



Capítulo III

Influência da partida dos motores sobre o consumo e a demanda de energia

INTRODUÇÃO

Ainda é uma prática corrente entre alguns operadores de máquinas a ideia de que a partida de um motor elétrico de indução influencia severamente na fatura da energia elétrica paga pela indústria, principalmente no componente de demanda. Como se sabe, quando o motor de indução é acionado diretamente da rede, observa-se nos instrumentos de medição uma elevada corrente que em poucos segundos cessa e passa a fluir permanentemente a corrente da carga. Essa falsa ideia de aumento na conta de energia leva alguns operadores de máquinas a mantê-las em operação a vazio, mesmo por períodos prolongados entre dois ou mais intervalos de funcionamento da carga.

Observa-se que o motor em operação a vazio consome na, sua maior parte, uma parcela de energia reativa indutiva, que influencia o fator de potência da indústria, e o consumo de energia ativa decorrente principalmente devido às perdas nos enrolamentos e no ferro.

Queremos então demonstrar que a partida de um motor elétrico de indução tem pouca ou quase nenhuma influência nos valores de consumo e de demanda registrados no medidor de energia elétrica de uma instalação industrial. No entanto, se o motor permanece ligado a vazio, haverá um consumo muito superior ao registrado durante o acionamento.

INFLUÊNCIA SOBRE O CONSUMO

O medidor de energia elétrica em qualquer condição de funcionamento mede a corrente que passa pelo transformador de corrente ao qual está conectado e registra a tensão aplicada nos seus terminais fornecida pelos transformadores de potencial. Com esses valores e o tempo de circulação da corrente, o medidor registra em sua memória a energia consumida em kWh. Como o fator de potência de partida dos motores elétricos de indução é muito pequeno, da ordem de 0,30 a 0,40, e o tempo de partida destes motores é também de valor reduzido, o consumo de energia em kWh no intervalo de tempo de partida é, conseqüentemente, muito pequeno, apesar de o valor da demanda em kVA ser muito elevada. Isso é percebido quando se instala um alicate amperimétrico analógico ou digital no circuito de alimentação do motor em que se observa durante a sua partida uma corrente de valor entre 5 a 8 vezes a corrente nominal do motor.

INFLUÊNCIA SOBRE A DEMANDA

Ao se observar um excessivo valor da corrente na partida do motor, muitas vezes se confunde essa corrente elevada, característica do acionamento dos motores elétricos de indução, com um conseqüente e proporcional aumento de demanda. Na realidade, mesmo o motor partindo no período de demanda



máxima, o acréscimo de demanda na fatura é pequeno. Isto se deve ao fato de que o medidor da concessionária de energia elétrica registra a demanda máxima, integrando todas as demandas variáveis verificadas a cada período de 15 min. O valor máximo desses períodos ao longo de um mês define a demanda máxima da unidade consumidora. Logo, a partida do motor, apesar de solicitar da rede uma corrente elevada, tem uma duração muito pequena, quando comparada com o tempo de integração do medidor. Ademais, a corrente de partida é acompanhada de um fator de potência muito baixo. E como o medidor registra potência ativa, kW, e não a potência aparente, kVA, a potência ativa envolvida neste período é muito pequena, quando comparada com a potência total solicitada pela rede de alimentação.

Devemos observar que o módulo da corrente de partida do motor assíncrono de indução tem o mesmo valor, tanto no acionamento a vazio, sem carga no eixo, como no acionamento a plena carga. O que altera é o tempo de duração da partida. Nos acionamentos do motor sem carga no eixo, como, por exemplo, uma bomba de elevação de uma coluna de água com o registro fechado, o tempo de partida varia, aproximadamente, entre 0,2 s e 0,5 s. Se essa bomba partir com registro aberto (carga no

eixo do motor), o tempo vai bem acima dos 0,5 s, valor esse que depende da altura da coluna de água.

A partida através de chaves de redução de tensão, tais como as chaves estrela triângulo, compen-sadoras e soft starter, é mais lenta do que a partida direta da rede. Ainda assim continuam válidas as afirmações anteriores, pois, mesmo que o intervalo de tempo na partida tenha sido ampliado, a potência ativa correspondente é severamente reduzida.

