

Федеральное агентство связи  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)

*Кафедра вычислительных систем*

Лабораторная работа №2  
«Исследование электрических цепей переменного тока»

Вариант 3

Выполнили студентки группы ИП-916:

Адова А.С.

Александрова А.С.

Проверил преподаватель:

Парначева Тамара Ивановна

Новосибирск 2020

## Лабораторная работа №2

### Исследование электрических цепей переменного тока

#### 1. Цель работы

Экспериментальная проверка влияния пассивных реактивных элементов на параметры переменного тока синусоидальной формы. Приобретение навыков расчёта цепи с реактивными элементами при условии резонанса.

#### 2.1 Исследование катушки индуктивности

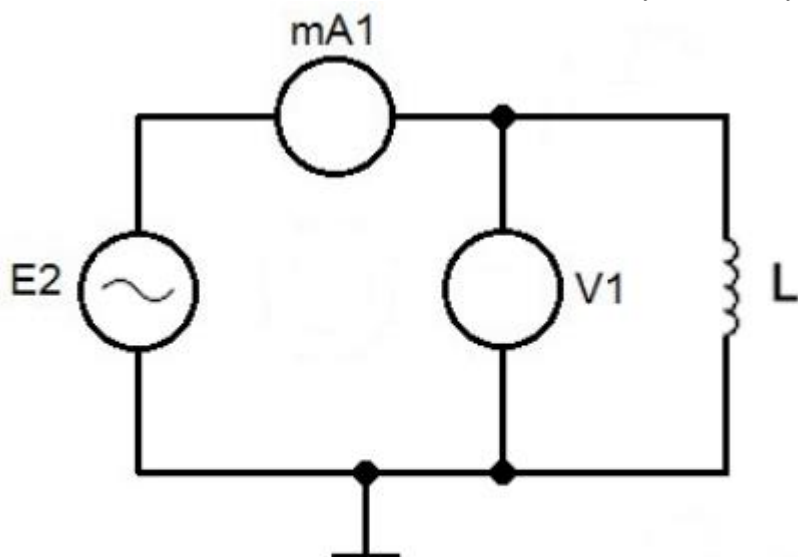


Рис. 1. Схема 1

#### 2.2 Исследование конденсатора

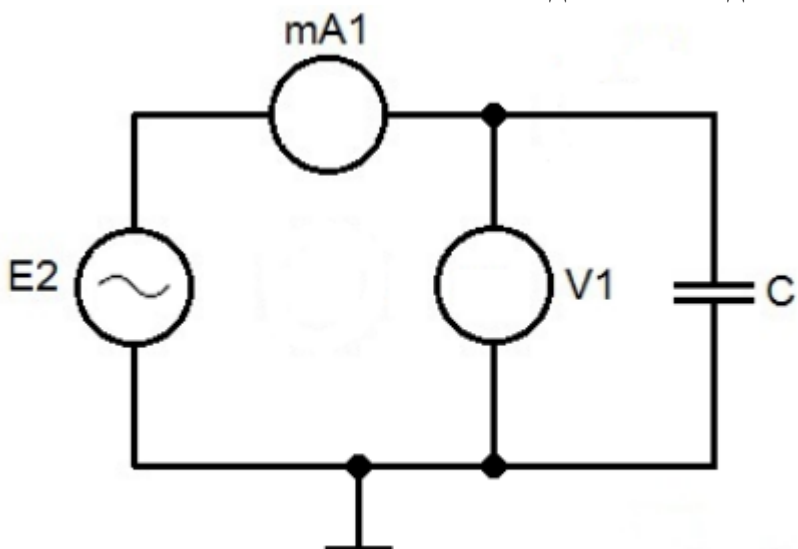


Рис. 2. Схема 2

Подготовка к выполнению работы:

- 1) Временные и векторные диаграммы тока и напряжения синусоидальной формы.
- 2) Закон Ома в электрических цепях с пассивными реактивными элементами.
- 3) Основные параметры катушек индуктивности и конденсаторов.
- 4) Частотная зависимость индуктивного сопротивления.
- 5) Частотная зависимость ёмкостного сопротивления.
- 6) Условие резонанса. Последовательный резонанс и параллельный резонанс.

