

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ И АНАЛИЗА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Шилин Л. Ю., Муравейко Р. О., Борисюк А. Р., Драгун Д. В.  
Кафедра информационных технологий автоматизированных систем,  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: {ruslanmuraveiko, Arhip1227726}@gmail.com, ddragun2004@mail.ru

*В работе рассмотрены и объяснены метод генерации схемы электрической цепи и метод анализа цепи на техническом устройстве; решение схемы в матричном виде, понятном для технического устройства; затронута тема стандартизированного условного обозначения компонентов электрической цепи.*

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированная система генерации и анализа схемы электрической цепи представляет собой приложение, которое позволяет пользователям быстро и точно создавать электрические схемы, а также проводить их анализ с использованием различных методов. Такие системы не только упрощают процесс проектирования, но и минимизируют вероятность ошибок, связанных с ручным расчетом и моделированием [1].

### I. СТАНДАРТИЗИРОВАННОЕ УСЛОВНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЦЕПИ

Немаловажно отметить, что каждый компонент и проводник имеют стандартизированное условное отображение в приложении, установленное в ГОСТ 2.701-2008, ГОСТ 2.710-81, ГОСТ 2.755-87, ГОСТ 2.721-74 и других документах этой группы. В нашем случае, не будем придерживаться точных размеров компонентов, указанных в вышеперечисленных документах, а будем ссылаться на формы их представления для более удобного восприятия.

### II. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Процесс генерации схемы электрической цепи включает несколько ключевых этапов, каждый из которых играет важную роль в создании корректной и функциональной схемы. Рассмотрим эти этапы более подробно [2-4]:

1. Изначально пользователь задает начальные значения: выбирает метод решения, количество уравнений для выбранного метода, узлов, ветвей, а также тип тока: переменный или постоянный. Также важно, что количество ветвей зависят от количества узлов, а количество уравнений зависят от узлов и ветвей;
2. После нажимает на кнопку сгенерировать схему;
3. Система создает матрицу точек и их координат, которые соединяются в форме квадрата. Также все узлы и ветви нумеруются и сохраняются в соответствующих матрицах;

4. После система начинает по заданным параметрам генерировать схему, соединяя точки по углам квадрата и серединам ребер квадрата;
5. Затем считает количество активных элементов, которые должны присутствовать на цепи для соответствия с заданным числом уравнений в зависимости от выбранного пользователем метода;
6. Далее система распределяет все элементы на каждую ветвь. Каждый элемент нумеруется и сохраняется в матрице элементов;
7. После она заполняет матрицу циклов:
  - 7.1. начиная с активного элемента, система обходит все ветви схемы, формируя цикл. В процессе обхода она добавляет в цикл текущие элементы в порядке их следования. Также системе запрещается идти по уже пройденным ветвям. Конечная цель – вернуться к начальному элементу и получить цикл;
  - 7.2. затем происходит обработка циклов: система сравнивает каждый полученный цикл с каждым, удаляя при этом лишние;
  - 7.3. в итоге получает полную матрицу циклов;
8. Следом система генерирует числовые значения для каждого элемента, отталкиваясь от промежутков возможных числовых данных, заданных изначально в системе;
9. По завершении она отрисовывает схему электрической цепи и таблицу элементов, указав условное обозначение каждого элемента и его числовое значение.

### III. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА АНАЛИЗА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Анализ электрической цепи включает в себя определение токов и напряжений в её элементах. В нашем случае для анализа используется метод узловых потенциалов. В первую очередь приведем алгоритм определения матриц для анализа схемы [5]:

1. Сначала система составляет узловую матрицу следующим образом:

