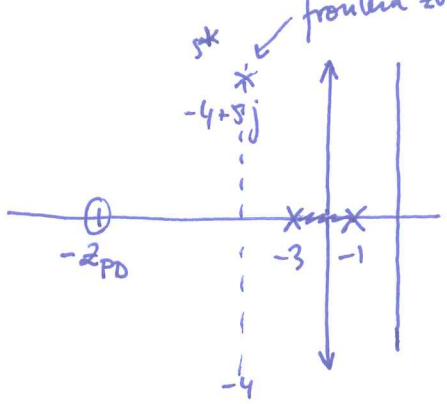
① $T_s = 2s \to 1s$ $\quad SO\% = \frac{11}{90}100 = 12'2\%$ $\quad e_r(\infty)=0$ $\quad e_p(\infty)=0'1$

$$G(s) = \frac{9}{(s+1)(s+3)}$$

a)



$T_s = 1 \Rightarrow \xi\omega_n = 4$

No hay compatibilidad con la zona válida de T_s. No necesito ver la de 80%

Tomo un s^* en el límite de requisitos:

$12'2\% SO \Rightarrow \xi = 0'556 \Rightarrow \omega_n = 7'19 \Rightarrow \omega_d = 5'97$

$s^* = -4 + 5'97j$ ó, para más facilidad, $s^* = -4+5j$ (menos 80%)

Voy a usar un PD + PI (necesito error de posición nulo)

Condición de fase: $180° = \angle z_{PD} \not\equiv \angle p(-1) - p(-3) = \angle z_{PD} - \text{atan}\frac{5}{3} - \text{a}$

$180° = \angle z_{PD} - (180 - \text{atan}\frac{5}{3}) - (180 - \text{atan}\frac{5}{1}) = \angle z_{PD} - 180° + 59° - 180° + 79°$

$\angle z_{PD} = 180° - 59° - 79° = 42° \Rightarrow 42° = \text{atan}\frac{5}{z-4} \Rightarrow z = 9'5$

Condición de módulo $k = \frac{|s^*+3||s^*+1|}{9|s^*+9'5|} = \frac{5'1 \cdot 5'8}{9 \cdot 7'4} = 0'44$

Luego $PD = 0'44(s+9'5)$

PI: condición de error $\frac{1}{k_v} = 0'1 \Rightarrow \frac{3 \cdot 1}{0'44 \cdot 9'5 \cdot 9 \cdot z_{PI}} = 0'1 \Rightarrow z_{PI} = 0'8$

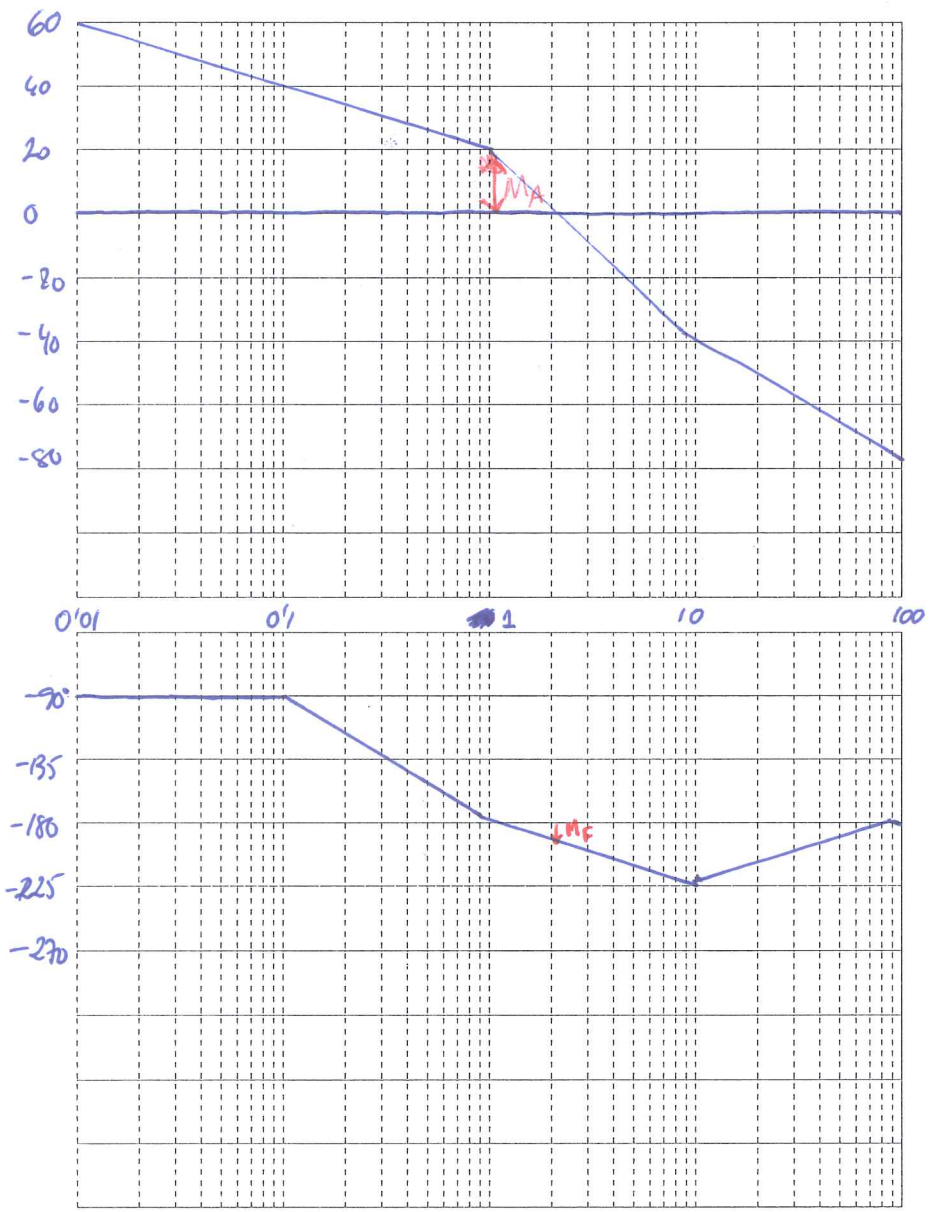
$K_{PI} = \frac{|s^*|}{|s^*+0'8|} = \frac{6'4}{5'9} = 1'085 \Rightarrow PID = 0'48\frac{(s+9'5)(s+0'8)}{s}$

