

Лекция 1

Тема: Виды сигналов и формы их описания

Учебные вопросы:

1. Виды сигналов и формы их описания.
2. Статистические и обобщённые характеристики сигналов.

1-й вопрос: Виды сигналов и формы их описания

1. Понятие сигнала.
2. Виды физических процессов.
3. Формы представления сигналов.
4. Внешний вид временной формы сигналов.
5. Виды представления сигналов.
6. Разложение периодического сигнала в ряд Фурье.
7. Спектральные линии и диаграммы.
8. Комплексная форма ряда Фурье.
9. Видео и радиоимпульсы.
0. Спектр импульсного непериодического сигнала.
1. Прямое и обратное преобразование Фурье.
2. Теорема Котельникова.

Понятие сигнала

- Сообщения, как правило, непригодны для передачи на большие расстояния. Для передачи информации, заложенной в сообщениях, на большие расстояния используют сигналы.
- Под сигналами в широком смысле понимают материальные носители информации.
- В узком смысле под сигналом понимают конкретный физический процесс, отражающий полезное сообщение и способный распространяться от источника к получателю сообщений с конечной

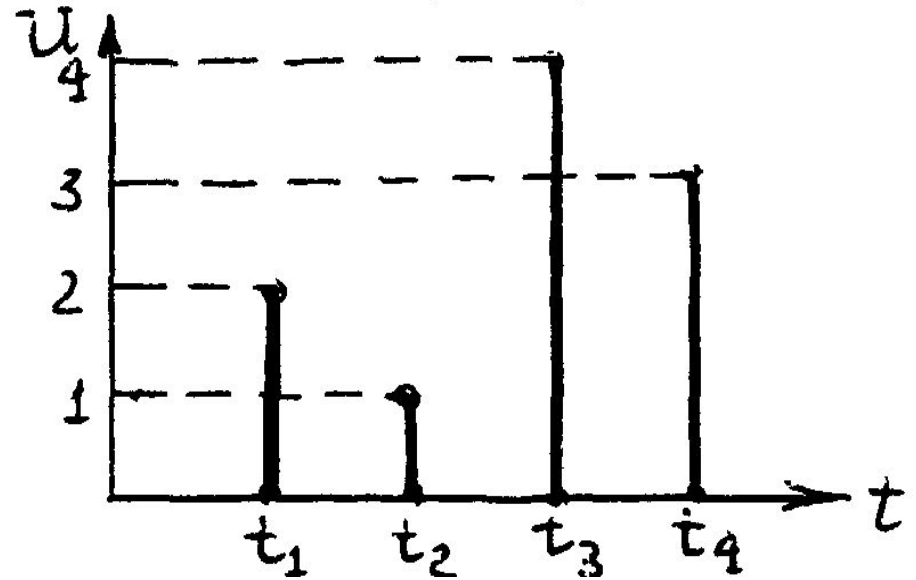
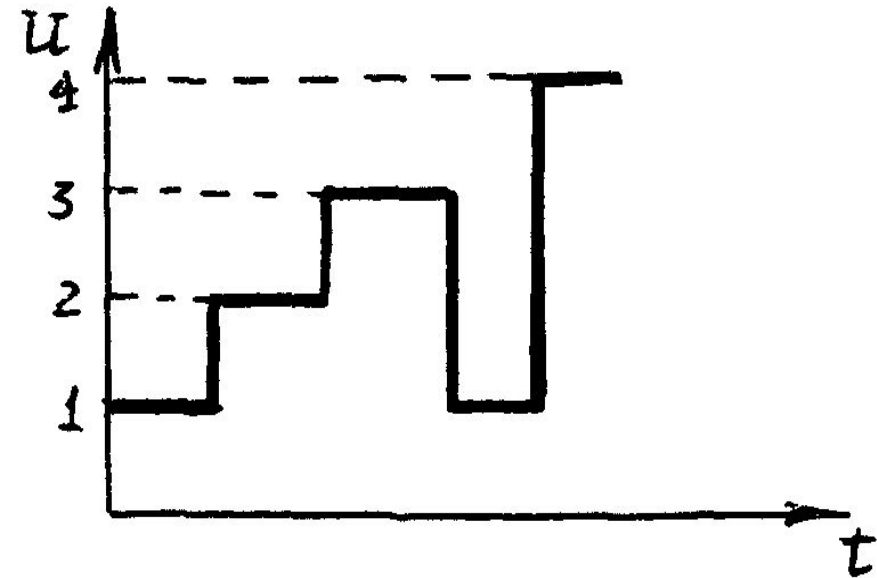
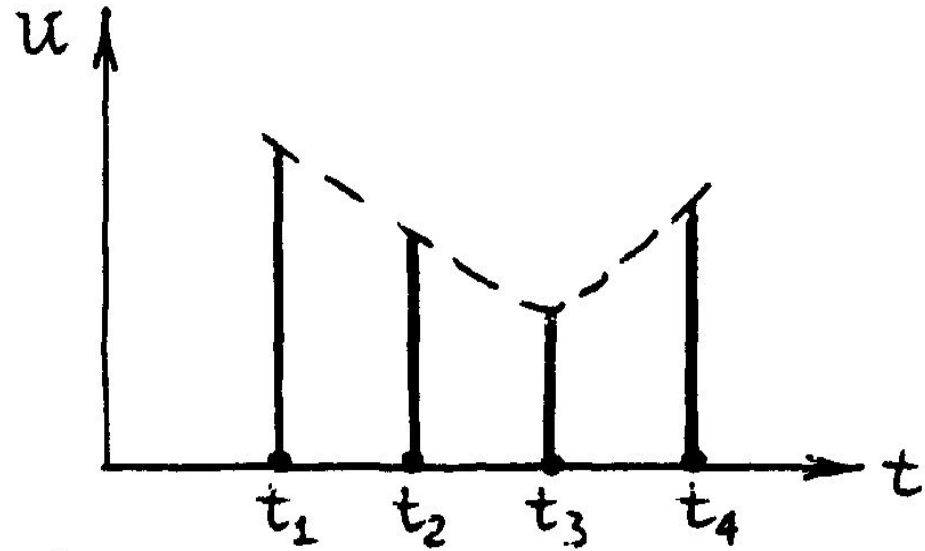
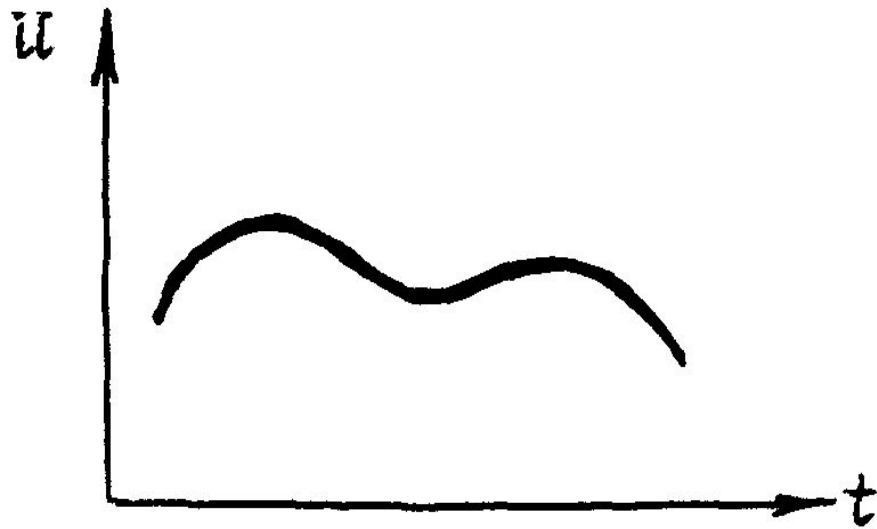
Виды физических процессов

