

**4358**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**Радиотехнические цепи и сигналы  
Методические указания к курсовой работе**

Рязань 2010

УДК 621.372 (021)

Радиотехнические цепи и сигналы: методические указания к выполнению курсовой работы/Рязан. гос. радиотех. универ.; сост. Филимонов Б.И., Шумов А.П.; под. ред. Б.И. Филимонова. Рязань 2010. с.12

Приведены задания и методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы». Курсовая работа выполняется по разделам курса: «Управляющие сигналы и радиосигналы» и «Прохождение сигналов через линейные цепи».

Предназначены для студентов дневного отделения по направлению «Радиотехника».

Табл. 1, Ил. 4. Библиогр. 5 назв.

*Спектральный анализ сигналов, линейные цепи, прохождение сигналов через линейные цепи*

Печатается по решению методического совета Рязанского государственного радиотехнического университета

Рецензент: кафедра ТОР Рязанского государственного радиотехнического университета (зав. кафедрой проф. В.В. Витязев)

Радиотехнические цепи и сигналы

Составители: Филимонов Борис Иванович,

Шумов Алексей Петрович

Редактор Л.Н. Михайлова

Корректор С.В. Макушина

Подписано в печать 14.05.10. Формат бумаги 60x841/16

Бумага газетная Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,5.

Тираж 75 экз. Заказ .

Рязанский государственный радиотехнический университет

390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1

Редакционно-издательский центр РГРТУ

## 1. Общие требования

1.1. Работа выполняется под руководством преподавателя в соответствии с вариантом задания(см. таблицу) по графику выполнения (график выполнения работы сообщается преподавателем на 1-й консультации). Посещение еженедельных консультаций обязательно.

Оценка выставляется по результатам работы, представленным в пояснительной записке, и защиты. Допуск к защите работы производится преподавателем после проверки пояснительной записки и исправления ошибок. Пояснительная записка оформляется на стандартных листах формата А4. Рисунки выполняются в удобном масштабе со всеми необходимыми обозначениями и надписями. Размещение рисунков-по тексту. Ссылки на литературу обязательны.

Таблица вариантов **К**

№ гр.	№ фамилии студента в списке группы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	26	27	28	29	30	31	32	33	34
	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	101	102	103	104	105	106	107	108	109
	126	127	128	129	130	131	132	133	134
	151	152	153	154	155	156	157	158	159

Продолжение таблицы вариантов **К**

№ гр	№ фамилии студента в списке группы								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	110	111	112	113	114	115	116	117	118
	135	136	137	138	139	140	141	142	143
	160	161	162	163	164	165	166	167	168

Продолжение таблицы вариантов К

№ гр	№ фамилии студента в списке группы						
	19	20	21	22	23	24	25
	44	45	46	47	48	49	50
	69	70	71	72	73	74	75
	94	95	96	97	98	99	100
	119	120	121	122	123	124	125
	144	145	146	147	148	149	150
	169	170	171	172	173	174	175

## 2. Спектральный анализ непериодических сигналов

### 2.1 Непериодические управляющие сигналы

2.1.1. Сигнал – прямоугольный видеоимпульс (рис.1).

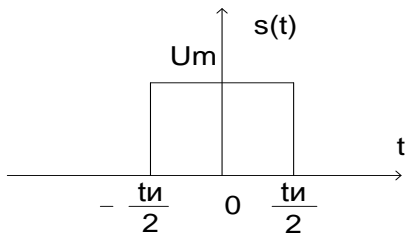


Рис.1 Прямоугольный видеоимпульс  
 Параметры:  $U_m=10$  В,  $t_i=(1+K/100)$  мкс.

### Задание

1. Записать аналитическое выражение для сигнала  $s(t)$ .  
 Рассчитать и построить сигналы  $s(t)$ ,  $-s(t)$ ,  $s(0,5t)$ ,  $s(2t)$ ,  $s(t-t_i)$   
 и их амплитудные и фазовые спектры.
2. Сравнить спектры рассматриваемых сигналов и сделать выводы.

