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 о переменными параметрами).

Емкость конденсатора вычисляется по формуле

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

Где ε_a - абсолютная диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

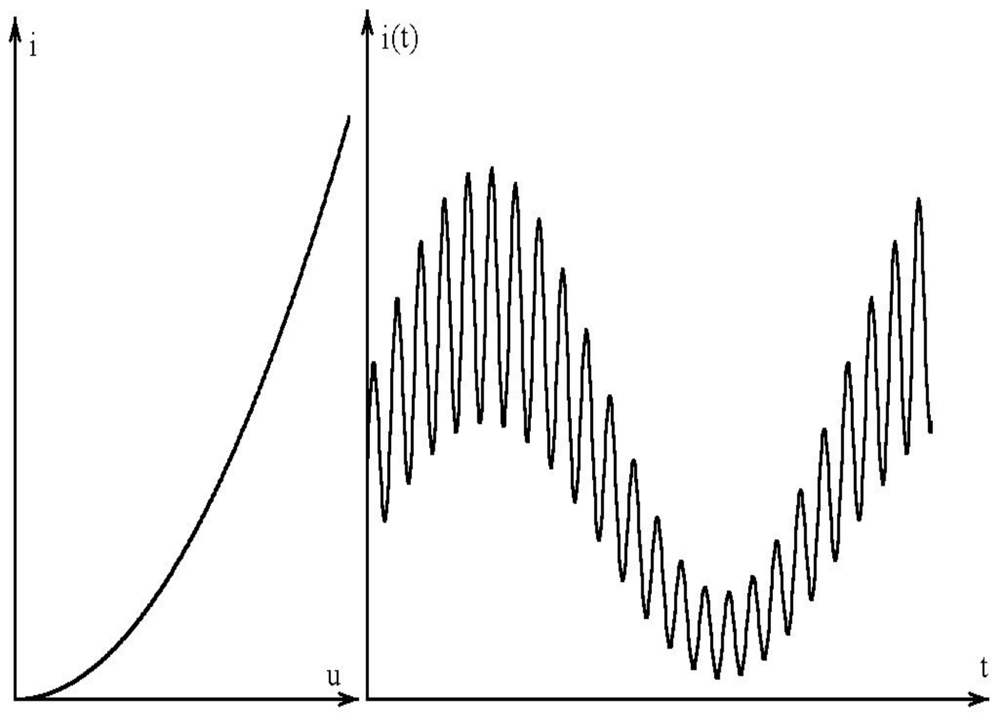
S - эффективная площадь пластин;

d - расстояние между пластинами.

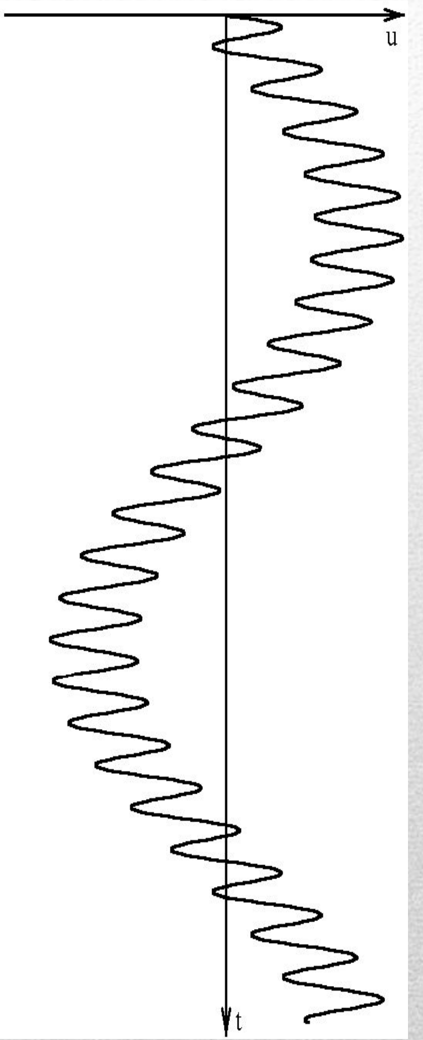
Пусть к диоду приложено варьирующее напряжение

