**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МГТУ «СТАНКИН»**

**Кафедра электротехники, электроники и автоматики**

**Отчёт**

по лабораторной работе № 2

дисциплина

**«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»**

тема работы

«Установившиеся режимы в линейных цепях с источниками сигналов синусоидальной формы»

Вариант № 7

Выполнил: студент группы ИДБ-16-09 Клементьев Василий Андреевич

Проверил: преподаватель Сорокин Вадим Олегович

**Москва 2017**

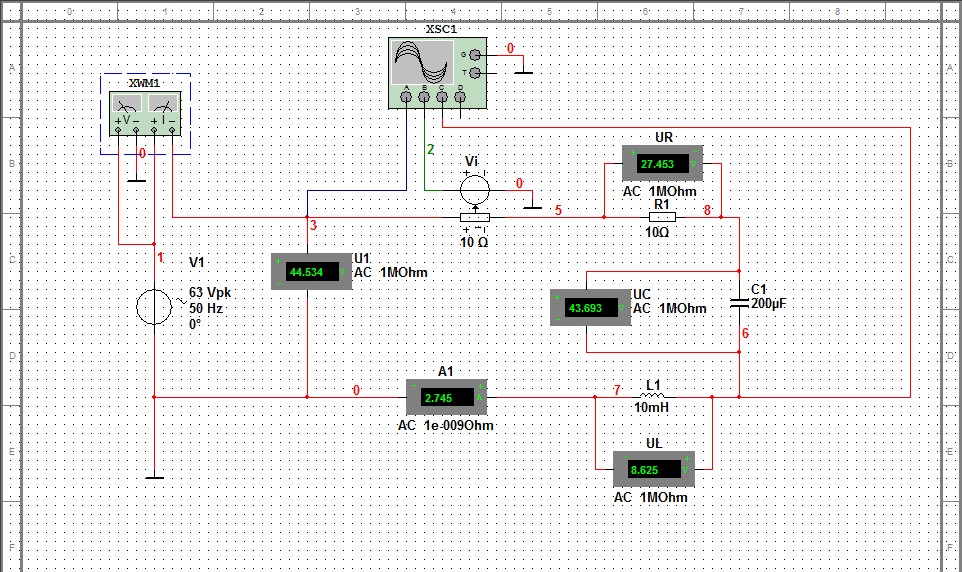
**Лабораторная работа № 2**

**УСТАНОВИВШИЕСЯ РЕЖИМЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ С ИСТОЧНИКАМИ СИГНАЛОВ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ**

**Цель работы:** исследование установившихся режимов в линейных цепях с источниками синусоидальных сигналов.  
В работе студенты экспериментально определяют основные параметры синусоидальных сигналов и реакций (токов и напряжений) и соотношения между этими параметрами для установившегося режима в линейной цепи.  
Сопоставляют результаты аналитического расчета цепи методом комплексных амплитуд с данными эксперимента.  
Создаются схемы для проведения виртуальных экспериментов. Анализируются результаты моделирования.  
Виртуальные эксперименты проводятся на базе пакета MultiSim 10. Используются библиотечные модели контрольно-измерительных приборов и компонент.

**Рабочее задание**

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ЛИНЕЙНОЙ RLC-ЦЕПИ С ИСТОЧНИКОМ СИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА**

****

**Рис.1.** Схема виртуального эксперимента для исследования установившихся режимов в линейной цепи с источником синусоидального сигнала

Сформировать схему для проведения виртуального эксперимента согласно рис.1.  
Провести виртуальный эксперимент измерения тока, напряжений на элементах цепи, активной мощности и получения временных зависимостей *V1(t)*, *uL(t)*, *i(t)*.

Получить изображения временных зависимостей V1(t), uL(t), i(t) в процессе двух-, трехкратного заполнения экрана осциллографа.  
Данные занести в табл.1, в строку "эксперимент".

