

Лабораторная работа 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ
ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА

Цель работы: изучить собственные параметры четырехполюсника (ЧП) и методы их определения, закрепить полученные практические навыки.

Порядок выполнения работы

1. Измерить мостом переменного тока входное сопротивление ЧП при прямом и обратном направлениях передачи в двух режимах:
 - а) холостой ход,
 - б) короткое замыкание.
2. Рассчитать собственные параметры ЧП (матрицу A , сопротивления Z_{C1} , Z_{C2} , постоянную передачи g_C по результатам измерений входного сопротивления при холостом ходе и коротком замыкании), определить вид схемы замещения и параметры элементов.
3. Собрать схему и измерить a_C .
4. Выполнить расчет собственных параметров ЧП (матрицу A , сопротивления Z_{C1} , Z_{C2} , постоянную передачи g_C по результатам теоретического расчета входных сопротивлений в режимах холостого хода и короткого замыкания).
5. Сравнить результаты использованных методов, сделать выводы по результатам работы.
6. Ответить на контрольные вопросы.

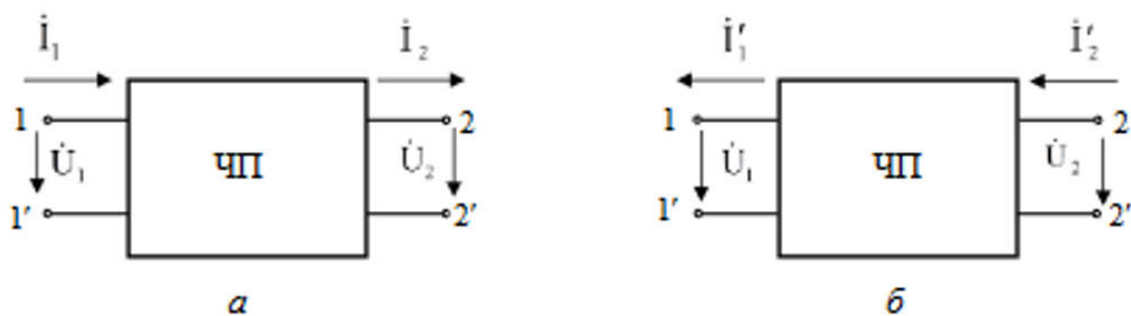


Рис. 1. Направление тока и напряжения, принятые при изучении ЧП:

а – при прямой передаче;

б – при обратной.

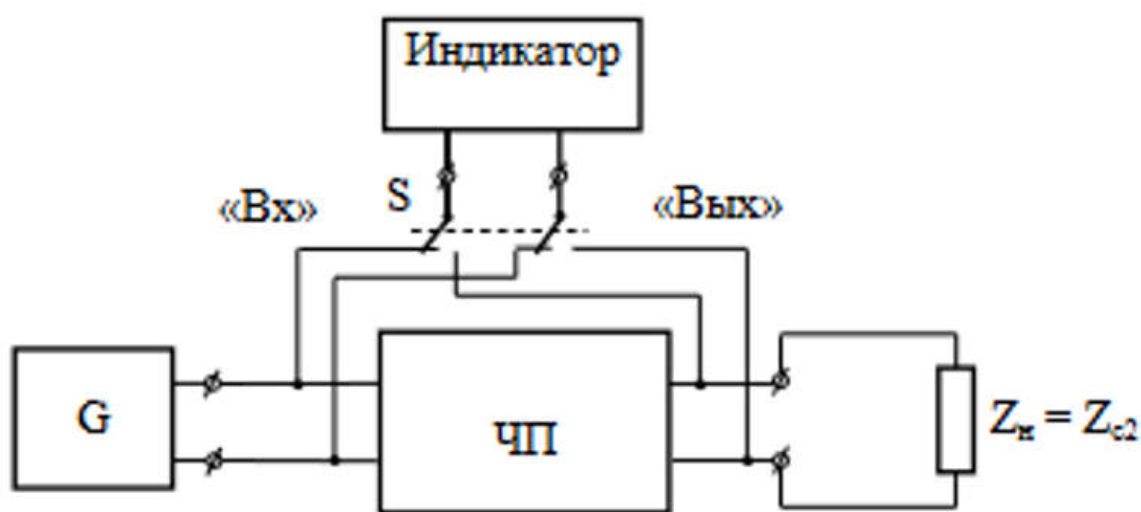


Рис. 2. Схема измерения собственного затухания.

