

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение дисциплины**

**ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОРАДИОЦЕПЕЙ**

---

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Смоленск – 2021 г.**

**Методические материалы составил:**

Заведующий кафедрой

«Электроники и микропроцессорной техники»

д-р техн. наук, доцент



Якименко Игорь Владимирович

подпись

ФИО

«24» июня 2021 г.

**Зам. заведующего кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:**



подпись

Смолин Владимир Алексеевич

ФИО

«02» июля 2021 г.

## 1. Методическое обеспечение лекций

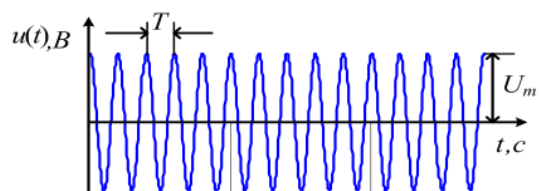
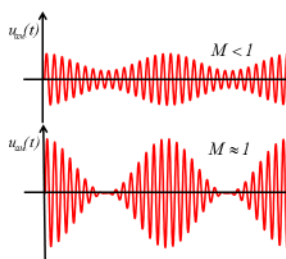
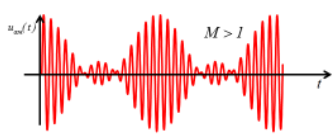
Цель лекций – изучение понятийного аппарата, основных теоретических положений и методов изучаемой дисциплины, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

1. Комплект лекций, в формате мультимедийных презентаций, расположен на сайте кафедры:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1TaFHXVouViKCwwf1-eMPOjpp8ZLlJArs>

[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLK3WDE8jB0gR\\_1V9z](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLK3WDE8jB0gR_1V9z)

Фрагмент лекции в формате мультимедийной презентации.

<p style="text-align: center;"><b>Кафедра электроники и микропроцессорной техники</b></p> <h1 style="text-align: center; color: purple;">Теория электрорадиоцепей</h1> <p style="text-align: center; color: blue;"><b>Лекция</b></p> <p style="text-align: center; color: blue;"><b>№ 6 Модулированные радиотехнические сигналы и их спектры</b></p>	<p style="text-align: center;">Учебные вопросы</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разновидности модулированных радиотехнических сигналов.</li> <li>2. Спектральный анализ АМ-радиосигналов.</li> <li>3. Спектральный анализ сигналов с угловой модуляцией.</li> </ol> <p>Литература: 1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 2005, с. 92...108.</p>
<p>1. Разновидности модулированных радиотехнических сигналов.</p>	<p>Основой о модулированного сигнала является высокочастотное несущее гармоническое колебание (ВЧНГК)</p>  $u(t) = U_m \cdot \sin \varphi(t) = U_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$ <p>Его параметры: амплитуда; частота; начальная фаза</p> <p>Виды модуляции: амплитудная; угловая</p>
<p><b>1. Амплитудно-модулированный сигнал</b></p>  <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <math>u_{ам}(t) = u(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0);</math> </div> $u(t) = U_m [1 + Ms(t)] = U_m [1 + M \cdot \cos(\Omega \cdot t + \Phi)]$ <p>– закон изменения амплитуды сигнала;</p> $s(t) = \cos(\Omega \cdot t + \Phi)$ <p>– управляющий сигнал при однотональной модуляции;</p> <p><math>M</math> – коэффициент амплитудной модуляции;  <math>U_m</math> – амплитуда несущих колебаний;  <math>\omega_0</math> – частота несущих колебаний;  <math>\varphi_0</math> – начальная фаза несущих колебаний;  <math>\Omega</math> – частота управляющих колебаний;  <math>\Phi</math> – начальная фаза управляющих колебаний.</p>	 <p>При <math>M \geq 1</math> амплитуда сигнала более чем в 2 раза больше амплитуды несущих колебаний <math>U_m</math>, что может привести к искажениям сигнала (перемодуляции) из за перегрузки выходных каскадов передатчика.</p> <p>При <math>M &lt;&lt; 1</math> амплитуда сигнала меняется незначительно, что снижает эффективность использования мощности передатчика.</p> <p>Коэффициент <math>M</math> характеризует глубину АМ <math>u(t) = U_m [1 + Ms(t)]</math></p> $M_B = \frac{U_{max} - U_m}{U_m}$ – коэффициент амплитудной модуляции вверх; $M_H = \frac{U_m - U_{min}}{U_m}$ – коэффициент амплитудной модуляции вниз.

