

12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

ADAPTAÇÃO DE BANCADA EXPERIMENTAL PARA IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CORRENTE ELÉTRICA, VELOCIDADE E TORQUE NA OPERAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS.

Pablo S. Jardim¹, Andre L. Dias², Afonso C. Turcato³

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Sertãozinho, pablosjardim@gmail.com

² Docente do IFSP, Câmpus Sertãozinho, andre.dias@ifsp.edu.br

³ Docente do IFSP, Câmpus Sertãozinho, afonso.turcato@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

RESUMO: Prevenir falhas em inúmeros sistemas dentro de uma indústria se tornou uma realidade essencial afim de proteger e manter inúmeros setores em constante funcionamento. Este trabalho tem por finalidade a identificação de características de corrente elétrica, velocidade e torque na operação de bombas hidráulicas por meio de uma bancada experimental. Uma bancada com propósito de simular um sistema hidráulico capaz de prover inúmeras situações para coleta destes dados.

PALAVRAS-CHAVE: bombas hidráulicas, manutenção preditiva, monitoramento de condições.

ADAPTATION OF EXPERIMENTAL BENCH FOR IDENTIFICATION OF ELECTRIC CURRENT CHARACTERISTICS, SPEED AND TORQUE IN OPERATION OF CENTRIFUGAL PUMPS.

ABSTRACT: Preventing failures in numerous systems within an industry has become an essential reality in order to protect and keep numerous sectors in constant operation. This work aims to identify characteristics of electric current, speed and torque in the operation of hydraulic pumps through an experimental bench. A bench with the purpose of simulating a hydraulic system capable of providing numerous situations for collecting this data.

KEYWORDS: hydraulic pumps, predictive maintenance, condition monitoring.

INTRODUÇÃO

Vivemos hoje uma revolução nos processos produtivos e no modo que tomamos decisões ao longo do nosso dia a dia, influenciados por informações dispostas aos montes juntamente com tecnologia presente em nossas vidas com objetivo de auxiliar e facilitar, que acabamos por não perceber a evolução dela.

As informações transitam a todo momento em inúmeros meios de canais, seja de pessoa para pessoa, pessoa para máquina, máquina para máquina sendo desta forma indiscutível a realidade da Indústria 4.0, possibilitando a integração entre humanos e máquinas, mesmo que em posições geográficas distantes, formando redes e disponibilizando produtos e serviços de modo autônomo. (PEREIRA, A; SIMONETTO, E, 2018)

Visto isso, um dos principais objetivos desta realidade é capacidade de operação em tempo real que esta oferece, sendo possível se obter resultados como: Redução de Custos, Economia de energia, Aumento de segurança, Redução de erros, Redução de desperdício e aumento de qualidade de vida.

Por estas razões, um sistema para diagnostico de falhas em máquinas de produção desempenham um papel importante nas indústrias pois além de serem parte dos aparelhos mais custosos do processo também é possível evitar até mesmo uma catástrofe envolvendo perdas humanas e matérias, como cita Farokhzad et al (2012).

FALHAS EM BOMBAS HIDRÁULICAS

Bombas hidráulicas são uma das partes integrantes mais importantes da maioria das indústrias, tais como usinas de produção de álcool e açúcar, alimentos, unidades de processamento químico entre outras, uma vez que são um dos equipamentos mais custosos de um sistema hidráulico e pelo papel importantíssimo que desempenham.

Segundo Jamadar et al (2018) as principais razões por trás da danificação ou mal funcionamento significativo de uma bomba hidráulica são: Falha no rolamento, falhas no impulsor, desgaste das vedações e cavitação.

Resumidamente, a cavitação trata-se da formação de cavas no fluido sendo transportado pela tubulação devido ao abaixamento da pressão até a pressão de vapor. Os efeitos da cavitação provocam barulhos excessivos, sobreaquecimento na bomba, diminuição da vida útil dos flanges, perdas internas e de eficiência no processo. Já a escorva é um processo de preparação para o funcionamento de uma bomba na qual o ar ou gases contidos no seu interior e na tubulação de sucção são extraídos e substituídos pelo fluido a ser bombeado, ou seja, ocorre quando há entrada de ar no interior da bomba ou tubulação.

Como citado anteriormente, existem outras falhas que podem ocorrer nas bombas hidráulicas, todavia não serão tratadas neste trabalho.

