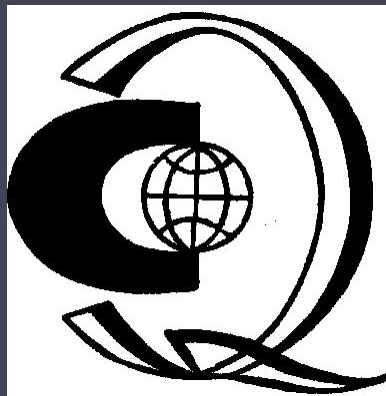




КАФЕДРА МЕТРОЛОГИИ И СИСТЕМ КАЧЕСТВА

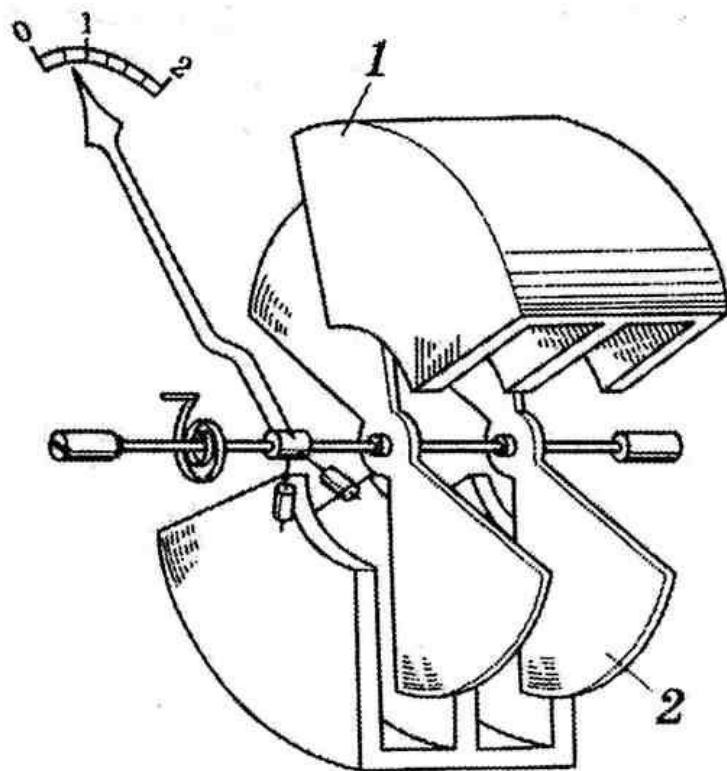
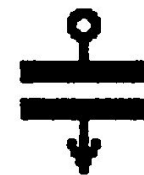
Лекция 11

Электростатические измерительные приборы.

Электронные аналоговые вольтметры.

Общие сведения

Электростатические вольтметры



- В электростатических приборах вращающий момент создается в результате взаимодействия двух систем электрически заряженных металлических электродов, одна из которых является подвижной

1 – неподвижные электроды
2 – подвижные электроды

Электростатические вольтметры

- Конструктивно электростатические приборы представляют собой разновидность плоского конденсатора, так как в результате перемещения подвижной части изменяется емкость системы. Измеряемое напряжение U , приложенное к подвижным и неподвижным электродам, создает между ними электростатическое поле, энергия которого

$$A = \frac{CU^2}{2}$$

Электростатические вольтметры

- Электростатические силы взаимодействия заряженных электродов создают вращающий момент, под действием которого подвижные электроды втягиваются в пространство между неподвижными и изменяют активную площадь электродов, т.е. изменяют емкость C :

$$M_{\text{вр}}^{\cdot} = \frac{dA}{d\alpha} = \frac{1}{2} \frac{dC}{d\alpha} U^2$$

Электростатические вольтметры

- Подвижные электроды втягиваются до тех пор, пока вращающий момент не станет равным противодействующему моменту:

$$M_{np} = W\alpha$$

- Из условия равенства моментов следует

$$\alpha = \frac{1}{2W} \frac{dC}{d\alpha} U^2$$

Электростатические вольтметры

- При измерении переменных напряжений мгновенное значение вращающего момента

$$m(t) = \frac{1}{2} \frac{dC}{d\alpha} u^2(t)$$

где $u(t)$ – мгновенное значение измеряемого напряжения.

