

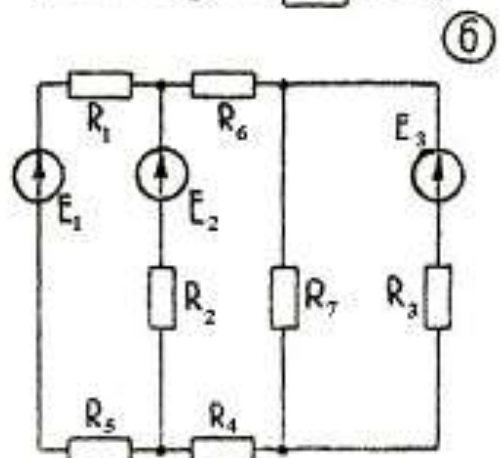
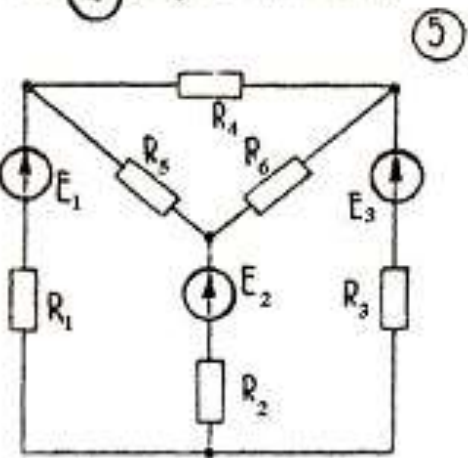
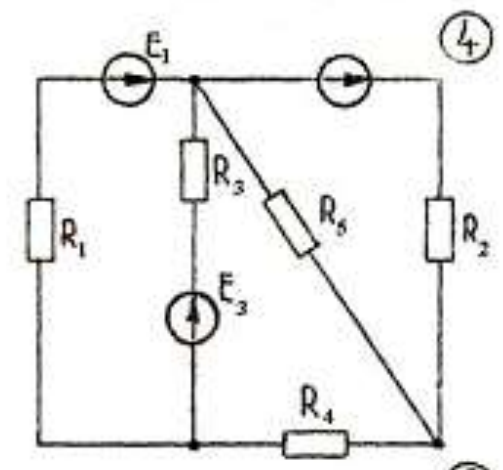
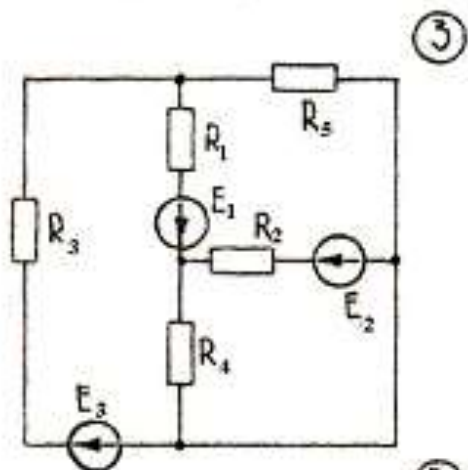
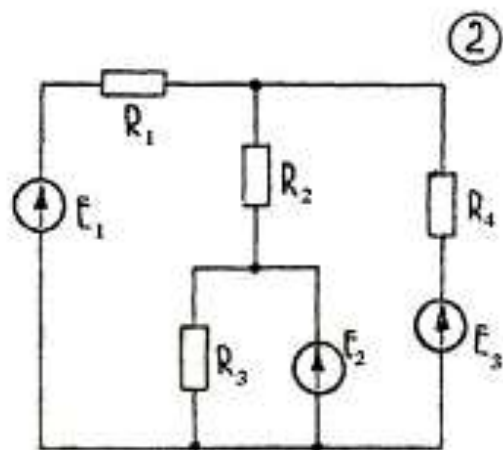
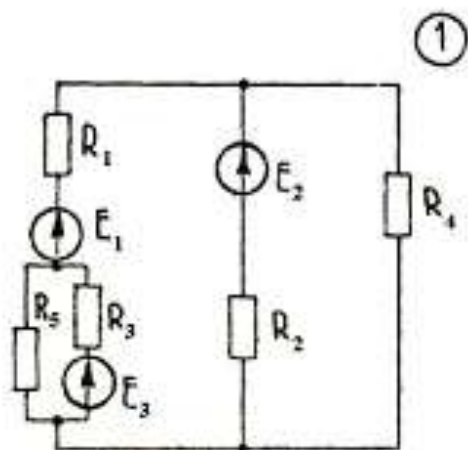
ЗАДАНИЕ № 1. РАСЧЕТ СЛОЖНОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

