

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Коротков Сергей Леонидович
Должность: Директор ИТЖТ - филиал ПривГУПС
Дата подписания: 06.12.2024 13:55:56
Уникальный программный ключ:
705b520be7c208010fd7fb4dfc76dbd29d240bbe

Практические занятия по ОП. 02

«Электротехника»

для студентов специальности

27.02.03. Автоматика и телемеханика

на транспорте (железнодорожном транспорте)

Базовая подготовка среднего профессионального образования
(квалификация - техник)

2021

Введение

Дисциплина «Электротехника» предназначена для изучения основных элементов и законов построения электрических схем систем и аппаратуры сигнализации, централизации, блокировки (СЦБ). Одной из форм закрепления знаний, полученных студентами, является выполнение лабораторных работ.

Рабочая тетрадь по выполнению практических занятий поможет студентам приобрести и закрепить практические навыки по темам дисциплины «Электротехника».

Применение рабочей тетради позволяет экономить время при оформлении бланков работ, увеличивает активный период проведения занятий, когда проходит обсуждение возникающих вопросов, содействует самостоятельному изучению студентами учебных тем. Проведение практических занятий позволяет повысить интерес студентов к освоению дисциплины, активизировать их исследовательскую работу, а также закрепить полученные на уроках знания.

практических занятий

Перед началом практического занятия необходимо изучить и проанализировать теоретический материал по теме выполняемой практической работы.

Практическое занятие проводится по методическим рекомендациям, приведенным к каждому занятию.

Записи делаются в отведенном месте рабочей тетради чертежным шрифтом и синей пастой. Рисунки, схемы и графики выполняются простым карандашом. Графики ВАХ полупроводниковых приборов выполняются на миллиметровке.

После завершения каждого практического занятия необходимо проанализировать проделанную работу и сделать выводы.

Практическая работа №1

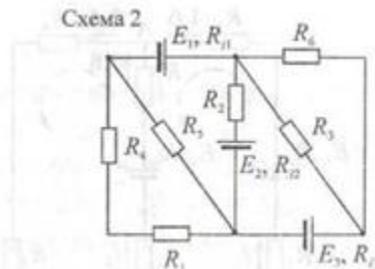
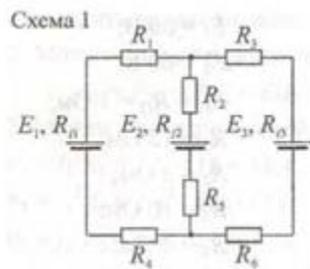
Тема: «Расчёт сложных электрических цепей методом «контурных токов».

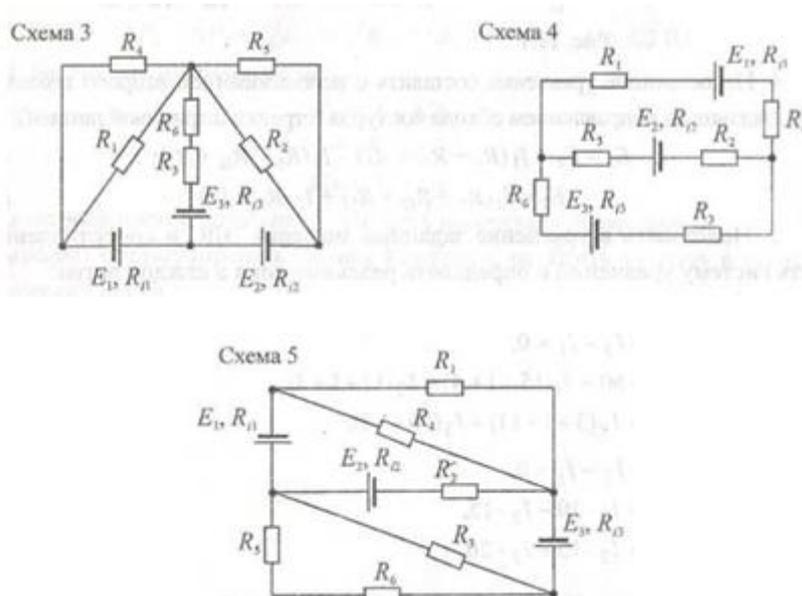
Цель: электрическую цепь из предыдущей работы рассчитать методом контурных токов, сравнить результаты и сделать выводы.

