

## Modos de funcionamento do UPS: um novo algoritmo para uma eficiência inédita



### Resumo

A tecnologia UPS padrão atualmente disponível e amplamente aceita pelo setor como a solução ideal e mais confiável para grandes instalações até o momento é a dupla conversão e variantes de sua configuração.

No modo de dupla conversão, o UPS fornece isolamento contra problemas de qualidade de energia. Ele permite o controle da frequência e da tensão de saída independentemente das condições de frequência e de tensão de entrada.

Entretanto, devemos nos perguntar: a dupla conversão é a única solução possível para resolver esses tipos de distúrbios? Apesar de a tecnologia de dupla conversão ser comprovadamente confiável na proteção de instalações contra quase qualquer tipo de distúrbio, ela apresenta uma desvantagem - a eficiência. Ao fornecer uma proteção tão alta, o UPS de dupla conversão funciona constantemente no modo de Proteção Máxima, o que faz com que se utilize de uma grande quantidade de energia excedente.

Então, há uma solução mais eficiente para proporcionar proteção para instalações do tipo "missão crítica"?

A solução paradigmática é um UPS capaz de diferenciar os diversos tipos de distúrbios elétricos e responder utilizando o modo de funcionamento mais eficiente para compensar cada distúrbio em particular. A Chloride tornou isso possível desenvolvendo o revolucionário **Trinergy**.

### 1. Introdução

Em grandes instalações de energia do tipo "missão crítica", tais como centros de dados, o uso de UPS de dupla conversão sempre foi considerado a melhor escolha para a alimentação de cargas com alto nível de proteção contra quase todos os tipos de distúrbios da rede elétrica.

O uso de UPS de dupla conversão continua sendo a primeira solução para a proteção das condições de alimentação elétrica específicas.

Com o tempo, tanto o Processamento de Sinal Digital (DSP) quanto a tecnologia Vector Control, patenteada pela própria Chloride, possibilitaram a apresentação de soluções específicas de maior eficiência. Uma dessas soluções é a dupla conversão inteligente, introduzida no mercado de UPS pela Chloride em 1998. A dupla conversão inteli-

gente foi desenvolvida para examinar continuamente a alimentação da rede e identificar em que condições ela é capaz de alimentar a carga diretamente através da linha bypass. Essa tecnologia é hoje amplamente utilizada em produtos trifásicos de 10 kVA a 800 kVA.

Enquanto a dupla conversão inteligente permite uma redução significativa da perda de energia do UPS, em alguns casos as condições da linha não são suficientes o bastante para permitir que o sistema funcione consistentemente no modo de alta eficiência. Isso pode ser causado por distúrbios da rede e/ou características da carga (particularmente distorção da corrente e deslocamento). Isso faz com que, às vezes, o UPS tenha que funcionar permanentemente no modo de Proteção Máxima de dupla conversão.

## Modos de funcionamento do UPS: um novo algoritmo para uma eficiência inédita

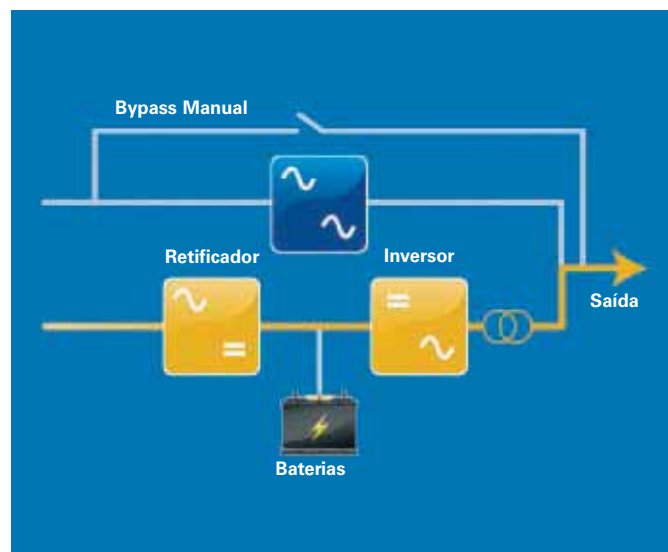


Figura 1 Diagrama unifilar de um UPS de dupla conversão (VFI) comum com transformador de saída