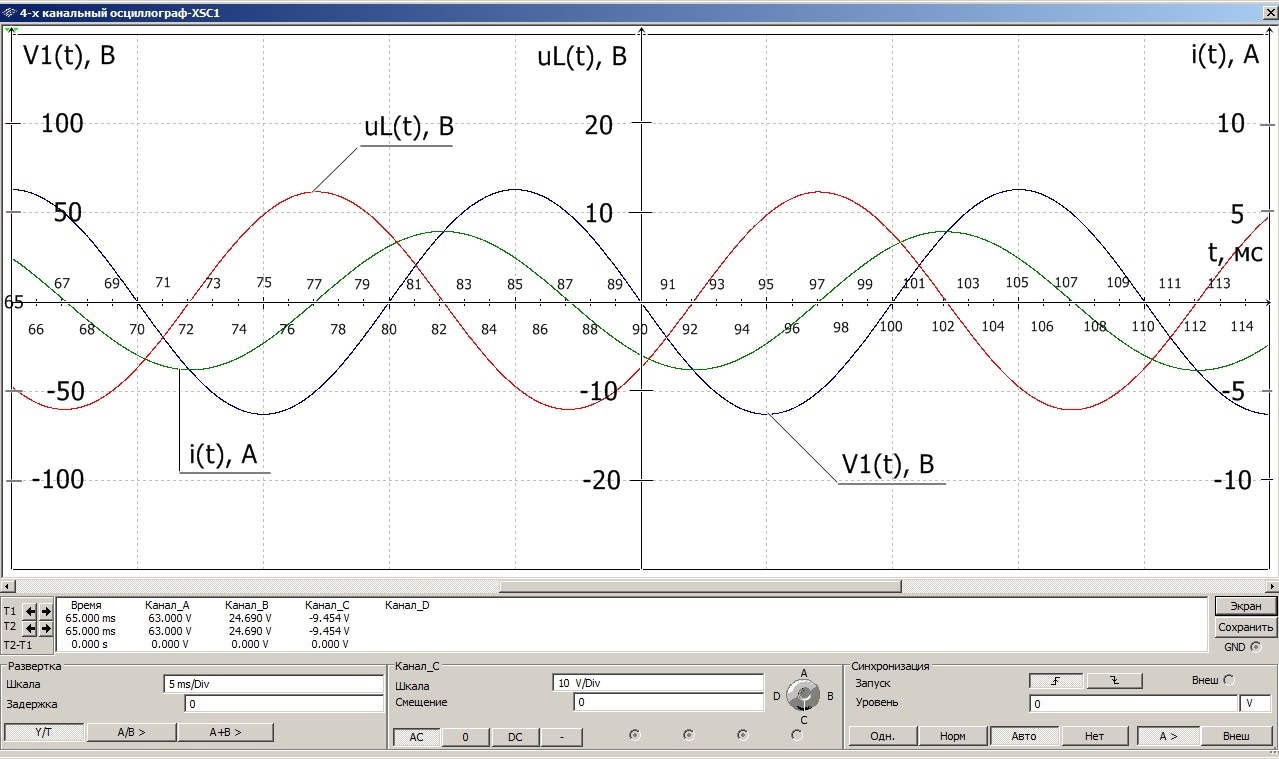


График временных зависимостей V1(t), uL(t), i(t)

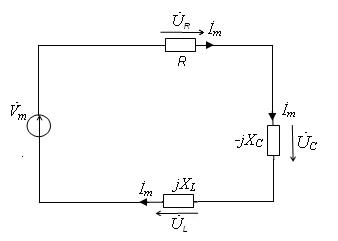
Используя метод комплексных амплитуд определить реакции в исследуемой цепи и комплексную мощность. Полученные при расчете результаты занести в соответствующие графы табл.1, в строку "Расчет".

