

**13.15.** При изменении тока в катушке индуктивности на величину  $\Delta I = 1$  А за время  $\Delta t = 0,6$  с в ней возникает ЭДС, равная  $\varepsilon = 0,2$  мВ. Какую длину  $\lambda$  будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкостью  $C = 14100$  пФ?

[ $\lambda = 2450$  м]

## 14. ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. КОМПЛЕКСНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

### 14.1. Основные формулы

Закон Ома для переменного тока:

$$I_{\text{эф}} = \frac{U_{\text{эф}}}{z},$$

где  $I_{\text{эф}}$  и  $U_{\text{эф}}$  – эффективные значения тока и напряжения, связанные с их амплитудными значениями  $I_0$  и  $U_0$  соотношениями:

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}};$$

$$U_{\text{эф}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}},$$

где  $z$  – полное сопротивление цепи.

Если цепь содержит сопротивление  $R$ , емкость  $C$ , индуктивность  $L$ , соединенные последовательно, то

$$z = \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}.$$

При этом сдвиг фаз между напряжением и током:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}.$$

Катушка, обладающая сопротивлением  $R$  и индуктивностью  $L$  в цепи переменного тока, соответствует последовательно включенным  $R$  и  $L$ . Конденсатор с утечкой, т.е. конденсатор, обладающий емкостью  $C$  и сопротивлением  $R$ , соответствует параллельно включенным  $R$  и  $C$ .

Мощность переменного тока:

$$P = I_{\text{эф}} U_{\text{эф}} \cos \varphi.$$

При преобразовании переменного тока с помощью трансформатора, в котором можно пренебречь расстоянием магнитного потока и током в первичной обмотке, при разомкнутой вторичной обмотке (током холостого хода), токи в обмотках обратно пропорциональны числам  $N_1$  и  $N_2$  витков обмоток:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = k,$$

где  $k$  – коэффициент трансформации.

Мощность тока во вторичной цепи равна мощности тока в первичной цепи:

$$I_1 \varepsilon_1 = I_2 \varepsilon_2;$$

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}.$$

## 14.2. Примеры решения задач

**Задача 1.** Конденсатор емкостью  $C = 20$  мкФ и разность сопротивлением  $R = 150$  Ом, включены последовательно в цепь переменного тока частотой  $\nu = 50$  Гц. Какую часть напряжения  $U$ , приложенного к этой цепи составляют падения напряжения на конденсаторе  $U_C$  и на резисторе  $U_R$ ?

**Анализ и решение.** Полное сопротивление цепи составляет:

$$z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}.$$

Сила тока:

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + 1/\omega^2 C^2}},$$

тогда напряжение на конденсаторе:

$$U_C = IR_C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + 1/\omega^2 C^2} \cdot \omega C},$$

на резисторе

$$U_R = IR = \frac{RU}{\sqrt{R^2 + 1/\omega^2 C^2}},$$

тогда

$$\frac{U_C}{U} = \frac{U}{U \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} \omega C} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{150^2 + \frac{1}{4\pi^2 \cdot 50^2 (20 \cdot 10^{-6})^2}} 2\pi \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 0,73$$

$$\text{и } \frac{U_R}{U} = \frac{RU}{U \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} = \frac{150}{\sqrt{150^2 + \frac{1}{4\pi^2 \cdot 50^2 (20 \cdot 10^{-6})^2}}} = 0,69.$$

### 14.3. Задачи для самостоятельного решения

**14.1.** Определить полное реактивное сопротивление электрической цепи, состоящий из включенных последовательно конденсатора с емкостью  $C = 0,1$  мкФ и катушка с индуктивностью  $L = 0,5$  Гн при частоте тока  $\nu = 1000$  Гц. При какой частоте  $\nu_0$  полное реактивное сопротивление равно нулю?

$$[\nu_0 = 711 \text{ Гц}]$$

**14.2.** Индуктивное сопротивление катушки  $X_L = 500$  Ом, эффективное напряжение сети, в которую включена катушка,  $U_{\text{э}} = 100$  В, частота тока  $\nu = 1000$  Гц. Определить амплитуду тока в цепи и индуктивность катушки.

$$[L = 0,08 \text{ Гн}, I_0 = 0,28 \text{ А}]$$

**14.3.** Конденсатор и лампа соединены последовательно и включены в цепь переменного тока напряжением  $U = 440$  В и частотой  $\nu = 50$  Гц. Какую емкость  $C$  должен иметь конденсатор для того, чтобы через лампочку протекал ток  $I = 0,5$  А и падение потенциала на ней было равным  $U_{\text{л}} = 110$  В.

$$[C = 3,74 \text{ мкФ}]$$

**14.4.** Катушка с активным сопротивлением  $R = 10$  Ом и индуктивностью  $L$  включена в цепь переменного тока напряжением  $U = 127$  В и частотой  $\nu = 50$  Гц. Найти индуктивность  $L$ , если катушка поглощает мощность  $P = 400$  Вт и сдвиг фаз между напряжением и током  $\varphi = 60^\circ$ .

$$[L = 55 \text{ мГн}]$$

**14.5.** Конденсатор емкостью  $C = 1$  мкФ и резистор с сопротивлением  $R = 3$  кОм включены в цепь переменного тока частотой  $\nu = 50$  Гц. Найти полное сопротивление  $z$  цепи, если конденсатор и резистор включены: а) последовательно; б) параллельно.

$$[\text{а) } z = 4,38 \text{ кОм; б) } z = 2,18 \text{ кОм}]$$

**14.6.** В цепь переменного тока напряжением  $U = 220$  В частотой  $\nu = 50$  Гц включены последовательно емкость  $C = 354$  мкФ, сопротивление  $R = 100$  Ом и индуктивность  $L = 0,7$  Гн. Найти ток в цепи и падения напряжения  $U_C$ ,  $U_R$  и  $U_L$  на емкости, сопротивлении и индуктивности.

$$[I = 1,34 \text{ А}; U_C = 121 \text{ В}; U_R = 134 \text{ В}; U_L = 295 \text{ В}]$$

**14.7.** Индуктивность  $L = 22,6$  мГн и сопротивление  $R$  включены параллельно в цепь переменного тока частотой  $\nu = 50$  Гц. Найти