

О геометро-графическом способе решения задач на примере расчета простого электрического контура

On the geometric-graphic method for solving problems on the example of calculating a simple electrical circuit

Бойков А.А.

старший преподаватель кафедры инженерной графики РТУ МИРЭА
e-mail: albophx@mail.ru

Boikov A.A.

senior lecturer of department of engineering graphics of MIREA – Russian Technological University
e-mail: albophx@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается решение расчетных задач для простой электрической схемы с одним или несколькими последовательно соединенными резисторами. Для расчетов предлагается графическая модель. Сила тока, напряжение и сопротивление представляются длинами отрезков. Показано применение модели для расчета силы тока в контуре, напряжения на каждом из сопротивлений, а также выбора недостающего сопротивления при условии ограничения напряжения или силы тока на полезной нагрузке. Графическая модель может быть параметризована в параметрической САПР и использоваться многократно.

Ключевые слова: гиперфрактал, алгебраические фракталы, многомерная геометрия, множество Жюлиа, множество Мандельброта, предметный дизайн.

Abstract

The article discusses the solution of computational problems for a simple electrical circuit with one or several series-connected resistors. A graphic model is proposed for calculations. Current, voltage, and resistance are represented by the length of a straight-line segment. The application of the model is shown for calculating the current in the circuit, the voltage across each of the resistances, as well as the selection of the missing resistance under the condition of limiting the voltage or current on the payload. The graphic model can be parameterized in parametric CAD and reused.

Keywords: hyper-fractal, algebraic fractal, multidimensional geometry, Julia set, Mandelbrot set, object design

1. Подавляющее большинство научно-методических работ в области геометро-графического образования в последнее время посвящено вопросам 3D-моделирования и применения современных САПР при решении типовых задач начертательной геометрии и инженерной графики [1–5]. В связи с чем возникает отношение к начертательной геометрии, как к науке «устаревшей» и не нужной [6–7], поскольку для построения чертежей деталей и сборочных единиц проще и удобнее применять системы 3D-моделирования и САПР.

В действительности начертательная геометрия является одним из инструментов геометрического моделирования вообще, которое, в свою очередь, является методом математического моделирования, и может быть использована по необходимости при решении задач любой предметной области геометрическим или геометро-графическим способом [8–10].

Настоящая работа продолжает цикл публикаций, начатый в [10], и посвященный решению негеометрических задач геометрическими или геометро-графическими способами. В ней рассматривается один подход к расчету простых электрических контуров.

2. Рассмотрим простой электрический контур с одним источником ЭДС и одним сопротивлением (рис. 1).

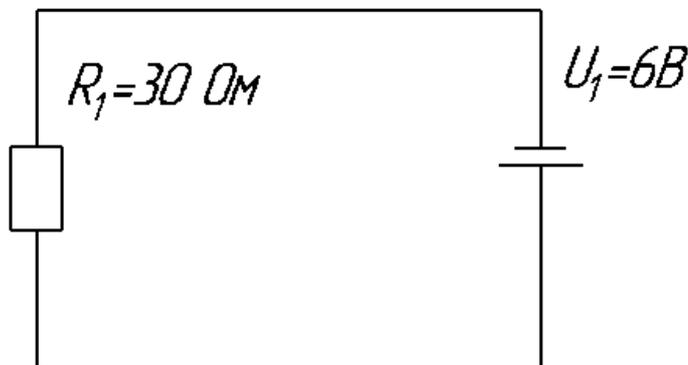


Рис. 1. Простой электрический контур

Пренебрегая сопротивлением источника, можем записать формулу для определения тока в контуре [11]:

$$I = U/R \quad (1)$$

Построим геометрическую модель задачи. Для этого необходимо выразить U , R и I в виде параметров геометрических объектов, например, длин отрезков. Модель может быть, к примеру, такой, как показано на рис. 2. Здесь две неподвижные шкалы U и R и подвижная шкала I , отступающая от точки на шкале R на единицу вправо. Меняя начальные значения U и R , на шкале I мы будем получать соответствующие значения величины тока в контуре.

