



030202. Исследование простейших линейных цепей в частотной области

Цель работы: . Освоить методы исследования электрических цепей в частотной области.

Требуемое оборудование

Модульный учебный комплекс МУК-ЭТ1(2)

Приборы:

- | | |
|---|-------|
| 1. Генератор звуковых частот ЗГ1 | 1 шт. |
| 2. Измеритель многофункциональный ИМФ1 | 1 шт. |
| 4. Стенд с объектами исследования СЗ-ЭМ01 | 1 шт. |

Краткое теоретическое введение

При анализе реакции электрической цепи на внешнее воздействие можно ее рассматривать в виде четырехполюсника. Для этого необходимо вынести из рассматриваемой цепи ветвь, содержащую независимый источник тока или напряжения, а так же ветвь, напряжение и ток которой необходимо определить. Оставшаяся часть цепи и будет рассматриваемым четырехполюсником. При этом **входными** будем считать пару зажимов, к которым подключается источник, а **выходными** - к которым подключается нагрузка (т.е. ветвь напряжение и ток которой необходимо определить).

Пусть на вход четырехполюсника подключен источник синусоидального напряжения (тока) с частотой колебаний ω . В этом случае на выходе четырехполюсника появляется синусоидальный сигнал той же частоты. При этом вместо исследования соотношений между мгновенными значениями реакции цепи $y(t)$ и внешнего воздействия $x(t)$ можно перейти к исследованию соотношений между их комплексными изображениями.

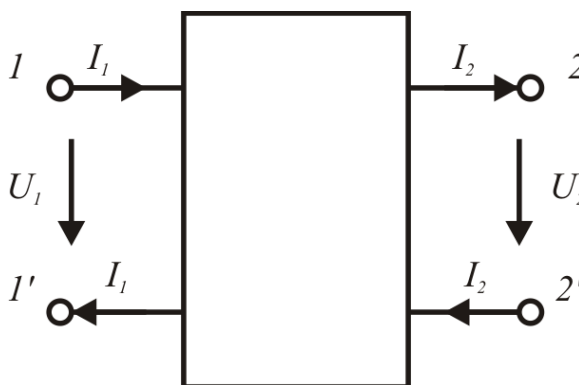


Рис.1

Для описания цепи в частотной области используют **комплексную частотную характеристику**, называемой также **передаточной функцией** или **комплексным коэффициентом передачи**. По определению эта величина есть отношение комплексных изображений отклика и воздействия.

$$H(j\omega) = \frac{\dot{Y}_m}{\dot{X}_m}$$

где $\dot{Y}_m = Y_m e^{j\psi_y}$ – комплексная амплитуда реакции цепи,
 $\dot{X}_m = X_m e^{j\psi_x}$ – комплексная амплитуда воздействия.

Как всякое комплексное число, КЧХ может быть записана в показательной форме

$$H(j\omega) = H(\omega) e^{j\psi(\omega)}$$

где $H(\omega) = \frac{Y_m}{X_m}$
 $\psi(\omega) = \psi_y - \psi_x$

или алгебраической форме

$$H(j\omega) = H'(\omega) + jH''(\omega)$$

где $H'(\omega) = H(\omega) \cos(\psi(\omega))$
 $H''(\omega) = H(\omega) \sin(\psi(\omega))$

Зависимости модуля $H(\omega)$ и аргумента $\psi(\omega)$ комплексной частотной характеристики от частоты ω называются **амплитудно-частотной (АЧХ)** и **фазо-частотной (ФЧХ)** характеристиками цепи.

КЧХ линейных цепей не зависит от амплитуды и начальной фазы входного воздействия и определяется структурой цепи и параметрами входящих в неё элементов. Знание КЧХ позволяет определить реакцию цепи на заданное гармоническое воздействие.

$$\dot{Y} = H(j\omega) \dot{X}$$

Комплексные частотные характеристики цепи делятся на входные и передаточные. Если отклик на внешнее воздействие рассматривается на одних и тех же зажимах цепи, то КЧХ является **входной**. Если отклик цепи и внешнее воздействие задаются на разных зажимах цепи, то в этом случае КЧХ является **передаточной**.

