

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

# Harmônicas – um problema caro facilmente resolvido

**<40%**

de carga no  
transformador.  
Os conversores de  
frequência VLT®  
reduzem o nível de  
harmônica no sistema

[www.danfoss.com.br](http://www.danfoss.com.br)

**VLT**®  
THE REAL DRIVE



## P O que são harmônicas?

R Uma alimentação em CA é idealmente uma onda senoidal pura com frequência fundamental de 50 ou 60 Hz e todos equipamentos elétricos são projetados para desempenho ótimo nestas condições.

**Harmônicas são tensões e correntes as quais possuem componentes de frequência que são inteiros múltiplos da frequência fundamental – e poluem a forma de onda senoidal pura.**

Componentes eletrônicos de potência, tais como utilizados em retificadores, conversores de frequência, UPS, dimmers, televisores e fontes de sustentação de diversos equipamentos geram corrente de maneira não-senoidal.

Esta corrente não-senoidal interage com a fonte de alimentação e distorce a tensão a um grau maior ou menor, dependendo da força ou fraqueza (nível de falha) da alimentação.

Geralmente, quanto maior a quantidade de equipamentos eletrônicos de potência com chaveamento instalados em campo, maior o grau de distorção harmônica.

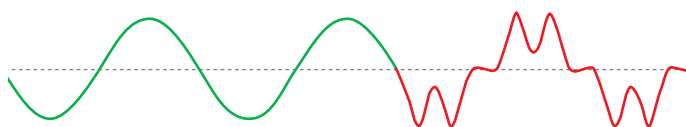
## P Porque harmônicas é um problema?

R Distorções harmônicas excessivas na rede de alimentação significa que a rede não carrega somente a frequência de 50 ou 60 Hz mas também componentes de frequências maiores.

Esses componentes não podem ser utilizados por equipamentos elétricos e os efeitos adversos podem ser severos, incluindo:

- Limitações na utilização da rede de alimentação
- Aumento de perdas
  - Aumento do aquecimento no transformador, motor e cabo
  - Redução do tempo de vida útil dos equipamentos
  - Paradas de produção indesejadas
- Mal funcionamento do sistema de controle
- Torque de motor pulsante e reduzido
- Ruído acústico

**Colocando de maneira simples, harmônicas reduzem a confiabilidade, afetam a qualidade do produto e aumentam os custos de operação.**



*Ilustração de uma forma de onda senoidal pura sendo poluída.*

# P Isso significa que todo drive leva a problemas com harmônicas?

R De maneira nenhuma. Todos os drives VLT® da Danfoss vêm com bobinas DC\* incorporadas, para reduzir as interferências harmônicas e, na maioria dos casos, isso é suficiente para evitar poluição na tensão.

Em alguns casos, supressão de harmônicas adicional pode ser requerida devido às condições da rede de distribuição, ou quando múltiplos drives são instalados.

Para este propósito a Danfoss oferece uma ampla linha de soluções para mitigação de harmônicas, tais como: VLT® 12-pulse Drives (drives de 12 pulsos) e drives convencionais com

filtros ativos ou passivos, integrados ou externos.

Adicionalmente, a Danfoss também oferece soluções, passivas ou ativas, para supressão de harmônicas de um ponto central, onde várias cargas podem ser compensadas simultaneamente.

A determinação do grau de poluição de tensão em sua rede é facilmente obtida com o software gratuito Danfoss VLT® MCT 31 Harmonics Calculation

Isso ajuda você a determinar se uma supressão de harmônicas adicional é necessária.



*VLT® MCT 31 estima a distorção harmônica de corrente e tensão da sua aplicação e determina se requerida filtragem. Adicionalmente, o software pode calcular o efeito da adição de um equipamento de mitigação e se seu sistema está de acordo com normas diversas.*

*\*Com exceção do VLT® Micro Drive FC 51 –solução de mitigação externa disponível*



*A Danfoss oferece estudo em campo e recomendação da solução de mitigação mais apropriada.*

# P Como selecionar a melhor solução para harmônicas?

R

Existem diferentes tipos de equipamentos para se reduzir a poluição harmônica e todos possuem suas vantagens e desvantagens.