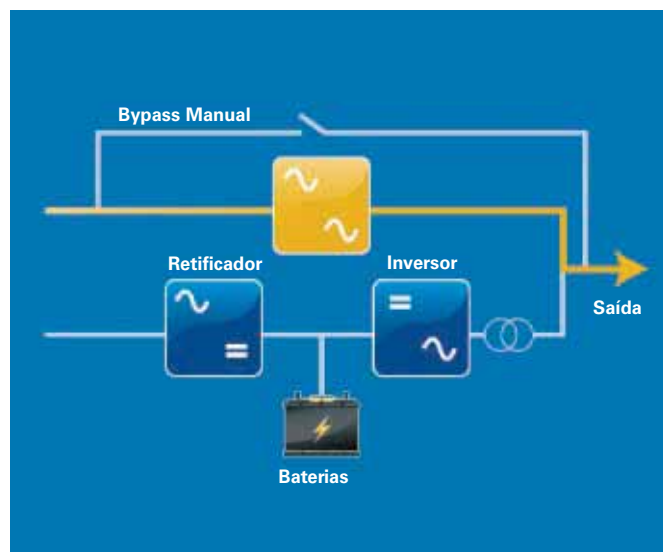


Figura 2 - Diagrama unifilar funcionando com prioridade na linha bypass. O inversor está continuamente sincronizado com a linha bypass e pronto para receber a carga sem interrupções, sempre que necessário.

Ao longo da ampla adoção dessas configurações, tornou-se entretanto evidente que havia a necessidade de uma solução ainda mais inteligente. Tal sistema seria capaz de discriminar diferentes tipos de distúrbios e fornecer o condicionamento de acordo com o nível e o tipo do distúrbio, ao invés de sempre fazer uso de uma única solução (dupla conversão ou dupla conversão inteligente) para todos os tipos de distúrbios.

Há um certo número de distúrbios (tais como quedas, flutuações de tensão, harmônica, etc.) que podem ser compensados com filtros, particularmente filtros ativos, evitando a necessidade de a energia passar pela linha de dupla conversão.

### 2. 1. E se o UPS padrão já tivesse um filtro ativo?

Ele tem. Quando o UPS está no modo de linha interativa, o inversor está inativo e está sempre pronto para alimentar imediatamente a carga. Portanto, o inversor pode ser usado para compensar distúrbios da rede para a carga e vice-versa, assim mais uma vez é capaz de isolar completamente a carga da rede, sem ter que usar a solução de dupla conversão. É possível que as falhas de rede ainda possam ocorrer ou que a compensação necessária seja maior do que o inversor é capaz de fornecer; nesse caso o UPS ativará a linha de dupla conversão imediatamente e sem interrupção.

Hoje, essas soluções têm sido ainda mais aprimoradas pela adoção da tecnologia de ponta de produtos trifásicos de dupla conversão: UPS Sem Transformador (Veja Figura. 3). Essa topologia de UPS agora pode alcançar até 1200 kW de potência em uma unidade singela que, juntamente com a tecnologia de controle mais recente, fornece o nível máximo de proteção de energia, ao mesmo tempo em que alcança o nível mais alto de eficiência do mercado.

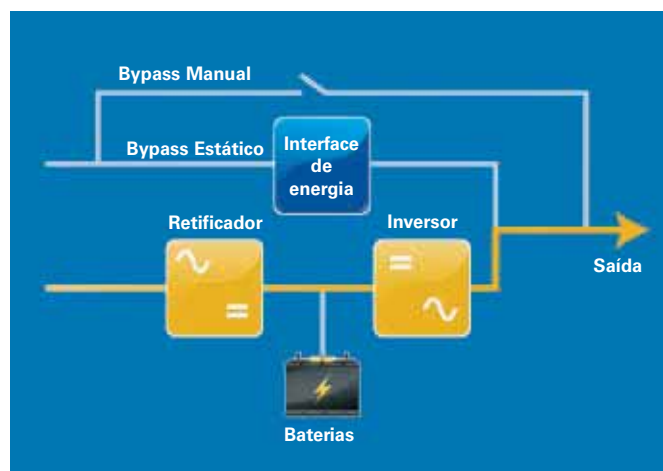
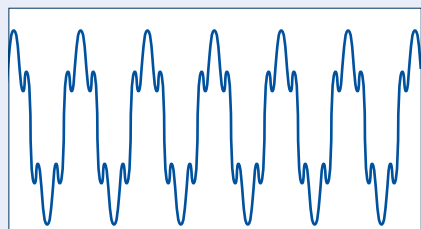


