

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

МРНТИ 45.03.07

Е.В. Кунтуш¹, Т.И. Сиверская¹*¹Карагандинский индустриальный университет, г.Темиртау, Казахстан
(E-mail: ye.kuntush@ttu.edu.kz)***Имплементация резонанса напряжений электрической цепи посредством прикладных программ MATLAB и Electronics Workbench**

В статье рассматривается применение различных видов электрических резонансов в технике и промышленности. Приведены достоинства и недостатки. Особое внимание уделено резонансу напряжений. Рассмотрены схема, условие и признаки резонанса. Приведены основные уравнения. Приведены виды программных продуктов для моделирования технических систем. Для дальнейшего использования выбраны две программы: MATLAB и Electronics Workbench. В этих программах собраны схемы резонансного контура с одинаковыми параметрами. Показаны имитационные схемы и результаты моделирования.

Ключевые слова: резонанс напряжений, электротехника, моделирование, цепь, ток, программа, виртуальная лабораторная работа, MATLAB, Electronics Workbench.

Введение

Под резонансом в общем случае понимают такое состояние электрической цепи, когда ток и напряжение совпадают по фазе, а эквивалентная схема цепи представляет собой только активное сопротивление [1].

Возможны два вида резонанса: резонанс напряжений при последовательном соединении индуктивности и емкости, резонанс токов при параллельном соединении индуктивности и емкости. Режим резонанса может быть получен при изменении частоты питающего напряжения или изменением параметров индуктивности и емкости [2].

Явление резонанса напряжений используют в электрических фильтрах разного рода, например в фильтрах высокой или низкой частоты, полосовых или резекторных фильтрах [3].

Схема резонансного контура необходима для настройки работы телевизора, емкостного генератора, сварочного аппарата, радиоприемника, её применяет технология «согласование» антенн телевидения, где нужно выбрать узкий диапазон частот некоторых используемых волн. [4].

Резонанс даже использует эстетическая медицина (микротоковая терапия), и биорезонансная диагностика. [4].

Основное применение резонанса токов в радиотехнике — создание большого сопротивления для тока определенной частоты в ламповых генераторах и усилителях высокой частоты. [3].

В электротехнике резонанс токов используется с целью достижения высокого коэффициента мощности нагрузок, обладающих значительными индуктивными и емкостными составляющими. Например, установки компенсации реактивной мощности представляют собой конденсаторы, подключаемые параллельно обмоткам асинхронных двигателей и трансформаторов, работающих под нагрузкой ниже номинальной. [3].

Резонансные явления используют в устройствах, предназначенных для умножения и преобразования частоты. Получение ряда высокочастотных колебаний стабильной частоты связано с техническими трудностями. Поэтому иногда генерируют импульсы специальной формы, при разложении которых в ряд Фурье значительную роль играют высшие гармоники, а затем выделяют нужные гармоники при помощи фильтров, состоящих из резонансных контуров. В электротехнике

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

широко применяются устройства, в которых резонансные явления используются для стабилизации напряжения, регулирования частоты генераторов и других целей. [1, 2].

Электрический резонансный трансформатор, который был разработан Николой Теслой в конце XIX века, является ярким примером практического применения резонанса в электрических цепях. На сегодняшний день высоковольтные резонансные трансформаторы применяют для генерации высокого напряжения и частоты переменного тока. Если простые трансформаторы используют для передачи энергии с первичной на вторичную катушку, то резонансные - для хранения электрической энергии во временном режиме [5].

Наибольшее применение явления резонанса находят в радиопередающей аппаратуре. Но есть у этих явлений и недостатки.

Резонанс напряжений в электротехнике всегда является желательным явлением, так как он может вызывать перенапряжения и выход из строя электронных компонентов, измерительных приборов и другого электрооборудования. [3].

Вред резонансные явления могут нанести, например, на кабельных линиях. Кабель представляет собой линию с распределенными параметрами (индуктивностью и емкостью). И, если на длинную линию подать напряжение в режиме холостого хода (без нагрузки), то может возникнуть резонанс, который может привести к пробое изоляции.

