

Inversor de Frequência

Monitoras:

Patrícia dos Reis Campos

Maria Fernanda de Almeida

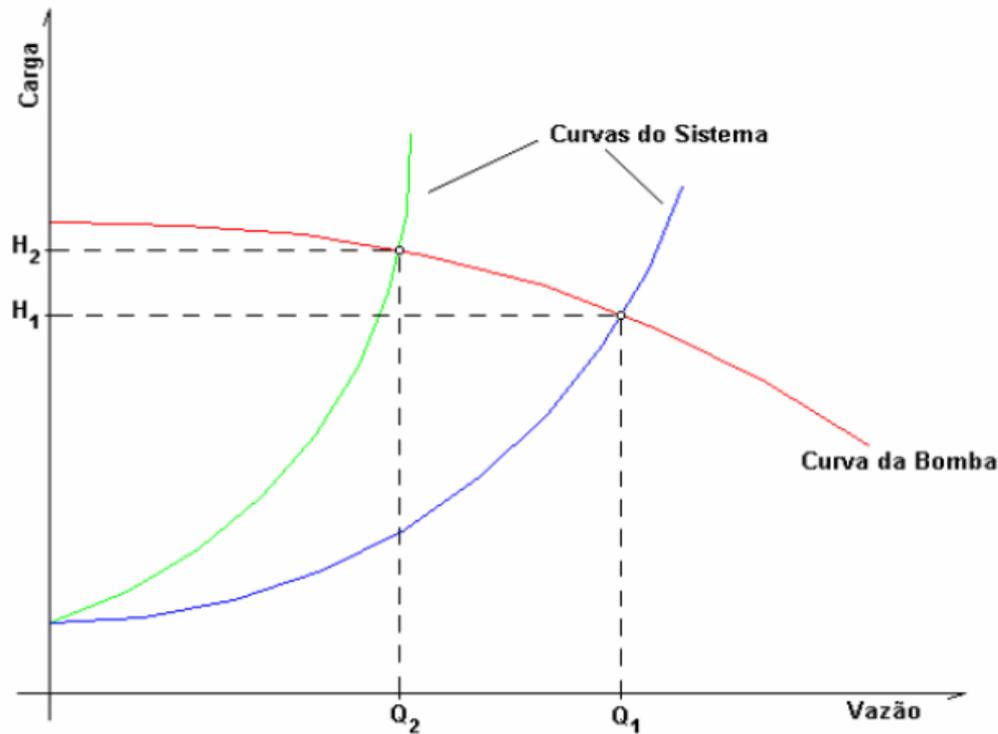
Objetivo

Verificar através do inversor de frequência a redução do consumo de energia para o controle de vazão em uma instalação de bombeamento.

Introdução ao tema

- ▶ **Controles de vazão em sistema de bombeamento:**
 1. Válvulas do tipo globo, borboleta, etc..
 - ▶ Deslocamento do ponto de trabalho sobre a curva da bomba até se encontrar o ponto desejado para uma determinada vazão.
- 

CCI com controle da vazão através de válvulas



Válvulas controladoras de vazão

- ▶ Desvantagens:

1. A vazão máxima possível a ser controlada é aquela que ocorre com a válvula reguladora totalmente aberta;
 2. A vida útil dos equipamentos que compõe o sistema de bombeamento fica comprometida;
- Qual seria então uma melhor opção ao uso das válvulas reguladoras de vazão?

Inversor de frequência

- ▶ Método baseado na alteração da frequência que leva a uma alteração na rotação da bomba.



