

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра общей электротехники

Составители
Т. М. Черникова, И. П. Маслов

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания к самостоятельной работе
для студентов специальности СПО
23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,
систем и агрегатов автомобилей

Рекомендовано цикловой методической комиссией
общепрофессиональных дисциплин
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты

Дабаров В. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры общей электротехники

Ушакова Е. С. – кандидат технических наук, председатель цикловой методической комиссии общепрофессиональных дисциплин

Черникова Татьяна Макаровна

Маслов Иван Петрович

Электротехника и электроника: методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс] для студентов специальности СПО 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей / сост. Т. М. Черникова, И. П. Маслов; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Приведено содержание самостоятельной работы, материал, необходимый для успешного изучения дисциплины.

Назначение издания – помощь студентам в получении знаний по дисциплине «Электротехника и электроника» и организация самостоятельной работы.

© КузГТУ, 2019
© Т. М. Черникова,
И. П. Маслов,
составление, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Электрические цепи постоянного тока.....	5
2. Последовательное и параллельное соединения конденса- торов.....	15
Список рекомендуемой литературы.....	17

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для выполнения самостоятельной работы студентами. Самостоятельная работа подразумевает получение и закрепление знаний по вопросам программы.

В качестве самостоятельной работы предусмотрено решение задач с целью лучшего усвоения теоретических знаний и получения навыков расчета задач, с которыми будущие специалисты могут встретиться в своей практической деятельности.

Методические указания содержат краткие теоретические положения, охватывающие основные разделы теоретического курса: линейные цепи постоянного тока, виды соединения конденсаторов. Методические указания рассчитаны на студентов, уже проработавших соответствующие разделы курса.

В ходе решения задач не следует изменять однажды принятые направления токов и наименования узлов, сопротивлений.

1. Электрические цепи постоянно тока

Основные теоретические положения

1. Электрические цепи состоят из источников и потребителей электрической энергии. Потребитель электрической энергии характеризуется сопротивлением, которое является параметром цепи и обозначается буквой R (резистор).

2. Источник электрической энергии, характеризуемый внешней характеристикой $U=f(I)$ (рис. 1.1, а), может быть представлен в виде любой из двух эквивалентных схем: схемы из последовательного включения ЭДС и внутреннего (входного) сопротивления источника (рис. 1.1, б) и схемы из параллельно включенных источников тока и внутреннего (входного) сопротивления источника (рис. 1.1, в). Величина ЭДС E в схеме (рис. 1.1, б) численно равна напряжению на зажимах источника в режиме холостого хода (при отключенной нагрузке), а ток источника J_k в схеме (рис. 1.1, в) численно равен току короткого замыкания источника.

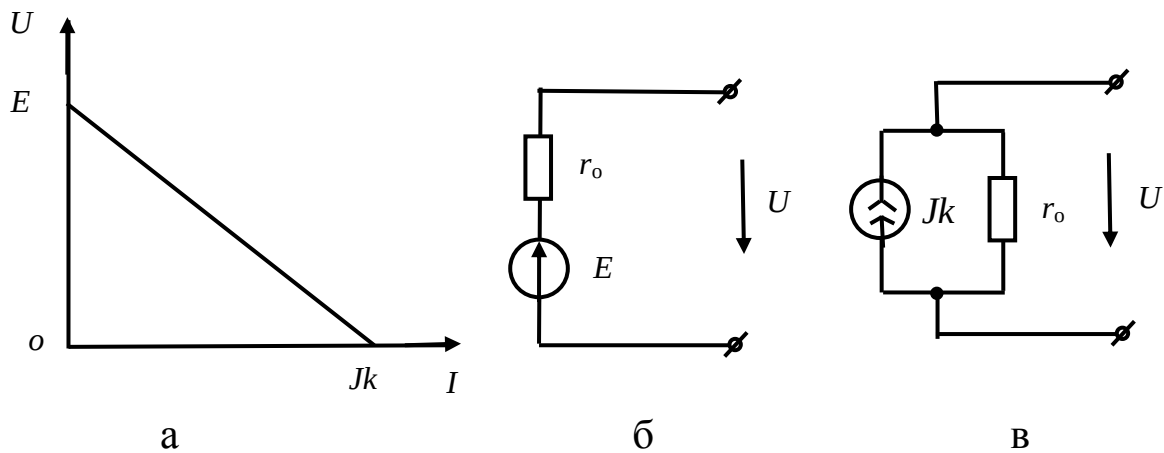


Рис. 1.1

3. Переход от схемы с источником ЭДС к схеме с источником тока и обратно осуществляется по формулам

$$J_k = \frac{E}{r_0}; \quad E = r_0 \cdot J_k.$$

4. При расчетах электрических цепей пользуются понятиями идеализированных источников: источников ЭДС и источников тока. У источника ЭДС внутреннее сопротивление $r_o=0$, а у источника тока $r_o=\infty$. Напряжение на зажимах источника ЭДС не зависит от проходящего через источник тока и равно его ЭДС, а у источника тока ток не зависит от напряжения на зажимах источника.

