Зубарев А.В., Шатунов А.Н.

Моделирование электрических цепей в рамках дисциплины теоретические основы электротехники в свободном программном продукте Qucs

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/lj-10-2019-09

idsp: ljjournal-10-2019-09

Аннотация

Статья демонстрирует возможности программы Qucs, применяемые в образовательном процессе электротехнических ВУЗов. Рассмотрено использование свободно распространяемого программного обеспечения в высшем образовании России. Приводятся примеры выполнения лабораторных работ, входящих в учебный план дисциплин кафедры ТОЭ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Ключевые слова: учебно-методический процесс, компьютерное моделирование, свободное ПО, анализ электрических цепей.

Abstract

The article demonstrates some features of the program Qucs applicable in the educational process of electrotechnical Universities. The use of free software in higher education is considered. Examples of laboratory works from the curriculum of the department of Theoretical Electrical Engineering of Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI" are given.

Keywords: educational and methodical process, computer modeling, free software, analysis of electric circuits.

Современный инженер – это человек постоянно развивающийся. Он регулярно совершенствует свои навыки и пополняет багаж своих знаний. Задача современных университетов – научить студента развиваться и быть специалистом своего дела. Для демонстрации работы электронных устройств при подготовке студентов направлений, связанных с электротехникой и автоматикой, необходимо проводить численное моделирование электронных схем с использованием специализированного программного обеспечения (ПО). Повсеместное внедрение компьютерного моделирования в образовательный процесс замедляется из-за высокой стоимости коммерческого ПО, частой избыточности его функционала для учебного процесса, вследствие чего выдвигаются повышенные требования к вычислительной мощности каждого рабочего места обучающегося. Практически все коммерческое ПО распространяется с проприетарной (несвободной) лицензией, дающей ограниченные права на использование одной или нескольких копий программы. Примером такого ПО для схемотехнического моделирования являются MultiSim, OrCAD, MicroCAP.

Начиная с 1985 года в противовес проприетарной появился другой вид лицензии на программные продукты – общедоступная (GPL – General Public License), разработанная в рамках проекта GNU (рекурсивно определяемый акроним, взятый из фразы GNUs not UNIX), который был основан в 1984 году программистом Ричардом Столлманом из Массачусетского технологического института. Большая часть распространяемого по лицензии GPL ПО является кроссплатформенным или работает под управлением операционной системы Linux. Многие университеты России, в частности НИУ «Высшая школа экономики», МИЭМ и Калужский филиал МГТУ им. Н.Э.Баумана, последовательно внедряют свободное ПО в учебный процесс [1]. В СПбГЭТУ «ЛЭТИ» также ведется работа в данном направлении.

В данной статье представлен опыт применения свободного программного пакета Qucs в образовательном процессе в рамках базовой дисциплины «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ), читаемой на одноименной кафедре СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Программа Qucs (Quite Universal Circuit Simulator – Почти Универсальный Симулятор Схем) – предназначена для моделирования электронных и электрических цепей и представления результатов в виде диаграмм различного типа. Разработку данной САПР начали в 2004 году Michael Margraf и Stefan Jahn (Германия). В настоящее время они покинули проект, а Qucs разрабатывается интернациональной командой, распространяется по лицензии GPL (сайт проекта: <https://qucs.sourceforge.net>), является открытой и бесплатной.

Qucs обладает следующими возможностями: моделирование в частотной и временной областях; анализ цепей в комплексной и операторных областях (чего нет у перечисленного ранее коммерческого ПО); моделирование цифровых схем; включение в схему математических уравнений. Из минусов (несущественных для применения в образовательных целях) следует отметить следующие: программа не предоставляет возможность проектировать печатные платы и имеет сравнительно невысокую скорость моделирования сложных схем.

Применение программы Qucs в рамках дисциплины ТОЭ позволит студентам выполнять лабораторно-практические задания как в компьютерных классах университета, так и дома. Знакомство студентов с принципом работы программы производится на примере простейших схем [2].

В первой работе предлагается экспериментально определить вольтамперные характеристики (ВАХ) линейного резистора, а затем ВАХ нелинейного элемента (Диода). Снимок экрана программы со схемой цепи для изучения ВАХ резистора представлен на рисунке 1.

Рисунок 1

В отличие от большинства аналогичных симуляторов электрических схем, в Qucs для развертки параметров и моделирования используются специальные блоки. Блок развертки параметров позволяет задать диапазон изменения входного напряжения V1 и число расчетных точек в этом диапазоне. Блок моделирования на постоянном токе запускает соответствующий алгоритм расчета цепи. В результате программа

формирует массивы рассчитанных значений тока при различном напряжении на входе, которые затем используются для построения графика ВАХ резистора (рисунок 2).

Рисунок 2

Аналогичным образом производится опыт с диодом и определяется его вольтамперная характеристика. Схема цепи представлена на рисунке 3 – диапазон моделирования –3...2 В с 11 расчетными точками. Результаты расчета и ВАХ диода показаны на рисунке 4. Получаемые результаты зависят от используемой модели элемента. В данном случае диод описан кусочно-линейной функцией. Модель элемента при необходимости можно корректировать, а также загружать сторонние библиотеки элементов или создавать собственные.