Não há solução única que ofereça a combinação perfeita para todas as aplicações e condições da rede de distribuição.

Para se alcançar uma solução ótima de mitigação, vários parâmetros devem ser considerados.

Os parâmetros-chave podem ser divididos em quatro grupos:

- Condições da rede de distribuição, incluindo outras cargas conectadas
- Aplicação
- Cumprimento de normas aplicadas
- Custo

**Uma vez solicitado, a Danfoss pode realizar um estudo aprofundado de harmônicas e recomendar a solução mais apropriada e de melhor custo-benefício para sua planta.**

O estudo leva em consideração as cargas instaladas, normas aplicadas e a diversidade da sua operação e aplicação.

# Considerações essenciais

Dois VLT® Active Filters compensam a propulsão da embarcação, num espaço de montagem e ambiente agressivo.



>300 VLT® Advanced Harmonic Filters instalados em estações de bombeamento de óleo descentralizadas asseguram bombeamento 24 horas/dia.



Dois VLT® Advanced Active Filters para HVAC instalados em um hospital, assegurando alimentação estável a equipamentos vitais.



As soluções Danfoss são instaladas com facilidade, comissionadas e ajustadas individualmente para sua aplicação.

## Como as condições da rede de distribuição afetam a poluição harmônica?

O fator mais importante ao determinar a poluição harmônica em uma rede de distribuição é a impedância do sistema.

A impedância do sistema é, em sua maior parte, dependente do tamanho do transformador, em relação à potência total consumida das cargas instaladas. Quanto maior o transformador, em relação ao consumo de potência não-senoidal, menor a poluição.

A rede de distribuição é um sistema interconectado de redes de alimentação e 'consumidores' de potência, todos conectados através de transformadores. Todas as cargas geradoras de corrente não-senoidal contribuem para a poluição da rede – não somente em alimentação de baixa tensão, mas também em níveis de média/alta tensão.

Desta maneira, quando medido na tomada, algum nível de poluição estará sempre presente. Isto é conhecido como pré-distorção harmônica. Como nem todos os consumidores utilizam corrente trifásica, a carga em cada fase se difere. Isso leva a valores desiguais de tensão por fase, causando desbalanceamento de fase.

Diferentes soluções de mitigação apresentam diferentes imunidades contra pré-distorção e desbalanceamento. Portanto, isto deve ser avaliado ao selecionar a solução de mitigação de harmônicas mais apropriada.

a aplicação de  
ação limitado para

Três VLT® Low Harmonic Drives instalados em estação  
de tratamento de água asseguram o cumprimento com IEEES19.

Seis VLT® 12-pulse drives incluindo transformadores  
utilizados em instalações de transporte de materiais.



## Quais aspectos da aplicação precisam ser considerados?

A distorção harmônica aumenta com o aumento da potência consumida por cargas não-lineares. Sendo assim, ambos a quantidade de drives instalados e suas potências individuais, bem como o perfil da carga precisam ser considerados.

A distorção de um drive é definida pela distorção harmônica total de corrente (THDi) o que é a relação entre a soma das componentes harmônicas e a frequência fundamental

A carga aplicada à cada drive é importante, pois a THDi aumenta com cargas parciais. Logo o sobre-dimensionamento do drive aumenta a poluição harmônica na rede de distribuição.

Adicionalmente, deve ser levado em conta o ambiente e restrições físicas, pois diferentes soluções possuem características específicas que melhor se adaptam às condições do meio.

O que precisa ser considerado é, por exemplo, espaço para montagem, ventilação (poluição/contaminação do ar), vibração, temperatura ambiente, altitude, umidade, etc.

## O cumprimento de normas se aplica globalmente?

Para assegurar a qualidade na rede de distribuição a maioria das concessionárias exige que os consumidores cumpram com normas e recomendações.

Diferentes normas se aplicam em diferentes regiões e indústrias, contudo todas elas têm um objetivo básico: limitar a distorção de tensão na rede.

