

ПРОВЕРКА ЗАКОНА ОМА ДЛЯ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель работы: определить индуктивное и емкостное сопротивления, проверить закон Ома для переменного тока.

Приборы и принадлежности: источник переменного напряжения, дроссельная катушка, конденсаторы, активное сопротивление, реостат, мультиметр, миллиамперметры и вольтметры переменного тока, соединительные провода, ключ.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Если по проводнику течет переменный ток, то магнитное поле, создаваемое этим током, изменяется во времени. Изменяющееся магнитное поле индуцирует ЭДС в том самом проводнике, по которому течет, создающий это поле, ток.

Это явление называется самоиндукцией.

Индуцированная ЭДС в проводнике, по которому течет переменный ток, приводит к увеличению сопротивления проводника.

Однако в некоторых случаях проявление самоиндукции столь незначительно, что при расчетах могут не учитываться. Таковы, например, нить электрических ламп накаливания, реостаты, бытовые нагревательные приборы и т.п.

Сопротивление R в цепи переменного тока носит название активного сопротивления.

Закон Ома для таких нагрузок записывается так же, как и для постоянного тока.

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

где U - подведенное к цепи переменное напряжение I - протекающий по цепи переменный ток R - активное сопротивление проводника.

*Последовательное соединение активного
и индуктивного сопротивлений.*

Если же электрическая цепь имеет активную R_L и индуктивную X_L составляющие сопротивления, например, катушка, то полное сопротивление такой цепи Z и индуктивное сопротивление X_L переменному току вычисляется по формуле:

$$Z = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}, \quad (2)$$
$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^2}$$

где R_L - активная составляющая сопротивления, X_L - индуктивная составляющая сопротивления вычисляется по формуле:

$$X_L = 2\pi\nu L, \quad (3)$$

где ν - частота переменного тока, L - индуктивность цепи, которая

определяется в Генри. Откуда индуктивность катушки имеет вид

$$L = \frac{X_L}{2\pi\nu}$$

Закон Ома для такой цепи записывается так:

$$U = \frac{I}{Z}.$$

Емкость в цепи переменного тока

При включении конденсатора на постоянное напряжение он заряжается, что сопряжено с возникновением в цепи зарядного тока, убывающего экспоненциально до нуля. Длительный постоянный ток не может протекать при постоянном напряжении в цепи, содержащий конденсатор.

При синусоидально изменяющемся напряжении в цепи с емкостью C возможен длительный установившейся переменный ток. Закон Ома в этом случае записывается в виде:

$$U = \frac{I}{X_C}, \quad X_C = \frac{I}{U},$$

где U - приложенное переменное напряжение, X_C - емкостное сопротивление, I - сила переменного тока в цепи. Емкостное сопротивление вычисляется по формуле:

$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}, \quad (4)$$

где ν - частота переменного тока, C - емкость конденсатора, измеренная в Фарадах. Откуда емкость конденсатора вычисляется в виде

$$C = \frac{1}{2\pi\nu X_C}.$$

Последовательное соединение активного, индуктивного сопротивления и емкости

При последовательном соединении активного сопротивления R и емкости C полное сопротивление Z определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{R_L^2 + X_C^2},$$

где X_C - емкостное сопротивление определяется по формуле (4).

При последовательном соединении активного сопротивления R , индуктивного X_L и емкостного X_C полное сопротивление Z вычисляется по формуле

$$Z = \sqrt{R_L^2 + (X_L - X_C)^2}. \quad (5)$$

Закон Ома для такой цепи имеет вид

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_L^2 + (X_L - X_C)^2}}.$$

Следует отметить, что при включении в цепь, обладающей активным ее сопротивлением R_1 резистора с сопротивлением R_2 полное активное сопротивление R равно сумме R_1 ; и R_2

$$R = R_1 + R_2.$$

Если в цепь включены активное сопротивление R , катушка обладающая индуктивным сопротивлением X_L и активным сопротивлением R_L , емкостное сопротивление X_C , то полное сопротивление цепи Z отыскивается по формуле:

$$Z = \sqrt{(R + R_L)^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ЗАДАНИЕ 1. Исследование электрической цепи, содержащей катушку индуктивности и обладающей активным сопротивлением R_L .

1. Определите с помощью электронного омметра активное сопротивление катушки - R_L .

2. Используя готовую панель, соберите электрическую цепь, подключив к панели катушку, вольтметр и миллиамперметр (рис. 1).

