

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 20.09.2024 14:40:38

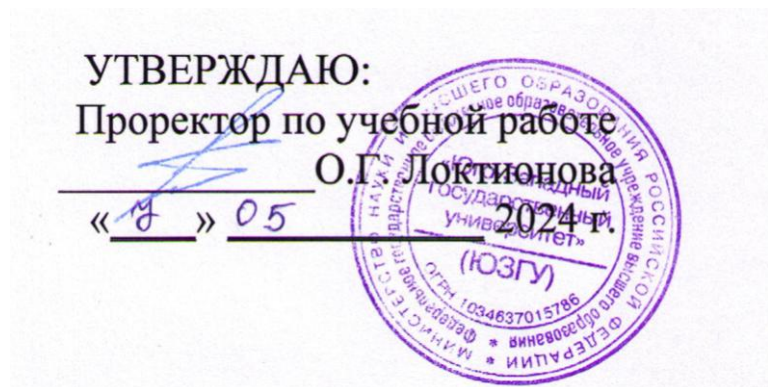
Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a58426d39e5f1c11eabb73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра инфраструктурных энергетических систем



## РАСЧЕТ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Задания и методические рекомендации по выполнению расчётной  
работы по электротехнике

Курск 2024

УДК 621.38

Составители: А. С. Романченко, И. А. Башмакова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А. С. Чернышев*

**Расчет цепи постоянного тока** : задания и методические рекомендации по выполнению расчетной работы по электротехнике / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А. С. Романченко, И. А. Башмакова. - Курск, 2023. - 11 с.: ил. 7. - Библиогр.: с. 11.

Приведены задания и методические рекомендации по выполнению расчетной работы. Рассматриваются методы расчета электрической цепи на примере цепи постоянного тока: метод непосредственного использования законов Кирхгофа, метод контурных токов, метод эквивалентного генератора, метод двух узлов. Показана проверка результатов расчетов с помощью составления баланса мощностей и построения потенциальной диаграммы.

Предназначены для индивидуальной самостоятельной работы студентов технических направлений подготовки и специальностей при изучении дисциплин «Электротехника», «Электротехника и электроника». Могут быть использованы преподавателями, ведущими практические занятия по электротехнике.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать **7.05.2024**. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 0,6. Уч.-изд.л. 0,6. Тираж 50 экз. Заказ 311. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Расчётная работа является одним из видов самостоятельной работы студентов. Данная работа выполняется в домашних условиях в соответствии с рабочими программами дисциплин «Электротехника», «Электротехника и электроника» и служит развитию необходимых будущему специалисту навыков практического использования основных методов расчета электрических цепей (на примере цепи постоянного тока) при заданных параметрах их элементов, а также для стимулирования более глубокого и систематического изучения соответствующих разделов электротехники.

Основные цели данной работы:

- 1) научиться составлять уравнения по законам Кирхгофа, которые описывают данную электрическую цепь;
- 2) научиться рассчитывать сложную электрическую цепь:
  - методом контурных токов;
  - методом эквивалентного генератора;
  - методом двух узлов;
- 3) научиться производить эквивалентные преобразования в электрической цепи;
- 4) научиться строить потенциальную диаграмму цепи.

Выполнение расчетной работы также способствует изучению стандартных методов оформления текстовой и графической расчетно-конструкторской документации.

Приступая к выполнению расчетной работы, следует повторить или изучить самостоятельно основные положения раздела «Линейные электрические цепи постоянного тока».

## 2. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЁТНОЙ РАБОТЫ

2.1. Для заданной согласно своему варианту электрической схемы составить систему уравнений по законам Кирхгофа, достаточную для определения токов ветвей. Полученную систему уравнений не решать.

2.2. Рассчитать токи во всех ветвях заданной электрической схемы методом контурных токов. Правильность расчетов проверить составлением баланса мощностей.

2.3. Рассчитать ток в ветви  $cd$  методом эквивалентного генератора. При этом ЭДС эквивалентного генератора определить, используя метод двух узлов.

2.4. Рассчитать токи во всех ветвях заданной электрической схемы методом узловых потенциалов.

2.4. Построить потенциальную диаграмму для контура  $abcd$ .

2.5. Примечания:

1) первая цифра в трехзначном номере варианта, заданного преподавателем, соответствует порядковому номеру строки в таблице 2.1, вторая цифра – порядковому номеру строки в таблице 2.2, третья цифра – номеру схемы на рис. 2.1.

