



Tecnologia inverter



BOLETIM DE
APLICAÇÃO



O QUE É O COMPONENTE “INVERTER”?

O INVERTER É UM COMPONENTE ELECTRÓNICO DE POTÊNCIA QUE FAZ VARIAR EM CONTÍNUO A FREQUÊNCIA DE FORNECIMENTO DA ELECTRICIDADE DE UM MOTOR ELÉCTRICO.

Por seu lado, a variação contínua da frequência faz variar continuamente a velocidade de rotação de um motor, de acordo com a equação abaixo (válida para mercados com uma frequência padrão de 50Hz):

EQUAÇÃO 1

$$RPM = \frac{Hz \times 120}{n.^{\circ} \text{ de polos do motor}} = \frac{50 \times 120}{n.^{\circ} \text{ de polos do motor}}$$

A equação (1) mostra que a velocidade de rotação de um motor depende da frequência da corrente (Hz) fornecida e do seu número de pólos. Por exemplo:

- Um motor que recebe corrente eléctrica alternada (AC) a 50Hz e com dois pólos tem uma velocidade de rotação de 3,000 rpm (sem carga)
- Um motor com seis pólos (três pares de pólos) roda a 1,000 rpm (sem carga).

A modulação contínua da velocidade do motor ajusta de forma precisa a potência fornecida por um componente eléctrico e ajusta a potência para cumprir um requisito do equipamento em qualquer momento.

De acordo com as leis da similaridade aplicadas às máquinas de operação rotativa, a potência é proporcional ao cubo do seu número de rotações, conforme indicado na equação (2):

EQUAÇÃO 2

$$\text{Potência} \propto RPM^3$$

Modular a potência para cumprir as exigências de um equipamento otimiza a eficiência energética, permitindo poupanças de energia significativas, o que reduz custos de gestão e minimiza o impacto no meio ambiente.

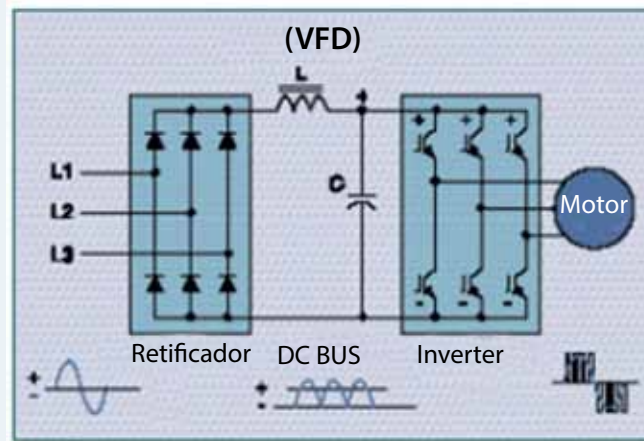
Qualquer inverter é composto por 3 seções (Figura 1):

- a) o RECTIFICADOR transforma a corrente alternada (AC) em corrente contínua (DC)
- b) o DC BUS actua como um acumulador de energia temporário
- c) o INVERTER gera uma ‘nova’ corrente alternada (AC) de frequência adequada para cumprir os requisitos energéticos de um equipamento.

O RECTIFICADOR é constituído por componentes que transformam a corrente 'alternada' em corrente 'contínua' e pode possuir diferentes tecnologias: activa ou passiva.

- Os rectificadores passivos são díodos
- Os rectificadores activos são Rectificadores Controlados de Silicó (SCR) ou transístores como Transístores Bipolares de Porta Isolada (IGBT), que permitem a passagem de corrente apenas se existir um sinal de controlo através de uma porta de activação.

