

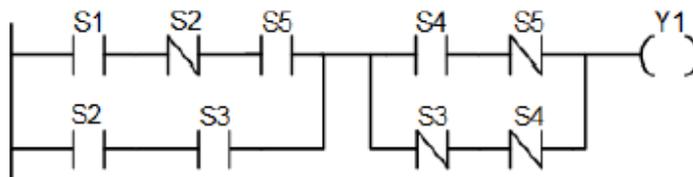
Disciplina/Área: Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos e Elementos de Automação Industrial

QUESTÃO 1

ENUNCIADO:

1. EQUIVALÊNCIA ENTRE LINGUAGENS DE CLP (peso: 1,0 ponto)

Considerando as linguagens de programação aplicada em CLP, apresente o diagrama de blocos funcionais equivalente ao diagrama Ladder apresentado abaixo:



VALOR: 1,00

PONTOS ESPERADOS NA RESPOSTA DO CANDIDATO:

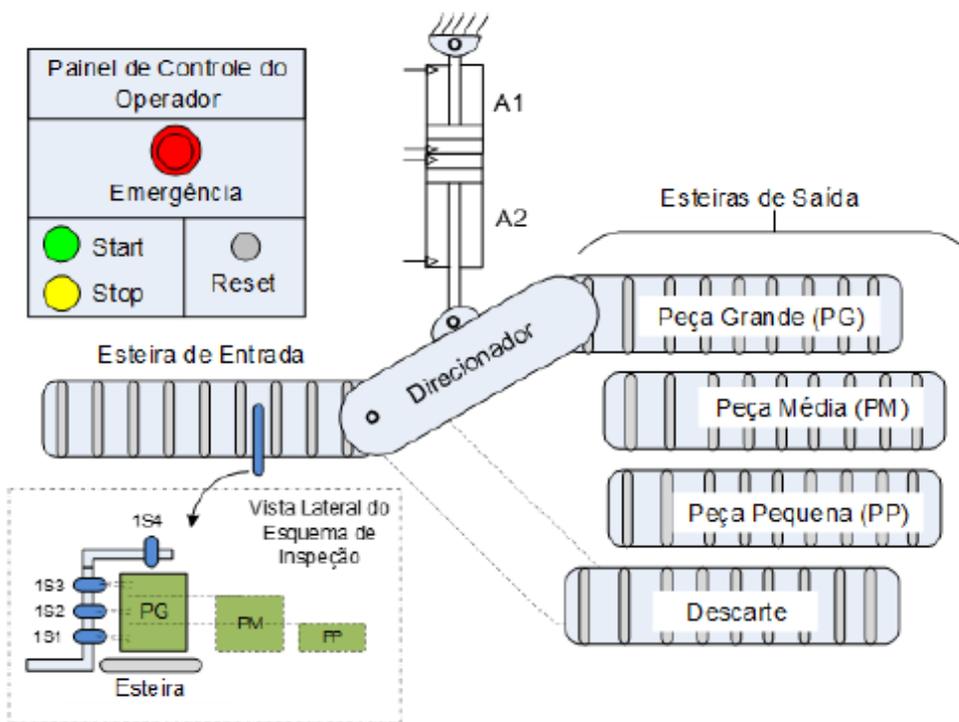
	<p>Obs.: A questão não apresenta solução única e as variantes serão analisadas para verificar se atendem às especificações. A simbologia dentro dos blocos pode variar, mas devem dar clareza de distinção entre as funções “OU” e “E”.</p>
--	---

QUESTÃO 2

ENUNCIADO:

2. SELECIONADOR DE PEÇAS (peso: 2,0 pontos)

A Figura na sequência apresenta o esquema de uma máquina selecionadora de peças. As peças chegam pela esteira de entrada, são avaliadas por um sistema de inspeção e direcionadas para as respectivas esteiras de saída. O painel de controle do operador permite 4 comandos: o início de operação (Start), parada de operação (Stop), reinicialização do sistema (Reset) e emergência. O sistema de inspeção é composto por 3 sensores de presença (1S1, 1S2 e 1S3) e um de imagem (1S4). O direcionador é controlado por um conjunto de 2 atuadores pneumáticos conectados fisicamente pela camisa.



