Лекция 1

Тема: Виды сигналов и формы их описания

Учебные вопросы:

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

<u>1-й вопрос</u>: 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.
10. Спектр импульсного непериодического сигнала.
11. Прямое и обратное преобразование Фурье.
12. 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

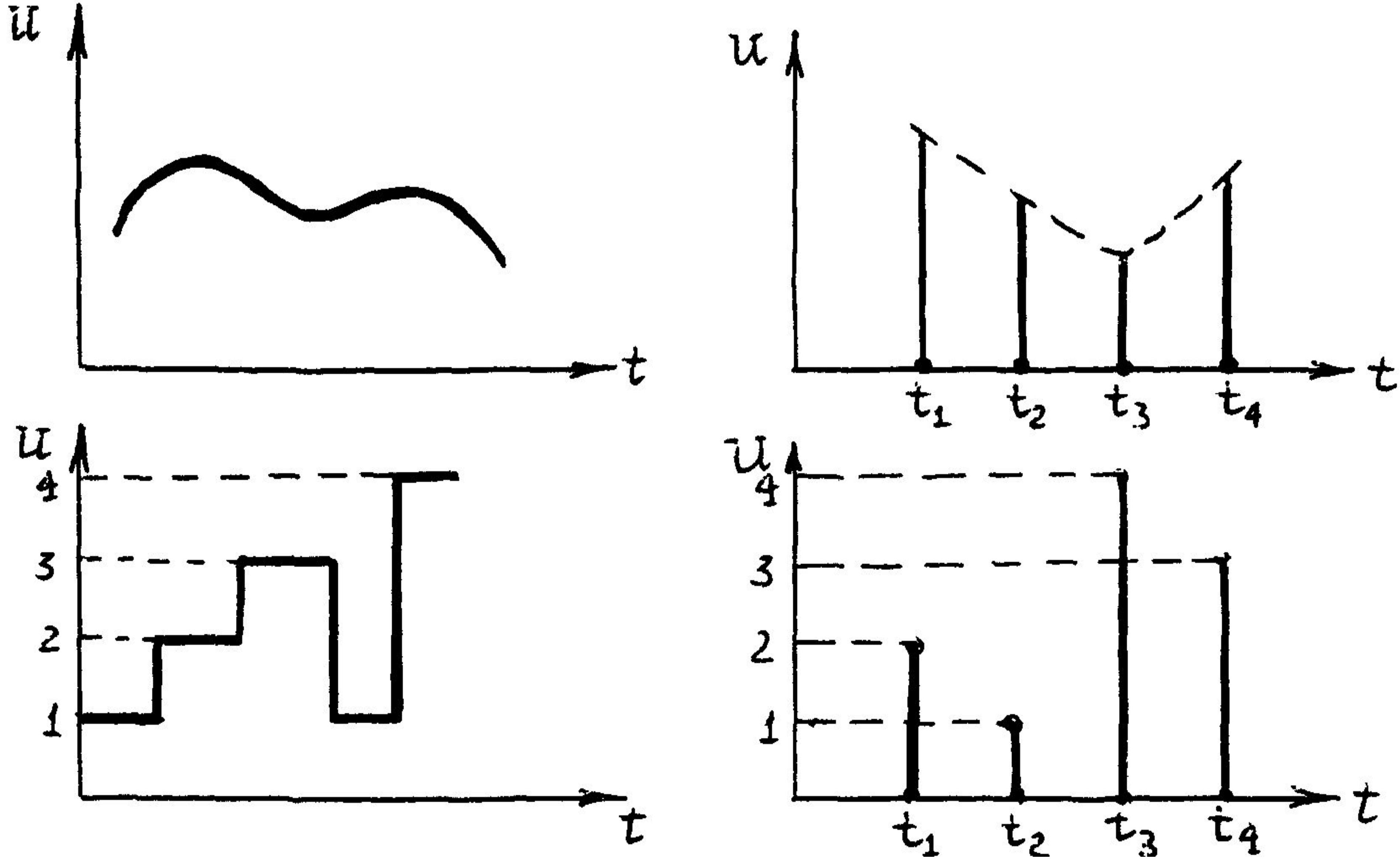
Виды физических процессов

- -звуковые (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 колеба- ния на простейшие гармонические колебания производится с помощью ряда Фурье, тригоно- метрическая форма которого имеет ви