3. Подключив панель к источнику тока, установите с помощью регулятора напряжение 10 В, измерьте силу тока. Повторите измерения последовательно увеличивая напряжение на 5 В. Результаты занесите в таблицу 1.

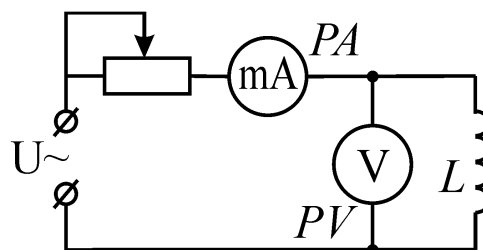


Рис. 1

Таблица 1

| № п/п | R_L , Ом | U , В | I , А | Z , Ом | \bar{Z} , Ом | X_L , Ом | L , Гн |
|-------|------------|---------|---------|----------|----------------|------------|----------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

4. Определите полное сопротивление Z по закону Ома для всех значений U , найдите его среднее значение Z .

5. По среднему значению Z вычислите индуктивность катушки L . Для чего, воспользовавшись формулой (2) вычислите индуктивное сопротивление X_L , а из формулы (3) вычислите индуктивность L .

ЗАДАНИЕ 2. Исследование электрической цепи, содержащей конденсатор.

1. Отключите катушку индуктивности от панели. Освободившиеся клеммы замкните перемычкой. К клеммам, предназначенным для присоединения емкости C , подсоедините конденсатор, емкостью $C=10$ мкФ (рис. 2).

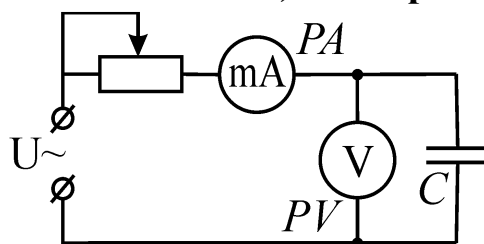


Рис. 2

2. Подключив панель к источнику тока, установите с помощью регулятора напряжение 10 В, измерьте силу тока. Повторите измерения последовательно увеличивая напряжение на 5 В. Результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 2

| № п/п | U , В | I , А | X_C , Ом | \bar{X}_C , Ом | C , Ф |
|-------|---------|---------|------------|------------------|---------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

По закону Ома для каждого измерения вычислите \bar{X}_C , и найдите его среднее значение \bar{X}_C . Воспользовавшись формулой (4) вычислите емкость конденсатора.

Сравните вычисленную емкость с заводским значением емкости, применяемого конденсатора.

Сделайте вывод о правомерности применяемого закона Ома для цепи переменного тока, содержащей емкость.

Задание 3. Исследование электрической цепи, содержащей катушку индуктивности и конденсатор.

1. Соберите цепь так, чтобы она содержала катушку индуктивности L и конденсатор $C=10$ мкФ (рис. 3).

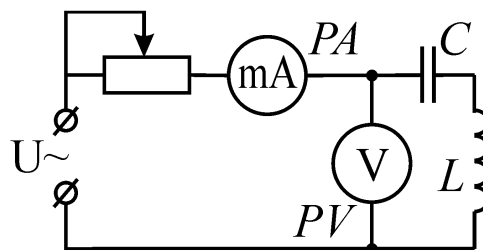


Рис. 3

2. Подключив панель к источнику тока, установите с помощью регулятора напряжение 10 В, измерьте силу тока. Повторите измерения последовательно увеличивая напряжение на 5 В. Результаты занесите в таблицу 3.

3. Для каждого измерения вычислите по формуле закона Ома полное сопротивление Z и внесите в таблицу. Найдите его среднее значение

Таблица 3

| № п/п | $U, В$ | $I, А$ | $Z, Ом$ | $\bar{Z}, Ом$ | $R_L, Ом$ | $\bar{X}_C, Ом$ | $\bar{X}_L, Ом$ | $Z_T, Ом$ |
|-------|--------|--------|---------|---------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

3. Вычислите теоретическое значение полного сопротивления Z_T для данного случая, используя формулу (5) и значения R_L , \bar{X}_C и \bar{X}_L , полученные в предыдущих измерениях.

4. Сделайте вывод о возможности применения закона Ома для испытываемой цепи.

Задание 4. Исследование электрической цепи, содержащей активное сопротивление, катушку индуктивности и конденсатор.

1. Соберите цепь, включающую в себя последовательно включенные катушку индуктивности L , емкость C и резистор с сопротивлением $R=300$ Ом (рис. 4).