Figura 3 – Novo UPS sem transformador com tecnologia Trinergy funcionando em dupla conversão.

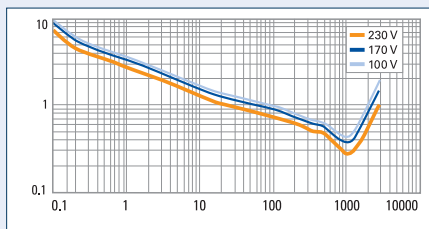
## Modos de funcionamento do UPS: um novo algoritmo para uma eficiência inédita

### 2.1 Distúrbios elétricos comuns

A qualidade da alimentação elétrica depende de vários tipos de distúrbios que podem ser brevemente resumidos nas seguintes categorias:



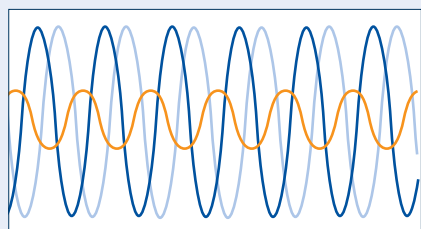
Harmônica e inter-harmônica



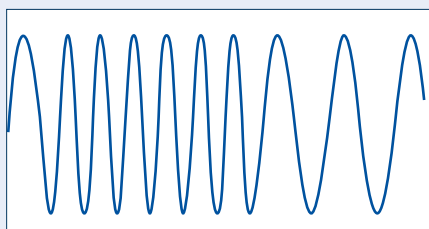
Flutuações de tensão e cintilação (flickers)



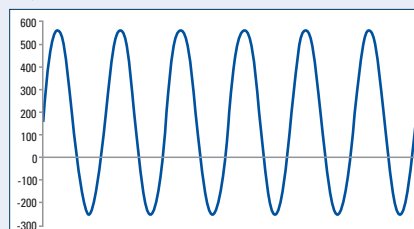
Afundamento de tensão (queda) e interrupções



Desequilíbrio de tensão



Variações de frequência de energia



Componentes DC, "notching" e ruído elétrico

Outros distúrbios incluem tensão de baixa frequência induzida e transientes.

### 2.2 Soluções disponíveis

Hoje há várias soluções disponíveis no mercado para condicionar e melhorar a qualidade de alimentação de energia para a carga:

- No-breaks (UPS)
- Supressor de surtos de tensão (DPS/TVSS)
- Chaves estáticas de transferência (STS)
- Filtros ativos em série
- Filtro ativo em paralelo
- Filtros ativos híbridos (em série e em paralelo)

As três últimas soluções baseadas em filtros ativos são normalmente usadas para compensar todas as categorias de distúrbios, exceto interrupções de tensão e variações de frequência, dentro de certos limites e com alta eficiência.

Quando consideramos os distúrbios elétricos comuns vistos na seção anterior 2.1, o UPS em sua configuração de dupla conversão é o único atualmente capaz de compensar todos os distúrbios elétricos possíveis. De fato, o UPS fornece tensão de alta qualidade para a carga tanto durante a presença de flutuações de amplitude da tensão de grande escala, quanto durante interrupções totais de alimentações de energia. Contra as últimas faz-se uso de dispositivos de armazenamento de energia locais, tais como baterias ou flywheels.

O UPS de dupla conversão é certamente a melhor solução; sua única desvantagem é o fato de consumir uma quantidade significativa de excedente de energia quando converte continuamente energia de entrada CA em CC e depois CC em CA de saída.

