

# Бриоров Александер Алексеевич

## Проблема физикации



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

$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)} // \begin{matrix} \text{ненулев.} \\ \text{разумная оп-ка} \end{matrix}$$

1. Сущность  $H(s)$  - как её видеть? Сущность из АЧХ
2. Реализация - как сделать генератором? Чему приведет



Она не реализуема АЧХ и RC цепьми.

Но есть RLC



- реализуема гарм. синг. момента

Симметричные пары полюсов

Однако интуитивно не хочется. Их можно заменить умножением!

RC - активное RC- звено / 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 a magnitude requirement

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

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

AUX

- If the T.R. condition  $N \in \mathbb{R}$  is met, then  $H^*(s) = H(s^*)$ , i.e. we have  $H(s) \cdot H(s^*) \Big|_{s=j}$

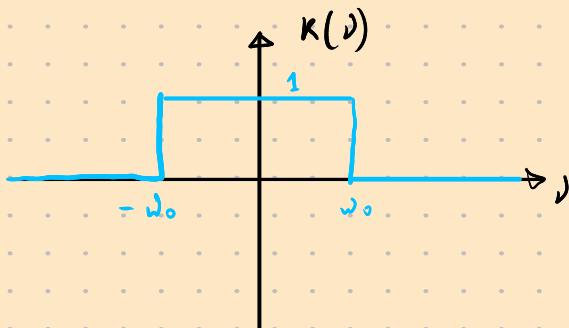
- Frequency symmetry: when  $s=j$ ,  $H(s^*) = H(-s)$ , in case of odd  $H(s) \cdot H(s^*) \Big|_{s=j} = H(s) \cdot H(-s) \Big|_{s=j}$

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

$AUX^2$  - it is the magnitude of the product of two numbers

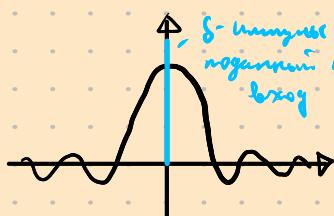
Corresponding numbers in the  $AUX^2$  form always have the same sign (and. even if  $s \rightarrow -s$ ), and the magnitude of  $H(s)$  is the same as  $H(-s)$ .

## 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 a non-causal response (response to future values)

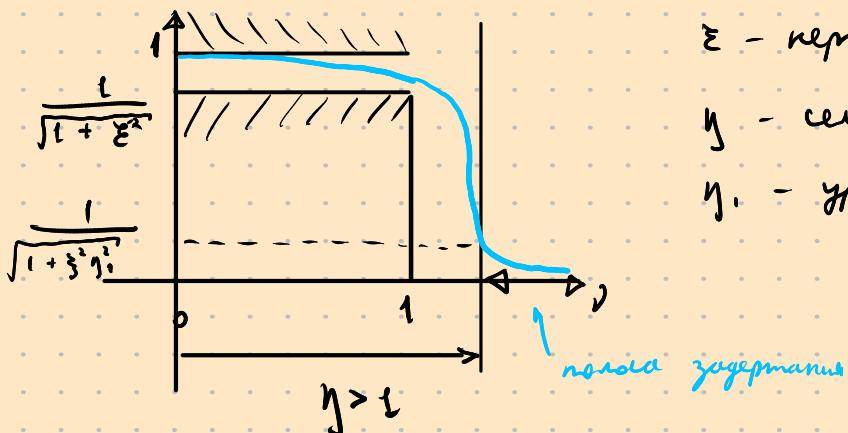
T. e. such a response is not possible.

Домогаща неравномерності АЧХ є нюанс пропускання:

$\varepsilon$  - неравномерність в НН

$\eta$  - селективність

$\eta_1$  - 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.  $F_n(v) = R_n(v)$  - **максиміческий** 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  $\varepsilon$  забезпеченням виснаження  $\omega_0$ , т.е.  $\varepsilon$  не виснажується від  $v=1$

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



При  $n \rightarrow \infty$  та АЧХ виснаж. симетрична виснаженням пропускання.

Виснаж. засилання  $\sim 3$  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:  $\left(\frac{s}{j}\right)^{2n} + 1 = 0$

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

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

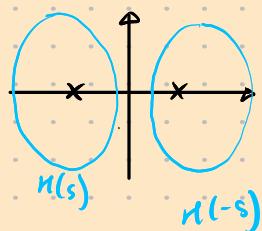
$$s_k = e^{j\left[\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k\right]} \quad - \text{номеры нулей, при которых } H(s) \cdot H(-s)$$



- 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 макшындағы радиус-векторы.

