



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Электротехника и электроника»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине

«Электротехника

и

электроника»

Автор

Воржев В.Б.

Ростов-на-Дону, 2016



Аннотация

Предназначены для студентов направлений:
20.05.01 «Пожарная безопасность», 29.03.04
«Технология художественной обработки материалов»,
10.03.01 «Информационная безопасность».

Авторы

к.ф.-м.н., доцент Воржев В.Б.



Оглавление

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ

Лабораторно-практическая работа № 15

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	5
II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	5
III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.....	5
IV. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ	5
V. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ	7
VI СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	8
VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	8
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ

Лабораторно-практическая работа № 29

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	9
II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	9
III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.....	9
IV. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ	9
V. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ	10
VI СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	12
VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	12
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	12

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ С СОЕДИНЕНИЕМ

НАГРУЗКИ «ЗВЕЗДА» Лабораторно-практическая работа № 313

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	13
II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	13
III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.....	13
IV. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ	13
V. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ	14

VI СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	16
VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	16
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА НАГРУЗКИ МЕТОДОМ КОНДЕНСАТОРА	
Лабораторно-практическая работа № 4	17
I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	17
II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	17
III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.....	17
IV. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ	17
V. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ	18
VI КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	20
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	20

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Исследовать свойства полной цепи переменного тока с последовательным соединением элементов с помощью программного пакета Electronics Workbench.

1.2. Получить навыки построения амплитудно-частотных характеристик.

1.3. Получить навыки исследования виртуальных электрических схем.

II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. Собрать цепь переменного тока, согласно рис. 2.

2.2. Изменяя частоту источника, заполнить таблицу 1.

2.3. По результатам таблицы 1 построить амплитудно-частотные характеристики для напряжений на всех элементах и тока в цепи.

2.4. Сделать выводы.

III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

3.1. Изучить теоретический материал по теме «Цепи переменного тока».

3.2. Изучить данное методическое руководство.

3.3. Подготовить бланк отчета.

IV. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Цепь переменного тока с последовательным соединением элементов может быть описана с помощью комплекса полного сопротивления:

$$\underline{Z} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (1).$$

В этом случае напряжение источника \dot{U} будет, согласно 2-му закону Кирхгофа, складываться из трех векторов

Электротехника и электроника

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C,$$

причем вектора \dot{U}_L и \dot{U}_C будут, согласно (1), зависеть от частоты источника напряжения.

С увеличением частоты источника индуктивное сопротивление будет расти, а емкостное – убывать, поэтому на некоторой частоте $f = f_{рез}$ величины этих сопротивлений сравняются и цепь войдет в состояние резонанса, в котором напряжение и ток в цепи будут иметь одну фазу.

При частотах, меньших резонансной ($f < f_{рез}$), будет справедливо неравенство

$$\omega L < \frac{1}{\omega C}$$

и цепь будет иметь активно-емкостный характер.

При частотах, больших резонансной ($f > f_{рез}$), будет справедливо неравенство

$$\omega L > \frac{1}{\omega C}$$

и цепь будет иметь активно-индуктивный характер.

Динамика изменения напряжений на всех элементах может быть представлена амплитудно-частотными характеристиками этой цепи (см. рис. 1).

