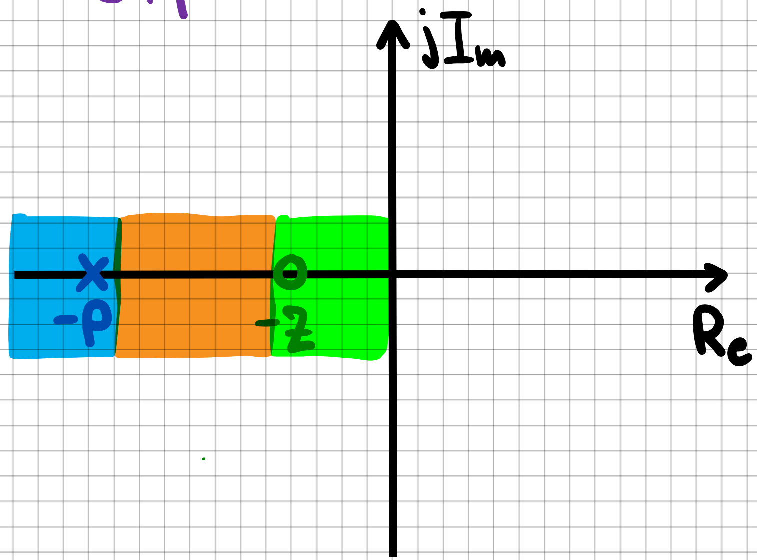
13.11.2023

Компензатори

① Диференцијален компензатор

* преносна функција: $G_d(s) = \dfrac{s+z}{s+p}$ (општ облик)

* забелешка: $\boxed{p > z}$ $\Rightarrow$



* $G_d(j\omega) = \dfrac{j\omega + z}{j\omega + p}$

* модул: $|G_d(j\omega)| = \dfrac{\sqrt{\omega^2 + z^2}}{\sqrt{\omega^2 + p^2}}$;

* аргумент: $\boxed{\arg[G_d(j\omega)] = \text{atan}\left(\frac{\omega}{z}\right) - \text{atan}\left(\frac{\omega}{p}\right)}$

* претворање во dB:

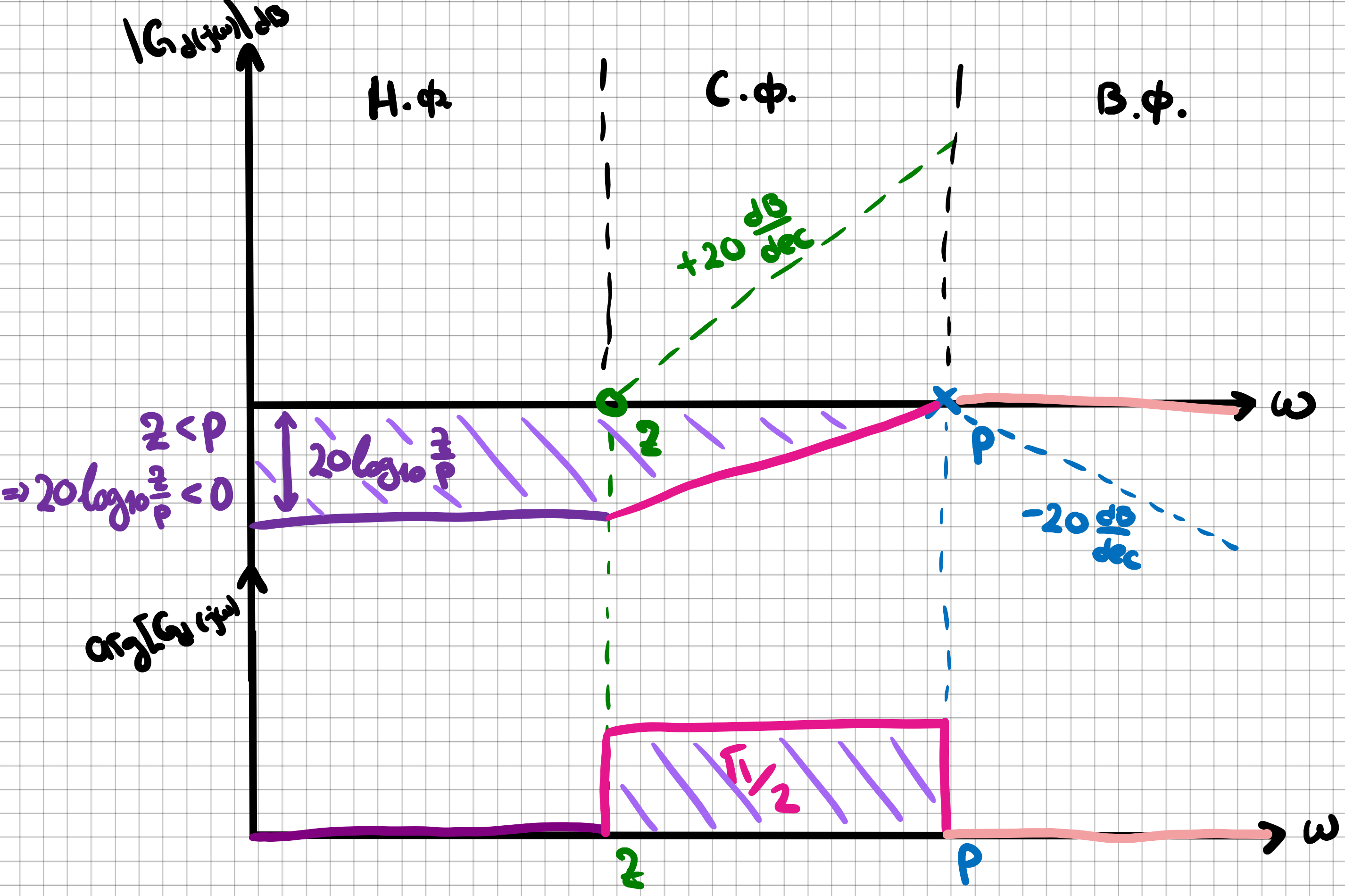
$$|G_d(j\omega)|_{dB} = 20\log_{10}\left[\frac{\sqrt{\omega^2 + z^2}}{\sqrt{\omega^2 + p^2}}\right] =$$

