

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

УДК 621.317.6

Т. Кабаев, Н.А. Абыкаева

*Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
Бишкек Кыргызстан*

E-mail: tkabaev1947@gmail.ru, nsg-83@mail.ru

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА В СРЕДЕ LABVIEW ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Статья посвящена применению компьютерной программы LabVIEW для анализа переходных процессов в электрических цепях. Приведены примеры моделирования переходного процесса в колебательных системах и моделирования виртуального инструмента по созданию фигур Лиссажу для учебной цели. Даны сведения по работе с программой, моделирование, обработка сигналов и результаты научного эксперимента. Программа может использоваться в учебном процессе для проведения лабораторных работ, что позволяет повысить эффективность обучения студентов.

Ключевые слова: компьютерная среда LabVIEW, моделирование, переходный процесс, осциллограмма.

Введение. Исследование характера переходных процессов требует понимания физики происходящих явлений и умения анализировать переходные процессы в электрических цепях. Поэтому задача получения количественного и качественного анализа переходных процессов в электрических цепях очень актуальна [1]. Использование технологии приборов (инструментов –VI) в среде LabVIEW [2] достигает раскрытия физических процессов, происходящих в результате короткого замыкания, ферромагнитного резонанса, коммутационного и грозового перенапряжения в электрических цепях.

В основе технологии использования LabVIEW лежит комбинирование моделирования систем на ЭВМ, включающее аналитическое, имитационное и натурное. Для аналитического моделирования характерно то, что алгоритм функционирования системы записывается в виде некоторых аналитических соотношений (алгебраических, интегрально-дифференциальных, конечно, разностных и т.п.) или логических условий. При имитационном моделировании алгоритм функционирования системы воспроизводится во времени с сохранением логической структуры и последовательности протекания элементарных явлений, составляющих процесс. В настоящее время имитационное моделирование наиболее эффективный метод исследования систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования.

Натурным моделированием называют проведение исследования на реальном объекте с возможностью вмешательства человека в процесс проведения эксперимента и последующей обработки на ЭВМ. Отличие модельного эксперимента от реального заключается в том, что в модельном эксперименте могут быть реализованы любые ситуации, в том числе «невозможные» и аварийные, что в силу разных причин бывает недопустимо при работе с реальными объектами. Все представленные виды моделирования могут быть реализованы с использованием системы программирования LabVIEW.

LabVIEW может успешно применяться в образовательных и научных целях, при промышленной автоматизации, в проектных и коммерческих структурах, связанных с тестированием и измерением каких-либо параметров, их анализом, визуализацией результатов, созданием баз данных, использованием компьютерных сетей.

Постановка задачи. В данной статье рассматриваются возможности применения системы программирования LabVIEW для моделирования и изучения переходных процессов в электрических цепях. Программа дает возможность создать виртуальную лабораторию с большим набором различных активных и пассивных элементов электрических цепей и широкий спектр контрольно-измерительных приборов, а также с использованием интеллектуального инструмента LabVIEW решать дифференциальные уравнения и позволяет виртуально моделировать физические процессы.

По результату такого моделирования принимают меры во избежание и использования нежелательных процессов, связанных с электромагнитными колебаниями. После упрощения схемы некоторых электрических цепей (рис.1) получим схему замещения (рис.2) так называемого колебательного контура, и последний состоит из последовательно соединенного конденсатора с емкостью C , катушки с индуктивностью L и электрического сопротивления R (рис.2) [4].

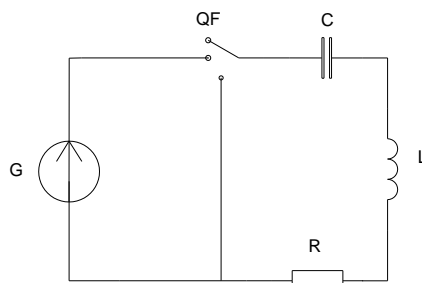


Рисунок 1 – Электрическая цепь

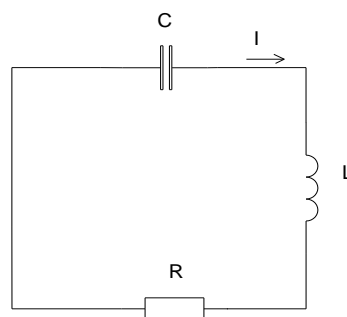


Рисунок 2 – Схема замещения

Баланс напряжения в цепи колебательного контура описывает следующим выражением [4]:

