

1 Introdução

Este documento apresenta um roteiro para a preparação do relatório do Experimento nº 4 da disciplina SEL0327 – Laboratório de Fundamentos de Controle, ministrada pelo Prof. Rodrigo A. Ramos.

2 Roteiro

2.1 Parte 1: Sistema de Fase Mínima

- Diagrama de Blocos do Sistema:
 - Apresente o diagrama de blocos do sistema de 3ª ordem em malha fechada utilizado na prática, em função dos parâmetros de circuito cujos valores nominais foram obtidos dos dados no painel;
 - Apresente a condição na qual o sistema de segunda ordem foi ensaiado.

- Avaliação das Margens de Estabilidade:
 - Apresente um gráfico com o diagrama de Bode teórico do sistema em malha aberta, correspondente ao diagrama de blocos do item anterior, destacando neste diagrama as margens de ganho e fase, juntamente com as respectivas frequências de cruzamento;
 - No mesmo gráfico do item anterior, apresente as medidas realizadas de frequência de cruzamento de fase e de margem de ganho;
 - Compare a frequência de cruzamento de fase e a margem de ganho teóricas com aquelas obtidas através das medidas em malha aberta. Os valores teóricos, obtidos através do modelo nominal construído para o sistema, são conservadores com relação ao observado na prática?;
 - Apresente a margem de ganho medida sobre o sistema em malha fechada e compare com aquela medida sobre o sistema em malha aberta. Quais as razões para a discrepância entre estas margens? Por que a identificação da margem de ganho sobre o sistema em malha aberta é mais segura do que a realizada sobre o sistema em malha fechada?
 - Utilizando o modelo teórico e os valores teóricos, aumente o ganho até o valor máximo definido pela margem de ganho e trace o diagrama de lugar de raízes do sistema. Neste diagrama, identifique o valor de ganho que posiciona um par de pólos sobre o eixo imaginário. Por que o valor de ganho foi igual a 1 nesta situação?;
 - Com o mesmo valor de ganho utilizado no item anterior, trace o diagrama de Bode (destacando neste diagrama as margens de ganho e fase, juntamente com as respectivas frequências de cruzamento) e o diagrama de Nyquist do sistema em malha aberta;
 - Utilizando um valor de ganho menor do que o do item anterior, apresente os gráficos do diagrama de Bode (destacando neste diagrama as margens de ganho e fase, juntamente com as respectivas frequências de cruzamento) e do diagrama de Nyquist do sistema em malha aberta;
 - Para o mesmo valor de ganho utilizado no item anterior, apresente um gráfico com os pólos do sistema em malha fechada e outro gráfico com a resposta ao degrau deste sistema;
 - Utilizando um valor de ganho ainda menor do que o do item anterior, apresente um gráfico com a resposta ao degrau unitário do sistema em malha fechada. O que se pode concluir a respeito da relação entre o ganho do sistema e o erro em regime permanente do mesmo?

2.2 Parte 2: Sistema de Fase Não Mínima

- Função de Transferência do Sistema em Malha Aberta:
 - Apresente a função de transferência do sistema de suspensão magnética visto no laboratório em função dos parâmetros relativos à condição nominal de operação;
 - Apresente os valores dos parâmetros referentes à condição nominal.
- Avaliação das Margens de Estabilidade:
 - Trace o diagrama de Bode do sistema em malha aberta referente ao item anterior, destacando neste diagrama as margens de ganho e fase, juntamente com as respectivas frequências de cruzamento;
 - Apresente um gráfico com os pólos do sistema em malha aberta relativos à função de transferência do item anterior.
 - Com base nas informações obtidas nos dois gráficos anteriores, avalie se é possível estabilizar o sistema através somente de uma alteração no valor do ganho estático do sistema (ou seja, se é possível utilizar um controlador proporcional para fazer esta estabilização).
- Inclusão do Compensador de Fase:
 - Apresente a função de transferência do compensador de fase a ser acrescentado ao sistema de suspensão magnética, em função dos parâmetros que definem seu zero, seu pólo e seu ganho estático;
 - Apresente os valores do zero, do pólo e do ganho estático que foram utilizados no controlador de avanço implementado sobre o sistema de suspensão;
 - Trace o diagrama de Bode do compensador, destacando o avanço máximo de fase e a frequência na qual o mesmo ocorre;
 - Trace o diagrama de Bode do sistema compensado, destacando neste diagrama as margens de ganho e fase, juntamente com as respectivas frequências de cruzamento;
 - Apresente o diagrama de Nyquist correspondente ao sistema compensado;
 - Apresente o gráfico do lugar de raízes do sistema compensado, e identifique neste gráfico a faixa de ganho estático do compensador que pode ser utilizada resultando ainda em um sistema em malha fechada estável.

2.3 Conclusões Gerais

- Apresente suas conclusões finais, de um ponto de vista geral, sobre todos os experimentos realizados (partes 1 e 2). Em particular, responda às seguintes perguntas:
 - Em sistemas de fase mínima, qual a relação entre o ganho do sistema em malha aberta e a estabilidade do sistema em malha fechada? Nestes mesmos sistemas, quando não há integradores na planta, qual a relação entre o ganho e o erro em regime permanente?
 - O que é possível fazer quando os requisitos de erro de regime permanente e margem de estabilidade de um sistema de fase mínima são conflitantes?
 - Para sistemas de fase não mínima em malha aberta, é possível utilizar um controlador proporcional para estabilizar o sistema em malha fechada? Nestes casos, que tipo de controle pode ser utilizado para realizar esta estabilização?