

## Лабораторная работа №15

### КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**Цель:** исследовать зависимость ёмкостного сопротивления от частоты. Исследовать зависимость разности фаз напряжения и тока в цепи с конденсатором от параметров и режима работы цепи.

**Оборудование:** магазин емкостей, резистор на подставке, мультиметр, соединительные провода, генератор сигналов звуковой частоты, осциллограф.

#### Содержание и метод выполнения работы

При изменении напряжения на пластинах конденсатора по гармоническому закону

$$u = U_m \cos \omega t \quad (1)$$

заряд на его пластинах изменяется по закону  $q = Cu = C U_m \cos \omega t$ .

Электрический ток в цепи возникает в результате изменения заряда конденсатора:  $i = \Delta q / \Delta t$ , следовательно, изменение силы тока в цепи происходит по закону:

$$I = -\omega C U_m \sin \omega t = \omega C U_m \cos(\omega t + \pi/2) \quad (2)$$

Из сравнения формул (1) и (2) следует, что колебания напряжения на пластинах конденсатора отстают по фазе от колебаний силы тока на  $\pi/2$ .

Произведение  $\omega C U_m$  является амплитудой колебаний силы тока:  $I_m = \omega C U_m$ . Отношение амплитуд напряжения и силы тока называют ёмкостным сопротивлением конденсатора и обозначается

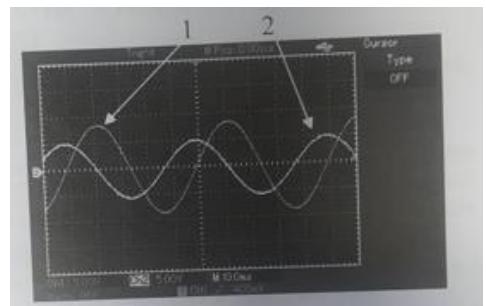
$$X_C = U_m / I_m = 1 / \omega C \quad (3)$$

Связь амплитуды тока, амплитуды напряжения и ёмкостного сопротивления совпадает по форме с выражением для закона Ома для участка цепи:

$$I_m = U_m / X_C$$

В отличие от активного сопротивления резистора ёмкостное сопротивление конденсатора не является постоянной величиной, характеризующей данный конденсатор. Как видно из формулы (3) оно обратно пропорционально частоте приложенного напряжения. Следовательно, амплитуда колебаний силы тока в цепи конденсатора при постоянной амплитуде приложенного к нему напряжения увеличивается прямо пропорционально частоте.

Соотношение фаз напряжения на конденсаторе и резисторе можно определить из рисунка. Кривая 1 - осциллограмма напряжения на резисторе, 2 - на конденсаторе. Из сравнения осциллограмм следует, что напряжение на резисторе отстает по фазе напряжение на конденсаторе на  $\pi/2$ .



#### Порядок выполнения работы.

**Задание 1.** Исследование зависимости ёмкостного сопротивления от частоты. Емкостное сопротивление конденсатора определяют косвенным измерением как отношение напряжения к силе тока:  $X_C = U_c / I_c$ , где  $U_c$  и  $I_c$  - действующие значение тока и напряжения. Напряжение измеряют мультиметром. Силу тока так же определяют косвенным измерением, подключив к конденсатору последовательно резистор. Поскольку сила тока в конденсаторе и резисторе одинакова,  $I_c = I_R = U_R / R$ . Значения  $U_R$  и  $R$  измеряют мультиметром. Тогда

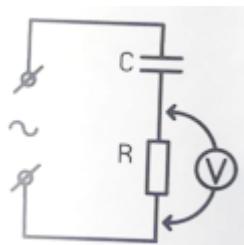
$$X_C = U_c / I_c = U_c R / U_R \quad (4)$$

1. Измерить мультиметром сопротивление резистора  $R$ .

2. Установить на магазине емкостей конденсатор емкостью 4,7 мКФ, соединить его последовательно с резистором и подключить собранную цепь к выходным гнездам генератора. Электрическая схема цепи показана на рисунке.

3. Установить частоту сигнала генератора в 50 Гц, ручку регулятора выходного напряжения генератора в положение, при котором напряжение на резисторе будет не более 4 В.

4. Измерить мультиметром напряжения на конденсаторе  $U_C$  и резисторе  $U_R$ . Данные измерений занести в таблицу.



$v$ , Гц	$U_C$ , В	$U_R$ , В	$X_C$ , Ом

5. Повторить опыт не менее 10 раз, увеличивая каждый раз частоту генератора на 50 Гц.

6. Вычислить для каждого значения частоты значение емкостного сопротивления по формуле (4).

7. Построить график зависимости емкостного сопротивления от частоты.

8. Провести анализ графика и убедиться, соответствует ли он графику функции вида  $y = 1/x$ .

9. В тех же осях построить теоретический график согласно формуле (3).

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

О соотношении фаз тока и напряжения судят, сравнивая осцилограммы напряжения и тока, полученные на экране осциллографа. Осцилограмму напряжения получают, подключив один вход осциллографа к конденсатору. Осцилограмму тока получают, подключив второй вход осциллографа к резистору, соединенному последовательно с конденсатором. Поскольку сила тока в конденсаторе и резисторе в этом случае одинакова  $i_C = i_R \sim U_R$ .

Последовательность выполнения второго этапа проекта может быть следующей.

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

### Контрольные вопросы.

- Почему постоянный ток не проходит через конденсатор?
- Запишите закон Ома для цепи переменного тока, содержащей конденсатор.
- От чего и как зависит ёмкостное сопротивление?
- Изобразить векторную диаграмму для цепи, содержащей  $R$  и  $C$
- Напряжение на конденсаторе изменяется по закону  $u = U_m \sin \omega t$ . Запишите уравнение переменного тока в цепи с конденсатором.