

В.Г. Герасимов

**Сборник задач по электротехнике и основам
электроники**

**учебное пособие для неэлектротехнических
специальностей вузов**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.39
ББК 32
В11

В11 **В.Г. Герасимов**
Сборник задач по электротехнике и основам электроники: учебное пособие для неэлектротехнических специальностей
вузов / В.Г. Герасимов – М.: Книга по Требованию, 2024. – 286 с.

ISBN 978-5-458-29366-2

ISBN 978-5-458-29366-2

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ЦЕПИ С ОДНИМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

1.12. Для электрической цепи, схема которой приведена на рис. 1.12, а, построить кривые изменения напряжения U_2 , мощности источника питания P_1 , мощности приемников P_2 и к. п. д. η в зависимости от тока I при изменении эквивалентного сопротивления приемников R_2 от бесконечности (холостой ход) до нуля (короткое замыкание). Э. д. с. источника питания $E = 220$ В, а сопротивление

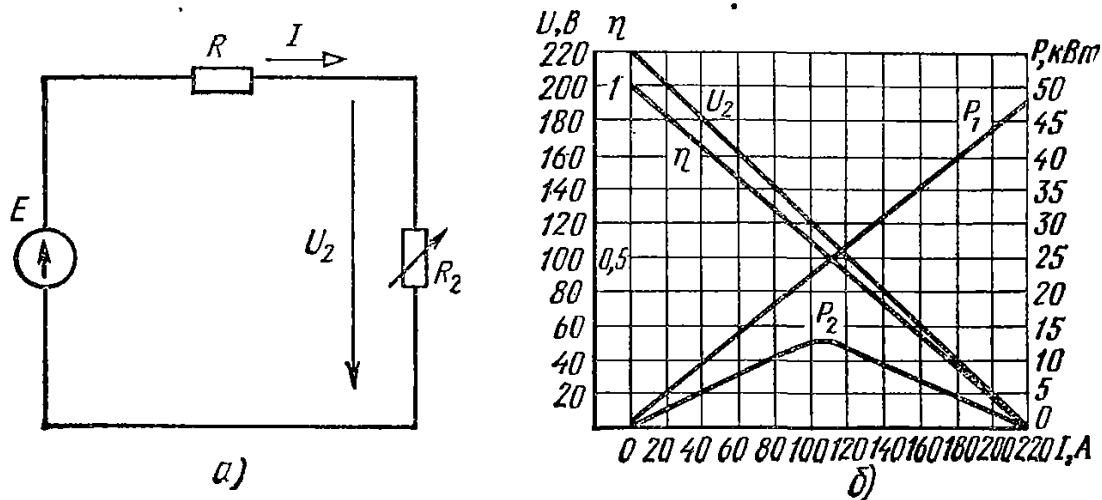


Рис. 1.12

$R = 1$ Ом включает внутреннее сопротивление источника питания и сопротивление проводов, соединяющих источник питания и приемники энергии.

Ответ: на рис. 1.12, б построены графики U_2 , P_1 , P_2 , $\eta(I)$.

1.13. На рис. 1.13 показана схема электрической цепи с резисторами, сопротивления которых $R_1 = 18$ Ом, $R_2 = 30$ Ом, $R_3 = 20$ Ом. Определить токи ветвей, если напряжение $U = 120$ В.

Решение. Решение проводим методом «свертывания». Эквивалентное сопротивление разветвленного участка цепи

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{30 \cdot 20}{30 + 20} = 12 \text{ Ом.}$$

Общее сопротивление цепи

$$R = R_1 + R_{23} = 18 + 12 = 30 \text{ Ом.}$$

В соответствии с законом Ома ток

$$I_1 = U/R = 120/30 = 4 \text{ А.}$$

Напряжение на зажимах параллельных ветвей

$$U_{ab} = R_{23} I_1 = 12 \cdot 4 = 48 \text{ В,}$$

или на основании второго закона Кирхгофа

$$U_{ab} = U - R_1 I_1 = 120 - 18 \cdot 4 = 48 \text{ В.}$$

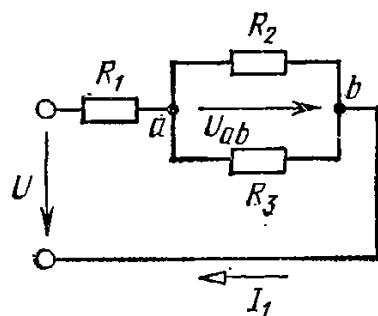


Рис. 1.13

Токи ветвей

$$I_2 = U_{ab}/R_2 = 48/30 = 1,6 \text{ A}, \quad I_3 = U_{ab}/R_3 = 48/20 = 2,4 \text{ A}.$$

Эти токи можно определить с помощью формул разброса, согласно которым ток в одной из параллельных ветвей равен произведению тока в неразветвленной части цепи и отношения сопротивления другой ветви к сумме сопротивлений параллельных ветвей:

$$I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 4 \cdot \frac{20}{30 + 20} = 1,6 \text{ A}, \quad I_3 = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 4 \cdot \frac{30}{30 + 20} = 2,4 \text{ A}.$$

1.14. Определить ток, напряжение и мощности цепи (см. рис. 1.13), если заданы сопротивления резисторов $R_1 = 12 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$ и ток $I_2 = 2 \text{ A}$.