TRABALHOS CORRELATOS

A revisão de literatura correlata destaca-se as principais abordagens na falha de detecção de bombas hidráulicas. Segundo Jamadar et al (2019) a falha prematura do rolamento, desgaste do sistema de vedação e cavitação são as principais falhas que ocorrem em bombas hidráulicas, e dentro do atual cenário industrial que se vive torna-se vital a utilização de técnicas de *condition monitoring* a partir de redes neurais, máquinas de auto aprendizagem e etc. Jamadar et al (2019) apresentam observações acerca da utilização de árvores de decisões, classificadores Bayes Net e Naibe Bayes, apresentando uma maior eficácia na previsão de falhas utilizando características de sinais de vibração.

Farokhzado (2012) propõem uma detecção de falhas utilizando um algoritmo de aprendizagem de retro propagação e rede neural perceptron multicamadas utilizando como variável a vibração. Os resultados indicaram que o sistema projetado é capaz de analisar os registros cadastrados com 100% de precisão com uma camada oculta de neurônios. Farokhzado (2012) também reforça as principais falhas das bombas hidráulicas citando: cavitação, instabilidade hidráulicas e problemas relacionados aos sistemas, ele também cita problemas relacionados à má manutenção, lubrificação inadequada, desalinhamento, desequilíbrio e vazamento na vedação.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, pesquisas bibliográficas foram conduzidas nas principais bases de dados de engenharia para verificação do panorama, tendências, desafios e oportunidades ligados a sistemas fluídicos utilizando bombas centrífugas e diagnóstico inteligentes para este tipo de aplicação. A base de dados utilizada foi o Web of Science (Thomson Reuters Scientific) e Google Scholar.

Em sequência a bancada experimental previamente desenvolvida foi adaptada para sua devida caracterização, adicionando-se um transmissor/sensor de pressão diferencial, na entrada e saída da bomba hidráulica.

A bancada experimental recria um sistema hidráulico com bomba, tubulação e tanque. O acionamento da bomba também deve ser adaptado de maneira a realizar o acionamento da bomba por meio de um inversor de frequência, capaz de controlar a velocidade de rotação da bomba, consequentemente a vazão da tubulação, proporcionado a operação do sistema em diferentes condições.

Uma interface homem-máquinas também foi desenvolvida para operar e monitorar a bancada experimental.

Os dados de velocidade, corrente e torque serão coletados pelo inversor de frequência e disponibilizados com alta taxa de amostragem (na ordem de milissegundos) na rede de comunicação PROFINET. Estes dados serão coletados por um *sniffer* e enviados para o software *Wireshark*. Finalmente, um script baseado em Matlab deve ser desenvolvido para interpretação dos dados da rede e

visualização de suas características de acordo com a condição de operação, caracterizada principalmente pelo transmissor de pressão diferencial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bancada experimental foi adaptada nos seguintes aspectos:

1. Estrutura da tubulação mais ampla, afim de evitar a geração de bolhas que entrem na tubulação durante o fluxo.
2. Instalação de um transmissor de pressão diferencial ente entrada e saída da bomba hidráulica, para caracterização da condição de operação por cavitação.



(a)



(b)

Figura 1 – Apresentação dos ajustes realizados na bancada a) Ampliação da tubulação de saída da bomba b) Instalação de transmissor de medição de pressão diferencial entre entrada e saída da bomba e acionamento por inversor de frequência

3. Adequação do sistema de automação, no qual o relé inteligente foi substituído por um inversor de frequência com capacidade de realizar o controle de velocidade assim controlando a vazão também. O inversor de frequência disponibiliza via rede de comunicação industrial dados como a corrente elétrica, rotação e potência.

O aparelho para coleta de dados da rede PROFINET, indicado acima como *sniffer*, o equipamento SCALANCE TAP 104 da Siemens.

Assim, a nova configuração da bancada experimental contempla os equipamentos listados na tabela 1, para o sistema de automação.

	Função	Equipamento
1	Controlador	PLC S71200 CPU1214C (Siemens)
2	Inversor de Frequência	Sinamics G120 (Siemens)
3	Ethernet sniffer	SCALANCE TAP 104 (Siemens)
4	Bomba hidráulica	Hydrobloc P500

Tabela 1 - Tabela de equipamentos utilizados pelo sistema

A partir da tabela, a bancada é basicamente composta por:

- Controlador: utilizado para propósitos de controle e aquisição de dados dos sensores;
- Inversor de frequência: responsável pelo acionamento elétrico do motor a partir do comando do Controlador e coleta dos dados de corrente, tensão e etc, disponibilizados na rede de comunicação industrial;

- Ethernet sniffer: encaminha para o computador os pacotes trocados entre o Controlador e Inversor de frequência para o software Wireshark;
- Bomba Hidráulica: Utiliza-se um motor de indução, para o bombeamento de água no sistema;
- Transmissor de pressão diferencial:
- Válvulas:

Para a interpretação dos dados coletados, desenvolveu-se algoritmos baseados no software MATLAB. Inicialmente tornou-se necessário a conversão da amostra para um arquivo .MAT carregando-o para o Software MATLAB.

