

**МЕТОДИКА
РАСЧЁТА ПОСТОЯННОГО
ТОКА РАЗВЕТВЛЁННЫХ
ЦЕПЕЙ**

Джалилов Файзулло, к.ф.-м.н., доцент; **Хакимов Аъзам Акрамджонович**, старший преподаватель кафедры высшей математики и информатики Политехнического института Таджикского технического университета им. акад.М.С. Осими (Таджикистан Худжанд); **Юсупов Зарифджон Нематджонович**, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой электроники; **Исмоилов Комрон Алишерович**, ассистент кафедры электроники ГОУ «ХГУ имени акад. Б.Гафурова» (Таджикистан, Худжанд)

**УСУЛҲОИ
ҲИСОБИ ЗАНҶИРИ
ШОХАВИИ ҶАРАЕНИ
ДОИМӢ**

Ҷалилов Файзулло, н.и.ф.м., дотсент; **Ҳакимов Аъзам Акрамович**, сармуаллими кафедраи математикаи олии ва информатикаи Донишгоҳи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С.Осимӣ (Тоҷикистон, Хуҷанд); **Юсупов Зарифҷон Нематҷонович**, н.и.ф.-м., дотсент, мудири кафедраи электроника; **Исмоилов Комрон Алишерович**, ассистенти кафедраи электроникаи МДТ “ДДХ ба номи акад. Б.Гафуров (Тоҷикистон, Хуҷанд)

**METHODS
OF CALCULATING DIRECT
CURRENT IN BRANCHED
CIRCUITS**

Jalilov Faizullo, candidate of physico-mathematical sciences Associate Professor, **E-mail: Jalilov47@mail.ru**; **Hakimov Azamjon Akramjonovich**, senior professor of the department of higher mathematics under the Polytechnical Institute attached to the Engineering University named after academician M.Osimi, (Tajikistan, Khujand), **E-mail: Hakimov@mail.ru**; **Yusupov Zarifjon Nematjonich**, candidate of physico-mathematical sciences, Associate Professor, head of the department of electronics, **E-mail: zarif_1972@mail.ru** **Ismoilov Komron Alisherovich**, assistant of the electronics department of the physics and technology under the SEI “KhSU named after acad. B. Gafurov” (Tajikistan, Khujand), **E-mail: boss.komron@list.ru**

Ключевые слова: сопротивление постоянного тока, напряжение, цепь элементов, сила тока, мощность, закон Кирхгофа, уравнение, единица измерения

В статье показаны методы расчета разветвленной электрической цепи, состоящей из нескольких звеньев. Рассматривается сущность таких понятий, как узел, направление вращения цепи, направление тока, взятие произведения силы тока на сопротивление с разными знаками, знак ЭДС, уравнение первого закона для существующих узлов в цепи, уравнение второго закона для цепей. Представлена простейшая схема образования элементов, вывод уравнения суммы напряжений, емкостей и чему они равны, а также определение тока и сопротивления в ответвленной цепи на примере моста Уинстона. Подчеркивается, что для полноценного усвоения первого и второго законов Кирхгофа учащимися, преподавателями и лицами, настроенными на самостоятельное освоение и решение задач, посвященных разветвленной электрической цепи, необходимо придавать особое внимание значимости примеров и задач, методика решения которых представлен авторами.

Вожаҳои калидӣ: муқовимати ҷараёни доимӣ, шиддат, элементҳои занҷир, қувваи ҷараён, тавоногӣ, қонуни Кирхгоф, муодила, воҳиди ченкунӣ

