

NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica | Nº18 | dezembro de 2016

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

Ao terminar mais um ano, honramos o nosso compromisso convosco e voltamos à vossa presença com a publicação da 18ª Edição da nossa revista “Neutro à Terra”. O ano que agora termina, sem deixar de ser ainda um ano difícil para a indústria eletrotécnica, verificou-se que esta manteve apesar de tudo uma dinâmica muito apreciável, apresentando novas ideias, novos projetos, novas soluções e assumindo novos compromissos com diversas instituições. Também no âmbito da nossa revista, continuou a verificar-se um interesse crescente pelas nossas publicações, destacando-se a vontade de algumas empresas em colaborar connosco, mas também o crescimento que se tem verificado da procura e visualização da revista “Neutro à Terra” um pouco por todo o mundo, destacando-se neste caso os Estados Unidos.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor



Máquinas e Veículos Elétricos



Produção, Transporte e Distribuição Energia



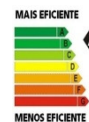
Instalações Elétricas



Telecomunicações



Segurança



Gestão de Energia e Eficiência Energética



Automação, Gestão Técnica e Domótica

Índice

03| Editorial

05| Eficiência Energética em Equipamentos de Força-Motriz

José António Beleza Carvalho

Instituto Superior de Engenharia do Porto

16| Conducting and Insulating Materials

Manuel Bolotinha

Engenheiro Eletrotécnico - Consultor

20| Proteção das Pessoas nos Esquemas de Ligação à Terra “TN” e “IT”

José António Beleza Carvalho

Instituto Superior de Engenharia do Porto

28| ITED 3 – Evolução nas Regras Técnicas de Projeto e Instalação de Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios

Nuno Cota

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

36| KNX - standard internacional para o controlo da habitação e edifícios

Benilde Magalhães

Tev 2-Distribuição de Material Eléctrico Lda

40| Avaliação dos primeiros 6 anos de uma microprodução fotovoltaica

António Carvalho de Andrade

Instituto Superior de Engenharia do Porto

46| Fundamentos da deteção automática de incêndios em edifícios. Parte 2.

Antonio Augusto Araújo Gomes

Instituto Superior de Engenharia do Porto

51| Autores

FICHA TÉCNICA

DIRETOR:

José António Beleza Carvalho, Doutor

SUBDIRETORES:

António Augusto Araújo Gomes, Eng.º
Roque Filipe Mesquita Brandão, Doutor
Sérgio Filipe Carvalho Ramos, Doutor

PROPRIEDADE:

Área de Máquinas e Instalações Elétricas
Departamento de Engenharia Electrotécnica
Instituto Superior de Engenharia do Porto

CONTATOS:

jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:

ISSN: 1647-5496

Estimados leitores

Ao terminar mais um ano, honramos o nosso compromisso convosco e voltamos à vossa presença com a publicação da 18ª Edição da nossa revista “Neutro à Terra”. O ano que agora termina, sem deixar de ser ainda um ano difícil para a indústria eletrotécnica, verificou-se que esta manteve apesar de tudo uma dinâmica muito apreciável, apresentando novas ideias, novos projetos, novas soluções e assumindo novos compromissos com diversas instituições. Também no âmbito da nossa revista, continuou a verificar-se um interesse crescente pelas nossas publicações, destacando-se a vontade de algumas empresas em colaborar connosco, mas também o crescimento que se tem verificado da procura e visualização da revista “Neutro à Terra” um pouco por todo o mundo, destacando-se neste caso os Estados Unidos.

Procurando que esta revista seja também uma referência no setor eletrotécnico em diversos países estrangeiros, de língua oficial portuguesa e não só, mantemos o compromisso de publicar um artigo de natureza mais científica em língua Inglesa. Nesta edição um interessante artigo sobre materiais condutores e materiais isolantes, “*Conducting and Insulating Materials*”, da autoria do Professor Manuel Bolotinha.

Os motores elétricos são de longe as cargas mais importantes na indústria e no sector terciário. A União Europeia, através do organismo EU MEPS (*European Minimum Energy Performance Standard*) definiu um novo regime obrigatório para os níveis mínimos de eficiência dos motores elétricos que sejam introduzidos no mercado europeu. O novo regime abrange motores de indução trifásica até 375 kW, de velocidade simples. Entrou em vigor em três fases a partir de meados de 2011. Nesta publicação, apresenta-se um artigo sobre “Eficiência Energética em Equipamentos de Força-Motriz” que aborda a nova classificação relacionada com as classes de eficiência, assim como algumas metodologias que se podem adotar para uma utilização mais eficiente dos equipamentos de força motriz.

O correto dimensionamento dos dispositivos de proteção das pessoas contra contactos indiretos em instalações elétricas de Baixa Tensão (BT), é uma das condições fundamentais para que uma instalação possa ser utilizada e explorada com conforto e em perfeitas condições de segurança. De acordo com a normalização em vigor, é, também, uma das condições essenciais para a certificação ou licenciamento das instalações elétricas por parte das entidades ou organismos responsáveis, a quem estão atribuídas estas competências. Nesta publicação da revista “Neutro à Terra” apresenta-se um interessante artigo científico sobre a proteção de pessoas contra contactos indiretos nos Esquemas de Ligação à Terra em “TN” e “IT”.

As Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios são sempre um assunto importante e alvo de várias publicações na nossa revista. Nesta edição apresentamos um artigo sobre a evolução das Regras Técnicas de Projeto e Instalação no âmbito do ITED 3, da autoria do Engº Nuno Cota.

Na conceção de qualquer edifício, os termos conforto e poupança energética assumem uma relevância crescente. Para além dos aspetos puramente arquitetónicos, a introdução de elementos tecnológicos como é o caso da domótica ou imótica, contribuem simultaneamente para controlar as despesas energéticas e proporcionar maior conforto aos utilizadores. Nesta edição da revista, apresenta-se um artigo técnico que efetua análise global da distribuição dos consumos energéticos em edifícios de habitação em termos de energia final, revelando que 50% dos consumos incidem nos sectores que agregam a iluminação, eletrodomésticos, aquecimento e arrefecimento.

Nesta edição da revista destacam-se ainda a publicação de outros interessantes artigos, como “Avaliação Técnica e Económica dos primeiros 6 anos de uma instalação residencial de Microprodução Fotovoltaica”, e a publicação da 2ª parte do artigo técnico sobre “Fundamentos da Detecção Automática de incêndios em Edifícios”.

Estando certo que esta edição da revista “Neutro à Terra” apresenta artigos de elevado interesse para todos os profissionais do setor eletrotécnico, satisfazendo assim as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos e desejo a todos um Bom Ano de 2017.

