

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 07.06.2022 09:55:38

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
2017 г.



ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫМИ ИНДУКТИВНОЙ КАТУШКОЙ И КОНДЕНСАТОРОМ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы

Курск 2017

УДК 621.3 (076.1)

Составитель: А.П. Локтионов

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *А. Д. Филонович*

Исследование электрической цепи с последовательно соединенными индуктивной катушкой и конденсатором: методические указания к выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.П. Локтионов. Курск, 2017. 8 с.: ил. 2, табл. 1. Библиогр.: с. 8.

Методические указания содержат сведения по исследованию простых однофазных электрических цепей синусоидального тока. Указывается порядок выполнения лабораторной работы, правила оформления отчета. Лабораторная работа охватывает материал по следующим темам: схемы замещения и эквивалентные схемы, законы теории электрических цепей, методы анализа электрических цепей, комплексный метод анализа цепей синусоидального тока, резонанс в неразветвленной цепи синусоидального тока, построение векторных диаграмм.

Методические указания соответствуют требованиям программ бакалавриата и специалитета по техническим направлениям подготовки.

Методические указания предназначены для использования в лабораторных занятиях по дисциплинам «Электротехника» и «Теоретические основы электротехники».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 50 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет
305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Опытная проверка основных соотношений для последовательной цепи синусоидального тока, обладающей элементами с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями.

1.2. Ознакомление с явлением резонанса напряжений и условиями, при которых он возникает.

2. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

2.1. Изучить по конспекту лекций и рекомендованному учебнику [1] раздел "Электрические цепи синусоидального тока" и ответить на следующие вопросы:

- 1) области применения электрических устройств синусоидального тока;
- 2) элементы электрической цепи синусоидального тока;
- 3) различные представления синусоидальных величин;
- 4) закон Ома в комплексной форме;
- 5) законы Кирхгофа для цепей синусоидального тока;
- 6) комплексный метод анализа цепей синусоидального тока;
- 7) активное, реактивное и полное сопротивление пассивного двухполюсника;
- 8) активная, реактивная и полная мощность пассивного двухполюсника;
- 9) резонанс в неразветвленной цепи синусоидального тока.

2.2. Освоить методику выполнения лабораторной работы по настоящему пособию.

2.3. Заготовить отчет со схемой экспериментальной установки, таблицей экспериментальных и расчетных данных.

3. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Исследования проводятся на стенде ЛЭС-5, в котором используются блок включения, блок конденсаторов, индуктивная катушка, и автотрансформатор. Схема принципиальная установки изображена на рис. 1.

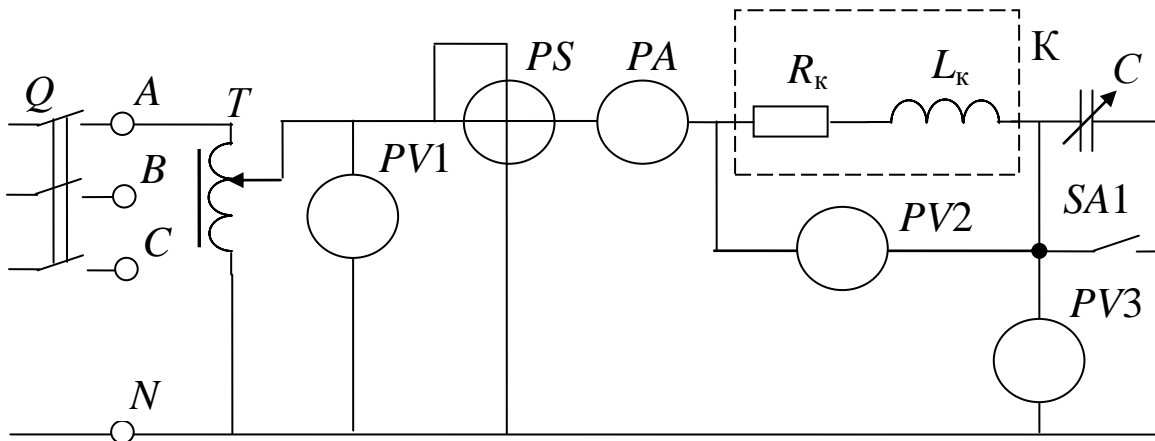


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Данные приборов на стенде:

PA– амперметр на ток 1А (типа 3525);

PV1– вольтметр на напряжение 150В (типа С5023);

PV2, PV3– вольтметры на напряжение 150В (типа 3533);

PS– фазометр на напряжение 127В, ток 5А (типа Д5781).