Индивидуальные задания

Таблица 11.1

Вариант	Схема	E_1 , В	E_2 , В	E_3 , В	R_{i1} , Ом	R_{i2} , Ом	R_{i3} , Ом	Сопротивления резисторов, Ом					
								R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
1	1	105	84	-	1	1	-	8	16	10	11	13	20
2		140	-	126	1	-	1	10	10	9	9	20	20
3		-	105	168	-	1	1	20	14	14	10	5	15
4		35	63	-	1	1	-	12	15	20	7	14	10
5		140	-	210	1	-	1	9	20	20	10	10	9
6		-	140	168	-	1	1	10	9	9	20	10	20
7	2	140	210	-	1	1	-	28	29	60	10	38	60
8		175	-	126	1	-	1	25	30	58	13	38	58
9		-	175	168	-	1	1	40	19	58	20	60	58
10		175	210	-	1	1	-	20	29	60	18	38	60
11		126	-	210	1	-	1	15	30	58	23	38	58
12		-	70	126	-	1	1	20	19	58	40	60	58
13	3	40	32	-	1	1	-	28	18	4	28	18	6
14		-	60	48	-	1	1	20	28	5	20	28	4
15		60	-	32	1	-	1	28	20	4	28	20	5
16		40	48	-	1	1	-	28	18	6	28	18	4
17		-	60	80	-	1	1	20	28	5	20	28	4
18		80	-	96	1	-	1	28	20	4	28	20	5
19	4	100	96	-	1	1	-	8	6	4	6	3	6
20		-	100	80	-	1	1	5	8	6	5	6	3
21		80	-	48	1	-	1	10	5	5	4	5	4
22		120	64	-	1	1	-	5	5	6	9	4	4
23		-	80	64	-	1	1	3	6	4	7	8	5
24		140	-	128	1	-	1	6	3	6	8	7	3
25	5	80	112	-	1	1	-	28	9	15	28	10	20
26		120	-	80	1	-	1	28	10	18	28	10	8
27		-	120	96	-	1	1	15	14	18	30	5	13
28		140	-	144	1	-	1	28	10	18	28	9	9
29		100	64	-	1	1	-	28	9	15	28	20	10
30		-	120	128	-	1	1	30	14	18	15	8	10
31	4	210	168	-	1	1	-	10	9	20	9	20	10
32		-	210	210	-	1	1	10	10	10	20	9	19
0	1	80	60	-	1	1	-	15	3	10	4	11	10





Порядок расчета

1. Разбить цепь (рис. 12.1) на независимые контуры и в каждом из них задать направление расчетного контурного тока. В данной цепи два независимых контура, следовательно, и два контурных тока — I_{K1} и I_{K2} .

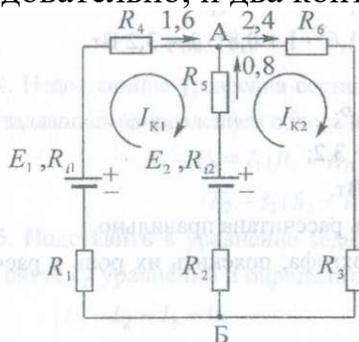


Рис. 12.1

$$E_1 = 80 \text{ В}; E_2 = 60 \text{ В}; R_{i1} = R_{i2} = 1 \text{ Ом};$$

$$R_1 = 15 \text{ Ом}; R_2 = 3 \text{ Ом}; R_3 = 10 \text{ Ом};$$

$$R_4 = 4 \text{ Ом}; R_5 = 11 \text{ Ом}; R_6 = 10 \text{ Ом}.$$

2. Для каждого контура составить уравнение по второму закону Кирхгофа:

$$E_1 - E_2 = I_{K1} (R_1 + R_{i1} + R_4 + R_5 + R_{i2} + R_2) - I_{K2} (R_2 + R_{i2} + R_5); \quad (1)$$

$$E_2 = I_{K2} (R_2 + R_{i2} + R_5 + R_6 + R_3) - I_{K1} (R_2 + R_{i2} + R_5). \quad (2)$$

