

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нелинейной физики

**Разработка методического пособия. Исследование генератора
Кияшко-Пиковского-Рабиновича.**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 1 курса 111 группы
направления: 03.03.01. – Прикладная математика и физика
Факультета нелинейных процессов

Солдатова Олега Федоровича

Научный руководитель
ассистент КНФ

Т.А. Каретникова

Зав. кафедрой
д.ф.-м.н, профессор

Н.М. Рыскин

Саратов 2016 г.

Введение

Разработка практически любого современного радиоэлектронного устройства сопровождается, как правило, физическим или математическим моделированием. Физическое моделирование связано с большими материальными затратами, поскольку требует изготовления макетов и их исследования, которые могут быть весьма трудоемкими. Поэтому часто применяют математическое моделирование с использованием средств и методом вычислительной техники.

В настоящее время широкое распространение получили компьютерное моделирование и анализ схем электронных приборов в таких программных средах, как Electronics Workbench, Design Lab, Aplac, P-Spice, Micro-Logic, Ni Multisim и др.

На этапе начального освоения студентами моделирования электронных устройств по нашему мнению приемлемым средством является программная среда Electronics Workbench (в дальнейшем EWB). Большое количество и разнообразие моделей аналоговых, цифровых или смешанных аналого-цифровых приборов и узлов, средств анализа и виртуальных приборов делает среду EWB удобным инструментом для визуализации и демонстрации проявления многих фундаментальных явлений и процессов, происходящих в электрических устройствах.

Также объектом исследования в данной выпускной квалификационной работе был выбран генератор Кияшко-Пиковского-Рабиновича не случайно, так как радиоэлектронные генераторы гармонических или других видов колебаний являются неотъемлемой частью почти любого электронного устройства. Так же выбор связан с относительной простотой общей схемы данного класса устройства.

Генераторы присутствуют практически везде. Так, например, генераторы колебаний специальной формы используются в цифровых мультиметрах, осциллографах, радиоприемниках, ЭВМ, в любом периферийном устройстве ЭВМ, почти в любом цифровом приборе

(счетчики, таймеры, калькуляторы и любые приборы с «многократным отображением») и во множестве других устройств. Устройство без генератора либо вообще не на что не способно, либо предназначено для подключения к другому (которое, скорее всего, содержит генератор). Не будет преувеличением сказать, что генераторы являются таким же необходимым устройством в электронике, как регулируемый источник питания постоянного тока. Особое внимание в последнее время уделяется генераторам хаотических колебаний, как к одному из перспективных направлений нелинейной динамики.

Целью данной работы является разработка методического пособия для студентов нефизических специальностей по предмету «Электроника и схемотехника» и анализ генератора на туннельном диоде в среде EWB.

В **главе 1** кратко изложена информация по поводу среды, в которой проводились основные эксперименты.

В **главе 2** кратко изложены основные аспекты лабораторных работ, входящих в методическое пособие по предмету «Электроника и схемотехника». Приведены основные схемы, цели и задания, рекомендуемые к выполнению в данных лабораторных работах.

В **главе 3** описывается исследование генератора КИР с кусочно-линейной модели туннельного диода в среде EWB. Продемонстрирована собранная схема, семейство ВАХ кусочно-линейной модели туннельного диода, полученных при различных рабочих температурах диодов.

В **заключении** сформулированы основные результаты, полученные в процессе выполнения дипломной работы.

В **приложении** представлена Лабораторная работа №5 с полным описанием, схемами, заданиями и контрольными вопросами.

Основное содержание работы.

В **главе 1** описаны среда моделирования Electronics Workbench (EWB) и основные элементы, используемые в данной выпускной работе.

Описаны следующие элементы: **Sources** – источники сигналов (следует отметить, что под источниками сигналов подразумеваются не только источники питания, но и управляемые источники), **Basic** – библиотека, в которой собраны все пассивные компоненты, а также коммуникационные устройства, **Diodes** – диоды, **Transistors** – транзисторы, **Analog ICs** – аналоговые микросхемы, **Indicators** – индикаторные устройства, **Miscellaneous** – компоненты смешанного типа, **Instruments** – контрольно-измерительные приборы.