Если внешнее воздействие на цепь является током, а реакция – входное напряжение, то входная КЧХ называется **комплексным входным сопротивлением цепи**:

$$Z_1(j\omega) = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}$$

Если внешнее воздействие на цепь является током, а реакция – входное напряжение, то входная КЧХ называется **комплексной входной проводимостью цепи**.

$$Y_1(j\omega) = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1}$$

К передаточной КЧХ можно отнести **комплексный коэффициент передачи по напряжению**:

$$K(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$$

Также можно отнести к передаточной КЧХ можно отнести *комплексный коэффициент передачи по току*.

$$G(j\omega) = \frac{i_2}{i_1}$$

Комплексное передаточное сопротивление

$$Z_{12}(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}$$

Комплексную передаточную проводимость

$$Y_{12}(j\omega) = \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1}$$

Рассмотрим простейшую электрическую цепь рис. 2а.

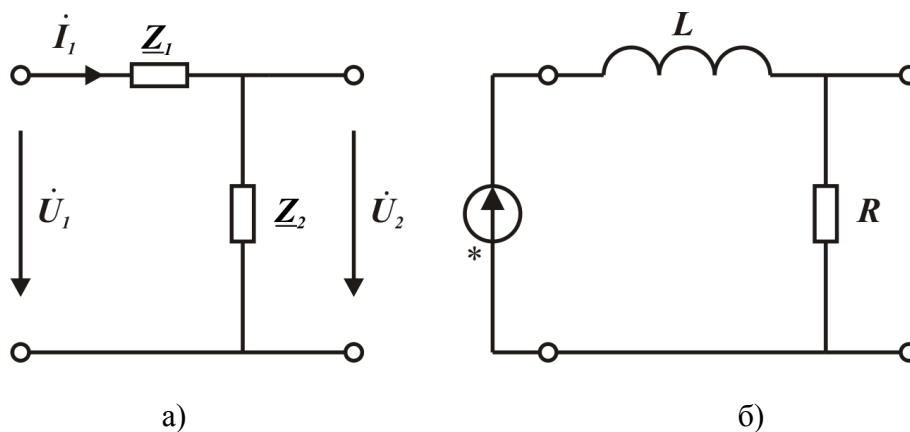


Рис. 2

Комплексный коэффициент передачи цепи по напряжению от зажимов 1-1' к зажимам 2-2' зависит от сопротивления нагрузки между зажимами 2-2'. В режиме холостого хода ($R_{\text{н}} = \infty$) через сопротивления $\underline{Z}_1$ и $\underline{Z}_2$ протекает один и тот же ток:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2)}$$

Таким образом, напряжение на выходе между зажимами 2-2' определяется как:

$$\dot{U}_2 = \dot{I}_1 \underline{Z}_2 = \dot{U}_1 \frac{\underline{Z}_2}{(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2)}$$

Цепи такого типа получили название *делителей напряжения*. Используя выражение X найдем коэффициент передачи по напряжению

$$K(j\omega) = \frac{\underline{Z}_2}{(\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2)}$$

Для RL-цепи рис. можно записать

$$K(j\omega) = \frac{R}{R + j\omega L} = \frac{1}{1 + j\frac{\omega L}{R}} = \frac{1}{1 + j\bar{\omega}}$$

где $\bar{\omega} = \frac{\omega L}{R}$ – параметр нормировки

Переходя к показательной форме записи, найдем аналитические выражения для АЧХ и ФЧХ коэффициента передачи по напряжению.

$$K(\bar{\omega}) = \frac{1}{\sqrt{1 + \bar{\omega}^2}}$$

$$\psi(\bar{\omega}) = \arctg(\bar{\omega})$$

Методика эксперимента



Рис. 3

Экспериментальные исследования производятся на модульном учебном комплексе МУК-ЭТ2 рис. 3.

В качестве источник синусоидального напряжения используется генератор звуковых частот ЗГ1. Выходная частота – от 20 Гц до 30 кГц, а амплитуда синусоидального напряжения от 0 В до 15 В.