Ответ: $I_1 = 5 \text{ A}$; $I_3 = 3 \text{ A}$; $U = 120 \text{ В}$; $P = 600 \text{ Вт}$.

1.15. Найти распределение токов в схеме цепи рис. 1.15, если $R_1 = R_2 = 0,5 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$; $R_4 = 6 \text{ Ом}$; $R_5 = R_6 = 1 \text{ Ом}$, $R_7 = 2 \text{ Ом}$, а напряжение на входе $U = 120 \text{ В}$.

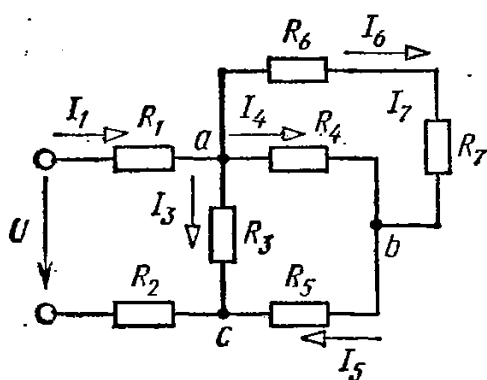


Рис. 1.15

Решение. Определяем общее сопротивление цепи, заменяя отдельные участки ее эквивалентными сопротивлениями:

$$R_{ab} = \frac{(R_6 + R_7) R_4}{R_6 + R_7 + R_4} = 2 \text{ Ом};$$

$$R_{ac} = \frac{(R_{ab} + R_5) R_3}{R_{ab} + R_5 + R_3} = 2 \text{ Ом}.$$

Общее или входное сопротивление цепи $R_{\text{вх}} = R_{ac} + R_1 + R_2 = 3 \text{ Ом}$.

Ток в неразветвленной части цепи, т. е. на участках с резисторами R_1 и

$$R_2, \quad I_1 = 120/3 = 40 \text{ A}.$$

Напряжение U_{ac} можно определить двумя способами:

1) Согласно второму закону Кирхгофа, $U_{ac} = U - (R_1 + R_2) I_1 = 80 \text{ В}$; 2) $U_{ac} = R_{ac} I_1 = 80 \text{ В}$.

В резисторе R_3 ток определяется по закону Ома:

$$I_3 = U_{ac}/R_3 = 13,33 \text{ A}.$$

В резисторе R_5 ток

$$I_5 = U_{ac}/(R_{ab} + R_5) = 26,7 \text{ A}.$$

Проверка: $I_1 = I_3 + I_5$, или $40 = 13,3 + 26,7 \text{ A}$.

Напряжение на участке ab $U_{ab} = R_{ab} I_5 = 53,4 \text{ В}$ или $U_{ab} = U_{ac} - R_5 I_5 = 80 - 26,7 = 53,3 \text{ В}$.

В резисторе R_4 ток

$$I_4 = U_{ab}/R_4 = 8,9 \text{ A}.$$

В резисторах R_6 и R_7 ток

$$I_6 = U_{ab}/(R_6 + R_7) = 17,8 \text{ A}.$$

Проверка: $I_5 = I_4 + I_6$, или $26,7 = 8,9 + 17,8$.

1.16. Найти токи в схеме рис. 1.15, пользуясь методом подобия. Решение. Задаемся током $I'_6 = 1$ А, тогда $U'_{ab} = (R_6 + R_7) I'_6 = 3$ В, $I'_4 = U'_{ab}/R_4 = 0,5$ А.

По первому закону Кирхгофа, $I'_5 = I'_6 + I'_4 = 1,5$ А. Напряжение $U'_{ac} = (R_5 + R_{ab}) I'_5 = (1 + 2) 1,5 = 4,5$ В. Токи $I'_3 = U'_{ac}/R_3 = 4,5/6 = 0,75$ А и $I'_1 = I'_3 + I'_5 = 0,75 + 1,5 = 2,25$ А.

Тогда $U' = (R_1 + R_2) I'_1 + U'_{ac} = 2,25 + 4,5 = 6,75$ В.

Коэффициент подобия $K = U/U' = 120/6,75 = 17,77$.

Зная K , определяем истинные токи: $I_6 = KI'_6 = 17,77 \cdot 1 \approx 17,8$ А, $I_5 = 17,77 \cdot 1,5 = 26,66$ А, $I_4 = 17,77 \cdot 0,5 = 8,88$ А, $I_3 = 17,77 \cdot 0,75 = 13,32$ А, $I_1 = 17,77 \cdot 2,25 = 39,98$ А.

Сравнивая полученные токи с соответствующими токами в задаче 1.15, убеждаемся, что погрешность получается незначительной и объясняется дробным значением коэффициента подобия.

1.17. Пользуясь методом подобия, найти токи в схеме цепи рис. 1.17, если $E = 10$ В, $R_1 = 7,6$ Ом, $R_2 = 7$ Ом, $R_3 = 1,9$ Ом, $R_4 = 7$ Ом, $R_5 = 3$ Ом.

Ответ: $I_1 = 1$ А; $I_2 = 0,4$ А; $I_3 = 0,6$ А; $I_4 = 0,18$ А; $I_5 = 0,42$ А.

