

Conservação de energia em motores trifásicos

Marcos Alexandre da S. Frias*
Luiz Sérgio Lima Tinoco**

Resumo

A conservação de energia elétrica em função da manutenção dos recursos naturais é um grande desafio para o século que começa. Altos índices de perdas, baixos fatores de potência e baixo rendimento são referenciados nas literaturas do século passado quando já informava a Revista Eletricidade Moderna de fevereiro de 1993. Naquele ano foram ensaiados 30 modelos de motores fabricados pela indústria brasileira. Devido ao péssimo resultado, a revista, referencial na época para o segmento, sugeriu mudanças na normalização e reavaliação nos projetos, aliados a um melhor controle de qualidade dos materiais usados na fabricação. O tempo passou e as tecnologias avançaram, porém as pesquisas literárias ainda nos aponta como grandes desperdiçadores de energia. Pelo que apuramos, resolvemos um problema, mas nos esquecemos de outros. As atuais dores de cabeça ficam por conta do incorreto dimensionamento dos motores trifásicos, que se tornaram vilões desperdiçadores. Levam essa alcunha por serem os que carregam literalmente as indústrias nas costas. Para o Brasil despontar no difícil desafio de se colocar entre as potências desenvolvidas de primeiro mundo é preciso vencer barreiras internas, e a conservação de energia em motores de indutância trifásicos é uma delas. Pensando em levar os leitores a uma análise do problema, procuramos desenvolver esse simples, mas bem elaborado texto.

Palavras-chave: Conservação de energia. Motores trifásicos.

A energia no Brasil

A energia gerada no Brasil é na maior parte provida do potencial fluvial que possui. Energia limpa e renovável que o destaca em relação aos outros países que dependem de energia para movimentar suas economias e que encontram dificuldades em gerá-las de modo a não prejudicar o meio ambiente. Depende também de outras gerações, pois como a economia em crescimento, há uma demanda de energia para manutenção do seu campo industrial.

Enfrenta problemas internos com instáveis índices pluviométricos que resultam em níveis baixos nas represas das hidrelétricas, afetando a geração. Temos perdas nas diversas etapas que consiste em geração, transmissão e distribuição. Nesse árduo caminho 18% do produzido até chegar ao seu destino final, as tomadas dos consumidores, são perdidos (dados do professor Antônio Padilha Feltrin da UNESP). Segundo ele transformadores

calculados com superdimensionamento seriam a causa principal na primeira etapa. Medidores não calibrados e furtos, conhecidos como “gatos” incrementam essa perda. Na distribuição o cálculo é mais complexo, pois exigiria o somatório de todos os medidores das unidades consumidoras. Associada a outras, essa perda se torna significativa em números finais, ao que sugere fomentar qualquer economia, evitando desperdício e um bom aproveitamento de energia.

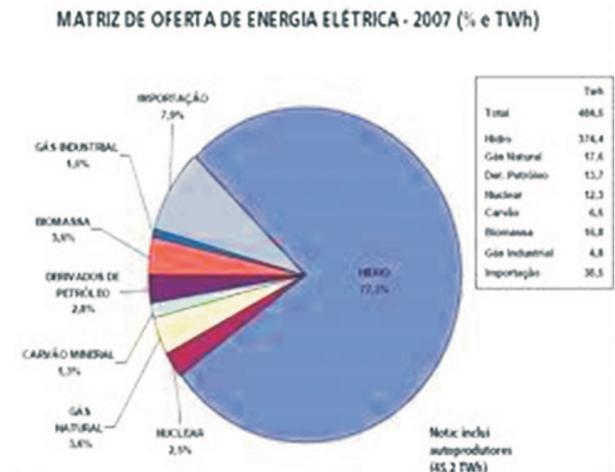


Figura 1 - Modelo energético brasileiro

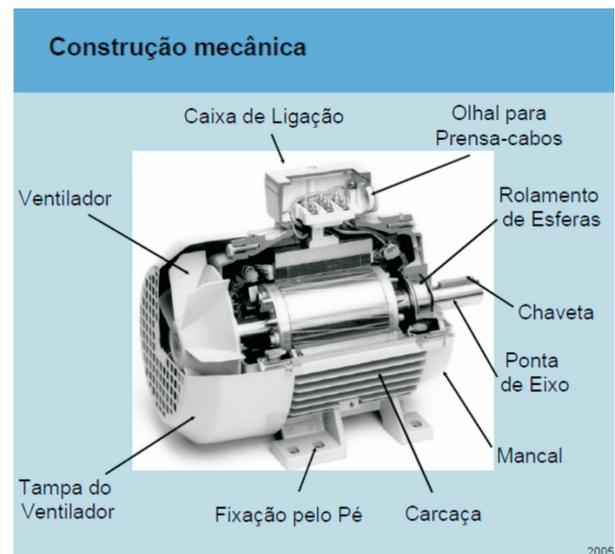


Figura 2 - Modelo atual do motor trifásico(SIEMEMS)

