

Соболев Владимир Афанасьевич

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ТОКОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ В СРЕДЕ MULTISIM 10.1.

Настоящая статья посвящена применению компьютерной программы Multisim 10.1 для проведения практического занятия при изучении темы "Периодические несинусоидальные токи в линейных цепях" курса "Электротехника и электроника". Приводятся примеры конкретных заданий, которые можно успешно использовать в учебном процессе при изучении данной темы с применением компьютера. Даются рекомендации по работе с этой программой.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2015/5/40.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2015. № 5 (95). С. 144-149. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2015/5/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

PREPARATION OF THE PUPIL FOR SCHOOL SCIENTIFIC CONFERENCE ON PHYSICS**Sakharov Aleksandr Nikolaevich**, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor**Krasnov Vladimir L'vovich**, Ph. D. in Chemistry, Associate Professor*Dzerzhinsk Polytechnic Institute (Branch) of Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev**alexandr.sakharoff@yandex.ru; kvl052@mail.ru*

The article is devoted to the problems of carrying out research work and preparing high school pupils for the scientific conference on Physics; it contains recommendations for the Physics teacher concerning the selection of topics and control over pupils' work. The authors show the promising areas of research work available for studying by schoolchildren. It is proposed to focus efforts on relatively simple experimental studies and not to begin the development of theoretical and global physical problems. The paper also presents mistakes that often occur in the process of topics choice and reports writing.

Key words and phrases: school science; school scientific Physics society; preparation for school conference; topics of school research papers in Physics; school Physics research; report at school scientific conference.

УДК 378.1:621.3

Педагогические науки

Настоящая статья посвящена применению компьютерной программы Multisim 10.1 для проведения практического занятия при изучении темы «Периодические несинусоидальные токи в линейных цепях» курса «Электротехника и электроника». Приводятся примеры конкретных заданий, которые можно успешно использовать в учебном процессе при изучении данной темы с применением компьютера. Даются рекомендации по работе с этой программой.

Ключевые слова и фразы: компьютерная среда Multisim; несинусоидальная периодическая ЭДС; ряд Фурье; гармоники; действующие значения несинусоидального периодического тока и напряжения; расчетная схема; схема моделирования; активная, реактивная, полная мощности и мощность искажения; спектральный анализ.

Соболев Владимир Афанасьевич, к.т.н.*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана**vasobolev@bmstu.ru***ИЗУЧЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ТОКОВ
В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ В СРЕДЕ MULTISIM 10.1. ©**

Периодическими несинусоидальными токами и напряжениями называются токи и напряжения, изменяющиеся во времени по периодическому несинусоидальному закону. Такие токи могут возникать при различных режимах работы электрических цепей [1], а также существуют области техники (радиотехника, автоматика, цифровые устройства), где периодические несинусоидальные токи и напряжения являются основным рабочим режимом. Методы расчета, применяемые для электрических цепей синусоидального тока, для таких режимов неприемлемы.

В данной статье рассматривается практическое занятие, посвященное изучению особенностей работы линейных электрических цепей при воздействии на них периодической несинусоидальной ЭДС $E(t)$ в компьютерной среде Multisim 10.1. Эта компьютерная программа успешно используется для изучения других разделов курса «Электротехника и электроника» [3; 4]. Как показывает наш опыт, использование данной программы существенно повышает мотивацию студентов к изучению материалов курса, развивает у них научно-исследовательские навыки и дает углубленные знания [2].

Целью практического занятия является экспериментальное исследование процессов, происходящих в линейных цепях при подключении их к периодическому несинусоидальному источнику напряжения в компьютерной среде Multisim 10.1.

После выполнения практического занятия студенты смогут:

- проводить исследования в линейных электрических цепях при воздействии несинусоидальных периодических ЭДС в компьютерной среде Multisim 10.1;
- понимать процессы, происходящие в линейных цепях при воздействии периодических несинусоидальных напряжений и токов;
- понимать основные характеристики такого режима: действующие значения тока и напряжения; активную, реактивную, полную мощности и мощность искажения, коэффициенты несинусоидальности и искажения;

- разбираться в резонансных явлениях в линейных электрических цепях при воздействии периодических несинусоидальных ЭДС.

Практическое занятие состоит из четырех конкретных заданий, которые выполняются студентами в компьютерном классе. Задания носят самостоятельный характер и посвящены определенным аспектам изучаемой темы.

