

Лекция №1

Тема: Вводная лекция

Цель: 1. На основе анализа систематизированных основ научных знаний в области статистической теории радиотехнических систем *ознакомиться* с предметом, задачами и структурой дисциплины.

Вопросы: 1. Цель и задачи дисциплины.
2. Взаимосвязь с другими дисциплинами. Способы математического описания сигналов.
3. Методические рекомендации по изучению дисциплины.

Литература: 1. Биккенин Р.Р., Чесноков М.Н. Теория электрической связи. Учебное пособие для вузов (рекомендовано УМО в области телекоммуникаций). -М.: Академия, 2010.

1. Цель и задачи дисциплины

В 1947 году на ученом совете Московского энергетического института при защите докторской диссертации на тему «Теория потенциальной помехоустойчивости» президент Академии наук СССР Владимир Александрович Котельников, сформулировал задачу оптимального статистического синтеза радиоприемных устройств в ее современном виде и проанализировал с новых позиций различные радиотехнические системы, установив предельные характеристики возможных методов модуляции. С этого момента начало свое бурное развитие новое направление в теории связи - статистическая теория радиотехнических систем.

Спустя немногим больше года в двух номерах известного американского журнала "Bell System Technical Journal" появилась работа Клода Шеннона "Математическая теория связи", содержащая знаменитые сегодня теоремы о кодировании источника с целью устранения избыточности и о максимальном количестве информации, которое можно путем надлежащего кодирования передать с произвольно малой вероятностью ошибок по каналу с помехами.

Фундаментальные научные результаты, полученные В. А. Котельниковым и К. Шенноном, по праву признаны во всем мире основополагающим вкладом в развитие статистической теории связи.

Таким образом, вслед за такими самостоятельными научными дисциплинами как статистическая механика, статистическая физика, в середине прошлого века возникли статистическая радиофизика, статистическая теория связи, теория информации, статистическая теория радиотехнических систем .

Всех их объединяет философская концепция индетерминизма.

Детерминизм (от лат. *determinare* — ограничивать, отделять чертой, определять границы, определять) — учение о взаимосвязи и взаимной определенности всех явлений и процессов, доктрина о всеобщей причинности.

Индетерминизм - *от лат. in* — приставка, означающая отрицание (индетерминизм), философское учение, которое отрицает либо объективность причинной связи, либо познавательную ценность причинного объяснения в науке.

Целью учебной дисциплины «Радиотехнические системы» является получение курсантами базовых теоретических знаний по основам теории и практики построения радиолокационных, радионавигационных, радиотехнических систем передачи информации, телеметрических систем и систем единого времени.

Задачами учебной дисциплины являются:

знакомство с принципами построения радиотехнических систем различного назначения;

знакомство с основными типами радиотехнических систем различного назначения и их функциями;

выработка практических навыков предъявления требований к основным показателям качества и эффективности радиотехнических систем.

Дисциплина относится к **обязательным дисциплинам базовой части профессионального цикла.**

Дисциплина является предшествующей (обеспечивающей) для дисциплин:

основы компьютерного проектирования и моделирования радиотехнических систем;

основы эксплуатации радиотехнических систем;

радионавигационные системы;

радиолокационные системы.

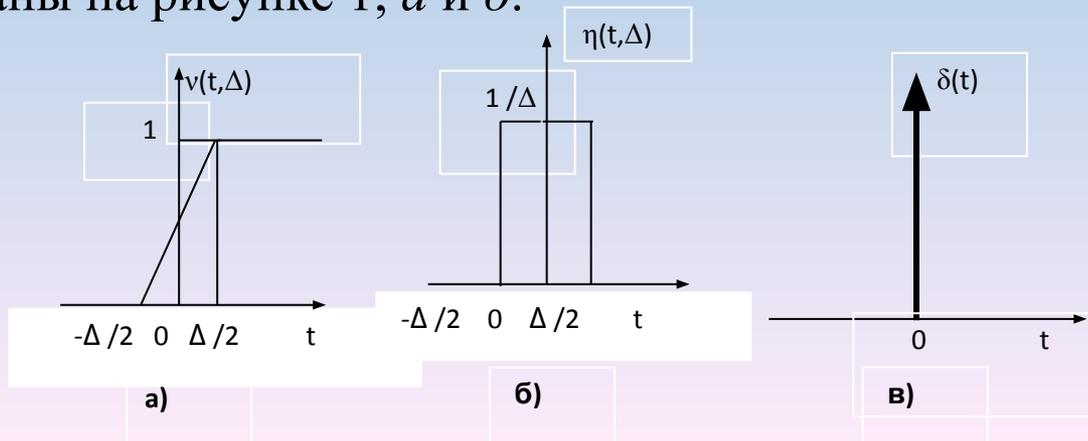
2.Взаимосвязь с другими дисциплинами. Способы математического описания сигналов.

