

Controle  $H_\infty$  - PPGEE - EPUSP  
Lista 1 - entrega: 11/07/2017

Prof. Diego

Segundo Período 2017

### Problema 1

O sistema de controle em malha fechada na figura 1 abaixo apresenta uma planta que está dividida em duas partes  $A(s)$  e  $P(s)$  e tem três fontes de distúrbios  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ .  $C$  é a função de transferência do controlador. Considere que *output* é  $y$  e *command* é  $r$ .

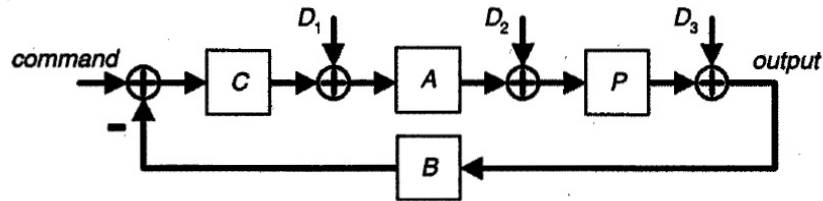


Figura 1: Figura do problema 1

1. Encontre todas as funções de transferência em malha fechada relacionando todas as entradas e saídas apresentadas. Considere que as entradas são  $r$ ,  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  e as saídas são  $y$ ,  $e = y - r$  e as saídas dos blocos  $C$ ,  $A$ ,  $P$ ,  $B$ .
2. Considerando que o controle ideal fosse possível, faça uma análise sobre como este poderia ser atingido somente com a realimentação apresentada na figura.
3. Considere agora que os distúrbios  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$  podem ser medidos. O que voce faria para tentar atingir o controle ideal (aponte todas as hipóteses e problemas práticos que podem acontecer).

### Problema 2

Esboce manualmente os diagramas de Bode e de Nyquist (para o contorno de Nyquist inteiro) para as seguintes funções de transferência em malha aberta:

1.  $G(s)H(s) = \frac{s-z}{s^2(s+p)}$ , com  $z, p > 0$ ;
2.  $G(s)H(s) = \frac{(s+z_1)(s+z_2)}{s^2(s+p_1)(s+p_2)(s+p_3)}$ , com  $z_i, p_i > 0$ ;
3.  $G(s)H(s) = \frac{e^{-Ts}(s+z_1)}{s^2(s+p_1)}$ , com  $z_1, p_1, T > 0$ ;

Compare com o esboço feito pelo MATLAB (use a função `lnnyquist1`).

### Problema 3

Tem-se uma função de transferência de uma planta apresentada na forma de diagramas de Bode na figura 2 abaixo.

1. Encontre a função de transferência correspondente ao diagrama de Bode apresentado. Apresente em detalhe todos os passos e hipóteses assumidas.
2. Apresente o diagrama de Nyquist desta planta (ou seja, da função  $L(s)$  considerando que  $K(s)$  é inicialmente unitário). Apresente também os parâmetros relevantes ( $GM$ ,  $PM$  e etc...)
3. Apresente os diagramas de Bode das funções  $S$  e  $T$ , com os parâmetros relevantes.
4. Projete um controlador clássico (usando MATLAB, por exemplo SISOTOOL) de tal forma que especificações clássicas sejam atendidas (isto é,  $GM > 6dB$  e  $30 < PM < 60$  graus), apresentando os diagramas de Bode, Nyquist e parâmetros relevantes.