3. Рассчитать энергию и максимальную мгновенную мощность колебания  $s(t)$  в сопротивлении  $K$  Ом.

2.1.2. Сигнал - треугольный видеоимпульс (рис.2)

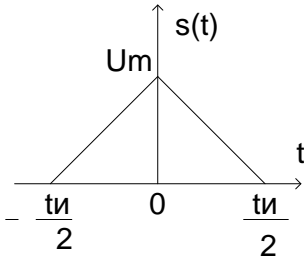


Рис.2 Треугольный видеоимпульс  
 Параметры:  $U_m=10$  В,  $t_i=(1+K/100)$  мкс.

**Задание**

- 1) Записать аналитическое выражение для сигнала  $s(t)$ .  
 Рассчитать и построить сигналы  $s(t)$ ,  $-s(t)$ ,  $s(0,5t)$ ,  $s(2t)$ ,  $s(t-t_i)$  и их амплитудные и фазовые спектры.
- 2) Сравнить спектры рассматриваемых сигналов и сделать выводы.
- 3) Рассчитать энергию и максимальную мгновенную мощность колебания  $s(t)$  в сопротивлении  $K$  Ом.
- 4) Сравнить полученные результаты с результатами по пункту 2.1.1 и сделать выводы.

2.1.3. Сигнал- комбинированный видеоимпульс

$s_k(t) = s_1(t) \pm s_2(t)$  (сумма или разность сигналов  $s(t)$  по пунктам 2.1.1 и 2.1.2. При этом студенты, фамилии которых в списке группы имеют нечетные номера, берут сумму, а студенты, фамилии которых имеют четные номера, используют разность.)

### **Задание**

- 1) Записать аналитическое выражение для комбинированного видеоимпульса  $s_k(t)$ . Рассчитать и построить сигнал  $s_k(t)$  и его амплитудный и фазовый спектры.
- 2) Рассчитать энергию и максимальную мгновенную мощность колебания в сопротивлении  $K$  Ом.
- 3) Результаты расчетов сравнить с предыдущими данными и сделать выводы.

#### 2.1.4. Методические указания

1. Баскаков С.И., РТЦиС, 1983. С.47-62.
2. Баскаков С.И., РТЦиС, 1988. С.43-55.
3. Гоноровский И.С., РТЦиС, 1986. С. 27-39, 50-51.

#### 2. 2 Непериодические радиосигналы

Сигнал – одиночный радиоимпульс. Огибающая – прямоугольный импульс (рис.1).

Параметры:  $U_m=10$  В,  $t_i=(1+K/100)$  мкс,  $f_n=10$  МГц,  $15$  МГц,

$\varphi_0=\pi/2$ .

### **Задание**

- 1) Записать аналитическое выражение для радиоимпульса с прямоугольной огибающей и построить временную диаграмму сигнала. Записать аналитическое выражение и построить графики амплитудного спектра сигнала для  $f_n=10$  МГц и  $15$  МГц.
- 2) Рассчитать энергию колебания в сопротивлении  $K$  Ом.
- 3) Сделать выводы:
  - а) о влиянии частоты  $f_n$  на амплитудный спектр сигнала;
  - б) об изменении ширины спектра радиоимпульса по сравнению с шириной спектра видеоимпульса.

#### 2.3 Методические указания

1. Баскаков С.И., РТЦиС, 1983.С. 65-67.
2. Баскаков С.И., РТЦиС, 1988. С. 55-61.
3. Гоноровский И.С., 1986. С.72-81.

### 3. Спектральный анализ периодических сигналов

- 3.1 Сигнал – гармоническое колебание с параметрами  $U_m=10$  В,  $T=(5+K/20)$  мкс,  $\omega=2\pi(K(\bmod 7))/T$ ,  $\varphi=K\pi/4$ .