## 2. Методическое обеспечение лабораторных работ

Цель лабораторных работ – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для решения научно-исследовательских задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Задания на лабораторные работы расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1TaFHxVouViKCwwf1-eMPOjpp8ZLtJArS>

[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLK3WDE8jB0gR\\_1V9z](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLK3WDE8jB0gR_1V9z)

Пример задания на лабораторную работу.

### Задание на лабораторную работу

1. Построить спектры для косинусоидального сигнала с частотой, равной номеру по журналу (в Герцах).
2. Выявить зависимость амплитуды сигнала на его спектр. Вывести три сигнала (исходный, с увеличенной амплитудой и уменьшенной амплитудой) на одном графике и три спектра аналогично. Занести в отчет, сделать вывод.
3. Выявить зависимость длительности сигнала на его спектр. Вывести три сигнала (исходный, с увеличенной длительностью и уменьшенной длительностью) на одном графике и три спектра аналогично. Занести в отчет, сделать вывод.
4. Построить спектры для сигналов, приведенных ниже. Для каждого сигнала повторить пункты 2, 3.

	$x(t) = \begin{cases} D \cdot \exp(-t/\tau) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} D \cdot \sin\left(\frac{\pi}{T_c} \cdot t\right) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} D \cdot \sin^2\left(\frac{\pi}{T_c} \cdot t\right) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} (D/\tau) \cdot t & \text{при } 0 \leq t \leq \tau, \\ D \cdot (t - T_c)/(\tau - T_c) & \text{при } \tau \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} t^2 & \text{при } 0 \leq t \leq T_c/2, \\ (t - T_c)^2 & \text{при } T_c/2 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$

Для 4 сигнала менять амплитуду не нужно.

5. В соответствии с номером по журналу успеваемости, выбрать задание из таблицы.

№ вар	Непрерывный сигнал	№ вар	Непрерывный сигнал
1	$s = 10 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2}) + 5 \cos(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	14	$s = 8 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 4 \cdot t)$

2	$s = 10 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 5 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	15	$s = 6 \cos(2\pi \cdot 2 \cdot t) + 7 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$
3	$s = 8 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 3 \cos(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	16	$s = 2 \cos(2\pi \cdot 9 \cdot t) + 7 \cos(2\pi \cdot 2 \cdot t)$
4	$s = 9 \cos(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 9 \cdot t)$	17	$s = 5 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 8 \sin(2\pi \cdot 9 \cdot t)$
5	$s = 4 \cos(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 3 \cos(2\pi \cdot 12 \cdot t)$	18	$s = 5 \cos(2\pi \cdot 6 \cdot t) + 7 \cos(2\pi \cdot 3 \cdot t)$
6	$s = 10 \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2}) + 5 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	19	$s = 6 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot t + \frac{\pi}{2}) + 8 \cos(2\pi \cdot 9 \cdot t)$
7	$s = 10 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 5 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	20	$s = 7 \cos(2\pi \cdot 9 \cdot t) + 5 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot t)$
8	$s = 8 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$	21	$s = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 9 \cos(2\pi \cdot 7 \cdot t)$
9	$s = 9 \sin(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 3 \cos(2\pi \cdot 9 \cdot t)$	22	$s = 9 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 8 \cdot t)$
10	$s = 4 \sin(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 3 \sin(2\pi \cdot 12 \cdot t)$	23	$s = 5 \sin(2\pi \cdot 9 \cdot t) + 6 \sin(2\pi \cdot 6 \cdot t)$
11	$S = 11 \sin(2\pi \cdot 13 \cdot t) + 5 \cos(2 \cdot \pi \cdot 7 \cdot t)$	24	$S = 9 \cos(2\pi \cdot 7 \cdot t) + 2 \cos(2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot t)$
12	$S = 9 \cos(2\pi \cdot 8 \cdot t) + 4 \cos(2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot t)$	25	$S = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 5 \cos(2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot t)$
13	$S = 11 \cos(2\pi \cdot 3 \cdot t) + 5 \sin(2 \cdot \pi \cdot 8 \cdot t)$	26	$S = 5 \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t) + 5 \sin(2 \cdot \pi \cdot 5 \cdot t)$

Получить график сигнала и построить его спектр.

- Получить спектры для одиночного видеоимпульса с амплитудой, равной  $N_{ж} \cdot 2$ , и длительностью  $22 \cdot N_{ж}$ . Подобрать такой масштаб выведения графиков, чтобы длительность и амплитуда были четко видны. На графике должно отображаться 5 арок спектра.
- Графики спектров и сигналов занести в отчет.
- Оформить отчет по лабораторной работе №2.