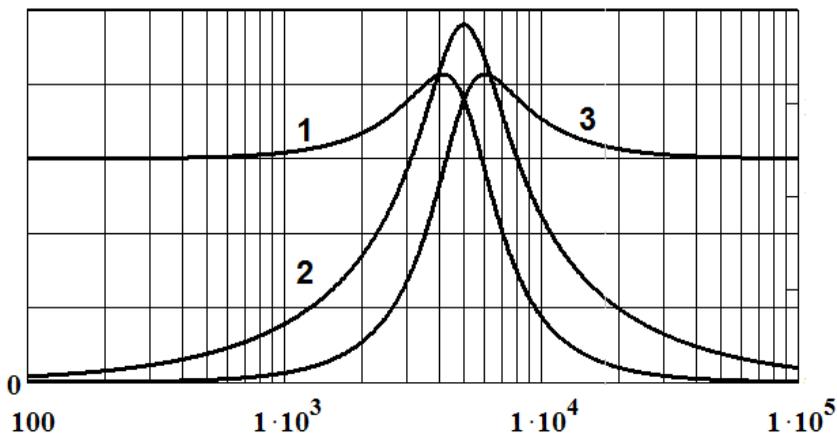


Рис. 1 Амплитудно-частотные характеристики участков цепи: 1 - напряжения на индуктивности; 2 – силы тока; 3 – напряжения на конденсаторе.

V. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. С помощью пакета Electronics Workbench собрать виртуальную схему исследуемой цепи с заданными номиналами элементов и источника (рис. 2.).

5.2. Изменяя частоту напряжения источника согласно таблице 1, получить значения напряжений U_L , U_C , U_R и тока I для каждого значения частоты.

5.3. По полученным данным построить амплитудно-частотные характеристики $U_L(f)$, $U_C(f)$, $U_R(f)$, $I(f)$ в логарифмическом масштабе.

5.4. Сделать выводы о свойствах исследованной цепи.

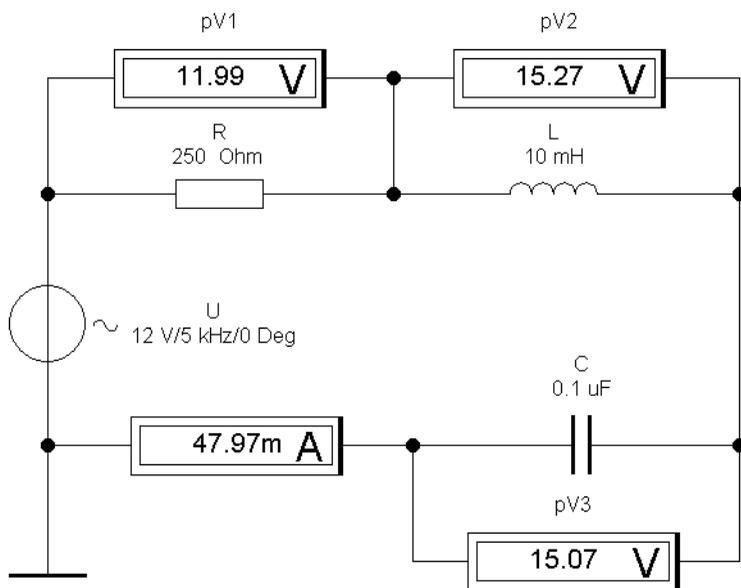


Рис. 2 Виртуальная схема исследуемой цепи

f , кГц	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1	2	3	5
U_L , В									
U_C , В									
U_R , В									
I , мА									
f , кГц	7	10	20	30	50	70	100		
U_L , В									
U_C , В									
U_R , В									
I , мА									

Примечание. Таблица соответствия линейного и логарифмического масштабов для одной декады

Линейный	1	2	3	5	7	10
Логарифмический	0	3	4,8	7	8,5	10

VI СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 6.1. Цель работы.
- 6.2. Исследуемая электрическая схема.
- 6.3. Амплитудно-частотные характеристики $U_L(f)$, $U_C(f)$, $U_R(f)$, $I(f)$ в логарифмическом масштабе.
- 6.4. Выводы по работе.

VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1. Что такое активное и реактивное сопротивление?
- 7.2. Как определяется характер нагрузки на переменном токе?
- 7.3. Что такое резонанс напряжений?
- 7.4. Как объяснить поведение построенных в работе АЧХ?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаврентьев А.А. и др. Электротехника, электроника, электропривод // Учебное пособие в 2-х частях. Издательский центр ДГТУ, 2013 г.
2. Лаврентьев А.А., Винокуров М.Р. Сборник примеров и задач по дисциплинам «Электротехника» и «Теоретические основы электротехники» // Учебное пособие. Издательский центр ДГТУ, 2013 г

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Исследовать свойства полной цепи переменного тока с параллельным соединением элементов с помощью программного пакета Electronics Workbench.