Elabore o projeto de automação desta máquina, contendo:

- O Circuito eletropneumático, contendo: os atuadores A1 e A2 e as respectivas válvulas direcionais de 5 vias, 2 posições e acionamento por solenoide. Utilizar a nomenclatura de 1Y1 para o solenoide de avanço e 1Y2 para o de recuo de A1, 1Y3 para avanço e 1Y4 para recuo de A2. Deve ser possível o ajuste das velocidades de avanço e recuo nos atuadores, por controle de saída, no sistema pneumático. O atuador A1 tem curso menor que o atuador A2.
- O circuito elétrico de instalação do CLP, contendo: os principais módulos do CLP, fontes de alimentação necessárias, todos os elementos da máquina que devem ser conectados ao CLP.
- Diagrama Ladder do CLP para o correto funcionamento da máquina. Variáveis, cujos símbolos não constam em nenhum diagrama auxiliar (ex. memórias internas do CLP), devem ser descritas em uma tabela.

Condições de funcionamento:

1 – Painel de controle do operador: Exceto o comando de emergência, todos os outros são do tipo pulso; A máquina inicia a operação com o comando de Start e para com o comando de Stop. O comando de Stop não faz com que os atuadores retornem para a posição inicial. O comando de emergência deve parar a máquina imediatamente, sem alterações de posição dos atuadores. O comando de reinício (Reset) faz com que os atuadores retornem para a posição inicial de recuados. Após o comando de emergência, é necessário o acionamento do Reset para que o processo volte a operar. O Comando de Reset é necessário após a energização inicial da máquina e não deve atuar no sistema com a máquina em operação;

2 – Esquema de inspeção: Os sensores de presença são discretos e fazem a diferenciação dos tamanhos de peça (sensor em nível alto significa que tem peça no campo de visão do sensor). O sensor de visão envia um sinal discreto para o CLP (nível alto = peça boa, nível baixo = peça ruim). No caso de peça ruim, ela deve ser descartada. Caso a peça seja boa, ela deve ser direcionada para a esteira de saída respectiva à classificação. A posição de inspeção é identificada pelo sensor 1S1. O processo de inspeção só ocorre com a máquina em operação.

3 – Os acionamentos das esteiras NÃO devem ser considerados. O distanciamento entre as peças, na entrada, garante que uma peça chegue a respectiva esteira de saída antes que uma nova inspeção seja realizada.

VALOR: 2,00

PONTOS ESPERADOS NA RESPOSTA DO CANDIDATO:

Obs.: A solução apresentada foi gerada em software de simulação e nem todas as solicitações foram representadas. A questão não apresenta solução única e as variantes serão analisadas para verificar se atendem às especificações. Condições no circuito elétrico do CLP: a CPU também precisa ser representada e devidamente alimentada. A nomenclatura dos canais de entrada e saída podem variar, conforme diversos fabricantes, mas precisam ser identificados. A tensão de referência (canal comum) dos módulos de entrada e saída podem variar, mas é preciso indicar a polaridade escolhida e o circuito deve permitir o funcionamento. A ordem dos itens nos canais de entrada e saída podem variar.

Condições do Ladder: O Gabarito apresenta apenas uma das possibilidades de solução.

QUESTÃO 3

ENUNCIADO:

3. SISTEMA DE SEGURANÇA DE MÁQUINAS (peso: 1,0 ponto)

Por motivos de segurança, o funcionamento de uma prensa hidráulica só pode ocorrer quando os botões "S1" e "S2" forem pressionados simultaneamente. Para evitar que o operário coloque algum objeto sobre um dos botões e fique pressionando só o outro é necessário que o tempo entre o acionamento de um botão e do outro seja inferior a 1 s.