#### *Задание*

1. Записать аналитическое выражение сигнала. В масштабе построить временную диаграмму колебания.
2. Построить амплитудный и фазовый спектры колебания.
3. Рассчитать максимальную и среднюю мощность колебания в сопротивлении  $K$  Ом

- 3.2 Сигнал – периодическая последовательность прямоугольных видеоимпульсов (рис. 1). Параметры  $U_m=10$  В,  $t_{и}=(1+K/100)$  мкс,  $T=(5+K/20)$  мкс,  $T_1=2T$ .

#### *Задание*

1. Записать аналитическое выражение сигнала. В масштабе построить временные диаграммы колебаний периодических сигналов с периодом  $T$  и  $T_1$ .
2. Рассчитать и построить амплитудные спектры периодических сигналов с периодом  $T$  и  $T_1$ .
3. Определить среднюю и максимальную мгновенную мощности сигнала в сопротивлении  $K$  Ом. Рассчитать мощность гармоник в пределах главного лепестка спектра и найти отношение мощности гармоник к средней мощности сигнала.
4. Сделать выводы о взаимосвязи спектров неперiodического и периодического сигналов одинаковой формы, о влиянии периода сигнала на амплитудный спектр сигнала и об активной ширине спектра сигнала.

- 3.3 Сигнал – сумма сигналов по п.3.1 и 3.2

#### *Задание*

1. Записать аналитическое выражение сигнала.
2. Рассчитать и построить амплитудный спектр суммарного колебания.

### 3.4 Методические указания

1. Баскаков С.И., РТЦиС, 1983. С. 40-47.
2. Баскаков С.И., РТЦиС, 1988. С. 38-43.
3. Гоноровский И.С., 1986. С.16-27, 75.

## 4. Модулированные радиосигналы

### 4.1. Радиосигналы с амплитудной модуляцией

#### 4.1.1. Модуляция – тональная.

Параметры:  $f_n=(100+K)$  кГц,  $A_m=10$  В,  $F_m = (5+K/10)$  кГц,  $M=0.7$ ,  $\varphi_n=(30+3.6K)^\circ$ ,  $\varphi_m=(30+7.6K)^\circ$ .

### *Задание*

1. Записать аналитическое выражение сигнала. Нарисовать в масштабе временную диаграмму сигнала.
2. Построить амплитудный и фазовый спектры сигнала.  
Построить векторную диаграмму для  $t=0$ .
3. Рассчитать:
  - средние мощности спектральных составляющих сигнала, среднюю мощность всего колебания в сопротивлении  $K$  Ом,
  - отношение мощности боковых составляющих к мощности несущего колебания,
  - максимальную мощность АМК колебания.
4. Построить амплитудный спектр АМК при модуляции двумя частотами  $F_m$  и  $2 \cdot F_m$  с парциальными коэффициентами модуляции  $M_1=M$  и  $M_2=M/2$ . Рассчитать среднюю мощность нижних боковых, среднюю мощность всех боковых в сопротивлении  $K$  Ом и отношение мощности боковых к средней мощности АМК. На основе расчета сделать выводы об энергетической эффективности амплитудной модуляции.

### 4.2. Радиосигналы с угловой модуляцией

#### 4.2.1. Модуляция – тональная.

Параметры:  $f_n=(500+K)$  кГц,  $A_m = 10$  В,  $m=5$ ,  $F_m=(3+3K/100)$  кГц.



### Задание

1. Записать аналитическое выражение колебания с угловой модуляцией, аналитические выражения для полной фазы  $\psi(t)$ , мгновенной частоты  $\omega(t) = \frac{d\psi(t)}{dt}$ .
2. Для момента времени  $t = (5 + K)$  мкс определить  $\psi(t)$  и  $f(t)$ .
3. Рассчитать и построить амплитудный спектр колебания с угловой модуляцией. Определить практическую ширину спектра.

### 4.3. Методические указания

1. Баскаков С.И., РТЦиС, 1983. С. 103-123.
2. Баскаков С.И., РТЦиС, 1988. С. 88-103.
3. Гоноровский И.С., 1986. С.72-89.

## 5. Прохождение сигналов через линейные цепи

### 5.1 Прохождение сигнала через аperiodическую цепь

- 5.1.1. Сигнал прямоугольный видеоимпульс  $s(t - 0, 5t_u)$ , с параметрами по пункту 2.1.1. Схема цепи приведена на рис.3.

