

EMPREGO DE VARIADORES DE ROTAÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE BOMBEAMENTO

O sistema de acionamento de motores elétricos é um dos aspectos de maior importância do ponto de vista da eficiência energética. Alguns sistemas apresentam desperdício de energia pela elevação do consumo de potência durante o arranque do motor e podem gerar aquecimento excessivo do motor e comprometer sua vida útil.

Entre as diversas formas de acionamento de motores, existem as seguintes opções de larga aplicação, apresentadas em ordem crescente de sofisticação e inovação tecnológica:

Partida direta: o motor é ligado diretamente à rede elétrica. Esse método é o que desenvolve menos calor no motor e, conseqüentemente, proporciona maior vida útil, no entanto desenvolve potência extremamente elevada durante a partida, conforme indica a **Figura 1**. Esse método é utilizado apenas para motores com potência de até 45 kW e não permite variar a rotação do motor. Para motores que operam com carga variável, mesmo que sejam de baixa potência, pode ser conveniente utilizar variador de rotação que é apresentado mais adiante no item 5.

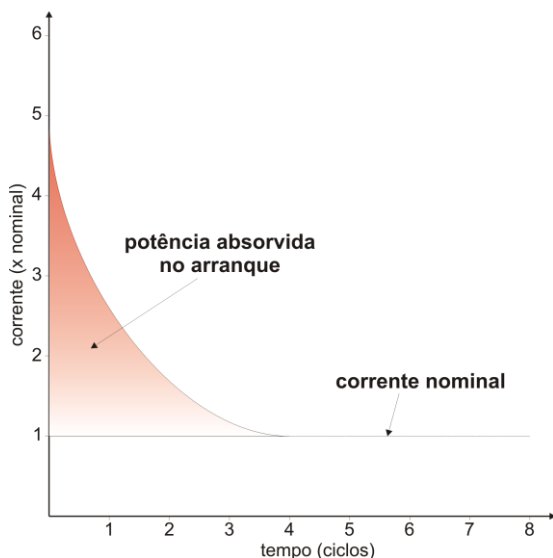


Figura 1: Gráfico esquemático da potência consumida durante o arranque de motor elétrico com partida direta.

- 1) **Estrela-triângulo:** é o método mais utilizado para acionamento de bombas centrífugas, por ser simples, seguro e barato. Durante o arranque, a ligação dos pólos do motor é feita em estrela e, após um tempo fixo, automaticamente é feita a comutação para funcionamento em triângulo. Na posição estrela o valor da corrente é reduzido a um terço do valor da partida direta, conforme indicado na **Figura 2**. A aplicação desse sistema de acionamento para bombas submersas com baixo momento de inércia (motor e bombeador leves) não apresenta vantagens significativas. Um fator de desvantagem é a necessidade de

utilização de um cabo adicional de alimentação, que, no caso de poços com diâmetro reduzido, pode representar uma complicação.

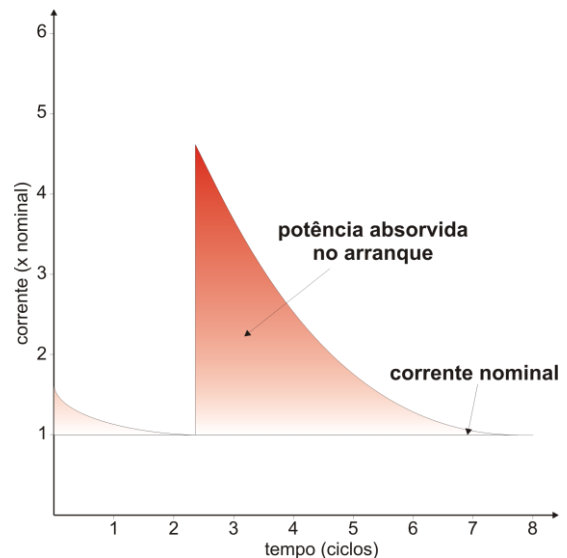


Figura 2: Gráfico esquemático da potência consumida durante o arranque de motor elétrico com acionamento tipo estrela-triângulo.

- 2) **Autotransformador:** durante a partida, a tensão é reduzida por meio de autotransformadores (normalmente dois: um para cada fase). Os transformadores freqüentemente possuem duas tensões de saída: uma de 75% e outra de 60%. Na opção de 60% a redução da corrente de arranque é obtida pelo mesmo processo de ligação em estrela.