b) Sobreoscilación original: $G_{BC}(s) = \frac{9}{s^2+3+4s+9} \Rightarrow \omega_n = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}$

$\xi = 1/\sqrt{3} = 0'58 \Rightarrow SO\% = 10'7\%$ $\quad 4 = 2\xi\omega_n = 4\xi\sqrt{3} \Rightarrow \xi = \frac{1}{\sqrt{3}}$

Sobreoscilación actual: $\xi = \cos\theta = \frac{4}{\sqrt{4^2+5^2}} = 0'62 > 0'58 \Rightarrow$ menos 80% $(= 8'3\%)$

Diagramas de Bode



② $G(s) = \frac{10(s+9)}{9s(s+1)^2} = \frac{10 \cdot \not{9}}{\not{9}} \frac{(\frac{s}{9}+1)}{s(s+1)^2}$ Polos: 0, -1, -1 Ceros: -9

Frec. corte = {1, 9} Frec. fase = {0'1, 0'9, 10, 90}

$M(0'01) = 20\log\frac{1}{0'01} + 20\log 10 = 40dB + 20dB = \underline{60dB}$

$\phi(0'01) = -90 \cdot Tipo = \underline{-90°}$; $\phi(100) = -90 \cdot grado\ rel. = \underline{-180°}$

	0'01	1	9	100	ω=0'01	0'1	0'9	10	90	100
Polo 0	-20	-20	-20		0	0	0	0	0	
Polo -1	0	-20	-20			-45	-45			
Polo -1	0	-20	-20			-45	-45			
Cero -9	0	0	20				+45	+45		
TOTAL	-20	-60	-40		0	-90	-45	45	0	

b) $\omega_c \simeq 2'1$ rad/s $M_A \simeq -18dB \Rightarrow$ Inestable p.q. $M_A < 0dB$ y $M_F < 0°$

$M_F \simeq -10°$

c) 50% mín. $\Rightarrow M_F$ máx. $\Rightarrow \underline{\omega \in (0..0'1)}$ rad/s

$M_A(0'1) = -40dB \Rightarrow K \in (-\infty dB .. -40dB)$

$K \in (0 .. 0'01)$

15'

(3) $e_s(\infty) = \emptyset \Rightarrow$ Tipo ≥ 1

a) Controlador A: polo en -1, polo en origen ($\phi(0{,}02) = -90$) $\Rightarrow C_A = \frac{s+1}{s}$

Además $M(1) = 0dB \Rightarrow$ Ganancia unitaria

Controlador B: Polo en -1, Cero en $-2 \Rightarrow C_B = \frac{s+2}{s+1}$

$M(0'01) \cong 6dB$. Tengo $2\,\frac{(s/2+1)}{(s+1)}$ y como $20\log 2 = 6dB$, ya está bien!

Como la planta tiene $\phi(0'01) = \emptyset° \Rightarrow$ Tipo $\emptyset$

Luego necesito el controlador A

b) $\omega_c \cong 2'5$ rad/s $\quad M_F \simeq 70° = -110° - (-180°)$

c) $M_A(\omega = 30 \text{ rad/s}) = 30dB \Rightarrow K = 10^{20/20} = 31'6$

d) $M(20) = -19dB \quad \phi(20) = -160° \Rightarrow y(t) = 10 \cdot 10^{-19/20} \cos(20t - 30 - 160) =$
$= 1'12 \cos(20t - 190°)$

Polos en $0, -10, -100 \Rightarrow G(s) = \frac{1}{s(s+10)(s+100)}$

Comenzaría en $20\log\frac{1}{0'1} + 20\log\frac{1}{10 \cdot 100} = 20dB - 60dB = -40dB$

Pero el diagrama empieza en $\simeq 30dB$, luego me faltan $70dB$

$70dB \Rightarrow K \simeq 10^{30/20} = 3162$

$$G(s) = \frac{3162}{s(s+10)(s+100)}$$

$$\text{error}_{\text{rampa}} = \frac{1}{K_v} = \frac{1}{\frac{3162}{1000}} = 0'32$$