$$G(s) = -\frac{(s-30)}{s(s+5)(s^2+3s+10)}$$

$\omega_n^2 = 10 \rightarrow \omega_n = 3,16$

$2\xi\omega_n = 3 \rightarrow \xi = \frac{3}{2\omega_n} = 0,47$

① TRACCIARE DIAGRAMMA BODE FUNZIONE ANELLO APERTO

$G(0) = -\frac{(30)}{(5)(10)} = \frac{3}{5} = 0,6$

$|G(0)|_{dB} = 20 \log_{10} 0,6 = 20(\log_{10} 6 - \log_{10} 10) = -4,44\,dB$

$\angle\{G(0)\} = 0$ POICHÈ $0,6 > 0$

MASTER COPY
Tel. 050 831 21 26
Cell. 388 9837745

	AMPIEZZA
POLO ORIGINE STA	-1
POLO DOPPIO STABILE	$-1-2=-3$
POLO STABILE	$-3-1=-4$
ZERO INSTABILE	$-4+1=-3$

FASE

$-90° = -90° + 360° = 270°$

$270° - 180° = 90°$

$90° - 90° = 0$

$0 - 90° = -90° \rightarrow -90° - 360° = -450°$

VERIFICA AMPIEZZA

$n - m = 1 - 4 = -3$

VERIFICA FASE

$G(j\omega) = \frac{K}{(j\omega)^{n-m}} = \frac{1}{(j\omega)^3}$

$\angle\{G(j\omega)\} = \angle\{-1\} + (1-4)\cdot 90°$

$\angle\{G(j\omega)\} = -180° - 270° = -450°$ OK

$\varphi(\infty) - \varphi(0) = (n-m)\cdot 90° + (n_{p+} - n_{z+})\,180° = -270° + 180° = -450°$

$-450 - 0 = -450°$ OK!

② STUDIARE IL LUOGO DELLE RADICI DEL SISTEMA

- LE APPROSSIMAZIONI DI BASSA E ALTA FREQUENZA NON SO APPLICABILI POICHÈ LA DISTANZA TRA LE SINGOLARITÀ È MINORE DI 1 DECADE
- IL SISTEMA HA UNO ZERO $\in \mathbb{R}^+$ QUINDI STUDIO IL LUOGO DELLE RADICI PER $KA < 0$ (LO CHIEDE IL TESTO)

$KA < 0 \rightarrow$ LUOGO DELLE RADICI NEGATIVE

$A < 0 \quad K > 0$

① $n = 4$ (RAMI)

② $n - m = 4 - 1 = 3$ (ASINTOTI)

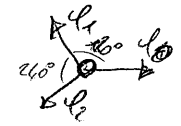
③ $X_{CG} = -\frac{\text{VALORE POLI} - \text{VALORE ZERI}}{n-m} = -\frac{-5+0-(-30)}{3}$

$X_{CG} = -\frac{35}{3} = -11,67$

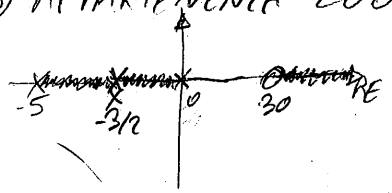
④ $KA < 0 \quad \varphi = \frac{2i}{n-m}\,180°$

$i = 0, 1, 2$ FINO A $n - m - 1 = 2$

$\varphi_0 = 0 \qquad \varphi_1 = \frac{2}{3}\cdot 180° = 120° \qquad \varphi_2 = \frac{4}{3}\cdot 180° = 240$