3. Подставить заданные значения ЭДС и сопротивлений, решить систему уравнений и определить расчетные контурные токи:

$$\begin{cases} 80 - 60 = I_{K1} (15 + 1 + 4 + 11 + 1 + 3) - I_{K2} (3 + 1 + 11), & (1) \\ 60 = I_{K2} (3 + 1 + 11 + 10 + 10) - I_{K1} (3 + 1 + 11); & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 20 = 35I_{K1} - 15I_{K2}, & 4 = 7I_{K1} - 3I_{K2}, & (1) \\ 60 = 35I_{K2} - 15I_{K1}; & 12 = 7I_{K2} - 3I_{K1}. & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 20 = 35I_{K1} - 15I_{K2}, & 4 = 7I_{K1} - 3I_{K2}, & (1) \\ 60 = 35I_{K2} - 15I_{K1}; & 12 = 7I_{K2} - 3I_{K1}. & (2) \end{cases}$$

Из уравнения (2): $I_{K1} = (7I_{K2} - 12)/3$.

Полученное выражение подставить в уравнение (1): $4 = 7(7I_{K2} - 12)/3 - 3I_{K2}$;

$$12 = 49I_{K2} - 84 - 9I_{K2};$$

$$I_{K2} = 2,4 \text{ А};$$

$$I_{K1} = (7 \cdot 2,4 - 12)/3 = 1,6 \text{ А}.$$

4. Определить реальные токи в каждой ветви и нанести их на схему:

$$I_1 = I_{K1} = 1,6 \text{ А};$$

$$I_3 = I_{K2} = 2,4 \text{ A};$$

$$I_2 = I_{K2} - I_{K1} = 0,8 \text{ A}.$$

Направление реальных токов I_1 и I_3 совпадает с направлением контурных токов I_{K1} и I_{K1} а ток I_2 направлен в сторону большего контурного тока I_{K2} , т.е. от узла Б к узлу А.

5. Проверку сделать по второму закону Кирхгофа для того контура, который не использовался при составлении расчетных уравнений. Уравнение для внешнего контура:

$$E_1 = I_1(R_1 + R_{i1} + R_4) + I_3(R_6 + R_3);$$

$$80 = 1,6(15 + 1 + 4) + 2,4(10 + 10);$$

$$80 = 32 + 48;$$

$$80 = 80 \text{ В}.$$

Следовательно, цепь рассчитана правильно.

Выводы: сравнить этот и предыдущий методы расчета и результаты.

Заключение

Практическая работа №2

Расчет магнитной цепи.

Цель работы: получить навыки решения прямой задачи расчета неразветвленной магнитной цепи; установить зависимость силы тока в катушке, необходимого для создания заданной подъемной силы электромагнита, от величины воздушного зазора.

Содержание работы

Магнитопровод электромагнита (рис. 26.1) выполнен из электротехнической стали, состоит из сердечника длиной L_1 , якоря длиной L_2 и двух воздушных зазоров b и δ . Длины участков магнитопровода даны по средней магнитной линии. Ширина участков магнитопровода a_1 и a_2 , толщина b . Число витков обмотки w , ток в обмотке I . Магнитный поток в магнитной цепи Φ . Сила притяжения якоря (подъемная сила электромагнита) F .

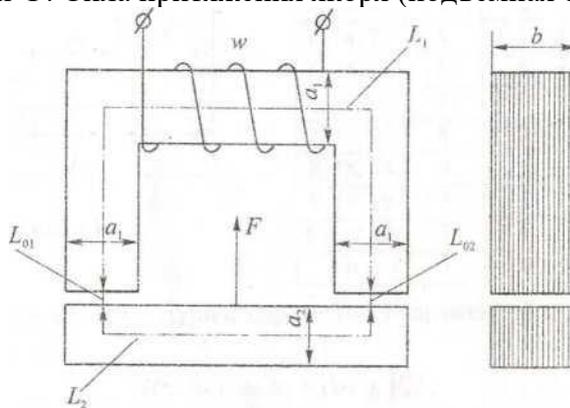


Рис. 26.1

Таблица 26.1

Варианты	L_1 , см	L_2 , см	a_1 , см	a_2 , см	b , см	$L_{01}=L_{02}$, мм	w	F , Н
1, 11, 21	180	60	4	6,3	4	1	200	3500
2, 12, 22	200	70	3	4	4	1,5	210	2800
3, 13, 23	220	70	5	5,5	4	2	220	3000
4, 14, 24	240	80	5	4	5	1	230	3200
5, 15, 25	260	80	6	5	5	1,5	240	3500
6, 16, 26	280	80	5	6	5	2	250	3400
7, 17, 27	200	60	4	5	6	1	260	3800
8, 18, 28	160	50	5	4	6	1,5	270	3500
9, 19, 29	140	50	4	5	6	2	250	4000
10, 20, 30	150	50	6	5	7	1	240	3600
0	250	80	4	3	5	1	240	3000

На основе исходных данных (табл. 26,1) определить ток I в катушке, необходимый для создания заданной подъемной силы электромагнита.