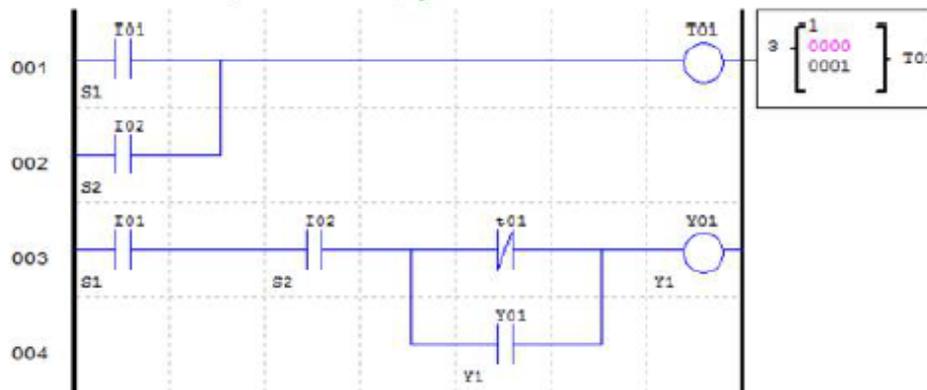
Questão: Apresentar o diagrama Ladder de solução e a tabela de símbolos com os elementos utilizados.

Obs.: O sistema hidráulico da prensa é composto por um cilindro de dupla ação, acionado por uma válvula direcional 4/2, com acionamento por simples solenoide e retorno por mola.

VALOR: 2,00

PONTOS ESPERADOS NA RESPOSTA DO CANDIDATO:

Obs.: A solução apresentada foi gerada em software de simulação e nem todas as solicitações foram representadas. A questão não apresenta solução única e as variantes serão analisadas para verificar se atendem às especificações. A tabela de símbolos não foi apresentada na solução, mas contendo a correlação entre os símbolos e os endereços físicos das entradas e saídas atende a especificação.



QUESTÃO 4

ENUNCIADO:

4. SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIAL (peso: 1,5 ponto)

Um dispositivo de elevação de embalagens é automatizado por meio de sistema eletropneumático mostrado no esquema da figura abaixo, cuja sequência dos passos realizada pelos atuadores é dada pela representação algébrica do diagrama trajeto-passo: $3A-/T1/ (1A+ 3A+)/ 2A+/ (1A- 2A-)$. Os parênteses indicam que o movimento dos atuadores (que estão dentro dos parênteses) inicia no mesmo instante. O sinal positivo (+) indica o movimento de extensão ou avanço do atuador e o sinal negativo (-) indica o movimento de retração (retorno). Cada barra (/) indica a passagem (transição) de um passo para o outro subsequente.

A sequência de ações do dispositivo inicia com a chegada de uma embalagem (sensor B6). Após, ocorre a retração do cilindro 3A de simples ação, que permanece neste estado por um tempo T1 de 4 segundos. O sensor de proximidade B5 é acionado quando a embalagem alcança a posição para o deslocamento vertical. Neste momento, o cilindro de elevação 1A, de dupla ação, transporta a peça até posição superior (identificada pelo sensor 1B2) e o cilindro 2A empurra-a para a esteira superior inclinada, onde a peça será transportada pela ação da gravidade.

As condições marginais requeridas para este processo são as seguintes: ciclo ÚNICO ou ciclo CONTÍNUO e botão de PARADA (botões OS1, OS2 e OS3, respectivamente). No modo ciclo único OS1, o circuito funciona uma única vez a para automaticamente; no modo ciclo contínuo OS2 o processo somente para quando for dado o comando de Parada OS3. Neste caso, o ciclo atual finaliza, porém, não reinicia.

É necessário que os três atuadores estejam em posição recuada antes de reiniciar um novo ciclo.

Elabore a programação do controlador programável usando a linguagem de programação GRAFCET (SFC, Diagrama de Funções Sequenciais) para automação do sistema eletropneumático apresentado.