Расчетные формулы:

Емкостной характер:

$$Z_x = R_3 - \frac{j}{2 * \pi * f * C_3}.$$

Индуктивный характер:

$$Z_x = \frac{10^5}{R_3} + j * 2 * \pi * f * C_3 * 10^5.$$

Расчет произведем в пакете MathCad.

$$f := 4000$$

$$R_e := 400 \quad C_e := 0.2 \cdot 10^{-6}$$

$$Z_x := R_e - i \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_e} = 400 - 198.94i$$

$$|Z_x| = 446.74 \quad \varphi := \frac{\arg(Z_x)}{\deg} = -26.44$$

$$R_e := 456 \quad C_e := 4.8 \cdot 10^{-6}$$

$$Z_x := R_e - i \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_e} = 456 - 8.29i$$

$$|Z_x| = 456.08 \quad \varphi := \frac{\arg(Z_x)}{\deg} = -1.04$$

$$R_e := 166 \quad C_e := 0.321 \cdot 10^{-6}$$

$$Z_x := \frac{10^5}{R_e} + i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_e \cdot 10^5 = 602.41 + 806.76i$$

$$|Z_x| = 1006.86 \quad \varphi := \frac{\arg(Z_x)}{\deg} = 53.25$$

$$R_e := 5000 \quad C_e := 0.4 \cdot 10^{-6}$$

$$Z_x := \frac{10^5}{R_e} + i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_e \cdot 10^5 = 20 + 1005.31i$$

$$|Z_x| = 1005.51 \quad \varphi := \frac{\arg(Z_x)}{\deg} = 88.86$$

Таблица 1. Результаты теоретических и
экспериментальных исследований
сопротивления реактивного двухполюсника.

Экспериментальные данные							Теоретический расчет	
Тип замыкания	f, Гц	Характеристика сопротивления	U, В	R _э , Ом	C _э , мкФ	Z _э , Ом	Z _т , Ом	
ХХ _{пр}	4000	индуктивное	0,00054	166	0,321	1008	$1007 * e^{j*53^\circ}$	Z_{BX}^∞
КЗ _{пр}	4000	емкостное	0,000	400	0,2	446,74	$446 * e^{-j*26^\circ}$	$Z_{BX}'^\infty$
ХХ _{об}	4000	индуктивное	0,000	500	0,4	1026,0	$1025 * e^{j*78^\circ}$	Z_{BX}^0
КЗ _{об}	4000	емкостное	0,003	456	4,8	456,1	$456 * e^{-j*1^\circ}$	$Z_{BX}'^0$

$$\frac{Z_{BX}^\infty}{Z_{BX}^0} = \frac{1007 * e^{j*53^\circ}}{1006 * e^{j*89^\circ}} = 1,001 * e^{-j*36^\circ};$$

$$x + j * y = \sqrt{\frac{Z_{BX}^0}{Z_{BX}'^\infty}} = \sqrt{1,001 * e^{-j*36^\circ}} = 1,0007 * e^{-j*18^\circ};$$

$$\dot{N} = \frac{1 + (x + j * y)}{1 - (x + j * y)} = \frac{1 + 1,0007 * e^{-j*18^\circ}}{1 - 1,0007 * e^{-j*18^\circ}} = 6,38 * e^{-j*90^\circ};$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{1 + (x + j * y)} * \sqrt{1 - (x + j * y)}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + 1,0007 * e^{-j*18^\circ}} * \sqrt{1 - 1,0007 * e^{-j*18^\circ}}} =$$

$$= 0,92 * e^{-j*27^\circ};$$

$$A_{11} = t * \sqrt{\frac{Z_{BX}^0}{Z_{BX}'^\infty}} = 0,92 * e^{-j*27^\circ} * \sqrt{\frac{1025 * e^{j*78^\circ}}{446 * e^{-j*26^\circ}}} =$$

