

Filtros Ativos AccuSine: A Solução para Harmônicas e Melhoria da Qualidade de Energia!

voltimum

Novembro, 2025

Life Is On

Schneider
Electric

Agenda

- 1 **Introdução**
- 2 **Harmónicas, generalidades, ...**
- 3 **Normativas**
- 4 **Harmónicas e condensadores**
- 5 **Filtros Ativos AccuSine +
Panorama oferta**
- 6 **Dimensionamento de Filtros
Ativos**

Porque necessitamos de qualidade da energia?



Filtros de harmônicas

Filtros ativos

Reduz as despesas de capital (CapEx)

Oferece oportunidades de poupanças, especialmente no custo da distribuição elétrica. Reduz o valor da corrente RMS, de modo que o dimensionamento dos barramentos, cabos e transformadores pode ser reduzido. Permite a expansão sem a necessidade de equipamento de distribuição adicional.

Reduz as despesas operacionais (OpEx)

Contribui para reduzir as perdas nos equipamentos de distribuição, cabos e transformadores, proporcionando uma vida útil mais longa e uma utilização mais eficaz da capacidade do sistema. Diminui a procura à companhia elétrica. Reduz a fatura de eletricidade e elimina as penalizações.

As harmônicas podem sobrecarregar a sua instalação elétrica e danificar os equipamentos. O AccuSine + proporciona mitigação harmônica e correção de corrente reativa para melhorar a fiabilidade, poupar dinheiro e ajudá-lo a evitar períodos de inatividade e perda de produtividade.



Melhora a disponibilidade e aumenta o desempenho

- Aumenta a fiabilidade e a vida útil, tanto da instalação como dos equipamentos.
- Melhora a eficiência energética
- Reduz o risco de cortes.
- Aumenta a produtividade, eliminando os tempos de inatividade.
- Aumenta a qualidade dos produtos devido a um melhor desempenho do processo produtivo.
- Prolonga a vida útil dos equipamentos, reduzindo o sobreaquecimento.
- Equilíbrio de cargas
- Aumenta o desempenho e a vida útil do gerador
- Elimina a cintilação (flicker) e melhora os processos
- Mantém o equilíbrio da corrente reativa nos parques de energias renováveis (fotovoltaica e eólica)
- Melhora a capacidade do sistema
- A possibilidade de ligação em paralelo de várias unidades permite que a instalação, manutenção e atualização do sistema sejam simples

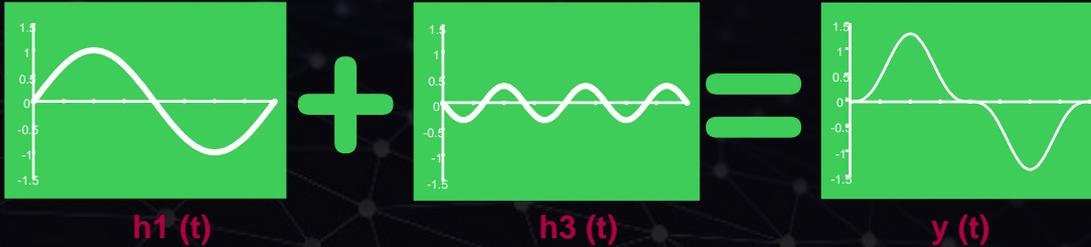
Life Is On

Schneider
Electric

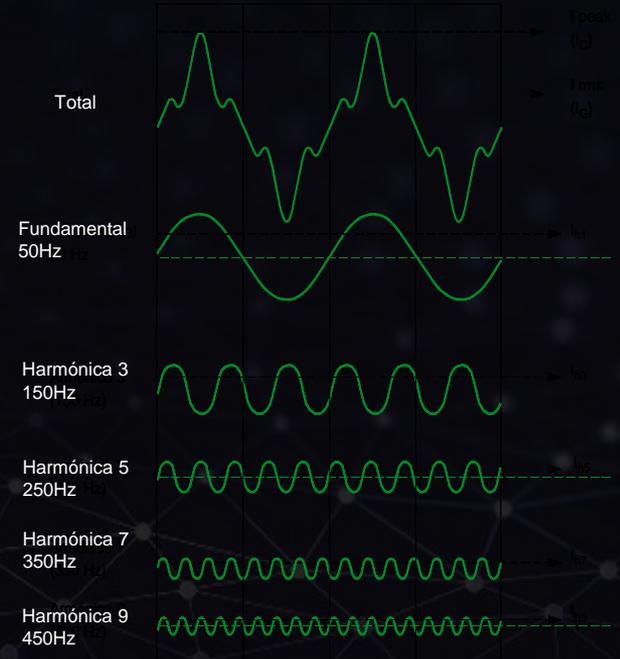
➤ Harmónicas, generalidades, definições

Harmônicas, generalidades, definições

De acordo com a norma UNE EN 50160, uma tensão harmônica é uma tensão sinusoidal cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental da tensão de alimentação.



Diz-se que um sinal periódico contém harmônicas quando a forma de onda desse sinal não é sinusoidal, ou seja, quando apresenta uma distorção em relação ao que seria um sinal sinusoidal.



Harmónicas, definições

Origem das harmónicas

Os elementos que produzem harmónicas estão presentes em todos os setores. As harmónicas são produzidas por cargas não lineares (ou seja, cargas que, ao serem alimentadas por uma tensão sinusoidal, respondem com uma onda de intensidade deformada, não linear, por exemplo, variadores de velocidade, UPS, máquinas de soldar...).

Harmónicas, definições

$$\text{Valor eficaz} = \sqrt{H1^2 + H2^2 + \dots Hn^2} \quad \text{Taxa de distorção individual } Tn = \frac{Hn}{H1}$$

$$\text{Taxa distorsão global } THD\% = 100 \times \frac{\sqrt{H2^2 + H3^2 + \dots Hn^2}}{H1}$$

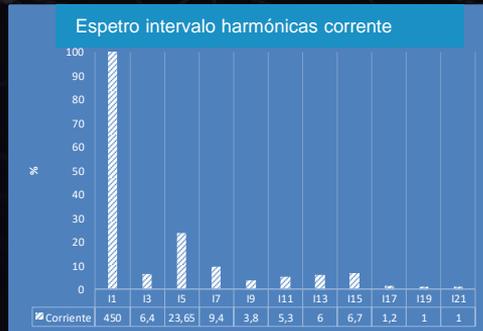
$$\text{Taxa de distorção de demanda total (TDD)} \quad TDD = \sqrt{\sum_{h=2}^H \left(\frac{I_h}{I_L}\right)^2} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_{40}^2}}{I_L}$$

Harmônicas, definições

Exemplo

I fundamental : 450A

H	Porcentagem %	I calibre (A)
I3	11,0	49,50
I5	32,0	144,00
I7	14,0	63,00
I9	7,9	35,55
I11	5,3	23,85
I13	6,0	27,00
I15	6,7	30,15
I17	1,2	5,40
I19	1,0	4,50
I21	1,0	4,50



$$Valor\ eficaz = \sqrt{H1^2 + H2^2 + \dots + Hn^2}$$

$$I_{eff} = \sqrt{450^2 + 49,5^2 + 144,0^2 + 63^2 + \dots + 4,5^2} = 482,9\text{ A}$$

$$T_n = \frac{Hn}{H1}$$

$$\frac{49,50}{450} = 11\%$$

$$\frac{144,0}{450} = 32\%$$

$$\frac{63,0}{450} = 14\%$$

$$THD\% = 100 \times \frac{\sqrt{H2^2 + H3^2 + \dots + Hn^2}}{H1}$$

$$THD\% = 100 \times \frac{\sqrt{49,5^2 + 144^2 + 63^2 + \dots + 4,5^2}}{450} = 38,93\%$$

Harmónicas, generalidades

TDD e THDi, não são a mesma coisa

- THD (I) é a amplitude das harmónicas na corrente (valor RMS) dividida pela amplitude da corrente fundamental **no momento da medição.**
- TDD é a amplitude dos harmónicos na corrente (valor RMS) dividida pela amplitude da corrente fundamental **a 100% da carga.**

A TDD definida na norma IEEE519-1992

TDD (distorção total da demanda) é a amplitude dos harmónicos na corrente (valor RMS) dividida pela amplitude da corrente fundamental a 100% da carga no PCC (ponto de acoplamento comum).

- THD(I) não é definido neste documento.
 - Até o harmónico H50.
 - Não define novos projetos
 - Média dos últimos 12 meses

O Ponto de Acoplamento Comum (PCC) é o ponto da rede eléctrica onde uma instalação se conecta à rede pública ou a outra rede compartilhada. É o ponto mais próximo da instalação onde outros usuários também podem estar conectados.

Harmónicas, problemática

Perturbações produzidas pelas harmónicas

- Redução da qualidade da alimentação elétrica.
- **Efeitos imediatos** e a **longo prazo** em equipamentos e sistemas

Impactos económicos

- Envelhecimento prematuro (redução da vida útil de 5% a 38%)
- Sobrecargas na rede → maior contratação de potência e perdas.

