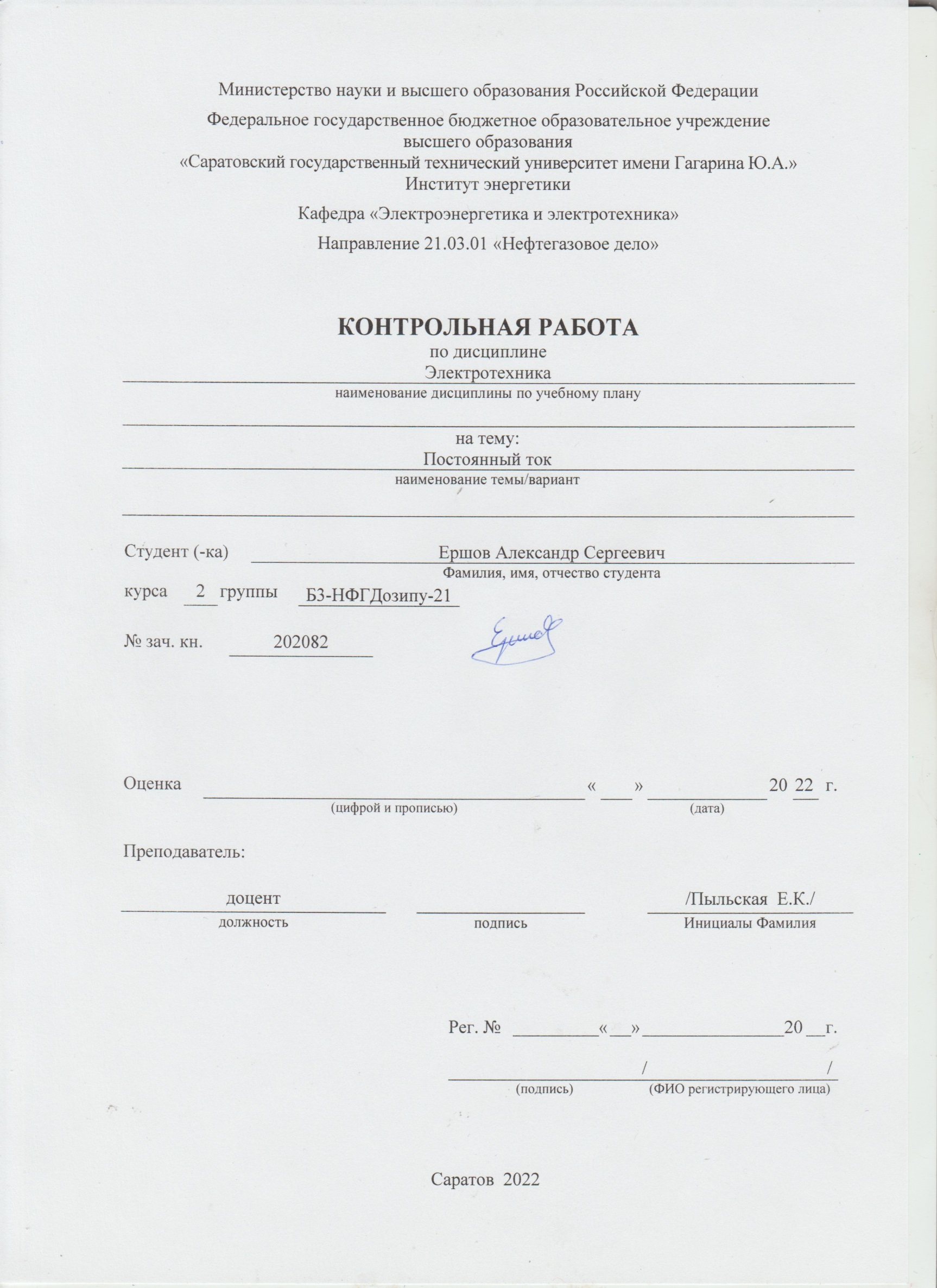
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Министерство науки и высшего образования Российской Федерации | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| высшего образования | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Институт энергетики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Кафедра «Электроэнергетика и электротехника» | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело» | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| по дисциплине | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Электротехника | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| наименование дисциплины по учебному плану | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| на тему: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Постоянный ток | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| наименование темы/вариант | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Студент (-ка) | | | | | Иванов Иван Иванович | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | Фамилия, имя, отчество студента | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| курса | 2 | | группы | | | Б3-НФГДозипу-21 | | | | | | |  | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  | | |  | | | | | | |  | | | | | | | | | | | |
| № зач. кн. | | | | 202000 | | |  | | | | |  | | | | | | | | | | | |
|  | | | |  | | |  | | | | | |  |  |  | | | | |  | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | |  |  | | | | | |  | | |  | | | | | |
|  | | | | | | | | |  |  | | | | | |  | | |  | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Оценка | |  | | | | | | | | | | | | | | « |  | » |  | | 20 | 22 | г. | |
|  | | (цифрой и прописью) | | | | | | | | | | | | | |  |  |  | (дата) | |  |  |  | |
|  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Преподаватель: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| доцент | | | | | | | |  | | |  | | | | |  | | | /Пыльская Е.К./ | | | | | |
| должность | | | | | | | |  | | | подпись | | | | |  | | | Инициалы Фамилия | | | | | |
|  | | | | | | | |  | | |  | | | | |  | | |  | | | | | |
|  | | | | | | | |  | | |  | | | | |  | | |  | | | | | |
|  | | | | | | | |  | | |  | | | | |  | | |  | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Рег. № |  | « |  | » |  | 20 |  | г. | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | | | | | / / | | | | | (подпись) | | | | | (ФИО регистрирующего лица) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Саратов 2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



