

Министерство образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий



Кафедра электротехники
и электроники

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ МЕТОДОМ
КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов всех специальностей

Санкт-Петербург 2001

УДК 621.3

Русанов А.В. Исследование трехфазной электрической цепи методом компьютерного моделирования: Метод. указания к лабораторной работе для студентов всех спец. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. – 13 с.

Настоящие методические указания составлены для лабораторной работы, выполнение которой предусмотрено программой учебного курса “Электротехника и электроника”. Рассматриваемый учебный материал относится к разделу «Электрические цепи».

Выполнение работы предполагает использование IBM-совместимого персонального компьютера.

Рецензент

Канд. техн. наук, доц. А.В. Зайцев

Одобрены к изданию советом факультета техники пищевых производств

венный

© Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий, 2001

Цель работы

1. Исследовать компьютерную модель трехфазной электрической цепи, соединенной ЗВЕЗДОЙ с нейтральным проводом.
2. Ознакомиться с режимами работы трехфазной электрической цепи, соединенной ЗВЕЗДОЙ при симметричной и несимметричной нагрузках фаз, и по опытным данным построить векторные диаграммы.
3. Экспериментально на компьютерной модели трехфазной электрической цепи найти соотношение между действующими значениями фазных и линейных напряжений и токов при симметричной нагрузке.
4. Экспериментально подтвердить теоретические знания, полученные на лекциях и самостоятельных занятиях по трехфазным электрическим цепям при соединении ЗВЕЗДОЙ.

Условия проведения лабораторной работы

Работа выполняется на IBM - компьютере, с помощью которого моделируется трехфазная электрическая цепь (рис. 1), состоящая из трехфазного генератора переменного тока и подключенных к нему по четырехпроводной схеме приемников, соединенных ЗВЕЗДОЙ. Моделирование режимов работы приемников, характера нагрузки, выбор индикации результатов измерений осуществляется студентом при помощи клавиатуры компьютера и мыши.

Программа работы

1. Исследовать трехфазную электрическую цепь переменного тока при соединении приемников ЗВЕЗДОЙ с нейтральным проводом при различных режимах и характерах нагрузки фаз.
2. Построить векторные диаграммы для каждого режима работы системы.
3. Найти соотношение между фазными и линейными напряжениями и токами при симметричной нагрузке.
4. Сделать выводы по работе; сопоставить полученные результаты с известными данными из теоретического курса.

