

# **Тема: Параметрические цепи.**

**Кафедра Радиоэлектроники.**

**Преподаватель:  
Лазаренко  
Сергей Валерьевич.**

# Учебные вопросы:

1. Общие сведения о параметрических цепях.
2. Реализация параметрических резистивных элементов.
3. Преобразование частоты.
4. Синхронное детектирование.

# 1. Общие сведения о параметрических цепях.

Электрические цепи, в которых хотя бы один из параметров ( $R, L, C$ ) изменяется во времени по какому-либо закону, называются параметрическими (цепи с переменными параметрами).

Емкость конденсатора вычисляется по формуле

$$C = \frac{\epsilon_a S}{d}$$

Где  $\epsilon_a$  - абсолютная диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

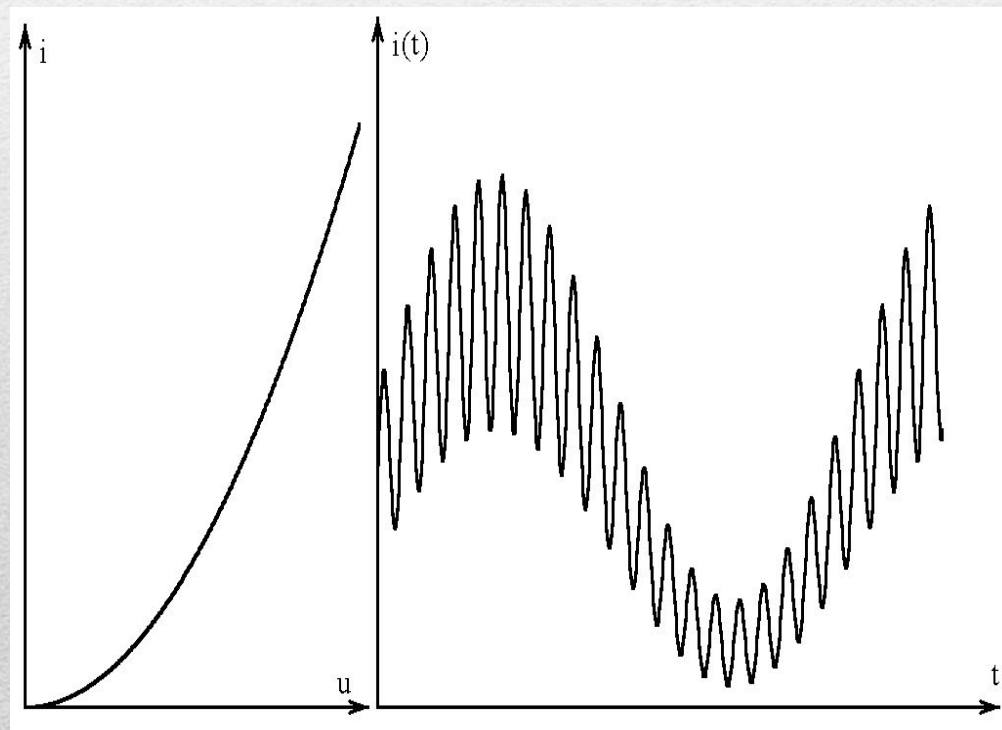
$S$  - эффективная площадь пластин;

$d$  - расстояние между пластинами.

Пусть к диоду приложено варьирующее напряжение

$$u_B = U_0 + U_1 \cos \Omega t$$

Из построения видно, что под действием этого напряжения емкость диода будет изменяться не по гармоническому закону.



Теперь положим, что на диод одновременно с варьирующим напряжением воздействует напряжение сигнала, изменяющееся также по гармоническому закону, но с другой частотой, и имеющее малую амплитуду:

$$u_c = U_2 \cos \omega t$$

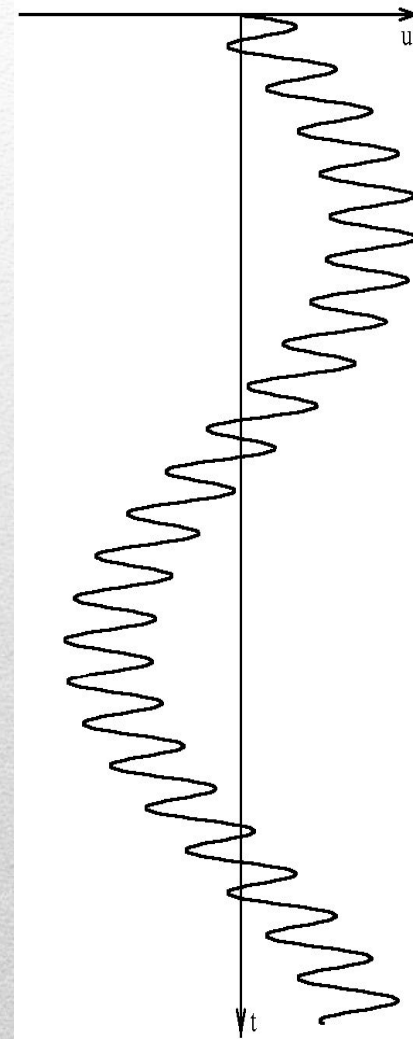
Под действием напряжения сигнала емкость изменяется во времени по гармоническому закону, при этом амплитуда изменения емкости зависит от крутизны характеристики  $C(u)$ , т.е. от величины

$$C_{д} = \frac{dC}{du}$$

Эта крутизна изменяется во времени по закону варьирующего напряжения. Таким образом, "сигнальное" изменение емкости

$$C(t) = C_{д}(t) \cdot U_2 \cos \omega t$$

т.е. для напряжения сигнала емкость ведет себя как линейный элемент. Но  $C_{д}$  - функция времени, поэтому в результате получаем линейный элемент с переменным значением параметра ( крутизны вольт – фарадной характеристики ).