Normas dependem das condições da rede, portanto é impossível garantir o cumprimento das mesmas sem conhecer as especificações da rede.

Normas somente não levam à utilização de uma solução de mitigação específica. Deste modo, é importante entender as normas e recomendações, a fim de evitar despesas com equipamentos de mitigação onde os mesmos não são necessários.

## Quais custos devem ser considerados quando se aplica mitigação de harmônicas?

Por fim, custos iniciais bem como custos de operação devem ser avaliados para se assegurar que a solução de melhor custo-benefício seja encontrada.

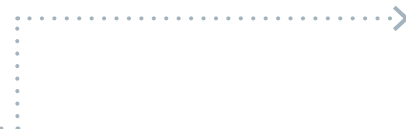
O custo inicial de diferentes soluções de mitigação de harmônicas em relação ao drive varia com a faixa de potência. A solução de mitigação mais atrativa com relação ao custo para uma determinada potência não é necessariamente a melhor solução para toda faixa de potência.

Os custos de operação são determinados pela eficiência da solução, levando em consideração o perfil da carga, tempo de vida útil e custos de manutenção e reparo.

Soluções passivas, comparando-se com soluções ativas, não requerem manutenção regular. Por outro lado, soluções ativas tendem a manter o fator de potência próximo a um, ao longo de toda faixa de carga, resultando em melhor utilização de energia em cargas parciais.

Adicionalmente, futuras expansões na planta ou sistema devem ser considerados, pois embora uma solução seja ótima para um sistema que não sofrerá alterações, outra pode ser mais flexível caso o sistema precise ser ampliado.

# O caminho para ...



## Condições da rede

### Condições da rede

Antes de considerar o equipamento de mitigação, a impedância do sistema precisa ser conhecida.

Nenhuma rede é ideal, pois pré-distorção e desbalanceamento estão sempre presentes e portanto devem ser considerados quando se seleciona o equipamento.

## Aplicação

### Aplicação

Uma armadilha comum é o sobre-dimensionamento de componentes entre a carga e a rede. As consequências são baixo desempenho harmônico, baixa eficiência do sistema e alto custo de investimento inicial.

## Cumprimento de normas

### Cumprimento de normas

Uma distorção harmônica total de tensão (THDv) de 5-8% é uma boa prática de engenharia, e isso irá, na maioria dos casos, fazer com que a instalação cumpra com normas e recomendações locais. Isso assegura que poluições harmônicas não causem indesejadas falhas ou quebra de equipamentos.

## Custo

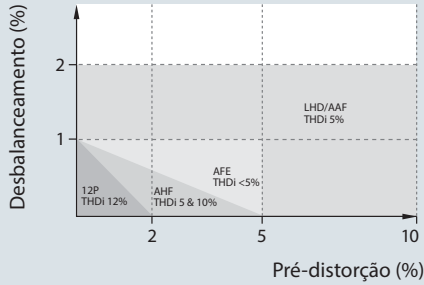
### Custo

O custo inicial de diferentes equipamentos de mitigação depende da potência em questão.

A eficiência do sistema determina os custos de operação, porém custo de manutenção também precisa ser levado em consideração.

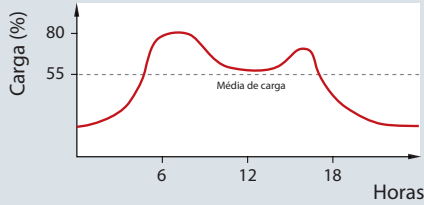


# Mitigação de custo efetivo



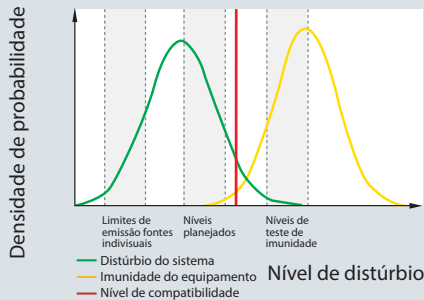
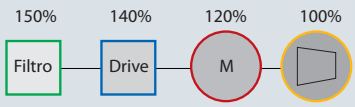
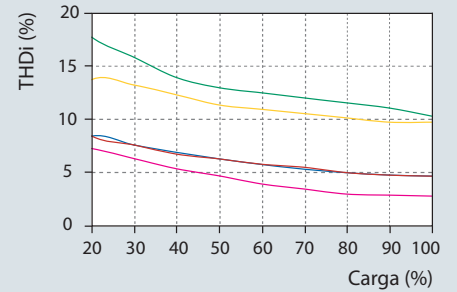
## Desbalanceamento e pré-distorção