* Técnico em Eletrônica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro
** Técnico em Eletrônica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

A indústria e as empresas num só objetivo

Os maiores consumidores de energia são as indústrias por terem em suas instalações elétricas motores de indução trifásica como maior fonte de consumo. Esses motores são responsáveis por 50% das cargas elétricas, podendo em alguns lugares chegar a 70%. Índices que levam a uma grande parcela de empresários a viabilizar estudos no intuito de combate ao desperdício de energia com a utilização dos motores de alto rendimento.

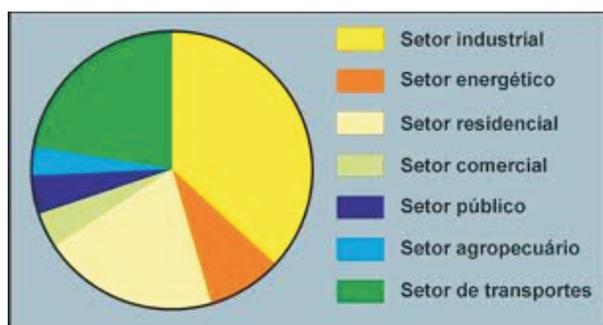


Figura 3 - Consumo de energia no mercado interno brasileiro

Órgãos como: PROCEL (Programa Nacional ao Combate ao Desperdício de Energia), CEPEL (Centro de Pesquisa de Energia Elétrica) mais a canadense CIDA (Canadian International Development Agency) se integram nesse estudo técnico-econômico. Motores de alto rendimento são aqueles projetados para fornecer a mesma potência útil na ponta do eixo consumindo menos energia elétrica. Esses motores apresentam chapas metálicas de melhor qualidade produzidas por aço silício, maior volume de cobre visando redução de temperatura de operação, enrolamentos especiais para menor perda esta tórica, rotores tratados termicamente diminuindo perda rotórica, aumento de enchimentos de ranhuras para melhor dissipação de calor, anéis curto-circuitados para reduzir perdas de potência.

Essas tecnologias formadas por estudos físicos é voltada justamente para reduzir custos com esse insumo que a cada dia se torna mais caro. Os motores de alto rendimento comparado aos de padrões comuns custam mais caro, porém se analisados em parâmetros de custo e benefício se tornam justificáveis se levarmos em conta a economia e a utilização mais racional dos recursos humanos.

O INMETRO apresentou especificações técnicas para motores de alto rendimento de acordo com o Decreto Federal de 11 de dezembro de 2002, sob nº 4.508.

Para escolha desse motor é preciso fazer um correto dimensionamento. Por ser uma máquina térmica cíclica, o motor tem seu trabalho realizado pela subtração da energia reativa, a que chega ao

motor, da energia dissipada ou reativa. Perfazendo assim essa subtração o conceito da 2ª lei da termodinâmica. Podemos assim determinar o rendimento ou grau de eficiência do motor. A focalização principal é reduzir a energia reativa, pois é ela a causadora do desperdício. Voltando no texto acima foi citado o superdimensionamento dos motores como causador de desperdício.

O superdimensionamento faz com que o motor trabalhe com potência inferior à nominal, interagindo diretamente com a geração da energia reativa. Dimensionar adequadamente evita a energia reativa, fazendo efetividade da produção, e essa, com decorrer do tempo e obedecendo a parâmetros de manutenção, pagará a aquisição de equipamentos, evitando desperdícios e gastos desnecessários. É de praxe lembrar que a multa da geração dessa energia torna o prejuízo mais oneroso e como consequência se agrava com a necessidade da criação de um banco de capacitores, justamente para solucionar esse erro de dimensionamento.

A evolução tecnológica nesse campo não se difunde com rapidez e facilidade. Há uma tendência, principalmente empresarial, em não viabilizar investimentos visando economia.

