Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра теоретических основ радиотехники

Паспорт экзамена

по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной (письменной) форме, по билетам. Билет состоит из 2 вопросов и задачи и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-26
- второй вопрос из диапазона вопросов 27-52;
- третий вопрос – задача.
- четвертый вопрос - задача

Таким образом, проверяется уровень сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, закрепленных за дисциплиной.

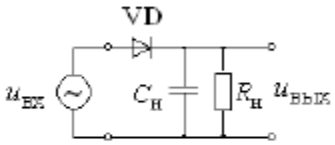
На экзамене преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____
к экзамену по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы»

1. Общие сведения о нелинейных цепях и методах их исследования.
2. Детектирование "сильных" сигналов. Детекторная характеристика.
3. Задача. В схеме диодного детектора (см. рис.) сопротивление нагрузки $R_н = 16$ кОм, крутизна ВАХ диода $S = 5$ мА/В и $U_0 = 0$.



Соблюдается условие:

$1/(\omega_0 C_н) << R_н << 1/(\Omega C_н)$

Определите угол отсечки тока диода и коэффициент передачи детектора.

4. Задача. Модулятор работает на несущей частоте f_0 = 80 МГц и формирует ФМ колебание. Частота модуляции 5 кГц, индекс модуляции m = 50. Найдите пределы (f_{min} , f_{max}), в которых меняется мгновенная частота сигнала. Определите практическую ширину ($2\Delta f_{пр}$) спектра ФМ-сигнала.

Утверждаю: зав. кафедрой ТОР _____ Спектор А.А.
(подпись)
(дата)

2. Уровни освоения компетенций и критерии оценки

Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от* 40 *до* 33 *баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов, не допускает существенных ошибок при решении задачи. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, содержат несущественные пробелы и сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 32 до 26 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать

причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, содержат пробелы и сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от* 20 *до 25 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, не сформированы. Оценка составляет *менее* 20 *баллов.*

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

4. **Вопросы к** экзамену **по дисциплине «**Радиотехнические цепи и сигналы**»**

1. Общие сведения о нелинейных цепях и методах их исследования.
2. Аппроксимация характеристик НЭ. Выбор класса аппроксимирующей функции.
3. Определение коэффициентов аппроксимирующей функции.
4. Метод спектрального анализа НЦ с использованием формул 3-х и более ординат.
5. Метод спектрального анализа НЦ с использованием формул кратных дуг.
6. Метод спектрального анализа НЦ с использованием угла отсечки и функций Берга.
7. Метод спектрального анализа НЦ с использованием модифицированных функций Бесселя.
8. Метод спектрального анализа НЦ с использованием обычных функций Бесселя.
9. Случай бигармонического сигнала. Теория комбинационных частот.
10. Воздействие случайных процессов (СП) на НЦ. Одномерные законы распределения вероятностей СП на
выходе безынерционных НЦ. Пример.
11. Числовые характеристики СП на выходе безынерционных НЭ.
12. Действие СП на ограничитель. Пример.
14. Нелинейное резонансное усиление. Повышение кпд.
15. Усиление АМК. Колебательная характеристика.
16. Линейные искажения при усилении АМК (w =w p , p w ¹w).
17. Умножение частоты. Факторы, ограничивающие умножение частоты в одном каскаде.
18. Синтез оптимального умножителя частоты.
19. Амплитудная модуляция. Общая постановка задачи.
20. Модуляция изменением смещения на управляемом НЭ.
21. Требования к режиму работы НЭ модулятора. Нелинейные искажения.
22. Модуляционная характеристика (для малых и больших сигналов).
23. Требования к нагрузке амплитудного модулятора. Линейные искажения.
24. Детектирование АМК с использованием управляемых НЭ.
25. Детектирование "слабых" сигналов. Детекторная характеристика. Нелинейные искажения.
26. Детектирование "сильных" сигналов. Детекторная характеристика.
27. Диодный детектор. Принцип работы.
28. Коэффициент передачи и входное сопротивление диодного детектора.
29. Преобразование частоты. Требования к НЭ и фильтру.
30. Использование АПС для усиления, умножения частоты и модуляции сигналов.
31. Использование АПС для преобразования частоты и детектирования сигналов. «Линейное» и «квадратичное»
детектирование.
32. Цепи с ОС. Коэффициент передачи.
33. Геометрические (частотные) критерии устойчивости цепи с ОС.
34. Генерирование гармонических колебаний. Общая постановка задачи. Эквивалентные схемы генераторов.
АЭ и
ОС в генераторе как отрицательное сопротивление.
35. Генераторы с внешней ОС. Генератор с трансформаторной ОС.
36. «Мягкий» режимы самовозбуждения. Определение областей мягкого и жесткого режимов по ВАХ НЭ
37. «Жесткий» режимы самовозбуждения. Определение областей мягкого и жесткого режимов по ВАХ НЭ
38. Обобщенная 3-х точечная схема. Индуктивная "трехточка".
39. Емкостная "трехточка". Двухконтурные генераторы.
40. Генераторы с внутренней ОС на туннельном диоде.

