<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Código: EC P - 636
Disciplina: Controle e Automação
N2|2º bim.| Curso: Engenharia de Computação
Turma: EC5 | Data: 04/06/2024 – das 19h15 às 21h05
Prof. Marcones Cleber | Coord.: Rodrigo Tadeu Fontes</td><td>FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA</td></tr>
<tr><td>Aluno(a):</td><td>No:</td><td colspan="2">RA:</td><td rowspan="7">Nota:</td></tr>
<tr><td>Lucas de Melo Santos</td><td></td><td colspan="2">081220017</td></tr>
<tr><td>Lucas Kogima</td><td></td><td colspan="2">081220043</td></tr>
<tr><td>Luiz Eduardo Bartolassi</td><td></td><td colspan="2">081220004</td></tr>
<tr><td>Murilo Trevejo Santos</td><td></td><td colspan="2">081220025</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4">TÍTULO DO PROJETO:

DryFi: Aplicação de IoT no monitoramento de estufas utilizadas na construção de motores elétricos

OBJETIVO:

Desenvolver e implementar um sistema de controle e monitoramento IoT para as estufas de secagem de motores elétricos, utilizando a plataforma de back-end FIWARE para realizar o processamento e armazenamento das informações de contexto, visando otimizar o processo global de fabricação, assegurando precisão na regulação de temperatura, monitoramento remoto em tempo real e aprimoramento da eficiência operacional, resultando em motores elétricos de alta qualidade e consistência em todas as unidades da empresa. O sistema proposto será apoiado por uma plataforma na Web desenvolvida em Asp.net MVC que dará suporte aos cadastros com exibição dos dados no formato de consultas e dashboards</td><td>Rubrica do aluno:</td></tr>
</table>

1. Apresente detalhadamente o modelo teórico do sistema térmico em malha aberta; (1,0)

Para isso, foi utilizado um modelo genérico de sistema térmico. O objetivo desse modelo genérico é entender como o sistema térmico responde à variação de entradas de calor ao longo do tempo, utilizando equações diferenciais lineares invariantes no tempo (LIT). Portanto, o modelo pode ser aplicado a diversos sistemas térmicos onde é necessária a análise e o controle da variação de temperatura.

Para simplificação e solução das equações, adotam-se as seguintes hipóteses:

- Circulação do fluido com fluxo constante.
- Sem perdas térmicas e dinâmicas.

- Equações diferenciais assumidas como lineares invariantes no tempo (LIT).
- Temperatura de regime estacionário como nula.
- Temperatura de entrada constante.

A equação que descreve o comportamento do sistema é dada por:

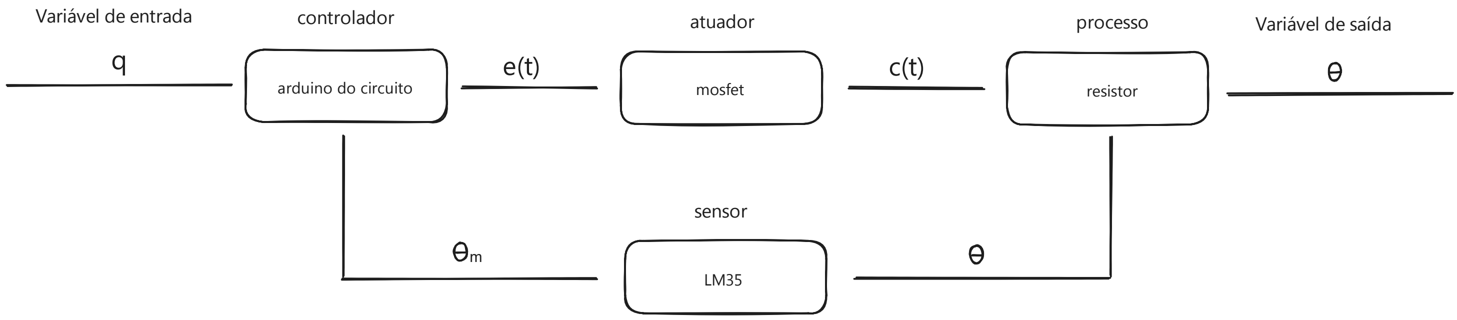
$$C\frac{d\theta}{dt} + \theta = Rh$$

Onde:

- (θ) é a variação da temperatura.
- (C) é a capacidade térmica do sistema.
- (R) é a resistência térmica.
- (h) é a taxa de transferência de calor.