FIGURA 1: DIAGRAMA DE UM TIPO DE INVERTER DE "6 IMPULSOS"



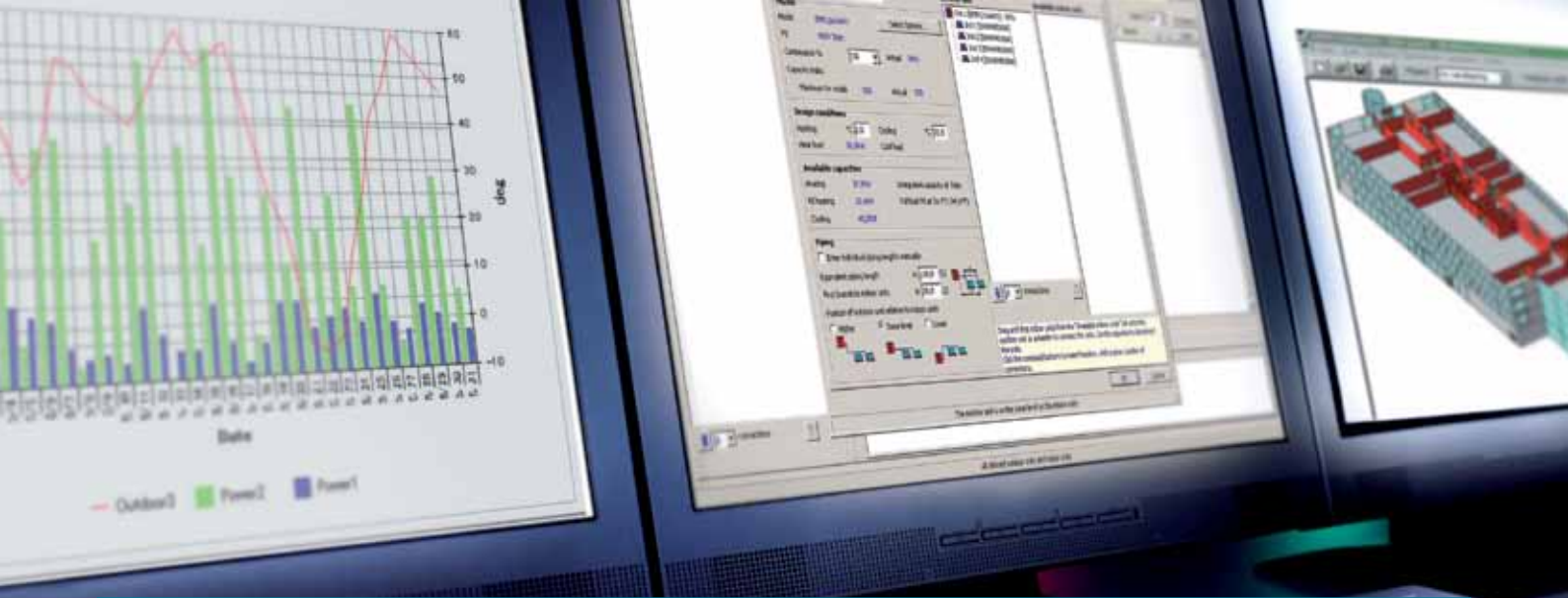
Dada a natureza 'alternada' da tensão fornecida, são necessários, pelo menos, dois rectificadores para cada fase de fornecimento: uma permite a passagem de corrente se a tensão de fornecimento for positiva; a outra "abre" se a tensão for negativa. Assim, em caso de fornecimento trifásico (L1, L2, L3 numa rede de 50Hz, trifásico 400V), o rectificador é composto por um mínimo de seis elementos rectificadores, que criam aquilo que é conhecido como um "inverter de 6 impulsos".

Contudo, alguns inverters estão equipados com inúmeros rectificadores, chegando a ser quatro, seis ou oito por cada fase. Estes são conhecidos como dispositivos de '12 impulsos' (4x3 fases), dispositivos de '18 impulsos' (6x3 fases) ou dispositivos de '24 impulsos' (8x3 fases).

A disponibilização de um maior número de rectificadores por fase reduz a distorção harmónica na rede, em comparação com aqueles normalmente provocados por um componente de um inverter.

Se o rectificador estiver equipado com componentes activos, como transístores IGBT, então o dispositivo inverter é conhecido como Inverter de Extremidade Frontal Activa (inverter AFE).

Estes dispositivos cumprem as leis e normas mais rigorosas relativamente ao nível máximo de distorção harmónica que pode ser provocada numa rede por parte do componente VFD.



AS PRINCIPAIS VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE UM INVERTER

ARRANCAR COM UM INVERTER TEM QUATRO VANTAGENS PRINCIPAIS:

- 1) VANTAGENS MECÂNICAS
- 2) VANTAGENS ELÉCTRICAS
- 3) EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
- 4) VANTAGENS PARA O UTILIZADOR FINAL

Todas aumentam a qualidade, a fiabilidade e a eficiência energética do equipamento mas, em função do equipamento em particular, algumas vantagens poderão ser mais importantes do que outras.