Efeitos imediatos (curto prazo)

- Disparo intempestivo de proteções.
- Perturbações em sistemas de baixa corrente (telecomunicações).
- Vibrações, ruídos anormais.
- Sobrecarga térmica em condensadores.
- Falhas em cargas não lineares.

Efeitos a longo prazo

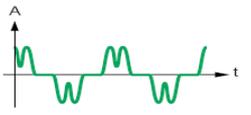
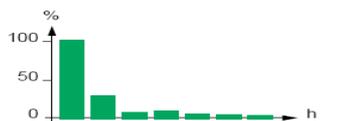
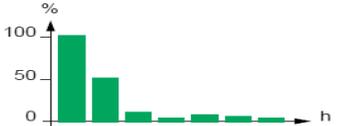
- Condensadores, motores, transformadores: perdas, aquecimento, redução da capacidade, vibrações, desgaste mecânico.
- Interruptores automáticos: disparos por altos valores de corrente.
- Cabos: perdas adicionais e aquecimento (especialmente com harmónicos de ordem 3).
- Eletrónica e computadores: perturbações, perda de dados, problemas de sincronização.



Harmónicas, generalidades,

Geradores de harmónicas mais comuns



Cargas não lineares	Formas típicas de corrente de onda	Espectro harmónico	THDi saída habitual
Variador de velocidade 			44%
Retificador / carregador 			28%
Carga informática 			115%
Iluminação fluorescente 			53%

Life Is On



Harmónicas, generalidades,

As correntes harmónicas predominantes são determinadas pelo tipo de carga

Carga	Harmónica predominante					
	3H	5H	7H	9H	11H	13H
UPS monofásica						
UPS trifásica						
Equipamento UPS trifásica						
Balastros eletrónicos						
Variador 6 impulsos						
Variador 12 impulsos						

A maior ou menor presença das diferentes cargas harmónicas irá moldar a composição da harmónica predominante.

➤ Normativas

Normas sobre harmónicas em instalações

Compatibilidade e emissões

Garantir que os equipamentos e a rede possam coexistir sem gerar perturbações excessivas.

- **Normas IEC 61000-2-2 e 2-4:** definem níveis de compatibilidade para sistemas de baixa e média tensão.

Importância: as emissões de harmónicos devem ser mantidas dentro de limites para evitar sobrecargas e falhas em equipamentos sensíveis.

Qualidade da Rede

- **EN 50160:** especifica as características da tensão em redes de BT e MT (frequência, variações de tensão, flicker, harmónicos).
- **IEEE 519:** define limites de distorção harmónica total (THD) e por ordem, tanto para o cliente como para a rede.

Impacto: o cumprimento destas normas evita sanções e garante a confiabilidade do fornecimento de energia eléctrica.

Normas para Equipamentos

- **CEI/EN 61000-3-2:** regula equipamentos com corrente nominal <16 A (eletrodomésticos, iluminação, informática).
- **CEI/EN 61000-3-4:** aplica-se a equipamentos >16 A (motores, variadores, maquinaria industrial).
- **UNE-EN 61642:** estabelece requisitos para redes industriais e filtros harmónicos.

Objetivo: limitar a geração de harmónicos desde a conceção do equipamento, reduzindo a necessidade de correções posteriores.

Normativas

Valores indicativos (de acordo com a Norma UNE-EN 50160)

Âmbito de aplicação

Esta norma descreve as principais características da tensão fornecida no ponto de ligação do cliente por uma rede pública de distribuição de BT e MT em condições normais de funcionamento.

Tensões harmónicas

Em condições normais de exploração, durante cada período de uma semana, 95% dos valores eficazes de cada tensão harmónica calculados em média ao longo de 10 minutos não devem exceder os valores indicados na tabela.

Tensões mais elevadas para uma determinada harmónica podem ser devidas a ressonâncias.

Armónicos ímpares no múltiplos de 3		Armónicos ímpares múltiplos de 3		Armónicos pares	
Rango	Uh (%)	Rango (h)	Uh (%)	Rango (h)	Uh (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6...24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,2				
THD (V) < 8%					

A taxa de distorção harmónica total da tensão fornecida (THD) não deve exceder 8%.

Normativas

Norma UNE-EN 61000-2-4

Compatibilidade eletromagnética, ambiente, níveis de compatibilidade em instalações industriais de potência, BT ou MT, a 50 ou 60 Hz

Âmbito de aplicação

Esta norma aplica-se a redes industriais de energia de baixa ou média tensão, a 50 ou 60 Hz.

Tensões harmónicas

A tabela indica os níveis máximos de tensão harmónica para os harmónicos ímpares que não são múltiplos de 3 para as diferentes classes.

Armónicos ímpares no múltiplos de 3

Rango	Clase 1 Uh (%)	Clase 2 Uh (%)	Clase 3 Uh (%)
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
19	1,5	1,5	4
23	1,5	1,5	3,5
25	1,5	1,5	3,5
> 25	$0,2 + 12,5/h$	$0,2 + 12,5/h$	$5 \times \sqrt{11/h}$

- ❑ **Clase 1: Redes protegidas com níveis de compatibilidade mais baixos do que os das redes públicas.**
- ❑ **Clase 2: Ambiente industrial em geral. Os níveis de compatibilidade são os mesmos das redes públicas.**
- ❑ **Clase 3: Ambiente industrial severo.**

Normativas

Níveis THDu

<5%

Sem risco : instalação sem problemas devido a harmónicos

>5%
<8%

A verificar : instalação com problemas ocasionais devido a harmónicas

>8%

Mau funcionamento : Instalação com problemas contínuos e dificuldade em trabalhar sem interrupções.

Valores válidos, apenas se a energia reativa não precisar de ser compensada ou se já estiver compensada. **Não é válido para a escolha do equipamento de compensação!**

Normativas

Níveis de Taxa de distorção

Harmónicas de tensão

- Se $THDu > 8\%$: Contaminação significativa, pelo que é provável que esteja a funcionar mal: é necessária a análise e a utilização de um dispositivo de atenuação.
- Se $5\% < THDu < 8\%$: Contaminação significativa, podendo ocorrer algum mau funcionamento.
- Se $THDu < 5\%$: Esta é considerada uma situação normal.

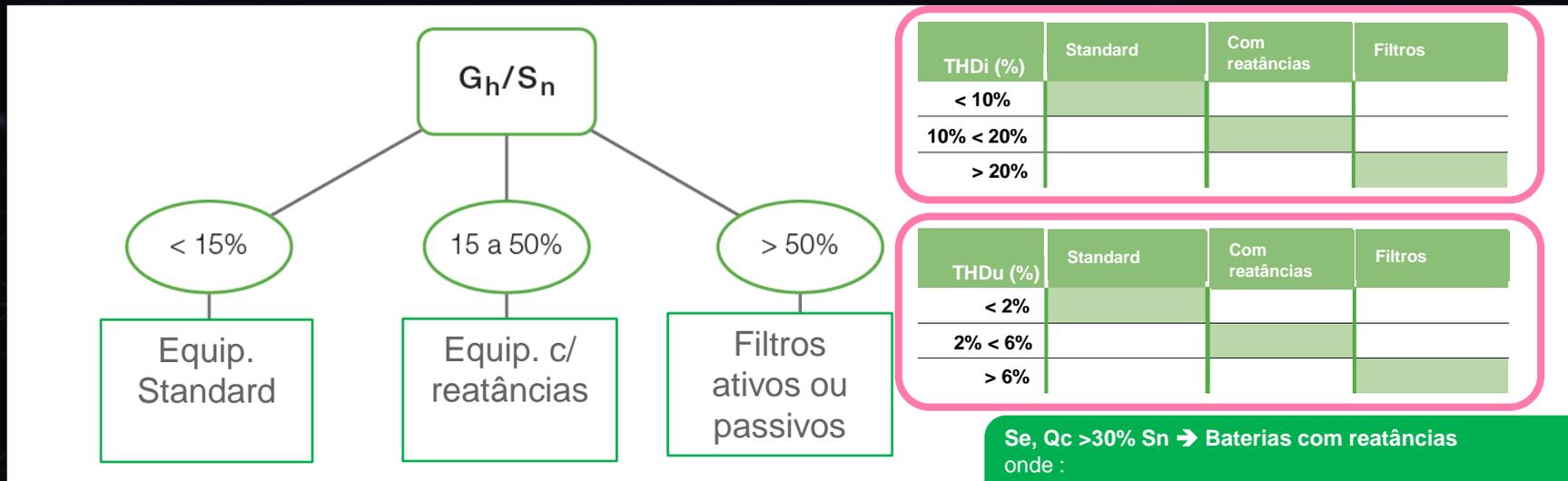
Harmónicas de corrente

- Se $THDi > 50\%$: Contaminação significativa, pelo que é provável que esteja a funcionar mal: é necessária a análise e a utilização de um dispositivo de atenuação.
- Se $10\% < THDi < 50\%$: Contaminação significativa, podendo ocorrer algum mau funcionamento.
- Se $THDi < 10\%$: Situação normal.

