

# TRABALHO 1

## PMR3523 - Controle Moderno - 2019

Prof. Eduardo L. Cabral

Dado o modelo dinâmico do sistema, pede-se:

- 1) Faça um modelo no SIMULINK que implementa as equações dinâmicas do modelo matemático do sistema. Apresente no relatório o diagrama de blocos do modelo no SIMULINK.
- 2) Determine uma condição estacionária (equilíbrio) do sistema, ou seja, uma condição onde as derivadas de todos os estados são iguais a zero. Você deve calcular todos os estados, entradas e saídas nessa condição.
- 3) No modelo do SIMULINK aplique as entradas e as condições iniciais calculadas no item (2), tanto nos integradores (estados) como nos degraus (entradas), e verifique se o sistema se mantém na mesma condição de regime permanente. Apresente no seu relatório o resultado (gráficos das entradas e saídas) dessa simulação.
- 4) Teste o seu modelo não linear realizando algumas simulações de condições iniciais diferentes da calculada no item (2). Apresente no seu relatório os resultados (gráficos das entradas e saídas) de algumas simulações.
- 5) Considere a condição de equilíbrio calculada no item (2) como condição de linearização. Simule o seu modelo para pequenas variações nas entradas. Use como condição inicial para essa simulação a condição de linearização. Guarde o resultado dessa simulação para comparar com o resultado do sistema linearizado.
- 6) Obtenha o modelo linearizado do seu sistema usando um dos métodos visto em sala de aula e coloque o sistema na forma matricial do espaço dos estados.
- 7) Repita o item (6), ou seja, obtenha o modelo linearizado do seu sistema, mas usando a função *linmod* do MATLAB. Compare o modelo obtido usando o MATLAB com o modelo obtido no item (6).
- 8) Faça um modelo no SIMULINK que implementa o modelo linearizado do TWR em tempo contínuo. Use esse modelo para simular a mesma condição utilizada para o modelo não linear no item (5) e compare os resultados. Apresente os resultados colocando no mesmo gráfico as curvas de mesmas variáveis do modelo linearizado e do modelo não linear.
- 9) Teste o seu modelo linearizado realizando as mesmas simulações de condições iniciais e variações nas entradas utilizadas nos itens (3) e (4). Apresente no seu relatório os resultados (gráficos das entradas e saídas) de algumas simulações, juntamente com os resultados do modelo não linear.
- 10) Obtenha a matriz de funções de transferências do sistema e calcule os zeros de cada uma delas. Observe que o sistema é MIMO, portanto, existem mais do que uma única função de transferência.

- 11) Calcule os autovalores (pólos) e autovetores do sistema linearizado e faça uma análise dos modos dinâmicos do sistema, ou seja: (a) calcule para cada pólo ou par de pólos complexos conjugados a sua constante de tempo, frequência natural, frequência de oscilação e coeficiente de amortecimento; e (b) para cada autovetor ou par de autovetores complexos conjugados o comportamento dos estados.
- 12) Simule o sistema com condições iniciais de forma que em cada simulação somente um modo dinâmico do sistema é estimulado. Realize pelo menos uma simulação para cada modo dinâmico do sistema.
- 13) Dado o sistema linearizado, calcule os zeros de transmissão e as suas direções. Analise a dinâmica dos zeros, ou seja, determine as condições iniciais e as entradas para as quais as saídas do sistema são iguais a zero para  $t \geq 0$ . Se o sistema possuir algum zero de transmissão então simule essa situação e verifique que a teoria associada aos zeros de transmissão é válida.
- 14) Verifique se o sistema é controlável e observável utilizando tanto os testes clássicos como os testes modais.
- 15) Obtenha o modelo linearizado do seu sistema em tempo discreto usando o MATLAB.
- 16) Calcule os autovalores (pólos) do sistema linearizado em tempo discreto e verifique se estão de acordo com o esperado, ou seja, se são equivalentes aos polos em tempo contínuo mapeados para o plano  $Z$ .
- 17) Faça um modelo no SIMULINK que implementa o modelo linearizado do TWR em tempo discreto. Simule a mesma condição realizada para o modelo não linear no item (5) e compare os resultados. Nessa comparação use somente as saídas do sistema.