Рисунок 3

Рисунок 4

В зависимости от поставленной задачи используются разные блоки моделирования. В Qucs можно исследовать временные диаграммы в переходных и в установившихся режимах. На рисунке 5 показана схема исследования цепи в

установившемся синусоидальном режиме. Для получения временных диаграмм используется блок «моделирование переходных процессов», так как в этом режиме просчитывается не только свободная, но и вынужденная составляющая.

Рисунок 5

В результате моделирования получим временные осциллограммы установившегося режима. На рисунке 6 неискаженная синусоида – это график входного напряжения (V_{vxod}), искаженная синусоида – график напряжения на резисторе R (VR) соответствующий току в цепи.

Рисунок 6

В качестве примера для моделирования переходного процесса используется схема цепи 3-го порядка (рисунок 7). На вход цепи подается ток от импульсного источника, импульсы которого мгновенно заряжают конденсатор на входе. Затем запасенная энергия конденсатора рассеивается на резисторах через колебательный контур.

Рисунок 7

График переходного процесса в цепи 3-го порядка в виде напряжения на входе цепи приведен на рисунке 8. Следует отметить, что параметры представленной цепи подобраны таким образом, чтобы два из трех корней характеристического полинома цепи были комплексно сопряженными.

Рисунок 8

Работа блока «моделирование на переменном токе» иллюстрируется снятием частотной характеристики последовательной RLC цепи (рисунок 9).

Рисунок 9

График зависимости тока от частоты (амплитудно-частотная характеристика цепи), представленный на рисунке 10, отображает явление резонанса напряжений, когда при частоте источника равной собственной частоте контура полное сопротивление цепи становится чисто активным.

Рисунок 10

В статье были рассмотрены только некоторые варианты задач для программы Qucs. Но даже они показывают, что возможности открытого и коммерческого ПО соизмеримы. Выигрывает открытое ПО за счет своей гибкости и возможности аккумулирования в нем опыта десятков или тысяч энтузиастов, занимающихся практической деятельностью. Поэтому очень важно привлекать внимание к возможностям открытого ПО, особенно в сфере инженерного образования. Применение

в высших учебных заведениях программ с открытым кодом и распространяемых по лицензии GPL позволит решить ряд проблем как учебного, так и финансового плана.

1. Кузнецов В.В., Кечиев Н.М. Qucs: Использование свободного ПО для моделирования электронных схем в учебном процессе/ XI конференция разработчиков свободных программ: Тезисы докладов/ Калуга, 26-28 сентября 2014 года. М.: Альт Линукс, 2014.
2. А.П. Барков, Ю.А. Бычков, А.Е. Завьялов, и др. Основы теории цепей: Лабораторный практикум по теоретической электротехнике / Под ред. Ю.А. Быčkova, Е.Б. Соловьевой, Э.П. Чернышева. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012, 99 с.

Каспаров И.В., Манакин Е.А.

Процесс вибрационного воздействия при формировании земляного полотна

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения в г. Нижнем Новгороде
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/lj-10-2019-10

idsp: ljjournal-10-2019-10

Аннотация

В статье рассматривается задача процесса уплотнения грунта в зависимости от параметров вибрационного взаимодействия с самоходными вибрационными катками, рассчитаны целесообразные частоты возбуждения.

Ключевые слова: земляное полотно, вибрационные катки, вибровозбудитель, виброударное взаимодействие, уплотнение массива.

Abstract

In the article examines the task of the process of soil compaction depending on the parameters of vibrational interaction with self-propelled vibration rinks, calculated appropriate frequencies of arousal

Keywords: earthen canvas, vibrating rinks, vibrator, vibrating interaction, array seal.

В настоящее время в Российской Федерации намечается масштабное развитие сети высокоскоростных магистралей (ВСМ), связанное с уплотнением грунтов при строительстве земляных объектов, которое нередко осуществляется самоходными вибрационными катками.

Для решения задачи процесса уплотнения в зависимости от параметров вибрационного воздействия рассмотрим его динамическое состояние в соответствии с расчетной схемой одновальцового катка [1]. Вибрационный каток рассматривается как двухмассовая нелинейная система, включающая дебалансы и приведенную массу корпуса катка с вальцом. На основании уравнения Лагранжа получена следующая система дифференциальных уравнений, описывающих колебания рассматриваемой системы:

$$\left. \begin{aligned} (m_1 + 2m_e)\ddot{x}_1 - 2m_e r \ddot{\varphi} \sin \varphi - 2m_e r \dot{\varphi}^2 \cos \varphi + (b_1 + b_3)\dot{x}_1 - b_3 r \dot{\varphi} \sin \varphi + \\ + c(x_1 - x_2) = 0, \\ m_2 \ddot{x}_2 + b_2 \dot{x}_2 + c(x_2 - x_1) = N_{cm} - N, \\ 2(m_e r^2 + J_e)\ddot{\varphi} - 2m_e r \ddot{x}_1 \sin \varphi + b_3 r^2 \dot{\varphi} - b_3 r \dot{x}_1 \sin \varphi + 2m_e r g \sin \varphi = \\ = M_{\partial e} - M_c, \end{aligned} \right\} (1)$$