Целью выполнения первого задания являются изучение метода расчета разветвленной линейной электрической цепи (Рис. 1) с периодической несинусоидальной ЭДС и экспериментальное исследование работы такой цепи в среде *Multisim 10.1*.

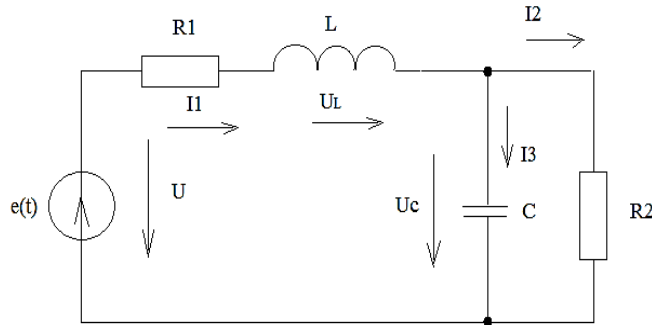


Рис. 1

Для этого студент предварительно проводит расчет действующего значения тока, потребляемой активной, реактивной мощности, мощности искажения и полной мощности в заданной электрической цепи с последующей экспериментальной проверкой полученных результатов в компьютерной среде *Multisim 10.1*. Модель исследуемой цепи показана на Рис. 2: ЭДС задана рядом Фурье $e(t) = 50 + 100\sqrt{2} \sin(314t) + 60\sqrt{2} \sin(942t)$ и $R1=50 \text{ Ом}$, $R2=50 \text{ Ом}$, $L=50 \text{ мГн}$, $C=50 \text{ мкФ}$.

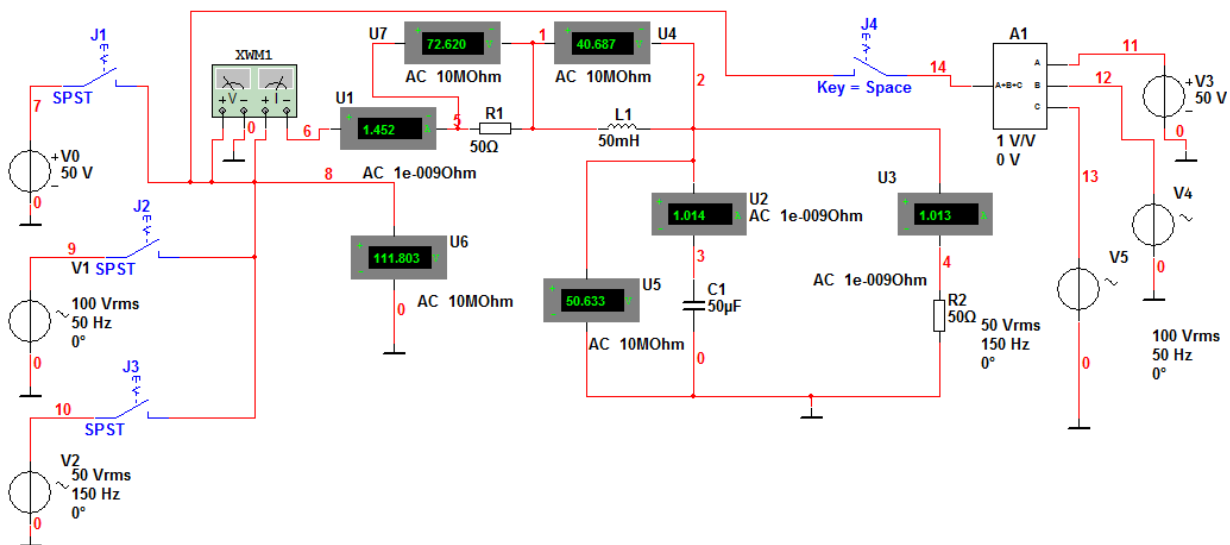


Рис. 2

Проведение измерений действующих значений токов и напряжений для каждой составляющей источника несинусоидальной периодической ЭДС $V0$, $V1$, $V3$ осуществляется путем поочередного подключения их к цепи ключами $J1$, $J2$ и $J3$.

Если перевести ключи $J1$, $J2$ и $J3$ в положение выключено, а ключ $J4$ перевести в положение включено, то можно провести соответствующие измерения действующих значений токов и напряжений в цепи для периодического несинусоидального источника напряжения.

Примечание. Измерительные приборы не предназначены для измерения несинусоидальных периодических величин. Поэтому при моделировании показания приборов точно не устанавливаются, а колеблются около установившегося значения с отклонениями $\pm(5-10)\%$ [3].