Подробное описание остальных элементов и некоторых особенностей использования среды EWB можно найти в. В данной работе и этих источниках подробно описаны только некоторые компоненты, используемые при создании схем, и студентам рекомендуется самостоятельно просмотреть остальные компоненты (в программе EWB довольно хорошая справочная система на английском языке).

В **главе 2** описаны Структура и содержание учебно-методического пособия.

Методическое пособие состоит из 9 лабораторных работ, каждая из которых представляет собой теоретические сведения, несколько упражнений и тестовые задания.

Теоретические сведения включают в себя необходимые теоретические данные (описание схем, приборов), физические процессы, проходящие в данном устройстве и расчетные формулы по которым студент будет совершать эксперименты, анализ и вычисления.

Одно из заданий упражнений это сбор данной в теории схемы прибора, расчет и установка различных параметров элементы схемы, а так же снятие различных ВАХ и иных характеристик с помощью среды EWB. В некоторых лабораторных работ требуется заполнить таблицы параметров.

Тестовые задания включают в себя задания на теоретические знания, понимание работы схемы, знание расчетных формул для различных параметров, умение находить эти параметры. Некоторые задания требуют от студента конкретного ответа, а в некоторых студенту предлагается несколько вариантов ответов.

В содержание отчета обязательно должны входить:

- наименование и цель работы;
- перечень приборов, использованных в экспериментах, с их краткими характеристиками;
- изображения электрических схем испытания диода, стабилитрона, тиристора и осциллограмм ВАХ приборов;
- таблицы результатов измерений и расчетов;
- расчетные формулы;
- выводы по работе.

В **главе 3** описано исследование генератора Кияшко-Пиковского-Рабиновича.

Как было сказано ранее выбор генератора Кияшко-Пиковского-Рабиновича (КПР) для исследования, отчасти, послужила относительная простота общей схемы, а также актуальность самих генераторов в современных электронных приборах.

Схема генератора КПР изображена на рисунке 1. Схема, реализованная в среде EWB, изображена на рисунке 2.

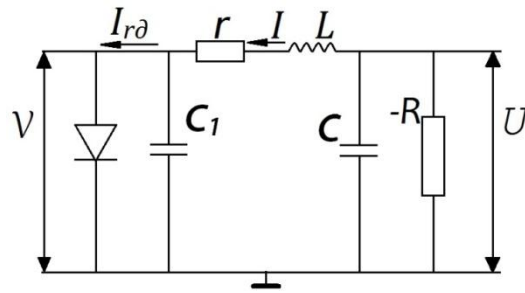


Рис. 1. Схема генератора КПП. Здесь: I_{rd} – ток через туннельный диод; $-R$ – отрицательное сопротивление; r – резистор; C, C_1 – емкости; L – катушка индуктивности. I – ток через катушку индуктивности; V, U – напряжения на конденсаторах C_1, C , соответственно.