➤ Harmónicas e condensadores

Harmônicas e condensadores (reativa)

Critérios de seleção do equipamento de compensação



Se, $Q_c > 30\% S_n$ → Baterias com reatâncias

onde :

Q_c → Potência bateria condensadores em kVAR

S_n → Potência nominal do transformador, em kVA

Equipamentos Standard → Baterias de condensadores, com os condensadores, pelo menos à tensão secundária do transformador de potência

Equipamentos com reatâncias → Baterias de condensadores, com os condensadores, como mínimo +10% da tensão do secundário do transformador de potência + reatâncias anti harmônicas (conjunto sintonizado a 189Hz ou 210Hz)

Harmônicas e condensadores (reativa)

Normativa UNE-EN 61642

Redes industriais de corrente alternada afetadas por harmônicas.

Utilização de filtros e condensadores a instalar em paralelo.

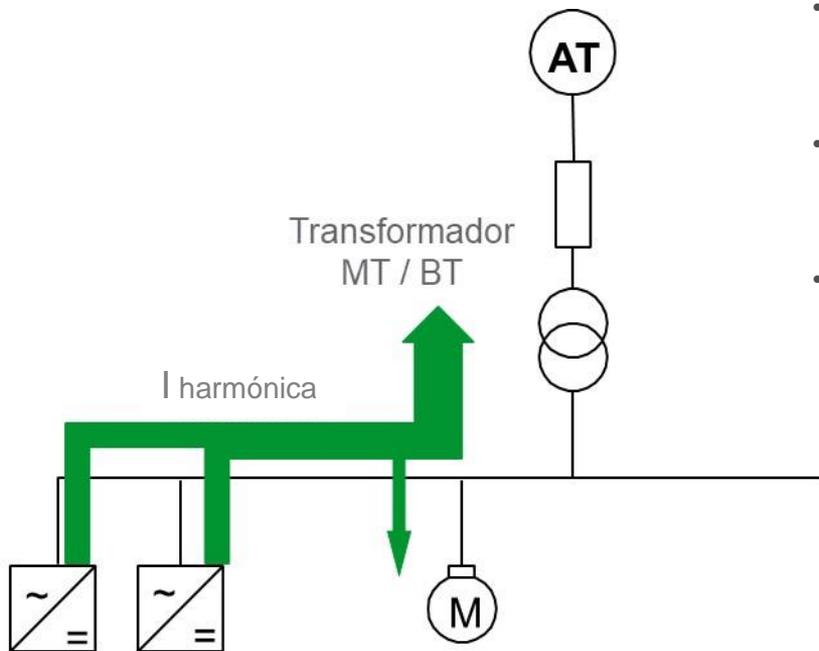
- ❑ Fator de potencia = P / S
- ❑ Fator de defasagem ($\cos \varphi$) = $P(50 \text{ Hz}) / S(50\text{Hz})$
- ❑ Fator de harmônicas (THD)

$$DF = \frac{\sqrt{\sum_2^h A_h^2}}{A_1} 100 \text{ } 0/\text{0}$$

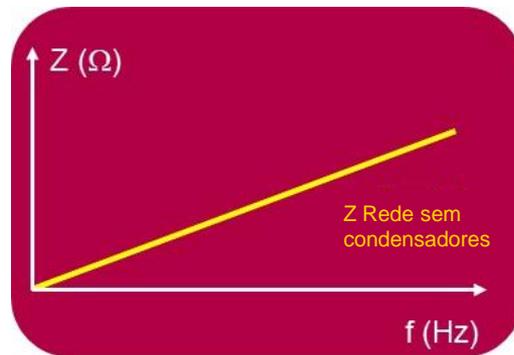
- ❑ **Filtro:** reatâncias + condensadores + resistências , sintonizados de tal forma que apresentam um Z conhecido em uma faixa de frequências
- ❑ **Frequência de sintonia:** frequência para a qual o Z do filtro apresenta um valor máximo ou mínimo
- ❑ **Filtro sintonizado:** filtro cuja frequência de sintonização não difere mais de 20 % da frequência a ser filtrada
- ❑ **Filtro desintonizado:** condensador com reatância anti harmônica
 - filtro cuja frequência de sintonização é inferior em pelo menos 10 % à primeira frequência da harmónica que apresenta uma amplitude importante em V/I

Amplificação

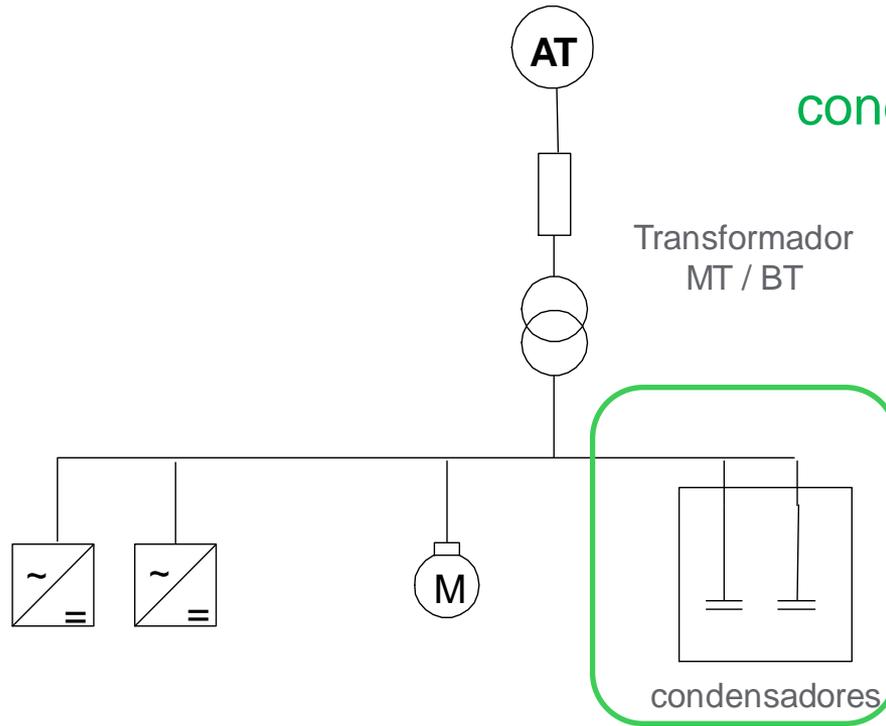
Instalação sem condensadores



- A rede pode ser considerada uma impedância indutiva que varia linearmente.
- As correntes harmónicas geradas retornam todas na direção do transformador.
- Somente uma pequena parte é absorvida pelas cargas.



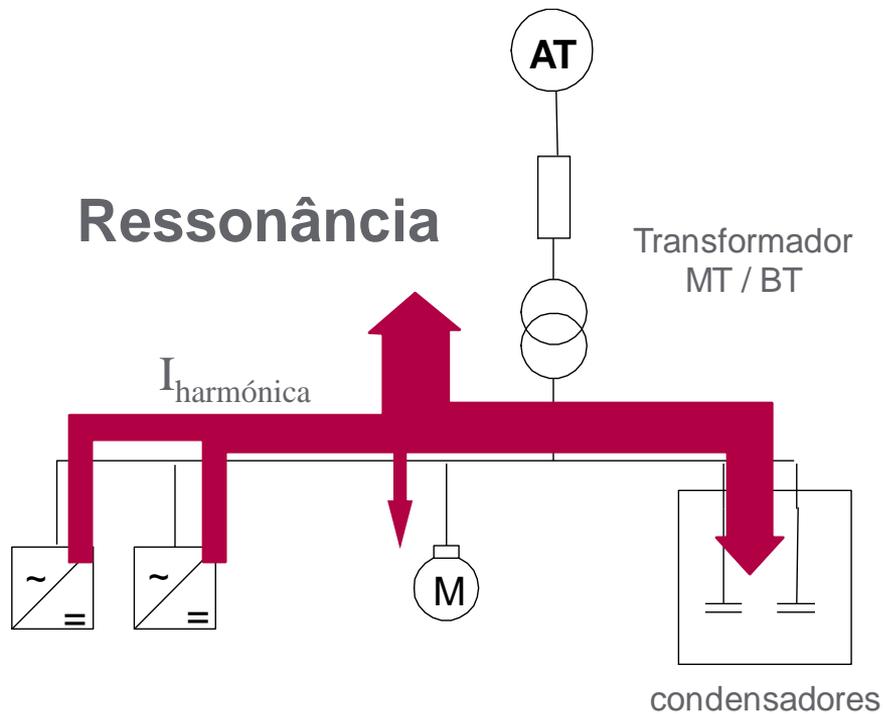
Amplificação



E se existirem
condensadores o que
acontece?