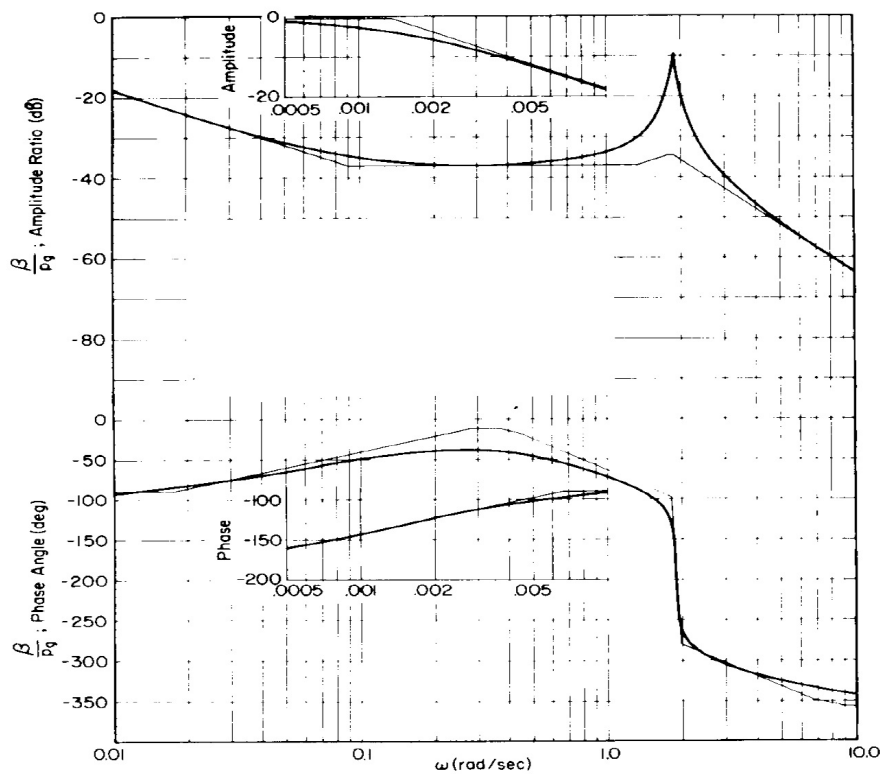


Figura 2: Figura do problema 2

### Problema 4

O sistema apresentado na figura 3 abaixo possui duas malhas de realimentação.

1. Analise a estabilidade, o desempenho e a robustez do subsistema *Plant*, plotando os diagramas de Bode e Nyquist e indicando parâmetros importante como  $PM$ ,  $GM$ ,  $\omega_c$  e etc...(para as análises, a malha interna deve ser aberta em (2)).
2. Faça a mesma análise para o sistema completo, considerando agora a malha mais interna fechada (para essa análise, a malha externa deve ser aberta em (1)).

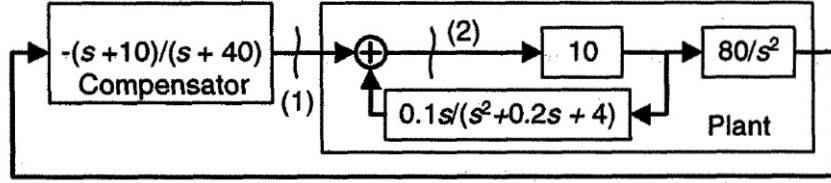


Figura 3: Figura do problema 3

## Problema 5

Na figura 4 tem-se uma representação esquemática de um sistema que aciona uma polia com objetivo de suspender uma carga. Note que o controle realizado é do torque aplicado pelo motor, e não da posição da carga. Considere que a massa da carga é 2.0 quilogramas e o raio da polia é 0.1 metro.

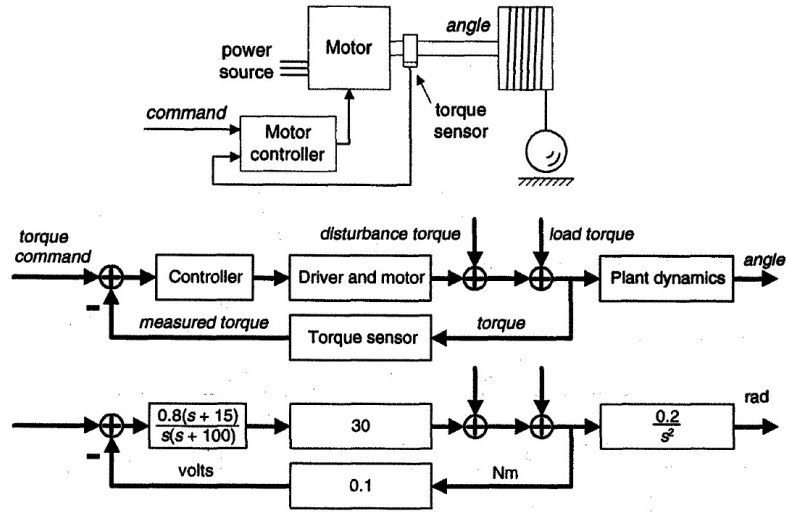


Figura 4: Figura do problema 3

1. Analise o que cada entrada do sistema em malha fechada significa (como é representado o atrito no motor e polia ?)
2. Encontre as funções de transferência  $L$ ,  $S$  e  $T$ , e a partir delas, retire os parâmetros relevantes do sistema
3. Desenhe o diagrama de Nyquist do sistema com o controlador apresentado
4. Simule a resposta do sistema a um comando de torque para suspender em um metro a carga (suponha que ela parta do chão) e permanecer parada nesta posição. Plote também a velocidade e posição da carga em função do tempo.
5. Simule a mesma situação anterior porém com um torque de 0.1 Nm que representa o atrito.
6. Projete um controlador  $H_\infty$  para substituir  $C(s)$  tal que  $\|S\|_\infty$  seja menor que 2. Formule o problema como um problema de sensibilidade mista  $S/KS$  e refaça as análises anteriores. Procure atender as especificações tentando atingir  $\gamma$  próximo de um.