- Прибор реагирует на среднее значение вращающего момента:

$$M_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T m(t) dt = \frac{1}{2} \frac{dC}{d\alpha} \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt = \frac{1}{2} \frac{dC}{d\alpha} U^2$$

Электростатические вольтметры

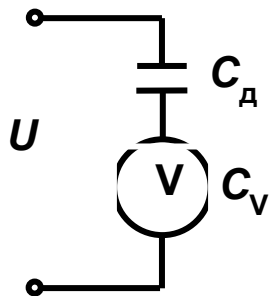
- Уравнение шкалы $\alpha = \frac{1}{2W} \frac{dC}{d\alpha} U^2$
- Подбором формы и расположения электродов добиваются изменения множителя $\frac{dC}{d\alpha}$ вдоль шкалы.

При малых значениях напряжения этот множитель имеет максимальное значение, затем уменьшается с увеличением α . В результате шкала прибора близка к линейной за исключением небольшого начального участка.

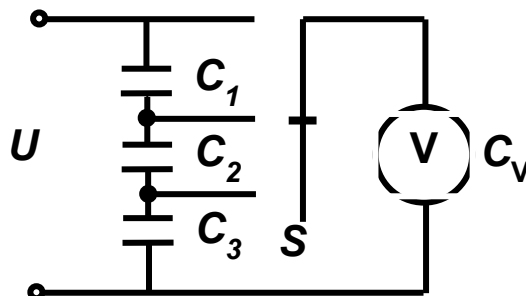
Электростатические вольтметры

- Пределы измерений на переменном токе расширяют путем включения добавочного конденсатора или емкостного делителя. На постоянном токе используют резистивный делитель напряжения.

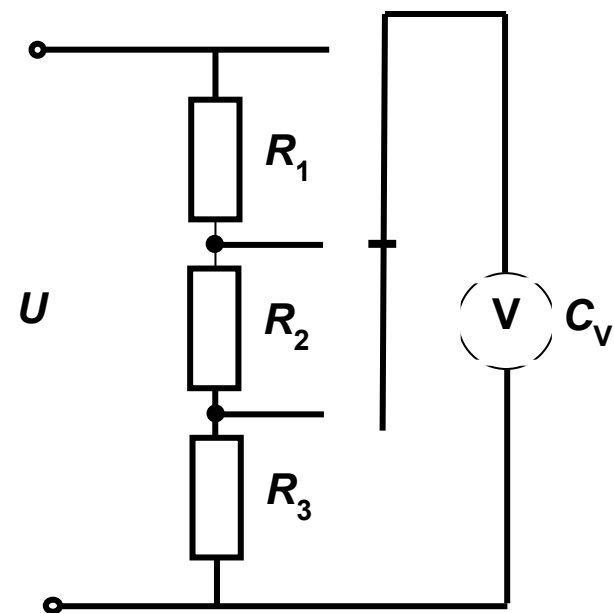
Расширение пределов измерений



а)



б)



в)

Электростатические вольтметры

Достоинства:

- **высокое входное сопротивление;**
- **малая входная емкость;**
- **возможность использования как в цепи постоянного, так и переменного токов;**
- **широкий частотный диапазон (до 30 МГц);**
- **независимость показаний от формы кривой измеряемого напряжения;**
- **независимость показаний от внешних магнитных полей;**
- **малая температурная погрешность.**

Недостатки:

- **нелинейная шкала;**
- **малая чувствительность из-за слабого собственного электрического поля;**
- **невысокая точность (класс точности 1,0; 1,5),**
- **возможность пробоя между электродами при высоком напряжении;**
- **необходимость экрана от внешних электрических полей**

Применение электростатических вольтметров

Электростатические вольтметры применяют для измерения в цепях с маломощными источниками и в цепях высокого напряжения Точность электростатических приборов можно получить высокой за счет применения специальных конструктивно-технологических мероприятий по снижению погрешностей. В настоящее время разработаны переносные приборы классов точности 0,2; 0,1 и 0,05

Электростатические вольтметры

- Кроме измерения напряжения электростатические приборы используют для измерения других электрических величин (мощности, сопротивления, индуктивности и т. п.).
- Измерительные механизмы электростатической системы применяют также во многих специальных приборах (автокомпенсаторах, компараторах, высокочувствительных электрометрах и др.).

Электронные аналоговые вольтметры

Электронные аналоговые вольтметры

- Аналоговый электронный вольтметр состоит из электронного преобразователя и магнитоэлектрического измерительного механизма.