Далее студент должен сравнить полученные результаты расчета соответствующих электрических величин с измеренными или вычисленными величинами по результатам измерений, вычислить коэффициент искажения мощности $k_{иск} = Qu / S$ и коэффициент несинусоидальности, эквивалентный синусоидальный источник ЭДС. Далее в новом рабочем окне следует собрать модель этой цепи, заменив несинусоидальную

периодическую ЭДС на эквивалентную синусоидальную ЭДС, провести измерения действующих значений токов в ветвях, активной, реактивной и полной мощности.

По результатам проведенного исследования студент должен сформулировать выводы по проделанной работе.

Цель второго задания – исследование изменения временной формы тока в ветвях линейной электрической цепи, состоящих из резистора, индуктивности и конденсатора при их параллельном присоединении к источнику несинусоидального периодического напряжения.

Задание предлагается для электрической схемы, представленной на Рис. 3, на которую воздействует периодическое несинусоидальное напряжение, заданное рядом Фурье $u(t) = (141,42 \sin 314t + 21,21 \sin 942t - 7,07 \sin 1570t)$.

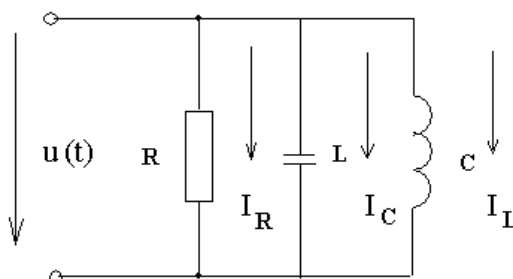


Рис. 3

Необходимо определить процентное содержание высших гармоник относительно основной для напряжения и токов ветвей при $R=10 \text{ Ом}$, $L=12 \text{ мГн}$ и $C=350 \text{ мкФ}$ и по результатам расчета заполнить Таблицу 1.

Таблица 1

Величина	Абсолютные значения величин			Процентное содержание относительно первой	
	1-я гармоника	3-я гармоника	5-я гармоника	3-я гармоника	5-я гармоника
$U_{(k)m}$, В					
$X_{L(k)}$, Ом					
$X_{C(k)}$, Ом					
$I_{R(k)m}$, А					
$I_{L(k)m}$, А					
$I_{C(k)m}$, А					

Для проведения моделирования необходимо собрать в рабочем окне программы схему, представленную на Рис. 4, и запустить процесс моделирования, измерить осциллограммы входного напряжения и осциллограммы токов в ветвях с помощью четырехлучевого осциллографа.