Эту задачу можно решить методом эквивалентных преобразований на микрокалькуляторе МК-54 (МК-56) по программе

```

П→X 4 F 1/X П→X 5 F 1/X + F 1/X X→П 6 П→X 3 + X→П 7 F
1/X П→X 2 F 1/X + F 1/X X→П 8 П→X 1 + X→П 9 с/п П→X 0
П→X 9 ÷ X→П 9 П→X 8 x X→П 8 П→X 2 ÷ X→П a /-/ П→X 9
+ X→П b П→X 6 x X→П 7 П→X 4 ÷ X→П c /-/ П→X b + X→П d с/п

```

Исходные данные вводят в регистры: $E = \text{РГО}$, $R_1 = \text{РГ1}$, $R_2 = \text{РГ2}$, $R_3 = \text{РГ3}$, $R_4 = \text{РГ4}$, $R_5 = \text{РГ5}$. После первого автоматического останова значения эквивалентных сопротивлений участков цепи размещаются в регистрах $\text{РГ6} = R_{4-5}$, $\text{РГ7} = R_{3-5}$, $\text{РГ8} = R_{2-5}$, $\text{РГ9} = R_{\text{эк}}$. После записи этих результатов и повторного пуска производят вычисления токов и напряжений. Их значения размещаются в регистрах: $\text{РГ7} = U_{bc}$, $\text{РГ8} = U_{ac}$, $\text{РГ9} = I_1$, $\text{РГа} = I_2$, $\text{РГb} = I_3$, $\text{РГc} = I_4$, $\text{РГd} = I_5$.

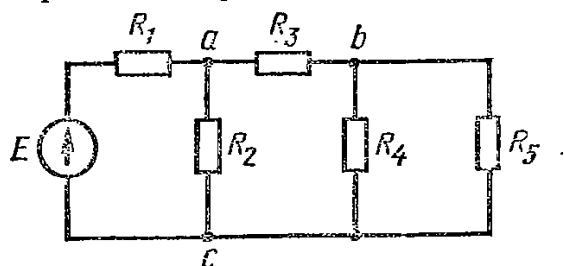


Рис. 1.17

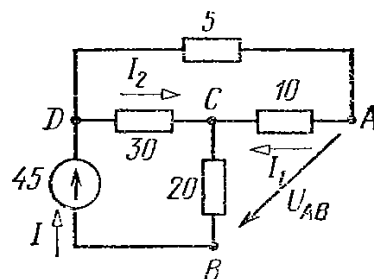


Рис. 1.18

1.18. В схеме цепи рис. 1.18 определить напряжение U_{AB} . Значения э. д. с. и сопротивлений указаны соответственно в вольтах и омах.

Решение. Для определения U_{AB} нужно найти токи I и I_1 . Применяя метод свертывания, найдем $R_{\text{эк} DB}$. Очевидно, резистивные элементы с сопротивлениями 5 и 10 Ом соединены последова-

тельно, а с сопротивлением 30 Ом — параллельно:

$$R_{DC} = \frac{15 \cdot 30}{15 + 30} = 10 \text{ Ом}, \quad R_{\text{эк} DB} = R_{DC} + R_{CB} = 10 + 20 = 30 \text{ Ом}.$$

Тогда $I = 45/30 = 1,5 \text{ А}$. Так как соотношение сопротивлений двух параллельных ветвей с сопротивлениями 30 и 15 Ом $2:1$, то

ток $I_1 = 1 \text{ А}$ и будет вдвое больше тока I_2 . Зная токи I_1 и I , находим контур $ABCA$ (мысленно замыкая его) и составляем уравнение по второму закону Кирхгофа:

$$U_{AB} - 20I - 10I_1 = 0;$$

$$U_{AB} = 20 \cdot 1,5 + 10 \cdot 1 = 40 \text{ В}.$$

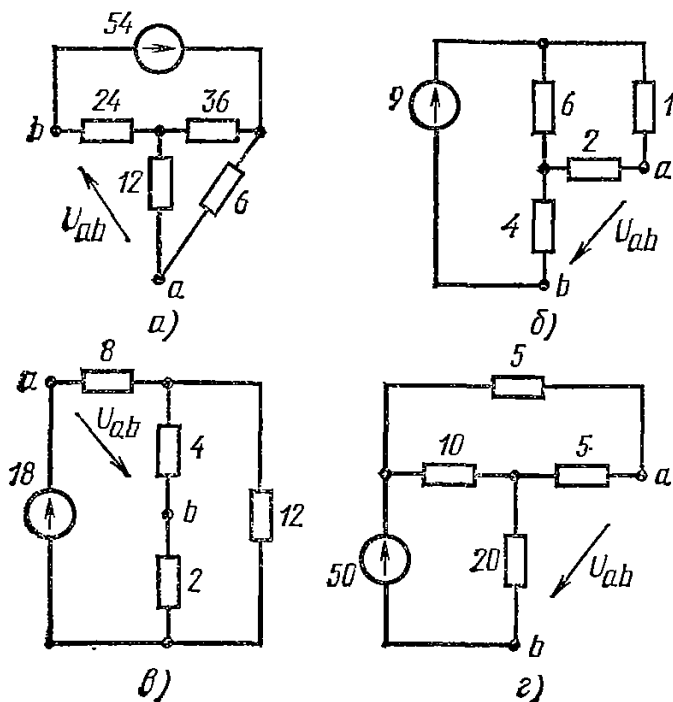


Рис. 1.19

1.19*. Найти напряжение U_{ab} в схеме цепей рис. 1.19.