Электронные аналоговые вольтметры

Вольтметры постоянного тока В2	Измерение постоянных напряжений в диапазоне от 0,1 мкВ до 1000В
Вольтметры переменного тока В3	Измерение переменных напряжений в диапазоне от 10 мкВ до 300В с частотой от 20 до 10^9 Гц
Импульсные вольтметры В4	Измерение пиковых значений импульсных периодических сигналов различной скважности
Фазочувствительные и селективные вольтметры В5, В6	Снятие АЧХ и ФЧХ Исследование спектра периодических сигналов
Универсальные вольтметры В7	Измерение постоянных и переменных напряжений

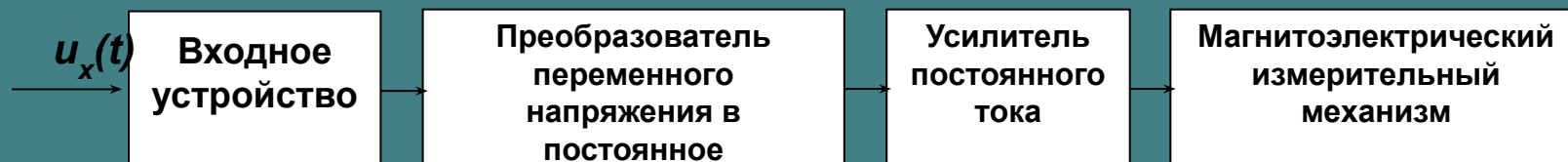
Электронные аналоговые вольтметры

- Электронные аналоговые вольтметры предназначены для измерений в радиоэлектронных цепях, электрические сигналы в которых обладают рядом специфических особенностей:
 - широкий диапазон измеряемых напряжений (от долей мкВ до десятков кВ);
 - широкая область частот (от сотых долей Гц до 10^9 Гц);
 - большое разнообразие формы сигналов;
 - в большинстве случаев источники измеряемого напряжения маломощны.

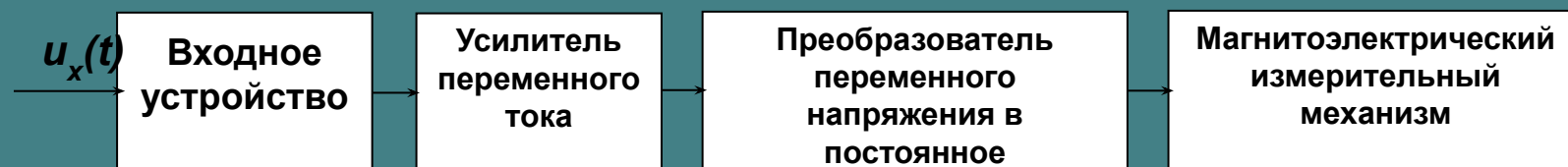
Электронные аналоговые вольтметры

- Аналоговые электронные вольтметры переменного тока выполняются по схемам:
 - преобразования переменного напряжения в постоянное и дальнейшего усиления постоянного напряжения;
 - усиление переменного напряжения и дальнейшего преобразования переменного напряжения в постоянное .

Электронные аналоговые вольтметры



а)



б)

Электронные аналоговые вольтметры

- Вольтметры, построенные по первой схеме, имеют широкий **частотный диапазон от 20 Гц до 10^9 Гц**, но недостаточно высокую чувствительность так как преобразователь переменного напряжения в постоянное включается перед усилителем, и поэтому при малых значениях входного напряжения сказывается нелинейность вольтамперной характеристики диода.
- Вольтметры, построенные по второй схеме, характеризуются сравнительно узким диапазоном частот от 10 Гц до 20 МГц, определяемым полосой пропускания усилителя переменного тока, но более **высокой чувствительностью**.

Электронные аналоговые вольтметры

- Переменный периодический сигнал характеризуется следующими значениями:
 - мгновенным
 - амплитудными — максимальное положительное и максимальное отрицательное значения напряжения за период - U_m

- среднеквадратическим

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

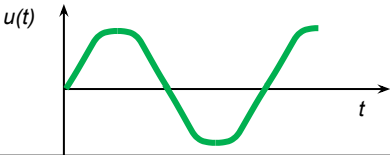
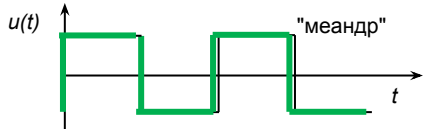
- среднев्यпрямленным

$$U_{cp.v.} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

Электронные аналоговые вольтметры

- Связь между U_m , U и $U_{срв}$ осуществляется через коэффициент амплитуды K_A и коэффициент формы K_Φ . В таблице приведены значения K_A и K_Φ для наиболее часто встречающихся форм сигналов.