O desempenho da mitigação de harmônicas de soluções distintas depende da qualidade da rede. Quanto maior o desbalanceamento e pré-distorção, mais harmônicas o equipamento tem que suprimir. O gráfico mostra em quais níveis de pré-distorção e desbalanceamento cada tecnologia consegue garantir seu desempenho em THDi.



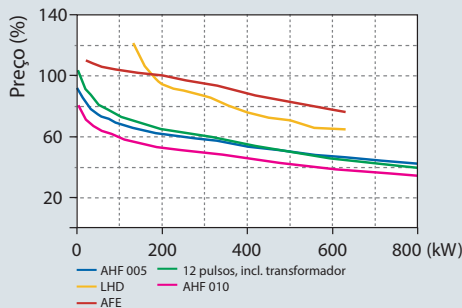
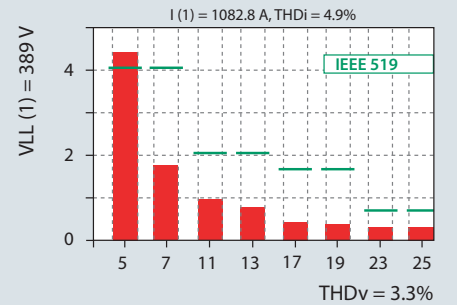
## Sobre-dimensionamento

As especificações técnicas de filtros são todas dadas a 100% de carga, porém estes raramente funcionam à plena carga, devido a sobre-dimensionamento e perfil da carga. Equipamentos de mitigação sempre devem ser dimensionados para a máxima corrente, mas esteja ciente da duração de operação em cargas parciais e avalie os diferentes tipos de filtro apropriadamente. Sobre-dimensionamento gera baixo desempenho de mitigação e altos custos de operação, o que também é um desperdício de dinheiro.



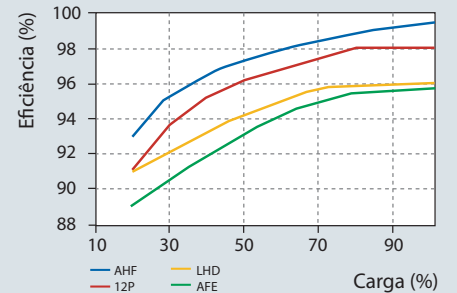
## Cumprimento de normas

Manter a imunidade dos equipamentos mais elevada do que a distorção do sistema assegura uma operação livre de complicações. A maioria das normas coloca restrições na distorção total de tensão com relação a um nível planejado, comumente entre 5% e 8%. A imunidade dos equipamentos é, na maioria dos casos, muito acima: para drives, entre 15-20%. Contudo, isto influencia adversamente a vida útil do produto.



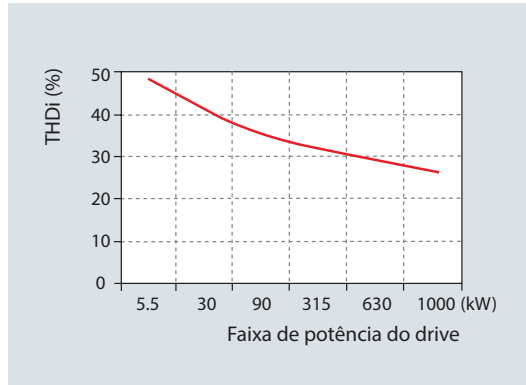
## Potência vs. custo inicial

Diferentes soluções têm diferentes custos adicionais, comparadas ao conversor de frequência, dependendo da potência. Em geral, soluções passivas oferecem o menor custo inicial e, a medida que a complexidade da solução aumenta, aumenta também o preço.



