

# *Введение в предмет «Микросхемотехника»*

План:

1. Классификация электронных цепей. Основы электронных схем и микросхем
2. Классификация электронных цепей
3. Форма и параметры непрерывных сигналов и импульсов

Курс “Микросхемотехника” является важной частью инженерной подготовки специалистов по направлению “Электроника и приборостроение”. Технический прогресс современной техники широко базируется на применении электронных устройств. При изучении курса студенты должны понять принципы действия и возможности электронных устройств, уметь грамотно эксплуатировать эти устройства и квалифицированно формулировать задания на их разработку.

Электронная схема — изделие, сочетание отдельных электронных компонентов, таких как резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы и интегральные микросхемы, соединённых между собой, для выполнения каких либо задач или схема (рисунок) с условными знаками.

Различные комбинации компонентов позволяют выполнять множество как простых, так и сложных операций, таких как усиление сигналов, обработка и передача информации и так далее. Электронные схемы строятся на базе дискретных компонентов, а также интегральных схем, которые могут объединять множество различных компонентов на одном полупроводниковом кристалле. Соединения между элементами могут осуществляться посредством проводов, однако в настоящее время чаще применяются печатные платы, когда на изолирующей основе различными методами (например, фотолитографией) создаются проводящие дорожки и контактные площадки, к которым припаиваются компоненты. Для разработки и тестирования электронных схем применяются макетные платы, позволяющие при необходимости быстро вносить изменения в электронную схему.

Раздел электроники, изучающий проектирование и создание электронных схем, называется схемотехника (микросхемотехникой).

За каждым элементом закреплено стандартное обозначение: например, проводники обозначаются линиями, резисторы — прямоугольниками и так далее. При анализе реальных схем следует учитывать паразитные элементы: так, у реальных соединительных проводников существует сопротивление и индуктивность, несколько лежащих рядом проводников образуют ёмкость и так далее. В цифровых схемах сигнал может принимать только несколько различных дискретных состояний, которые обычно кодируют логические или числовые значения[3]. В подавляющем большинстве случаев используется бинарная (двоичная) логика, когда одному определённому уровню напряжения соответствует логическая единица, а другому — ноль. В цифровых схемах крайне широкое применение находят транзисторы, из которых строятся логические ячейки (вентили): И, ИЛИ, НЕ и их различные комбинации. Также, на базе транзисторов создаются триггеры — ячейки, которые могут находиться в одном из нескольких устойчивых состояний, и переключаться между ними при подаче внешнего сигнала. Последние могут быть использованы как элементы памяти: например, SRAM (статическая оперативная память с произвольным доступом) сделана на их основе. Другой тип памяти — DRAM — основан на способности конденсаторов запасать электрический заряд.

В цифровых схемах сигнал может принимать только несколько различных дискретных состояний, которые обычно кодируют логические или числовые значения. В подавляющем большинстве случаев используется бинарная (двоичная) логика, когда одному определённом уровню напряжения соответствует логическая единица, а другому — ноль. В цифровых схемах крайне широкое применение находят транзисторы, из которых строятся логические ячейки (вентили): И, ИЛИ, НЕ и их различные комбинации. Также, на базе транзисторов создаются триггеры — ячейки, которые могут находиться в одном из нескольких устойчивых состояний, и переключаться между ними при подаче внешнего сигнала. Последние могут быть использованы как элементы памяти: например, SRAM (статическая оперативная память с произвольным доступом) сделана на их основе. Другой тип памяти — DRAM — основан на способности конденсаторов запасать электрический заряд.

Гибридные схемы объединяют элементы, относящиеся к аналоговой и цифровой схемотехнике. Среди прочих, к ним относятся компараторы, мультивибраторы, ФАПЧ, ЦАП, АЦП. Большинство современных радиоприборов и устройств связи используют гибридные схемы. К примеру, приёмник может состоять из аналогового усилителя и преобразователя частот, после чего сигнал может быть преобразован в цифровую форму для дальнейшей обработки.

Электрической цепью называется совокупность устройств, предназначенных для прохождения электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий напряжения и тока. В общем случае электрическая цепь состоит из источников и приемников электрической энергии и промежуточных звеньев (проводов, аппаратов), связывающих источники с приемниками.

