

Panorama Sobre Modernos Equipamentos Utilizados para Melhorar a Qualidade de Energia Elétrica em Sistemas de Distribuição

José Rafael Daconti*
CHESF

Álvaro José Pessoa Ramos
CHESF

Herivelto de Souza Bronzeado
CHESF

* Rua Delmiro Gouveia, 333, D-209, Bongi, Recife, PE
Fone / Fax : 081-2284392
E-mail: daconti@chesf.gov.br

Resumo: O artigo apresenta um breve panorama dos modernos equipamentos disponíveis no mercado utilizados para melhorar a qualidade de energia elétrica nos sistemas de distribuição. Estes equipamentos operam tanto para reduzir tanto os distúrbios na rede elétrica causados pela operação de cargas “perturbadoras” como as perturbações do sistema elétrico sobre as cargas sensíveis às variações momentâneas de tensão.

Palavras-chave: qualidade de energia elétrica; equipamentos condicionadores de energia elétrica; variações momentâneas de tensão; disjuntor do estado sólido.

Abstract: *The paper presents an overview of modern equipment used to mitigate power quality problems in distribution systems. These devices are able to reduce the problems on sensitive loads caused by momentary disturbances from the supply system and also they can isolate the supply system from disturbances caused by the operation of non-linear loads., protecting others customers.*

Keywords: *power quality; electric power conditioners; voltage variation; custom power; solid state breaker..*

1.0 - INTRODUÇÃO

A elevada sensibilidade das modernas instalações industriais às variações momentâneas de tensão decorrentes de defeitos no sistema elétrico supridor, representa um dos mais graves problemas de qualidade de energia elétrica no momento atual. Muitas vezes se constata casos em que consumidores com sofisticados processos industriais são instalados em pontos do sistema elétrico sem que sejam feitas uma prévia análise da adequabilidade daqueles pontos quanto às características de sensibilidade das cargas do consumidor. Conseqüentemente, pode ocorrer um elevado número de interrupções nos processos industriais, causando insatisfação e prejuízos para o consumidor.

Diante disto, faz-se necessário um esforço conjunto da empresa de energia elétrica e do consumidor para se definir as alternativas visando ser alcançado um nível apropriado de qualidade de energia, de forma a se reduzir o número de interrupções.

Ações do lado da empresa de energia elétrica podem ser tomadas no sentido de se reduzir o número de defeitos através de uma intensificação dos programas de manutenção, ou diminuir a severidade das perturbações através da atuação mais rápida das proteções, utilizando-se, quando possível, filosofias e sistemas modernos de proteção.

Do lado do consumidor é usual se fazer uma levantamento dos ajustes das proteções associadas aos equipamentos e seus controles, modificando aquelas proteções desnecessariamente sensíveis, bem como insensibilizar as cargas mais vulneráveis utilizando-se, por exemplo, UPS (*Uninterruptible Power Systems*) para alimentar os circuitos eletrônicos de controle.

Caso não se consiga atingir o nível de qualidade requerido pelo consumidor após implementação dessas medidas, torna-se necessário analisar outros recursos atualmente disponíveis no mercado.

Este trabalho apresenta o panorama atual os modernos equipamentos utilizados para melhorar a qualidade de energia elétrica nos sistemas de distribuição (*Custom Power*). Estes equipamentos visam assegurar que os distúrbios momentâneos provenientes do sistema elétrico não interrompam a operação dos consumidores com cargas sensíveis e também que os distúrbios causados pela operação de cargas perturbadoras não venham a degradar a qualidade da tensão no sistema elétrico supridor, afetando outros consumidores.

A denominada *Custom Power Technology*, que é a base dos modernos equipamentos ofertados para a solução dos problemas de Qualidade de Energia a nível de Distribuição, usa chaves estáticas controladas tipo GTO (*Gate Turn-Off Thyristor*) e IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*),

disponíveis no mercado a custos viáveis para o nível de potência próprio dos Sistemas de Distribuição. Também utilizam tecnologias avançadas de comunicação em fibra ótica, microprocessadores rápidos, além de transformadores para acoplamento com a rede e sistemas de armazenamento de energia especiais.