1. Контрольное задание…………………………………………………………3

2. Метод уравнений Кирхгофа…………………………………………………5

3. Метод контурных токов (МКТ)………………………………………….…..6

4. Метод узловых потенциалов (МУП)……………………………….………..9

5. Сравнение результатов расчетов методами МКТ и МУП………………...12

6. Баланс мощностей……..……………………………………………………..13

**1. Контрольное задание**

Задача. Для электрической схемы, изображенной на рис. 1.1, выполнить следующее:

1. Составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений для расчета токов во всех ветвях схемы.

2. Определить токи во всех ветвях схемы методом контурных токов (МКТ).

3. Определить токи во всех ветвях схемы методом узловых потенциалов (МУП).

4. Результаты расчета токов, проведенного двумя методами, свести в таблицу и сравнить между собой.

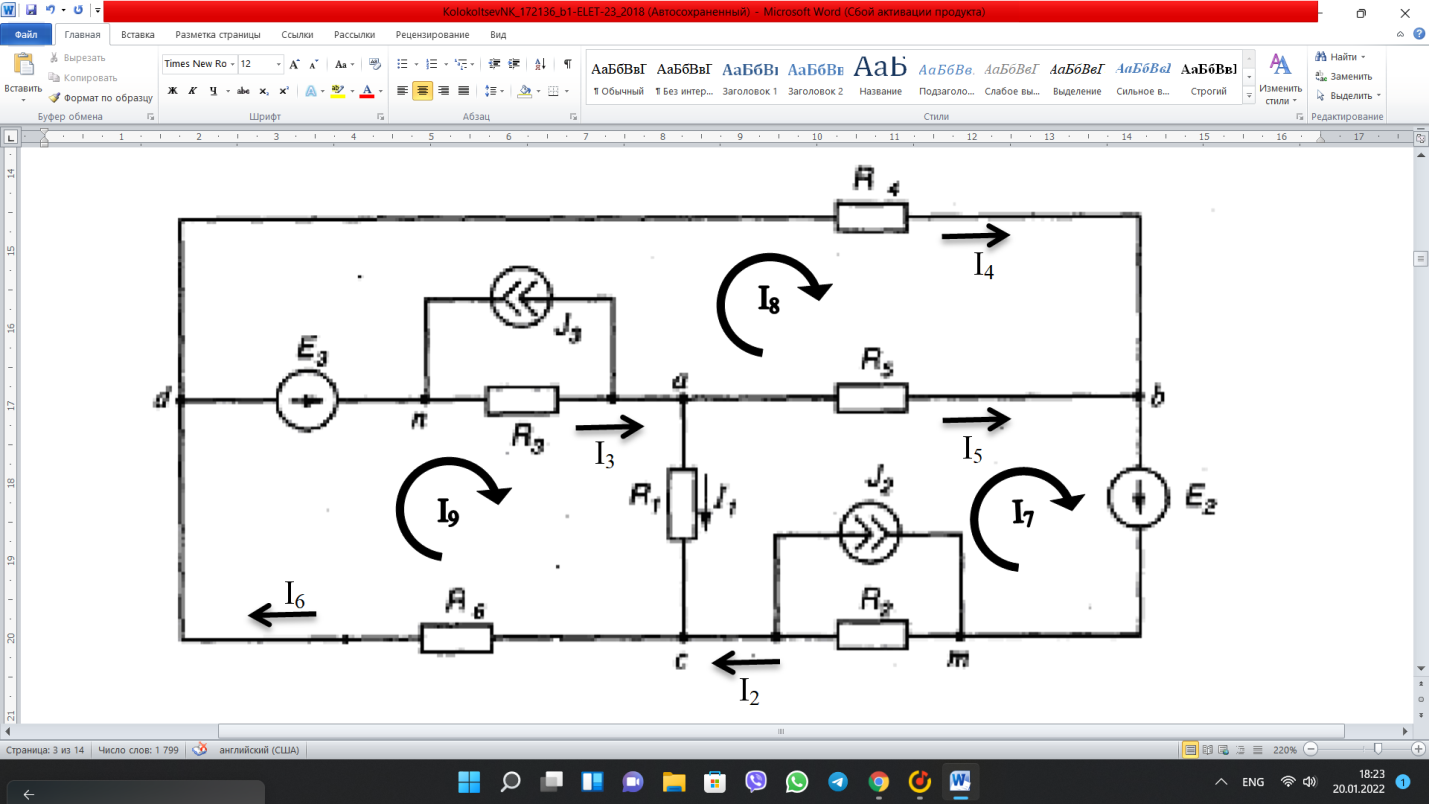
5. Составить баланс мощностей в исходной схеме (схеме с источником тока), вычислив суммарную мощность источников и суммарную мощность нагрузок (сопротивлений).