No exemplo de aplicação que se segue iremos demonstrar que é muito mais econômico desligar o motor quando cessar a atividade por um período prolongado, e religá-lo quando for reativada a tarefa, do que mantê-lo operando em vazio sob o argumento da influência na fatura de energia. Deve-se alertar que o número de partida dos motores é limitado em cerca de seis partidas por hora. Assim, é aconselhável desligar todos os motores ligados desnecessariamente a fim de economizar energia elétrica.

Como já se comentou anteriormente, a demanda registrada no medidor e tarifada no final do mês corresponde à máxima demanda ocorrida num único intervalo de 15 minutos ao longo da operação mensal da indústria. Já a energia é contabilizada no final do mês pela energia acumulada no período.



• Bandeamentos • **Painéis Elétricos** • Comércio de Aço •



**Invólucros
Sistema de Energia
Sistema de Climatização**

**QUALIDADE
100%
BRASILEIRA**

21 ANOS
Inovando com o Brasil

vendas@eletropoll.com.br
eletropoll.com.br

47 3375 6700

Matriz - Corupá/SC

Centro de Distribuição - Ribeirão Preto/SP



Como o consumo de energia de qualquer instalação varia continuamente com a entrada e saída das cargas conectadas e a demanda máxima do mês é contabilizada a cada intervalo de 15 minutos, incluindo-se aí as partidas dos motores elétricos, podemos calcular essa demanda aplicando o conceito de demanda equivalente por meio da seguinte equação.

$$I_{eq} = \sqrt{\frac{I_p^2 \times T_p + I_{nm}^2 \times T_c}{T_c}}$$

I_{eq} - demanda equivalente de ciclo de carga, em kW.

I_{nm} - corrente nominal do motor, em A;

I_p - corrente de partida do motor, em A;

T_p - tempo de partida do motor, em s;

T_c - tempo do ciclo de operação posterior ao tempo de partida do motor, em s;

T_{tc} - tempo total do ciclo de funcionamento considerado, em s.

Vejam os seguintes exemplos de aplicação: considerar uma indústria dotada de várias cargas, dentre elas a de um motor de 300 cv/380 V - IV polos, acionado diretamente dos terminais secundários de um transformador da subestação conectada à rede de energia elétrica de média tensão da concessionária (13,80 kV). O consumidor foi contratado na tarifa verde em que a demanda de ponta e fora de ponto tem o mesmo valor monetário. O consumo médio mensal da instalação no período fora da ponta, é de 160.200 kWh e a demanda máxima registrada é igual à contratada cujo valor é de 1.200 kW nesse mesmo período. Determinar os acréscimos de consumo e demanda durante a partida do motor de 300 cv. O valor da tarifa de consumo de energia elétrica nesse período é de R\$ 1,3698/kWh e a de demanda é de R\$ 17,35/kW. O tempo de partida do motor é de 2 s, a fator de potência na partida do motor de 0,35. Considerar a tensão na partida igual à tensão nominal do motor que tem o ciclo de operação diária de conformidade com a Figura 1, ou seja, nove partidas durante o seu funcionamento diário. A indústria opera 22 dias por mês. O consumidor está com a sua demanda máxima pouco acima da demanda contratada.

No desenvolvimento deste estudo não será contada a energia e a demanda ocorrida durante o período de carga normal já que ela não vai influir na nossa análise.

a) Demanda devido somente à partida do motor

$I_{nm} = 385,2$ A (corrente nominal do motor)

$F_p = 0,88$ (fator de potência nominal do motor)

$F_{pm} = 0,35$ (fator de potência nominal do motor durante a partida)

$R_m = 0,96$ (rendimento nominal do motor)

$K = 6,8$ A (múltiplo da relação da corrente de partida pela corrente nominal)