## Чебышев

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

$-1 \leq v \leq +1$ ;  $|P_n(v)| \leq 1$  - осцилляция білдіре анықталады

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

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

$$\alpha = \arccos x$$

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

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

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

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

По ғор-ма (1) негіздену, макшесінде  $P_n(x)$  орнашауда  $x \in [-1; +1]$  макшында архимедия. Негіздену оңдей



$n \arccos x$  макшесінде 0 жаңы  $n\pi$

Зертте, білдіре анықтауда  $[ -1; 1 ]$  макшындағы макшесінде

негативнеге осцилляция. Енің  $n$ -жыныс, жаңы 0-0

Пореди наименование на единица!  $\arccos$  няма преобразуване  
както при коомплексните аргументи.

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

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

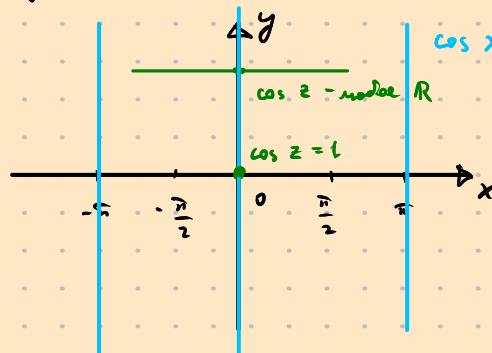
$$\sin iy = j \text{sh } y$$

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

Если  $y=0$ , то  $\cos z = \cos x$ .

- Коомплексните годобни б синусиди б 0,

което  $\sin x = 0$ ,



( $\cos z$  при  $y > 0$ )



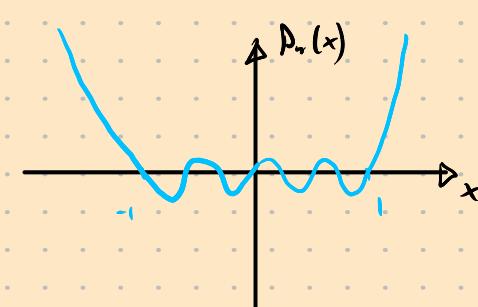
То есть аргументите на  $\arccos$ -модул  $x \in \mathbb{R}$ , когато  $\arccos x$  минимум, но  $\cos(n \arccos x)$  остане беззначен.

- $P_n(x) = 2^{n-1} x^n + \dots$  - циклически корен

При  $n \geq 1$  он дълги рационални.



$P_n(x)$ ,  $n$ -ратионал



$P_n$   $n$ -ратионал

$y$  Чедомирка беше разсеян по съвсемуборотен от басейнът.

Новек номозб:

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

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

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

$$u - jv$$

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

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

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

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

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

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

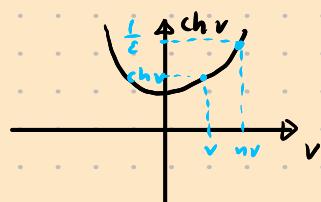
$$s_k = j \left[ \operatorname{ch} v \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k\right) + j \sin\left(\frac{\pi}{2n} + \frac{\pi}{n}k\right) \operatorname{sh} v \right]$$

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

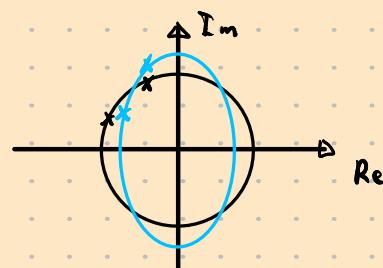
Опс. гармоника таємо коефіцієнти узагальнені на  $\operatorname{sh} v$  та  $\operatorname{ch} v$ .



$\operatorname{sh} v$  узагальнює ( $<1$ )



$\operatorname{ch} v$  узагальнює ( $>1$ )



нормальний член

Базис  $\{1, x, x^2, \dots, x^n, \dots\}$ , опоронанням які є відповідно, лінійні залежності Чебишева.

## 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.

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

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

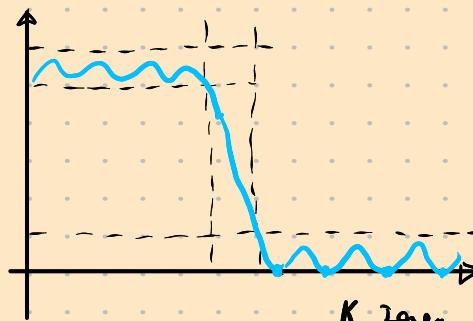
неп-р эллиптический  $[0; 1]$

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

Ровно  $n$  нулей и полюсов:

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

Но полюсы Оканс находят на пр-е Чебышева (они тоже на  
пр-е), где нули - на краях осн.



Нули в краях.

$n = 2k$  - нули чётные  $n = 2k+1$  - один нуль на  $\infty$

$K$  раз, где зациклическое = 0!