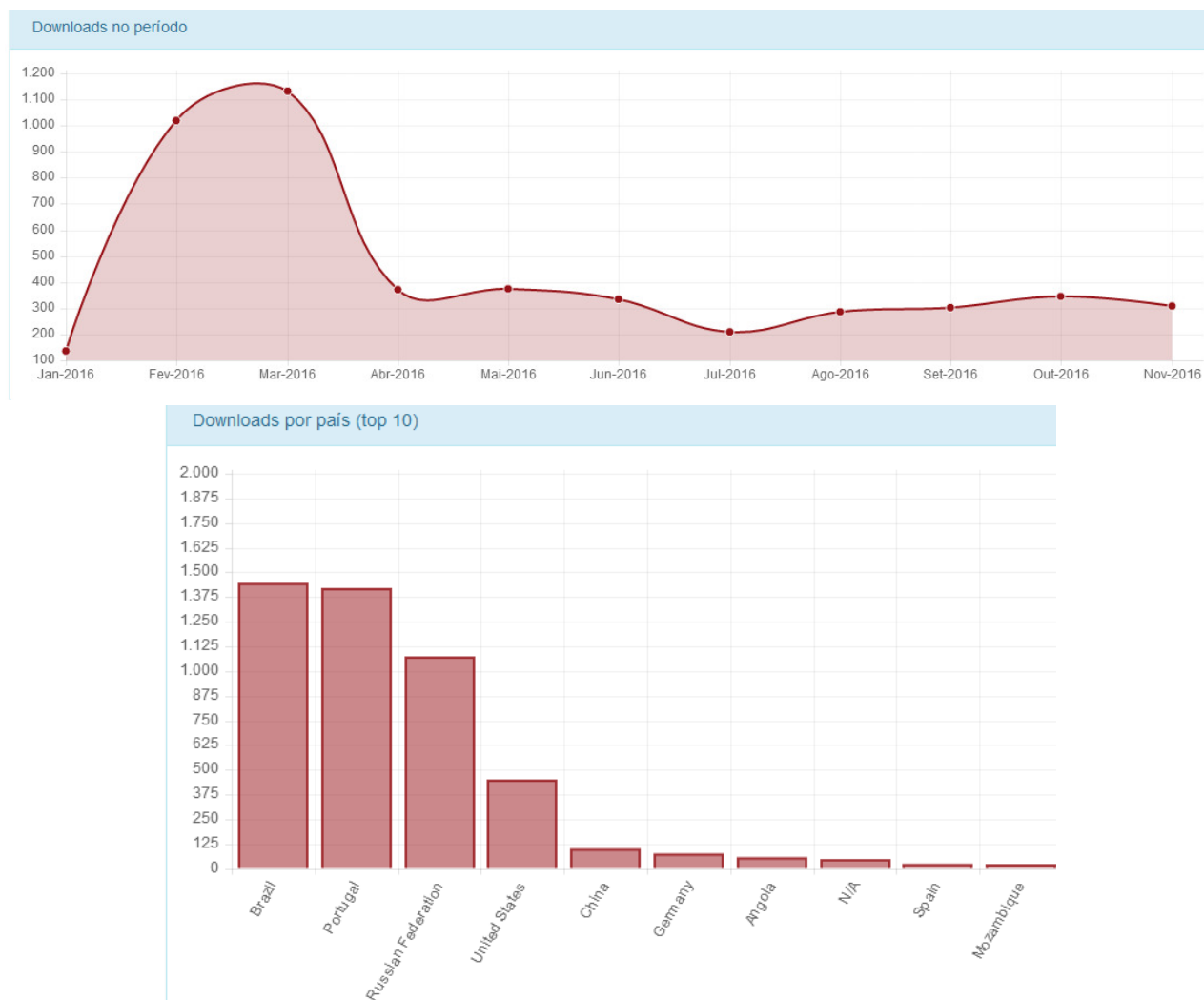
Porto, 26 dezembro de 2016

José António Beleza Carvalho

Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto:

<http://recipp.ipp.pt/>

Downloads entre janeiro e novembro de 2016



Blog:

www.neutroaterra.blogspot.com

Visualização de páginas

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	18985
Estados Unidos	2532
Brasil	1387
Alemanha	392
França	220
Rússia	180
Angola	172
Reino Unido	166
Ucrânia	115
Espanha	93

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EQUIPAMENTOS DE FORÇA-MOTRIZ

1. Introdução

A Eficiência Energética (EE) visa proporcionar o mesmo nível de produção de bens, serviços e de conforto através de tecnologias que reduzem os consumos face a soluções convencionais.

A EE pode conduzir a reduções substanciais do consumo de energia e das emissões de poluentes associadas à sua conversão. Em muitas situações a EE pode também conduzir a uma elevada economia nos custos do ciclo de vida dos equipamentos utilizadores de energia (custo inicial mais custo de funcionamento ao longo da vida útil).

Embora geralmente sejam mais dispendiosos, em termos de custo inicial, os equipamentos mais eficientes consomem menos energia, conduzindo a custos de funcionamento mais reduzidos e apresentando outras vantagens adicionais.

Neste âmbito, os motores elétricos, particularmente o motor assíncrono de indução, são o tipo de máquina mais utilizada na indústria em virtude da sua grande versatilidade, gama de potências, robustez, duração, reduzida manutenção, baixa poluição, facilidade de produção e custos de aquisição relativamente baixos.

Como qualquer máquina, o motor elétrico, responsável pela conversão de energia elétrica em mecânica, apresenta perdas. O rendimento (ou eficiência) é definido como sendo a razão entre a potência de saída (ao nível do veio de saída do acionamento) e a potência elétrica absorvida à entrada.

A produção de energia mecânica, através da utilização de motores elétricos, absorve cerca de 60% da energia elétrica consumida no sector industrial do 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 aciona.

Quando o regime de funcionamento é muito variável, para permitir este ajustamento, pode-se equipar o motor com um conversor eletrónico de variação de velocidade.

Outra possibilidade é a utilização dos motores “de perdas reduzidas”, de “alto rendimento”, ou “elevada eficiência”, que permitem economias energéticas consideráveis.

Nos últimos anos, muitos fabricantes de motores investiram fortemente na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos com o objetivo de colocarem no mercado motores mais eficientes.

O acordo voluntário obtido em 1999 entre a CEMEP (Associação Europeia de Fabricantes de Motores Elétricos) e a Comissão Europeia sobre o rendimento de motores de 2 e 4 pólos, na gama de potências 1,1 a 90 kW, foi revisto em 2004.

Os motores foram classificados de acordo com o seu rendimento:

- EFF1 – Motores de alto rendimento;
- EFF2 – Motores de rendimento aumentado;
- EFF3 – Motores sem qualquer requisito especial.

