

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра теоретических основ электротехники

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №3
на тему

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТЫХ ЦЕПЕЙ
СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА**

Студент группы №950503

Полховский А.Ф.

Преподаватель

Батюков С. В.

Минск 2020

1 Цель лабораторной работы.

Приобретение навыков работы с вольтметром, амперметром, генератором, фазометром. Экспериментальная проверка законов распределения токов и напряжений в последовательной, параллельной и последовательно-параллельной цепях гармонического тока.

2 Расчет домашнего задания.

2.1 Исходные данные представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Исходные данные

U , В	Схема на рис.	f , Гц	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	L , мГн	r_k , Ом	C , мкФ
8	3.8	800	110	109.6	109.9	44.3	58.7	1.04

2.2 Расчет последовательной схемы.

Рассчитываемая схема изображена на рисунке 1.

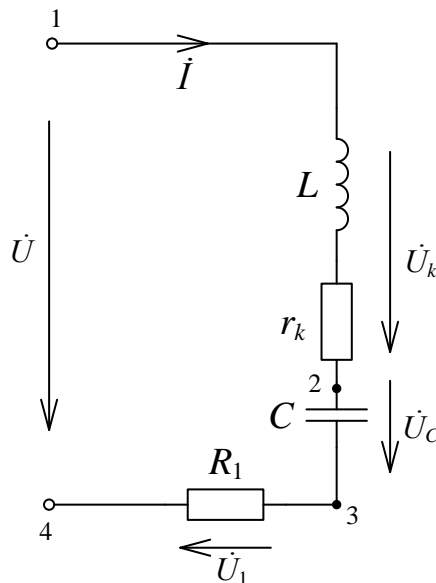


Рисунок 1 – Схема с последовательным соединением элементов

Циклическая частота ω , рад/с, равна

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot \pi \cdot 800 = 1600\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Реактивные сопротивления X_L и X_C , Ом, равны

$$X_L = \omega \cdot L = 1600\pi \cdot 44.3 \cdot 10^{-3} = 222.676 \text{ (Ом)},$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{1600\pi \cdot 1.04 \cdot 10^{-6}} = 191.292 \text{ (Ом)}.$$

Комплексные сопротивления $\underline{Z}_K, \underline{Z}_C, \underline{Z}_1$, Ом, равны

$$\begin{aligned}\underline{Z}_K &= r_k + j \cdot X_L = 58,7 + j222.676 \text{ Ом}, \\ \underline{Z}_C &= -j \cdot X_C = -j191.292 \text{ Ом}, \\ \underline{Z}_1 &= R_1 = 110 \text{ Ом}.\end{aligned}$$

Полное комплексное сопротивление цепи \underline{Z} , Ом, равно

$$\begin{aligned}\underline{Z} &= \underline{Z}_K + \underline{Z}_C + \underline{Z}_1 = 58.7 + j222.676 - j191.292 + 124.7 + 110 = \\ &= 168.7 + j31.384 = 171.594e^{j10.539^\circ} \text{ Ом}\end{aligned}$$

Входной ток \dot{I} , А, равен

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}} = \frac{8}{171.594e^{j10.539^\circ}} = 0,047e^{-j10.539^\circ} \text{ А}.$$

Напряжения на элементах схемы $\dot{U}_K, \dot{U}_C, \dot{U}_1$, В, равны

$$\begin{aligned}\dot{U}_K &= \dot{I} \cdot \underline{Z}_K = 0,047e^{-j10.539^\circ} \cdot (58,7 + j222.676) = \\ &= 0,047e^{-j10.539^\circ} \cdot 230.283e^{j75.232^\circ} = 10.736e^{j64.694^\circ} \text{ В}, \\ \dot{U}_C &= \dot{I} \cdot \underline{Z}_C = 0,047e^{-j10.539^\circ} \cdot (-j191,292) = \\ &= 0,047e^{-j10.539^\circ} \cdot 191,292e^{-j90^\circ} = 8.918e^{-j100,539^\circ} \text{ В}, \\ \dot{U}_1 &= \dot{I} \cdot \underline{Z}_1 = 0,047e^{-j10.539^\circ} \cdot 110 = 5.128e^{-j10.539^\circ} \text{ В}.\end{aligned}$$

Рассчитанные напряжения и ток представлены графически на векторной диаграмме (рис. 2)

