

Prof<sup>o</sup> José António Beleza Carvalho  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

### Utilização Racional de Energia Eléctrica em Instalações Industriais. O caso da Força Motriz.



A produção de energia mecânica, através da utilização de motores eléctricos, absorve cerca de metade da energia eléctrica consumida no nosso País, da qual apenas metade é energia útil. Este sector é, pois, um daqueles em que é preciso tentar fazer economias, prioritariamente. O êxito neste domínio depende, em primeiro lugar, da melhor adequação da potência do motor à da máquina que ele acciona. Quando o regime de funcionamento é muito variável para permitir este ajustamento, pode-se equipar o motor com um conversor electrónico de variação de velocidade. Outra possibilidade é a utilização dos motores “de perdas reduzidas” ou de “alto rendimento”, que permitem economias consideráveis.

Os motores mais utilizados na indústria apresentam características de rendimento praticamente constantes acima da meia carga. Mas o seu  $\cos\phi$  continua a crescer para além deste valor, como se pode ver na figura 1. Abaixo da meia carga os motores consomem demasiada energia. Perto da plena carga em regime permanente, o aquecimento limita a sua longevidade.

Assim, os motores devem ser dimensionados de modo a funcionarem acima de 75% da sua carga nominal, obtendo-se as seguintes vantagens:

- melhor rendimento;
- factor de potência mais elevado;
- menor investimento no motor e aparelhagem de comando e protecção.

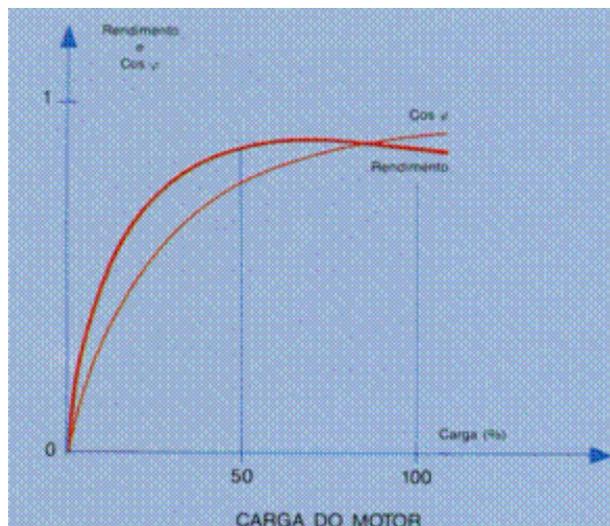


Figura 1: Variação do rendimento e do  $\cos\phi$  com a carga  
(Fonte: documentos técnicos da E.D.P.)

Um método rápido para determinar o regime de carga de um motor assíncrono, consiste na comparação da velocidade de funcionamento (medida com um taquímetro) com a velocidade à plena carga (indicado na chapa de características), através da seguinte expressão:

$$\text{Regime de Carga (\%)} = \frac{n_s - n_m}{n_s - n_n} \times 100$$

em que:

$n_s$ : é a rotação síncrona do motor, e que depende do número de pólos da máquina

$n_m$ : é a rotação medida no veio da máquina

$n_n$ : é a rotação nominal da máquina

Na tabela seguinte apresenta-se os valores típicos das velocidades de sincronismo, para uma frequência da rede de 50 Hz.

Número de Pólos	2	4	6	8	10	12
Velocidade de sincronismo (rpm)	3000	1500	1000	750	600	500

**Tabela 1 – Número de pólos e rotação síncrona para 50Hz**

Por exemplo, um motor assíncrono de 4 pólos com 110kW, apresenta uma velocidade de funcionamento de 1495 rpm, uma velocidade de sincronismo de 1500 rpm e de plena carga de 1480 rpm. Nesta situação, o seu regime de carga será:

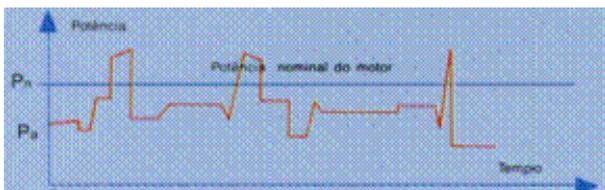
$$\text{Regime de Carga (\%)} = \frac{1500 - 1495}{1500 - 1480} \times 100 = 25\%$$

A carga que está acoplada terá uma potência de:

$$P = 110 \times 0,25 = 27,5 \text{ kW}$$

Nestas condições, é preferível utilizar um motor de 30 kW.