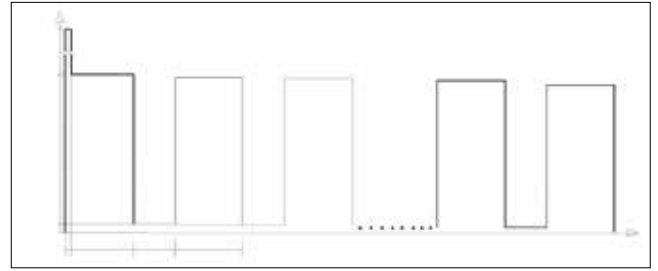


Figura 1 - Ciclo de carga do motor de 300 cv.

$$P_{kw} = \frac{P_{cv} \times 0,736}{F_p \times R_m} = \frac{300 \times 0,736}{0,88 \times 0,96} = 261,3 \text{ kW (potência nominal do motor)}$$

$$I_{nm} = \frac{261,3}{\sqrt{3} \times 0,38} = 397,0 \text{ A (parte ativa da corrente)}$$

$$P_p = \sqrt{3} \times V_{nm} \times I_{pm} \times \cos \psi = \sqrt{3} \times 0,38 \times 6,8 \times 397,0 \times 0,35 = 621,8 \text{ kW (potência ativa demandada no momento da partida do motor)}$$

$$I_p = \frac{621,8}{\sqrt{3} \times 0,38} = 944,7 \text{ A (parte ativa da corrente de partida)}$$

b) Energia consumida durante uma única partida do motor

$N_p = 1$ (número de partidas)

$T_p = 2$ s (tempo de duração de cada partida).

$$E_{ip} = P_p \times \frac{T_p}{3.600} \times N_p = 621,8 \times \left(\frac{2}{3.600}\right) \times 1 = 0,3454 \text{ kWh}$$

(energia consumida no período de 1 (uma) partida).

c) Energia consumida devido somente às partidas do motor ocorridas num único dia

$N_p = 11$ (número de partidas por dia: veja na Figura 1).

$$E_{idp} = D_{mp} \times \frac{T_p}{3.600} \times N_p = 621,8 \times \left(\frac{2}{3.600}\right) \times 11 = 3,7998 \text{ kWh}$$

(energia consumida por dia devido às 11 partidas do motor)

d) Energia consumida devido somente às operações em vazio do motor ocorridas num único dia

$N_p = 11$ (número de intervalos em operação a vazio por dia: veja na Figura 1).

$T_p = 30$ minutos (tempo de duração do intervalo de operação a vazio: veja na Figura 1).

$P_p = 12,8$ kW (potência de perda no intervalo de operação do motor a vazio: veja na Figura 1).

$$E_{pvd} = \frac{P_p \times 30}{60} \times N_p = \left(\frac{12,80 \times 30}{60}\right) \times 11 = 70,4 \text{ kWh}$$

(energia consumida por dia nos períodos de operação sem carga no eixo)

CONDUTORES DE ALUMÍNIO

ICAL-CA

CABO DE ALUMÍNIO NU

ABNT NBR 7271

Indicado para transmissão de energia em linhas aéreas, urbanas e rurais.

ICAL-CAA/RA

CABO DE ALUMÍNIO NU COM ALMA DE AÇO

ABNT NBR 10841

ALUMÍNIO (CA)
ALUMOSTEEL (AS)

▶ ALMA BIMETÁLICA DE AÇO REVESTIDO DE ALUMÍNIO (ALUMOSTEEL®)

Indicado para transmissão de energia em linhas aéreas, urbanas e rurais.

ICALi-XP

CABO DE ALUMÍNIO ISOLADO COM XLPE/PVC

ABNT NBR 7287

▶ CLASSE DE TENSÃO DE 0,6kV 1kV CA e 1,8kV CC

Indicado para ligações aéreas e subterrâneas em parques solares.

MULTIPLEXADOS

CABO DE ALUMÍNIO MULTIPLEXADO

(neutro nu ou isolado)

ABNT NBR 8182

QUADRUPLIX

TRIPLEX

DUPLEX

▶ CLASSE DE TENSÃO DE 0,6kV A 1kV

Indicado para redes de distribuição urbana, rural secundária e ramal de ligação.

ICALC

CABO DE ALUMÍNIO COBERTO

ABNT NBR 11873

▶ PROTEGIDOS 15kV, 25kV E 35kV

Indicado para redes de distribuição urbana ou rural, em regiões com probabilidade de contatos acidentais.