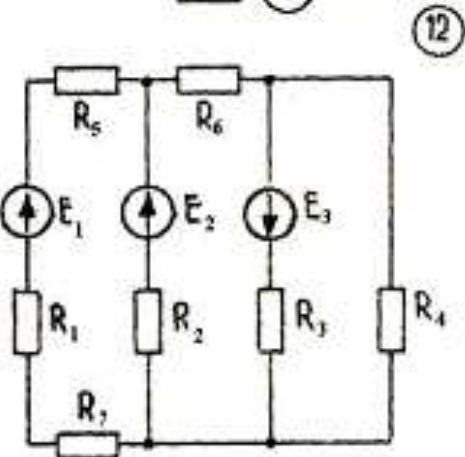
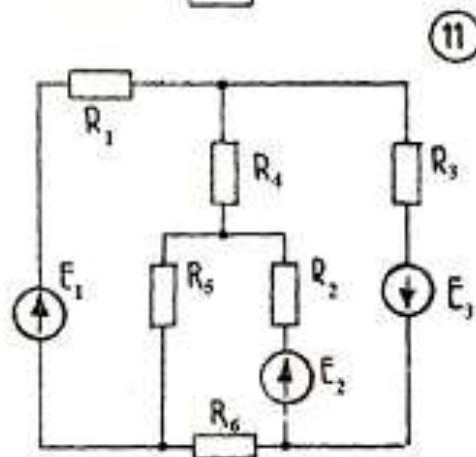
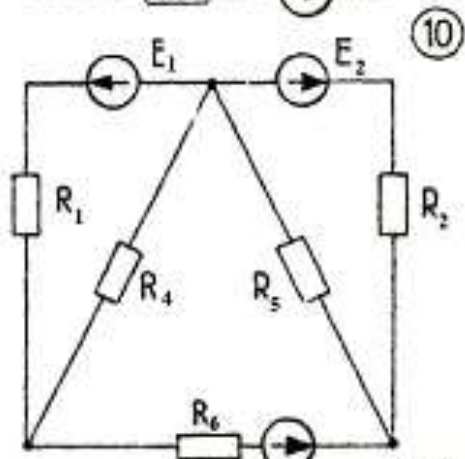
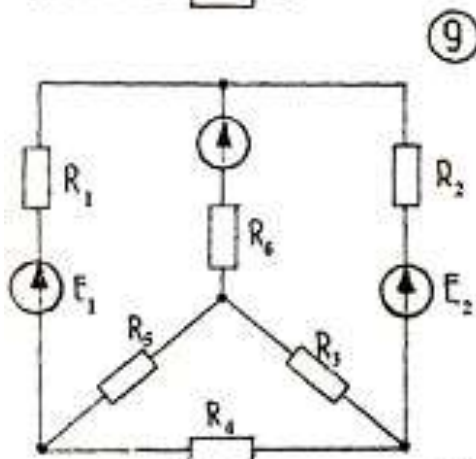
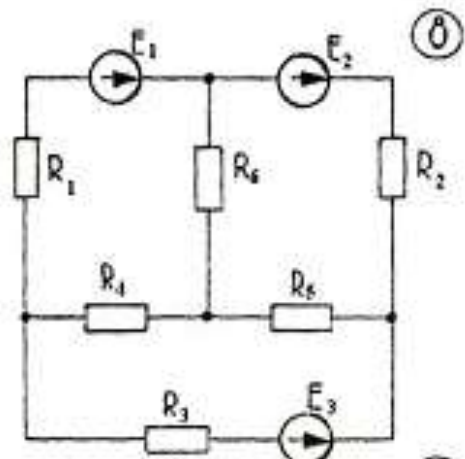
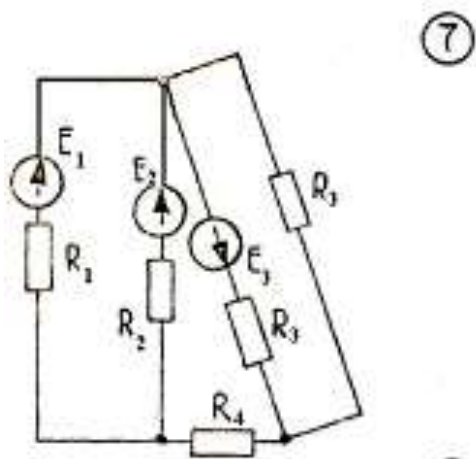
1. Задание на расчет цепи

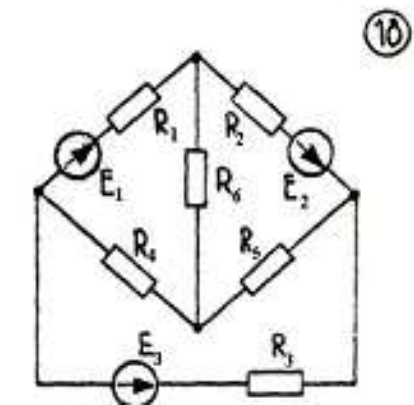
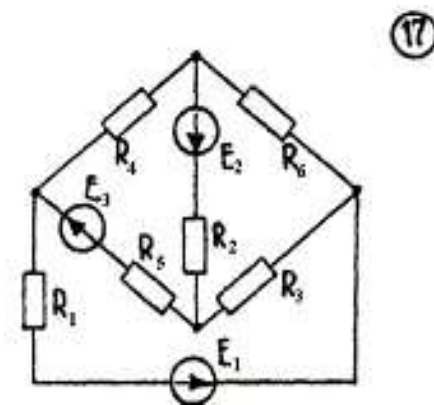
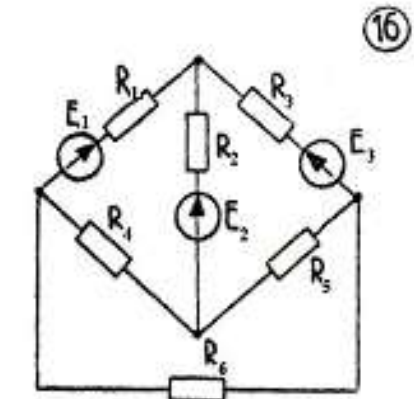
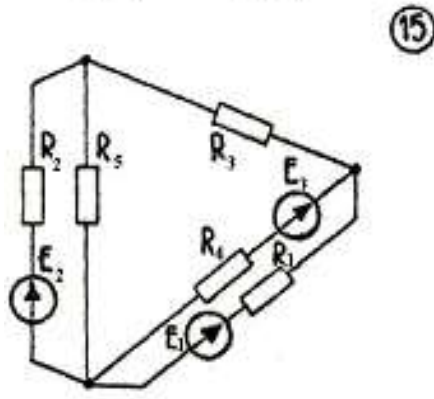
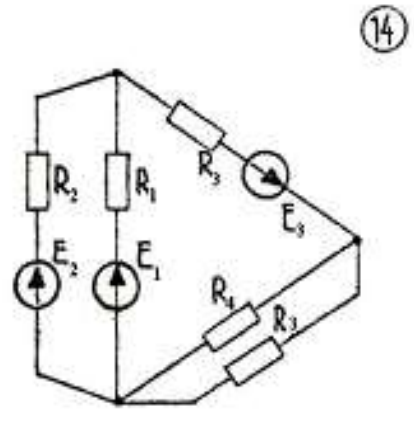
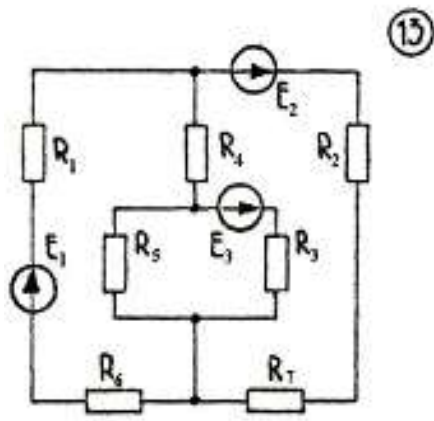
По выданному преподавателем номеру варианта соответственно для заданной цепи (схемы) необходимо выполнить следующее:

1. Определить токи в ветвях методом контурных токов.
2. Определить токи в ветвях методом узловых потенциалов.
3. Составить баланс мощностей для исходной схемы.
4. Рассчитать I_1 для схемы методом эквивалентного генератора
5. Построить потенциальную диаграмму для контура включающего наибольшее количество эдс (Вычислить потенциал всех точек рассматриваемого контура, приняв потенциал одной из них равным нулю).