$$IR - U_C = -L \frac{dI}{dt}, \quad (1)$$

где I – ток в контуре, U – разность потенциалов на обкладках конденсатора в данный момент. $L \frac{dI}{dt}$ – ЭДС самоиндукции. Напряжение на конденсаторе равно:

$$U_C = \frac{q}{C}.$$

После дифференцирования выражения (1) по времени t получим следующее выражение:

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0. \quad (2)$$

Это выражение представляет собой дифференциальное уравнение, решая которое, мы можем найти зависимость заряда от времени. Разделим обе части этого уравнения на L и введем следующие обозначения:

$$\frac{R}{2L} = \beta; \quad \frac{1}{LC} = \omega_0^2. \quad (3)$$

Тогда окончательно получим следующее дифференциальное уравнение второго порядка:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\alpha \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0. \quad (4)$$

Решение этого уравнения относительно q с учетом граничных условий ($t = 0; q = q_0; I = 0$) имеет вид:

$$q = Ae^{-\beta t} \cdot \sin(\omega t + \varphi), \quad (5)$$

где $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ – циклическая частота.

Преобразуем выражение (4) и (5) относительно U и с применением алфавита LabVIEW:

1. β выражаем через al .
2. ω_0 выражаем через omO .
3. ω выражаем через omc .
4. φ выражаем через tet .
5. Потенциал U на обкладках конденсатора выражаем UC (мгновенное значение).
6. Мгновенное значение тока в контуре обозначаем через i .
7. Время t через k .

Получим следующие выражения (6):

$$\begin{aligned} al &= R/(2 * L) \\ omO &= \frac{1}{\text{sqrt}(L*C)}; \\ omc &= \text{sqrt}(omO ** 2 - al ** 2); \\ tet &= \text{atan}(omc/al) \\ Uc &= U * \left(\frac{omO}{omc}\right) * \exp(-al*k) * \sin(omc*k+tet) \\ i &= U * \left(\frac{1}{omc} * L\right) * \exp(-al * k) * \sin(omc * k); \\ Ul &= U * \left(\frac{omO}{omc}\right) * \exp\left(\frac{a}{L} * k\right) * \sin(omc * k - tet). \end{aligned} \quad (6)$$

Используя последние выражения (6) с помощью LabVIEW, создаем платформу решения уравнения согласно формуле (4) аналитическим моделированием. На мониторе компьютера увидим платформу в виде фронтпанели и блок-диаграммы. Для пользования LabVIEW должны приобрести и ввести в компьютер программу LabVIEW. Фронтпанель как прибор ручками варьирования T – время цикла, U –напряжения, R –электрического

сопротивления, индуктивности L и емкости C , и с экраном осциллографа. При вводе изменением T , U , R , L и C на экран выводится соответствующая осциллограмма согласно рисункам 3 и 4.

На блок-диаграмме записывают выражение (6) и вводят параметры T , U , R , L и C , где соответствующая программа LabVIEW выполняет решения этих уравнений. Дифференциальные уравнения решают другим способом, где на блок-диаграмме выполняют имитационное моделирование, и результат получаем вышеуказанным способом.