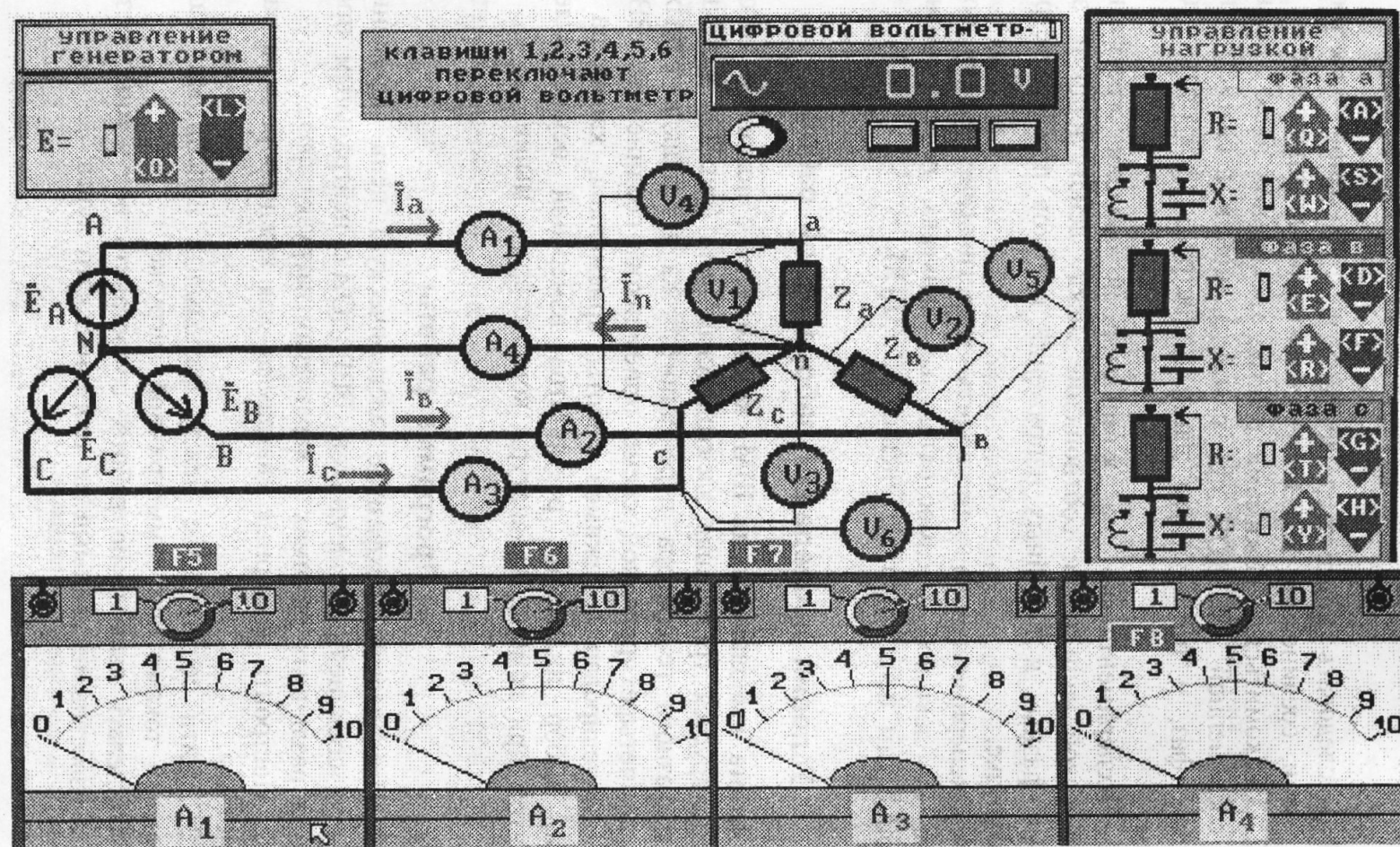


Рис.1 Трехфазная электрическая цепь

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с электрической схемой трехфазной цепи по рис. 1, соответствующему компьютерному изображению элементов экспериментальной установки для проведения лабораторной работы.

2. С разрешения преподавателя приступить к работе на компьютере. (Включение компьютера и выход на компьютерную программу выполнения лабораторной работы осуществляется предварительно лаборантом). Ознакомиться с органами управления (клавиатура и мышь) и «активными» позициями (окнами) изображенной на дисплее схемы трехфазной цепи переменного тока.

Величина ЭДС генератора (220 В) устанавливается в позиции «Управление генератором» с помощью клавиатуры (клавиши O и L) или мыши. Указателем мыши активизируется одно из двух окон – «O» или «L», и правой кнопкой мыши устанавливается заданная ЭДС генератора.

Изменение режима и характера нагрузки производится в позиции «Управление нагрузкой», аналогично позиции «Управление генератором». Здесь для каждой фазы приемника имеются свои активные окна, с помощью которых можно как качественно (активная, реактивная или смешанная нагрузка), так и количественно (установка величины сопротивления) изменять состояние нагрузки в каждой из фаз a , b и c .

Линейные и фазные напряжения определяются из позиции «Цифровой вольтметр». Клавиши 1, 2, 3, 4, 5, 6 клавиатуры компьютера подключают вольтметр соответственно к одной из указанных на схеме позиций активных окон $V_1 \div V_6$; $V_1 \div V_3$ фиксируют фазные напряжения соответственно на нагрузках U_a , U_b , U_c ; $V_4 \div V_6$ – линейные напряжения соответственно на нагрузках U_{CA} , U_{AB} , U_{BC} .

Активные окна $V_1 \div V_6$ также могут активизироваться указателем мыши с соответствующей индикацией измеряемого напряжения в позиции «Цифровой вольтметр» нажатием правой кнопки мыши.

Действующие значения линейных токов I_a , I_b , I_c , равные фазным токам, а также ток в нейтральном проводе I_n определяются соответственно по амперметрам A_1 , A_2 , A_3 и A_4 .

3. Последовательно установить десять различных режимов работы приемников, соединенных ЗВЕЗДОЙ, изменяя сопротивления в фазах нагрузки в соответствии с изложенным ниже. При этом следует

измерять соответствующие линейные, фазные напряжения и токи в фазах и в нейтральном проводе. Результаты измерений занести в табл. 1.