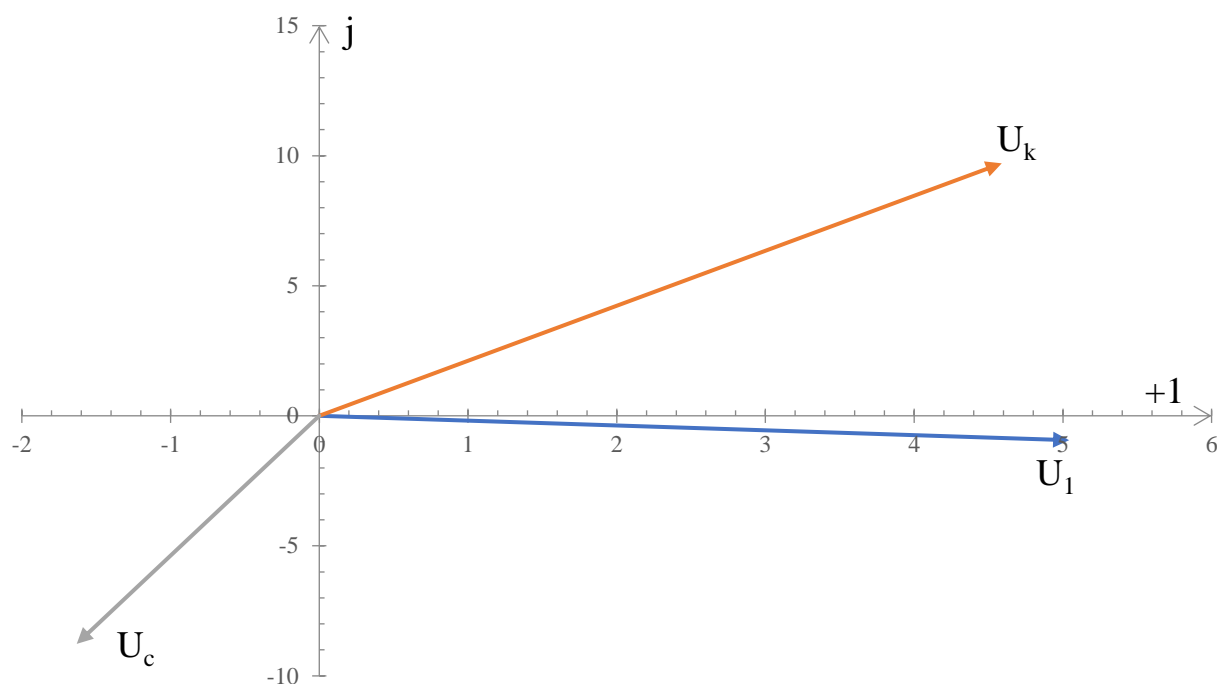


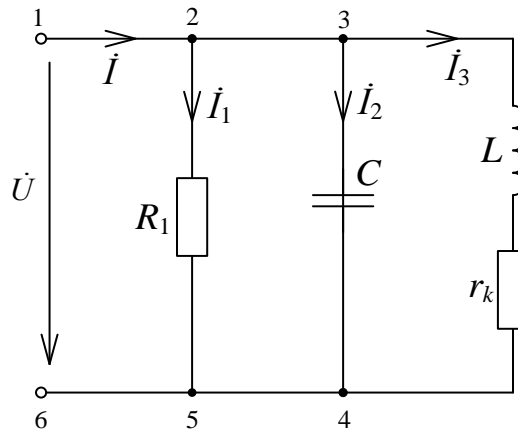
Рисунок 2 – Векторная диаграмма для последовательной цепи
Расчетные результаты представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчетные и экспериментальные результаты

	X_L , Ом	X_C , Ом	\underline{Z}		\underline{I}		\underline{U}_K		\underline{U}_C		\underline{U}_1	
			Z , Ом	φ , град	I , мА	ψ_1 , град	U_K , В	ψ_{UK} , град	U_C , В	ψ_{UC} , град	U_1 , В	ψ_{U1} , град
Расчет	222.676	191.292	171.594	10.539	47	-10.539	10.736	64.964	8.918	-100.539	5.128	-10.539
Опыт	-	-	-	-	45,8	-14,3	11,07	61,3	8,75	-	4,99	-14,23

2.3 Расчет параллельной схемы.

