



УДК 004.94

## ИЛЛЮСТРАЦИЯ БАЛАНСА МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ В УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНОМ МОДУЛЕ

*М.И. Кочергин, [max24kochergin@gmail.com](mailto:max24kochergin@gmail.com), А.В. Шутенков,  
[shutenkov@mail2000.ru](mailto:shutenkov@mail2000.ru)*

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники(ТУСУР), г. Томск

В работе описывается учебно-иллюстративный модуль по теме «Баланс мощности» курса «Теоретические основы электротехники». Учебно-иллюстративный модуль – программно-инструментальные приложения к интерактивному учебнику, построенные на основе многоуровневых компьютерных моделей для целей более глубокого раскрытия законов, принципов или методов, излагаемых в какой-либо дисциплине.

**Ключевые слова:** учебно-иллюстративный модуль, компонентная цепь, мощность.

## ILLUSTRATION OF THE POWER BALANCE IN ELECTRICAL CIRCUITS IN THE INSTRUCTIONAL ILLUSTRATIVE MODULE

*M.I. Kochergin, A.V. Shutenkov*

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR), Tomsk

The article describes an educational illustrative module on the topic "Power Balance" of the course "Theoretical Foundations of Electrical Engineering". An educational illustrative module is a software application for interactive textbook and it is based on the basis of multi-level computer models for the purpose of deeper understanding of laws, principles or methods taught in any discipline.

**Keywords:** educational illustrative module, component circuit, power.

Развитие компьютерной техники и компьютерных технологий повысило интерес к использованию компьютера в предметной области образовательного процесса. Актуальным является поиск универсальных технологий автоматизации процесса обучения студентов по естественно-научным дисциплинам.

В данной работе описывается процесс построения учебно-иллюстративного модуля, способствующего более глубокому пониманию одного из законов курса «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) – закона сохранения энергии в электрической цепи или баланса мощностей.

Баланс мощностей является следствием закона сохранения энергии – суммарная мощность вырабатываемая (генерируемая) источниками электрической энергии равна сумме мощностей, потребляемой в цепи. Баланс мощностей используют для проверки правильности расчета электрических цепей.

Представление процесса определения активной и реактивной мощностей производится с использованием учебно-иллюстративного модуля [1]. Учебно-иллюстративным модулем (УИМ) называется программно-инструментальное приложение к интерактивному учебнику, построенное на основе многоуровневых компьютерных моделей. В задачу УИМа входит иллюстрация с максимальной наглядностью студентам смысла и действия закона, метода, принципа или физического эффекта, касающегося изучаемой дисциплины (в нашем случае ТОЭ). Данный подход предполагает, что в теоретическом материале компьютерного учебника по ТОЭ присутствуют гиперссылки, по которым вызываются определенные учебно-иллюстративные модули.



Для реализации УИМ используется многоуровневая среда компьютерного моделирования МАРС [2]. Данная среда моделирования позволяет представить моделируемый эксперимент на трех уровнях (объектном, логическом и визуальном), имеющих свои отображения в соответствующих слоях многослойного редактора. В объектном слое размещается компонентная цепь объекта исследования; в алгоритмическом слое – схема иллюстративного вычислительного эксперимента, в визуальном слое – приборы, выходные графики процессов или вычисления, а также различные средства изменения параметров изучаемого процесса. Алгоритм и схема построения УИМа приведены в работе [1].

В описываемом УИМ рассматривается электрическая схема  $RLC$ -цепи, компонентная цепь которой расположена в объектном слое среды МАРС (рис. 1).

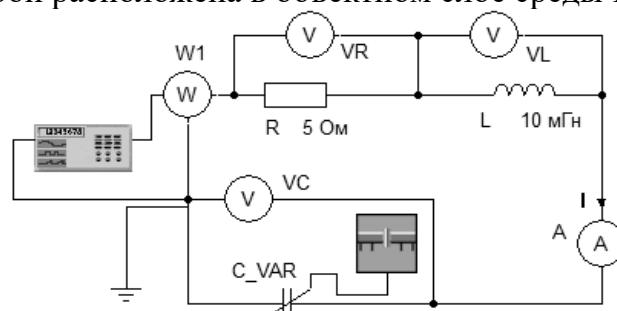
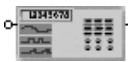


Рис. 1 – Компонентная цепь

В качестве источника энергии используется функциональный генератор (компонент ) , лицевая панель которого представлена на рис. 2. С помощью лицевой панели осуществляется управление параметрами функционального генератора: возможно изменение амплитуды и частоты выходного сигнала, форма сигнала установлена синусоидальная.