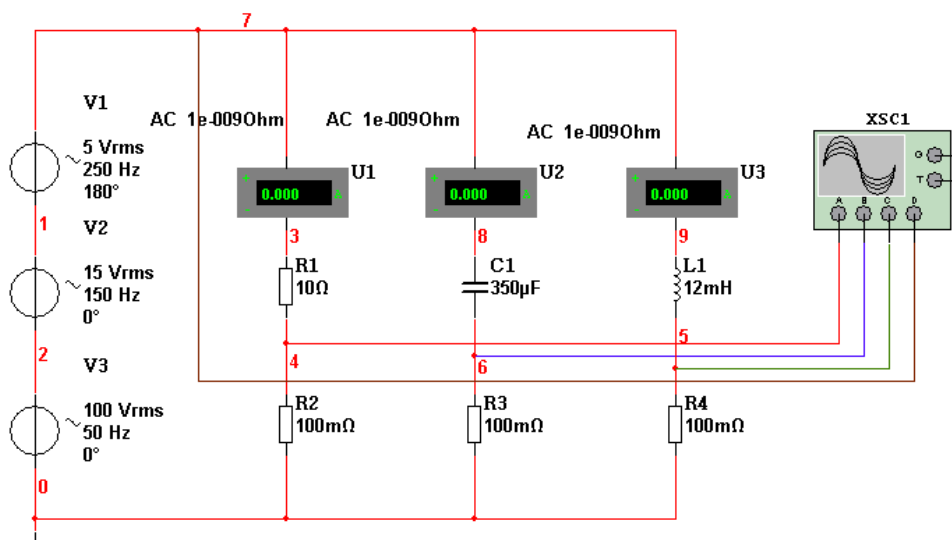


Рис. 4

Панель управления и экран осциллографа появляются после двойного щелчка левой кнопкой мыши по его изображению (Рис. 5). Для того чтобы все осциллограммы были видны на экране осциллографа, для каждого канала нужно устанавливать свой масштаб по напряжению. Переключение каналов осуществляется нажатием кнопок А В С D на лицевой панели осциллографа. При передвижении горизонтальной визирной линии в информационном окне панели осциллографа отображаются абсолютные величины мгновенных значений измеряемых параметров всех четырех каналов. Абсолютная величина мгновенного значения тока определяется делением абсолютной величины мгновенного значения напряжения на 0,1 Ом. Студенты должны зарисовать осциллограммы входного напряжения и осциллограммы токов в каждой ветви и сравнить их временные формы с временной формой входного напряжения (Рис. 5), сделать вывод о влиянии резистора, конденсатора и индуктивности на изменение временной формы протекающих в них токов в сравнении с временной формой входного напряжения.

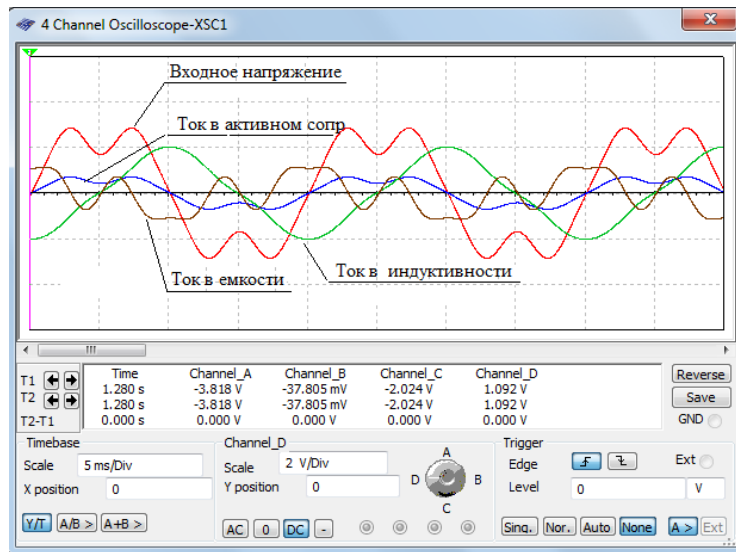


Рис. 5

Цель третьего задания – экспериментальное исследование резонансных явлений в линейных электрических цепях при воздействии периодической несинусоидальной ЭДС. В задании ставится задача, используя явление резонанса тока при синусоидальном напряжении, для электрической схемы, представленной на Рис. 6, с напряжением на входе, заданным рядом Фурье $e(t) = 100 + 80\sin(\omega t) + 60\sin(3\omega t) + 50\sin(5\omega t)$,

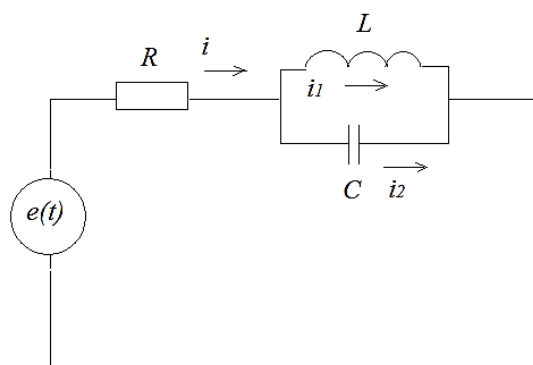


Рис. 6

где $R = 3$ Ом, исключить третью гармонику в протекающем токе в цепи путем использования пассивного фильтра. Далее студент должен рассчитать параметры фильтра $L\phi$ и $C\phi$, собрать исходную схему в рабочем окне программы (Рис. 7), измерить действующие значения входного напряжения, тока с фильтром и без фильтра, напряжения на фильтре, осциллограммы входного напряжения и тока, записать в таблицу рассчитанные и измеренные значения тока и напряжения с фильтром и без фильтра, зарисовать осциллограммы входного напряжения и тока в цепи с фильтром и без фильтра,