1.2. Получить навыки построения амплитудно-частотных характеристик.

1.3. Получить навыки исследования виртуальных электрических схем.

II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. Собрать цепь переменного тока, согласно рис. 2.

2.2. Изменяя частоту источника, заполнить таблицу 1.

2.3. По результатам таблицы 1 построить амплитудно-частотные характеристики для напряжений на всех элементах и тока в цепи.

2.4. Сделать выводы.

III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

3.1. Изучить теоретический материал по теме «Цепи переменного тока».

3.2. Изучить данное методическое руководство.

3.3. Подготовить бланк отчета.

IV. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Цепь переменного тока с параллельным соединением элементов может быть описана с помощью комплекса полной проводимости:

$$\underline{Y} = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) \quad (1).$$

В этом случае полный ток в цепи \underline{I} будет, согласно 1-му закону Кирхгофа, складываться из трех векторов

$$\underline{I} = \underline{I}_R + \underline{I}_L + \underline{I}_C,$$

причем векторы \underline{I}_L и \underline{I}_C будут, согласно (1), зависеть от

частоты источника напряжения.

С увеличением частоты источника емкостная проводимость будет расти, а индуктивная – убывать, поэтому на некоторой частоте $f = f_{рез}$ величины этих проводимостей сравняются и цепь войдет в состояние резонанса, в котором напряжение и ток в цепи будут иметь одну фазу.

При частотах, меньших резонансной ($f < f_{рез}$), будет справедливо неравенство

$$\omega C < \frac{1}{\omega L}$$

и цепь будет иметь активно-индуктивный характер, поскольку индуктивная ветвь будет шунтировать емкостную.

При частотах, больших резонансной ($f > f_{рез}$), будет справедливо неравенство

$$\omega C > \frac{1}{\omega L}$$

и цепь будет иметь активно-емкостный характер, поскольку емкостная цепь будет шунтировать индуктивную.

Динамика изменения напряжений на всех элементах может быть представлена амплитудно-частотными характеристиками этой цепи (см. рис. 1).

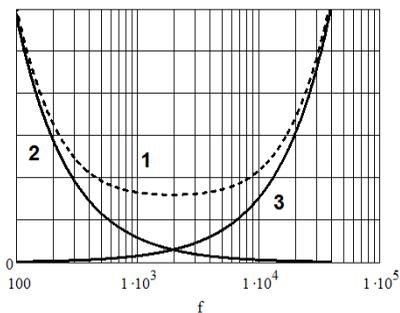


Рис. 1 Амплитудно-частотные характеристики ветвей: 1 - полного тока; 2 – тока в индуктивной ветви; 3 – тока в емкостной ветви.

V. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. С помощью пакета Electronics Workbench собрать виртуальную схему исследуемой цепи с заданными номиналами элементов и источника (рис. 2.).

5.2. Изменяя частоту напряжения источника согласно таблице 1, получить значения токов I_L , I_C и полного тока I для каждого значения частоты.

5.3. По полученным данным построить амплитудно-частотные характеристики $I_L(f)$, $I_C(f)$, $I(f)$ в логарифмическом масштабе.

5.4. Сделать выводы о свойствах исследуемой цепи.

