ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПАССИВНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА

Цель работы: Определить комплексные коэффициенты *A, B, C, D*, входящие в уравнения четырехполюсника, составленные по форме *A*, при питании четырехполюсника от источника синусоидального напряжения. Рассчитать нагрузочный режим работы четырехполюсника, воспользовавшись уравнениями составленными по форме А.

Общие теоретические положения

Четырехполюсником называется электрическая цепь, имеющая два входных и два выходных зажима. Различают активный и пассивный четырехполюсники.

Одной из канонических форм уравнений связывающих входные и выходные токи и напряжения является система уравнений, составленных по форме *A*:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A\dot{U}_2 + B\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = C\dot{U}_2 + D\dot{I}_2 \end{cases} \quad (9.1)$$

Система уравнений, составленных при перемене местами источника напряжения и приемника, называется формой В:

$$\begin{cases} \dot{U}_2 = D\dot{U}_1 + B\dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 = C\dot{U}_1 + A\dot{I}_1 \end{cases} \quad (9.2)$$

где: $\dot{U}_1, \dot{I}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_2$ – комплексные входные и выходные токи и напряжения четырехполюсника;

A, B, C, D – комплексные (в общем случае) коэффициенты, определяемые структурой схемы четырехполюсника, численными значениями параметров четырехполюсника, частотой подводимого напряжения.

Данные коэффициенты связаны между собой соотношением:

$$AD - BC = 1 \quad (9.3)$$

Коэффициенты *A, B, C* и *D* могут быть определены как теоретически, так и экспериментально.

При любом способе соединения пассивных элементов, входящих в состав четырехполюсника, его структуру всегда можно преобразовать в одну из двух основных схем замещения: *Т* – образную и *П* – образную по рис.9.1.

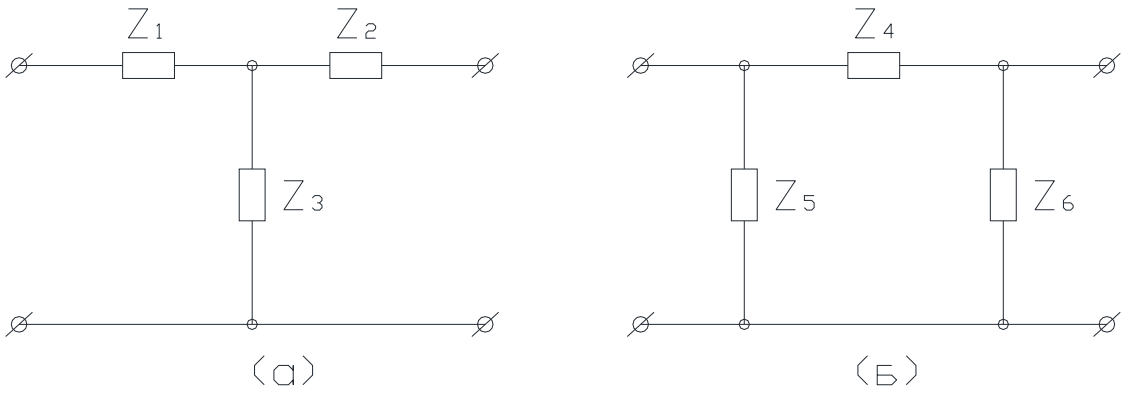


Рис.9.1. Схемы замещения пассивного четырехполюсника:

Т- образная (а) и ***П*** - образная (б)

Сопротивления $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6$ – в общем случае комплексные числа.

Приведенные схемы взаимозаменяемы на основании известного преобразования треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду и обратно.

Для ***Т***- образной схемы замещения по рис.9.1,а взаимосвязь коэффициентов *A, B, C* и *D* с сопротивлениями Z_1, Z_2, Z_3 выразится:

$$A = \frac{Z_1}{Z_3} + 1; \quad B = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_3} + Z_1 + Z_2; \quad C = \frac{1}{Z_3}; \quad D = 1 + \frac{Z_2}{Z_3} \tag{9.4}$$

Для *П* – образной схемы (см. рис.9.1, б) эта взаимосвязь имеет вид:

$$A = \frac{Z_4}{Z_5} + 1; \quad B = Z_4; \quad C = \frac{Z_4 + Z_5 + Z_6}{Z_5 \cdot Z_6}; \quad D = 1 + \frac{Z_4}{Z_5} \tag{9.5}$$