Рассчитываемая схема с параллельным соединением элементов представлена на рисунке 3.



d

Рисунок 3 – Схема с параллельным соединением элементов

Токи ветвей \dot{I}_1 , \dot{I}_2 , \dot{I}_3 , А, равны

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{R_1} = \frac{8}{110} = 0,073e^{j0^\circ} \text{ А},$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}_C} = \frac{8}{-j191,292} = j0,042 = 0,042e^{j90^\circ} \text{ А},$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}_K} = \frac{8}{58,7 + j222,676} = 0,008855 - j0,038 = 0,035e^{-j75,232^\circ} \text{ А}.$$

Входной ток \dot{I} , А, равен сумме токов \dot{I}_1 , \dot{I}_2 , \dot{I}_3

$$\begin{aligned} \dot{I} &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0,073e^{j0^\circ} + 0,042e^{j90^\circ} + 0,035e^{-j75,232^\circ} = \\ &= 0,082 - j0,008223 = 0,082e^{j5,76^\circ} \text{ А}. \end{aligned}$$

Напряжение и рассчитанные токи представлены графически на векторной диаграмме (рис. 4)

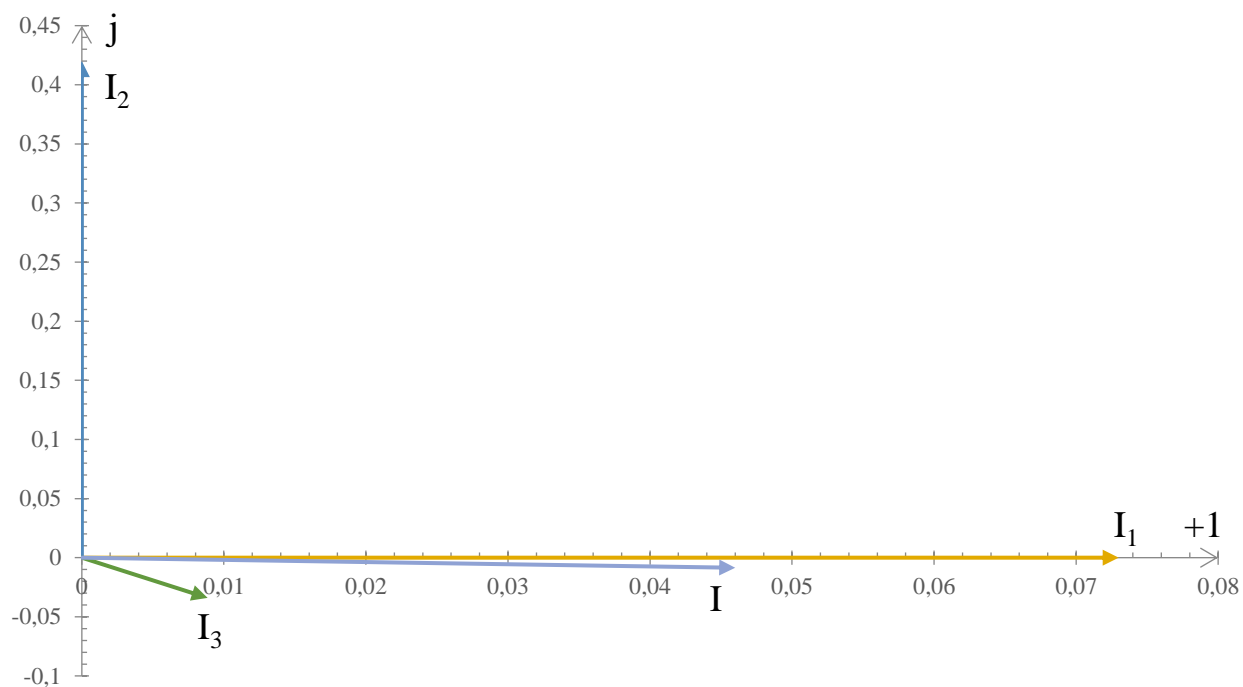


Рисунок 4 – Векторная диаграмма для параллельной цепи

Расчетные результаты представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расчетные и экспериментальные результаты

	\dot{I}		\dot{I}_1		\dot{I}_2		\dot{I}_3	
	I , мА	ψ_I , град	I_1 , мА	ψ_{I1} , град	I_2 , мА	ψ_{I2} , град	I_3 , мА	ψ_{I3} , град
Расчет	82	5,76	73	0	42	90	35	-75,23
Опыт	81,6	-172,2	—	—	—	—	—	—

2.4 Расчет смешанной схемы.