$$= \boxed{20\log_{10}\sqrt{\omega^2 + z^2} - 20\log_{10}\sqrt{\omega^2 + p^2}}$$

* апроксимација :

$$|G_d(j\omega)|_{dB} = \begin{cases} 20\log_{10}\frac{z}{p} & , \ \omega \ll z \\ 20\log_{10}\frac{\omega}{p} & , \ z \ll \omega \ll p \\ 0 & , \ \omega \gg p \end{cases}$$

$$\arg[G_d(j\omega)] = \begin{cases} 0 & , \ \omega \ll z \\ \pi/2 & , \ z \ll \omega \ll p \\ 0 & , \ \omega \gg p \end{cases}$$



* максимална фаза :

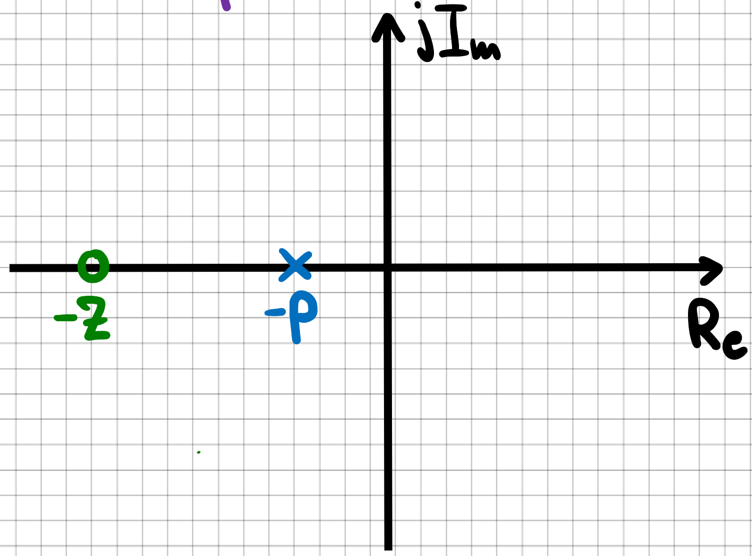
$$\frac{d}{d\omega}[G_d(j\omega)] = \frac{z}{\omega^2+z^2} - \frac{p}{\omega^2+p^2} = 0$$

