

Лабораторная работа №14

КАТУШКА В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель: исследовать зависимость индуктивного сопротивления от частоты. Исследовать зависимость разности фаз напряжения и тока в цепи с катушкой от режима работы цепи.

Оборудование: катушка дроссельная, резистор на подставке, мультиметр, соединительные провода, генератор сигналов звуковой частоты, осциллограф.

Содержание и метод выполнения работы

Если на выходных гнездах источника электропитания напряжение изменяется по гармоническому закону, то при подключении к этим гнездам проволоочной катушки, ее витках возникнет ток, значение которого также будет меняться со временем по гармоническому закону:

$$i = I_m \cos \omega t. \quad (1)$$

При этом в катушке возникнет ЭДС самоиндукции:

$$e = -L \Delta i / \Delta t = I_m L \omega \sin \omega t,$$

L - индуктивность катушки, ω - циклическая частота переменного тока.

Если активным сопротивлением катушки невелико, то ЭДС самоиндукции в любой момент времени равна и противоположна по знаку напряжению на концах катушки, созданному источником электропитания:

$$u = -e = -I_m L \omega \sin \omega t.$$

Это означает, что при изменении силы тока в катушке по гармоническому закону, напряжение на ее выводах также меняется по гармоническому закону, но со сдвигом фазы:

$$u = I_m L \omega \cos(\omega t + \pi/2) \quad (2)$$

Из сравнения формул (1) и (2) следует, что изменения напряжения на выводах катушки опережают по фазе изменения силы тока на $\pi/2$.

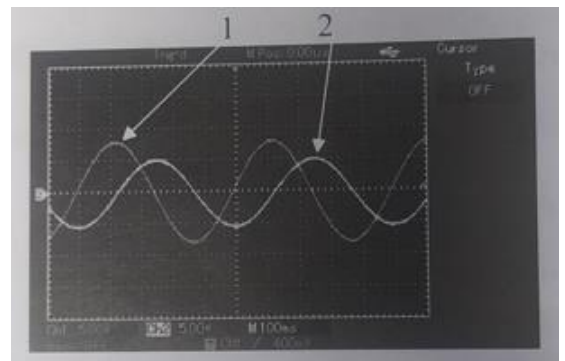
Произведение $I_m L \omega$ является амплитудой колебания напряжения $U_m = I_m L \omega$. Отношение амплитуды колебаний напряжения на катушке к амплитуде колебаний силы тока в ней называется индуктивным сопротивлением и обозначается X_L

$$X_L = U_m / I_m = L \omega \quad (3).$$

Связь амплитуды тока, амплитуды напряжения и индуктивного сопротивления совпадает по форме с выражением для закона Ома для участка цепи: $I_m = U_m / X_L$

В отличие от активного сопротивления резистора индуктивное сопротивление не является постоянной величиной, характеризующей данную катушку. Как видно из формулы (3) оно прямо пропорционально частоте приложенного напряжения. Следовательно, амплитуда колебаний силы тока в катушке при постоянной амплитуде приложенного к ней напряжения убывает обратно пропорционально частоте.

Соотношение фаз напряжения на катушке и резисторе можно определить из анализа осциллограмм напряжений на этих элементах цепи, представленных на рисунке. Кривая 1 - осциллограмма напряжения на резисторе, 2 - на катушке. Из сравнения осциллограмм следует, что напряжение на резисторе опережает по фазе напряжение на катушке на $\pi/2$.

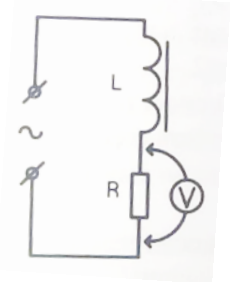


Порядок выполнения работы.

Задание 1. Исследование зависимости индуктивного сопротивления от частоты. Индуктивное сопротивление катушки определяют косвенным измерением как отношение напряжения к силе тока: $X_L = U_L / I_L$, где U_L и I_L - действующие значение тока и напряжения. Напряжение измеряют мультиметром. Силу тока также определяют косвенным измерением, подключив к катушке последовательно резистор. Поскольку сила тока в катушке и резисторе одинакова, $I_L = I_R = U_R / R$. Значения U_R и R измеряют мультиметром. Тогда

$$X_L = U_L / I_L = U_L R / U_R \quad (4)$$

1. Измерить мультиметром сопротивление резистора R и активное сопротивление катушки.
2. Соединить дроссельную катушку с резистором и подключить собранную цепь к выходным гнездам генератора. Электрическая схема цепи показана на рисунке.
3. Установить ручку регулятора выходного напряжения генератора в положение, при котором напряжение на резисторе будет 3-4 В (при использовании на звуковом генераторе гнезда 50м, выкрутить ручку регулятора на максимум).



4. Установить частоту сигнала генератора в 50 Гц.
5. Измерить мультиметром напряжения на катушке U_L и резисторе U_R . Данные измерений занести в таблицу.

ν , Гц	U_L , В	U_R , В	X_L , Ом

6. Повторить опыт не менее 10 раз, увеличивая каждый раз 50 Гц.
7. Вычислить для каждого значения частоты значение индуктивного сопротивления по формуле (4).
8. Построить график зависимости индуктивного сопротивления от частоты.
9. Вычислить по графику значение индуктивности

Задание 2. Исследование сдвига фаз тока и напряжения в цепи переменного тока с катушкой.

О соотношении фаз тока и напряжения судят, сравнивая осциллограммы напряжения и тока, полученные на экране осциллографа. Осциллограмму напряжения получают, подключив один вход осциллографа к катушке. Осциллограмму тока получают, подключив второй вход осциллографа к резистору, соединенному последовательно с катушкой. Поскольку токи в катушке и резисторе в этом случае одинаковы $i_L = i_R \sim U_R$.

1. Собрать электрическую цепь как приведено в описании первого этапа. Подключить щупами первый вход осциллографа к катушке, второй - к резистору.
2. Настроить осциллограф так, чтобы на экране наблюдалось 2 - 3 периода исследуемого сигнала.
3. Сравнить осциллограммы напряжения и тока и убедиться в наличии разницы фаз напряжения и тока.
4. Определить зависит ли разность фаз от величины напряжения, приложенного к цепи. Приложенное напряжение изменяют вращением ручки регулятора величины выходного сигнала генератора.
5. Определить зависит ли разность фаз от частоты изменения приложенного напряжения, Частоту меняют, изменяя рабочую частоту генератора в пределах от 200 до 20 Гц.

Контрольные вопросы

1. Как изменяется индуктивное сопротивление катушки при внесении/удалении в/из неё железного сердечника?
2. Как изменится индуктивное сопротивление катушки, при изменении частоты переменного тока?
3. Запишите закон Ома для цепи переменного тока, содержащей катушку индуктивности
4. Изобразить векторную диаграмму для цепи, содержащей R и L .