

— если N от 88 до 99, то номер схемы равен ($N-87$), номер варианта численных данных равен ($N-84$).

для задачи №5;

- для номеров N от 1 до 50 требуется рассчитывать параметры только трехфазного трансформатора (задания группы А), номер варианта равен N .
- для номеров N от 51 до 99 требуется рассчитывать параметры только трехфазного асинхронного двигателя (задания группы Б), номер варианта равен $N-50$.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА №1

Метод эквивалентных преобразований

При расчете линейных электрических цепей с одним источником энергии используют метод эквивалентных преобразований. Расчет выполняется для заданной схемы цепи и известных параметров всех её элементов.

Порядок расчета:

- 1) выбрать и обозначить на схеме направления токов в элементах цепи, в том числе соединений последовательно;
- 2) обозначить направления напряжений на элементах, соединений параллельно;
- 3) заменить элементы, соединенные последовательно, одним эквивалентным;
- 4) одновременно заменить элементы, соединенные параллельно, одним эквивалентным;
- 5) изобразить схему цепи с эквивалентными элементами по п.3, указать (обозначить) ток в эквивалентном элементе последовательного соединения и указать (обозначить) напряжение на эквивалентном элементе параллельного соединения;
- 6) повторять п.3 и 4 до тех пор, пока в эквивалентной цепи не останется один эквивалентный элемент и источник энергии. Сопротивление этого единственного эквивалентного элемента называется «входное сопротивление цепи $R_{вх}$ » или «эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов источника $R_{экв}$ »;
- 6) рассчитать ток I в источнике напряжения U по закону Ома

$$I = \frac{U}{R_{вх}}$$

Этот же ток будет в $R_{вх}$.

- 7) зная ток источника, нужно рассчитать напряжение на эквивалентном элементе параллельно-соединенных элементов в предыдущей эквивалентной схеме;
- 8) зная напряжение на элементах, соединенных параллельно, токи в них рассчитывают по закону Ома;
- 9) зная токи по п.8, нужно рассчитать напряжение на эквивалентных элементах параллельного соединения в предыдущей эквивалентной схеме;
- 10) повторять пп.8 и 9 до тех пор, пока не будут рассчитаны все токи;
- 11) проверить правильность расчета с помощью баланса мощностей.

Пример

Задана схема цепи (рис.1) и параметры элементов:

$$\begin{aligned} U &= 100 \text{ В}; R_1 = 40 \text{ Ом}; \\ R_2 &= 60 \text{ Ом}; R_3 = 15 \text{ Ом}; \\ R_4 &= 25 \text{ Ом}; R_5 = 80 \text{ Ом}; \\ R_6 &= 20 \text{ Ом}; R_7 = 30 \text{ Ом}; \\ R_8 &= 50 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Требуется рассчитать токи всех элементов.

Рис. 1

Решение

- 1) В исходной схеме цепи укажем направления токов элементов (рис.2).

Элементы R_1 и R_2 соединены последовательно, поэтому в них один и тот же ток I_1 .

- 2) В исходной схеме цепи обозначим направления напряжений параллельно соединенных элементов (рис.2).

Напряжения U_{ed} и U_{cd} направлены в ту же сторону, что и соответствующие токи I_3 (или I_4) и I_6 (или I_7);

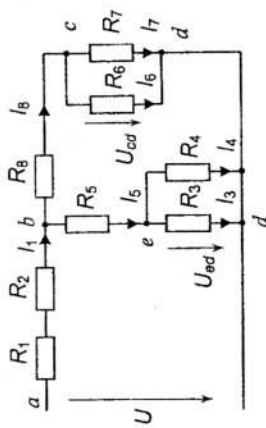


Рис. 2

- 3) Заменим последовательно соединенные элементы R_1 и R_2 одним эквивалентным R_{12}

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 40 + 60 = 100 \text{ Ом};$$

заменим параллельно соединенные элементы R_3 и R_4 одним эквивалентным R_{34}

$$R_{34} = \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{1}{25}} = 9,372 \text{ Ом};$$

заменим параллельно соединенные элементы R_6 и R_7 одним эквивалентным R_{67} ;

$$R_{67} = \frac{1}{\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{30}} = 12,01 \text{ Ом}.$$

4) Изобразим полученную схему (рис.3) и укажем направления токов элементов, в том числе в R_{12} , обозначим направления напряжений U_{ed} и U_{cd} на эквивалентных элементах R_{34} и R_{67} параллельного соединения.

