

Disciplina: Controle e Servomecanismos I



Aula: Tarefa de Laboratório 3: Controle de Velocidade de um Servomotor CC

Professor: José Paulo Vilela Soares da Cunha

Turmas 01 e 02 – 2025/1

Rio de Janeiro, 30 de abril de 2025.

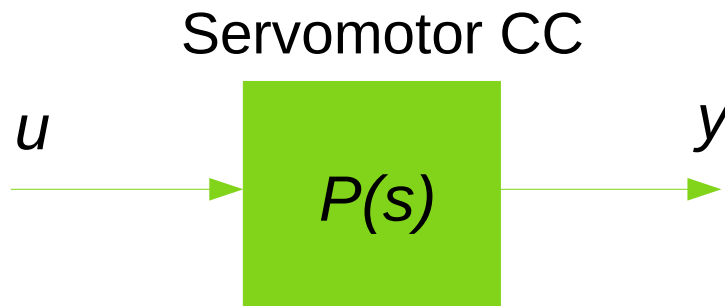


Referências

- Castrucci, P. B. L., Bittar, A. & Sales, R. M. (2018). Controle Automático, 2ª edição, LTC.
- Castrucci, P. B. L., Bittar, A. & Sales, R. M. (2011). Controle Automático, LTC.
- Referências sugeridas: Seções 2.7, 2.7.2, 3.4, 3.4.2, 3.10 e 3.11 de (Castrucci *et alli*, 2018).



Modelo do Servomotor CC

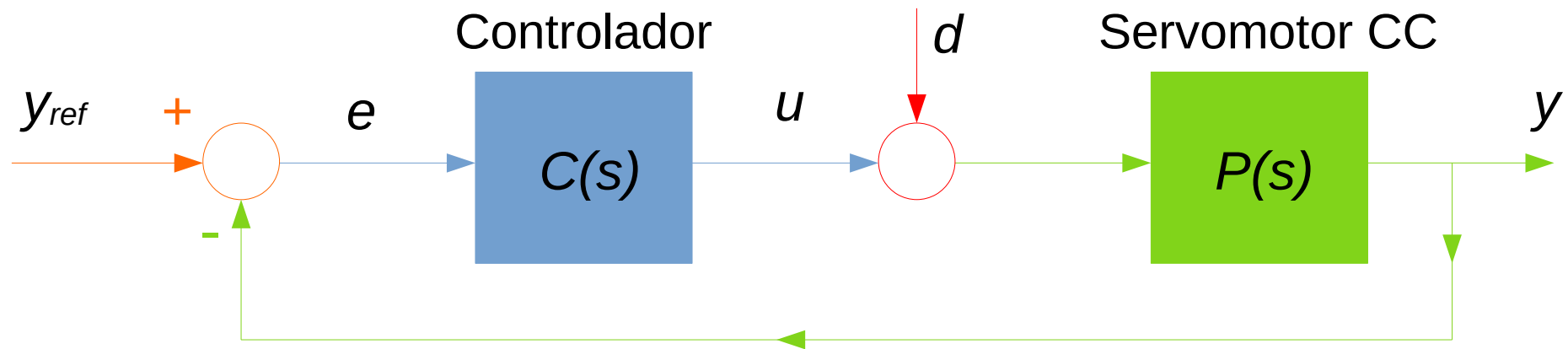


$$P(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{K_m}{Ts + 1}$$

- No qual:
 - u é o sinal de controle, tensão aplicada à armadura (V);
 - y é o sinal de saída, velocidade de rotação angular do eixo (rad/s);
 - K_m é o ganho do motor em regime permanente CC (rad/sV);
 - T é a constante de tempo do motor (s).
- Referência: Seção 2.7, equação (2.132) de (Castrucci *et alli*, 2018).
- Usem valores dos parâmetros K_m e T identificados na aula de 16/04/2025.



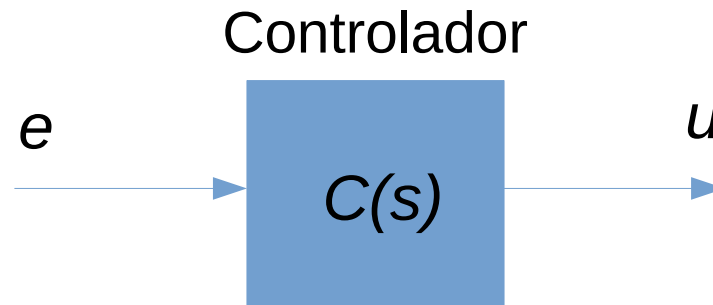
Sistema de Controle de Velocidade do Servomotor CC



- No qual:
 - y_{ref} é o sinal de referência (rad/s)
 - e é o sinal de erro (rad/s);
 - d é a perturbação de entrada (V).
- Referências: Seções 2.7.2 e 3.10 de (Castrucci *et alli*, 2018).