5. Имеется три формы записи закона Ома.

Для замкнутой неразветвленной цепи

$$I = \frac{\Sigma E}{\Sigma R},$$

где ΣE – алгебраическая сумма ЭДС; со знаком "+" в эту сумму входят те ЭДС, направления действия которых совпадают с выбранным положительным направлением тока и со знаком "-" – остальные ЭДС; ΣR – арифметическая сумма сопротивлений цепи (в том числе внутренних сопротивлений источников ЭДС).

Для отдельной ветви без источника ЭДС в сложной электрической цепи

$$I_{ab} = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_{ab}} = \frac{U_{ab}}{R_{ab}},$$

где φ_a, φ_b – потенциалы узлов; U_{ab} – разность потенциалов или напряжение между узлами a и b ; R_{ab} – арифметическая сумма сопротивлений в данной ветви (см. рис. 1.2).

Для ветви с источниками ЭДС

$$I_1 = \frac{\varphi_a - \varphi_c + \Sigma E_{ac}}{\Sigma R_{ac}} = \frac{U_{ac} + \Sigma E_{ac}}{\Sigma R_{ac}},$$

где $U_{ac}=\varphi_a - \varphi_c$ – напряжение или разность потенциалов узлов, к которым подключена ветвь; ΣE_{ac} – алгебраическая сумма ЭДС в ветви «ac»; ΣR_{ac} – арифметическая сумма сопротивлений в ней.

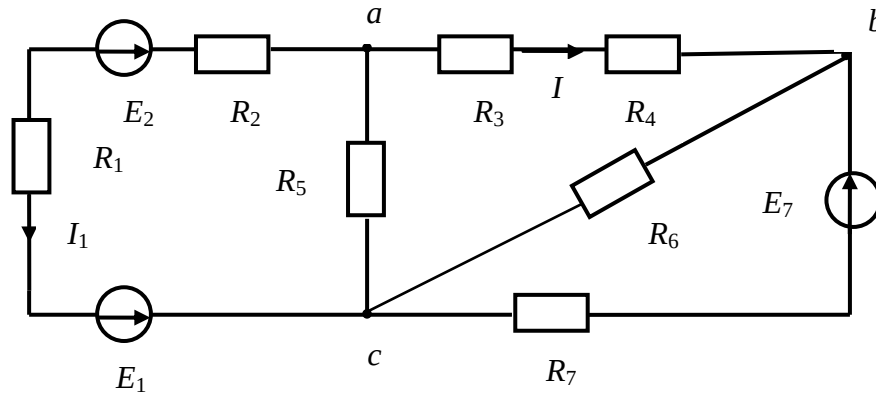


Рис. 1.2

Для ветви ac (рис. 1.2)

$$\Sigma E_{ac} = E_1 - E_2;$$

$$\Sigma R_{ac} = R_1 + R_2.$$

6. Первый закон Кирхгофа. Алгебраическая сумма токов, сходящихся в любом узле электрической цепи, равна нулю:

$$\Sigma I = 0.$$

Токи, подходящие к узлу, берутся с одним знаком (обычно с плюсом), отходящие от узла – с другим знаком.

7. Второй закон Кирхгофа. В любом (замкнутом) контуре электрической цепи алгебраическая сумма падений напряжения (на сопротивлениях) равна алгебраической сумме ЭДС:

$$\Sigma IR = \Sigma E.$$

8. Определение эквивалентных сопротивлений в пассивных цепях:

а) при параллельном соединении n сопротивлений эквивалентное сопротивление определяется по формуле

$$\frac{1}{R_{\text{э}}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}.$$

В частом случае параллельного соединения двух сопротивлений

$$R_{\text{э}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

При параллельном соединении трех сопротивлений

$$R_{\text{э}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3};$$

б) преобразование треугольника сопротивлений (рис. 1.3, а) в эквивалентную звезду и наоборот (рис. 1.3, б) производится по формулам