Таблица 1

**Экспериментальные и расчетные данные**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *V1* |  |  |  |  | *V1m* |  |
|  | В | В | В | В | А | В | В |
| Эксперимент | 44,534 | 27,453 | 43,693 | 8,625 | 2,745 | 62,999 | 12,353 |
| Расчет | 44,548 | 27,450 | 43,711 | 8,619 | 2,745 | 63,000 | 8,621 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | φ |  |  |  |
|  | град. | А | град. | град. | Вт | - | Ом |
| Эксперимент | 141,975 | 3,959 | 51,975 | -51,975 | 75,355 | 0,616 | 16,224 |
| Расчет | 141,999 | 3,882 | 51,966 | -51,966 | 75,350 | 0,616 | 16,231 |

Порядок расчёта методом комплексных амплитуд

**Дано:** f = 50 Гц,   
 Um = 63 В,  
 R = 10 Ом,   
 C1 = 200 \* 10-6 Ф,  
 L1 = 10 \* 10-3 Гн

1.ω = 2\*π\*f = 2 \* 3,14 \* 50 = 314 (рад/с)

2.XL = ω \* L1 = 314 \* 10 \* 10-3 ≈ 3,14 (Ом)

3.XC = = ≈ 15,924 (Ом)

4.Ů = ≈ 44,548 \* ℮j0° (В)

5.z(jω) = R + jXL - jXC  = 10 +3,14j – 15,924j = 10 – 12,784j (Ом)

6.X = -12,784

7.Z(jω) = |z| \* ℮jφ°

|z| = ≈ 16,231

8.φ = arctg = arctg () ≈ -51,966°

9.İ = ≈ ≈ 2,745 \* ℮j51,966° = 2,745 \* cos(51,966) + j0,392 \* sin(51,966) ≈

≈2,745 \* 0,616 + j2,745 \* 0,788 ≈ 1,691 + j2,163 (А)

10.Im = İ \* √2 = 2,745 \* √2 ≈ 3,882 (А)

11.ŮR = R \* İ = 10 \* (1,691 + 2,163j) = 16,91 + j21,63 = 27,45 \* ℮j51,966° (В)

12.ŮL = jXL \* İ = 3,14 \* ℮j90° \* 2,745 \* ℮j51,966° ≈ 8,619 \* ℮j141,966° ≈ 8,619 \* cos (141,966) + +j8,619 \* sin(141,966) ≈ 8,619 \* (-0,788) + j8,619 \* 0,616 ≈ -6,792 + j5,309 (В)

13. ŮC = -jXC \* İ = 15,924 \* ℮­-j90° \* 2,745 \* ℮j51,966° ≈ 43,711 \* ℮-j38,034°  ≈ 43,711 \* cos (-38,034) + j43,711 \* sin(-38,034) ≈ 43,711 \* 0,788 – j43,711 \* 0,616 ≈ 34,444 – j26,926 (В)

14.ULm = √( (-6,792)2 + (5,309)2) ≈ 8,621 (В)

15.cos ψL = ≈ -0,788

16.arccos (-0,788) = arccos (ψL) = ψL ≈ 141,999°

17.cos ψC = ≈ 0,788

18.arccos (0,788) = arccos (ψC) = ψC ≈ 38,001°

19.φ = ψu – ψi = -51,966°

20.Ŝ = Ŭ \* İ = 44,548 \* ℮j0° \* 2,745 \* ℮-j51,966° ≈ 122,284 \* ℮-j51,966° = 122,284 \* cos(-51,966) +  
 j122,284 \* sin(-51,966) ≈ 122,284 \* 0,616 – j122,284 \* 0,788 ≈ 75,327 – j96,360 (ВА)

21.P = 75,327 (Вт)

22.jQ = -j96,360 (ВАр)

23.P = R \* I2 ≈ 10 \* (2,745)2 ≈ 75,350 (Вт)

24.Q = X \* I2 ≈ -12,784 \* (2)2 ≈ -96,328 (ВАр)

25.i(t) = 2,745 \* sin (ωt + 51,966) = 2,745 \* sin(314t + 51,966)

26.uR(t) = 27,45 \* sin(314t + 51,966)

27.uC (t) = 43,711 \* sin(314t – 38,034)

28.uL (t) = 8,619 \*sin(314t + 141,966)

Сравнить экспериментальные и расчетные значения параметров сигнала, реакций, мощности, входного сопротивления. Сделать выводы.