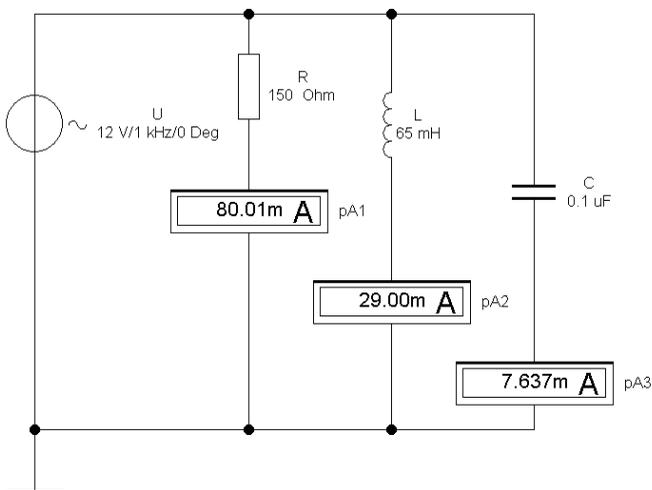


Рис. 2 Виртуальная схема исследуемой цепи

f , кГц	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1	2	3	5
I_L , мА									
I_C , мА									
I , мА									
f , кГц	7	10	20	30	50				
I_L , мА									
I_C , мА									
I , мА									

Примечание. Таблица соответствия линейного и логарифмического масштабов для одной декады

Линейный	1	2	3	5	7	10
Логарифмический	0	3	4,8	7	8,5	10

VI СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 6.1. Цель работы.
- 6.2. Исследуемая электрическая схема.
- 6.3. Амплитудно-частотные характеристики $I_L(f)$, $I_C(f)$, $I(f)$ в логарифмическом масштабе.
- 6.4. Выводы по работе.

VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1. Что такое активное и реактивное сопротивление?
- 7.2. Как определяется характер нагрузки на переменном токе?
- 7.3. Что такое резонанс токов?
- 7.4. Как объяснить поведение построенных в работе АЧХ?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаврентьев А.А. и др. Электротехника, электроника, электропривод // Учебное пособие в 2-х частях. Издательский центр ДГТУ, 2013 г.
2. Лаврентьев А.А., Винокуров М.Р. Сборник примеров и задач по дисциплинам «Электротехника» и «Теоретические основы электротехники» // Учебное пособие. Издательский центр ДГТУ, 2013 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ С СОЕДИНЕНИЕМ НАГРУЗКИ «ЗВЕЗДА» ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Исследовать свойства трехфазной цепи с соединением нагрузки «звезда» с помощью программного пакета Electronics Workbench.

1.2. Получить навыки расчетов символическим методом, а также построения векторных диаграмм

1.3. Получить навыки исследования виртуальных электрических схем.

II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. Собрать цепи, согласно рис. 1, 2, 3.

2.2. Измерив токи, заполнить таблицу 1.

2.3. По результатам таблицы 1 построить векторные диаграммы токов и напряжений для всех схем.

2.4. Сделать выводы.

III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

3.1. Изучить теоретический материал по теме «Трехфазные цепи».

3.2. Изучить данное методическое руководство.

3.3. Подготовить бланк отчета.

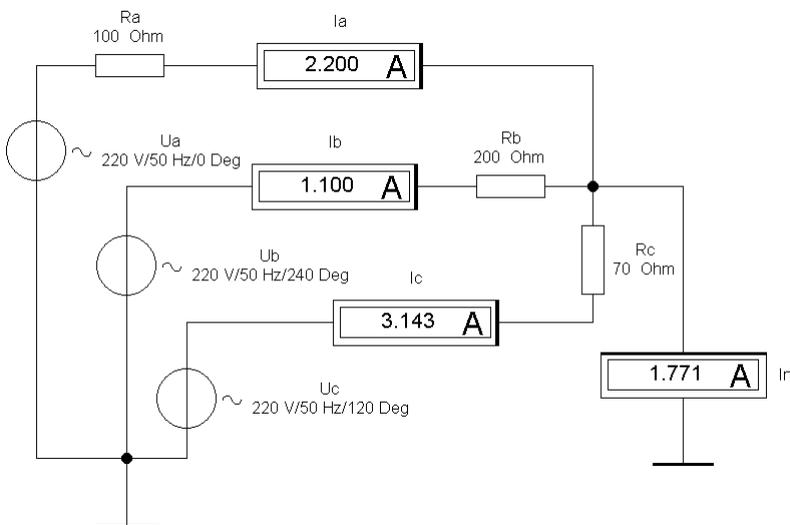
IV. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Состояние трехфазной цепи при соединении нагрузки «звезда» зависит от того, является ее нагрузка симметричной, или нет.