Esta equação diferencial linear descreve como a temperatura (θ) se altera ao longo do tempo devido ao calor fornecido pelo sistema (produto da resistência (R) e da taxa de transferência de calor (h)).

2. Apresente o diagrama em bloco do sistema térmico do Kit (MALHA FECHADA);(0,5)



3. Obtenha a função de transferência do sistema térmico do Kit (MALHA ABERTA);(0,5)

Para encontrar a função de transferência do sistema térmico, utilizamos a transformada de Laplace. Vamos seguir o passo a passo para chegar à função de transferência conforme a equação diferencial do sistema.

A equação diferencial que descreve o sistema térmico é:

$$C\frac{d\theta}{dt} + \theta(t) = \mathrm{Rh}(t)$$

Aplicamos a transformada de Laplace na equação diferencial. Lembrando que a transformada de Laplace de uma derivada é dada por $\mathcal{L}\left\{\frac{d\theta(t)}{dt}\right\} = s\Theta(s) - \theta(0)$ Supondo que as condições iniciais são zero ($\theta(0) = 0$), temos:

$$C\mathcal{L}\left\{\frac{d\theta(t)}{dt}\right\} + \mathcal{L}\{\theta(t)\} = R\mathcal{L}\{h(t)\}$$

Isso se transforma em:

$$C\left(s\theta(s)\right) + \theta(s) = R\theta_i(s)$$

Para encontrar a função de transferência, isolamos ($\theta(s)$) e apresentamos a razão entre a saída $\theta(s)$ e a entrada $\theta_i(s)$:

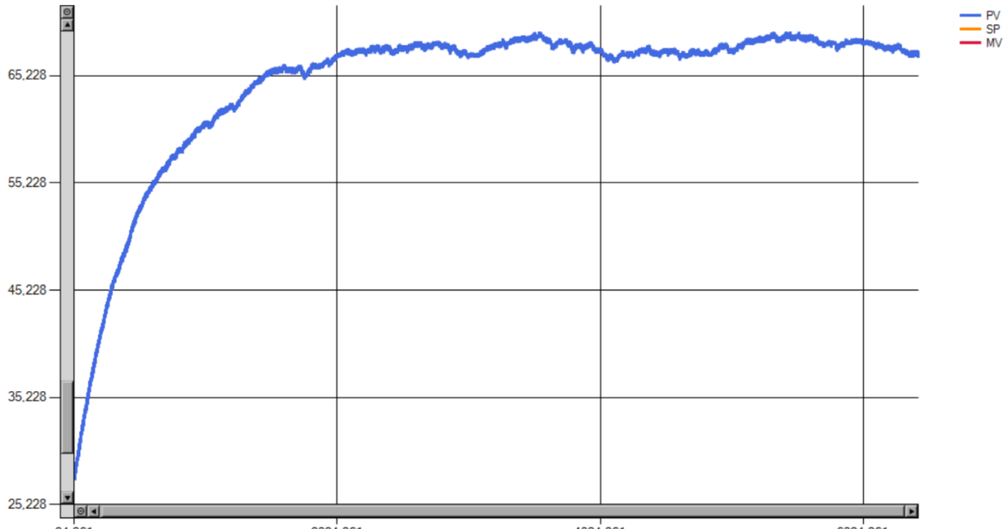
$$\frac{\theta(s)}{\theta_i(s)} = \frac{1}{RCs + 1}$$