Примечание. Значение параметров элементов цепи, отсутствующих в схеме варианта задания, необходимо принять равными нулю, хотя они указаны в табл. 2.1 и используются при расчете других схем.







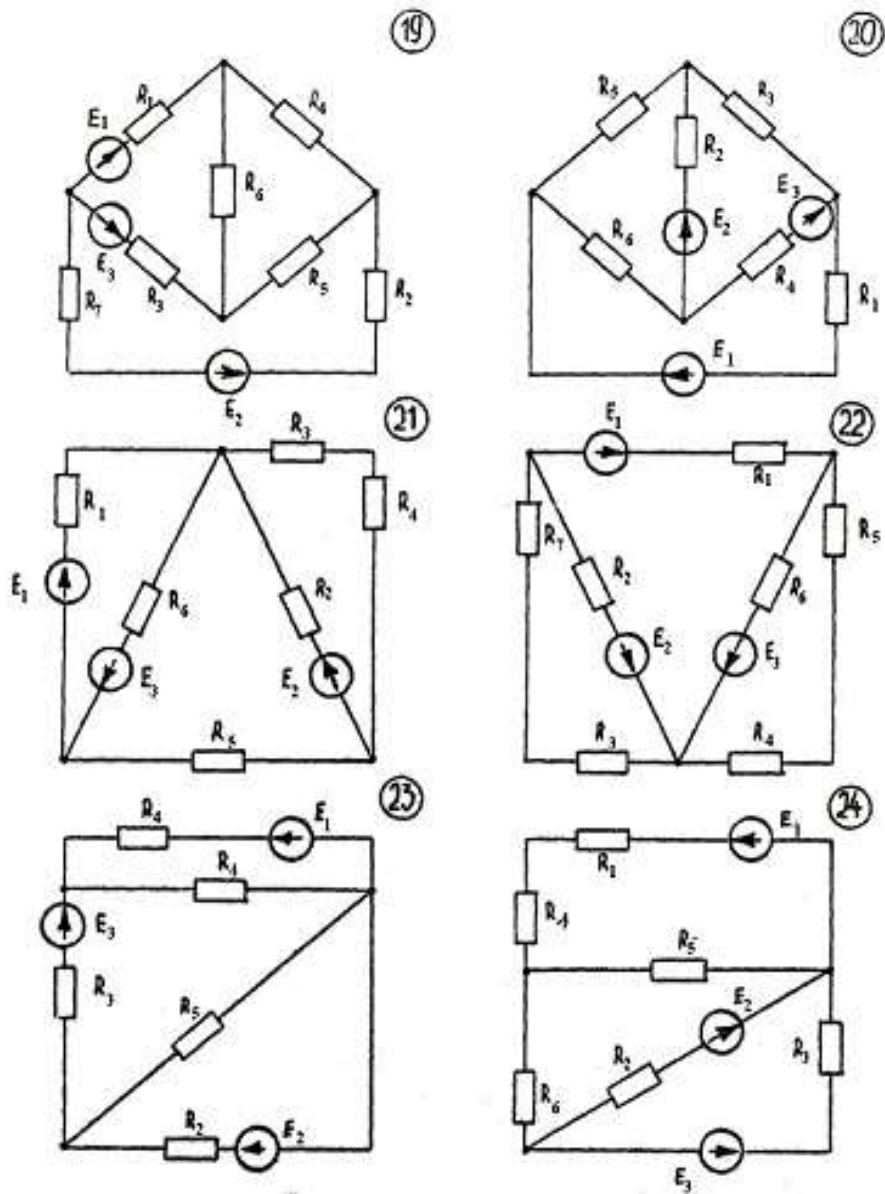


Рис. 1 Расчетные цепи (схемы) постоянного тока
Таблица 1

Значения параметров цепи (схемы) постоянного тока

Параметры цепи	E_1	E_2	E_3	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
<i>Ncx, Nп</i>	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
1	70	5	16	5	10	10	5	5	8	7
2	96	35	10	3	15	10	6	12	41	9
3	24	96	35	10	16	8	12	18	14	17
4	70	15	5	5	4	8	265	15	6	8
5	112	60	90	10	5	4	4	10	8	3
6	120	120	128	6	5	6	5	3	3	10
7	24	12	24	2	4	2	30	6	4	2
8	12	8	16	20	40	29	8	16	5	20
9	160	300	110	100	100	150	40	34	45	33

10	50	70	100	7	50	5	20	25	15	19
11	64	42	96	4	6	5	3	2	3	7
12	25	50	30	5	3	10	5	6	3	4
13	12	16	8	3	5	4	5	3	5	3
14	60	60	120	8	8	4	16	14	21	19
15	60	120	80	10	12	45	45	45	35	29
16	100	84	140	10	10	10	12	12	12	14
17	22	10	14	10	30	60	40	22	12	17
18	10	9	15	1	2	1	4	4	5	6
19	80	100	120	3	4	4	5	6	7	8
20	20	110	40	90	20	26	22	28	30	23
21	126	120	80	6	5	10	12	17	23	11
22	168	210	110	75	45	31	33	45	75	41
23	100	140	40	14	5	10	4	5	12	9
24	30	20	200	20	6	6	8	15	40	12
25	120	100	60	6	5	10	2	17	8	6
26	140	240	220	8	6	12	12	6	8	11
27	80	120	100	29	46	100	30	72	45	37
28	32	25	45	11	17	9	14	38	21	17
29	215	95	100	22	43	78	68	52	30	12
30	45	58	30	15	101	92	130	120	150	60