Дар мақолаи мазкур усулҳои ҳисоб кардани занҷири электрикии шохашудаи аз якҷанд контурҳои ташиқил ёфта, нишон дода шудааст. Дар бораи гиреҳ, самти гардиши контур, самти ҷараёнҳо, бо аломатҳои гуногун гирифтани ҳосили зарби қувваи ҷараён бар муқовимат бо аломатҳои гуногун, аломатҳои КЭҶ - ҳо, муодилаи қонуни якум барои гиреҳҳои мавҷуда дар занҷир, муодилаи қонуни дуюм барои контурҳои бо пуррагӣ маънидод карда шудааст. Схемани соддатарини аз элементҳои ташиқкулёфта пурра шарҳ дода шудааст. Муаллифон дар ҳулосаи худ муодилаи суммаи шиддатҳо, гунҷоишҳо ва қимматҳои гирифтаи он, инчунин муайянкунии I, R дар занҷири шохагардида бо мисоли пули (мости) Уитсон нишон доданд. Муаллифон диққати асосиро барои азхудкунии қонунҳои якум ва дуюми Кирхгоф аз тарафи донишҷуён, муҳассилин, омӯзгорон ва

шахсоне, ки азми мустақилона аз худ кардан ва ҳал кардани масъалаҳоро оид ба занҷирҳои қуввагӣ баҳшида шудааст ва он аҳамияти хоса ба мисолҳо ва масъалаҳо имконнопазир дошта, усули ҳалли онро медиҳад.

Key words: resistance, direct current, voltage, circuit of elements, current strength, power, Kirchhoff's law, equation, unit of measurement

The given article shows the methods for calculating an extensive electrical circuit consisting of several circuits. The direction of circuit rotation, the direction of currents, taking the product of current and resistance with different signs, the sign of EMF, the first law equation for existing nodes in the circuit, the second law equation for circuits is fully explained here. The simplest scheme from which the elements are formed is examined in detail. The authors showed the derivation of the equation for the sum of voltages, capacitances and what they are equal to, as well as the determination currents and resistances in a branch circuit using the Wheatstone bridge as an example. The authors focused on the fact that for the full assimilation of the first and second laws of Kirchhoff for students, teachers and persons configured to independently master and solve problems on the royal chain, special importance is attached to examples and irrefutable problems.

Известно, что использование законов Ома для подсчёта разветвлённых цепей приводит к громоздким математическим выкладкам. Для упрощённого расчёта таких цепей используются законы Кирхгофа. Особенности использования законов Кирхгофа заключаются в том, что школьник, студент, инженеры должны знать принятые условия законов Кирхгофа, правила выбора направления обхода контура, знаки ЭДС, произведение силы тока на сопротивление на отдельных участках цепи [1, с.2-3]. В работе на простых примерах показан расчёт определения тока в узле, произведен расчёт контура и приведена сумма произведения силы тока на сопротивление, равная ЭДС, подключённой к контуру. Детально показан расчёт разветвлённой цепи на примере мостика Уинстона и определены величины тока и сопротивления на некоторых участках цепи [4, с.5-6]. Рассмотрим примеры. **Задача 1.** К узлу подсоединено 5 проводников с током $I_1 = 4 \text{ A}$, $I_2 = 1,5 \text{ A}$, $I_3 = 9 \text{ A}$, $I_4 = 1,33 \text{ A}$ и I_5 . Ток I_2 , I_4 и I_5 входит в узел, а ток I_1 и I_3 выходит из узла. Чему равен ток I_5 ? Чертится схема и проверяется первый закон Кирхгофа.

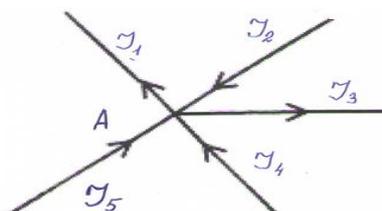


Рис. 1. Схема распределения тока в узле

Решение: Условились, что виды тока, входящие в узел, берём с положительным, а выходящий ток – с отрицательным знаком. Таким образом, можем написать:

$$I_2 + I_4 - I_1 - I_3 + I_5 = 0$$

отсюда,

$$I_5 = -I_2 - I_4 + I_1 + I_3 = -1,5 - 1,33 + 4 + 9 = -2,83 + 13 = 10,17 \text{ A}$$

Проверим правильность вычисления: $1,5 + 1,33 - 4 - 9 + 10,17 = 13 - 13 = 0$

Алгебраическая сумма тока в узле равна нулю. Узел – это точка разветвления, которая соединена с не менее, чем тремя проводниками. Если соединены два проводника, то эта точка не является узлом, потому что разветвления не происходит.