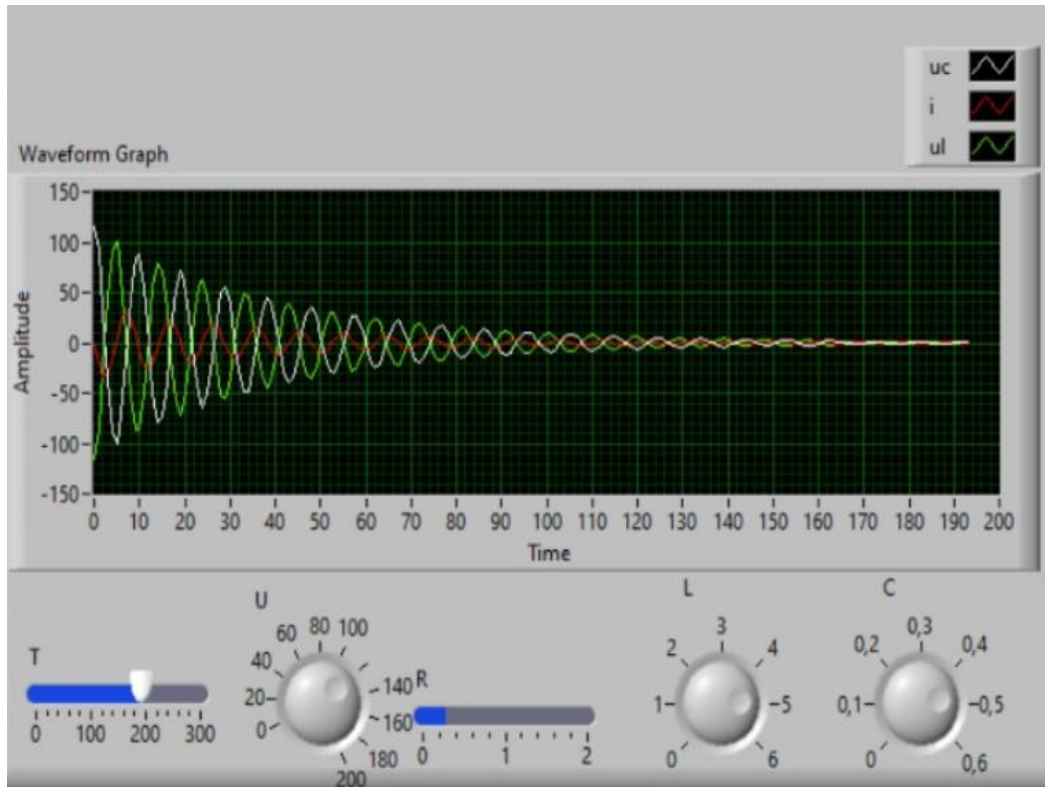


Рисунок 3 – Фронтпанель для решения линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка в среде LabVIEW

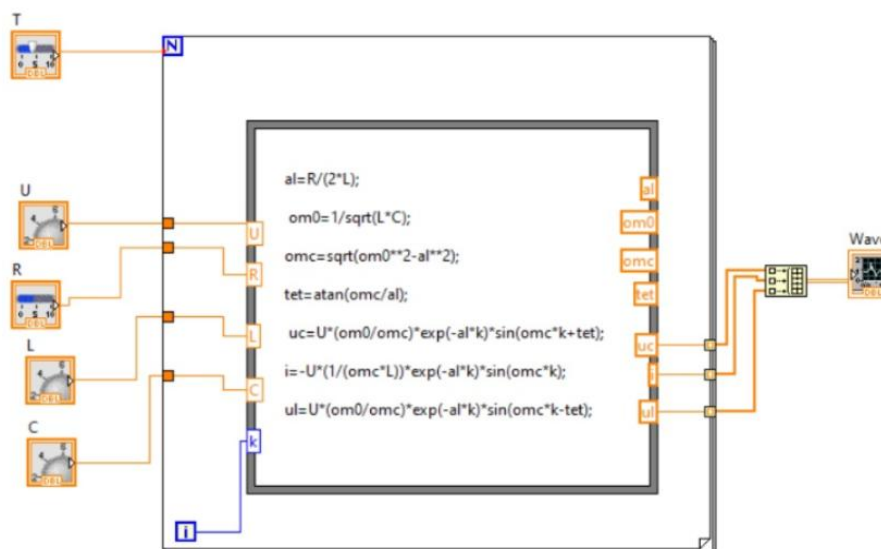


Рисунок 4 – Блок -диаграмма для решения линейного дифференциального уравнения второго порядка в среде LabVIEW