A norma CEI/EN 60034-30:2008 define três classes de eficiência IE (*International Efficiency*) para motores assíncronos de indução trifásicos, rotor em gaiola de esquilo, e velocidade simples:

- IE1: Eficiência Standard
(EFF2 do antigo sistema Europeu de classificação)
- IE2: Eficiência Elevada
(EFF1 do antigo sistema Europeu de classificação e idêntica à EPAct nos EUA para motores de 60Hz)

- IE3: Eficiência Premium (idêntica ao "NEMA Premium" nos E.U.A. para motores de 60Hz)
- IE4: nível de eficiência superior a IE3

Os níveis de eficiência definidos na norma CEI/EN 60034-30:2008 baseiam-se em métodos de ensaio especificados na norma CEI/EN 60034-2-1:2007. Comparando com as anteriores classes de rendimento Europeias, definidas pelo acordo CEMEP (norma CEI/EN 60034-2:1996), o leque foi ampliado.

A norma CEI/EN 60034-30 abrange quase todos os motores (por exemplo: motores standard, motores para ambientes perigosos, motores para embarcações e marinas, motores usados como freio), nomeadamente:

- Motores de velocidade simples, trifásicos, 50 e 60 Hz
- Motores de 2, 4 ou 6 pólos
- Motores com potência nominal entre 0,75 - 375 kW
- Motores de tensão nominal até 1000 V
- Motores do tipo Duty S1 (funcionamento em contínuo) ou S3 (funcionamento intermitente ou periódico) com um fator de duração cíclica nominal de 80 por cento ou superior.

2. Características dos motores de elevada eficiência

A eficiência dos motores está associada a uma redução das suas perdas, que é conseguida à custa, quer da utilização de materiais construtivos de melhor qualidade e com melhores acabamentos, quer por alteração das suas características dimensionais.

Estas perdas são devidas aos diversos elementos que estão presentes na conversão eletromecânica de energia e podem ser divididas em quatro tipos:

- Perdas elétricas;
- Perdas magnéticas;
- Perdas mecânicas;
- Perdas parasitas.

As perdas elétricas são provocadas pela resistência não nula dos condutores das bobinas que ao serem percorridos pela corrente provocam perdas caloríficas. As perdas magnéticas ocorrem nas lâminas de ferro do estator e do rotor devido à histerese e às correntes de Foucault. As perdas mecânicas são provocadas pela rotação das peças móveis, ventilação e atrito do ar. As perdas parasitas são devidas a fugas e irregularidades de fluxo e, também, distribuição de corrente não uniforme.

Para melhorar a eficiência dos motores elétricos, os construtores aumentaram a massa de materiais ativos (cobre e ferro) de forma a diminuir as induções, as densidades de corrente e, assim, reduzir as perdas no cobre e no ferro.

Utilizam-se chapas magnéticas de perdas mais reduzidas, entalhes especiais em certos casos e reformulou-se 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 da eficiência, compreendida entre 2 e 4,5%, e do $\cos\phi$, permite amortizar rapidamente este aumento de preço.

As melhorias típicas que são efetuadas a nível construtivo da máquina podem ser visualizadas na Figura 1 e são resumidas na tabela 1.

Apesar de este tipo de motores possuir uma eficiência melhorada, quando inseridos num sistema, a eficiência total do mesmo sistema depende de todos os outros componentes que o compõem.

Por este motivo, não se deve apenas investir na compra de um motor de elevada eficiência, quando existirem problemas de eficiência nos outros componentes do sistema.

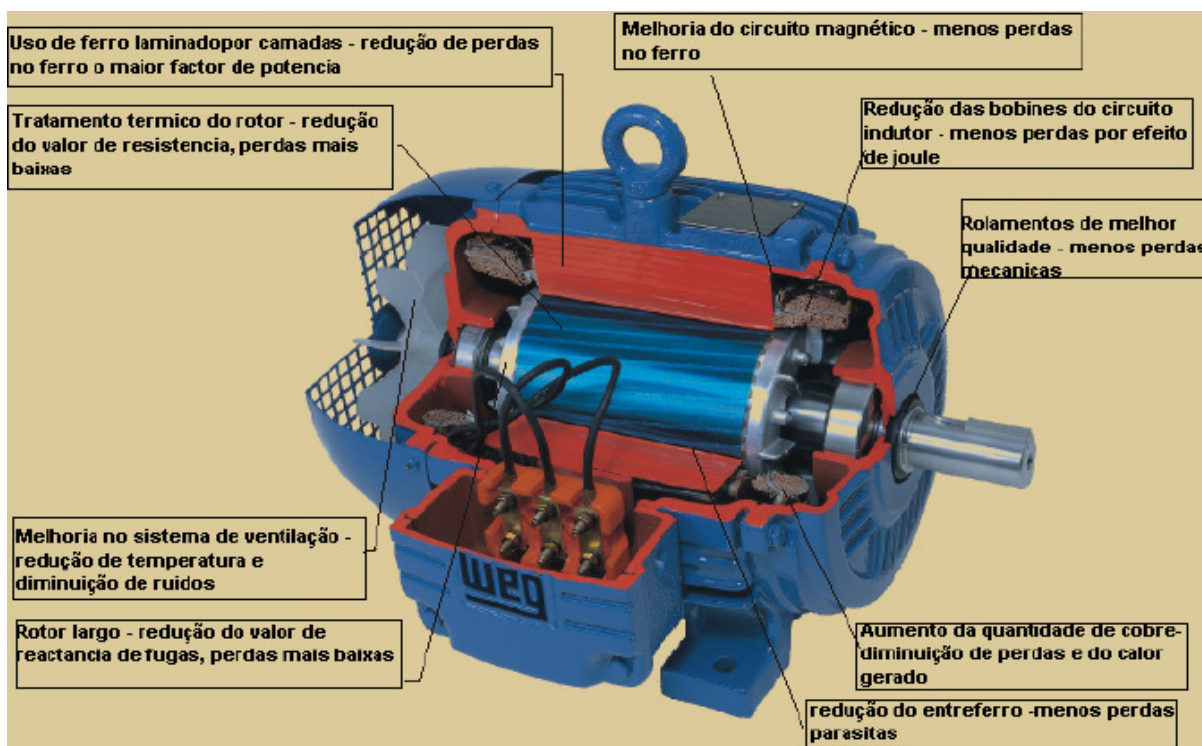


Figura 1. Alterações nos motores para obter elevada eficiência [fonte: WEG]

Tabela 1. Resumo das alterações nos motores de elevada eficiência

Alteração efetuada	Efeito produzido
Tratamento térmico do rotor	Redução da resistência
Uso de ferro laminado por camada	Redução das perdas no ferro
Melhoria do circuito magnético	Redução das perdas no ferro
Redução das bobinas do circuito indutor	Redução das perdas por efeito de Joule
Melhor qualidade dos rolamentos	Redução das perdas mecânicas
Maior quantidade de cobre	Diminuição de perdas e do calor gerado
Redução do entre-ferro	Diminuição das perdas parasitas
Rotor mais largo	Reactância de fugas menor
Sistema de ventilação melhorado	Diminuição de ruídos e da temperatura

3. Classificação da eficiência energética

Na Europa a classificação dos motores de corrente alternada de baixa tensão, foi estabelecida em 1998 com o acordo voluntário dos principais fabricantes de motores Europeus.