Порядок выполнения работы

1. Разбить магнитную цепь на участки, каждый из которых должен иметь по всей длине одинаковое сечение и одинаковый материал.

В данной цепи таких участков четыре: два участка из электротехнической стали и два воздушных зазора.

Длина и сечение участков магнитной цепи:

$$L_1 = 250 \text{ см} = 2,5 \text{ м}; \quad S_1 = a_1 \cdot b = 4 \cdot 5 = 20 \text{ см}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$L_2 = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}; \quad S_2 = a_2 \cdot b = 3 \cdot 5 = 15 \text{ см}^2 = 15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$L_{01} = L_{02} = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}; \quad S_{01} = S_{02} = S_1 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

2. Пользуясь формулой подъемной силы электромагнита, определить необходимую магнитную индукцию в сердечнике:

$$B_1 = \sqrt{(F/8 \cdot 10^5 \cdot S_1)} = \sqrt{(3000/8 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-4})} = 1,37 \text{ Тл.}$$

3. Магнитный поток в заданной магнитной цепи

$$\Phi = B_1 \cdot S_1 = 1,37 \cdot 20 \cdot 10^{-4} = 27,4 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

4. Поскольку в неразветвленной магнитной цепи Φ на всех участках одинаков, то магнитная индукция в якоре

$$B_2 = \Phi/S_2 = 27,4 \cdot 10^{-4}/15 \cdot 10^{-4} = 1,83 \text{ Тл.}$$

В воздушном зазоре $B_0 = B_1 = 1,37 \text{ Тл.}$

5. Напряженность магнитного поля для всех участков цепи.

5.1. В воздушном зазоре определить по формуле:

$$H_0 = B_0/\mu_0 = 1,37/4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} = 1,091 \cdot 10^6 \text{ А/м.}$$

5.2. Для якоря и сердечника напряженность найти по кривой намагничивания электротехнической стали (Приложение 8):

- при $B_1 = 1,37 \text{ Тл}$ — $H_1 = 1500 \text{ А/м}$;

- при $B_2 = 1,83 \text{ Тл}$ — $H_2 = 10000 \text{ А/м}$.

Задавшись направлением тока в катушке, показать на схеме направление векторов H_1, H_2, H_0 .

6. По второму закону Кирхгофа магнитодвижущая (намагничивающая) сила катушки равна сумме магнитных напряжений вдоль контура магнитной цепи:

$$I \cdot w = \sum U_M = \sum H \cdot L.$$

Намагничивающая сила катушки электромагнита, необходимая для создания требуемой интенсивности магнитного поля и, соответственно, заданной подъемной силы электромагнита:

$$I \cdot w = H_1 \cdot L_1 + H_2 \cdot L_2 + 2H_0 \cdot L_0;$$

$$I \cdot w = 1500 \cdot 2,5 + 10000 \cdot 0,8 + 2 \cdot 1,091 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,3932 \text{ А.}$$

7. При заданном числе витков катушки определить силу тока в катушке, необходимую для создания заданной подъемной силы электромагнита:

$$I = I \cdot w/w = 13932/240 = 58,1 \text{ А.}$$

8. Определить ток в катушке, необходимый, для удержания якоря в притянутом состоянии с силой F , т.е. при $L_{от} = L_{пр} = 0$:

$$I \cdot w = H_1 \cdot L_1 + H_2 \cdot L_2 = 1500 \cdot 2,5 + 10000 \cdot 0,8 = 11750 \text{ А;}$$

$$I = I \cdot w/w = 11750/240 = 49 \text{ А.}$$

9. Задавшись значениями $L_0' = 2L_0$, $L_0'' = 5L_0$, определить необходимую силу тока в катушке для создания заданной F при разных воздушных зазорах. Построить график $I(L_0)$ и пояснить его.

