

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА МЕТОДОМ РАЗДЕЛЕННЫХ ЦЕПЕЙ

Әлімбекова А.Р.^{1,*}  Бакытов Д.А.² 

¹IT школа-лицей №28 имени Кулжабая Касымова, Республика Казахстан, г. Талдыкорган

²Школа-гимназия №16, Республика Казахстан, г. Талдыкорган

*e-mail: rahatovna.aa@gmail.com

Теория электрических цепей основана на знаниях об общих понятиях, законах электрических цепей. Теория которая описывает функционирование и методы расчета цепей постоянного и переменного тока, может быть построена как выводное знание из общих теоретических посылок. В статье рассматривается метод «разделенных цепей», приводятся примеры определения эквивалентного сопротивления используя данный метод. Показана эффективность и границы применения метода «разделенных цепей».

Ключевые слова: электричество, сопротивление, электрическая цепь, параллельное соединение, последовательное соединение.

Введение

В практике решения задач по расчету цепей постоянного тока часто бывает необходимо найти эквивалентные сопротивления. С этой целью иногда можно использовать следующий способ преобразования схем, который можно условно назвать методом разделенных цепей [1-5]. Предварительно напомним, что для случая двух ветвей параллельного соединения общее или эквивалентное сопротивление R находится из равенства:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1)$$

Откуда

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

При трех ветвях из равенства

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (3)$$

Имеем

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_2} \quad (4)$$

Материалы и методы

Поясним, в чем состоит предлагаемый метод «разделенных цепей».

Представим себе, что металлическую пластинку, имеющую прямоугольное поперечное сечение (или обычную проволоку круглого сечения), мы мысленно разрежем по направлению продольной оси на две равновеликие части. Тогда, очевидно, площадь поперечного сечения каждой половины делается вдвое меньше, а поэтому сопротивление ее станет вдвое больше. Такую операцию мы можем применять в целях разделения цепей.

Основная часть

Метод разделённых узлов, также известный как метод разделённых цепей, является одним из методов анализа сложных электрических цепей. Этот метод основан на принципе сохранения энергии в узлах сети и законе Кирхгофа.

Процесс решения методом разделённых узлов включает в себя следующие шаги:

1. Определите узлы в цепи.
2. Назначьте направление токов в каждой ветви.
3. Запишите закон Кирхгофа для каждого узла.
4. Решите уравнения для неизвестных токов.
5. Вычислите напряжения и токи в каждой ветви, используя найденные значения токов.
6. Проверьте точность решения, удостоверившись, что сумма токов, втекающих в узел, равна сумме токов, вытекающих из узла.

Результаты и обсуждения

При работе с цепями постоянного тока особое внимание следует уделять направлению токов и полярности напряжений. Это поможет избежать ошибок при записи законов Кирхгофа и обеспечит точные результаты.

Поясним это на следующем примере (рисунок 1).

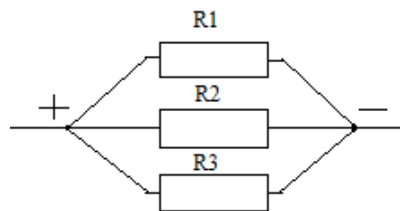


Рисунок 1 – Электрическая схема

Пусть $R_1=3$ Ом, $R_2=2$ Ом, $R_3=4$ Ом. Тогда эквивалентное сопротивление равно

$$R = \frac{3 \cdot 2 \cdot 4}{3 \cdot 2 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 4} = \frac{12}{13} \text{ Ом} \quad (5)$$

«Разрежем» теперь сопротивление $R_2=2$ Ом вдоль и разделим цепи, удерживая на месте точки разветвления (рисунок 2).

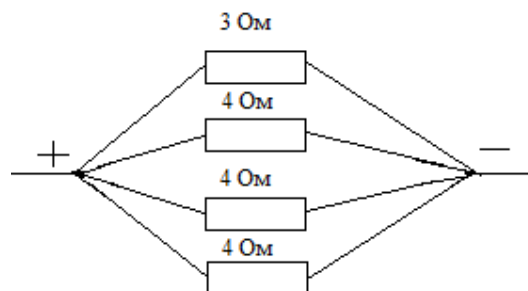


Рисунок 2 – Электрическая схема

Тогда мы перейдем к следующей схеме замещения. Для двух верхних сопротивлений эквивалентное

$$R' = \frac{3 \cdot 4}{3 + 4} = \frac{12}{7} \text{ Ом} \quad (6)$$

А для двух нижних

$$R'' = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 2 \text{ Ом} \quad (7)$$

Наконец искомое сопротивление

$$R = \frac{\frac{12}{7} \cdot 2}{\frac{12}{7} + 2} = \frac{12}{13} \text{ Ом} \quad (8)$$

Как видно, мы не сделали никакой ошибки, произведя разделение цепей. Конечно, мы не собираемся усложнять схемы, а, наоборот, используя этот метод, можно в сложных случаях смешанного сопротивления перейти к простым схемам. Это видно на примерах следующих задач [6-10].