Теория радиотехнических систем базируется прежде всего на теории электрических цепей и математике.

Поскольку сообщения, сигналы и помехи прежде всего представляются электрическими колебаниями, меняющимися во времени, то их базовой математической моделью является некоторая функция $x(t)$, значение которой меняется во времени. По своим физическим и математическим свойствам процессы $x(t)$ делятся на детерминированные и случайные.

Детерминированными или *регулярными* называются такие процессы $x(t)$, течение которых во времени можно полностью предопределить заранее.

При анализе переходных процессов в линейных цепях часто используют детерминированные испытательные сигналы $v(t, \Delta)$ и $\eta(t, \Delta)$, формы которых показаны на рисунке 1, а и б.



Сигнал $\eta(t, \Delta)$ представляет собой прямоугольный импульс с единичной площадью. Испытательные сигналы связаны между собой дифференциальными преобразованиями

$$v(t, \Delta) = \int_{-\infty}^{\infty} \eta(x, \Delta) dx, \quad \eta(t, \Delta) = \frac{dv(t, \Delta)}{dt}$$

Если параметр $\Delta \rightarrow 0$, то сигнал $v(t, \Delta)$ переходит в единичную функцию включения $1(t)$, а сигнал $\eta(t, \Delta)$ в δ -функцию (функцию Дирака, рис.1.1,в)

$$1(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} v(t, \Delta) = \begin{cases} 1, & t > 0; \\ 0, & t < 0. \end{cases} \quad \delta(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \eta(t, \Delta) = \begin{cases} \infty, & t = 0; \\ 0, & t \neq 0. \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$$

и связь между ними аналогична порождающим их функциям

$$\delta(t) = \frac{d1(t)}{dt} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1(t)$$

Для линейных стационарных (с постоянными параметрами) четырехполюсников (цепей) часто в качестве испытательных используют гармонические сигналы:

$$X(t) = U \cos(\omega t + \phi), -\infty < t < +\infty.$$

С их помощью определяют АЧХ и ФЧХ.

Преобразования сигналов, осуществляемые в различных электрических цепях можно описывать комплексным коэффициентом передачи $K(j\omega)$, характеризующим зависимость значения отклика четырехполюсника от частоты воздействующего сигнала при воздействиях на четырехполюсник в заданном режиме передачи.

$$K(j\omega) = U_2(j\omega) / U_1(j\omega)$$

Модуль комплексного коэффициента передачи $|K(j\omega)| = K(\omega)$ является коэффициентом передачи цепи, который показывает, во сколько раз изменяется амплитуда напряжения гармонических колебаний при их прохождении через электрическую цепь.

АЧХ - это зависимость коэффициента передачи радиотехнического устройства от частоты $K(\omega) = f(\omega)$.

Аргумент комплексного коэффициента передачи $\arg[K(j\omega)] = \phi(\omega)$ представляет фазо-частотную характеристику (ФЧХ) четырехполюсника и показывает на сколько изменяется фаза напряжений гармонических колебаний при их прохождении через электрическую цепь.

Среди различных математических приёмов, используемых при исследовании электрических цепей и сигналов, наиболее широко применяется представление произвольной функции в виде суммы более простых («элементарных») функций.

Задача разложения сигнала сложной формы на простейшие составляющие сходна с разложением обычного вектора \mathbf{x} в трехмерном пространстве на его составляющие по *координатным базисам единичных ортогональных векторов $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$*

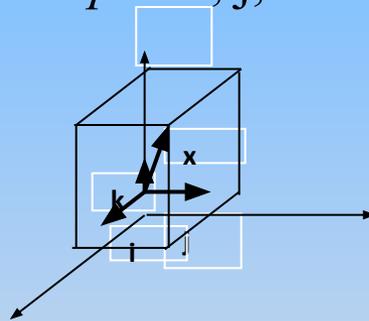


Рис 2. Представление вектора \mathbf{x} в трехмерной ортогональной системе координат

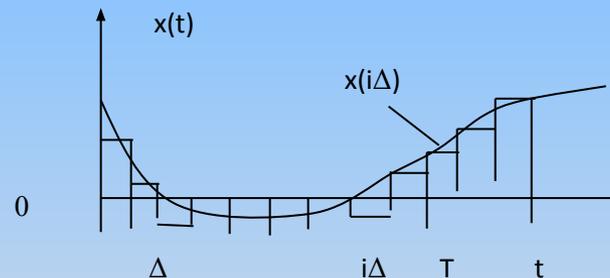


Рис. 3. Отображение непрерывной функции последовательностью прямоугольных импульсов

Такое представление можно записать, как:
$$X = x_1 \mathbf{i} + x_2 \mathbf{j} + x_3 \mathbf{k}$$

Коэффициенты x_1, x_2, x_3 представляют собой проекции вектора \mathbf{x} на координатные оси $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ и называются *координатами* вектора \mathbf{x} .