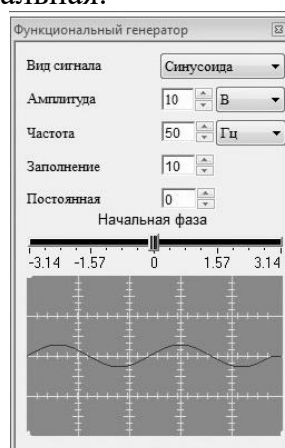



Рис. 2 – Лицевая панель функционального генератора

В схеме используется переменная ёмкость (элемент  $C\_VAR$ ). Регулятор изменения ёмкости (компонент ) отображается в визуальном слое редактора. Измерительные приборы (на схеме компонентной цепи вольтметры  $VR$ ,  $VL$ ,  $VC$ , амперметр  $A$ , ваттметр  $W1$ ) передают измеряемые значения на соответствующие компоненты логического слоя.



В логическом слое производятся вычисления значений величин, необходимых для передачи в визуальный слой. Логический слой используется непосредственным разработчиком УИМ. В среде моделирования MAPS реализован широкий набор компонентов, реализующих различные математические операции (сложение, вычитание, умножение и т.д.) и позволяющих производить предварительную обработку результатов расчета моделируемой схемы с последующей передачей их на визуальный слой.

Для данной цепи в логическом слое реализуются передача значений мощностей источника энергии, алгоритмы определения параметров отдельных элементов цепи, а также любые другие необходимые вычисления, результаты которых затем передаются в визуальный слой. Вид логического слоя для данной цепи представлен на рис. 3.

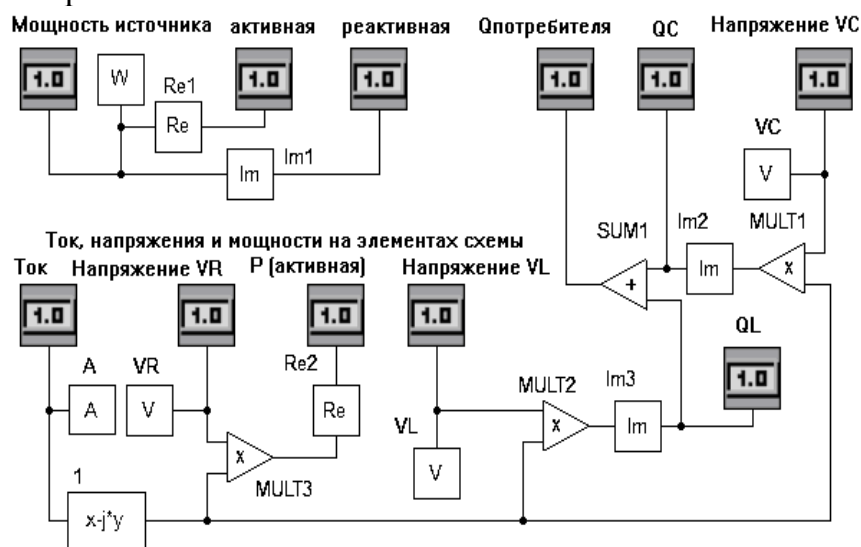




Рис. 3 – Логический слой

Все величины, обозначенные в логическом слое редактора элементом «Цифровое табло» (компонент ) , выводятся в соответствующее окно визуального слоя.

В визуальном слое отображаются показания приборов, получаемые вычисления, а также располагается лицевая панель функционального генератора. Там же присутствует элемент «Индикатор с прямоугольным бегунком» изменения ёмкости, обозначенный в объектном слое системы как  (рис. 4).