## Первые способы

1. Варшевский - загадка генератора  $\hbar$
2. Чебышев - загадка  $n$  и  $\varepsilon$  ( $\text{Реша } \gamma_1 = \gamma_1(\gamma)$  - ортогональна)
3. Динамические - загадки  $(n, \varepsilon, \gamma)$  или  $(n, \varepsilon, \gamma_1)$  или  $(\varepsilon, \gamma, \gamma_1)$   
(в них роль  $n$  можно привести наименее)

В приведенном виде изображение ходов. Каждый генератор так:



Многие ПП с промежуточными

но! Есть их прош. аналоги, в ПП есть правильность.

Быть то что то не звучит! Кто и почему.

## 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  $R_s = R_L$ .

$$P = \frac{e^2}{R_s + R_L} R_L = \frac{e^2}{2}$$

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

↓  
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

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

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

$|K| = 8$  означает угол  $\frac{1}{2}$  (находится на  $R_s$ , находиться на  $R_L$ )  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow G = 8$  означает угол  $\pm$  (уголом углов:  $R_s = R_L$ )

$$G(v) = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 F_n^2(v)} \quad - \text{ зависимость от частоты нелинейного нелинейности}$$

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

коэффициента передачи  $Z_{in}$

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



Задача: найти  $Z(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$ , реализовать двухполюсник с этим передатчиком. (помимо решения в реальном времени)

Die nepreza u  $P_{in} \propto Z_{in}$ , menno nepreza u  $u$  u i e  
kamoborn naryanogram (B nux ypreze podobie s naryanogramom)



$$a = \frac{U_{in} + iR_s}{2}, \quad b = \frac{U_{in} - iR_s}{2}, \quad i = \frac{a - b}{R_s}$$

$$P^+ = \frac{U_i i^*}{2} = \frac{(a+b)(a-b)}{2R_s} = \frac{|a|^2 - |b|^2}{2R_s} = \frac{P}{Q}$$

$$Ba^* - B^*a = Ba^* - (Ba^*)^* = \text{Im}[Ba^*]$$

$$P_{in} = \frac{|a|^2 - |b|^2}{2R_s} \quad \text{Bleyen kresq.-i oprimene } g = \frac{b}{a} :$$

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

$$\text{Normiran na } g: \quad \frac{b}{a} = \frac{U_{in} - iR_s}{U_{in} + iR_s} = \frac{Z_{in} - R_s}{Z_{in} + R_s}$$

Normiran na  $|a|$ :



$$u = e - iR_s$$

$$a + b = e - \frac{a - b}{R_s} R_s$$

$$a + b = e - a + b \Rightarrow a = \frac{e}{2}$$

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

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

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

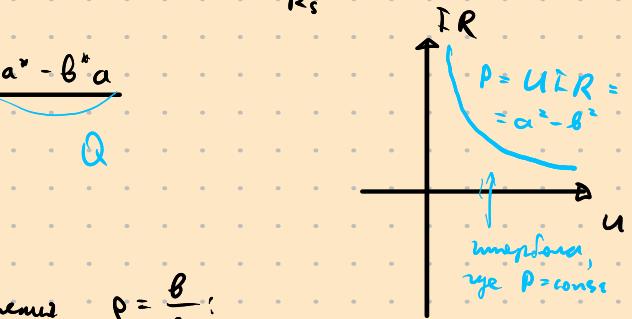
$$G = 1 - |g|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon^2 F_n^2(\nu)}$$

Faziesgraf:

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

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

$\delta$  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  $\tau$  и передаче  $\alpha$  компенсации  $\kappa$  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  $\kappa$  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  $\omega_0$  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  $\omega_0$  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

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

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

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

Dreizähnliche Blüte mit zwei Kelchen, unter dem eine Kapsel mit 3 Samen. Fruchtzeit: Juli - September.

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

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

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

Penepo unegam Z(s)

$$g = \frac{z - 1}{z + 1}$$

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

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

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

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

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

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

De - Kaydeoba recinunciat Сирикайра



$$Z = Z_0 + \frac{1}{Y_1 + \frac{1}{Z_1 + \frac{1}{Y_2 + \frac{1}{Z_2 + \frac{1}{R}}}}} - \text{ненадійні згадки}$$



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

nomindator  
nominator

ways przedstawione w zadanym grach:

$$N(s) = Q(s) D(s) + R(s)$$

quotient      remainder

$$Z(s) = Q(s) + \frac{R(s)}{\Delta(s)} = Q(s) + \frac{1}{\frac{\Delta(s)}{R(s)}} - \text{nebun' sian poslednue}$$

Dendlen to we came get  $\frac{D(s)}{R(s)}$ , n.i.g. - konkrete typenzygur!

