

**Институт**

**Радиотехники и электроники**

**им. В.А. Котельникова**

**Направление подготовки**

**12.04.04 Биотехнические системы и технологии**

## **Банк заданий вступительного испытания в магистратуру**

### **Базовая часть**

#### **Задание экзаменационного билета № 1 (5 баллов)**

*Тема: Электротехника: основные понятия, законы и эквивалентные преобразования линейных электрических цепей*

Задание 1.1

Сформулируйте 1-й закон Кирхгофа. Приведите пример его записи для участка цепи.

Задание 1.2

Сформулируйте 2-й закон Кирхгофа. Приведите пример его записи для участка цепи.

Задание 1.3

Запишите компонентные уравнения для элементарных линейных пассивных двухполюсников.

Задание 1.4

Дайте определение идеального источника ЭДС. Изобразите график зависимости напряжения от тока для идеального источника ЭДС. Чему равно внутреннее сопротивление идеального источника ЭДС?

Задание 1.5

Дайте определение идеального источника тока. Изобразите график зависимости тока от напряжения для идеального источника тока. Чему равно внутреннее сопротивление идеального источника тока?

Задание 1.6 (правильный ответ)

Сформулируйте теорему Тевенина. Приведите пример.

Задание 1.7

Сформулируйте теорему Нортона. Приведите пример.

Задание 1.8

Выведите формулу для расчета эквивалентного сопротивления двух и более последовательно соединенных резисторов.

Задание 1.9

Выведите формулу для расчета эквивалентного сопротивления двух и более параллельно соединенных резисторов.

Задание 1.10

Запишите выражения для комплексных сопротивлений и проводимостей элементарных линейных пассивных двухполюсников.

### Задание 1.11

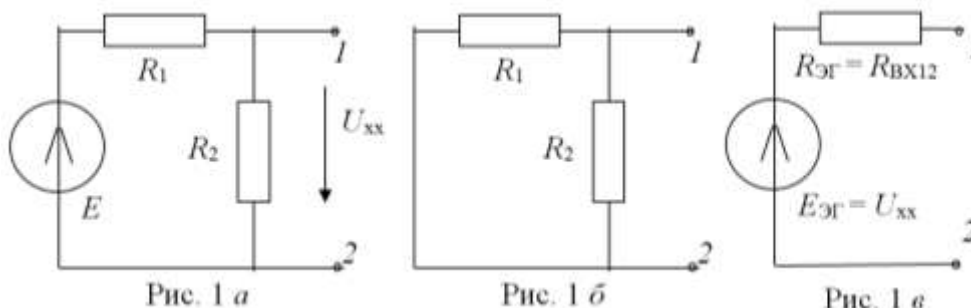
Запишите выражения для операторных сопротивлений и проводимостей элементарных линейных пассивных двухполюсников.

### Пример выполнения задания 1.6

#### Решение

Согласно теореме Тевенина, произвольный линейный двухполюсник, содержащий, помимо пассивных ветвей, источники тока или напряжения, может быть эквивалентно заменен активным двухполюсником, состоящим из последовательно соединенных идеального источника напряжения с ЭДС  $E$  и сопротивления  $Z_i$ . Значение ЭДС источника численно равно напряжению холостого хода на зажимах исходного двухполюсника, а сопротивление  $Z_i$  равно входному сопротивлению двухполюсника при замыкании всех источников напряжения и обрыве всех источников тока, входящих в состав двухполюсника.

Пример. Линейный двухполюсник, изображенный на рис. 1 а, согласно теореме Тевенина может быть эквивалентно заменен относительно зажимов 1,2 двухполюсником, изображенным на рис. 1 в. При этом параметры эквивалентного двухполюсника  $R_{ЭГ}$  и  $E_{ЭГ}$  определяются соответственно как входное сопротивление схемы на рис. 1 б относительно зажимов 1,2 и как напряжение  $U_{ХХ}$  на зажимах 1,2 схемы на рис. 1 а.



Таким образом,  $R_{ЭГ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ,  $E_{ЭГ} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ .

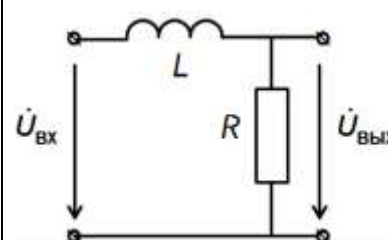
### Задание экзаменационного билета № 2 (10 баллов)

**Тема: Электротехника: частотные характеристики ФНЧ и ФВЧ (тест)**

#### Задание 2.1

*Для схемы, представленной на рисунке*

- Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте.
- Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте.
- Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.
- Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ.
- Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].
- Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ



Дано:

$$L = 1 \text{ мГн}, R = 100 \text{ Ом}$$

приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].

**Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.

### Задание 2.2 (правильный ответ)

*Для схемы, представленной на рисунке*

**Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте.

**Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте.

**Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.

**Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ.

**Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].

**Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].

**Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.

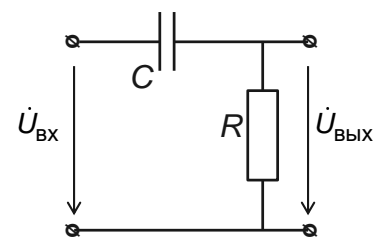
**Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.

### Задание 2.3

*Для схемы, представленной на рисунке*

**Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте.

**Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте.



Дано:

$$C = 0,5 \text{ мкФ}, R = 20 \text{ Ом}$$

**Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.

**Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ.

**Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].

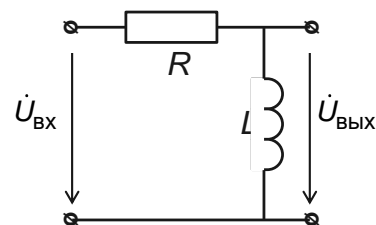
**Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].

**Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.



Дано:

$$L = 5 \text{ мГн}, R = 1 \text{ кОм}$$

#### Задание 2.4

*Для схемы, представленной на рисунке*

**Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте.

**Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте.

**Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.

**Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ.

**Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].

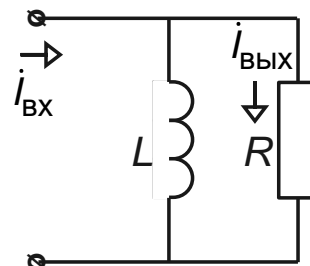
**Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].

**Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.



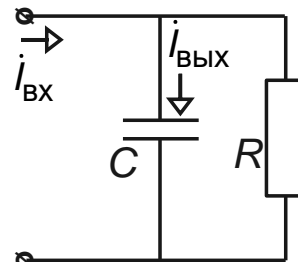
Дано:

$$L = 5 \text{ мГн}, R = 1 \text{ кОм}$$

### Задание 2.5

*Для схемы, представленной на рисунке*

- Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте.
- Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте.
- Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.
- Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ.
- Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].
- Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].
- Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.



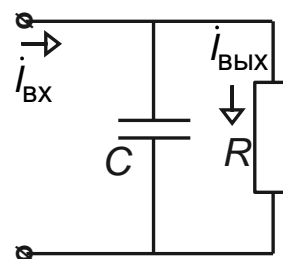
Дано:

$$C = 1 \text{ нФ}, R = 10 \text{ кОм}$$

### Задание 2.6

*Для схемы, представленной на рисунке*

- Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте.
- Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте.
- Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.
- Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ.
- Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].
- Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].



Дано:

$$C = 5 \text{ нФ}, R = 1 \text{ кОм}$$

**Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.

Задание 2.7

*Для схемы, представленной на рисунке*

**Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте.

**Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте.

**Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.

**Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ.

**Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].

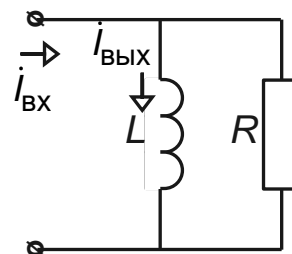
**Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].

**Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.

**Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.



Дано:

$$L = 1 \text{ мГн}, R = 100 \text{ Ом}$$

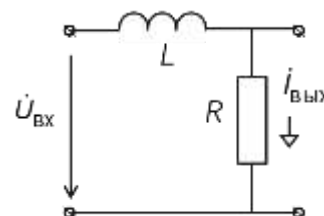
Задание 2.8

*Для схемы, представленной на рисунке*

**Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в [мСм].

**Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в [мСм].

**Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.



Дано:

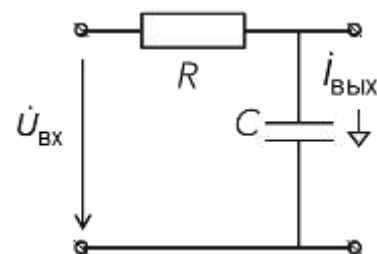
$$L = 2 \text{ мГн}, R = 200 \text{ Ом}$$

- Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ, ответ приведите в [мСм].
- Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].
- Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].
- Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.

Задание 2.9

*Для схемы, представленной на рисунке*

- Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в [мСм].
- Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в [мСм].
- Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.
- Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ, ответ приведите в [мСм].
- Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].
- Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].
- Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.



Дано:  
 $C = 10 \text{ нФ}$ ,  $R = 500 \text{ Ом}$

Задание 2.10

*Для схемы, представленной на рисунке*



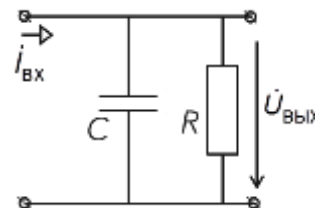
- Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.
- Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].
- Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].
- Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.

Задание 2.11

*Для схемы, представленной на рисунке*

- Вопрос 1:** определите значение АЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 2:** определите, к какому значению стремится АЧХ при бесконечно большой частоте, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 3:** определите тип фильтра: в ответе запишите 1, если это ФНЧ; 2 – ФВЧ, 3 – ПФ, 4 – РФ.
- Вопрос 4:** определите максимальное значение АЧХ, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 5:** определите постоянную времени цепи, ответ приведите в [мкс].
- Вопрос 6:** определите коэффициент затухания, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 7:** определите частоту среза фильтра, ответ приведите в [кГц].
- Вопрос 8:** определите значение ФЧХ на нулевой частоте, ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** определите, к какому значению стремится ФЧХ при бесконечно большой частоте, от-

Дано:  
 $L = 1 \text{ мГн}, R = 100 \text{ Ом}$



Дано:  
 $C = 0,5 \text{ мкФ}, R = 20 \text{ Ом}$

вет приведите в градусах.