Если нагрузка симметрична ($Z_A = Z_B = Z_C$), то симметричными являются и фазные токи в этой цепи, определяемые по закону Ома:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A}; \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B}; \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C}.$$

По этой причине, ток нейтрали в такой цепи равен нулю, а



значит, нейтральный провод не влияет на состояние такой цепи и может отсутствовать.

Если же нагрузка несимметрична, то несимметричной является и система фазных токов в цепи. Поэтому ток нейтрали, определяемый по 1-му закону Кирхгофа, уже не будет равен нулю

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \neq 0.$$

По этой причине, несимметричный характер нагрузки определяет необходимость использования нейтрального провода, поскольку в случае его обрыва нарушается симметрия фазных напряжений.

V. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. С помощью пакета Electronics Workbench собрать виртуальные схемы исследуемых цепей с заданными номиналами элементов и источника (рис. 1, 2, 3).

5.2. Измерить значения токов и напряжений, согласно таблице 1.

5.3. По полученным данным построить векторные диаграммы для всех цепей.

5.4. Сделать выводы.

Рис. 1 Несимметричная «звезда» с активной нагрузкой

Электротехника и электроника

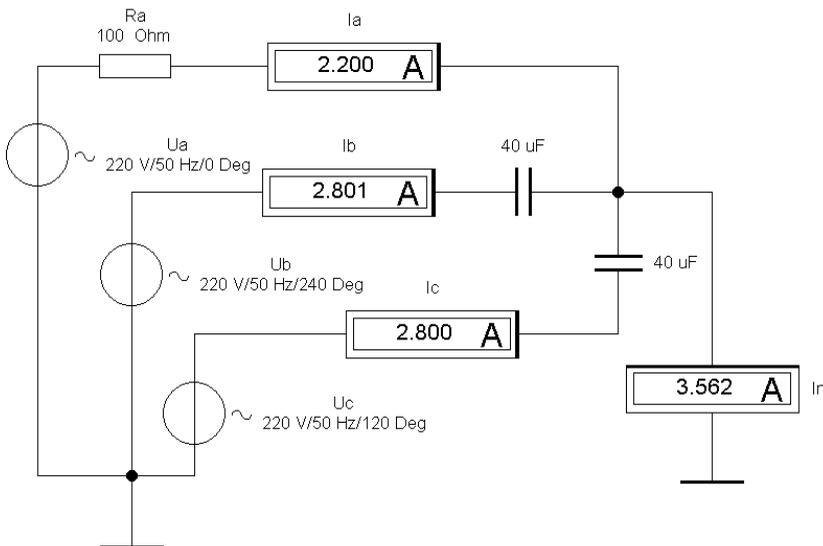


Рис. 2 Несимметричная «звезда» со смешанной нагрузкой

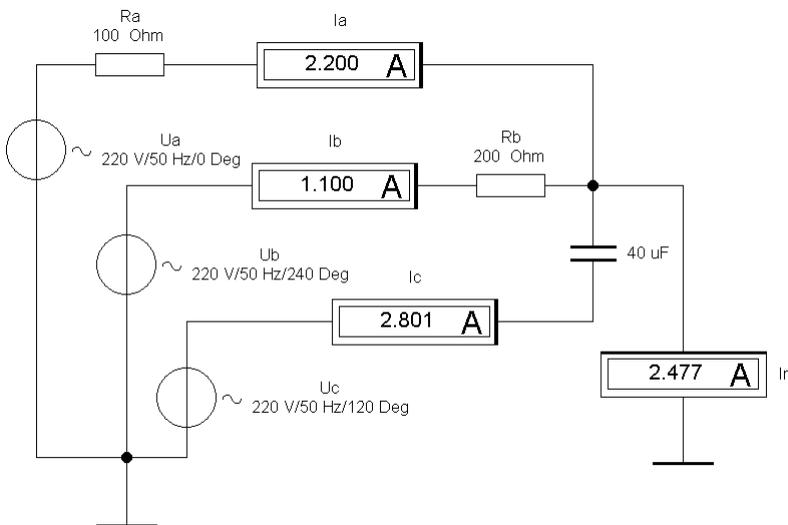


Рис. 3 Несимметричная «звезда» со смешанной нагрузкой

Электротехника и электроника

№ схемы	I_A, A	I_B, A	I_C, A	I_N, A
1				
2				
3				

VI СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 6.1. Цель работы.
- 6.2. Исследуемые электрические цепи.
- 6.3. Векторные диаграммы.
- 6.4. Выводы по работе.

VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1. Что такое трехфазная цепь?
- 7.2. Каковы особенности работы трехфазной цепи, в зависимости от наличия симметрии ее нагрузки?
- 7.3. Что происходит при обрыве нейтрали?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаврентьев А.А. и др. Электротехника, электроника, электропривод // Учебное пособие в 2-х частях. Издательский центр ДГТУ, 2013 г.
2. Лаврентьев А.А., Винокуров М.Р. Сборник примеров и задач по дисциплинам «Электротехника» и «Теоретические основы электротехники» // Учебное пособие. Издательский центр ДГТУ, 2013 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА НАГРУЗКИ МЕТОДОМ КОНДЕНСАТОРА

