

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



### Resumo

A tecnologia UPS standard actualmente disponível e amplamente aceite pela indústria como a solução ideal e mais fiável para instalações de grandes sistemas na actualidade é a dupla conversão e as variações da sua configuração.

Em modo de dupla conversão o UPS proporciona isolamento contra problemas de qualidade da alimentação. Permite controlar a tensão e a frequência de saída independentemente das condições de tensão e frequência de entrada.

Mas temos de colocar a questão: a dupla conversão é a única solução possível para resolver estes tipos de perturbações? Embora a tecnologia de dupla conversão tenha provado ser fiável na protecção das instalações contra praticamente todos os tipos de perturbações, esta possui uma desvantagem de peso - a eficiência. Para proporcionar uma elevada protecção, o UPS de dupla conversão trabalha constantemente em modo de Protecção Máxima, fazendo com que consuma uma grande quantidade de energia adicional.

Assim sendo, há alguma solução mais eficiente para proporcionar protecção a instalações de missão crítica? A solução paradigma é um UPS que seja capaz de distinguir diferentes tipos de perturbações eléctricas e responder utilizando o modo de funcionamento mais eficiente e eficaz para compensar cada perturbação individual. A Chloride tornou isto possível ao desenvolver o revolucionário **Trinergy**.

### 1. Introdução

Em instalações de alimentação de missão crítica, tais como centros de dados, a utilização de UPS de dupla conversão foi sempre considerada a melhor escolha para alimentar cargas com um elevado nível de protecção contra praticamente todos os tipos de perturbações da rede eléctrica.

O uso de um UPS de dupla conversão continua a ser a solução dominante na protecção contra condições específicas de alimentação eléctrica.

Ao longo do tempo o Processamento de Sinal Digital (DSP) e a própria tecnologia de Controlo Vectorial patenteada pela Chloride permitiu introduzir soluções específicas com eficiência superior. Uma solução deste tipo é a dupla conversão inteligente que foi introduzida pela

Chloride no mercado dos UPS em 1998. A dupla conversão inteligente foi concebida para examinar constantemente a alimentação da rede e identificar em que momento pode alimentar a carga directamente através da linha de by-pass. Esta tecnologia é agora amplamente usada em produtos trifásicos com potências desde 10 kVA a 800 kVA.

Apesar de a dupla conversão inteligente possibilitar uma redução significativa das perdas energéticas do UPS, em alguns casos as condições da linha não são suficientes para permitir que o sistema trabalhe de forma consistente em modo de elevada eficiência. Este facto pode dever-se a perturbações de rede e/ou características de carga (particularmente distorção e desfasamento de corrente). Esta situação faz com que por vezes o UPS tenha de funcionar permanentemente em modo de dupla conversão Protecção Máxima.

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

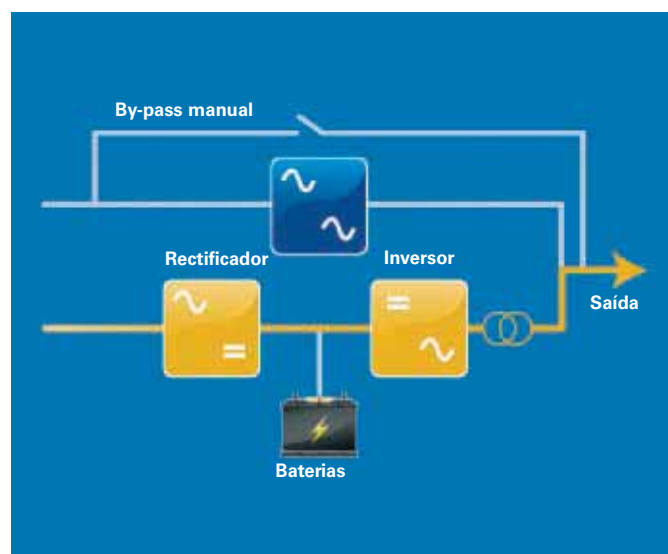


Figura 1 - Diagrama monofásico típico de um UPS de dupla conversão (VFI) com transformador de saída

