



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Сибирский федеральный университет

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Кафедра «Радиотехника»



Красноярск, 2008



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Сибирский федеральный университет
Кафедра «Радиотехника»

К.т.н., доцент Алешечкин Андрей Михайлович

Метрология и радиоизмерения

Лекция 5. Измерение напряжений

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Направление 210200.62 Радиотехника

План лекции

- 1 Приборы для измерения напряжений
- 2 Методы измерения напряжений
- 3 Значения измеряемых напряжений

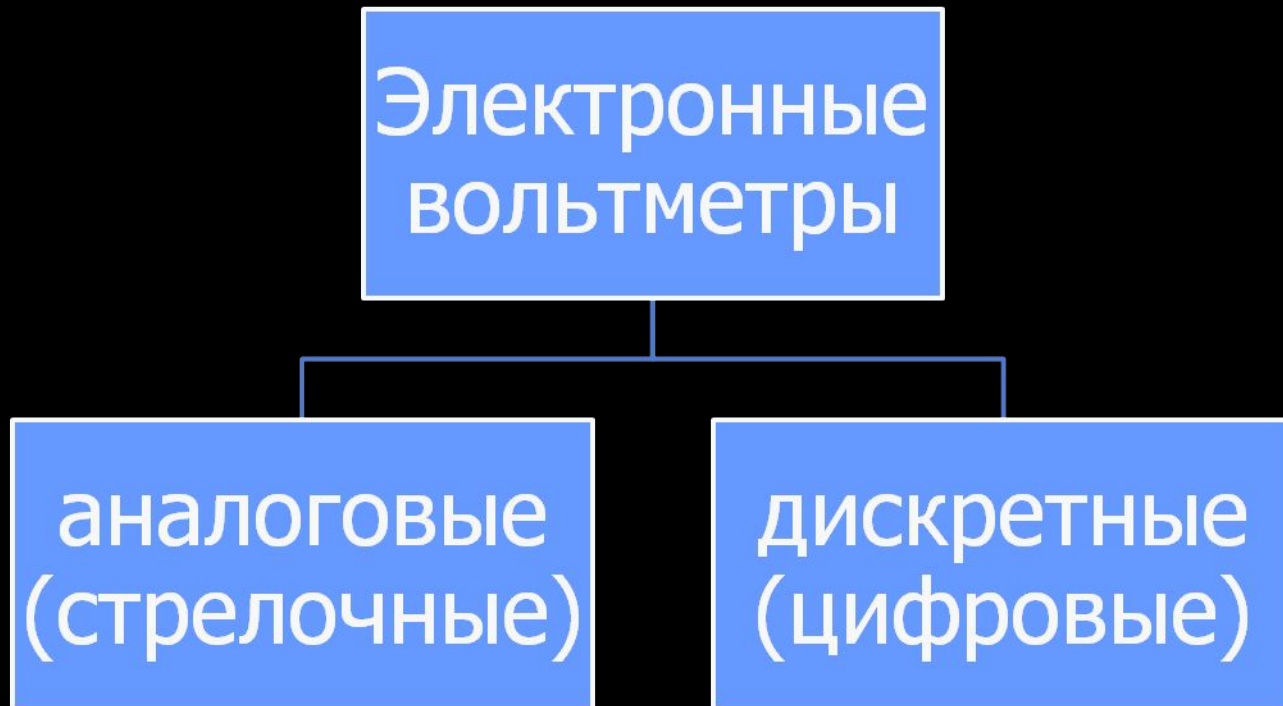
ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

В соответствии с ГОСТ 15094-69 приборы для измерения напряжения относятся к группе «В» и содержат в себе следующие виды приборов

- В1-установки или приборы для проверки вольтметров
- В2-вольтметры постоянного тока;
- В3-вольтметры переменного тока;
- В4-вольтметры импульсного тока;
- В5-вольтметры фазочувствительные (векторометры);
- В6-вольтметры селективные;
- В7-вольтметры универсальные;
- В8-измерители отношения напряжений и (или) разности напряжений.
- В9-преобразователи напряжений.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

