

**Банк заданий по специальной части вступительного испытания в магистратуру**

**Задание экзаменационного билета № 6 (5 баллов)**

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

Задание 6.1

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

Задание 6.2

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

Задание 6.3

Запишите компонентные уравнения для элементарных линейных пассивных двухполюсников.

Задание 6.4

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

Задание 6.5

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

Задание 6.6

Сформулируйте теорему Тевенина. Приведите пример.

Задание 6.7

Сформулируйте теорему Нортон. Приведите пример.

Задание 6.8

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

Задание 6.9

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

Задание 6.10

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

### Задание 6.11

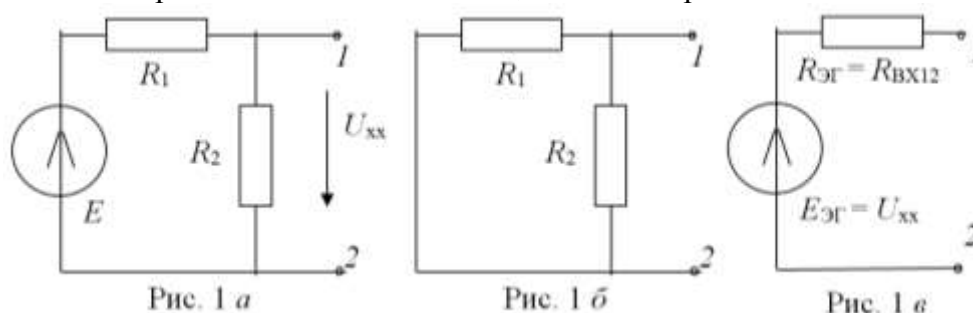
Запишите выражения для операторных сопротивлений и проводимостей элементарных линейных пассивных двухполюсников.

### Пример выполнения задания 6.6

#### 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 № 7 (10 баллов)

**Тема: Электротехника: частотные и временные характеристики линейных электрических цепей**

#### Задание 7.1

Получите выражения и изобразите АЧХ и ФЧХ фильтра нижних частот, построенного на базе последовательной  $RC$ -цепи, для двух значений емкости конденсатора  $C_1 > C_2$ . Укажите на графиках частоту среза фильтра.

#### Задание 7.2

Получите выражения и изобразите АЧХ и ФЧХ фильтра верхних частот, построенного на базе последовательной  $RL$ -цепи, для двух значений сопротивления резистора  $R_1 > R_2$ . Укажите на графиках частоту среза фильтра.

#### Задание 7.3

Получите выражения и изобразите АЧХ и ФЧХ полосового фильтра, построенного на базе последовательной  $RLC$ -цепи, для двух значений емкости конденсатора  $C_1 > C_2$ . Укажите на графиках полосу пропускания фильтра.

#### Задание 7.4

Изобразите схемы (включая источник) последовательного колебательного контура, простого параллельного колебательного контура и схемы колебательных контуров с неполным включением. Поясните, зачем применяется неполное включение.

#### Задание 7.5

Получите выражения и изобразите АЧХ и ФЧХ высокодобротного последовательного колебательного контура (выходное напряжение снимается с конденсатора) для двух значений индуктивности катушки  $L_1 > L_2$ . Укажите на графиках резонансную частоту и полосу пропускания контура.

#### Задание 7.6

Получите выражения и изобразите АЧХ и ФЧХ высокодобротного параллельного колебательного контура (выходной сигнал – ток через катушку индуктивности) для двух значений емкости конденсатора  $C_1 > C_2$ . Укажите на графиках резонансную частоту и полосу пропускания контура.

#### Задание 7.7

Изобразите характер процесса свободных колебаний в последовательной  $RLC$ -цепи. От чего он зависит?

#### Задание 7.8

Дайте определение переходной и импульсной характеристик линейной цепи. Запишите соотношения для связи между ними. Получите выражения и изобразите графики импульсной и переходной характеристик последовательной  $RC$ -цепи, если выходным сигналом является напряжение на конденсаторе.

#### Задание 7.9

Дайте определение переходной и импульсной характеристик линейной цепи. Запишите соотношения для связи между ними. Получите выражения и изобразите графики импульсной и переходной характеристик параллельной  $RL$ -цепи, если выходным сигналом является ток через резистор.

#### Задание 7.10

Изобразите переходную характеристику высокодобротного колебательного контура и укажите, как и от каких параметров цепи зависит её вид.

#### Задание 7.11

Изобразите импульсную характеристику высокодобротного колебательного контура и укажите, как и от каких параметров цепи зависит её вид.