а) Классификация электрических цепей

1) Электрические цепи делятся на простые и сложные. К признакам, определяющим простую цепь, можно отнести:

- наличие только одного источника энергии (сигнала);
- возможность до расчётов указать истинные направления токов во всех ветвях;
- соединение элементов цепи выполнено по правилам последовательного, параллельного и смешанного соединений.

Отсутствие любого из этих признаков может переводить цепь в категорию сложных.

Последовательное- соединение группы идеализированных двухполюсных элементов, при котором через них протекает один и тот же ток.

Параллельное- соединение группы идеализированных двухполюсных элементов, при котором все элементы находятся под одним и тем же напряжением.

Смешанное- комбинация последовательного и параллельного соединений

Для анализа простых цепей используется два метода:

- метод свёртки схемы цепи относительно зажимов источника (он же метод определения входного или эквивалентного сопротивления);
- метод пропорциональных (определяющих) величин.

Методы анализа сложных цепей, например - метод контурных токов (МКТ) и метод узловых напряжений (МУН).

2) В зависимости от характера соединения идеализированных двухполюсных элементов различают неразветвлённые и разветвлённые цепи.

В неразветвлённой цепи через все элементы протекает один и тот же ток. В разветвлённой цепи токи через различные элементы могут быть не одинаковы.

3) В теории электрических цепей различают **активные** и **пассивные** элементы.

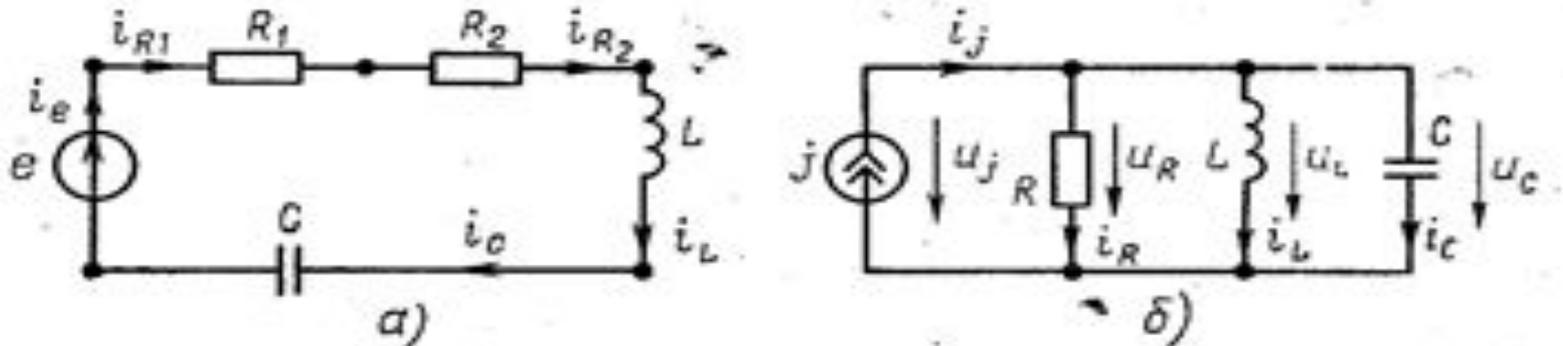


Рис. 1.1. Схемы неразветвленной (а) и разветвленной электрических цепи (б)

### Соответственно различают активные и пассивные цепи.

4) Цепь, составленная целиком из линейных элементов, называется линейной. Цепь, содержащая хотя бы один нелинейный элемент, называется нелинейной.

#### **б) Классификация элементов**

Под элементами в теории электрических цепей подразумеваются обычно не физически существующие составные части электротехнических устройств, а их идеализированные модели, которым

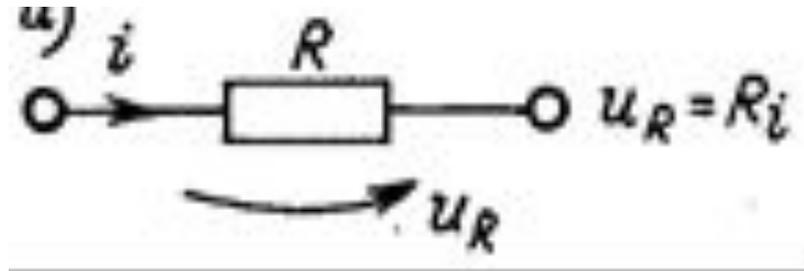
теоретически приписываются определенные электрические и магнитные свойства, так что они в совокупности приближенно отображают явления, происходящие в реальных устройствах.