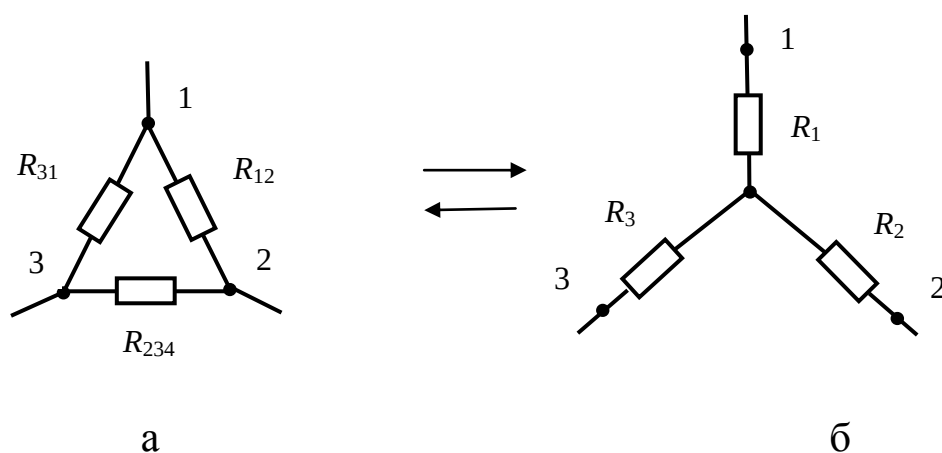


Рис. 1.3

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= \frac{R_{31} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\ R_2 &= \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\ R_3 &= \frac{R_{23} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \end{aligned} \right\} \Delta \rightarrow Y \quad \left. \begin{aligned} R_{12} &= R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3} \\ R_{23} &= R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} \\ R_{31} &= R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2} \end{aligned} \right\} Y \rightarrow \Delta$$

9. При определении токов в разветвленных цепях (рис. 1.4) полезно пользоваться формулой разброса токов в параллельных ветвях

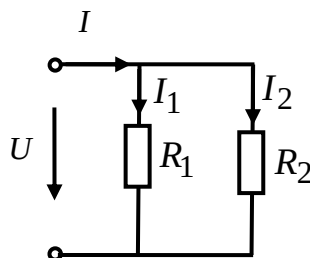


Рис. 1.4

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I; \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$$

10. Мощность цепи постоянного тока P определяется из выражения

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

11. Коэффициент полезного действия η цепи постоянного тока

$$\eta = \frac{P_{\text{полез}}}{P_{\text{полн}}} \cdot 100\%,$$

где $P_{\text{полез}}$, $P_{\text{полн}}$ – полезная и полная мощность соответственно.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие источника тока от источника напряжения?
2. Назовите единицы измерения тока, напряжения, ЭДС, сопротивления.
3. Сформулируйте закон Ома для полной цепи.
4. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
5. Сформулируйте первый закон Кирхгофа.

6. Сформулируйте второй закон Кирхгофа.
7. Чему равно эквивалентное сопротивление при последовательном включении элементов?
8. Чему равно эквивалентное сопротивление при параллельном соединении элементов?
9. Как рассчитывается мощность цепи постоянного тока?
10. Как определить работу цепи постоянного тока?
11. В каких единицах измеряется мощность цепи постоянного тока?
12. Как определяется коэффициент полезного действия цепи постоянного тока?

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.1.

Определить показания амперметра $I_{изм}$ с пределом измерения 5 А и количеством делений на шкале 100, если стрелка прибора отклонилась до деления 45.

Ответ: 2,25 А.

Задача 1.2.

Определить напряжение на зажимах электрической машины, работающей в режиме генератора при токе 25 А. ЭДС машины 115 В, внутреннее сопротивление $r_0 = 0,2$ Ом.

Ответ: 110 В.

Задача 1.3.

Три резистора сопротивлением R каждый соединены последовательно. Параллельно одному из них подключили резистор сопротивлением $R/2$. Как изменится общее сопротивление всей цепи?

Ответ $\frac{R_2}{R_1} = \frac{7}{9}$.

Задача 1.4.

Вольтметр на 150 В, с внутренним сопротивлением 3000 Ом требуется включить в цепь постоянного тока с напряжением 450 В. Нарисовать схему включения и определить добавочное сопротивление.

Ответ: 6000 Ом.

Задача 1.5

Сколько параллельно включенных электрических лампочек, рассчитанных на 100 В и потребляющих мощность 50 Вт каждая, могут гореть полным накалом при питании их от аккумуляторной батареи с ЭДС. 120 В и внутренним сопротивлением 10 Ом?