Резонанс напряжения – интересное электротехническое явление, которое будет рассмотрено и смоделировано далее в различных пакетах прикладных программ.

Методы и материалы

Далее рассмотрим резонанс напряжений.

Резонанс напряжений возникает при последовательном соединении элементов (рисунок 1).

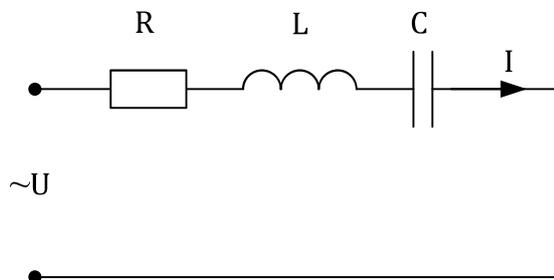


Рисунок 1. Схема резонанса напряжений

Условием резонанса напряжений является равенство реактивных сопротивлений схемы [1, 2]:

$$|x_L| = |x_C|$$

где x_L – индуктивное сопротивление, Ом;

x_C – емкостное сопротивление, Ом.

$$x_L = j\omega L$$

$$x_C = -j \frac{1}{\omega C}$$

Из условия резонанса имеем резонансную частоту

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

$$w = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Ток при резонансе

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}} = \frac{U}{R} \rightarrow \max$$

Признак наступления резонанса в этом режиме – максимальное значение тока в данной цепи. Ток имеет активный характер.

Следовательно, угол между входным напряжением и током в цепи

$$\varphi = \arctg\left(\frac{x}{R}\right) = \arctg\left(\frac{x_L - x_C}{R}\right) = \arctg\left(\frac{0}{R}\right) = 0$$

Напряжение на емкости при резонансе равно напряжению на индуктивности. Особенность этого вида резонанса заключается в том, что напряжения на катушке и на конденсаторе по абсолютной величине равны друг другу и могут значительно превышать напряжение источника, питающего цепь.

Результаты и обсуждение

В настоящее время известно много программных продуктов для математического моделирования технических систем.

В учебном процессе могут использоваться программы, которые условно можно разделить на три типа [6]:

- специализированные математические комплексы для научных и инженерно-технических расчетов (Mathcad, MatLab, Maple, MuPAD, GNU Octave, Scilab, Maxima и др.);
- программы для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических полей методом конечных элементов (ANSYS, ELCUT, Femlab, FEMM, FlexPDE и др.);
- программы для моделирования процессов в электрических цепях и сетях (NI Multisim, Simulink, Electronics Workbench, LabView, EMTP-RV, ATP-EMTP, MicroTran, RTDS Simulator, PSCAD-EMTDC и др.).

Существенно облегчить последовательное усвоение сложного материала позволяет использование информационных технологий в учебном процессе. Сюда следует отнести использование таких пакетов прикладных программ, как Matlab и Electronics Workbench (EWB) [7].

Эти программы моделирования электрических цепей представляют виртуальные лаборатории, включающие обширные библиотеки электронных компонентов. Они дают возможность студентам проверить, насколько имитационные модели резонанса напряжений, собранные в различных пакетах моделирования, соответствуют параметрам цепей лабораторных установок кафедры Энергетика.

Работа с этими программами удобна, поскольку они представляют собой конструктор, с помощью которого из стандартных библиотечных блоков собирается структурная схема. В библиотеке выбирают нужный элемент, который затем переносят на схему [8].

Далее рассмотрим резонанс напряжений, выполненный в программах MATLAB и Electronics Workbench.

Числовые значения параметров имитационных схем соответствуют параметрам стенда ЭВ4ПС, находящихся в аудиториях 116 и 118 кафедры Энергетика главного корпуса КГИУ.