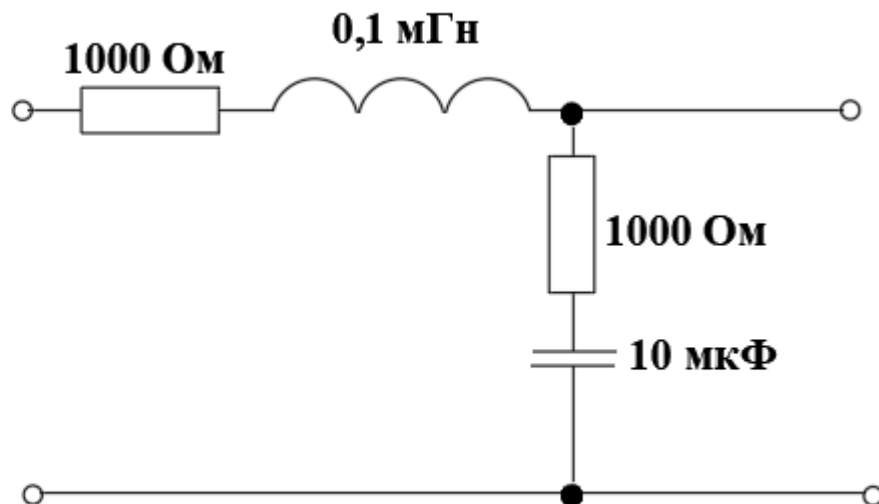
$$= 1,39 * e^{30j*27^\circ};$$

$$A_{12} = t * \sqrt{Z_{BX}'^\infty * Z_{BX}^\infty} = 0,92 * e^{-j*27^\circ} * \sqrt{446 * e^{-j*26^\circ} * 1007 * e^{j*53^\circ}} =$$

$$= 627,5 * e^{-j*2^\circ};$$

$$\begin{aligned}
 A_{21} &= \frac{t}{\sqrt{Z_{\text{BX}}^{\infty} * Z_{\text{BX}}^0}} = \frac{0,92 * e^{-j*27^{\circ}}}{\sqrt{1007 * e^{j*53^{\circ}} * 1006 * e^{j*89^{\circ}}}} = \\
 &= 0,0009 * e^{-j*98^{\circ}}; \\
 A_{22} &= t * \sqrt{\frac{Z_{\text{BX}}^{\prime\infty}}{Z_{\text{BX}}^0}} = 0,92 * e^{-j*27^{\circ}} * \sqrt{\frac{446 * e^{-j*26^{\circ}}}{1006 * e^{j*89^{\circ}}}} = \\
 &= 0,61 * e^{-j*85^{\circ}}; \\
 A_{11} * A_{22} - A_{21} * A_{12} &= \\
 &= 1,39 * e^{30j*27^{\circ}} * 0,61 * e^{-j*85^{\circ}} - 0,0009 * e^{-j*98^{\circ}} * 627,5 * e^{-j*2^{\circ}} = 1.
 \end{aligned}$$

Расчет элементов



Сравним результаты использованных методов и сделаем выводы по результатам работы.

Как видно из табл. 1. результаты практически совпадают.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается физический смысл коэффициентов передачи?

Безразмерные коэффициенты A_{11} и A_{12} характеризуют соответственно передачу напряжения и тока через ЧП:

- при холостом ходе –

$$i_2 = 0; A_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2};$$

- при коротком замыкании -

$$\dot{U}_2 = 0; A_{22} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2}.$$

Коэффициент A_{12} представляет собой сопротивление передачи в режиме короткого замыкания, т.е.

$$A_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2};$$

а передаточная проводимость при холостом ходе:

$$A_{21} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2}.$$

2. Что такое характеристические параметры, каков их смысл?

