение четырехполюсника

Четырехполюсник часто рассматривают как «черный ящик», у которого известны только входные и выходные параметры. Эти параметры связаны между собой системой уравнений. В электроэнергетике наиболее часто используются уравнения четырехполюсника в **А-параметрах**

$$\begin{cases} U_1 = A \cdot U_2 + B \cdot I_2 \\ I_1 = C \cdot U_2 + D \cdot I_2 \end{cases},$$

где  $A, B, C, D$  – это комплексные величины. Они связаны между собой соотношением

$$A \cdot D - B \cdot C = 1.$$

Если параметры четырехполюсника известны, то при расчете сложной схемы, состоящей из множества четырехполюсников, можно добиться существенного упрощения расчетов.

#### 2. ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

На рисунке 2 представлены наиболее распространенные  $T$  и  $\Pi$ -образные эквивалентные схемы четырехполюсников.

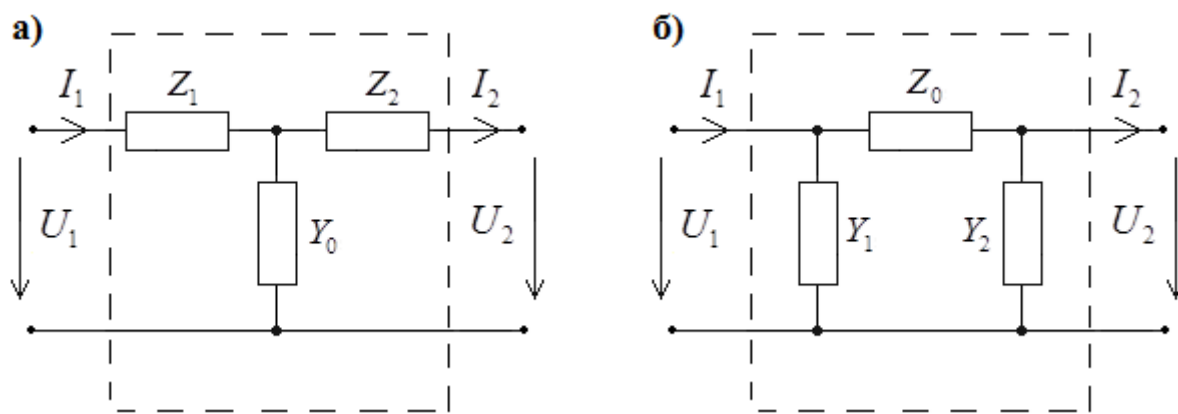


Рисунок 2 – а) *T*-четырёхполюсник, б) *Π*-четырёхполюсник

Для *T*-четырёхполюсника (рисунок 2а) *A*-параметры выражаются через параметры цепи следующим образом:

$$\begin{aligned} A &= 1 + Y_0 \cdot Z_1 & B &= Z_1 + Z_2 + Y_0 \cdot Z_1 \cdot Z_2 \\ C &= Y_0 & D &= 1 + Y_0 \cdot Z_2 \end{aligned} \quad (1)$$

для *Π*-четырёхполюсника (рисунок 2б):

$$\begin{aligned} A &= 1 + Z_0 \cdot Y_2 & B &= Z_0 \\ C &= Y_1 + Y_2 + Z_0 \cdot Y_1 \cdot Y_2 & D &= 1 + Z_0 \cdot Y_1 \end{aligned} \quad (2)$$

где  $Z_0, Z_1, Z_2$  – комплексные сопротивления ветвей,  $Y_0, Y_1, Y_2$  – комплексные проводимости ветвей.

### 3. ПРИМЕР РАСЧЕТА А-ПАРАМЕТРОВ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА

**ЗАДАЧА.** Рассчитать *A*-параметры четырёхполюсника (рисунок 3) в MathCAD при  $R_1 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 200 \text{ Ом}$ ,  $L = 10 \text{ мГн}$ ,  $C = 0.1 \text{ мкГн}$  на частоте  $f = 1000 \text{ Гц}$ .