Расчетная схема последовательно-параллельной электрической цепи гармонического тока представлена на рисунке 5.

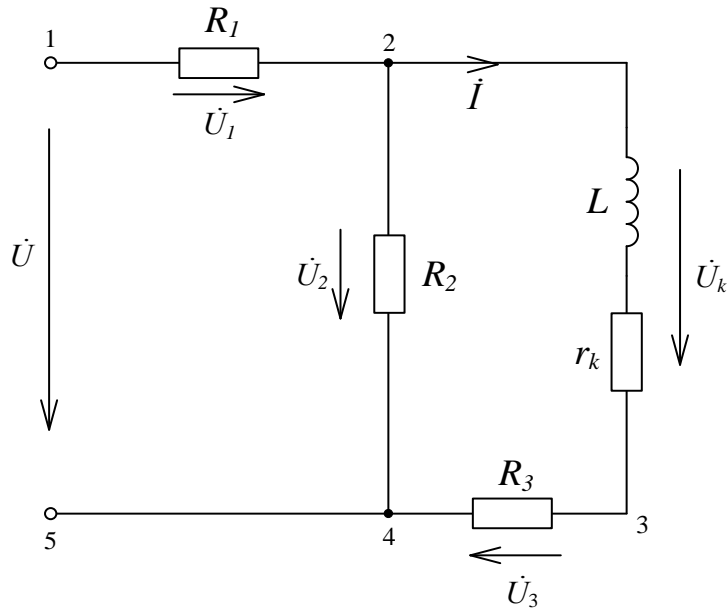


Рисунок 5 – Схема с последовательно-параллельным подключением элементов

Комплексное сопротивление \underline{Z}_{3Lk} , Ом, ветви, состоящей из катушки индуктивности L , нагрузки r_k и нагрузки R_3 , равно

$$\underline{Z}_{3Lk} = R_3 + r_k + j \cdot X_L = 168.6 + j222.676 = 279,304e^{j52,869^\circ} \text{ Ом.}$$

Входное комплексное сопротивление цепи со смешанным подключением \underline{Z} , Ом равно

$$\begin{aligned} \underline{Z} &= R_1 + \frac{\underline{Z}_{3Lk} \cdot R_2}{\underline{Z}_{3Lk} + R_2} = 110 + \frac{168.6 + j222.676 \cdot 124,9}{168.6 + j222.676 + 124,9} = \\ &= 193.283 + j21,065 = 194.427e^{j6.22^\circ} \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Входной ток \dot{I} , А, равен току \dot{I}_1 на сопротивлении R_1 и имеет численное значение

$$\dot{I} = \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}} = \frac{8}{194.427e^{j6.22^\circ}} = 0.041 - j0.004458 = 0.041e^{-j6.22^\circ} \text{ А.}$$

По правилу плеч ток \dot{I}_2 , А, равен

$$\begin{aligned} \dot{I}_2 &= \dot{I}_1 \cdot \frac{\underline{Z}_{3Lk}}{R_2 + \underline{Z}_{3Lk}} = 0,032e^{-j7.974^\circ} \cdot \frac{168.6 + j222.676}{109.6 + 168.6 + j222.676} = \\ &= 0.032 - j0.004474 = 0.032e^{j7.974^\circ} \text{ А.} \end{aligned}$$

Исходя из первого закона Кирхгофа, имеем

$$\begin{aligned} \dot{I}_3 = \dot{I}_1 - \dot{I}_2 &= 0,041e^{-j6.22^\circ} - 0,032e^{j7.974^\circ} = 8.965 - j0.008932 \\ &= 0.013e^{-j44.894^\circ} \text{ А.} \end{aligned}$$

Напряжения $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}_3, \dot{U}_k$, В, на элементах схемы равны