De uma forma resumida, o acordo estabelecido entre a Comissão Europeia (CE) e o Comité Europeu de Fabricantes de Máquinas Elétricas e de equipamentos e sistemas de Eletrónica de Potência (CEMEP) definia que os motores de 1,1 a 90 kW de potência nominal, 50 ou 60 Hz, com 2 e 4 pólos magnéticos, seriam classificados de acordo com os valores dos respetivos rendimentos.

As classes de rendimento estabelecidas foram as seguintes:

- EFF1: Motores de elevado rendimento;
- EFF2: Motores de rendimento melhorado;
- EFF3: Motores de rendimento normal.

No acordo CE/CEMEP ficou ainda estabelecido que as vendas, na União Europeia, de motores EFF3 diminuiriam para metade até 2003.

Este objetivo foi alcançado e a venda de motores EFF3 terminou pouco tempo depois.

Todos os fabricantes que assinaram este acordo ficaram autorizados a colocar a etiqueta de eficiência nos motores e em toda a documentação que os acompanhe, o que tornou mais fácil a identificação da classe do motor.



Figura 3. Etiquetas de eficiência dos motores

Com base no acordo voluntário anteriormente referido, foi também criada uma base de dados europeia EuroDEEM, que foi elaborada pelo centro de pesquisa da Comissão Europeia (CE/JRC), com o objetivo de reunir num só suporte as informações mais importantes sobre os motores elétricos disponíveis no mercado.

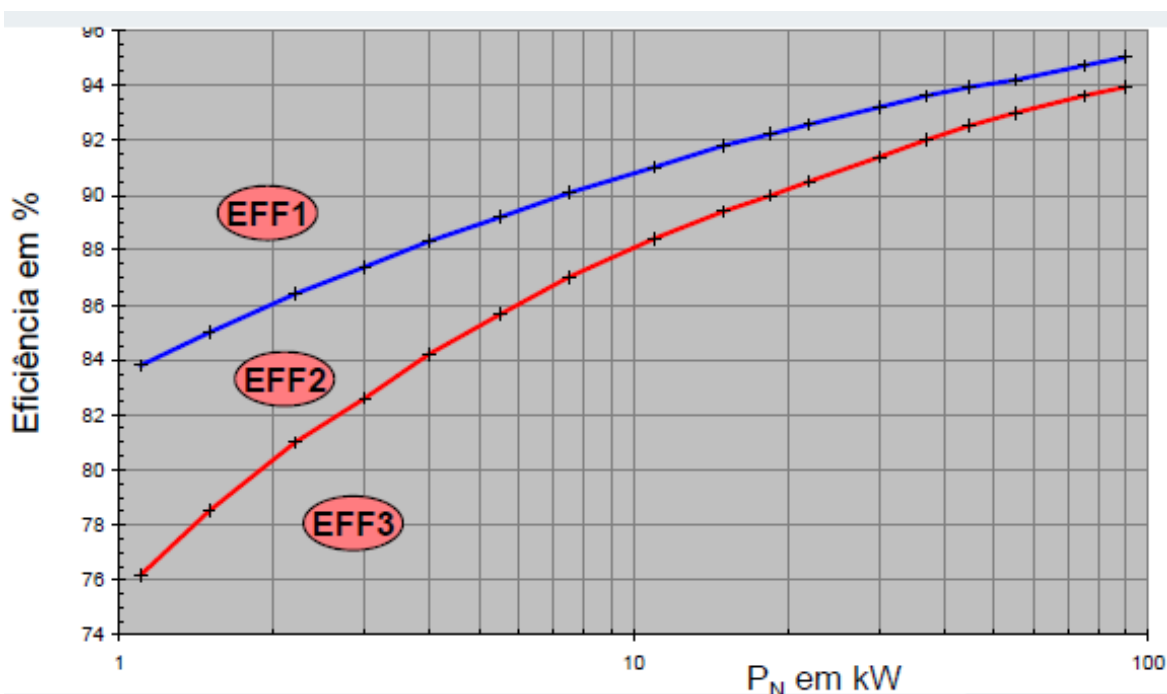


Figura 2. Classes de eficiência de motores. [Fonte: SEW-Eurodrive]

A tabela 2 apresenta os valores limite para a eficiência dos motores, estabelecidos no acordo com a CEMEP com base na norma CEI 60034-2.

4. Novas normas para classificação da eficiência energética

A União Europeia, através do organismo EU MEPS (*European Minimum Energy Performance Standard*), definiu um novo regime obrigatório para os níveis mínimos de eficiência dos motores elétricos que sejam introduzidos no mercado europeu.

O objetivo visa reduzir o consumo de energia e outros impactos ambientais negativos de produtos que consomem energia elétrica.

Ao mesmo tempo, pretende-se melhorar a uma escala global o nível de harmonização regulamentar em assuntos relacionados com a eficiência em equipamentos de força-motriz.

Este novo regime abrange os motores de indução trifásicos, de velocidade simples, até 375 kW. Entrou em vigor em três fases a partir de meados de 2011.

Sob este novo regime os fabricantes são obrigados a apresentar a classe e valores de eficiência do motor na respetiva chapa de características e na documentação do produto, que deve indicar claramente o método de teste usado na determinação da eficiência.

O organismo EU MEPS baseia-se em duas normas CEI:

- A norma CEI/EN 600034-2-1, disponível desde Setembro de 2007, introduz novas regras relativas aos métodos de teste que devem ser usados na determinação das perdas e da eficiência dos motores elétricos.
- A norma CEI/EN 600034-30, disponível desde outubro de 2008, especifica as classes de eficiência que devem ser adotadas.

