

Группа
АУПЗ-09

Отчет

Ф.И.О.
Ерёменко А.В.

о лабораторной работе №6 «Исследование цепей синусоидального тока с индуктивно связанными элементами»

Цель работы. Экспериментально получить параметры реальных катушек, имеющих индуктивную связь, определить их одноимённые зажимы, взаимную индуктивность и величину коэффициента связи; проверить расчётные соотношения, справедливые при последовательном и трансформаторном включении элементов.

Для определения параметров первой катушки я собираю следующую схему

*Для схемы
соед. с сетью
УР-6*

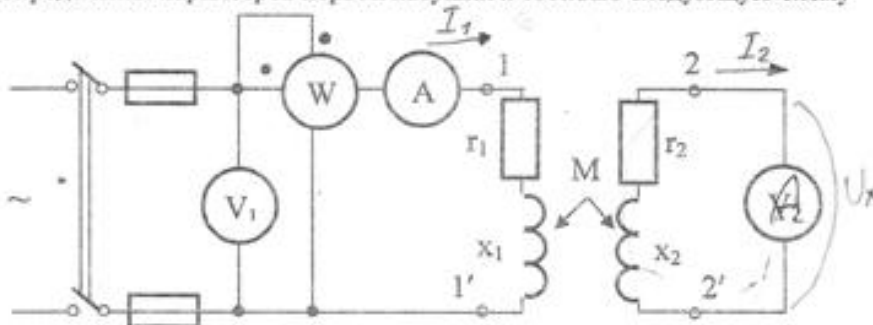


Схема для определения параметров первой катушки и взаимной индуктивности

Я измеряю и вычисляю все величины, указанные в табл. 1. Затем я меняю местами выводы 1-1' и 2-2' и определяю параметры второй катушки. Результаты я помещаю в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения параметров первой катушки и взаимной индуктивности

Измерено и рассчитано	U, В	I, А	P, Вт	U _x , В	Z, Ом	r, Ом	x, Ом	x _M , Ом	M, мГн
1-я катушка	75	2	25	30	37,5	6,25	36,98	15,0092	0,0478
2-я катушка	75	2,01	25	30	37,3	6,19	36,78	14,915	0,0475

Расчеты в табл. 1 выполнены по формулам:

$$r = \frac{P}{I^2} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Т.к. } Z = \sqrt{r^2 + X^2}, \text{ то } X = \sqrt{Z^2 - r^2} \\ M = \frac{U_x}{\omega I} = \frac{U_x}{2\pi f I} \end{array} \right. \quad X_M = \omega M = 2\pi f M$$

Сравниваю M₁₂ и M₂₁:

Взаимная индуктивность в обоих случаях практически идентична

Я измеряю напряжение сети. По известному напряжению сети и параметрам катушек (табл. 1), я вычисляю значения тока I, напряжений U₁ и U₂ и мощность P цепи, состоящей из последовательно соединенных катушек для двух случаев:

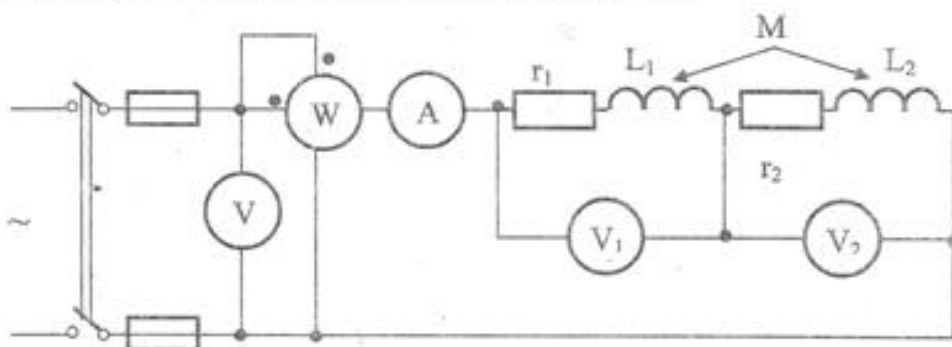
- согласное включение,
- встречное включение.