Рассмотрим на примере использования MATLAB Simulink выполнение схемы последовательного соединения элементов для исследования резонанса напряжений [9]. Модель цепи представлена на рисунке 2.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

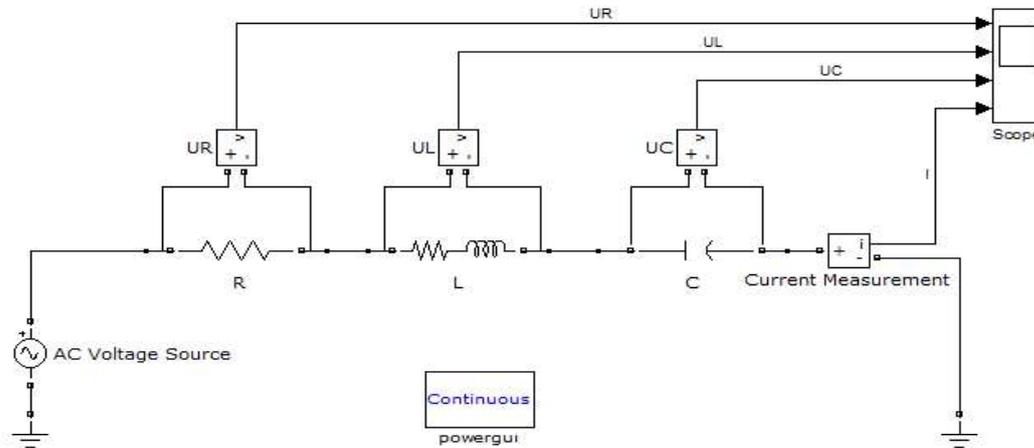


Рисунок 2 - Модель исследования RLC-цепи переменного тока

Окно блока графического интерфейса пользователя (powergui) показано на рисунке 3. При включенном флажке Measurement в поле блока показаны измеряемые величины. В нем представлены значения действующих напряжений и тока, а также начальные фазы этих величин для схемы последовательного соединения элементов.

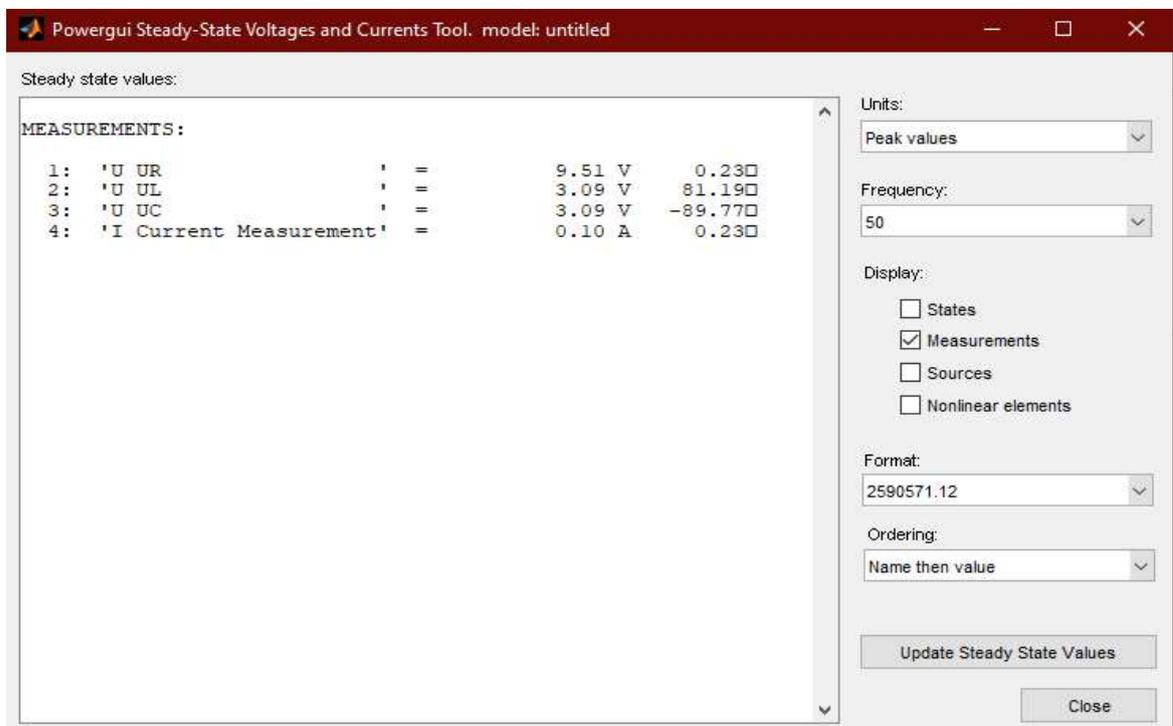


Рисунок 3. Окно блока графического интерфейса пользователя (powergui)