Проверим размерность: $I_5 = A + A - A - A = A = I$

Задача 2. Элемент с ЭДС в 2 В и внутренним сопротивлением в 1 м замкнут на внешнее сопротивление 9 омов. Найти: а) силу тока в цепи; б) падение потенциала во внешней цепи; в) падение потенциала внутри элемента (цепи); г) уравнение баланса напряжений (мощности); КПД цепи. Построить схему по условиям задачи. На представленной схеме r – внутреннее сопротивление элемента, R_{AB} – внешнее сопротивление, E – ЭДС элемента.

Дано:

$$E = 2 \text{ В.}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$R = 9 \text{ Ом}$$

$$I = ?; U_r = ?;$$

$$U_R = ?; P_0 = ?$$

$$\eta = ?$$

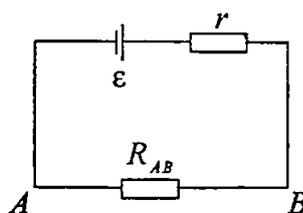


Рис.2. Схема простейших электрических цепей

Решение: Как видно из схемы, все элементы цепи последовательно соединены между собой. Цепь такого вида назовём замкнутой. Представленную схему можно называть контуром. Замкнутую часть последовательно соединённых сопротивлений и ЭДС разветвлённой цепи назовём контуром. К контуру могут быть последовательно подсоединены только сопротивление или только ЭДС или соединение этих элементов, как показано на схеме 2. Как видим, по условию задачи даны все элементы цепи. Для нахождения силы тока воспользуемся формулой закона Ома для замкнутой цепи.

$$I = \frac{E}{R+r} . \quad (1)$$

Так как все величины даны, поэтому, подставляя числовые данные физических величин, находим силу тока, проходящего по цепи.

$$I = \frac{2}{9+1} = 0,2 \text{ А.}$$

Сила тока в цепи равна 0,2 А.

Для того чтобы определить падение напряжений на участках цепи (внешних и внутренних), силу тока умножим на сопротивление на каждом участке.

$$U_r = I * r \quad (2)$$

$$U_R = I * R \quad (3)$$

Для того чтобы найти падение напряжение на участках, силу тока, проходящего по цепи, умножим на сопротивление участков. Подставляя данные в уравнения (2) и (3), находим:

$$U_r = 0,2 * 1 = 0,2 \text{ В} \quad U_R = 0,2 * 9 = 1,8 \text{ В.}$$

Нетрудно увидеть, что сумма падения напряжения на участках цепи равняется ЭДС элемента, подключенного к цепи:

$$E = U_r + U_R = 0,2 + 1,8 = 2 \text{ В}$$

Сумма падения напряжения равна сумме всех ЭДС, находящихся в цепи. Это утверждение является определением второго закона Кирхгофа. Уравнение $E = U_r + U_R$, умножив на силу тока, получаем уравнение баланса мощностей:

$$P_0 = P_r + P_R \quad (4)$$

Мощность, выделяемая внутренним сопротивлением цепи:

$$P_r = I * U_r = 0,2 * 0,2 = 0,04 \text{ Вт.}$$

Мощность, выделяемая внешним сопротивлением цепи:

$$P_R = I * U_R = 0,2 * 1,8 = 0,36 \text{ Вт.}$$

Мощность цепи:

$$P_0 = P_r + P_R = 0,04 + 0,36 = 0,4 \text{ Вт.}$$

Мощность, выделяемая в цепи, равна сумме мощностей, выделяемых во внутреннем и внешнем сопротивлениях.