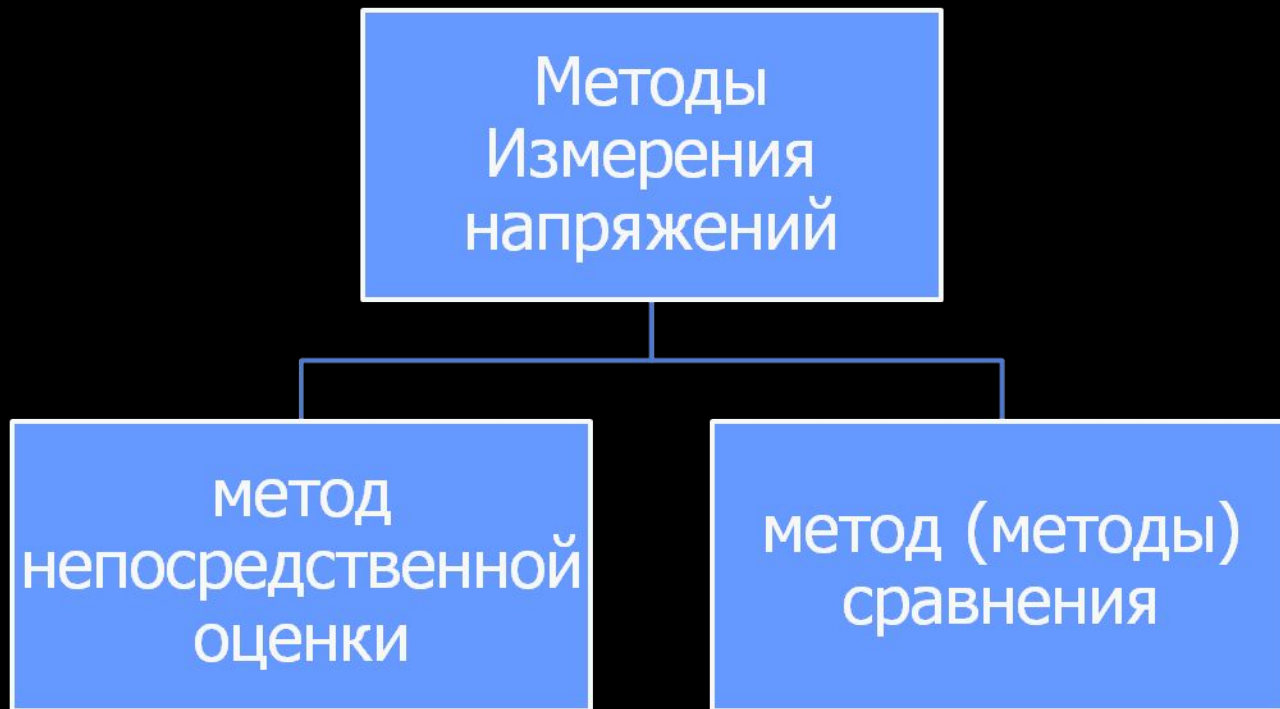
- Электронным вольтметром называется прибор, показание которого вызывается током электронных приборов, т.е. энергией источника питания вольтметра .



Перед измерением тока и напряжения нужно всегда иметь представления (хотя бы ориентировочные) о его:

- Частоте
- Форме
- Ожидаемом значении
- Требуемой точности измерения (если это невозможно, то обязательно надо составить модель сигнала)

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ



Метод непосредственной оценки

- Осуществляется с помощью прямопоказывающих приборов – амперметров и вольтметров со шкалами, градуированными в единицах измеряемой величины.
- Амперметры включаются последовательно с нагрузкой (в разрыв цепи)
- Вольтметры параллельно нагрузке (то есть участку цепи, падение напряжения на котором надо измерить)
- При измерении I сопротивление амперметра должно быть много меньше R_n
- При измерении U сопротивление вольтметра должно быть много больше R_n .
- При увеличении частоты измеряемого напряжения погрешность увеличивается

Метод (методы) сравнения

- Более высокую точность измерения напряжений, чем в методе непосредственной оценки
- При использовании аналоговых приборов его осуществляют с помощью компенсаторов
- Компенсатор – это прибор который в момент измерения мощность от измеряемой цепи не потребляет.

ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ



ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

1. **Пиковое значение** (амплитудное для синусоидальных сигналов) – это наибольшее мгновенное значение напряжения за время измерения (или за период).

- При разнополярных несимметричных кривых напряжения различают положительное и отрицательное пиковое значение (рис. 5.1.);
- О пиковом значении напряжения случайного сигнала можно говорить только в вероятностном смысле.