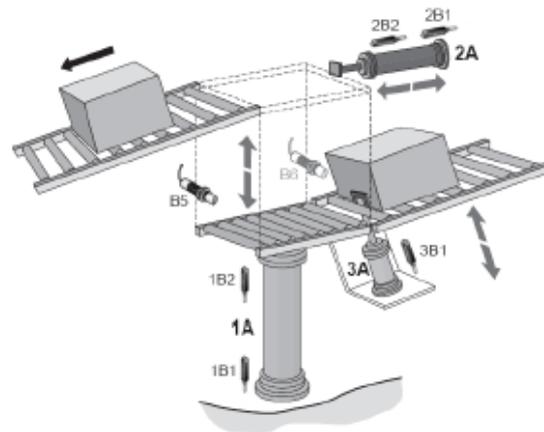


Figura. Dispositivo de elevação.

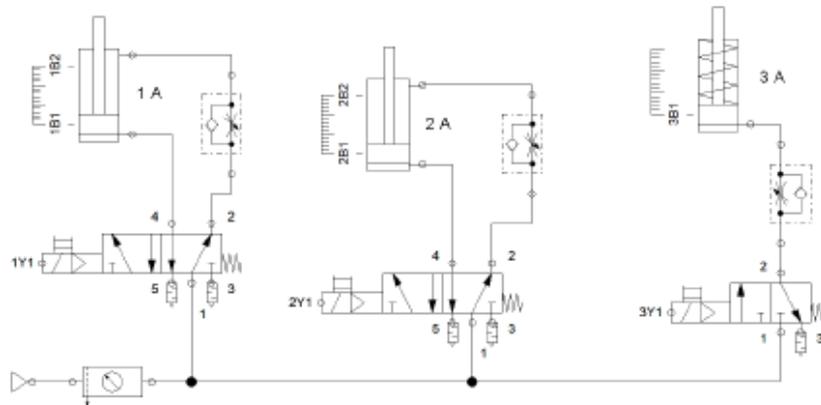
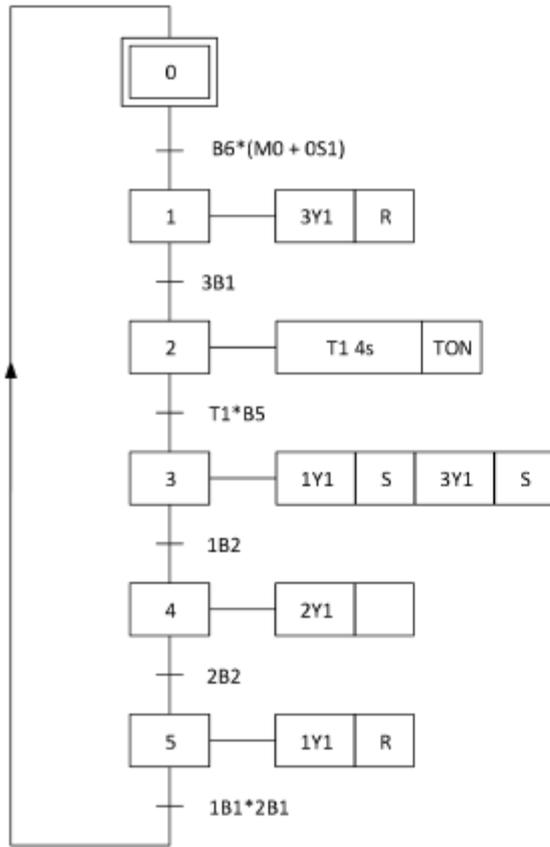


Diagrama eletropneumático.

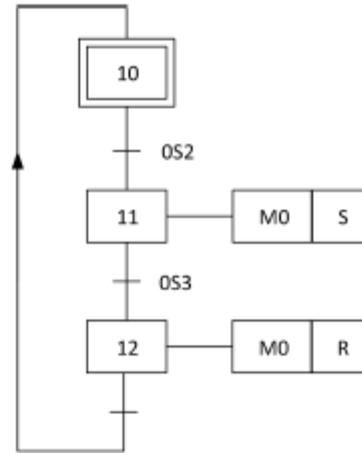
VALOR: 1,50

PONTOS ESPERADOS NA RESPOSTA DO CANDIDATO:



GRAFCET da Sequência dos atuadores:

$3A^-/T1 / (1A^+ 3A^+) / 2A^+ / (1A^- 2A^-)$.