#### Пример выполнения задания 7.9

##### Решение

Переходной характеристикой линейной электрической цепи  $g(t)$  называют выходной сигнал при входном воздействии вида функции включения ( $\sigma(t)$ , функции Хевисайда) при нулевых начальных условиях.

Импульсной характеристикой линейной электрической цепи  $h(t)$  называют выходной сигнал при входном воздействии вида дельта-функции ( $\delta(t)$ , функции Дирака) при нулевых начальных условиях.

Связь между импульсной и переходной характеристиками:  $h(t) = dg(t)/dt$ .

Согласно операторному методу анализа воздействия импульсов на линейный цепи, импульсную характеристику можно найти как оригинал от операторного коэффициента передачи цепи  $K(p)$ , а переходную – как оригинал от изображения  $K(p)/p$ .

Найдем операторный коэффициент передачи заданной параллельной  $RL$ -цепи (рис. 2), если выходным сигналом является ток через резистор. Входным сигналом при параллельном соединении двухполюсников, как правило, также является ток.

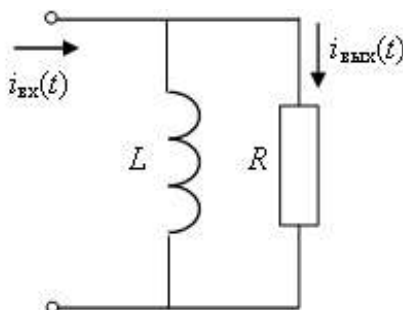


Рис. 2

Для вывода  $K(p)$  воспользуемся формулой делителя тока:

$$K(p) = \frac{I_{\text{вых}}(p)}{I_{\text{вх}}(p)} = \frac{1}{I_{\text{вх}}(p)} I_{\text{вх}}(p) \frac{pL}{pL + R} = \frac{p}{p + \alpha}, \text{ где } \alpha = \frac{R}{L}.$$

Тогда  $\frac{K(p)}{p} = \frac{1}{p + \alpha}$ .

Найдем импульсную и переходную характеристики, используя таблицы преобразований Лапласа (справочный материал):

$$h(t) = \delta(t) - \alpha \exp(-\alpha t) \sigma(t), \quad g(t) = \exp(-\alpha t) \sigma(t)$$

Графики полученных характеристик представлены на рис. 3.

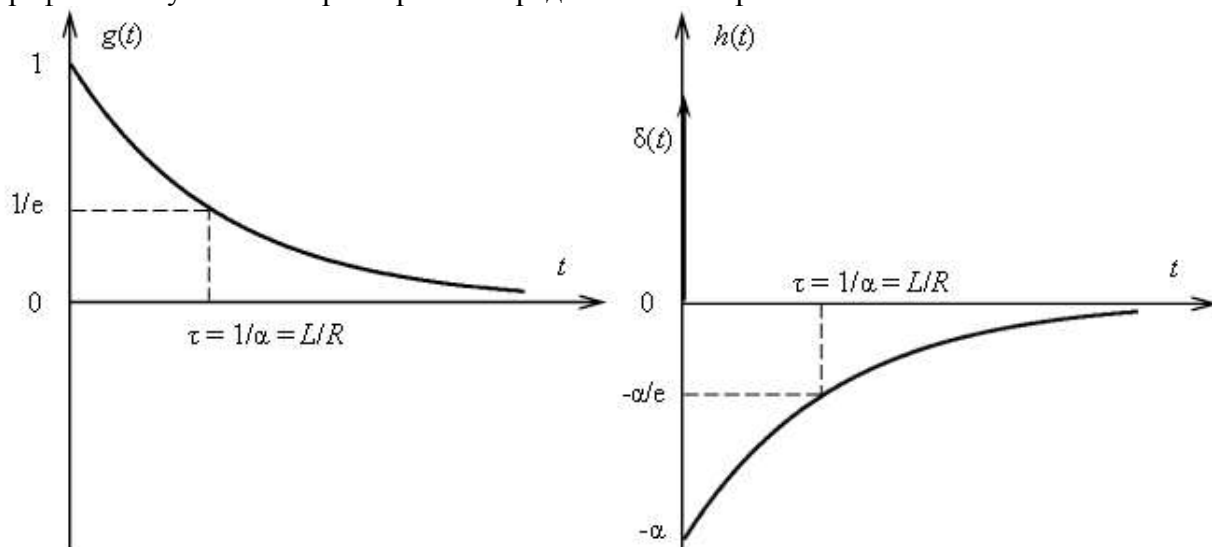


Рис. 3

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

#### Тема: Методы диагностических исследований

##### Задание 8.1

Какие электроэнцефалографические ритмы вы знаете? Перечислите их основные параметры.