2. Примерный перечень вопросов для защиты задания

1. Начертите схему электрической цепи, состоящей из источника питания, потребителя (не содержащего эдс) и соединительных проводов. Обозначьте элементы схемы и напишите выражение закона Ома для всей цепи.
2. Напишите закон Ома для участка цепи, содержащего только пассивный приемник энергии (через сопротивление и через проводимость).
3. Напишите обобщенный закон Ома (для участка цепи, содержащего эдс).
4. Напишите выражение для напряжения на зажимах источника в режиме нагрузки.
5. Запишите выражение для эквивалентного сопротивления участка цепи, состоящего:
 - а) из последовательно соединенных сопротивлений;
 - б) из параллельно соединенных сопротивлений;
6. Как производятся "свертывание" схемы?
7. Сформулируйте законы Кирхгофа и напишите их математические выражения.
8. Изложите сущность метода расчета сложной цепи методом непосредственного применения законов Кирхгофа.
9. Почему при расчете цепи, содержащей n узлов, можно составить по первому закону Кирхгофа только $n-1$ уравнений?
10. В чем преимущество метода контурных токов по сравнению с методом непосредственного применения законов Кирхгофа?

11. От чего зависит число уравнений, составляемых при расчете цепи методом контурных токов?
12. По каким соображениям выбираются направления токов в ветвях исходной цепи? Как уточняются эти направления?
13. Может ли направление тока в ветви с эдс быть противоположным направлению этой эдс?
14. Определить показание вольтметра, включенного между любыми двумя точками цепи.
15. Напишите и объясните уравнение баланса мощности для сложной цепи.

Приложение 1 (Пример выполнения)

Задача 1.1. Линейные электрические цепи постоянного тока

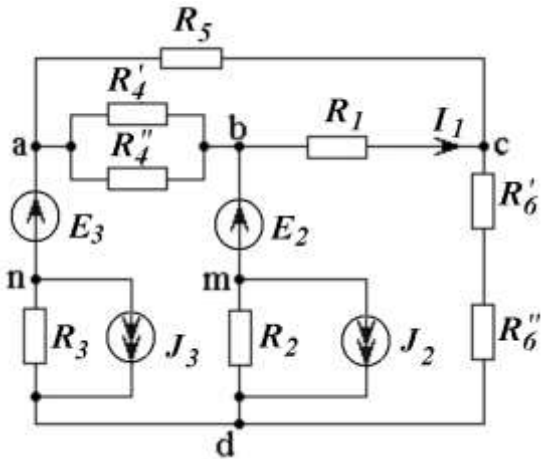


Рис.0. Схема 1 (общая)

Дано:

$R_1 = 45 \text{ Ом}$	$E_1 = 0 \text{ В}$
$R_2 = 60 \text{ Ом}$	$E_2 = 52,5 \text{ В}$
$R_3 = 33 \text{ Ом}$	$E_3 = 22,5 \text{ В}$
$R_4' = 60 \text{ Ом}$	$J_1 = 0 \text{ А}$
$R_4 = 20 \text{ Ом}$	$J_2 = 0,3 \text{ А}$
$R_5 = 21 \text{ Ом}$	$J_3 = 0 \text{ А}$
$R_6' = 50 \text{ Ом}$	
$R_6'' = 25 \text{ Ом}$	

1. Преобразование общей схемы по варианту

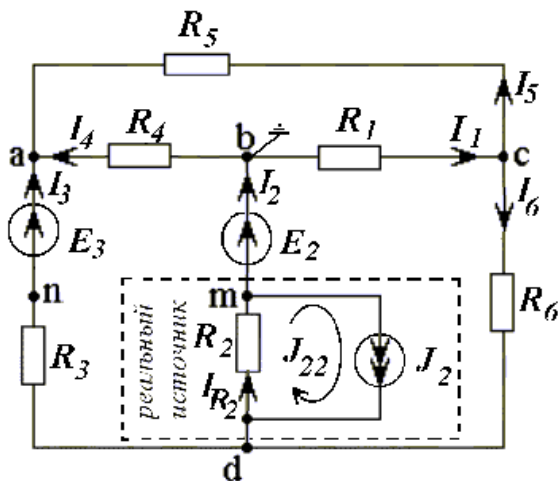


Рис.1. Схема 2 (частная по варианту) $J_3=0$ и не изображается. Пунктиром выделен реальный источник

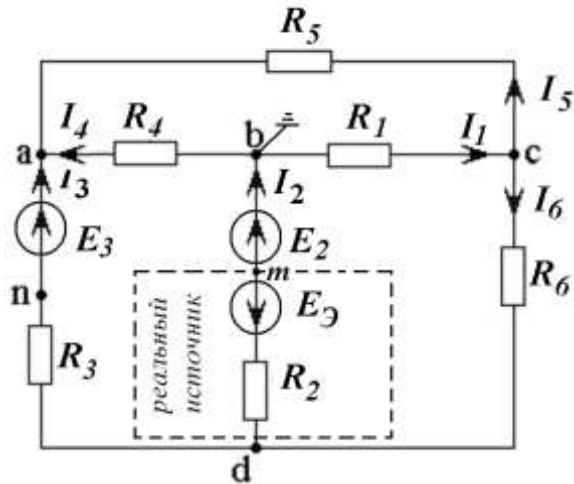


Рис.2. Схема 3 эквивалентна схеме 2, если $E_3 = J_2 \cdot R_2 = 18 \text{ В}$

$$R_6 = R_6' + R_6'' = 50 + 25 = 75 \text{ Ом}$$

$$R_4 = \frac{R_4' \cdot R_4''}{R_4' + R_4''} = \frac{60 \cdot 20}{60 + 20} = 15 \text{ Ом}$$

2. Расчет неизвестных токов в ветвях по законам Кирхгофа

а) Для схемы 2: число ветвей-8; число ветвей с известными токами-1 (ветвь с J_2); неизвестных токов в ветвях $8-1=7$; система должна содержать 7 уравнений (по числу неизвестных токов), число узлов a,b,c,d,m равно 5, число уравнений по I закону Кирхгофа должно быть $5-1=4$, так как один из узлов заземлен. В схеме 2, где есть ветвь без сопротивления bm , нужно заземлить один из узлов этой ветви. Для составления уравнений по II закону Кирхгофа нужно $7-4=3$ уравнения. Составляем граф схемы (источники энергии в графе

представляем своими внутренними сопротивлениями $R_E = 0, R_J = \infty$, резисторы R не изображаются) рис.3.