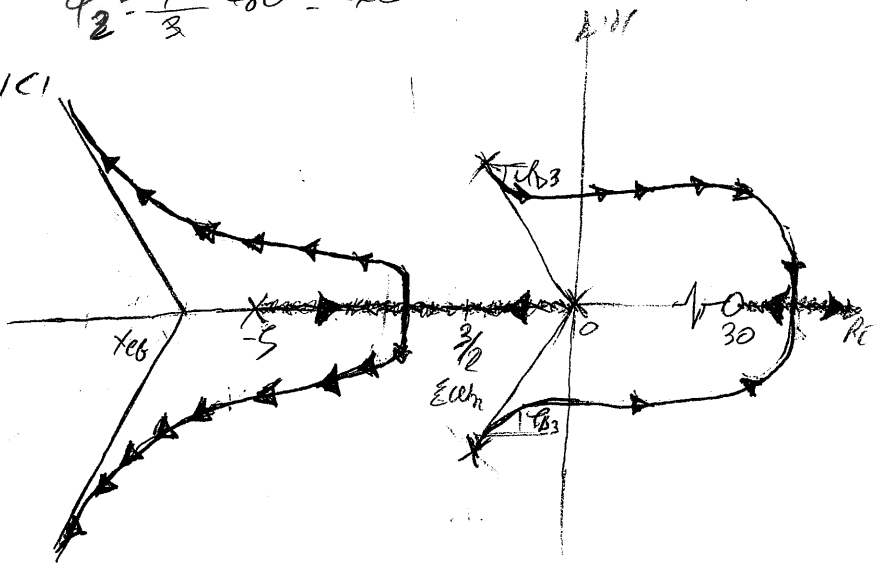
⑤ APPARTENENZA LUOGO RADICI



$$\varphi_{DK} = \sum_{i=1}^{m} \varphi_{N_i} - \sum_{i=1}^{n} \varphi_{D_i} - \varepsilon$$

$\varepsilon = 0$ PER $KA < 0$

$\varepsilon = 180$ PER $KA > 0$

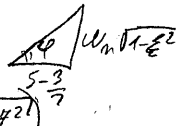


(2)

$\varphi_{D3} = \varphi_{D2} + \varphi_{D1} - \varphi_N - \varepsilon$

$tg(\varphi_{D1}) = \frac{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}}{5-\frac{3}{2}}$

$tg\alpha = \frac{o}{b}$



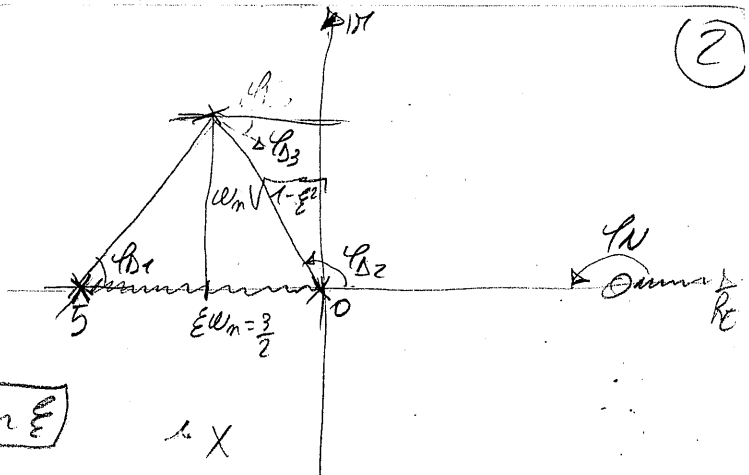
$\varphi_{D1} = arctg\left(\frac{2}{7}\sqrt{10}\sqrt{1-0,4421}\right) =$

$\varphi_{D1} = arctg(0,797) = 38,6°$

$\varphi_{D2} = 90° + 28,32° = 118,3°$

$\alpha = \arcsin\xi$

$\alpha = 28,32°$



$\varphi_{D3} = 118,3° + 38,6° - 180 - 0 = -23,1°$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 338 9837745

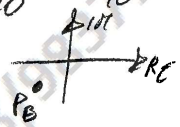
(3) TRACCIARE IL LUOGO DI NYQUIST
STUDIARE LA STABILITÀ DEL SISTEMA CON RETROAZIONE UNITARIA.
IL SISTEMA È DI TIPO 1 AVRÀ UN ASINTOTO VERTICALE

① ASINTOTO $X_A = K_0(T_2 - T_P)$

$K_0 = G(0) = 0,6$

$T_2 = -\frac{1}{30}$ $\quad T_P = \frac{1}{5} + 2\frac{\xi}{\omega} = \frac{1}{5} + 2\frac{3}{2\sqrt{10}}\cdot\frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{1}{5} + \frac{3}{10} = \frac{2+3}{10} = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$