**Вопрос 10:** определите значение ФЧХ на частоте среза, ответ приведите в градусах.

Пример выполнения задания 2.2

Решение

Сначала найдем комплексный коэффициент передачи, определим выражения для АЧХ и ФЧХ. Для этого выразим комплексную амплитуду выходного сигнала через комплексную амплитуду входного сигнала:

$$\dot{U}_{\text{ВЫХ}} = \dot{I}R = \frac{\dot{U}_{\text{ВХ}}}{R + \frac{1}{j\omega C}} R = \dot{U}_{\text{ВХ}} \frac{j\omega CR}{j\omega CR + 1}.$$

Тогда комплексный коэффициент передачи:

$$K(j\omega) = \frac{\dot{U}_{\text{ВЫХ}}}{\dot{U}_{\text{ВХ}}} = \frac{j\omega CR}{j\omega CR + 1} = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau} = \frac{\omega\tau e^{j90^\circ}}{\sqrt{1^2 + (\omega\tau)^2} e^{j\arctg(\omega\tau/1)}} = \\ = \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}} e^{j[90^\circ - \arctg(\omega\tau)]} = \frac{j\omega}{\alpha + j\omega} = \frac{\omega}{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}} e^{j[90^\circ - \arctg(\omega/\alpha)]}$$

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ):

$$K(\omega) = |K(j\omega)| = \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}} = \frac{\omega}{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}}$$

Фазо-частотная характеристика (ФЧХ):

$$\varphi_K(\omega) = \arg\{K(j\omega)\} = 90^\circ - \arctg(\omega\tau) = 90^\circ - \arctg\left(\frac{\omega}{\alpha}\right)$$

С помощью найденных выражений ответим на вопросы задания:

- 1)  $K(0) = 0$ ,
- 2)  $K(\infty) \rightarrow 1$ ,
- 3) 2 – ФВЧ,
- 4)  $K_{\text{max}} = 1$ ,
- 5)  $\tau = RC = 10$  мкс,
- 6)  $\alpha = 1/\tau = 100 \times 10^3$  рад/с,
- 7)  $f_c = \alpha/(2\pi) = 15,92$  кГц,
- 8)  $\varphi_K(0) = 90^\circ$ ,
- 9)  $\varphi_K(\infty) \rightarrow 0$ ,
- 10)  $\varphi_K(\omega_c) = 45^\circ$ .

**Задание экзаменационного билета № 3 (10 баллов)**

**Тема: Электротехника: частотные характеристики резонансных цепей**

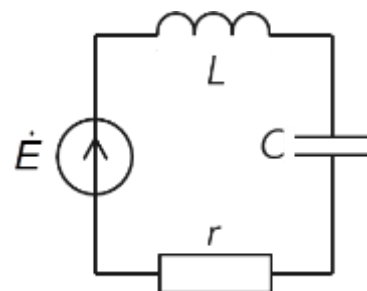
Задание 3.1 (правильный ответ)

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

**Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [Ом].

**Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [кОм].

**Вопрос 3:** определите ширину полосы пропус-



ния АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

- Вопрос 4:** определите индуктивность катушки, ответ приведите в [мГн].
- Вопрос 5:** определите амплитуду напряжения на конденсаторе, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [В].
- Вопрос 6:** определите начальную фазу напряжения на конденсаторе, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 7:** определите амплитуду напряжения на конденсаторе, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в [В].
- Вопрос 8:** определите начальную фазу напряжения на конденсаторе, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** как изменится добротность при увеличении  $C$  в 4 раза; приведите новое значение добротности.
- Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при увеличении  $C$  в 4 раза; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].

### Задание 3.2

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

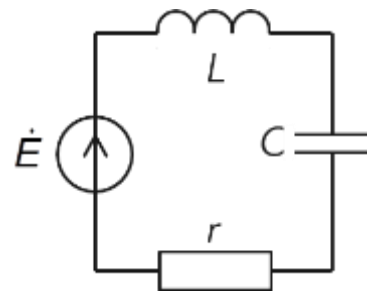
- Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 4:** определите индуктивность катушки, ответ приведите в [мкГн].
- Вопрос 5:** определите амплитуду напряжения на катушке индуктивности, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [В].

Дано:

$$Q = 100, r = 10 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$\dot{E} = 1 \text{ В}$$



Дано:

$$Q = 50, r = 5 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

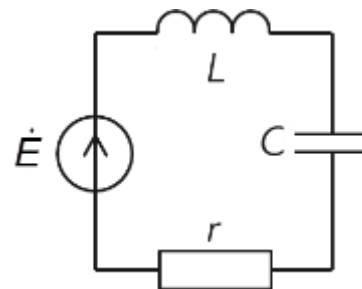
$$\dot{E} = 2 \text{ В}$$

- Вопрос 6:** определите начальную фазу напряжения на катушке индуктивности, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 7:** определите амплитуду напряжения на катушке индуктивности, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в [В].
- Вопрос 8:** определите начальную фазу напряжения на катушке индуктивности, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** как изменится добротность при увеличении  $L$  в 4 раза; приведите новое значение добротности.
- Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при увеличении  $L$  в 4 раза; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].

### Задание 3.3

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

- Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [кОм].
- Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 4:** определите индуктивность катушки, ответ приведите в [мГн].
- Вопрос 5:** определите амплитуду напряжения на резисторе, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [В].
- Вопрос 6:** определите начальную фазу напряжения на резисторе, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 7:** определите амплитуду напряжения на резисторе, если частота источника соответствует верхней границе полосы



Дано:

$$Q = 100, r = 10 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$\dot{E} = 30 \text{ В}$$

пропускания; ответ приведите в [В].

**Вопрос 8:** определите начальную фазу напряжения на резисторе, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** как изменится добротность при увеличении  $r$  в 2 раза; приведите новое значение добротности.

**Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при увеличении  $r$  в 2 раза; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].

#### Задание 3.4

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

**Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [Ом].

**Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [Ом].

**Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 4:** определите индуктивность катушки, ответ приведите в [мкГн].

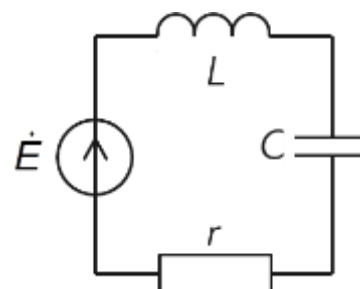
**Вопрос 5:** определите амплитуду тока в контуре, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [мА].

**Вопрос 6:** определите начальную фазу тока в контуре, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 7:** определите амплитуду тока в контуре, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в [мА].

**Вопрос 8:** определите начальную фазу тока в контуре, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** как изменится добротность при уменьшении  $C$  в 4 раза; приведите новое значение добротности.



Дано:

$$Q = 50, r = 5 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$\dot{E} = 4 \text{ В}$$

**Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при уменьшении  $C$  в 4 раза; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].

Задание 3.5

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

**Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [Ом].

**Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [кОм].

**Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 4:** определите емкость конденсатора, ответ приведите в [нФ].

**Вопрос 5:** определите амплитуду напряжения на конденсаторе, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [В].

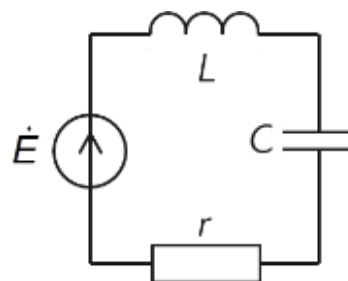
**Вопрос 6:** определите начальную фазу напряжения на конденсаторе, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 7:** определите амплитуду напряжения на конденсаторе, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в [В].

**Вопрос 8:** определите начальную фазу напряжения на конденсаторе, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** как изменится добротность при уменьшении  $L$  в 4 раза; приведите новое значение добротности.

**Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при уменьшении  $L$  в 4 раза; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].



Дано:

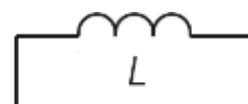
$$Q = 100, r = 10 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$\dot{E} = 4 \text{ В}$$

Задание 3.6

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*



- Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 4:** определите емкость конденсатора, ответ приведите в [нФ].
- Вопрос 5:** определите амплитуду напряжения на катушке индуктивности, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [В].
- Вопрос 6:** определите начальную фазу напряжения на катушке индуктивности, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 7:** определите амплитуду напряжения на катушке индуктивности, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в [В].
- Вопрос 8:** определите начальную фазу напряжения на катушке индуктивности, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** как изменится добротность при уменьшении  $r$  в 2 раза; приведите новое значение добротности.
- Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при уменьшении  $r$  в 2 раза; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].

Задание 3.7

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

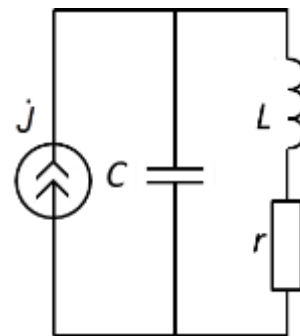
- Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [кОм].
- Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [кОм].
- Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

Дано:

$$Q = 50, r = 5 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$\dot{E} = 5 \text{ В}$$



- Вопрос 4:** определите индуктивность катушки, ответ приведите в [мГн].
- Вопрос 5:** определите амплитуду тока через конденсатор, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [мА].
- Вопрос 6:** определите начальную фазу тока через конденсатор, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 7:** определите амплитуду тока через конденсатор, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в [мА].
- Вопрос 8:** определите начальную фазу тока через конденсатор, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** как изменится добротность при увеличении  $r$  в 3 раза; приведите новое значение добротности.
- Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при увеличении  $r$  в 3 раза; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].

### Задание 3.8

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

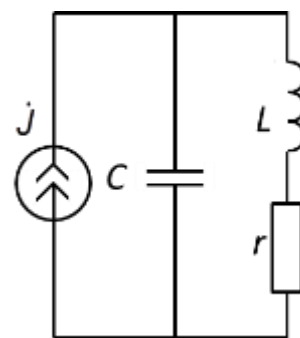
- Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [кОм].
- Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 4:** определите индуктивность катушки, ответ приведите в [мкГн].
- Вопрос 5:** определите амплитуду тока через катушку индуктивности, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [мА].
- Вопрос 6:** определите начальную фазу тока через катушку индуктивности, если частота

Дано:

$$Q = 200, r = 10 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$j = 4 \text{ мА}$$



Дано:

$$Q = 100, r = 5 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$j = 6 \text{ мА}$$

источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 7:** определите амплитуду тока через катушку индуктивности, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в [мА].

**Вопрос 8:** определите начальную фазу тока через катушку индуктивности, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** как изменится добротность при уменьшении  $C$  в 9 раз; приведите новое значение добротности.

**Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при уменьшении  $C$  в 9 раз; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].

### Задание 3.9

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

**Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [кОм].

**Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [кОм].

**Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

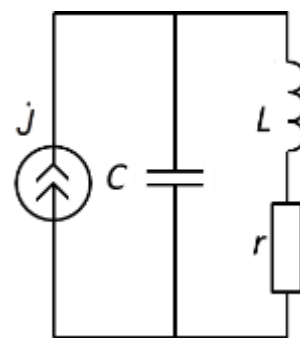
**Вопрос 4:** определите индуктивность катушки, ответ приведите в [мГн].

**Вопрос 5:** определите амплитуду тока через резистор, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [мА].

**Вопрос 6:** определите начальную фазу тока через резистор, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 7:** определите амплитуду тока через резистор, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в [мА].

**Вопрос 8:** определите начальную фазу тока через резистор, если частота источника со-



Дано:

$$Q = 100, r = 10 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$j = 1 \text{ мА}$$

ответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** как изменится добротность при уменьшении  $L$  в 9 раз; приведите новое значение добротности.

**Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при уменьшении  $L$  в 9 раз; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].