Ответ: 4 лампы.

Задача 1.6.

Определить показания вольтметра в цепи (рис. 1.5), если $J_k=3$ А; $R_1=4$ Ом; $R_2=1$ Ом; $R_3=2$ Ом; $R_4=8$ Ом.

Ответ: 6 В.

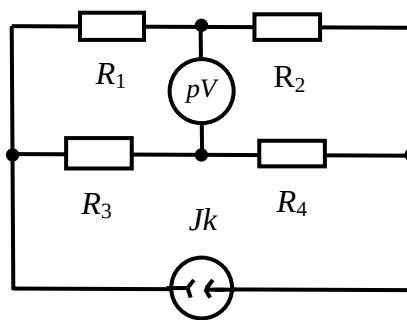


Рис. 1.5

Задача 1.7.

В цепи (рис. 1.6) вольтметр показывает 8 В. Определить подведенное к цепи напряжение, если $R_1=R_2=R_5=8$ Ом; $R_3=12$ Ом; $R_4=7$ Ом.

Ответ: 116 В.

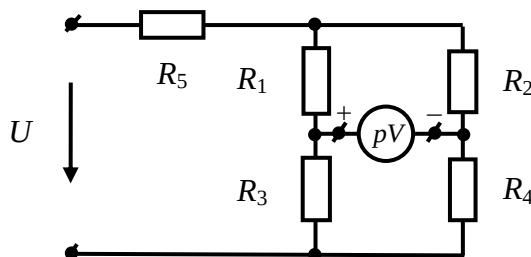


Рис. 1.6

Задача 1.8.

Как изменится сила тока, протекающая по проводнику, если его диаметр уменьшить в 2 раза? Поясните свой ответ.

Ответ: ток уменьшился в 4 раза.

Задача 1.9.

Напряжение источника питания 120 В. Рассчитать цепь, обеспечивающую регулирование напряжения приемника в диапазоне 12–30 В, если сопротивление приемника равно 1 кОм.

Ответ: сопротивление регулировочного реостата должно быть не менее 3 кОм.

Задача 1.10.

Подобрать такое число ламп n в цепи якоря, чтобы протекал номинальный ток 10 А. Напряжение на зажимах генератора при номинальной нагрузке 220 В. Сопротивление одной лампы 440 Ом.

Ответ: чтобы протекал номинальный ток якоря, необходимо включить параллельно 20 ламп.

Задача 1.11.

Напряжение линии электропередачи 1,5 кВ. Сопротивление изоляции проводов относительно земли 20 кОм. Определить величину тока прошедшего через тело человека, прикоснувшегося к проводу, если электрическое сопротивление тела принять равным 1 кОм.

Ответ: ток, протекающий через тело человека, равен 70 мА.

Задача 1.12.

Цепь, схема которой приведена на рис. 1.7, имеет следующие параметры: $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 40$ Ом. Определить мощность, поступающую в цепь, если известно, что в сопротивлении R_1 выделяется мощность $P_1 = 100$ Вт.

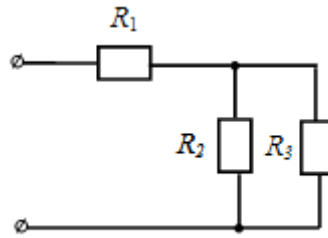


Рис. 1.7

Ответ: $P = 900$ Вт.

Задача 1.13.

Какая энергия (в процентах) теряется в линии электропередачи под напряжением 35 кВ при передаче мощности 1 МВт на расстояние 50 км по алюминиевым проводам с площадью поперечного сечения 25 мм²? $\cos\phi = 0,67$ (удельное электрическое сопротивление алюминия $2,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).

Ответ: 20%

Задача 1.14.

Сколько параллельно включенных электрических лампочек, рассчитанных на 100 В и потребляющих мощность 50 Вт каждая, могут гореть полным накалом при питании их от аккумуляторной батареи с ЭДС 120 В и внутренним сопротивлением 10 Ом?

Ответ: 4 лампы.

Задача 1.15.

Определить ток лампы на 110 В, мощностью 60 Вт, подключенной к батарее 120 В. Внутреннее сопротивление батареи 60 Ом. Будет ли лампа гореть полным накалом?

Ответ: $I = 0,458$ А.

Задача 1.16.

Подъёмный механизм с двигателем постоянного тока, КПД которого составляет 78,4%, поднимает груз массой в 1 тонну со скоростью 1 м/с. Напряжение питания 125 В. Найдите ток, потребляемый двигателем. Сопротивлением питающих проводов, трением и другими механическими потерями пренебречь.