Докажем это. Поскольку параллельные прямые (вертикальные) отсекают на сторонах угла пропорциональные отрезки, запишем: $R/I = U/I$ или $I/I = U/R$, т.е. получим формулу (1). Использованное построение известно, как графическое умножение или деление [12–13].

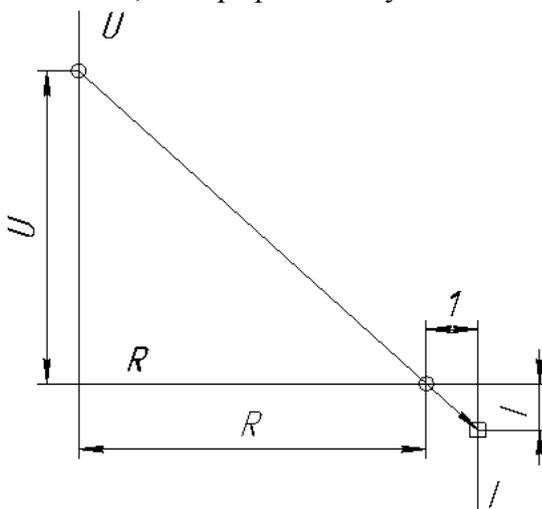


Рис. 2. Геометро-графическая модель к расчету простого контура

Поскольку математическая модель, определяемая формулой (1), включает три величины, ее геометрический аналог – поверхность трехмерного пространства с координатами (U, R, I) . В изображении на плоскости объектов 3-мерного пространства состоит предмет начертательной геометрии, при этом существуют различные способы такого изображения, так называемые плоские интерпретации или плоские модели. Классическими являются эпюр Монжа, аксонометрическая проекция и проекция с числовыми отметками, но существуют и

другие [14]. Выбранный нами способ изображения порождает еще одну подобную интерпретацию.

3. Предположим, что в контур добавлено сопротивление (рис. 3, а). Поскольку сопротивление участка цепи при последовательном соединении равно сумме сопротивлений [11] ($R=R_1+R_2$), а сумма длин отрезков легко реализуется графически, геометро-графическая модель изменится, как показано на рис. 3, б).