1. VANTAGENS MECÂNICAS

É sabido que qualquer componente mecânico é sujeito a um esforço máximo nas fases de “arranque” e “paragem”, o que, muitas vezes, envolve condições não ideais da lubrificação para os componentes móveis.



FIGURA 2: COMPONENTES MECÂNICOS NUM MOTOR, E/OU COMPRESSOR, AFECTADOS POR CONDIÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO

Nesses cenários, os ciclos de arranque/paragem repetidos e frequentes de um motor eléctrico, e especificamente de um compressor, aumenta o desgaste e pode afetar a fiabilidade ao longo do tempo (Figura 2). O desgaste mecânico nestas fases de transição é directamente proporcional à aceleração das peças móveis.

Um sistema de arranque eléctrico que mantenha uma frequência constante no fornecimento de electricidade ao motor (D.O.L., Y- Δ , arrancador suave de estado sólido (Soft Starter), arrancador de enrolamento parcial) sujeita as peças móveis à aceleração máxima durante a fase de arranque do componente.

Em contrapartida, um inverter utiliza a mudança da frequência contínua da corrente fornecida como a sua variável de controlo principal, permitindo assim que a aceleração seja modulada de forma gradual. Isto reduz o efeito de uma lubrificação insuficiente durante a fase de transição, bem como o esforço mecânico provocado por um binário de arranque elevado.

2. VANTAGENS ELÉCTRICAS

As vantagens eléctricas da utilização de um inverter dividem-se em três categorias:

- A corrente de arranque é reduzida
- O factor de potência do motor mantém-se elevado
- Redução da potência total absorvida em kVA a plena carga.

a) A CORRENTE DE ARRANQUE É REDUZIDA

Uma absorção de corrente elevada, mesmo apenas por frações de segundo, podem causar complicações numa rede eléctrica, incluindo uma queda na tensão e distúrbios em componentes electrónicos sensíveis. Às vezes, a protecção magnética de um painel eléctrico pode até provocar o desligamento imediato de um motor, devido à sobrecarga magneto-térmica.

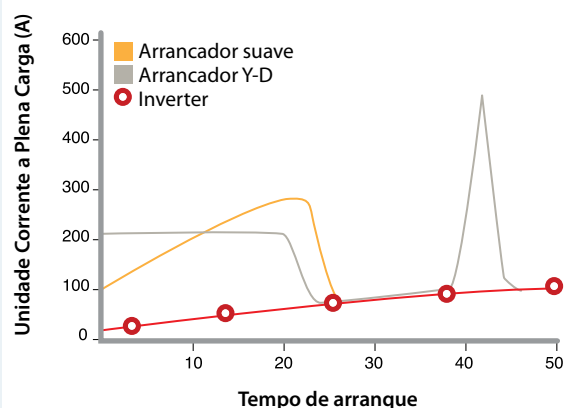
Por norma, o valor da corrente de arranque de um motor eléctrico é avaliado como uma percentagem do seu valor de Amperes a Plena Carga (FLA).

As soluções de arranque para os motores eléctricos são essencialmente: D.O.L., Y- Δ , arrancador suave, enrolamento parcial, auto transformador e Inverter.

De todas estas soluções, apenas um inverter pode variar a frequência de entrada de um motor eléctrico, enquanto todas as outras funcionam exclusivamente com base no valor da tensão. Esta é a sua principal limitação na redução da corrente de arranque. A tabela 1 compara os valores da corrente de arranque como percentagens da FLA, garantidos pelas várias soluções de arranque listadas acima.

TABELA 1

Tipo de solução de arranque	Corrente de arranque em % do FLA
Arranque directo (D.O.L.)	600-800 %
Enrolamento parcial	400-500 %
Auto-transformador	400-500 %
Y- Δ (estrela-triângulo)	200-300 %
Arrancador suave de estado sólido	200-300 %
Inverter	SEM CORRENTE DE ARRANQUE



Quando um inverter, às vezes referido como Comando de Frequência Variável (VFD), controla um motor de compressor, não existe pico de corrente durante o arranque do compressor.