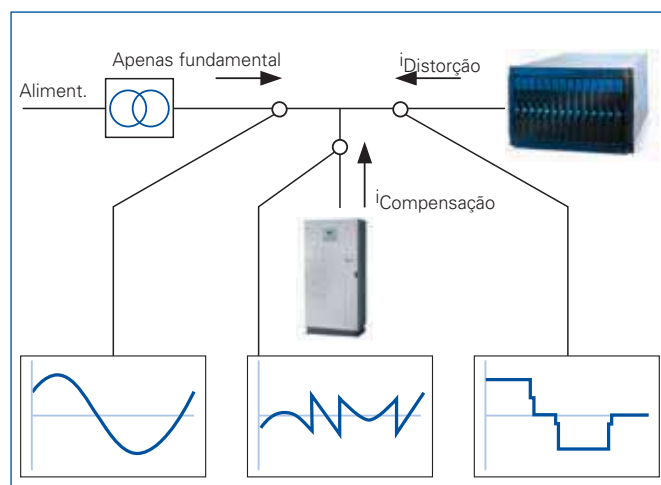


Figura 4: Filtro ativo paralelo para a compensação de harmônicas, transientes e FP.

## Modos de funcionamento do UPS: um novo algoritmo para uma eficiência inédita

### 2.3 Dupla conversão inteligente para maior eficiência

Em muitos casos, o alto nível de condicionamento de energia alcançado com um UPS de dupla conversão é maior do que é realmente necessário para o distúrbio em questão. Portanto, uma solução ideal seria aquela capaz de operar em modo de dupla conversão, apenas quando e se necessário. Desse modo, apenas quando há uma flutuação de tensão de entrada fora da tolerância.

Assim, o UPS com dupla conversão inteligente é um UPS que opera com a linha bypass automática como fonte primária de carga, ao mesmo tempo em que:

1. o inversor está continuamente sincronizado com a linha bypass para permitir uma alternância rápida e confiável para dupla conversão ou alimentação de baterias, se necessário
2. a entrada é continuamente monitorada para checar possíveis flutuações que desviam de uma condição normal.

Essa solução permite que a dupla conversão seja usada apenas quando for necessário e alimenta a carga, dissipando apenas uma quantidade muito pequena de energia através da linha bypass.

- A eficiência normal do mais recente UPS com transformador em dupla conversão é de 93%.
- A eficiência normal do mais recente UPS com transformador na linha de bypass é de 97%.

Para evitar que as alternâncias entre as duas linhas ocorram com excessiva frequência, (depois de rede fora de tolerância ou falha da rede), há um algoritmo específico que, dependendo da frequência e duração dos problemas da rede, permitirá que a carga seja monitorada por um maior período de tempo antes de retornar à linha bypass. Portanto, dependendo do ambiente elétrico, o UPS permanecerá por um certo período de tempo na linha bypass e no período restante permanecerá na linha de dupla conversão. Para uma explicação detalhada das implicações de eficiência que resultam desse tipo de solução, por favor consulte "New Control Techniques for UPS Dynamic Efficiency Optimization" (Zanei, 2009)<sup>2</sup>.

Essa é a solução padrão adotada por todos os UPS trifásicos de alta potência da Chloride (acima de 10 kVA) para alcançar uma maior eficiência.