Tabela 2. Definição das diversas classes de eficiência. Standard de 1996

kW	EFF3 2 e 4 pólos η_n (%)	EFF2 2 e 4 pólos η_n (%)	EFF1 2 pólos η_n (%)	EFF1 4 pólos η_n (%)
1,1	<76,2	$\geq 76,2$	$\geq 82,2$	$\geq 83,8$
1,5	<78,5	$\geq 78,5$	$\geq 84,1$	$\geq 85,0$
2,2	<81,0	$\geq 81,0$	$\geq 85,6$	$\geq 86,4$
3	<82,6	$\geq 82,6$	$\geq 86,7$	$\geq 87,4$
4	<84,2	$\geq 84,2$	$\geq 87,6$	$\geq 88,3$
5,5	<85,7	$\geq 85,7$	$\geq 88,6$	$\geq 89,3$
7,5	<87,0	$\geq 87,0$	$\geq 89,5$	$\geq 90,1$
11	<88,4	$\geq 88,4$	$\geq 90,5$	$\geq 91,0$
15	<89,4	$\geq 89,4$	$\geq 91,3$	$\geq 91,8$
18,5	<90,0	$\geq 90,0$	$\geq 91,8$	$\geq 92,2$
22	<90,5	$\geq 90,5$	$\geq 92,2$	$\geq 92,6$
30	<91,4	$\geq 91,4$	$\geq 92,9$	$\geq 93,2$
37	<92,0	$\geq 92,0$	$\geq 93,3$	$\geq 93,6$
45	<92,5	$\geq 92,5$	$\geq 93,7$	$\geq 93,9$
55	<93,0	$\geq 93,0$	$\geq 94,0$	$\geq 94,2$
75	<93,6	$\geq 93,6$	$\geq 94,6$	$\geq 94,7$
90	<93,9	$\geq 93,9$	$\geq 95,0$	$\geq 95,0$

A norma CEI/EN 60034-2-1:2007 define duas formas de determinar a eficiência dos motores elétricos, o método direto e os métodos indiretos.

A norma especifica os seguintes parâmetros para determinar a eficiência pelo método indireto:

- Temperatura de referência;
- Três opções para determinar as perdas adicionais em carga: medição, estimativas e cálculo matemático.

Os valores de eficiência resultantes diferem daqueles obtidos sob o padrão anterior de teste baseados na norma CEI/EN 60034-2:1996.

Deve-se notar que os valores de eficiência só são comparáveis se forem medidos utilizando o mesmo método.

A norma CEI/EN 60034-30:2008 define três classes de eficiência IE (*International Efficiency*) para motores assíncronos de indução trifásicos, rotor em gaiola de esquilo, e velocidade simples:

- IE1: Eficiência Standard
(EFF2 do antigo sistema Europeu de classificação)
- IE2: Eficiência Elevada
(EFF1 do antigo sistema Europeu de classificação e idêntica à EPAct nos EUA para motores de 60Hz)



Chapa de características de motor ABB, modelo M3BP 315 SMC 4 B3. A placa contém informações técnicas e de identificação.

3 ~ Motor		M3BP 315 SMC 4 B3	
RF12345-1		2009	
No. 3GF09123456001		Ins.cl. F	
V	Hz	kW	r/min
690 Y	50	160	1487
400 D	50	160	1487
415 D	50	160	1488
A	cos φ	Duty	
165	0,85	S1	
284	0,85	S1	
277	0,84	S1	
IE2 - 95,6 (100X) - 95,5 (75X) - 95,1 (50X)			
Prod. code 3GBP312230-ADG			
Nmax 2300 r/min			
6319/C3	6316/C3	1000	kg
IEC 60034-1			

Figura 4. Chapa de características de motor ABB, de acordo com as novas normas

- IE3: Eficiência Premium
(idêntica ao "NEMA Premium" nos E.U.A. para motores de 60Hz)
- IE4: Nível de eficiência superior a IE3

Os níveis de eficiência definidos na norma CEI/EN 60034-30:2008 baseiam-se em métodos de ensaio especificados na norma CEI/EN 60034-2-1:2007.

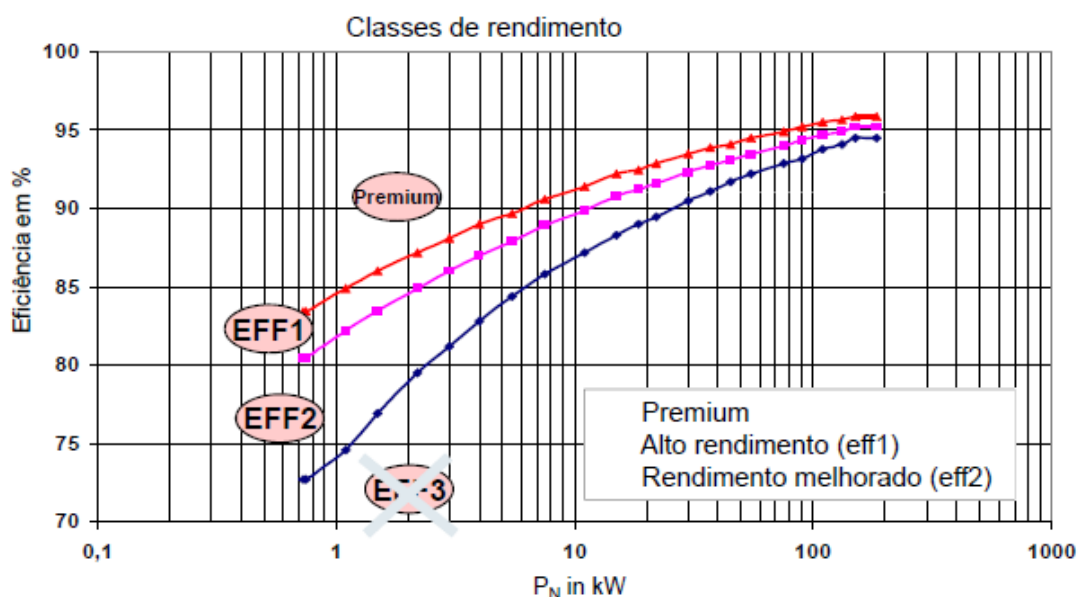


Figura 5. Novas classes de eficiência de motores. [SEW-Eurodrive]

Comparando com as anteriores classes de rendimento Europeias, definidas pelo acordo CEMEP (norma CEI/EN 60034-2:1996), o leque foi ampliado.

A norma CEI/EN 60034-30 abrange quase todos os motores (por exemplo: motores standard, motores para ambientes perigosos, motores para embarcações e marinas, motores usados como freio), nomeadamente:

- Motores de velocidade simples, trifásicos, 50 e 60 Hz
- Motores de 2, 4 ou 6 pólos
- Motores com potência nominal entre 0,75 - 375 kW
- Motores de tensão nominal até 1000 V
- Motores do tipo Duty S1 (funcionamento em contínuo) ou S3 (funcionamento intermitente ou periódico) com um fator de duração cíclica nominal de 80 por cento ou superior.

Os motores que estão excluídos das normas CEI/EN 60034-30 são os seguintes:

- Motores feitos exclusivamente para funcionarem como conversores.