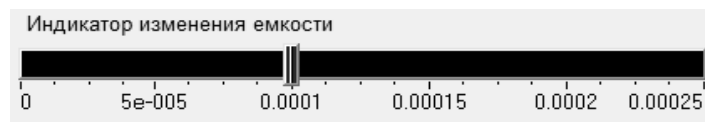


Рис. 4 – Индикатор изменения емкости

Обучаемый студент наблюдает за процессом посредством визуального слоя, вид которого представлен на рис. 5.

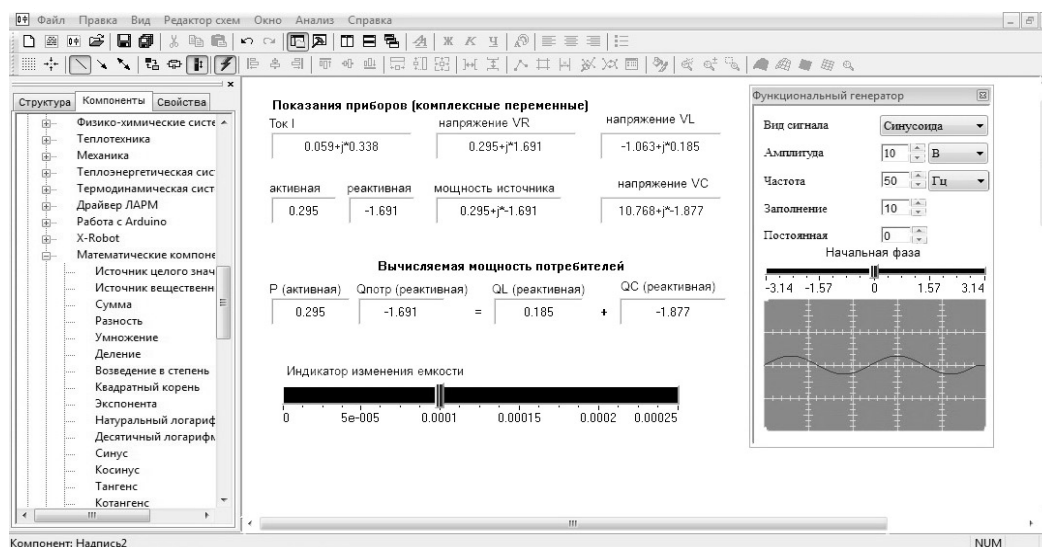


Рис. 5 – Визуальный слой

При изучении материалов компьютерного учебника студент может запустить данный УИМ. Познакомившись с исходной схемой анализируемой цепи, студент переключается в визуальный слой, где имеет возможность наблюдать за ходом эксперимента, т.е. видеть результаты математического расчета мощностей (активной и реактивной) как для источника ЭДС, так и для потребителей.

В окне визуального слоя (см. рис. 5) выводятся вычисляемые мощности потребителей (« $P$  (активная)», выделяемая на резисторе  $R$ , « $Q_{\text{потр}}$  (реактивная)», выделяемая на реактивных элементах цепи), а также показания приборов в виде комплексных переменных: «Ток  $I$ », «напряжение  $V_R$ », «напряжение  $V_L$ », «напряжение  $V_C$ », «мощность источника» (последнее выводится как в комплексном виде, так и отдельно в виде активной и реактивной составляющих).

В ходе эксперимента студент может изменять значение элемента ёмкость (элемент  $C_{VAR}$ ) перемещением движка (см. рис. 4) индикатора изменения ёмкости, а также значения амплитуды и частоты переменного тока с помощью лицевой панели функционального генератора (см. рис. 2, 5). Изменяя любые значения, студент непосредственно наблюдает баланс между мощностями источника ЭДС и потребителей, а также зависимости активной и реактивной мощностей от этих изменений.

### Список цитируемой литературы

1. Дмитриев В.М. Методика применения учебно-иллюстративных модулей в интерактивном учебнике / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, А.В. Сторчак // Современное образование: актуальные проблемы профессиональной подготовки и партнерства с работодателем: материалы междунар. науч.-метод. конф., 30-31 января 2014 г., Россия, Томск. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2014. – 310 с. С. 81-82.
2. Дмитриев В.М. MAPS – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. – Томск: В-Спектр, 2011. – 278 с.