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

На рисунке 4 приведены графики исследуемых величин

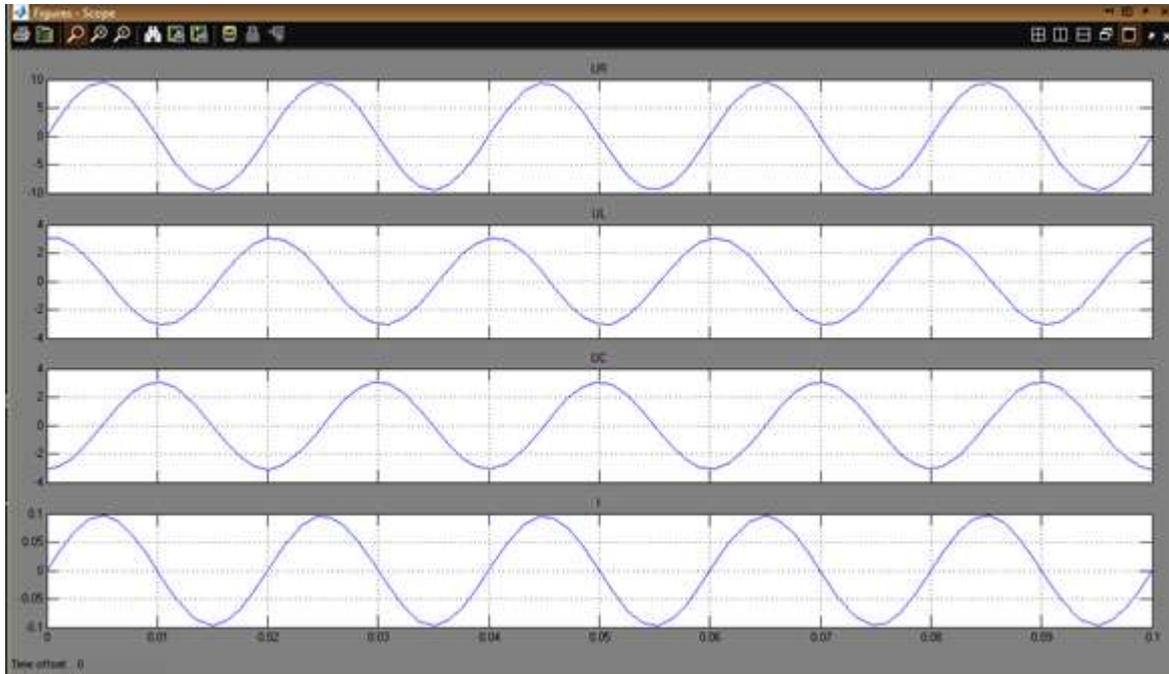


Рисунок 4. Графики исследуемых величин

На рисунке 5 приведена схема резонанса напряжений, собранная в программе Electronics Workbench с аналогичными параметрами [10, 11].