Состояние нагрузки определяется одним из десяти проводимых опытов и задано в табл. 1 графой «Состояние нагрузки». При этом числа, которые необходимо вводить в отображаемую на мониторе компьютерную модель нагрузки трехфазной цепи, являются составляющими комплексного числа, соответствующего сопротивлению нагрузки одной из фаз в определенном опыте

$$Z = R \pm jX,$$

где R – активная составляющая сопротивления; X – реактивная составляющая сопротивления.

Опыты проводятся в следующей последовательности установки режима работы и числовых значений сопротивлений нагрузки трехфазной цепи (в п. 1–10 числовые значения сопротивлений нагрузки в предлагаемом диапазоне выбираются произвольно):

1. Симметричная активная нагрузка фаз

$$R_a = R_b = R_c = 25 \div 100 \text{ Ом}$$

2. Несимметричная активная нагрузка фаз

$$R_a < R_b < R_c$$

$$R_a = 25 \div 40 \text{ Ом}, R_b = 50 \div 75 \text{ Ом}, R_c = 110 \div 150 \text{ Ом}.$$

3. «Обрыв фазы» при активной нагрузке

$$R_a = R_b = 25 \div 100 \text{ Ом}, R_c = 900 \text{ Ом} (R \rightarrow \infty).$$

4. Симметричная активно-индуктивная нагрузка

$$R_a = R_b = R_c = 25 \div 100 \text{ Ом},$$

$$X_{La} = X_{Lb} = X_{Lc} = 5 \div 50 \text{ Ом}.$$

5. Несимметричная активно-индуктивная нагрузка

$$Z_a < Z_b < Z_c$$

$$R_a = 25 \div 35 \text{ Ом}, R_b = 40 \div 50 \text{ Ом}, R_c = 60 \div 100 \text{ Ом},$$

$$X_{La} = 1 \div 24 \text{ Ом}, X_{Lb} = 50 \div 70 \text{ Ом}, X_{Lc} = 100 \div 120 \text{ Ом}.$$

Таблица 1

№ опы- та	Состояние нагрузки	Значения сопротивления нагрузки						Измеренные величины									
		R_a ,	R_b ,	R_c ,	X_a ,	X_b ,	X_c ,	I_a ,	I_b ,	I_c ,	I_n ,	U_a ,	U_b ,	U_c ,	U_{AB} ,	U_{BC} ,	U_{CA} ,
		Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	А	А	А	А	В	В	В	В	В	В
1	Активная симметричная																
2	Активная несимметричная																
3	Активная «обрыв фазы»																
4	Активно-индуктивная симметричная																
5	Активно-индуктивная несимметричная																
6	Активно-индуктивная «обрыв фазы»																
7	Активно-емкостная симметричная																
8	Активно-емкостная несимметричная																
9	Активно-емкостная «обрыв фазы»																
10	Смешанная																

6. «Обрыв фазы» при активно-индуктивной нагрузке

$$R_a = R_b = 25 \div 100 \text{ Ом}, \quad R_c = 900 \text{ Ом} (R \rightarrow \infty), \\ X_{La} = X_{Lb} = 1 \div 24 \text{ Ом}, \quad X_{Lc} = 0 \text{ (соответствует обрыву фазы)}.$$

7. Симметричная активно-емкостная нагрузка

$$R_a = R_b = R_c = 25 \div 100 \text{ Ом}, \\ X_{Ca} = X_{Cb} = X_{Cc} = (-1) \div (-23) \text{ Ом}.$$

8. Несимметричная активно-емкостная нагрузка

$$Z_a < Z_b < Z_c \\ R_a = 25 \div 35 \text{ Ом}, \quad R_b = 40 \div 50 \text{ Ом}, \quad R_c = 60 \div 100 \text{ Ом}, \\ X_{Ca} = (-1) \div (-23) \text{ Ом}, \quad X_{Cb} = (-50) \div (-70) \text{ Ом}, \quad X_{Cc} = (-98) \div (-99) \text{ Ом}.$$

9. «Обрыв фазы» при активно-емкостной нагрузке

$$R_a = R_b = 25 \div 100 \text{ Ом}, \quad R_c = 900 \text{ Ом} (R \rightarrow \infty), \\ X_{Ca} = X_{Cb} = (-1) \div (-23) \text{ Ом}, \quad X_{Cc} = 0 \text{ (соответствует обрыву фазы)}.$$

10. Смешанная активно-индуктивно-емкостная нагрузка

$$R_a = R_b = R_c = 25 \div 100 \text{ Ом}, \quad X_{La} = X_{Ca} = 0, \\ X_{Lb} = 1 \div 23 \text{ Ом}, \quad X_{Cc} = (-1) \div (-23 \text{ Ом})$$

4. Предъявить данные опытов для проверки преподавателю и с его разрешения закончить работу.