**Вывод:** данные, которые были получены во время эксперимента, и данные, которые были получены путём расчёта, практически совпадают, за исключением показаний ULm , что говорит о надёжности применения метода комплексных амплитуд для реакций сигналов и реакций цепи.

По данным табл.1 построить на комплексной плоскости векторную диаграмму сигнала и реакций, треугольник сопротивлений и треугольник мощностей.

**Векторная диаграмма реакций и сигналов**

**Im**

**21,2j ŬR**

**+51,966°**

**ω**

**ŬL**

**5,3j İ**

**-27,2 -6,8 0 6,8 13,6 20,4 27,2 34,0**

**Re**

**-5,3j**

**-26,5j ŬC**

**Треугольник сопротивлений**

Im

j6,5 5 10

0

-j6,5 ϕ Re

|z|

-j13 z(jω)

**Треугольник мощностей**

Im

j32,1 25,1 75,3

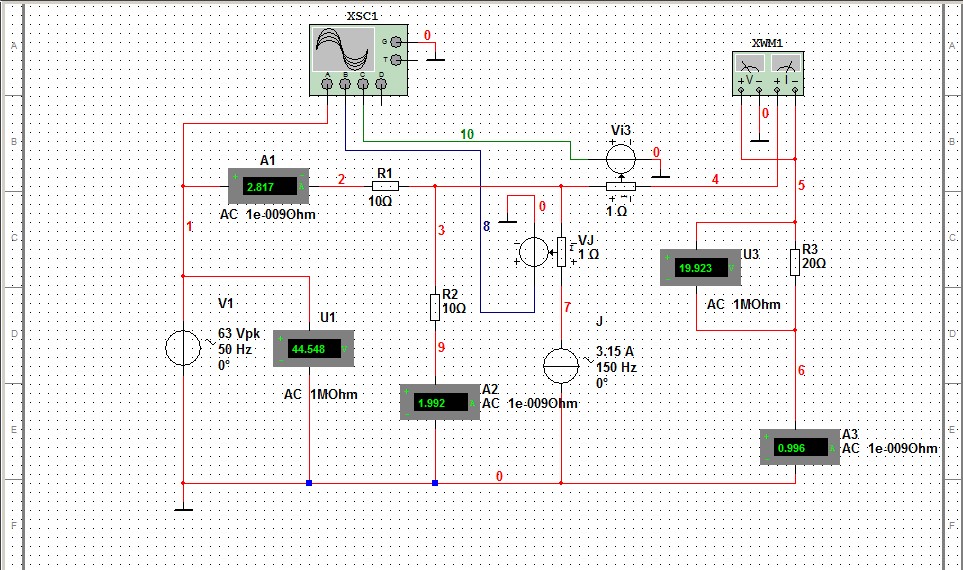
0

-j32,1 |Ŝ| ϕ Re

-j96,3 P

jQ

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ЛИНЕЙНОЙ ЦЕПИ С ИСТОЧНИКАМИ СИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ РАЗНОЙ ЧАСТОТЫ**

****

**Рис.2.** Схема виртуального эксперимента для исследования установившихся режимов в линейной цепи с источниками синусоидальных сигналов разной частоты

Сформировать схему для проведения виртуальных экспериментов согласно рис.2.  
Провести виртуальный эксперимент измерения токов, напряжений, активной мощности и получения временных зависимостей *V1*(*t*),.  
Показания вольтметров, амперметров и ваттметра занести в соответствующие графы табл.2, в строку "Результат".  
Используя визиры определить координаты пяти характерных точек кривой  в пределах ее полупериода.  
Значения координат занести в соответствующие графы табл.3, в строку "Результат".  
Построить на одной координатной сетке графики временных зависимостей *V1(t)*,  в пределах одного периода сигнала *V1*(*t*).  
Задать амплитудное значение сигнала  источника тока *J* равным нулю. Повторить предыдущие операции, полученные данные занести в табл. 2 и 3 в строку "Составляющие".  
Восстановить амплитудное значение сигнала источника тока и установить амплитудное значение сигнала *V1m* источника напряжения *V1* равным нулю. Повторить предыдущие операции, полученные данные занести в табл. 2 и 3 в строку "Составляющие".  
Провести операции наложения составляющих для данных табл.2 и 3 Результаты наложения занести в строку "Суперпозиция" соответствующих таблиц.  
Сравнить данные строки "Результат" с данными суперпозиции для каждой таблицы. Сделать выводы об особенностях применения принципа наложения в случае сигналов разной частоты.

