

Лабораторная работа № 324-Д

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА ОМА К ЦЕПЯМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Вариант лабораторной работы №324-дубль отличается от предыдущей иной формой представления результатов. По этой причине в описании отсутствует Введение – оно является общим для обоих вариантов. Измерения и их обработку рекомендуется проводить в соответствии с приведенными здесь указаниями.

Во Введении написан закон Ома для переменного тока в случае чисто активной нагрузки (3), индуктивной – (8) и емкостной – (13). Формулы (17) и (18) могут быть применены к цепям, представляющим собой любую комбинацию R, L, C .

Целью данной лабораторной работы является проверка выполнения закона Ома в цепях переменного тока различной конфигурации и определение на его основании индуктивности катушки и емкости конденсатора.

Упражнение 1

Закон Ома для RL-цепи и измерение индуктивности катушки

Измерения. Для измерения напряжения в данной работе применен электронный вольтметр, который обладает значительно большим входным сопротивлением по сравнению с традиционными электроизмерительными, что благотворно сказывается на точности получаемых результатов.

1.Подготовьте к работе электронный милливольтметр ВЗ-38 – поставьте переключатель на наибольший предел измерения.

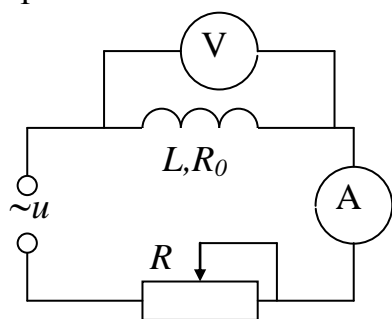


Рис.9

2.Соберите электрическую цепь по схеме, приведенной на рис.9. Предложите преподавателю или лаборанту проверить правильность сборки цепи.

3.Включите установку и вольтметр в сеть 220 В.

4.Установите с помощью переменного резистора R ток в цепи поочередно 20; 25; 30; 35; 40 мА и запишите в табл.1 соответствующие показания милливольтметра U_L .

5.Измерьте входное напряжение U , присоединив измерительные провода вольтметра к

клеммам $\sim u$.

6.Запишите сопротивление катушки постоянному току R_0 (его величина, указанная в омах, написана около ее клемм). Отметьте в табл.1, какие клеммы катушки задействованы.

7. Выключите установку и вольтметр из сети.

Таблица 1

I	U _L	U	R ₀	Z ₁	Z	L

Обработка результатов измерений. 1. Из формулы (17), вычислите полное сопротивление катушки Z₁

$$Z_1 = \frac{U_L}{I}. \quad (19)$$

2. Из формулы (20) определите индуктивность L для каждого измерения

$$Z_1 = \sqrt{R_0^2 + (\omega L)^2}. \quad (20)$$

3. Найдите среднее значение \bar{L} и полуширину доверительного интервала ΔL по Стьюденту. Результат запишите в виде

$$L = \bar{L} \pm \Delta L \quad \text{при } p=0,95.$$

4. Вычислите полное сопротивление всей цепи $Z=U/I$. Сравните между собой Z₁, Z, X_L. Что означает каждая величина?

Упражнение 2

Закон Ома для RC-цепи и измерение емкости конденсатора

Измерения. 1. Соберите новую электрическую цепь по схеме, приведенной на рис.10. Предел измерения вольтметра – наибольший. Отметьте в табл.2, какой из конденсаторов C₁ или C₂ включен.

2. После проверки лаборантом или преподавателем правильности сборки включите установку и вольтметр в сеть.

3. Установите поочередно ток в цепи 20; 25; 30; 35; 40 мА и запишите соответствующие ему показания вольтметра U_C.

4. Измерьте входное напряжение U.

5. Выключите установку и вольтметр из сети.

Обработка результатов измерения.

1. Исходя из формулы (17), определите сопротивление конденсатора переменному току Z₂

$$Z_2 = \frac{U_C}{I}. \quad (22)$$

Можно считать, что полное сопротивление конденсатора есть емкостное сопротивление, так как его активное сопротивление R_C, как правило, значительно меньше емкостного (почему?) и им можно пренебречь. Какова физическая природа активного сопротивления конденсатора?

$$Z_2 = \sqrt{(1/\omega C)^2 + R_C^2}$$

$$Z_2 \cong 1/\omega C.$$

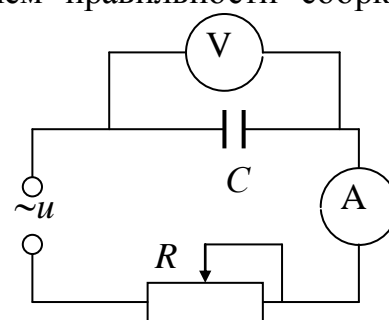


Рис.10

Таблица 2

I	U _C	U	Z ₂	Z	R	C

2. Вычислите емкость конденсатора для всех измерений по формуле

$$C = 1/\omega Z_2. \quad (23)$$

3. Найдите среднее значение емкости \bar{C} и полуширину доверительного интервала ΔC . Результат запишите в виде

$$C = \bar{C} \pm \Delta C \text{ при } p=0,95.$$

4. Кроме конденсатора C цепь содержит резистор R , поэтому найдите полное сопротивление цепи Z для всех измерений по формуле

$$Z = U/I,$$

где
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{R^2 + Z_2^2}. \quad (24)$$

Сравните между собой Z_2 , Z . Что дают результаты сравнения?

