

Решебов Убак Вадимович

Биография



- Все ящики не линейные
- Пол-ящик Гармошка имеет линейные и нелинейные

Линейность: $\begin{aligned} x_1(t) &\rightarrow y_1(t) \\ x_2(t) &\rightarrow y_2(t) \end{aligned} \quad \left. \right\} \Rightarrow \alpha x_1(t) + \beta x_2(t) \rightarrow \alpha y_1(t) + \beta y_2(t)$

Статистичность: $x(t) \rightarrow y(t) \Rightarrow x(t+\Delta t) \rightarrow y(t+\Delta t)$

"Черный ящик" описывается:

- сконструирован
- набором параметров H

Модель сим-на, состоящая из RLC, где есть линейная и нелинейная.

Технические задачи

Верб - учащийся 3-го курса, ведет к-рого проектирует один из них на Л. Модель содержит из ≥ 1 независимых двухкоординат.

Узел - место соединения берегов

Коэффициенты $\rightarrow 2$ берега Уголометрический - 2 берега

Контур - модель замкнутой сети, проходящей по всем-им берегам реки.

Хардверы. исправлены однотипные, которые берут /узел проходит 1 раз

Одна река можно заменить:

Компонентные узлы - единство реки, определяющее ее компонентами

Технические узлы - единство реки, определяющее ее техническими

Правило Курикоффа

- Закон сохр-я заряда
- Продел не накапливает заряд (заряда)

I Закон Курикоффа

Алг. сумма измененных зарядов всех батарей, находящихся в контуре из узлов в моделях имеет временн., равна 0.

$$\sum i_k = 0.$$

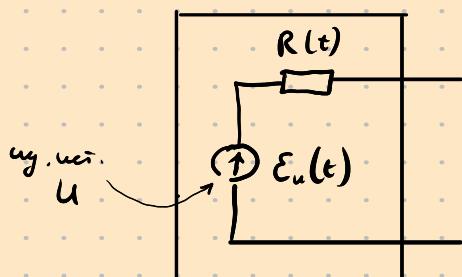
- Потенциалность з.н.
- Консервативность з.н.
- Полное значение \vec{B} во времени в сечении не изменяется (не меняет смысла з.н.)

II Закон Курикоффа

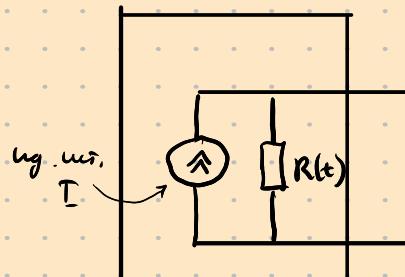
Алг. сумма измененных зарядов напряжения всех батарей, находящихся в моделях контура подвергнуты изменениям, равны 0.

Теорема об эквивалентном генераторе

Так производимых батарей имеющих з.н. всем не изменяется, если изменение генераторов, и к-рые находятся за пределами, заменив эквивалентным генератором источником энергии, к-рой имеет один присоединенный конденсатор (Telenaut) или напряжение (Нертон) с теми же изменениями. При этом ЭДС генератора изменится напротиво, чтобы обеспечить одинаковую работу генератора при одинаковых изменениях з.н. источника работы, а внутреннее сопротивление и производимые з.н. источника работы остаются одинаковыми ввиду консервации з.н. и производимого источником генератора.



Нортон - Нертон



Нортон - Теленут



$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} ; U_{xx} = - I R_2 = - \frac{E R_2}{R_1 + R_2}$$

Зависимость тока в цепи от ЭДС нелинейна, т.к. она не линейна на разрыве цепи, однако сопротивление очень малое вблизи места разрыва.

Это подходит только к неизвестному источнику. Для зависимостей приведены зависимости для ин. ур-ий (различие с этим)

Частотный анализ характеристики цепей

$$I \cos(\omega t) \rightarrow \boxed{\text{линейное звено}} \rightarrow K(\omega) \cdot \cos(\omega t + \varphi(\omega))$$



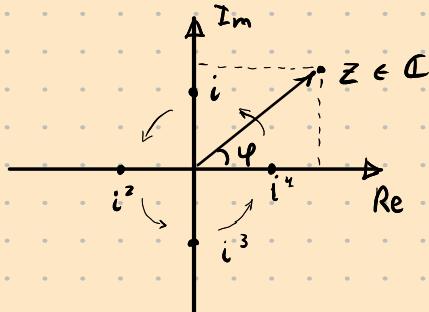
$$K(\omega) = A_{UX}$$



$$\varphi(\omega) = \varphi_{UX}$$

Cause нормальное описание цепи!

Типичные признаки - переходы в комплексной



$$z = |z| \cos \arg z + i |z| \sin \arg z \quad (\varphi = \arg z)$$

$$e^{ix} = 1 + ix - \frac{x^2}{2} - \frac{ix^3}{6} + \frac{x^4}{24} + \dots$$

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x$$

$$z = |z| e^{i \arg z}$$

$$\cos x = \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2} \quad \sin x = \frac{e^{ix} - e^{-ix}}{2i}$$

$$\cos \omega t + i \sin \omega t \rightarrow \boxed{A_{UB}} \rightarrow K(\omega) \cos(\omega t + \varphi(\omega)) + (-) i \sin(-)$$



$$I = \frac{U}{R} \quad \tilde{I} = \frac{\tilde{U}}{R}$$



$$I = C \frac{dU}{dt}$$

$$\tilde{I} = C \frac{d(e^{j\omega t})}{dt} = j\omega C \tilde{U} = \frac{\tilde{U}}{\frac{1}{j\omega C}}$$

unegative



$$U = L \frac{dI}{dt} \quad \tilde{U} = j\omega L \tilde{I}, \quad \tilde{I} = \frac{\tilde{U}}{j\omega L}$$

Численное значение (Z) $j = i$ в радиоэлектронике

Комплексная проводимость - Y

Линейные цепи с нагрузкой

1. Частотные характеристики RC-цепи

$$\tilde{U}_{in} = \frac{\tilde{U}_{out}}{1 + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{\tilde{U}_{out}(1 - j\omega RC)}{1 + \omega^2 R^2 C^2}$$

Что будет, если на вход подать $\cos \omega t$?

$$U_{out} = \text{Re}(\tilde{U}_{out}) = (\cos \omega t + \sin \omega t \cdot j\omega RC) \cdot (1 + \omega^2 R^2 C^2)^{-1}$$

Амплитудно-фазовая зависимость: $\cos \omega t + i \sin \omega t$

$$K(\omega) = \frac{\tilde{U}_{out}}{\tilde{U}_{in}} = \frac{1 - j\omega RC}{1 + \omega^2 R^2 C^2}$$

$$\frac{\tilde{U}_{out}}{\tilde{U}_{in}} = \frac{A_0 \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}}{B_0 \cdot e^{j\omega t}} = \frac{A_0}{B_0} \cdot e^{j(\omega t + \varphi - \omega t)} = \frac{A_0}{B_0} e^{j\varphi}$$

Нормированная Z - сдвиг фаз - аргумент, модулирование амплитуды

Чтобы найти u , нужно из $K(\omega)$ выделить фазовую составляющую и модуль комплексной проводимости Y ($\Rightarrow e^{j\varphi}$).

$$K(\omega) = \frac{1 - j\omega RC}{1 + \omega^2 R^2 C^2} = \frac{\frac{1 - j\omega RC}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \Rightarrow |K(\omega)| = (1 + \omega^2 R^2 C^2)^{-1/2}$$

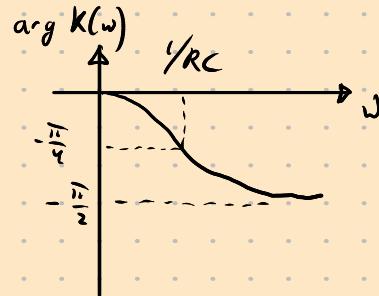
$$|1 - j\omega RC| = \sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}$$



Численно



$$\arg K = \varphi = -\arctg wRC$$



линейной стабилизации



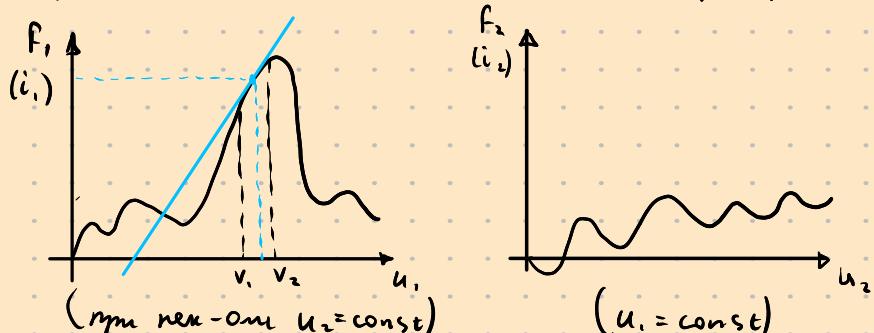
- U_1, U_2 - относительно земли
- Не насыщает зажиг
- По боковым зажимам зажиг неоднократен
- Выпрям. неодн. несимметричное (из 2) можно
о чистом симметрии (будет монотон в чх нервном
пространстве) - модуль $\approx \text{НК } U_1, U_2, i_1, i_2$.

Система с параметрами (из линейных зависим (такие R) меняю!)

Система из 2 линейных ур-ий, определяющих зависимость, например:

$$\begin{cases} i_1 = f_1(U_1, U_2) \\ i_2 = f_2(U_1, U_2) \end{cases}$$

Т.е. зависимость зажигания
где f_1 и f_2 -
функция напряжения U_1 и U_2 .



Приним. что f_1 и f_2 они

- Непрерывны
- Правиль. + 0

Т.е. мы можем использовать в описании подобный формул.

$$di_1 = \left(\frac{\partial f_1}{\partial U_1} \right) dU_1 + \left(\frac{\partial f_1}{\partial U_2} \right) dU_2 \quad di_2 = \left(\frac{\partial f_2}{\partial U_1} \right) dU_1 + \left(\frac{\partial f_2}{\partial U_2} \right) dU_2$$

$= \text{const}$ при U_1 и U_2

При $U_1 = \text{const}$, $U_2 = \text{const}$ мы имеем 4 константы, характер. зависимостей.

Приз. симпл производных:

$$1. \frac{\partial i_1}{\partial u_1} = g_{11} - \text{бюджет производности}$$

$$3. \frac{\partial i_2}{\partial u_1} = g_{21} - \text{пред пред производности производности}$$

$$2. \frac{\partial i_1}{\partial u_2} = g_{12} - \text{обратная производная производности}$$

$$4. \frac{\partial i_2}{\partial u_2} = g_{22} - \text{бюджет производности}$$

Амплитудный сигнал (безразмерн. $h \in C$ - неизменн.)

Вещественный сигнал - залежання нек-ої АК h від часу. При преобр-нн θ у часі одержано певніше симетричний спектр (на симетричн. осн. D_θ складаємо зо комплексного складення, а умова $z_0 = 0$).

Це незадовільно - производство підходить з коеф. $\sin \omega \cos$.

Додавши до сигналу комплексну фазу - добре,

тако вважаємо (правий) зо спектра симетричним.

Виведемо амплитудний сигнал. Позначимо що працює - один з генер. звукових сигналів, другий - з мікрофоном. Нехай буде ампл. сигнал, який під-ляється комплексною функцією.

Сигнал дієт. може також бути складеною з двох звукових сигналів.



$$x(t) = \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{сигнал} \\ \downarrow \end{array}$$

$$\tilde{x}(t) = A_0 \cdot e^{j(\omega t + \varphi)} = A_0 \cdot e^{j\varphi} \cdot e^{j\omega t} \quad - \text{амплитудний сигнал}. \quad |e^{j\omega t}| = 1$$

$$A_0(\omega), \varphi(\omega). \quad A_0(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)} - \text{комплексна амплітуда}$$

$$e^{j\omega t} - \text{комплексна вращаючася складення.}$$

\tilde{Y} - параметри (комплексн.)

$$\tilde{I}_1 = Y_{11} \cdot \tilde{U}_1 + Y_{12} \tilde{U}_2$$

$$\tilde{I}_2 = Y_{21} \tilde{U}_1 + Y_{22} \tilde{U}_2$$

При пошуку Y_{11}, \tilde{U}_1 заміните (захоплювати винаг.), аналогично Y_{22} .

$$\begin{pmatrix} \tilde{I}_1 \\ \tilde{I}_2 \end{pmatrix} = Y \times \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix}$$

Если бы в I_1 и I_2 как неизб., наименование то же:

$$dU_1 = \frac{\partial U_1}{\partial I_1} dI_1 + \frac{\partial U_1}{\partial I_2} dI_2$$

$$dU_2 = \frac{\partial U_2}{\partial I_1} dI_1 + \frac{\partial U_2}{\partial I_2} dI_2$$

- зглоба композиции сопротивлений

Следует на анод. цепи:

$$U_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2$$

$$U_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2$$

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix} = Z \times \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

$$\text{Чтобы: } Z_{11} = \frac{Y_{22}}{|Y|} \quad Z_{12} = -\frac{Y_{12}}{|Y|}$$

$$Z_{21} = -\frac{Y_{21}}{|Y|} \quad Z_{22} = \frac{Y_{11}}{|Y|}$$

H-параметры

$$\begin{cases} U_1 = h_{11} I_1 + h_{12} U_2 \\ I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} U_2 \end{cases}$$

- называю же динамическими транзисторов

Формула



Коммутатор

U_2

- аналогичные дин. транзисторы схема

пример

h_{21} - неизвестна но известны токи (нп.) h_{11} - бывшее сопротивление

h_{12} -

(нп.) h_{22} - Былаческая проводимость (нп.)

(нп.) - изображение линеарна

$$\text{Чтобы: } h_{11} = \frac{|Z|}{Z_{22}} \quad h_{12} = -\frac{Z_{12}}{Z_{22}}$$

$$h_{21} = -\frac{Z_{21}}{Z_{22}} \quad h_{22} = \frac{1}{Z_{22}}$$

Комплексный коэф-т передачи



Амплитуда - из ТФ КП

Комплексная зона в реальном не поддается
 $|e^{j\omega t}| = 1$

$K(j\omega)$ - комплексный коэф-т передачи

$$K(j\omega) = \frac{B_{lm}}{B_{ls}} = \frac{B(\omega) e^{j\varphi(\omega)} e^{j\omega t}}{A_0 e^{j\varphi_0} e^{j\omega t}} = \frac{B(\omega)}{A_0} \cdot e^{j(\varphi(\omega) - \varphi_0)}$$

Надо анализировать сдвиги. Сложно помнить формулы на Бюю $\Rightarrow K(j\omega)$ более логич

$$\Leftrightarrow \frac{B_n \cdot \omega^n + B_{n-1} \cdot \omega^{n-1} + \dots + B_0}{A_n \cdot \omega^n + A_{n-1} \cdot \omega^{n-1} + \dots + A_0} = \frac{B_0 \cdot (\omega - b_1) \cdot (\omega - b_2) \cdot \dots \cdot (\omega - b_n)}{A_0 \cdot (\omega - a_1) \cdot (\omega - a_2) \cdot \dots \cdot (\omega - a_m)}$$

сдвиги нулевых полюсов

сдвиги ненулевых полюсов

(одна сложная задача разбивается)

Частоты:

- Когда $\omega = b_k$, $|K| = 0$
- Когда $\omega = a_k$, возникает особенность.

$$\Leftrightarrow \frac{B_0}{A_0} \cdot \frac{|(\omega - b_1)| \cdot e^{j\arg(\omega - b_1)} \cdots |(\omega - b_n)| \cdot e^{j\arg(\omega - b_n)}}{|(\omega - a_1)| \cdot e^{j\arg(\omega - a_1)} \cdots |(\omega - a_m)| \cdot e^{j\arg(\omega - a_m)}} = \frac{B_0}{A_0} \cdot \frac{\prod_{k=1}^n |(\omega - b_k)|}{\prod_{p=1}^m |(\omega - a_p)|} \cdot e^{j \sum_{k=1}^n \arg(\omega - b_k) - j \sum_{p=1}^m \arg(\omega - a_p)}$$

"Нули" - корни числителя (b_i)

"Полюсы" - корни знаменателя (a_i)

ω гармоник для комплексной (Р), where от комплексной оп-ки приводят передачу к вещественн.

$$P = j\omega, \theta = 0$$



$$\frac{B(\omega)}{A_0} \cdot e^{j(\varphi(\omega) - \varphi_0)} = \frac{B_n \cdot P^n + B_{n-1} \cdot P^{n-1} + \dots + B_0}{A_n \cdot P^n + A_{n-1} \cdot P^{n-1} + \dots + A_0} = \dots$$

Но на самом деле, нужно в $\frac{B_0}{A_0}$ помнить ненулевые вещественные

частоты.

$P = j\omega + \theta$ - это же комплексная частота, $\theta = 0$.

Учите, что комплексные частоты неодинаково работают синусоидами.

$$K(j\omega) = \frac{|j\omega - b_1|}{|j\omega - a_1|} \cdot e^{j(\arg(j\omega - b_1) - \arg(j\omega - a_1))}$$

$|K(j\omega)| = \sqrt{a_1^2 + \omega^2}$ - амплитуда суммы векторов из нуля и из полюса

$$|K(j\omega)| = \frac{\sqrt{b_1^2 + \omega^2}}{\sqrt{a_1^2 + \omega^2}} - A(X) \quad \arg K(j\omega) = \varphi_B - \varphi_A - \Phi(X)$$

Пример $a_1 = -b_1$.



Инерционная RC-система



$$K(j\omega) = \frac{\tilde{U}_{out}}{\tilde{U}_{in}} = \frac{1}{R + j\omega L} = \frac{1}{j\omega RL + 1} = \frac{1}{RC(j\omega + \frac{1}{RC})}$$

Tak repay vrem
(nem repay vremengenzer)

$$= \frac{1}{RC(p + \frac{1}{RC})} \quad a_1 = -\frac{1}{RC} \quad \frac{b_0}{a_0} = \frac{1}{RC}$$

$$|K| = \frac{1}{RC} \cdot \frac{1}{\sqrt{\omega^2 + \frac{1}{RC^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \quad -AUX$$



$$\arg K = -\arctg(\omega RC) \quad -AUX$$



Дискретизированная RC-система



$$K(j\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{j\omega RC + 1} = \frac{j\omega - \omega_0}{j\omega + \frac{1}{RC}}$$



AUX

OPUX

Не вещественное нулю / ненулевое бугоры симметричны относительно оси. Re > 0, если конд 1 - вещественный

Однократные характеристики систем



$$C_n \frac{df^{(n)}}{dt} + C_{n-1} \frac{df^{(n-1)}}{dt} + \dots = \dots$$

Заменим $f^{(n)}$ на p^n , $f^{(n-1)}$ на p^{n-1} , ...

Получаем характеристическое уравнение.

Корни полученного уравнения дают решения дифр. ур-я.

$$\frac{df^{(n)}}{dt^{(n)}} \rightarrow p^n$$

- оно же, с помощью к-поса можно решить задачку

$$\int f(t) dt \rightarrow \frac{1}{p}$$

Непрерывная форма $x(t)$ и ее спектр (преобразование Фурье):

$$F(\omega) = C \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

- сходимость интеграла второго вида



- спектр этого низкочастотного импульса не сходит

(Ф-ия Хейвайса)

Можно придумать ее пологовалистическую сп-ю, к-рая сходит к сп-ю Хейвайса, и называется, когда сходит пологовалистический импульс.

Всегда менее затратное преобр-е, более универсальный метод: умножим $f(t)$ на $e^{-\sigma t}$.

Также ее сп-ю можно оправдать этой причиной. Новое преобр-е:

$$F(p) = \int_0^{+\infty} f(t) \cdot e^{-pt} dt; \text{ обозначим } p = j\omega + \sigma - \text{ преобр-е Лапласа (прене)}$$

"это энту. он дает заслуженное".

При этом всегда справедливо, что для $t=0$ $f(t)=0$, наше выражение сущ. сп-ю

(также импульс не разбивается на единичную $e^{-\sigma t}$). $F(p)$ - лампас - отраж

Числовые признаки знакоустойчивости

- Коэффициенты характеристического уравнения не должны иметь действительных частей, равных нулю.
- $\forall t < 0 \rightarrow f(t) = 0$
- $\exists M > 0, s_0 > 0 : \forall t \rightarrow |f(t)| < M e^{s_0 t}$ - определение знакоустойчивости

$f(t) \stackrel{def}{=} F(p) - f(t)$ есть остаток $F(p)$

Однозначное представление вида $\frac{1}{p-a}$.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{a-j\infty}^{a+j\infty} \frac{1}{p} e^{pt} dp$$

В ТФКП не имеется других интегралов.

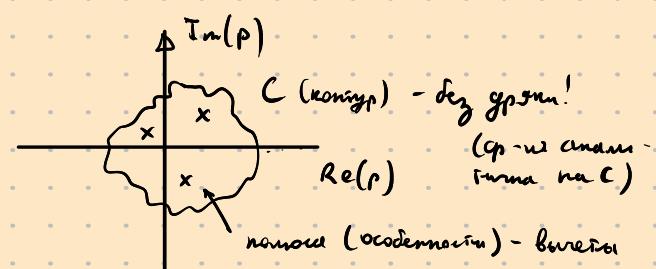
Однозначный вид: теорема Коши о вычетах.

$$\int_C q(p) dp = 2\pi i \cdot \sum \operatorname{res} q(p) \quad (\text{вычитающиеся полюсы})$$

$\operatorname{res} q(p)$ - вычеты оп-ум $q(p)$



- можно определить и
действительную.



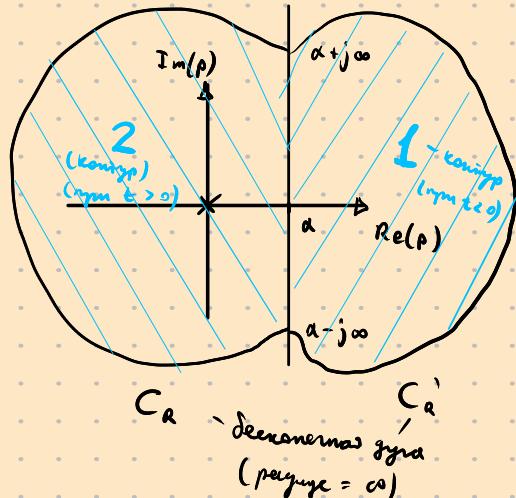
нашествие (оценка остатка) - вычеты

Если в оп-ум есть осадимости, пренебрегаем не в поле Тейлора, а вот в таком виде!

$$f(p) = \dots + \underbrace{\frac{1}{p^2} C_{-2}}_{\text{вычет оп-ум}} + \underbrace{\left(C_{-1} \frac{1}{p} + C_0 + C_1 p + C_2 p^2 + \dots \right)}_{\text{правильные члены}}$$

- поле Тейлора

C_{-1} - это нечестно, надо в знаменателе



Полигодиничность интегралов базируется на симметрии

$\rightarrow \infty$ при симметрии оп-ум $p = 0$ на ∞ симметрия $= 0$.
(лемма Моргуана)

При $t < 0$ по линии Моргуана $\int_{C_R} \dots = 0$

$$\int_{C_R} \dots = \int_L \dots - \int_{C_R'} \dots = 0 - 0 = 0 \quad f(t) = 0$$

L - линия Моргуана!

При $a > 0$ контур 1 не содержит осадимостей (один из них: $\frac{1}{p} - \delta$ мал), $\Rightarrow \int_1 \dots = 0$

При $t \geq 0$

Вычитающийся член оп-ум, забавляется 1 ($p \rightarrow 0 \quad e^{pt} \rightarrow 1 \Rightarrow$ вычитающийся член $\frac{1}{p} \rightarrow C_{-1} - 1$)

$$\int_2 \dots = 2\pi i \quad \int_2 \dots = \int_2 \dots - \int_{C_R} \dots = 2\pi i$$

$$F(t) = \frac{2\pi i}{2\pi i} = 1 - \text{qp-ua} \quad \text{Кебнаня!}$$

T.e. $F(p) = \frac{1}{p}$ gie sp-um Xebucanga.

Преизваден радио-излъчвателният модул съдържа също така една група предпоговари за лампи. e^{-tp} - изразът за нея показва че това предпоговаре



$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\alpha-j\infty}^{\alpha+j\infty} e^{pt} \left\{ \sum f(\tau_k) e^{-p\tau_k} \Delta' \tau_k \right\} dp$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\alpha-j\infty}^{\alpha+j\infty} e^{pt} \left\{ \int_0^t f(\tau) e^{-p\tau} d\tau' \right\} d\mu \quad -\text{однако предп-е заменяется}$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{a-j\infty}^{a+j\infty} e^{\rho t} F(\rho) d\rho$$

$f(t) = q - u_2$ $\chi_{\text{збрасыва}}$.

$$F(p) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-pt} dt = -\frac{1}{p} e^{-pt} \Big|_{0}^{+\infty} = \frac{1}{p}$$

$$G(p) = \int_0^\infty e^{p_0 t} e^{-pt} dt = \int_0^\infty e^{-(p-p_0)t} dt = -\frac{1}{p-p_0} e^{-(p-p_0)t} \Big|_0^\infty = \frac{1}{p-p_0}$$

Parryman, 210

$$e^{P_{\text{tot}} t} \cdot i(t) = \frac{1}{P - P_0}$$

Modello ujod - e no yavaramus crinalice yavomennova ja $I(t)$, ee ne munyst.

Совместа преодр-2 лекции

1° *lucenoris*

$$\int_0^\infty (\alpha f(t) + \beta g(t)) e^{-pt} dt = \alpha \int_0^\infty f(t) e^{-pt} dt + \beta \int_0^\infty g(t) e^{-pt} dt$$

$$\alpha f(t) + \beta g(t) \doteq \alpha F(p) + \beta G(p)$$

$$\sin \omega t = \frac{e^{j\omega t} - e^{-j\omega t}}{2j}, \quad \cos \omega t = \frac{e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}}{2}$$

uz cb-b unenigsten hengelen?

$$\sin \omega t \doteq \frac{1}{2j} \left(\frac{1}{p-j\omega} - \frac{1}{p+j\omega} \right) = \frac{\omega}{p^2 + \omega^2}$$

$$\cos \omega t \doteq \frac{1}{2} \left(\frac{1}{p-j\omega} + \frac{1}{p+j\omega} \right) = \frac{p}{p^2 + \omega^2}$$

$$\operatorname{sh} \omega t \doteq \frac{\omega}{p^2 - \omega^2}$$

$$\operatorname{ch} \omega t \doteq \frac{p}{p^2 - \omega^2}$$

2° Таблица номинал

$$f(t) \doteq F(p)$$

$$f(\alpha t) \doteq \int_0^\infty f(\alpha t) e^{-pt} dt = \frac{1}{\alpha} \int_0^\infty f(t) e^{-p\frac{t}{\alpha}} dt = \frac{1}{\alpha} F\left(\frac{p}{\alpha}\right)$$

3° Дифференцирование ортранс

$$f'(t) \doteq F(p)$$

$$f'(t) \doteq \int_0^\infty \underbrace{f'(t)}_{u'} \underbrace{e^{-pt} dt}_{v} = f(t) e^{-pt} \Big|_0^\infty - \int_0^\infty f(t) (-p) e^{-pt} dt = -f(0) + pF(p)$$

$$f^{(n)}(t) \doteq p^n F(p) - \sum_{i=0}^{n-1} p^{n-i-1} f^{(i)}(0)$$

4° Дифференцирование изотранс

$$F(p) \doteq f(t) \quad (\text{одинакое преобр-е})$$

$$F'(p) = \left(\int_0^\infty f(t) e^{-pt} dt \right)'_p = - \int_0^\infty t f(t) e^{-pt} dt$$

$$F^{(n)}(p) \doteq (-t)^n f(t)$$

$$t^n \doteq (-1)^n \left(\frac{1}{p} \right)^{(n)} = \frac{n!}{p^{n+1}}$$

$$t^n e^{pt} \doteq \frac{n!}{(p-p_0)^{n+1}}$$

5° Интегрирование ортранс

$$f(t) \doteq F(p)$$

$$g(t) = \int_0^t f(t) dt \quad g(t) \doteq G(p)$$

$$F(t) = g'(t) \doteq F(p) = pG(p)$$

$$G(p) = p^{-1} F(p)$$

6⁰ Интегрирование изображения

$$F(p) \doteq f(t)$$

$$\int_p^{\infty} F(p) dp - \text{изображение}$$

$$\int_p^{\infty} F(p) dp = \int_p^{\infty} \left\{ \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt \right\} dp = \int_0^{\infty} f(t) dt \int_p^{\infty} e^{-pt} dp = \int_0^{\infty} \frac{f(t)}{t} e^{-pt} dt$$

\uparrow изложение неправильное интегрирование

$$\int_p^{\infty} F(p) dp \doteq \frac{f(t)}{t}$$

$$e^{pt} - e^{at} \doteq \frac{1}{p-a} - \frac{1}{p-a}$$

$$\frac{e^{pt} - e^{at}}{t} \doteq \int_p^{\infty} \left(\frac{1}{p-a} - \frac{1}{p-a} \right) dp = \ln \frac{p-a}{p-a}$$

7⁰ Теорема замены изображения

$$f(t) \doteq F(p)$$

$$f(t-t) \doteq \int_t^{\infty} f(t-t) e^{-pt} dt = \int_0^{\infty} f(t_1) e^{-(t_1+t)} dt_1 = e^{-pt} F(p)$$

$t_1 = t-t$



$$f(t) = A(1(t) + 1(t-t) + 1(t-2t) + \dots)$$

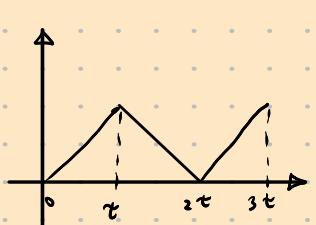
$$F(p) = A \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{p} e^{-pt} + \frac{1}{p} e^{-2pt} + \dots \right) = \frac{1}{p} \frac{1}{1-e^{-pt}}$$



$$f(t) = A(1(t) - 2 \cdot 1(t-t) + 2 \cdot 1(t-2t) - \dots)$$

$$F(p) = \frac{A}{p} \left(1 - 2 \frac{e^{-pt}}{1-e^{-pt}} \right)$$

Меняется



$$F(p) = \frac{A}{p^2} \left(1 - 2 \frac{e^{-pt}}{1-e^{-pt}} \right)$$

8º Teorema convolutionis

$$F(p) \doteq f(t)$$

$$F(p-p_0) \doteq ?$$

$$F(p-p_0) = \int_0^\infty f(t) e^{-(p-p_0)t} dt = \int_0^\infty (f(t) e^{p_0 t}) e^{-pt} dt$$

$$e^{-pt} \sin \omega t \doteq \frac{\omega}{(p+\lambda)^2 + \omega^2}$$

$$e^{-pt} t^n \doteq \frac{n!}{(p+\lambda)^{n+1}}$$

9º Teorema умножения - *бесконечное произведение*

$$f(t) \doteq F(p) \quad g(t) \doteq G(p)$$

$$F(p) \cdot G(p) \doteq ?$$

$$\int_0^t f(\tau) g(t-\tau) d\tau = \int_0^\infty e^{-pt} dt \int_0^t f(t) g(t-t) dt = \int_0^\infty f(t) e^{-pt} dt \int_t^\infty g(t) e^{-pt} dt, =$$

$$= F(p) \cdot G(p)$$

$$\int_0^t f(t) g(t-t) dt - \text{интеграл свёртки}$$

Есан оңайындың түзүлүштөрінің характеристикасы, граници - барынан бергенінде, бескінчелік бергеніндең дүйесіндең түзүлүштөріндең көрсеткіші - ишінен пісінен айналған

$$p F(p) G(p) = f(0) G(p) + \{ p F(p) - f(0) \} G(p) \doteq f(0) g(t) + \int_0^t g(t) \cdot f'(t-t) dt =$$

Интеграл Дюамеля

$$= g(0) f(t) + \int_0^t f(\tau) g'(t-\tau) d\tau$$

10º Обратная теорема умножения

$$f(t) g(t) \doteq \frac{1}{2\pi i} \int_{\alpha-i\infty}^{\alpha+i\infty} F(q) G(p-q) dq - \text{неге жағажайы}$$

$$f(t) g(t) \doteq \int_0^\infty f(t) g(t) e^{-pt} dt = \frac{1}{2\pi i} \int_0^\infty \left\{ \int_{\alpha-i\infty}^{\alpha+i\infty} F(q) e^{qt} dq \right\} g(t) e^{-pt} dt =$$

$$= \frac{1}{2\pi i} \int_{\alpha-i\infty}^{\alpha+i\infty} \left\{ F(q) \int_0^\infty g(t) e^{-(p-q)t} dt \right\} dq = \frac{1}{2\pi i} \int_{\alpha-i\infty}^{\alpha+i\infty} F(q) G(p-q) dq$$

Дегенде интеграл түзүлдеп беріледі.

Числоское характеристики

Особенности функциональных из-внешн. функционалов, заданные на пространстве основных функций. Число, соотвтвующее основной функции φ функционалу f называется (f, φ) и наз-ся единичной обобщенной ф-ией f . на пространство ф-ий φ .

$$(f, \varphi) = A$$

1° Минимум функционала

$$f(c_1\varphi_1 + c_2\varphi_2) = c_1(f, \varphi_1) + c_2(f, \varphi_2)$$

2° Непрерывность

$$\forall \varphi_n \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{K} 0 \rightarrow (f, \varphi_n) \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} 0 \quad (K - \text{нр-то сущ-ва})$$

Всеобщая основная ф-я для линейного гипероператора.

У каждого основной ф-и есть "конечно-норма": $\|\varphi(x)\| = 0 \Big|_{x=a}$
(второе сл-то - это прерывнос.)



Пример: $\varphi(x) = \begin{cases} 0, & |x| \geq a \\ \exp\left(-\frac{x^2}{a^2-x^2}\right), & \text{если } x < |a| \end{cases}$

В т. $x \rightarrow a$ функция, эко $\varphi(x) \rightarrow 0$ и $\varphi'(x) \rightarrow 0$ - ф-я нр-но непрерывна и вб-ся непрерывна константа $\varphi(x) = 0$.



Эти ф-и можно умножить на любые линейные гиперфункции ф-и. И результат будет приводить к линейным гиперфункциям!

Примером таких ф-и есть нр-то основных ф-и K .

$$(g, \varphi) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x) \varphi(x) dx - \text{первая обобщенная функция}$$

Самый простой пример - ф-я Хэвисайда:

$$1(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases} \quad (\text{небходимо, так как определит } \theta \neq 0; \text{ всеядно ненулевым})$$

$$(1, \varphi) = \int_0^{+\infty} \varphi(x) dx$$

$(\delta, \varphi(x)) = \varphi(0) - \delta - \text{ошибка}$



$h(t)$ - импульсная реакция, реакция системы на "момент дозы"

$$g(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \int_0^{\infty} x(t) \delta_{\Delta}(t-t) dt$$

Математика сводится к такому выражению:

интеграл Римана в огнице t , величина 0.



Чередование сингулярности:

$$g(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \int_0^{\infty} x(t) \delta_{\Delta}(t-t) dt = x(0) = (\delta, x(t))$$

Образование производной одномерной опции

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta'(t) \varphi(t) dt = \left. \delta(t) \varphi(t) \right|_{-\infty}^{+\infty} - \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) \varphi'(t) dt = -\varphi'(0)$$

равдели на
единичном



$$q = \int_{V \rightarrow 0} \rho dv - \text{масса}$$

$$q = \int q \delta(x) dx, \delta(x) - \text{масса единого заряда}$$

q



Как отнести массу единого заряда?

$$\frac{l}{l} \rho \delta\left(x + \frac{l}{2}\right) \quad \text{и} \quad -\frac{l}{l} \rho \delta\left(x - \frac{l}{2}\right) \quad - \text{если } l \neq 0;$$

$$\lim_{l \rightarrow 0} \frac{\rho \delta\left(x + \frac{l}{2}\right) - \rho \delta\left(x - \frac{l}{2}\right)}{l} = \rho \delta'(x)$$



$$\begin{array}{c} \delta(t) \xrightarrow{\lambda} h(t) \\ \downarrow \lambda \\ 1 \xrightarrow{} K(p) \end{array}$$

Синоды описание лин. и не-л.

① АЧХ, фур



② Частотная характеристика



Задаваем первое начальное значение в момент времени $t = 0$

③ Переходное характеристики



Все описания эквивалентны

Описание не-л. частотной характеристики



$$\delta(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{i(t) - i(t-\Delta t)}{\Delta t}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-t_0) dt := \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \int_{t_0}^{t_0 + \frac{\Delta t}{2}} \frac{1}{\Delta t} dt = 1$$

(если не брать \lim за \int , получим 0!)

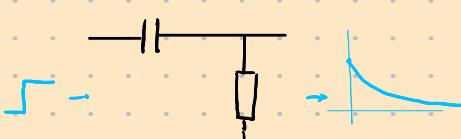
Когда мы находим, что $\delta(t) = i'(t)$, то $i(t)$ не uniquely определена — это означает, что не одна. Однако если считать все однозначные ф-ции, то они групп!

Всегда имеются две:

$$h_u(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{h(t) - h(t-\Delta t)}{\Delta t}$$



пример для однозначно определенной ф-ии
(единственная непр. и групп.)



пример для однозначно определенной ф-ии
(единственная разреш. в 0)

Однако $h(t)$ всегда неоднозначна и групп! Поэтому

$$h_u(t) = h'(t)$$

Два синода оправдываются параллельно $h_u(t)$:

1. Рассмотрим $h(t)$ на где равен нулю: здесь 1. производная и ноль
2. Переходим к одному ф-ию: если одинаково берется производная

Наша сінукса на $x(t)$



Аналог $x(t)$ можна представити сумою елементів.

Всі цікі уміння використані вище:

$$y(t) = c_0 h(t) + c_1 h(t-\Delta t) + c_2 h(t-2\Delta t)$$

Чи можемо $\Delta t \rightarrow 0$:

$$y(t) = \int_0^t h(t-\theta) d[x(\theta)] = \int_0^t x'(\theta) h(t-\theta) d\theta - \text{непасирна функція Dirac}$$

Но! Якщо $x(t)$ підібний? Тоді не $x'(t)$. Можна непідібний & однак. єд-нан, але спонза більш широким обсягом.

$$y(t) = x(\theta) h(t-\theta) \Big|_0^t + \int_0^t x(\theta) h'(t-\theta) d\theta = x(t) h(0) + \int_0^t x(\theta) h'(t-\theta) d\theta - \text{- більш широка функція Dirac}$$

Підібні $h(t)$ називають також, якщо в них називає $h_u(t)$ - параліпіпедним зважом або ваговим зважом. І. підібні по обсягу.

В одній з цих:

$$y(t) = \int_0^t x(\theta) h_u(t-\theta) d\theta$$

Свого з преодол-ем Аналіза

$$\mathcal{L}[y(t)] = \mathcal{L}[x(t)] \cdot \mathcal{L}[h_u(t)] = H(p) \cdot \mathcal{L}[x(t)]$$

Припустимо компактність h_u - неперіз - $H(p) = \mathcal{L}[h_u(t)]$!

Выделение нужного сигнала из падора



1 МГц, импульс на частоте 50 Гц



AЧХ приемника

① Частотное разделяние

- Передатчик и приемник имеют одинаковую группу о группе не забот

② Разделение по времени

- Предупреждение о синхронизирующих пакетах (нечетные передаваемые)

③ Разделение по фазе

- Предупреждение о синхронизирующих пакетах (5 нс для задержки между кандидатом 1 и кандидатом 2)

Частотное разделение

Деление на частоты неудобно (имеем не-равномерный спектр передаваемого сигнала). Берут октаву или меньше (октава - от ω_0 до $2\omega_0$)



Использование RC-фильтра (AЧХ).
Сдвиг в 6 ДБ (честно!)

Первое прохождение

- FM диапазон: 90 - 110 МГц
- Шаг между станциями: 400 кГц
- Изменение радиуса на 5%, дальность приема 60 ДБ (линейно - RC-цепочка совсем не помогает...)

Второе прохождение



- Используются не одинаковые антенны, 2 адомени сдвигаются в разные стороны
- Максимум ~ 10% различия (напр. 1,0 и 1,1 МГц для передачи и для приема)

- Задача упрощена: нерегулятор и приемник - движущее в огне зеркало. Мощность нерегулируемого излучения $E_{\text{нр}}$ (в 1-й задаче нерегулятор не входит в расчеты из-за применения, но не менее ~1 кВт - все равно).

Решение 1: негасимый П-образный генератор.

Минимальное значение нестабильности (если сущест. короткое, то оно можно декомбинировать) - зависит от преодол. $\Phi_{\text{крит}}$.

Как такое можно в реальности?

Решение 2: резонансные сиркуляции



- Соединение генератора с нагрузкой не является нерегулируемым
 - Но! Негасимой каскад. если не забыть - это нестабильность (r)
- $$L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} i dt + ri = e \quad -\text{если забыть}$$

Можно еще компенсировать амплитуду:

$$I = \frac{E}{Z_{\text{эн}}} = \frac{E}{jwL + r - \frac{1}{wC}} = \frac{E}{r + j(wL - \frac{1}{wC})}$$

Единственным решением при $wL = \frac{1}{wC}$

$Z_{\text{эн}}$ имеет наше значение:

1. $r_{\text{эн}} = r$ - активная составляющая (const)

2. $X_{\text{эн}} = wL - \frac{1}{wC}$ - реактивная составляющая (0 при $wL = \frac{1}{wC}$, значение $\propto \omega$)

Резонанс при $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ (при этом $Z_h = Z_c$), при нем:

$Z_h = Z_c = \rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ - характеристическое сопротивление колебательного контура

Добротность $Q = \frac{W_{\text{кк}}}{P \cdot \sqrt{LC}} = \left(W_{\text{кк}} - \text{ энергия, занесенная в колеб. контур, } P - \text{ средняя мощность потерь за 1 цикл, } \sqrt{LC} - 1 \text{ цикл } \right)$

$$= \frac{LI^2}{2P\sqrt{LC}} = \frac{LI^2}{2\left(\frac{I}{\sqrt{2}}\right)^2 R \cdot \sqrt{LC}} = \frac{\sqrt{LC}}{R} = \frac{\rho}{r}$$

активное
занесение
излучения

График. зеркало: напряжение передатчика I с амплитудой I_0 приблизительно постоянное. Тогда $I_{\text{запл.}} = I_0 / \sqrt{2}$, где сущест. $I_{\text{запл.}} = I_0 / \sqrt{2}$



$$Q = \frac{W_{\text{ex}}}{P \sqrt{L C}} = \frac{C U^2 R}{2 \left(\frac{U}{R} \right)^2 \sqrt{L C}} = \frac{R}{\sqrt{L/C}} = \frac{R}{S} \quad - \text{здесь} \text{нагрузка}$$

Задание $d = 1/Q$

При независимом нагрузке $\frac{1}{Q'} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{Q_n}$ (т.к. $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_n}$)
 $d' = d + d_n$

Число не зависит от конфигурации нагрузки (L - C)

Обычно $Q \in [10; 10000]$.

Например, будем ожидать, что ω_0 всегда больше, а это означает, что ω_0 можно упростить.

$$X_{Bx} = \omega L - \frac{1}{\omega C} = \omega_0 L \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{1}{\omega_0 \omega L C} \right) = \omega_0 L \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) = S \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)$$

$$\xi = \frac{X_{Bx}}{r} = \frac{S}{r} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) = Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \quad - \text{коэффициент рассеяния}$$

(нормированное значение Q и значение ω_0)

$$\omega = \omega_0 + \Delta \omega, \quad \Delta \omega - \text{изменимое значение частоты}$$

$$X_{Bx} = \omega_0 L \left(\frac{\omega_0 + \Delta \omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega_0 + \Delta \omega} \right) = \omega_0 L \frac{(\omega_0 + \Delta \omega)^2 - \omega_0^2}{\omega_0 (\omega_0 + \Delta \omega)} \approx \omega_0 L \frac{2 \omega_0 \Delta \omega + \Delta \omega^2}{\omega_0^2} = L \cdot 2 \omega \Delta \omega =$$

$$= \frac{2 S}{\omega_0} \Delta \omega$$

$$\xi = 2 Q \frac{\Delta \omega}{\omega_0}$$

$$|Z_{Bx}| = r \cdot \sqrt{1 + \xi^2} \quad (\text{т.к. } Z_{Bx} = r \cdot (1 + j\xi))$$

$$\arg Z_{Bx} = \arctg \xi \approx 2 Q \frac{\Delta \omega}{\omega_0} \quad - \text{если значение } Q, \text{ то можно } \Phi \propto X$$



Добротность и сопротивление



$$R = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot Q =$$

- Если на го $Q=10$, то в цепи параллельно
- Но если на го $Q=100$, то R слишком большое, а напряжение circuita не хватает

А как же $Q=5000$?

Можно наладить маленький L и большой C

Но нечестно и грустно наладить не ближе - это проводников в цепи T-образной индуктивности.

Частичное выключение



$$Q = \frac{R_{\text{sub}}}{\sqrt{L/C}}$$

$$Q^* = \frac{R_{\text{sub}} R_{\text{namp}}}{(R_{\text{sub}} + R_{\text{namp}}) \sqrt{L/C}}$$



Погрешность измерения на где засл. Q^* - ?

$$U_{\text{namp}} = \frac{U}{j\omega C_2 \left(\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2} \right)} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U$$

- каскадное выключение

$$P_{\text{namp}} = \frac{U_{\text{namp}}^2}{R_{\text{namp}}} = \text{const}$$

(не засл., т.к. не меняется подстроечная)

(изменяется напряжение)

- В 2 раза уменьшит U_{namp} (изменяется сила), но в 2 раза возрастает Q . (если $C_1=C_2$)
- Бумбум!

Каскадное выключение: $\frac{C_1}{C_2 + C_1}$

От R_{sub} напряжение не зависит, т.е. бомбум не демонстрирует.

3.



$$R_{\text{sub}} > R_n^* \quad R_{\text{sub}} > R_u^*$$

- Схема выключения, R_n и R_u - характеристики генератора
- бумбум подстроечная.



AUX y kontyra belye zane! Maksymum, moshno svedet
eë norme / norme u naibol'shoy rezonansnoy zanei.

- Ceranno orens denges (b vsegochim kadaresh) ne rezonans. Takiy qanibep. Naibol'she,
etim etomu nai 10 nadejnost' gony et gony (no goby vsegochim). Ko eto oren
ne zapolnenno.



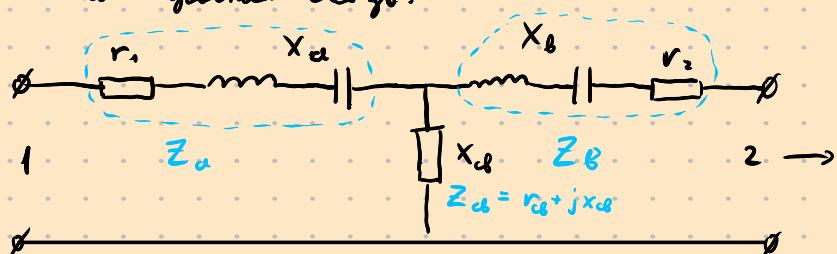
- Kak kouplenye nebiti sennu u, stolby z etomu
eto ne zapolnen? Kamu odrezem yipervis tih etomu?
- Moshno usel'stvoi polosobnym qanibep - no eto uet,
- Moshno nekakim kach. kontyram.

Связанные кас. контуры



Kakim da odrezem mi organizovana svyaz
mezhdu kontyrami, qanibep otn u te xl.

Cerunnaya gonye chasy:



(x_d , kai u nazvaniye kai rezistor,)
ne osobnoe sprostvorenje

- Etim 2 rezonansyi, on moshno
ne bavit nai 1.

- Unore b kontyre i nekakim
kach. gony. nazegne.

$$2\text{-rezonans}: Z_1 = Z_a + Z_b$$

$$1\text{-rezonans}: Z_2 = Z_b + Z_d$$

$$2\text{-K3}: Z_{bx} = Z_a + Z_a \parallel Z_b = Z_a + \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b}$$

$$Z_{bx} = Z_1 - Z_{ab} + \frac{(Z_2 - Z_{ab}) Z_{ab}}{Z_2 - Z_{ab} + Z_{ab}} = Z_1 - \frac{Z_{ab}^2}{Z_2}$$

Пояснение 2-го касед. к-ра здравоохранения бессим в концепт 1 Z_{БНС}:

$$Z_{\text{БНС}} = - \frac{Z_{\text{б}}^2}{Z_2}$$

Ноутык $Z_{\text{б}} = j X_{\text{б}}$ ($Z_1 = r_1 + j x_1$, $x_1 = x_a + x_{\text{б}}$, аналогично Z_2) — т.к. надо непрерывно, а не резко прыгнуть

$$Z_{\text{БНС}} = - \frac{-x_{\text{б}}^2}{r_2 + j x_2} = \frac{x_{\text{б}}^2}{r_2^2 + x_2^2} r_2 - j \frac{x_{\text{б}}^2}{r_2^2 + x_2^2} x_2$$

$$r_{\text{БНС}} = \frac{x_{\text{б}}^2}{r_2^2 \left(1 + \frac{x_2^2}{r_2^2}\right)} = \frac{x_{\text{б}}^2}{r_2^2 (1 + \xi^2)} \approx \frac{x_{\text{б}}^2}{r_2 (1 + 2Q \frac{\Delta \omega}{\omega_0})}$$

$$x_{\text{БНС}} = - \frac{x_{\text{б}}^2 x_2 / r_2}{r_2 \left(1 + \frac{x_2^2}{r_2^2}\right)} = - \frac{x_{\text{б}}^2 \xi}{r_2 (1 + \xi^2)}$$



- Быстро затухающий
импульс

- Чем больше $x_{\text{БНС}}$, тем лучше это подавление
резонансных мод

Что называется АЧХ, когда $r_{\text{БНС}}$?

(1 — $r_{\text{БНС}}=0$, 2 — $r_{\text{БНС}}$ мало, 3 — $r_{\text{БНС}}$ достаточно)

Чтобы увидеть 3 кривые: ω_0 — резонанс 1-го к-ра, ω_0 — резонанс 2-го, $X_{\text{б}}$.

1-й резонанс: резонанс на 1-м, но не на 2-м

2-й резонанс: аналогично

наличие резонанса : $\omega_0 = \omega_0 = \omega$

1-й симметричный резонанс : в результате 1-го резонанса рег. баланс $X_{\text{б}}$ так, чтобы он был 2-м для мод

2-й симметричный резонанс : аналогично

наличие резонанса : $\omega_0 = \omega_0 = \omega$, $X_{\text{б}}$ одинаков (идеал. фильтр)

Итоги

- Рассмотрено применение полупроводникового синтеза к полупроводникам.
- Если в звук - полупроводник передатчик и звук - полупроводник приемник, это есть применение ограничения сверху

$$\frac{10^{-9}}{10^{-20}} \cdot \frac{\text{разделение}}{\text{напряжение}} = 320 \text{ Гб}$$

излучение
приемник

Многие ограничены температурой. Что если приемник запорожить?



разные временные фазы
на осциллографе

Сейчас на выходе имеется毛毛 (ограничен в резистор) и опт. в антенне.
Т.е. сигнала можно как-то разделять на частоты.

Будем рассматривать не $U(t)$, а нек-ое усредненное значение — **коррелируем**:

$$\langle U_1, U_2 \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U_1(u) U_2(u-t) du$$

(если процесс эргодичен)

(поскольку неstationary)
"усреднение по времени"

Когда изменяется времена, тогда также изменяются. Но говорят, что сигн. процесс **эргодичен** — это означает что такое усреднение по времени можно заменить усреднением по времени.

Нап-р t при изменении подавляет, насколько быстрее меняется процесс:



Графиком сигнала
мы будем считать.

Чем дальше от t в коррелируем подавляется значение t значение, тем выше коэффициент корреляции! И наоборот

Но какое-то звук. перен. абсолютное - 0. До неё дует ветер - то же:



Излучение коррелограмм - гауссовы процессы
Всего в коррелограмм - монодромные процессы

Разностная пульсация



$$y(t) = \int x(u) h_u(t-u) du = x * h.$$

Но x мы не знаем, знаем только $\langle x, x \rangle$.

$$\langle y, y \rangle = \langle (x * h_u), (x * h_u) \rangle$$

Оказывается! Статистика коррелограмм равна коррелограмм самим.

$$\langle y, y \rangle = (\langle x, x \rangle * \langle h_u, h_u \rangle) \Leftrightarrow L[\langle y, y \rangle] = L[\langle x, x \rangle] \cdot L[\langle h_u, h_u \rangle]$$

Коррелограмма - норма спектра, где неё применено "норма логарифма о спектре":

$$L[\langle x, x \rangle] = L[x] \cdot L[x]^* = (\text{нормированный комплексный}) = |L[x]|^2$$

$$\text{Ну а } x(f) = L[x]: L[\langle y, y \rangle] = |x(f)|^2 \cdot |K(jf)|^2$$



Мощность выходного сигнала есть квадрат коэффициента передачи $|K(jf)|^2$

т.е. на частоте $[\omega_0 - \Delta\omega, \omega_0 + \Delta\omega]$ получаем

$$|y(f)|^2 = |K_0|^2 \cdot |x(f)|^2$$

N3 В вакуумной технике базисное сопротивление лежит $R = 50 \Omega$ (\Rightarrow это очень много!)

В реальных условиях лежит $R = 75 \Omega$

$$\text{Потребляемая мощность} P = \frac{U^2}{R} = \text{const.} \cdot U^2$$

$|x(f)|^2$ - спектральная мощность монодромии (монодромия - монодромия).

Её называют спектральной мощностью.

Однако иначе - AWGN (additive white Gauss noise)

To есть если имеется идущий в антенне сигнал, например, 200 гармоник

Сумма на картинке есть $[-30^\circ; +30^\circ]$, т.е. 60° . Основное условие "на магнит" называется $|K(j\omega)|^2$.

Расчет пропускания

Числовое значение — площадь под графиком $K(j\omega)$. Принцип можно записать в виде + неопределенной величиной.

$$\Delta \Omega = \int_0^{\infty} \left| \frac{K(j\omega)}{K_0} \right|^2 d\omega - \text{числовое значение}$$

Суммирование сигналов



$$\begin{aligned} \langle n, n \rangle &= \left\langle \sum_{i=1}^N (e_i \times h_i), \sum_{k=1}^N (e_k \times h_k) \right\rangle (t) = \\ &= \sum_{i,k=1}^N \langle (e_i \times h_i), (e_k \times h_k) \rangle (t) = \\ &= \sum_{i,k=1}^N (\langle e_i, e_k \rangle \times \langle h_i, h_k \rangle) (t) \end{aligned}$$

Но в т.к. e_i и e_k при $i \neq k$ — сигналы из различных разных источников, то они не коррелированы: $\langle e_i, e_k \rangle = 0 |_{i \neq k}$, тогда получаем

$$\langle n, n \rangle = \sum_{i=1}^N (\langle e_i, e_i \rangle \times \langle h_i, h_i \rangle) (t)$$

В результате получим:

$$n^2 = \sum_{i=1}^N e_i^2 \cdot |K(j\omega)|^2$$

- Когда сумма скоррелирована, то складывается дубль амплитуда (сумма двух разных источников)
- Если они некоррелированы, то складываются дубль мощности.

Математический принцип



R, T
математическое выражение
закона сохранения:
 $e^2 = 4KT$



Сущесвует множество видов резисторов на броце как для симметричной.

Внешний коэффициент шума $K_n = 20 \lg \left(\frac{e_{bx}}{|K|^2 e_{ex}} \right)$

$K_n < 3 \text{ dB}$ - недопустимое значение, $K_n > 10 \text{ dB}$ - опасное

Как уменьшить шумы в системе

1. Уменьшение температуры (раз 8-10)
2. Уменьшение шума пассивных резисторов

Пассивное шумы - падение качества преобразования электрической энергии в тепловую (и наоборот). Знак. Динамика - Активный

Все это реалистичное зв. то не однозначно решает проблему шумов.

