**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-15-15 Иванов Даниил Александрович

Проверил: преподаватель Чумаева Марина Вячеславовна

**Москва 2017**

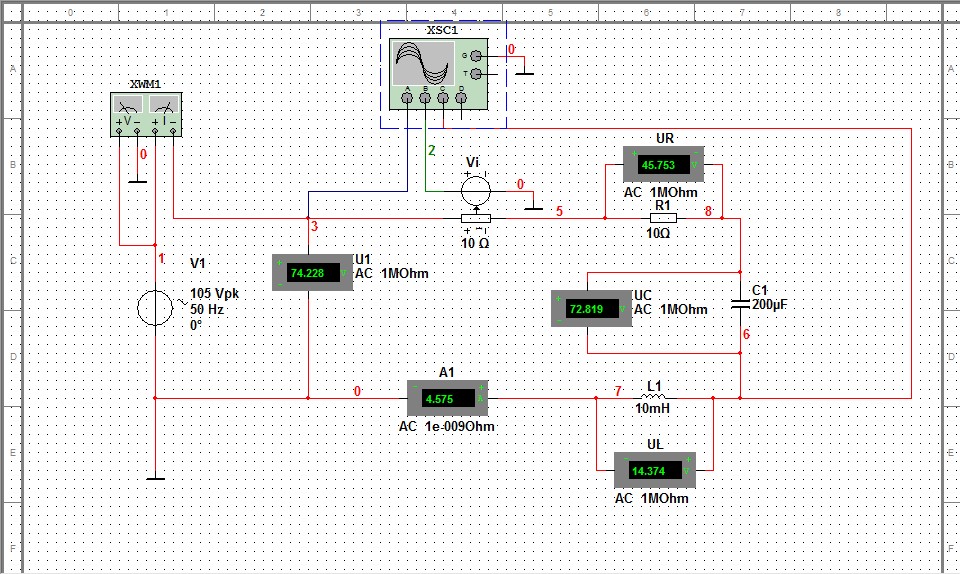
**Лабораторная работа № 2**

**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".

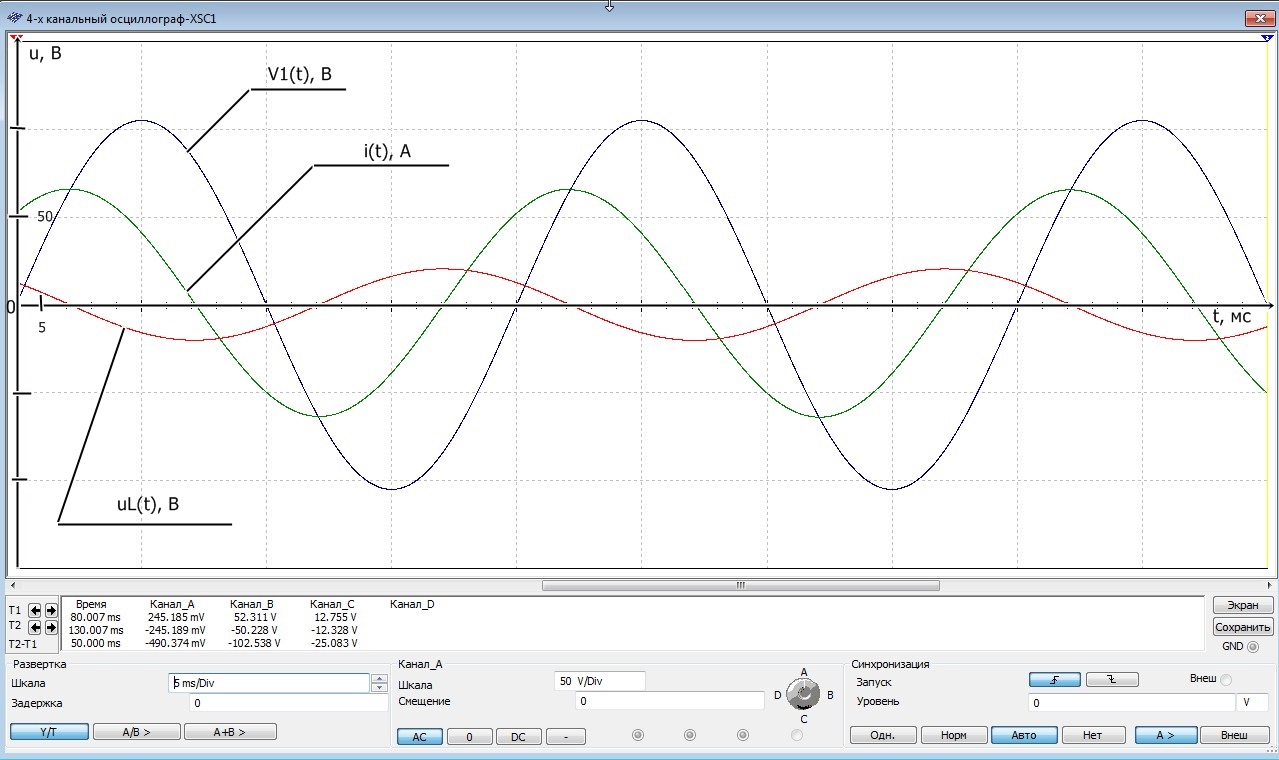


График временных зависимостей V1(t), uL(t), i(t)

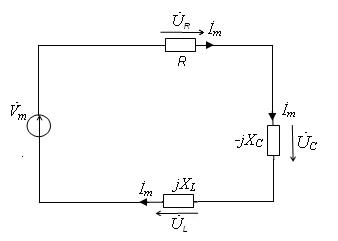
Используя метод комплексных амплитуд определить реакции в исследуемой цепи и комплексную мощность. Полученные при расчете результаты занести в соответствующие графы табл.1, в строку "Расчет".

Таблица 1

**Экспериментальные и расчетные данные**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *V1* |  |  |  |  | *V1m* |  |
|  | В | В | В | В | А | В | В |
| Эксперимент | 74,228 | 45,753 | 72,819 | 14,374 | 4,575 | 104,998 | 20,433 |
| Расчет | 74,246 | 45,740 | 72,836 | 14,362 | 4,574 | 105 | 14,365 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | φ |  |  |  |
|  | град. | А | град. | град. | Вт | - | Ом |
| Эксперимент | 141,975 | 6,522 | 51,975 | -51,975 | 209,320 | 0,616 | 16,225 |
| Расчет | 141,999 | 6,469 | 51,966 | -51,966 | 209,238 | 0,616 | 16,231 |