Como resultante, acaba se tornando vítima de não gerar crescimento do seu polo produtivo, criando no meio do percurso da empresa gastos que comprometem diretamente o preço final do seu produto, tornando-o incompatível com outros similares no disputado mercado comercial.

Criar uma máquina que cumpra a tarefa de um motor trifásico e se comporte com consumo puramente resistivo ainda deve demorar muito. Esse modelo atual foi gerado por volta de 1840 com a invenção do telégrafo, que aplicava o eletromagnetismo. Uma década depois surgiu o dínamo, e como consequência dessas aplicações, o motor elétrico.

A base da aplicação forma-se de dois ímãs, um no estator, que é a parte fixa do motor, e outro no rotor, que é a parte girante do motor, cuja interação provoca o movimento do conjunto motor.

Foi o engenheiro eletricista russo Michael von Dolivo Dobrowolsky, da empresa AEG de Berlim que entrou em 1889 com pedido de patente de um motor trifásico com rotor de gaiola. O motor apresentado tinha potência de 80 watts, um rendimento aproximado de 80% em relação à potência consumida e um excelente conjugado de partida (WOLFF, 2004). Esses motores no seu surgimento eram grandes, pesados e de alto custo. A tecnologia com seus avanços cuidou de criar materiais com menos cobre e ferro, melhorou as técnicas de construção, mudou projetos, analisou variadas aplicações e hoje se encontra na fase do alto rendimento.

Dimensionamento de motor trifásico

As caras dos motores elétricos possuem características peculiares: a corrente de partida é bastante superior a de funcionamento normal. A potência absorvida é determinada pela potência mecânica no eixo do motor solicitada pela carga acionada, o que pode ocasionar em sobrecarga no circuito de alimentação, se não houver a devida proteção.

A corrente nominal pela seguinte equação: potência nominal x 10^3 / tensão nominal do motor x raiz quadrada de 3 x rendimento x fator de potência do motor.

Por estar normatizado nos parâmetros de cargas industriais e similares que rege motores com capacidade igual ou inferior a 200 CV (147 Kw) deve-se ter um circuito terminal por motor e em casos excepcionais circuito alimentando mais de um motor. Devem ser alimentados a partir de quadros de distribuição (CCMs) e estes alimentados por sua vez por circuitos de distribuição exclusiva. As tomadas de correntes desses dispositivos são de uso específico. A tensão de alimentação deste motor tem que coincidir com o valor nominal para que suas características de funcionamento e sua vida útil não sejam comprometidas, e assim, fugindo das fornecidas pelo fabricante. No entanto, como a tensão de alimentação não pode permanecer constante, a legislação vigente permite que a tensão possa variar numa gama limitada de valores. A queda de tensão admissível com origem na instalação, até o último aparelho elétrico mais afastado, não pode ser superior a uma faixa de 3% a 5% da tensão nominal da instalação (RSIUEE). Esses valores são pautados para frequência de 60 Hz de tensão alternada e fornecida pela concessionária, porém quando esse fornecimento é gerado por um produtor independente deve se levar em conta as variações das frequências geradas, pois o motor não funcionará com suas melhores características. O principal problema, nesse caso, é o aquecimento demasiado pondo em risco a segurança do motor.

Esses fatores importantes do funcionamento do motor em regime permanente são: o arranque, o funcionamento em carga e a frenagem.

O arranque

O arranque, quando aplicada uma tensão nominal direta nos terminais, ou seja, ligado a rede elétrica, tem em seus momentos iniciais a corrente limitada apenas pela impedância complexa do circuito e quando chega ao funcionamento normal, essa impedância se soma a força eletromotriz que o campo eletromagnético girante induz no campo estático e a corrente se eleva ao máximo, e

como resultado, registra dois inconvenientes, que são: queda da tensão no circuito de alimentação e aquecimento do motor, e de seus condutores percorridos pela alta corrente, devido à perda de energia pelo efeito Joule. Surge aí a necessidade do arranque do motor ser elevado para promover o crescimento da velocidade, e da carga mecânica acoplada, até a velocidade de regime. A utilização do *soft start* resulta numa partida tranquila e qualidade para o motor.

Regime permanente

Durante o regime permanente o motor tende a se igualar à resistência imposta pela carga mecânica e a velocidade é constante e difere pouco da velocidade de sincronismo. É preciso um acionamento com estabilidade estática, isto é, quando o motor perde um pouco de velocidade, seu rotor aumenta velocidade e recupera a anterior por conta de variação quase imperceptível de frequência. Existem casos em que a velocidade precisa variar e existem recursos para que isso aconteça. A de forma discreta opta pela alteração de números de par de polos do enrolamento indutor. Altera-se a velocidade de sincronismo escalonadamente. De forma contínua se altera a tensão trifásica de alimentação, feita por conversores eletrônicos de potência.