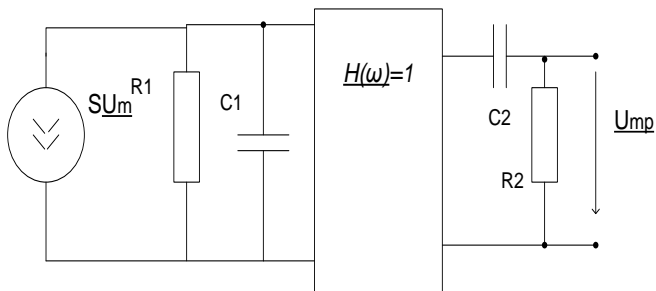


Рис.3 Схема аperiodической цепи.

Параметры цепи:  $S = 0, 2$  мА/В,  $R1 = 10$  кОм,  $R2 = 10$  кОм. Емкость конденсаторов определяется исходя из требуемой постоянной времени цепи  $\tau_1 = R1 \cdot C1 = 0, 1 \cdot t_u$ , тогда  $C1 = 0, 1 \cdot \tau_1 / R1$ .

## Задание

Найти операторный  $H(p)$  и комплексный

$\underline{H}(\omega)$  ( $\underline{H}(\omega) = \frac{U_{mp}}{U_m}$ ) коэффициент передачи. Найти

выражение для АЧХ цепи. Рассчитать и построить графики АЧХ для следующих параметров аperiodической цепи:

а)  $\tau_1 = R1 \cdot C1 = 0,1 \cdot t_u$  и  $\tau_2 = 0,5 \cdot t_u$  при

$\tau_2 = R2 \cdot C2 = 100 \cdot t_u$ ;

б)  $\tau_2 = R2 \cdot C2 = t_u$  и  $\tau_2 = 10 \cdot t_u$  при  $\tau_1 = 0,01 \cdot t_u$ ;

в)  $\tau_1 = 0,5 \cdot t_u$ ,  $\tau_2 = t_u$ .

Рекомендуется графики АЧХ строить в одном масштабе.

1. Рассчитать операторным или спектральным методом сигнал на выходе аperiodической цепи  $u_p(t)$  при действии на входе  $u(t) = s(t - 0,5 \cdot t_u)$  по п.2.1.1. для параметров цепи по пп. а), б), в) п. 1 задания.
2. Сравнивая спектр сигнала и форму АЧХ сделать выводы о влиянии параметров цепи на искажения формы сигнала.

### 5.1.2 Методические указания

1. Баскаков С.И., РТЦиС, 1983. С. 247-251, 260-261.
2. Баскаков С.И., РТЦиС, 1988. С. 184-214.
3. Гоноровский И.С., 1986. С.174-180.

### 5.2 Прохождение сигналов через избирательную цепь (резонансный усилитель)

Эквивалентная схема каскада резонансного усилителя (избирательная цепь) приведена на рис.4.

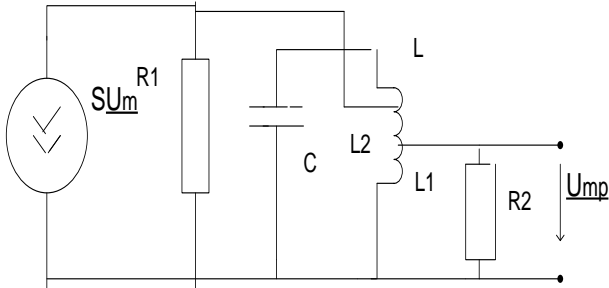


Рис.4 Эквивалентная схема каскада резонансного усилителя (избирательная цепь).

$L$  – общая индуктивность колебательного контура,  $L2$  – индуктивность части катушки, к которой подключен источник тока,  $L1$  – индуктивность части катушки, к которой подключен резистор  $R2$ .