### Задание 3.10

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

**Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [кОм].

**Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [Ом].

**Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 4:** определите индуктивность катушки, ответ приведите в [мкГн].

**Вопрос 5:** определите амплитуду напряжения на контуре, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [В].

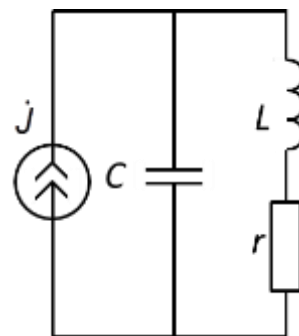
**Вопрос 6:** определите начальную фазу напряжения на контуре, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 7:** определите амплитуду напряжения на контуре, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в [В].

**Вопрос 8:** определите начальную фазу напряжения на контуре, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.

**Вопрос 9:** как изменится добротность при уменьшении  $r$  в 3 раза; приведите новое значение добротности.

**Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при уменьшении  $r$  в 3 раза; приведите новое значение полосы пропускания в



Дано:

$$Q = 100, r = 5 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

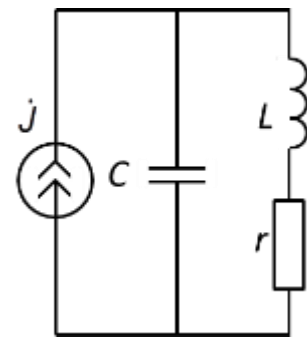
$$j = 2 \text{ мА}$$

$[\times 10^3 \text{ рад/с}]$ .

Задание 3.11

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

- Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [кОм].
- Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [кОм].
- Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в  $[\times 10^3 \text{ рад/с}]$ .
- Вопрос 4:** определите емкость конденсатора, ответ приведите в [пФ].
- Вопрос 5:** определите амплитуду тока через конденсатор, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [мА].
- Вопрос 6:** определите начальную фазу тока через конденсатор, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 7:** определите амплитуду тока через конденсатор, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в [мА].
- Вопрос 8:** определите начальную фазу тока через конденсатор, если частота источника соответствует нижней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** как изменится добротность при увеличении  $C$  в 4 раза; приведите новое значение добротности.
- Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при увеличении  $C$  в 4 раза; приведите новое значение полосы пропускания в  $[\times 10^3 \text{ рад/с}]$ .



Дано:

$$Q = 200, r = 10 \text{ Ом},$$

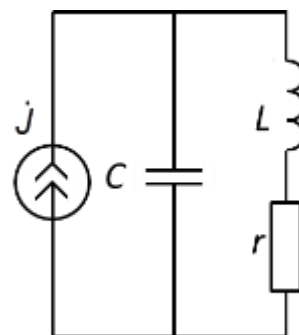
$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$J = 3 \text{ мА}$$

Задание 3.12

*Для колебательного контура, представленного на рисунке*

- Вопрос 1:** определите резонансное сопротивление, ответ приведите в [кОм].
- Вопрос 2:** определите характеристическое сопротивление, ответ приведите в [Ом].
- Вопрос 3:** определите ширину полосы пропускания АЧХ, ответ приведите в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 4:** определите емкость конденсатора, ответ приведите в [нФ].
- Вопрос 5:** определите амплитуду тока через катушку индуктивности, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в [мА].
- Вопрос 6:** определите начальную фазу тока через катушку индуктивности, если частота источника равна резонансной; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 7:** определите амплитуду тока через катушку индуктивности, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в [мА].
- Вопрос 8:** определите начальную фазу тока через катушку индуктивности, если частота источника соответствует верхней границе полосы пропускания; ответ приведите в градусах.
- Вопрос 9:** как изменится добротность при увеличении  $L$  в 9 раз; приведите новое значение добротности.
- Вопрос 10:** как изменится полоса пропускания при увеличении  $L$  в 9 раз; приведите новое значение полосы пропускания в [ $\times 10^3$  рад/с].



Дано:

$$Q = 100, r = 5 \text{ Ом},$$

$$\omega_p = 10^6 \text{ рад/с}$$

$$j = 4 \text{ мА}$$

Пример выполнения задания 3.1

Решение

Запишем приближенное выражение для определения комплексной проводимости контура как функции частоты:

$$K(j\omega) = Y_k(j\omega) = \frac{i}{E} = \frac{1/r}{1+j\xi(\omega)}, \text{ где } \xi(\omega) \approx \frac{2Q}{\omega_p}(\omega - \omega_p),$$

Найдем комплексную амплитуду напряжения на конденсаторе как функцию частоты:

$$\dot{U}_C = i \frac{1}{j\omega C} = \dot{E} Y_k(j\omega) \frac{1}{j\omega C} \approx \dot{E} \frac{1/r}{1+j\xi(\omega)} \frac{1}{j\omega_p C} = \dot{E} \frac{-jQ}{1+j\xi(\omega)}$$

С помощью записанных выражений ответим на вопросы задания:

$$1) R_p = \frac{1}{Y_k(j\omega_p)} = r + jX(\omega_p) = r = 10 \text{ Ом},$$

$$2) \rho = rQ = 1 \text{ кОм},$$

$$3) \Pi_\omega = \omega_p/Q = 10 \cdot 10^3 \text{ рад/с},$$

$$4) L = \rho/\omega_p = 1 \text{ мГн},$$

$$5) U_{mC} = |\dot{U}_C| = \left| \dot{E} \frac{-jQ}{1+j0} \right| = |\dot{E}|Q = 100 \text{ В},$$

$$6) \varphi_C = \arg(\dot{U}_C) = \arg\left(\dot{E} \frac{-jQ}{1+j0}\right) = -90^\circ,$$

$$7) U_{mC} = |\dot{U}_C| = \left| \dot{E} \frac{-jQ}{1+j1} \right| = |\dot{E}| \frac{Q}{\sqrt{2}} = 70,71 \text{ В},$$

$$8) \varphi_C = \arg(\dot{U}_C) = \arg\left(\dot{E} \frac{-jQ}{1+j1}\right) = -90^\circ - 45^\circ = -135^\circ,$$

$$9) Q' = \sqrt{\frac{L}{4C}}/r = Q/2 = 50,$$

$$10) \Pi'_\omega = r/L = \Pi_\omega = 10 \cdot 10^3 \text{ рад/с}.$$

#### Задание экзаменационного билета № 4 (15 баллов)

**Тема: Электротехника: Свободные колебания и переходные процессы в линейных цепях**

##### Задание 4.1

*Для схемы, представленной на рисунке 1*

**Вопрос 1:** определите напряжение на катушке индуктивности сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 8 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 2:** определите напряжение на катушке индуктивности в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 8 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 3:** определите напряжение на резисторе сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 8 В, ответ представьте в [В].

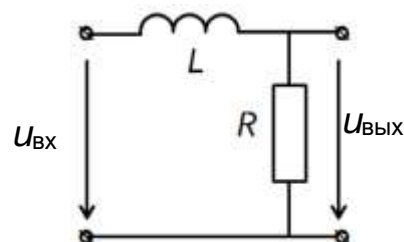
**Вопрос 4:** определите напряжение на резисторе в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 8 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.



Дано:

$$L = 5 \text{ мГн}, R = 100 \text{ Ом}$$

**Рисунок 1**

### Переходные характеристики

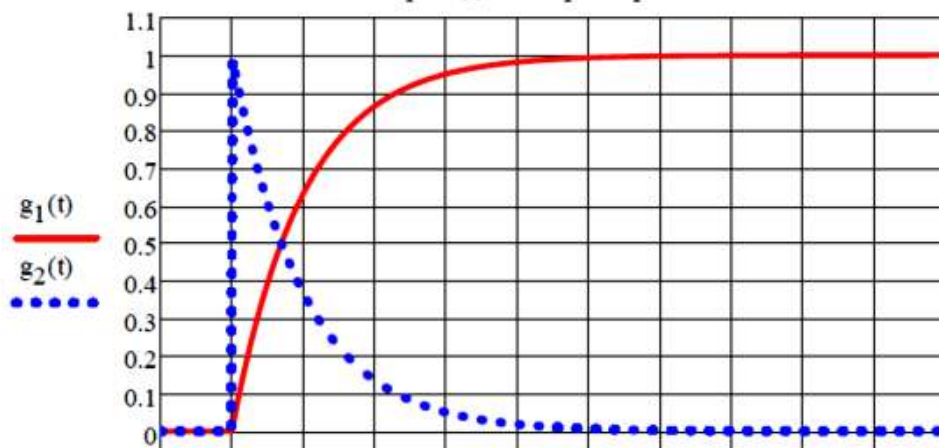
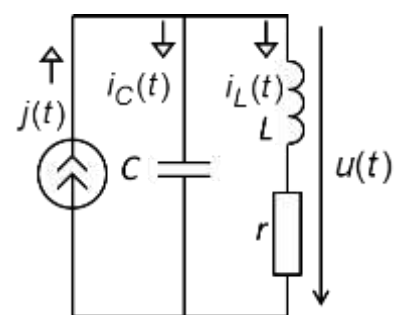


Рисунок 2

Для схемы, представленной на рисунке 3

- Вопрос 9:** определите ток через катушку индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].
- Вопрос 10:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].
- Вопрос 11:** определите напряжение на контуре при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мВ].
- Вопрос 12:** определите напряжение на контуре в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мВ].
- Вопрос 13:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [рад/с].
- Вопрос 14:** рассчитайте период собственных колебаний, ответ представьте в [мкс].
- Вопрос 15:** рассчитайте сопротивление резистора, ответ представьте в [Ом].



Дано:

$$j(t) = 12 \sigma(t) \text{ мА}, Q = 40,$$

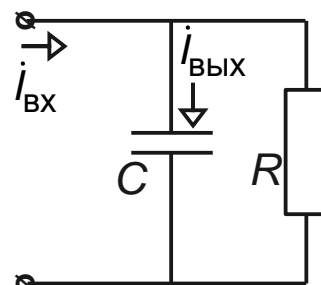
$$\Pi_f = 1 \text{ кГц}, \rho = 4 \text{ кОм}$$

Рисунок 3

### Задание 4.2

Для схемы, представленной на рисунке 1

- Вопрос 1:** определите ток через конденсатор сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 7 мА, ответ представьте в [мА].
- Вопрос 2:** определите ток через конденсатор в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 7 мА, ответ представьте в [мА].
- Вопрос 3:** определите напряжение на схеме сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 7 мА,



Дано:

$$C = 5 \text{ нФ}, R = 10 \text{ кОм}$$

Рисунок 1

ответ представьте в [В].

