

ГЛАВА 1

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Расчетные формулы

Сила взаимодействия двух точечных электрических зарядов, выражаемая в ньютонах (Н), определяется по закону Кулона:

$$F = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_a r^2},$$

где Q, q — электрические заряды, Кл; r — расстояние между зарядами, м; ϵ_a — абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м.

Интенсивность электрического поля оценивается напряженностью $E = F/q$.

Абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Относительная диэлектрическая проницаемость других сред $\epsilon = \epsilon_a/\epsilon_0$.

Напряжение между двумя точками электрического поля (В), имеющими потенциалы V_1 и V_2 , определяется как разность потенциалов $U_{12} = V_1 - V_2$.

Емкость плоского конденсатора, Ф,

$$C = \epsilon_a S/d,$$

где S — площадь обкладок конденсатора, м²; d — расстояние между обкладками, м.

Энергия электрического поля конденсатора, Дж,

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

Закон Ома для участка цепи: $I = U/R$.

Сопrotивление проводника, Ом,

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{l}{\gamma S},$$

где ρ — удельное сопротивление, Ом·мм²/м; γ — удельная проводимость, м/(Ом·мм²); l — длина проводника, м; S — сечение проводника, мм².

В ТЕТРАДЯХ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПИШЕМ ЗАДАЧУ, РЕШЕНИЕ И ОТВЕТ!!!

1.1. Как изменится сила взаимодействия между двумя заряженными телами с зарядами Q и q , если при $q = \text{const}$ заряд Q увеличить в два раза и расстояние между зарядами также удвоить?

1. Останется неизменной.
2. Увеличится в два раза.
3. Уменьшится в два раза.
4. Уменьшится в четыре раза.

1.2. Как изменится сила взаимодействия между двумя заряженными телами, если разделяющий их воздух заменить дистиллированной водой?

1. Увеличится.
2. Уменьшится.
3. Останется без изменения.

1.3. Какова эквивалентная емкость батареи конденсаторов на рис. 3, если $C_1 = 40$ мкФ, $C_2 = 20$ мкФ, $C_3 = 20$ мкФ?

1. 80 мкФ. 2. 60 мкФ. 3. 40 мкФ. 4. 50 мкФ. 5. 20 мкФ.

1. 4. Какова сила тока, если за один час при постоянном токе через поперечное сечение провода был перенесен заряд в 180 Кл?

1. 180А 2. 0,05А 3. 3А

1.5. Какое соединение резисторов $R_1 \dots R_4$ представлено на рис. 14?

1. Последовательное.
2. Параллельное.
3. Смешанное.

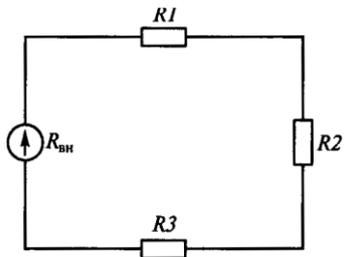


Рис. 13

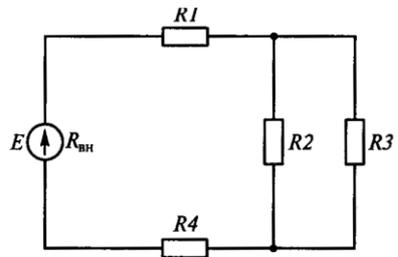


Рис. 14

ГЛАВА 2

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Расчетные формулы

Основными величинами, характеризующими магнитное поле, являются магнитная индукция B , Тл, и магнитный поток Φ , Вб:

$$\Phi = BS; \quad B = \mu_a H; \quad \Phi = \int_S \bar{B} d\bar{S} = \int_S B dS \cos(\bar{B}^\wedge, \bar{dS}),$$

где μ_a — абсолютная магнитная проницаемость среды, Гн/м; H — напряженность магнитного поля А/м; S — площадь сечения магнитопровода, м².

Магнитная проницаемость воздуха равна магнитной проницаемости вакуума, т. е. $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м.

Закон электромагнитной индукции, B , описывается формулой

$$e = -w d\Phi/dt = -d\psi/dt, \quad \text{или} \quad e = Blv,$$

где e — временная ЭДС; w — число витков катушки; Φ — переменный магнитный поток, Вб; ψ — потокосцепление, Вб; t — время, с; l — длина проводника, м; v — скорость движения проводника, м/с.

Явление самоиндукции описывается формулой

$$e_L = -L di/dt,$$

где e_L — ЭДС самоиндукции, В; L — индуктивность контура, Гн; i — переменный ток катушки, А; t — время, с.

Индуктивность тороидальной катушки

$$L = \frac{w^2 S}{l} \mu_a,$$

где w — число витков катушки; S — площадь сечения сердечника, м²; l — длина сердечника тороида, м; μ_a — абсолютная магнитная проницаемость среды.

Закон полного тока имеет вид

$$\oint \bar{H} d\bar{l} = \oint H dl \cos(\bar{H}^\wedge, \bar{dl}) = \sum I.$$

Для тороидальной катушки

$$Hl = Iw,$$

где H — напряженность магнитного поля, А/м; l — длина средней линии сердечника, м; I — ток в обмотке катушки, А.

