Математическое моделирование РТУ и С

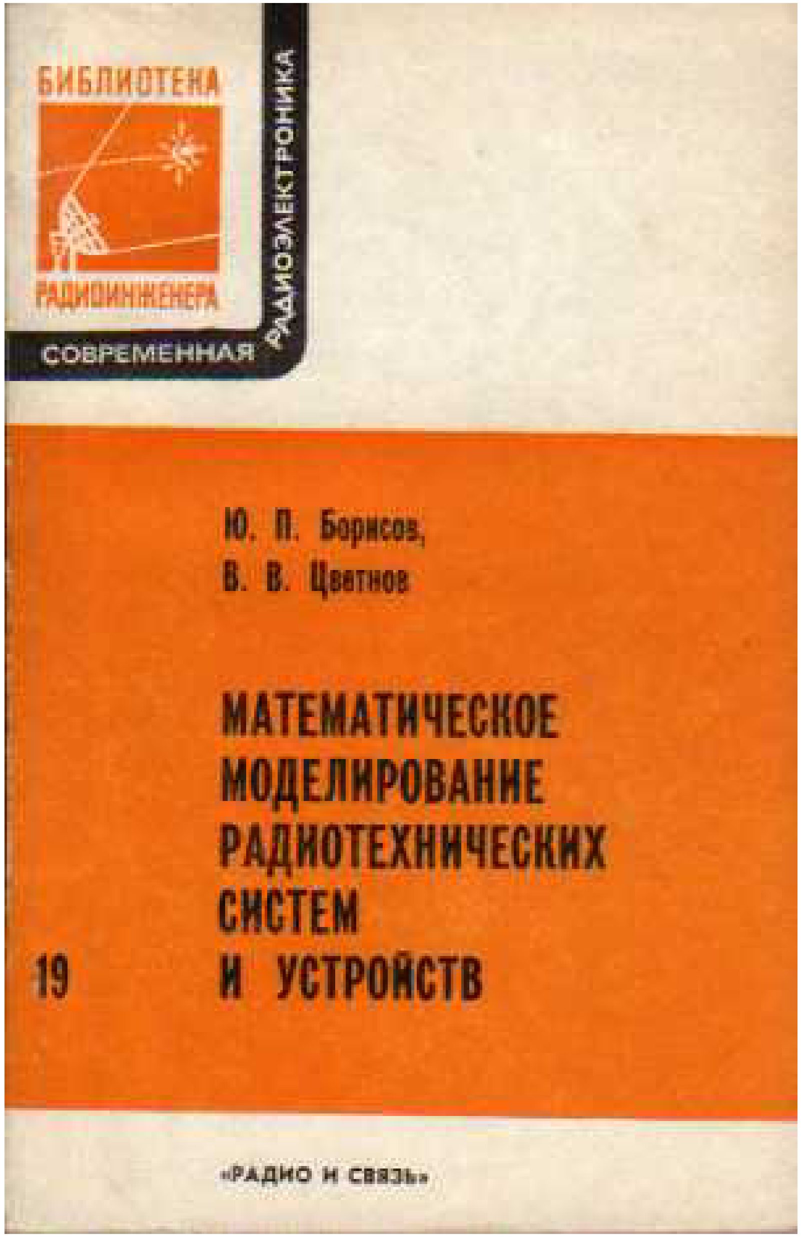
Лекция 6. Метод несущей при моделировании радиосистем

Преподаватель:
Корогодин Илья
korogodin@srns.ru

Литература

Борисов Ю.П., Цветнов В.В. Математическое моделирование радиотехнических систем и устройств. - М.: Радио и связь, 1985. 176 с.