$\boxed{\omega_m = \sqrt{p \cdot z}}$; $\boxed{\arg\max[G_d(j\omega_m)] = 90^\circ - 2\operatorname{atan}\sqrt{\frac{z}{p}}}$

Ⅱ Интегрален компензатор

* преносна функција: $G_i(s) = \frac{p}{z} \cdot \frac{s+z}{s+p}$ (општ облик)

* <u>забелешка</u>: $\boxed{p<z}$ $\Rightarrow$



* $G_i(j\omega) = \frac{p}{z} \cdot \frac{j\omega + z}{j\omega + p} =$

$$= \frac{\cancel{pz}\left(1 + j\frac{\omega}{z}\right)}{\cancel{pz}\left(1 + j\frac{\omega}{p}\right)} = \frac{1 + j\frac{\omega}{z}}{1 + j\frac{\omega}{p}}$$

* <u>модул</u>:

$$|G_i(j\omega)| = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{z}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}$$

* <u>аргумент</u>:

$$\boxed{\arg[G_i(j\omega)] = \operatorname{atan}\left(\frac{\omega}{z}\right) - \operatorname{atan}\left(\frac{\omega}{p}\right)}$$

* <u>претворање во dB</u>:

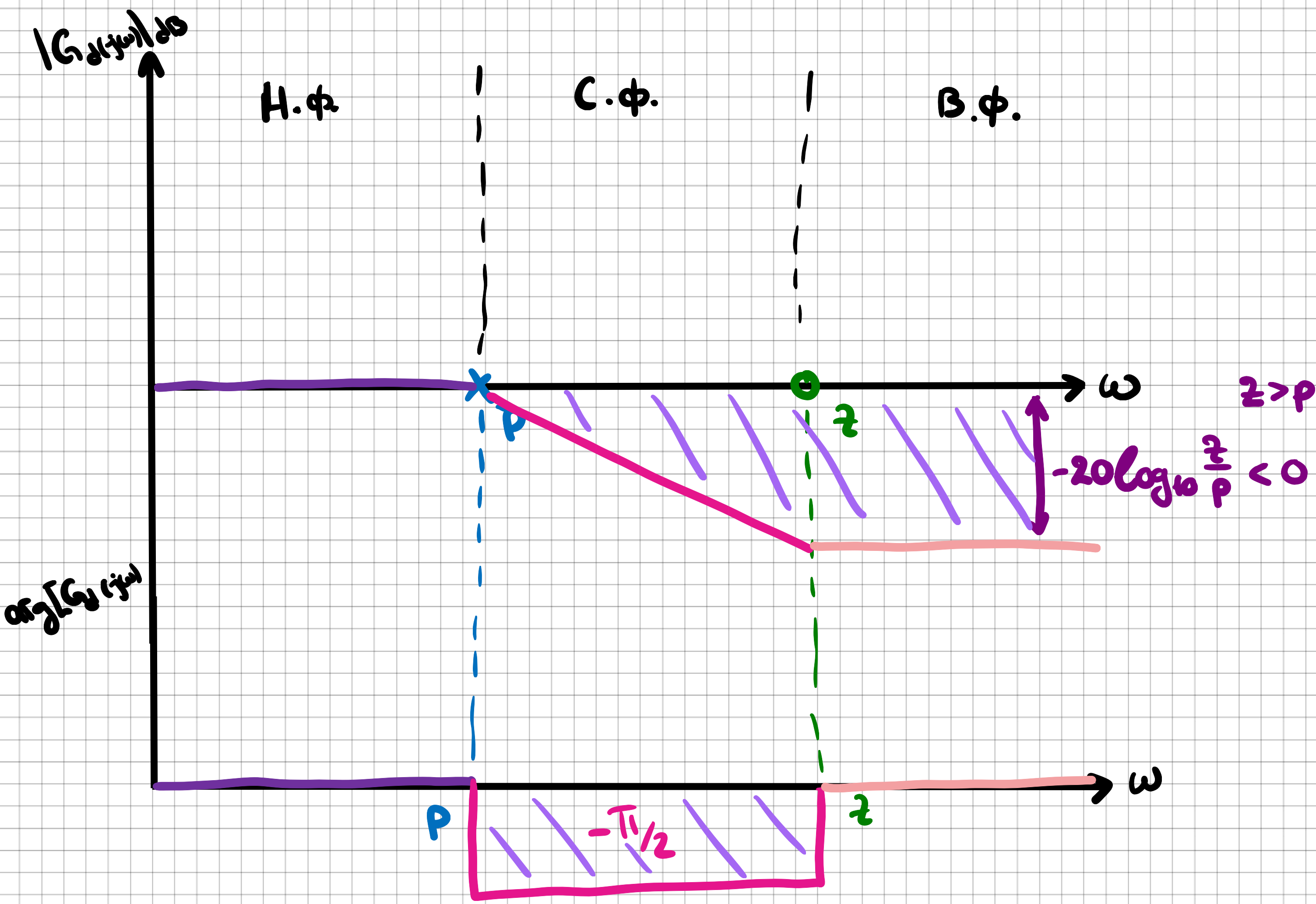
$$\boxed{|G_i(j\omega)|_{dB} = 20\log_{10}\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{z}\right)^2} - 20\log_{10}\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}$$