Рис. 5.1. Иллюстрации к понятию амплитуды переменного напряжения

Преобразователи пикового значения.

В этом случае напряжение на выходе преобразователя соответствует пиковому значению входного напряжения.

Такой преобразователь должен содержать элемент, запоминающий пиковое значение напряжения. Обычно, это интегрирующий конденсатор C , заряжаемый через диод D до пикового значения.

Пиковый преобразователь является самым высокочастотным (точнее самым широкополосным) преобразователем переменного входного напряжения в постоянное. Он имеет как открытый, так и закрытый входы.

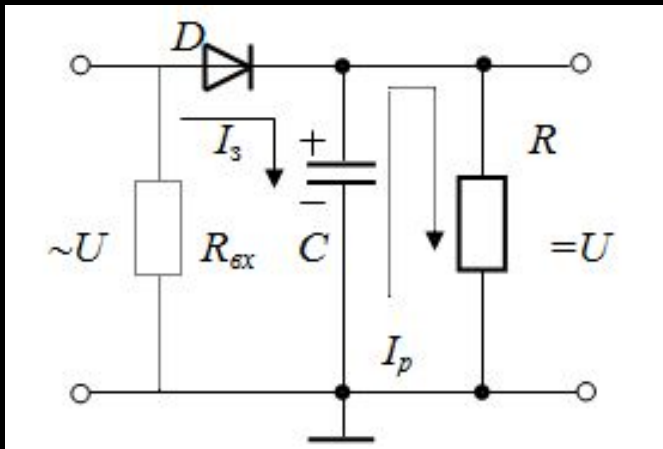
Для обеих схем должно выполняться условие

$$\tau_z = R_i C \ll \tau_p = RC$$

Кроме того, необходимо, чтобы постоянная времени заряда τ_z была меньше самого высокочастотного периода измеряемого напряжения, а постоянная времени разряда τ_p значительно больше самого низкочастотного периода измеряемого напряжения.

Преобразователи пикового значения.

Пиковый преобразователь с открытым входом



В начальный момент напряжение к диоду приложено почти целиком, поскольку $C \gg C_{\phi}$ (обычно от сотен пФ до десятков нФ).

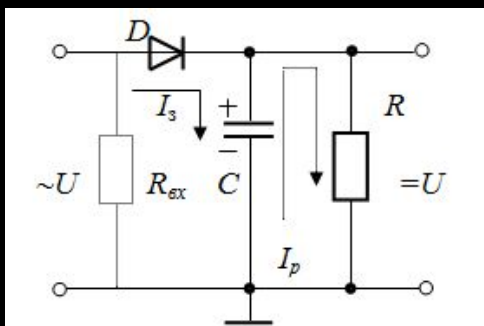
За несколько полупериодов конденсатор зарядится почти до амплитудного значения напряжения, так как $\tau_3 \ll \tau_p$.

За несколько полупериодов конденсатор зарядится почти до амплитудного значения напряжения, так как $\tau_3 \ll \tau_p$. По мере повышения напряжения на обкладках конденсатора C разность потенциалов между анодом и катодом диода ($U_a = U_x - U_c$) уменьшается – преобразователь представляет собой схему с автоматическим смещением.