Ответ: $I = 100$ А.

Задача 1.17.

Определите ток короткого замыкания для источника, который при токе в цепи $I_1 = 10$ А имеет полезную мощность $P_1 = 500$ Вт, а при токе $I_2 = 5$ А – мощность $P_2 = 375$ Вт.

Ответ: $I_{кз} = 20$ А.

Задача 1.18.

Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением 380 В. При этом сила тока в его обмотке равна 20 А. Каков КПД установки, если груз массой 1 т кран поднимает на высоту 19 м за 50 с?

Ответ: 50%.

Задача 1.19.

При передаче электроэнергии на большое расстояние используется трансформатор, повышающий напряжение до 6 кВ, загруженный до номинальной мощности 1000 кВт. При этом разность показаний счетчиков электроэнергии, установленных на трансформаторной подстанции и в приемном пункте, увеличивается ежедневно на 216 кВт·ч. Во сколько раз необходимо повысить напряжение, чтобы потери электроэнергии не превышали 0,1%? ($\cos\varphi \approx 1$).

Ответ: напряжение необходимо повысить в 3 раза.

Задача 1.20.

Аккумуляторная батарея с ЭДС 12 вольт и внутренним сопротивлением 0,8 Ом питает внешнюю цепь с сопротивлением 2 Ом. Рассчитать полезную мощность, отдаваемую батареей, и коэффициент полезного действия батареи.

Ответ: $P = 37$ Вт; $\eta = 71\%$.

2. Последовательное и параллельное соединение конденсаторов

Основные теоретические положения

Система, состоящая из двух проводников, разделенных диэлектриком, называется конденсатором, а проводники – обкладками.

Величина C , равная отношению заряда q одной из обкладок конденсатора к напряжению U между ними, называется электрической емкостью конденсатора

$$C = \frac{q}{U}.$$

При последовательном соединении конденсаторов общая (эквивалентная) емкость определяется по формуле

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots$$

При параллельном соединении конденсаторов эквивалентная емкость

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

Энергия электрического поля конденсатора

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}.$$

Контрольные вопросы

1. Чему равна емкость конденсатора?
2. Как определяется эквивалентная емкость при последовательном соединении конденсаторов?

3. Как определяется эквивалентная емкость при параллельном соединении конденсаторов?

4. Как определяется энергия электрического поля конденсатора?

Задачи для самостоятельного решения

Задача 2.1.

Определить эквивалентную емкость двух конденсаторов при последовательном и параллельном соединении их: $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ.

Ответ: $C = 6$ мкФ

Задача 2.2.

Определить энергию, запасенную в электрическом поле конденсатора емкостью 10 мкФ, если напряжение на конденсаторе 300 В.

Ответ: $W_C = 0,45$ Дж.

Задача 2.3.

Емкость каждого конденсатора, изображенного на рис. 2.1 равна C . Определить эквивалентную емкость соединения.

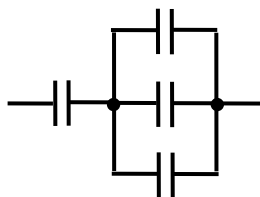


Рис. 2.1

Ответ: $0,75C$.

Задача 2.4.

Определить общую емкость пяти параллельно включенных конденсаторов емкостью 3 мкФ каждый.

Ответ: 15 мкФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузовкин, В. А. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 431 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/elektrotehnika-i-elektronika-423620>.
2. Гальперин, М. В. Электротехника и электроника. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 480 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=987378>.
3. Миленина, С. А. Электротехника. – 2-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 263 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/elektrotehnika-415282>.
4. Лунин, В. П. Электротехника и электроника в 3 т. Том 1. Электрические и магнитные цепи. – 2-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 255 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/elektrotehnika-i-elektronika-v-3-t-tom-1-elektricheskie-i-magnitnye-cep-i-425470>.
5. Киселев, В. И. Электротехника и электроника в 3 т. Том 2. электромагнитные устройства и электрические машины. – 2-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 184 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/elektrotehnika-i-elektronika-v-3-t-tom-2-elektromagnitnye-ustroystva-ielektricheskie-mashiny-425471>.
6. Славинский, А. К. Электротехника с основами электроники. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 448 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=989315>.
7. Миленина, С. А. Электротехника, электроника и схемотехника. – 2-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 406 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/elektrotehnikaelektronika-i-shemotehnika-413623>.