2. EQUIPAMENTOS MITIGADORES

A necessidade cada vez maior de suprir energia elétrica de alta qualidade e confiabilidade a refinados processos industriais, tem estimulado os grandes fabricantes da indústria elétrica a ofertar no mercado diversos tipos de equipamentos condicionadores de energia, alguns dos quais destinam-se a proteger cargas sensíveis contra distúrbios provenientes da rede elétrica e outros destinam-se a mitigar distúrbios causados por cargas perturbadoras no sistema elétrico, o que poderia afetar outros consumidores.

O uso dos equipamentos clássicos projetados para estas duas finalidades já tem sido amplamente

discutido em diversas referências bibliográficas [1 - 3]. No entanto, as informações sobre esses equipamentos ainda são incipientes na literatura especializada.

De uma forma geral, os referidos equipamentos podem ser agrupados de acordo com a sua aplicação, ou seja:

- Equipamentos para a proteção de cargas sensíveis contra distúrbios provenientes da rede elétrica;
- Equipamentos para a mitigação de distúrbios na rede elétrica causados por cargas perturbadoras

Três tipos básicos de equipamentos serão enfocados:

- Disjuntor do Estado Sólido
- Condicionador de Energia Elétrica Série
- Condicionador de Energia Elétrica Paralelo.