Для измерения АЧХ и ФЧХ коэффициента передачи по напряжению необходимо воспользоваться измерителем многофункциональным ИМФ1. Он позволяет измерять амплитудные значения входного и выходного напряжения, разность фаз ψ между ними. На рис 7 представлена

электрическая схема включения прибора ИМФ1 в цепь.

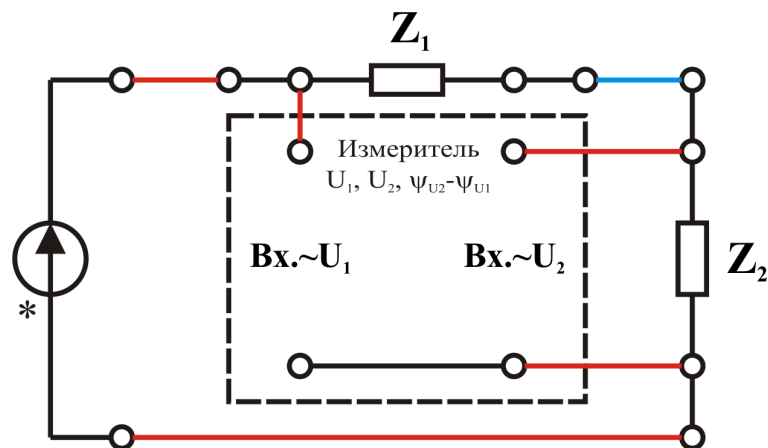
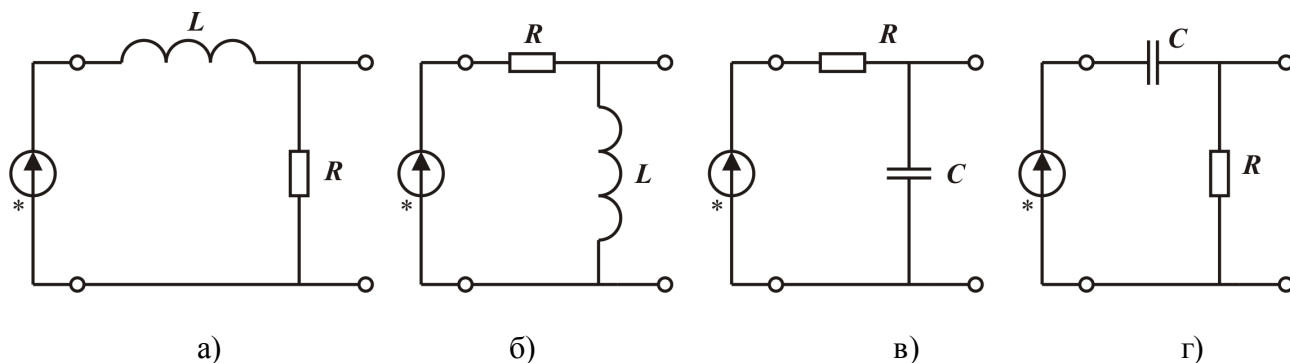


Рис.4

В работе предлагается исследовать простейшие RL и RC цепи рис. 5. Все эти объекты исследования расположены на стенде СЗ-ЭМ01. Между собой элементы соединяются с помощью коротких проводников (Ш1.6-Ш1.6), а с генератором звуковых частот и измерителем ИМФ1 с помощью длинных проводников (Ш4-Ш1.6).



Рекомендуемое задание к работе

Предварительное задание.

Для схемы, соответствующей выбранному варианту, постройте графики зависимости $K(\omega)$ и $\psi(\omega)$

1. *Исследование АЧХ цепи.*

Соберите электрическую схему рис. 4. В качестве элементов Z1 и Z2 выберите исходя из варианта.

2. *Исследование ФЧХ цепи.*

3. *Исследование АЧХ и ФЧХ цепи с нагрузкой.*

Подключите к исследуемой цепи нагрузку. Проведите аналогичные измерения п.1-2. Сравните полученные результаты. Сделайте выводы.

Вариант	Схема	Параметры схемы	
1	а		
2	б		
3	в		
4	г		
5	а		
6	б		

Список используемых источников

1. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей. Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1975

февраль 2011