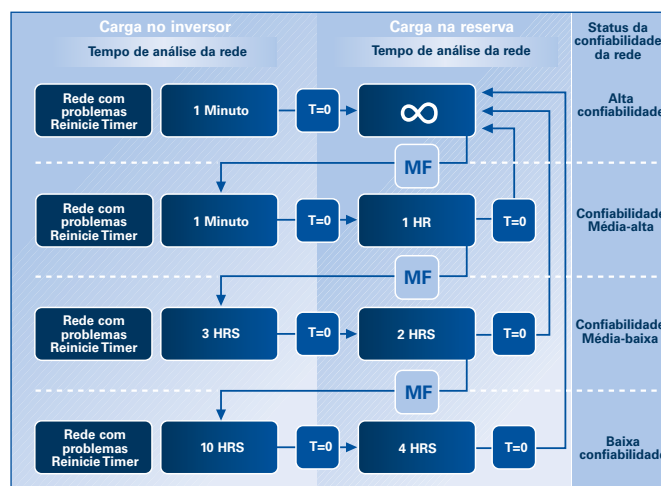


Figura 5 – Algoritmo usado para controlar o status do UPS dependendo da qualidade da rede. Esse algoritmo é fundamental para evitar que alternâncias entre o modo de dupla conversão e o Modo Interativo Digital ocorram com excessiva frequência quando a qualidade da rede se deteriora.

Certamente, mesmo que essa seja uma boa solução para melhorar a eficiência geral do UPS, há maneiras de melhorá-la ainda mais, mantendo o nível mais alto de proteção contra distúrbios de energia.

- O que acontece quando o ambiente elétrico passa por redes concentradas fora de tolerância com muita frequência?
- Por que o UPS precisa entrar em modo de dupla conversão mesmo quando está apenas um pouco fora de tolerância, quando poderia usar como alternativa um filtro pequeno?
- O que pode ser feito para limitar os efeitos de cargas indesejadas (distorção e deslocamento), quando conectado diretamente à rede em Modo Interativo Digital?

Nos três casos mencionados acima, o UPS gastará uma quantidade significativa de tempo no modo de dupla conversão, mesmo que não seja sempre necessário. Isso se dá devido à abordagem, corretamente adotada por esses tipos de soluções de alta eficiência, para separar completamente a rede da carga (ver Figura 1).

### 2.4 Usando o inversor como um filtro ativo

Portanto, uma solução seria usar tanto um filtro ativo em série como em paralelo durante o funcionamento na linha bypass. Isso permite a compensação da maior parte das categorias de distúrbios vistas na seção 2.1, exceto interrupções de tensão e variações de frequência, dentro de certos limites, mantendo uma alta eficiência. Isso é possível uma vez que o filtro ativo usa menos energia do que a dupla conversão para compensar distúrbios.

Nesse caso, a boa notícia é que o filtro ativo não precisa ser um componente extra e de grandes proporções adicionado ao UPS, uma vez que o inversor IGBT, controlado pela tecnologia Vector Control patenteada pela Chloride, permite que se use o inversor como um filtro ativo. Como o próprio inversor está inativo durante seu funcionamento no modo de alta eficiência, isso possibilitou que ele seja usado tanto em série quanto em paralelo.

## Modos de funcionamento do UPS: um novo algoritmo para uma eficiência inédita

**Inversor como filtro ativo em paralelo:** o inversor vai funcionar como um gerador controlado de corrente, gerando uma corrente que compensa o conteúdo reativo e harmônico da carga.

**Inversor como filtro ativo em série:** a corrente do filtro ativo terá uma forma responsável por compensar a tensão da linha bypass, a fim de se manter dentro dos limites de tolerância. Isso é possível ao adicionar-se uma indutância em série que servirá a um propósito principal; o de adicionar uma impedância de linha pequena para a compensação da tensão ativa, ao interagir com a corrente do filtro ativo gerada pelo inversor.

As perdas de energia proporcionais à corrente gerada para a compensação dos distúrbios serão maiores do que as da linha bypass de alta eficiência, mas em todo caso serão menores do que aquelas que ocorrem no modo de dupla conversão.

Se isso for incorporado ao uso da mais recente tecnologia sem transformador em um mesmo UPS, torna-se evidente que esse UPS com a tecnologia Trinerigy realmente tem a maior eficiência do setor.