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

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

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

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

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

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

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 $\mathbf{S_k}$ составляющих периодического сигнала по частоте называется спектром амплитуд этого сигнала, а закон распределения фаз $\boldsymbol{\varphi_k}$ - 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

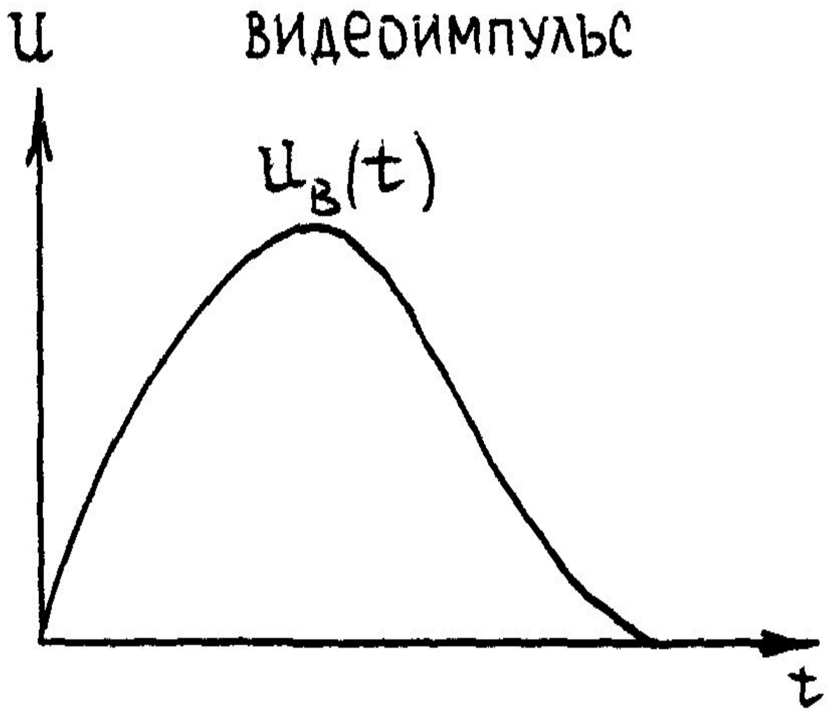
Комплексная форма ряда Фурье

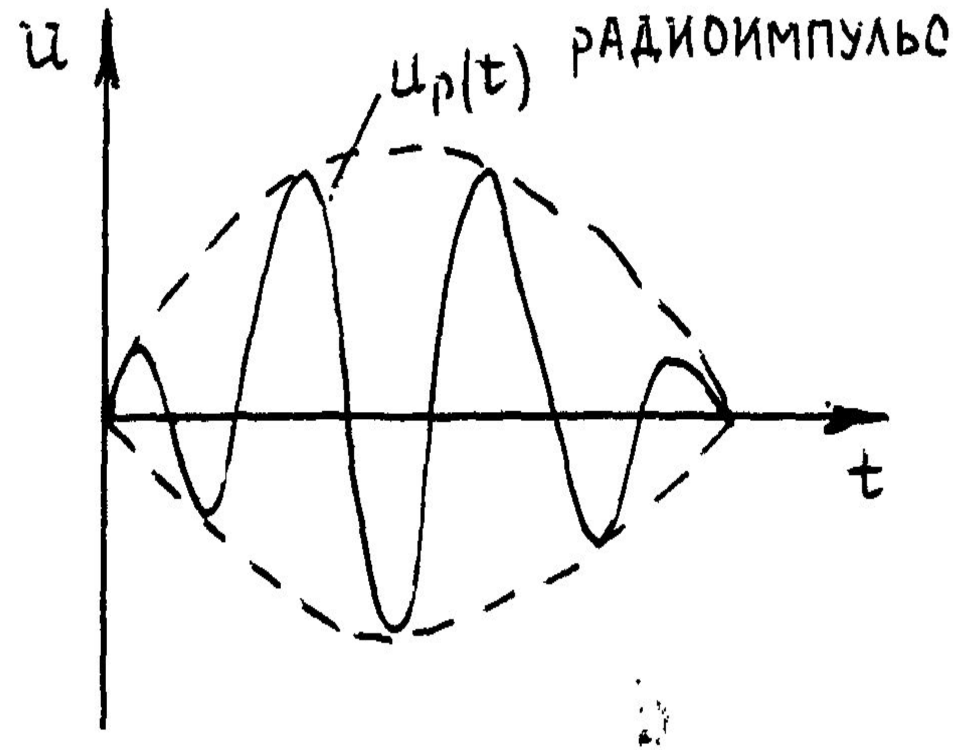
$$S(t) = \frac{1}{2}\sum_{k=-\infty}^{\infty} \dot{S}_k e^{jk\omega_1 t}$$

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

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

Видео и радиоимпульсы





Спектр импульсного непериодического сигнала

- Для проведения гармонического анализа импульсного непериодического сигнала его условно превращают в периодический с произвольным периодом .
- Устремляя к в пределе получаются бесконечно малые амплитуды гармонических составляющих, разложенных на всех частотах.
- Количество гармоник будет бесконечно большим, т.к. при основная частота .
- 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

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

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

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

- 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 $\mathbf{F_c}$, определяется последовательностью своих мгновенных значений, отсчитанных через интервалы $\Delta t \le \frac{1}{2F_c}$,
- где
- $\mathbf{F_c}$ верхняя частота в спектре сигнала.