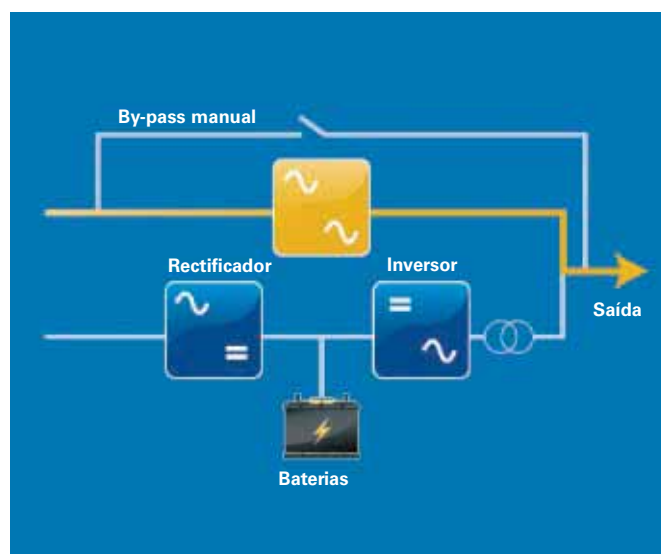


Figura 2 - Diagrama monofásico a funcionar com prioridade na linha de by-pass. O inversor está continuamente sincronizado com a linha de by-pass e preparado para assumir a carga sem interrupções sempre que necessário.

Após a adopção alargada destas configurações, tornou-se evidente que, apesar de tudo, era necessária uma solução ainda mais inteligente. Um sistema desse tipo seria capaz de distinguir entre diferentes tipos de perturbações e fornecer equilíbrio de acordo com o nível e tipo de perturbação, em vez de utilizar sempre uma única solução (dupla conversão ou dupla conversão inteligente) para todos os tipos de perturbação.

Há um certo número de perturbações (tais como quebras, variações de tensão, harmónicas e outras) que podem ser compensadas com filtros, sobretudo filtros activos, não requerendo que a energia circule através da linha de dupla conversão.

### 2. 1. E se o UPS standard já tivesse um filtro activo?

E tem. Quando o UPS em modo de linha interactiva, o inversor está em repouso e sempre pronto para alimentar de imediato a carga. Desta forma, o inversor pode ser usado para compensar perturbações da rede na carga ou vice-versa, podendo, uma vez mais, isolar completamente a carga da rede sem ter de utilizar a solução de dupla conversão. É possível que as falhas da rede de alimentação continuem a ocorrer ou que a compensação solicitada seja superior à que o inversor pode proporcionar, caso em que o UPS activará imediata e ininterruptamente a linha de dupla conversão.

Actualmente, estas soluções foram ainda melhoradas pela adopção da mais recente tecnologia em produtos trifásicos de dupla conversão: UPS Sem Transformador (Ver Fig. 3). Esta topologia de UPS pode agora alcançar até 1200 kW de potência numa única unidade que, em conjunto com a tecnologia de controlo mais recente, pode proporcionar o mais alto nível de protecção da alimentação possuindo, ao mesmo tempo, o nível de eficiência mais elevado do mercado.

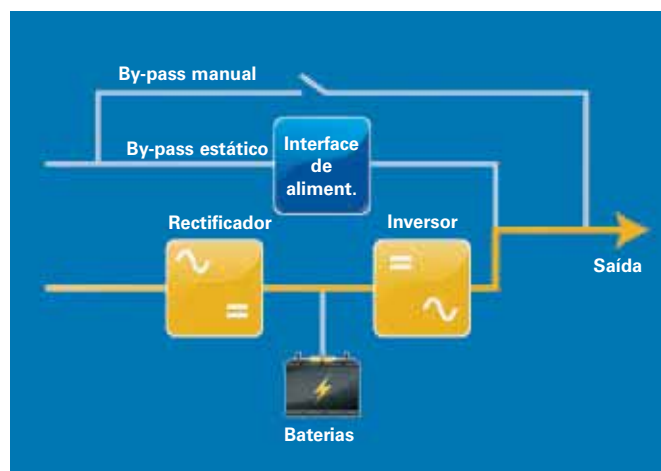
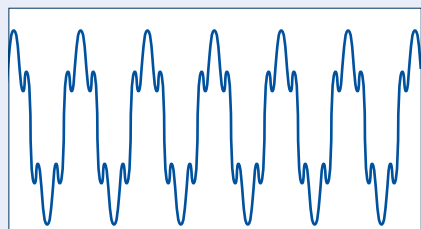