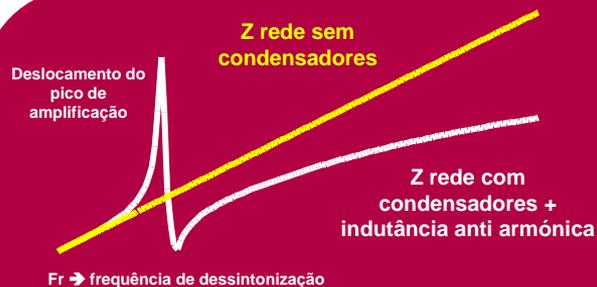
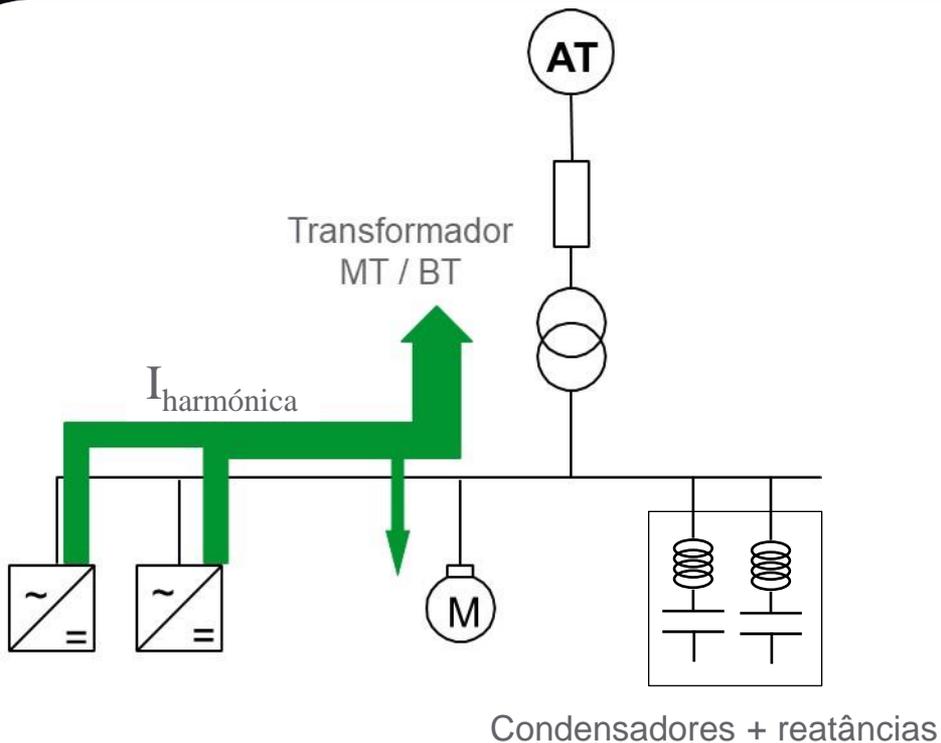
Amplificação

Instalação com condensadores



Amplificação

Instalação com condensadores + indutância



Incluir reatâncias em série com os condensadores provoca o deslocamento do "pico" de amplificação para frequências sem presença de harmônicas.

➤ Filtros Ativos AccuSine +

Life Is On

Schneider
Electric

Regulamentos ambientais - ISO 50001

O ciclo da melhoria contínua

Medir



Não é possível analisar se não tiver realizado medições.

Analisador de rede:
(PM8000 / ION9000)



Entender

A interpretação dos resultados é fundamental



Power Monitoring Expert

Atuar

A melhor solução para o problema detectado
Cliente satisfeito!



Life Is On

Schneider
Electric

1º Passo – Medir: Que tipo de analisadores de QE?

Resumo da seleção de contadores SE para eventos QE

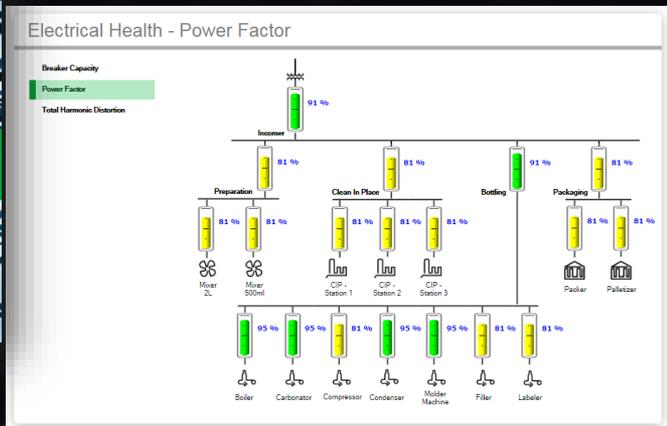
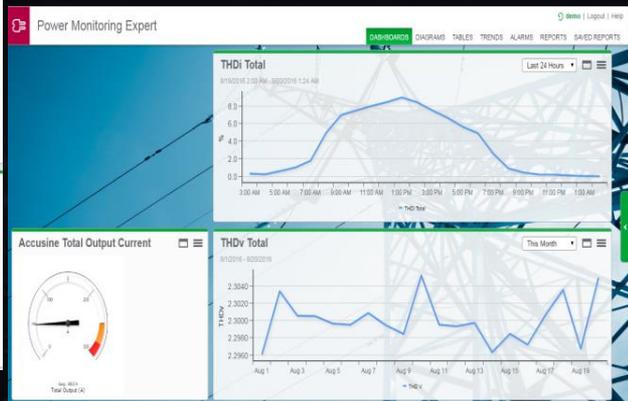
Eventos e perturbações QE	ION9000	PM8000	PM5500	PM5300	PM5100
Interrupções	✓	✓	✗	✗	✗
Tensões sag/swell	✓	✓	✗	✗	✗
Tensão transitória	✓	✗	✗	✗	✗
Sobretensão/subtensão	✓	✓	✗	✗	✗
Desequilíbrio	✓	✓	✓	✓	✓
Harmónicas	✓	✓	✓	✓	✓
Variação de frequência	✓	✓	✗	✗	✗
Cintilação (Flicker)	✓	✗	✗	✗	✗
Detecção da direção da perturbação	✓	✓	✗	✗	✗



2º Passo – Entender: PME Dashboard

Informação relativa à QE: Permite aos utilizadores compreender de forma rápida e simples o desempenho da PQ e identificar as causas das perturbações de energia.

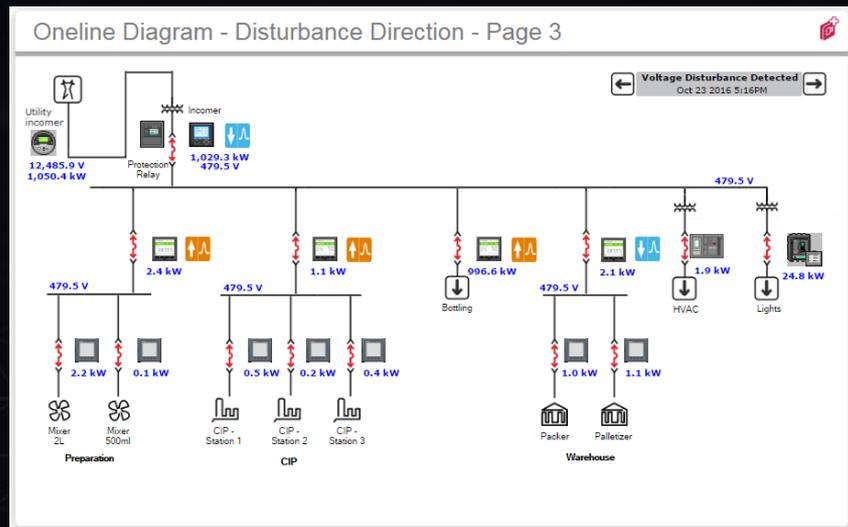
EcoStruxure Power Monitoring Expert



Avaliar os impactos de QE

- Revelar penalizações por má qualidade de energia
- Estimar o impacto financeiro/operacional das perturbações elétricas
- Reconhecer o principal contribuinte para os problemas de qualidade de energia
- Desenvolvimento e evolução ao longo do tempo dos Filtros Ativos: THDi e THDu e a eficiência do filtro
- Identificar períodos críticos e avaliar se o sistema está dentro dos limites normativos (IEEE 519)
- Saber o fator de potência (FP) em cada ponto do sistema elétrico, destacando áreas com baixo desempenho (81%) que requerem compensação reativa para melhorar a eficiência energética

2º Passo – Entender: PME Dashboard



Direção da perturbação

- Identificar de onde se origina a perturbação
- Localizar qual é o local correto para implementar a mitigação da Qualidade de Energia (PQ)
- Fazer com que a empresa de serviços públicos seja responsabilizada pelas perturbações na sua rede elétrica...



Aumentar a fiabilidade e a vida útil dos ativos elétricos



Evitar a interrupção do negócio através da prevenção de falhas de distribuição elétrica

EcoStruxure Power Monitoring Expert

Power Quality Performance

LAST 24 HOURS LAST 7 DAYS **LAST 30 DAYS** LAST 12 MONTHS

CORRECTIVE EQUIPMENT STATUS

Interruptions Power Quality Event

Transient Voltage Power Quality Event

Over Voltage Power Quality Event

Unbalance Steady State Disturbance

Frequency Variation Steady State Disturbance

Voltage Sag Power Quality Event

Voltage Swell Power Quality Event

Under Voltage Power Quality Event

Harmonics Steady State Disturbance

Flicker Steady State Disturbance

Capacitor Banks Corrective Equipment

Active Harmonic Filters Corrective Equipment

UPS Corrective Equipment

Executive Summary Voltage Report

Report Summary
Report Run Date: 10-March-2017

Demo
200 Tuck-Fish Ct
Lawrence, IN

8% System Affected

Network Health Check
Date Range: 10 Aug 2016 - 10 Sep 2016

Based on Power Advisor's advanced analytics technology, we have detected voltage issues within your electrical network that could cause equipment and/or operational problems. Based on the severity of one or more of these events, we recommend timely investigation into the causes and potential resolutions of the issues identified below. Your Schneider Electric Support Engineer can provide further details to make sure you are properly monitoring the power quality of your electrical system.