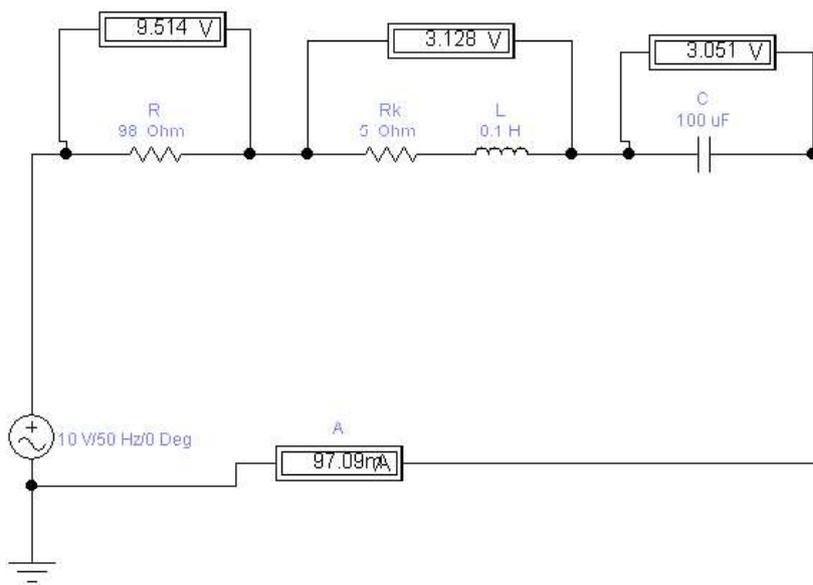


Рисунок 5. Схема последовательного резонансного контура
Выводы

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Проведенные исследования показали, что полученные результаты в программах MATLAB и Electronics Workbench коррелируются со значениями, полученными при проведении опытов на физическом стенде.

Приведенные на рисунках 3 и 5 значения напряжений на емкостном и индуктивном сопротивлениях равны между собой и в рассмотренных программах с погрешностью, допустимой для инженерных расчетов.

Дальнейшее использование программ моделирования MATLAB и Electronics Workbench позволяет выполнять виртуальные лабораторные работы, не имея возможности использования физических установок. Поскольку в этих программах можно визуализировать электротехнические процессы, это позволяет студентам лучше понять и усвоить материал при изучении специальных дисциплин.

Применение виртуальных лабораторных работ в учебном процессе позволяет расширить спектр выполняемых задач, помогает студентам моделировать и создавать имитационные схемы электрических цепей, различные режимы их работы, исследовать их характеристики и анализировать полученные результаты.

Список литературы

- 1 Аполлонский С.М., Виноградов А.Л. Теоретические основы электротехники. - М.: КноРус, 2019. - 352 с.
- 2 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 701 с.
- 3 Применение резонанса напряжений и резонанса токов [Электронный ресурс]: ElectricalSchool.info - образовательный проект на тему электричества и его использования – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/electroteh/1860-primenenie-rezonansa-naprjazhenij-i.html>
- 4 Особенности резонанса токов [Электронный ресурс]: Electroinfo.net онлайн журнал – Режим доступа: <https://electroinfo.net/raznoe/osobennosti-rezonansa-tokov-rezonans-peremennogo-jelektricheskogo-toka.html>
- 5 Резонанс в электрической цепи [Электронный ресурс]: Справочник VS – Режим доступа: https://spravochnikvs.com/rezonans_v_elektricheskoy_cepi
- 6 В.Н. Селиванов. Использование программы расчета электромагнитных переходных процессов АТР-ЕМТР в учебном процессе// Вестник МГТУ. - 2009. – Т.12, №1. - С.107-112.
- 7 Регада О. Н. Расчет и моделирование электрических цепей. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 170 с.
- 8 Карпов А.В., Калабанов С.А., Шагиев Р.И. Современные программные средства структурно-функционального и схемотехнического моделирования. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 36 с.
- 9 Лурье М.С., Лурье О.М. Применение программы MATLAB при изучении курса электротехники. - Красноярск: СибГТУ, 2006.- 208 с.
- 10 Бладыко Ю.В. Практические занятия в электронной лаборатории. Учебно-методическое пособие в 3 ч. — Минск: БНТУ, 2015. — 74 с.
- 11 Захаров Н.Г., Субботин Н.В., Казанков А.А. и др. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Методические указания к лабораторным работам. - Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 30 с.