Aplicações

1. Diminuição da vazão de escoamento de um fluido.

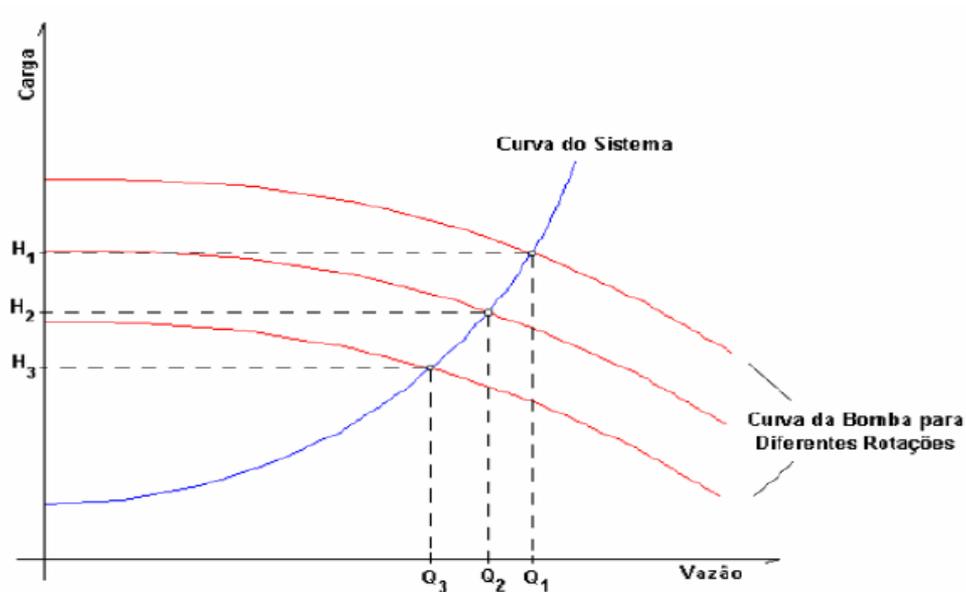


Gráfico de comparação da diminuição da vazão utilizando o inversor de frequência.

2. Redução do consumo de energia para o acionamento da bomba,

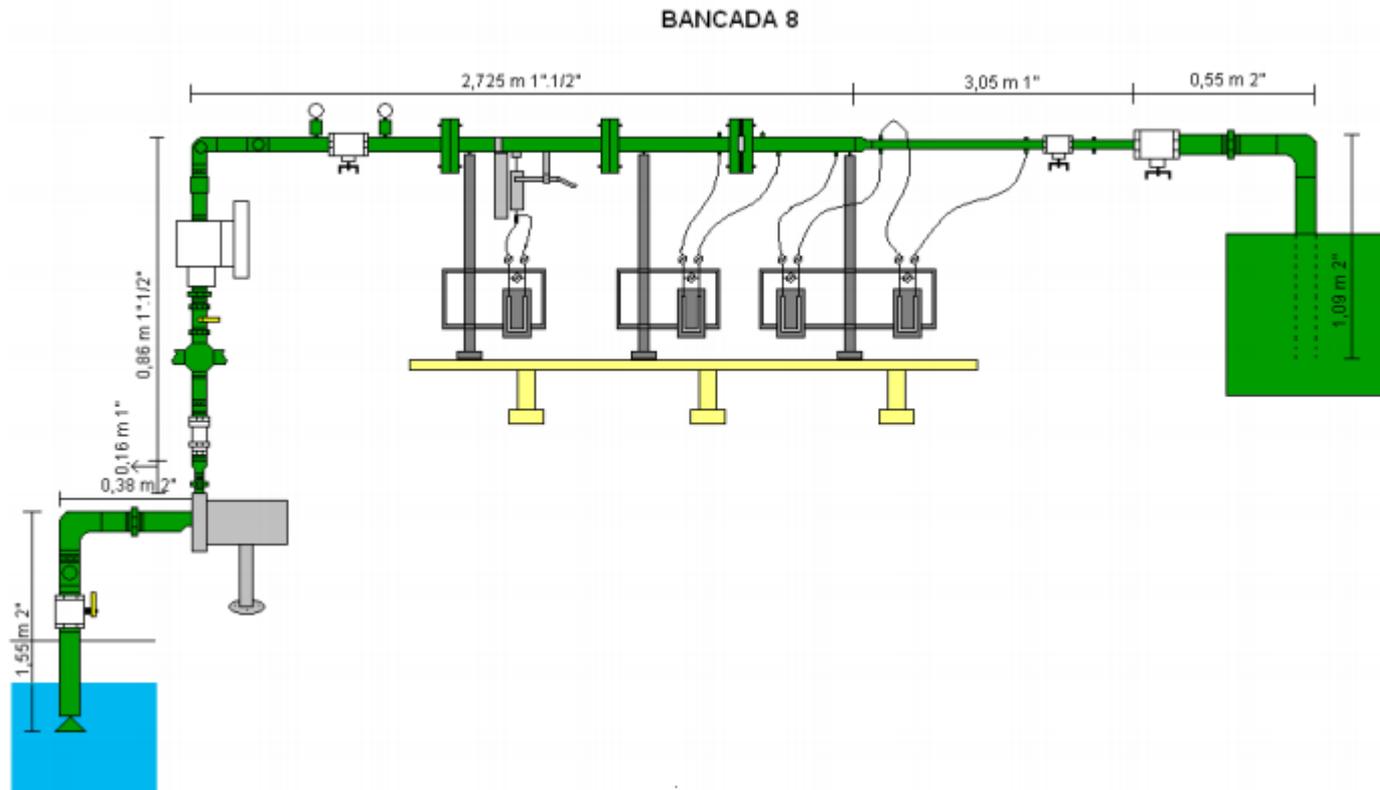
$$\frac{Q_1}{N_1} = \frac{Q_2}{N_2} \quad \text{e} \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{N_2^3 * \eta_2}{N_1^3 * \eta_1}$$