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Исследовать методику определения угла нагрузки с помощью программного пакета Electronics Workbench.

1.2. Получить навыки расчетов символическим методом, а также построения векторных диаграмм

1.3. Получить навыки исследования виртуальных электрических схем.

II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. Собрать цепи, согласно рис. 1, 2.

2.2. Измерив токи, заполнить таблицу 1.

2.3. По результатам таблицы 1 определить углы нагрузки для обеих схем и построить векторные диаграммы токов и напряжений для случая минимального угла нагрузки всей цепи.

2.4. Сделать выводы.

III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

3.1. Изучить теоретический материал по теме «Мощность в цепи переменного тока».

3.2. Изучить данное методическое руководство.

3.3. Подготовить бланк отчета.

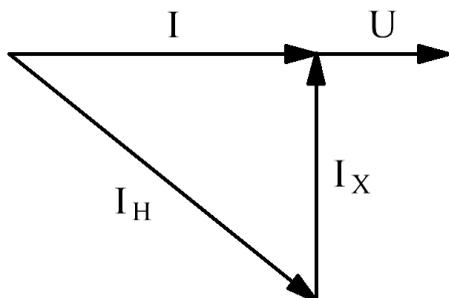
IV. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Если силовая нагрузка имеет активно-индуктивный характер, то экспериментальное определение угла нагрузки возможно так называемым методом конденсатора. Данный метод состоит в том, что параллельно нагрузке подключается емкостное сопротивление и изменением емкостного сопротивления отыскивают такое его значение, при котором полный ток цепи принимает минимально возможное значение, то есть в цепи присутствует состояние резонанса.

Это состояние резонанса может быть наглядно представлено векторной диаграммой, изображенной на рис. 1, на которой

показаны вектор напряжения сети U и ток нагрузки I_H , отстающий от напряжения на некоторый (неизвестный) угол φ . Вектор I_X это вектор тока, протекающего через конденсатор, подключенный параллельно нагрузке.

Рис. 1 Векторная диаграмма, соответствующая состоянию



резонанса

Видно, что если такое состояние цепи было зарегистрировано измерительными приборами, то искомая величина угла нагрузки может быть определена следующим образом:

$$\varphi = \arctg \left(\frac{I_X}{I} \right).$$

V. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. С помощью пакета Electronics Workbench собрать виртуальные схемы исследуемых цепей с заданными номиналами элементов и источника (рис. 1, 2).