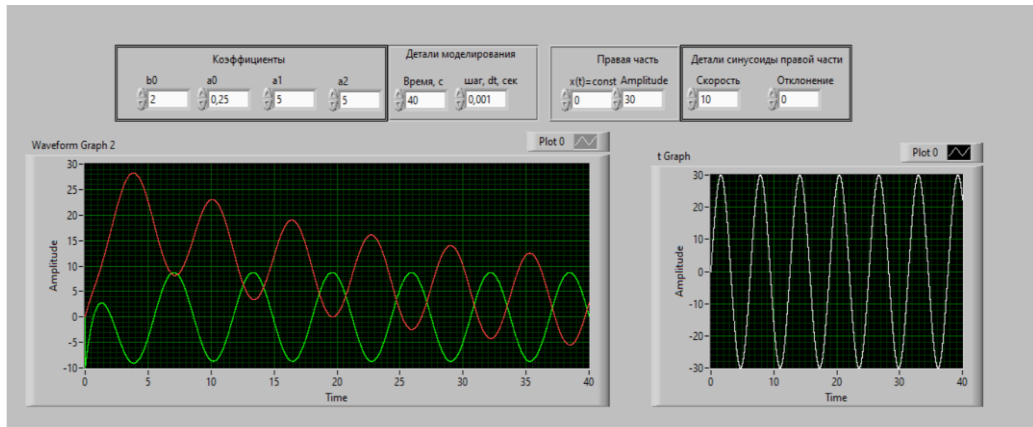


Рисунок 5 – Фронтпанель для решения линейного неоднородного дифференциального уравнения второго порядка в среде LabVIEW

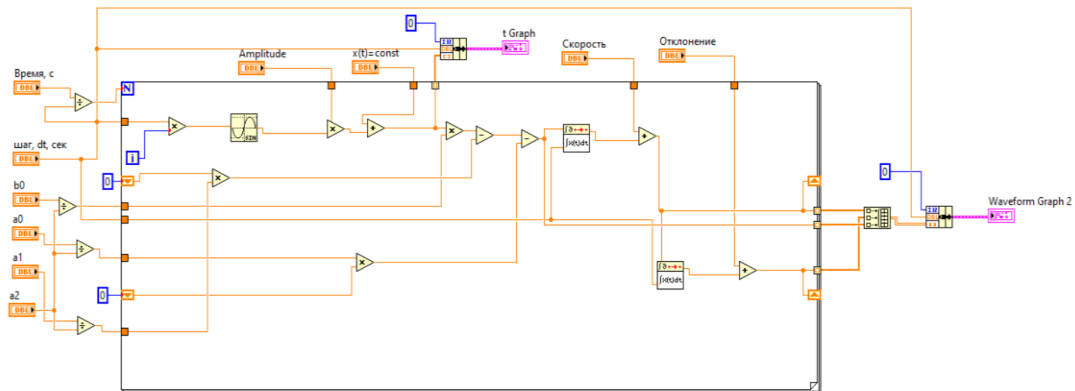


Рисунок 6 – Блок- диаграмма для решения линейного неоднородного дифференциального уравнения второго порядка в среде LabVIEW

Таким образом, в среде LabVIEW имеем возможность моделировать различные режимы переходных процессов в электрических цепях. Использование этой программы в учебном процессе предоставляет преподавателю большие возможности в наглядном разъяснении физических явлений и зависимостей при изучении переходных процессов, происходящих в электрических цепях. В учебной программе имеется необходимость в создании на основе системы программирования в среде LabVIEW некоторых геометрических фигур и линий. Например, эта программа (платформа) прекрасна тем, что по графику алгебраических и тригонометрических уравнений визуально увидят решения. В учебных целях моделируем траектории тела на плоскости при «одновременном» движении по осям декартовых координат. Как известно, при синусоидальном движении по обеим осям декартовых координат траектория тела описывает фигуру Лиссажу, и по этой фигуре определяют соотношение частот, амплитуд и начальных фаз синусоид. Имитационная модель по созданию «галереи» фигур Лиссажу (рис.7) и (рис.8) гораздо проще и оперативнее, чем реальная. Представим рисунки из осциллограммы в разных сочетаниях параметров как амплитуды, частоты и начальной фазы.