В теории электрических цепей различают *активные* и *пассивные* элементы.  
Соответственно различают активные и пассивные цепи.

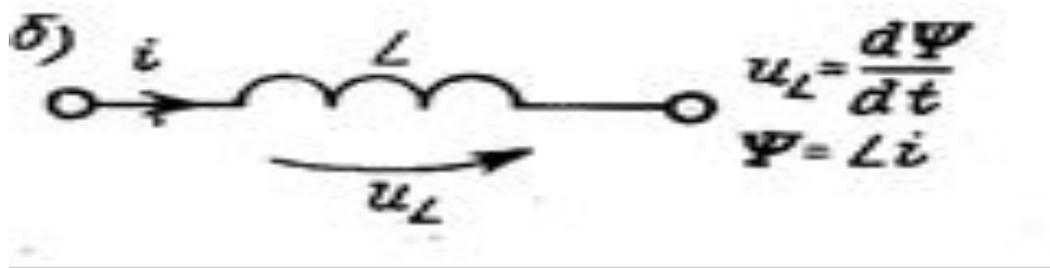
Элементы электрической цепи, осуществляющие преобразование других видов энергии в электромагнитную, расходуемую и запасаемую в других элементах, называются источниками или активными элементами цепи. Активными элементами считаются источники электрической энергии: источники напряжения и источники тока.

Элементы цепи, осуществляющие необратимое потребление электромагнитной энергии или ее накопление, являются пассивными элементами. К пассивным элементам электрических цепей относятся сопротивления, индуктивности и емкости.

**Пассивные элементы.** Необратимое потребление энергии с преобразованием ее в тепловую, механическую, химическую, акустическую осуществляется в резистивном элементе  $R$ . При согласованных направлениях отсчета тока и напряжения, указанных на рисунке, имеем связь, выражаемую законом Ома:  $u_R = Ri$ , где  $R$  — сопротивление элемента — параметр, выражающий интенсивность потребления энергии.



Накопление энергии в магнитном поле осуществляется в индуктивном элементе  $L$ , в котором при протекании тока  $i$ , изменяющегося во времени, изменяется потокосцепление  $\psi = Li$  и наводится ЭДС ( $e = -d\psi/dt$ ).



Процесс накопления энергии в электрическом поле осуществляется в емкостном элементе  $C$ , ток которого определяется скоростью изменения заряда на обкладках элемента, который, в свою очередь, связан с напряжением между обкладками выражением , где  $C$  — ёмкость элемента.

Зависимости  $u(i)$  резистора,  $\psi(i)$  индуктивной катушки,  $q(i)$  конденсатора — характеристики элементов — в общем случае имеют нелинейный характер. Обладающие такими характеристиками элементы называются **нелинейными**. При линейности соответствующей характеристики параметры  $R$ ,  $L$  или  $C$  постоянны, и элементы называются **линейными**.

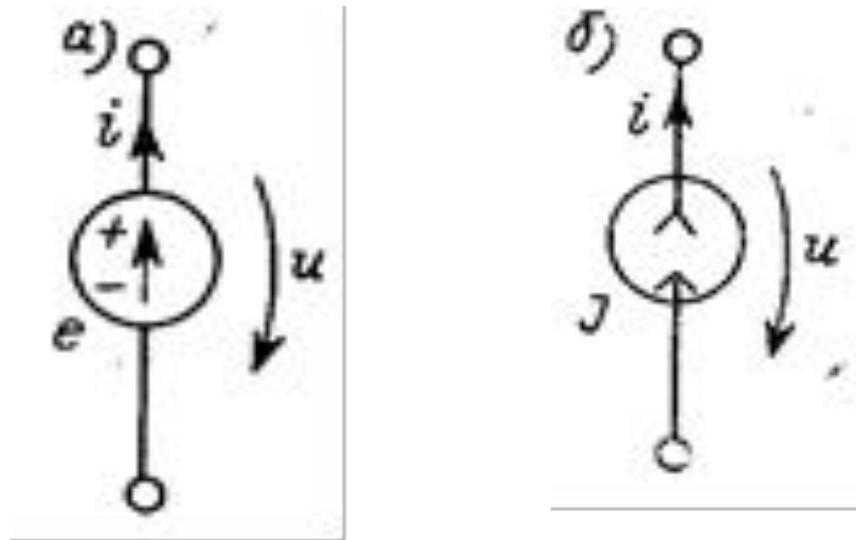
Цепь, составленная целиком из линейных элементов, называется линейной. Энергия, накапливаемая в линейных элементах  $L$  и  $C$ , выражается как