Figura 3 – Novo UPS sem transformador com tecnologia Trinergy enquanto funciona em dupla conversão.

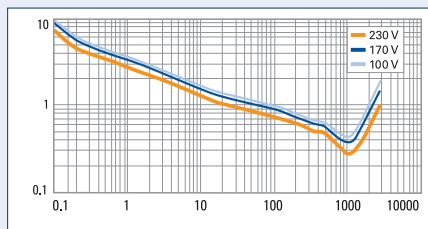
## Modos de funcionamento do UPS: um novo algoritmo para uma eficiência sem precedentes

### 2.1 Perturbações eléctricas típicas

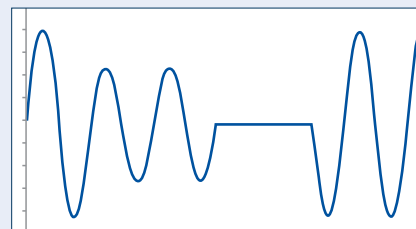
A qualidade de alimentação eléctrica depende de vários tipos de perturbações que podem ser brevemente resumidas nas seguintes categorias:



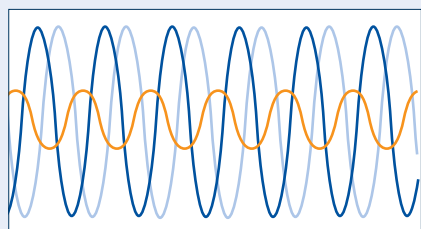
Harmónicas e inter-harmónicas



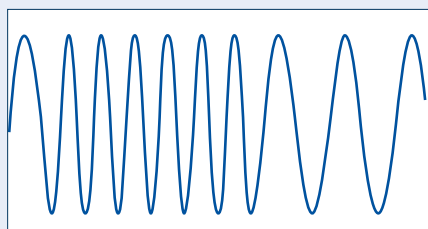
Variações e oscilações de tensão



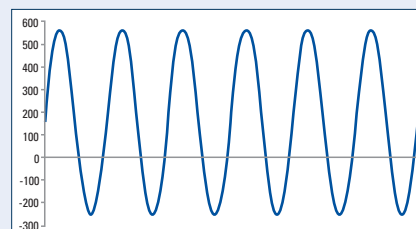
Redução (quebra) e interrupções de tensão



Desequilíbrio de tensão



Variações da frequência da alimentação



Componentes CC, corte e ruído eléctrico

Outras perturbações incluem tensão induzida de baixa frequência e transitórios oscilantes.

### 2.1 Soluções disponíveis

Há várias soluções actualmente disponíveis no mercado para equilibrar e melhorar a qualidade de fornecimento de energia à carga:

- UPS
- Supressor de Surtos de Transientes de Tensão (TVSS)
- Comutadores estáticos
- Filtros activos em série
- Filtro activo em paralelo
- Filtros activos híbridos (em série e paralelo)

As três soluções mais recentes baseadas em filtros activos são normalmente utilizadas para compensar todas as categorias de perturbação, excepto interrupções de tensão e variações de frequência, dentro de certos limites e com elevada eficiência.

Quando consideramos as perturbações eléctricas comuns mencionadas anteriormente na secção 2.1, o UPS na sua configuração de dupla conversão, é o único capaz actualmente de compensar todas as perturbações eléctricas possíveis. De facto, o UPS é capaz de fornecer uma tensão de alta qualidade à carga, quer na presença de grandes variações na amplitude da tensão, quer durante interrupções totais da alimentação. Este último pode ser conseguido com dispositivos locais de armazenamento de energia, tais como baterias ou volantes.