Таблица 2

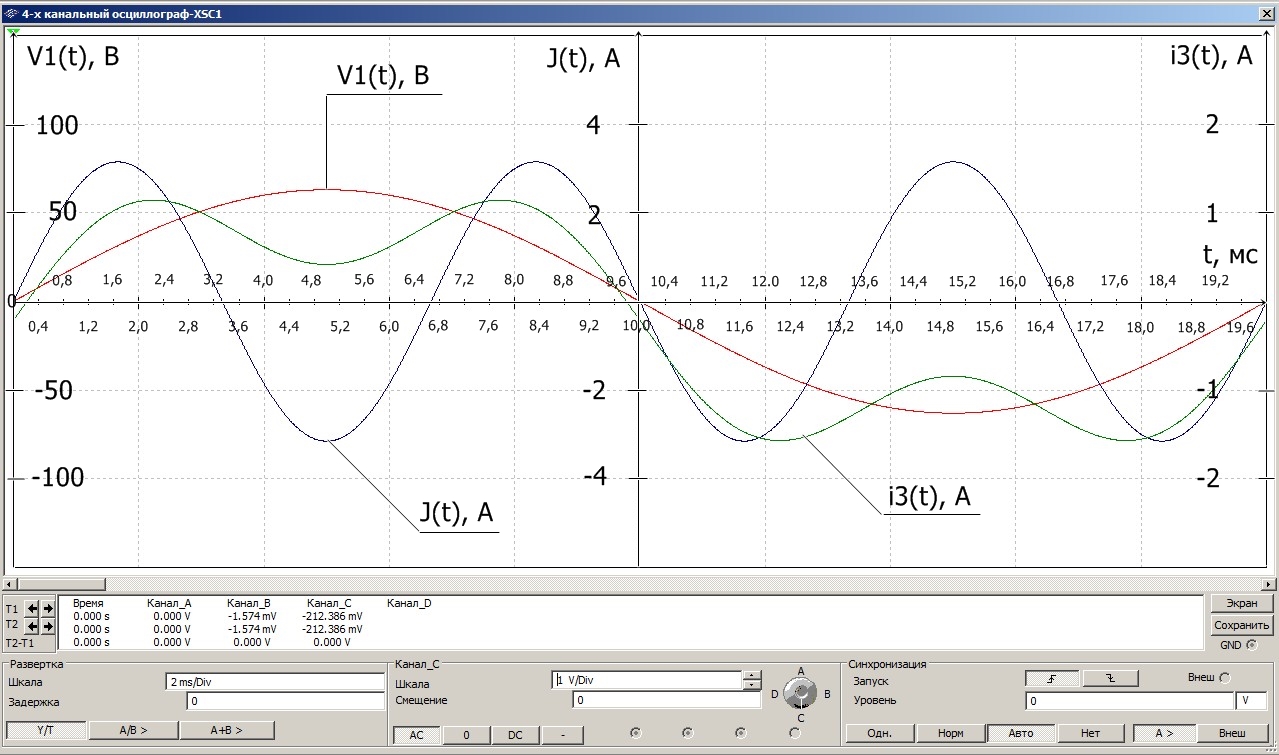
**Значения сигналов и реакций цепи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Сигналы | | | | Реакции | | | | | |
| *V1m* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| В | Гц | А | Гц | А | А | А | В | Гц | Вт |
| Составляющая V1 | 63 | 50 | 0 | 0 | 2,673 | 1,782 | 0,891 | 17,819 | 50 | 15,876 |
| Составляющая J | 0 | 0 | 3,15 | 150 | 0,891 | 0,891 | 0,445 | 8,910 | 150 | 3,969 |
| Суперпозиция | 63 | 50 | 3,15 | 150 | 3,564 | 2,673 | 1,336 | 26,729 |  | 19,845 |
| Результат | 63 | 50 | 3,15 | 150 | 2,817 | 1,992 | 0,996 | 19,923 | 150 | 19,761 |