Расчет прилагается. Результаты вычислений помещены в табл. 2.

Таблица 2
Результаты исследования цепи при согласном и встречном соединении катушек

Соединение катушек		Измерено					Вычислено	
		U, В	I, А	P, Вт	U ₁ , В	U ₂ , В	Z _{экв} , Ом	X _{экв} , Ом
Согласное	Эксперим.	76	0,7	7,5	37	37	108,57	108,39
	Расчёт	75	0,72	6,45	37,70	37,49	104,7	103,96
Встречное	Эксперим.	74	1,75	32,5	37	35	42,29	41,83
	Расчёт	75	1,65	33,87	37,69	37,495	45,49	43,76

Собираю цепь с последовательным соединением катушек.



Последовательное соединение катушек

Я измеряю и вычисляю все величины, указанные в табл. 2, при согласном и встречном соединениях катушек. Результаты измерений помещены в табл. 2.

Сравниваю экспериментальные и вычисленные значения всех величин при согласном и встречном включениях катушек:

Расходимость значений при экспериментальном и расчетном исследовании не превышает 15%.

По известному напряжению сети и параметрам катушек (табл. 1) для первой схемы с короткозамкнутыми выводами второй катушки я вычисляю токи катушек I_1 и I_2 , а также потребляемую из сети мощность P . Расчет прилагается. Результаты вычислений помещены в табл. 3.

Таблица 3
Расчётные и измеренные значения величин в трансформаторной схеме

	U ₁ , В	I ₁ , А	P, Вт	I ₂ , А	K _{св}	P _{1,2} , Вт
Эксперимент	74	2,4	37,5	1	---	---
Расчёт	75	2,35	40,1	0,95	0,41	5,58

Собираю соответствующую цепь и измеряю все величины, указанные в табл. 3. Результаты измерений помещены в табл. 3. Сравниваю расчетные и экспериментальные данные:

В масштабе строю векторные диаграммы для последовательного соединения двух катушек (для согласного и встречного включения) и для последней трансформаторной схемы. Диаграммы прилагаются.

Выводы по работе: *В результате проведения лабораторной работы получил параметры реальных катушек, имеющих индуктивную связь, определил их взаимную индуктивность и величину коэффициента связи; проверил расчетные соотношения, справедливые при последовательном и трансформаторном включении элементов.*

Расчеты

1) Расчет $Z_{вх}$ и $X_{вх}$ при согласном и встречном включении катушек:

$$Z_{вх\text{согл}} = \frac{U_{согл}}{I_{согл}} = \frac{76}{0,7} = 108,57 \text{ Ом}$$

$$X_{вх\text{согл}} = \sqrt{Z_{вх\text{согл}}^2 - r_{согл}^2} = \sqrt{108,57^2 - 6,25^2} = 108,39 \text{ Ом}$$

$$Z_{вх\text{встреч}} = \frac{U_{встреч}}{I_{встреч}} = \frac{74}{1,75} = 42,29 \text{ Ом}$$

$$X_{вх\text{встреч}} = \sqrt{Z_{вх\text{встреч}}^2 - r_{встреч}^2} = \sqrt{42,29^2 - 6,19^2} = 41,83 \text{ Ом}$$

2) Расчет $I, U_1, U_2, P, Z_{вх}, X_{вх}$ для последовательного соединения катушек
а) согласного включения;

$$U = 75 \text{ В};$$

$$I = \frac{U}{Z}, \text{ т.к. } Z = \sqrt{(r_1 + r_2)^2 + (X_1 + X_2 + 2X_M)^2} = 104,7 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{75}{\sqrt{(6,25 + 6,19)^2 + (36,98 + 36,78 + 2 \cdot 15)^2}} = 0,72 \text{ А}$$

$$U_1 = \sqrt{r_1^2 + (X_1 + X_M)^2} I = \sqrt{6,25^2 + (36,98 + 15,0092)^2} \cdot 0,72 = 37,70 \text{ В}$$