O UPS de dupla conversão é, sem dúvida, uma solução de ponta cuja única desvantagem é a de consumir uma quantidade significativa de energia adicional ao converter continuamente a CA de entrada em CC e depois CC para fornecer CA.

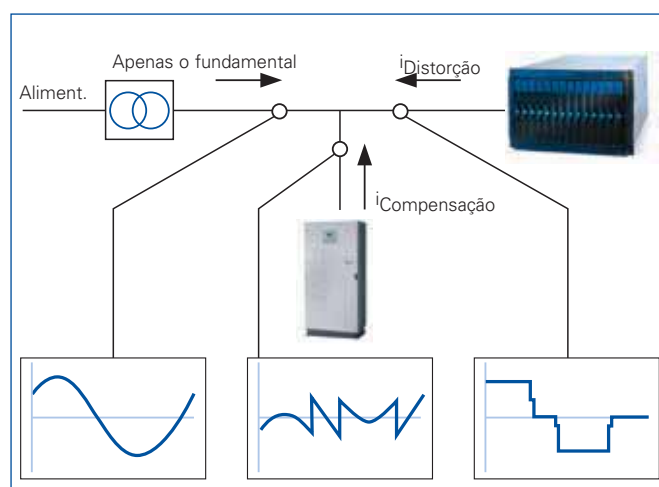


Figura 4: Filtro activo paralelo para armónicos, factor de potencia y compensación de fenómenos transitorios.

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

### 2.3 Dupla conversão inteligente para uma eficiência elevada

Em muitos casos o elevado nível de condicionamento energético conseguido com um UPS de dupla conversão é superior ao que é realmente necessário pela presença da perturbação. Deste modo, uma solução ideal seria uma solução capaz de trabalhar em modo de dupla conversão apenas quando e se necessário. Assim, apenas quando se verificar uma variação da tensão de entrada fora dos limites de tolerância.

O UPS de dupla conversão inteligente é por isso um UPS que trabalha na linha de by-pass automático como fonte principal de carga enquanto tem:

1. o inversor constantemente sincronizado com a linha de by-pass para permitir uma comutação rápida e fiável para dupla conversão ou alimentação da bateria se necessário
2. a entrada continuamente monitorizada para procurar possíveis flutuações que não fazem parte de condições normais.

Esta solução permite a utilização da dupla conversão apenas quando necessária e alimenta a carga dissipando apenas uma pequeníssima quantidade de energia através da linha de by-pass.

- A eficiência normal do UPS mais recente com transformador em dupla conversão é de 93%.
- A eficiência normal de um UPS com transformador numa linha de by-pass é de 97%.

Para evitar que ocorram comutações entre as duas linhas com demasiada frequência, (depois de falha na rede ou rede fora dos valores de tolerância) há um algoritmo específico que dependendo da frequência e duração dos problemas da rede, permitirá a monitorização da carga durante um maior período de tempo antes de regressar à linha de by-pass. Desta forma, dependendo do ambiente eléctrico, o UPS irá permanecer durante um determinado período de tempo na linha de by-pass e o restante período de tempo na linha de dupla conversão. Para uma explicação mais detalhada das implicações de eficiência que resultam deste tipo de solução, consulte "New Control Techniques for UPS Dynamic Efficiency Optimization" (Zanei, 2009)<sup>2</sup>.