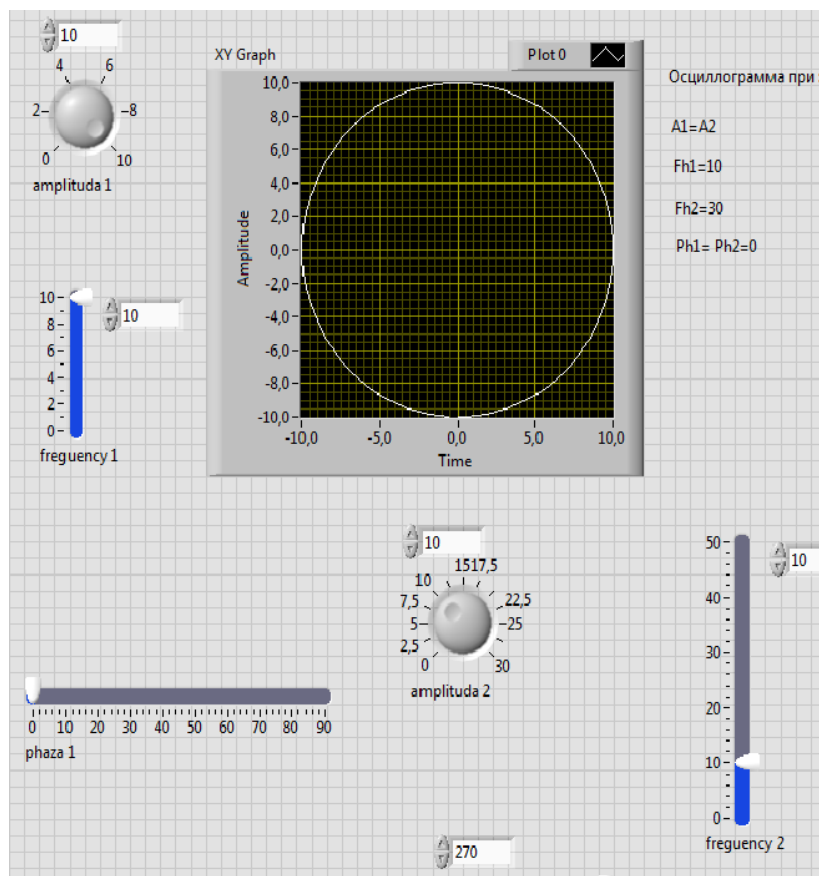


Рисунок 7 – Фронтпанель с изображением фигуры Лиссажу

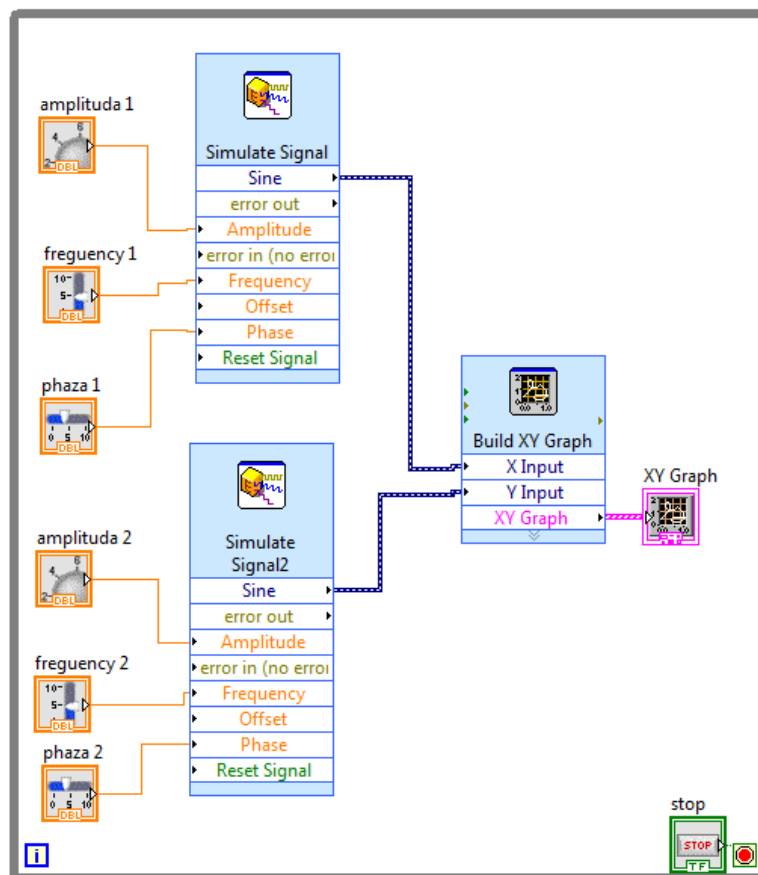


Рисунок 8 – Блок-диаграмма фигуры Лиссажу

Введены следующие обозначения:

A_1, A_2 – амплитуда синусоид;

φ_1, φ_2 – начальная фаза;

f_1, f_2 – частота.