Чтобы придать множеству сигналов геометрический смысл и тем самым наглядность, в математических моделях различных сигналов используют термин *пространство*. Наиболее простой и в то же время физически достаточно содержательной является трактовка сигналов, как элементов *нормированного линейного метрического пространства*.

Линейным или *векторным* называется пространство сигналов, для элементов которого выполняются правила сложения и умножения на любое число из некоторого множества $\{\lambda\}$, называемое множеством скаляров.

Вектор x , образованный суммированием n линейно независимых (базисных) векторов ψ со скалярными коэффициентами x_i называется их линейной комбинацией

$$x = \sum_{i=0}^{n-1} x_i \psi_i$$

Размерность линейного пространства определяется числом любых линейно независимых базисных векторов $\{\psi_i\}$, образующих это пространство, которые можно рассматривать, как координатные оси пространства.

Метрическим называется линейное пространство, в котором определено *расстояние* между векторами пространства (*метрика*). Расстояние удовлетворяет следующим правилам:

- $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 0$, если $\mathbf{x} = \mathbf{y}$;
- $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = d(\mathbf{y}, \mathbf{x})$;
- $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \leq d(\mathbf{x}, \mathbf{z}) + d(\mathbf{z}, \mathbf{y})$,

где $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$ – элементы (точки) пространства.

Среди линейных метрических пространств важное место занимают нормированные пространства. Этот вид пространства определяется заданием нормы, удовлетворяющей следующим аксиомам:

$$\|\mathbf{x}\| \geq 0$$

$$\|\lambda \mathbf{x}\| = |\lambda| \|\mathbf{x}\|$$

$$\|\mathbf{x} + \mathbf{y}\| \leq \|\mathbf{x}\| + \|\mathbf{y}\|$$

Первая аксиома устанавливает, что норма есть положительное вещественное число, равное нулю только для нулевого вектора, во второй аксиоме λ - любое число (скаляр).

Евклидово пространство \mathbf{R} можно определить, как множество точек, представленных концами векторов, для которых норма:

$$\|x\| = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} x_i^2}$$

Норма есть обобщение длины единичного вектора сигнала в n - мерном пространстве.

Расстояние между двумя векторами x и y определяется, как норма разности векторов:

$$d(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (x_i - y_i)^2}$$

Для евклидова пространства есть понятие **скалярного произведения двух векторов x и y** :

$$(x, y) = \sum_{i=0}^{n-1} x_i y_i = \|x\| * \|y\| * \cos \varphi$$

Для проекций x на y и обратно, y на x , имеем:

$$\|x\| \cos \varphi = \frac{(x, y)}{\|y\|} \qquad \|y\| \cos \varphi = \frac{(x, y)}{\|x\|}$$

При $n \rightarrow \infty$ пространство \mathbf{R} переходит в бесконечномерное пространство Гильберта, обозначаемое L .

Норма имеет не только геометрический, но и отчётливый физический смысл. Так, если за норму принять сигнал $x(t)$ – вещественный электрический ток в единичном сопротивлении 1 Ом, то квадрат нормы определяет энергию сигнала.

$$\|x\|^2 = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t) dt = E_x$$

Рассмотрим последовательность n одинаковых опытов. Предположим, что в результате каждого опыта регистрируется появление некоторого события A . Естественной характеристикой события A в этой последовательности опытов является частота его появления, т. е. отношение числа его появлений или число интересующих нас событий $n_{\text{инт}}$ к числу всех проведенных опытов. Обозначая частоту события A через вероятность $P(A)$, можно записать

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n_{\text{инт}}}{n}$$

Использование вероятности позволит оценить качество процесса передачи информации.

3.Методические рекомендации по изучению дисциплины

Дисциплина "Радиотехнические системы" будет изучаться вами в шестом семестре в объеме 180 часов.

Вам будет прочитана:

21 лекция,

проведено: 6 практических занятий,

7 групповых занятий,

1 семинар,

1 лабораторная работа,

одна контрольная работа.

По окончанию качество усвоения материала проверяется на экзамене.

Основная литература:

1. Биккенин Р.Р., Чесноков М.Н. Теория электрической связи. Учебное пособие для вузов (рекомендовано УМО в области телекоммуникаций). -М.: Академия, 2010.

2. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Учебник (рекомендован УМО для студентов высших учебных заведений) – М.: «Радиотехника», 2004.

3. Бакулев П.А. Радионавигационные системы. Учебник (рекомендован УМО для студентов высших учебных заведений) – М.: «Радиотехника», 2011.

Лекция окончена.

У кого есть вопросы?