

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

Controle para Sistemas Computacionais – CMC-12

Lista 5 – Requisitos no Domínio do Tempo e Controlador PID

Professor: Marcos Ricardo Omena de Albuquerque Maximo

12 de março de 2023

Observação: A entrega da solução dessa lista consiste de submissão de arquivos no Google Classroom. Compacte todos os arquivos a serem submetidos em um único **.zip** (use obrigatoriamente **.zip**, e **não** outra tecnologia de compactação de arquivos) e anexe esse **.zip** no Google Classroom. O arquivo com os passos das soluções de todas as questões (rascunho) deve ser entregue num arquivo chamado **rascunho.pdf** (**não** usar outro formato além de **.pdf**). Para o **.zip**, use o padrão de nome **<login_ga>_listaX.zip**. Por exemplo, se seu login é **marcos.maximo** e você está entregando a lista 1, o nome do arquivo deve ser **marcos.maximo_lista1.zip**. **Não** crie subpastas, deixe todos os arquivos na “raiz” do **.zip**.

Questão 1. Experimentalmente, determinou-se o tempo de subida de 0 a 100% $t_r|_0^{100\%}$ e o sobressinal M_p de um sistema dinâmico. Considerando que se trata de um sistema de 2ª ordem padrão subamortecido, encontre os polos do sistema na seguinte forma:

$$\begin{cases} p_1 = -\sigma + \omega_d j, \\ p_2 = -\sigma - \omega_d j, \end{cases} \quad (1)$$

em que $\sigma > 0$ e $\omega_d > 0$. Dê sua resposta através do arquivo de MATLAB **questao1.m**. Você deve calcular os polos a partir de $t_r|_0^{100\%}$ e M_p . Atente para a convenção mostrada em (1). **Dica:** o MATLAB lida com números complexos nativamente. Por exemplo, para definir $1 + j$ no MATLAB, basta escrever **1 + 1j**.

Questão 2. Desenvolva uma função em MATLAB que determina o tempo de acomodação de 2% $t_s|_{2\%}$ a partir da resposta ao degrau de um sistema, obtida com uso da função **step** do MATLAB. O tempo de acomodação deve ser encontrado numericamente, sem aproximações, e dentro de uma precisão de pelo menos 10^{-2} s do valor real. Considere que **step**, quando chamada sem especificar o vetor de tempos de simulação, simula o sistema durante tempo suficiente para que o sistema já tenha atingido o regime. Forneça sua resposta através do arquivo de MATLAB **questao2.m**. **Observação:** não é permitido o uso de funções do MATLAB que calculem diretamente o tempo de acomodação. **Dicas:**

- (a) Para garantir que o sistema convergiu para o regime, simule a resposta ao degrau por $10\times$ o tempo final escolhido por `step` quando chamada sem especificar o tempo. Para isso, chame `step` primeiro sem especificar o tempo e depois uma segunda vez com vetor de tempos especificado.
- (b) Para garantir a precisão de pelo menos 10^{-2} s, use 10^{-3} s como passo no vetor de tempos.

Questão 3. Em aplicações de alto desempenho que usam motores elétricos, é comum o uso de um controlador de corrente. Ignorando a força contraeletromotriz, a dinâmica elétrica do motor consiste apenas de um circuito RL. Como o sistema apresenta erro em regime para entrada degrau se uma lei de controle proporcional for utilizada, uma boa solução envolve o uso de um controlador PI. Com isso, tem-se o diagrama de blocos mostrado na Figura 1. Pede-se: projetar os ganhos do controlador PI para alocar os polos do sistema em malha fechada em:

$$p_{1,2} = -\xi\omega_n \pm \omega_n\sqrt{1 - \xi^2}j. \quad (2)$$

em que ω_n e ξ são parâmetros que definem as posições dos polos. Dê sua resposta através do arquivo de MATLAB `questao3.m`. Escreva K_p e K_i em função de ω_n , ξ , L (indutância) e R (resistência).

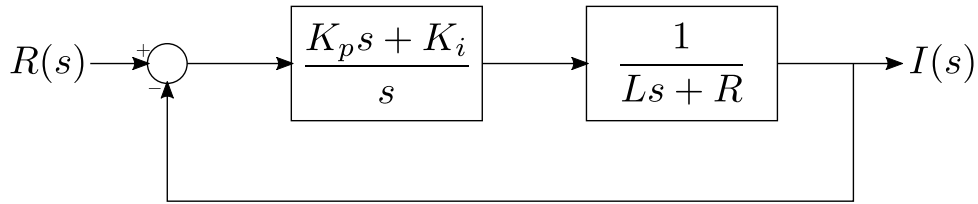


Figura 1: Malha de corrente de motor elétrico.

Questão 4. Considere um carro autônomo cuja posição é controlada por um controlador PD com pré-filtro, como mostrado no diagrama de blocos da Figura 2. Assumindo a massa do carro como $m = 1000$ kg e a constante de amortecimento como $b = 50$ Ns/m, determine as funções de transferência do controlador $C(s)$ e do pré-filtro $F(s)$ para que o sistema se comporte como um sistema de 2ª ordem padrão com $\omega_n = 2\pi 2$ rad/s e $\xi = 0,6$. Dê sua resposta através do arquivo de MATLAB `questao4.m`. **Observação:** retorne $F(s)$ e $C(s)$ como funções de transferência do MATLAB geradas com uso de `tf`.

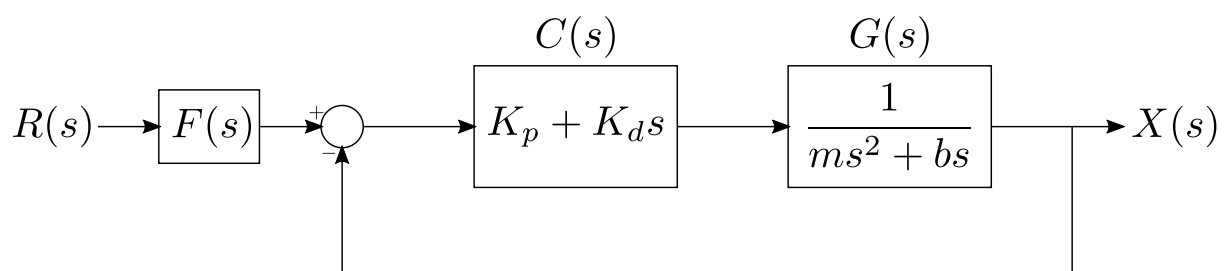


Figura 2: Controlador PD com pré-filtro para controle de posição de um carro autônomo.