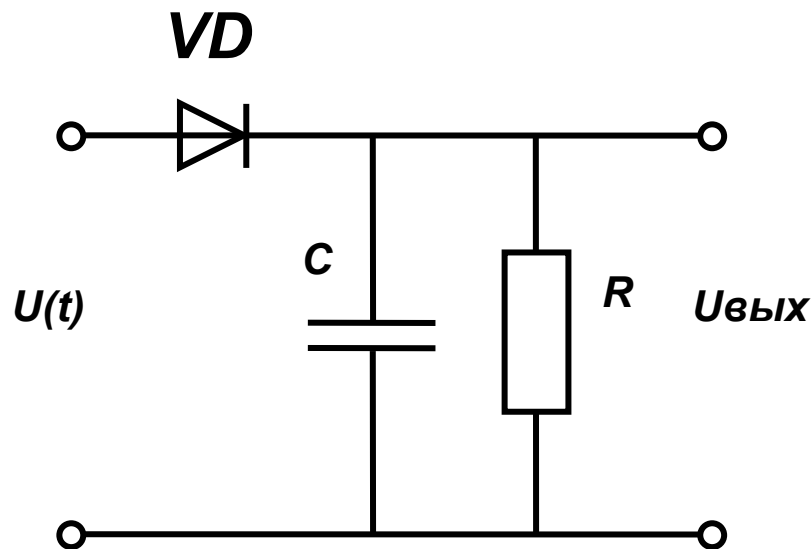
Электронные аналоговые вольтметры

Форма кривой переменного напряжения		K_A	K_Φ
Синусоидальная		1,41	1,11
Пилообразная		1,73	1,16
Прямоугольная		1	1

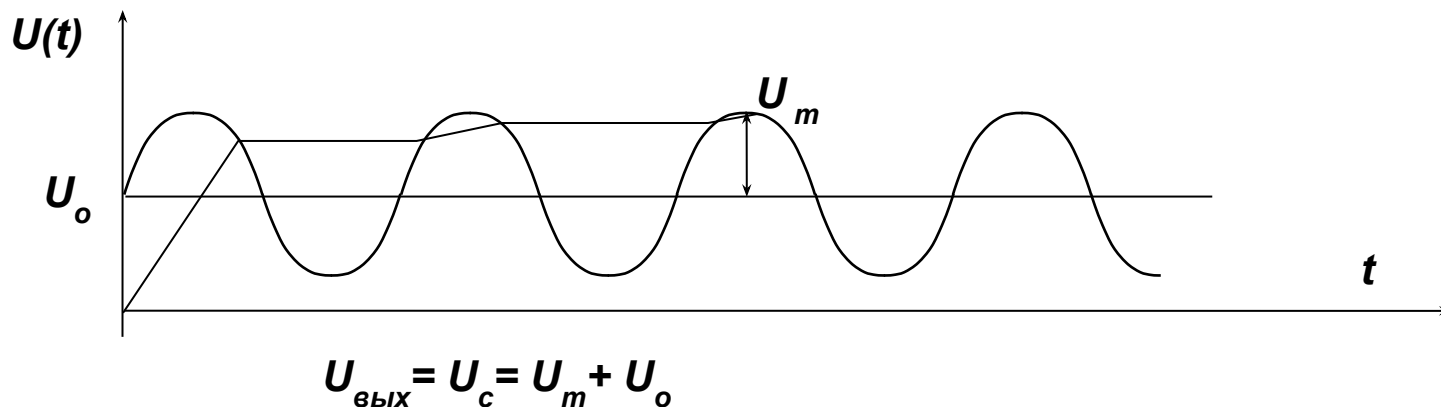
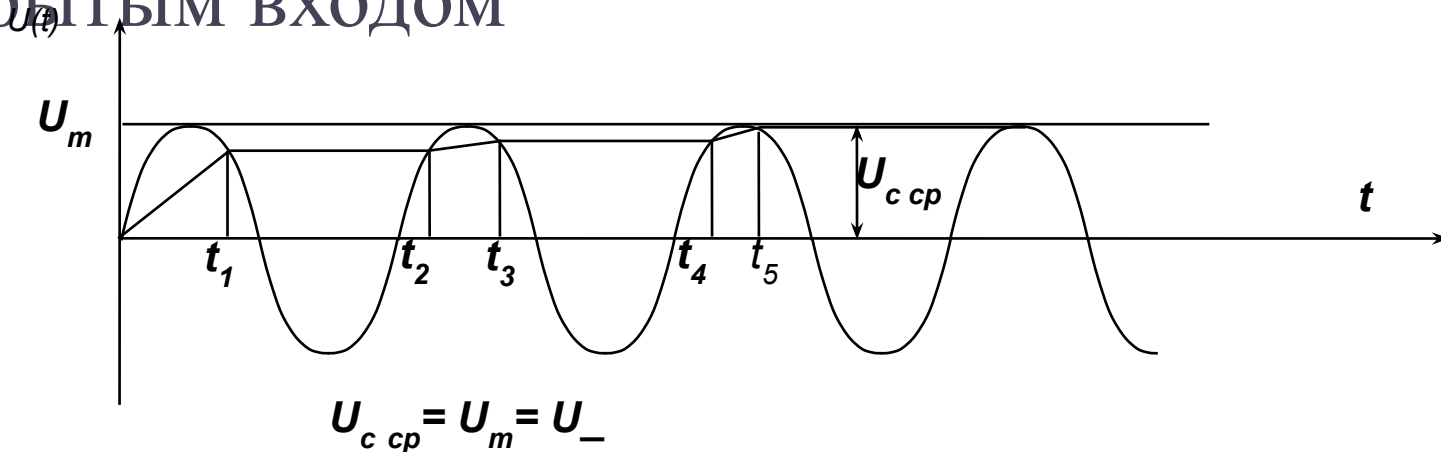
- Шкалы вольтметров переменного тока градуируются в среднеквадратических значениях напряжения синусоидальной формы