Глава 4. Метод несущей

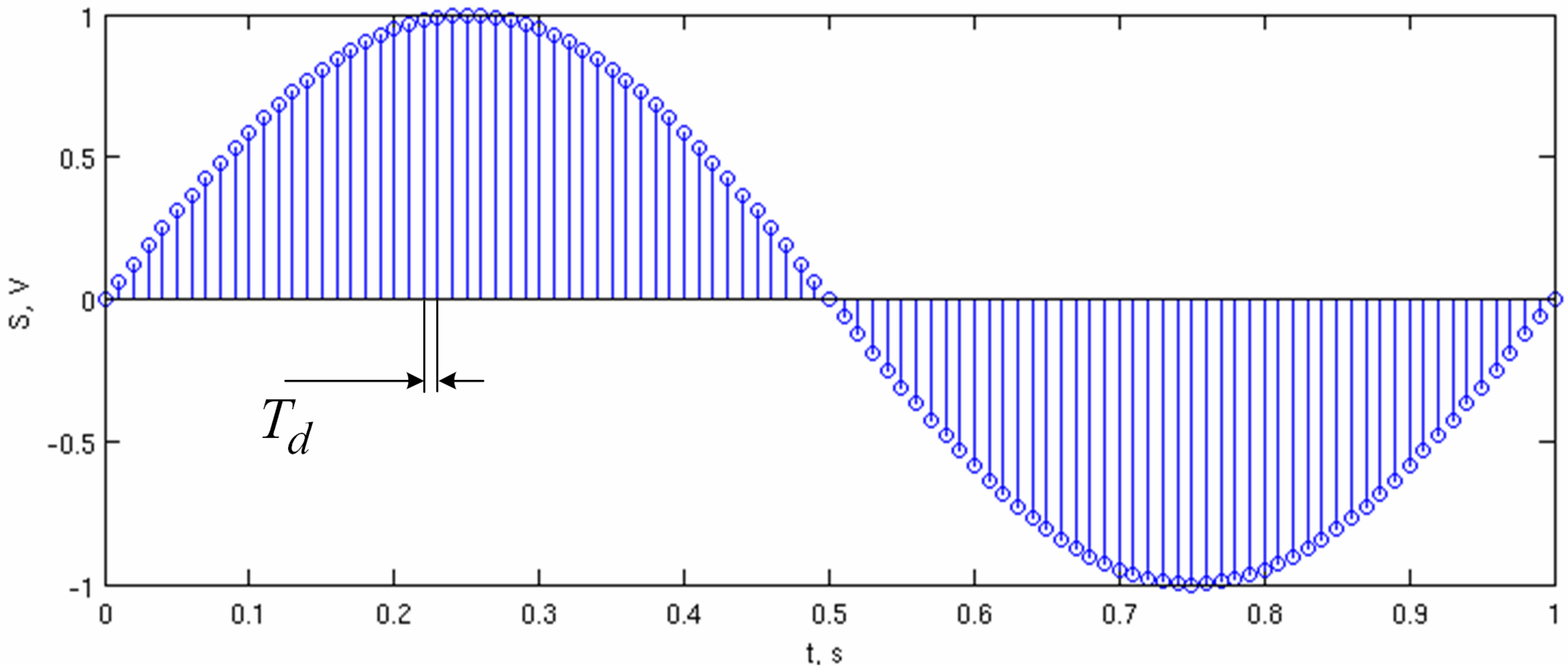


Метод несущей

Метод несущей используется при моделировании низкочастотных звеньев радиосистем.

Применять к высокочастотным звеньям можно, но это малоэффективно.

При методе несущей процессы воспроизводятся с точностью до мгновенных значений напряжений, токов и т.д.



Модель сигнала

Для описания сигнала будем использовать следующую модель:

$$u\left[t,\lambda(t)\right]=E\left[t,\lambda(t)\right]\sin\left(\omega_0 t-\psi\left[t,\lambda(t)\right]-\psi_0\right),$$

где

$E\left[t,\lambda(t)\right]$ **- огибающая,**

$\lambda(t)$ **- информационный процесс, медленно меняющийся относительно несущей частоты** ω_0 **,**

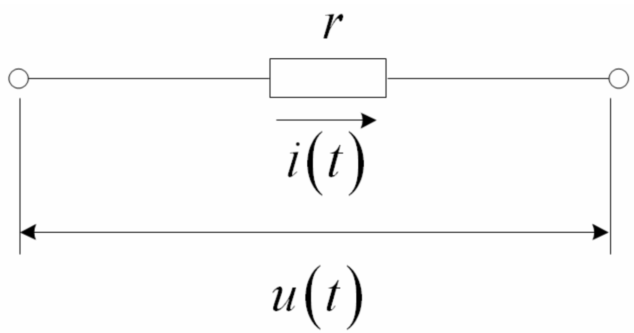
ψ_0 **- начальная фаза,**

$\psi\left[t,\lambda(t)\right]$ **- фаза.**

Дискретная ось времени: $t_k = t_0 + kT_d$

По принципиальным схемам

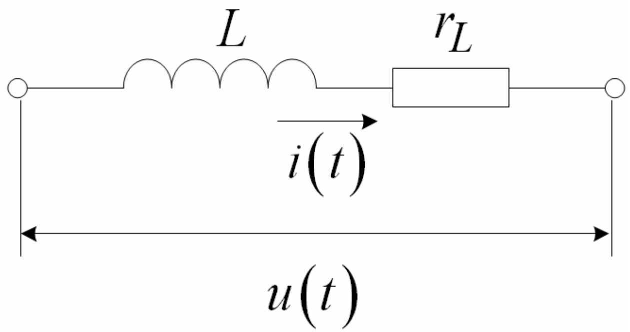
Резистор



$$u(t) = i(t)r$$

$$u_k = i_k r$$

Катушка индуктивности



$$u(t) = i(t)r_L + L\frac{di(t)}{dt}$$

Компоненты вектора состояния: $i_k, \ i'_k$

Начальное состояние: $i_0, \ i'_0$

Шаг:

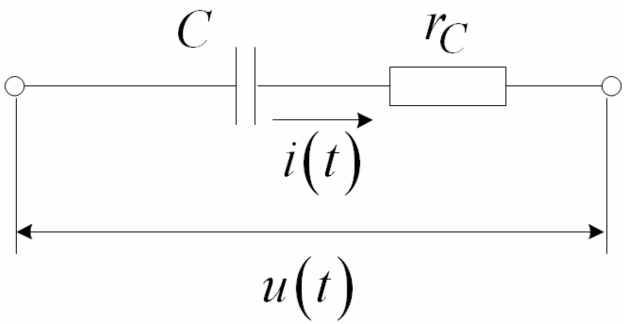
$$i_k = i_{k-1} + i'_{k-1}T$$

$$u_{L,k} = u_k - i_k r_L$$

$$i'_k = u_{L,k}$$

По принципиальным схемам

Конденсатор



$$u(t) = i(t) r_C + \frac{1}{C}\int_0^t i(t)\,dt$$

Компоненты вектора состояния: $u_{C,k},\ u'_{C,k}$

Начальное состояние: $u_{C,0},\ u'_{C,0}$

Шаг:

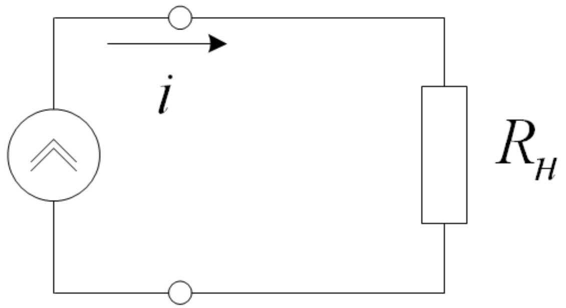
$$u_{C,k} = u_{C,k-1} + u'_{C,k-1} T$$

$$i_k = \left(u_k - u_{C,k}\right) / r_c$$

$$u'_{C,k} = \frac{1}{C} i_k$$

По принципиальным схемам

Генератор тока

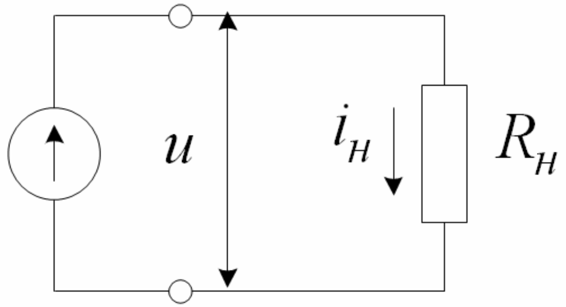


$$i = const;\ i \neq f\left(R_н\right)$$

$$u_н = iR_н$$

$$u_{н,k} = i_k R_н$$

Генератор напряжения



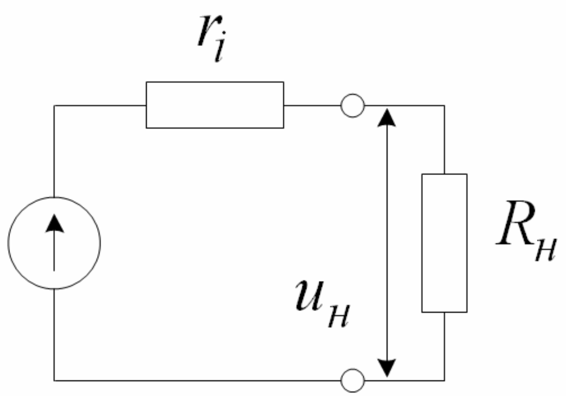
$$u = const;\ u \neq f\left(R_н\right)$$

$$i = \frac{u_н}{R_н}$$

$$i_k = \frac{u_{н,k}}{R_н}$$

По принципиальным схемам

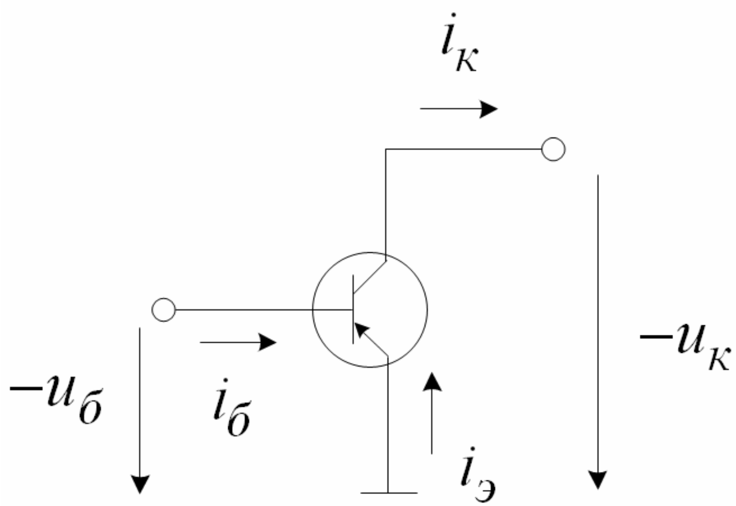
Батарейка



$$i = \frac{u}{r_i + R_н};\; u_н = \frac{u}{1 + r_i / R_н}$$

$$i_k = \frac{u_k}{r_i + R_н};\; u_{н,k} = \frac{u_k}{1 + r_i / R_н}$$

Транзистор (p-n-p)



$$i_б = F_1\left(u_б, u_к\right),$$

$$i_к = F_2\left(u_б, u_к\right);$$

$$i_{б,k} = F_1\left(u_{б,k}, u_{к,k}\right),$$

$$i_{к,k} = F_2\left(u_{б,k}, u_{к,k}\right).$$

Методы упрощения

В общем случае для совокупности входных сигналов X и выходных сигналов Y получаем дифференциальное уравнение

$$\sum_{n=0}^{N} a_n(t) y^{(n)}(t) = f\left(y^{(0)}, y^{(1)}, y^{(2)}, \ldots, y^{(n)}, x^{(0)}, x^{(1)}, x^{(2)}, \ldots, x^{(n)}\right)$$

1) Если постоянная времени звена значительно меньше времени корреляции входного сигнала, то используют *квазистатический метод*

$$a_0(t) y(t) = f\left(y^{(0)}, 0, 0, \ldots, 0, x^{(0)}, 0, 0, \ldots, 0\right)$$

2) Отклики цепей на входное воздействие можно представить как сумму математического ожидания и СП с нулевым мат. ожиданием

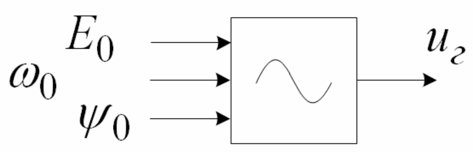
$$y(t) = m(t) + n(t)$$

Уравнение распадается на два отдельных.

Зачастую одно из них может быть легко линеаризовано или к нему применен квазистатический метод

По функциональным схемам

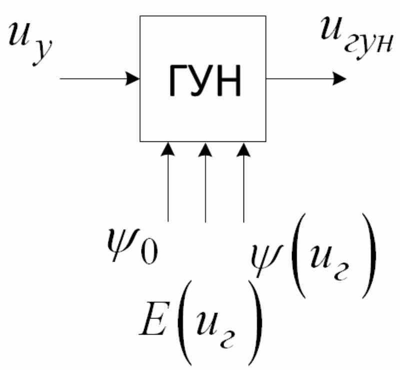
Источник гармонического колебания



$$u_г(t) = E_0\cos\left(\omega_0 t - \psi_0\right)$$

$$u_{г,k} = E_0\cos\left(\omega_0 t_k - \psi_0\right)$$

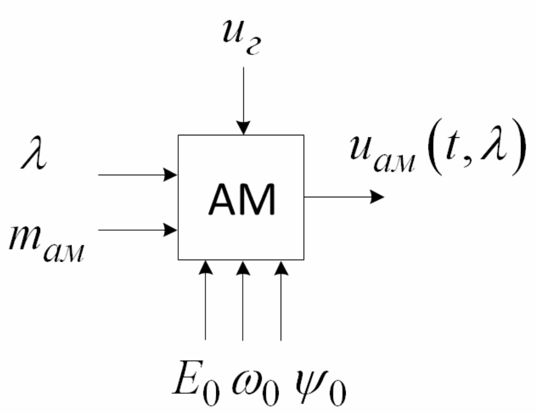
Генератор, управляемый напряжением



$$u_{гун}(t) = E\left(u_y\right)\cos\left(\omega_0 t - \psi\left(u_y\right) - \psi_0\right)$$

$$u_{гун,k} = E\left(u_{y,k}\right)\cos\left(\omega_0 t_k - \psi\left(u_{y,k}\right) - \psi_0\right)$$

Амплитудный модулятор

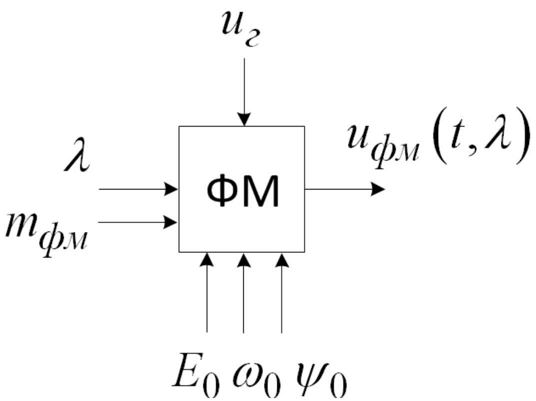


$$u_{ам}(t) = E_0\left(1 + m_{ам}\lambda(t)\right)\cos\left(\omega_0 t - \psi_0\right)$$

$$u_{ам,k} = E_0\left(1 + m_{ам}\lambda_k\right)\cos\left(\omega_0 t_k - \psi_0\right)$$

По функциональным схемам

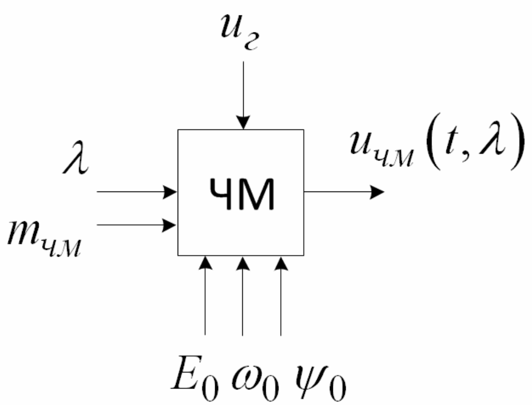
Фазовый модулятор



$$u_{фм}(t) = E_0 \cos\left(\omega_0 t - m_{фм}\lambda(t) - \psi_0\right)$$

$$u_{фм,k} = E_0 \cos\left(\omega_0 t_k - m_{фм}\lambda_k - \psi_0\right)$$

Частотный модулятор

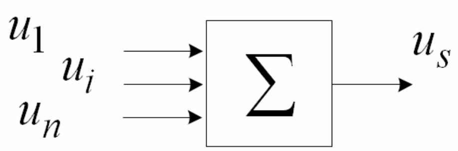


$$u_{фм}(t) = E_0 \cos\left(\omega_0 t - m_{чм}\int_0^t \lambda(t)\,dt - \psi_0\right)$$

$$\psi_k = \psi_{k-1} + m_{чм}\lambda_k T,$$

$$u_{фм,k} = E_0 \cos\left(\omega_0 t - \psi_k - \psi_0\right)$$

Сумматор

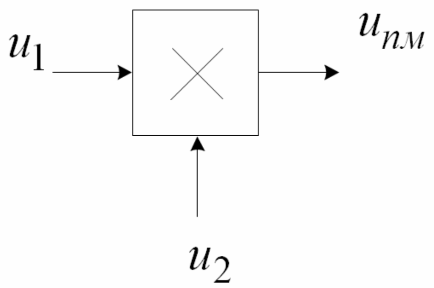


$$u_s(t) = \sum_{i=1}^{n} u_i(t)$$

$$u_{s,k} = \sum_{i=1}^{n} u_{i,k}$$

По функциональным схемам

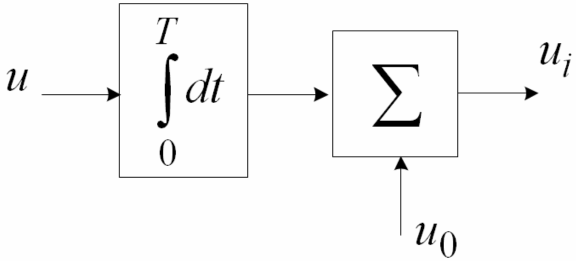
Перемножитель



$$u_{пм}(t) = u_1(t) + u_2(t)$$

$$u_{пм,k} = u_{1,k} + u_{2.k}$$

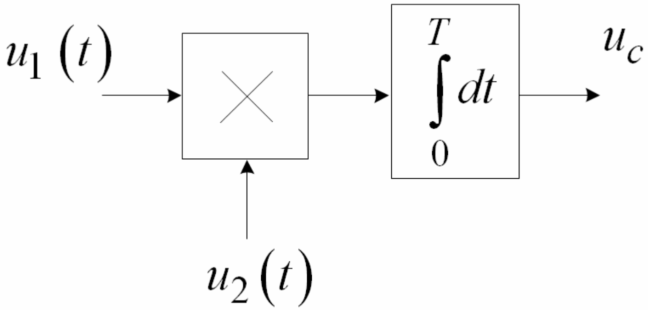
Интегратор



$$u_i(t) = u_0 + \int_0^t u(t)\,dt$$

$$u_{i,k} = u_{i,k-1} + u_k T$$

Аналоговый коррелятор



$$u_c(t) = \int_0^T u_1(t) u_2(t)\,dt$$

$$u_c(t) = T \sum_{k=1}^{K} u_{1,k} u_{2,k}$$