2) баланс мощностей должен сойтись с погрешностью менее 1%.

Таблица 2.1 – ЭДС

№ п/п	$E_1$	$E_2$
	В	В
1	12	16
2	18	20
3	19	13
4	19	16
5	19	14
6	12	20
7	18	17
8	14	18
9	16	14
0	18	16

Таблица 2.2 – Значения сопротивлений

№ п/п	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$
	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
1	6	7	8	6	8	5
2	6	8	10	5	9	7
3	7	8	9	10	5	7
4	7	9	6	10	8	6
5	6	7	10	5	3	2
6	6	8	9	5	7	9
7	7	8	6	9	5	10
8	8	9	10	7	5	6
9	6	7	9	8	10	6
0	6	9	10	5	7	8

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

3.1. Выполненная расчётно-графическая работа (оформляется на листах формата А4, графическая часть выполняется, как правило, на миллиметровой или клетчатой бумаге) должна содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) задание на расчетную работу, оформляемое на первой после титульного листа странице и содержащее номер варианта, электрическую схему и исходные данные к расчету, пункты задания, которые необходимо выполнить;

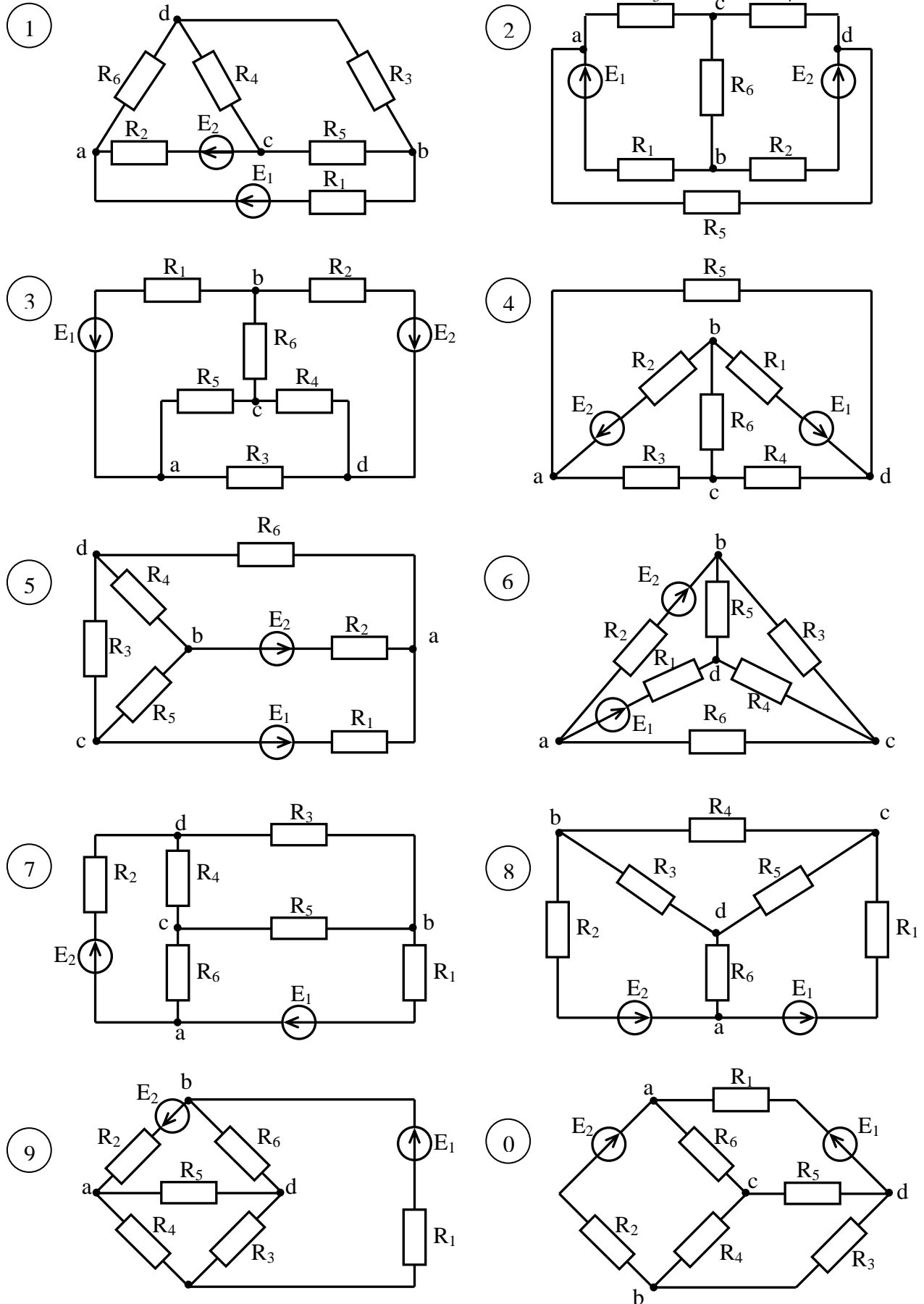


Рисунок 2.1 - Расчетные схемы

3) расчеты, потенциальная диаграмма, предусмотренные заданием. Рекомендуемое оформление расчетов: *рассчитываемая величина = формула с буквенными обозначениями = формула с подставленными числовыми значениями = результат расчета с сокращенным обозначением единицы измерения.*

Промежуточные этапы расчета для сложных формул можно не приводить. Расчет должен сопровождаться пояснительным текстом и при необходимости ссылками на использованную литературу;

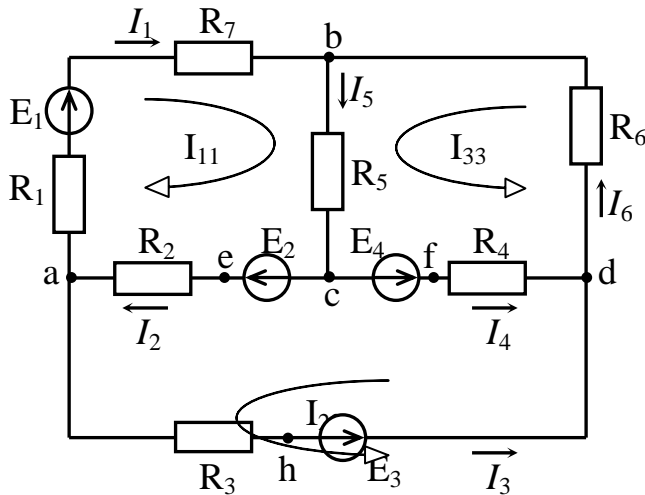