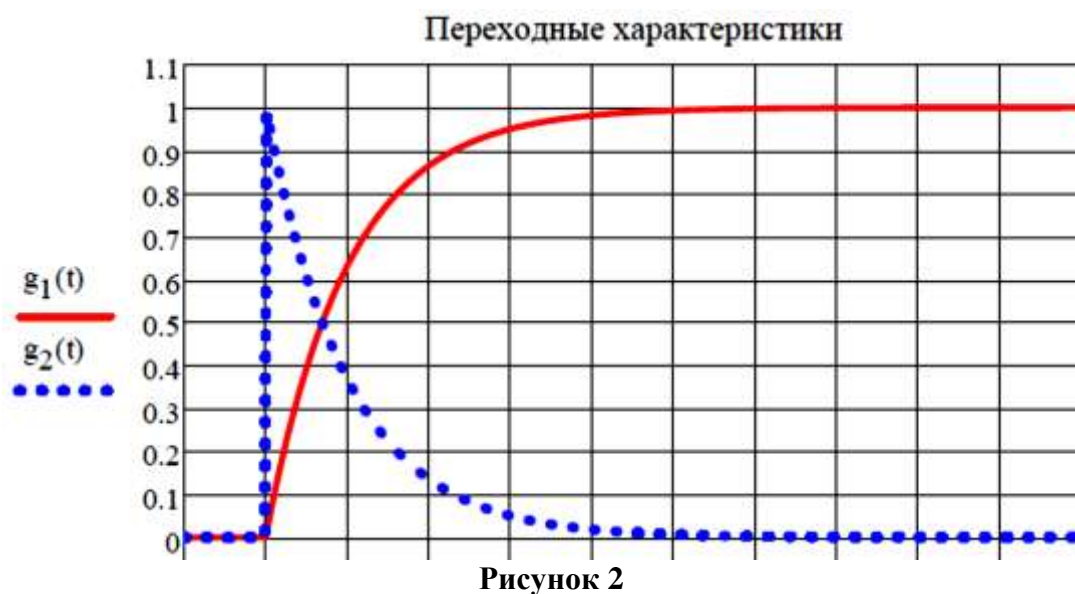
**Вопрос 4:** определите напряжение на схеме в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 7 мА, ответ представьте в [В].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в  $[\times 10^3 \text{ рад/с}]$ .

**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.



*Для схемы, представленной на рисунке 3*

**Вопрос 9:** определите ток через катушку индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 10:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].

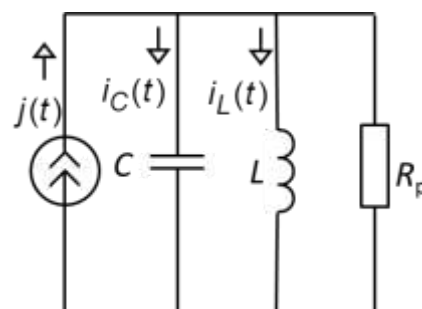
**Вопрос 11:** определите ток через конденсатор при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 12:** определите ток через конденсатор в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 13:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 14:** рассчитайте частоту собственных колебаний, ответ представьте в  $[\times 10^3 \text{ рад/с}]$ .

**Вопрос 15:** рассчитайте индуктивность катушки, ответ представьте в [мкГн].



**Дано:**

$$j(t) = 15 \sigma(t) \text{ мА}, \quad Q = 80,$$

$$\Pi_f = 1 \text{ кГц}, \quad \rho = 4 \text{ кОм}$$

**Рисунок 2**

Для схемы, представленной на рисунке 1

**Вопрос 1:** определите напряжение на конденсаторе сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 12 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 2:** определите напряжение на конденсаторе в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 12 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 3:** определите напряжение на резисторе сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 12 В, ответ представьте в [В].

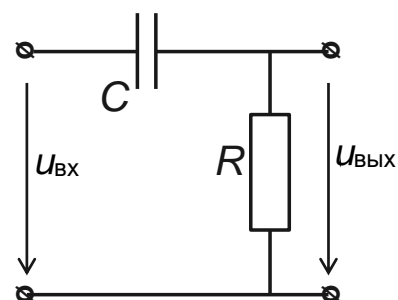
**Вопрос 4:** определите напряжение на резисторе в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 12 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.



Дано:

$$C = 5 \text{ нФ}, R = 2 \text{ кОм}$$

Рисунок 1

Переходные характеристики

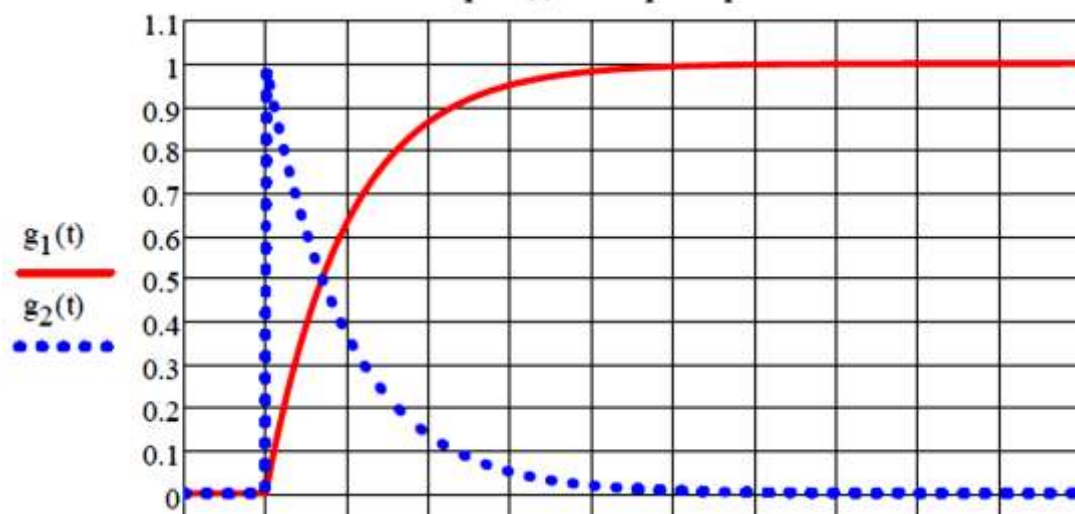
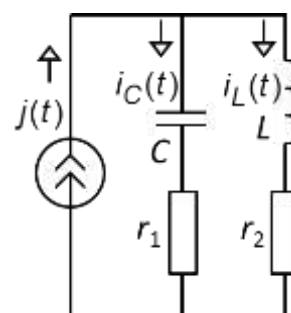


Рисунок 2

Для схемы, представленной на рисунке 3

**Вопрос 9:** определите ток через катушку индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 10:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].



**Вопрос 11:** определите ток через конденсатор при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 12:** определите ток через конденсатор в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 13:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 14:** рассчитайте частоту собственных колебаний, ответ представьте в [кГц].

**Вопрос 15:** рассчитайте емкость конденсатора, ответ представьте в [пФ].

#### Задание 4.4

*Для схемы, представленной на рисунке 1*

**Вопрос 1:** определите ток через катушку индуктивности сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 20 мА, ответ представьте в [мА].

**Вопрос 2:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 20 мА, ответ представьте в [мА].

**Вопрос 3:** определите ток через резистор сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 20 мА, ответ представьте в [мА].

**Вопрос 4:** определите ток через резистор в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 20 мА, ответ представьте в [мА].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.

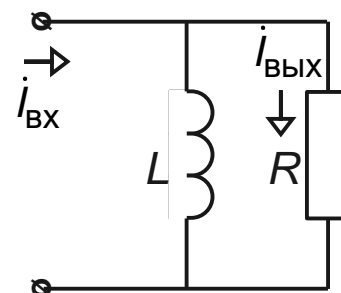
**Дано:**

$$j(t) = 20 \sigma(t) \text{ мА}, Q = 70,$$

$$\Pi_f = 3 \text{ кГц}, \rho = 2 \text{ кОм},$$

$$r_1 = r_2$$

**Рисунок 3**



**Дано:**

$$L = 3 \text{ мГн}, R = 300 \text{ Ом}$$

**Рисунок 1**

### Переходные характеристики

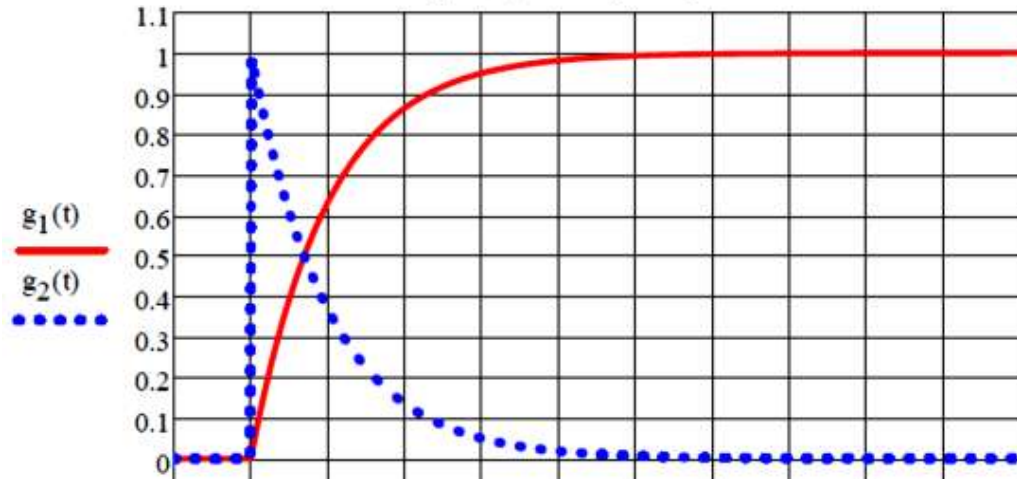
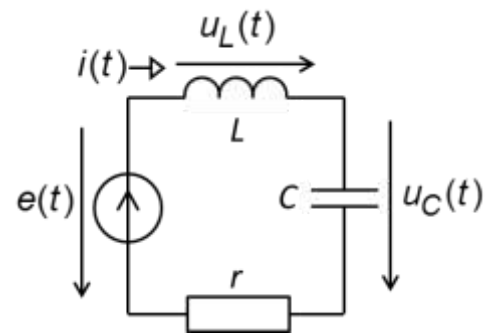


Рисунок 2

Для схемы, представленной на рисунке 3

- Вопрос 9:** определите напряжение на катушке индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [В].
- Вопрос 10:** определите напряжение на катушке индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [В].
- Вопрос 11:** определите напряжение на конденсаторе при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [В].
- Вопрос 12:** определите напряжение на конденсаторе в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [В].
- Вопрос 13:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [рад/с].
- Вопрос 14:** рассчитайте частоту собственных колебаний, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 15:** рассчитайте емкость конденсатора, ответ представьте в [пФ].