Ответ: а) $U_{ab} = 48 \text{ В}$; б) $U_{ab} = 8 \text{ В}$; в) $U_{ab} = 16 \text{ В}$; г) $U_{ab} = 45 \text{ В}$.

1.20. В схеме цепи рис. 1.20 определить ток I_{cd} (по значению и направлению), если $E = 48 \text{ В}$,

$R_1 = R_3 = 8 \text{ Ом}$, $R_5 = R_6 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = R_4 = 4 \text{ Ом}$.

Ответ: $I_{cd} = 10 \text{ А}$.

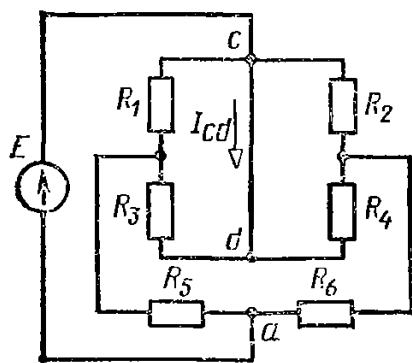


Рис. 1.20

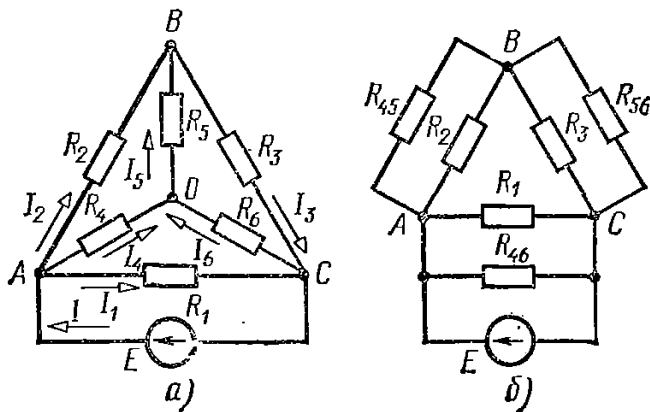


Рис. 1.21

1.21. В схеме цепи рис. 1.21, а заданы э. д. с. $E = 20 \text{ В}$ и резисторы с сопротивлениями $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 1 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$, $R_4 = 2 \text{ Ом}$, $R_5 = 4 \text{ Ом}$, $R_6 = 5 \text{ Ом}$. Определить токи ветвей. Составить баланс мощностей.

Указание. Расчет токов целесообразно осуществлять, преобразуя предварительно звезду $R_4 R_5 R_6$ в треугольник по схеме рис.

1.21, б. В соответствии с формулами преобразования звезды в треугольник

$$R_{45} = R_4 + R_5 + \frac{R_4 R_5}{R_6}, \quad R_{46} = R_4 + R_6 + \frac{R_4 R_6}{R_5}, \quad R_{56} = R_5 + R_6 + \frac{R_5 R_6}{R_4}.$$

Токи в ветвях R_1 , R_{46} определяются по закону Ома:

$$I_1 = E/R_1, \quad I_{46} = E/R_{46}$$

и временно их можно исключить из схемы. Ветви R_{45} , R_2 , так же как и ветви R_{36} и R_3 , соединены параллельно, а эквивалентные им ветви R_{AB} и R_{BC} — последовательно, и их общий ток $I_{ABC} = E/R_{ABC}$.

Зная токи, можно определить напряжения $U_{AB} = R_{AB} I_{ABC}$ и $U_{BC} = R_{BC} I_{ABC}$. Тогда токи I_2 и I_3 в схеме цепи рис. 1.21, а определяются по закону Ома: $I_2 = U_{AB}/R_2$, $I_3 = U_{BC}/R_3$, а токи I_4 , I_5 , I_6 — из уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа для узлов А, В, С, например $I_5 = I_3 - I_2$ и т. д.

Ток в ветви с источником э. д. с. определяется по первому закону Кирхгофа для узла А: $I = I_1 + I_2 + I_4$.

Ответ: $I = 18,03$ А; $I_1 = 5$ А; $I_2 = 9,63$ А; $I_3 = 10,35$ А; $I_4 = 3,4$ А; $I_5 = 0,72$ А; $I_6 = -2,68$ А.

Баланс мощностей для всей цепи:

$$\begin{aligned} EI &= R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2 + R_5 I_5^2 + R_6 I_6^2, \\ 20 \cdot 18,03 &= 4 \cdot 5^2 + 1 \cdot 9,63^2 + 1 \cdot 10,35^2 + 2 \cdot 3,4^2 + 4 \cdot 0,72^2 + 5 \cdot 2,68^2, \\ 360,6 \text{ Вт} &\approx 358,62 \text{ Вт}. \end{aligned}$$

1.22. Для определения параметров активного двухполюсника (рис. 1.22) были проведены два опыта: холостого хода (рис. 1.22, а) и короткого замыкания (рис. 1.22, б). При этом приборы показали: вольтметр $U = 20$ В, амперметр $I_k = 10$ А. Определить E и $R_{вт}$.

Решение и ответ: $E = U_x = 20$ В; $R_{вт} = E/I_k = 20/10 = 2$ Ом.