Onde M0 é uma memória interna do CLP.

GRAFCET das Condições marginais.

QUESTÃO 5

ENUNCIADO:

5. PROJETO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS (peso: 1,5 ponto)

Num guincho industrial, a operação de elevar ou descer a carga deve garantir que os movimentos voluntários ou involuntários não fujam do controle do operador da máquina.

Um cilindro hidráulico 1A2 de simples ação com avanço por força de mola utilizado para frenagem de um tambor rotativo é acionado quando a carga M do guincho deva parar (o cilindro hidráulico não é utilizado para sustentar a carga na posição vertical, somente freá-la). A carga deve parar rapidamente e com segurança.

Considerando o diagrama eletro-hidráulico apresentado na questão, indique possíveis erros de projeto e as recomendações para correção destes erros. Liste também os eventuais componentes que devem ser acrescentados, removidos ou substituídos para atender aos requisitos de projeto e as condições de segurança e inspeção a fim de proporcionar o correto funcionamento desta máquina. Justifique suas respostas.

Observação: existem pelo menos 15 itens que são passíveis de intervenção do projetista para corrigir ou melhorar o projeto proposto.

Requisitos de projeto:

- Velocidade reduzida de avanço do cilindro hidráulico 1A2, para que este não danifique o tambor;
- Deslocamento da carga vertical de massa M sem perda de controle do movimento;
- Manutenção da carga em qualquer posição e do tambor freado enquanto o circuito estiver inoperante;
- Minimização de vibrações mecânicas da unidade de potência para o restante do circuito;
- Minimização de choques hidráulicos e picos de pressão que podem ocorrer durante a reversão de movimento do motor 1A ou durante a comutação da válvula de comando;
- Seleção correta da eletroválvula direcional;
- Sistema de resfriamento e filtragem para o correto condicionamento do óleo;
- Redução da potência de funcionamento da bomba em períodos de inatividade.
- Inclusão dos elementos de monitoração normalmente presentes em circuitos.

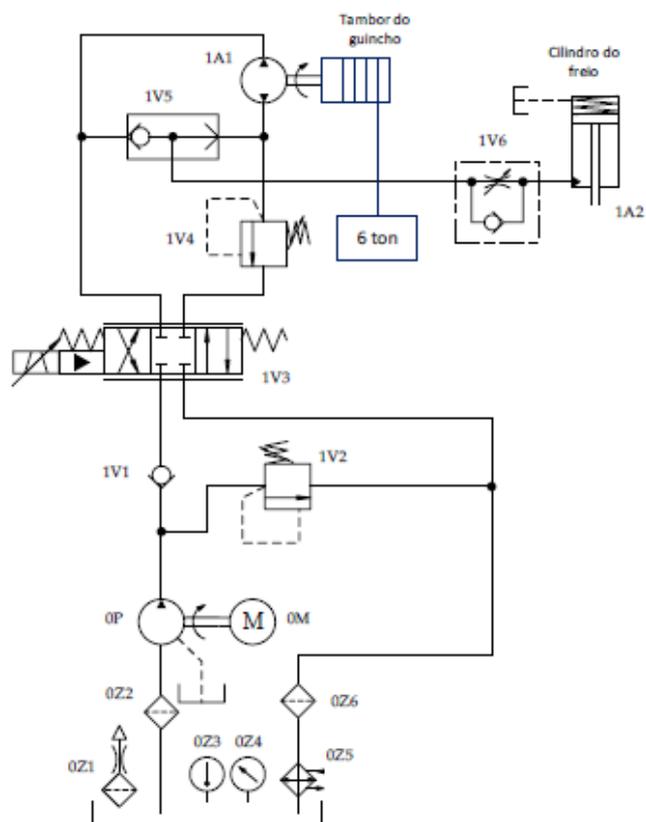


Diagrama eletro-hidráulico (sujeito a correções).