Com os valores do kit, chegamos no ganho:

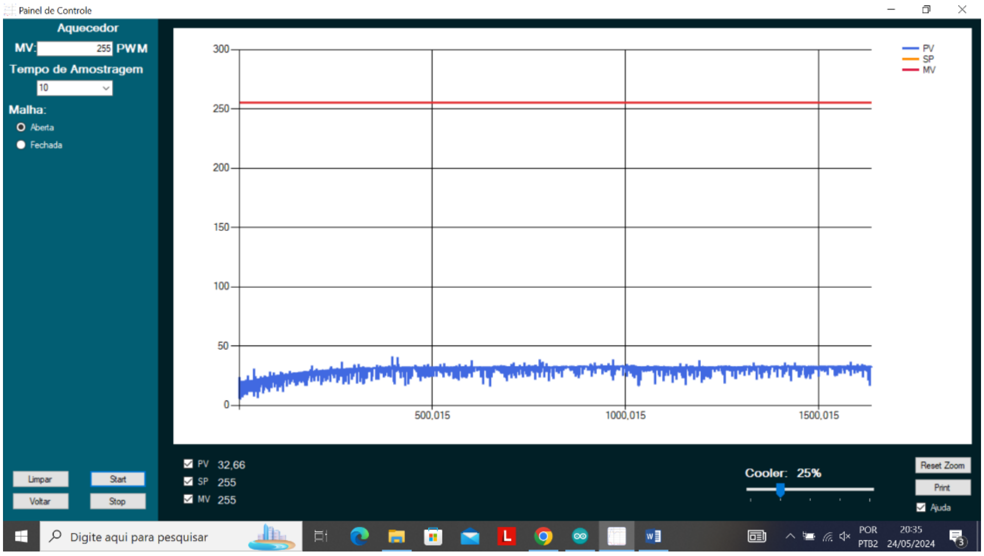
$$G(s) = \frac{0{,}2656}{350 \times s + 1}$$

4. **Realize a simulação no Scilab utilizando a função de transferência obtida anteriormente(MALHA ABERTA E FECHADA);(0,5)**

Malha Aberta



Malha Fechada



5. **Compare os resultados da simulação com o resultado real.(1,0)**

A função de transferência indica um tempo constante aproximadamente em (350).

No gráfico de malha aberta, o tempo para estabilização é longo (~6024 segundos), consistente com a longa constante de tempo.

Em malha fechada, o sistema estabiliza em cerca de 1000 segundos devido ao controle ativo que modifica a dinâmica do sistema.

- Malha Aberta: Grandes oscilações com longa estabilização em ~65°C.
- Malha Fechada: Menor oscilação e uma rápida estabilização em ~32°C.

Comparação Quantitativa

Os resultados da simulação devem ser comparados com os valores teóricos da função de transferência:

Malha Aberta:

Teórico: $G(s) = \frac{0,2656}{350 \times s + 1}$, tempo de resposta e a estabilidade são lentos e altos

Simulação: Consistente com o comportamento esperado da função de transferência, longa estabilização e altas oscilações.

Malha Fechada:

Teórico: Mesmo ($G(s)$), mas com controlador que diminui o impacto do ($350 \cdot s$), mantendo a resposta rápida.

Simulação: O gráfico mostra uma rápida estabilização com um horizonte de tempo de menos de 1000 segundos.

Os resultados da simulação coincidem com o comportamento esperado da função de transferência. Em malha aberta, a resposta do sistema térmico é lenta e com grandes oscilações, conforme prevê a função ($G(s)$). Em malha fechada, a inclusão de um controlador ajusta o sistema para uma resposta mais estável e rápida. Este comportamento demonstra a eficácia da função de transferência para descrever a dinâmica do sistema térmico e permite a implementação de estratégias de controle para otimização operacional.