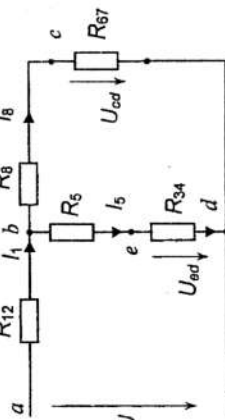


Рис. 3

5) Заменим последовательно соединенные элементы R_{34} и R_5 одним эквивалентным R_{345} ,

$$R_{345} = R_{34} + R_5 = 9,372 + 80 = 89,372 \text{ Ом};$$

заменим последовательно соединенные элементы R_{67} и R_8 одним эквивалентным R_{678} ;

$$R_{678} = R_{67} + R_8 = 12,01 + 50 = 62,01 \text{ Ом}.$$

6) Изобразим полученную схему (рис.4) и укажем направления токов в R_{345} и в R_{678}

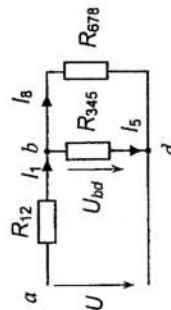


Рис. 4

На схеме покажем напряжение U_{bd} параллельного соединения элементов.

7) Заменим параллельно соединенные элементы R_{345} и R_{678} одним эквивалентным R_{3-8} ;

$$R_{3-8} = \frac{1}{\frac{1}{R_{345}} + \frac{1}{R_{678}}} = \frac{1}{\frac{1}{89,372} + \frac{1}{62,01}} = 36,63 \text{ Ом}.$$

8) Изобразим полученную схему (рис.5) и обозначим напряжение U_{bd} ;

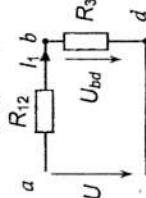


Рис. 5

9) Заменим последовательно соединенные элементы R_{12} и R_{3-8} одним эквивалентным $R_{вх}$, изобразим полученную схему (рис.6)

$$R_{вх} = R_{12} + R_{3-8} = 100 + 36,63 = 136,63 \text{ Ом};$$

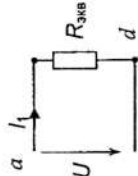


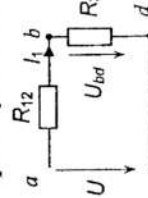
Рис. 6

10) Рассчитаем ток источника I_1 в схеме рис.6:

$$I = \frac{U}{R_{вх}} = \frac{100}{136,63} = 0,731 \text{ А}.$$

В цепи рис.6 стали известны ток и напряжение на элементах.

11) Поэтому переходим к предыдущей схеме рис.5.

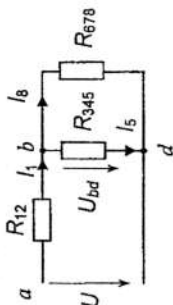


Здесь осталось неизвестным только напряжение U_{bd} , которое можно рассчитать по закону Ома

$$U_{bd} = I_1 R_{3-8} = 0,731 \cdot 36,63 = 26,809 \text{ В}.$$

Теперь в этой схеме рассчитаны все неизвестные: ток I_1 и напряжение U_{bd} .

12) Переходим к расчету предыдущей эквивалентной схемы цепи рис.4.

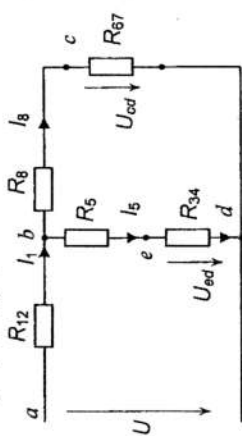


Здесь напряжение U_{bd} уже известно, поэтому токи I_5 и I_8 в параллельно соединенных элементах рассчитываются по закону Ома

$$I_5 = \frac{U_{bd}}{R_{345}} = \frac{26,809}{89,372} = 0,300 \text{ A}; \quad I_8 = \frac{U_{bd}}{R_{678}} = \frac{26,809}{62,01} = 0,432 \text{ A};$$

Теперь в этой схеме известны все токи и напряжения.