41. ЧМ. Управление частотой контура генератора.
42. ФМ. Управление частотой контура резонансного усилителя.
43. Детектирование ЧМК преобразованием его в АМК.
44. Детектирование ФМК.
45. Схема цифровой передачи непрерывных сигналов. Назначение отдельных блоков.
46. Преобразование сигналов в цифровом канале связи.

Основополагающие вопросы из первой части курса

47. Представление сигналов в базисе ортогональных функций.
48. Представление сигналов в базисе гармонических функций. Пример анализа и синтеза сигнала.
49. Спектральный анализ и синтез непериодического сигнала. Пример.
50. Представление сигналов в виде ряда Котельникова. Дискретизация сигналов и их восстановление поотсчетам.
51. Основные характеристики случайных процессов. Стационарные и эргодические процессы.
52. АКФ и СПМ стационарных СП и их свойства.

Примеры экзаменационных задач

Для экзамена используются задачи из учебных пособий:

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Задачи и задания : Учебное пособие / Под ред. проф. А.Н. Яковлева. – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 348 с. – (Серия «Высшее образование»).
2. Яковлев А.Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях. Теория примеры, упражнения и задания., 2014. –490 с. (неофиц. ресурсы). Или тоже:
   Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях. Теория, примеры, упражнения и задания / А. Н. Яковлев. – Saarbrucken : LAMBERT Acad. Publ., 2014. – 497 с. – ISBN-13: 978-3-659-61352-4, ISBN-10: 3659613525, EAN: 9783659613524.

Задачи в пособии [2] все мной решены (ответы имеются в конце пособия). Далее несколько примеров задач.

1. К НЭ, характеристика которого аппроксимирована кусочно-линейной зависимостью

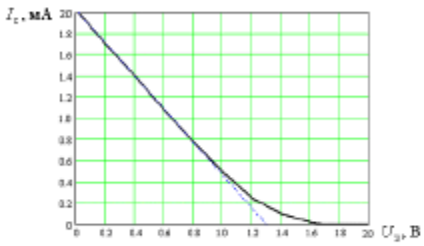
$$i = \begin{cases} S(u - U_н), & u > U_н, \\ 0, & u < U_н, \end{cases}$$

где $S = 4$ мА/В, $U_н = -4$ В, приложено напряжение $u(t)$:

$$u(t) = U_o + U_m \cos\omega_o t, \text{ В}$$

с $U_0 = -4$ В и $U_m = 4$ В. Определите составляющие тока I_0, I_1 и I_2.

2. На вход полевого транзистора (КП103Ж), проходная характеристика которого показана на рисунке, действует напряжение:



$$u(t) = U_o + U_m \cos\omega_o t, \text{ В},$$

где $U_o = 0.8\ B$, $U_m = 0.8\ B$.

Определите первые три составляющие тока.

3. Проходная характеристика полевого транзистора аппроксимирована выражением

$$i = A[1 - \sin(qu)],$$

где $A = 2$ мА, $q = \pi / 2U_н$, $U_н = 1.6$ В – начальное напряжение, $u = 0.8\cos\omega_0 t$.

Определите первые три составляющие тока.

5. На диод, характеристика которого аппроксимирована кусочно-нелинейной зависимостью

– прямой $i = 0$ при $u < 0$ и параболой $i = au^2$ при $u > 0$, действует напряжение:

а) $U_m(1 + \cos\omega_0 t)$; б) $U_m \cos\omega_0 t$.