Check for Voltage (V) [OK] Voltage and/or current abnormality. (Check to perform more diagnostics on this abnormality and/or disturbance.)

Over Voltage Condition (1742700) Search for active abnormal condition, voltage measurements above allowed threshold displayed.

Under Voltage Condition (1712100) Search for active abnormal condition, voltage measurements below allowed threshold displayed.

Voltage Sag Condition (1712100) Search for active abnormal condition, voltage measurements below allowed threshold displayed.

Under Voltage Condition (1712100) Search for active abnormal condition, voltage measurements below allowed threshold displayed.

Under Voltage Condition (1712100) Search for active abnormal condition, voltage measurements below allowed threshold displayed.

Single PO Analysis Recommended Voltage Issues have been detected in a system that includes power quality devices. The PO device status is recommended.

Power Quality Warning (Disturbance) Voltage issues have been detected at system output PO equipment.

Warning Voltage Harmonic Condition Search for active abnormal condition, voltage harmonics detected across allowed limits.

Schneider Electric

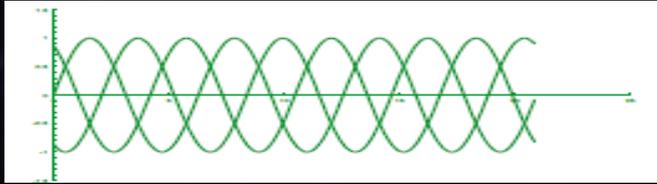


Evitar incêndios elétricos

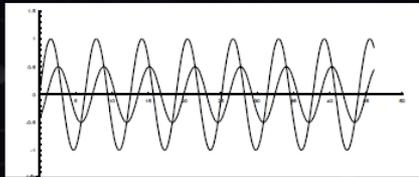
- Monitorização de harmónicas para evitar o sobreaquecimento ou a combustão dos transformadores.
- Tendências e relatórios sobre perturbações e problemas de qualidade da energia...

3º Passo: Filtros Ativos AccuSine +

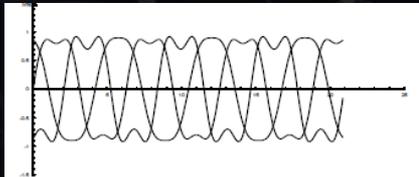
A gama de filtros AccuSine+ pode corrigir 3 e/ou 4 problemas de qualidade de energia (QE).



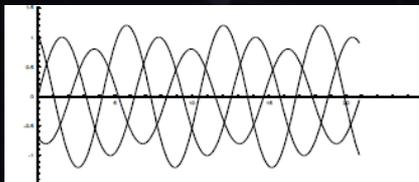
Sistema trifásico equilibrado, fornecimento de tensão ideal



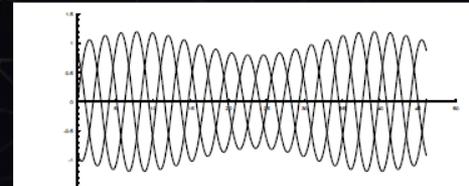
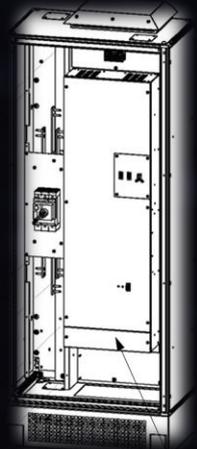
Fator de potência



Harmónicas



Desequilíbrio de fase



Cintilação (Flicker)

Panorama Oferta Filtros Ativos AccuSine +



PowerLogic
AccuSine PCSn

Correção harmônica,
CFP,
Desequilíbrio

Cargas trifásicas e/ou
cargas monofásicas F-N

Setor Terciário



PowerLogic AccuSine
PFV+

CFP,
Desequilíbrio,
Flicker

Cargas trifásicas e/ou cargas
monofásicas F-F

Industria



PowerLogic AccuSine
PCS+

CFP,
Desequilíbrio,
Flicker

Cargas trifásicas e/ou
cargas monofásicas F-F

**Setor terciário, Infraestruturas,
Industria,...**

AccuSine + resolve tanto o deslocamento PF ($\cos \varphi$) quanto o True PF.

Life Is On

Schneider
Electric

Panorama Oferta Filtros Ativos AccuSine PCSn



AccuSine PCSn (para 3F+N)
Desenhado para funcionar em ambientes menos agressivos e em ambientes «limpos», onde um IP20 é suficiente.

- Faixas RMS: 20, 30, 50, 60 A
- Tensão 208-415 VCA, 50/60 Hz
- Aterramento de sistemas e TI
- Caixas IP00 ou IP20 e rack 19"
- Entrada de cabos inferior (parede e chassi)
- Entrada de cabos frontal (módulo rack 19")
- Proteção de cabeçalho necessária
- Entradas/saídas discretas
- Topologia IGBT de 3 níveis
- Comunicações Modbus TCP/IP
- EcoStruxure Power ready (PME e EPO)
- Até 6 módulos em 1 configuração de rack de 19"
- Até 12 unidades em paralelo
- Atenuação harmónica: <3% THDi

- Em paralelo com qualquer tamanho
- Equilíbrio de carga com compensação neutra
- Transformadores de intensidade: secundário 1A ou 5A
- Posição TI no sentido de carga ou fonte
- Temperatura de funcionamento: 0 °C a +45 °C
- Ponto de ajuste THDu e THDi
- Lógica de controlo de circuito fechado e aberto
- ...

Panorama Oferta Filtros Ativos AccuSine PFV+ e PCS+



AccuSine PFV+

A correção ultrarrápida do fator de potência deve ser realizada com o **AccuSine PFV +**.

Deslocamento do fator de potência ($\cos \varphi$)

- Injeção capacitiva ou indutiva, com objetivo $\cos \varphi$ unidade
- Ajuste por ciclo

Equilíbrio de cargas

- Injeção de corrente de sequência negativa

Correção de Flicker

- 100% resposta em <1 ciclo

Control Volt-VAR

- Suporta desvios de até 10% em quedas e picos de tensão

AccuSine PCS+

concebido para funcionar em ambientes elétricos difíceis e em condições ambientais severas que exigem um elevado grau de proteção IP (IP54).
Não cancela a corrente do neutro.

Harmônicas

- Controle de circuito fechado, com uma redução de 98% no THDi em todos os níveis de carga

Desvio do fator de potência ($\cos \varphi$)

- Injeção capacitiva ou indutiva, com objetivo $\cos \varphi$ unidade

Equilíbrio de cargas

- Injeção de corrente de sequência negativa

→ A correção ultrarrápida do fator de potência deve ser realizada com o **AccuSine PFV +**.

Aplicações típicas

AccuSine PCSn



Segmento do edifício



Edifícios e escritórios



Centros comerciais



Hospitais



Hotéis



Centros de Investigação



Centros de dados

AccuSine PFV +



Segmento industria



Indústrias pesadas



Setor automóvel



Edifícios comerciais



Centros de Dados



Fábricas de processamento

AccuSine PCS +



Segmento industria



Indústrias pesadas



Petróleo e gás (onshore/offshore)



Marinha



Águas residuais



Fábricas de processamento



Minerária

Segmento industria



Indústrias ligeiras



Setor alimentar

Infraestrutura e energia



Energia crítica



Ferrovário



Rede de serviços públicos



Energias renováveis

Infraestruturas e segmento construção



Centrais nucleares



Aeroportos



HVAC



Hospitais

Exemplos de indústria ligeira: alimentação, vestuário, calçado, bebidas, tabaco, têxteis.
A indústria pesada está envolvida na extração e transformação de matérias-primas.

Life Is On

Schneider
Electric

Onde utilizá-los?

Por função

	Harmônicas Neutros	Harmônicas de Fase	Correção cos ϕ	Equilibrado cargas	Suporte de tensão (via injeção VAR)	Flicker	Condições ambiente instalação
AccuSine PCSn	■	■	■	■			Comercial e industria ligera
AccuSine PCS+		■	■	■			Industria pesada
AccuSine PFV+			■	■	■	■	Industria pesada



AccuSine PCSn mural



AccuSine PCSn rack 19"



Oferta AccuSine PCS+ e PFV+

Exemplos de indústria ligeira: alimentos, vestuário, calçado, bebidas, tabaco, têxteis
A indústria pesada dedica-se à extração e transformação de matérias-primas

Life Is On

Schneider
Electric

Quando utilizar um Filtro Ativo AccuSine +?