1. Применяя свое понимание эквивалентного сопротивления параллельных ответвлений к комбинированной схеме, комбинированная схема может быть преобразована в последовательную схему. Затем понимание эквивалентного сопротивления последовательной цепи может быть использовано для определения общего сопротивления цепи. Рассмотрим приведенные ниже электрические цепи. Схема 1 представляет собой комбинированную соединение с резисторами R2 и R3, расположенными в параллельных ответвлениях. Два параллельных резистора по 4 Ом эквивалентны сопротивлению в 2 Ом. Таким образом, две ветви могут быть заменены одним резистором с сопротивлением 2 Ом. Это показано на рисунке 3. Теперь, когда все резисторы подключены последовательно, формула для общего сопротивления последовательных резисторов может быть использована для определения общего сопротивления этой цепи.

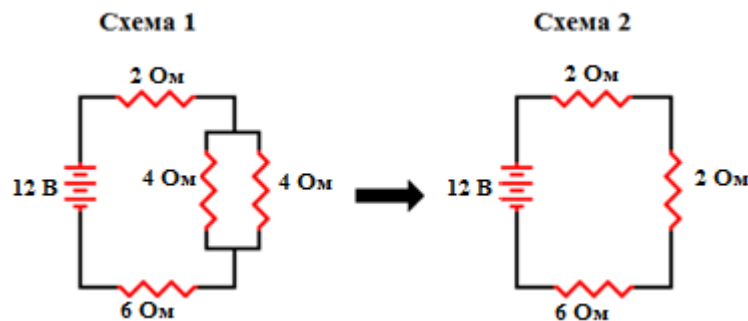


Рисунок 3 – Электрическая схема

2. Например необходимо определить, при каких условиях в мостовой схеме через перемычку моста не течет ток.

В мостовой схеме используется для измерения сопротивлений и других параметров электрических цепей. Когда через перемычку моста не течет ток, это означает, что разность потенциалов на перемычке равна нулю. Это условие можно достичь, учитывая следующие факторы:

Равенство отношений сопротивлений: При условии, что отношение сопротивлений в двух ветвях мостовой схемы одинаково, ток через перемычку будет равен нулю. Для этого необходимо, чтобы отношение сопротивлений двух ветвей было равно отношению сопротивлений других двух ветвей.

Балансное соотношение: В мостовой схеме ток через перемычку будет нулевым, если справедливо условие баланса, то есть когда произведение сопротивлений в одной паре ветвей равно произведению сопротивлений в другой паре ветвей.

Сбалансированные соединения: Для того чтобы ток через переключку был равен нулю, необходимо, чтобы цепи в мостовой схеме были сбалансированы и сопротивления в них были выбраны таким образом, чтобы обеспечить баланс в мостовой схеме.

Обычно, для определения неизвестного сопротивления в мостовой схеме, используют метод подбора, при котором изменяют известное сопротивление до тех пор, пока ток через переключку не станет равен нулю.

Используя эти условия, вы можете определить, при каких условиях в мостовой схеме через переключку не будет течь ток.

Заключение

Конечно, метод разделенных цепей можно применять лишь для нахождения эквивалентных сопротивлений, но не при расчете токов, так как при этом меняется токораспределение. Однако отыскание эквивалентного сопротивления при заданном неразветвленном токе даст возможность найти напряжение между узловыми точками, после чего расчет токов становится довольно простым.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Engelhardt P. V., Beichner R. J. Students' understanding of direct current resistive electrical circuits //American journal of physics. – 2004. – Т. 72. – №. 1. – С. 98-115.
2. Паршина А. В. и др. Расчет электрических цепей постоянного тока //Текст: электронный/АВ Паршина, ДМ Живоносная. – 2020.
3. Burde J. P., Wilhelm T. Teaching electric circuits with a focus on potential differences //Physical Review Physics Education Research. – 2020. – Т. 16. – №. 2. – С. 020153.
4. Федорова И. А. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА. – 2016.
5. White B. Y., Frederiksen J. R., Spoehr K. T. Conceptual models for understanding the behavior of electrical circuits //Learning electricity and electronics with advanced educational technology. – Springer Berlin Heidelberg, 1993. – С. 77-95.
6. Трофимова Т. И. Сборник задач по курсу физики. – 2013.
7. Smith D. P., van Kampen P. Teaching electric circuits with multiple batteries: A qualitative approach //Physical Review Special Topics-Physics Education Research. – 2011. – Т. 7. – №. 2. – С. 020115.
8. Козел С. М., Рашба Э. И., Славатинский С. А. Сборник задач по физике. – М.: Наука, 1987. – Т. 2.
9. Serway R. A., Jewett J. W. Physics for scientists and engineers. – Cengage learning, 2018.
10. Thornton S. T., Rex A. Modern physics for scientists and engineers. – Cengage Learning, 2012.