No exemplo de um chiller inverter equipado com mais compressores: quando o primeiro compressor arranca a unidade, a corrente de arranque corresponde apenas a alguns amperes. Quando arranca outro compressor, a corrente de arranque da unidade nunca é superior à amperagem de serviço dos motores eléctricos que já estão a trabalhar. Por exemplo, num compressor de refrigerante equipado com um motor eléctrico de 180 kW, a corrente de arranque Y- Δ é de aprox. 700 A; mas com um inverter é equivalente à corrente de standby (que é basicamente zero).

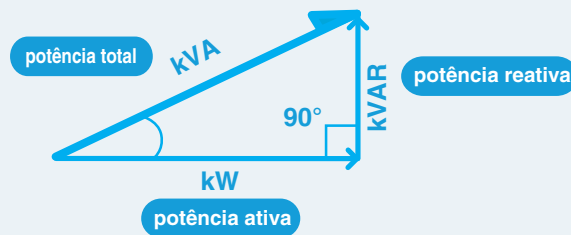
b) FACTOR DE POTÊNCIA ELEVADO (PF)

Qualquer motor eléctrico que crie e mantenha um campo magnético de rotação no interior do motor absorve duas potências distintas:

- potência ACTIVA, medida em kW e utilizada para fornecer o trabalho mecânico
- potência REACTIVA, medida em kVAR (quilovolt-ampere reativo) que cria o campo magnético interno.

A “soma do vector” destas duas potências chama-se Potência Total e é medida em kVA (quilovolt-ampere), sendo que A indica a corrente total e efectiva absorvida pelo motor. Isto é utilizado para calcular a seção transversal dos condutores eléctricos que têm de ser instalados.

FIGURA 3: O VECTOR DO TRIÂNGULO DAS POTÊNCIAS (ACTIVA, REACTIVA, TOTAL)



A relação entre a potência ACTIVA (kW) e a potência TOTAL (kVA), conforme indicado na equação (3), chama-se Factor de Potência (PF).

EQUAÇÃO 3

$$\text{Factor de potência (PF)} = \frac{kW}{kVA}$$

Um motor eléctrico absorve necessariamente potência REACTIVA para manter o campo magnético no interior do motor. Em relação à quota de potência ACTIVA absorvida (kW), quanto menor a carga efectiva do motor, maior a potência reactiva que tende a absorver.

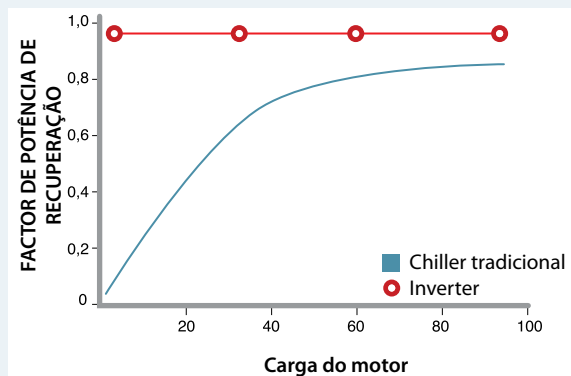
Por outras palavras, o Factor de Potência de um motor eléctrico diminui à medida que a sua carga é reduzida, atingindo valores consideravelmente inferiores a $PF = 0,6$ abaixo das condições de carga mínima.

Um aumento da potência reactiva absorvida não é vantajoso em nenhum dos casos, porque:

- Um aumento na corrente efectiva absorvida está associado a maiores perdas (efeito Joule)
- É necessária uma seção superior dos transformadores e dos cabos eléctricos
- Existe o risco de sofrer penalizações económicas dos fornecedores de electricidade, que normalmente exigem valores de factor de potência que não sejam inferiores a 0,85-0,9 na rede de eléctrica.

Por outro lado, a instalação de um inverter que contém uma seção DC BUS que inclui os condensadores (efeito capacitivo) em qualquer condição de carga, assegura um factor de potência de 0,95-0,97 (Figura 4). Um motor eléctrico com um inverter tem sempre um valor de reposição das fases mais elevado do que um sem inverter, pois está equipado com uma bateria externa nos condensadores de reposição das fases.