Взаимно перпендикулярные колебания по осям декартовых координат совершают гармоническое движение согласно выражениям:

$$x = A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) \quad (7)$$

$$y = A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2), \quad (8)$$

где $\omega_1 = 2\pi f_1$ и $\omega_2 = 2\pi f_2$ – угловая частоты двух колебаний; f_1, f_2 – частота колебаний; t – время.

На фронтпанеле получим прямую линию, которая располагается на декартовой координате либо 1-3 в квадранте либо 2-4 в квадранте (рис. 9а), если амплитуды $A_1 = A_2$, частота $f_1 = f_2$, разность начальных фаз $\varphi_1 - \varphi_2 = \pm\pi n$, где $n = 0, 1, 2, 3 \dots$

При $A_1 = A_2, f_1 = f_2$ т. е. $\varphi_1 - \varphi_2 = \pm\pi/2(2n + 1)$ получится окружность (рис.9б). Если периоды представляют целые числа, то через промежуток времени, равный наименьшему кратному обоим периодам, движущаяся точка снова возвращается в то же положение — получаются фигуры Лиссажу более сложной формы. При $A_1 = A_2, \varphi_1 = \varphi_2, \frac{f_1}{f_2} = 2n$ создаются фигуры (рис.9в и рис.9г).

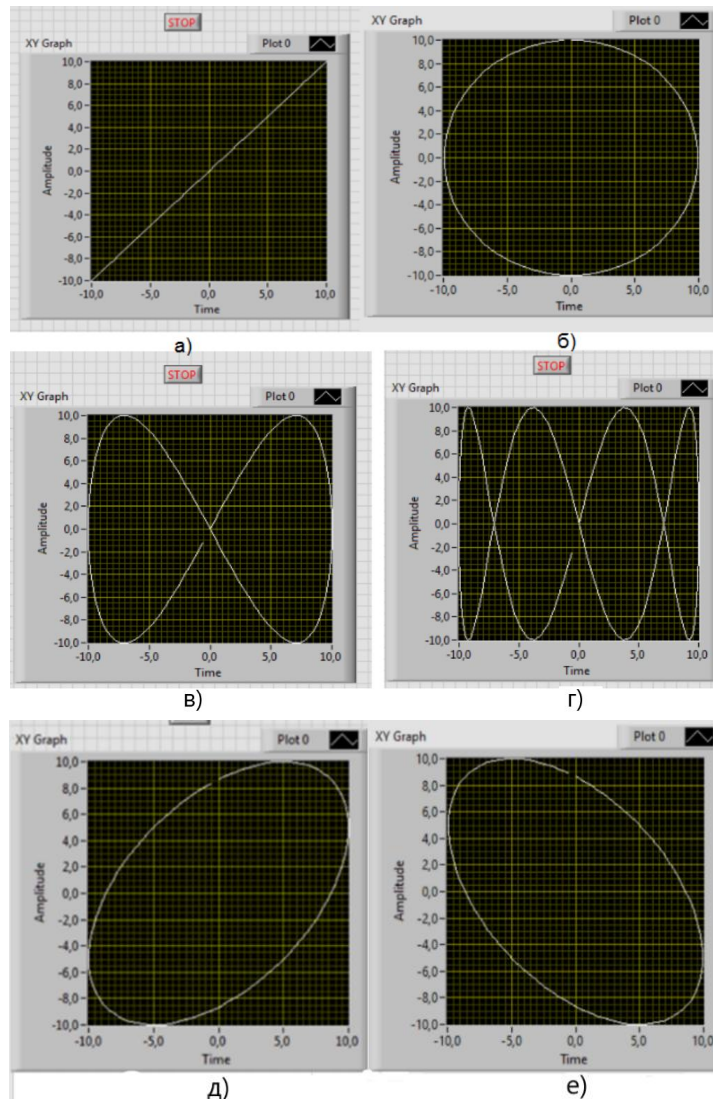
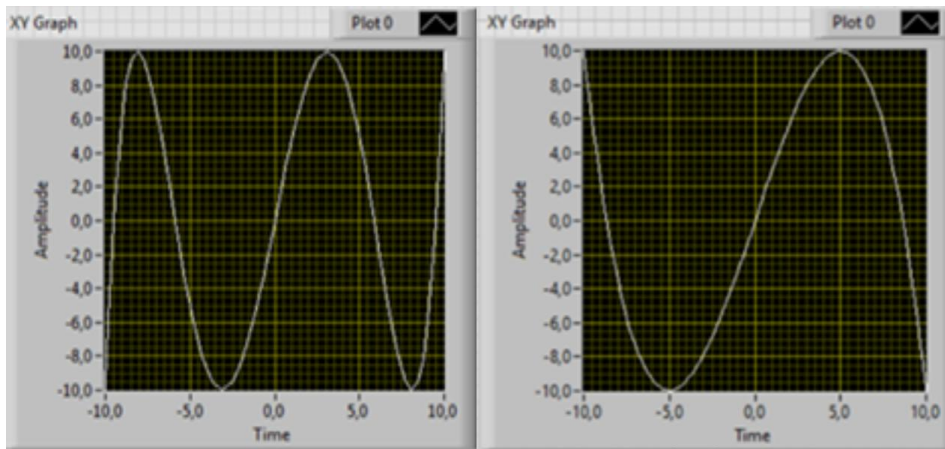