* <u>апроксимации</u>:

$$|G_i(j\omega)|_{dB} = \begin{cases} 0, & \omega \ll p \\ -20\log_{10}\frac{\omega}{p}, & p \ll \omega \ll z \\ -20\log_{10}\frac{z}{p}, & \omega \gg z \end{cases}$$

<u>$z > p$</u>

$$\arg[G_i(j\omega)] = \begin{cases} 0 & , \omega \ll p \\ -\pi/2 & , p \ll \omega \ll z \\ 0 & , \omega \gg z \end{cases}$$



* **Максимална фаза:**

$$\frac{d}{d\omega}\left[G(j\omega)\right] = \frac{z}{\omega^2 + z^2} - \frac{p}{\omega^2 + p^2} = 0$$

$$\boxed{\omega_m = \sqrt{p \cdot z}} \qquad \boxed{\arg\max\left[G(j\omega_m)\right] = -90^\circ + 2\operatorname{atan}\sqrt{\frac{p}{z}}}$$

3.19. Преносната функција на еден дискретен водечки (lead) компензатор може да се добие од преносната функција на континуалниот диференцијален компензатор:

z_c

$$G_d(s)=\frac{s+a}{s+b};\quad b>a \tag{3.148}$$

p_c

z_c p_c

со помош на смената $z=e^{sT}$. Во што се пресликуваат нулата $s=-a$ и полот $s=-b$ во z – комплексната рамнина со помош на дадената смена и како изгледа преносната функција $G_d(z)$ на дискретниот еквивалент на континуалниот диференцијален компензатор $G_d(s)$?

$$G_d(z)=K_d\cdot\frac{z-z_d}{z-p_d}$$ → општ облик на диф. компензатор во Z-домен

3.21. Преносната функција на дискретниот еквивалент на континуалниот интегрирачки компензатор може да се добие преку неговата преносна функција $G_i(s)$:

$$G_i(s)=\frac{a}{b}\cdot\frac{s+b}{s+a};\quad b>a \tag{3.158}$$

со помош на смената $z=e^{sT}$. Во што се пресликуваат нулата $s=-b$ и полот $s=-a$ на преносната функција $G_i(s)$ во z – комплексната рамнина со помош на дадената смена и како изгледа преносната функција $G_i(z)$ на дискретниот еквивалент на континуалниот интеграционен компензатор $G_i(s)$?

→ за дома во MATLAB!

$$G_i(z)=\frac{1-p_d}{1-z_d}\cdot\frac{z-z_d}{z-p_d}$$ → општ облик на инт. компензатор во Z-домен

3.5. Даден е затворениот континуален систем на автоматско управување со единична негативна повратна врска од Слика 3.20. Преносната функција на објектот, под претпоставка, е:

$$P(s)=\frac{e^{-0.2s}}{(s+5)} \tag{3.90}$$

а регулаторот е опишан со преносната функција:

$$R(s)=K \tag{3.91}$$

Да се определи вредноста на засилувањето K за која затворениот систем ќе биде на границата на стабилност. Потоа да се определи вредноста на засилувањето K за која резервата на фаза на системот ќе биде $\varphi_{rf}=50^0$. Колку изнесува резервата на засилување на системот за така пресметаната вредност на K.