4) список используемой литературы на последней странице.

Все элементы электрических схем следует изображать в соответствии с государственными стандартами, используя чертежные инструменты. Листы расчетной работы должны быть скреплены. Образец выполнения титульного листа показан на рисунке 3.1.

<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Юго-Западный государственный университет Кафедра инфраструктурных энергетических систем	
<b>РАСЧЁТНАЯ РАБОТА</b>	
по дисциплине _____	
(название дисциплины)	
«Расчет цепи постоянного тока»	
Выполнил: студент группы ВМ-316	В.Н. Иванов
Принял: доцент	И.С. Петров
Курск - 2024	

Рисунок 3.1 - Пример оформления титульного листа

3.2. Рассмотрим в качестве примера расчет схемы, представленной на рисунке 3.2, для которой задано:



$$E_1 = E_2 = E_3 = 4 \text{ В}, E_4 = 8 \text{ В}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 2 \text{ Ом}$$

Рисунок 3.2 – Пример схемы

3.2.1. Запишем для схемы на рисунке 3.2 уравнения по законам Кирхгофа, необходимые для определения всех токов.

Количество уравнений в системе должно быть равно числу определяемых токов в схеме. При этом количество уравнений, записываемых по первому закону Кирхгофа, должно быть на единицу меньше, чем число узлов схемы, т.е. для схемы на рисунке 3.2 должно быть 3 уравнения, например для узлов  $a, b, c$ :

$$I_2 - I_1 - I_3 = 0,$$

$$I_1 + I_6 - I_5 = 0,$$

$$I_5 - I_2 - I_4 = 0.$$

Так как в цепи на рисунке 3.2 шесть ветвей и шесть токов, то остальные три уравнения записываем по второму закону Кирхгофа:

$$I_1(R_1 + R_7) + I_5R_5 + I_2R_2 = E_1 + E_2,$$

$$I_2R_2 + I_3R_3 - I_4R_4 = E_2 + E_3 - E_4,$$

$$I_5R_5 + I_4R_4 + I_6R_6 = E_4.$$

3.2.2. Рассчитаем схему на рисунке 3.2 методом контурных токов:

$$\left. \begin{aligned} I_{11}(R_1 + R_2 + R_5 + R_7) + I_{22}R_2 + I_{33}R_5 &= E_1 + E_2 \\ I_{22}(R_2 + R_3 + R_4) + I_{11}R_2 - I_{33}R_4 &= E_2 + E_3 - E_4 \\ I_{33}(R_4 + R_5 + R_6) + I_{11}R_5 - I_{22}R_4 &= E_4 \end{aligned} \right\}$$

Подставляем исходные данные:

$$\left. \begin{aligned} 8I_{11} + 2I_{22} + 2I_{33} &= 8 \\ 2I_{11} + 6I_{22} - 2I_{33} &= 0 \\ 2I_{11} - 2I_{22} + 6I_{33} &= 8 \end{aligned} \right\}$$

Результаты расчета:

$$I_{11} = 0,667 \text{ A,}$$

$$I_{22} = 0,167 \text{ A,}$$

$$I_{33} = 1,167 \text{ A.}$$

Токи ветвей:

$$I_1 = I_{11} = 0,667 \text{ A,}$$

$$I_2 = I_{11} + I_{22} = 0,834 \text{ A,}$$

$$I_3 = I_{22} = 0,167 \text{ A,}$$

$$I_4 = I_{33} - I_{22} = 1 \text{ A,}$$

$$I_5 = I_{11} + I_{33} = 1,834 \text{ A,}$$

$$I_6 = I_{33} = 1,167 \text{ A.}$$

Результаты расчета проверим, составляя баланс мощностей:

– мощность источников:

$$P_u = I_1 E_1 + I_2 E_2 + I_3 E_3 + I_4 E_4 = 14,672 \text{ (Вт);}$$

– мощность нагрузки:

$$P_n = I_1^2 (R_1 + R_7) + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 = 14,677 \text{ (Вт).}$$

$P_u \approx P_n$ , т.е. баланс сошелся.

3.2.3. Определим ток в ветви  $bd$  (ток  $I_6$ ) методом эквивалентного генератора. Для этого исходную схему на рисунке 3.2 сводим к схеме, представленной на рисунке 3.3, где в качестве активного двухполюсника  $A$  рассматривается исходная схема в режиме холостого хода, т.е. без ветви  $bd$  (рисунок 3.4).

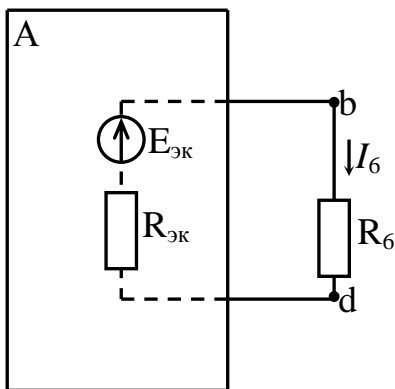


Рисунок 3.3

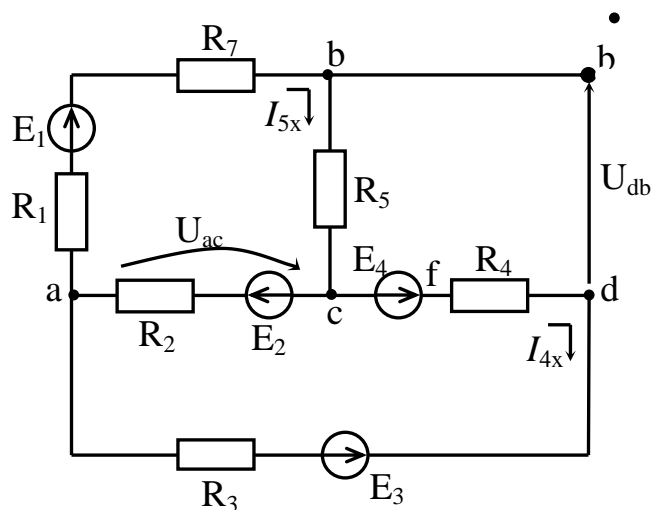


Рисунок 3.4



Из схемы на рисунке 3.3 ток  $I_6$  определяется по закону Ома для замкнутой цепи:

$$I_6 = E_{\text{ЭК}} / (R_6 + R_{\text{ЭК}}),$$

но для этого нужно найти  $E_{\text{ЭК}}$  и  $R_{\text{ЭК}}$ .