Порядок расчёта методом комплексных амплитуд

**Дано:** f = 50 Гц,   
 Um = 105 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 = ≈ 74,246 \* ℮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 = ≈ ≈ 4,574 \* ℮j51,966° = 4,574 \* cos(51,966) + j4,574 \* sin(51,966) ≈

≈4,574 \* 0,616 + j4,574 \* 0,788 ≈ 2,818 + 3,604j (А)

10.Im = İ \* √2 = 4,574 \* √2 ≈ 6,469 (А)

11.ŮR = R \* İ = 10 \* (2,818 + 3,604j) = 28,18 + j36,04 = 45,74 \* ℮j51,966° (В)

12.ŮL = jXL \* İ = 3,14 \* ℮j90° \* 4,574 \* ℮j51,966° ≈ 14,362 \* ℮j141,966° ≈ 14,362 \* cos (141,966) + +j14,362 \* sin(141,966) ≈ 14,362 \* (-0,788) + j14,362 \* 0,616 ≈ -11,317 + j8,847 (В)

13. ŮC = -jXC \* İ = 15,924 \* ℮­-j90° \* 4,574 \* ℮j51,966° ≈ 72,836 \* ℮-j38,034°  ≈ 72,836 \* cos (-38,034) + j72,836 \* sin(-38,034) ≈ 72,836 \* 0,788 – j72,836 \* 0,616 ≈ 57,395 – j44,867 (В)

14.ULm = √( (-11,317)2 + (8,847)2) ≈ 14,365 (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 = 74,246 \* ℮j0° \* 4,574 \* ℮-j51,966° ≈ 339,601 \* ℮-j51,966° = 339,601 \* cos(-51,966) + j339,601 \* sin(-51,966) ≈ 339,601 \* 0,616 - j339,601 \* 0,788 ≈ 209,194 - j267,606 (ВА)