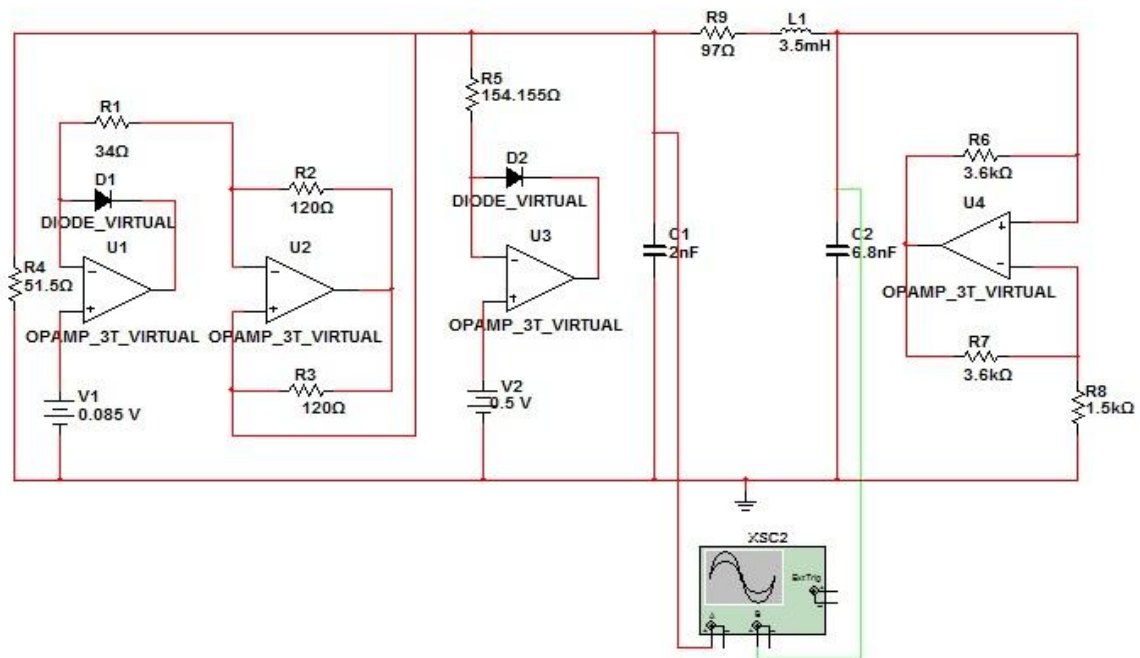


Рис. 2. Схема генератора КПП реализованная в среде EWB

В среде EWB был построен данный генератор по схемам представленным выше. Перед анализом динамики самого генератора были проведены эксперименты в среде EWB по снятию ВАХ диода для различных рабочих температур в диапазоне от 0 до 100 °С. Семейство ВАХ исследуемого аналога туннельного диода показано на рисунке 3.