13) Переходим к расчету предыдущей эквивалентной схемы цепи рис.3.

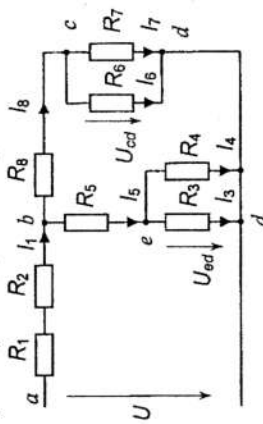


Найдем напряжения U_{ed} и U_{cd} по закону Ома, зная токи I_5 и I_8

$$U_{ed} = I_5 R_{34} = 0,3 \cdot 9,372 = 2,812 \text{ В}; \quad U_{cd} = I_8 R_{67} = 0,432 \cdot 12,01 = 5,186 \text{ В}.$$

Все токи и напряжения в схеме рассчитаны.

14) Переходим к расчету исходной цепи рис.2.



Найдем токи I_3 , I_4 , I_6 и I_7 по закону Ома по известным напряжениям U_{ed} и U_{cd} :

$$I_3 = \frac{U_{ed}}{R_3} = \frac{2,812}{15} = 0,187 \text{ A}; \quad I_4 = \frac{U_{ed}}{R_4} = \frac{2,812}{25} = 0,113 \text{ A};$$

$$I_6 = \frac{U_{cd}}{R_6} = \frac{5,186}{20} = 0,259 \text{ A}; \quad I_7 = \frac{U_{cd}}{R_7} = \frac{5,186}{30} = 0,173 \text{ A}.$$

Итак, рассчитаны все токи:

$$I_{R1} = I_{R1} = 0,731 \text{ A}; \quad I_{R3} = 0,187 \text{ A}; \quad I_{R4} = 0,113 \text{ A}; \quad I_{R5} = 0,3 \text{ A}; \quad I_{R6} = 0,259 \text{ A};$$

$$I_{R7} = 0,173 \text{ A}; \quad I_{R8} = 0,432 \text{ A}$$

15) Проверка правильности расчетов с помощью баланса мощностей

$$P_{\text{ист}} = P_{\text{пр}}.$$

Мощность единственного источника оказывается равна

$$P_{\text{ист}} = U \cdot I_1 = 100 \cdot 0,731 = 73,1 \text{ Вт}.$$

Мощности всех резистивных элементов (приемников) равны

$$P_{\text{пр}} = \sum_{k=1}^8 R_k \cdot I_k^2 = (40 + 60) \cdot 0,731^2 + 15 \cdot 0,187^2 + 25 \cdot 0,113^2 + 80 \cdot 0,3^2 + 20 \cdot 0,259^2 + 30 \cdot 0,173^2 + 50 \cdot 0,432^2 = 73,2 \text{ Вт}.$$

Баланс имеет место, значит, расчеты верны.

ЗАДАЧА №2

Расчет токов в цепях постоянного тока с несколькими источниками

энергии

Режим любой цепи полностью характеризуется уравнениями, составленными на основании первого и второго законов Кирхгофа.

Для определения токов во всех ветвях необходимо составить и решить систему уравнений, количество которых равно числу ветвей.

Расчет разветвленной электрической схемы, содержащей несколько источников, можно проводить с помощью метода, использующего непосредственное применение законов Кирхгофа, метода контурных токов и метода узловых потенциалов.

Расчет цепей путем непосредственного применения законов Кирхгофа

Вначале выбирают и обозначают направления токов в ветвях. Затем упрощают схему цепи, заменяя эквивалентными резистивными элементами, соединенные последовательно или параллельно.

Для определения токов во всех ветвях эквивалентной схемы цепи составляется система независимых уравнений, составленных по первому и второму законам Кирхгофа.

По первому закону Кирхгофа составляют уравнения для всех узлов без одного, за который принимают узел с наибольшим числом сходящихся в нем токов.

По второму закону Кирхгофа составляют уравнения для внутренних контуров схемы цепи. Число таких уравнений равно: $k = v - u + 1$, где v — число ветвей, u — число узлов цепи.