- -звукoвые (акустические)
- -электрические
- - магнитные
- -механические
- -оптические.

Формы представления сигналов

- а) непрерывный непрерывного времени (аналоговый);
- б) непрерывный сигнал дискретного времени;
- в) дискретный сигнал непрерывного времени;
- г) дискретный сигнал дискретного времени.

Внешний вид временной формы сигналов



Виды представления сигналов

- Наиболее распространенными и необходимыми для практики являются временное и спектральное представление детерминированных сигналов.
- Временная форма представления позволяет определить:
 - -длительность
 - -мощность
 - энергию сигнала.
- Для согласования сигнала с каналом связи наиболее важной характеристикой сигнала является ширина его спектра.
- Временное и спектральное представление сигналов связаны между собой с помощью преобразования

Разложение периодического сигнала в ряд Фурье

Разложение сложного периодического колебания на простейшие гармонические колебания производится с помощью ряда Фурье, тригонометрическая форма которого

имеет вид
$$S(t) = C_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\Omega_1 t + b_k \sin k\Omega_1 t)$$

$$C_0 = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S(t) dt \quad - \text{ постоянная составляющая}$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S(t) \cos k\Omega_1 t dt$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S(t) \sin k\Omega_1 t dt$$

$$C_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$$

$$\varphi_k = \arctg \frac{b_k}{a_k}$$

Спектральные линии и диаграммы

- Диаграммы распределения по частоте амплитуд и фаз гармоник называются спектральными диаграммами сигнала, а линии, соответствующие амплитудам и фазам гармоник, называются спектральными линиями.
- Закон распределения амплитуд S_k составляющих периодического сигнала по частоте называется спектром амплитуд этого сигнала, а закон распределения фаз φ_k - спектром фаз.
- Если нас интересует не значения амплитуд и начальных фаз гармоник, то говорят о спектре частот сигнала.
- Если спектр периодического сигнала состоит из отдельных спектральных линий, то его называют