$$U_2 = \sqrt{r_2^2 + (X_2 + X_M)^2} I = \sqrt{6,19^2 + (36,78 + 14,915)^2} \cdot 0,72 = 37,49 \text{ В}$$

$$P = I^2 r = I^2 (r_1 + r_2) = 6,45 \text{ Вт}$$

$$r_{согл} = r_1 + r_2 = 6,25 + 6,19 = 12,44 \text{ Ом}$$

$$X_{вх\text{согл}} = \sqrt{Z_{согл}^2 - r_{согл}^2} = \sqrt{104,7^2 - 12,44^2} = 103,96 \text{ Ом}$$

б) встречного включения:

$$U = 75 \text{ В}$$

$$Z = \sqrt{(r_1 + r_2)^2 + (X_1 + X_2 - 2X_M)^2} = \sqrt{(6,25 + 6,19)^2 + (36,98 + 36,78 - 2 \cdot 15)^2} = 45,49$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{75}{45,49} = 1,65 \text{ А}$$

$$U_1 = \sqrt{r_1^2 + (X_1 + X_M)^2} I = \sqrt{6,25^2 + (36,98 - 15,0092)^2} \cdot 1,65 = 37,69 \text{ В}$$

$$U_2 = \sqrt{r_2^2 + (X_2 + X_M)^2} I = \sqrt{6,19^2 + (36,78 - 14,915)^2} \cdot 1,65 = 37,495 \text{ В}$$

$$P = I^2 r = I^2 (r_1 + r_2) = 33,87 \text{ Вт}$$

$$r_{встреч} = r_1 + r_2 = 12,44 \text{ Ом}$$

$$X_{встреч} = \sqrt{Z_{встреч}^2 - r_{встреч}^2} = 43,76 \text{ Ом}$$

3) Расчет токов катушек I_1, I_2 и P для схемы с короткозамкнутыми выводами второй катушки:

$$\begin{cases} Z_1 I_1 - Z_M I_2 = U_1 \\ (Z_2 + Z_N) I_2 - Z_M I_1 = 0, \end{cases} \quad \leftarrow \text{трансформатор описывается этими уравнениями}$$

где Z_N - сопротивление нагрузки трансформатора;

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = 37,5 \text{ Ом}$$

$$Z_2 = \frac{U_2}{I_2} = 37,51 \text{ Ом}$$

$$Z_N = 0$$

$$Z_M = \omega M = 314 \cdot 0,0476 = 14,95 \text{ Ом}$$

Тогда
$$I_1 = \frac{U_1 + Z_M I_2}{Z_1}$$

$$Z_2 I_2 - \frac{Z_M U_1 + Z_M^2 I_2}{Z_1} = 0$$

$$1399,125 I_2 - 1121,25 - 223,5 I_2 = 0$$

$$I_2 = 0,95 \text{ А}$$

$$I_1 = 2,35 \text{ А}$$

Суммарная активная мощность потребителей:

$$P = I_2^2 r_2 + I_1^2 r_1 = 0,95^2 \cdot 6,19 + 2,35^2 \cdot 6,25 = 40,1 \text{ Вт}$$