При экспериментальном способе определения коэффициентов A, B, C, D проводят любые три из четырех возможных опытов короткого замыкания и холостого хода со стороны входных и выходных зажимов четырехполюсника. Так, неизвестные комплексные коэффициенты можно найти, например, по следующим формулам:

$$A = \sqrt{\frac{Z_{1X} \cdot Z_{1K}}{Z_{2K} \cdot (Z_{1X} - Z_{1K})}}; \; B = A \cdot Z_{2K}; \; C = \frac{A}{Z_{1X}}; \; D = \frac{B}{Z_{1K}} \tag{9.6}$$

при условии, что со стороны первичных зажимов реализованы опыты холостого хода и короткого замыкания, а со стороны вторичных – опыт короткого замыкания. Данные соотношения получены в результате преобразования и упрощения систем уравнений (9.1) и (9.2).

Исследование режимов работы четырехполюсника и определение его комплексных коэффициентов *A ,B, C* и *D* производится на примере электрических схем, изображенных на рис. 9.2,а – 9.2,г.

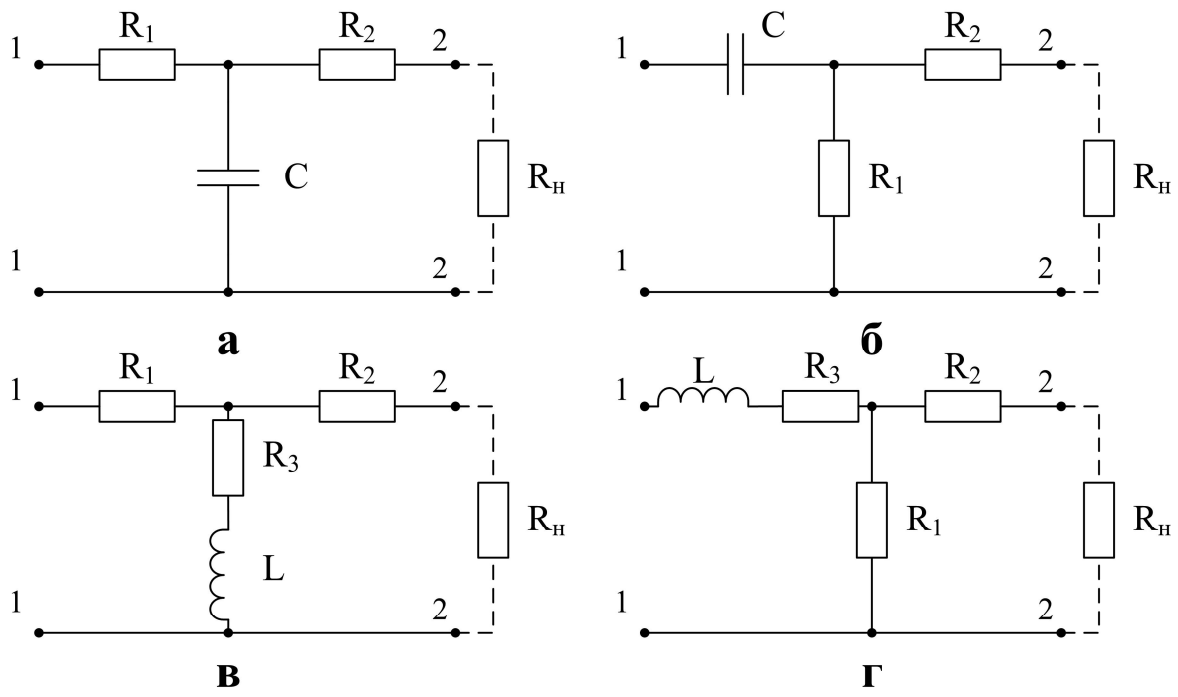


Рис. 9.2. Электрические схемы пассивных четырехполюсников

R3 - внутреннее активное сопротивление катушек индуктивности

План работы

1. Произвести сборку схемы по Рис. 9.2 в соответствии с номером варианта из таблицы 9.1, вариант задается преподавателем.