Se o utilizador tiver avarias contínuas na sua instalação:

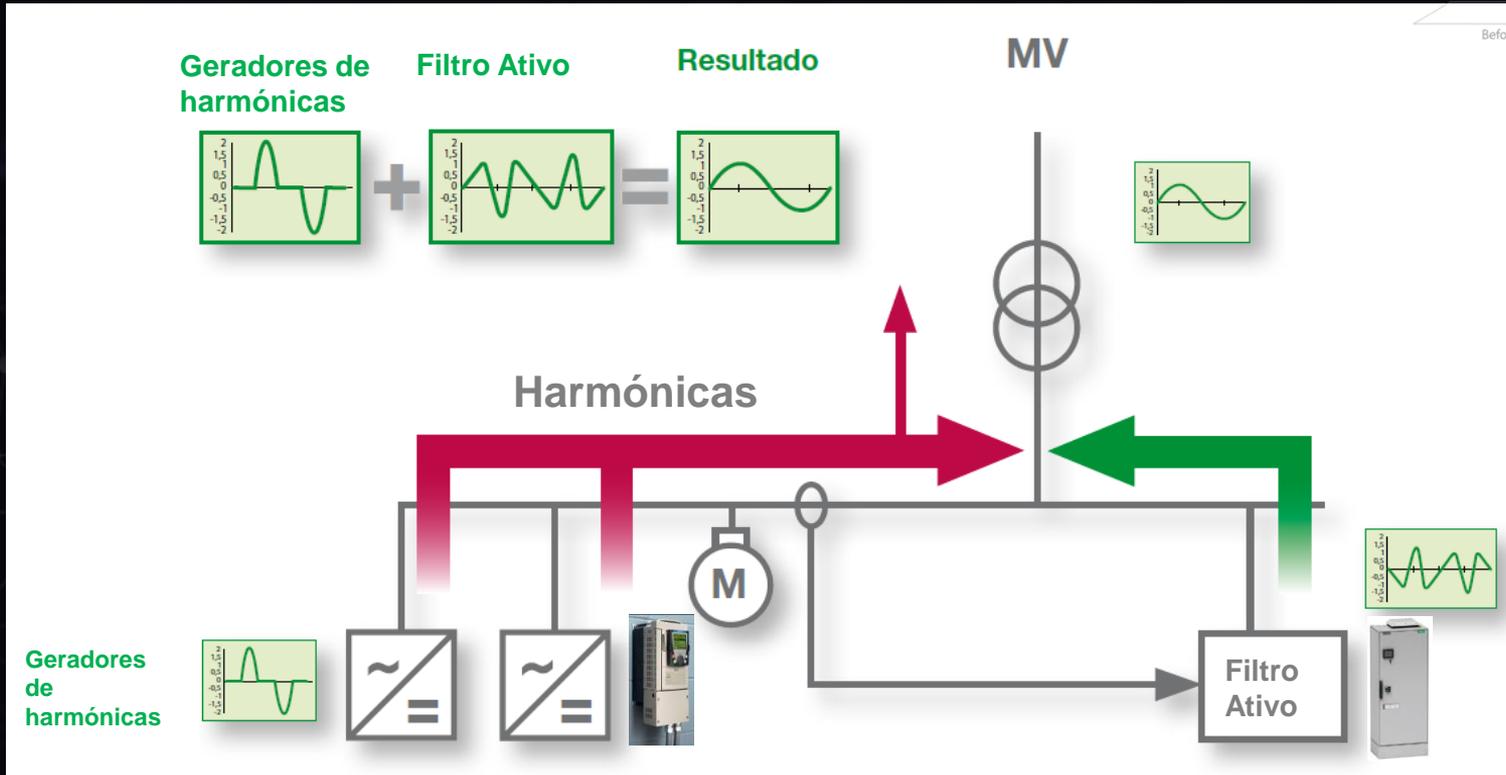
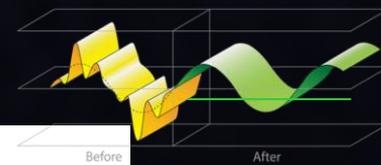
- Aumento da corrente efetiva
- Aquecimento do neutro
- Disparos intempestivos das proteções
- Destruição de placas eletrónicas
- Perturbações nos sistemas de telecomunicações e telemando
- Vibrações e ruídos estranhos
- Quebra de condensadores

Se o utilizador é sensível aos custos adicionais gerados pelos harmónicos

Se o utilizador deseja cumprir as diferentes normas e recomendações sobre a poluição harmónica na rede



Princípio de funcionamento de AccuSine +



O Filtro de Harmônicas injeta:

- Corrente harmônica para mitigar as harmônicas
- Corrente fundamental para realizar a correção do fator de potência e/ou o equilíbrio da corrente de carga

Life Is On

Schneider
Electric

Práticas recomendadas

ALTAMENTE RECOMENDADO (para todos os Filtros Ativos)



Impedância: $\geq 3\%$ - 5% de indutância de linha em cada carga não linear

- Uma redução no primeiro nível nos equipamentos de 6 impulsos PWM VFD *
- ~90% a ~ 30-35% TDD
- Reduz o THD resultante das falhas de tensão do tiristor (SCR, retificador controlado de silício)
- Otimiza a seleção do filtro ativo
- Minimiza o tamanho do filtro
- Maximiza o TDD

Sem condensadores a jusante do TI

- Minimiza o risco de ressonância
- Otimiza os custos de instalação
- Não são necessários TIs auxiliares para visualizar os condensadores

O que acontece quando a impedância não está presente?

Seleção

- O TDD dos VFD é muito mais elevado.
- O TDD do sistema é muito mais elevado.
- Necessidade de filtros ativos de maior potência → são necessários mais equipamentos.
- Custo mais elevado → são necessárias mais unidades

TDD

- Se o TDD $> 50\%$, é difícil conseguir uma atenuação $< 10:1$
- Não é possível cumprir algumas normas

Apenas para tiristores do tipo SCR

- A profundidade do intervalo de tensão não é reduzida
- alto impacto na THDu

Life Is On

Schneider
Electric

Funcionamento duplo, atribuindo capacidade

- É atribuída prioridade ao modo Harmónicas ou aos modos PF/LB (compensação reativa/equilíbrio de cargas)
- É indicada a % de Harmónicas que se deseja utilizar
- 100% significa que toda a capacidade (corrente) é utilizada para a compensação harmónica. Não há possibilidade de utilizar PF/LB
- 0% significa que a prioridade é PF/LB e, se tudo não for utilizado, o excedente é utilizado para a correção harmónica
- É possível limitar a injeção harmónica, deixando o restante para as funções PF/LB



$$I_{as} = \sqrt{I_h^2 + I_f^2}$$

onde :

I_{as} = Corrente total de saída do AccuSine PCS+

I_h = Corrente harmónica injetada pelo AccuSine PCS+

I_f = Corrente fundamental rms injetada pelo AccuSine PCS+

I_{as}	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
I_h Injeção de corrente harmónica	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
I_f corrente disponível	99,5	98	95,4	91,7	86,6	80	71,4	60	43,6	31,2

Funcionamento duplo, atribuindo capacidade

Filtros ativos AccuSine +

Exemplo de distribuição de corrente dupla – AccuSine 300A

Injeção de corrente harmónica	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
Valor em A	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
Corrente reativa máxima disponível	0%	44%	60%	71%	80%	87%	92%	95%	98%	99%
Valor em A	0	132	180	213	240	261	276	285	294	297
Valor em kVAr	0	91	125	147	166	181	191	197	203	206

$$I_{as} = \sqrt{I_h^2 + I_r^2}$$

$$I_{as} = \sqrt{I_h^2 + I_r^2}$$

Life Is On

Schneider
Electric

➤ Dimensionamento de Filtros Ativos AccuSine +

O que precisamos saber?

Qual é o motivo pelo qual se deseja instalar um filtro ativo?

Que problemas existem na instalação?

Onde foram os dados recolhidos? → Os dados devem ser recolhidos à cabeça da instalação e/ou no ponto onde se deseja realizar a compensação.

- Se houver uma bateria de condensadores, realizar as medições com e sem bateria
- Indique a potência do transformador
- Potências geradoras de harmónicas e cargas lineares
- Índice de carga / Fator de simultaneidade

- As medições devem ser preferencialmente trifásicas
 - Potências ativas/reactivas
- Valores de corrente (Eff/RMS)
- Valores de THD e distorção
 - THDi → THD global y % e restos de harmónicas
 - THDu → THD global y % e restos de harmónicas
- Gráficos/ tabelas de valores de harmónicas

Como dimensionar um filtro ativo AccuSine +?

1. Definir o nível de poluição harmónica da carga

Novo projeto

- Necessidade de conhecer todas as cargas não lineares
- Se o THDi for definido ao nível da instalação, e não apenas ao nível das cargas não lineares, é necessário conhecer toda a capacidade das cargas lineares (kVA).
- É necessário conhecer a impedância da rede (necessária para calcular o ShCR (*), que tem impacto direto sobre o THDi)

(*) relação entre a corrente de curto-circuito da rede / Carga total (corrente fundamental)

Instalação existente

- Com base numa medição realizada no local (a melhor opção).



Atenção: A maioria das ferramentas utilizadas para o cálculo baseia-se no facto de o valor do THDi ser referido em relação à corrente fundamental (não no valor RMS).

Como dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +?

2. Assegure-se de que as cargas não lineares estão equipadas, pelo menos, com uma indutância de linha com uma impedância de 3-5%

Instalação existente

Se as cargas não lineares incluem impedância, o TDD por carga pode ser inferior a 50%.