- 1.1. анализируя матрицу циклов, ищет ячейки, где сумма элементов по строке либо по столбцу равняется 1;
- 1.2. при нахождении данной ячейки, система объединяет данные элементы, причем первым элементом идет номер строки, вторым – номер столбца. Так получает ветви схемы и переносит найденные ветви в столбцы созданной узловой матрицы;
- 1.3. далее система, двигаясь по строкам матрицы циклов, ищет ячейки, где сумма элементов по строке либо по столбцу больше либо равна 2;
- 1.4. если такая ячейка найдена, то создается новая строка в узловой матрице, где -1 ставится элементу, который находится на горизонтали, а 1 элементу на вертикали. Остальным элементам, находящимся на рассматриваемой строке, ставится 0;
- 1.5. ту же работу система проделывает, двигаясь по столбцам, соответственно поменяв знаки на противоположные. Таким образом получает узловую матрицу;

2. Теперь система составляет диагональную матрицу проводимостей ветвей:

- 2.1. анализируя ветви схемы из полученной узловой матрицы, система составляет формулы для нахождения проводимости каждой ветви;
  - 2.2. обратившись к матрице элементов, находит численные данные. Также система учитывает тот факт, что у источника тока бесконечное внутреннее сопротивление, а у ЭДС внутреннее сопротивление равняется 0;
  - 2.3. зная все узлы схемы, система заполняет матрицу по диагонали;
3. Оставшиеся матрицы система формирует, используя ранее найденные матрицы. Для дальнейшего хода алгоритма она обнуляет в узловой матрице первый узел.

Теперь приведем алгоритм анализа схемы:

1. Система составляет матричную запись закона Ома для токов в ветвях, указав диагональную матрицу проводимостей, матрицу-столбец напряжений на зажимах ветвей, матрицу-столбец ЭДС и матрицу-столбец источников тока:

$$\dot{I} = \underline{Y} (\dot{U} + \dot{E}) - j$$

2. Далее умножает обе части равенства на узловую матрицу, учитывая первый закон Кирхгофа:

$$\underline{AY} (\dot{U} + \dot{E}) = A\dot{J}$$

3. После этого, принимая потенциал узла, для которого отсутствует строка в узловой мат-

рице, равным нулю, определяет напряжения на зажимах ветвей:

$$\dot{U} = A^T \dot{\phi}$$

4. Подставляя найденные напряжения в ранее составленное равенство, получаем матричное уравнение вида:

$$\underline{AY} A^T \dot{\phi} = A\dot{J} - \underline{AY} \dot{E}$$

5. Данное уравнение представляет собой узловые уравнения в матричной форме. Если обозначить:

$$\underline{Y}_y = \underline{AY} A^T$$

$$\dot{J}_y = A\dot{J} - \underline{AY} \dot{E}$$

то получим матричную форму записи уравнений, составленных по методу узловых потенциалов:

$$\underline{Y}_y \dot{\phi} = \dot{J}_y$$

6. В итоге, при анализе цепи с постоянным током система, решая данное уравнение, рассчитывает значения всех токов в ветвях в виде комплексного числа в алгебраической форме.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, автоматизированные системы генерации и решения схем электрических цепей становятся неотъемлемой частью современного проектирования в области электроники и электротехники. Их внедрение открывает новые горизонты для инженеров и студентов, позволяя им эффективно справляться с задачами, которые ранее требовали значительных временных и интеллектуальных ресурсов. В будущем можно ожидать дальнейшего развития таких систем, что приведет к еще большему повышению их функциональности и удобства использования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности современных программ автоматизированного анализа цепей [Электронный ресурс] / Студми. – Режим доступа: <https://studme.org/174058/tehnika/>. –Дата доступа: 20.10.2024.
2. Зевеке, Г. В., Ионкин, П. А., Нетушил, А. В., Страхов, С. В. Основы теории цепей: Учеб. для вузов – 5-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528с.
3. Матханов, Х. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи.: Учеб. для электротехн. и радиотехн. спец. 3-е изд. переработ. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 400 с.
4. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учеб. для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1978. – 528 с.
5. Основы матричных методов расчета электрических цепей [Электронный ресурс] / Ландата. – Режим доступа: <http://www.ups-info.ru>. – Дата доступа: 20.10.2024.