Дано:

$$e(t) = 5 \sigma(t) \text{ В}, Q = 60,$$

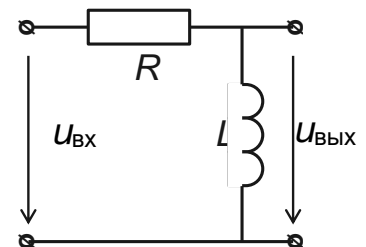
$$\Pi_f = 2 \text{ кГц}, \rho = 3 \text{ кОм}$$

Рисунок 3

### Задание 4.5

Для схемы, представленной на рисунке 1

- Вопрос 1:** определите напряжение на катушке индуктивности сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 15 В, ответ представьте в [В].
- Вопрос 2:** определите напряжение на катушке индуктивности в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 15 В, ответ представьте в [В].
- Вопрос 3:** определите напряжение на резисторе сразу



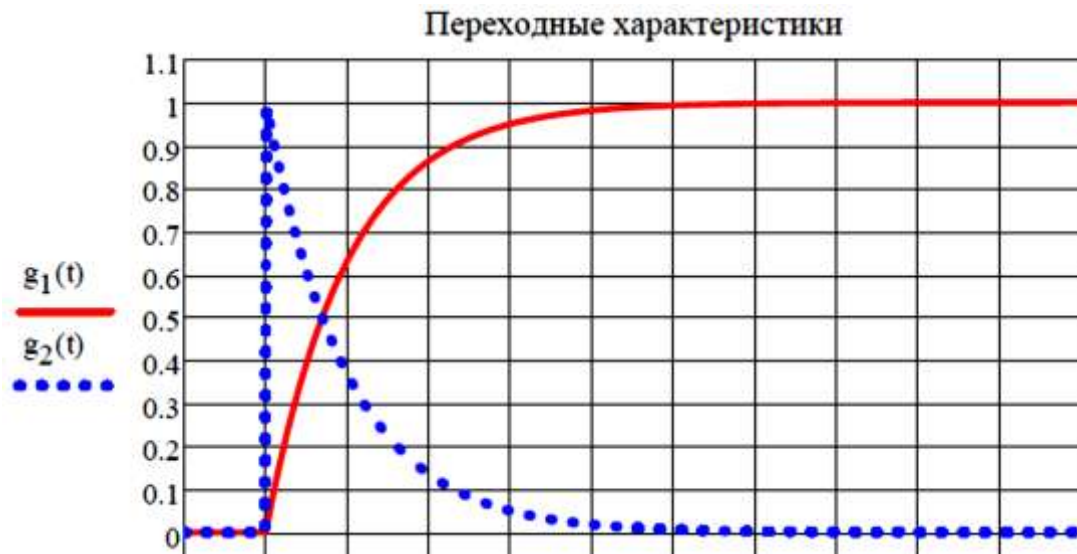
Дано:

$$L = 4 \text{ мГн}, R = 200 \text{ Ом}$$

Рисунок 1

после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 15 В, ответ представьте в [В].

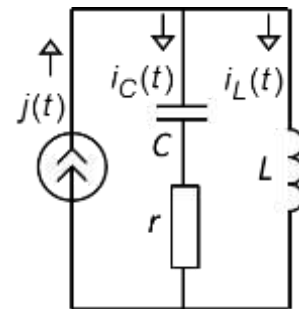
- Вопрос 4:** определите напряжение на резисторе в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 15 В, ответ представьте в [В].
- Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].
- Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].
- Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.



**Рисунок 2**

*Для схемы, представленной на рисунке 3*

- Вопрос 9:** определите ток через катушку индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].
- Вопрос 10:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].
- Вопрос 11:** определите ток через конденсатор при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].
- Вопрос 12:** определите ток через конденсатор в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].
- Вопрос 13:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].
- Вопрос 14:** рассчитайте частоту собственных колебаний, ответ представьте в [кГц].
- Вопрос 15:** рассчитайте сопротивление потерь, ответ представьте в [Ом].



**Дано:**

$$j(t) = 7 \sigma(t) \text{ мА}, \quad Q = 90,$$

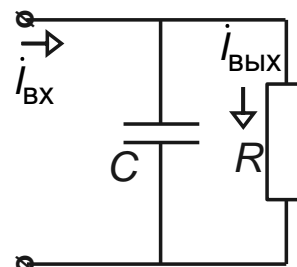
$$\Pi_f = 6 \text{ кГц}, \quad \rho = 9 \text{ кОм}$$

**Рисунок 2**

Задание 4.6

Для схемы, представленной на рисунке 1

- Вопрос 1:** определите ток через конденсатор сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 6 мА, ответ представьте в [мА].
- Вопрос 2:** определите ток через конденсатор в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 6 мА, ответ представьте в [мА].
- Вопрос 3:** определите ток через резистор сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 6 мА, ответ представьте в [мА].
- Вопрос 4:** определите ток через резистор в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 6 мА, ответ представьте в [мА].
- Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].
- Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].
- Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].
- Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.



Дано:

$$C = 8 \text{ нФ}, R = 5 \text{ кОм}$$

Рисунок 1

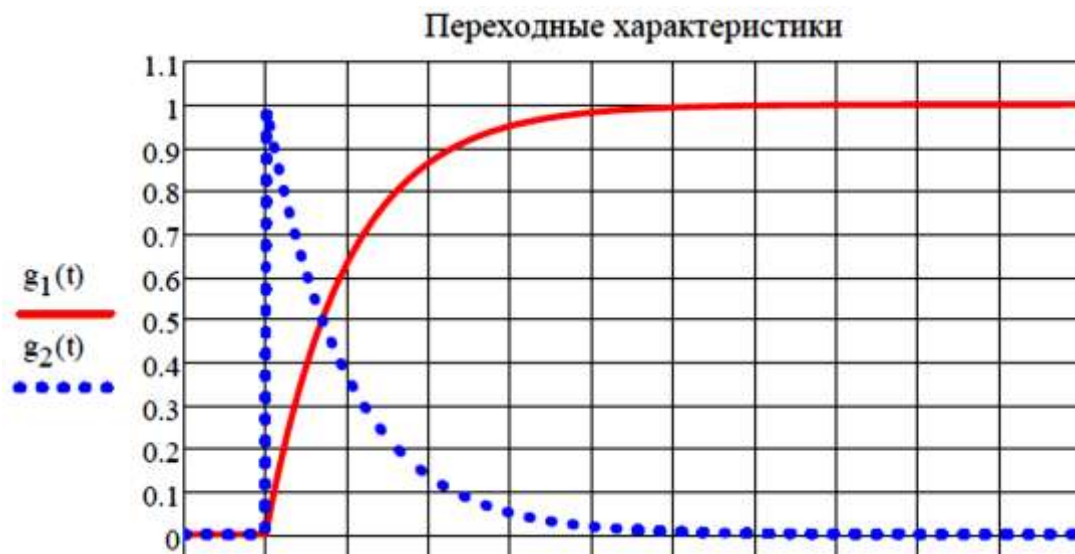
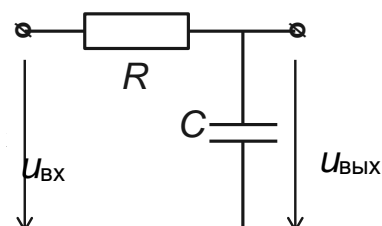


Рисунок 2

Задание 4.7

Для схемы, представленной на рисунке 1

- Вопрос 1:** определите напряжение на конденсаторе сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 4 В, ответ представьте в [В].



**Вопрос 2:** определите напряжение на конденсаторе в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 4 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 3:** определите напряжение на резисторе сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 4 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 4:** определите напряжение на резисторе в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 4 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

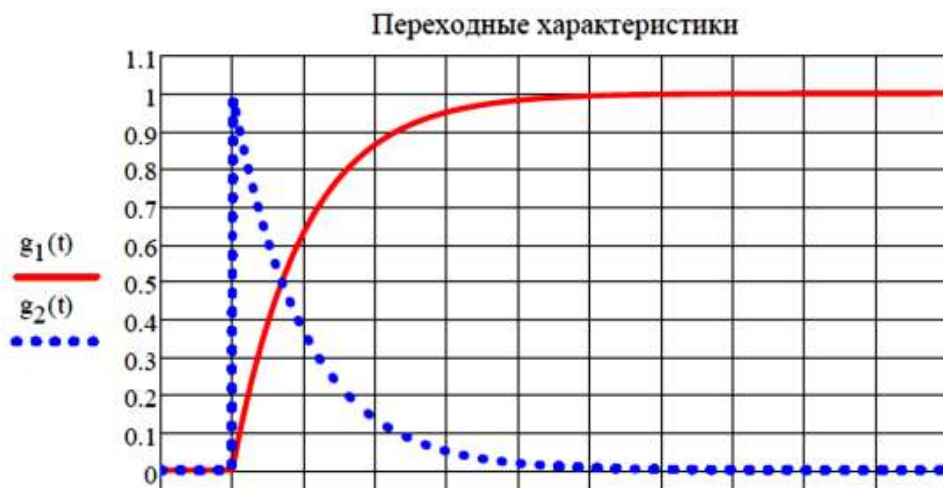
**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.

Дано:  
 $C = 10$  нФ,  $R = 2$  кОм

**Рисунок 1**



**Рисунок 2**

*Для схемы, представленной на рисунке 3*

**Вопрос 9:** определите напряжение на резисторе при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мВ].

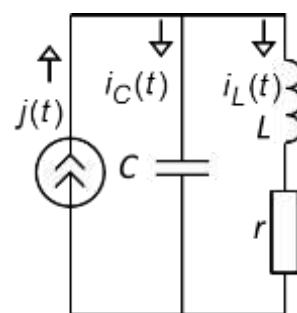
**Вопрос 10:** определите напряжение на резисторе в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мВ].

**Вопрос 11:** определите ток через конденсатор при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 12:** определите ток через конденсатор в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 13:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 14:** рассчитайте период собственных колебаний, ответ представьте в [мкс].



**Дано:**

$$j(t) = 2 \sigma(t) \text{ мА}, Q = 70,$$

$$P_f = 0,4 \text{ кГц}, \rho = 2 \text{ кОм}$$

**Рисунок 3**

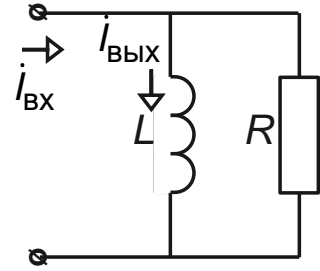
**Вопрос 15:** рассчитайте сопротивление резистора, ответ представьте в [Ом].

Задание 4.8

*Для схемы, представленной на рисунке 1*

**Вопрос 1:** определите ток через катушку индуктивности сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 25 мА, ответ представьте в [мА].

**Вопрос 2:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 25 мА, ответ представьте в [мА].



Дано:

$$L = 12 \text{ мГн}, R = 600 \text{ Ом}$$

**Рисунок 1**

**Вопрос 3:** определите напряжение на схеме сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 25 мА, ответ представьте в [В].