Мощность источника $P_0 = I * E$ равна сумме мощностей, выделяемых на внутренних и внешних сопротивлениях. Это уравнение является уравнением баланса мощностей в электрических цепях. Почему мы рассмотрели эту задачу? Потому, что здесь на простом примере вывели второй закон Кирхгофа, который в дальнейшем будет использован при расчётах, касающихся сложных разветвленных цепей, а также простым вычислением мы доказали, что уравнения баланса мощностей выводятся из практики. Для нахождения КПД

цепи используем формулы [7,с.8]:

$$\eta = \frac{U}{E} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{R}{R+r} \quad (6)$$

В формуле (5) U – падение напряжения на внешнем участке цепи, E – ЭДС в цепи. В формуле (6) R – сопротивление внешнего участка цепи, r – сопротивление внутреннего участка цепи. Если известно падение напряжения на внешнем участке цепи и ЭДС, подключенный в цепи, то для определения КПД воспользуемся формулой (5). Если известны внешние и внутренние сопротивления для нахождения КПД, воспользуемся формулой (6). Подставляя числовые данные в формулах (5) и (6), получим:

$$\eta = \frac{1,8}{2} = 0,9 \quad \eta = \frac{9}{9+1} = 0,9$$

Задача 3. Найти ток I в отдельных ветвях мостика Уинстона при условии, что через гальванометр не идёт ток $I_G = 0$. Элемент $E = 2$ В, сопротивление $R_1 = 30$ Ом, $R_2 = 40$ Ом и $R_3 = 200$ Ом. Сопротивление источника тока не учитывать

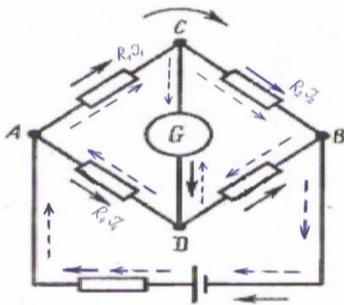


Рис. 3. Схема разветвлённой цепи Уинстона

Представленное на рис. 3 назовем мостиком Уинстона. Представленная цепь является разветвлённой, потому что она состоит из нескольких контуров. Контур ACDA, CBDC, ACBDA, ACBEA, ADBEA. В схеме направление тока указано жирными стрелками, а направления обхода контура – пунктирными стрелками.

Узлом называется точка разветвления в цепи, в которой сходятся не менее трёх проводников с током. Если соединены два проводника, то эта точка не будет узлом, потому что не происходит разветвления тока. Условимся, что виды тока, входящие в узел, положительны, а выходящие (отходящие) – отрицательны. В узел А входит ток I_r , который создаёт батарея с внутренним сопротивлением r , и отходят виды тока I_1 и I_4 . Для узла А напишем следующее уравнение:

$$A. \quad I_r - I_1 - I_4 = 0 \quad (1)$$

Таким же образом напишем их и для других узлов:

$$C. \quad I_1 - I_G - I_2 = 0 \quad (2)$$

$$D. \quad I_4 + I_G - I_3 = 0 \quad (3)$$

$$B. \quad I_2 + I_3 - I_r = 0 \quad (4)$$

Из написанных четырёх уравнений определим, которые из них являются независимыми. Независимыми являются уравнения для узлов А, С и D, потому что они содержат неизвестные величины, I_r, I_2, I_3 , которых в двух других уравнениях нет. Написанное уравнение для узла В не является независимым, потому что все величины, приведённые в этом уравнении, в трёх других уравнениях есть. Это уравнение зависит от уравнений для узлов А, С и D и данное уравнение не является независимым. Таким образом, согласно первому закону Кирхгофа, мы можем составить независимые уравнения на одно меньше, чем число узлов в цепи. Если общее число узлов 4, то мы можем составить три независимых уравнения. Если число узлов 10, то независимыми будут 9 уравнений. Если число узлов n , то независимым будет $n-1$ уравнение. По

первому закону Кирхгофа всегда можем составить независимые уравнения на одно меньше, чем число узлов. Написание $n-1$ уравнения всегда является независимым, а n -е является зависимым. Не надо забывать, что в узлах не накапливаются заряды, т.е. узел не имеет ёмкости. Только тогда правомерными являются согласно написанные уравнения, и это является вторым условием получения уравнений первого закона Кирхгофа. Так, для получения формул первого закона Кирхгофа примем два условия:

1. Виды тока, входящие в узел, считаем положительными, а отходящие – отрицательными;
2. Узел не имеет ёмкости.