Вариант №00, рисунок 12.00

Таблица 1.1

Значения элементов схемы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R1,  Ом | R2,  Ом | R3,  Ом | R4,  Ом | R5,  Ом | R6,  Ом | E1,  В | E2,  В | E3,  В | J1,  А | J2,  А | J3,  А |
| 6 | 18 | 11 | 2 | 5 | 10 | — | 14 | 6 | — | 0,2 | 0 |



Ir2

Ir3

**I33**

**I22**

**I11**

Рис. 1.1. Электрическая схема

**2. Метод уравнений Кирхгофа**

1. Выбираем произвольно направления токов во всех ветвях (см. схему рис. 1.1, б).

2. Составляем уравнения по первому закону Кирхгофа. Число их на единицу меньше числа узлов (для схемы рис. 1.1 с пятью узлами нужно составить четыре таких уравнения):

*-I1 + I3 – I5 – J3= 0* - для узла *а*;

*J2+ I4 + I5 – I2 = 0* - для узла *b*;

(1.1)

*– J*2 *– I2 + I1 – I6 = 0* - для узла *с*;

*J3 – I3 – I4 + I6 = 0* - для узла *d*.

3. Выбираем произвольно направление обхода каждого контура и составляем уравнения по второму закону Кирхгофа. Контуры, для которых составляются уравнения, нужно выбирать так, чтобы каждый из них включал в себя хотя бы одну новую ветвь. Только при этом условии уравнения будут независимы друг от друга, а контуры – независимыми. Таким образом, число уравнений, составленных по второму закону Кирхгофа, должно быть равно числу независимых контуров:

*-I5R5 – Ir2R2 + I2R2 – I1R1= -E2* - для контура *abca*;

(1.2)

*-I1 R1 – I6R6 – Ir3R3 + I3R3 =- E3* - для контура *acda*;

*-I4 R4 + I5R5 + I3R3 - Ir3R3= E3* - для контура *dbad*.

В этих уравнениях все ЭДС и токи, совпадающие с направлением обхода контура, записываются со знаком «плюс»; ЭДС и токи, направленные навстречу обходу – со знаком «минус».

Общее число уравнений, составленных по первому и второму законам Кирхгофа, равно числу неизвестных токов, т.е. числу ветвей, за исключением ветвей с источниками тока.

Рассмотренный метод расчета в подавляющем большинстве случаев является достаточно громоздким и потому практически нецелесообразным. Поэтому уравнения (1.1) и (1.2) решать не следует.

**3. Метод контурных токов (МКТ)**

1. Приписываем каждому независимому контуру свой контурный ток: *I11, I22, I33* и выбираем произвольное направление каждого из них (см. рис. 1.1). Удобно выбирать направление контурных токов во всех контурах единообразно – по часовой стрелке или против, а направления обхода контуров– по контурным токам.

2. Ток источника тока *J2* рассматривается как известный контурный ток, замыкающийся по кратчайшему пути (через *R2*), *J3* через *R3*.