Esta é a solução standard adoptada por todos os UPS trifásicos de alta potência da Chloride (acima de 10 KVA) para atingir uma eficiência superior. Sendo certamente esta uma boa solução para melhorar a eficiência global

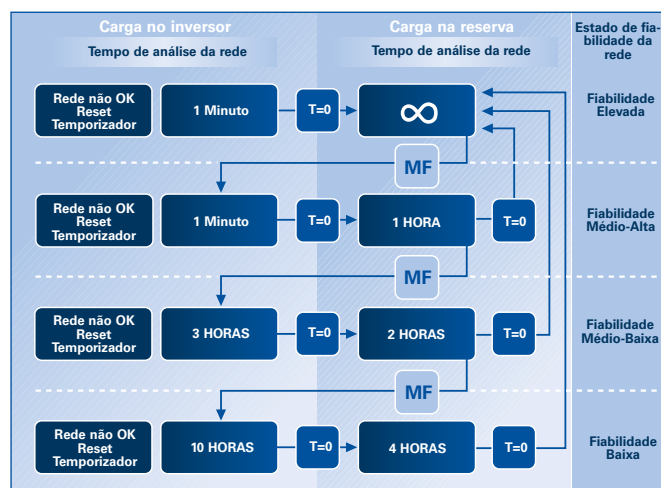


Figura 5 - O algoritmo utilizado para controlar o estado do UPS dependendo da qualidade da rede principal. O algoritmo é fundamental para evitar que ocorram comutações demasiado frequentes entre o modo de dupla conversão e a Modalidade Interactiva Digital quando a qualidade da rede se deteriora.

do UPS, existem formas de ser ainda mais melhorada mantendo o mais elevado nível de protecção contra perturbações de alimentação.

- O que acontece quando o ambiente eléctrico é sujeito a rede concentrada fora dos limites de tolerância com demasiada frequência?
- Por que é que o UPS tem de passar para o modo de dupla conversão mesmo para pequenas variações fora dos limites de tolerância quando poderia, em alternativa, utilizar um filtro mais pequeno?
- O que é que se pode fazer para limitar os efeitos de cargas indesejáveis (distorção ou desfasamento) quando ligado directamente à rede em Modalidade Interactiva Digital?

Nos três casos acima mencionados o UPS permanecerá uma quantidade de tempo significativa no modo de dupla conversão mesmo que nem sempre seja necessário. Este facto deve-se à abordagem, correctamente tomada por estes tipos de soluções de alta eficiência, para desacoplar completamente a rede principal da carga (ver Figura 1).

### 2.4 Utilizar o inversor como filtro activo

Uma solução seria utilizar um filtro activo em paralelo e em série durante o funcionamento na linha de by-pass. Esta permite a compensação da maioria das categorias de perturbação mencionadas na secção 2.1, excepto interrupções de tensão e variações de frequência, dentro de certos limites mantendo uma eficiência elevada. Isto pode conseguir-se uma vez que o filtro activo utiliza menos energia do que a dupla conversão para compensar perturbações.

A boa notícia, neste caso, é que o filtro activo não tem de ser um componente extra e volumoso adicionado ao UPS uma vez que o inversor com IGBT controlado pela tecnologia de Controlo Vectorial patenteada pela Chloride permite a utilização do inversor como um filtro activo. Isto é possível, porque o inversor é libertado durante o seu funcionamento no modo de elevada eficiência permitindo, assim, utilizar o inversor quer em série quer em paralelo.

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

**Inversor como um filtro activo paralelo:** o inversor irá trabalhar como um gerador de corrente controlada, gerando uma corrente que compensa o conteúdo reactivo e harmónico da carga.

**Inversor como um filtro activo série:** a corrente do filtro activo terá uma forma que pretende compensar a tensão da linha de by-pass para poder permanecer dentro dos limites de tolerância. Tal é possível pela adição de uma indutância série que servirá um objectivo principal: o de adicionar uma pequena impedância de linha para a compensação activa da tensão ao interagir com a corrente do filtro activo gerado pelo inversor.

Proporcionais à corrente gerada para compensar as perturbações, as perdas de energia serão superiores às experimentadas na linha de by-pass de elevada eficiência, mas em qualquer caso serão inferiores às que ocorrem no modo de dupla conversão.

Se isto é depois incorporado com a utilização da mais recente tecnologia sem transformador no mesmo UPS, torna-se evidente que este UPS com a tecnologia Trinergy possui, de verdade, a maior eficiência na indústria.