- Если на интервале $\mathbf{T_c}$ функция существует, то она может быть отобра- жена $\mathbf{2 \cdot T_c \cdot F_c}$ отсчетами, расположенными на расстоянии $\mathbf{\Delta t}$ друг от друга и образующими сигнальную кодовую группу. Это применяется и к функциям, которых спектр неограничен, но быстро убывает за преде- лами $\mathbf{F_c}$.
- Функция может быть восстановлена по её отсчётам с легко оценива- емым приближением.

<u>2-й вопрос</u>: Статистические и обобщённые характеристики сигналов

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

<u>Статистические характеристики случайного сигнала</u> S(t)

- 1. Среднее значение (постоянная составляющая) $\overline{S(t)} = \lim\limits_{T\to\infty} \frac{1}{2T} \int\limits_{-T}^{T} S(t)dt$
- , где T - время наблюдения случайного процесса;
- 2) Средняя мощность, которую развивает случайный сигнал **S(t)** на резисторе, сопротивлением 1 Ом в момент ***t*** , $P_{cp}(t) = \lim\limits_{T\to\infty} \int\limits_{-T}^{T} S^2(t)dt$
- 3)энергетический спектр $G(t) = \frac{2}{\pi} \int\limits_{0}^{\infty} B(\tau)\cos\omega\tau d\tau$
- , где
- B_τ - корреляционная функция, устанавливающая связь между значениями случайного сигнала **S(t)** в различные моменты времени t_1 и t_2.

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

- Функция ***G(ω)*** - 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 $P_{1,2} = \int\limits_{\omega_1}^{\omega_2} G(\omega)d\omega$
-

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
- **ΔT_c , ΔF_c , ΔA_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
- , где $D_c = 10\lg\frac{P_{c\max}}{P_{c\min}} = 10\lg\frac{P_{c\max}}{m_p p_n}$
- 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:
- $V_k = T_k \cdot F_k \cdot H_k$
-