#### Задание 8.2

Какие параметры и по каким принципам измеряются пульсоксиметрами?

#### Задание 8.3

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

#### Задание 8.4

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

#### Задание 8.5

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

#### Задание 8.6

Опишите принципы косвенного измерения давления крови.

#### Задание 8.7

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

#### Задание 8.8

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

#### Задание 8.9

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

#### Задание 8.10

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

#### Задание 8.11

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

#### Пример выполнения задания 8.3

##### Решение

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

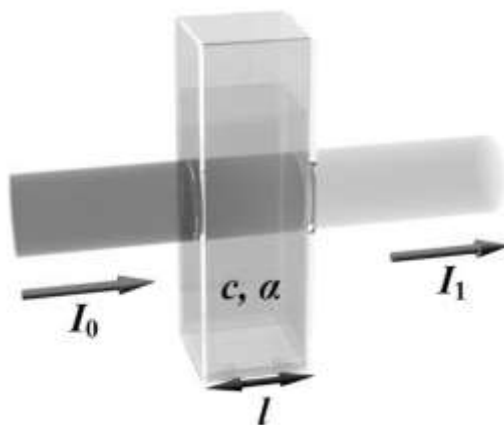


Рис. 3. Прохождение света через слой вещества

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 № 9 (15 баллов)

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

##### Задание 9.1

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

##### Задание 9.2

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

##### Задание 9.3

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 9.4

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

##### Задание 9.5

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

#### Задание 9.6

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

#### Задание 9.7

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

#### Задание 9.8

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

#### Задание 9.9

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

#### Задание 9.10

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

#### Задание 9.11

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

#### Пример выполнения задания 9.6

##### 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  $D_{x+ст} = \epsilon L(C_x + C_{ст})$ , 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  $-C_x$ .

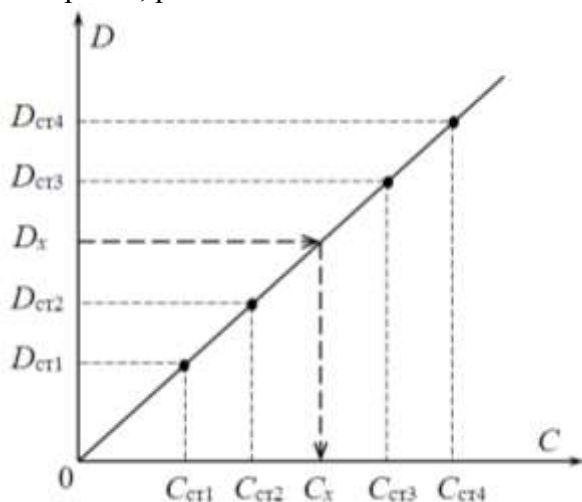


Рис. 4. Градуировочный график

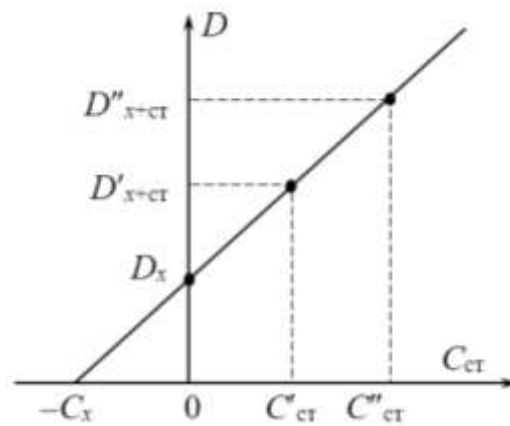


Рис. 5. Определение концентрации методом добавок

### Задание экзаменационного билета № 10 (15 баллов)

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

##### Задание 10.1

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

##### Задание 10.2

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

##### Задание 10.3

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

##### Задание 10.4

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

##### Задание 10.5

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



#### Задание 10.6

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

#### Задание 10.7

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

#### Задание 10.8

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

#### Задание 10.9

Опишите способы организации отведений в электроэнцефалографах.

#### Задание 10.10

В чем заключаются особенности сигналов поверхностной и игольчатой электромиографии?

#### Задание 10.11

Изобразите схему интегратора электромиограммы. Поясните принцип и назначение интегрирования.

#### Пример выполнения задания 10.1

##### 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.

Разработчик

Г.В. Жихарева

Директор ИРЭ

И.Н. Мирошникова