

# CONTROLE DE NÍVEL DE RESERVATÓRIO, ATRAVÉS DO CONTROLE DE ROTAÇÃO DO MOTOR-BOMBA, POR MEIO DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

GABRIELA J. LYRA<sup>1</sup>, SAMUEL DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, MÁRCIO GOMES<sup>2</sup>, RAILSON CARLOS<sup>2</sup>.

1. *Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica-UEPB*  
*Cidade Universitária, João Pessoa- PB, Brasil*

E-mails: [gabrielajlyra@gmail.com](mailto:gabrielajlyra@gmail.com), [osamuel.d@gmail.com](mailto:osamuel.d@gmail.com)

2. *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB*  
*Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe João Pessoa - PB, 58015-430*

E-mails: [mgcefet@gmail.com](mailto:mgcefet@gmail.com), [railson-carlos@hotmail.com](mailto:railson-carlos@hotmail.com)

**Abstract**— This paper presents a proposal for the control of liquid level in tanks through intelligent control. With a decrease in the number of stops and starts of AC motors is the reduction of peak current and consequently a reduction in electricity consumption. The proposed system consists of a frequency converter, a potentiometer connected to a displacer and a motor phase. Through the inverter frequency is reduced engine speed when the fluid level approaches the highest level by preventing the engine off and as the liquid level decreases, the frequency inverter increases the speed of the motor. If the process consuming the fluid is interrupted to the motor system. But the number of shutdown and motor drive is lower than in a system without this device and so it is possible to save electricity.

**Keywords**— Control Level, Intelligent Control, Frequency Inverter, AC Motors.

**Resumo** — Neste artigo é apresentado uma proposta para o controle de nível de líquidos em reservatórios através de controle inteligente. Com uma diminuição do número de paradas e partidas de motores trifásicos ocorre a diminuição dos picos de corrente e consequentemente uma redução no consumo de energia elétrica. O sistema proposto é composto por um inversor de frequência, um potenciômetro ligado a uma boia e um motor trifásico. Através do inversor de frequência é reduzida a rotação do motor, quando o nível de fluido se aproxima do nível máximo evitando que o motor desligue e à medida que o nível do líquido diminui, o inversor de frequência aumenta a rotação do motor. Se o processo que consome o líquido for interrompido o sistema para o motor. Porém o número de desligamento e de acionamento do motor é menor que em um sistema sem este dispositivo e assim é possível a economia de energia elétrica.

**Palavras-chave**— Controle de Nível, Controle Inteligente, Inversores de Frequência, Motores Trifásicos.

## 1 Introdução

Atualmente estão sendo estudadas soluções para melhorar o controle de nível de reservatórios. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a população teve um crescimento de 12,3% do ano de 2000 para o ano 2010, e com esse aumento da população, o consumo de energia consequentemente aumenta, e um dos motivos de se fazer o melhoramento no controle de nível do reservatório é de justamente esse, diminuir o consumo de energia controlando a velocidade de rotação do motor. Outro fator importante é a vida útil do motor, pois quando se diminui o “liga e desliga”, consequentemente os picos de correntes diminuem, prolongando o tempo de vida útil do motor.

Esse controle de rotação do motor é feito através da parametrização de um inversor de frequência. A boia, que está instalada no reservatório a ser controlado, varia de posição de acordo com o nível do reservatório, esta boia está acoplada a um potenciômetro que varia sua tensão juntamente com a variação da posição da boia, e essa tensão é enviada como um sinal para o inversor de frequência que por sua vez, através da sua parametrização vai fazer o controle da

rotação do motor bomba. De acordo com a velocidade de rotação do motor a vazão do líquido será controlada, fazendo com que o reservatório nunca fique vazio completamente e evitando o “liga e desliga” do motor.

Em aplicações onde não se controla a rotação do motor bomba o controle de nível de um reservatório geralmente é feito através sensores que indicam o nível máximo e o mínimo não tendo os níveis intermediários. No sistema de controle deste artigo o tanque terá níveis intermediários, que será indicado de acordo com a posição do potenciômetro, podendo assim ser controlada a rotação do motor.

Esse tipo de sistema pode ser aplicado em diversas áreas, que vão da industrial até a residencial, onde cada vez se busca a diminuição do consumo de energia elétrica.