Напомним, что контуром называется замкнутая часть разветвлённой цепи, с которой последовательно соединены сопротивления и источники тока, или только сопротивления, или только источники тока. Если в контуре отсутствует источник тока, то сумма произведения силы тока на сопротивление равняется нулю [9,с.10]. Смотрим на схему и рассуждаем. Берём положение контура ACDA, в котором последовательно соединены сопротивления R_1, R_G, R_4 , а также через эти сопротивления проходят виды тока I_1, I_G, I_4 . Прежде чем приступить к написанию уравнений второго закона Кирхгофа, выберем направление обхода контура. Направление обхода берём по направлению часовой стрелки. Отметим, что выбор направления обхода контура произволен и его можно брать также и против часовой стрелки. Если направление обхода, выбранного нами, не совпадёт с направлением, указанным в задачке, то тогда результат получится с противоположным знаком, что указывает на расхождения направлений обходов контура. Числовые значения искомых величин не отличаются друг от друга, но знаки будут разные. Здесь ошибки нет. Берём абсолютные значения искомой величины.

Для контура ACDA составим уравнение, согласно второго закона Кирхгофа:

$$I_1 R_1 + I_G R_G - I_4 R_4 = 0 \quad (5)$$

Направления обхода по часовой стрелке на схеме показаны пунктирными стрелками, а направления тока на отдельных участках даны жирными стрелками, указывающими направления тока на этом участке разветвлённой цепи.

Ток на участках AC и CD совпадает с направлением обхода контура, и произведение силы тока на сопротивление данных участков обозначается положительным знаком, а произведение силы тока на сопротивление на участке DA – знаком минус. Направление тока на данном участке от A к D, а направление обхода контура от D к A.

Для контура CBDC:

$$I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_G R_G = 0; \quad (6)$$

Для контура ACBEA:

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 = E; \quad (7)$$

Для контура ADBEA:

$$I_4 R_4 + I_3 R_3 = E; \quad (8)$$

Для контура ACBDA:

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = 0; \quad (9)$$

Для контура ADCBEA:

$$-I_4 R_4 - I_G R_G + I_2 R_2 = E. \quad (10)$$

Такие уравнения можно создать и для других всевозможных контуров. Возникает вопрос, сколько независимых уравнений можно составлять по второму закону Кирхгофа? Рассмотрим первые три уравнения (5), (6) и (7). В этих уравнениях неизвестными являются $I_1 R_1$ (5), $I_2 R_2$ (7) и $I_3 R_3$ и E (6). Эти уравнения относительно уравнений (8), (9) и (10) являются независимыми, потому что в них имеются новые неизвестные. В уравнении (8) имеются члены $I_4 R_4$, $I_3 R_3$, $I_1 R_1$ и E, где их можно найти, комбинируя уравнения (5), (6) и (7). Уравнения (9) и (10) также не имеют неизвестных, и они не являются независимыми, поэтому, используя уравнения (5), (6) и (7), можем определить неизвестные величины. Таким образом, по второму закону Кирхгофа можно составить три независимых уравнения. Остальные всевозможные уравнения являются зависимыми. Возникает вопрос: сколько независимых уравнений можно составить по первому и второму законам Кирхгофа? Анализ показывает, что шесть. Три – по первому закону Кирхгофа,

и три – по второму закону Кирхгофа. Анализируя написанные уравнения, придём к заключению, что число независимых уравнений в разветвлённой цепи равно числу участков цепи или числу тока на участках цепи. В первом приближении задача сводится к нахождению числа тока на участках цепи. Комбинируя эти шесть уравнений, можем найти все неизвестные величины цепи, тока и сопротивлений. Для наглядного расчёта разветвлённой цепи используется мостик Уинстона. Одним из частых случаев расчёта разветвленной цепи является тот, когда ток по гальванометру не течёт $I_G=0$. В этом случае потенциалы точек С и D равны, т.е. $\varphi_C=\varphi_D$. Ток проходит по проводнику тогда, когда потенциалы на концах проводника не равны. При выполнении условия $I_G=0$ схема приобретает следующий вид (рис.4).