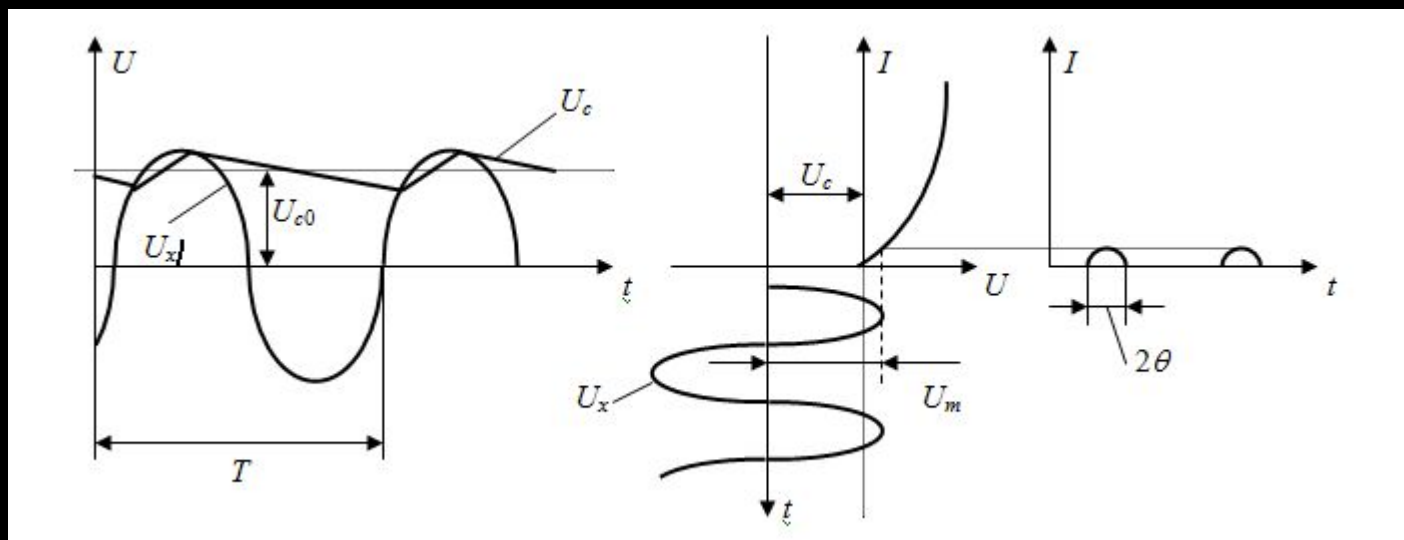
ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Преобразователи пикового значения.

Пиковый преобразователь с открытым входом



В установившемся режиме напряжение на катоде диода $U_c \approx U_m$, но из-за небольшого разряда конденсатора это напряжение немного уменьшается, и через диод проходят импульсы тока малой амплитуды, пополняя заряд конденсатора. Ток через диод течёт лишь в течение части периода, который характеризуется углом отсечки Θ



ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

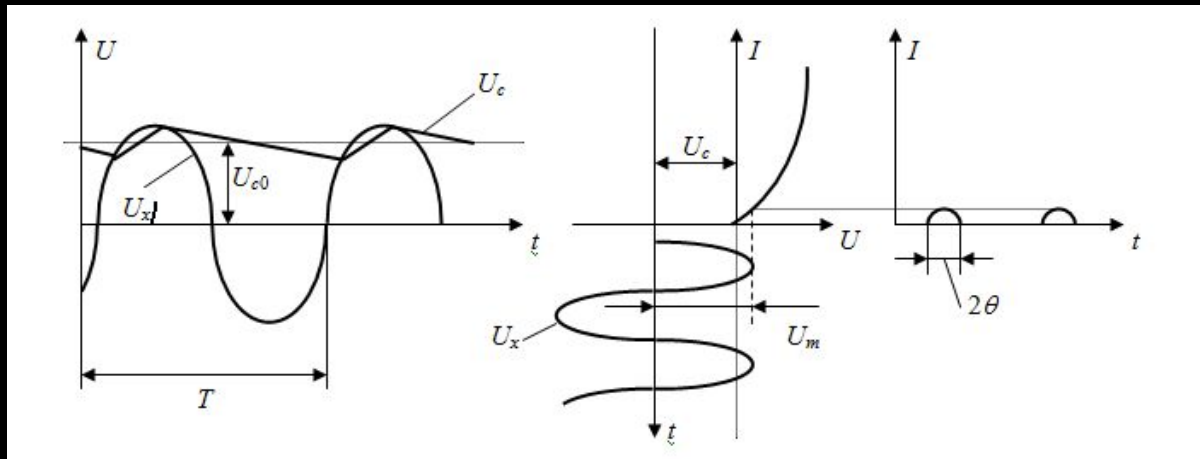
Преобразователи пикового значения.

Пиковый преобразователь с открытым входом

Напряжение на выходе измеряется стрелочным вольтметром. Оно тем ближе к амплитудному значению, чем меньше угол отсечки Θ

$$U_c = U_m \sin(90^\circ - \Theta) = U_m \cos \Theta.$$

При наличии постоянной составляющей U_0 во входном напряжении ($U_x = U_0 + U'_m \sin \omega t$), напряжение, измеряемое вольтметром, зависит не только от амплитуды переменной, но и от постоянной составляющей.