Controladores de Velocidade



$$C(s) = \frac{u(s)}{e(s)}$$

- Controlador proporcional (P): $C(s) = K_p$

- Controlador proporcional e integral (PI): $C(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) = K_p \left(\frac{T_i s + 1}{T_i s} \right)$

- Nos quais:
 - K_p é o ganho proporcional (Vs/rad);
 - T_i é o tempo integral (s).



Itens desta Tarefa

- 1) Desenvolva algebricamente as funções de transferência do sistema em malha fechada ($G_f(s) := y(s)/y_{ref}(s)$) para os controladores P e PI.
- 2) Desenvolva algebricamente as funções de transferência da perturbação ($G_d(s) := y(s)/d(s)$) para os controladores P e PI.
- 3) Calcule o ganho do controlador proporcional (K_p) para que o tempo de subida da resposta a um degrau na referência seja $t_r = 0,025$ s para uma transição de 0% a 95% do valor final.
- 4) Escolha o tempo integral (T_i) e calcule o ganho proporcional (K_p) do controlador PI para que o tempo de subida da resposta a um degrau na referência seja $t_r = 0,025$ s para uma transição de 0% a 95% do valor final.



Itens desta Tarefa

- 5) Desenhe um diagrama no Xcos para a simulação de cada sistema de controle de velocidade do servomotor CC.
- 6) Simule e desenhe os gráficos dos sinais de saída ($y(t)$) e de controle ($u(t)$) do sistema de controle proporcional para a velocidade projetado no item (3) com um degrau na referência (y_{ref}) de 150 rad/s aplicado para $t \geq 0$ s e uma perturbação do tipo degrau de -2,0 V aplicado para $t \geq 0,1$ s.
- 7) Simule e desenhe os gráficos dos sinais de saída ($y(t)$) e de controle ($u(t)$) do sistema de controle proporcional e integral para a velocidade projetado no item (4) com um degrau na referência (y_{ref}) de 150 rad/s aplicado para $t \geq 0$ s e uma perturbação do tipo degrau de -2,0 V aplicado para $t \geq 0,1$ s.



Itens desta Tarefa

- 8) Meça e indique nos gráficos as seguintes características da resposta ao degrau na referência obtidas com o controle proporcional no item (6):
 - i) o tempo de subida (t_r – sem perturbação);
 - ii) o valor final ($y(\infty)$ – com perturbação);
 - iii) o erro em regime permanente ($e_{ss} = e(\infty)$ – com perturbação).
- 9) Meça e indique nos gráficos as seguintes características da resposta ao degrau na referência obtidas com o controle proporcional e integral no item (7):
 - i) o tempo de subida (t_r – sem perturbação);
 - ii) o valor final ($y(\infty)$ – com perturbação);
 - iii) o erro em regime permanente ($e_{ss} = e(\infty)$ – com perturbação).
- 10) Compare e comente os resultados obtidos nos itens (1), (2), (6) a (9).



Recomendações

- O prazo de entrega do Relatório desta Tarefa de Laboratório é 11/05/2025 (domingo).
- O Relatório desta Tarefa de Laboratório deverá ser elaborado individualmente ou em grupo composto por dois alunos.
- Cada Relatório de Laboratório deverá ser entregue via *Google Classroom* seguindo-se as seguintes recomendações:
 - cada relatório deverá ser enviado em um arquivo PDF que contenha todos os itens, gráficos, diagramas de blocos (Xcos), programas (Scilab), etc.;
 - os itens deverão ser ordenados numericamente;
 - no máximo um item em cada página;
 - a primeira página deverá ser identificada com o nome completo do(s) aluno(s), número(s) de matrícula, nome da disciplina, número da turma, local, data, semestre letivo, o número e o título da Tarefa de Laboratório;
 - cada página deverá ser numerada, datada e rubricada pelo(s) aluno(s);
 - caso o Relatório seja elaborado por um grupo de alunos, cada aluno deverá entregá-lo pela sua conta no *Google Classroom*.