ЭДС эквивалентного генератора  $E_{\text{ЭК}}$  найдем как  $U_{db}$  на схеме рисунка 3.4, т.е. в режиме холостого хода исходной схемы на рисунке 3.2. Для этого найдем токи  $I_{4x}$ ,  $I_{5x}$  методом двух узлов для схемы на рисунке 3.4:

$$U_{ac} = \frac{\frac{E_2}{R_2} + \frac{E_4 - E_3}{R_3 + R_4} + \frac{E_1}{R_1 + R_7 + R_5}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4} + \frac{1}{R_1 + R_7 + R_5}} = 2,545(\text{В}),$$

$$I_{5x} = \frac{E_1 + U_{ac}}{R_7 + R_5 + R_1} = 1,091(\text{А}),$$

$$I_{4x} = \frac{E_4 - E_3 - U_{ac}}{R_3 + R_4} = 0,364(\text{А}).$$

Напряжение  $U_{db}$  определим из контура  $bcd$ :

$$I_{5x}R_5 + I_{4x}R_4 + U_{db} = E_4,$$

откуда:

$$E_{\text{ЭК}} = U_{db} = E_4 - I_{5x}R_5 - I_{4x}R_4 = 5,09(\text{В}).$$

Внутреннее сопротивление эквивалентного генератора  $R_{\text{ЭК}}$  находим как внутреннее (входное) сопротивление схемы на рисунке 3.4. Для этого преобразуем треугольник сопротивлений  $R_1R_2R_7$  в звезду сопротивлений  $R_aR_bR_c$ , как это на рисунке 3.5, после чего найдем  $R_{\text{ЭК}}$ :

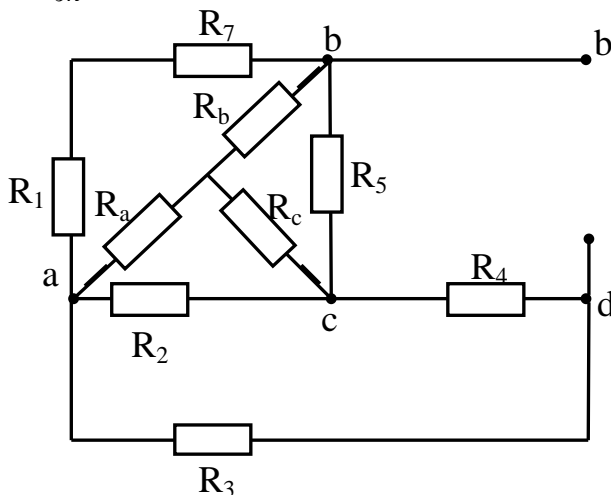


Рисунок 3.5 - Замена треугольника сопротивлений на звезду

$$R_a = \frac{(R_1 + R_7)R_2}{(R_1 + R_7) + R_2 + R_5} = 1(O_M);$$

$$R_b = \frac{(R_1 + R_7)R_5}{(R_1 + R_7) + R_2 + R_5} = 1(O_M);$$

$$R_c = \frac{R_2 R_5}{(R_1 + R_7) + R_2 + R_5} = 0,5(O_M);$$

$$R_{\text{эк}} = \frac{(R_c + R_4)(R_a + R_3)}{R_c + R_4 + R_a + R_3} + R_b = 2,364(O_M).$$

Находим ток  $I_6$ :

$$I_6 = \frac{5,09}{2,364 + 2} = 1,166(A),$$

Полученное значение равно ранее найденному методом контурных токов значению тока  $I_6$ .

3.2.4. Построим потенциальную диаграмму для контура  $acda$ , для этого примем  $\varphi_a = 0$ . Потенциалы остальных точек контура:

$$\varphi_e = \varphi_a + I_2 R_2 = 1,668 \text{ (В)}, \quad \varphi_c = \varphi_e - E_2 = -2,332 \text{ (В)},$$

$$\varphi_f = \varphi_c + E_4 = 5,668 \text{ (В)}, \quad \varphi_d = \varphi_f - I_4 R_4 = 3,668 \text{ (В)},$$

$$\varphi_h = \varphi_d - E_3 = -0,032 \text{ (В)}, \quad \varphi_a = \varphi_h + I_3 R_3 = 0,002 \approx 0 \text{ (В)}.$$

Потенциальная диаграмма представлена на рисунке 3.6.