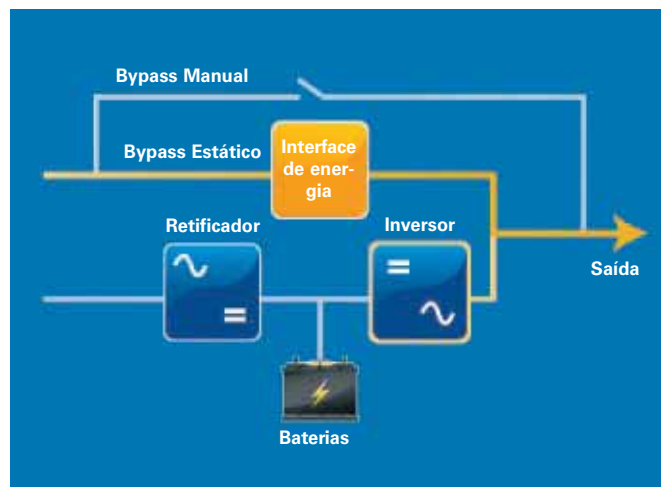


Figura 6 – Tecnologia Trinerigy. O UPS é configurado para compensar automaticamente alguns distúrbios na rede usando o inversor IGBT como um filtro ativo que pode ser configurado tanto como um filtro ativo em série quanto em paralelo, enquanto a carga é alimentada através da linha Bypass Estático.

### 3. Descrição do controle Trinerigy

Trinerigy é a nova solução revolucionária que incorpora as três topologias padrão existentes em um UPS sem transformador:

- **Modo de Máximo Controle de Energia** (Norma IEC 62040-3 VFI): é o modo de dupla conversão que fornece o mais alto nível de condicionamento de energia. Ele protege a carga de todos os tipos de distúrbios de rede usando uma quantidade maior de energia. A eficiência a plena carga com a recente tecnologia sem transformador é de mais de 95%.
- **Modo de Máxima Economia de Energia** (Norma IEC 62040-3 VFD): esse modo detecta quando não existe a necessidade de condicionamento e permite que o fluxo de energia passe através da linha bypass. Nesse caso a eficiência atinge 99%.

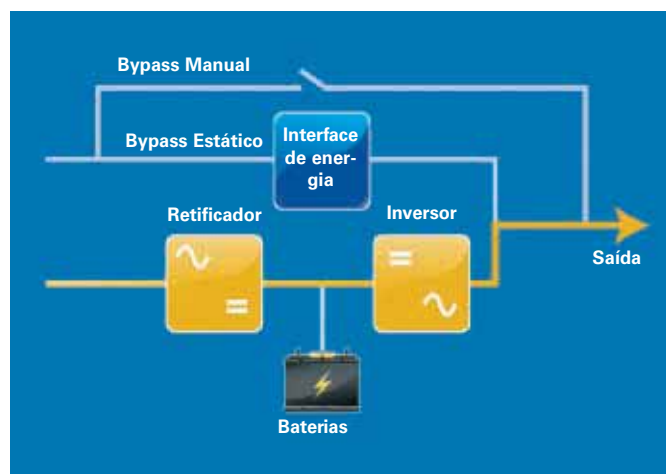


Figura 7 – Novo UPS sem transformador com tecnologia Trinerigy funcionando em dupla conversão.

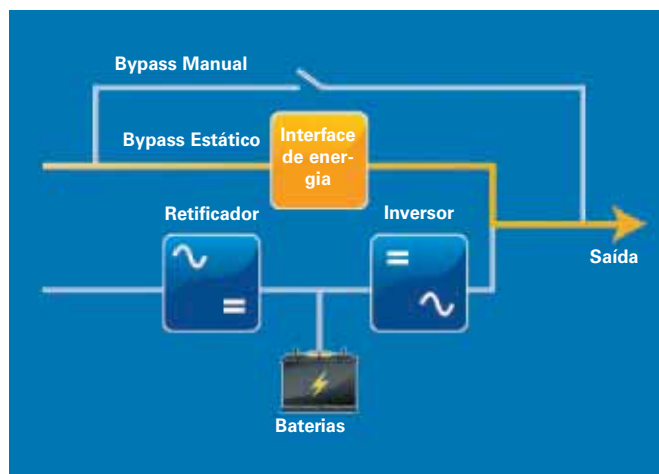


Figura 8 – Novo UPS sem transformador com tecnologia Trinerigy funcionando em modo Interativo Digital.