Выводы: пояснить, что такое магнитодвижущая сила катушки, от чего она зависит; характер графика $I(L_0)$.

Заключение

Расчёт участка цепи переменного тока.

Цель работы: закрепить знание основных соотношений между параметрами электрической цепи при последовательном соединении резистора и реактивного сопротивления.

Содержание работы

Вычертить схему согласно варианту и выписать заданные параметры цепи. Для вариантов 0-14 исходные данные взять из табл. 33.1, для вариантов 15-30 - в табл. 33.2.

Расчетом необходимо определить остальные параметры, в таблице обозначенные прочерком. Записать аналитическое выражение мгновенного значения тока и напряжения ($f = 50$ Гц).

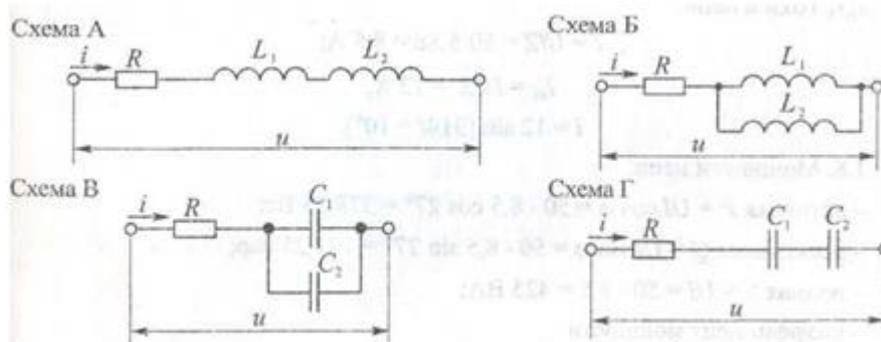
Построить векторную диаграмму напряжения и тока. Построить треугольник мощностей.

Таблица 33.1

Вариант-схема	0-Б	1-А 2-Б	3-А 4-Б	5-А 6-Б	7-А 8-Б	9-А 10-Б	11-А 12-Б	13-А 14-Б
U , В	50	-	-	-	-	50	-	-
Ψ_u , °	-	45	-	70	-	10	-	0
R , Ом	-	16	-	-	10	-	-	5
L_1 , мГн	12,74	-	-	19,1	31,8	-	-	-
L_2 , мГн	-	-	-	-	31,8	7,9	-	15,9
L , мГн	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{L1} , Ом	-	6	8	-	-	10	2	5
X_{L2} , Ом	8	6	8	6	-	-	8	-
X_L , Ом	-	-	-	-	-	-	-	-
Z , Ом	-	-	20	-	-	-	14,1	-
I , А	-	2	-	-	1	-	-	2
ψ_I , °	10	-	30	-	-45	-	-10	-
φ , °	27	-	-	-	-	-	-	-
P , Вт	-	-	-	90	-	-	-	-
Q , вар	-	-	-	108	-	100	160	-
S , ВА	-	-	80	-	-	-	-	-

Таблица 33.1

Вариант-схема	0-Б	1-А 2-Б	3-А 4-Б	5-А 6-Б	7-А 8-Б	9-А 10-Б	11-А 12-Б	13-А 14-Б
U , В	-	-	120	-	60	-	300	80
Ψ_u , °	-	20	-	30	-	45	0	-
R , Ом	-	-	-	-	-	10	-	-
C_1 , мкФ	398	-	265	-	530	-	-	-
C_2 , мкФ	-	-	265	199	-	318,5	-	398
C , мкФ	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{C1} , Ом	-	10	-	16	-	10	12	8
X_{C2} , Ом	8	10	-	-	6	-	12	-
X_C , Ом	-	-	-	-	-	-	-	-
Z , Ом	-	-	-	-	-	-	-	-
I , А	-	10	-	-	3	-	10	-
ψ_I , °	15	-	80	-	0	-	-	60
φ , °	-	-	-45	-	-	-	-	-27
P , Вт	400	800	-	3600	-	-	-	-
Q , вар	-	-	-	-3200	-	-280	-	-
S , ВА	500	-	-	-	-	-	-	-



Порядок расчета

1. Рассчитать параметры электрической цепи (рис. 33.1).