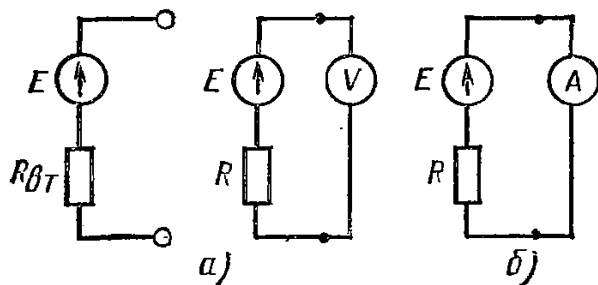


Рис. 1.22

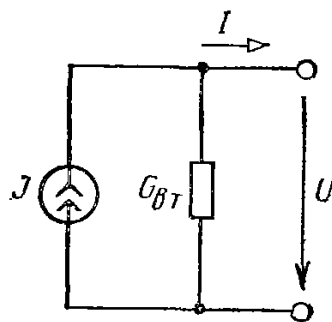


Рис. 1.23

1.23. Определить параметры активного двухполюсника (рис. 1.23) J и $G_{вт}$, если при проведении опытов холостого хода и короткого замыкания приборы показали: $U = 10$ В, $I_k = 2$ А.

Ответ: $J = 2$ А; $G_{вт} = 0,2$ См.

СВОЙСТВА ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ.

ПРИНЦИПЫ СУПЕРПОЗИЦИИ, КОМПЕНСАЦИИ И ВЗАИМНОСТИ

1.24. Определить токи в ветвях цепи, схема которой изображена на рис. 1.24, если $E_1 = 24$ В, $E_2 = 96$ В, $E_3 = 48$ В, $R_2 = 16$ Ом, $R_3 = 8$ Ом, $R_4 = 16$ Ом, $R_5 = 8$ Ом. Найти значения мощностей источников и приемников.

Ответ: $I_1 = 0$; $I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = 3$ А. Мощности источников и приемников равны 432 Вт.

1.25. Как изменятся токи в схеме цепи рис. 1.24, если э. д. с. E_3 будет увеличена вдвое, т. е. $E'_3 = 96$ В?

Решение. В этом случае для определения токов целесообразно воспользоваться принципом суперпозиции. При этом достаточно определить токи в ветвях цепи рис. 1.25 от источника э. д. с. $E'_3 = E'_3 - E_3 = 48$ В, имеющей то же направление, что и э. д. с. E_3 в

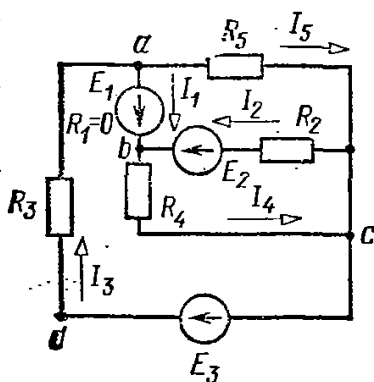


Рис. 1.24

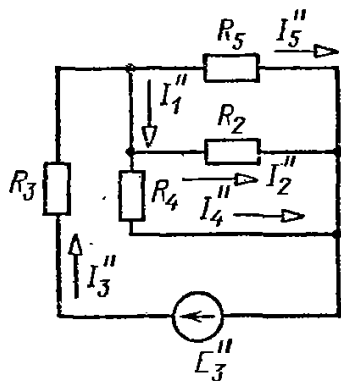


Рис. 1.25

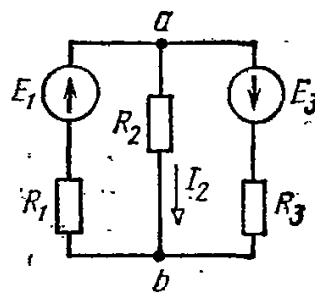


Рис. 1.26

схеме цепи рис. 1.25, и наложить токи этой цепи на токи соответствующих ветвей цепи рис. 1.24.

Определяем эквивалентное сопротивление цепи рис. 1.25:

$$R_{\text{эк}} = R_3 + \frac{R_2 R_4 R_5}{R_2 R_5 + R_5 R_4 + R_4 R_2} = 12 \text{ Ом.}$$

Общий ток

$$I'_3 = E'_3 / R_{\text{эк}} = 48 / 12 = 4 \text{ А.}$$

В резисторах R_5 , R_2 и R_4 токи от источника э. д. с. будут равны $I'_5 = 2$ А; $I'_4 = I'_2 = 1$ А; $I'_1 = 2$ А.

Результирующие токи заданной схемы:

$$I'_1 = 0 + I'_1 = 2 \text{ А; } I'_2 = I_2 - I'_2 = 3 - 1 = 2 \text{ А; } I'_3 = I_3 + I'_3 = 3 + 4 = 7 \text{ А;}$$

$$I'_4 = I_4 + I'_4 = 3 + 1 = 4 \text{ А; } I'_5 = I_5 + I'_5 = 3 + 2 = 5 \text{ А.}$$

1.26. В соответствии с принципом компенсации заменить ветвь с резистивным элементом R_2 (рис. 1.26) источником э. д. с. и определить ее значение и направление.