5.2. Изменяя значение емкости конденсатора, измерить значения токов, согласно таблице 1.

5.3. По полученным данным рассчитать углы нагрузки для обеих схем и построить векторные диаграммы для ситуаций резонанса.

5.4. Сделать выводы.

Электротехника и электроника

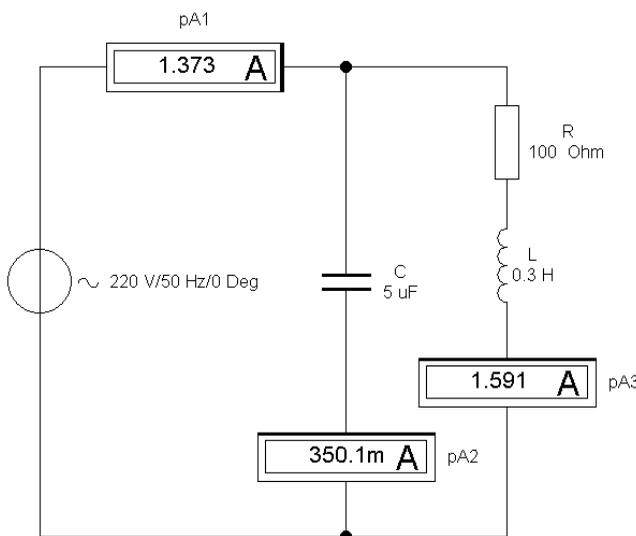


Рис. 1 Схема №1 для определения угла нагрузки

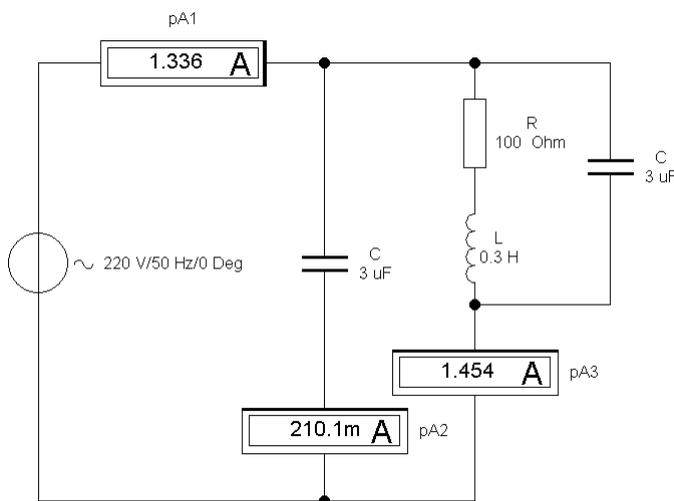


Рис. 2 Схема №2 для определения угла нагрузки

Таблица 1									
Схема №1									
C, мкФ	0,5	1	3	5	7	9	11	13	15
I, А									
I _x , А									
I _н , А									
C, мкФ	17	19	21	23	25	27	29	31	33
I, А									
I _x , А									
I _н , А									
Схема №2									
C, мкФ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I, А									
I _x , А									
I _н , А									
C, мкФ	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I, А									
I _x , А									
I _н , А									

VI КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 6.1. Что такое угол нагрузки?
- 6.2. Как влияет величина угла нагрузки на эффективность использования энергии?
- 6.3. Что такое треугольник мощностей?
- 6.4. Можно ли определить угол нагрузки включая конденсатор последовательно к нагрузке?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаврентьев А.А. и др. Электротехника, электроника, электропривод // Учебное пособие в 2-х частях. Издательский центр ДГТУ, 2013 г.
2. Лаврентьев А.А., Винокуров М.Р. Сборник примеров и задач по дисциплинам «Электротехника» и «Теоретические основы электротехники» // Учебное пособие. Издательский центр ДГТУ, 2013 г.