VALOR: 1,50

PONTOS ESPERADOS NA RESPOSTA DO CANDIDATO:

GABARITO:

Componentes para adicionar no diagrama hidráulico:

1. Válvula de retenção com pré-carga de mola para proteção contra saturação do filtro 0Z6 na linha de retorno;
2. Válvula de retenção com pré-carga de mola para proteção da linha de retorno contra obstrução do trocador de calor 0Z5;
3. Mangueiras flexíveis na saída da unidade de potência para minimizar a propagação de vibrações;
4. Instalar um filtro de alta pressão antes da válvula proporcional 1V3;
5. Instalar um acumulador hidropneumático na entrada da válvula proporcional para minimização de choques hidráulicos e picos de pressão que podem ocorrer durante a comutação da válvula de comando;
6. Instalar um manômetro próximo a válvula de alívio 1V2 para auxiliar no ajuste da pressão.
7. Instalar uma válvula de retenção em paralelo à válvula de contrabalanço 1V4.
8. Alteração de configuração: a válvula de contrabalanço 1V4 pode conter pilotagem interna e externa.
9. Incluir uma válvula de alívio (segurança) entre a linha sujeita ao aumento de pressão (na via de acesso do motor 1A1) gerado pela ação da carga e o reservatório. Considera-se que a saída da válvula de contrabalanço pode ser bloqueada em caso de fechamento da válvula proporcional.
10. Incluir uma válvula de alívio (segurança) entre a linha sujeita ao aumento de pressão (na via de acesso do motor 1A1) causado pela ação da carga e o reservatório. Uma reversão rápida do motor hidráulico pode resultar num pico local de pressão.
11. Acrescentar um indicador de nível no reservatório de fluido hidráulico.

Itens para correção de erros ou substituição de componentes:

1. Instalar o filtro de retorno 0Z6 depois do trocador de calor 0Z5. Na atual disposição, os contaminantes do resfriador podem ser transportados para o reservatório;
2. A válvula de contrabalanço 1V4 deve conter um dreno externo para evitar a influência da contrapressão gerada pela válvula proporcional 1V3;
3. Substituir a bomba de deslocamento fixo por outra de bomba de deslocamento variável para reduzir o consumo de energia durante os períodos de inatividade. Alternativamente, pode-se manter a bomba atual e adicionar uma eletroválvula direcional entre a bomba e o reservatório para desviar a vazão durante os períodos sem atividades do guincho.
4. Para reduzir o consumo de energia durante os períodos de inatividade pode-se substituir a válvula 1V2 por outra de duplo estágio com abertura em baixa pressão, comandada por eletroválvula direcional.
5. Alterar de um para dois sentidos na seta que indica o sentido de rotação do eixo do motor hidráulico 1A1.
6. A posição da válvula reguladora de vazão 1V6 está invertida.
7. Correção do tipo de centro e, eventualmente, do número de vias, da válvula direcional 1V3. Este centro não permite o avanço do cilindro hidráulico 1A2, ou seja, impede a atuação do freio do guincho.
8. Usar válvulas de controle de pressão de duplo estágio (válvulas 1V2 e 1V4). Considerando que a válvula direcional 1V3 é de duplo estágio, pode-se inferir que a vazão fornecida pela bomba seja grande. Reciprocamente, pode-se inferir pela configuração das válvulas de controle de pressão que a vazão da bomba seja baixa. Logo, a válvula direcional 1V3 pode ser desenhada como sendo de simples estágio.
9. Eliminar o manômetro 0Z4.