$X_A = 0,6\left(-\frac{1}{30} - \frac{1}{2}\right) = \frac{6}{10}\left(\frac{-2-30}{60}\right) = -\frac{32}{100} = -0,32 < 0$



② $\omega \to 0^+$ LA FASE È $-90°$

③ $\omega \to +\infty$ FASE È $-450° \to -90°$ $\quad |L(j\omega)| = \begin{cases} K & n = m \\ 0 & n > m \end{cases}$ NEL NOSTRO CASO $n > m$

TERMINA NELL'ORIGINE

④ 1 POLO → 1 SEMICIRCON

⑤ ATTRA. ω_{180}

$|B|_{dB} = -14\,dB$

$B(\omega_{180}) = 10^{-\frac{14}{20}}$

$B(\omega_{180}) = 0,1995$

$|D|_{dB} = -28\,dB$

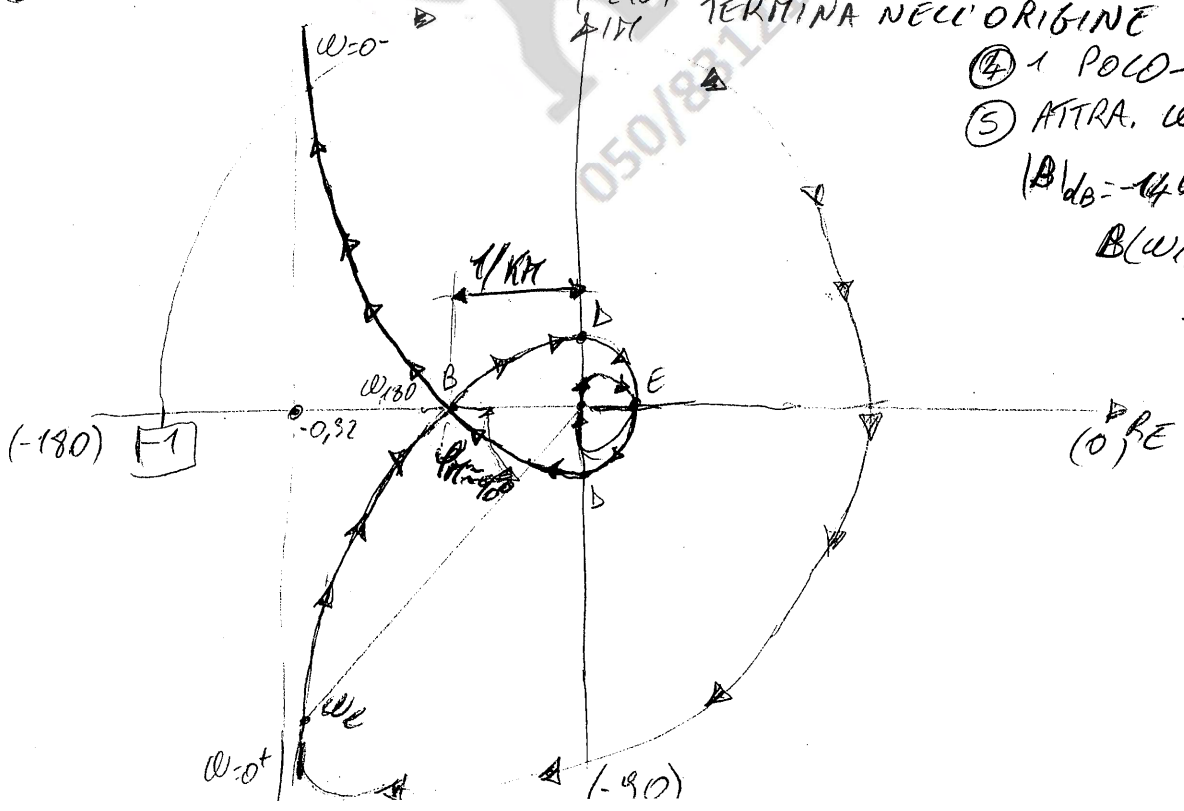
$C(\omega_D) = 10^{-\frac{28}{20}}$

$C(\omega_D) = 0,0398$

$|E|_{dB} = -65\,dB$

$E(\omega_E) = 10^{-\frac{65}{20}}$

$E(\omega_E) = 0,00056$



STUDIO DELLA STABILITÀ:

PER $K<1$ IL PUNTO CRITICO -1 SI SPOSTA VERSO SINISTRA E IL SISTEMA È SEMPRE STABILE. INFATTI SUL DIAGRAMMA DI BODE LA LINEA DEGLI 0 dB, PER $K<1$ SI SPOSTA VERSO L'ALTO ALLONTANANDOSI DALLA CONDIZIONE DI STABILITÀ NEUTRA. STABILITÀ VERIFICABILE ANCHE NEL LUOGO DELLE RADICI.

$K=1$ CASO (DISEGNATO) SISTEMA STABILE $N = P_{CL} - P_{OL}$

$N=0$ (NO GIRI PUNTO CRITICO) $P_{OL}=0$ (POLI IN CICLO APERTO INSTABILI)

QUINDI $P_{CL}=0$ (NON CI SONO POLI INSTABILI IN CICLO CHIUSO)

LA FUNZIONE NON TOCCA NE CIRCONDA IL PUNTO CRITICO -1.

$-1<K<B$ SISTEMA STABILE

$B<K<0$ IL SISTEMA INSTABILE POICHÉ $N = P_{CL} - P_{OL}$

$P_{OL}=0$ $N=P_{CL}$ $N=2 \rightarrow P_{CL}=2$ HO 2 POLI INSTABILI ($\in R^+$) IN CICLO CHIUSO

$0<K<E$ IL SISTEMA È INSTABILE POICHÈ $N=3 \rightarrow P_{CL}=3$ (3 POLI INSTABILI ($\in R^+$) IN CICLO CHIUSO)

$K>E$ IL SISTEMA È INSTABILE $N=1 \rightarrow P_{CL}=1$ (1 POLO INSTABILE IN CICLO CHIUSO)

④ DETERMINARE I PUNTI CORRISPONDENTI A ω_c E ω_{180} (DIAGRAMMA BODE/NYQUIST)
DISCUTERE I MARGINI DI STABILITÀ DEL SISTEMA IN ANELLO CHIUSO
(MARGINI DI FASE, DI GUADAGNO E/O RIDUZIONE DI GUADAGNO)

MARGINE DI GUADAGNO $\omega_{180}=3$

$1 + K_M L(j\omega_{180}) = 0 \rightarrow K_M = \frac{1}{|L(j\omega_{180})|}$ $\quad |L(j\omega_{180})| = 0,1995$

$|L(j\omega_{180})|_{dB} = -14$

$K_M = \frac{1}{0,1995} = 5,25$ OPPURE $K_M = 10^{-\frac{|L(j\omega_{180})|_{dB}}{20}} = 10^{-\frac{(-14)}{20}} = 10^{\frac{14}{20}} = 5,25$

$K_M = 5,25 > 2 \rightarrow K_M = 14\,dB > 6\,dB$ SPEFICHE TIPICHE DI PROGETTO

K_M SU BODE K_M SU NYQUIST DISTANZA ASSE IMMAGINARIO DEL PUNTO B NEL LUOGO DI NYQUIST

MARGINE DI FASE

$\varphi_M = 180° + \arg\{L(j\omega_c)\} = 180° - 90° = 90°$ $\quad 30° \le \varphi_M < 60°$ TIPICI VALORI DI PROGETTO

$\omega_c = 0,7$ $\arg\{L(j\omega_c)\} = 270° = -90°$

RIDUZIONE DI GUADAGNO

$K_L = -\frac{1}{L(0)}$ $\quad L(s)$ È STABILE NON ESISTE RIDUZIONE DI GUADAGNO

(6) SCRIVERE LA FUNZIONE DI SENSIBILITÀ COMPLEMENTARE NELLE IPOTESI IN CUI TUTTI GLI ZERI ($\in \mathbb{R}^-$) DELLA FUNZIONE IN ANELLO APERTO SIANO CANCELLATI DA ALTRETTANTI POLI IN ANELLO CHIUSO. INDIVIDUARE I POLI DOMINANTI IN CICLO CHIUSO

$$T(s) = \frac{C(s)}{1+C(s)} \qquad S(s) = \frac{1}{1+C(s)} \qquad C = \frac{N}{D} = \frac{-(s-30)}{s(s+5)(s^2+3s+10)}$$