2. Произвести опыт холостого хода, подключив источник и ваттметр со стороны первичных зажимов (1-1). Во всех опытах в качестве источника используется генератор синусоидального напряжения.

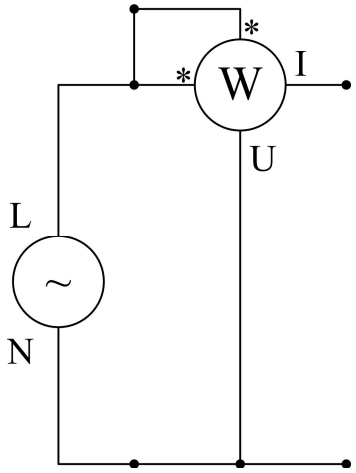


Рис.9.3. Электрическая схема подключения ваттметра

3. Измерить значение напряжения источника U_{1X} и ток через него I_{1X}, подключив соответствующие измерительные приборы, также измерить активную мощность P_{1X}.

4. Произвести опыт короткого замыкания, подключив источник и ваттметр со стороны первичных зажимов (1-1).

5. Измерить значение напряжения источника $U_{1к}$ и ток через него $I_{1к}$,

подключив соответствующие измерительные приборы, также измерить активную мощность $P_{1к}$.

6. Произвести опыт короткого замыкания, подключив источник и ваттметр со стороны вторичных зажимов (2-2).

7. Измерить значение напряжения источника $U_{2к}$ и ток через него $I_{2к}$, подключив соответствующие измерительные приборы, также измерить активную мощность $P_{2к}$.

8. Задаваясь величиной $R_Н$ в соответствии с номером варианта произвести опыт нагрузочного режима и измерить действующие значения I_1, U_2, I_2.

9. Измерить с помощью омметра внутреннее активное сопротивление R_3 катушек индуктивности, используемых в опытах.

Таблица 9.1

№ вариан-та	Параметры							
	№ схемы	U_1, В	f, Гц	R_1, Ом	R_2, Ом	C, мкФ	L, мГн	$R_н$, Ом
1	2.2.2. а	24	50	100	470	10	-	220
2	2.2.2. б	24	50	150	330	10	-	220
3	2.2.2. в	24	50	330	150	-	100	220
4	2.2.2. г	24	50	470	330	-	10	220

Задание по расчету

1. Для схемы по Рис. 9.2, в соответствии с номером варианта, рассчитать комплексные коэффициенты A ,B, C и D, воспользовавшись данными из таблицы 9.1 по формулам (9.4).

2. Рассчитать значения соответствующих комплексных сопротивлений по формулам:

$$Z_{1X}=\frac{\dot{U}_{1X}}{\dot{I}_{1X}}=Z_{1X}e^{j\varphi_{1X}},\ \text{где}\ Z_1=\frac{U_{1X}}{I_{1X}};\ \varphi_{1X}=\arccos\frac{P_{1X}}{U_{1X}I_{1X}},$$

$$Z_{1K}=\frac{\dot{U}_{1K}}{\dot{I}_{1K}}=Z_{1K}e^{j\varphi_{1K}},\ \text{где}\ Z_{1K}=\frac{U_{1K}}{I_{1K}};\ \varphi_{1K}=\arccos\frac{P_{1K}}{U_{1K}I_{1K}},$$

$$Z_{2K}=\frac{\dot{U}_{2K}}{\dot{I}_{2K}}=Z_{2K}e^{j\varphi_{2K}},\ \text{где}\ Z_{2K}=\frac{U_{2K}}{I_{2K}};\ \varphi_{2K}=\arccos\frac{P_{2K}}{U_{2K}I_{2K}},$$

3. По характеру реактивного сопротивления правильно определить знак угла сдвига фазы; используя найденные значения Z_{1X}, Z_{1K}, Z_{2K} по формулам (9.6), определить комплексные коэффициенты A ,B, C, D и проверить правильность найденных значений по формуле (9.3). Сравнить с коэффициентами, полученными в пункте 1.

4. Для заданных U_1 и R_H, рассчитать действующие значения: I_1, U_2, I_2 по уравнениям формы А. Сравнить значения электрических величин в нагрузочном режиме с измеренными.

5. Сделать выводы по работе.