Найдите значение постоянной составляющей и амплитуды первой гармоники тока диода.

6. К диоду, характеристика которого аппроксимирована экспонентой $i = 0.5^{9u}$ мкА, подведено напряжение, описываемое выражением

$$u(t) = U_o + U_m \cos\omega_o t, \text{ В},$$

при этом $U_0 = 0.4$ В, $U_m = 0.4$ В.

Найдите составляющие тока I_0, I_1 и I_2 методами с использованием формул трех ординат и модифицированных функций Бесселя. Что произойдет с составляющими тока при увеличении: а) смещения U_0; б) амплитуды сигнала U_m?

7. На нелинейный элемент, ВАХ которого (рис. 8.6) аппроксимируется выражением $i = 0.25u^2$ мА, подается сигнал

$$u(t) = U_0 + U_1 \cos\omega_1 t + U_2 \cos\omega_2 t,$$

где $U_0 = 4$ В, $U_1 = 1$ В, $U_2 = 2$ В.

Найдите спектр тока. Определите мощность $P_к$ комбинационных колебаний.

8. Найдите математическое ожидание m_i и среднюю мощность P_i случайного процесса $I(t)$, получаемого на выходе безынерционного НЭ с характеристикой:

$$i(u) = a_o + a_1 u + a_2 u^2 \text{ (мА)}$$

при действии на его вход случайного процесса $U(t)$ с одномерной плотностью вероятности $w(u)$:

$$w(u) = 1 / 2b \text{ (1/В)}, \quad 0 \le u \le b \text{ (В)}.$$

На вход безынерционного НЭ, имеющего характеристику $y = Ae^{ax}$, подается случайный процесс $X(t)$ с одномерной плотностью вероятности:

$$w(u) = \begin{cases} 1/b, & 0 < u < b, \\ 0, & \textit{вне этого интервала.} \end{cases}$$

Найдите одномерную плотность вероятности $w(y)$, математическое ожидание m_y, среднюю мощность P_y и дисперсию $D_y = \sigma_y^2$ случайного процесса на выходе НЭ.

9. Найдите одномерную плотность вероятности $w(i)$ случайного процесса $I(t)$, получаемого на выходе безынерционного НЭ с характеристикой $i = f(u) = au^3$ при $u > 0$. На вход НЭ воздействует СП $U(t)$ с плотностью вероятности:

$$w(u) = \begin{cases} 1/2b, & -b < u < b, \\ 0, & \textit{вне этого интервала.} \end{cases}$$

Постройте график $w(i)$. Найдите математическое ожидание m_i процесса $I(t)$.

10. Определите плотность вероятности $w(i)$ на выходе безынерционного НЭ, если на его вход воздействует случайный процесс $U(t)$ с плотностью вероятности:

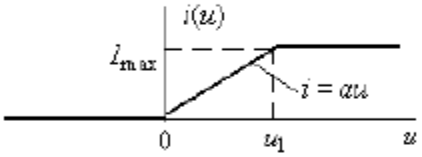
$$w(u) = \begin{cases} 1\ (1/B), & -0/5 < u < 0.5\ (B), \\ 0, & \textit{вне этого интервала.} \end{cases}$$

Характеристика НЭ аппроксимирована линейно-ломаной:

$$i = \begin{cases} au, & \textit{при } u > 0, \\ 0, & \textit{при } u < 0. \end{cases}$$

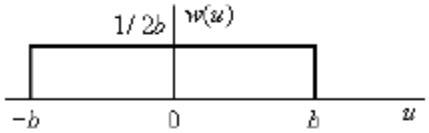
Найдите также математическое ожидание m_i, среднюю мощность P_i и дисперсию D_i СП на выходе безынерционного НЭ.