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}; i_C = C \frac{du_C}{dt}$$

Цепь, содержащая хотя бы один нелинейный элемент, называется нелинейной. **Активные элементы.** Реальные источники энергии часто работают в одном из следующих режимов:

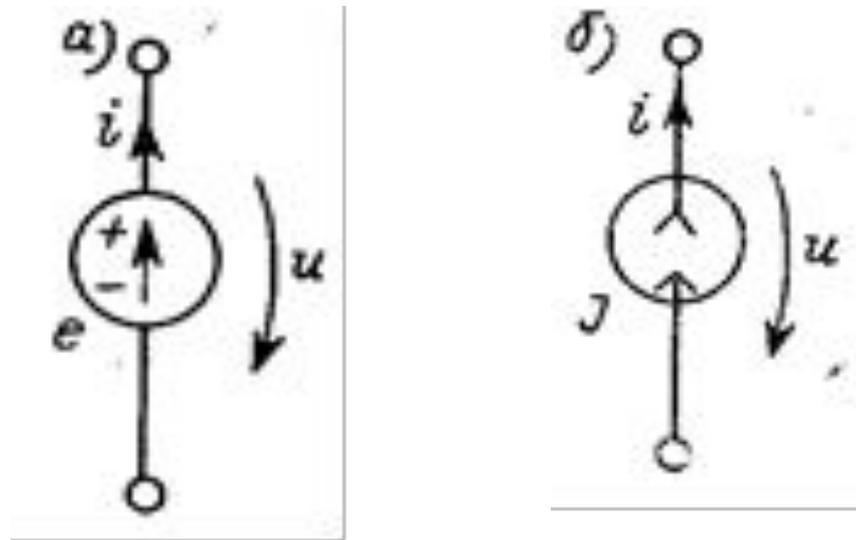
- 1) во всем диапазоне допустимых значений тока напряжение на зажимах мало зависит от протекающего тока;
- 2) наоборот, в рабочем диапазоне ток, генерируемый источником, мало зависит от напряжения на его зажимах.

Идеализация свойств источников 1-го типа приводит к источнику ЭДС  $e$  — элементу, напряжение на зажимах которого не зависит от протекающего через этот источник тока  $i$ , а определяется лишь внутренними свойствами источника. Стрелка внутри кружка, схематически изображающего источник ЭДС, показывает направление действия ЭДС — направление, в котором за счет преобразования энергии осуществляется перемещение положительных зарядов внутри источника.



Если к зажимам источника присоединить пассивный элемент, то это электрическое поле вызовет движение положительных зарядов во внешней цепи — электрический ток  $i$  в направлении стрелки. Идеализация свойств источников 2-го типа — это источник тока, ток которого  $J$  не зависит от напряжения  $u$  на его зажимах.

Идеализация свойств источников 1-го типа приводит к источнику ЭДС  $e$  — элементу, напряжение на зажимах которого не зависит от протекающего через этот источник тока  $i$ , а определяется лишь внутренними свойствами источника. Стрелка внутри кружка, схематически изображающего источник ЭДС, показывает направление действия ЭДС — направление, в котором за счет преобразования энергии осуществляется перемещение положительных зарядов внутри источника.



Если к зажимам источника присоединить пассивный элемент, то это электрическое поле вызовет движение положительных зарядов во внешней цепи — электрический ток  $i$  в направлении стрелки. Идеализация свойств источников 2-го типа — это источник тока, ток которого  $J$  не зависит от напряжения  $u$  на его зажимах.

При описании свойств компонентов электронных цепей (например, биполярных и полевых транзисторов) возникает необходимость ввести так называемые управляемые (зависимые) источники ЭДС и тока, параметры которых в отличие от рассмотренных выше независимых источников зависят от напряжений или токов на других участках рассматриваемой электрической цепи. Можно ввести четыре типа управляемых источников.