3. Составляем уравнения по второму закону Кирхгофа для каждого контура, которые для схемы рис. 1.1 имеют вид:

*I11R11 + I22R12 + I33R13 + J2R2 = Е11,*

(1.3)

*I11R21 + I22R22 + I33R23+ J3R3 = Е22,*

*I11R31 + I22R32 + I33R33+ J3R3 = Е33.*

Здесь *R11, R22, R33* – собственные сопротивления первого, второго и третьего контуров, равные сумме сопротивлений соответствующих контуров.

*R11 = R1 + R2 + R5* = 29 Ом;

*R22 = R1 + R3 + R6* = 27 Ом;

*R33 = R3 + R4 + R5* = 18 Ом;

*R12 = R21 = – R1* = – 6 Ом;

*R23 = R32 = – R3*= – 11 Ом;

*R13 = R31 = – R5* = – 5 Ом.

*R12, R23* и *R31* – взаимные сопротивления контуров, равные взятому со знаком «минус» сопротивлению ветви, смежной между контурами. Знак «минус» у сопротивления берется в случае несовпадения в нем направлений смежных контурных токов, знак «плюс» – в случае их совпадения.

*Е11, Е22, Е33* – контурные ЭДС, равные алгебраическим суммам ЭДС соответствующих контуров.

*Е11 = -Е2=* -14 В; *Е22 = -Е3* = -6 В; *Е33 = E3*= 6 В.

Подставляя численные значения ЭДС, источника тока и сопротивлений, получим:

*I11 · 29 - I22 · 6 - I33 · 5+0,2 · 18 = -14,*

(1.4)

*- I11 · 6 + I22 · 27 – I33 · 11+0 · 11 = - 6,*

*–I11 · 5 – I22 · 11 + I33 · 18+0 · 11 = 6.*

Полученная система уравнений рассчитывается по методу Крамера:

*I*11 = ; *I22* = ; *I33 =*  ,

где Δ – определитель системы уравнений (1.4).

Δ = = 10612.

Соответствующие определители Δ11, Δ22, Δ33, получаемые из Δ путем замены первого, второго и третьего столбцов столбцом свободных членов, равны:

Δ11 = = -4882;

Δ22 = = -1930;

Δ33 = =3714.

Найдем контурные токи:

*I*11 = = - *0,46 А;*

*I*22 = = -*0,182 А;*

*I*33 = =  *0,35 А;*

4. Значения токов в ветвях находятся как алгебраическая сумма соответствующих контурных токов. Например, ток *I5* в смежной ветви совпадает по направлению с *I11* и направлен навстречу *I22*, поэтому:

*I5 = -I22 + I11 = 0,1819-0,46 = -0,278 А.*

5. Ток *I5* во внешней ветви (по внешней ветви) равен контурному току *I11 - I33*.

*I1 =– I11 + I22= 0,278 А;*

*I2 = I11 =* - *0,46 A;*

*I3= I22 - I33 = - 0,532 А;*

*I4 = I33= 0,35 А;*

*I5 = I11 – I22 =* – *0,278 А;*

*I6 = I22 =* -*0,182 А;*

*Ir2 = -I6  + I1 +I2 +J2 = 0,2 А.*

*Ir3 = -I3  - I4 +I6 +J3 = 0 А.*

Знак «минус» перед токами показывает, что действительное их направление противоположно выбранному. МКТ позволяет уменьшить число уравнений, необходимых для решения задачи до числа независимых контуров.

**4. Метод узловых потенциалов (МУП)**

Перед выполнением этого пункта рекомендуется преобразовать источник тока *J2* в источник ЭДС и вести расчет для полученной схемы.

В результате такого преобразования получим схему рис. 1.1,

где *Eэ = J2 ∙R2 = 0,2 ∙ 5 = 1В* и направлена так же, как и *J2*.

1. Потенциал одного узла *d* равен нулю *φd = 0*, т.к. *J3=0*

2. Для остальных узлов составляем уравнения вида:

*φа Gаа + φв Gав + φс Gас = Iаа* – для узла *а*;

*φа Gва + φв Gвв + φс Gвс = Iвв* – для узла *в*;

(1.5)

*φа Gса + φв Gсв + φс Gсс = Iсс*– для узла *с*.

Здесь *Gаа*, *Gвв*, *Gсс* – сумма проводимостей ветвей, образующих узлы *а*, *в*, *с*:

*Gaa = + + =* + + = 0,757 Ом-1;

*Gbb = + + =* + + = 0,755Ом-1;

*Gcc = + + =* + + = 0,321 Ом-1;

*Gаb*, *Gbс*, *Gса* – взятые со знаком «минус» суммы проводимостей ветвей, соединяющих соответственно узлы: *а* и *b*, *b* и *с*, *с* и *а*:

*Gab = Gba = = –* 0,5 Ом-1; *Gbc = Gcb = = –* 0,055 Ом-1;

*Gca = Gac = = –* 0,166 Ом-1.