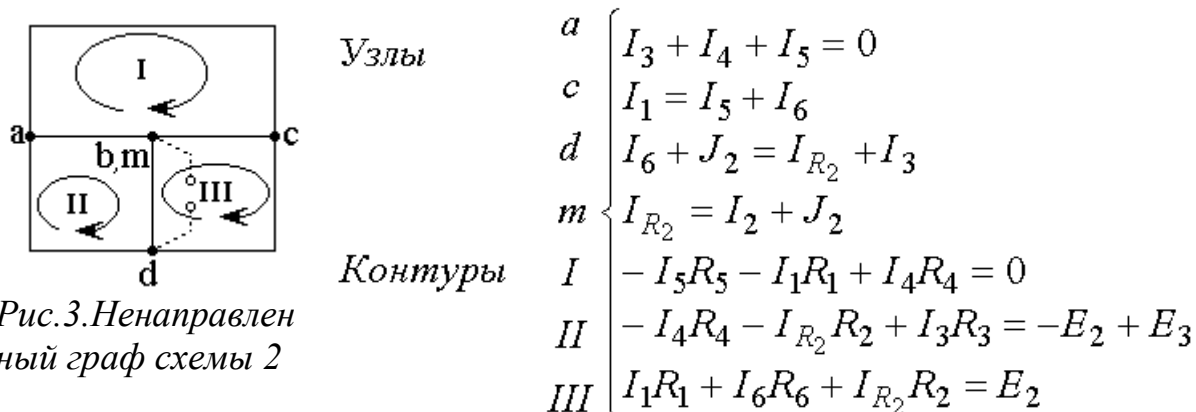


Рис.3. Ненаправленный граф схемы 2

Уравнения по II закону Кирхгофа составляются для ячеек графа. Направление обхода контуров можно выбирать произвольно. Решая систему, находим неизвестные токи $I_1, I_2, I_{R_2}, I_3, I_4, I_5, I_6$ (по заданию решать систему не нужно).

б) Для схемы 3: Число неизвестных токов - 6, число узлов - 4, число уравнений по I закону Кирхгофа $4-1=3$, число уравнений по II закону Кирхгофа $6-3=3$. Контур и направления обхода выбираем по графу схемы (рис.4).

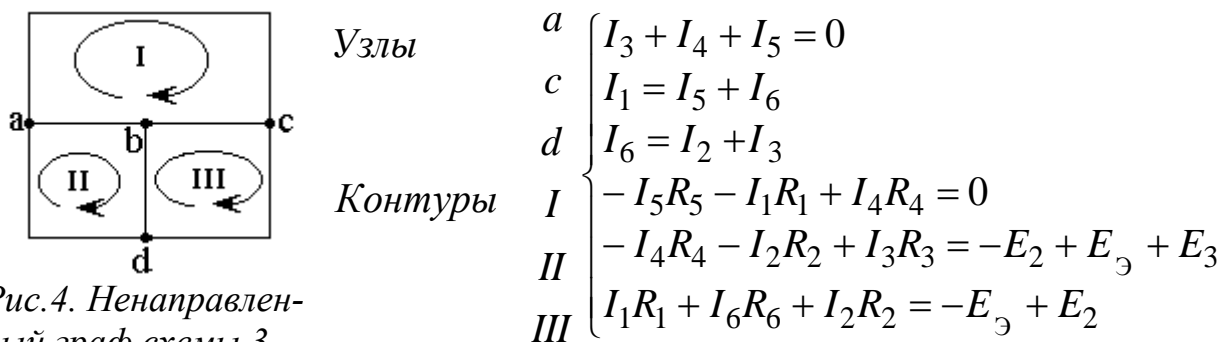


Рис.4. Ненаправленный граф схемы 3

Решая систему, находим токи $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$ (по заданию, решать систему не нужно).

3. Расчет неизвестных токов в ветвях МКТ

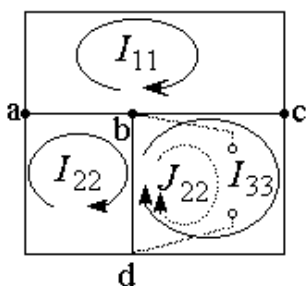


Рис.5. Контурные токи в схеме 2

Число уравнений системы МКТ равно числу уравнений по II закону Кирхгофа. В контурах I, II, III протекают неизвестные контурные токи I_{11}, I_{22}, I_{33} , которые и являются неизвестными системы. В ветви с источником тока течет известный ток J_2 , который создает в ячейке известный контурный ток $J_{22} = J_2 = 0,3$ А (схема 2) рис. 1.

$$\begin{cases} I_{11}(R_5 + R_1 + R_4) - I_{22}R_4 - I_{33}R_1 = 0 \\ -I_{11}R_4 + I_{22}(R_4 + R_2 + R_3) - I_{33}R_2 - J_{22}R_2 = -E_2 + E_3 \\ -I_{11}R_1 - I_{22}R_2 + I_{33}(R_1 + R_6 + R_2) + \underbrace{J_{22}R_2}_{E_3} = E_2 \end{cases}$$

или перенесем $J_{22}R_2 = J_2R_2 = E_{\mathcal{D}}$ в правую часть

$$\begin{cases} I_{11}(R_5 + R_1 + R_4) - I_{22}R_4 - I_{33}R_1 = 0 \\ -I_{11}R_4 + I_{22}(R_4 + R_2 + R_3) - I_{33}R_2 = -E_2 + E_3 + E_{\mathcal{D}} \\ -I_{11}R_1 - I_{22}R_2 + I_{33}(R_1 + R_6 + R_2) = E_2 - E_{\mathcal{D}} \end{cases}$$