- O cabo de distribuição também é considerado como impedância
- Se a variação de velocidade não tiver indutância de linha, verifique se é possível adicioná-la

Novo projeto

Selecionar sempre variação de velocidade com indutância de linha (CA ou CC)

$I_{RMS} = 318 \text{ A}$
 $I_{fundamental} = 300 \text{ A}$



Nota: O custo da possibilidade de incluir a indutância de linha é inferior ao custo do sobredimensionamento do filtro ativo.

→ Se a impedância for muito baixa, há risco de danificar os equipamentos (sobretudo se houver equipamentos grandes (com Z) e pequenos (sem Z)), devido ao algoritmo de proteção incluído no PCS+, que fará uma mistura entre os dois

Como dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +?

3. Aplicar um fator multiplicador para o cálculo do Filtro Ativo

→ O filtro ativo tem uma impedância baixa em comparação com a impedância da fonte desenhada pelas cargas não lineares; esta aumentará quando o filtro ativo for instalado.

Fator multiplicador

- 1,1 para cargas não lineares com uma indutância de linha > 5%
- 1,2 (o mais habitual) para cargas não lineares com uma indutância de linha entre 3% e 5%
- Até 2 se a impedância for muito baixa ou inexistente (Não recomendado).

Exemplo:

Z VSD = 3% → fator multiplicador = 1,2

I harmónica sem filtro ativo = 100 A

I harmónica com fator multiplicador = 100 A × 1,2 = 120 A

Como dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +?

4. Definir o valor limite desejado

Limitando o TDD: pode ser um simples cálculo manual

Sem cargas lineares

Corrente de dimensionamento do filtro ativo = $(I \text{ harmónica} \times \text{fator multiplicador}) - (\% \text{ THDI limite} \times I \text{ Fundamental})$

Com cargas lineares

Corrente de dimensionamento do filtro ativo = $(I \text{ harmónica} \times \text{fator multiplicador}) - (\% \text{ THDI limite} \times I \text{ Fundamental})$

Nota: É necessário ter em conta a corrente fundamental das cargas lineares (se estiverem ligadas)

Por TDD e limite por gama harmónica (segundo IEEE)

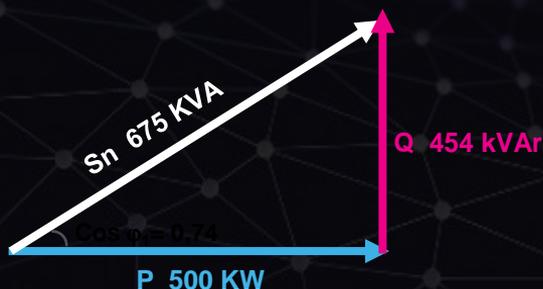
Definindo um valor de THDu limite (com ou sem limite de TDD)



Como dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +?

5. E se for necessário compensar a energia reativa??

- Selecionar os kVAr necessários para atingir o $\cos \phi$ desejado
- Identificar todas as cargas indutivas (consumo kVAr)
- Verificar se já existe compensação de energia reativa instalada



S_n = Potência aparente
 P = Potência ativa
 Q = Potência reativa requerida

$$Q = P \times (tg\phi_1 - tg\phi_2)$$

Cálculo para dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +

Somente cargas não lineares

Valores registados (a entrada)

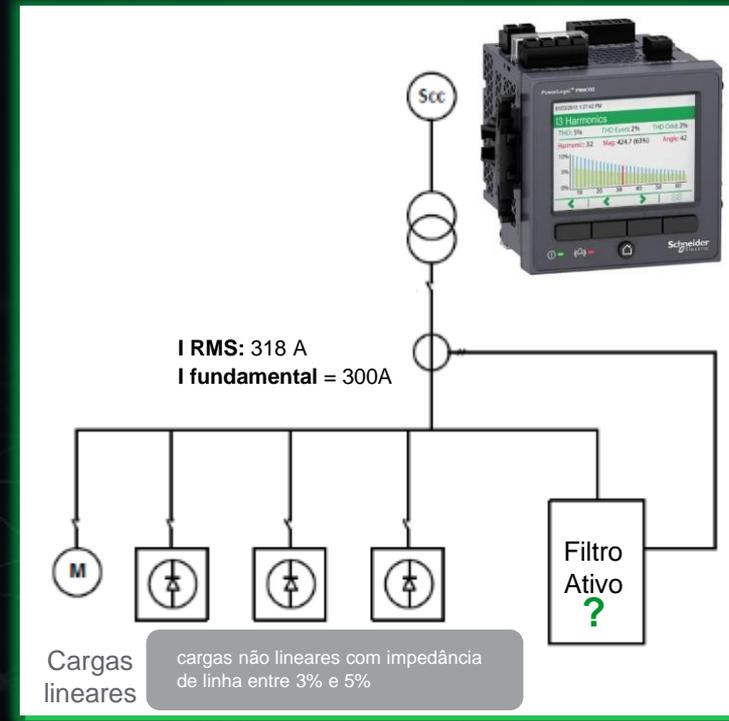
I RMS → 318 A

I fundamental → 300A

THDi → 35%

Valor objetivo THDi → 15%

Fator multiplicador → 1,2



Cálculo para dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +

Somente cargas não lineares

Valores registados (na entrada)

I RMS → 318 A

I fundamental → 300A

THDi → 35%

Valor objetivo THDi → 15%

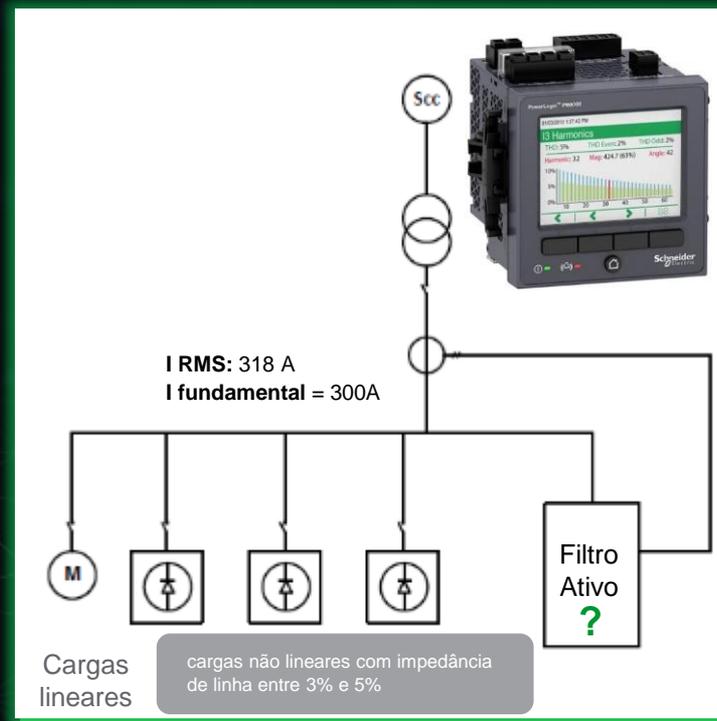
Fator multiplicador → 1,2

Corrente dimensionamento filtro ativo

(I harmónica x factor multiplicador) – (% THDi limite x I Fundamental)

$$I \text{ harmónica} = I_{\text{fund}} \times \text{THDi} \rightarrow 300 \text{ A} \times 0,35 = 105 \text{ A}$$

$$\text{Filtro ativo (A)} = (105 \times 1,2) - (0,15 \times 300) = 81 \text{ A RMS}$$



Cálculo para dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +

Cargas não lineares + cargas lineares

Valores registados (na entrada)

I RMS → 555 A

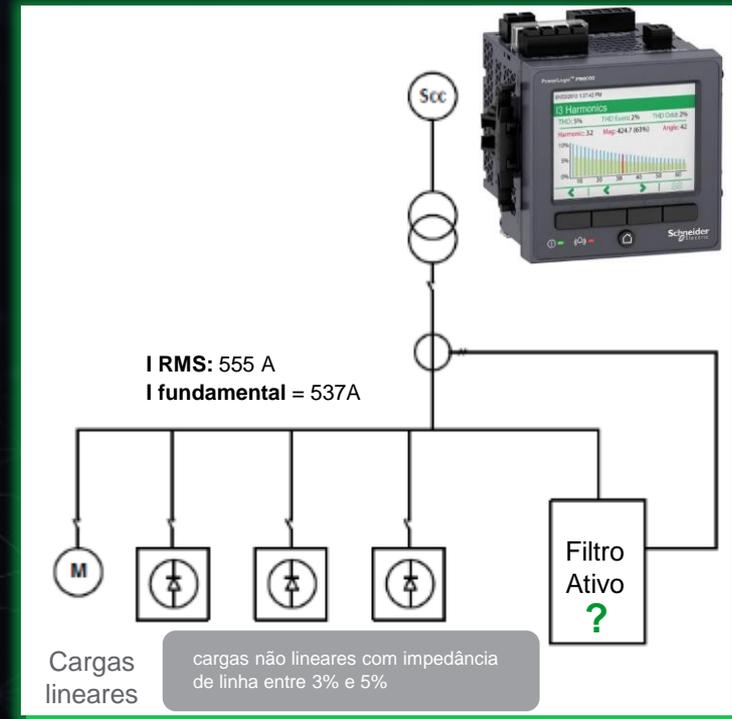
I fundamental → 537 A

THDi → 26,8%

Valor objetivo THDi → 10%

Fator multiplicador → 1,2

	Potência (KW)	I fundamental (A)	I RMS (A)	THDi	Cos ϕ
Cargas lineares	300	455	478	31,6%	0,95
Cargas não lineares	50	82	82	0	0,88
Na entrada	350	537	555	26,8 %	0,94