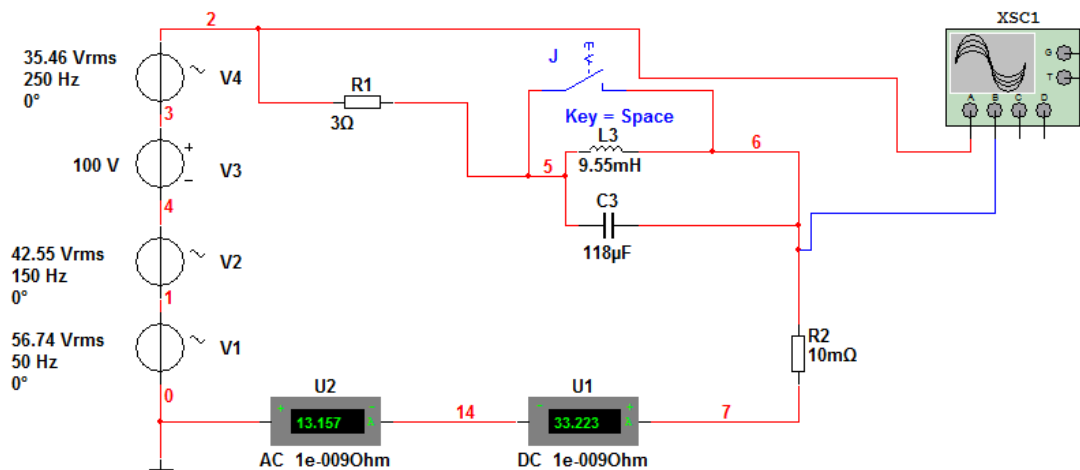


Рис. 7

сделать выводы по проделанной работе.

Четвертое задание относится к категории повышенной трудности и включает элементы исследовательской деятельности у студента.

Студент должен рассчитать амплитудный спектр периодического прямоугольного сигнала, изображенного на Рис. 8. Коэффициент заполнения такого сигнала – 50%. Затем провести экспериментальное исследование спектра такого сигнала в среде *Multisim 10.1* с помощью анализатора спектра *XSA1*, сравнить полученные результаты и сделать выводы по работе.

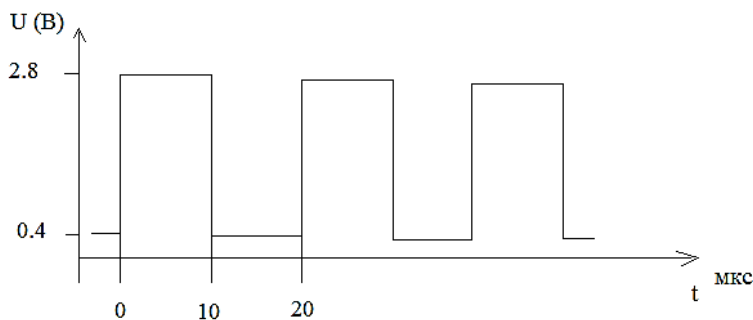


Рис. 8

Выполняя это задание, студент должен продемонстрировать практическое знание тригонометрического представления периодической функции в ряд Фурье, которое, как известно, зависит от значения сигнала в выбранный начальный момент времени $t=0$. В компьютерной среде *Multisim* принята симметричная прямоугольная функция.

Амплитуда и постоянная составляющая исследуемого сигнала определяются из Рис. 9б, частота основной гармоники равна 50 кГц. Перед проведением моделирования студент должен рассчитать индивидуальные спектральные амплитуды сигнала и записать их таблицу. Для проведения моделирования следует собрать схему в рабочем окне программы, показанную на Рис. 9а, и установить режим работы функционального генератора в соответствии с Рис. 9б [4].

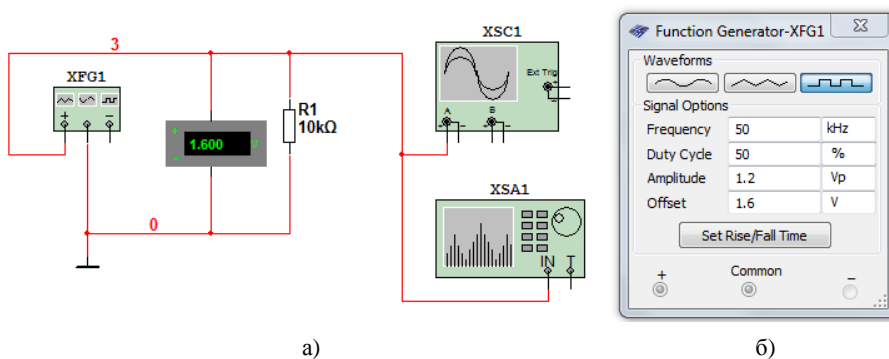


Рис. 9

На Рис. 10 показаны интерфейсы спектрального анализатора (а) и осциллографа (б).