### 3. Методическое обеспечение практических занятий

Цель практических занятий – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для решения инженерных задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Задания на практические занятия расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1TaFHxVouViKCwwf1-eMPOjpp8ZLtJArS>  
[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLk3WDE8jB0gR\\_1V9z](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLk3WDE8jB0gR_1V9z)

Пример задания на практическое занятие.

#### Задание на практическое занятие

- Получить график гармонического сигнала со следующими параметрами:

Амплитуда  $A = N_{ж} \cdot N_{г}$ ;

Частота  $\omega = N_{ж} \cdot 0.5$ ;

Максимальное значение  $t = N_{г} \cdot 5 + N_{ж}$ ;

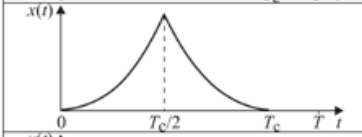
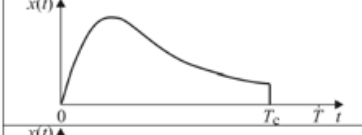
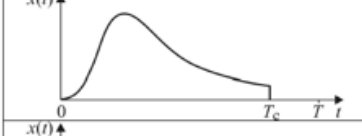
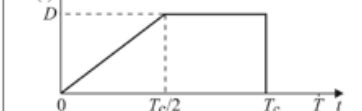
Начальная фаза  $\varphi_0 = N_{ж}$  где  $N_{ж}$  — порядковый номер студента по журналу успеваемости,  $N_{г}$  — номер группы.

На графике подписать оси! Занести в отчет

Получить 3 различных стиля оформления графика (цвет, толщина и стиль оформления линии и точек), занести в отчет.

- Произвольно изменить амплитуду исходного сигнала, получить график, занести в отчет.
- Произвольно изменить частоту исходного сигнала, получить график, занести в отчет.
- Произвольно изменить период исходного сигнала, получить график, занести в отчет.

5. Произвольно изменить начальную фазу исходного сигнала, получить график, занести в отчет.  
6. Получить графики одиночных импульсов следующих форм:  
(Произвести произвольное изменение каждого параметра. Выполнить на одном графике с исходным сигналом и подписать каждое изображение)

	$x(t) = \begin{cases} t^2 & \text{при } 0 \leq t \leq T_c/2, \\ (t - T_c)^2 & \text{при } T_c/2 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} t \cdot \exp(-\alpha t) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} t^2 \cdot \exp(-\alpha t) & \text{при } 0 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$
	$x(t) = \begin{cases} 2(D/T_c) \cdot t & \text{при } 0 \leq t \leq T_c/2, \\ D & \text{при } T_c/2 \leq t \leq T_c, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$

7. Задать периодическую последовательность прямоугольных видеоимпульсов (ППВИ) со следующими параметрами:

$$\begin{aligned} S_m &= N_{ж}, \\ t_{и} &= N_{г} \cdot 2 \\ t_{з} &= 3; \\ T &= 10. \end{aligned}$$

Получить график, занести в отчет.

8. Уменьшить скважность следования импульсов в два раза, получить график, занести в отчет.  
9. Изменить величину задержки импульса, получить график, занести в отчет.  
10. Оформить отчет по выполненной работе.

### Примечание

- Все приведенные в отчете графики должны содержать название и подписанные оси с указанием величины и размерности!
- В случае появления вопросов, первым делом необходимо открыть вкладку «Help» в меню главного командного окна программы Matlab, затем обратиться к выданной литературе, и только затем спрашивать ответ у преподавателя.

### 4. Методическое обеспечение расчетно-графической работы

Цель расчетно-графической работы – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для самостоятельного решения инженерных задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Задания на курсовую работу расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1TaFHxVouViKCwwf1-eMPOjpp8ZLtJArs>  
[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLK3WDE8jB0gR\\_1V9z](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLK3WDE8jB0gR_1V9z)

### 5. Методическое обеспечение проведения экзамена:

Экзамена является заключительным этапом изучения дисциплины и имеет цель оценить уровень теоретические знания обучаемых, их навыки и умения применять полученные знания при решении практических задач, а также оценить уровень освоения компетенций закрепленных за дисциплиной.

Вопросы для подготовке к экзамену расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1TaFHxVouViKCwwf1-eMPOjpp8ZLtJArs>

[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLK3WDE8jB0gR\\_1V9z](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1h5RCcEMe6nhRE5kLK3WDE8jB0gR_1V9z)