SIGA, CURTA E COMPARTILHE CONOSCO:



company/grupo-intelli



/grupointelli



/grupo_intelli



/grupointelli



e) Perdas de energia durante o ciclo de carga diário com a operação do motor em vazio

$$E_{mp} = E_{1p} + E_{pvd} = 0,3454 + 70,4 = 70,74 \text{ kWh}$$

(perdas totais referentes à curva de carga diária, isto é, o motor será submetido a uma única partida e ficará ligado durante todo o período diário de operação a vazio).

f) Demanda integrada pelo medidor durante 15 minutos

$$T_i = T_p + T_{op} = 2 + (60 \times 15 - 2) = 900 \text{ s} =$$

(tempo de integração da demanda pelo medidor no intervalo de 15 minutos)

$$T_r = 0 \text{ (tempo de repouso)}$$

$$I_{eq} = \sqrt{\frac{I_p^2 \times T_p + I_n^2 \times T_n}{T_i}} = \sqrt{\frac{944,7^2 \times 2 + 397,0^2 \times (15 \times 60 - 2)}{900}} = 399,4 \text{ A}$$

(corrente equivalente no período de 15 minutos: corrente de partida + corrente de carga, conforme curva de carga da Figura 1)

$$P_{eq} = \sqrt{3} \times 0,38 \times 357,6 = 235,3 \text{ kW}$$

(potência equivalente no intervalo de 15 minutos)

$$P_{app} = \sqrt{3} \times 0,38 \times (399,4 - 397,0) = 1,58 \text{ kW}$$

(potência equivalente de contribuição da partida do motor no intervalo de 15 minutos)

Se o operador decidisse desligar o motor a cada interrupção do trabalho teríamos as perdas de $3,7998 \times 22 = 83,59 \text{ kWh}$ no final do mês devido aos 11 acionamentos realizados por dia. Se o operador decidisse manter o motor em operação a vazio nos intervalos sem carga no eixo, como mostra a curva de carga diária do motor na Figura 1, as perdas diárias seriam $70,74 \text{ kWh/dia}$, totalizando 1.556 kWh por mês. Observa-se, então, uma diferença de 1.472 kWh mensais de energia perdida desnecessariamente.

Quanto à parcela de demanda, haveria um acréscimo no valor de $1,58 \text{ kW}$ correspondente à contri-buição da potência no momento da partida do motor, se essa partida ocorresse exatamente no momento que a indústria estivesse operando na sua demanda máxima do mês e que essa demanda fosse igual ou superior à demanda contratada. Se a indústria operasse, por exemplo, a 1% abaixo da demanda contratada, a partida do motor não teria nenhuma influência na fatura de demanda.

**João Mamede Filho é engenheiro eletricista e atualmente é diretor técnico da CPE - Estudos e Projetos Elétricos. Foi professor na Universidade de Fortaleza entre 1979 e 2012 e presidente da Nordeste Energia nos anos 1999 e 2000. É autor dos livros Manual de Equipamentos Elétricos (5ª Edição), Instalações Elétricas Industriais (9ª Edição), Proteção de Sistemas Elétricos de Potência (2ª Edição) e Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis (2ª Edição).*



t techno
TECHNOLOGY & INNOVATION

THB391
CONECTORES
ELÉTRICO IP68
ANTICONDENSAÇÃO

Acabe com a condensação

A barreira anti condensação impede que a água/umidade atravesse o cabo, entre no conector e vá além dele, impede ainda de alcançar a instalação do dispositivo.

IDEAL PARA LUMINÁRIAS DE LED



ILUMINAÇÃO PÚBLICA



Há 4 décadas a **Cathom's** está construindo uma história. Uma história com seus colaboradores, com seus parceiros, com seus clientes e com o **Brasil**.

Tudo isso só pode ser comemorado graças a toda energia e dedicação de cada um que já fez, e dos que fazem parte dessa família. **Obrigado!**



☎ 19 3466.8600
🌐 carthoms.com.br
📘 fb.com/carthoms
🇧🇷 Indústria Brasileira