Рисунок 9 – Вид фигур Лиссажу в среде LabVIEW

В простейшем случае равенства обоих периодов фигуры представляют собой эллипсы. При $A_1 = A_2$, $\varphi_1 = \varphi_2$, $f_1 = f_2$, $\varphi_1 - \varphi_2 = \pi/3$ (рис.9д), $\varphi_1 - \varphi_2 = 2\pi/3$ (рис.9е).

При $A_1 = A_2$, $\varphi_1 = \varphi_2$, $\frac{f_1}{f_2} = 2n + 1$ создаются фигуры (рис.10а и рис.10б).



а)

б)

Рисунок 10 – Вид фигур Лиссажу в среде LabVIEW

Заключение

Создание имитационных моделей и их применение в исследовании переходных процессов в виде затухающих и вынужденных колебаний в электрических цепях дает возможность раскрывать характер этих явлений. Кроме того, эта работа имеет цели популяризации программы LabVIEW и проведение лабораторных работ курса физики в совместном выполнении на реальных и имитационных моделях. Относительно фигур Лиссажу нужно отметить, что на имитационной модели созданы фигуры в более простом сочетании параметров.

Литература

1. Усов С.В., Кантан В.В., Кизеветтер Е.Н. Михалев Б.Н., Черновец А.К. Электрическая часть электростанций «Энергия». – Ленинград, 1977.
2. Магда Ю.С. Практический курс для инженеров и разработчиков. – М., 2012г.
3. Калашников С. Г. Электричество. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Наука, 1977.
4. Методическое руководство к лабораторным работам по разделу «Электромагнитные колебания и волны» для всех специальностей/ КГТУ им. И.Раззакова; Сост.: Абакирова Ж.А., Марипов А.М., Омуралиева К.О. / -Б.: ИЦ «Техник» 2014. – 16 с.
5. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженеров: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2007.
6. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW –М.: ДМК Пресс, 2007. – 472 с.
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. – М., 1968.
8. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления: В 2-х томах. Т. 2. – М.: Интеграл-Пресс, 2003.

9. <http://www.gaps.tstu.ru/win-1251/lab/sreda1/scada/win-1251/s2.html> (дата обращения 26.04.2021)
10. <http://media.ls.urfu.ru/510/1322/2966/> (дата обращения 26.04.2021)
11. https://mipt.ru/upload/medialibrary/88b/Lab_LabView.pdf (дата обращения 26.04.2021)
12. <https://studfile.net/preview/5759839/> (дата обращения 26.04.2021)