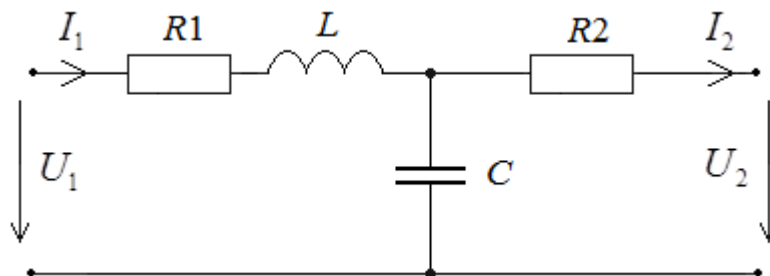


Рисунок 3 – четырёхполюсник

На рисунке 3 представлен *T*-четырёхполюсник, поэтому для расчета коэффициентов *A*, *B*, *C*, *D* будем использовать уравнения (1).

## Решение в MathCAD

**ДАНО**       $R4 := 100$      $R5 := 200$      $L := 0.01$      $C := 0.1 \cdot 10^{-6}$        $f := 1000$

Угловая частота       $\omega := 2 \cdot \pi \cdot f = 6.283 \times 10^3$

### Расчет сопротивлений Z1, Z2 и проводимости Y0

Соотнесем между собой рисунки 2а и 3. Ветви с сопротивлением Z1 соответствуют последовательное соединение резистора R1 и индуктивности L. Ветви с Z2 соответствует резистор R2. Ветви с проводимостью Y0 соответствует конденсатор C.

Необходимо записать сопротивления Z1, Z2 и проводимость Y0 в комплексном виде. Проводимость - величина обратная сопротивлению!

$$Z1 := R4 + j \cdot \omega \cdot L = 100 + 62.832i$$

$$Z2 := R5 = 200$$

$$Y0 := j \omega \cdot C = 6.283i \times 10^{-4}$$

### Расчет А-параметров для Т-образной схемы

$$A := 1 + Y0 \cdot Z1 = 0.961 + 0.063i$$

$$B := Z1 + Z2 + Y0 \cdot Z1 \cdot Z2 = 292.104 + 75.398i$$

$$C := Y0 = 6.283i \times 10^{-4}$$

$$D := 1 + Y0 \cdot Z2 = 1 + 0.126i$$

### Проверка соотношения А-параметров

$$A \cdot D - B \cdot C = 1$$

Обратите внимание: величины A, B, C, D – это комплексные числа.

## 4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Требуется определить А-параметры для четырехполюсника на рисунке 4 в MathCAD. Пример рассмотрен в пункте 3. Частота  $f = 1000$  Гц. **Номер варианта (таблица внизу) выбирается согласно номеру в журнале!**