onde: Q é a vazão; N é a rotação; η é o rendimento do conjunto motor-bomba, sendo praticamente constante com a mudança de rotação.

3. Aumento da eficiência energética do sistema de bombeamento.

Procedimento Experimental

Esquema da Bancada 8



$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

f → frequência

p → número de pólos



Possibilidade
de variação da
frequência na
bancada 8!



Tabela de Dados

Sem inversor de frequência

Temperatura (°F)	72
------------------	----

Dentrada	1 1/2"
----------	--------

Dsaida	1 1/2"
--------	--------

Pme (kgf/cm ²)	Pms (kgf/cm ²)	A tanque (m ²)	t (s)	Δh (mm)	N (W)	fator de potência	Q (L/s)
-0,2	3,2	0,5476	36,53	100	1640	0,8	1,499
-0,2	2,9	0,5476	25,3	100	1950	0,82	2,164
-0,2	2,6	0,5476	17,03	100	1980	0,85	2,603

Com inversor de frequência

Frequência	Pme (kgf/cm²)	Pms (kgf/cm²)	t (s)	Δh (mm)	N (W)	fator de potência	Q (L/s)
30	-0,2	0,6	36,04	100	340	0,53	1,519
40	-0,2	2,9	26,17	100	664	0,72	2,114
50	-0,2	1,4	20,87	100	1200	0,86	2,625

Cálculos

Incertezas no cálculo da vazão devido a precisão no acionamento do cronometro entre os ensaios com e sem inversor de frequência

Ensaio	$Q_{\text{cominversor}}$ (L/s)	$Q_{\text{sem inversor}}$ (L/s)	Incerteza (%)
1	1,519	1,499	1,33
2	2,114	2,164	2,31
3	2,625	2,603	0,85

Análise de Dados

Ensaio	Nsem_inversor (W)	Ncom_inversor (W)
1	1640	340
2	1950	664
3	1980	1200

Simulação de Consumo

▶ Estudo na bancada:

Consumo de energia elétrica da bancada 8 em 1 ano para mesma vazão (ensaio 1), supondo que esta trabalhe 8 horas por dia, 5 vezes na semana:

Com inversor = $340\text{W} \times 8 \text{ horas/dia} = 2720 \text{ Wh/dia} = 2,72 \text{ kWh/dia}$
= $2,72 \text{ kWh/dia} \times 5 \text{ dias/ semana} = 13,6 \text{ kWh/semana}$
= $13,6 \text{ kWh/ semana} \times 52 \text{ semana/ ano} = 707,2 \text{ kWh/ano}$

Gasto de energia = $\text{R}\$329 / \text{MWh} \times 0,7072 \text{ MWh/ano} = \text{R}\$232,69 \text{ ano}$

Fonte: SISTEMA FIRJAN. Tarifa de energia para indústria brasileira está 50% acima da média mundial: Disponível em <<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CEC30E85C950131B3B6A4A069BE.htm>>. Acesso em 06 de maio de 2014.