*Iаа*, *Ibb*, *Iсс* – узловые токи, равные алгебраическим суммам ЭДС ветвей, подходящих к соответствующему узлу, деленному на сопротивление этих ветвей. В эту сумму со знаком «плюс» входят ЭДС, направленные к узлу, и со знаком «минус» ЭДС, направленные от узла:

*Iaa = =1,18 А; Ibb = =– 0,72 А;*

*Icc = = 0,16 А.*

3. В числовых значениях система уравнений (1.5) запишется:

*φа ·* 0,757 *– φb · 0,5– φс· 0,166 = 1,18;*

(1.6)

*–φа · 0,5 + φb ·* 0,755 *– φс· 0,055 = – 0,72;*

*–φа · 0,166 – φb · 0,055 + φс ·* 0,321 *= 0,16.*

Решение системы уравнений методом Крамера дает следующие значения потенциалов узлов схемы:

*φa = ; φb = ; φc = .*

Здесь

Δ = = 0,071;

Δa = = 0,185;

Δв = = 0,065;

Δс = = 0,142;

*φa* =- = 2,606 В; *φb*= = 0,915 В;

*φc* = = 2 В.

4. Заключительным этапом является расчет токов ветвей по обобщенному закону Ома, где ЭДС и напряжение на зажимах каждой ветви берутся со знаком «плюс», если они совпадают по направлению с током ветви, и со знаком «минус», если не совпадают:

*I1 =* = 0,403 А;

*I2*= = 0.52 А;

*I3* = = 0,84 А;

*I4* = = 1,82А;

*I5* = = **-** 0,13 А;

*I6* = = = -0,186 А.

**5. Сравнение результатов расчетов методами МКТ и МУП**

В табл. 1.2 приведено сравнение результатов расчетов МКТ и МУП.

Таблица 1.2

Сравнение результатов расчетов МКТ и МУП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Токи, А | *I1* | *I2* | *I3* | *I4* | *I5* | *I6* |
| МКТ | 0.278 | -0.46 | -0.532 | 0.35 | – 0,278 | -0.182 |
| МУП | 0.403 | 0,52 | 0,84 | 1,82 | – 0,13 | 0,186 |
| Погреш-ность, δ % | 44,96 | 13,04 | 57,89 | 420 | 113,84 | 2,2 |

Относительная погрешность расчета тока *δ*:

*δ =*

где *ΔI* – абсолютная погрешность расчета соответствующего тока; *Imin* – наименьшее из двух значений сравниваемых токов. Например, для тока *I3*:

= = 0,308 А; = 0,532 А;

δ = ·100% = 57,89%

**6. Баланс мощностей**

Проверим выполнение баланса мощностей в цепи. Он устанавливает равенство (баланс) алгебраической суммы мощностей, развиваемых источниками энергии, сумме мощностей, расходуемых приемниками энергии:

где – алгебраическая сумма мощностей источников ЭДС, причем мощность положительна, если направления *El* и *Il* совпадают, и отрицательна – если не совпадают;

– алгебраическая сумма мощностей источников тока *Iк*; мощность положительна, если ток источника тока *Iк*направлен противоположно току параллельной ему ветви, и отрицательна, если это условие не выполняется;

– сумма мощностей, потребляемых всеми сопротивлениями, где все слагаемые положительны.

Баланс мощностей по условиям задания следует проверить в исходной схеме рис. 1.1, б, без преобразования источников тока. Поэтому найдем напряжение на зажимах источника тока, воспользовавшись данными предыдущих расчетов:

*Umc = I2 R2 = 0,46 ∙ 18 = 8,28 В.*

Рассчитаем суммарную мощность источников:

= *E2* *I2 + E3I3 + UmcI2 = 14∙0,46 + 6∙0,532 + 8,28∙0,46 =*

*13,44* Вт.

Мощность, потребляемая сопротивлениями цепи:

*I12R1 + I22R2 + I32R3 + I42R4 + I52R5 + I62R6 =*

*0.2782∙6 + 0,462∙18 + 0,5322∙11 + 0,352∙2 + 0,2782∙5 +*

*0,1822∙10 = 8,35* Вт.

Относительная погрешность баланса мощностей:

*δ* = 100%.

*δ =* ∙100% = 37,9%