## 2 Montagem do Projeto

Um sistema pode ser definido como um dispositivo abstrato que recebe uma entrada e de acordo com essa entrada produz uma saída. O sistema de controle de nível é bastante utilizado, por ser um

sistema “simples” comparado a sistemas mais sofisticado e quando bem aplicado é eficaz.

O transporte do líquido de um reservatório para outro pode ser feito de dois sentidos, pode ser descendente quando é aproveitada a energia potencial do líquido, ou de sentido ascendente, que para fornecer energia para o líquido é necessário um motor-bomba através de um sistema de recalque. Um sistema de recalque é a junção de tubulações, motor-bomba e acessórios necessários para conduzir um líquido de um reservatório para outro.

O sistema de recalque pode se dividido em três partes, que são as tubulações de recalque que é a tubulação que liga a bomba ao reservatório superior, as Tubulação de sucção, é a tubulação que liga a bomba ao reservatório inferior e o Conjunto motor-bomba, é onde a energia elétrica é transformada em mecânica que é transmitida para o líquido.

Na montagem do projeto foram utilizados dois reservatórios de 200 litros, um motor bomba, o inversor de frequência, o sensor de nível (potenciômetro com a boia), uma chave de boia e as tubulações. Na figura 1 é apresentado o motor bomba que foi utilizado

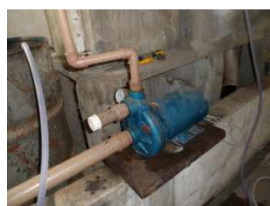


Figura 1 – Parte da Montagem do projeto

Esse motor bomba de indução trifásico possui uma potência de 2 CV, sua frequência é de 60 Hz, a sua rotação por minuto chega até 3400 rpm, possui uma corrente de 5,6 A para uma tensão de 220V e 3,2 A para uma tensão de 380V e é de 2 polos. Esse motor-bomba trifásico foi controlado pelo inversor de frequência CFW 08 conectados a um circuito hidráulico que engloba os reservatórios e as tubulações.

Conectadas ao motor, as tubulações são formadas por canos, joelhos e adaptadores.

Para fazer o controle de nível do reservatório foi utilizado um potenciômetro junto com uma boia. Os potenciômetros são dispositivos elétricos e possui resistência elétrica ajustável, basicamente os potenciômetros são resistores com uma derivação central. Assim, a resistência entre seus dois terminais extremos é fixa em seu valor nominal (10 kΩ - por exemplo). Já o valor de resistência entre uma das extremidades e a derivação central dependerá do posicionamento do cursor.

O potenciômetro está ligado ao inversor, mandando informações através do valor da tensão, informações essas que indicam o nível do reservatório, e de acordo com esse nível o inversor controla a rotação do motor. Também ligado ao inversor, está a

chave de boia que quando o tanque está cheio desativa o motor.

A chave de boia permite o controle de nível superior e inferior, no caso deste artigo é o controle de nível superior. Sendo muito confiável e simples, tendo seu princípio de funcionamento baseado em uma chave de nível presa a um cabo PVC e possui no interior de seu invólucro selado um micro contato e uma pequena esfera de metal, conforme o nível sobe a esfera acompanha a inclinação, ocorrendo à mudança do contato (comutação). Essa chave de boia está ligada ao inversor e quando ocorrer abertura do micro contato, ou seja, quando o tanque estiver no nível máximo o inversor desliga o motor.

No inversor de frequência CFW 08, parametrizou-se o tipo de controle para escalar, os parâmetros do motor e frequência de chaveamento.

O diagrama pictórico do sistema apresenta as tubulações conectadas ao motor bomba e aos reservatórios, o inversor ligado ao motor bomba para fazer o controle da rotação, ligado ao inversor encontra-se também a boia com potenciômetro que indica o nível do reservatório para o controle de rotação e a chave de boia que manda um sinal para o inversor quando o reservatório atinge o nível máximo, fazendo com que o mesmo desligue o motor bomba. Ra Conforme mostra a figura 2.

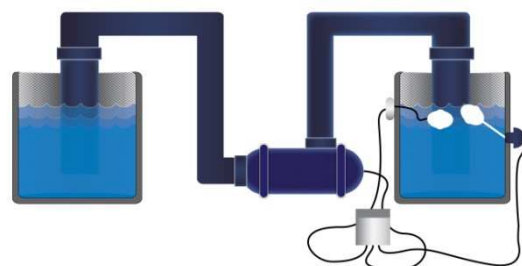


Figura 2 - Diagrama pictórico

As ligações elétricas feita no inversor. A ligação da alimentação trifásica feita para o inversor, a ligação do inversor para o motor bomba e as entradas que o potenciômetro e a chave de boia estão conectados. A ligação do motor no inversor é direta e é nas entradas U V W, a entrada R S T é a alimentação trifásica no inversor.