FIGURA 4: COMPARAÇÃO DO FACTOR DE POTÊNCIA ENTRE UM MOTOR COM E UM MOTOR SEM INVERTER (400 V)



O factor de potência reduzido de um motor eléctrico e a carga reduzida (que tende a ser a oposta no mesmo motor equipado com um inverter) acentua o seguinte:

1. O risco de sofrer penalizações por parte do fornecedor de electricidade devido à não conformidade com as condições de reposição das fases no ponto de fornecimento
2. A necessidade frequente de instalar uma bateria externa nos condensadores de reposição das fases de carga
3. A corrente absorvida (A) constantemente mais elevada por parte do motor, fornecendo a mesma potência activa (kW). Isto causa um maior consumo energético e custos anuais mais elevados, devido à perda por resistência nos condutores eléctricos.

FIGURA 5: O INVERTER É UM SUBSTITUTO DO “ARRANCADOR SUAVE” E “PAINEL DE CONDENSADORES DE REPOSIÇÃO DAS FASES”



Ao comparar as vantagens técnicas com as vantagens económicas da escolha de um chiller com ou sem inverter, deve ter-se em conta a necessidade de instalar uma bateria externa nos condensadores de reposição das fases de carga e as vantagens mecânicas já mencionadas.

Ao optar por uma versão standard sem inverter, a compra adicional de condensadores de reposição das fases e as opções de arrancadores suaves aumenta o preço global da versão standard. De facto, os condensadores de reposição das fases e as opções de arrancadores suaves custam aprox. 7-8% de uma unidade standard completa sem inverter. Isto reduz a diferença de preços de forma importante entre as duas soluções, em que cada uma oferece uma solução técnica e comercial equiparável.

Contudo, a observação no ponto 3 acima pode ser quantificada em termos económicos.

Ao comparar a potencia absorvida de um EWAD-C-XS/XL/XR e um EWAD-CZXS/XL/XR durante uma estação de arrefecimento completa, ou seja, distribuída ao longo de várias cargas de acordo com a conhecida relação de eficiência energética sazonal (ESEER), é fácil demonstrar as vantagens económicas do EWAD-CZ com um inverter.

É possível poupar 40% de energia, graças à dispersão dos kWh eléctricos da resistência eléctrica mais baixa até à transmissão (o efeito Joule). Isto permite maiores poupanças nos custos com a gestão anual da energia do chiller.

C) REDUÇÃO DA POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA EM KVA A PLENA CARGA

Uma vez que o inverter mantém sempre um factor de potência mais alto no motor eléctrico em comparação com a potência activa efectivamente absorvida, a corrente absorvida é minimizada, tanto com uma carga parcial do motor como com condições de carga nominais (100%).

Uma comparação directa entre as unidades EWAD-CZ e as unidades standard sem correção do factor de potência permite a quantificação destas vantagens.

TABELA 2	EWAD760C-XS	EWADC10C-XS	EWADC13C-XS	EWADC16C-XS
Capacidade de arrefecimento - kW	756	1074	1349	1596
Potência absorvida - kW	233	338	410	503
Corrente de serviço nominal - A	387	559	686	835
Corrente MÁX do dimensionamento dos cabos	556	797	955	1196
	EWAD740CZXS	EWADC10CZXS	EWADC13CZXS	EWADC16CZXS
Capacidade de arrefecimento - kW	738	1037	1308	1622
Potência absorvida - kW	235	339	442	558
Corrente de serviço nominal - A	381	505	659	829
Corrente MÁX do dimensionamento dos cabos	533	725	869	1217
Aumento da energia eléctrica	0,9%	0,3%	7,8%	10,9%
Corrente de serviço nominal - A	-1,6%	-9,7%	-3,9%	-0,7%
Corrente MÁX do dimensionamento dos cabos	-4,1%	-9,0%	-9,0%	-1,8%

A tabela 2 mostra:

- Aumento da potência activa (kW) disponível em plena carga pela unidade EWAD-CZ
- Redução da corrente nominal para o chiller equipado com um inverter
- Redução do valor da corrente a ser considerada quando se dimensiona a seção dos cabos eléctricos para a instalação eléctrica da unidade.