ВНИМАНИЕ! При включения выключателя *Q* свободные клеммы и розетки блока питания находятся под напряжением 220/127В.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Ознакомиться с используемыми приборами и аппаратурой, занести их технические данные в соответствующую таблицу отчета.

4.2. Собрать электрическую схему (рис. 1) и дать её проверить лаборанту. При этом выключатели должны находиться в выключенном состоянии (нижнее положение), а регулятор автотрансформатора *T* в положении до упора против часовой стрелки.

4.3. Выключателем *Q* подключить стенд сети и по указанию преподавателя автотрансформатором установить напряжение в пределах 90 ... 120 В.

ВНИМАНИЕ! При выполнении работы не касаться оголенных токоведущих частей, т.к. на отдельных участках цепи напряжение может достигнуть 150 В.

4.4. Создать режим только активно-индуктивной нагрузки ($X_C = 0$). Для этого, переведя выключатель SA1 (B1) в верхнее положение, зашунтировать батарею конденсаторов. Результаты измерений занести в таблицу 1.

4.5. Подбирая величину ёмкости батареи конденсаторов путем переключения конденсаторов, постепенно увеличивать ёмкостную нагрузку. Замеры делать при уменьшении угла фазометра примерно на 10° , в режиме, когда угол сдвига фаз соответствует индуктивной нагрузке. Результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные и расчетные данные исследования

| № пп | Измерение | | | | | | Характер нагрузки |
|---------|-----------|----------|----------|--------|------------------------|---------------|----------------------|
| | $U_1, В$ | $U_2, В$ | $U_3, В$ | $I, А$ | $\varphi, \text{град}$ | $\cos\varphi$ | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Таблица 1(продолжение)

| № пп | Вычисление | | | | | | | | | | |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|
| | $Z_k, \text{Ом}$ | $R_k, \text{Ом}$ | $X_k, \text{Ом}$ | $X_C, \text{Ом}$ | $U_R, \text{В}$ | $U_L, \text{В}$ | $P, \text{Вт}$ | $Q_L, \text{вар}$ | $Q_C, \text{вар}$ | $Q, \text{вар}$ | $S, \text{В}\cdot\text{А}$ |
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | × | × | × | | | | | | | | |
| | × | × | × | | | | | | | | |

4.6. Подбирая величину ёмкости батареи конденсаторов добиться того, чтобы в цепи наступил резонанс напряжений (когда $\varphi = 0$). Результаты измерений занести в табл. 1.

4.7. Продолжая изменять величину ёмкости батареи конденсаторов, исследовать режим емкостной нагрузки. Отсчеты снимать приблизительно через 10° , пока стрелка фазометра не отклонится на максимальный угол.

4.8. Показать преподавателю результаты опытов.

4.9. Разобрать схему, привести в порядок рабочее место.

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Вычисления, необходимые при заполнении табл. 1 производятся по следующим формулам:

5.1. Полное сопротивление катушки

$$Z_k = U_2 / I.$$

5.2. Активная мощность, потребляемая катушкой

$$P = U_1 I \cos \varphi.$$

5.3. Если пренебречь активным сопротивлением соединительных проводов и током утечки батареи конденсаторов, активное сопротивление катушки равно

$$R_k = P / I^2.$$

5.4. Индуктивное сопротивление катушки

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}.$$

Параметры катушки Z_k , R_k , и X_k определяются из первого опыта и в табл. 1 записываются один раз вдоль соответствующих граф.