Para as situações de carga variável ao longo do dia, deve-se determinar um valor médio e dimensionar o motor em função do mesmo, de acordo com a figura seguinte.



**Figura 2: Diagrama do consumo de potência de um motor**

(Fonte: documentos técnicos da E.D.P.)

Para um grande número de actividades industriais, a utilização de motores de velocidade variável é indispensável ao processo de fabrico. É o caso, por exemplo, do accionamento dos laminadores, misturadores, centrifugadores, fornos rotativos, máquinas ferramentas ou na tracção eléctrica. O seu uso tornou-se clássico e as soluções evoluem a par e passo com os progressos técnicos. Existe, por outro lado, um domínio de aplicações novas onde a adopção da velocidade variável permite obter economias

sensíveis de energia. Trata-se muito globalmente do accionamento das máquinas rotativas receptoras (bombas, ventiladores, sopradores e compressores). Estas máquinas requerem, com efeito, a maior parte das vezes, uma regulação do ponto de funcionamento em função dos parâmetros de exploração do processo. Nestes casos, os métodos clássicos de regulação de velocidade traduzem-se em aumentos significativos da potência consumida em relação à necessidade real. São, pois, soluções vorazes em energia. A adopção de variadores electrónicos para regular a velocidade das máquinas rotativas é, actualmente, a solução mais eficiente, apresentando os seguintes benefícios:

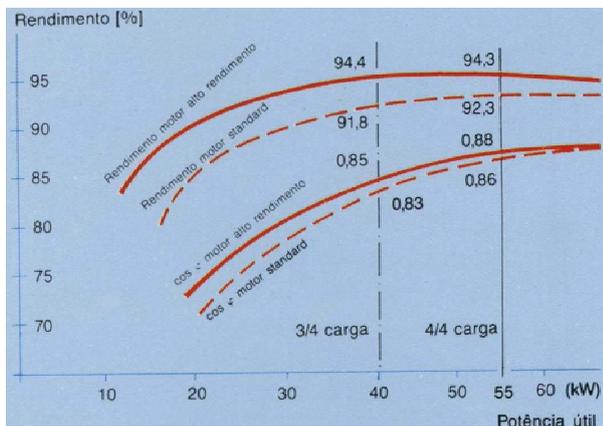
- economia de energia
- aumento da produtividade
- melhoria da qualidade do produto
- menor desgaste mecânico

Assim, em aplicações onde sejam requeridas apenas duas ou três velocidades, é aconselhável a utilização de motores assíncronos de velocidades variáveis, disponíveis com diversos tipos de características de binário/velocidade, e por isso adaptáveis a diversos tipos de carga. Nestes sistemas, a aplicação de variadores electrónicos de velocidade, bem como de equipamentos mais eficientes do ponto de vista energético, permite elevar o rendimento global dos sistemas de 31% para 72%, com tempos de recuperação do investimento normalmente inferiores a três anos. Por outro lado, os variadores electrónicos de velocidade possuem diversos tipos de protecções para o motor, que deixam assim de ser adquiridas isoladamente e oferecem uma maior flexibilidade de colocação, podendo facilmente ser integrados em sistemas automáticos de gestão da produção.

Actualmente, encontra-se já disponível no mercado os chamados motores de “perdas reduzidas”, ou de “alto rendimento”, mais caros que os motores clássicos, mas cuja utilização se revela rentável quando o seu tempo anual de utilização for suficientemente longo. Os construtores aumentaram a massa de materiais activos (cobre e ferro) de forma a diminuir as induções, as densidades de corrente e, assim, reduzir as perdas no cobre e no ferro. Utilizam chapas

magnéticas de perdas mais reduzidas, entalhes especiais em certos casos e reformularam a parte mecânica, com especial incidência sobre a ventilação, para reduzir a potência absorvida por esta e diminuir o nível de ruído. Daí resulta, para idêntica dimensão, um aumento de peso da ordem de 15%, e de preço da ordem de 20 a 25%. Contudo, a melhoria do rendimento, compreendida entre 2 e 4,5%, e a do  $\cos\phi$ , permite amortizar rapidamente este aumento de preço. Para qualquer investimento em motores eléctricos efectuado, pelo menos, para 10 anos, os modelos de perdas reduzidas são fortemente competitivos.

Na figura 3, apresenta-se uma análise comparativa entre os motores convencionais e os motores de alto rendimento.