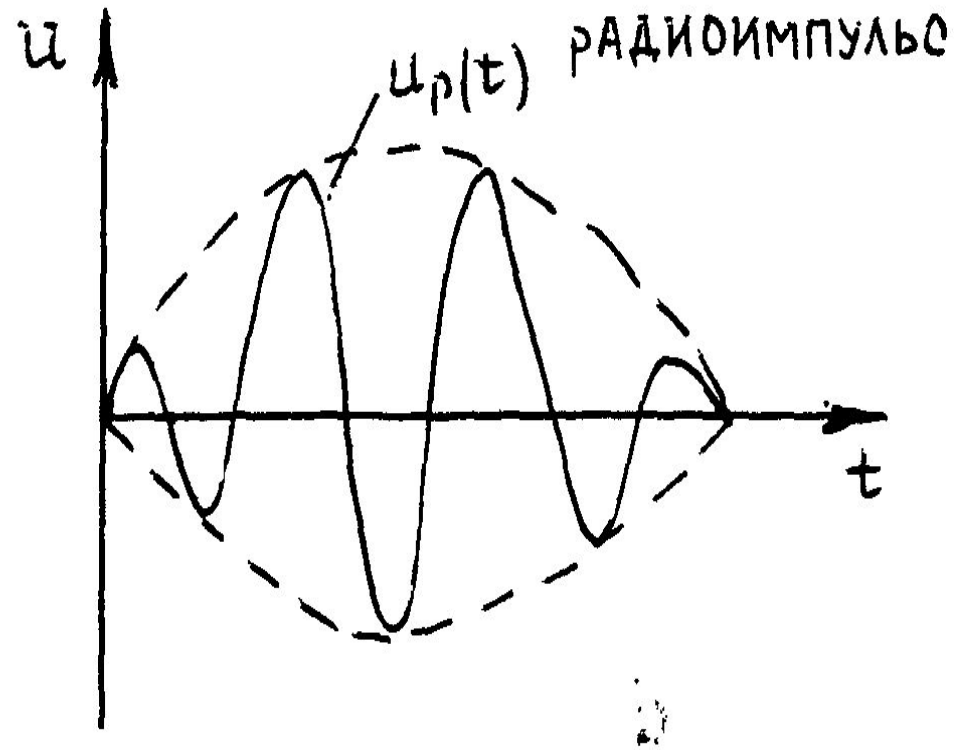
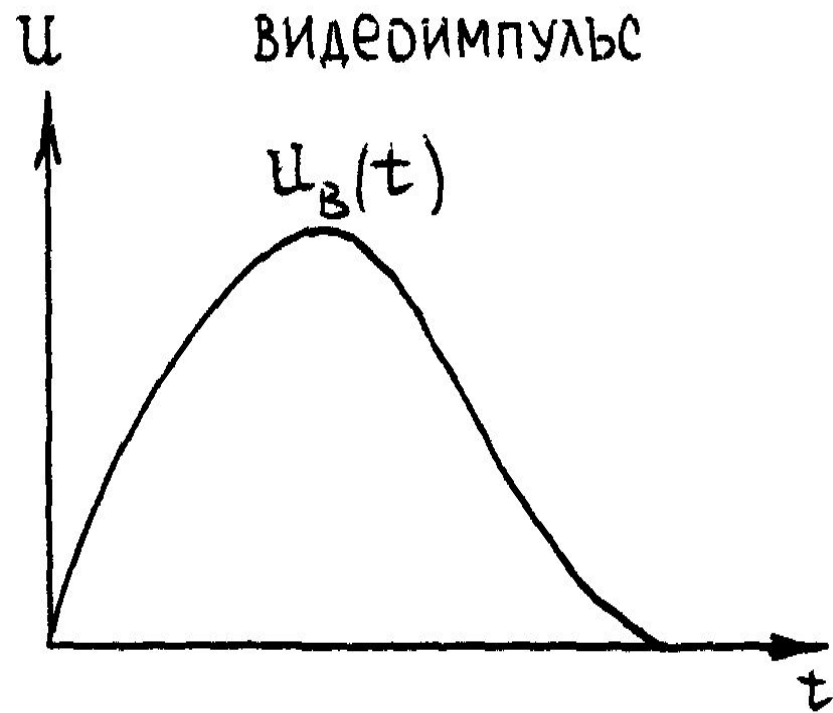
Комплексная форма ряда Фурье

$$S(t) = \frac{1}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \dot{S}_k e^{jk\omega_1 t}$$

$$\dot{S}_k = S_k e^{-j\varphi_k}$$

$$\dot{S}_k = \frac{2}{T_1} \int_{-\frac{T_1}{2}}^{\frac{T_1}{2}} S(t) e^{-jk\omega_1 t} dt$$