Характеристическим сопротивлением Z_{c1} называется входное сопротивление ЧП при прямом направлении передачи, когда к выходным зажимам 2-2' в качестве нагрузки подключено сопротивление Z_{c2} и наоборот.

3. Чем характеристические параметры отличаются от повторных, рабочих?

Характеристические параметры четырехполюсника отличаются от повторных, рабочих параметров в том, что:

- Четырехполюсник - это абстрактная модель, которая описывает связь между входными и выходными сигналами без детального изучения внутренней структуры устройства. Он характеризуется передаточными функциями, импедансами и т.д.
- Повторные параметры - это специфические характеристики, связанные с конкретной физической реализацией устройства. Они включают в себя параметры, такие как коэффициент передачи, выходное сопротивление, входное сопротивление и другие, которые характеризуют конкретное устройство.
- Рабочие параметры - это значения параметров четырехполюсника или повторных параметров при определенных условиях работы устройства, таких как рабочая частота, температура, напряжение питания и т.д.

Таким образом, четырехполюсник является абстракцией, описывающей связь между входом и выходом, в то время как повторные и рабочие параметры представляют конкретные значения характеристик устройства в определенных условиях и его физическую реализацию.

4. От чего зависит входное сопротивление ЧП?

Входное сопротивление четырехполюсника зависит от его внутренней структуры, составляющих элементов и соединений. Оно также может зависеть от частоты входного сигнала (если рассматривается четырехполюсник как линейная система), от типа и значений активных и пассивных компонентов, а также от конфигурации самого четырехполюсника.

Например, если четырехполюсник содержит резисторы, индуктивности или конденсаторы, то входное сопротивление будет зависеть от их значений. Если четырехполюсник является активным устройством (например, усилителем), то входное сопротивление будет определяться параметрами активных элементов (транзисторов, операционных усилителей и т.д.).

Кроме того, при анализе входного сопротивления четырехполюсника важно учитывать схему включения и условия работы устройства, такие как рабочая частота, температура, напряжение питания и другие факторы, которые могут влиять на его характеристики.

5. Как записывается условие согласованной нагрузки при прямом и обратном направлениях передачи сигналов через ЧП?

Условие, когда ЧП нагружен на соответствующее характеристическое сопротивление называется условием *согласованной* нагрузки.

6. Как по результатам измерений определить, является ли ЧП пассивным, симметричным?

ЧП, не содержащие источников энергии, а также линейные ЧП с независимыми взаимно компенсирующими источниками называются *пассивными*.

В пассивном ЧП:

$$A_{11} * A_{22} - A_{21} * A_{12} = 1.$$

Симметричный четырехполюсник - это четырехполюсник, у которого соблюдается особая симметрия в отношении входных и выходных портов. Он характеризуется тем, что имеет равные характеристики (такие как передаточные функции, импедансы и другие параметры) при обмене местами входных и выходных портов.

В симметричном ЧП:

$$A_{11} = A_{22}.$$

7. Как по (A)-матрице различить симметричную и несимметричную схемы ЧП?

Для определения того, является ли четырехполюсник симметричным или несимметричным, можно воспользоваться A-матрицей, также известной как параметры передачи.

Симметричный четырехполюсник характеризуется свойством, что параметры передачи между входными и выходными портами одинаковы при обмене местами любой пары входов или выходов. То есть, матрица передачи для симметричного четырехполюсника будет симметричной относительно главной диагонали.

Если A-матрица до и после обмена местами входами или выходами остается неизменной, то это говорит о симметричности четырехполюсника. В случае несимметричной схемы, значения параметров передачи будут различаться при обмене входами или выходами.

Таким образом, анализируя A-матрицу четырехполюсника и проверяя симметричность значений параметров передачи при обмене местами входами или выходами, можно определить симметричная ли это схема четырехполюсника.

Матрица A-

[12. Основы теории четырехполюсников. Теория электрических цепей.](#)
[Курс лекций \(siblec.ru\)](#)