REFERENCES:

1. Engelhardt P. V., Beichner R. J. Students' understanding of direct current resistive electrical circuits //American journal of physics. – 2004. – Т. 72. – №. 1. – С. 98-115.
2. Parshina A.V. i dr. Raschet elektricheskikh cepei postoyannogo toka// Tekst: elektronnyi/ AV Parshina, DM Zhivonosninskaiya. – 2020.
3. Burde J. P., Wilhelm T. Teaching electric circuits with a focus on potential differences //Physical Review Physics Education Research. – 2020. – Т. 16. – №. 2. – С. 020153.
4. Fedorova I. A. Raschet elektricheskikh cepei postoyannogo toka. – 2016.
5. White B. Y., Frederiksen J. R., Spoehr K. T. Conceptual models for understanding the behavior of electrical circuits //Learning electricity and electronics with advanced educational technology. – Springer Berlin Heidelberg, 1993. – С. 77-95.
6. Trofimova T.I. Sbornik zadach po kursu fiziki. – 2013.

7. Smith D. P., van Kampen P. Teaching electric circuits with multiple batteries: A qualitative approach //Physical Review Special Topics-Physics Education Research. – 2011. – Т. 7. – №. 2. – С. 020115.
8. Kozel S.M., Rashba E.I., Slavatskiy S.A. Sbornik zadach po fizike. – М.: Nauka, 1987. – Т. 2.
9. Serway R. A., Jewett J. W. Physics for scientists and engineers. – Cengage learning, 2018.
10. Thornton S. T., Rex A. Modern physics for scientists and engineers. – Cengage Learning, 2012.

БӨЛІНГЕН ТІЗБЕКТЕР ӘДІСІМЕН ТҰРАҚТЫ ТОК ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІН ЕСЕПТЕУ

Әлімбаева А.Р.¹, Бакытов Д.А.²

¹ Құлжабай Қасымов атындағы №28 ІТ мектеп-лицейі, Талдықорған қ., Қазақстан

² №16 мектеп-гимназиясы, Талдықорған қ., Қазақстан

*e-mail: rahatovna.aa@gmail.com

Аннотация. Электр тізбектерінің теориясы жалпы ұғымдарды, электр тізбектерінің заңдылықтарын білуге негізделген. Тұрақты және айнымалы ток тізбектерінің жұмыс істеуі мен есептеу әдістерін сипаттайтын теорияны жалпы теориялық алғышарттардан дедуктивті білім ретінде құруға болады. Мақалада "бөлінген тізбектер" әдісі қарастырылады, осы әдісті қолдана отырып, эквивалентті кедергіні анықтау мысалдары келтірілген. "Бөлінген тізбектер" әдісін қолданудың тиімділігі мен қолданылу шектері көрсетілген.

Кілт сөздер: электр, кедергі, электр тізбегі, параллель жалғау, тізбектей жалғау.

CALCULATION OF DC ELECTRIC CIRCUITS BY THE METHOD OF SPLIT CIRCUITS

Alimbekova A.¹, Bakytov D.²

¹ IT school-lyceum No. 28 named after Kulzhabai Kasymov, Taldykorgan, Kazakhstan

² School-gymnasium No. 16, Taldykorgan, Kazakhstan

*e-mail: rahatovna.aa@gmail.com

Abstract. The theory of electrical circuits is based on the knowledge of general concepts, laws of operation of electrical circuits. The theory describing the functioning and calculation methods of DC and AC circuits can be constructed as deductive knowledge from general theoretical premises. The article discusses the method of "split circuits", provides examples of determining the equivalent resistance using this method. The effectiveness and limits of the application of the "split circuits" method are shown.

Keywords: electricity, resistance, electrical circuit, parallel connection, serial connection.