A redução da corrente nominal para o funcionamento normal também reduz, pela mesma percentagem, a potência total absorvida pelo chiller. No caso de uma carga trifásica, isto é quantificado por uma equação (4).

EQUAÇÃO 4

$$Potência Total (kVA) = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

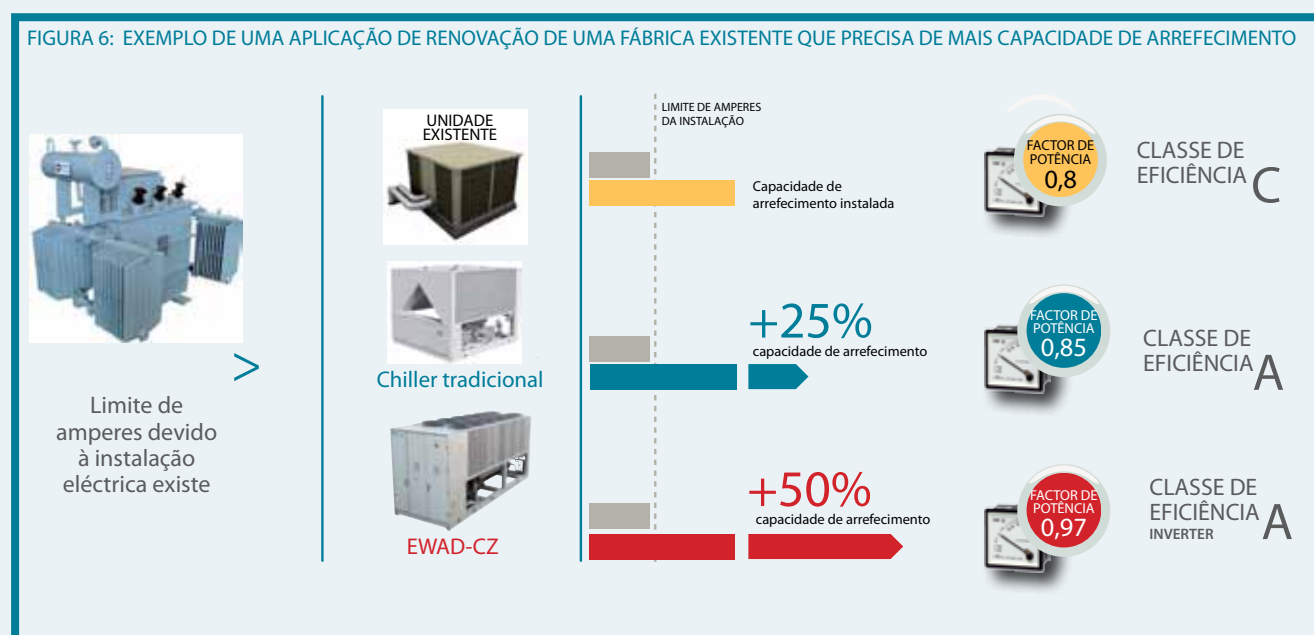
Esta vantagem é ainda de maior importância em instalações onde não é possível pedir um fornecimento de electricidade de amperagem superior, eventualmente devido à sobrecarga da rede eléctrica local.

Em projectos de remodelação ou substituição onde as instalações já se encontram obsoletas, isto permite fornecer um equipamento com a mesma capacidade de arrefecimento da unidade anterior, mas com uma necessidade de potência total reduzida. Isto pode libertar capacidade para instalar aparelhos adicionais na mesma rede de abastecimento, sem que se exceda a quota fixada para a utilização de potência máxima. Um chiller muito eficiente com um factor de potência mais elevado (EWAD-CZ) até pode permitir ao condutor da instalação aumentar a capacidade de arrefecimento disponível, ao mesmo tempo que mantém a mesma absorção de corrente.

Considere uma instalação existente de um chiller R-407C com EER 2.8 em plena carga (condição Eurovent, pelo que com a classificação energética 'Classe C') com uma corrente absorvida limitada, devido ao tamanho existente do transformador principal situado na subestação eléctrica. Contudo, se o edifício precisar de, pelo menos, 30% de capacidade de arrefecimento adicional para cumprir os crescentes requisitos de AVAC ou arrefecimento do processo industrial, um chiller inverter de alta eficiência consegue satisfazê-los, graças ao seu valor EER extremamente elevado e por o factor de potência da utilização da electricidade ser sempre um pouco inferior a um.