Cálculo para dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +

Cargas não lineares + cargas lineares

Valores registados (na entrada)

I RMS → 555 A

I fundamental → 537 A

THDi → 26,8%

Valor objetivo THDi → 10%

Factor multiplicador → 1,2

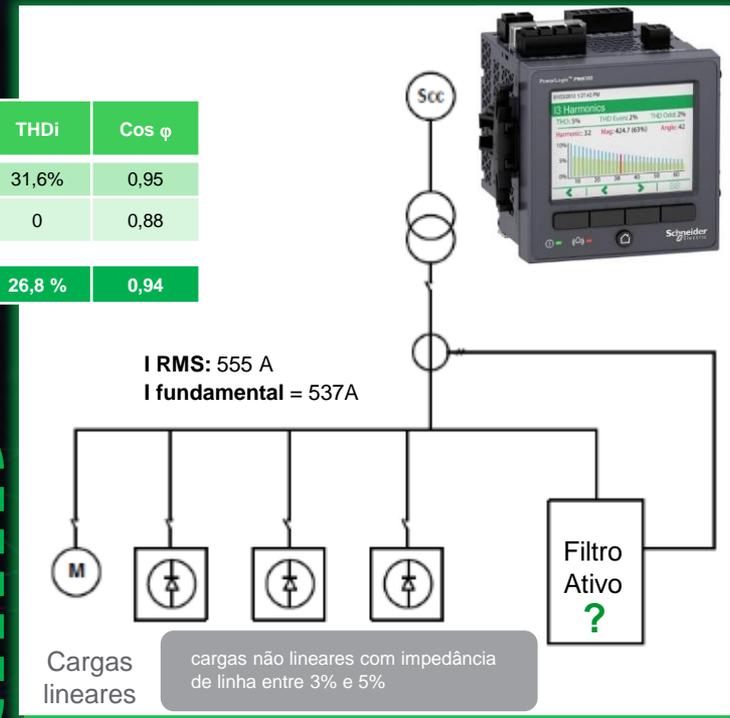
Corrente dimensionamento filtro ativo

(I harmónica x fator multiplicador) – (% THDi limite x I Fundamental)

$$I \text{ harmónica} = I_{\text{fund}} \times \text{THDi} \rightarrow 537 \text{ A} \times 0,268 = 144 \text{ A}$$

$$\text{Filtro ativo (A)} = (144 \times 1,2) - (0,10 \times 537) = 119 \text{ A RMS}$$

	Potência (KW)	I fundamental (A)	I RMS (A)	THDi	Cos φ
Cargas lineares	300	455	478	31,6%	0,95
Cargas não lineares	50	82	82	0	0,88
Na entrada	350	537	555	26,8 %	0,94



Cálculo para dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +

Cargas não lineares + cargas lineares + compensação reativa

Valores registados (na entrada)

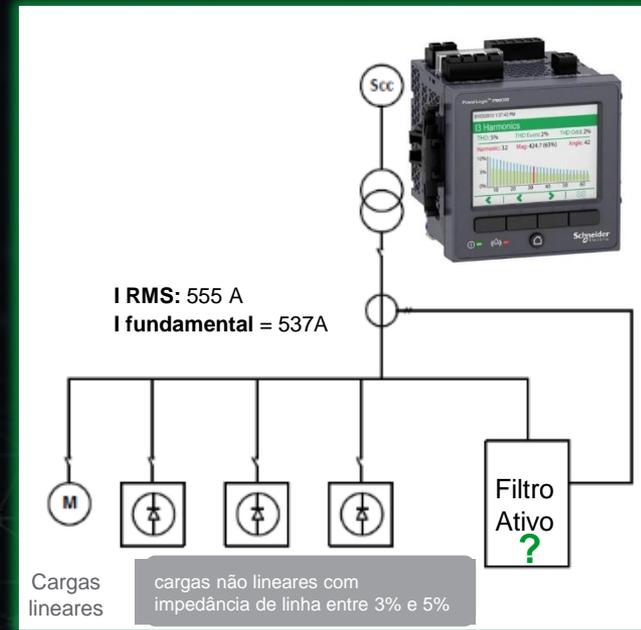
	Potência (KW)	I fundamental (A)	I RMS (A)	THDi	Cos φ
Cargas lineares	300	455	478	31,6%	0,95
Cargas não lineares	50	82	82	0	0,88
Na entrada	350	537	555	26,8 %	0,94
THDi objetivo → 10%					

Corrente dimensionamento filtro ativo

$(I \text{ harmónica} \times \text{fator multiplicador}) - (\% \text{ THDi limite} \times I \text{ Fundamental})$

$I \text{ harmónica} = I_{\text{fund}} \times \text{THDi} \rightarrow 537 \text{ A} \times 0,268 = 144 \text{ A}$

Filtro ativo (A) = $(144 \times 1,2) - (0,10 \times 537) = 119 \text{ A RMS}$



Cálculo para dimensionar um Filtro Ativo AccuSine +

Cargas não lineares + cargas lineares + compensação reativa

Valores registados (na entrada)

	Potência (KW)	I fundamental (A)	I RMS (A)	THDi	Cos φ
Cargas lineares	300	455	478	31,6%	0,95
Cargas não lineares	50	82	82	0	0,88
Na entrada	350	537	555	26,8 %	0,94
THDi objetivo → 10%					

Cos φ objetivo → 0.99

KVAR = KW x (Tan Cos⁻¹(actual) - Tan Cos⁻¹(objetivo))

350 x (Tan Cos⁻¹(0.94) - Tan Cos⁻¹(0.99)) = 77,1 kVAR

77,1 kVAR a 400 V, son 111 A

¿Cual es la corriente total de dimensionamiento para el filtro activo?

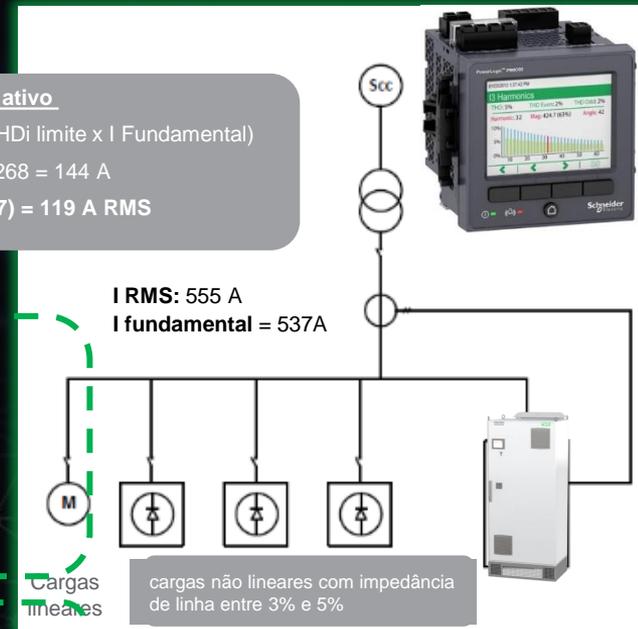
Filtro ativo (A) = $\sqrt{(I \text{ harm}^2 + I \text{ react}^2)}$ → $\sqrt{(119^2 + 111^2)} = 162,7A$

Corrente de dimensionamento do filtro ativo

$(I \text{ harmónica} \times \text{fator multiplicador}) - (\% \text{ THDi limite} \times I \text{ Fundamental})$

$I \text{ harmónica} = I_{\text{fund}} \times \text{THDi} \rightarrow 537 \text{ A} \times 0,268 = 144 \text{ A}$

Filtro ativo (A) = $(144 \times 1,2) - (0,10 \times 537) = 119 \text{ A RMS}$



➤ Resumo Soluções

Resumo soluções

Valores presentes na instalação, antes de realizar a compensação da reativa

Redes não poluídas por harmônicas:
THDu < 2%
THDi < 10%

Redes poluídas por harmônicas:
THDu > 2% < 6%
THDi > 10% < 20%

Redes poluídas por harmônicas:
THDu > 6%
THDi > 20%

Baterias de condensadores standard
equipamentos de condensadores com a tensão nominal igual a tensão da rede

Baterias de condensadores com reatâncias
equipamentos de condensadores sobredimensionados em tensão, (como mínimo +10% da tensão da rede) + reatâncias anti harmônicas (conjunto dessintonizado a 189Hz ou 210Hz)

Filtros Ativos

Filtros Ativos, válidos para qualquer aplicação e nível de distorção harmônica

Life Is On

Schneider
Electric



Muito Obrigadx!!

Life Is On

Schneider
Electric

Life Is On

Schneider
Electric

Life Is On

Schneider
Electric