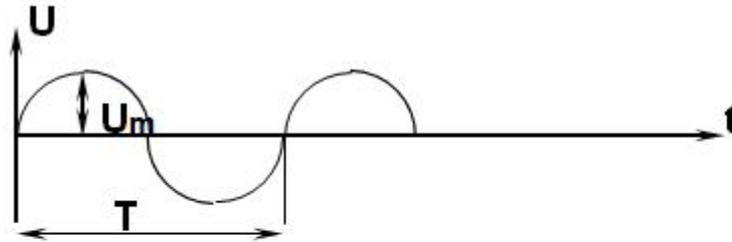
1) Источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН) или усилитель напряжения.

2) Источник напряжения, управляемый током (ИНУТ)

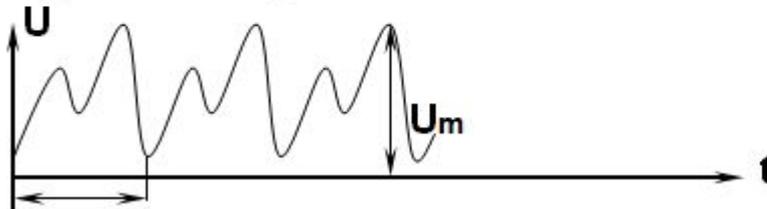
3) Источник тока, управляемый напряжением (ИТУН).

3) Источник тока, управляемый током (ИТУТ) или усилитель тока.

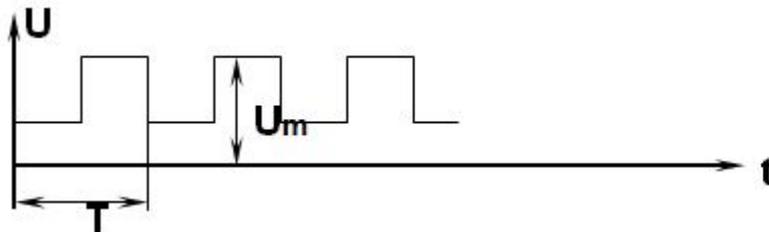
Преобразование Фурье (Жан-Батист Жозеф Фурье, 1768–1830 символ  $\mathcal{F}$ ) – операция, сопоставляющая одной функции вещественной переменной другую функцию вещественной переменной. Эта новая функция описывает коэффициенты («амплитуды») при разложении исходной функции на элементарные составляющие – гармонические колебания с разными частотами (подобно тому, как музыкальный аккорд может быть выражен в виде суммы музыкальных звуков, которые его составляют).



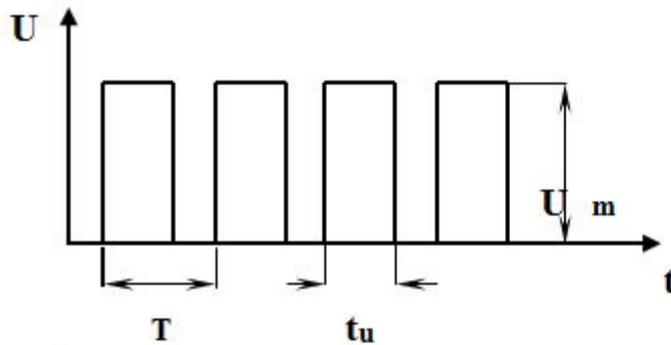
Непрерывный периодический  
синусоидальный



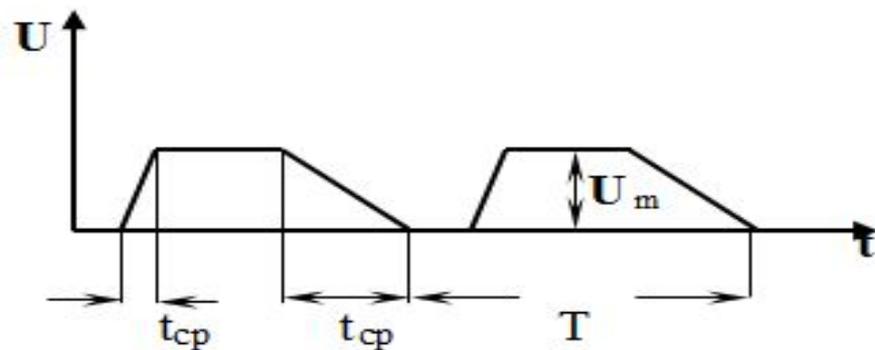
Непрерывный периодический  
несинусоидальный