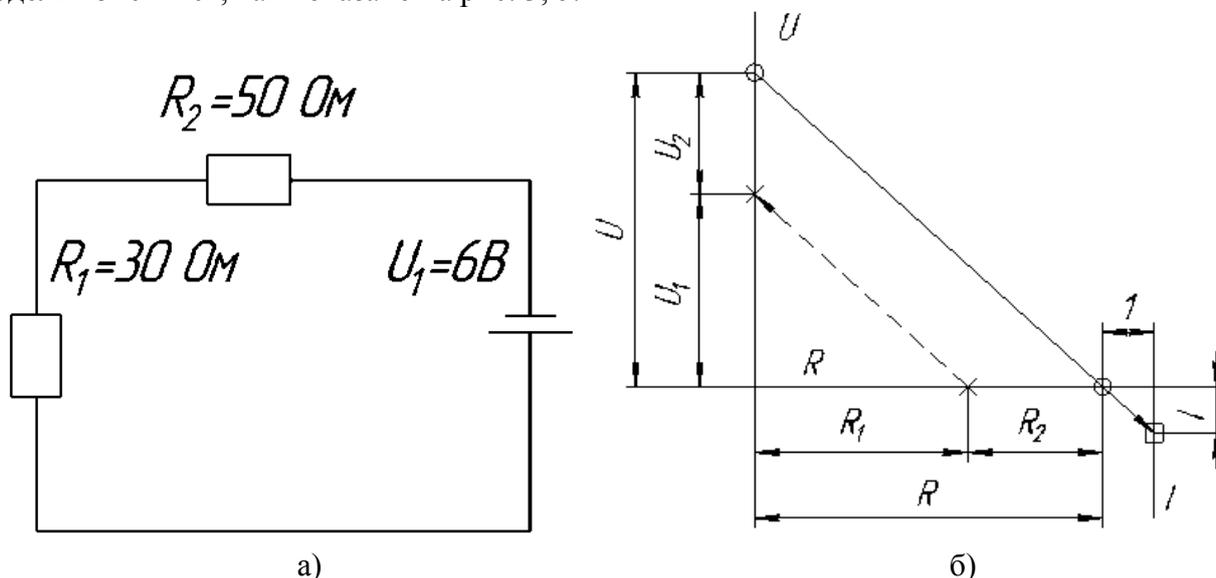


Рис. 3. Контур с двумя сопротивлениями и измененная геометро-графическая модель

Из рис. видно, что геометро-графическая модель мгновенно начинает работать и в другую сторону – позволяет найти ток в контуре и показывает напряжения на каждом из сопротивлений. Очевидно, сказанное справедливо для любого числа последовательно соединенных сопротивлений.

4. Предположим, что R_1 – полезная нагрузка и напряжение на ней не должно превышать некоторого значения U_{max} . Модель позволяет определить сопротивление R_2 , которое требуется добавить в контур для достижения этого значения, а также соответствующее значение тока в контуре (рис. 4).

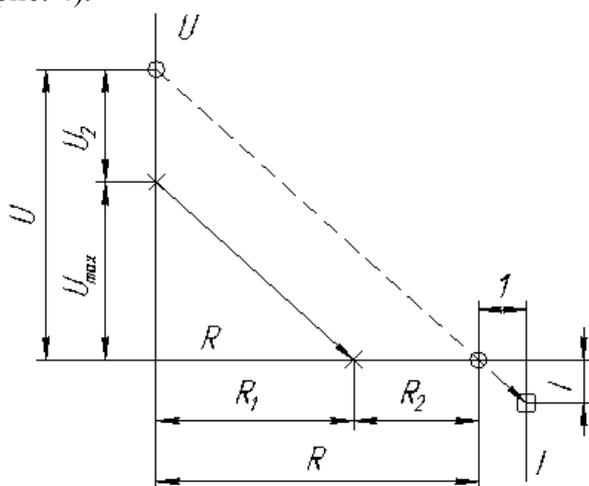


Рис. 4. Определение R_2 для заданного U_{max} графическим способом

5. Предположим, что требуется ограничить ток в контуре некоторым значением I_{max} и необходимо определить значение R_2 , которое позволяет этого добиться.

Проведем дополнительное исследование. Меняя значение R_2 в диапазоне от 0 до некоторого значения R_{max} , построим диаграмму соответствующих токов (рис. 5).

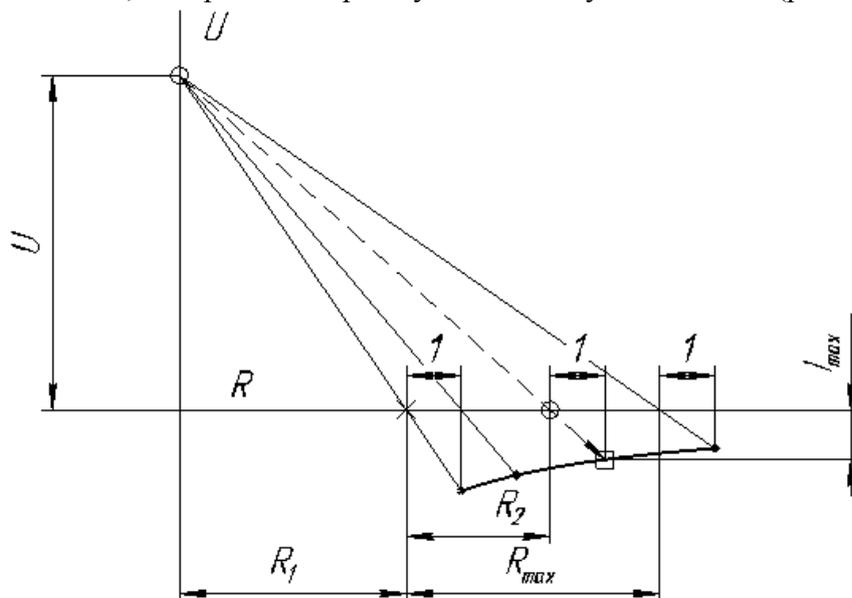


Рис. 5. Построение диаграммы токов для диапазона сопротивлений $R_1..R_1+R_{max}$ и использование ее для нахождения R_2 при заданном I_{max}

Ранее отмечалось, что модель содержит три величины и соответствует поверхности трехмерного пространства с координатами (U, R, I) . Считая U постоянным, мы получаем плоскую кривую, которая является сечением этой поверхности плоскостью $U=const$. Построенная диаграмма токов является проекцией этого сечения в выбранной нами интерпретации.