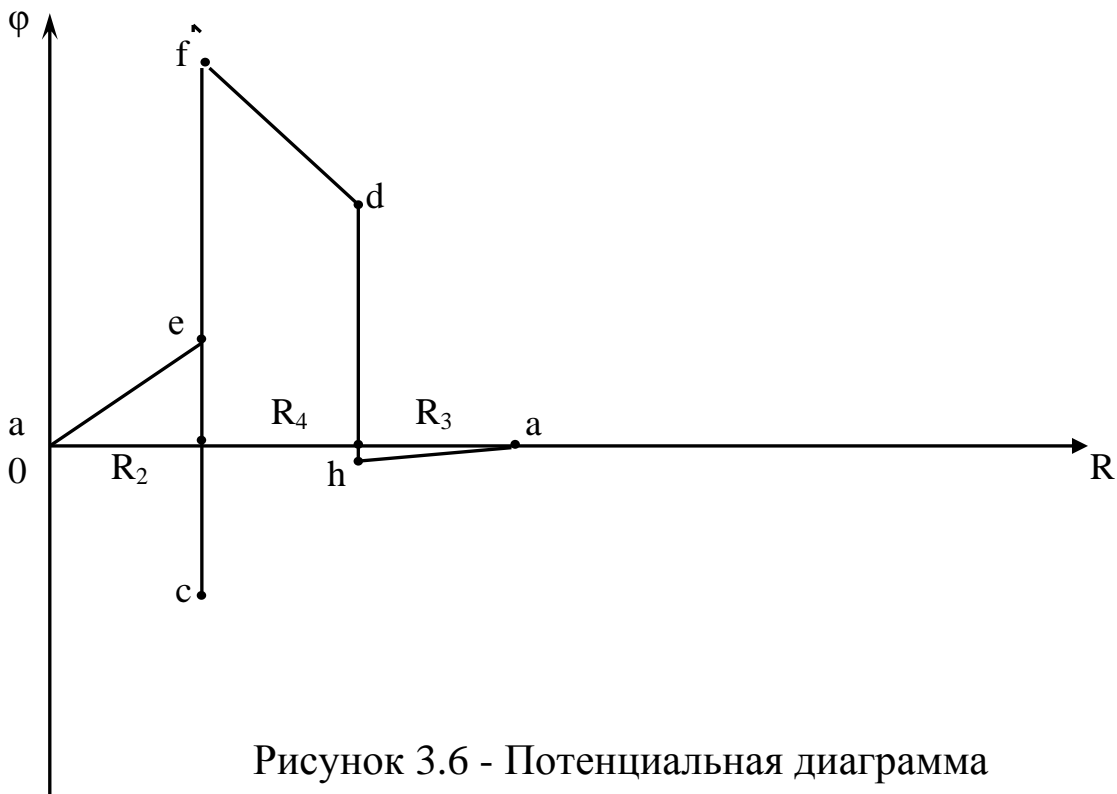


Рисунок 3.6 - Потенциальная диаграмма

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Касаткин А. С. Курс электротехники : учебник / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. - М.: Высшая школа, 2005. - 542 с. - Текст : непосредственный.
2. Электротехника и электрооборудование / П. П. Ястребов, И. П. Смирнов, Г. Д. Журавлев и др.; Под ред. П. П. Ястребова. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1987. - Текст : непосредственный.
3. Иванов И. И. Электротехника : учебное пособие. - С-Пб.: Лань, 2009. - 496 с. - Текст : непосредственный.
4. Кореневский, Н. А. Общая электротехника : учебное пособие / Н. А. Кореневский, И. С. Некрасов, А. С. Романченко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Курский государственный технический университет. – Курск : КГТУ, 2005. – 291 с. - Текст : непосредственный.
5. Рекус, Г. Г. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники : учебное пособие / Г. Г. Рекус, А. И. Белюсов. - 2-е изд., перераб. - Москва : Директ-Медиа, 2014. - 417 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=236121> (дата обращения 02.09.2021) . - Режим доступа: по подписке. - Текст : электронный.