

# АВТОМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB

Рассматриваются особенности и проблемы математического моделирования линейных электрических цепей и их элементов. Применяются графо-аналитический и разностно-итерационный подходы к моделированию цепей и протекающих переходных процессов электрических цепей и возможность их автоматизации с помощью вычислительной среды MATLAB.

## ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является разработка программы, позволяющей рассчитывать как переходные процессы, так и установившиеся режимы цепей на постоянном и синусоидальном токах и анализировать протекающие в них переходные процессы вследствие размыкания/замыкания ключей в указанных ветвях (цепи до второго порядка). Предусмотрен отдельный модуль для генерирования типовых задач.

В качестве языка программирования был выбран скриптовый язык Matlab (диалект языка C++), поскольку сам Matlab – специализированная вычислительная среда, имеющая удобные функции для расчёта систем, заданных матричными математическими моделями.

### I. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Теоретические основы расчёта параметров линейных электрических цепей изложены в [1]. Линейную электрическую цепь можно представить в виде графа, в котором вершинам будут соответствовать узлы, а рёбрам - ветви цепи. Можно задать направление ветвей в соответствии с направлением токов и представить цепь в виде орграфа.

Ориентированный граф без петель однозначно описывается своей матрицей инцидентности, связывающей ветви и узлы электрической цепи следующими соотношениями:

$R_D(i, j) = 1$ , если в  $i$ -ую вершину входит  $j$ -я дуга,

$R_D(i, j) = -1$ , если из  $i$ -ой вершины выходит  $j$ -я дуга,

$R_D(i, j) = 0$ , если  $i$ -ая вершина и  $j$ -ая дуга не соприкасаются.

Каждую ветвь цепи можно представить в виде обобщённой электрической ветви (рис.1). Для всей цепи такое представление реализуемо в виде матрицы, в которой строкам соответствуют значения элементов обобщённой ветви (либо ноль в случае их отсутствия), а столбцам – номера ветвей конкретной цепи.

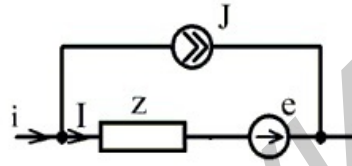


Рис. 1 – Обобщённая ветвь линейной электрической цепи

Подобное представление используется в разработанной программе расчёта докоммутационного режима работы цепей, а также может быть использовано для расчёта токов линейных цепей произвольной структуры на постоянном и синусоидальном токе.

### II. РАЗНОСТНО-ИТЕРАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Для моделирования переходных процессов в цепях 1 и 2 порядка автором используется приближённый итерационный подход к расчёту переходных процессов. Вместо расчёта аналитического выражения производится расчёт точек графиков переходных процессов в дискретные моменты времени для выбранных величин (ветвей). Задаётся некоторый шаг вычислений, определяющий допустимую погрешность, а также длительность вычислений в виде предполагаемого времени окончания переходного процесса.

Возможные способы представления элементов цепи разностно-итерационными моделями подробно рассмотрены в [2]. В разработанной программе автором использовался метод Эйлера первого порядка (полученные схемы замещения представлены на рис.2 а,б).

Общий алгоритм расчёта переходных процессов по данной методике включает следующие этапы:

- расчёт независимых начальных условий;
- задание шага вычислений (либо числа расчётных точек);
- вычисление корней характеристического уравнения и определение предполагаемой длительности переходного процесса, сравнение её с пользовательским значением;
- замена реактивных элементов разностно-итерационными моделями и вычисление

- значений токов и напряжений в данный момент времени;
- переход к следующему моменту времени; перерасчёт разностно-итерационных моделей в соответствии со значениями, полученными на предыдущей итерации;
- повторение алгоритма до предполагаемого времени окончания переходного процесса.

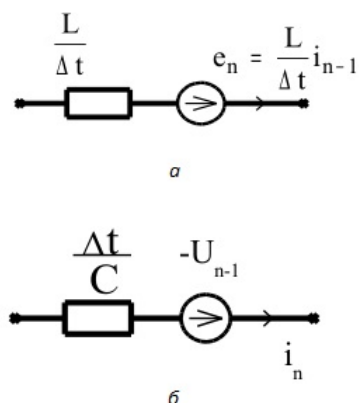


Рис. 2 – Разностно-итерационные схемы замещения реактивных элементов (а - индуктивности, б - ёмкости)

### III. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ

Разработанный программный продукт состоит из нескольких файлов-модулей, позволя-

*Дубовик Александра Родионовна*, студентка 2-го курса факультета информационных технологий и управления Белорусского Государственного Университета Информатики и Радиоэлектроники.

*Научный руководитель: Шилин Леонид Юрьевич*, профессор кафедры теоретических основ электротехники Белорусского Государственного Университета Информатики и Радиоэлектроники, доктор технических наук, dekfitu@bsuir.by.

ющих решать задачи расчёта и моделирования установившихся процессов (файлы conturdc.m и contugac.m для постоянного и переменного тока соответственно), а также переходных режимов (TEC22.m). Для работы с программой необходимо установить MATLAB версии не ниже 7.8.

Правила ввода исходных данных в программу подробно расписаны в обучающем файле TEC21.m, производящем расчёт токов заданной цепи на постоянном и переменном токе с необходимыми текстовыми пояснениями.

Таким образом, автором разработан программный продукт для расчёта переходных процессов и их параметров (начальных условий, корней характеристического уравнения, постоянных времени) в сложных электрических цепях. Его можно применять аналогично программам семейства Spice для моделирования режимов работы цепей, а также для обучения студентов на практических занятиях и как генератор заданий типовых расчётов по дисциплине «Теория электрических цепей».

1. Л. Ю. Шилин и др. Теория электрических цепей: методическое пособие к выполнению контрольных заданий для студ. Всех спец. БГУИР заоч.формы обуч. Минск, БГУИР, 2010.
2. Сохор Ю. Н. Вычислительные модели и алгоритмы тензорного анализа сетей. Учебно-методическое пособие. – Псковск. гос. политехн. ин-т. – Псков: Издательство ППИ, 2008. – 162 с.