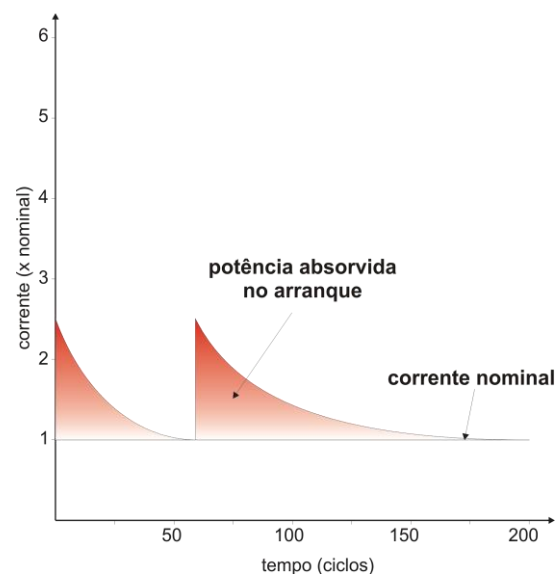


Figura 3: Gráfico esquemático da potência consumida durante o arranque de motor elétrico com autotransformador.

Os equipamentos com autotransformador são mais seguros e mais caros que os anteriores e a principal vantagem do seu uso é que durante o arranque o pico de corrente é desdobrado em dois, conforme indicado na **Figura 3**.

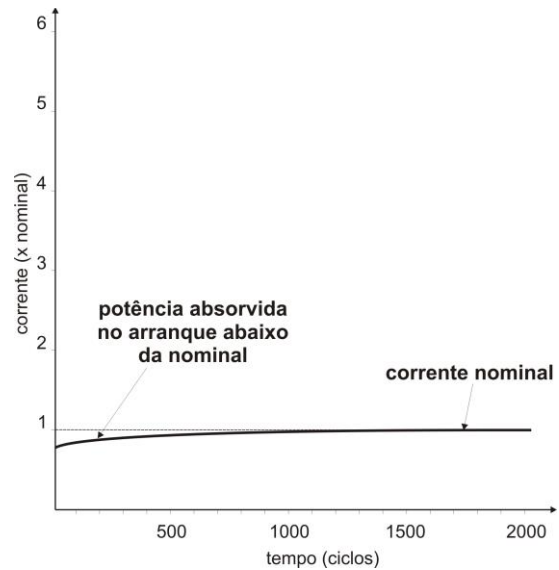


Figura 5: Gráfico esquemático da potência consumida durante o arranque de motor elétrico com inversor de frequência.

3) **Partida suave:** é obtida com equipamento eletrônico que controla os ângulos de fases e, assim, reduz a tensão e, conseqüentemente, a corrente de arranque para um valor 2 a 3 vezes inferior ao valor de trabalho.

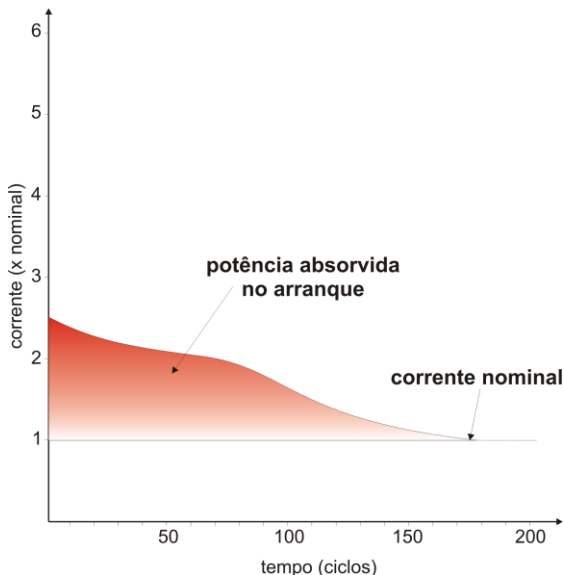


Figura 4: Gráfico esquemático da potência consumida durante o arranque de motor elétrico com partida suave.

A potência desenvolvida durante o arranque é suavizada em função da rampa de aumento da tensão, conforme indicado na **Figura 4**, que deve ser curta o suficiente para não provocar superaquecimento do motor.



4) **Inversor (ou conversor) de frequência:** é o método ideal de arranque de motores elétricos, tanto para redução da corrente, que é mantida constante e equivalente à corrente nominal do motor (Figura 5), como para eliminação de oscilações bruscas de pressão na saída da bomba. Os inversores de frequência são dispositivos que alteram eletronicamente a frequência da corrente elétrica e, conseqüentemente, a rotação dos motores de forma contínua e suave.

Devido ao elevado custo dos equipamentos seu emprego atualmente pode ser economicamente vantajoso para motores elétricos com potência superior a 45 kW e que operam com constantes variações de carga.