## Modos de funcionamento do UPS: um novo algoritmo para uma eficiência inédita

- Modo de Alta Eficiência e Condicionamento de Energia** (Norma IEC 62040-3 VI): compensa apenas os distúrbios principais - tais como THDi da carga, PF da carga, quedas e elevações da rede. A energia usada é derivada do uso do inversor como filtro ativo, dando toda energia reativa necessária. Em uma condição normal, esse modo terá uma eficiência entre 96 e 98%, dependendo do tipo da carga (por exemplo, não-linear, linear etc.) e das condições da rede de entrada.

O controle preciso do Trinergy permite que ele ative um dos três diferentes modos de funcionamento do UPS, de maneira rápida e sem interrupções, a fim de atingir a eficiência de cada uma das configurações padrão. Ao mesmo tempo, o Trinergy mantém o desempenho e a proteção da energia para a carga de um UPS Classe 1 (IEC 62040-3) e perfeito condicionamento da energia de entrada (THDi < 3% e FP de entrada > 0,99) para a distribuição upstream.

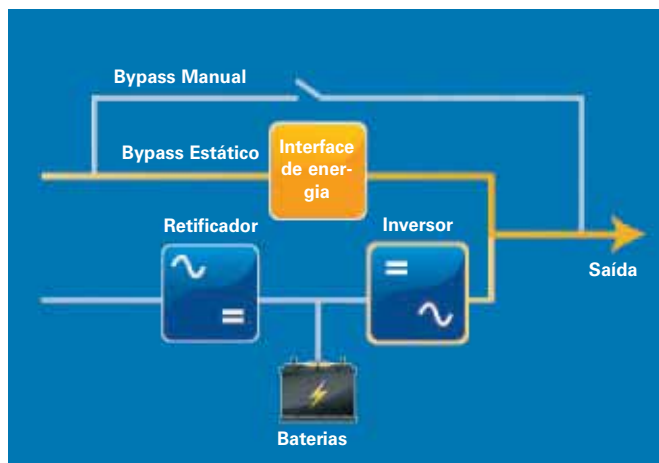


Figura 9- Novo UPS sem transformador com tecnologia Trinergy funcionando no modo de linha interativa com filtro ativo compensando os distúrbios da rede ou da carga.

## Conclusão

Concluindo, podemos confirmar que a tecnologia de dupla conversão em UPS é altamente efetiva na resolução de quase todos os distúrbios de rede. Apesar disso, permanece o fato de que um UPS altamente eficiente com modo eco faz pouco sentido, se o tempo em que o UPS pode operar com alta eficiência é reduzido e é limitado na proteção da rede e da carga contra flutuações indesejadas.

A incorporação de todas as configurações padrão e sua disponibilização em uma única unidade permite que o UPS funcione em modo de alta eficiência durante um período de tempo estendido. O Trinergy atinge esse objetivo fornecendo o nível correto de compensação de energia de forma instantânea e ininterrupta, tanto para proteger a carga, quanto para evitar os distúrbios que derivam da carga e que se propagam na instalação inteira.

Atingiu-se esse objetivo através da adoção da tecnologia Vector Control, patenteada pela Chloride e usada para regular o inversor como um filtro ativo em série e em paralelo quando o UPS funciona na linha bypass.

Portanto, é possível atingir, em situações de instalações normais (como registradas pelo sistema de diagnóstico remoto LIFE.net da Chloride), uma eficiência média de 97,9%, muito próxima da ideal, de 99% possibilitando que o Trinergy alcance a eficiência de cada uma das configurações padrão, enquanto mantém o desempenho e a proteção de energia de um UPS Classe 1 (IEC 62040-3).

# Trinergy

### Texto técnico

- (1) IEEE 1159-1995, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", Junho de 1995
- (2) Zanei G., Cevenini E., Ferro A. & Rossi C.: "New Control Techniques for UPS Dynamic Efficiency Optimisation", INTELEC Korea 2009
- (3) Nota de aplicação de Economia de Energia da Chloride 2009.