Решение. В соответствии с принципом компенсации пассивный элемент может быть заменен источником э. д. с., значение которой равно напряжению на элементе и которая направлена против тока I_2 . Напряжение на резисторе R_2 можно определить по

формуле узлового напряжения:

$$U_{ab} = \frac{G_1 E_1 - G_3 E_3}{G_1 + G_2 + G_3} = \frac{26/2 - 20/4}{1/2 + 1/4 + 1/4} = 8 \text{ В.}$$

Следовательно, э. д. с. $E = 8 \text{ В}$ и направлена от точки b к точке a .

При n -м количестве ветвей с источниками э. д. с. E_k и резисторами с сопротивлениями R_k междуузловое напряжение U_{ab} удобно рассчитывать на микрокалькуляторе МК-54 (МК-56) по программе

0 X→П 3 X→П 4 П→X 0 с/п П→X 1 П→X 2 ÷ П→X 3 + X→П 3 П→X 2
F 1X П→X 4 + X→П 4 F L 0 03 П→X 4 F 1X X→П 4 П→X 3 x X→П 3 с/п

Исходные данные вводят в регистры $E_k = \text{РГ1}$, $R_k = \text{РГ2}$ поочередно для каждой ветви, номер которой находят на индикаторе после промежуточного останова. Число ветвей $n = \text{РГ0}$ вводят вначале один раз. После ввода параметров всех ветвей вычисляют U_{ab} (РГ3 и индикатор) и $R_{\text{эк}}$ (РГ4).

1.27. В соответствии с принципом компенсации заменить в предыдущей задаче пассивный элемент с сопротивлением R_2 источником тока и определить его значение и направление.

Ответ: ток $I_k = I_2 = U_{ab}/R_2 = 8/4 = 2 \text{ А}$ и направлен от точки a к точке b .

1.28. Пользуясь принципом взаимности, определить ток I_3 в схеме цепи рис. 1.25, если источник э. д. с. E_3'' будет включен в ветвь с резистивным элементом R_5 (рис. 1.28).

Решение. Определяем сопротивление $R_{\text{эк}}$ цепи:

$$R_{\text{эк}} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_1 + R_2 R_3 + R_4 R_3} + R_5 = 4 + 8 = 12 \text{ Ом.}$$

Тогда

$$I_5 = E_3''/R_{\text{эк}} = 48/12 = 4 \text{ А; } U_{ba} = E_3'' - R_5 I_5 = 48 - 8 \cdot 4 = 16 \text{ В;}$$

$$I_3 = U_{ba}/R_3 = 16/8 = 2 \text{ А.}$$

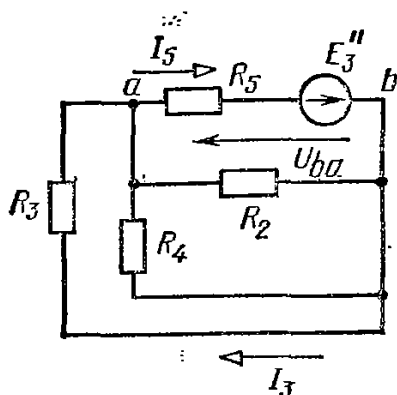


Рис. 1.28

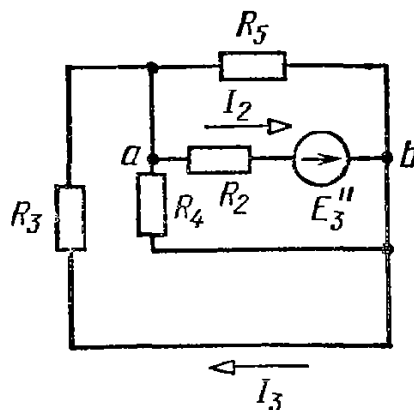


Рис. 1.29

1.29. Пользуясь принципом взаимности, определить ток I_3 в схеме цепи рис. 1.25, если источник э. д. с. E_3'' будет включен в ветвь с резистивным элементом R_2 (рис. 1.29).

Ответ: ток $I_3 = 1 \text{ А}$ и направлен одинаково с током I_3'' .

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕРАЗВЕТВЛЕННЫХ И РАЗВЕТВЛЕННЫХ ЦЕПЕЙ С НЕСКОЛЬКИМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

1.30. Найти ток в схеме цепи рис. 1.30 и определить, в каком режиме работает каждый из аккумуляторов. Составить баланс мощностей. Э. д. с. аккумуляторов и их внутренние сопротивления заданы:

$$E_1 = 12 \text{ В}, R_1 = 2 \text{ Ом}, E_2 = 30 \text{ В}, R_2 = 2 \text{ Ом}, E_3 = 7,2 \text{ В}, R_3 = 1,2 \text{ Ом}, \\ E_4 = 12 \text{ В}, R_4 = 1 \text{ Ом}.$$

Ответ: ток I определяется по закону Ома: $I = \sum E / \sum R = 37,2 / 6,2 = 6 \text{ А}$. Аккумуляторы E_1 и E_3 находятся в режиме короткого замыкания, поэтому развиваемые ими мощности равны мощностям, выделяемым во внутренних сопротивлениях: $E_1 I = 72 \text{ Вт}$ и $R_1 I^2 = 72 \text{ Вт}$, $E_3 I = 43,2 \text{ Вт}$ и $R_3 I^2 = 43,2 \text{ Вт}$.