В таком виде система соответствует схеме 3. Запишем систему в матричной форме.

$$\begin{bmatrix} R_5 + R_1 + R_4 & -R_4 & -R_1 \\ -R_4 & R_4 + R_2 + R_3 & -R_2 \\ -R_1 & -R_2 & R_1 + R_6 + R_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{11} \\ I_{22} \\ I_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -E_2 + E_3 + E_{\mathcal{D}} \\ E_2 - E_3 \end{bmatrix}$$

Матрица в числах:

$$\begin{bmatrix} 81 & -15 & -45 \\ -15 & 108 & -60 \\ -45 & -60 & 180 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{11} \\ I_{22} \\ I_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -12 \\ 34,5 \end{bmatrix}$$

Решая систему относительно неизвестных, находим контурные токи $I_{11} = 0,142$ А, $I_{22} = 0,042$ А, $I_{33} = 0,241$ А и по принципу наложения выражаем через них токи в ветвях. Если контурный ток течет согласно с принятым направлением тока, то он берется со знаком плюс и наоборот.

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{33} - I_{11} = 0,099 \text{ А} & I_3 &= I_{22} = 0,042 \text{ А} \\ I_2 &= I_{33} - I_{22} = 0,198 \text{ А} & I_4 &= I_{11} - I_{22} = 0,099 \text{ А} \\ I_{R_2} &= I_{33} - I_{22} + J_2 = 0,498 \text{ А} & I_5 &= -I_{11} = -0,142 \text{ А} \\ & & I_6 &= I_{33} = 0,241 \text{ А} \end{aligned}$$

4. Расчет неизвестных токов в ветвях МУП

Число уравнений системы равно числу уравнений по I закону Кирхгофа. *Неизвестными системы являются неизвестные потенциалы узлов.* Потенциал одного из узлов примем равным 0. В схеме, где есть ветвь, содержащая только E , нужно выбирать за нуль потенциал одного из узлов этой ветви.

Для схемы 2: $\varphi_b = 0$, $\varphi_m = \varphi_b - E_2 = -52,5$ В.

Неизвестными будут φ_a , φ_c и φ_d .

$$\begin{cases} \varphi_a \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) - \varphi_c \frac{1}{R_5} - \varphi_d \frac{1}{R_3} = \frac{E_3}{R_3} \\ -\varphi_a \frac{1}{R_5} + \varphi_c \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_6} \right) - \varphi_d \frac{1}{R_6} = 0 \\ -\varphi_a \frac{1}{R_3} - \underbrace{(-E_2)}_{\varphi_m} \frac{1}{R_2} - \varphi_c \frac{1}{R_6} + \varphi_d \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6} \right) = J_2 - \frac{E_3}{R_3} \end{cases}$$

Для схемы 3:

$$\begin{cases} \varphi_a \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) - \varphi_c \frac{1}{R_5} - \varphi_d \frac{1}{R_3} = \frac{E_3}{R_3} \\ -\varphi_a \frac{1}{R_5} + \varphi_c \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_6} \right) - \varphi_d \frac{1}{R_6} = 0 \\ -\varphi_a \frac{1}{R_3} - \varphi_c \frac{1}{R_6} + \varphi_d \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6} \right) = \frac{E_3 - E_2}{R_2} - \frac{E_3}{R_3} \end{cases}$$

Системы эквивалентны, так как $\frac{E_3 - E_2}{R_2} = \frac{E_3}{R_2} - \frac{E_2}{R_2} = J_2 - \frac{E_2}{R_2}$.

Система в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) & -\frac{1}{R_5} & -\frac{1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_5} & \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_6} \right) & -\frac{1}{R_6} \\ -\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_6} & \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6} \right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_a \\ \varphi_c \\ \varphi_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{E_3}{R_3} \\ 0 \\ J_2 - \frac{E_2}{R_2} - \frac{E_3}{R_3} \end{bmatrix}$$

Решая систему относительно неизвестных, находим неизвестные потенциалы узлов:

$$\varphi_a = -1,489 \text{ В} \quad \varphi_c = -4,472 \text{ В} \quad \varphi_d = -22,579 \text{ В}.$$

Выражаем токи в ветвях по закону Ома. $I_1 = \frac{\varphi_b - \varphi_c}{R_1} = 0,099 \text{ А};$

$$I_4 = \frac{\varphi_b - \varphi_a}{R_4} = 0,099 \text{ А}; \quad I_6 = \frac{\varphi_c - \varphi_d}{R_6} = 0,241 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{\varphi_d - \varphi_a + E_3}{R_3} = 0,042 \text{ А}; \quad I_5 = \frac{\varphi_c - \varphi_a}{R_5} = -0,142 \text{ А}.$$

По схеме 2: $I_{R_2} = \frac{\varphi_d - \overbrace{(-E_2)}^{\varphi_m}}{R_2} = 0,498 \text{ A}$ $I_2 = I_{R_2} - J_2 = 0,198 \text{ A}$.

По схеме 3: $I_2 = \frac{\varphi_d - \varphi_b + E_2 - E_3}{R_2} = 0,198 \text{ A}$.

5. Сравнительная таблица результатов расчета токов *

	$I_1 \text{ A}$	$I_2 \text{ A}$	$I_{R_2} \text{ A}$	$I_3 \text{ A}$	$I_4 \text{ A}$	$I_5 \text{ A}$	$I_6 \text{ A}$
МКТ	0,099	0,198	0,498	0,042	0,099	-0,142	0,241
МУП	0,099	0,198	0,498	0,042	0,099	-0,142	0,241

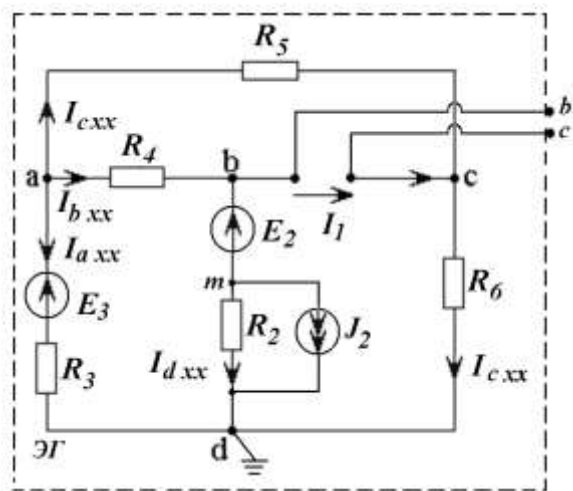
* При сравнительных расчетах допустимая погрешность не должна превышать 5% от минимального значения величины.