3.15. Даден е затворен систем со единична негативна повратна врска како на Слика 3.33, во кој објектот на управување $P(s)$ е опишан со преносната функција:

$$P(s) = \frac{200}{(s+2)\cancel{s}(s+4)(s+5)} \tag{3.136}$$

Што се случува со пропусниот опсег на набљудуваниот затворен систем, ако во серија со објектот се приклучи диференцијален компензатор со преносна функција:

$$G_{d1}(s) = \frac{s+3}{s+30} \tag{3.137}$$

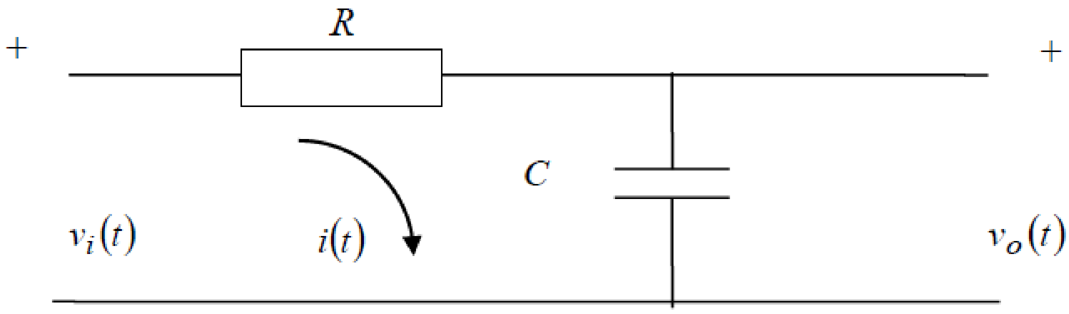
$$G_{d2}(s) = \frac{s+0.3}{s+30} \tag{3.138}$$

3.24. Да се нацрта фреквентната карактеристика на соодветниот отворен систем за дадениот затворен систем со единична негативна повратна врска, ако преносната функција на отворениот систем $G_0(s)$ е од облик:

$$G_0(s) = \frac{K}{s^2(s+p_1)}; K, p_1 > 0 \tag{3.170}$$

Што може да се каже за стабилноста на затворениот систем? Дали промената на вредноста на коефициентот на засилување K на отворениот систем влијае врз стабилноста на затворениот систем? (Упатство: Графикот да се црта со помош на МАТЛАБ, на пример, за $K = 10$ и $p_1 = 2$.)

3.28. Да се определи преносната функција на електричното коло од долната слика. За каков компензатор станува збор? Потоа, преку Бодеовите дијаграми на слабеење и фаза, да се испита и објасни влијанието на компензаторот врз објектот со преносна функција $P(s)=\dfrac{1}{s+1}$, за три вредности на временската константа $T=RC$ на даденото електрично коло: $T_1=1s.$, $T_2=10s.$ и $T_3=100s.$



Слика 3.55. Илустрација кон Задача 3.28

$$G_c(s)=\frac{v_o(t)}{v_i(t)}=\frac{\frac{1}{Cs}}{R+\frac{1}{Cs}}$$

$$\Rightarrow G_c(s)=\frac{1}{RCs+1}$$ → специјален случај на интегрален компензатор

3.33. Проектните барања при синтезата на затворен САУ со единична негативна повратна врска како на Слика 3.20, и објект на управување:

$$P(s) = \frac{1000}{(s+8)(s+14)(s+20)} \tag{3.217}$$

се: 1) максимален прескок $M_p \leq 5\%$, 2) време на пораст $T_p \leq 30\sec$ и стационарна грешка за отскочен влез $K_p \geq 6$. Кој од долу наведените компензатори ги остварува поставените услови? Во системот, под претпоставка, е употребен интегрален компензатор.

$$\cancel{R_1}(s) = \frac{s+0.074}{s+1} \rightarrow \text{диференцијален компензатор} \tag{3.218}$$

$$R_2(s) = \frac{s+1}{s+0.074} \rightarrow ? \tag{3.219}$$

$$\cancel{R_3}(s) = 20 \rightarrow \text{статичко засилување} \tag{3.220}$$

$$R_4(s) = \frac{20s+1}{100s+1} \rightarrow ? \tag{3.221}$$

* <u>За дома да се провери кој од $R_2(s)$ и $R_4(s)$ ги исполнува барањата</u>!