Вольтметры с преобразователями амплитудных значений

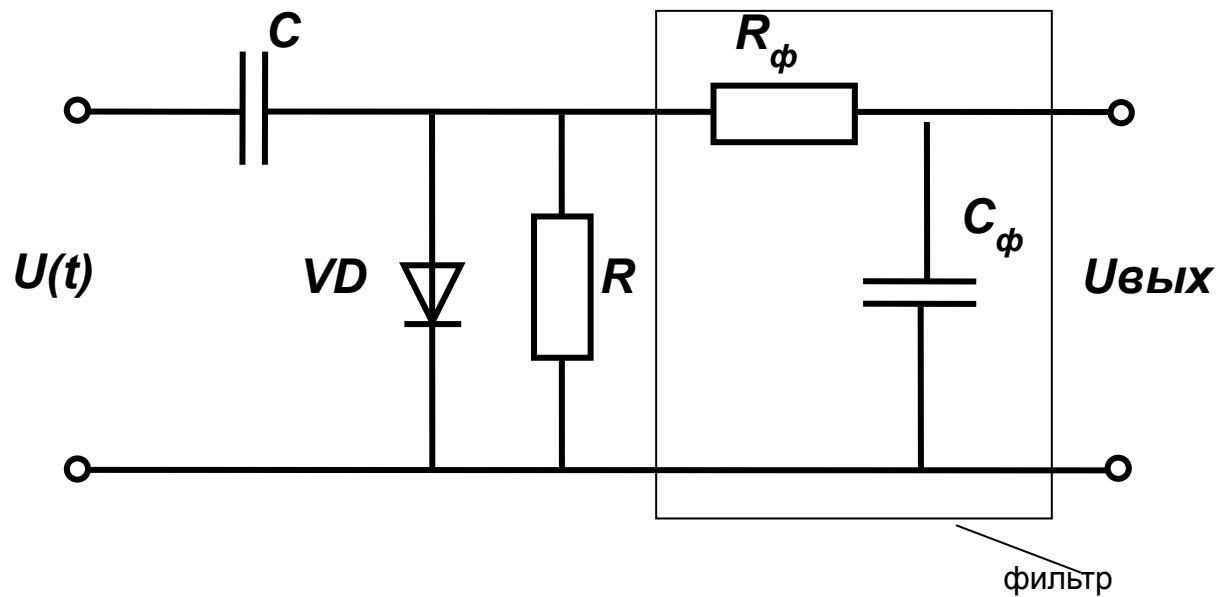
- Преобразователь амплитудных значений с открытым входом