6. **Apresente os resultados do monitoramento IoT do KIT térmico em Malha aberta com Cooler Ajustado em 25%;(2,5)**.
7. **Ajuste o cooler para 50% e KP=5, Apresente os resultados do monitoramento IoT;(1,5)**
8. **Apresente o erro téorico do sistema térmico do KiT térmico;(1,25)**

Dados:

- $(A = 30)(SetPoint)$
- $(K = 0.1259)$
- $(T_{\text{ambiente}} = 24)$

A fórmula para o erro estacionário (E_{ss}) de um sistema de controle proporcional é dada por:

$$E_{ss} = 1 + KA - T_{\text{ambiente}}$$

Substituindo os valores:

- $(A = 30)(SetPoint)$
- $(K = 0.1259)$
- $(T_{\text{ambiente}} = 24)$

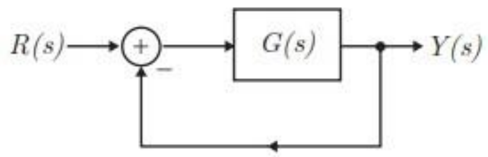
$$E_{ss} = 1 + 0.125930 - 24$$

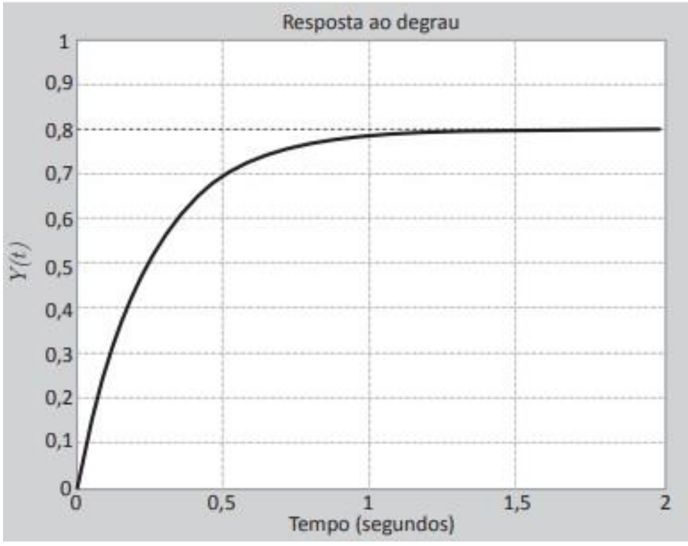
$$E_{ss} = 1.125930 - 24$$

$$E_{ss} \approx 26.64 - 24$$

$$E_{ss} \approx 2.64ºC$$

9. **Monitore o erro do sistema com KP=1 e KI =1 cooler ajustado em 25%(1,25)**

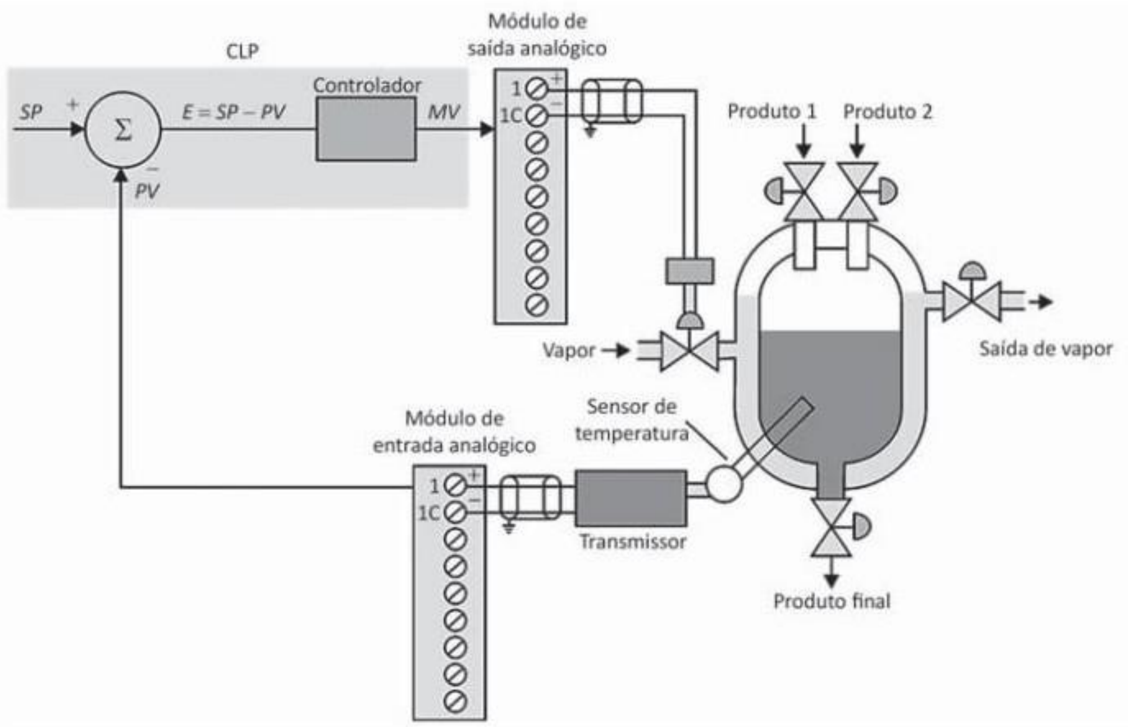

R(s)
+
−
G(s)
Y(s)


Resposta ao degrau
Y(t)
Tempo (segundos)
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
0
0,5
1
1,5
2

Nesse processo, o tempo de estabilização é de 1 segundo para o critério de 4 constantes de tempo, obtenha a função de transferência que representa a relação entre a entrada e saída do processo. **(2,5)**

10. **(ENADE 2017)** Em um processo de dois produtos , deseja-se controlar a temperatura no interior do reservatório por meio da abertura de uma válvula proporcional de vapor, como mostra a figura a seguir. Nesse processo, alterações na temperatura ambiente e na vazão do vapor podem alterar significativamente a temperatura no reservatório.