Рабочее место привести в исходное состояние и предъявить лаборанту.

5. Рассчитать и занести в табл. 2 следующие величины:

– полное сопротивление каждой фазы

$$Z_\phi = U_\phi / I_\phi;$$

– коэффициент мощности

$$\cos \varphi_\phi = R_\phi / Z_\phi;$$

– угол φ_ϕ ;

– активную мощность цепи

$$P = P_a + P_b + P_c;$$

– реактивную мощность цепи

$$Q = Q_a + Q_{\phi} + Q_c;$$

– полную мощность цепи

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

Мощности фаз рассчитываются по формулам:

– активная мощность фазы

$$P_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi};$$

– реактивная мощность фазы

$$Q_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \sin \varphi_{\phi}.$$

Если нагрузка в фазах симметричная, то мощности каждой фазы одинаковые и мощность всей цепи определяется следующим образом:

$$P = 3P_{\phi} = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi};$$

$$Q = 3Q_{\phi} = 3U_{\phi} I_{\phi} \sin \varphi_{\phi};$$

$$S = 3S_{\phi} = 3U_{\phi} I_{\phi}.$$

При расчете симметричной нагрузки для каждого опыта берутся усредненные значения напряжения, тока и $\cos \varphi$ для трех фаз.

Соотношение между линейными и фазными напряжениями определяется только при симметричной нагрузке фаз.

Таблица 2

№ опы- та	Вычисленные величины												
	$U_{\text{л}}/U_{\phi}$	$Z_a,$ Ом	$Z_{\phi},$ Ом	$Z_c,$ Ом	$\cos \varphi_a$	$\varphi_a,$ град	$\cos \varphi_{\phi}$	$\varphi_{\phi},$ град	$\cos \varphi_c$	$\varphi_c,$ град	$P,$ Вт	$Q,$ вар	$S,$ В·А
1													
2	–												
3	–												
4													
5	–												
6	–												
7													
8	–												
9	–												
10	–												

6. Построить векторные диаграммы напряжений и токов для всех исследованных режимов работы.

Содержание отчета

1. Электрическая схема трехфазной цепи переменного тока.
2. Программа работы.
3. Таблицы с измеренными и вычисленными величинами.
4. Используемые формулы.
5. Векторные диаграммы напряжений и токов.
6. Краткие выводы. Сопоставление опытных и расчетных данных с известными положениями из теории.

Контрольные вопросы при допуске к лабораторной работе

1. Цель работы.
2. Какое соединение трехфазной цепи называется соединением ЗВЕЗДОЙ с нейтральным проводом?
3. Как называются провода, отходящие от трехфазного генератора?
4. Какая нагрузка фаз называется симметричной?
5. В каком соотношении находятся действующие значения фазных и линейных напряжений при симметричной нагрузке фаз.
6. Для какой нагрузки целесообразно включение нейтрального провода?
7. В каком соотношении находятся линейные и фазные токи при соединении ЗВЕЗДОЙ с нейтральным проводом?
8. Как находится активная мощность каждой фазы и всей трехфазной цепи?

При защите лабораторной работы студент должен знать ответы на вопросы для допуска к лабораторной работе, а также ответы на следующие вопросы:

1. Что произойдет, если нагрузка фаз будет несимметричной, а нейтральный провод не подключен?
2. Как сказывается обрыв нейтрального провода на работе трехфазной установки при различных режимах?
3. К чему приводит обрыв линейного провода в трехфазной электрической цепи?
4. Чему равен ток в нейтральном проводе?

5. Как построить векторные диаграммы токов и напряжений соединения ЗВЕЗДОЙ с нейтральным проводом для всех указанных режимов?

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы	3
Условия проведения лабораторной работы	5
Программа работы	5
Порядок выполнения работы	3
Содержание отчета.....	8
Контрольные вопросы при допуске к лабораторной работе.....	8

Русанов Александр Викторович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ МЕТОДОМ
КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов всех специальностей

Редактор Е.С. Лаврентьева
Корректор Н.И. Михайлова

ЛР № 020414 от 12.02.97

Подписано в печать 27.11.2001. Формат 60×84 1/16. Бум. писчая

Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,93. Печ. л. 1,0. Уч.-изд. Л. 0,75

Тираж 500 экз. Заказ № С 56

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИПЦ СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9