## Apêndice

A ativação dos três modos de funcionamento diferentes do Trinerigy é baseada no monitoramento de energia em tempo real, dos principais parâmetros relacionados às condições de entrada da rede e à qualidade da carga de saída. Os parâmetros discriminados na tabela abaixo

mostram o método utilizado pelo Trinerigy para determinar qual dos três modos de funcionamento deve ser ativado, em resposta às várias características de entrada e saída.

Modo	Variáveis controladas (Condições elétricas controladas pelo UPS)					Variáveis observadas dentro das especificações do UPS (O UPS as utiliza para decidir sobre o modo de funcionamento)					Eficiência	
	ENTRADA		SAÍDA (CARGA)			AMPL. DE ENTRADA		AMPLITUDE DE CARGA				
	THDi	FP	T	THDv	f(Hz)	T(v)	f(Hz)	THDi	FP	THDv		
<b>Dupla conversão VFI</b>	<3%	>0,99	400	<2% (<3%)	50	400 +/- 20%	45-65	THDi >10%, C.F. <3	Qualquer FP (indutivo ou capacitivo)	<2% (<3%)	95%	<b>SET1</b>
<b>Interativo VI</b>	<5%	>0,99	400 +/- 10%	<3% (<5%)	Igual à entrada	400 +/- 15%	50 +/- 6%	THDi >5%, THDi <10%	0,9 <FP< 0,95	<3% (<5%)	96-98%	<b>SET2</b>
<b>Interativo digital VFD</b>	<5%	≥0,95	400 +/- 10%	<3% (<5%)	Igual à entrada	400 +/- 10%	50 +/- 6%	THDi <5%	FP 0,95	<3% (<5%)	99%	<b>SET3</b>

Tabela A – Variáveis de controle dos Modos de Funcionamento do Trinerigy\*

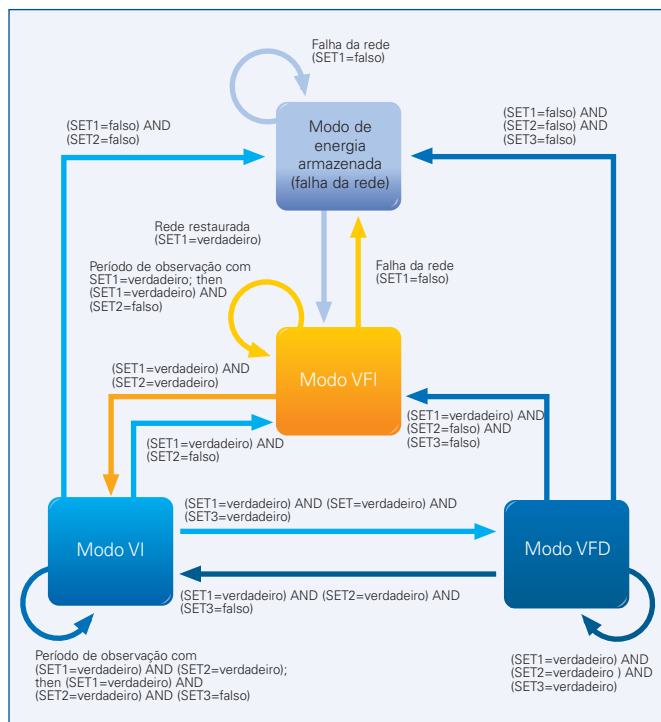


Figura B – Diagrama de Estado do Trinerigy.

As condições elétricas relacionadas à carga e à rede são constantemente monitoradas, permitindo assim que a melhor proteção da energia seja fornecida à carga o tempo todo, com o nível máximo de eficiência.

Se as variáveis listadas acima estiverem fora dos limites descritos, o UPS ativará um modo de funcionamento diferente em concordância com o algoritmo representado na figura B.

As variáveis indicadas na tabela acima podem ser customizadas pelo técnico, sob encomenda.

\*As condições na tabela se referem à carga de saída total.

O Diagrama de Estado do Trinerigy (Fig. B), mostra como o Trinerigy faz a escolha entre os três modos de funcionamento diferentes. O UPS começa a funcionar no modo de dupla conversão e alterna para o modo VI ou VFD somente depois que o monitoramento das condições da rede indica que a qualidade das variáveis observadas é suficiente e estável.