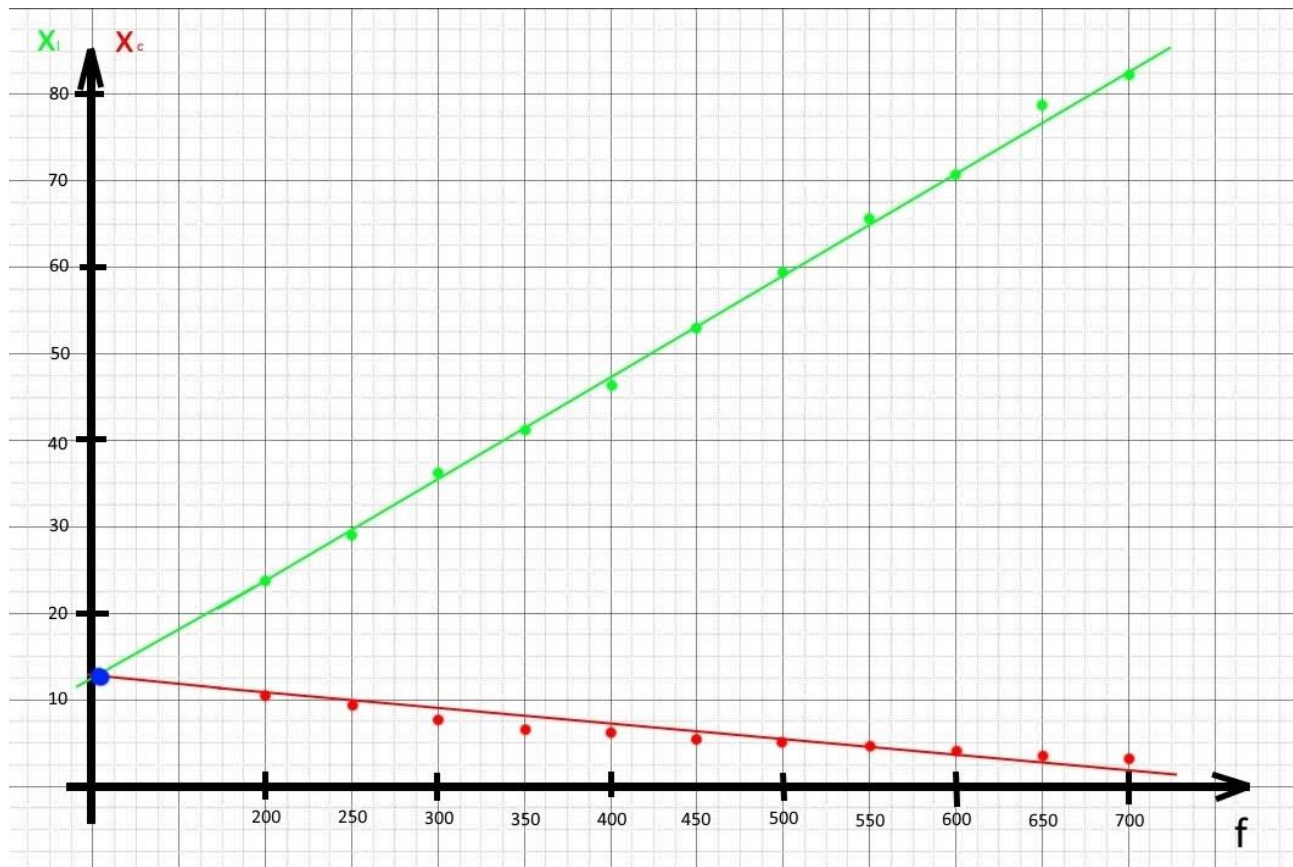
3) Расчеты:

$X_L = 2\pi fL$ , где  $f$  – частота Гц,  $L$  – индуктивность Гн.  $L = 19,0$  мГн

$X_C = 1/(2\pi fC)$ , где  $f$  – частота Гц,  $C$  – ёмкость Ф.  $C = 6,8$  мкФ

Табл. 1. Результаты

$f$ , Гц	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
$X_L$ , Ом	23,9	29,8	35,8	41,8	47,7	53,7	59,7	65,6	71,6	77,6	83,5
$X_C$ , Ом	11,7	9,37	7,8	6,7	5,9	5,2	4,7	4,3	3,9	3,6	3,34



### 3. Контрольные вопросы

1. Что такое периодическое электрическое напряжение, и какими параметрами его характеризуют?

В зависимости от данной характеристики различают постоянное напряжение, значение которого с течением времени практически не изменяется и переменное напряжение, изменяющееся во времени.

Переменное напряжение в свою очередь бывает периодическим и непериодическим.

Периодическим называется такое напряжение, значения которого повторяются через равные промежутки времени. Непериодическое напряжение может изменять своё значение в любой период времени.

Минимальное время, за которое значение переменного напряжения повторяется, называется периодом.

Любое периодическое переменное напряжение можно описать какой-либо функциональной зависимостью.