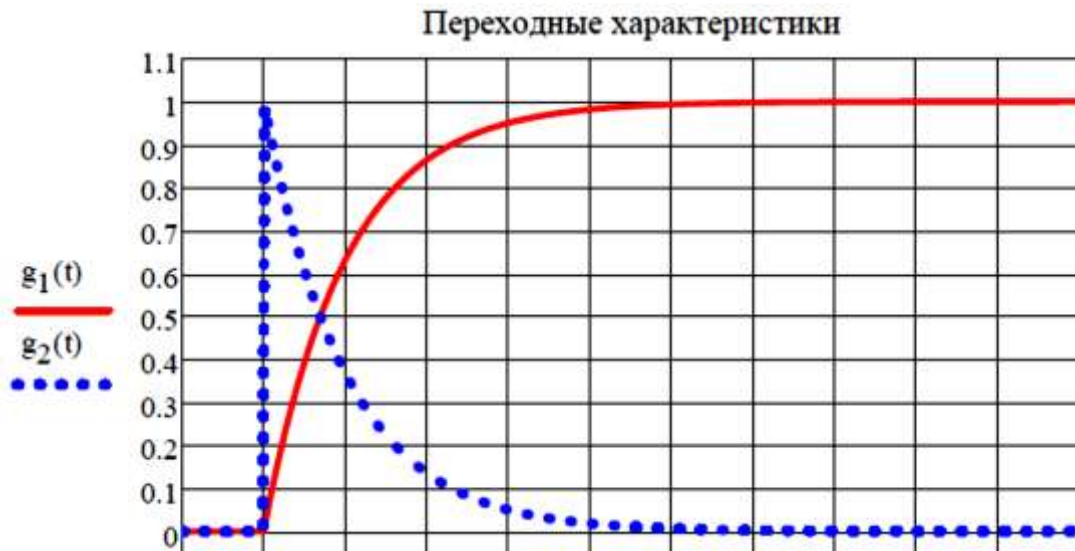
**Вопрос 4:** определите напряжение на схеме в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 25 мА, ответ представьте в [В].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

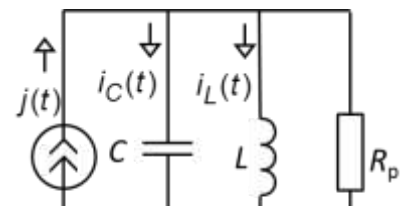
**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.



**Рисунок 2**

*Для схемы, представленной на рисунке 3*



**Вопрос 9:** определите ток через катушку индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 10:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 11:** определите ток через конденсатор при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 12:** определите ток через конденсатор в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 13:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [рад/с].

**Вопрос 14:** рассчитайте частоту собственных колебаний, ответ представьте в [кГц].

**Вопрос 15:** рассчитайте емкость конденсатора, ответ представьте в [пФ].

#### Задание 4.9

*Для схемы, представленной на рисунке 1*

**Вопрос 1:** определите напряжение на катушке индуктивности сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 11 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 2:** определите напряжение на катушке индуктивности в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 11 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 3:** определите ток в цепи сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 11 В, ответ представьте в [мА].

**Вопрос 4:** определите ток в цепи в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 11 В, ответ представьте в [мА].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

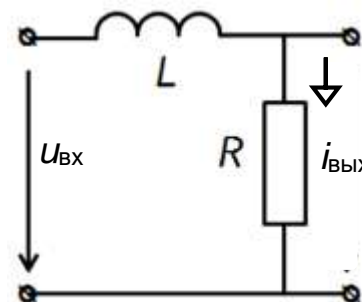
**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.

*Дано:*

$$j(t) = 6 \sigma(t) \text{ мА}, Q = 120,$$

$$P_f = 3 \text{ кГц}, \rho = 10 \text{ кОм}$$

**Рисунок 2**



*Дано:*

$$L = 2 \text{ мГн}, R = 500 \text{ Ом}$$

**Рисунок 1**

### Переходные характеристики

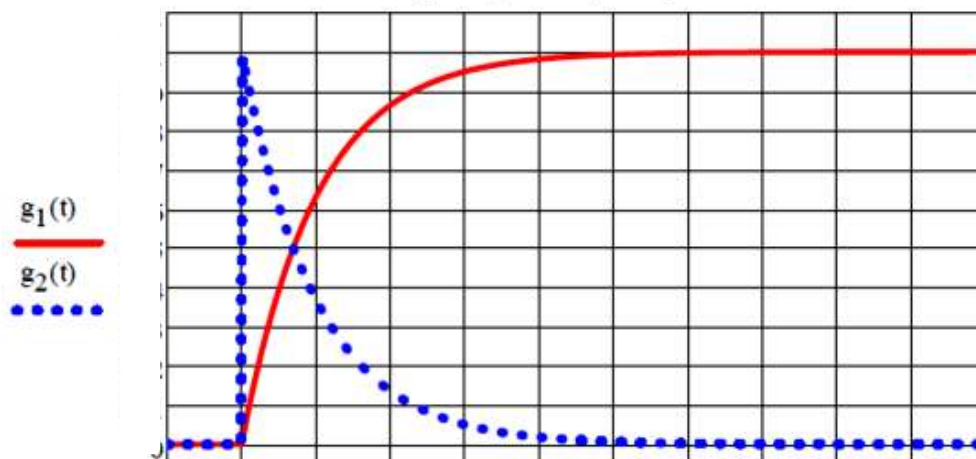
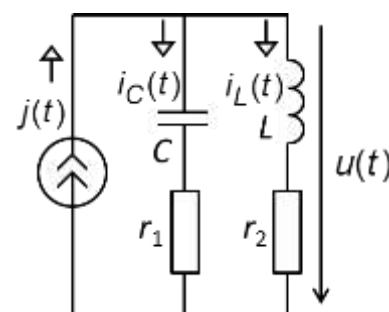


Рисунок 2

Для схемы, представленной на рисунке 3

- Вопрос 9:** определите ток через катушку индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].
- Вопрос 10:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].
- Вопрос 11:** определите напряжение на контуре при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мВ].
- Вопрос 12:** определите напряжение на контуре в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мВ].
- Вопрос 13:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].
- Вопрос 14:** период собственных колебаний, ответ представьте в [мкс].
- Вопрос 15:** рассчитайте резонансное сопротивление контура, ответ представьте в [кОм].



Дано:

$$j(t) = 8 \sigma(t) \text{ мА}, Q = 50,$$

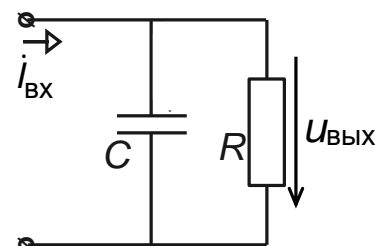
$$\Pi_f = 6 \text{ кГц}, \rho = 3 \text{ кОм},$$

$$r_1 = r_2$$

### Задание 4.10

Для схемы, представленной на рисунке 1

- Вопрос 1:** определите ток через конденсатор сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 5 мА, ответ представьте в [мА].
- Вопрос 2:** определите ток через конденсатор в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 5 мА, ответ представьте в [мА].
- Вопрос 3:** определите напряжение на схеме сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного тока величиной 5 мА,



Дано:

$$C = 6 \text{ нФ}, R = 20 \text{ кОм}$$

Рисунок 1

ответ представьте в [В].

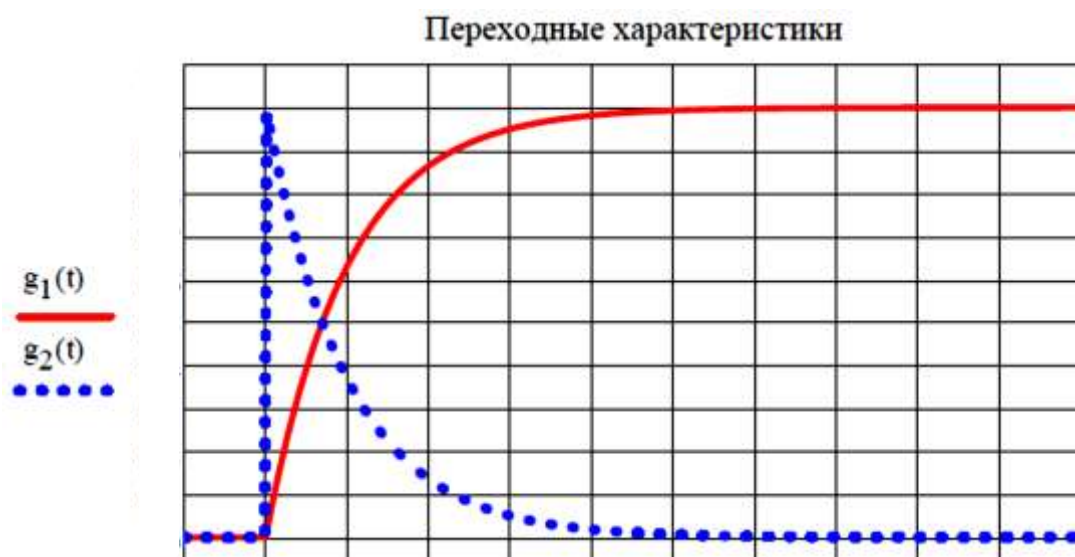
**Вопрос 4:** определите напряжение на схеме в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного тока величиной 5 мА, ответ представьте в [В].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.



**Рисунок 2**

*Для схемы, представленной на рисунке 3*

**Вопрос 9:** определите напряжение на катушке индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [В].

**Вопрос 10:** определите напряжение на катушке индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [В].

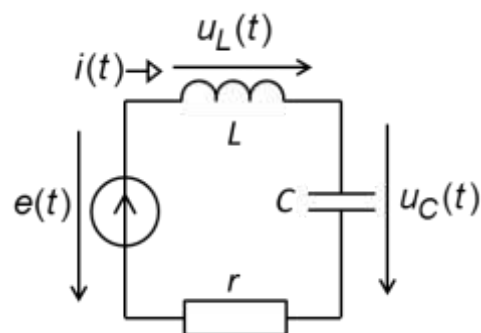
**Вопрос 11:** определите напряжение на конденсаторе при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [В].

**Вопрос 12:** определите напряжение на конденсаторе в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [В].

**Вопрос 13:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 14:** рассчитайте частоту собственных колебаний, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 15:** рассчитайте сопротивление резистора, ответ представьте в [Ом].



**Дано:**

$$e(t) = 8 \sigma(t) \text{ В}, \quad Q = 80,$$

$$P_f = 3 \text{ кГц}, \quad \rho = 2 \text{ кОм}$$

**Рисунок 3**

Задание 4.11 (правильное решение)

Для схемы, представленной на рисунке 1

**Вопрос 1:** определите напряжение на конденсаторе сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 10 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 2:** определите напряжение на конденсаторе в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 10 В, ответ представьте в [В].

**Вопрос 3:** определите ток в цепи сразу после коммутации - подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 10 В, ответ представьте в [мА].

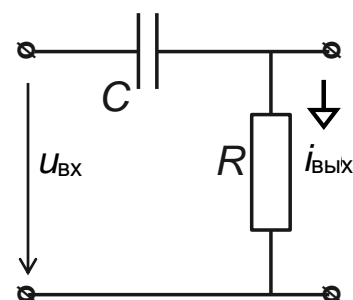
**Вопрос 4:** определите ток в цепи в установившемся режиме после подключения на вход цепи постоянного напряжения величиной 10 В, ответ представьте в [мА].

**Вопрос 5:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 6:** рассчитайте постоянную времени цепи, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 7:** рассчитайте время установления, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 8:** выберите номер переходной характеристики, представленной на рисунке 2 и соответствующей заданной цепи.