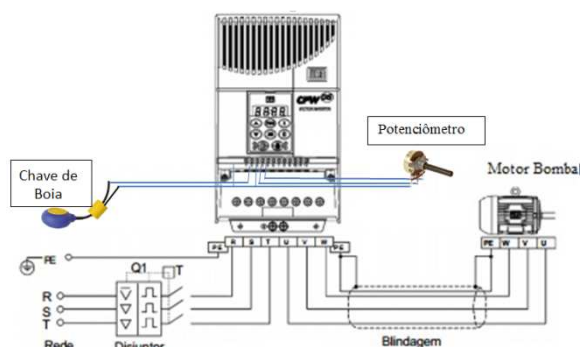


Figura 3 – Conexão de potência e aterramento

Na figura 3 pode-se observar a ligação do potenciômetro e da chave de boia no inversor. A entrada 1

do inversor é a que habilita geral, ou seja, vai habilitar todas as outras entradas. A chave da entrada 4 (entrada digital) representa a chave de boia na qual quando acionada o inversor desativa o motor bomba. A entrada GND (5) é o terra, entrada 6 representa a entrada analógica AI 1 e a 7 representa 10V, o potenciômetro está ligada na 5, 6, 7.

### 3 RESULTADOS

Para obtenção dos dados foi utilizado o analisador de energia que armazena em um cartão de memória informações como: Tensão e corrente em cada fase, frequência, potências ativa e reativa dentre outras variáveis. Na Figura 4 é mostrado o analisador de energia.



Figura 4- Analisador de energia.

Para as medições foram colocadas as garras e os alicates do analisador em cada uma das fases de alimentação do motor elétrico, a forma de acoplamento do analisador as condutores pode ser visualizada na Figura 05.



Figura 05-Forma de acoplamento do analisador ao motor.

Inicialmente o reservatório encontra-se seco, logo o sistema é acionado, e quando o líquido do reservatório chegou ao nível mínimo da bóia, se iniciou o controle da rotação do motor.

O sistema tem como entrada a tensão do potenciômetro que corresponde à frequência do inversor e como saída a potência do motor.

Através desses dados de entrada e saída foi levantado à função transferência do sistema, pelo software Matlab.

$$FT = \frac{-0,08302s+14,38}{s^2+614,8s+1,192 \times 10^5} \quad (1)$$

Os resultados foram obtidos através de testes práticos e simulados, medindo assim os valores de tensão, frequência e corrente e com esses valores foram construídos gráficos para análise.

Durante a execução do projeto foi observado que a tensão na saída do potenciômetro variou com o nível da boia. O inversor de frequência mandava uma nova frequência para o motor de acordo com a tensão de saída do potenciômetro.

No gráfico 1-a pode ser observado a frequência do motor, obtida através de teste prático, essa frequência varia com a posição do potenciômetro linearmente. O gráfico parte do zero, indicando que o motor está desligado, caso haja um consumo no qual abaixe o nível do reservatório, o potenciômetro irá variar para uma frequência, e de acordo com essa nova frequência teremos uma velocidade. Com isso o motor irá trabalhar com uma partida suave economizando energia durante o seu funcionamento. Se não tivesse o controle da bomba ela partiria com a potência nominal independente do volume da água do tanque, com isso qualquer partida o gasto de energia seria excessivo.

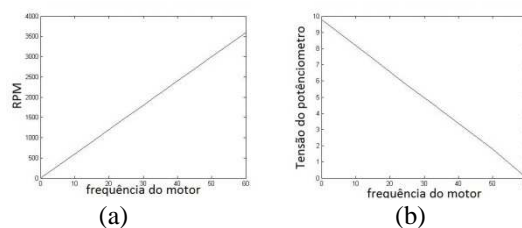


Gráfico 1-(a) RPM x Frequência do motor, (b) Frequência do motor x Tensão do Potenciômetro.

O gráfico 1-b é uma relação entre a tensão do potenciômetro e a frequência da saída do motor, essa relação foi obtida de teste prático, é observado que é inversamente proporcional devido ao posicionamento da boia em relação a haste ligada ao potenciômetro.