A frenagem

A frenagem é a desconexão da rede elétrica quando ocorre uma diminuição por conta de uma resistência. Antecipa-se a parada total acoplando um freio mecânico. Para se obter uma frenagem precisa, existem métodos próprios.

Frenagem por corrente contínua

É aquela na qual o circuito estático é desligado da alimentação alternada e passa a ser alimentado por uma bateria ou retificador de corrente contínua criando forças eletromagnéticas induzidas e por estarem curto-circuitadas criam um campo magnético constante e fixo no espaço, opondo-se ao acionamento anterior.

Frenagem por contra corrente

Trocamos duas fases do sistema de alimentação e o campo magnético girante roda em sentido contrário e proporciona uma aceleração na direção oposta. Essa troca de fase é só durante o tempo da frenagem.

Frenagem com gerador assíncrono

Utiliza-se do momento em que o motor e a resistência atuam no mesmo sentido. Nesse instante a velocidade do motor é maior que a de sincronismo e assim continua-se fornecendo energia reativa visando a criar e manter um campo magnético e o motor passa a funcionar como um gerador de corrente alternada fazendo uma frenagem reostática. Procurando resolver problemas de frenagem alguns fabricantes produzem motores com rotor em curto-circuito e com freio mecânico atuando por eletroímã.

Fator de potencia

A partir de um determinado valor de energia reativa, definida pelo fator de potência da instalação para utilização da rede elétrica, a concessionária exige o pagamento de parte dessa energia que tem tarifa própria e instalação de um sistema de contagem específico. A tarifa que incide sobre a energia reativa não pretende compensar serviços efetuados pela concessionária, e sim para penalizar o consumidor com baixa potência pelos inconvenientes que esta situação causa a rede elétrica. A causa desse problema é justamente a existência de transformadores e de motores elétricos de indução muito pouco carregados, ou seja, dimensionados erradamente, nessa rede. Como correção e solução, a construção de um banco de capacitores deve ser viabilizada.



Figura 4 – Banco de capacitores em funcionamento

Proteção contra curto-circuito

Dispositivos do tipo “g”, do tipo “a” e disjuntores somente magnético são utilizados para esse serviço, independente de ser um disparador ou de um dispositivo multifunção (disjuntor motor ou contator disjuntor). No caso do disjuntor motor o dispositivo deve ser instalado a montante do contator e do relé térmico. Em ambos os casos os dispositivos que forem utilizados para o desarme devem ser dimensionados para atuarem em

parâmetro de igualdade ou superioridade ao nível de corrente de curto-circuito. Deve existir cuidados para coordenar proteções contra corrente de curto circuito e para corrente de sobrecarga. A corrente que provoca a atuação dos fusíveis ou do disjuntor deve ser suficientemente elevada de modo a não ocasionar uma intervenção na condição de sobrecarga(vigiada pelo relé térmico) e suficientemente baixa a fim de evitar danos ao contator e ao relé no caso de um curto-circuito.

Proteções e atuadores

- Curto-circuito: relé térmico, fusíveis.
- Sobrecarga: relé térmico
- Sobreintensidade: relé atuador de máximo de corrente (temporizado)
- Falta de fase: relé
- Assimetria do sistema trifásico: relé
- Inversão de fase: relé
- Blocação do rotor: relé
- Defeito à terra: relé

Lembrando que os fusíveis não asseguram proteção ao motor, só protegem o circuito contra curto-circuito.

Além da proteção das instalações elétricas devemos cuidar que o motor não interfira maleficamente no meio ambiente, carcaças evitando que materiais estranhos entrem em contato com o interior do motor e se propaguem para o exterior devem ser utilizadas.

Ruídos sonoros e vibrações eletromecânicas devem ser evitados.

Cuidados especiais e importantes

Para evitar futuros problemas devemos verificar antecipadamente o tipo de máquina ou equipamento a ser acionado pelo motor. Depois nos atentar pelo local em que vai ser instalado esse motor e o seu número de acionamentos diários.