Таблица 3

**Временные зависимости тока** i3(t)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* , мc  , А | 2,235 | 4,996 | 9,785 | 12,227 | 15,004 |
| Составляющая V1 | 0,814 | 1,260 | 0,085 | -0,811 | -1.260 |
| Составляющая J | 0,544 | -0,630 | 0,131 | -0,546 | 0,630 |
| Суперпозиция | 1,358 | 0,630 | 0,216 | -1,357 | -0,630 |
| Результат | 1,143 | 0,418 | -0,001 | -1,569 | -0,844 |



**Вывод:** главная особенность применения принципа наложения в случае сигналов разной частоты заключается в том, что значения, полученные таким способом, отличаются от значений, полученных в ходе эксперимента.

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ЛИНЕЙНОЙ ЦЕПИ С ИСТОЧНИКАМИ СИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ ОДИНАКОВОЙ ЧАСТОТЫ**

В данной работе использовать схему виртуального эксперимента, рис.2.  
Установить значение частоты сигнала одинаковое для источников V1 и J.  
Результаты измерений занести в соответствующие таблицы 4 и 5.  
Сравнить результаты экспериментов текущего раздела с результатами аналогичных экспериментов предыдущего раздела.   
Сделать выводы об особенностях применения принципа наложения для цепей с источниками синусоидальных сигналов одинаковой частоты и разной частоты.  
Сделать выводы о применимости метода комплексных амплитуд в этих двух случаях.

Таблица 4

**Значения сигналов и реакций цепи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Сигналы | | | | Реакции | | | | | |
| *V1m* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| В | Гц | А | Гц | А | А | А | В | Гц | Вт |
| Составляющая V1 | 63 | 50 | 0 | 0 | 2,672 | 1,781 | 0,891 | 17,814 | 50 | 15,876 |
| Составляющая J | 0 | 0 | 3,15 | 50 | 0,891 | 0,891 | 0,445 | 8,910 | 50 | 3,969 |
| Суперпозиция | 63 | 50 | 3,15 | 50 | 3,563 | 2,672 | 1,336 | 26,724 |  | 19,845 |
| Результат | 63 | 50 | 3,15 | 50 | 1,781 | 2,672 | 1,336 | 26,720 | 50 | 35,721 |

Таблица 5

**Временные зависимости тока** i3(t) **в цепи с источниками одинаковой частоты**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* , мc  , А | 2,235 | 4,996 | 9,785 | 12,227 | 15,004 |
| Составляющая V1 | 0,814 | 1,260 | 0,085 | -0,811 | -1,260 |
| Составляющая J | 0,406 | 0,630 | 0,044 | -0,405 | -0,630 |
| Суперпозиция | 1,220 | 1,890 | 0,129 | -1,216 | -1,890 |
| Результат | 1,221 | 1,890 | 0,128 | -1,217 | -1,890 |

**Вывод:** в ходе эксперимента было выяснено, что при разных частотах показания практически совпадают только у мощности P3, в то время как при одинаковых частотах показания совпадают практически у всех реакций, кроме мощности P3 и тока I1. Также, в условиях, когда у составляющих V1 и J разные частоты, временные зависимости тока i3(t), полученные путём принципа наложения, заметно отличаются от тех показаний, которые были получены при одновременном действии V1 и J. В то время как при одинаковых частотах, значения, полученные путём принципа наложения, практически совпадают с данными, которые зафиксировались в ходе последнего эксперимента.