Segundo PACIFIC GAS AND ELECTRIC COMPANY (1997), os fundamentos teóricos da aplicabilidade do uso de variadores de rotação para redução do consumo de energia são os seguintes:

a vazão tem uma relação de proporcionalidade direta com a rotação da bomba, ou seja:

$$Q_2 = Q_1 \times \frac{N_2}{N_1} \dots\dots\dots(1)$$

onde:

Q_1 = vazão na rotação inicial

Q_2 = vazão na nova rotação

N_1 = rotação na condição inicial

N_2 = rotação na nova condição

a altura manométrica é proporcional à rotação da bomba elevada ao quadrado; ou seja:

$$H_2 = H_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \dots\dots\dots(2)$$

onde:

H_1 = pressão na rotação inicial

H_2 = pressão na nova rotação

a potência consumida é proporcional à rotação elevada ao cubo, ou seja:

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \dots\dots\dots(3)$$

onde:

P_1 = potência na rotação inicial

P_2 = potência na nova rotação

As equações acima podem ser aplicadas para qualquer sistema coerente de unidades de medida e têm a finalidade de demonstrar a importância da aplicação dos inversores de frequência devido à proporcionalidade da potência com as variações de rotação elevadas ao cubo.

No Brasil, devido ao elevado custo dos equipamentos eletrônicos, o acionamento de equipamentos de bombeamento por meio de inversores de frequência tem ainda aplicação restrita apenas às situações em que existem grandes variações de carga durante a operação.

MELLO (1999), realizando estudos em laboratório, concluiu pela viabilidade da aplicação de inversores de frequência no acionamento de equipamentos de bombeamento utilizados em irrigação, principalmente pela redução da potência consumida com variação de carga durante os ciclos de irrigação. AZEVEDO (2003) realizou estudos, em escala piloto, em sistemas reais de irrigação do tipo pivô central, o qual caracteriza uma situação típica de variação recorrente de carga, e obteve redução no consumo de energia de 15,9 a 32,9% com a aplicação de sistemas de acionamento dos motores das bombas com inversores de frequência. TSUTIYA (2001) recomenda que, juntamente com o inversor de frequência, seja instalado um filtro para correção de harmônicos da rede. Além da redução da distorção de harmônicos, a ação do filtro reduz a corrente e corrige o fator de potência. O autor menciona que, em um estudo de caso, o uso de inversor de frequência, em conjunto com filtro de harmônicos, gerou 38% de redução de custo de energia elétrica.

A seleção da tecnologia de acionamento de motores elétricos é de grande importância para prolongar a vida útil de sistemas de bombeamento, garantir a sua confiabilidade operacional, aperfeiçoar a eficiência energética e reduzir o custo operacional. Por esse motivo, os usuários devem consultar o fornecedor do equipamento de bombeamento ou um profissional especializado para efetuar um estudo de viabilidade técnico-econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, E.B. (2003). Viabilidade do uso de inversor de frequência em sistemas de irrigação do tipo pivô central. 77p. Dissertação de Mestrado – Irrigação e Drenagem. Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2003.
- BAHIA S.R. (1998). *Eficiência energética nos sistemas de saneamento*. IBAM, PROCEL/ELETOBRÁS. Rio de Janeiro. 76 pg.
- CLABORN, B.J. & RAINWATER K.A. (1991). *Well-Field Management for Energy Efficiency*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 117, No. 10, October 1991, pp. 1290-1303
- GRUNDFOS, (1996). Manual de Engenharia, Bombas Grundfos de Portugal, Lisboa, (66 pg).
- MELLO, C.R. de, (1999). *Avaliação da utilização do inversor de frequência em sistemas de bombeamento para irrigação*. 85p. Dissertação de Mestrado – Irrigação e Drenagem. Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1999.
- PACIFIC GAS AND ELECTRIC COMPANY. (1997). *Agricultural pumping efficiency improvements*. Application Note. Energy efficiency information. 1997. Disponível on line em: <http://www.pge.com>, acesso em 01/11/2004.
- PERRONI, J.C.A. (2005). Avaliação do consumo de energia elétrica para produção de água – O caso do abastecimento público da cidade de São Carlos – SP. 145p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PERRONI, J.C.A. (2003). Otimização dos sistemas de bombeamento dos poços tubulares profundos. Geowater. Araraquara. 2003
- PERRONI, J.C.A. e RODRIGUES, J.M. (2004) Otimização de custos de bombeamento em poços profundos de Araraquara – SP. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2004. ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Cuiabá – MT. 2004.
- QUALITY TONNES, (2004). *Energy Efficiency Improvements in Municipal Water Utilities in Karnataka, India*. Project Design Document. Disponível on line em: www.qualitytonnes.com Acesso em 30/10/2004.
- TSUTIYA, M.T. (2001). Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. 185p. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES Seção São Paulo, São Paulo, 1ª. Edição. 2001.