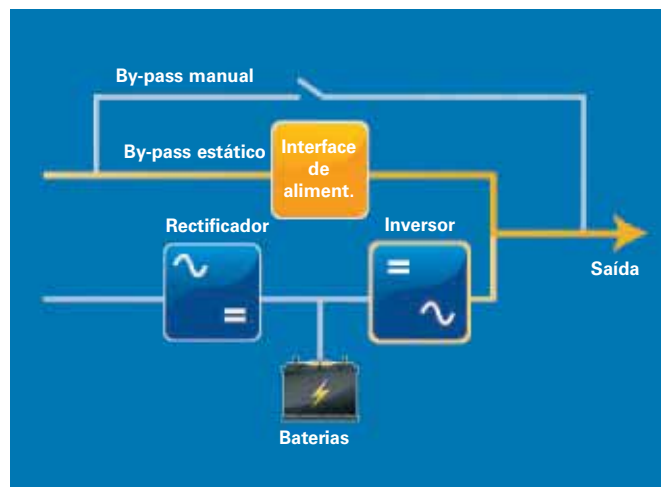


Figura 6 – Tecnologia Trinergy. O UPS é configurado para compensar automaticamente algumas perturbações na rede através da utilização do inversor com IGBT como um filtro activo que pode ser configurado como um filtro activo série ou paralelo, enquanto a carga é alimentada através da linha de by-pass estático.

### 3. Descrição de controlo Trinergy

Trinergy é uma nova solução revolucionária que incorpora as três topologias-standard existentes num UPS sem transformador:

- **Modo de Máximo Controlo de Energia** (Norma IEC 62040-3 VFI): é o modo de dupla conversão que proporciona o mais alto nível de condicionamento da alimentação. Este protege a carga de todas as perturbações da rede eléctrica utilizando uma maior quantidade de energia. Permite uma eficiência à carga total, utilizando a mais recente tecnologia sem transformador, superior a 95%.
- **Modo de Máxima Economia de Energia** (Norma IEC 62040-3 VFD): este modo detecta quando não há necessidade de acondicionamento e permite que o fluxo de energia passe através da linha de by-pass. Neste caso a eficiência chega aos 99%.

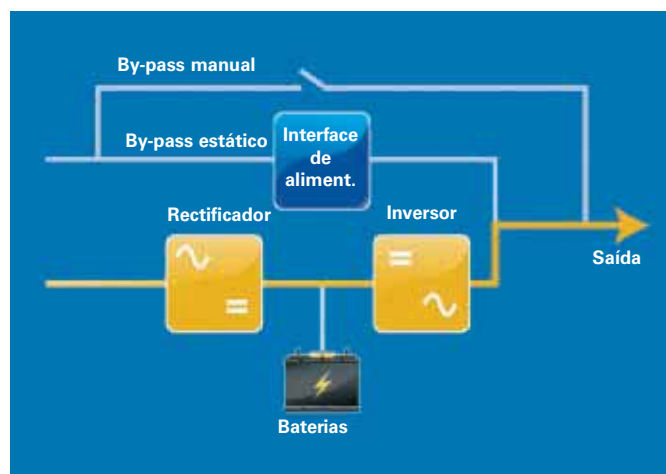


Figura 7 – Novo UPS sem transformador com tecnologia Trinergy enquanto funciona em dupla conversão.

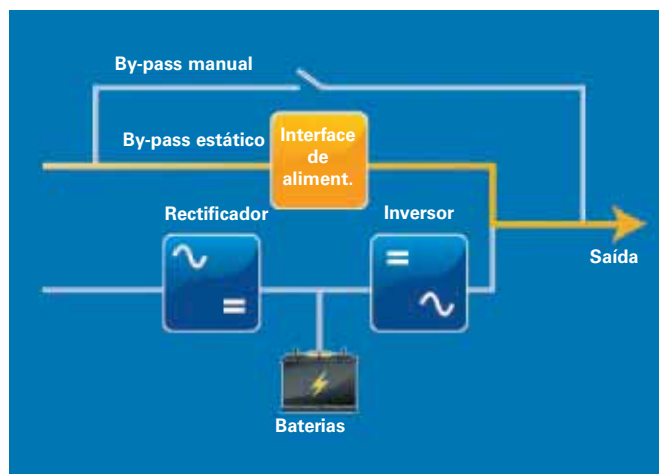


Figura 8 – Novo UPS sem transformador com tecnologia Trinergy a trabalhar em Modalidade Interactiva Digital.