Преобразователь амплитудных значений с открытым входом



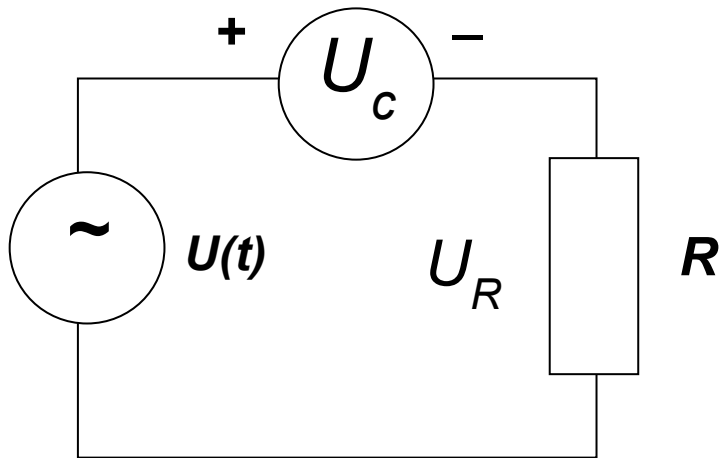
Преобразователь амплитудных значений с закрытым входом



$U_c = U_m$ – в установившемся режиме

Преобразователь амплитудных значений с закрытым входом

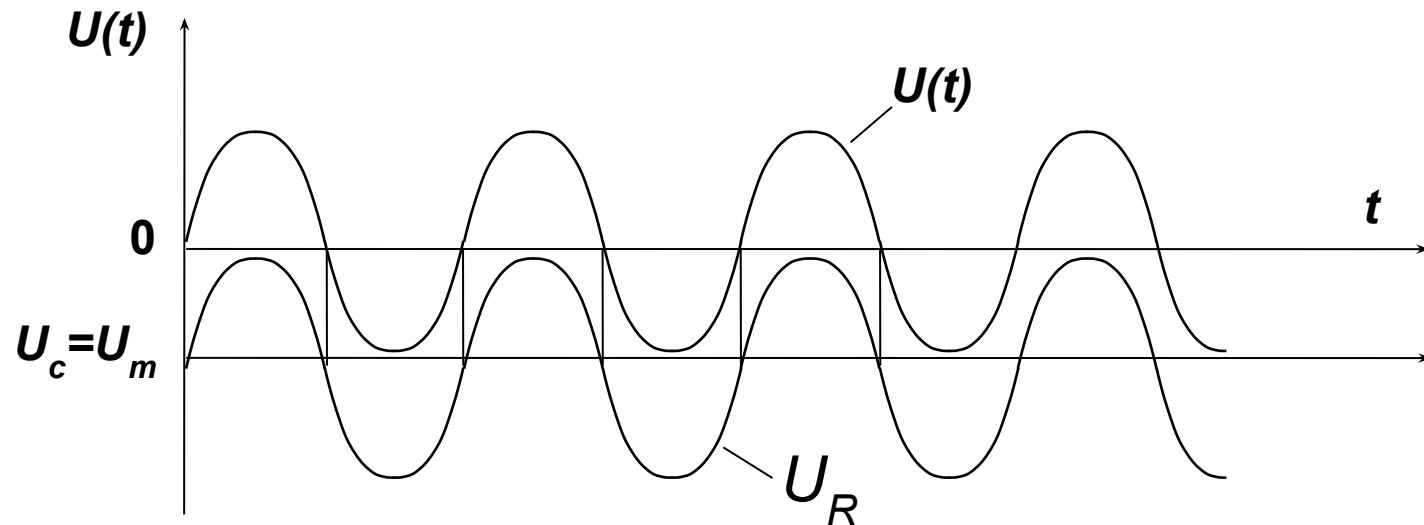
- Эквивалентная схема преобразователя



$$U_R = U(t) - U_c$$

$$U_R = U_m \sin \omega t - U_m$$

Преобразователь амплитудных значений с закрытым входом



$$U(t) = U_m \sin \omega t + U_o$$

$$U_c = U_m + U_o$$

$$U_R = U_m \sin \omega t - U_m$$