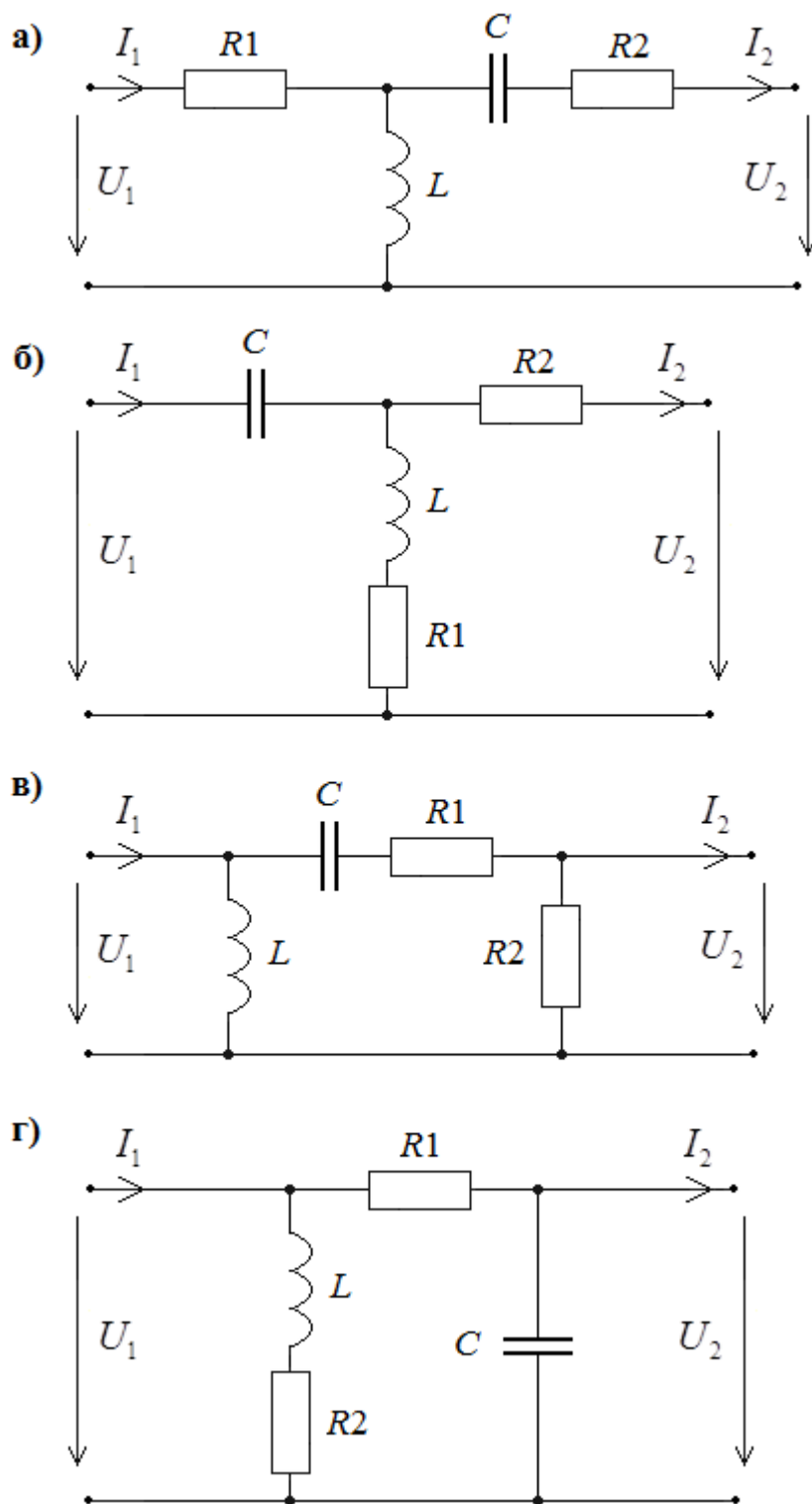


Рисунок 4 – четырехполусники для самостоятельной работы

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№	№ рисунка	$R1$ , Ом	$R2$ , Ом	$L$ , мГн	$C$ , мкФ
1	а)	50	100	1	1
2	б)	50	100	10	1
3	в)	50	100	15	1
4	г)	50	100	20	1
5	а)	100	200	1	5
6	б)	100	200	10	5
7	в)	100	200	15	5
8	г)	100	200	20	5
9	а)	200	300	1	2
10	б)	200	300	10	2
11	в)	200	300	15	2
12	г)	200	300	20	2
13	а)	300	400	1	3
14	б)	300	400	10	3
15	в)	300	400	15	3
16	г)	300	400	20	3
17	а)	400	500	1	10
18	б)	400	500	10	10
19	в)	400	500	15	10
20	г)	400	500	20	10
21	а)	500	600	1	15
22	б)	500	600	10	15
23	в)	500	600	15	15
24	г)	500	600	20	15