6. Баланс мощностей (в схеме 2)

$$I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 = E_2 I_2 + E_3 I_3 + J_2 U_{dm}$$

$$U_{dm} = I_{R_2} R_2 = 29,92 \text{ В} \qquad 20,36 = 20,36 \text{ Вт}$$

7. Расчет I_1 для схемы 2 МЭГ



Примем $R_1 = \infty$, т.е. рассмотрим схему 3 в режиме ХХ. Получим схему рис.6, соответствующую эквивалентному генератору. Это новая схема 4, в которой выбираем направления новых токов $I_{a \text{ xx}}, I_{b \text{ xx}}, I_{c \text{ xx}}, I_{d \text{ xx}}$. У нее три узла a, m, d. Значит, МУП соответствует система 2 уравнений. МКТ также соответствует система 2 уравнений (см. рис.7.),

т.к. в схеме 2 контура с неизвестными контурными токами $I_{11 \text{ xx}}$ и $I_{22 \text{ xx}}$. (Схеме 3 будет соответствовать система: МКТ – 2 уравнения, МУП – 1 уравнение)

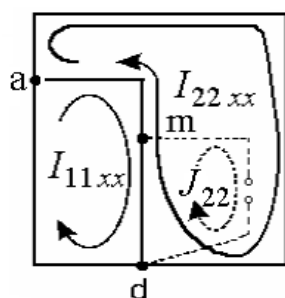


Рис.7. Граф схемы для МКТ

Ветвь с J_2 создает известный контурный ток $J_{22} = J_2$.

а) Система МУП: примем $\varphi_d = 0$. Рис.7.

$$\begin{cases} \varphi_{a \text{ xx}} \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5 + R_6} \right) - \varphi_{m \text{ xx}} \frac{1}{R_4} = \frac{E_3}{R_3} + \frac{E_2}{R_4} \\ -\varphi_{a \text{ xx}} \frac{1}{R_4} + \varphi_{m \text{ xx}} \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{\infty} \right) = -\frac{E_2}{R_4} - J_2 \end{cases}$$

Матрица в числах:

$$\begin{bmatrix} 0.107 & -0.067 \\ -0.067 & 0.083 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{a \text{ xx}} \\ \varphi_{m \text{ xx}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.182 \\ -3.8 \end{bmatrix}$$

$$\varphi_{a \text{ xx}} = 21.12 \text{ В} \quad \varphi_{m \text{ xx}} = -28.7 \text{ В}$$

$$I_{a \text{ xx}} = \frac{\varphi_{a \text{ xx}} - 0 - E_3}{R_3} = -0,041 \text{ А}; \quad I_{c \text{ xx}} = \frac{\varphi_{a \text{ xx}} - 0}{R_5 + R_6} = 0,22 \text{ А};$$

$$I_{b \text{ xx}} = \frac{\varphi_{a \text{ xx}} - \varphi_{m \text{ xx}} - E_2}{R_4} = -0,178 \text{ А}; \quad I_{d \text{ xx}} = I_{b \text{ xx}} - J_2 = -0,478 \text{ А}.$$

б) Система МКТ (рис.7):

$$\begin{cases} I_{11 \text{ xx}} (R_4 + R_2 + R_3) - I_{22 \text{ xx}} (R_4 + R_2) - J_2 R_2 = E_3 - E_2 \\ -I_{11 \text{ xx}} (R_4 + R_2) + I_{22 \text{ xx}} (R_5 + R_6 + R_2 + R_4) + J_2 R_2 = E_2 \end{cases}$$

Перенесем в правую часть уравнения в цифрах $J_2 R_2$ и составим матричные уравнения.

$$\begin{bmatrix} 108 & -75 \\ -75 & 171 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{11 \text{ xx}} \\ I_{22 \text{ xx}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -12 \\ 34,5 \end{bmatrix}$$

$$I_{11 \text{ xx}} = 0,041 \text{ В}; \quad I_{22 \text{ xx}} = 0,22 \text{ В}$$

Выражаем токи в ветвях через контурные.

$$I_{a \text{ xx}} = -I_{11 \text{ xx}} = -0,041 \text{ А} \quad I_{c \text{ xx}} = I_{22 \text{ xx}} = 0,22 \text{ А}$$

$$I_{b \text{ xx}} = I_{11 \text{ xx}} - I_{22 \text{ xx}} = -0,178 \text{ А} \quad I_{d \text{ xx}} = I_{11 \text{ xx}} - I_{22 \text{ xx}} - J_2 = -0,478 \text{ А}^{\text{в}}$$

Сравним токи в ветвях, полученные МУП и МКТ.