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

### • Modo de Elevada Eficiência e Condicionamento Energético

(Norma IEC 62040-3 VI): compensa apenas as principais perturbações tais como THDi e PF da carga assim como quebras e ondulações. A energia usada é derivada da utilização do inversor como um filtro activo que proporciona toda a potência reactiva necessária. Em condições normais, este modo terá uma eficiência de 96% e 98%, dependendo do tipo de carga (isto é, não-linear, linear, etc.) e das condições de entrada da rede.

O controlo preciso do Trinergy permite-lhe activar rápida e ininterruptamente um dos três modos de funcionamento do UPS por forma a conseguir a eficiência e eficácia de cada uma das configurações standard. Ao mesmo tempo, o Trinergy continua a manter o rendimento e a protecção de alimentação de um UPS Classe 1 (IEC 62040-3) à carga e um condicionamento perfeito da alimentação de entrada (THDi < 3% e PF de entrada > 0,99) para a distribuição a montante.

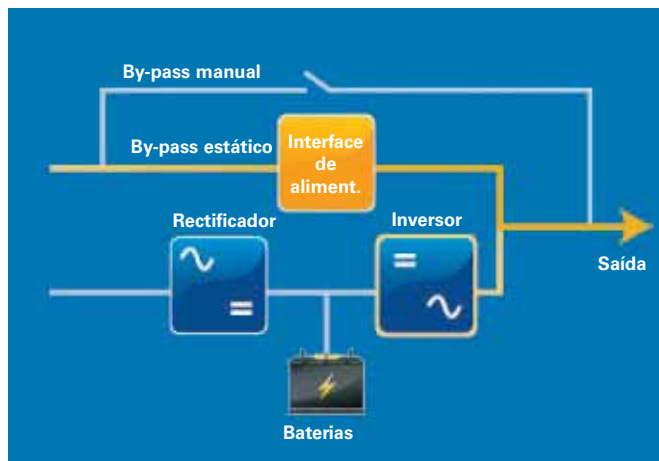


Figura 9 - Novo UPS sem transformador com tecnologia Trinergy a trabalhar em modo de linha interactiva com filtro activo a compensar as perturbações da rede ou da carga.

## Conclusão

Para concluir podemos confirmar que a tecnologia de dupla conversão em UPS é altamente eficaz para resolver praticamente todas as perturbações da rede. Apesar disso, permanece um facto, que um UPS de elevada eficiência com um modo eco faz pouco sentido se o tempo em que o UPS pode trabalhar em elevada eficiência é reduzido e está limitado a proteger a rede e carga de oscilações indesejadas.

Incorporando todas as configurações standard e disponibilizando-as numa única unidade permite que o UPS funcione em modo de elevada eficiência durante um período de tempo significativamente prolongado. O Trinergy cumpre este objectivo ao ser capaz de proporcionar instantânea e ininterruptamente o nível correcto de compensação da alimentação, para proteger a carga e para evitar as perturbações que derivam da propagação da carga em toda a instalação.

Isto foi tornado possível pela adopção da tecnologia de Controlo Vectorial patenteada pela Chloride para regular o inversor como um filtro activo em série e paralelo quando o UPS está a trabalhar na linha de by-pass.

Deste modo, é possível alcançar, em situações normais de instalação (como registado pelo sistema de diagnóstico remoto da Chloride LIFE.net), uma eficiência média de 97,9%, muito próxima do ideal de 99%, fazendo com que o Trinergy consiga alcançar a eficiência e eficácia de cada uma das configurações standard enquanto mantém o rendimento e a protecção de alimentação de um UPS Classe 1 (IEC 62040-3).

# Trinergy

### Bibliografia

- (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 Especificação Economia de Energia Chloride 2009.