**Figura 3: Análise comparativa do rendimento e  $\cos\phi$  para motores convencionais e de alto rendimento, de 55kW**  
(Fonte: documentos técnicos da E.D.P.)

O acréscimo de custos dos motores de alto rendimento é recuperado através da economia de energia eléctrica que proporcionam.

O tempo de recuperação  $N$  do investimento suplementar devido à instalação de motores de alto rendimento, pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$N = \frac{\Delta I}{\Delta P \cdot K \cdot t}$$

em que:

$\Delta I$  : diferença de custos

$\Delta P$  : variação das perdas entre os dois motores

$K$  : preço do kWh

$t$  : tempo de utilização (horas)

## Conclusão

A situação energética portuguesa é caracterizada por uma forte dependência externa (importamos cerca de 90% da energia que consumimos), pela dependência fundamentalmente em relação a uma única forma de energia (o petróleo), apesar dos esforços que se têm feito nos últimos anos para alterar esta situação, por um nível de consumo fraco em comparação ao de outros países membros da CEE e por uma forte intensidade energética do Produto Interno Bruto (PIB).

A valorização das economias de energia, em particular da energia eléctrica, possíveis de realizar pela via da gestão e da sua utilização racional, conduz a benefícios que se podem repercutir, de forma global, a nível nacional e, de forma directa e imediata, a nível do consumidor com as seguintes vantagens:

- Aumento da eficácia do sistema energético;
- Redução da factura energética;
- Acréscimo de produtividade da empresa em quaisquer sectores de actividade;
- Aumento da competitividade no mercado interno e externo ou aumento da disponibilidade de energia para outros fins;
- Conhecimento mais profundo das instalações e do custo energético de cada fase, processo ou sistema.

No caso da força motriz é fundamental dimensionar correctamente estes equipamentos, fazendo os motores funcionar com cargas da ordem dos 70 a 80%. Por outro lado, e sempre que necessário, deve-se utilizar dispositivos electrónicos de variação de velocidade, que permitem um desempenho mais eficiente dos motores em diferentes regimes de carga. Também a utilização de motores de "alto

rendimento”, que já provaram a sua competitividade, apesar do seu custo superior, deve ser equacionada para diversos tipos de aplicações.

Finalmente, lembrar que a regra fundamental, indispensável

a qualquer política de utilização racional de energia eléctrica em instalações industriais, consiste no conhecimento dos consumos por meio de medida e na detecção de forma eficaz das principais perdas de energia que possam existir na instalação industrial.

## Fontes de Informação Relevantes

- [01] "Efficient Use of Electrical Energy in Industrial Installations" – José António Belezinha Carvalho, Roque Filipe Mesquita Brandão. 4TH European Congress Economics and Management of Energy in Industry. Porto, Novembro de 2007.
- [02] " Política Energética e Plano Energético Nacional" – Eng. Mira Amaral - Cadernos de Divulgação do Ministérios da Indústria e Energia.
- [03] " Economia de Energia" – Brochuras publicadas pela Direcção Geral de Geologia e Energia. Edição: Ministério da Economia
- [04] "Racionalização da força Motriz" Documento Técnico da EDP Edição: EDP.
- [05] "A Gestão da Energia e o Regulamento de Gestão do Consumo de Energia" – Brochura publicada pela Direcção Geral de Geologia e Energia. Edição: Ministério da Economia
- [06] "Economias de Energia nas Utilizações Industriais" - Documento Técnico da EDP. Edição: EDP.
- [07] "Manual do Gestor de Energia" – Centro para a Conservação de Energia, Direcção Geral de Geologia e Energia. Edição: Ministério da Economia

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO PÓS-GRADUADA EM**

# Infra-estruturas de Telecomunicações, Segurança e Domótica




**OBJECTIVOS GERAIS E ENQUADRAMENTO**  
 Promover competências aos pós-graduados no âmbito do projecto, execução e fiscalização de instalações de infra-estruturas telefónicas em edifícios e urbanizações, sistemas de segurança, domótica e gestão técnica centralizada.

**DESTINATÁRIOS**  
 O curso destina-se a bacharéis e licenciados recém formados na área da Engenharia Electrotécnica e/ou Engenharia Electrónica, assim como quadros no activo que pretendam adquirir competências no âmbito das telecomunicações, segurança e domótica.

**LOCAL**  
 ISEP, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
 R. Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto  
 Tel: 228 340 500 - Fax: 228 321 159  
 info: jbc@isep.ipp.pt