### Impedância do sistema

Como exemplo, um drive FC 102 de 400 kW, conectado a um transformador de 1000 kVA com impedância de 5%, resulta em uma THDv de aproximadamente 5%, em condições ideais de rede, onde o mesmo drive, com um transformador de 1000 kVA, impedância de 8%, leva a uma THDv 50% mais elevada, 7,5%.

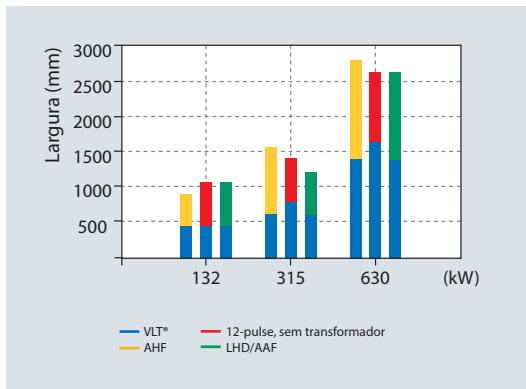


### Distorção harmônica total

Cada drive gera sua própria distorção harmônica total de corrente (THDi), a qual depende das condições da rede. Quanto maior o drive, com relação ao transformador, menor a THDi.

### Desempenho de harmônicas

Cada tecnologia de mitigação de harmônicas tem suas próprias características de THDi, as quais dependem da carga. Estas características são estipuladas para condições ideais da rede, sem pré-distorção e com fases balanceadas. Variações nesta rede resultarão em valores de THDi mais elevados.



### Espaço

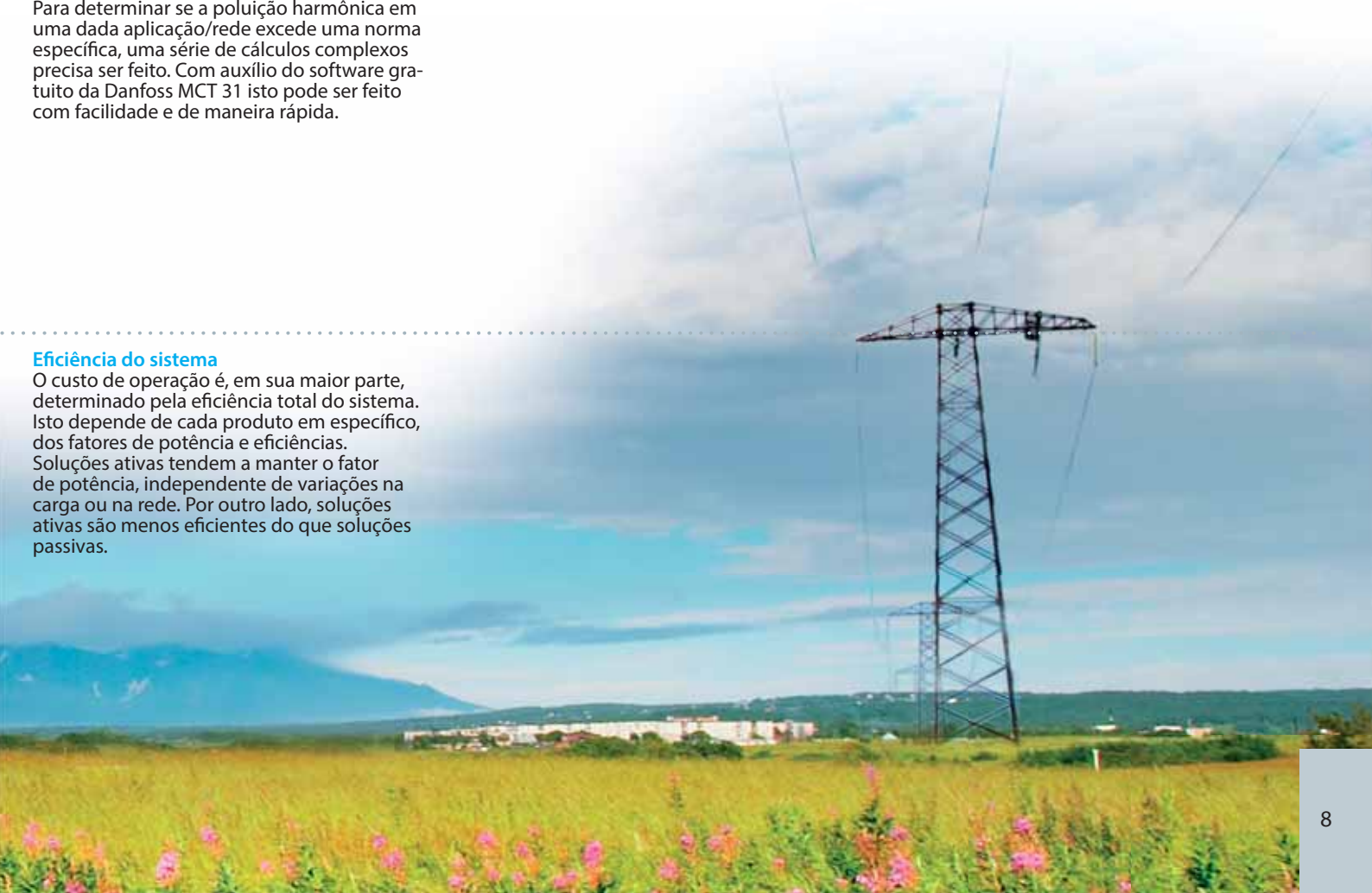
Na maioria das aplicações, o espaço disponível para montagem do equipamento é limitado e este espaço precisa ser utilizado da melhor maneira possível. Com utilização de diferentes tecnologias, cada solução de harmônicas tem sua relação de tamanho e potência ideal.