Sistema de Controle de Aquecimento.



FRANCHI, C. M. **Controle de processos industriais**: princípios e aplicações. São Paulo: Saraiva, 2017 (adaptado).

Com base no processo apresentado, faça o que se pede no item a seguir.

a) Identifique as seguintes variáveis: de processo, manipulada e de perturbação. (**2,5)**

11. **(ADPTADO DO ENADE 2017)** Um sistema massa mola amortecedor é descrito pela seguinte equação diferencial linear de segunda ordem:

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = f(t)$$

Em que ***x*** representa o deslocamento do objeto; f, a força aplicada; **m**, a massa do objeto; **b**, o coeficiente de amortecimento; e ***k*** , a constante da mola***; m, b e k*** são constantes reais positivas e conforme os valores desses três parâmetros, o sistema apresenta formas distintas de resposta. Considerando que o referido sistema está inicialmente em repouso e uma força em degrau unitário é aplicada à massa, faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Calcule o valor da taxa de amortecimento e da frequência natural, considerando o três parâmetros (***m,b,k)*** unitários.(**1,0)**
b) Classifique o sistema**. (0,5)**
c) O que acontecerá com a resposta do sistema se o coeficiente de amortecimento for zero? (**1,0)**

12. Calcule a função de transferência do sistema cujas equações diferenciais são:

$$\dddot{x} + 6\ddot{x} + 25\dot{x} = u(t) \qquad y(t) = K(\dot{x} + 5x)$$

Onde x= *x(t)* é uma variável do sistema, u(t) é a variável de entrada e y(t) é a variável de saída. Quais os pólos e zeros do sistema? represente graficamente **(2,5).**