Параметры цепи:  $C=100$  пФ, коэффициент включения со стороны источника тока  $p_1 = \frac{L_2}{L} = 0,6$ , коэффициент включения со стороны выхода  $p_2 = \frac{L1}{L} = 0,4$ , величина  $S=1/Z_{\text{эр}}$ ,  $r_{\kappa} = 3$  Ом,  $f_0$  - резонансная частота колебательного контура.

5.2.1. Сигнал на входе – периодическая последовательность прямоугольных видеоимпульсов с параметрами по п.3.2.

### Задание

1. Рассчитать: - эквивалентную добротность  $Q_{\text{Э}}$ , исходя из условия  $2 \cdot \Delta f_{0,7} = 0,1 \cdot f_1$ ,

где  $f_1 = \frac{1}{T}$ , частота первой гармоники,

$$f_0 = (K(\text{mod } 5) + 1) \cdot f_1;$$

- сопротивления  $R1$  и  $R2$ , исходя из условия обеспечения  $Q_{\text{Э}}$  и равенства вносимых сопротивлений.

2. Найти комплексный коэффициент передачи цепи

$$\underline{H}(\omega) = \frac{U_{mp}}{U_m}. \text{ Рассчитать и построить АЧХ цепи.}$$

3. Рассчитать спектральным методом  $U_p(t)$  и сделать выводы.

### 5.2.2. Сигнал – АМК с тональной модуляцией.

Параметры:  $f_n=(500+5K)$  кГц,  $A_m=10$  В,  $F=(5+K/100)$  кГц,

$M=0,8$ ,  $\varphi_n = 0$ ,  $\varphi_M = 0$ .

### **Задание**

1. Рассчитать эквивалентную добротность  $Q_{\Sigma}$ , исходя из условия равенства полосы пропускания  $2 \cdot \Delta f_{0,7}$  и ширины спектра АМК по п.5.2.2. и условия, что  $f_0 = f_n$ .
2. Рассчитать величину сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$ , исходя из условия обеспечения равенства вносимых сопротивлений.
3. Найти комплексный коэффициент передачи  $\underline{H}(\omega)$ .  
Рассчитать и построить АЧХ цепи с  $Q_{\Sigma}$  по п.1 и с эквивалентной добротностью  $Q_{\Sigma 1}=1,5Q_{\Sigma}$ .
4. Спектральным методом найти  $U_p(t)$  при эквивалентной добротностью  $Q_{\Sigma}$  и  $Q_{\Sigma 1}$ .
5. Построить временные и спектральные диаграммы сигналов на входе и выходе цепи и сделать выводы об искажениях сигнала.

### 5.2.3 Методические указания

1. Баскаков С.И., РТЦиС, 1983. С. 267-271, 278-279, 283-290.
2. Баскаков С.И., РТЦиС, 1988. С. 218-235.
3. Гоноровский И.С., 1986. С.184-194.

### **Справочные данные для расчета колебательного контура**

- резонансная частота  $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ,

-  $r_k$  - собственное сопротивление потерь контура,

- характеристическое сопротивление контура

$$\rho = \frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L = \sqrt{\frac{L}{C}},$$

- эквивалентная добротность колебательного контура  $Q_3 = \frac{\rho}{r_{пол}}$ , где

$$r_{пол} = r_{\kappa} + \frac{\rho^2}{R_1} \cdot p_1^2 + \frac{\rho^2}{R_2} \cdot p_2^2,$$

- сопротивление контура при резонансе  $Z_{эп} = \frac{\rho^2}{r_{пол}} \cdot p_1^2 = \rho \cdot Q_3 \cdot p_1^2$ ,

- постоянная времени колебательного контура  $\tau_{\kappa} = \frac{2 \cdot L}{r_{пол}}$ ,

- комплексное сопротивление колебательного контура

$$\underline{Z}_{\kappa}(\omega) = \frac{Z_{эп}}{1 + j2 \cdot Q_3 \cdot \left(\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}\right)}.$$

### Библиографический список

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 1983. 536 с.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 1988. 448 с.
3. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1986. 512 с.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, 1980. 976 с.