Видео и радиоимпульсы



Спектр импульсного непериодического сигнала

- Для проведения гармонического анализа импульсного непериодического сигнала его условно превращают в периодический с произвольным периодом .
- Устремляя T к в пределе получают бесконечно малые амплитуды гармонических составляющих, разложенных на всех частотах.
- Количество гармоник будет бесконечно большим, т.к. при $T \rightarrow \infty$ основная частота $f_0 \rightarrow 0$.
- Расстояние между спектральными линиями, равное частоте становится бесконечно малым, а спектр – сплошным.
- В частотной области непериодические колебания описываются спектральной плотностью или спектральной функцией.

Прямое и обратное преобразование Фурье

$$\dot{S}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \dot{S}(\omega) e^{j\omega t} dt$$

- формула позволяет осуществить прямое преобразование Фурье и найти спектральную функцию, соответствующую сигналу.

- формула позволяет осуществить обратное преобразование и найти значение сигнала в

Теорема Котельникова

- Любая непрерывная функция может быть представлена в цифровой форме: это осуществляют с помощью теоремы Котельникова:
- Любая функция времени $S(t)$, описывающая непрерывный сигнал, спектр которого ограничен частотой F_c , определяется последовательностью своих мгновенных значений, отсчитанных через интервалы $\frac{\Delta t}{2F_c}$,
- где
- F_c верхняя частота в спектре сигнала.
- Если на интервале T_c функция существует, то она может быть отображена $2 \cdot T_c \cdot F_c$ отсчетами, расположенными на расстоянии Δt друг от друга и образующими сигнальную кодовую группу. Это применяется и к функциям, чей спектр неограничен, но быстро убывает за пределами F_c .
- Функция может быть восстановлена по её отсчётам с легко оцениваемым приближением.

2-й вопрос: Статистические и обобщённые характеристики сигналов

1. Статистические характеристики случайного сигнала.
2. Обобщённые показатели сигнала.
3. Квант сигнала.

Статистические характеристики случайного сигнала $S(t)$

- 1. Среднее значение (постоянная составляющая) $\overline{S(t)} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T S(t) dt$

- , где T - время наблюдения случайного процесса;

- 2) Средняя мощность, которую развивает случайный сигнал $S(t)$ на резисторе, сопротивлением 1 Ом в момент t ,

$$P_{cp}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T S^2(t) dt$$

- 3) энергетический спектр $G(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} B(\tau) \cos \omega \tau d\tau$
- , где

- B_T - корреляционная функция, устанавливающая связь между значениями случайного сигнала $S(t)$ в различные моменты времени t_1 и t_2 .

$$B(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T S(t) S(t - \tau) dt$$

- Функция $G(\omega)$ - это спектральная плотность средней мощности процесса, т.е. мощности заключённой в бесконечно малой полосе частот.

- 4) Мощность, заключённая в конечной полосе частот между ω_1 и ω_2

$$P_{1,2} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} G(\omega) d\omega$$

Обобщённые показатели сигнала

- длительность сигнала T_c
- ширина частотного спектра F_c
- уровень сигнала A_c , характеризующей его мощность
- $V_c = T_c \cdot F_c \cdot A_c$
- V_c - объём сигнала

Квант сигнала

- Получатель информации обладает разрешающей способностью по каждой характеристике, поэтому всегда имеет место пороговое значение параметров сигнала
- $\Delta T_c, \Delta F_c, \Delta A_c$ - они характеризуют минимально различимую величину сигнала.
- $\Delta V_c = \Delta T_c \cdot \Delta F_c \cdot \Delta A_c$ - это квант сигнала
- $\Delta S_c = \Delta T_c \cdot \Delta F_c$ - элементарная площадь сигнала
- Элементарной площади ΔS соответствует только один квант ΔV_c , определяемый пороговым значением сигнала.
- T_c и F_c - это независимые переменные;
- A_c - характеризует мощность сигнала и является зависимой величиной;
- ΔA_c - определяется значением помехи;
- ΔA_c - это минимальная мощность сигнала.

Динамический диапазон и объём сигнала

- На практике используют динамический диапазон

$$D_c = 10 \lg \frac{P_{c \max}}{P_{c \min}} = 10 \lg \frac{P_{c \max}}{m_p P_n}$$

- , где

- P_n - средняя мощность помехи

- m_p - коэффициент различимости сигнала.

- На практике m_p трудно оценить, поэтому вводят и используют превышение сигнала над помехой:

$$H_c = 10 \lg \frac{P_c}{P_n}$$

- Объём сигнала:

- $V_c = T_c \cdot F_c \cdot H_c$

- Для канала:

- $V_k = T_k \cdot F_k \cdot H_k$