O algoritmo realiza uma verificação, considerando apenas pacotes do tipo Real Time do protocolo PROFINET. Para extração das variáveis velocidade, corrente e torque, extraiu-se os valores das posições numéricas 24 e 25, 26 e 27, 28 e 29 respectivamente, retornando esses valores como porcentagem para um vetor.

0000	28	63	36	fa	6d	fa	68	3e	02	14	48	ff	88	92	80	00
0010	80	80	80	80	80	ef	37	3f	ff	40	f6	0d	75	00	00	00
0020	00	80	80	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0030	00	00	00	00	00	00	00	00	d9	e0	35	00				

Figura 1 - Dados dispostos no software WireShark, em destaque dados das variáveis medidas

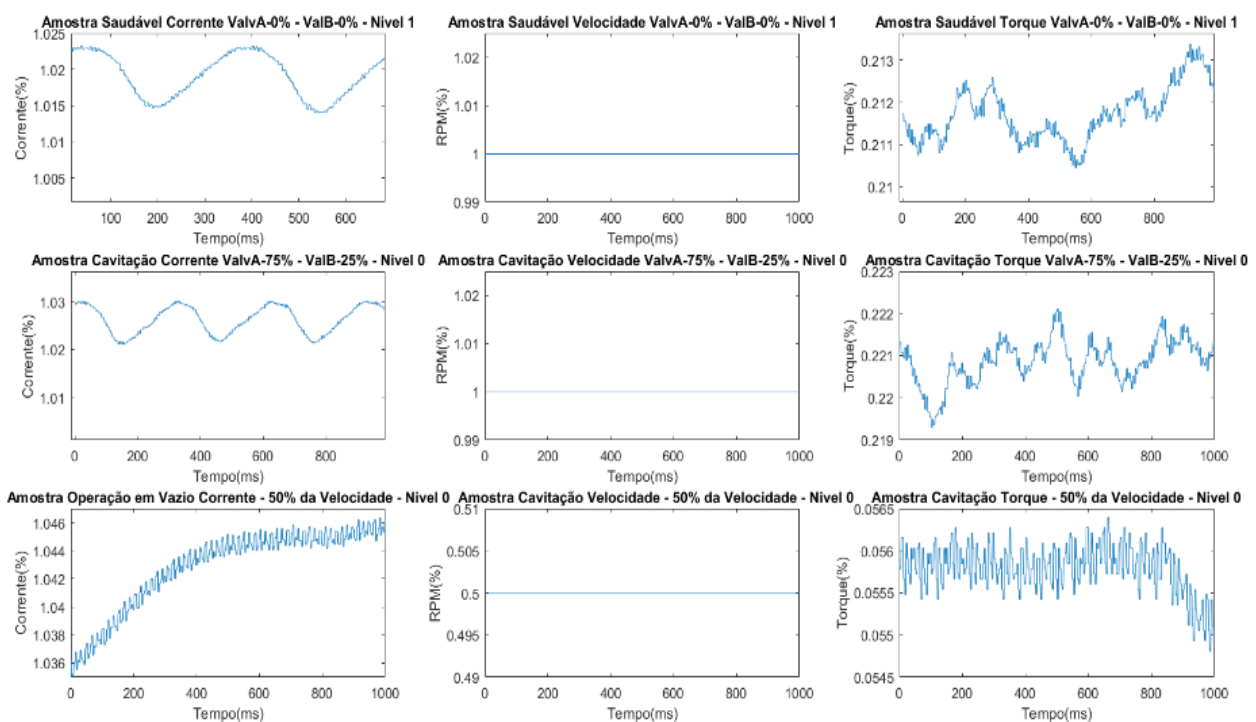


Figura 2 - Amostra de 1 segundo para cada grandeza

A partir das informações apresentadas, verifica-se que a variável corrente torna-se um importante indicador da falha da bomba hidráulica, pelo padrão formado neste processo.