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{I}_1 \cdot R_1 = 0.041e^{-j6.22^\circ} \cdot 110 = 4.526e^{-j6.22^\circ} \text{ В,} \\ \dot{U}_2 &= \dot{I}_2 \cdot R_2 = 0.032e^{j7.974^\circ} \cdot 109.6 = 3.535e^{j7.974^\circ} \text{ В,} \\ \dot{U}_3 &= \dot{I}_3 \cdot R_3 = 0.013e^{-j44.894^\circ} \cdot 109.9 = 1.391e^{-j44.894^\circ} \text{ В,} \\ \dot{U}_k &= \dot{I}_3 \cdot Z_k = 0.013e^{-j44.894^\circ} \cdot (58.7 + j222.676) = \\ &= 2.914e^{j30.338^\circ} \text{ В.} \end{aligned}$$

Напряжения и токи представлены графически на векторных диаграммах (рис.6 и рис.7 соответственно)

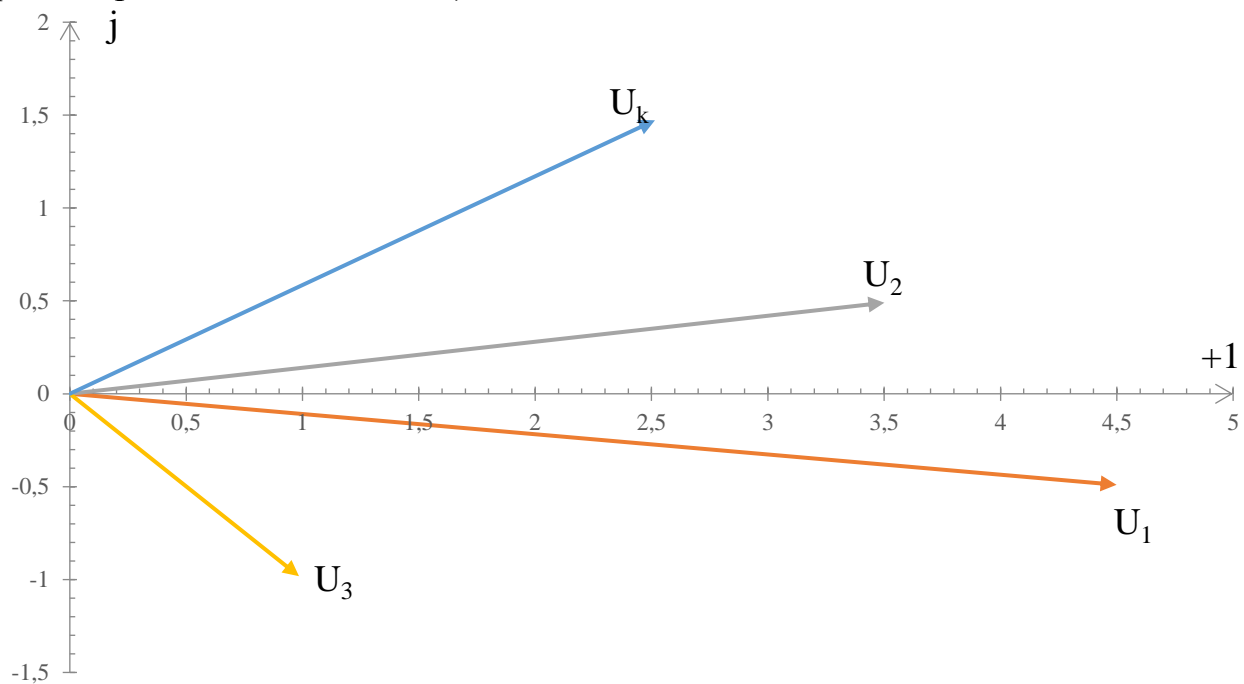


Рисунок 6 – Векторная диаграмма напряжений для смешанной цепи

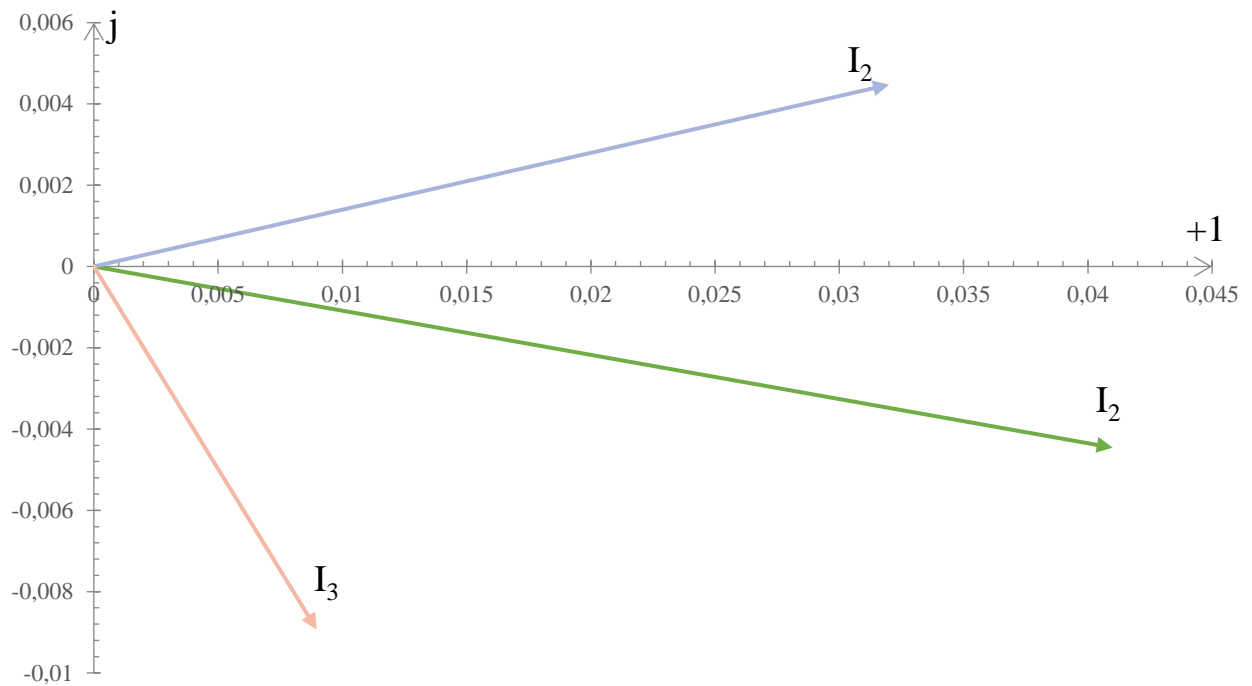


Рисунок 7 – Векторная диаграмма токов для смешанной цепи

Расчет баланса активных и реактивных мощностей цепи.

Активная мощность:

$$P = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_3^2 r_k = (0.041 - j0.004458)^2 \cdot 110 + (0.032 - j0.004474)^2 \cdot 109.6 + (8.965 - j0.008932)^2 \cdot 109.9 + (8.965 - j0.008932)^2 \cdot 58.7 = 0.292 - j0.036 = 0.294e^{-j6.999^\circ} \text{ Вт.}$$