- Motores feitos exclusivamente para funcionarem imersos em líquidos.
- Motores totalmente integrados em máquinas que não podem ser testados separadamente da máquina (por exemplo, bombas, ventiladores ou compressores).
- Motores especificamente concebidos para funcionarem a altitudes superiores a 1000 metros. Onde as temperaturas do ar possam ultrapassar os 40 °C. Em temperaturas máximas superiores a 400 °C. Onde a temperatura ambiente for inferior a -15 °C (qualquer motor) ou inferior a 0 °C (motores refrigerados a ar). Onde a temperatura da água de arrefecimento na entrada de um produto é inferior a 5 °C ou superior a 25 °C. Em atmosferas potencialmente explosivas, tal como definido na Directiva 94/9/CE.

Na tabela 3 apresenta-se os valores limite para a eficiência dos motores com base na norma CEI 60034-30:2008, e CEI/EN 60034-2-1.

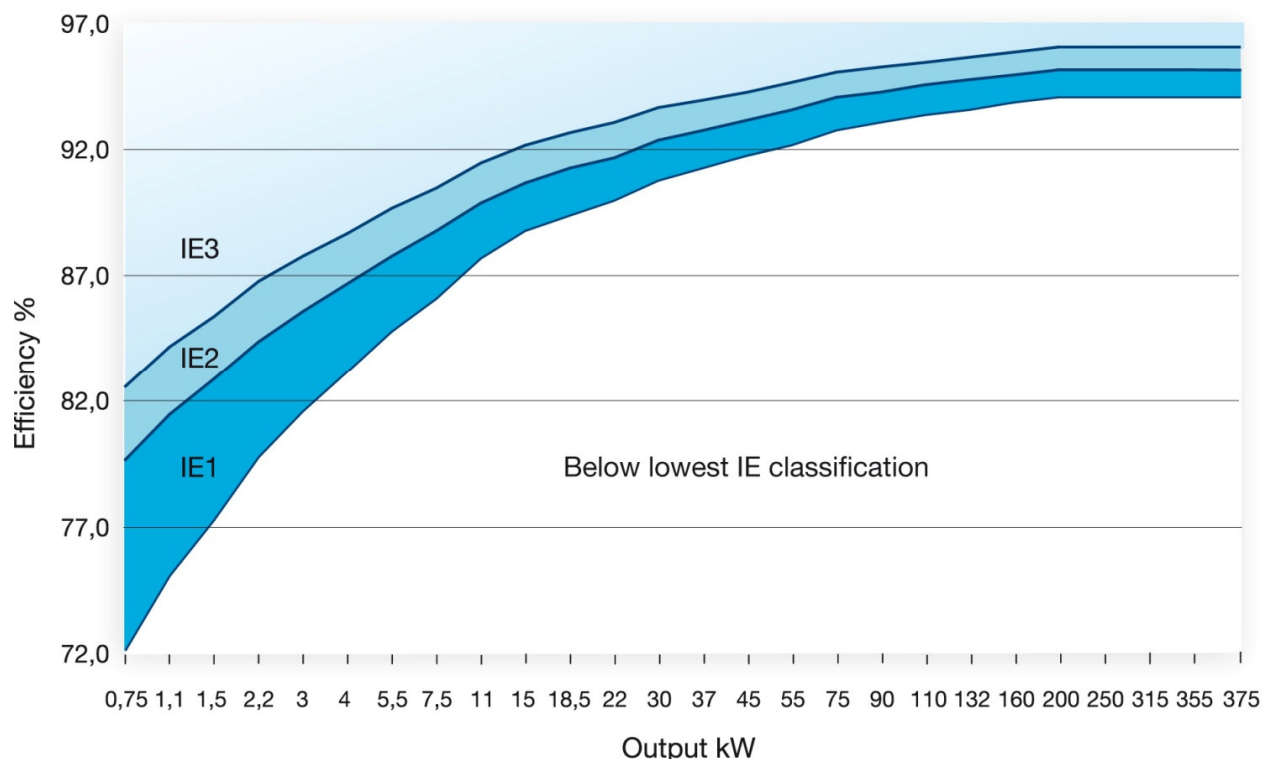


Figura 6. Novas classes IE de eficiência de motores elétricos

Tabela 3. Definição das diversas classes de eficiência

Normas CEI 60034-30:2008,e CEI/EN 600034-2-1

[Fonte: ABB]

Out-put kw	IE1 Standard efficiency			IE2 High efficiency			IE3 Premium efficiency		
	2 pole	4 pole	6 pole	2 pole	4 pole	6 pole	2 pole	4 pole	6 pole
0.75	72.1	72.1	70.0	77.4	79.6	75.9	80.7	82.5	78.9
1.1	75.0	75.0	72.9	79.6	81.4	78.1	82.7	84.1	81.0
1.5	77.2	77.2	75.2	81.3	82.8	79.8	84.2	85.3	82.5
2.2	79.7	79.7	77.7	83.2	84.3	81.8	85.9	86.7	84.3
3	81.5	81.5	79.7	84.6	85.5	83.3	87.1	87.7	85.6
4	83.1	83.1	81.4	85.8	86.6	84.6	88.1	88.6	86.8
5.5	84.7	84.7	83.1	87.0	87.7	86.0	89.2	89.6	88.0
7.5	86.0	86.0	84.7	88.1	88.7	87.2	90.1	90.4	89.1
11	87.6	87.6	86.4	89.4	89.8	88.7	91.2	91.4	90.3
15	88.7	88.7	87.7	90.3	90.6	89.7	91.9	92.1	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	90.9	91.2	90.4	92.4	92.6	91.7
22	89.9	89.9	89.2	91.3	91.6	90.9	92.7	93.0	92.2
30	90.7	90.7	90.2	92.0	92.3	91.7	93.3	93.6	92.9
37	91.2	91.2	90.8	92.5	92.7	92.2	93.7	93.9	93.3
45	91.7	91.7	91.4	92.9	93.1	92.7	94.0	94.2	93.7
55	92.1	92.1	91.9	93.2	93.5	93.1	94.3	94.6	94.1
75	92.7	92.7	92.6	93.8	94.0	93.7	94.7	95.0	94.6
90	93.0	93.0	92.9	94.1	94.2	94.0	95.0	95.2	94.9
110	93.3	93.3	93.3	94.3	94.5	94.3	95.2	95.4	95.1
132	93.5	93.5	93.5	94.6	94.7	94.6	95.4	95.6	95.4
160	93.7	93.8	93.8	94.8	94.9	94.8	95.6	95.8	95.6
200	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8
250	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8
315	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8
355	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8
375	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8

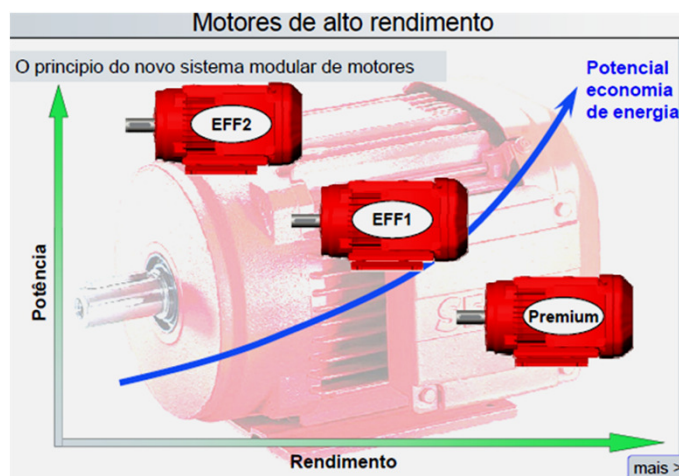


Figura 7. Variação do rendimento com a potência

[Fonte: SEW-Eurodrive]

5. Variadores eletrônicos de velocidade

Uma grande parte das aplicações em que se utiliza força motriz beneficia, em termos de consumo de energia elétrica e de desempenho global, se a velocidade do motor se ajustasse às necessidades do processo.