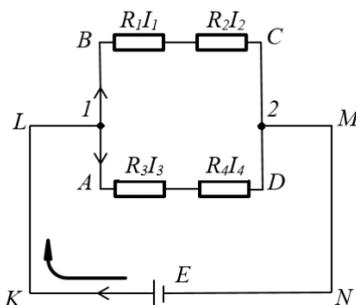


Рис. 4. Схема мостика Уинстона для расчёта сопротивлений

В этом случае ток I_1 , проходящий по участку ВС, движется через сопротивления R_1 и R_2 , а ток, проходящий по участку AD, идёт через сопротивления R_3 и R_4 . Если обратиться к уравнениям, составленным для узлов С и D, (2) и (3), то при $I_G=0$ $I_1=I_2$ и $I_4=I_3$, а также, согласно уравнениям, составленным для контуров ACDA и CBDC (5) и (6) при $I_G=0$:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (11)$$

$$I_4 R_4 = I_3 R_3 \quad (12)$$

Разделив уравнения (11) на (12), получим:

$$\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3} \quad (13)$$

Формулу (13) можно использовать для определения R_4 , откуда:

$$R_4 = R_1 \frac{R_3}{R_2} \quad (14)$$

Формула (14) является расчётной формулой для определения R_4 . Если известно одно из четырёх сопротивлений в ветвях мостика, то, используя уравнение (14), можем определить неизвестное сопротивление. Подставив числовые значения величин R_1, R_2, R_3 получим:

$$R_4 = 30 \frac{200}{40} = \frac{6000}{40} = \frac{600}{4} = 150 \text{ Ом}$$

Для подсчёта тока воспользуемся уравнениями (7) и (8):

$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_2 R_2 &= E \\ I_4 R_4 + I_3 R_3 &= E \end{aligned}$$

Так как $I_1 = I_2$ и $I_4 = I_3$ при $I_G = 0$, то

$$I_1 = I_2 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{2}{70} = 0,028 \text{ A}$$

$$I_3 = I_4 = \frac{E}{R_3 + R_4} = \frac{2}{350} = 0,005 \text{ A}.$$

Проверим единицы измерения найденных физических величин и определим их размерности. Для этих целей используем полученные производные формулы. Проверка единиц измерения и размерность физических величин производятся проставлением единиц измерения физических величин в расчётную формулу:

$$R_4 = R_1 \frac{R_3}{R_2} = \text{Ом} \frac{\text{Ом}}{\text{Ом}} = \text{Ом} = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}}{\text{А}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}{\text{А}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А}^2 \cdot \text{с}^3} = \text{ML}^2 \text{I}^{-2} \text{T}^{-3}$$

$$I_1 = I_2 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{B}{\text{Ом}} = A = I$$

Полученные результаты [8,с.10-11] показывают, что производная единица сопротивления Ом состоит из нескольких основных единиц, таких как одна единица массы килограмма, две единицы длины метра, две единицы силы тока в амперах и три единицы времени в секундах. Так, производные единицы состоят из нескольких основных единиц. Несколько основных единиц, объединяясь, составляют производные единицы. Единица сила тока является основной единицей в системе СИ, и потому не зависит от других единиц.

Результаты вычисления показывают, что, используя законы Кирхгофа, удалось определить неизвестные величины тока и сопротивлений на отдельных участках мостика Уитстона. Если известны ток и сопротивления на отдельных участках цепи, можно определить и падение напряжений на участках по формуле: $U=IR$ (15)

Мощность отдельных участков определим по формуле:

$$P=IU \quad (16)$$

Таким образом, использование законов Кирхгофа даёт возможность определить ток и сопротивления, а также падение напряжений и мощности на отдельных участках разветвлённой цепи.