Sem inversor = 1640W x 8 horas/dia = 13120 Wh/dia = 13,12 kWh/dia
= 13,12 kWh/dia x 5 dias/ semana = 65,6 kWh/semana
= 65,6 kWh/ semana x 52 semana/ ano = 3411,2 kWh/ano

Gasto de energia = R\$329 /MWh x 3,4112 MWh/ano = R\$1122,28
ano

Fonte: SISTEMA FIRJAN. Tarifa de energia para indústria brasileira está 50% acima da média mundial: Disponível em
<<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CEC30E85C950131B3B6A4A069BE.htm>>.
Acesso em 06 de maio de 2014.

Tabela de consumo de energia

Ensaio	N_{cominversor} (w)	Gasto de energia (R\$/ ano)
1	340	232,67
2	664	454,39
3	1200	821,18

Ensaio	N_{seminversor} (W)	Gasto de energia (R\$/ ano)
1	1640	1122,28
2	1950	1334,42
3	1980	1354,95

ENERGIA ECONOMIZADA POR MÊS

- ▶ Preço da energia=0,29857 (R\$/KWh).

Ensaio	Gasto mensal com inversor (kWh)	Gasto mensal sem inversor (kWh)	Economia mensal (kWh)
1	58,93	284,27	67,28
2	115,09	338,00	66,55
3	208,00	343,20	40,37

Preço e amortização anual

- ▶ Inversor utilizado no laboratório de Mecânica dos Fluidos no Centro Universitário da FEI:
- ▶ Marca: Siemens
- ▶ Preço: R\$ 1300,00
- ▶ Amortização: **extinção de uma dívida através da quitação da mesma:**
- ▶ $Q_m = \text{preço do inversor} / \text{economia}$

QUANTIDADE DE MESES PARA AMORTIZAR O INVESTIMENTO MÊS

Ensaio	Economia mensal (kWh)	Número de meses
1	67,28	19,32
2	66,55	19,53
3	40,37	32,2

Comentários

- ▶ Gasto de energia sem inversor referente ao ensaio 1: R\$1122,28 ano.
- ▶ Gasto de energia com inversor referente ao ensaio 1: R\$232,69 ano.
- ▶ **Redução de consumo anual de aproximadamente (referente ao ensaio 1): 79%.**

Ensaio	Economia (% por ano)
1	79
2	78
3	48

- ▶ Aumento da vida útil da bomba, mancais e vedações pela diminuição do desgaste mecânico.
- ▶ Redução de problemas de cavitação nas válvulas de controle de fluxo.

Referências bibliográficas

- ▶ [1] Critérios para o Uso Eficiente de Inversores de Frequência em Sistemas de Bombeamento de Água . Disponível em:
<http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/livro_do_semestre/Etapas%20do%20projeto%20de%20uma%20instala%C3%A7%C3%A3o%20de%20bombeamento_6.pdf> .
Acesso em: 15/05/2014.
- ▶ [2] SISTEMA FIRJAN. **Tarifa de energia para indústria brasileira está 50% acima da média mundial**: Disponível em
<<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CEC30E85C950131B3B6A4A069BE.htm>> .
Acesso em:06/05/2014.
- ▶ [3] Princípio de funcionamento dos Inversores de frequência. Disponível em:
<http://www.pei.ufba.br/novo/uploads/biblioteca/Monografia_CEPI_Roberto_Oenning.pdf> . Acesso em: 08/05/2014.
- ▶ [4] Inversor de frequência. Disponível em
<http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/monitores/monitores_2009_2010/apresentacao_inversor_de_frequencia.pdf> . Acesso: 15/05/2014.