2. Подключив панель к источнику тока, установите с помощью регулятора напряжение 10 В, измерьте силу тока. Повторите измерения последовательно увеличивая напряжение на 5 В. Результаты занесите в таблицу 4.

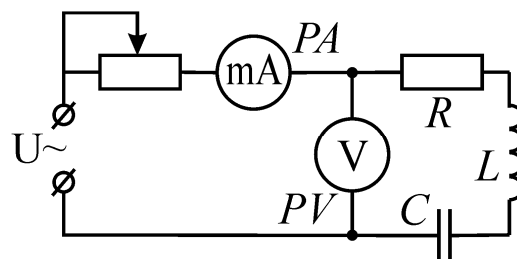


Рис. 4

3. Для каждого измерения вычислите полное сопротивление цепи Z и найдите его среднее значение \bar{Z} .

Таблица 4

| № п/п | $U, В$ | $I, А$ | $Z, Ом$ | $\bar{Z}, Ом$ | $R, Ом$ | $R_L, Ом$ | $\bar{X}_C, Ом$ | $\bar{X}_L, Ом$ | $Z_T, Ом$ |
|-------|--------|--------|---------|---------------|---------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

4. По известным R и R_L , а также \bar{X}_L и \bar{X}_C , вычислите теоретическое значение полного сопротивления Z_T и сравните его с средним значением \bar{Z} , полученным из опыта. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы

1. Всегда ли можно утверждать, что омическое и активное сопротивления равны друг другу?

2. Какова циклическая частота городской электросети?

3. Почему для постоянного катушки имеют меньшее сопротивление, чем для переменного.

4. Как изменится индуктивное сопротивление катушки, если возрастет частота тока?

5. Как изменится емкостное сопротивление конденсатора при увеличении частоты тока?

6. Зависит ли емкостное сопротивление конденсатора от его емкости? Как?

7. Как физически объяснить, что индуктивное сопротивление растет при возрастании частоты, а емкостное - падает?

8. Каков будет сдвиг фаз между током и напряжением, если участок содержит только емкостное сопротивление?

9. Каков будет сдвиг фаз между током и напряжением, если участок содержит только индуктивное сопротивление?

10. Как выражается общая емкость при последовательном и параллельном соединениях конденсаторов?

11. В каких единицах должны быть выражены индуктивность и емкость, чтобы полное сопротивление было выражено в Омах?

12. Вывести формулу для расчета индуктивности по данным табл. 1.

13. Вывести формулу для расчета емкости по данным табл. 2.

14. Начертите векторные диаграммы для следующих случаев:

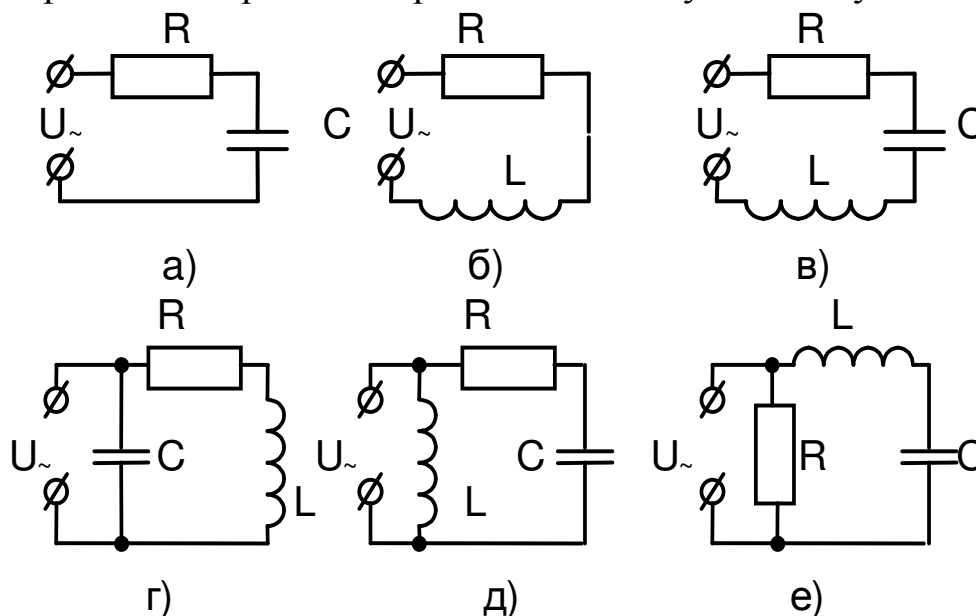


Рис. 5