Дано:

$$C = 4 \text{ нФ}, R = 5 \text{ кОм}$$

Рисунок 1

Переходные характеристики

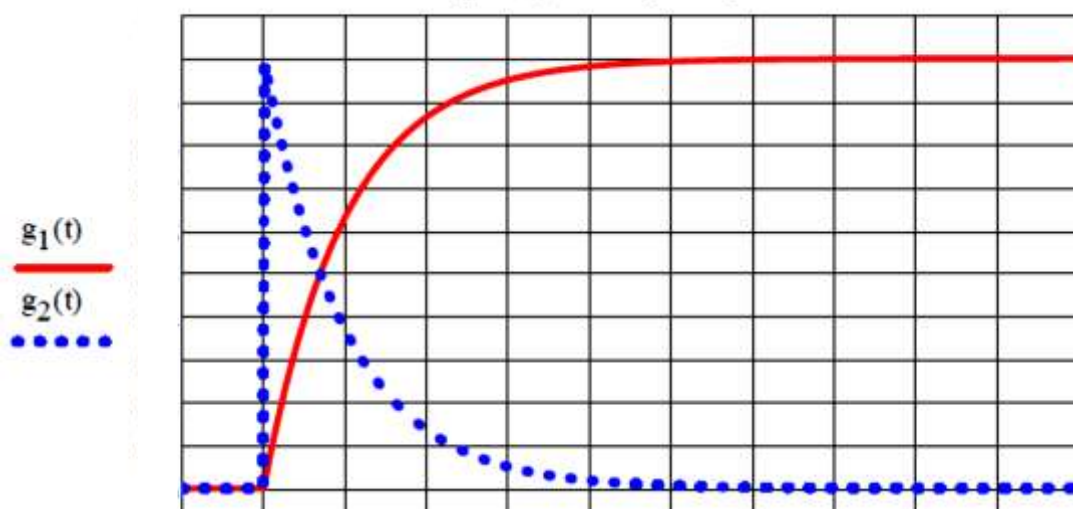
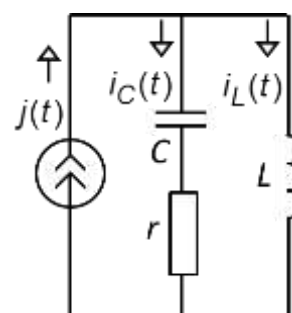


Рисунок 2

Для схемы, представленной на рисунке

**Вопрос 9:** определите ток через катушку индуктивности при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 10:** определите ток через катушку индуктивности в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].



**Вопрос 11:** определите ток через резистор при коммутации ( $t = 0$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 12:** определите ток через резистор в установившемся режиме ( $t \rightarrow \infty$ ), ответ представьте в [мА].

**Вопрос 13:** рассчитайте коэффициент затухания, ответ представьте в [ $\times 10^3$  рад/с].

**Вопрос 14:** рассчитайте период собственных колебаний, ответ представьте в [мкс].

**Вопрос 15:** рассчитайте индуктивность катушки, ответ представьте в [мкГн].

**Дано:**

$$j(t) = 9 \sigma(t) \text{ мА}, Q = 50,$$

$$\Pi_f = 6 \text{ кГц}, \rho = 3 \text{ кОм}$$

**Рисунок 3**

Пример выполнения задания 4.11

Решение

Ответим на вопросы задания, опираясь на законы коммутации, определение переходной характеристики и учитывая высокую добротность колебательного контура:

- 1) 0,
- 2) 10 В,
- 3)  $I = U/R = 2 \text{ мА}$ ,
- 4) 0,
- 5)  $\alpha = 1/(RC) = 50 \times 10^3 \text{ рад/с}$ ,
- 6)  $\tau = 1/\alpha = 20 \text{ мкс}$ ,
- 7)  $t_{уст} = \ln(10) \tau = 46,05 \text{ мкс}$ ,
- 8) 2,
- 9) 0,
- 10) 9 мА,
- 11) 9 мА,
- 12) 0,
- 13)  $\alpha = 2\pi \Pi_f/2 = 18,85 \times 10^3 \text{ рад/с}$ ,
- 14)  $T_c \approx 1/f_0 = 1/(\Pi_f Q) = 3,333 \text{ мкс}$ ,
- 15)  $L = \rho/\omega_0 = \rho/(2\pi \Pi_f Q) = 1592 \text{ мкГн}$ .

## Специальная часть

### Задание экзаменационного билета № 5 (5 баллов)

**Тема: Медицинские приборы и системы для лабораторного анализа (тест)**

#### Задание 5.1

Какие анализы являются экзогенными?

- токсины
- вирусы
- ферменты
- гормоны
- антигены

#### Задание 5.2

Какие анализы являются эндогенными?

- бактерии

- антитела
- вирусы
- ферменты
- медиаторы

#### Задание 5.3

Какие из оптических методов лабораторного основаны на измерении поглощения света веществом для определения его концентрации?

- абсорбционная фотометрия
- турбидиметрия
- поляриметрия
- рефрактометрия
- атомная-абсорбционная фотометрия

#### Задание 5.4

Какие из оптических методов лабораторного основаны на измерении рассеяния света на частицах вещества для определения их концентрации?

- абсорбционная фотометрия
- турбидиметрия
- нефелометрия
- рефрактометрия
- люминометрия

#### Задание 5.5

Какие анализаторы являются оптическими?

- флуориметры
- кондуктометры
- полярографы
- турбидиметры
- рефрактометры

#### Задание 5.6

Сопоставьте название оптического метода и соответствующий ему измеряемый параметр:

Оптический метод:

- А – рефрактометрия
- Б – поляриметрия
- В – абсорбционная фотометрия
- Г – нефелометрия
- Д – рефлектометрия

Изменяемый параметр:

- 1 – коэффициент поглощения
- 2 – коэффициент отражения
- 3 – угол преломления
- 4 – поворот плоскости поляризации
- 5 – собственное излучение
- 6 – интенсивность светорассеяния

#### Задание 5.7

Выберите блоки, относящиеся к оптической схеме однолучевого абсорбционного фотометра.

- источник света
- фотоприемник
- светофильтр
- кювета с биопробой
- поляризатор

#### Задание 5.8

При каких типах схем построения фотометров с одним источником и одним приемником не требуется линейность приемника?

- однолучевые фотометры с прямым измерением
- однолучевые фотометры с оптическим восстановлением
- двухлучевые фотометры с прямым измерением
- двухлучевые фотометры с оптической компенсацией
- двухлучевые фотометры с оптическим восстановлением

#### Задание 5.9

При каких типах схем построения фотометров с одним источником и одним приемником не требуется стабильность источника?

- однолучевые фотометры с оптическим восстановлением
- однолучевые фотометры с прямым измерением
- двухлучевые фотометры с оптической компенсацией
- двухлучевые фотометры с прямым измерением
- двухлучевые фотометры с оптическим восстановлением

#### Задание 5.10

Какие анализаторы являются электрохимическими?

- флуориметры
- кондуктометры
- полярографы
- нефелометры
- кулонометры

#### Задание 5.11 (правильный ответ)

Сопоставьте название электрохимического метода и соответствующий ему измеряемый параметр:

Название электрохимического метода:

А – потенциометрия

Б – кондуктометрия

В – полярография

Г – вольтамперометрия

Д – кулонометрия

Измеряемый параметр:

1 – удельная электропроводность

2 – количество электричества

3 – потенциал

4 – зависимость тока от приложенного напряжения

Пример выполнения задания 5.11

Решение

А – 3

Б – 1

В – 4

Г – 4

Д – 2

### **Задание экзаменационного билета № 6 (10 баллов)**

**Тема: Медицинские приборы и системы для исследования биоэлектрических потенциалов**

Задание 6.1 (правильный ответ)

Объясните, как выбирается число двоичных разрядов и частота оцифровки биосигналов в АЦП, дайте пример выбора для ЭКГ.

Задание 6.2

Объясните принцип работы компаратора на базе ОУ. В каких случаях применяются компараторы в приборах для исследования биопотенциалов?

Задание 6.3

Изобразите структурную схему блока контроля контактного сопротивления электродов (сопротивления перехода «электрод-кожа»). Поясните принцип работы этой схемы

Задание 6.4

Сравните характеристики усилителей биопотенциалов для ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ, ЭГЭГ

Задание 6.5

Из каких блоков состоит детектор сетевых помех? Поясните принцип работы этого детектора.

Задание 6.6

Из каких блоков состоит QRS детектор в электрокардиографах? С использованием осциллограмм поясните принцип работы этого детектора.

Задание 6.7

Рассчитайте объем суточной записи в холтеровском кардиомониторе, если частота оцифровки сигналов 500 Гц, записываются 2 отведения, один сигнальный отсчет занимает 2 Мбайт памяти.

Задание 6.8

Объясните принцип работы реографа. Каково назначение калибровочного устройства в реографах?

#### Задание 6.9

Изобразите схему многоканального усилителя биосигналов с вычитанием референтного сигнала. Поясните принцип работы этой схемы.

#### Задание 6.10

Рассчитайте напряжение тепловых шумов от перехода электрод/кожа с сопротивлением 51 кОм в электрокардиографе при шумовой полосе 100 Гц и температуре 300 К. Учтите, что в формировании этого напряжения участвуют два электрода (мощности шумов складываются)

#### Пример выполнения задания 6.1

##### Решение

Число двоичных разрядов  $N$  в АЦП определяется динамическим диапазоном регистрируемых биосигналов:

$$\frac{u_{max}}{u_{min}} = 2^N. \quad (1)$$

Отсюда

$$\Delta = 20 \lg \frac{u_{max}}{u_{min}} = 20 \lg(2) \cdot N = 6,02 \cdot N. \quad (2)$$

Если в ЭКГ  $u_{max}=300$  мВ (максимальный допустимый дрейф электродного потенциала), а  $u_{min} = 5$  мкВ (уровень шума), то в соответствии с (2)  $\Delta = 20 \lg \frac{u_{max}}{u_{min}} = 95,6$  дБ, откуда  $N \approx 16$ .

Частота оцифровки сигнала на практике должна быть, по крайней мере, на порядок выше верхней частоты в спектре биосигнала:  $f_d = 10 f_{max}$ . В случае кардиосигнала  $f_{max} \approx 100$  Гц, поэтому  $f_d = 1$  кГц. При стандартном ЭКГ используется 8 каналов, поэтому для последовательной оцифровки каналов требуется частота АЦП  $f_{АЦП} = 8$  кГц или более.

### Задание экзаменационного билета № 7 (15 баллов)

#### *Тема: Методы диагностических исследований*

##### Задание 7.1

Какие электроэнцефалографические ритмы вы знаете? Перечислите их основные параметры.

##### Задание 7.2

Какие параметры и по каким принципам измеряются пульсоксиметрами?

##### Задание 7.3 (правильный ответ)

Запишите закон Бугера-Ламберта-Бера и поясните все входящие в его формулу величины.

##### Задание 7.4

Изобразите схему наложения грудных электродов Вильсона на тело обследуемого. Приведите формулы расчета сигналов отведений Вильсона.

##### Задание 7.5

Дайте определение электрического вектора сердца. Как связаны сигналы электрокардиографических отведений с электрическим вектором сердца?

### Задание 7.6

Опишите принципы косвенного измерения давления крови.