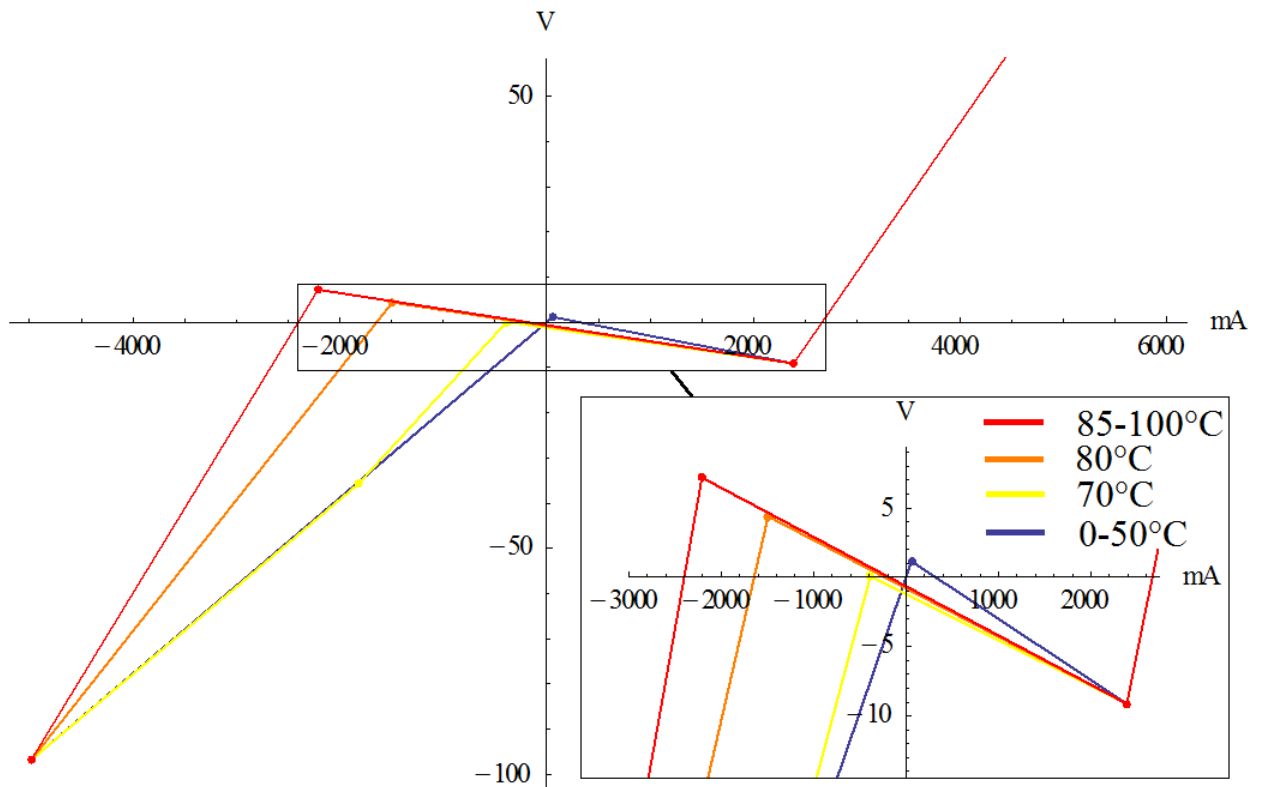


Рис. 3. Семейство ВАХ кусочно-линейного аналога туннельного диода с двумя диодами 1N4001.

Как видно из графика, на изменения температуры реагирует только центральная и левая часть ВАХ. С повышением температуры напряжение нарастает быстрее, то есть, изменяется крутизна левой ветви ВАХ. Температура в микромире отвечает за скорость движения электронов, то есть в нашем случае, ток при фиксированном напряжении растет медленнее, потому что из-за высокой температуры у электронов, попадающих на анод, будет меньший разброс по скоростям. Таким образом, чтобы их сгруппировать необходимо меньшее напряжение. В тоже время правая ветка сохраняет свою форму при любом значении температуры.

Динамика генератора с туннельным диодом описывается тремя нелинейными обыкновенными дифференциальными уравнениями, полученными на основе законов Кирхгоффа:

$$\begin{aligned}
 L \frac{dI}{dt} &= -Ir + U - V, \\
 C \frac{dU}{dt} &= -I - \frac{U}{R}, \\
 C_1 \frac{dV}{dt} &= I - I_{td}(V),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где $I_{td}(V)$ определяет вольтамперную характеристику (ВАХ) туннельного диода. В нашем случае так же рассматривается схема с кусочно-линейным аналогом. В среде EWB заложено масса инструментов для тщательного анализа собранных схем. В библиотеке Instruments среды EWB имеется осциллоскоп, с помощью которого так же можно получить временные характеристики и фазовые портреты генератора. Таким образом была получена временная зависимость разницы напряжений между точками подключения осциллографа в схеме. Экран осциллографа показан на рис. 4.

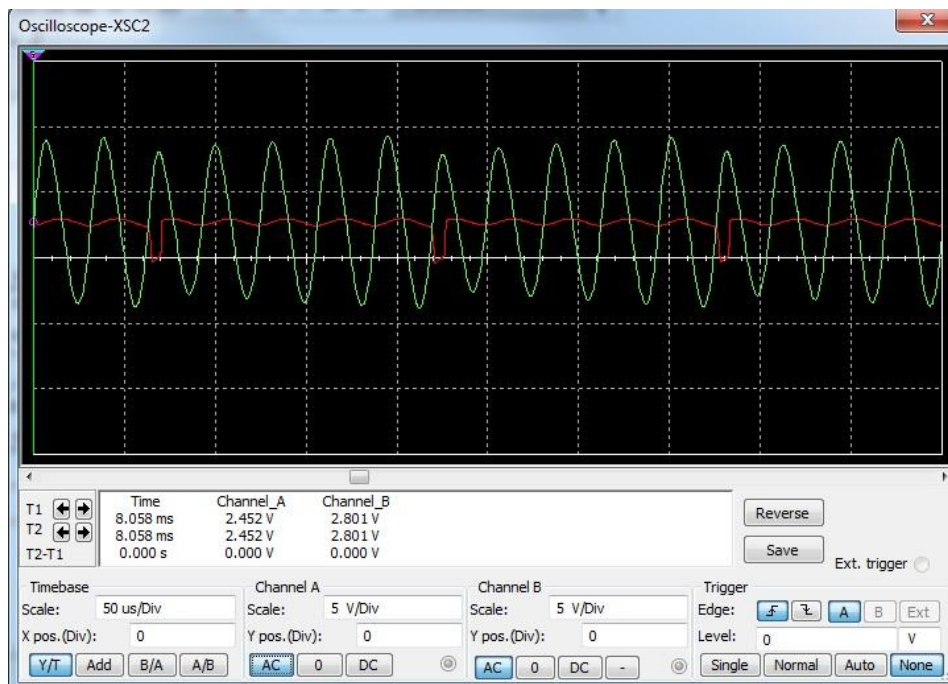


Рис. 4. Временная реализация для генератора с кусочно-линейным аналогом туннельного диода.