Если время обозначить через  $t$ , то такая зависимость будет иметь вид  $F(t)$ , тогда в любой период времени зависимость будет иметь вид  $F(t \pm T) = F(t)$ , где  $T$  — период.

Величина обратная периоду  $T$ , называется частотой  $f$ .

$$f = \frac{1}{T} [f] = [\text{Гц} = \frac{1}{\text{с}} = \text{с}^{-1}]$$

Наиболее часто встречающаяся функциональная зависимость периодического переменного напряжения является синусоидальная зависимость (рис. 1)

синусоидальное напряжение в любой момент времени, мгновенное напряжение, описывается следующим выражением:

$$u = U_m \sin(\omega t + \phi) \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$U_m$  — амплитуда (максимальное значение напряжения)

$\omega$  — угловая частота (скорость изменения аргумента/угла)

$\phi$  — начальная фаза, определяемая смещением синусоиды относительно начала координат

$(\omega t + \phi)$  — фаза, характеризующая значение напряжения в данный момент времени

Таким образом, амплитуда  $U_m$ , угловая частота  $\omega$  и начальная фаза  $\phi$  являются основными параметрами переменного напряжения и определяют его значение в каждый момент времени.

Обычно, при рассмотрении синусоидального напряжения считают, что  $\phi = 0$ , тогда

$$u = U_m \sin(\omega t).$$

2. Что такое активное сопротивление в цепи переменного тока? Какие элементы цепи обладают активным сопротивлением?

Сопротивление, включенное в цепь переменного тока, в котором происходит превращение электрической энергии в полезную работу или в тепловую энергию, называется активным сопротивлением.

Активное сопротивление — физическая величина, характеризующая сопротивление электрической цепи (или ее участка) электрическому току, обусловленное необратимыми превращениями электрической энергии в другие формы (преимущественно в тепловую). Выражается в Омах.

Активное сопротивление зависит от частоты переменного тока, возрастая с ее увеличением.

Отличительной чертой элементов имеющих чисто активное сопротивление – это совпадение по фазе тока и напряжения, поэтому вычислить его можно по формуле  $r = \frac{U}{I}$ :

Активное сопротивление зависит от физических параметров проводника, таких как материал, площадь сечения, длина, температура.

К элементам цепи, обладающим активным сопротивлением можно отнести резистор (выделяющееся на нем тепло, обратно в электрическую энергию не превращается). Кроме резистора активным сопротивлением могут обладать линии электропередач, соединительные провода, обмотки трансформатора или электродвигателя.

Типичными представителями активного сопротивления считаются обычные потребители – лампы, нагревательные спирали и другие элементы, в которых электрический ток совершает полезную работу.

3. Что такое индуктивное сопротивление? От чего оно зависит? По каким формулам его можно вычислить?

Так как самоиндукция препятствует всякому резкому изменению силы тока в цепи, то она представляет собой для переменного тока особого рода сопротивление, называемое индуктивным сопротивлением.

Часто индуктивное сопротивление отличается от обычного (омического) сопротивления тем, что при прохождении через него переменного тока в нем не происходит потеря мощности. Под чисто индуктивным сопротивлением понимают сопротивление, оказываемое переменному току катушкой, проводник которой не обладает вовсе омическим сопротивлением. В действительности же всякая катушка обладает некоторым омическим сопротивлением. Но если это сопротивление невелико по сравнению с индуктивным сопротивлением, то им можно пренебречь.

При этом наблюдается следующее явление: в течение  $\frac{1}{4}$  периода, когда ток возрастает, магнитное поле потребляет энергию из цепи, а в течение следующей  $\frac{1}{4}$  периода, когда ток убывает, возвращает ее в цепь. Следовательно, в среднем за период в индуктивном сопротивлении мощность не затрагивается, поэтому индуктивное сопротивление называют реактивным.

Индуктивное сопротивление одной и той же катушки будет различным для токов разных частот. Чем выше частота переменного тока, тем большую роль играет индуктивность и тем больше индуктивное сопротивление данной катушки. И наоборот, чем ниже частота тока, тем индуктивное сопротивление катушки меньше.

При частоте равной нулю (установившийся постоянный ток) индуктивное сопротивление тоже равно нулю.

Индуктивное сопротивление обозначается  $X_L$  и измеряется в Омах.

Подсчет индуктивного сопротивления катушки для переменного тока данной частоты производится по формуле:  $X_L = 2\pi fL$ .

$X_L$  – индуктивное сопротивление в Омах

$f$  – частота переменного тока в Герцах

$L$  – индуктивность катушки в Генри

Так как  $\omega = 2\pi f$ , то  $X_L = \omega L$

Отсюда следует, что для постоянного тока ( $\omega = 0$ ) индуктивное сопротивление равно нулю.