Аккумулятор E_2 генерирует энергию. Его мощность $E_2 I = 180 \text{ Вт}$, а мощность, выделяемая во внутреннем сопротивлении, $R_2 I^2 = 72 \text{ Вт}$.

Аккумулятор E_4 работает в режиме приемника (заряжается). Мощность аккумулятора $E_4 I + R_4 I^2 = 108 \text{ Вт}$.

Баланс мощностей:

$$E_2 I + E_1 I + E_3 I = E_4 I + (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) I^2, \\ 30 \cdot 6 + 12 \cdot 6 + 7,2 \cdot 6 = 12 \cdot 6 + (2 + 2 + 1,2 + 1) \cdot 36; 295,2 \text{ Вт} = 295,2 \text{ Вт}.$$

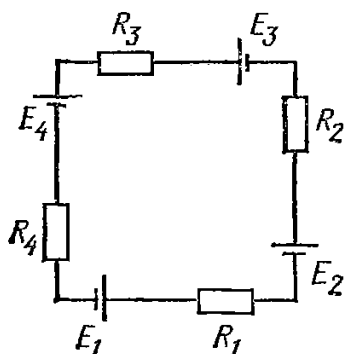


Рис. 1.30

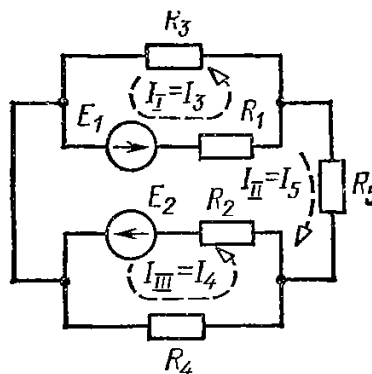


Рис. 1.31

1.31. Определить токи всех ветвей в схеме цепи рис. 1.31, если э. д. с. $E_1 = E_2 = 30 \text{ В}$ и сопротивления $R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}$, $R_3 = 4 \text{ Ом}$, $R_4 = 2 \text{ Ом}$, $R_5 = 3 \text{ Ом}$.

Решение. Цепь содержит пять ветвей. Следовательно, имеется пять неизвестных токов. Выбираем условно-положительные направления токов (на схеме указаны стрелками), для определения которых по законам Кирхгофа необходимо составить пять уравнений. Число узлов цепи равно трем, поэтому по первому закону Кирхгофа составляем два уравнения:

$$I_1 = I_3 + I_5, \quad I_2 = I_4 + I_5.$$

Для составления недостающих трех уравнений разбиваем цепь на три независимых контура и составляем для каждого из них

уравнение по второму закону Кирхгофа:

$$E_1 = R_1 I_1 + R_3 I_3,$$

$$E_2 = R_2 I_2 + R_4 I_4,$$

$$0 = R_3 I_3 + R_4 I_4 - R_5 I_5.$$

В результате совместного решения этих уравнений и подстановки в них числовых значений получаем:

$$I_1 = 14 \text{ А}, I_2 = 16,67 \text{ А}, I_3 = 4 \text{ А}, I_4 = 6,67 \text{ А}, I_5 = 10 \text{ А}.$$

1.32. На рис. 1.32, а приведена схема соединения аккумуляторной батареи и генератора постоянного тока, включенных параллельно приемнику, сопротивление которого непрерывно изменяется от $R=0$ до $R=\infty$. Составить схему замещения цепи и построить кривые зависимости тока I от сопротивления R и напряжения U от тока I при $E_1=120 \text{ В}$, $E_2=130 \text{ В}$ и $R_1+R_2=0,5 \text{ Ом}$. Найти токи I_1 и I_2 при $R=1 \text{ Ом}$.

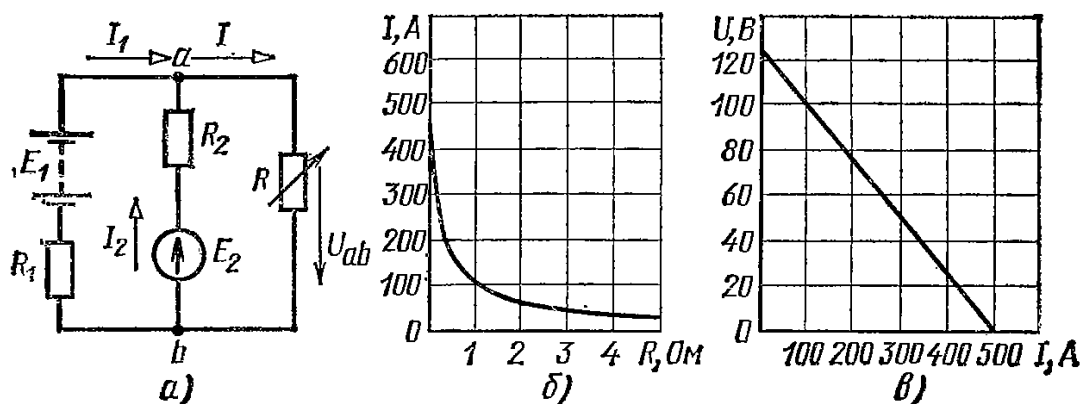


Рис. 1.32

Решение. Определяем напряжение между узлами a и b

$$U = U_{ab} = \frac{G_1 E_1 + G_2 E_2}{G_1 + G_2 + G} = \frac{120/0,5 + 130/0,5}{1/0,5 + 1/0,5 + 1/R} = \frac{125R}{0,25 + R}.$$

Подставляя вместо R его значение $R=U/I$, получаем $U = 125 - 0,25 I$.