Так же на осциллокопе была получена картина зависимости напряжения на конденсаторе от времени или другими словами фазовый портрет генератора. Фазовый портрет представлен на рисунке 5.

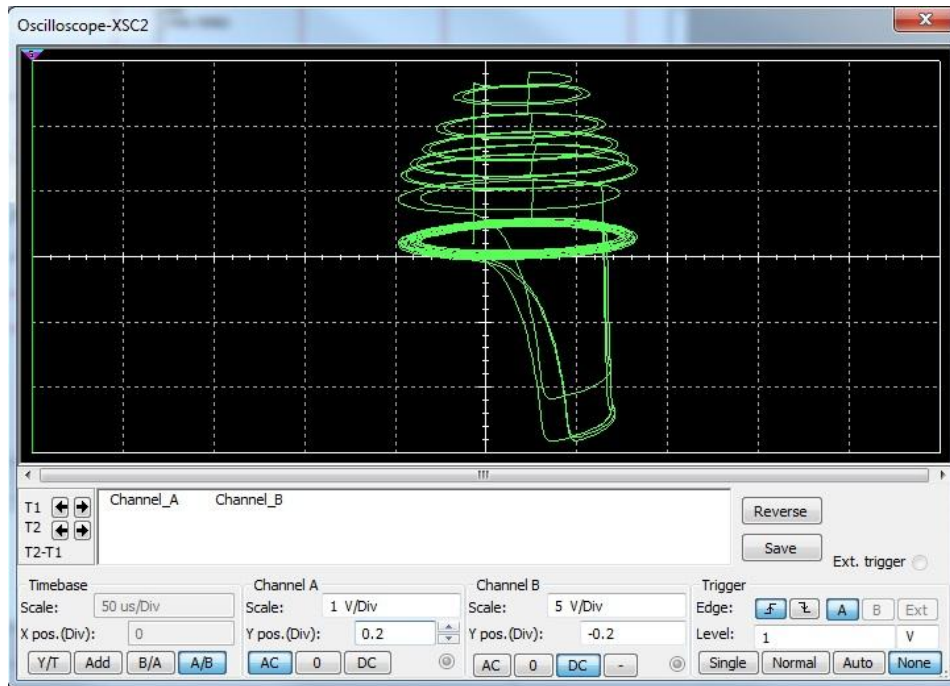


Рис. 5. Фазовый портрет для генератора с кусочно-линейным аналогом туннельного диода, смоделированный с помощью осциллографа в среде EWB.

Результаты численного моделирования безразмерных уравнений

$$\begin{aligned}
 \frac{dx}{d\tau} &= 2\delta x + y - gz, \\
 \frac{dy}{d\tau} &= x - \frac{1}{2\lambda} y, \\
 \varepsilon \frac{dz}{d\tau} &= x - f(z),
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

полученных из (1), хорошо соответствуют результатам натуральных экспериментов как для генератора с туннельным диодом, так и для генератора с кусочно-линейным аналогом туннельного диода.

Полученное изображение в среде EWB соответствует полученным результатам численного моделирования (рисунок 6 справа) и натурального эксперимента (рисунок 6 слева) в работе, что еще раз подтверждает, что среда моделирования EWB хороший и надежный инструмент при моделировании электронных схем.