Для расчёта неизвестных величин представим программу вычисления.

Программа для подсчёта I_5 .

Public Class Form1

Private Sub Button1_Click (sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click

Dim I₁, I₂, I₃, I₄, I₅, nu As Double

I₁ = Val(TextBox1.Text)

I₂ = Val(TextBox2.Text)

I₃ = Val(TextBox3.Text)

I₄ = Val(TextBox4.Text)

If RadioButton2.Checked = True Then

I₅ = ((I₂+I₄+I₅)-(I₁+I₃))

ListBox1.Items.Add(I₅)

End If

End Sub

End Class

Программа для подсчёта I_1 .

Public Class Form2

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click

Dim R₁, R₂, E, I₁ As Double

R₁ = Val(TextBox10.Text)

R₂ = Val(TextBox9.Text)

E = Val(TextBox8.Text)

I₁ = (E / (R₁+R₂))

ListBox3.Items.Add(I₁)

End Sub

End Class

Программа для подсчёта R_4

Public Class Form3

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click

Dim R₁, R₂, R₃, R₄ As Double

R₁ = Val(TextBox10.Text)

R₂ = Val(TextBox9.Text)

R₃ = Val(TextBox8.Text)

R₄ = ((R₁*R₃)/R₂)

ListBox4.Items.Add(R₄)

End Sub

End Class

Программа для подсчёта U.

Public Class Form3

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click

Dim I, R, U As Double

```

I = Val(TextBox10.Text)
R = Val(TextBox9.Text)
U=I*R
ListBox5.Items.Add(U)
End Sub
End Class
    Программа для подсчёта P.
    Public Class Form3
Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click
    Dim I, U, P As Double
    I = Val(TextBox10.Text)
    U = Val(TextBox9.Text)
    P=I*U
    ListBox6.Items.Add(P)
End Sub
End Class

```

Выводы:

1. Для расчёта разветвлённых цепей можно успешно использовать законы Кирхгофа;
2. Необходимо строго соблюдать принятые условия и правила приёма направления обхода контура и правильно определять знаки тока, ЭДС и произведение сила тока на сопротивление на отдельных участках цепи;
3. Получив ответ относительно физических величин с отрицательным знаком, не надо теряться оттого, что направления обхода вами выбраны противоположно и ответ является правильным;
4. Можно проверить единицы измерения физических величин, размерность и правильность производных формул, полученных при математических преобразованиях;
5. Можно определить падение напряжений и мощностей на отдельных участках цепи;
6. При расчётах нами были использованы компьютерные программы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алиев, С. Доимхои физикӣ ва мазмуни физикии онҳо. Маводи конференсияи илмӣ – амалии ҷумҳуриявӣ масъалаҳои физикаи муосир бахшида ба 75 солагии профессор Хуршед Абдуллозода. / С.Алиев, [У. Султонов], Б.Ф.Чалилов, Ф.Чалилов.- Хучанд: «Нури маърифат» 2015. – С.135-139.
2. Бӯриев, А.Б. Усули гузориш ва методикаи ҳисобкунии масъалаҳои физикӣ бо истифодаи барномаҳои таълимии тархрезисуда // А.Б.Бӯриев, С.А. Алиев, Б.Ф. Чалилов, Ф.Чалилов / Номаи донишгоҳ Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ, 2017, №2 (41) – С. 383–389.
3. А.Б.Бӯриев, Векторҳо ва татбиқи онҳо дар ҳалли масъалаҳои физикӣ // А.Б.Бӯриев, С.А. Алиев, Б.Ф. Чалилов, Ф.Чалилов / Номаи донишгоҳ. Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ. 2017.- №2 (41), 2017.- С. 247–255.
4. Волькенштейн, Ю. В. Сборник задач по общему курсу физики / Ю.В. Волькенштейн. – М.: Наука, 1969. – 464 с.
5. Рахимов С.Ш. Татбиқи усули Крамер дар ҳалли масъалаҳои физикӣ // С.Ш.Рахимов, Ф.Чалилов / Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ, “Номаи донишгоҳ” №2 (53) Хучанд, 2020, – С. 123–129.
6. Рахимов С.Ш. Тарзи ҳалли масъалаҳо аз элекродинамика // С.Ш.Рахимов, Ф.Чалилов / “Номаи донишгоҳ” Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ, №2 (53), 2020, – С.129–135.
7. Раҳимов С.Ш. Фаҳмиш ва мукамалгардии он хангоми ҳалли масъала // С.Ш.Раҳимов, Ф. Чалилов, А.З. Осимов / Маводи конфронси илмӣ – амалии ҷумҳуриявӣ, Сифати таълим дар мактабҳои олии Ҷумҳурии Тоҷикистон, бахшида ба 25 – солагии истиқлолияти Ҷумҳурии Тоҷикистон.- с. 496 – 499, соли 2016.
8. Савельев, И.В. Курс общей физики. Том 2 / И.В.Савельев.–М.: Наука, 1979. – 304 с.
9. Суорц, К.Л. Э. Необыкновенная физика обыкновенных явлений / К.Л.Э.Суорц.–М.: Наука, 1986. – 400 с.
10. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями / Т.И.Трофимова, З.Г.Павлова.– М.: Высшая школа, 1999. – 591 с.
11. Фиргант, Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики / Е.В. Фиргант.– М.: Высшая школа, 1978. – 351 с.