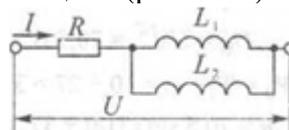


Рис. 33.1

- 1.1. Индуктивное сопротивление первой катушки

$$X_{L1} = 314 \cdot 12,74 \cdot 10^{-3} = 4 \text{ Ом.}$$

- 1.2. При параллельном соединении одинаковых по характеру реактивных сопротивлений:

$$1/X_L = 1/X_{L1} + 1/X_{L2} = 1/4 + 1/8 = 3/8;$$

$$X_L = 2,67 \text{ Ом.}$$

- 1.3. Индуктивность второй катушки

$$L_2 = X_{L2}/\omega = 8/314 = 0,0254 \text{ Гн} = 25,47 \text{ мГн.}$$

- 1.4. Общая индуктивность цепи

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} = \frac{25,47 \cdot 12,74}{25,47 + 12,74} = 8,5 \text{ мГн}$$

$$\text{или } L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{2,67}{314} = 8,5 \text{ мГн.}$$

- 1.5. Полное сопротивление цепи

$$Z = X_L / \sin \varphi = 2,67 / \sin 27^\circ = 5,88 \text{ Ом.}$$

- 1.6. Активное сопротивление в цепи

$$R = \sqrt{(Z^2 - X_L^2)} = \sqrt{(5,88^2 - 2,67^2)} = 5,24 \text{ Ом.}$$

- 1.7. Токи в цепи:

$$I = U/Z = 50/5,88 = 8,5 \text{ А;}$$

$$I_m = I \sqrt{2} = 12 \text{ А;}$$

$$i = 12 \sin(314t + 10^\circ).$$

- 1.8. Мощности цепи:

- активная $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 50 \cdot 8,5 \cdot \cos 27^\circ = 378,25 \text{ Вт;}$
- реактивная $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 50 \cdot 8,5 \cdot \sin 27^\circ = 191,25 \text{ вар;}$
- полная $S = U \cdot I = 50 \cdot 8,5 = 425 \text{ В А;}$
- коэффициент мощности

$$\cos \varphi = P/S = 378,25/425 = 0,89 \text{ или } \cos \varphi = R/Z = 5,24/5,88 = 0,89.$$

- 1.9. Мгновенное значение приложенного к цепи напряжения:

$$U_m = U \cdot \sqrt{2} = 70,5 \text{ В;}$$

$$\psi_u = \psi_i + \varphi = 10 + 27 = 37^\circ;$$

$$u = 70,5 \cdot \sin(314 \cdot t + 37^\circ).$$

2. Построить векторную диаграмму тока и напряжения (рис. 33.2) и треугольник мощностей (рис. 33.3) для рассчитанной цепи.

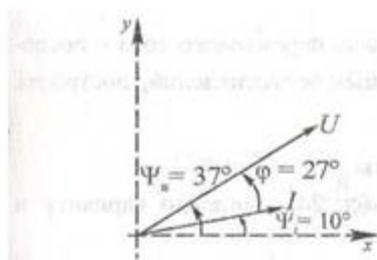


Рис. 33.2

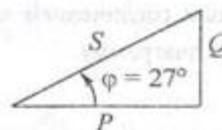


Рис. 33.3

Выводы: особенности и свойства, характерные для рассчитанной электрической цепи.

Рекомендуемая литература

Основная литература.

1. П.В. Ермуратский, Г.П. Лычкина, Ю.Б. Минкин
Электротехника и электроника. – 2-е эл. Изд.-Саратов: Профобразование, 2019. – 416 с.: ил. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64060.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Электротехника и электроника: электрические машины и трансформаторы [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.М. Игнатович, Ш.С. Ройз; под ред. Шапкиной О.Ф. – Электрон. дан. и прогр.(7 Мб). – Саратов: Профобразование, 2019. – 124с. – (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64060.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература.

1. Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гордеев-Бургвиц М.А.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017.— 470 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65651.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Дудченко О.Л. Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Дудченко О.Л.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Издательский Дом МИСиС, 2017.— 60 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78528.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Лихачев В.Л. Электротехника [Электронный ресурс]: практическое пособие/ Лихачев В.Л.— Электрон. текстовые данные.— Москва: СОЛОН-Пресс, 2019.— 608 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/90388.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Содержание

Введение.....	2
Общие требования к проведению и оформлению практических занятий	4
Практическая работа №1	5
Практическая работа №2	7
Практическая работа №3	9
Литература.....	12