### Atendendo as normas

Para determinar se a poluição harmônica em uma dada aplicação/rede excede uma norma específica, uma série de cálculos complexos precisa ser feito. Com auxílio do software gratuito da Danfoss MCT 31 isto pode ser feito com facilidade e de maneira rápida.

### Eficiência do sistema

O custo de operação é, em sua maior parte, determinado pela eficiência total do sistema. Isto depende de cada produto em específico, dos fatores de potência e eficiências. Soluções ativas tendem a manter o fator de potência, independente de variações na carga ou na rede. Por outro lado, soluções ativas são menos eficientes do que soluções passivas.





# ... a melhor solução



## A aplicação

Para garantir as atividades ao ar livre durante o inverno, diversos canhões de neve distribuem neve nas redondezas do estádio de Östersund na Suécia.

Os canhões de neve podem ser rapidamente conectados a uma rede de tubulações onde a água é alimentada por uma única bomba de grande porte, localizada em um cubículo móvel próximo.

A finalidade da bomba é manter a vazão de água e a pressão constantes ao longo de todo o sistema de tubulação, independente de quantos canhões de neve estiverem conectados.

Devido à longa distância da rede de alimentação, as autoridades locais impuseram que a distorção de corrente máxima fosse de 5%.

## A solução

Um VLT® Low Harmonic AQUA Drive foi instalado para fornecer o fluxo de água e pressão necessários.

Variações de carga de 20-100% e distorções na rede de 2,4% foram fatores importantes considerados quando a aplicação foi avaliada.

O drive foi fornecido com placas invernalizadas e em invólucro IP 54 para suportar a alta umidade no cubículo não galvanizado onde fica a bomba.

Embora a rede de alimentação fosse fraca, o drive conseguiu facilmente atender à exigência de THDi < 5%.



## A aplicação

Em um período onde o foco está na redução das emissões de CO<sub>2</sub>, alternativas para os combustíveis fósseis são cada vez mais procuradas. O bio-refino de cereais significa que grãos (como o trigo) são quebrados em açúcares e proteínas, e os açúcares fermentados por sua vez em bio-combustível. As proteínas sólidas e sobras de grãos são transformadas em ração animal, evitando assim o desperdício.