Е.В. Кунтуш, Т.И. Сиверская

MATLAB және Electronics Workbench қолданбалы бағдарламалары арқылы электр тізбегінің кернеу резонансын жүзеге асыру

Мақалада техника мен өнеркәсіпте электрлік резонанстардың әртүрлі түрлерін қолдану қарастырылады. Артықшылықтары мен кемшіліктері берілген. Кернеу резонансына

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

ерекше назар аударылады. Резонанстың схемасы, жағдайы және белгілері қарастырылады. Негізгі теңдеулер берілген. Техникалық жүйелерді модельдеуге арналған бағдарламалық өнімдердің түрлері келтірілген. Әрі қарай пайдалану үшін екі бағдарлама тандалды: MATLAB және Electronics Workbench. Бұл бағдарламаларда бірдей параметрлері бар резонанстық контур схемалары жинақталған. Модельдеу схемалары мен модельдеу нәтижелері көрсетілген.

Түйін сөздер: кернеу резонансы, электр техникасы, модельдеу, схема, ток, бағдарлама, виртуалды зертхана, MATLAB, Electronics Workbench

Ye.V. Kuntush, T.I. Siverskaya

Implementation of electrical circuit voltage resonance using MATLAB and Electronics Workbench applications

The article discusses the use of various types of electrical resonances in technology and industry. Advantages and disadvantages are given. Particular attention is paid to stress resonance. The scheme, condition and signs of resonance are considered. Basic equations are given. The types of software products for modeling technical systems are given. Two programs were chosen for further use: MATLAB and Electronics Workbench. In these programs, resonant circuit circuits with the same parameters are assembled. Simulation schemes and simulation results are shown.

Keywords: voltage resonance, electrical engineering, simulation, circuit, current, program, virtual lab, MATLAB, Electronics Workbench

References

- 1 Apollonskii S.M., Vinogradov A.L. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki. - M.: KnoRus, 2019. - 352 с.
- 2 Bessonov L.A. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki. Elektricheskie tsepi. - Lyubertsy: Yurait, 2016. - 701 с.
- 3 Primenenie rezonansa napryazhenii i rezonansa tokov [Elektronnyi resurs]: ElectricalSchool.info - obrazovatelnyi proekt na temu elektrichestva i ego ispolzovaniya – Rezhim dostupa: <http://electricalschool.info/spravochnik/electroteh/1860-primenenie-rezonansa-naprjazhenij-i.html>
- 4 Osobennosti rezonansa tokov [Elektronnyi resurs]: Electroinfo.net onlain zhurnal – Rezhim dostupa: <https://electroinfo.net/raznoe/osobennosti-rezonansa-tokov-rezonans-peremennogo-jelektricheskogo-toka.html>
- 5 Rezonans v elektricheskoi tsepi [Elektronnyi resurs]: Spravochnik VS – Rezhim dostupa: https://spravochnikvs.com/rezonans_v_elektricheskoi_tsepi
- 6 V.N. Selivanov. Ispolzovanie programmy rascheta elektromagnitnykh perekhodnykh protsessov ATP-EMTP v uchebnoy protsesse// Vestnik MGTU. - 2009. – T.12, №1. - S.107-112.
- 7 Regeda O. N. Raschet i modelirovanie elektricheskikh tsepei. – Penza: Izd-vo PGU, 2013. – 170 s.
- 8 Karpov A.V., Kalabanov S.A., Shagiev R.I. Sovremennye programmnye sredstva strukturno-funktsionalnogo i skhemotekhnicheskogo modelirovaniya. – Kazan: Kazan. un-t, 2013. – 36 s.
- 9 Lure M.S., Lure O.M. Primenenie programmy MATLAB pri izuchenii kursa elektrotehniki. - Krasnoyarsk: SibGTU, 2006.- 208 s.
- 10 Bladyko Yu.V. Prakticheskie zanyatiya v elektronnoi laboratorii. Uchebno-metodicheskoe posobie v 3 ch. — Minsk: BNTU, 2015. — 74 s.
- 11 Zakharov N.G., Subbotin N.V., Kazankov A.A. i dr. Skhemotekhnika analogovykh elektronnykh ustroystv. Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam. - Ulyanovsk: UIGTU, 2014. – 30 s.