21.P = 209,194 (Вт)

22.jQ = -j267,606 (ВАр)

23.P = R \* I2 ≈ 10 \* (4,574)2 ≈ 209,215 (Вт)

24.Q = X \* I2 ≈ -12,784 \* (4,574)2 ≈ -267,460 (ВАр)

25.i(t) = 4,574 \* sin (ωt + 51,966) = 4,574 \* sin(314t + 51,966)

26.uR(t) = 45,74 \* sin(314t + 51,966)

27.uC (t) = 72,836 \* sin(314t – 38,034)

28.uL (t) = 14,362 \*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

j36ŬR

**+51,966°**

**ω**

ŬLj9

j3 0Re

**-**12-6 -j3 6 12 24 30 54 60

-j45ŬC

**Треугольник сопротивлений**

Im

j6,5 5 10

0

-j6,5 ϕ Re

|z|

-j13 z(jω)

**Треугольник мощностей**

Im

j89 70 210

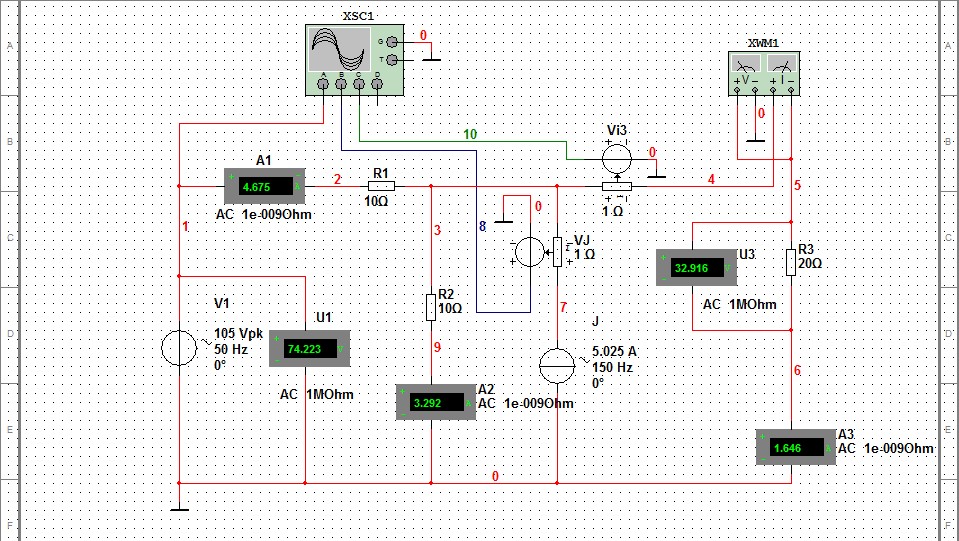
0

-j89 |Ŝ| ϕ Re

-j267 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

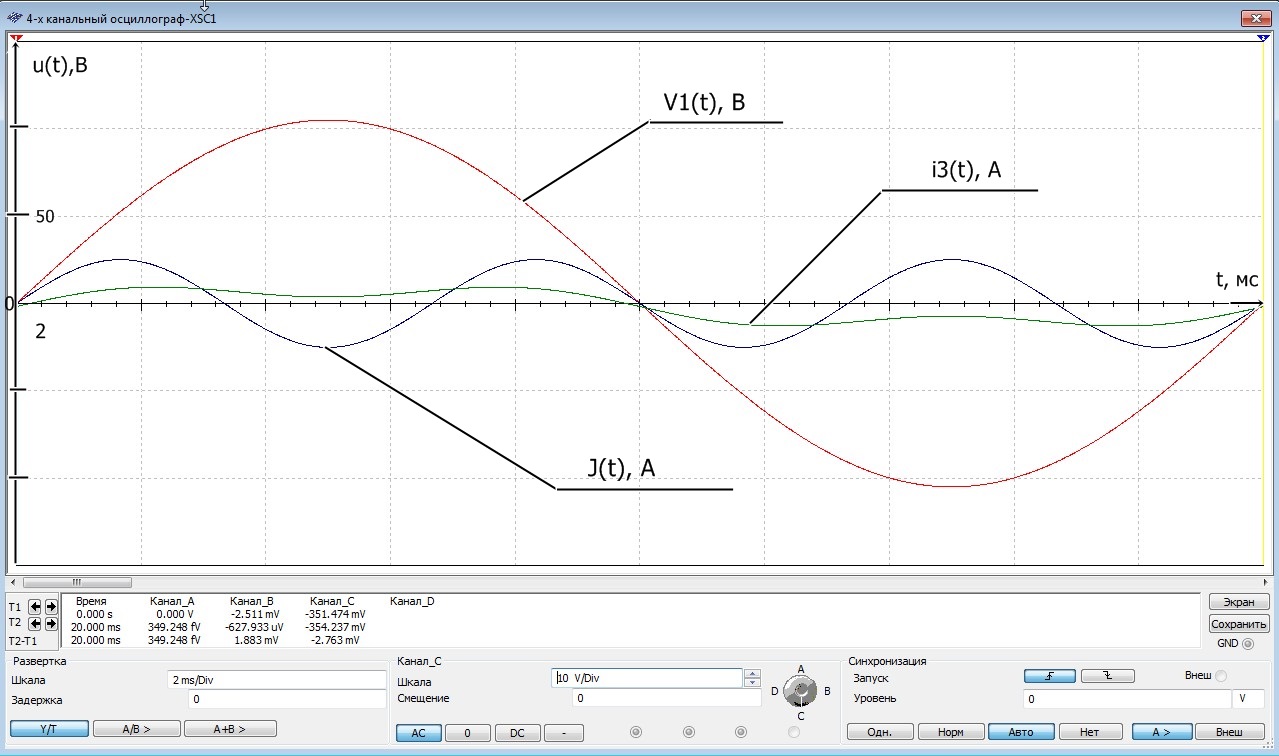
**Значения сигналов и реакций цепи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Сигналы | | | | Реакции | | | | | |
| *V1m* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| В | Гц | А | Гц | А | А | А | В | Гц | Вт |
| Составляющая V1 | 105 | 50 | 0 | 0 | 4,455 | 2,970 | 1,485 | 29,698 | 50 | 44,101 |
| Составляющая J | 0 | 0 | 5,025 | 150 | 1,421 | 1,421 | 0,711 | 14,213 | 150 | 10,100 |
| Суперпозиция | 105 | 50 | 5,025 | 150 | 5,876 | 4,391 | 2,196 | 43,921 |  | 54,201 |