11. Найдите и постройте графически плотность вероятности $w(i)$ СП $I(t)$, получаемого на выходе безынерционного НЭ с характеристикой $i = f(u)$ (см. рис.). $i(u)$ $i = au$



$$i = \begin{cases} 0, & \textit{при } u < 0, \\ au, & 0 < u < u_1, \\ I_{\max}, & \textit{при } u > u_1. \end{cases}$$

На вход НЭ воздействует СП с плотностью вероятности $w(u)$



$$w(u) = \begin{cases} 1/2b, & -b < x < b, \\ 0, & \textit{вне этого интервала.} \end{cases}$$

Найдите также математическое ожидание m_i процесса $I(t)$. Проанализируйте влияние

12. Схема нелинейного резонансного усилителя показана на рис.1. В усилителе использован транзистор, проходная характеристика которого может быть аппроксимирована ломаной прямой (рис. 2). На базу транзистора подано напряжение

$$u_б(t) = -0.3 + U_б \cos \omega_0 t\ \text{, В.}$$

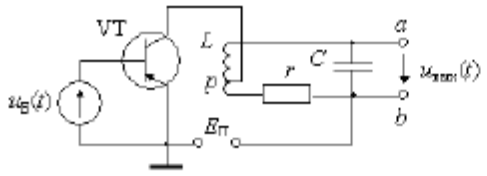


Рис. 1

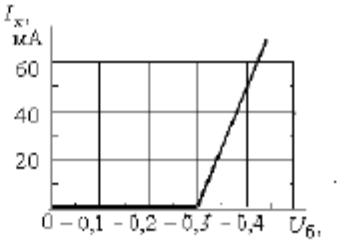


Рис. 2

Контур в коллекторной цепи настроен на частоту ω_0, сопротивление контура при резонансе, пересчитанное в цепь коллектора, равно 100 Ом (при коэффициенте включения $p = 0.1$). Определите амплитуды напряжений на входе $U_б$ и выходе $U_{вых}$ усилителя, если известно, что постоянная составляющая коллекторного тока равна $I_{к0} = 30$ мА.

13. Вольтамперная характеристика НЭ аппроксимирована зависимостью:

$$i(u) = 200 + 120u + 1.5u^2 + 0.05u^3, \text{ мА},$$

Напишите уравнение колебательной характеристики для смещения $U_o = -10$ В.

Напишите также уравнение для статической модуляционной характеристики.

14. К нелинейному сопротивлению, характеристика которого аппроксимирована ломаной прямой ($U_н = -10$ В, $S = 2$ мА/В), приложено напряжение

$$u(t) = U_0 + 20\cos\omega_0 t, \text{ В}.$$

Определите, при каком смещении U_0 амплитуда тока второй гармоники максимальна. Найдите ее.

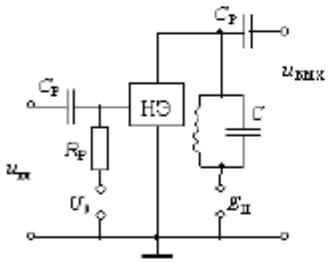
15. Характеристика нелинейного элемента аппроксимирована ломаной прямой ($U_н = -10$ В, $S = 40$ мА/В). На вход НЭ подан сигнал вида

$$u(t) = U_0 + U_m\cos\omega_0 t, \text{ В}.$$

Определите U_0 и U_m для оптимального построения утроителя частоты. Постоянная составляющая тока утроителя не должна превышать $I_0 = 20$ мА.

16. На НЭ схемы амплитудной модуляции подается напряжение:

$$u(t) = 4\cos(2\pi\cdot 5\cdot 10^3 t) + 5\cos(2\pi\cdot 10^6 t), \text{ В}.$$



ВАХ задана уравнением

$$i = 20 + 2u + 0.15u^2, \text{ мА}.$$

Определите коэффициенты модуляции M_i тока в НЭ и напряжения M_u на контуре, если контур настроен на несущую частоту колебания и имеет добротность $Q = 50$.

17. На НЭ, вольтамперная характеристика которого аппроксимирована выражением

$$i = 10 + 2u + 0.2u^2, \text{ мА},$$

подается напряжение

$$u(t) = 3\cos\omega_o t + 2\cos\Omega t, \text{ В}.$$

Найдите значения амплитуд тока I_{ω_o}, $I_{\omega_o-\Omega}$, $I_{\omega_o+\Omega}$, а также коэффициент модуляции по току M_i.

18. На базу транзистора подано напряжение ВЧ с амплитудой 0.1 В, напряжение НЧ с амплитудой 0.05 В и смещение 0.15 В. ВАХ транзистора аппроксимирована кусочно-линейной зависимостью: