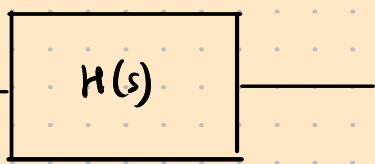


Бриоров Александер Алексеевич

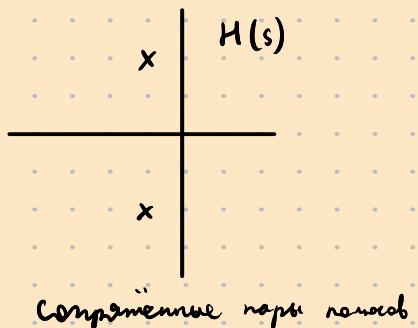
Проблема физикации



$$s = \frac{\rho}{\omega_0} - \text{характер. частота}$$

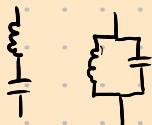
$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)} // \begin{matrix} \text{ненулевое} \\ \text{разложение} \end{matrix} \quad \text{— рациональное op-изв}$$

1. Сущность $H(s)$ — как её видеть? Сущность no AУХ
2. Реализация — как сделать генератором? Члены выражения



Она не реализуема АЧХ и RC цепьми.

Нужны RLC



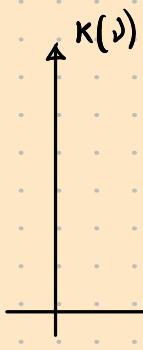
— реализуема гарм. синг. момента

Симметричные пары полюсов

Однако интуиция не всегда верна. Их можно заменить умнее!

RC — **антирезонанс** RC-цепь / фильтр

Cards on AUX



$$H(s) = \underbrace{|H(s)|}_{\text{AUX}} e^{j \underbrace{\arg H(s)}_{\text{phi}}}$$

$|H(s)|^2 = H(s) \cdot H^*(s)$ - it is called magnitude squared

$$\rightarrow j = \frac{\omega}{\omega_0}$$

Then we get the formula $H(s) \cdot H^*(s) \Big|_{s=j}$

AUX

- If the T.R. has poles in the left half-plane, then $H^*(s) = H(s^*)$, i.e. we have $H(s) \cdot H(s^*) \Big|_{s=j}$

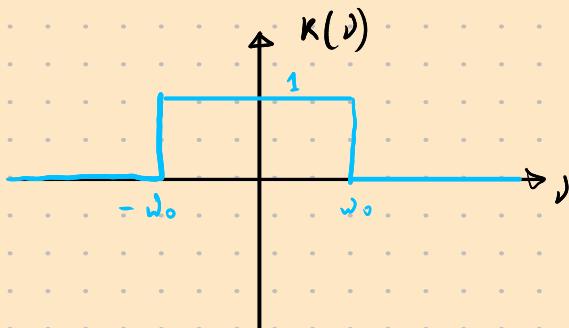
- If there are no poles in the right half-plane: $H(s) \cdot H(s^*) \Big|_{s=j} = H(s) \cdot H(-s) \Big|_{s=j}$

$$H(s) \cdot H(-s) = |K(j)|^2$$

AUX^2 - it is called magnitude squared

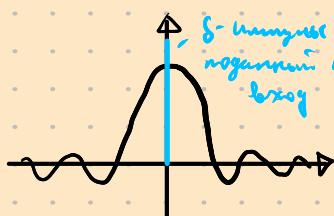
Corresponding values in the magnitude AUX^2 always have the same sign (and. even if we change $s \rightarrow -s$), and the maximum is determined by $H(s)$, minimum - by $H(-s)$.

Example. example of numerical calculations



$$h(t) = \int_{-1}^{+1} h(f) e^{j 2\pi f t} df = \frac{\sin 2\pi t}{\pi t}$$

Impulse Response



- it is called a transient process (partial response to an external excitation)

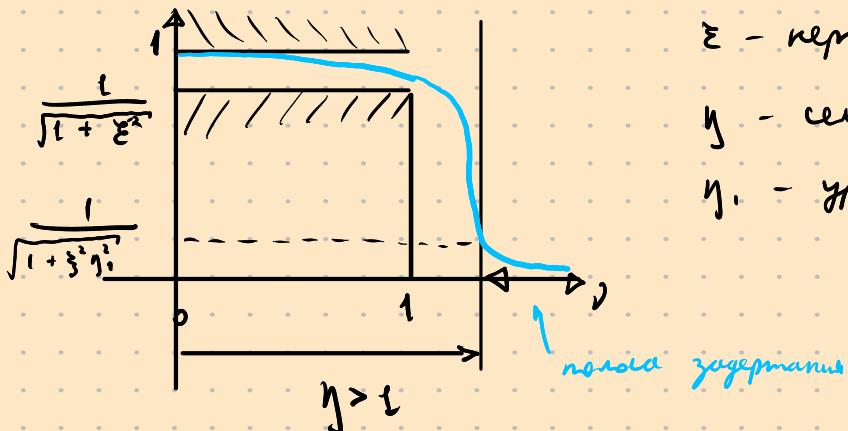
T. e. such a system is non-stationary.

Домогаща неравномерності АЧХ є нюанс пропускання:

ε - неравномерність в НН

η - селективність

η_1 - узгодженість на границі НЗ



К узгодженню підводяться: $|H(s) \cdot H(-s)|_{s=jv} = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 F_n^2(v)}$ n - порядок критичного

$$|F_n(v)| = \begin{cases} \leq 1, & v \in (-1; 1) \\ \geq \eta_1, & \geq 1 \end{cases}$$

Варіанти виборки:

1. $F_n(v) = v^n$ - критерій **Базельворті**

2. $F_n(v) = P_n(v)$ - критерій **Чебишева**, де $P_n(v)$ - поліном Чебишева

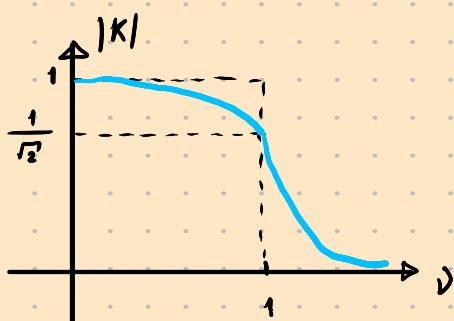
3. $F_n(v) = R_n(v)$ - **максимізаторний** критерій, $R_n(v)$ - розпод. змінної. як - ма

Базельворті

$$|H(s) \cdot H(-s)|_{s=jv} = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 v^{2n}}$$

$\varepsilon^2 \left(\frac{v}{\omega_0}\right)^{2n}$ - виснаження ε забезпеченням виснаження ω_0 , т.е. ε не виснажується від $v=1$

$$K(v) = \frac{1}{\sqrt{1 + v^{2n}}}$$



При $n \rightarrow \infty$ та АЧХ виснажується виснаженням пропускання.

Виснаження засилання - 3 дБ

$$H(s) \cdot H(-s) \Big|_{s=j} = \frac{1}{1 + j^{2n}} \Rightarrow H(s) \cdot H(-s) = \frac{1}{1 + \left(\frac{s}{j}\right)^{2n}}$$

Нужен ноль: $\left(\frac{s}{j}\right)^{2n} + 1 = 0$

$$\left(\frac{s}{j}\right)^{2n} = e^{j\pi} \cdot e^{j \cdot 2\pi k}, k \in \mathbb{Z} \quad -1 = e^{j\pi}$$

$$\frac{s}{j} = e^{j\frac{\pi}{2n}} \cdot e^{j \cdot 2\pi \cdot \frac{k}{2n}} \quad j = e^{j\frac{\pi}{2}}$$

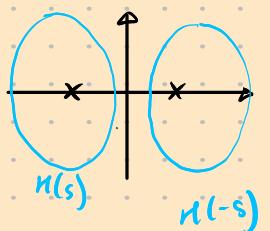
$$s_k = e^{j\left[\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k\right]} \quad - \text{номеры нулей, при которых } H(s) \cdot H(-s)$$



- номера вида $\frac{\pi}{n}$, кратные $\frac{\pi}{2n}$
стоеч. можно сеч!

Примеры

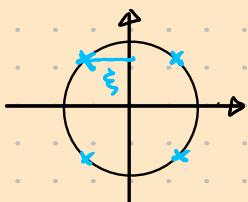
$$n=1: \quad \frac{1}{1 + \left(\frac{s}{j}\right)^2} = \frac{1}{1 - s^2} \quad s = \pm 1 \quad - \text{ноль}$$



$$H(s) = \frac{1}{1+s}$$

Универсальная зона!

$$n=2:$$



Симметричный полоса на ej, кроме характеристи-

ческих зонуков $\pm j$

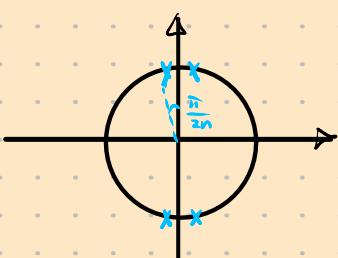
$$\text{Полином } s^2 + 2js + 1$$

$$\text{Корни } -j \pm i\sqrt{1-j^2}$$

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + \sqrt{2}s + 1}$$

У дійсного Гауссервого синуса негативні знач.

Ені жерде бірнайиғынан, негативні орнашында күштілік орнаша (янар $\frac{\pi}{2n}$) - бірнайиғынан



$$\xi = \sin \frac{\pi}{2n}$$

$$Q = \frac{1}{2\xi} = \frac{1}{2\sin \frac{\pi}{2n}}$$

Решімірдің с макшесінде макшынан тақтамалықтардың

Чебышев

$$|K(v)|^2 = \frac{1}{1 + \xi^2 P_n^2(v)}$$

$-1 \leq v \leq +1$; $|P_n(v)| \leq 1$ - осцилляциялардың ортағы анықтамалықтар

$$P_n(v) = \cos(n \arccos v)$$
 - ишемеленген Чебышев (1)

$$\cos[(n+1)\alpha] + \cos[(n-1)\alpha] = 2 \cos n\alpha \cdot \cos \alpha \quad - \text{негізгіле cos формула}$$

$$\alpha = \arccos x$$

$$\text{Негіздену} \quad P_{n+1}(x) + P_{n-1}(x) = 2P_n(x) \cdot x$$

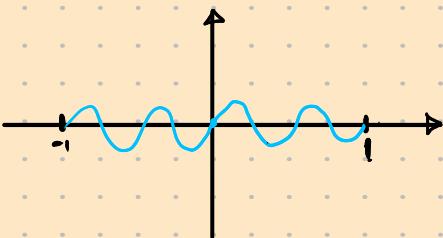
$$P_{n+1} = 2xP_n - P_{n-1}, \quad - \text{ рекурренттік ғор-ма}$$

$$P_0(x) = -1 \quad P_2(x) = 2x^2 - 1$$

$$P_1(x) = x \quad P_3(x) = 4x^3 - 3x$$

По ғор-ма (1) негіздену, макшынан $P_n(x)$ орнадын көбінде $x \in [-1; +1]$ макшынан

архівдымы. Негіздену оңда



$n \arccos x$ макшынан от 0 до $n\pi$

Зерттеу, $\theta \in [-1; 1]$ промежуткинде макшынан

негізгіледі осцилляциялар. Ені n -жылдай, то $\theta = 0 - 0$

Пореди наведені спрощення на біні змінній \arccos нажо під-убий
как спосіб комунації апгумента.

$$\cos(z) = \cos(x+iy) = \cos x \cdot \overset{\text{ch } y}{\cos iy} - \sin x \cdot \overset{\text{jsh } y}{\sin iy}$$

$$\cos iy = \frac{e^{i \cdot iy} + e^{-i \cdot iy}}{2} = \frac{e^{-y} + e^y}{2} = \text{ch } y$$

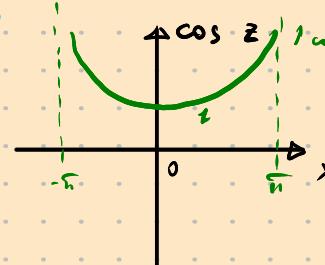
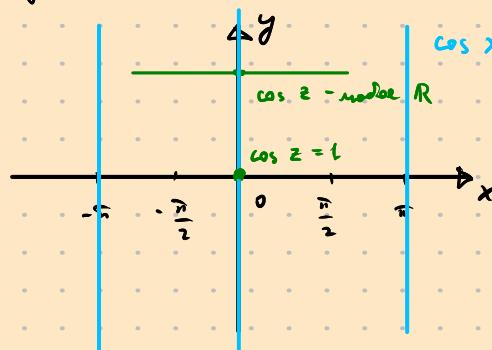
$$\sin iy = j \text{sh } y$$

- Поняття $\cos z = \cos x \text{ ch } y - j \sin x \text{ sh } y$

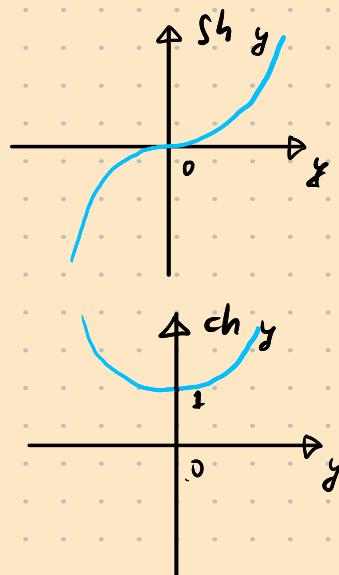
Если $y=0$, то $\cos z = \cos x$.

- Комунація згадана в \cos однозначна в 0 ,

тому $\sin x = 0$,



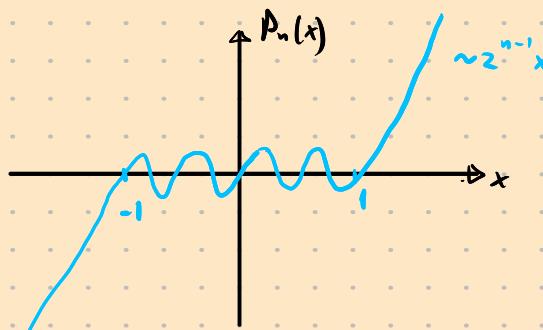
($\cos z$ нен. $y > 0$)



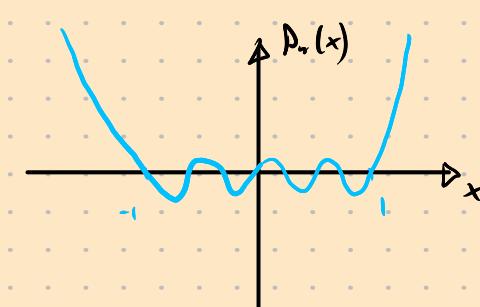
Це єдині апгументи діарес - модулі $x \in \mathbb{R}$, універсальний $\arccos x$ можлив, та
 $\cos(n \arccos x)$ однозначно визначені.

- $P_n(x) = 2^{n-1} x^n + \dots$ - **циліндричні координати**

При $n \geq 1$ єдині діареси.



$P_n(x)$, n -рівні



P_n n -рівні

y Числові вимірювання не суперечать зм. Гармонічності.

Новек номозб:

$$H(s) H(-s) = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 P_n^2\left(\frac{s}{j}\right)} = 0$$

$$P_n^2\left(\frac{s}{j}\right) = -\frac{1}{\varepsilon^2}$$

$$\cos\left(n \arccos\left(\frac{s}{j}\right)\right) = \pm \frac{j}{\varepsilon}$$

$u - jv$

$$\begin{cases} \cos(n(u - jv)) = \pm \frac{j}{\varepsilon} \\ \frac{s}{j} = \cos(nu - jv) \quad (-1)^n \end{cases}$$

$$\cos nu \cdot \operatorname{ch} nv + j \sin nu \cdot \operatorname{sh} nv = \pm \frac{j}{\varepsilon}$$

$\stackrel{||}{0} \Rightarrow \cos nu = 0$

$$nu = \frac{\pi}{2} + \frac{n}{2}k \Rightarrow u_k = \frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k \quad - \text{номерка на гармониках}$$

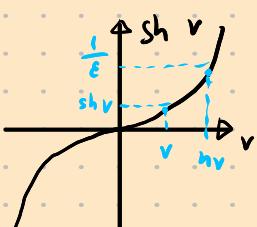
$$\operatorname{sh} nv = \frac{1}{\varepsilon} \Rightarrow v = \frac{1}{n} \operatorname{sh}^{-1}\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)$$

$$\frac{s}{j} = \cos(u - jv) = \cos u \cdot \operatorname{ch} v + j \sin v \cdot \operatorname{sh} v$$

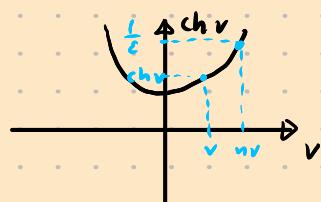
$$S_k = j \left[\operatorname{ch} v \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k\right) + j \sin\left(\frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k\right) \operatorname{sh} v \right]$$

$$S_k = -\operatorname{sh} v \sin\left(\frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k\right) + j \operatorname{ch} v \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k\right)$$

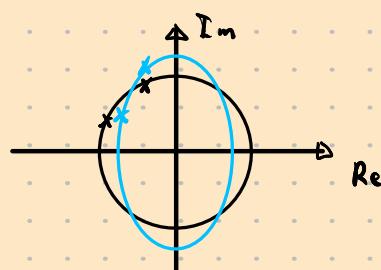
Опс. гармоника таємо коеф-ти умножені на $\operatorname{sh} v$ та $\operatorname{ch} v$.



$\operatorname{sh} v$ умножат (<1)



$\operatorname{ch} v$ піднімати (>1)



нормальна ф-я на Чедомівська

Базис $\{1, x, x^2, \dots, x^n, \dots\}$, опоронанням в як-лі Гаудерія, єдине умножене Чедомівська.

Эллиптические функции



$$a = \frac{1}{\sqrt{1-k^2}} \quad x \in \Sigma_0; 1)$$

$$v = \int_0^\theta r(\theta) d\theta$$

$$dn(v) = r \quad cd = \frac{cn}{dn}$$

$\lim_{n \rightarrow \infty} K=0$ - бирюзовые в окрестности, $\sin n \cos$

$$\int_0^{\pi/2} r(\theta) d\theta - \text{эллиптический интеграл}$$

Погодно зам., как $\cos(n \arccos x)$ - ненулевы, много разные
множества чисел в едини. Типичн. - т.н. **периодические эллиптические**
функции.

$$P_n(x) = \cos(nw), \quad \text{где } x = \cos(w)$$

$$\varphi_n(x) = cd(k, nw), \quad \text{где } x = cd(k, w), \quad k, k_1 \in (0; 1)$$

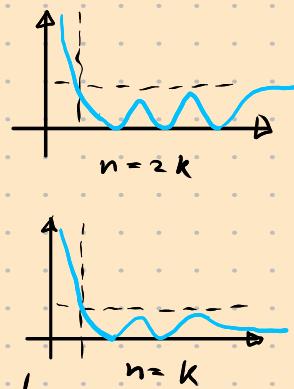
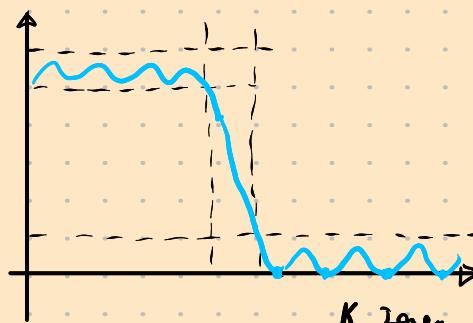
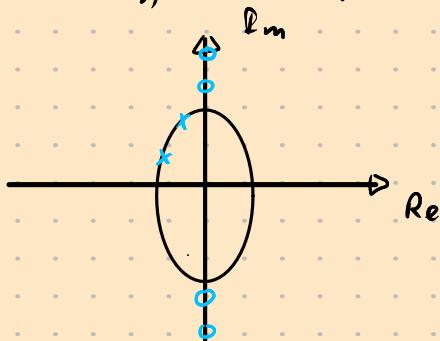
неп-р эллиптический $[0; 1]$

Равнодейств. это $\varphi_n(x) = \frac{N(x)}{D(x)}$ - пер. пр-е. (есть нули и полюса)

Ровно n нулей и полюсов:

$$N(s) N(-s) = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 \varphi_n^2(s)} = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 \frac{\Delta^2}{N^2}} = \frac{N^2 = 0}{N^2 - \varepsilon^2 \Delta^2 = 0} \begin{cases} \text{-нули} \\ \text{-полюса} \end{cases}$$

Но полюсы Оканс находят на гр-ре Чебышева (они same на
множ.), все нули - на единичн окн.



Нули в множ.

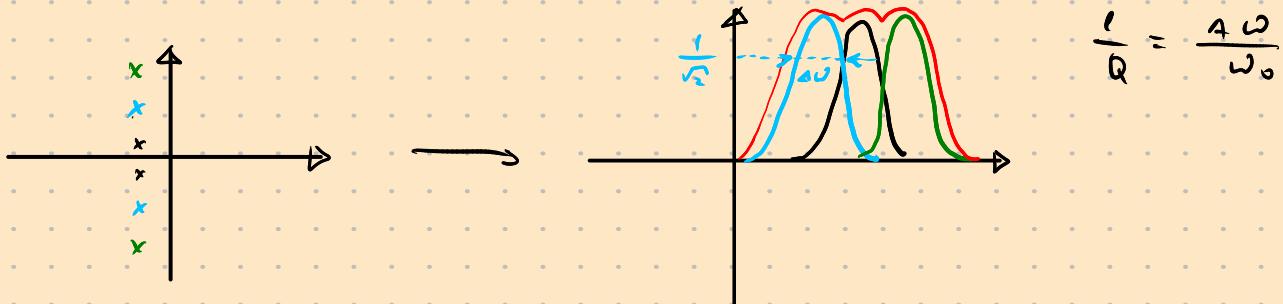
$n = 2k$ - нули непарные $n = 2k+1$ - один нуль на ∞

K раз, где
закрытое - 0!

Первые способы

1. Варшевский - загадка генератора \hbar
2. Чебышев - загадка n и ε ($\text{Реша } \gamma_1 = \gamma_1(\gamma)$ - ортогональна)
3. Динамические - загадки (n, ε, γ) или $(n, \varepsilon, \gamma_1)$ или $(\varepsilon, \gamma, \gamma_1)$
(в ней. случае n можно привести к нормативу)

В приведенном виде изображение ходов. Каждый генератор так:



Многие ПП с промежутками

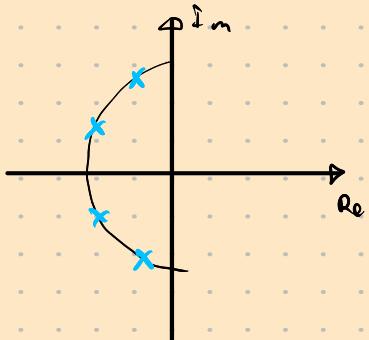
но! Есть их разн. типы, в ПП есть правильные.
Быть то чтобы не ошибся! Кто и каким.

Лекционные схемы

$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$$

$$|H(s)|^2_{s=j\omega} = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 F_n(\omega)}$$

$$F_n(\omega) = \omega^n; P_n(\omega); \varphi_n(\omega)$$

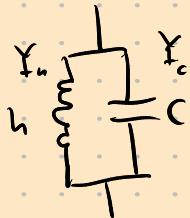
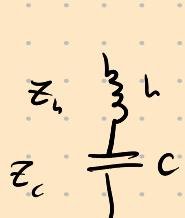


В классах RC и RL имеют компоненты настроек
(= коррекционные процессы) передаваемые.

$$|H(s)| = \frac{\prod_{n=1}^m \text{послед. по модулю}}{\prod_{n=1}^m \text{посл. по номоду}} \Rightarrow \text{Диаграмма -}$$

внешним номодам характера прохождения в пропускающие
и сглаживающие. Характер прохождения определяется номодами.

RLC-класс; можно добиваться резонанса;



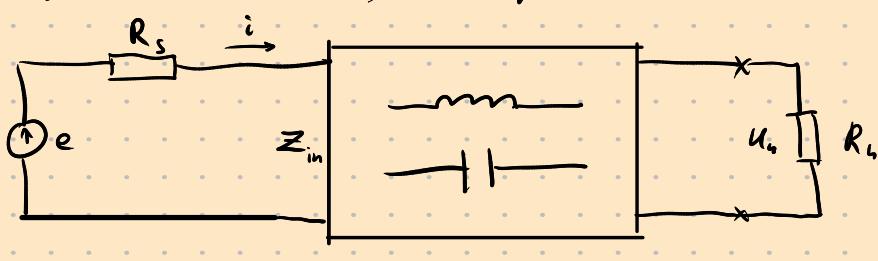
$$Z_{\text{резонанс}} = 0$$

$$Y_{\text{резонанс}} = 0$$

- неравномерность из группы
затухания ненормированной
амплитуды

Безустановочные линейные схемы

Резонанс (и выше) в группе нет!



$$P_n = \operatorname{Re} \left[\frac{u \cdot i^*}{2} \right]$$

- мощность на нагрузке

Переход к монополии.



Какова мощность источника?

Она такая, чтобы $R_s = R_u$.

$$u = \frac{e}{R_s + R_u} R_u = \frac{e}{2}$$

$$P = \frac{u^2}{R} \quad (\text{нор. напр.}) \quad P = \frac{|u|^2}{2R} \quad (\text{нег. напр.})$$

↓
здесь u — амплитуда

$$P_s = \frac{e^2}{u R_s} \quad (\text{нор. напр.})$$

$$P_s = \frac{|e|^2}{2 R_s} \quad - \text{мощность источника}$$

(зарядом. напр.)

Несимметричные характеристики P_s и R_s .

Коэффициент нелинейности

$$G = \frac{P_u}{P_s} \quad (\text{gain})$$

$$G = \frac{\frac{|u_u|^2}{2 R_u}}{\frac{|e|^2}{2 R_s}} = \frac{u R_s}{R_u} \frac{|u|^2}{|e|^2} = \frac{u R_s}{R_u} |K|^2 \rightarrow \text{коэффициент нелинейности}$$

$$|K| = 8 \text{ выражается } \frac{1}{2} \quad (\text{небольшое } R_s, \text{ большое } R_u) \Rightarrow$$

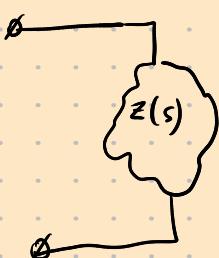
$$\Rightarrow G = 8 \text{ выражается } 1 \quad (\text{известно выражение } R_s = R_u)$$

$$G(v) = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 F_n^2(v)} \quad - \text{ пределение к общему представлению по коэффициенту нелинейности}$$

Т.к. нет генерации вибрации генератора, то $G = \frac{P_{in}}{P_s}$ — это значение

коэффициента нелинейности Z_{in}

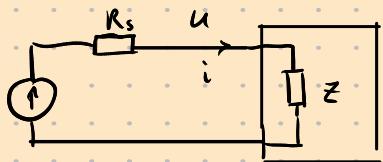
$$U_{in} = \frac{e Z_{in}}{R_s + Z_{in}} \quad P_{in} = \frac{|u_{in}|^2}{2 Z_{in}^2}$$



Задача: найти $Z(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$, реализовать связь между

сами нелинейностями. (помимо решения в реальном времени)

Die nepreza u P_{in} k Z_{in}, monno nepreza u u u i e
kamoborn nayavnegram (B nux yprave podobie c nayavnegram)



$$\alpha = \frac{U_{in} + iR_s}{2}$$

$$\beta = \frac{U_{in} - iR_s}{2}$$

$$u_{in} = \alpha + \beta$$

$$i = \frac{\alpha - \beta}{R_s}$$

$$P^+ = \frac{U_i^*}{2} = \frac{(\alpha + \beta)(\alpha - \beta)}{2R_s} = \frac{|\alpha|^2 - |\beta|^2}{2R_s} = \frac{P}{Q}$$

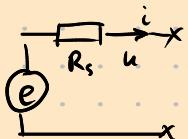
$$\beta\alpha^* - \beta^*\alpha = \beta\alpha^* - (\beta\alpha^*)^* = \operatorname{Im}[\beta\alpha^*]$$

$$P_{in} = \frac{|\alpha|^2 - |\beta|^2}{2R_s} \quad \text{Bleyen kozepi operamente } g = \frac{\beta}{\alpha} :$$

$$P_{in} = \frac{|\alpha|^2}{2R_s} (1 - |g|^2)$$

$$\text{Normavne na } g: \quad \frac{\beta}{\alpha} = \frac{U_{in} - iR_s}{U_{in} + iR_s} = \frac{Z_{in} - R_s}{Z_{in} + R_s}$$

Normavne na $|\alpha|$:



$$u = e - iR_s$$

$$\alpha + \beta = e - \frac{\alpha - \beta}{R_s} R_s$$

$$\alpha + \beta = e - \alpha + \beta \Rightarrow \alpha = \frac{e}{2}$$

$$\text{Uzivo } P_{in} = \frac{e^2}{2R_s} (1 - |g|^2)$$

$$P_u = P_{in} = P_s (1 - |g|^2)$$

$$G = \frac{P_u}{P_s} = 1 - |g|^2 \quad - \text{predobarni } G = \text{predobarni } |g|^2$$

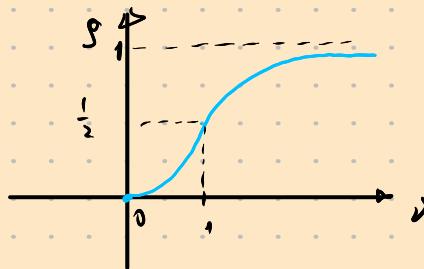
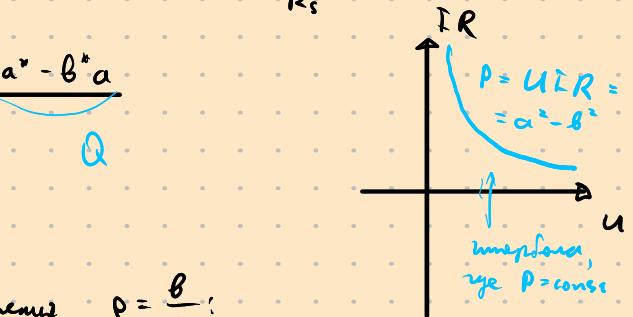
$$G = 1 - |g|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon^2 F_n^2(\nu)}$$

Fazieploti:

$$|g|^2 = \frac{\nu^{2n}}{1 + \nu^{2n}}$$

B narec nayavneam $|g| \rightarrow 0$,

δ narec zogermanie $|g| \rightarrow 1$



Найдем передатчее звено:

$$\pm \beta = \frac{Z_{in} - R_s}{Z_{in} + R_s}$$
 определить для $\pm \beta$ - это и то же (так как это же
передатчее звено $|g(s)|^2$)

Будет звено сдвиг τ и передаче α компенсации κ низкочастотах.

$$\beta = \frac{Y_{in} - R_s}{Y_{in} + R_s} = \frac{\beta s - Y_{in}}{\beta s + Y_{in}} = -\frac{Y_{in} - \beta s}{Y_{in} + \beta s}, \quad \beta s = \frac{1}{R_s}$$

При этом передача β зависит от R_s , т.к.

$$\pm \beta = \frac{Z_{in} - 1}{Z_{in} + 1} = -\frac{Y_{in} - 1}{Y_{in} + 1}$$

Проделано решением

Если будем здравомыслять в компенсации ω_0 и R_0 , то все останется
при этом безразлично.

$$\frac{x_0}{R_0} = \frac{\omega_0 L_0}{R_0} = x = \frac{\frac{j\omega}{\omega_0} L_0}{\frac{R_0}{\omega_0}} \Rightarrow L_0 = \frac{1}{\frac{R_0}{\omega_0}} = \frac{\omega_0}{R_0} - здравомыслящее$$

(на частоте ω_0 и на компенсации R_0)

Также есть формула:

$$C_0 = \frac{1}{\omega_0 R_0}$$

$$Z = qS$$

—

$$qL_0$$

$$\frac{Z}{R_0} = \frac{j\omega qL_0 \omega_0}{R_0 \omega_0} = qS \frac{\omega_0 L_0}{R_0} = qS$$

$$\frac{Y}{R_0} = \frac{j\omega qC_0 \cdot R_0 \omega_0}{\omega_0} = qS \frac{\omega_0 C_0 R_0}{1} = qS$$

$$|g(s)|^2 = \frac{V^{2n}}{1 + V^{2n}}$$

$$p(s) = \frac{s^n}{D_n(s)}$$

$$\Rightarrow \left. \frac{s^{2n}}{D_n(s)} \right|_{s=jV} = \frac{V^{2n}}{1 + V^{2n}}$$

Компенсация табулирована здраво

$$\frac{s^n (-s)^n}{D_n(s) D_n(-s)} \Big|_{s=jV} = \frac{V^{2n}}{1 + V^{2n}}$$

$$s^n (-s)^n \Big|_{s=jV} = V^{2n}$$

$$D_n(s) \cdot D_n(-s) = \frac{1}{1 + (\frac{s}{j})^{2n}}$$

Дисзубільце більше не може канел, тому має $H(s)$ у відповідь.

$$D_1(s) = s+1$$

$$D_2(s) = s^2 + \sqrt{2}s + 1$$

$$D_3(s) = (s+1)(s^2+s+1) = s^3 + 2s^2 + 2s + 1$$

Тепер умножим $Z(s)$:

$$\rho = \frac{Z - 1}{Z + 1}$$

$$Z(s) = \frac{1+\rho}{1-\rho}$$

$$Y(s) = \frac{1-\rho}{1+\rho}$$

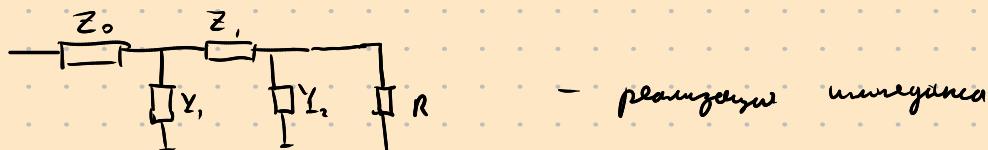
$$Z(s) = \frac{D_n(s) + s^n}{D_n(s) - s^n}$$

$$n=1: D_n(s) = s+1 \quad Z(s) = 2s+1$$

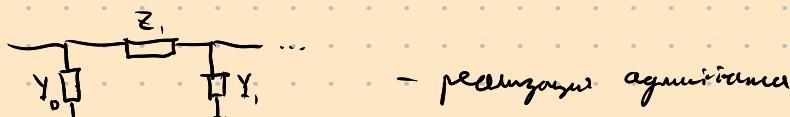
$$2: D_n(s) = s^2 + \sqrt{2}s + 1 \quad Z(s) = \frac{2s^2 + \sqrt{2}s + 1}{\sqrt{2}s + 1}$$

$$3: D_n(s) = s^3 + 2s^2 + 2s + 1 \quad Z(s) = \frac{2s^3 + 2s^2 + 2s + 1}{2s^2 + 2s + 1}$$

De-Kayberova рекуррентна спорулювання



$$Z = Z_0 + \frac{1}{Y_1 + \frac{1}{Z_1 + \frac{1}{Y_2 + \frac{1}{Z_2 + R}}}} \quad - \text{унашій звод}$$



$$Z(s) = \frac{N(s)}{D(s)} \quad \begin{matrix} \text{numerator} \\ \text{denominator} \end{matrix} \quad \text{нас} \text{ предполагають що унашій звод:}$$

$$N(s) = \underbrace{Q(s)}_{\text{quotient}} \underbrace{D(s)}_{\text{divisor}} + \underbrace{R(s)}_{\text{remainder}}$$

$$Z(s) = Q(s) + \frac{R(s)}{D(s)} = Q(s) + \frac{1}{\frac{D(s)}{R(s)}} \quad - \text{небудь зім позиції}$$

Доведемо що ми можем зробити $\frac{D(s)}{R(s)}$, напр. - конформна трансформація!