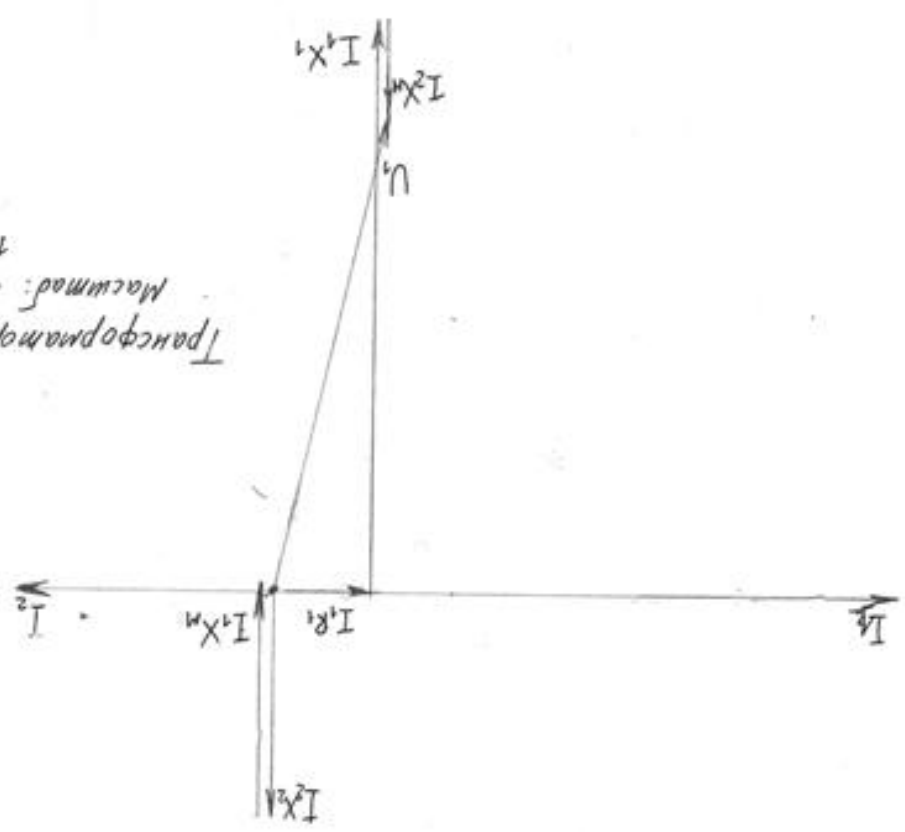
Коэффициент связи обмоток:

$$k_{св} = \frac{X_M}{\sqrt{X_1 \cdot X_2}} = \frac{15}{\sqrt{36,98 \cdot 36,78}} = 0,41$$

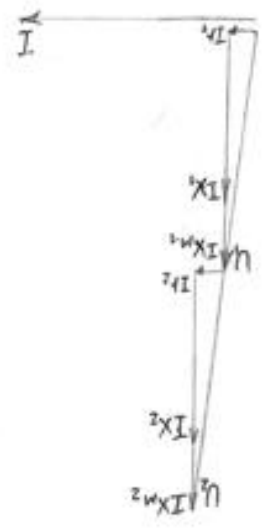
Коэффициент передачи мощности:

$$P_{1 \rightarrow 2} = P - \Delta P_1 = 40,1 - I_1^2 r_1 = 40,1 - 2,35^2 \cdot 6,25 = 5,58 \text{ Вт}$$

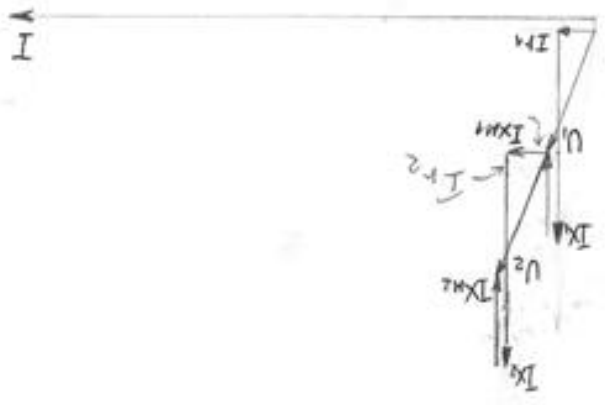
Трансформаторная схема
 Масштаб: $1\text{cm} = 0,25\text{A}$
 $1\text{cm} = 10\text{B}$



Созначное вращение
 ($1\text{A} = 5\text{cm}$)
 ($10\text{B} = 1\text{cm}$)



Встречное вращение
 ($1\text{A} = 5\text{cm}$)
 ($20\text{B} = 1\text{cm}$)



Векторные диаграммы