Ток приемника $I = U/R = 125/(0,25 + R)$.

На рис. 1.32, б, в построены кривые $I(R)$ и $U(I)$, при этом максимальное значение тока I равно току короткого замыкания $I_k = 125/0,25 = 500 \text{ А}$.

При $R=1 \text{ Ом}$ $U_{ab} = 125/1,25 = 100 \text{ В}$. Токи I_1 и I_2 определяются по закону Ома для активного участка цепи. Так, в соответствии с выбранными условно-положительными направлениями токов

$$I_1 = (E_1 - U_{ab})/R_1 = (120 - 100)/0,5 = 40 \text{ А}; I_2 = (E_2 - U_{ab})/R_2 = (130 - 100)/0,5 = 60 \text{ А}.$$

1.33. В условиях задачи 1.32 определить значение э. д. с. E_1 аккумуляторной батареи, если при сопротивлении приемника $R =$

$= 9,5 \text{ Ом}$ ток $I_1 = 0$. Э. д. с. E_2 и внутреннее сопротивление обоих источников остаются неизменными.

Ответ: $E_1 = 123,5 \text{ В}$.

1.34. Определить значение э. д. с. E_2 (рис. 1.34) при условии, что ток в резистивном элементе R равен нулю, внутренние сопротивления источников $R_1 = 0,2 \text{ Ом}$, $R_2 = 0,6 \text{ Ом}$, э. д. с. $E_1 = 6 \text{ В}$. В каких режимах работают источники E_1 и E_2 ?

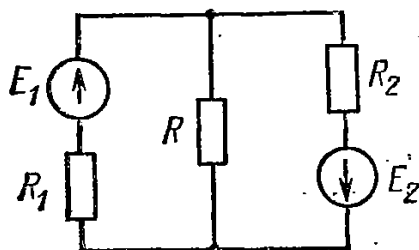


Рис. 1.34

Ответ: $E_2 = 18 \text{ В}$; в режиме короткого замыкания.

1.35. Определить токи в схеме рис. 1.35, если $E_1 = 11 \text{ В}$, $E_2 = 2 \text{ В}$, $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$ и $J = 3 \text{ А}$.

Решение. С помощью формулы узлового напряжения находим

$$U_{ab} = (G_1 E_1 + G_2 E_2 - J_k) / (G_1 + G_2) = 6 \text{ В}.$$

Токи I_1 и I_2 определяются по закону Ома для активного участка цепи:

$$I_1 = (E_1 - U_{ab}) / R_1 = 5 \text{ А}; \quad I_2 = (E_2 - U_{ab}) / R_2 = -2 \text{ А},$$

т. е. ток I_2 направлен от точки a к точке b .

Проверка: $I_1 + I_2 = J_k = 5 - 2 = 3$.

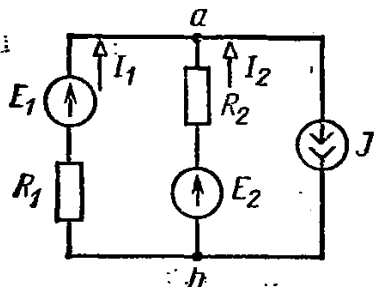


Рис. 1.35

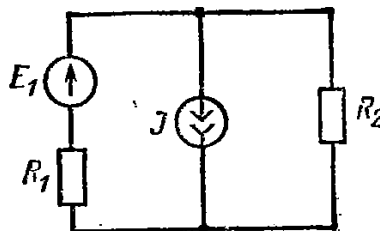


Рис. 1.36

1.36. В схеме цепи рис. 1.36 заданы: $E_1 = 20 \text{ В}$, $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 5 \text{ Ом}$, $J = 30 \text{ А}$. Определить токи в ветвях цепи.

Ответ: $I_1 = 22 \text{ А}$; $I_2 = 8 \text{ А}$.

1.37. На рис. 1.37, а показана схема цепи, э. д. с. источников и сопротивления резисторов которой заданы равными $E_1 = 120 \text{ В}$,

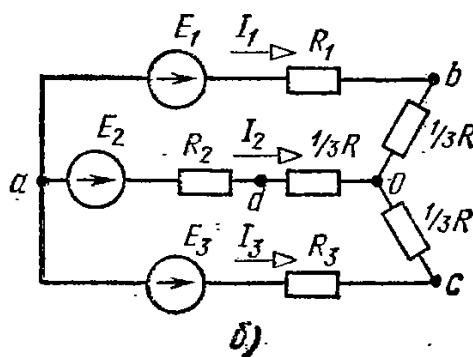
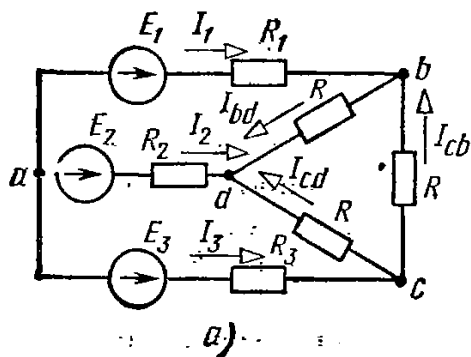


Рис. 1.37