Para a construção de uma das maiores bio-refinarias da Europa, o cliente utilizou conversores VLT®, totalizando mais de 7 MW nas faixas de potência de 2,2 - 350 kW.

Com o seu próprio transformador 3300/400 V, a bio-refinaria teve que estabelecer e cumprir normas de emissão de harmônicas para garantir a alta confiabilidade do sistema e os intervalos de manutenção mais longos possíveis, como solicitado pelo cliente. Para alcançar este objetivo, as harmônicas foram mantidas abaixo de 8% da distorção total (TDD) no transformador de alimentação.

## A solução

No total, 48 drives VLT® foram instalados para controlar bombas e ventiladores em toda a bio-refinaria. Com base nas potências dos drives VLT® e na demanda de robustez / confiabilidade, a maioria dos VLT® foi projetada e instalada com filtros AHF, montados lado a lado em painéis IP 54 e assim, a especificação de 8% TDD foi facilmente alcançada.

# VLT® é Danfoss

A Danfoss Drives é líder mundial entre os fornecedores de conversores de frequência - e continua ganhando mercado.

## Responsabilidade Ambiental

Os produtos da marca VLT® são fabricados com respeito à segurança e ao bem estar das pessoas e do meio ambiente. Todas as atividades são planejadas e executadas tendo em mente o funcionário, o ambiente de trabalho e o ambiente externo. A produção é feita com o mínimo de ruído, fumaça ou outras formas de poluição. Além disso, o estoque dos produtos é feito de forma segura e adequada.

### Pacto Global UN

A Danfoss assinou o Pacto Global UN que trata da responsabilidade socioambiental - nossas companhias agem de forma responsável dentro de suas sociedades.

### Diretivas UE

Todas as nossas fábricas possuem a certificação ISO 14001. Todos os nossos produtos cumprem a Diretiva da UE para Segurança Geral de Produtos e Máquinas. A Danfoss Drives está implementando também, para todos os seus produtos, o cumprimento da Diretiva da UE para Substâncias Perigosas em Equipamentos Elétricos (RoHS) e desenvolvendo ainda todas as novas séries de produtos de acordo com a Diretiva da UE referente à Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE).

### Impactos em economia de energia

A redução do consumo de energia da produção anual da VLT® drives equivale à mesma quantidade de energia consumida em uma planta inteira. O controle dos processos não somente melhora a qualidade dos produtos, mas também reduz os custos dos equipamentos.

## Dedicação aos drives

Dedicação vem sendo a palavra chave desde 1968, quando a Danfoss apresentou ao mundo a primeira linha de produção em série de conversores de frequência para motores AC - e os batizou de VLT®. São 2500 funcionários que desenvolvem, fabricam, vendem e realizam a manutenção dos drives e soft starters em mais de cem países. Somos especialistas em drives e soft starters.

## Inteligência e inovação

Os engenheiros da Danfoss Drives adotaram o princípio de modularidade para desenvolvimento, design, produção e configuração de seus produtos. Funções são desenvolvidas em paralelo usando plataformas de tecnologia dedicadas. Isto permite que todos os elementos sejam desenvolvidos em paralelo, reduzindo o tempo de produção e garantindo que os clientes irão beneficiar-se sempre das mais modernas funções.

## Contando com especialistas

Somos responsáveis por todos os componentes de nossos produtos. O fato de desenvolvermos e produzirmos nossos próprios equipamentos, softwares, módulos de potência, placas de circuito e acessórios garante a confiabilidade de nossos produtos.

## Suporte local - global

Os conversores de frequência VLT® operam em diversas aplicações ao redor do mundo e os especialistas da Danfoss Drives localizados em mais de cem países estão prontos para dar suporte aos clientes em quaisquer aplicações e também manutenção, onde quer que estejam. Os especialistas da Danfoss Drives não desistem até que todas as questões relacionadas aos nossos drives sejam concluídas, focando sempre na satisfação dos nossos clientes.