Отмечая на диаграмме точку I_{max} , находим требуемое сопротивление R_2 . Диаграмма для данного значения U строится один раз и может использоваться многократно.

6. Основные результаты.

Было показано применение геометрического (геометро-графического) подхода к решению негеометрической задачи расчета простого контура для случая $1..n$ последовательно соединенных сопротивлений.

Была показана одна из возможных геометрических моделей указанной задачи. Она легко параметризуется в параметрической САПР типа «Компас-3D» или *T-Flex*, после чего начинает работать как вычислительная программа, причем не требуется характерное для аналитического подхода преобразование формул, выражение одних величин через другие.

Представляет интерес дальнейшее исследование для случая параллельного соединения сопротивлений, использования катушек индуктивности и конденсаторов, выявления алгоритма конструирования моделей для произвольных контуров, а также исследование интерпретации трехмерного пространства, стоящей за предложенной моделью.

Литература

1. Федосеева М.А. Методика подготовки студентов технических вузов графическим дисциплинам // Геометрия и графика. – 2019. – №1. – С. 68–73. – DOI: 10.12737/article_5c91fed8650bb7.79232969
2. Усатая Т.В., Дерябина Л.В., Решетникова Е.С. Современные подходы к проектированию изделий в процессе обучения студентов компьютерной графике // Геометрия и графика. – 2019. – №1. – С. 74–82. – DOI: 10.12737/article_5c91fd2bde0ff7.07282102

3. *Филимонова О.С.* Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» в системе высшего военного образования // Геометрия и графика. – 2018. – №4. – С. 88–99. – DOI: 10.12737/article_5c21fba3f26c35.85693389
4. *Панченко В.А.* Современные средства обучения графическим дисциплинам студентов заочной формы обучения // Геометрия и графика. – 2018. – №4. – С. 72–87. – DOI: 10.12737/article_5c21fa732f6b62.81431444
5. *Поликарпов Ю.В.* Содержание вузовского курса начертательной геометрии в эпоху третьей промышленной революции // Геометрия и графика. – 2018. – №3. – С. 49–55. – DOI: 10.12737/article_5bc453447db654.91666264
6. *Тунаков А.П.* Зачем преподавать студентам умирающие дисциплины // Поиск. – 2007. №11 (929).
7. *Хейфец А.Л.* Начертательная геометрия как «бег в мешках» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2015. – Т. 1. – С. 298–325.
8. *Савельев Ю.А., Черкасова Е.Ю.* Вычислительная графика в решении нетрадиционных инженерных задач // Геометрия и графика. – 2020. – №1. – С. 33–44. – DOI: 10.12737/2308-4898-2020-33-44
9. *Волошинов Д.В.* Конструктивное геометрическое моделирование. Теория, практика, автоматизация: монография / Д.В.Волошинов. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2010. – 355 с.
10. *Белим С.С., Бойков А.А., Коровина А.В.* О построении фазовых диаграмм двухкомпонентных систем в САПР «Компас–3D» геометрическим способом // Журнал технических исследований. – 2020. – Т.6, №2. – С. 9–14.
11. *Борисов Ю.М.* Электротехника / Ю.М. Борисов, Д.Н. Липатов, Ю.Н. Зорин. – Москва: Энергоатомиздат, 1985. – 552 с.
12. *Головнин Д.Н.* Графическая математика. – М.–Л.: ГНТИ, 1931. – 216 с.
13. *Рунге К.* Графические методы математических вычислений. – М.–Л.: Гостехиздат, 1932. – 168 с.
14. *Пеклич В.А.* Высшая начертательная геометрия. – Москва: АСВ, 2000. – 344 с.