4. Что такое ёмкостное сопротивление? От чего оно зависит? По каким формулам его можно вычислить?

Емкостное сопротивление — уменьшение проводимости при подаче переменного тока. Это величина, которая создается конденсатором, включенным в цепь.

Емкостное сопротивление ( $X_C$ ) является одним из видов реактивного сопротивления. Этот показатель характеризует противодействие емкости в цепи электротоку с переменными параметрами. Преобразование электроэнергии в тепловую в момент протекания электричества сквозь емкость не возникает (свойство реактивного сопротивления). Вместо этого осуществляется передача энергии электрического тока электрическому полю и обратно. Потеря энергии при таком обмене не происходит.

Вычисляется по формуле:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$C$  — емкость конденсатора

$f$  — частота переменного тока

$\omega$  — циклическая частота

При постоянном токе (когда частота равна нулю), емкостное сопротивление станет бесконечно большим, конденсатор очень большой емкости будет проводить ток в широком диапазоне частот.

Емкостное сопротивление зависит от частоты переменного тока: чем больше частота, тем лучше конденсатор пропускает ток и тем меньше сопротивление конденсатора переменному току.

5. Сформулируйте закон Ома для цепи гармонического тока. Как можно проверить выполнение этого закона?

Первой причиной широкого распространения переменного тока является возможность существенного уменьшения потерь мощности и энергии при передаче электроэнергии на расстояние, что достигается путем повышения напряжения на электростанции и за счет этого - уменьшения тока в линиях и трансформаторах.

Вторая, не менее важная причина применения переменного тока заключается в возможности снижения потерь напряжения в линиях при передаче электроэнергии на расстояние за счет использования повышенного напряжения.

Следует отметить, что постоянный ток не трансформируется с помощью трансформаторов и поэтому передача его на расстояние на низком напряжении затруднена из-за потерь мощности и напряжения.

$Z_i I_{i0} = U_{i0} + \varepsilon_{i0}$  – закон Ома для гармонических токов

$$Z_i = R_i + i\omega L_i + \frac{1}{i\omega C_i}$$

$Z_i$  – импеданс (полное сопротивление)

$R$  – омическое (активное) сопротивление

$i\omega L$  – индуктивное сопротивление

$\frac{1}{i\omega C}$  – емкостное сопротивление

$i\omega L + \frac{1}{i\omega C}$  – реактивное сопротивление

Применение законов Ома и Кирхгофа предполагает использование понятия направление: направление протекания тока, направление действия ЭДС, направление по отношению к узлу и др. Но в цепях переменного тока все величины (ЭДС, напряжения и токи) дважды за период меняют свои направления. Поэтому для них используют понятие положительное направление, т.е. направление соответствующее положительным мгновенным значениям определяемой величины.

#### 6. Что такое ЭДС самоиндукции?

Изменяющийся по величине ток всегда создает изменяющееся магнитное поле, которое, в свою очередь, всегда индуцирует ЭДС. При всяком изменении тока в катушке (или вообще в проводнике) в ней самой индуцируется ЭДС самоиндукции.

$$\varepsilon_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Когда ЭДС в катушке индуцируется за счет изменения собственного магнитного потока, величина этой ЭДС зависит от скорости изменения тока. Чем больше скорость изменения тока, тем больше ЭДС самоиндукции.

Величина ЭДС самоиндукции зависит также от числа витков катушки, густоты их намотки и размеров катушки. Чем больше диаметр катушки, число ее витков и густота намотки, тем больше ЭДС самоиндукции. Эта зависимость ЭДС самоиндукции от скорости изменения тока в катушке, числа ее витков и размеров имеет большое значение в электротехнике.

Направление ЭДС самоиндукции определяется по закону Ленца. ЭДС самоиндукции имеет всегда такое направление, при котором она препятствует изменению вызвавшего ее тока.

Иначе говоря, убывание тока в катушке влечет за собой появление ЭДС самоиндукции, направленной по направлению тока, т.е. препятствующей его убыванию. И, наоборот, при возрастании тока в катушке возникает ЭДС самоиндукции, направленная против тока, т.е. препятствующая его возрастанию.

Не следует забывать, что если ток в катушке не изменяется, то никакой ЭДС самоиндукции не возникает. Явление самоиндукции особенно резко проявляется в цепи, содержащей в себе катушку с железным сердечником, так как железо значительно увеличивает магнитный поток катушки, а следовательно, и величину ЭДС самоиндукции при его изменении.