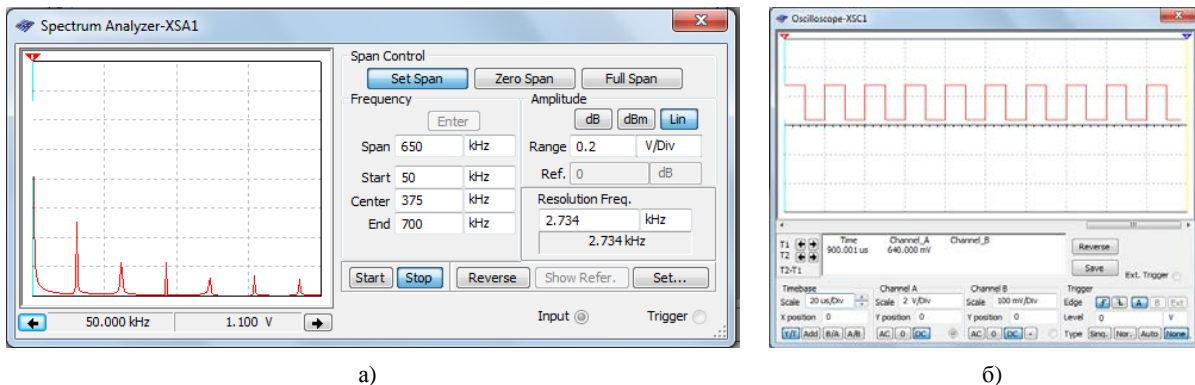


Рис. 10

Постоянную составляющую можно измерить вольтметром, установленным в режим измерения постоянного напряжения. При измерении спектра сигнала важно правильно установить минимальное частотное разрешение (Resolution Frequency), в противном случае, спектр отобразится искаженно. Результаты измерений следует занести в таблицу, сравнить их значения с расчетными значениями и сделать выводы по работе.

Таким образом, после проведения данного практического занятия студенты должны усвоить, что:

1. Периодические несинусоидальные токи, напряжения, ЭДС могут быть представлены гармоническим рядом Фурье.

2. Расчет линейных электрических цепей с периодической несинусоидальной ЭДС следует проводить методом суперпозиции для каждой составляющей гармоники ЭДС. Действующее значение периодических несинусоидальных токов и напряжений и среднее значение мощности можно рассчитать по действующим значениям гармоник напряжения и тока.

3. Для качественного анализа токов и напряжений, близких к синусоиде, можно использовать эквивалентные синусоидальные токи и напряжения, обеспечивающие равную мощность в электрической цепи.

4. В линейных электрических цепях с периодической несинусоидальной ЭДС могут возникнуть резонансные явления на первой или высших гармониках. Это явление можно использовать для формирования гармонического состава напряжения на нагрузке или тока в ней.

5. Компьютерная программа проектирования и исследования электротехнических и электронных устройств *Multisim 10.1* содержит библиотеки моделей элементов, источников ЭДС и контрольно-измерительных приборов, достаточные для проведения моделирования процессов, происходящих в линейных цепях при воздействии периодической несинусоидальной ЭДС, поэтому ее можно использовать в своей дальнейшей профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник. М.: Гардарики, 2007. 701 с.
2. Князькова Т. О., Соболев В. А. Применение интерактивных технологий в изучении курса «Электротехника и электроника» // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. № 11 (78). С. 82-85.
3. Марченко А. Л., Освальд С. В. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде *Multisim*: учебное пособие для вузов. М.: ДМК Пресс, 2010. 448 с.
4. Соболев В. А. Изучение переходных процессов в линейных электрических цепях с применением программного продукта *Multisim 10.1* // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2014. № 12 (90). С. 112-116.

STUDY OF PERIODIC NON-SINUSOIDAL CURRENTS IN LINEAR ELECTRICAL CIRCUITS IN ENVIRONMENT *MULTISIM 10.1*

Sobolev Vladimir Afanas'evich, Ph. D. in Technical Sciences
Bauman Moscow State Technical University
vasobolev@bmstu.ru

The article is devoted to the use of the computer program *Multisim 10.1* for practical training in the study of the topic "Periodic Non-Sinusoidal Currents in Linear Circuits" of the course "Electrical Engineering and Electronics". The examples of specific tasks, which can be successfully used in educational process in the study of this topic using the computer, are given. The recommendations on how to use this program are presented.

Key words and phrases: computer environment *Multisim*; periodic non-sinusoidal EMF; Fourier series; harmonics; active values of non-sinusoidal periodic current and voltage; design model; simulation circuit; active, reactive, apparent power and power of distortion; spectral analysis.