A utilização de variadores eletrônicos de velocidade (VEVs) permite responder a alterações nas condições de carga do motor através da variação da sua velocidade.

Por exemplo os VEVs podem substituir com larga vantagem dispositivos de estrangulamento de caudais utilizados em muitas aplicações na Indústria.

Através da regulação da velocidade de rotação dos motores, os VEVs proporcionam uma melhoria das condições de funcionamento dos processos, um menor desgaste dos componentes mecânicos, um menor ruído de funcionamento e, fundamentalmente, uma substancial poupança de eletricidade.

A adoção de variadores eletrônicos para regular a velocidade das máquinas rotativas é, atualmente, 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 eletrónicos 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.

Os VEVs, para além de permitirem efetuar arranques suaves, proporcionando um menor desgaste mecânico e elétrico do equipamento, implementam uma série de proteções ao motor, como proteção contra curto-circuitos, sobreintensidades, sobretensões e falta de fase, que deste modo não precisam ser adquiridas separadamente, podendo facilmente ser integrados em sistemas automáticos de gestão da produção.

Existem diversos tipos de configurações do circuito eletrónico dos VEVs, consoante o tipo de motor e a gama de potência. A maioria dos VEVs é baseada em conversores AC-DC-AC (figura 8).

A figura 9 mostra a potência elétrica absorvida por uma bomba com controlo de caudais por válvula de estrangulamento e por controlo de velocidade.

Pode observar-se uma diferença considerável da potência entre os dois métodos, à medida que o caudal decresce.

Outros tipos de cargas (ventiladores, compressores) apresentam um comportamento semelhante.

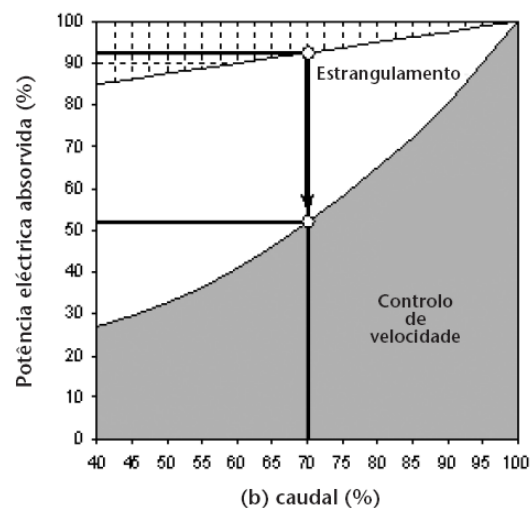
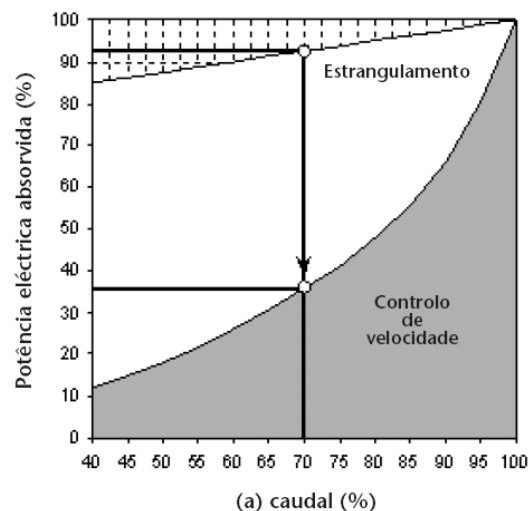


Figura 9. Potência elétrica absorvida por uma bomba com controlo de caudais por válvula de estrangulamento e por controlo de velocidade (a) sem elevação (b) com elevação
[BCSD –Portugal]

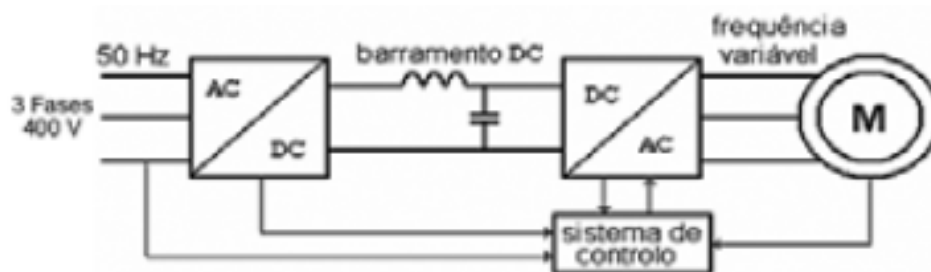


Figura 8. Diagrama de um variador eletrônico de velocidade
[BCSD –Portugal]

6. Considerações finais

A produção de energia mecânica, através da utilização de motores elétricos, absorve cerca de 60% da energia elétrica consumida no sector industrial do nosso País, da qual apenas metade é energia útil.

Este sector é, pois, um daqueles em que é preciso tentar fazer economias, prioritariamente.

Os sistemas de acionamentos eletromecânicos têm que ser abordados como um todo, já que a existência de um componente de baixo rendimento influencia drasticamente o rendimento global.

Os pontos fundamentais em que se deve intervir são os seguintes:

- Dimensionar corretamente os equipamentos de força motriz, fazendo os motores funcionar com cargas da ordem dos 70 a 80%.
- Adaptar a velocidade do motor às necessidades do processo, utilizando sempre que necessário dispositivos eletrónicos de variação de velocidade.
- Atender às necessidades de manutenção dos motores, que são essencialmente a limpeza da carcaça, a fim de reduzir a temperatura, e nalguns casos a lubrificação dos rolamentos.
- Utilizar os novos motores de “alto rendimento”, que já provaram a sua competitividade apesar do seu custo superior, devendo-se ponderar sempre que necessário a sua utilização.

A União Europeia, através do organismo EU MEPS (*European Minimum Energy Performance Standard*) definiu um novo regime obrigatório para os níveis mínimos de eficiência dos motores elétricos que sejam introduzidos no mercado europeu.