REFERENCES:

1. Aliyev S. Physical constants and their physical content/[U.Sultonov], B.F. Jalilov, F. Jalilov //Materials of the republican scientific-practical conference on modern physics issues dedicated to the 75th anniversary of Professor Khurshed Abdullozoda/- Khujand: "Light of Enlightenment", 2015. - P.135-139.
2. Buriyev A.B. Solving the tasrs on physics with using the putting method and methodics on calcylation according to the curriculum/ A.B Buriyev, S.A. Aliyev, B.F. Jalilov, F.Jalilov // Scientific Notes of Khujand State University named after academician B. Gafurov. Series Natural and Economics Sciences.-2017.-№ 1(40).-P.383-388.
- 3.Buriyev A.B.Vectors and their application in solving physical problems/ A.B Buriyev, S.A. Aliyev, B.F. Jalilov, F.Jalilov // Scientific Notes of Khujand State University named after academician B. Gafurov. Series Natural and Economics Sciences.-2017.-№ 2(41).-P. 247–255.
- 4.Volkenstein V.S. Collection of tasks for the general course of physics. – M.: Nauka, 1969. -464 p.
5. Rakhimov S.Sh. The application of the method of Camer's rule for solving physics problems /S.Sh Rakhimov, F. Jalilov // Scientific Notes of Khujand State University named after academician B. Gafurov. Series Natural and Economics Sciences.-2020.-№ 2 (53) - P. 23-129.
6. Rakhimov S.Sh. Method of solving problems on electromagnetism /S.Sh Rakhimov, F. Jalilov, D.N.Mirzoev // Scientific Notes of Khujand State University named after academician B. Gafurov. Series Natural and Economics Sciences.-2020.-№2(53).-P. 129-134/
- 7.Rahimov S.Sh. Understanding and improving it when solving the problem/S.Sh.Rahimov, F.Jalilov, A.Z.Osimov //Materials of the republican scientific and practical conference "The quality of education in the higher schools of the Republic of Tajikistan" dedicated to the 25th anniversary of the independence of the Republic of Tajikistan - Dushanbe, 2016.-P. 496-499.
8. Saveliev I.V. Course of general physics. V. 2. - M.: Nauka, 1979. - 304 p.
9. Swartz. Cl.E. Extraordinary physics of ordinary phenomena. - M.: Nauka, 1986. -400 p.
10. Trofimova T.I., Pavlova Z.G. Collection of problems in the course of physics with solutions. - M .: Higher school, 1999. -591 p.
11. Firgant E.V. Guide to solving problems in the course of general physics. - M .: Higher School, 1978. - 351 p.