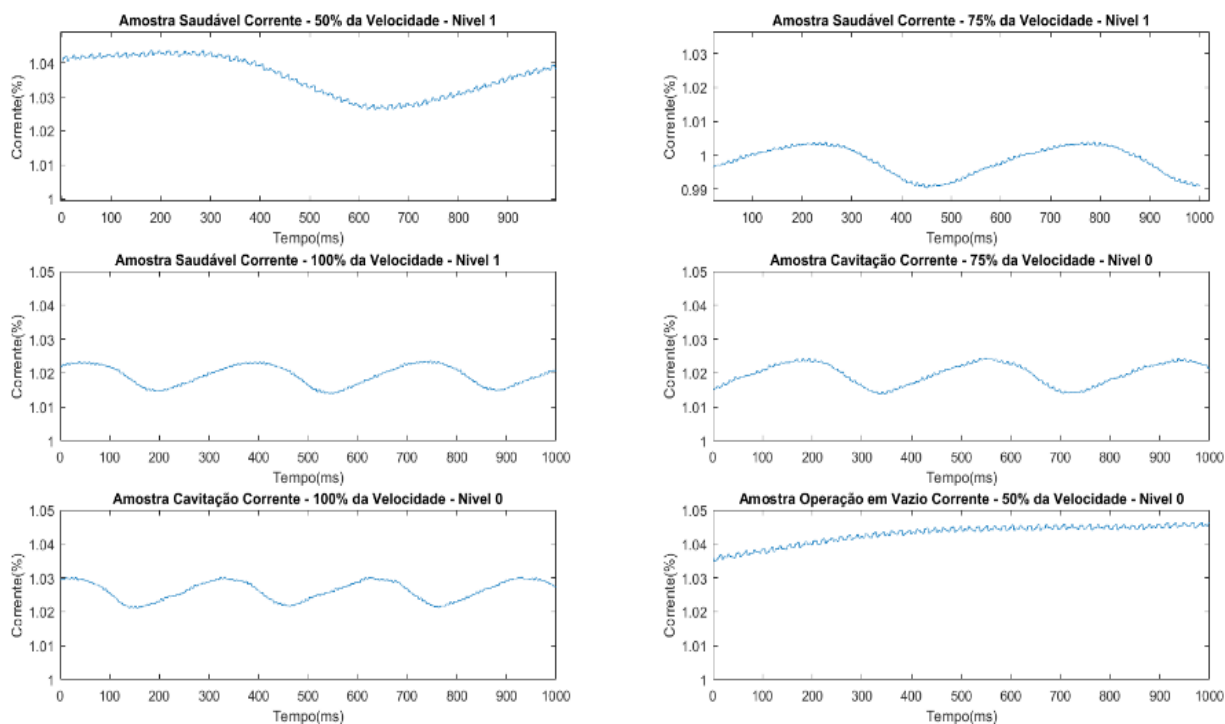


Figura 3 - Amostras de 1 segundo de corrente para várias condições de operação

Por meio desses dados coletados, uma *Support Vector Machine* será treinada para de forma automática identificar as falhas da bomba hidráulica considerando características extraídas da corrente elétrica do motor da bomba medida pelo inversor de frequência.

CONCLUSÕES

A adaptação da banca ocorreu como esperado, utilizando o Inversor de frequência para controle da velocidade, as condições de operação foram mais bem caracterizadas por meio da medição de variação de pressão na bomba. A coleta das variáveis também ocorreu como esperado sendo possível o estudo da falha.

Como trabalhos futuros será desenvolvido um sistema de diagnostico inteligente, capaz de identificar por meio de reconhecimento de padrão as falhas da bomba hidráulica quanto a cavitação, ou seja, um sistema capaz de verificar em tempo real o estado de falha automaticamente.

REFERÊNCIAS

- PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O; Industria 4.0: Conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**. Vol. 16, n. 1, 2018.
- FAROKHZAD, S.; AHMADI, H.; JAEFARI, A.; ABAD, M. R. A. A.; KOHAN, M. R. 897. Artificial neural network based classification of faults in centrifugal water pump. **Journal of Vibroengineering**, v. 14, n. 4, 2012.
- JAMADAR, I. M.; BELLARY, S. A. I.; KANAI, R. A.; ALROBAIAN, A. A. Model-based condition monitoring for the detection of failure of a ball bearing in a centrifugal pump. **Journal of Failure Analysis and Prevention**, v. 19, n. 6, p. 1556-1568, 2019.