No gráfico 2 tem-se a comparação de um sistema sem o controle da rotação do motor com o sistema deste artigo.

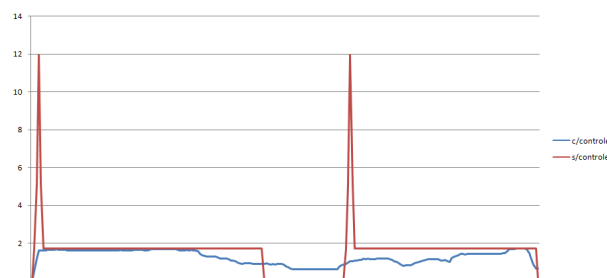


Gráfico 2-Comparação do sistema sem controle e do sistema com controle de rotação do motor.

## 5 Conclusão

Com esse gráfico de comparação é possível observar o comportamento de ambos os sistemas. O reservatório encontrasse seco, logo o sistema é acionado, a linha vermelha representa o sistema sem controle, e quando o motor é acionado ocorre uma corrente de pico 6,9 vezes maior que a corrente nominal, sendo assim o consumo de energia maior. No sistema com controle, linha azul, praticamente deixa de existir esse pico de corrente, devido à rampa programada no inversor de frequência, fazendo com que o motor parta suavemente, como mostrado no gráfico.

Após um determinado tempo o reservatório atinge o nível máximo, fazendo com que o motor seja desligado, no sistema sem controle. O mesmo se mantém desligado, quando ocorre um consumo e o reservatório atinge novamente o nível mínimo o motor é acionado, e ocorre novamente o pico de corrente, e o motor se mantém na potência máxima até o reservatório atingir o nível máximo.

No sistema com controle observa-se que o reservatório atinge o nível máximo e logo em seguida ocorre um consumo, então de acordo com o nível que a bóia se encontra no reservatório o potenciômetro manda sua tensão para o inversor, que controla a rotação do motor. Com isso a potência do motor é controlada. Observa-se que a potência do motor vai diminuindo de acordo com o aumento do nível do reservatório. Logo o consumo de energia também é controlado.

Com isso é possível observar que no sistema com o controle de rotação a potência também é controlada podendo aumentar e diminuir de acordo com o consumo, e já em um sistema sem esse tipo de controle a potência ou é a mínima ou é a máxima independente do consumo.

Com esse gráfico é possível analisar a média das potências em ambos os sistemas, o sistema sem controle teve uma média de 1,5850 KVA, o sistema com controle teve uma média de 1,2667 KVA, logo existe uma redução de 20,08% da potência, comprovando que o sistema com controle é eficaz.

Por meio desses resultados apresentados, é verificado que o sistema funciona perfeitamente como planejado, o projeto buscou a economia de energia através do controle de rotação do motor bomba feito pelo inversor de frequência, pois quando o motor liga ele parte de uma frequência baixa e essa economia foi obtida, e é um sistema totalmente viável. Esse controle de rotação do motor além da redução do consumo de energia também tem como vantagem proporcionar uma maior vida útil dos motores, devido à diminuição do liga-desliga.

É um tipo de controle que pode ser aplicado em diversas áreas indo das industriais até as residenciais. Em relação ao custo do projeto comparado a um sistema de controle de nível sem esse controle de rotação do motor bomba, o custo inicial é alto, porém com a economia de energia no decorrer do tempo esse custo inicial pode ser compensado.

### Referências Bibliográficas

- ROSÁRIO, João Maurício, -Princípios de Mecatrônica - Editora Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2005.
- CAPELLI, Alexandre. Automação Industrial: Controle do movimento e processos contínuos. 2ªed. São Paulo: Editora Érica Ltda,2007.
- TORO, Vicente Del. Fundamentos de Máquinas Elétricas. Trad. Onofre de Andrade Martins. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1999.
- FRANCHI, Claiton Moro. Acionamentos Elétricos. 4ªed. São Paulo: Editora Érica, 2008.
- THOMAZINI, Daniel; Albuquerque, Pedro U. Braga de. Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações. 3ªed. Local: São Paulo Érica,2007.
- LYRA, G.J., Controle de nível de reservatório através do controle de rotação do motor-bomba, por meio do inversor de frequência, TCC-IFPB, 2012.