(FDT ANELLO APERTO)

$$T(s) = \frac{\cancel{D}}{N+D}\left(\frac{\cancel{N}}{\cancel{D}}\right) = \frac{N}{N+D} \qquad S = \frac{D}{D+N}$$

(FUNZIONE DI SENSIBILITÀ COMPLEMENTARE, FDT ANELLO CHIUSO)

(FUNZIONE SENSIBILITÀ)

$$T(s) = \frac{-(s-30)}{-(s-30)+s(s+5)(s^2+3s+10)} = -\frac{(s-30)}{s(s+5)(s^2+3s+10)-(s-30)}$$

(5) FISSARE DELLE SPECIFICHE DI PROGETTO DA SODDISFARE (ERRORE MAX AMMISSIBILE IN CICLO CHIUSO RELATIVO AD UN INGRESSO A GRADINO, MARGINE DI FASE E DI GUADAGNO, BANDA PASSANTE) E DETERMINARE IL SISTEMA DI CONTROLLO (PIÙ SEMPLICE POSSIBILE) IN GRADO DI SODDISFARE TALI SPECIFICHE)

IL SISTEMA È DI TIPO 1 QUINDI $e(\infty) \begin{cases} \frac{1}{1+K} & n=0 \\ 0 & n=1,2,\dots \end{cases}$

$e(\infty) = 0$

master COPY COPISTERIA 050/8312[illegible]0837745

ESAME 09 GENNAIO 2018

3) APPROSSIM. DI PADE' PER $\tau = \frac{1}{20}$

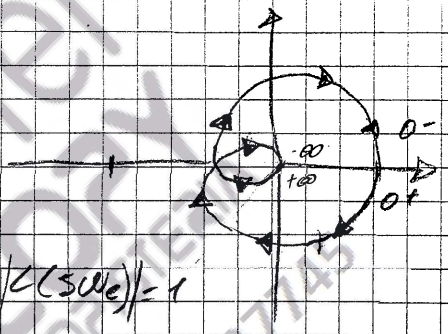
$$e^{-\tau s} \simeq \frac{e^{-\frac{\tau}{2}s}}{e^{\frac{\tau}{2}s}} \simeq \frac{1-\frac{\tau}{2}s}{1+\frac{\tau}{2}s} = \qquad T = \frac{1}{20}$$

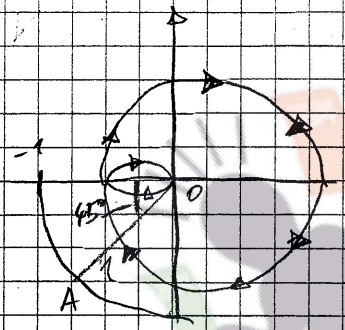
$$= \frac{-\frac{\tau}{2}\left(s-\frac{2}{\tau}\right)}{\frac{\tau}{2}\left(s+\frac{2}{\tau}\right)} = -\frac{(s-40)}{(s+40)}$$

MASTER COPY
Tel. 050 0312126
Cell. 388 9637745

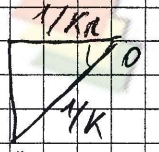
2) DATI:

$\varphi_m = 45^\circ$





K_L con $|L(j\omega_c)| = 1$



DAL DISEGNO $K \simeq 2,2$

$AD =$ $\qquad K_R \simeq 3,25$

$|K|_{dB} \simeq 9,9$

1) $$G(s) \simeq \frac{-0,8\,(s-8)(s+0,6)^2(s+0,08)}{s^2(s+5)(s+3)(s+0,02)} \qquad G(0) \simeq 0,24$$

BODE