г) Находим $U_{bc \text{ xx}}$ (т.к. ток $I_1 = I_{bc}$ в схемах 2 и 3). Рассчитываем его по 2 различным путям, делая переход от второй точки «с» к первой «б». Изменение потенциалов на элементах учитываем по закону Ома (рис. 6). Примем $\varphi_{c \text{ xx}} = 0$, тогда

$$U_{bc \text{ xx}} = \varphi_{b \text{ xx}} - \varphi_{c \text{ xx}} = -I_{c \text{ xx}} R_6 + I_{d \text{ xx}} R_2 + E_2 = I_{c \text{ xx}} R_5 - I_{b \text{ xx}} R_4 = 7,296 \text{ В} = 7,296 \text{ В}.$$

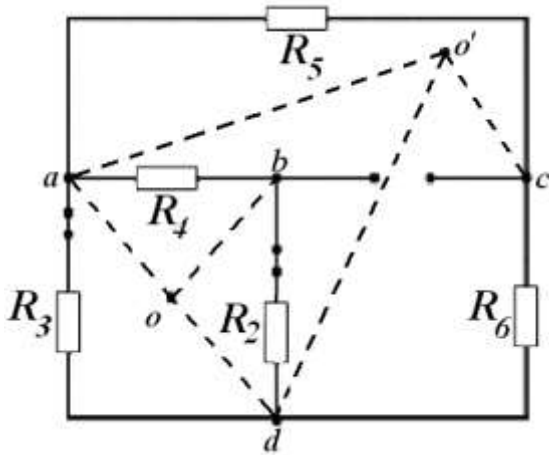


Рис. 8

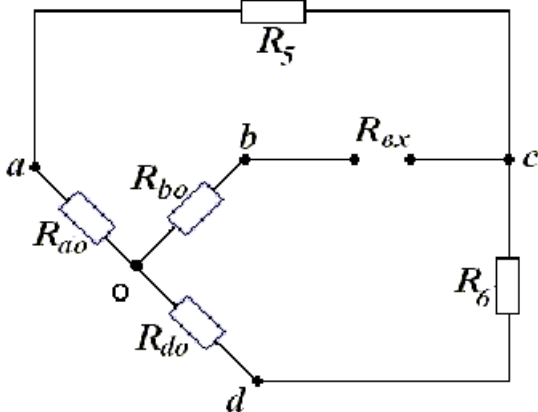


Рис.9.

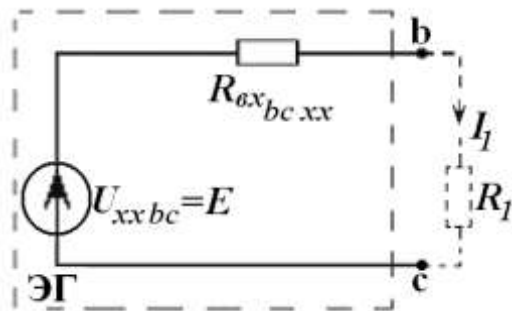


Рис.10.

Схема замещения
для расчета I_1 МЭГ

д) Определим входное сопротивление схемы $R_{bc\ xx}$. Удаляем источники энергии, оставляя вместо источника э.д.с. $R_E = 0$, и $R_J = \infty$ (обрыв), вместо J . В схеме рис.8. нельзя выделить параллельные и последовательные участки, поэтому делаем преобразование треугольника abd в звезду (или acd).

$$R_{ao} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4 + R_2} = 4,583 \text{ Ом}$$

$$R_{do} = \frac{R_2 R_3}{R_3 + R_4 + R_2} = 18,333 \text{ Ом}$$

$$R_{bo} = \frac{R_2 R_4}{R_3 + R_4 + R_2} = 8,333 \text{ Ом}$$

$$R_{ex\ bc\ xx} = R_{bo} + \frac{(R_{ao} + R_5)(R_{do} + R_6)}{(R_{ao} + R_5) + (R_{do} + R_6)}$$

$$R_{ex\ bc\ xx} = 28.412 \text{ Ом}$$

(сравниваем результаты, полученные для Δabd и acd).

е) Определяем ток I_1 согласно схеме замещения (Рис. 10).

$$I_1 = \frac{U_{xx\ bc}}{R_{ex\ bc\ xx} + R_1} = 0,099 \text{ А}$$

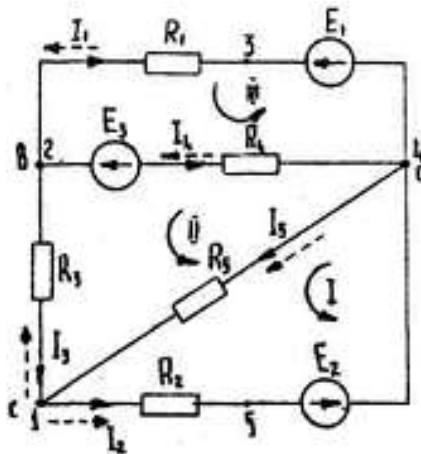
Сравним I_1 с таблицей (п.5).

8. Построение потенциальной диаграмм

На рис. 2.2 выбираем замкнутый контур, включавший обе эдс. Для построения потенциальной диаграммы пронумеруем рассматриваемый контур цепи и примем потенциал какой-либо точки равным нулю (например, точки 1, т.е. $\phi_1 = 0$ (см. рис. 2.2). Точки контура 1, 2, 3, 4, 5, 1 ставим после каждого элемента схемы.

Для электрической схемы, изображенной на рис. 2.2, задано:

$E_1 = 120 \text{ В}$; $E_2 = 100 \text{ В}$; $E_3 = 0$; $R_1 = 6 \text{ Ом}$; $R_2 = 5 \text{ Ом}$; $R_3 = 10 \text{ Ом}$; $R_4 = 2 \text{ Ом}$; $R_5 = 17 \text{ Ом}$.



Потенциалы других точек относительно точки I ($\varphi_1 = 0$) определяются следующим образом:

$$\varphi_2 = \varphi_1 + I_3 R_3 = 0 + 6,98 \cdot 10 = 69,8 \text{ В};$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + I_1 R_1 = 69,8 + 16,75 \cdot 6 = 170,3 \text{ В};$$

$$\varphi_4 = \varphi_3 - E_1 = 170,3 - 120 = 50,3 \text{ В};$$

$$\varphi_5 = \varphi_4 - E_2 = 50,3 - 100 = -49,7 \text{ В};$$

$$\varphi_1 = \varphi_5 + I_2 R_2 = -49,7 + 49,7 = 0.$$

На потенциальной диаграмме откладываются потенциалы отдельных точек выбранного контура по отношению к одной точке, потенциал которой принят за нуль. Порядок расположения выбранных точек должен соответствовать порядку расположения каждого элемента на схеме с учетом величины его сопротивления. При таком построении каждой точке контура соответствует определенная точка на потенциальной диаграмме.

Приняв масштабы для единиц потенциала ($m\varphi$) и сопротивления (R), построим потенциальную диаграмму.