Para substituir um chiller existente da 'Classe C', com um factor de potência de 0,8 em plena carga, mantendo simultaneamente a mesma absorção de amperes (Fig 6):

- Um chiller moderno típico (R-134a e 'Classe A' Eurovent) pode aumentar a capacidade de arrefecimento em apenas 25%
- Um inovador EWAD-CZ (R-134a e 'Classe A' Eurovent) pode produzir até 50% mais capacidade de arrefecimento.



Ao seleccionar a seção das linhas de potência a serem instaladas, é necessária menos corrente disponível total, pelo que podem ser conseguidas poupanças concretas com os custos da instalação dos cabos do chiller.

Exemplo

Para um chiller de aprox. 1,310kW, assumindo uma queda de tensão máxima de 5% em comparação com os 400V nominais e um distância de cerca de 100 m entre o quadro eléctrico do equipamento e o posto de baixa tensão:

- A unidade sem um inverter iria necessitar três condutores, cada um com uma seção de 300 mm²
- A unidade com um inverter iria necessitar três condutores com uma seção de 240 mm²

A escolha de um chiller com um inverter iria permitir uma poupança de aprox. 20% nos custos da instalação eléctrica do equipamento.

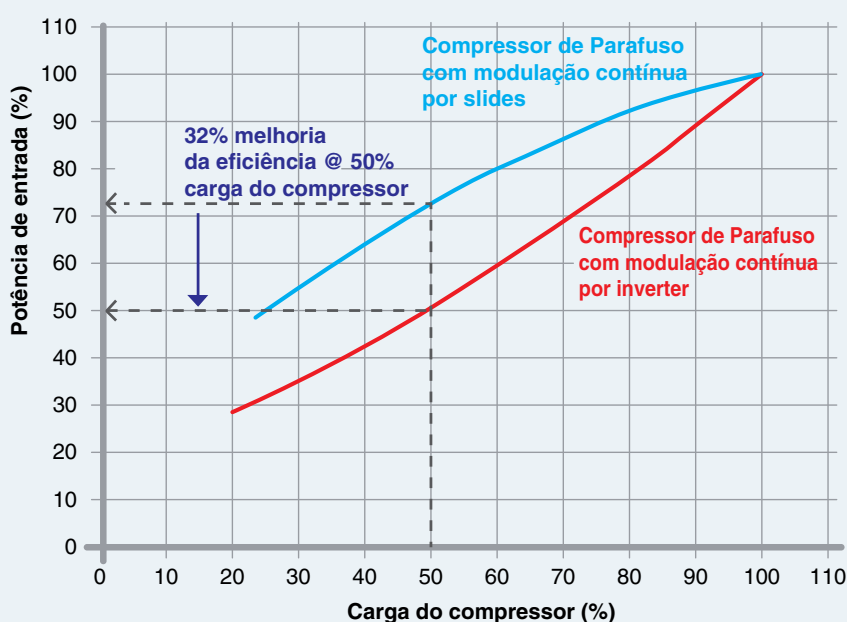
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Sem dúvida, uma das principais vantagens de um dispositivo controlado por inverter, tal como um ventilador, bomba ou compressor é a poupança anual significativa em termos energéticos.

A variação contínua na velocidade de rotação do motor eléctrico ajusta de forma precisa a potência fornecida pelo componente activado pelo motor, ajustando-a à necessidade efectiva de carga.

A modulação da velocidade do motor eléctrico reduz a capacidade fornecida pelo componente mecânico activado, como o compressor do chiller, e proporciona uma elevada eficiência energética ao longo de todas as variações de carga (0-100%), em especial em comparação com sistemas de ajuste mecânicos, como válvulas corrediças de controlo ou os orifícios de bypass fixos activados pelas válvulas solenóides.

FIGURA 7: COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO COMPRESSOR



As poupanças energéticas anuais que se podem conseguir quando se utiliza um aparelho controlado por inverter, muitas vezes permitem a recuperação do investimento adicional.

Todavia, não se pode esquecer que a extensão das poupanças de energia e custos dependem do preço específico da electricidade por kWh e, acima de tudo, da taxa média de funcionamento do dispositivo mecânico analisado.