5. Из формулы (24) найдите сопротивление резистора R .

Упражнение 3

Проверка закона Ома для RCL-цепи

Измерения. 1. Соберите электрическую цепь по схеме (рис.11), используя при этом **ту же** катушку и **тот же** конденсатор, что и в упр. 1 и 2.

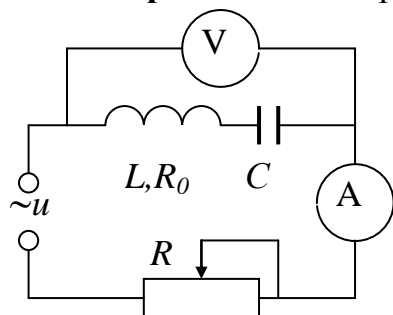


Рис.11

2. После проверки лаборантом или преподавателем правильности сборки включите установку и вольтметр в сеть.

3. Измерьте напряжение на указанном участке цепи при 5-6 значениях тока. Результаты запишите в табл.3.

4. Измерьте входное напряжение U .

Обработка результатов. 1. Найдите полное сопротивление Z_3 участка цепи, содержащего L и C , для каждого измерения по формуле

$$Z_3 = U_{LC}/I.$$

Назовем его *измеренным сопротивлением* нагрузки L , C .

Таблица 3

I	U _{LC}	U	R ₀	Z ₃ измерен.	Z ₃ вычисл.

2. Найдите среднее значение \bar{Z}_3 (измеренное) и ΔZ_3 по Стьюденту.

3.Используя значения \bar{L} и \bar{C} , найденные ранее в упр. 1, 2, вычислите сопротивление данного участка цепи по формуле

$$Z_3 = \sqrt{R_0^2 + (\omega\bar{L} - 1/\omega\bar{C})^2}.$$

Будем называть найденное значение сопротивления *вычисленным*.

4.Сравните между собой измеренное и вычисленное значения сопротивления. Их совпадение с точностью до погрешностей измерения свидетельствует о Ваших правильных и безошибочных действиях

$$\text{измеренное } Z_3 = \bar{Z}_3 \pm \Delta Z,$$

$$\text{вычисленное } Z_3 = \bar{Z}_3 \pm \Delta Z.$$

5.Постройте графики зависимости тока от действующего напряжения на катушке, конденсаторе и на участке цепи L - C , т.е. по результатам всех упражнений, в одних осях координат. Продлите линии графиков до пересечения с осями. Какой вид имеют графики? Сходятся ли графики в начало координат? Какой вывод из этого результата следует – см. формулу (17)?

6.На примере собственного опыта Вы видите, что между током и напряжением во всех рассмотренных случаях существует *линейная* связь. Следовательно, закон Ома (8), (13), (17) для цепей переменного тока, содержащих элементы R, C, L , выполняется. За это качество указанные элементы и составленные из них цепи называются **линейными**.

В ходе выполнения других лабораторных работ Вам встретятся и такие случаи, в которых закон Ома не имеет места, например, 1)в электрическую цепь входит катушка с ферромагнитным сердечником, 2)цепь содержит вакуумный или полупроводниковый диод.

Контрольные вопросы

1. Являются ли токи квазистационарными в условиях данной лабораторной работы?
- 2.Что такое активное сопротивление в цепи переменного тока? Какие элементы цепи обладают активным сопротивлением? Будут ли они его иметь в цепи постоянного тока?
- 3.Что такое индуктивное сопротивление? От чего оно зависит? По какой формуле оно вычисляется в работе? Что такое индуктивность, от чего она зависит? Обладает ли цепь индуктивностью, если в ней нет катушки?
- 4.Докажите, что напряжение на индуктивности опережает ток по фазе. Изобразите векторную диаграмму для данного случая.
- 5.Докажите, что колебания напряжения на емкости отстают по фазе от тока. Нарисуйте векторную диаграмму в этом случае.
- 6.Что такое емкостное сопротивление? От чего оно зависит? Как находится в данной работе? Что такое емкость, от чего она зависит? Обладает ли электрическая цепь емкостью при отсутствии в ней конденсатора?
- 7.Сформулируйте закон Ома для цепей переменного тока. Как производится проверка выполнения этого закона и каков ее результат?

Список рекомендуемой литературы см. в работе №324.