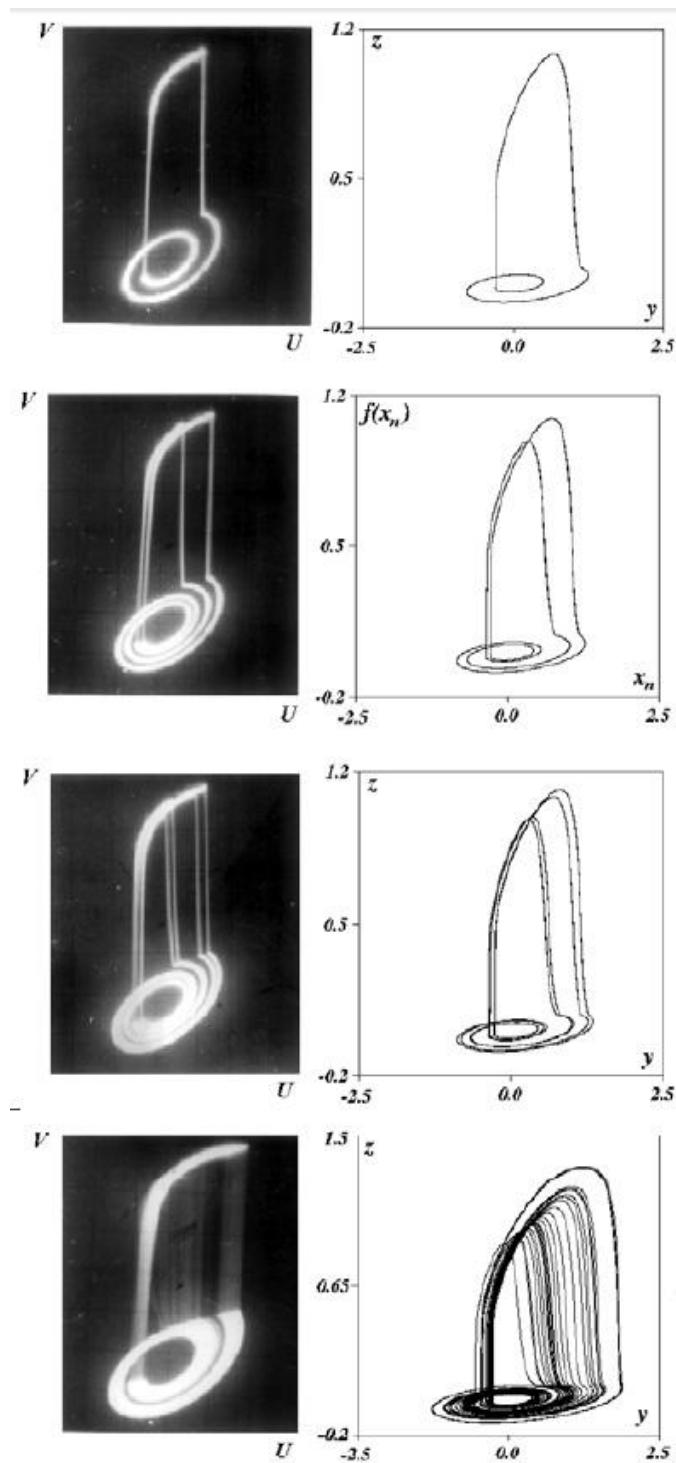


Рис. 6. Фазовые портреты поведения генератора с кусочно-линейным аналогом туннельного диода; переход к хаосу на базе режима (1:1): а) натурный эксперимент; б) численный эксперимент ($\varepsilon=0.2$) (1:1) $\delta=0.06$, (1:1)₂ $\delta=0.069$, (1:1)₄ $\delta=0.0705$, (1:1)_{хаос} $\delta=0.078$; в) одномерное отображение ($\varepsilon=0.05$): (1:1) $\phi = -0.442$, (1:1)₂ $\phi = -0.464$, (1:1)₄ $\phi = -0.469$, (1:1)_{хаос} $\phi = -0.479$

Заключение

Было разработано методическое пособие для студентов не физических специальностей по предмету «Электроника и схемотехника», помогающее разобраться в среде моделирования EWB и способствующее лучшему пониманию принципов функционирования реальных схем управления и контроля технологическими процессами производства.

Так же при проведении исследование генератора КПР, а именно полученного семейства ВАХ кусочно-линейного аналога туннельного диода при различных рабочих температурах диодов, было выявлено изменение крутизны центральной и левой части ВАХ.

Полученные изображения фазовых портретов генератора совпадают с полученными результатами численного моделирования и натурального эксперимента, что еще раз подтверждает, что среда моделирования EWB надежный инструмент при моделировании электронных схем.