Por exemplo, o funcionamento contínuo de um inverter em quase plena carga durante a maior parte do ano não irá reflectir a mesma economia que pode facilmente ser obtida com um aparelho que funcione a uma carga anual média consideravelmente abaixo do máximo.

Por esse motivo, é sempre recomendável realizar uma análise energética (mesmo uma versão simplificada) do funcionamento do aparelho que poderia ser equipado com um inverter, para verificar as vantagens da utilização do dispositivo nesse equipamento em particular.

4. VANTAGENS PARA O UTILIZADOR FINAL

Conforto: Os sistemas de ar condicionado controlados por inverter ajustam continuamente a sua potência de arrefecimento e aquecimento para se adaptarem à temperatura na divisão, melhorando assim os níveis de conforto. O sistema inverter reduz o tempo de arranque do sistema, permitindo que a temperatura ambiente necessária seja alcançada mais rapidamente. Logo que a temperatura correcta seja atingida, o inverter garante que é constantemente mantida.

Eficiência energética: Os produtos controlados por inverter funcionam mais eficientemente em cargas parciais, consumindo menos energia do que outros sistemas, uma vez que apenas precisam da potência necessária para corresponder à carga. Isto resulta num consumo anual de energia reduzido. Um sistema de ar condicionado controlado por inverter monitoriza e ajusta a temperatura ambiente sempre que necessário, permitindo que o consumo de energia desça em cerca de 30%, em comparação com um sistema tradicional ON/OFF.

Redução de custos: um consumo energético mais baixo permite reduzir custos e pode ainda reduzir o impacto dos preços de energia cada vez mais caros.

Emissões de carbono reduzidas: ao melhorar a eficiência, as empresas podem tirar partido das reduções significativas de emissões carbono.

Controlos inteligentes maximizam as vantagens: As unidades de controlo da Daikin proporcionam um controlo absoluto de um sistema e podem ser facilmente integradas em módulos de comunicação, para oferecer uma solução de gestão total aos utilizadores finais. Estas unidades disponibilizam um conjunto de controlos simples e fáceis de utilizar que permitem programar e monitorizar todos os aspectos das operações de um sistema, permitindo um registo a longo prazo para utilização por parte das empresas de manutenção. Os controlos inteligentes reduzem a utilização e melhoram a eficiência energética.



O presente folheto foi criado apenas para informação e não constitui uma oferta contratual para a Daikin Europe N.V. A Daikin Europe N.V. compilou o conteúdo deste folheto de acordo com o melhor dos seus conhecimentos. Não é dada qualquer garantia expressa ou implícita no que toca à totalidade, precisão, fiabilidade ou adequação para um determinado fim do seu conteúdo e dos produtos e serviços que apresenta. As especificações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio. A Daikin Europe N.V. rejeita explicitamente quaisquer danos directos ou indirectos, no seu sentido mais amplo, resultantes ou relacionados com a utilização e/ou interpretação deste folheto. Todos os conteúdos estão ao abrigo de copyright da Daikin Europe N.V.



A Daikin Europe N.V. participa no Programa de Certificação Eurovent para Sistemas de Ar Condicionado (AC), Conjuntos de Chillers Líquidos (LCP), Unidade de Tratamento de Ar (AHU) e Unidades Ventilador-convectoras (FCU); verifique a validade do certificado online: www.eurovent-certification.com ou utilize: www.certiflash.com

Os produtos Daikin são distribuídos por:

DAIKIN AIRCONDITIONING PORTUGAL S.A.

Sede: Edifício D. Maria I -Piso O Ala A/B - Quinta da Fonte - 2770-229 Paço de Arcos | Tel: +351 21 426 87 00 | Fax: +351 21 426 22 94 | Email: info@daikin.pt
 Delegação Norte: Rua B - Zona Industrial da Varziela - Lotes 50 e 51 - 4480-620 Árvore | Tel: +351 21 426 87 90 | Fax: +351 252 637 020
www.daikin.pt

ECPT13-450 - CD - 06/13 - Copyright Daikin
 Impresso em papel sem cloro. Preparado por William Pieters-Verbiest
 Resp. Ed.: Daikin Europe N.V., Zandvoordestraat 300, B-8400 Oostende