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

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:

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

Закон преобразования входного сигнала здесь имеет вид

$$u_{вых}(t) = T(t) \cdot u_{вх}(t) \qquad (1)$$

причем благодаря линейности системы

$$T(t) \cdot [\alpha_1 \cdot u_{вх1} + \alpha_2 \cdot u_{вх2}] = \alpha_1 \cdot T(t) \cdot u_{вх1} + \alpha_2 \cdot T(t) \cdot u_{вх2}$$

при любых постоянных a_1 и a_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:

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

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 ω_c в окрестность некоторой промежуточной частоты $\omega_{пр}$, совершаемую без изменения закона модуляции.

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

$$S_{диф}(t) = S_0 + S_1 \cos\omega_г t + S_2 \cos 2\omega_г t + \ldots \qquad (3)$$

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

$$i_c(t) = U_m(1 + M\cos\Omega t)\Big[S_0\cos\omega_c t + \frac{1}{2}S_1\cos(\omega_г - \omega_c)t +$$

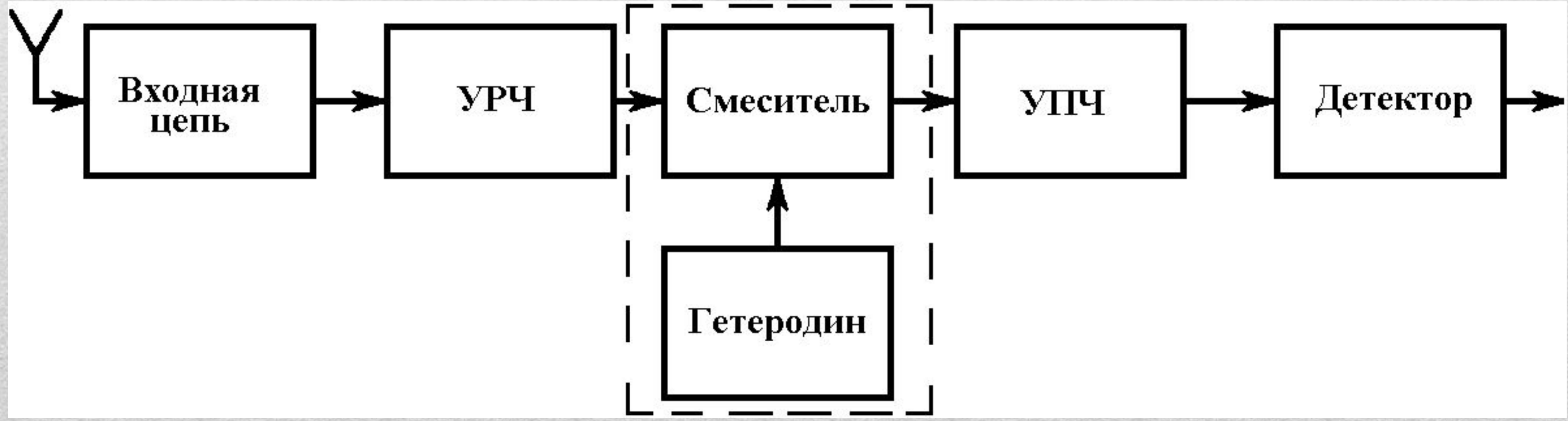
$$+\frac{1}{2}S_1\cos(\omega_г + \omega_c)t + \frac{1}{2}S_2\cos(2\omega_г - \omega_c)t + \frac{1}{2}S_2\cos(2\omega_г + \omega_c)t + \ldots\Big]$$

В качестве промежуточной принято выбирать частоту $\omega_{пр} = |\omega_г - \omega_с|$. Ток на промежуточной частоте равен

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

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

Дифференциальная крутизна преобразователя изменяется во времени по закону $S_{диф}(t) = 2bu_у = 2bU_0 + 2bU_{mг}\cos\omega_г t$



4. Синхронное детектирование.

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

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

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

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

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

$$i_{нч}(t) = \frac{1}{2}S_2 U_{mc}(1 + M\cos\Omega t)\cdot\cos\varphi_c$$

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