Закон Ома для магнитной цепи имеет вид

$$\Phi = Iw/R_m,$$

где $R_m = l/(\mu_a S)$ — магнитное сопротивление цепи, А/Вб.

По закону Ампера $F = BIl$ [Н].

Энергия магнитного поля $W_L = LI^2/2$ [Дж].

Подъемная сила электромагнита, Н,

$$F = \frac{B_0 H_0}{2} S = \frac{B_0^2}{2\mu_0} S,$$

где B_0 и H_0 — соответственно магнитная индукция, Тл, и напряженность магнитного поля, А/м, в воздушном промежутке между якорем и сердечником электромагнита; S — сечение полюса электромагнита, м².

Задачи

2.1. Какой из перечисленных материалов не проявляет ферромагнитных свойств?

1. Кобальт. 2. Никель. 3. Платина. 4. Железо.

2.2. Какая из приведенных кривых 1... 3 на рис. 40 соответствует зависимости $B = f(H)$ для катушки с латунным сердечником?

2.3. Какая из приведенных кривых 1... 3 на рис. 40 соответствует процессу намагничивания катушки с ферромагнитным сердечником?

2.4. Какое поле возникает вокруг движущихся электрических зарядов?

1. Магнитное. 2. Электрическое. 3. Электромагнитное.

2.5. Каково при известном токе I соотношение между магнитодвижущими силами F_1 и F_2 вдоль concentрических окружностей соответственно с радиусами r_1 и r_2 , показанных на рис. 41?

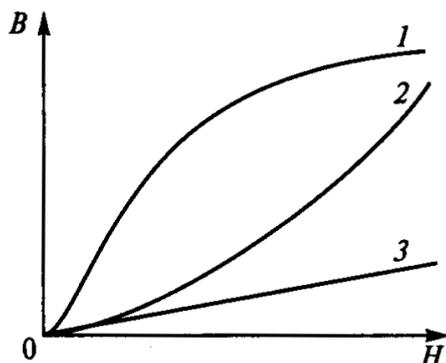


Рис. 40

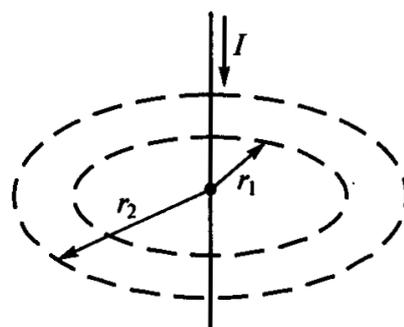


Рис. 41

3.1. Синусоидальные цепи

Расчетные формулы

Частота, Гц, $f = 1/T$, где T — период, с.

Угловая частота, 1/с, $\omega = 2\pi f$.

Действующие значения напряжения и тока определяются соответственно по формулам

$$U = U_{\max}/\sqrt{2}; \quad I = I_{\max}/\sqrt{2},$$

где U_{\max} , I_{\max} — соответственно амплитудные значения напряжения, В, и тока, А.

Индуктивное сопротивление катушки

$$x_L = 2\pi fL = \omega L,$$

где L — индуктивность катушки, Гн.

Емкостное сопротивление конденсатора

$$x_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C},$$

где C — емкость конденсатора, Ф.

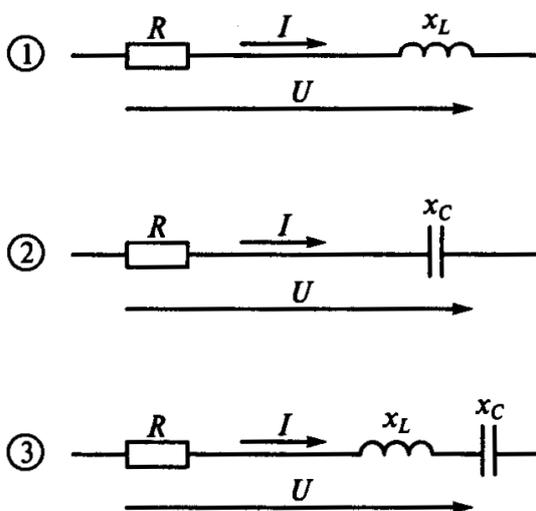


Рис. 64

Полное сопротивление цепей, показанных на рис. 64, определяется по следующим формулам:

$$1) z = \sqrt{R^2 + x_L^2};$$

$$2) z = \sqrt{R^2 + x_C^2}; \quad 3) z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2},$$

где $x = x_L - x_C$ — реактивное сопротивление цепи.

Задачи

3.1. Какое из приведенных соотношений для синусоидального переменного тока содержит ошибку?

- | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------|
| 1. $U_{\text{ср}} = 2U_{\text{max}}/\pi.$ | 2. $U = U_{\text{max}}/\sqrt{2}.$ | 3. $U_{\text{ср}} > U.$ |
| 4. $f = 1/T.$ | 5. $\omega = 2\pi f.$ | |

3.2. Напряжение на зажимах цепи с активным сопротивлением R (рис. 65) изменяется по закону $u = 220 \sin(314t + \pi/4)$. Каков закон изменения тока в цепи, если $R = 50$ Ом?

1. $i = 4,4 \sin 314t.$
2. $i = 4,4 \sin(314t + \pi/4).$
3. $i = 3,1 \sin(314t + \pi/4).$
4. $i = 3,1 \sin 314t.$

3.3. Напряжение на зажимах цепи с индуктивным сопротивлением x_L (рис. 66) изменяется по закону $u = 220 \sin(314t + \pi/4)$. Каков закон изменения тока в цепи, если $x_L = 50$ Ом?

1. $i = 4,4 \sin 314t.$
2. $i = 4,4 \sin(314t + \pi/2).$
3. $i = 3,1 \sin(314t + \pi/4).$
4. $i = 4,4 \sin(314t - \pi/4).$

3.4. Напряжение на зажимах цепи с емкостным сопротивлением x_C (рис. 67) изменяется по закону $u = 220 \sin(314t + \pi/4)$. Каков закон изменения тока в цепи, если $x_C = 50$ Ом?

1. $i = 4,4 \sin 314t.$
2. $i = 4,4 \sin(314t + 3\pi/4).$

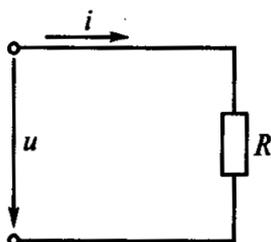


Рис. 65

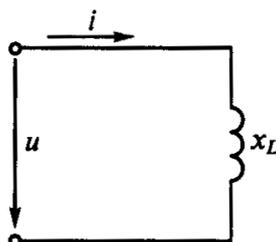


Рис. 66

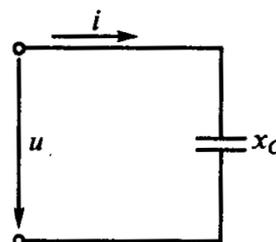


Рис. 67

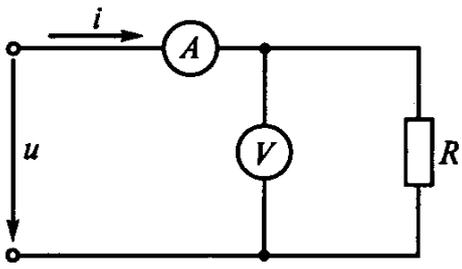


Рис. 68

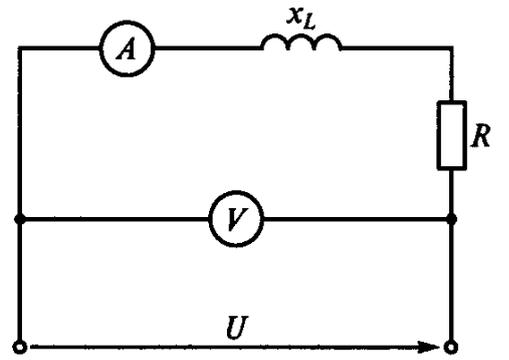


Рис. 69

3. $i = 4,4 \sin(314t - \pi/4)$.
4. $i = 3,1 \sin(314t + \pi/4)$.

3.2 Несинусоидальные цепи

Расчетные формулы

Действующие значения тока и напряжения в несинусоидальной цепи определяются соответственно формулами вида

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots};$$

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots},$$

где I_0, U_0 — постоянные составляющие тока и напряжения; I_1, I_2 — действующие значения тока соответственно первой и второй гармонических составляющих; U_1, U_2 — действующие значения напряжения соответственно первой и второй гармонических составляющих.

Активная мощность цепи при несинусоидальных токах и напряжениях выражается формулой

$$P = U_0 I_0 + U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + \dots,$$

где φ_1, φ_2 — углы сдвига фаз между током и напряжением соответственно первой и второй гармонических составляющих.

Задачи

3.64. Указать неправильный ответ на следующие вопросы, определяющие кривую периодического тока, проходящего по некоторой цепи, показанной на рис. 106.

1. Какой вид имеет ряд Фурье?

2. Какова постоянная составляющая тока?

3. Чему равно действующее значение гармоники тока?

4. Каково показание амперметра электромагнитной системы?

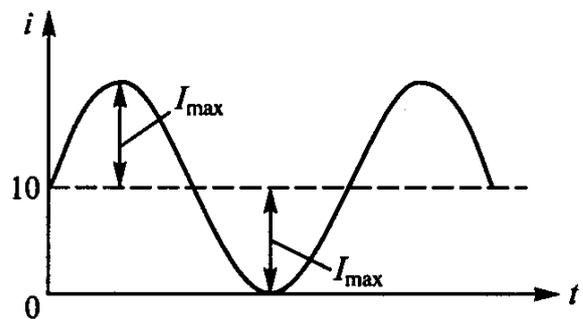


Рис. 106