### Задание 7.7

Сформулируйте дипольную концепцию электрокардиографии. Сравните между собой классическую методику и методику векторкардиографии Эрнеста Франка.

### Задание 7.8

В чем заключаются метод тонов Короткова и осциллометрический метод измерения артериального давления? Сравните эти методы по точности.

### Задание 7.9

Как выполняется ортостатическая проба? Изобразите характерную ритмограмму при ортостатической пробе.

### Задание 7.10

Запишите формулы для стандартных отведений Эйнтховена и усиленных отведений. Каким образом формируется шестиосевая система координат Бейли?

### Задание 7.11

Опишите процесс построения спектра кардиоритмограммы. Укажите основные спектральные диапазоны и их физиологический смысл.

### Пример выполнения задания 7.3

#### Решение

Закон Бугера-Ламберта-Бера используется для определения прошедшей интенсивности монохроматического светового потока через слой вещества (см. рис. 3).

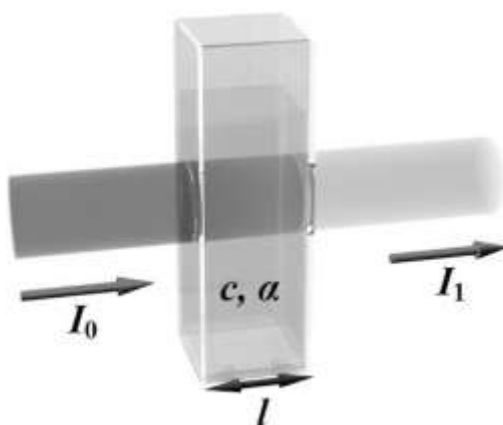


Рис. 3. Прохождение света через слой вещества

Закон Бугера-Ламберта-Бера описывается формулой:

$$I_1 = I_0 e^{-\varepsilon_\lambda c l},$$

где  $I_1$  – интенсивность светового потока, падающего на вещество;

$I_0$  – интенсивность светового потока, прошедшего через вещество;

$\varepsilon_\lambda$  – молярный коэффициент светопоглощения для длины волны  $\lambda$ ;

$c$  – концентрация растворенного вещества;

$l$  – толщина поглощающего слоя.

## **Задание экзаменационного билета № 8 (15 баллов)**

### ***Тема: Медицинские приборы и системы для лабораторного анализа***

#### **Задание 8.1**

Сформулируйте назначение клинических лабораторных исследований, назовите объекты исследования и перечислите аналитические задачи клинических лабораторных исследований.

#### **Задание 8.2**

Перечислите оптические методы исследования, используемые в клиническом лабораторном анализе, и назовите характеристики света, на измерении которых они основаны.

#### **Задание 8.3**

Сформулируйте назначение абсорбционного фотометра. Напишите закона Бугера-Ламберта-Бера и поясните все входящие в него величины. Перечислите условия применимости закона Бугера-Ламберта-Бера в абсорбционной фотометрии.

#### **Задание 8.4**

Изобразите структурную схему однолучевого абсорбционного фотометра. Перечислите назначение входящих в нее элементов, сформулируйте требования к их характеристикам.

#### **Задание 8.5**

Изобразите структурную схему двухлучевого абсорбционного фотометра. Перечислите назначение входящих в нее элементов, сформулируйте требования к их характеристикам.

#### **Задание 8.6 (правильный ответ)**

Изложите методы определения концентрации веществ в абсорбционной фотометрии: метод градуировочного графика и метод добавок. Когда целесообразно применять данные методы?

#### **Задание 8.7**

Перечислите электрохимические методы исследования, используемые в клиническом лабораторном анализе, и назовите электрические характеристики электролитов, на измерении которых они основаны.

#### **Задание 8.8**

Изобразите структурную схему потенциометрического анализатора (на примере рН-метра), изложите его принцип действия. Приведите другие примеры использования потенциометрических анализаторов в клиническом лабораторном анализе.

#### **Задание 8.9**

Изобразите структурную схему кондуктометрического анализатора, изложите его принцип действия, приведите примеры применения в клиническом лабораторном анализе.

#### **Задание 8.10**

Изобразите структурную схему полярографического анализатора, изложите его принцип действия, приведите примеры применения полярографии в клиническом лабораторном анализе.

#### **Задание 8.11**

Изобразите схемы измерений для потенциостатической и гальваностатической кулонометрии, изложите принцип их действия. Приведите примеры применения кулонометрии в клиническом лабораторном анализе.

Пример выполнения задания 8.6

Решение

*Метод градуировочного графика.* В соответствии с формулой определения оптической плотности, следующей из закона Бугера-Ламберта-Бэра:

$$D = \varepsilon CL,$$

где  $C$  – искомая концентрация вещества,  $\varepsilon$  – молярный показатель поглощения вещества,  $L$  – длина оптического пути, график зависимости оптической плотности от концентрации – линейный и проходит через начало координат.

Готовят серию стандартных растворов различной концентрации (не менее трех-четырех), измеряют оптическую плотность в одинаковых условиях и строят график  $D(C)$ . Затем определяют оптическую плотность исследуемого раствора  $D_x$  и по графику находят соответствующее ей значение концентрации  $C_x$  (рис. 4).

Интервал концентраций стандартных растворов подбирают таким образом, чтобы концентрация исследуемого раствора соответствовала примерно середине этого интервала.

Метод является наиболее распространенным в фотометрии. Основные ограничения метода связаны с трудоемким процессом приготовления эталонных растворов и необходимостью учитывать влияние посторонних компонентов в исследуемом растворе. Чаще всего метод применяется для проведения серийных анализов.

*Метод добавок* применяют для анализа сложных растворов, так как он позволяет автоматически учитывать влияние посторонних компонентов анализируемого образца.

Сначала измеряют оптическую плотность исследуемого раствора с неизвестной концентрацией  $D_x = \varepsilon LC_x$ , затем в анализируемый раствор добавляют известное количество стандартного раствора определяемого компонента ( $C_{ст}$ ) и измеряют оптическую плотность  $D_{x+ст} = \varepsilon L(C_x + C_{ст})$ , откуда находят искомую концентрацию по формуле:

$$C_x = C_{ст} D_x / (D_{x+ст} - D_x).$$

Для повышения точности добавку стандартного раствора определяемого компонента делают дважды и полученный результат усредняют. Концентрацию анализируемого вещества в методе добавок можно найти графическим путем (рис. 5). Если строить график  $D_{x+ст}$  как функции  $C_{ст}$ , то получится прямая, экстраполяция которой до пересечения с осью абсцисс дает отрезок, равный  $-C_x$ .

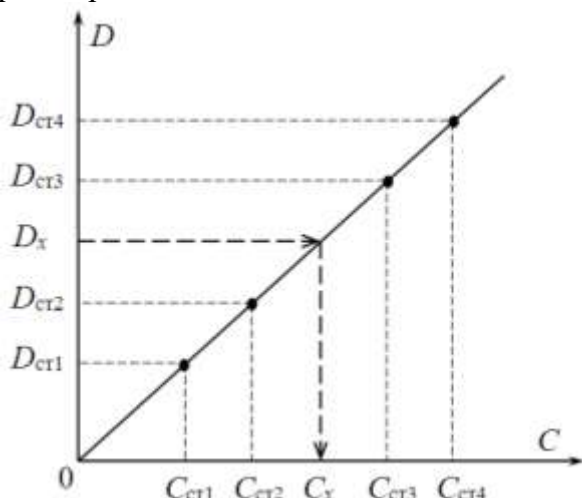


Рис. 4. Градуировочный график

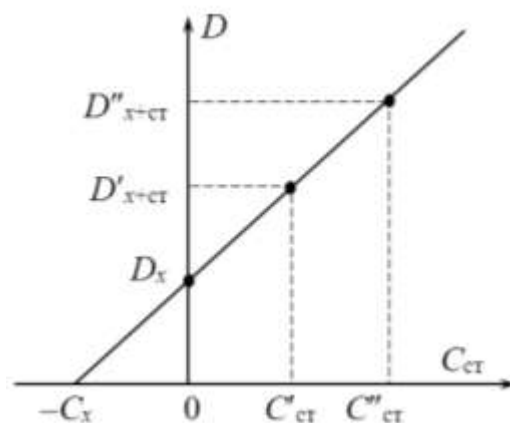


Рис. 5. Определение концентрации методом добавок

**Задание экзаменационного билета № 9 (15 баллов)**

**Тема: Медицинские приборы и системы для исследования биоэлектрических потенциалов**

**Задание 9.1 (правильный ответ)**

Объясните, почему в усилителях биопотенциалов требуется большое входное сопротивление. Дайте развернутые пояснения причин использования большого входного сопротивления.

**Задание 9.2**

Перечислите все известные способы подавления сетевой помехи в усилителях биопотенциалов. Дайте необходимые пояснения к этим способам.

**Задание 9.3**

Изобразите возможный вариант схемы для формирования одного из кардиографических отведений (например  $avR$ ) в электрокардиографах?

**Задание 9.4**

Изобразите структурную схему прибора для исследования биопотенциалов. Укажите назначение отдельных блоков этого прибора.

**Задание 9.5**

Поясните, как влияет подключение дополнительного усилительного каскада к электроду N.

**Задание 9.6**

Поясните, как в приборах для исследования биопотенциалов обеспечивается устойчивость к дрейфу электродного потенциала.

**Задание 9.7**

Изобразите классическую двухкаскадную схему дифференциального усилителя биопотенциалов. Поясните назначение каскадов для обеспечения характеристик усилителя.

**Задание 9.8**

Опишите применяемые схемотехнические приемы для защиты усилителя биопотенциалов от статического электричества.

**Задание 9.9**

Опишите способы организации отведений в электроэнцефалографах.

**Задание 9.10**

В чем заключаются особенности сигналов поверхностной и игольчатой электромиографии?

**Задание 9.11**

Изобразите схему интегратора электромиограммы. Поясните принцип и назначение интегрирования.

**Пример выполнения задания 9.1**

**Решение**

Высокое входное сопротивление требуется из-за нестабильности сопротивления рогового слоя кожи. Оно колеблется от сотен Ом до 200 кОм и более (сухая, старая кожа). Сопротивление электрод - кожа создает делитель напряжения с входным сопротивлением ( $R_{вх}$ ) усилителя. Естественно, этот делитель имеет нестабильный коэффициент передачи. Изменение

коэффициента передачи не должно превышать заранее выбранной величины (например, 5%). Поэтому общепринято требовать значение входного сопротивления усилителя ( $R_{вх}$ ) более 5,0 МОм. (Тогда при изменении  $R$  кожи от 100 Ом до 200 кОм изменение коэффициента передачи не превысит 4%).

Разброс значений коэффициента передачи делителей, помимо разного масштабного коэффициента сигналов на выходе усилителя биопотенциалов, приводит также к тому, что при прохождении синфазной помехи через делители напряжения – помеха на выходе делителей приобретает разный уровень, а значит, синфазная помеха преобразуется в дифференциальный паразитный сигнал, который остальные каскады только усиливают.