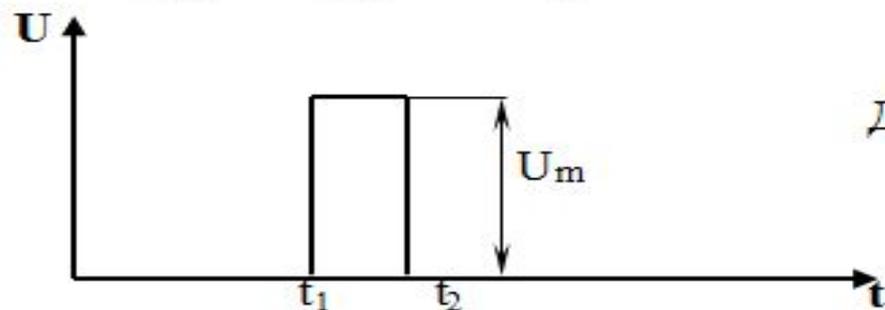
Непрерывный периодический  
импульсный



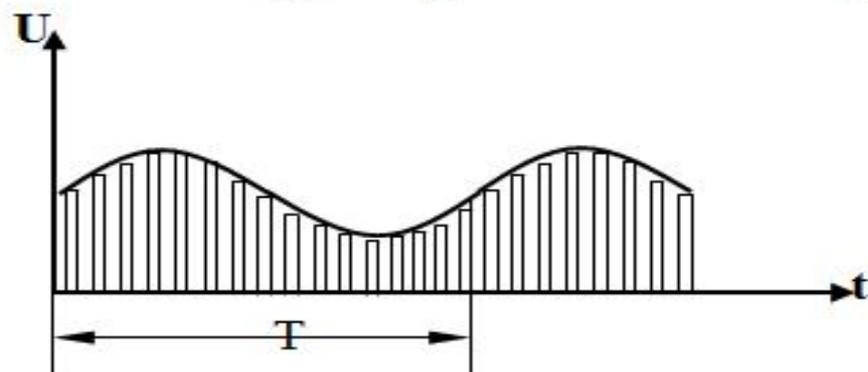
Периодический дискретный  
импульсный прямоугольный



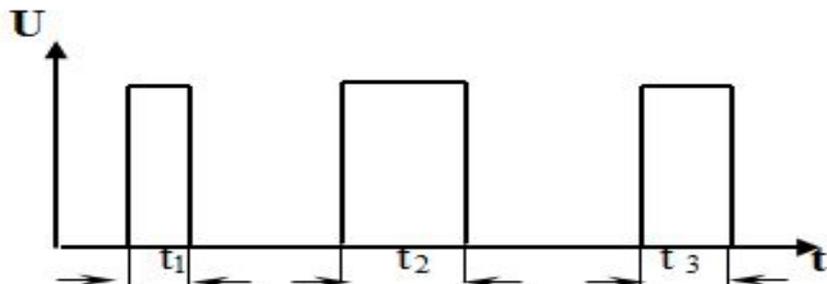
Периодический дискретный  
импульсный трапецидальный



Дискретный непериодический  
прямоугольный одиночный



Дискретный периодический  
импульсный модулированный  
по амплитуде



Дискретный периодический  
модулированный по длительности  
импульсный (случайный)

Сигналы делятся на детерминированные и случайные. Детерминированный сигнал – это сигнал, значение которого в любой момент времени полностью известно, т.е. их можно предсказать с вероятностью равной единице. Случайные сигналы - это сигналы, значения которых в любой момент времени невозможно предсказать с вероятностью равной единице. Все сигналы, которые несут в себе информацию, являются случайными, т.к. полностью детерминированный сигнал, информации не содержит. В курсе «Микросхемотехника» мы имеем дело с детерминированными сигналами, которые делятся на непрерывные и импульсные. Они входят в состав управляющих сигналов. Непрерывными сигналами называются сигналы, которые продолжаются от времени  $t = -\infty$  до  $t = +\infty$ . Они в свою очередь делятся на периодические и непериодические. Периодические сигналы повторяются через равные промежутки времени, которые называются периодом ( $T$ ). Если же повторения прерывается в какую-то часть времени, то этот сигнал относят к непериодическим. Импульсные сигналы имеют энергию отличную от нуля в конечном интервале времени.

Ключевые слова: сигнал, случайный и детерминированный, электронные цепи,