QUESTÃO 6

ENUNCIADO:

6. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS (peso: 1,5 ponto)

A Figura abaixo mostra o esquema de um guincho hidráulico que deve ser projetado para movimentação de cargas de até 3 toneladas. A velocidade de translação estimada para movimentação da carga é de 2 m/s. O raio do tambor rotativo de elevação ligado a um cabo de aço é de 100 mm. A pressão de trabalho é de até 240 bar. Considere que o torque do motor hidráulico deve ser 20% maior que o esforço requerido. Despreze a perda de carga entre a bomba e o motor hidráulico e a perda de carga na linha de retorno.

Dados adicionais:

$\eta_{mR} = 95\%$ (rendimento do redutor);

$\eta_{mE} = 90\%$ (rendimento do motor elétrico);

$\eta_{mb} = 92\%$; $\eta_{vb} = 87\%$; (rendimentos da bomba)

$\eta_{mm} = 93\%$; $\eta_{vm} = 91\%$; (rendimentos do motor)

Para este problema calcule:

- O deslocamento volumétrico do motor hidráulico (em cm^3/rev);
- A vazão e a rotação do motor hidráulico (em rpm e lpm);
- O deslocamento volumétrico da bomba (em cm^3/rev);
- A potência de acionamento da bomba (em kW e cv);
- A potência do motor elétrico (em kW e cv);
- A eficiência do sistema hidráulico (em porcentagem).

Obs. 1 CV = 735,49875 W

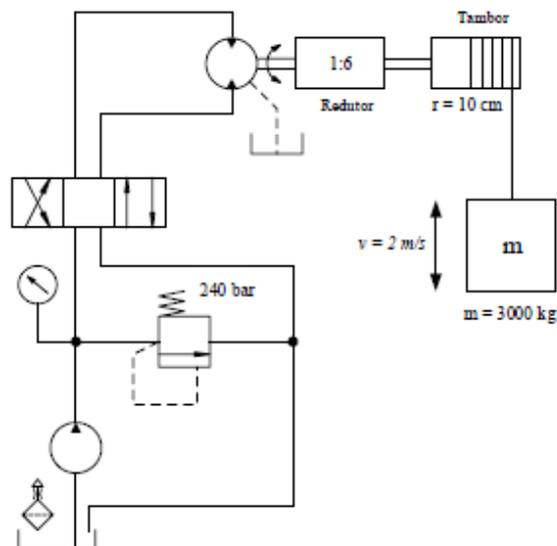


Diagrama hidráulico simplificado (incompleto).

Equações fundamentais em regime permanente de sistemas hidráulicos (von Linsingen, 2013):

Bomba e motor

Torque ideal (teórico t)	$\tau = D \Delta p$
Vazão volumétrica ideal (teórico t)	$qv = D \omega$
Potência mecânica ideal	$P = \tau \omega = F v$
Potência hidráulica ideal	$P = qv \Delta p$
Rendimento volumétrico da bomba b	$\eta_v = \frac{qv_b}{qv_{teórico}} = \frac{qv_b}{qv_t}$
Rendimento volumétrico do motor m	$\eta_v = \frac{qv_m}{qv_t}$
Rendimento mecânico da bomba	$\eta_m = \frac{\tau_t}{\tau_b}$
Rendimento mecânico do motor	$\eta_m = \frac{\tau_m}{\tau_t}$
Rendimento global	$\eta_g = \eta_m \eta_v$
Rendimento global da bomba	$\eta_{gb} = \frac{P_u}{P_a}$
Rendimento global do motor	$\eta_{gm} = \frac{P_u}{P_a}$

Legenda:

D = deslocamento volumétrico [m^3]	Δp = diferença de pressão [Pa]
qv = vazão volumétrica [$\frac{m^3}{s}$]	P_u = potência útil [Watts]
τ = torque [$N m$]	P_a = potência de acionamento [Watts]
P = potência [Watts]	ω = velocidade angular [rad/s]
τ_t = torque teórico [$N m$]	qv_t = vazão teórica [$\frac{m^3}{s}$]
F = força [N]	v = velocidade [m/s]
r = raio [m]	m = massa da carga [kg]

VALOR: 1,50

PONTOS ESPERADOS NA RESPOSTA DO CANDIDATO:

- i. O deslocamento volumétrico do motor hidráulico (em cm^3/rev): $D_m = 174,4 \frac{cm^3}{rev}$
- ii. A vazão e a rotação do motor hidráulico (em rpm e lpm): $qv_m = 219,6 lpm$ e $n = 1146 rpm$
- iii. O deslocamento volumétrico da bomba (em cm^3/rev): $D_b = 142,6 \frac{cm^3}{rev}$
- iv. A potência de acionamento da bomba (em kW e cv): $P_b = 109,7 kW = 149,2 cv$
- v. A potência do motor elétrico (em kW e cv): $P_a = 122 kW = 165,8 cv$
- vi. A eficiência do sistema hidráulico (em porcentagem): $\eta_g = 48,27 \%$

QUESTÃO 7

ENUNCIADO:

7. Controle de sistemas hidráulicos e Pneumáticos (peso: 1,5 ponto)

O modelo dinâmico do sistema mecânico de uma válvula direcional proporcional VP pode ser aproximado por um sistema linear de segunda ordem, o qual pode ser representado por:

$$F = m_v \frac{d^2 x_v}{dt^2} + b_v \frac{dx_v}{dt} + K_v x_v$$

Sendo:

F = Força requerida para movimentar o carretel;

m_v = Massa do carretel da VP;

b_v = Amortecimento viscoso do carretel;

K_v = Constante elástica da mola do carretel;

x_v = Deslocamento longitudinal do carretel;

Considere a função transferência de malha aberta $G(s)$, mostrada no diagrama de blocos de uma válvula proporcional com realimentação interna que apresenta um comportamento subamortecido. O tipo de centro da válvula é caracterizado como sendo de sobreposição nula (crítico), o que lhe confere um comportamento linear entre o sinal elétrico de entrada e a vazão da válvula.

Considere que o controlador empregado no sistema de controle da válvula é do tipo PD (proporcional-derivativo).

a. Determine os ganhos do controlador PD, k_p e k_D para o qual o fator (ou fração) de amortecimento do sistema em malha fechada seja $\zeta = 0,5$ e o erro de regime permanente seja igual a $e_R(\infty) = 0,2$ para uma entrada de referência em degrau unitário. Obtenha também a localização do zero do controlador.

b. Encontre o valor de $y(\infty)$ do sistema em malha fechada.

Dados adicionais:

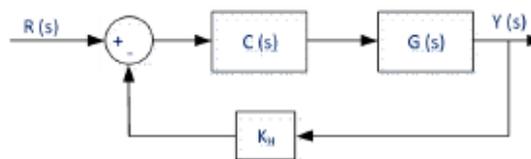
Função transferência equivalente $G_e(s)$ para o cálculo do erro de regime permanente para sistemas com realimentação não-unitária.

Erro de regime permanente para uma entrada em degrau unitário

Erro de regime permanente para uma entrada $R(s)$ em rampa, $R(s) = \frac{1}{s^2}$

Erro de regime permanente para uma entrada parabólica $R(s) = \frac{1}{s^3}$

Sistema de segunda ordem geral



Onde:

$$C(s) = k_p + k_D s \text{ e } K_H = 0,2$$

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 0,5s + 2}$$

$$G_e(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s) - G(s)}$$

$$e(\infty) = e_{\text{step}}(\infty) = \frac{1}{1 + \lim_{s \rightarrow 0} G(s)}$$

$$e(\infty) = e_{\text{rampa}}(\infty) = \frac{1}{\lim_{s \rightarrow 0} sG(s)}$$

$$e(\infty) = e_{\text{parabola}}(\infty) = \frac{1}{\lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s)}$$

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \zeta \omega_n s + \omega_n^2}$$

VALOR: 1,50

PONTOS ESPERADOS NA RESPOSTA DO CANDIDATO:

Ganhos do controlador PD: $k_p = 1,90$ e $k_D = 5,21$

Valor de $y(\infty) = 0,8$.

Localização do zero do controlador, $s = -0,365$.