Laboratório de ECAi05

Universidade Federal de Itajubá – Campus Avançado de Itabira

Disciplina: ECAi05 - Laboratório de Sistemas de Controle I

Objetivo

Este laboratório tem como finalidade mostrar a análise estabilidade e o cálculo de compensação PI para uma malha de controle de velocidade através do método do Lugar das Raízes.

Introdução

Com este experimento objetiva-se controlar um sistema de controle de velocidade e posição de um servo mecanismo, o que é muito utilizado, por exemplo, no funcionamento de um braço robótico, no acionamento de motores e de veículos de grande porte e em transdutores de velocidade tais como tacômetros. Utiliza-se para isso métodos de análise de estabilidade e compensação de malhas de controle.

A malha de controle é utilizada nesse caso para reduzir distúrbios que venham a ocorrer e para modificar características de respostas dinâmicas. Sendo assim, a análise de estabilidade se torna imprescindível.

Análise de estabilidade por Lugar das Raízes

1. O objetivo dessa experiência é analisar a estabilidade de um sistema dinâmico pelo método do lugar das raízes. A função de transferência da velocidade (rotação) de um servomecanismo é dada abaixo.

$$G(s) = \frac{\Omega(s)}{V(s)} = \frac{40}{0,25s^2 + 3,75s + 14}$$

(a) Inspecionando a função do processo é possível dizer se o mesmo é estável ou instável em malha aberta? Justificar.

Sim, é possível, pois as raízes são -7 e -8, que, por estarem na parte negativa do plano, sabemos que o sistema é estável.

(b) Malhas de controle são utilizadas mesmo em processos estáveis com a finalidade de modificar características de respostas dinâmicas e/ou atenuar eventuais distúrbios. Admitindo inicialmente um controlador proporcional $C(s) = k_p$, traçar o Lugar das Raízes (LR) da malha de controle resultante por meio dos comandos abaixo.

```
>> ng = 40; dg = [0.25   3.75   14];
>> rlocus(ng,dg)
```

(c) Verificando o LR pode-se afirmar que a malha de controle é estável para qualquer k_p positivo? Justificar a resposta.

Os dois polos são negativos, logo, para qualquer valor de kp a estabilidade será mantida. Mas, o sistema pode apresentar comportamento oscilatório.

(d) Obtenha a resposta da saída $\omega(t)$ para a entrada degrau unitário tendo como controlador um ganho k_p unitário, digitando os seguintes comandos:

```
>> G = tf(ng,dg);
>> sys = feedback(G,1);
>> step(sys); grid;
```

(e) Anotar o valor de tendência da resposta da saída do sistema. Por que o erro entre o valor da saída e da entrada da malha não é nulo?

O valor de tendência é igual a 0,74. O sistema é do tipo 0, logo ele possui erro constante para a resposta ao degrau.

(f) Obter a resposta da malha para uma entrada degrau utilizando agora um ganho $k_p = 10$.

```
>> Gn = 10*G;
>> sys_n = feedback(Gn,1);
>> step(sys_n); grid;
```

(g) Qual é agora o erro entre o valor da saída e da entrada da malha? O erro diminuiu? A resposta do sistema está mais oscilatória? O máximo pico da resposta aumentou? Justificar as respostas.

O erro é de 3%. O erro foi de 26%. O máximo pico foi de 0,86 para 1,5.

Compensação por Lugar das Raízes

2. Considere que a malha de controle de rotação deva ter as seguintes especificações: erro nulo a entrada degrau; erro em regime permanente de 10% para entrada rampa; um par de polos em aproximadamente $-5 \pm j9$ (impondo um ζ de $0,49$ e um ω_n de $10,3$ $[rad/s]$).

(a) Observando o lugar das raízes obtido para o controlador proporcional, obtido anteriormente, responder se a especificação do polo desejado é alcançada para algum valor de ganho?

(b) Com os comandos a seguir calcular os parâmetros de um controlador PI para atender as especificações desejadas.

```
>> sd=-5+j*9;
>> md_sd=abs(sd); ag_sd=angle(sd);
>> gs_sd=40/(0.25*sd^2+3.75*sd+14);
>> md_gs=abs(gs_sd); ag_gs=angle(gs_sd);
>> kp=-sin(ag_sd-ag_gs)/(md_gs*sin(ag_sd))
>> ki=-md_sd*sin(ag_gs)/(md_gs*sin(ag_sd))
```

(c) Anotar o valor de k_p calculado para o valor de k_i utilizado.

___

(d) Traçar o lugar das raízes do sistema compensado usando os comandos abaixo.

```
>> nk = [kp  ki]; dk = [1    0];
>> [no,do] = series(nk,dk,ng,dg);
>> rlocus(no,do)
```

(e) Observando o novo lugar das raízes obtido, responder se a especificação para polo desejado foi alcançada? Justificar. Usar o comando `[x,y]=ginput(1)` para facilitar a leitura de valores.

___

___

___

___

___

(f) Obtenha a resposta da saída $\omega(t)$ para a entrada degrau unitário do sistema compensado usando as instruções seguintes.

```
>> G = tf(no,do);
>> sys = feedback(G,1);
>> step(sys); grid;
```

(g) Qual é o máximo pico e o tempo de acomodação esperado para o sistema.

___

(h) Por que o erro em regime permanente para a entrada degrau agora é nulo?

___

___

___

___

___

Atividades Complementares

O relatório deve ser entregue APENAS em formato PDF até **7 dias** após a aula prática conforme tarefa cadastrada no SIGAA. O guia deve ser entregue com os itens preenchidos. As atividades complementares devem ter o enunciado, desenvolvimento e conclusões também anexados ao guia. Não há necessidade de capa e afins, apenas identificação de nome e número de matrícula da dupla.

1. Faça um programa no ambiente Simulink que simule a malha de controle do tópico "**Compensação por Lugar das Raízes**" para a entrada do tipo rampa. Qual é o erro em regime permanente para a entrada rampa?