| Результат | 105 | 50 | 5,025 | 150 | 4,675 | 3,292 | 1,646 | 32,916 | 50 | 54,374 |

Таблица 3

**Временные зависимости тока** i3(t)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* , c  , А | 0 | 0,002261 | 0,005004 | 0,009783 | 0,012253 |
| Составляющая V1 | 0,761\*10^-15 | 1,370 | 2,100 | 0,143 | -1,366 |
| Составляющая J | -0,007 | 0,855 | -1,005 | 0,210 | -0,859 |
| Суперпозиция | -0,007 | 2,225 | 1,095 | 0,353 | -2,225 |
| Результат | -0,351 | 1,869 | 0,744 | -0,008 | -2,575 |



**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 | 105 | 50 | 0 | 0 | 4,455 | 2,970 | 1,485 | 29,698 | 50 | 44,101 |
| Составляющая J | 0 | 0 | 5,025 | 50 | 1,421 | 1,421 | 0,710 | 14,208 | 50 | 10,100 |
| Суперпозиция | 105 | 50 | 5,025 | 50 | 5,876 | 4,391 | 2,195 | 43,916 |  | 54,201 |
| Результат | 105 | 50 | 5,025 | 50 | 3,033 | 4,390 | 2,195 | 43,893 | 50 | 96,411 |

Таблица 5

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* , c  , А | 0 | 0,002261 | 0,005004 | 0,009783 | 0,012253 |
| Составляющая V1 | 0,761\*10^-15 | 1,370 | 2,100 | 0,143 | -1,366 |
| Составляющая J | -0,002 | 0,654 | 1,005 | 0,071 | -0,652 |
| Суперпозиция | -0,002 | 2,024 | 3,105 | 0,214 | -2,018 |
| Результат | 1\*10^-15 | 2,025 | 3,105 | 0,211 | -2,019 |

**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.