Os motores trifásicos podem ser ligados a pelo menos duas tensões diferentes. No Brasil predominam os alimentados com tensão de 220 V com ligação em triângulo e os alimentados por 380 V em estrela. Trocando-se duas fases de alimentação podemos inverter sua rotação de sentido. Os motores possuem diferentes potências para uma mesma máquina dependendo do fabricante. Devemos optar pelo motor de menor potência, pois os custos de aquisição e instalação são proporcionais, possibilitando uma menor demanda que, por consequência, permite um funcionamento simultâneo de maior número de máquinas. As condições ambientais de temperatura e umidade influenciam e muito no desempenho e vida útil dos motores. A umidade age deteriorando

os componentes e a temperatura elevada leva à queima do motor. A manutenção preventiva é a solução mais viável, portanto a inspeção periódica é necessária. Do mesmo modo a lubrificação dos mancais e dos rolamentos, a verificação do acoplamento, da transmissão e dos pontos de fixação. Medidas de resistências dos enrolamentos para identificar desequilíbrio entre fases e, se possível, da resistência de isolamento, entre outros cuidados são necessários. Aterramento de suas carcaças é de suma importância, ele deve ser com condutor de bitola semelhante à usada na fase de alimentação.

O acoplamento mecânico é recomendado pelo fabricante. O mais comum é do tipo correia com polias e flanges (ou luvas de junção). Se as correias estiverem frouxas vai acarretar desperdício de energia. Para ter um perfeito serviço deve providenciar um bom nivelamento, uma boa fixação e alinhamento correto.

Ruído anormal no funcionamento pode indicar rolamentos gastos, sobrecarga, desalinhamento ou desgaste acentuado do eixo. Devemos providenciar troca dos rolamentos e dos eixos se for o primeiro e o último caso. No caso de sobrecarga devemos aliviar a carga de modo a não solicitar do motor a sua máxima potência. Se for desalinhamento providenciar sua correção.

Para uma boa lubrificação deve-se lavar as peças com solvente líquido para diluir sujeiras, manter os materiais, recipientes, escovas, panos e equipamentos devidamente limpos. Em seguida, antes de colocar o novo lubrificante, verificar o secamento e a limpeza das peças, e colocá-lo de forma a atingir todas as partes móveis dos contatos.

Tomados os devidos cuidados e seguindo as recomendações, o usuário não terá surpresas em sua conta mensal, estará contribuindo por um uso mais equilibrado dos recursos naturais proporcionados e, conseqüentemente, uma qualidade de vida útil tanto para si próprio como para o motor.

Cálculos:

- rendimento(n) = potência de saída/potência elétrica média de entrada x 100
- fator de potência = potência elétrica média de entrada/raiz de 3 x tensão de entrada x corrente de entrada
- Potência nominal = tensão armadura x corrente nominal x rendimento
- escorregamento (%) = (velocidade síncrona – rotação nominal) / (velocidade síncrona) x 100
- corrente nominal = (potência nominal x 10³) / (tensão nominal do motor x raiz quadrada de 3 x rendimento x fator de potência do motor)

Referências

AVALIAÇÃO dos Índices de Eficiência: Relatório final do projeto. Disponível em: <<http://www.clasponline.org>>. Acessado em: 25 out. 2010.

COGO, J.R.; SÁ, J.S.; SIMÕES, N.W.B.; BURGOA, J. Análise de motores trifásicos. Revista Eletricidade Moderna, v. 21, n. 227, p. 26-39, fev. 1993. Disponível em <<http://www.gsiconsultoria.com.br>>. Acesso em: 19 out. 2010.

UMA CONTRIBUIÇÃO para conservação de energia: manutenção motores indução. Disponível em: <<http://www.biblioteca.universia>>. Acesso em: out. 2010.

GUEDES, Manuel Vaz. Motores de Indução Trifásicos: seleção e aplicação. Disponível em: <<http://www.estv.ipv.pt>>. Acesso em: 16 set. 2010.

KREUTZFELD, S. Motores de alto rendimento uma economia viável. Revista Eletricidade Moderna, p. 30-88, out. 1988.

MARKUS, O. Circuitos Elétricos-corrente contínua e corrente alternada. São Paulo: Érica, 2001.

MOTORES elétricos. Disponível em: <<http://ebah.com.br/motores-elétricos>>. Acesso em: out. 2010.

MOTORES elétricos de alto Rendimento. Disponível em <www.marwil.com.br>. Acesso em: out. 2010.

SÁ, J. S. Contribuição à análise do comportamento térmico dos motores de indução trifásicos com rotor tipo gaiola. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.