Реактивная мощность:

$$Q = I_3^2 \cdot X_L = (8.965 - j0.008932)^2 \cdot 222.676 = 0.0001317 - j0.036 = 0.036e^{-j89.788^\circ} \text{ ВАр.}$$

Мощность источника:

$$\hat{S}_{\text{ИСТ}} = U \cdot \hat{I} = 8 \cdot (0.041 - j0.004458) = 0.327 - j0.036 = 0.329e^{-j6.22^\circ} \text{ Вт,} \\ \tilde{S}_{\text{ИСТ}} = P + jQ = 0.292 - j0.036 + 0.0001317 - j0.036 = 0.327 - j0.036 = 0.329e^{-j6.22^\circ} \text{ ВА.}$$

Коэффициент мощности цепи равен:

$$\cos(\psi_{\tilde{S}_{\text{ИСТ}}}) = \cos(-6.22^\circ) = 0.994.$$

Расчетные результаты представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Расчетные и экспериментальные результаты

Разветв- ленная цепь	\dot{I}_1		\dot{I}_2		\dot{I}_3		U_1 , В	U_2 , В	U_3 , В	\dot{U}_k	
	I_1 , мА	ψ_{I1} , град	I_2 , мА	ψ_{I2} , град	I_3 , мА	ψ_{I3} , град				U_k , В	ψ_{Uk} , град
Расчет	41	-6.22	32	7.974	13	-44.894	4.526	3.535	1.391	2.914	30.338
Опыт	38,5	-5,3	30,12	5,5	12,24	-65,2	4,18	3,8	0,842	3,6	—