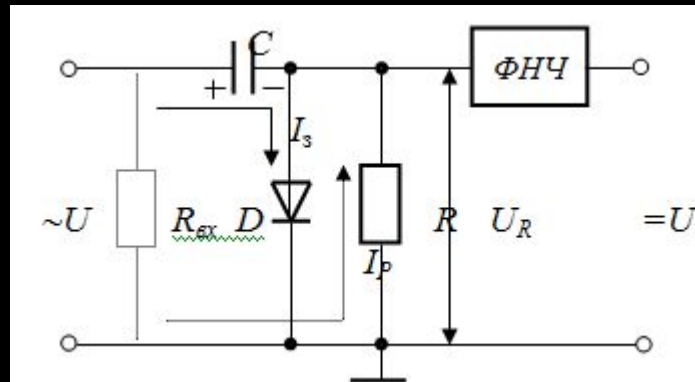
Конденсатор C заряжается до напряжения, определяемого суммарным воздействием постоянной и переменной составляющих напряжения, которое подводится к преобразователю, то есть до пикового значения $U_m = U'_m + U_0$.

ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Преобразователи пикового значения.

Пиковый преобразователь с закрытым входом

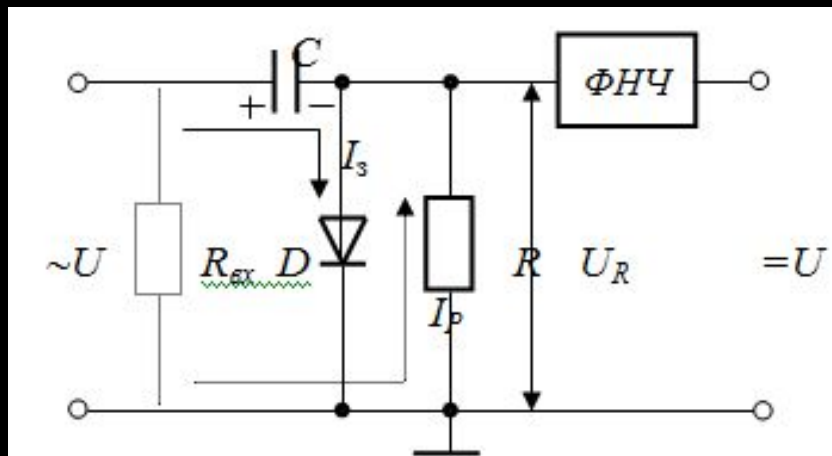
В пиковом преобразователе с закрытым входом (считаем, что к нему подведено измеряемое напряжение $u_x = U_0 + U'_m \sin \omega t$) в течение нескольких полупериодов конденсатор заряжается через диод D почти до суммы напряжений $U_0 + U'_m$. Так как сопротивление резистора R велико (следовательно, велико и значение постоянной времени разряда), то напряжение U_c меняется весьма незначительно и, следовательно, его можно считать, с некоторым приближением, постоянным. Поэтому можно рассматривать конденсатор C как источник постоянного напряжения, в котором $U_c \approx U_0 + U'_m$



ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Преобразователи пикового значения.

Пиковый преобразователь с закрытым входом



ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

2. **Среднее значение** за время измерения (за период) – это постоянная составляющая измеряемого напряжения

3. **Средневыпрямленное значение** – это среднее значение абсолютных мгновенных значений напряжения

Если $T = 1$, то $U_{\text{ср. в}}$ равно площади под кривой напряжения

Рис. 5.2. Иллюстрация к понятию средневыпрямленного значения переменного напряжения

ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

4. Среднеквадратическое значение напряжения за время измерения (за период)

Квадрат среднеквадратического значения напряжения периодического сигнала несинусоидальной формы равен сумме квадратов значений постоянной составляющей и всех гармонических составляющих этого напряжения

где $1, 2, \dots, k$ – номер гармоники

Среднеквадратическое значение периодического напряжения сложной формы не зависит от фазовых соотношений между его гармоническими составляющими.

ЗНАЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

- Связь между пиковым U_m и среднеквадратическим U значением напряжения:

где k_a - коэффициент амплитуды

- Связь между среднеквадратическим U и средневывпрямленным:

где k_{ϕ} - коэффициент формы

Например:

- для синусоидального напряжения: $k_a = 1,41$; $k_{\phi} = 1,1$.
- для пилообразного напряжения: $k_a = 1,73$; $k_{\phi} = 1,16$.
- для прямоугольного симметричного (меандра): $k_a = k_{\phi} = 1$.