O novo regime abrange motores de indução trifásicos até 375 kW, de velocidade simples. Entrou em vigor em três fases a partir de 2011.

Sob este novo regime os fabricantes são obrigados a apresentar os valores IE (*International Efficiency*) classe de eficiência nas placas do motor e na documentação do produto.

O organismo EU MEPS assenta em duas normas CEI.

- A norma CEI/EN 600034-2-1, disponível desde Setembro de 2007, introduz novas regras relativas aos métodos de teste que devem ser usados na determinação das perdas e da eficiência dos motores elétricos.
- A norma CEI/EN 600034-30, disponível desde Outubro de 2008, especifica as classes de eficiência que devem ser adotadas.

De acordo com estas normas os motores passam a ser classificados por:

- IE1 (equivalente a EFF2 na norma CEI/EN 600034-2:1996) – com utilização proibida;
- IE2 (equivalente a EFF1 na norma CEI/EN 600034-2:1996) – com utilização obrigatória;
- IE3 (Premium) – com utilização voluntária;
- IE4 (ainda não aplicável a acionamentos assíncronos).

Os motores de eficiência (IE1) deixam de ser colocados no mercado europeu a partir de 16 de Junho de 2011. Até aquela data todos os novos motores em avaliação na Europa tiveram de cumprir a eficiência IE2.

As regras não se aplicam fora da Europa. Por isso, será possível que os fabricantes produzam motores com eficiência IE1 para os mercados que não exijam estes requisitos mínimos de eficiência.

A conformidade com os padrões de eficiência exigidos é verificada por ensaios.

Cabe a cada estado membro da UE a vigilância relativa aos procedimentos de verificação e implementação das normas.

A implementação das novas normas em cada estado membro de EU foi realizada em três fases:

- Fase 1: até 16 de Julho de 2011
Todos os motores satisfazem o nível de eficiência IE2;
- Fase 2: até 1 de Janeiro de 2015
Todos os motores com uma potência nominal entre 7,5 - 375 kW satisfazem o nível de eficiência IE3 ou o nível IE2 se equipados com um variador eletrónico de velocidade;
- Fase 3: até 1 de Janeiro de 2017
Todos os motores com uma potência nominal entre 0,75-375 kW satisfazem o nível de eficiência IE3 ou o nível IE2 se equipados com um variador eletrónico de velocidade.

Referências

- Beleza Carvalho, J. A. Máquinas Assíncronas de Indução. Aulas de máquinas Eléctricas. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Beleza Carvalho, J. A. Utilização Racional de Energia em Equipamentos de Força Motriz. Revista Neutro à Terra Nº 11, Junho de 2013.
- Beleza Carvalho, J. A., Mesquita Brandão, R. F. Acionamentos Eficientes de Força-Motriz. Nova Classificação. Revista Neutro à Terra Nº 10, Junho de 2010.
- Beleza Carvalho, J. A., Mesquita Brandão, R. F., Eficiência Energética em Equipamentos de Força Motriz. Jornadas Luso-Brasileiras de Ensino e Tecnologia em Engenharia. ISEP, Porto, Fevereiro de 2009.
- Beleza Carvalho, J. A., Mesquita Brandão, R. F., *Efficient Use of Electrical Energy in Industrial Installations*. 4TH European Congress Economics and Management of Energy in Industry. Porto, Novembro de 2007.
- ABB, *Low Voltage Industrial Performance Motors*. Catálogo ABB 2009.
- Manual De Boas Práticas De Eficiência Energética. BCSD - Portugal.

Notas soltas: (Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto)

Água quente sanitária (AQS): a água potável aquecida em dispositivo próprio, com energia convencional ou renovável, até uma temperatura superior a 45°C, e destinada a banhos, limpezas, cozinha ou fins análogos.

Avaliação energética: a avaliação detalhada das condições de exploração de energia de um edifício ou fração, com vista a identificar os diferentes vetores energéticos e a caracterizar os consumos energéticos, podendo incluir, entre outros aspetos, o levantamento das características da envolvente e dos sistemas técnicos, a caracterização dos perfis de utilização e a quantificação, monitorização e a simulação dinâmica dos consumos energéticos.

Certificado SCE: o documento com número próprio, emitido por perito qualificado para a certificação energética para um determinado edifício ou fração, caracterizando-o em termos de desempenho energético.

Edifício: a construção coberta, com paredes e pavimentos, destinada à utilização humana.

Ventilação natural: a ventilação ao longo de trajetos de fugas e de aberturas no edifício, em consequência das diferenças de pressão, sem auxílio de componentes motorizados de movimentação do ar.

Ventilação mecânica: aquela que não seja ventilação natural.

Perito qualificado (PQ): o técnico com título profissional de perito qualificado para a certificação energética, nos termos da Lei n.º 58/2013, de 20 de agosto.

Técnico autor do projeto: o técnico legalmente habilitado para realizar o projeto e responsável pelo cumprimento da legislação aplicável.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



António Augusto Araújo Gomes

aag@isep.ipp.pt

Mestre (pré-bolonha) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Professor do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obras na CERBERUS - Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999.

Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.



António Carvalho de Andrade

ata@isep.ipp.pt

Licenciatura. Mestrado e Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Colaborador da EDP – Energias de Portugal (22 anos)

Professor ajunto do departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do porto

Benilde Magalhães



José António Beleza Carvalho

jbc@isep.ipp.pt

Nasceu no Porto em 1959. Obteve o grau de B.Sc em engenharia eletrotécnica no Instituto Superior de Engenharia do Porto, em 1986, e o grau de M.Sc e Ph.D. em engenharia eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em 1993 e 1999, respetivamente.

Atualmente, é Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento.



Manuel Bolotinha

manuelbolotinha@gmail.com

Licenciou-se em 1974 em Engenharia Eletrotécnica no Instituto Superior Técnico, onde foi Professor Assistente. Tem desenvolvido a sua atividade profissional nas áreas do projeto, fiscalização de obras e gestão de contratos de empreitadas de instalações elétricas, não só em Portugal, mas também em África, na Ásia e na América do Sul. Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros e Membro da Cigré, é também Formador Profissional, credenciado pelo IEFP, conduzindo cursos de formação, de cujos manuais é autor, em Portugal, África e Médio Oriente.



Nuno António Fraga Juliano Cota

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) na área de telecomunicações. Detentor do Título de Especialista em Engenharia de Telecomunicações pelo Instituto Politécnico de Lisboa.

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pelo Instituto Superior Técnico.

Presidente do Colégio de Eletrónica e Telecomunicações da Ordem dos Engenheiros Técnicos.

Consultor Externo da ANACOM para a elaboração das regras técnicas ITED3 e ITUR2.