Свойства параметрических цепей:

1. К параметрическим цепям как цепям линейным применим принцип суперпозиции.
2. В то же время параметрические цепи обладают способностью преобразовывать спектр сигнала, благодаря чему они широко применяются в радиотехнике.
3. В параметрических цепях соотношения между электрическими величинами несколько отличны от общеизвестных. Например, для параметрической емкости:

$$q = C \cdot u \quad i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du}{dt} + u \cdot \frac{dC}{dt} \quad u = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \cdot \int i dt$$

Закон преобразования входного сигнала здесь имеет вид

$$u_{\text{ВЫХ}}(t) = T(t) \cdot u_{\text{ВХ}}(t) \quad (1)$$

причем благодаря линейности системы

$$T(t) \cdot [\alpha_1 \cdot u_{\text{ВХ1}} + \alpha_2 \cdot u_{\text{ВХ2}}] = \alpha_1 \cdot T(t) \cdot u_{\text{ВХ1}} + \alpha_2 \cdot T(t) \cdot u_{\text{ВХ2}}$$

при любых постоянных  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

## 2. Реализация параметрических резистивных элементов.

Параметрическую цепь называют резистивной, если ее системный оператор имеет вид числа  $k(t)$ , зависящего от времени и служащего коэффициентом пропорциональности между входным  $U_{вх}(t)$  и выходным  $U_{вых}(t)$  сигналами:

$$u_{ВЫХ}(t) = k(t) \cdot u_{ВХ}(t)$$

Закон, связывающий мгновенные значения напряжения и тока в этом двухполюснике, таков:

$$u(t) = R(t) \cdot i(t)$$

Ток в нелинейном двухполюснике можно записать, разложив вольтамперную характеристику в ряд Тейлора относительно мгновенного значения управляющего напряжения:

$$i = i(u_y + u_c) = i(u_y) + i'(u_y) \cdot u_c + \frac{1}{2} u''(u_y) \cdot u_c^2 + \dots \quad (2)$$

Амплитуду сигнала выбирают столь малой, что в формуле (2) можно пренебречь вторыми и более высокими степенями величины  $u_c(t)$ .

### 3. Преобразование частоты.

Так называют трансформацию модулированного сигнала, связанную с переносом его спектра из окрестности несущей частоты  $\omega_c$  в окрестность некоторой промежуточной частоты  $\omega_{np}$ , совершаемую без изменения закона модуляции.

Под действием напряжения гетеродина дифференциальная крутизна вольтамперной характеристики смесителя периодически изменяется во времени по закону

$$S_{\text{диф}}(t) = S_0 + S_1 \cos \omega_2 t + S_2 \cos 2\omega_2 t + \dots \quad (3)$$

Если на входе преобразователя частоты действует напряжение АМ - сигнала  $u_c(t) = U_m (1 + M \cos \Omega t) \cdot \cos \omega_c t$ , то в соответствии с выражением (3) в выходном токе появляется составляющая

$$i_c(t) = U_m (1 + M \cos \Omega t) \left[ S_0 \cos \omega_c t + \frac{1}{2} S_1 \cos (\omega_2 - \omega_c) t + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} S_1 \cos (\omega_2 + \omega_c) t + \frac{1}{2} S_2 \cos (2\omega_2 - \omega_c) t + \frac{1}{2} S_2 \cos (2\omega_2 + \omega_c) t + \dots \right]$$

В качестве промежуточной принято выбирать частоту  $\omega_{np} = |\omega_z - \omega_c|$ .  
Ток на промежуточной частоте равен

$$i_{np}(t) = \frac{1}{2} S_1 U_m (1 + M \cos \Omega t) \cos \omega_{np} t$$

является АМ - колебанием с тем же законом модуляции, что и входной сигнал.

Дифференциальная крутизна преобразователя изменяется во времени по закону  $S_{диф}(t) = 2bu_y = 2bU_0 + 2bU_{mz} \cos \omega_z t$





## 4. Синхронное детектирование.

Предположим, что в преобразователе частоты гетеродин настроен точно на частоту сигнала, поэтому дифференциальная крутизна изменяется во времени по закону

$$S_{\text{диф}}(t) = S_0 + S_1 \cos \omega_c t + 2S_2 \cos \omega_c t + \dots$$

Подав на вход такого устройства АМ-сигнал  $u_c(t) = U_{mc}(1 + M \cos \Omega t) \cdot \cos(\omega_c + \varphi_c)$ , получаем выражение для тока, обусловленного сигналом:

$$i_c(t) = U_{mc}(1 + M \cos \Omega t) \cdot \left[ S_0 \cos(\omega_c t + \varphi_c) + \frac{1}{2} S_1 \cos(2\omega_c t + \varphi_c) + \frac{1}{2} S_1 \cdot \cos \varphi_c + \dots \right]$$

Выражение, стоящее здесь в квадратных скобках, содержит постоянную составляющую  $1/2 \cdot S_1 \cdot \cos \varphi_c$ , которая зависит от сдвига фазы между сигналом гетеродина и несущим колебанием входного сигнала. Поэтому в спектре выходного тока появится низкочастотная составляющая

$$i_{\text{нч}}(t) = \frac{1}{2} S_1 U_{mc}(1 + M \cos \Omega t) \cdot \cos \varphi_c$$

Синхронным детектором называют преобразователь частоты, работающий при условии  $\omega_c = \omega_c$ . Для выделения полезного сигнала на выходе включен ФНЧ, например, параллельная  $RC$ - цепь.