5.5. Считая активное сопротивление батареи конденсаторов равным нулю, её ёмкостное сопротивление определится как

$$X_C = U_3 / I.$$

5.6. Реактивная мощность, идущая на создание магнитного поля

$$Q_L = I^2 X_k.$$

5.7. Реактивная мощность, идущая на создание электрического поля

$$Q_C = I^2 X_C = U_3 I.$$

5.8. Реактивная мощность, поступающая в цепь с последовательным соединением батареи конденсаторов и индуктивной катушки от источника

$$Q = Q_L - Q_C.$$

5.9. Полная мощность, потребляемая цепью от источника электрической энергии

$$S = U_1 I = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

5.10. Для построения векторных диаграмм из табл. 1 выбирается нужный режим работы электрической цепи. Например, для построения диаграммы для случая, когда $X_k > X_c$ можно взять второй или третий опыты. Задаемся масштабом напряжения таким образом, чтобы модули векторов не получились слишком длинными или слишком короткими (например, $U_L = 120$ В, $U_R = 60$ В, $U_C = U_3 = 30$ В можно выбрать масштаб $m_U = 30$ В/см). Рассчитываем длины векторов

$$l_{UR} = U_R/m_U, l_{UL} = U_L/m_U, l_{UC} = U_C/m_U.$$

Для приведенного выше примера получим

$$l_{UL} = 120 / 30 = 4 \text{ см}, l_{UR} = 60 / 30 = 2 \text{ см}, l_{UC} = 30 / 30 = 1 \text{ см}.$$

Задаемся масштабом тока m_I и рассчитываем длину вектора тока $l_I = I/m_I$.

При выполнении отчета необходимо построить три векторные диаграммы, которые выполняются в одинаковом масштабе, т.е. значения соответственно m_U и m_I должны быть одинаковыми для трех диаграмм.

Рассчитав длины векторов (расчет привести в отчете), приступают к построению векторных диаграмм (рис. 2).

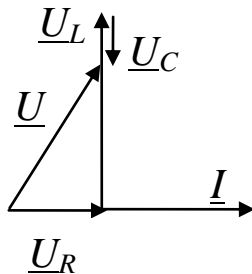


Рис. 2. Пример построения векторной диаграммы

Построение начинают с вектора тока, который совмещают с вещественной осью комплексной плоскости. Обычно оси комплексной плоскости на диаграммах не обозначают. Затем от начала вектора тока откладывают вектор падения напряжения на активном сопротивлении катушки \underline{U}_R . Этот вектор совпадает по фазе с током. Напряжение на индуктивном элементе с сопротивлением X_k опережает по фазе ток I на 90° . Поэтому от конца вектора \underline{U}_R под углом 90° к вектору тока в сторону опережения (вверх) откладываем вектор напряжения \underline{U}_L . Напряжение на емкостном элементе наоборот отстает от тока на угол 90° . Поэтому от конца вектора \underline{U}_L откладывают под углом 90° к вектору тока в сторону от-

ставания (вниз) вектор напряжения \underline{U}_C . Сумма трех векторов \underline{U}_R , \underline{U}_L и \underline{U}_C равна напряжению $U = U_1$, приложенному к цепи.

Кроме обязательных пунктов отчет должен содержать:

а) три векторные диаграммы, построенные в масштабе для задаваемых преподавателем из табл. 1 опытов:

$$X_C < X_K, X_C = X_K, X_C > X_K;$$

б) графики зависимостей $I, U_2, U_3, \cos\varphi, P, Q, S$ в функции X_C .

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.1. В каком случае при последовательном соединении индуктивной катушки и батареи конденсаторов ток будет отставать по фазе от напряжения или опережать его?

6.2. При каких условиях возникает резонанс напряжений?

6.3. Почему при резонансе напряжений ток в цепи будет максимальным?

6.4. От каких факторов зависит коэффициент мощности всей цепи и при каком условии он будет равен единице?

6.5. Потребляется или нет электрическая энергия от источника питания на создание магнитного и электрического полей при резонансе напряжений?

6.6. Объяснить вид полученных кривых $I, U_2, U_3, \cos\varphi, P, Q, S$ в функции X_C .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Касаткин А. С. Курс электротехники / А. С. Касаткин, М. В. Немцов - М.: Высш. шк., 2005. - 542 с.

2. ГОСТ 2.755-87 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://www.ioit.ru/gost.php>

3. ГОСТ Р 50.2.038-2004 Рекомендации по метрологии. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=2033714>

4. ГОСТ Р 52002-2003 Электротехника. Термины и определения основных понятий [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://vsegost.com/Catalog/24/2416.shtml>