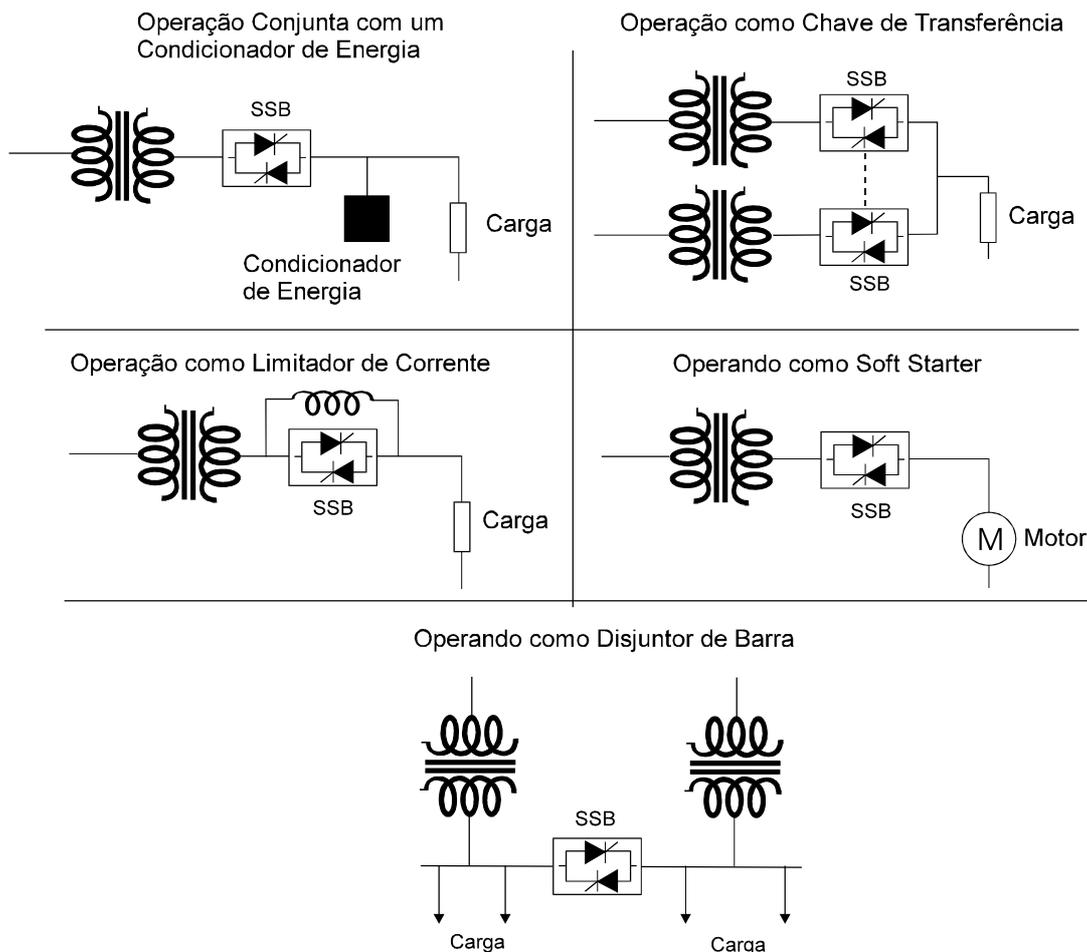


Figura 1 - Aplicações do Disjuntor de Estado Sólido []

Disjuntor de Estado Sólido (Solid State Breaker - SSB), que pode ser aplicado de diversos modos. As principais aplicações do SSB são ilustradas na Figura 1.

Quando aplicado com um equipamento condicionador de energia elétrica paralelo, o SSB abre na ocorrência de distúrbios momentâneos no lado do sistema supridor, ficando o equipamento condicionador fornecendo a potência necessária para a carga permanecer em operação. O SSB fecha imediatamente após cessar a perturbação.

A aplicação dos SSBs como chave de transferência é possível quando se dispõe de dois alimentadores independentes para suprir a carga. Nesta configuração a carga é transferida de um alimentador para outro através de um processo de comutação, sempre que for detectada uma tensão fora dos padrões desejáveis no alimentador em carga. Esta transferência é realizada com o auxílio de dois SSB, em um tempo menor que 4ms, impedindo que as variações momentâneas de tensão afetem a carga. Segundo os fabricantes, a rápida atuação da chave de transferência, faz com que sejam eliminadas aproximadamente 90% das interrupções de processos industriais causadas por estes tipos de distúrbios.

Quando aplicado em conjunto com um indutor ou resistência limitadora de curto-circuito, o SSB abre durante o defeito, inserindo o indutor/resistência limitadora. Isto reduz os afundamentos momentâneos de tensão e conseqüentemente os problemas decorrentes.

Os SSBs podem também ser usados como “soft-starter” para motores de grande porte. A partida do motor é controlada, com a corrente subindo gradualmente até atingir o regime permanente.

Condicionador de Energia Elétrica Série

Este tipo de equipamento é normalmente aplicável a cargas supridas por um único alimentador.

Seu princípio de funcionamento baseia-se no seguinte: Sempre que forem detectadas variações momentâneas de tensão, provenientes da rede elétrica, este equipamento injeta uma tensão, em série com o alimentador, cuja amplitude e ângulo de fase são adequados a manter uma tensão desejável no barramento onde está instalada a carga sensível.

A correção destas variações (subtensões momentâneas, sobretensões momentâneas ou interrupções momentâneas de tensão) implica na necessidade do uso de energia reativa e ativa. A energia reativa gerada ou absorvida pelo equipamento é produzida internamente ao próprio equipamento sem que seja necessário qualquer dispositivo de armazenamento de energia. No entanto, a energia ativa a ser fornecida pelo equipamento depende da existência de uma unidade de armazenamento de energia ou pode ser obtida da própria rede. A Figura 2 apresenta um diagrama esquemático de um Condicionador de Energia - Tipo Série dotado de uma unidade de armazenamento de energia. De modo a obter o maior benefício econômico, normalmente se utiliza o Condicionador de Energia - Tipo Série para corrigir apenas parcialmente os distúrbios acima mencionados. Ou seja, permite-se que a carga sensível seja parcialmente afetada pelos distúrbios, desde que isto não interrompa ou afete o processo industrial sob controle.

O tempo de atuação típico deste tipo de equipamento é da ordem de 4 ms.

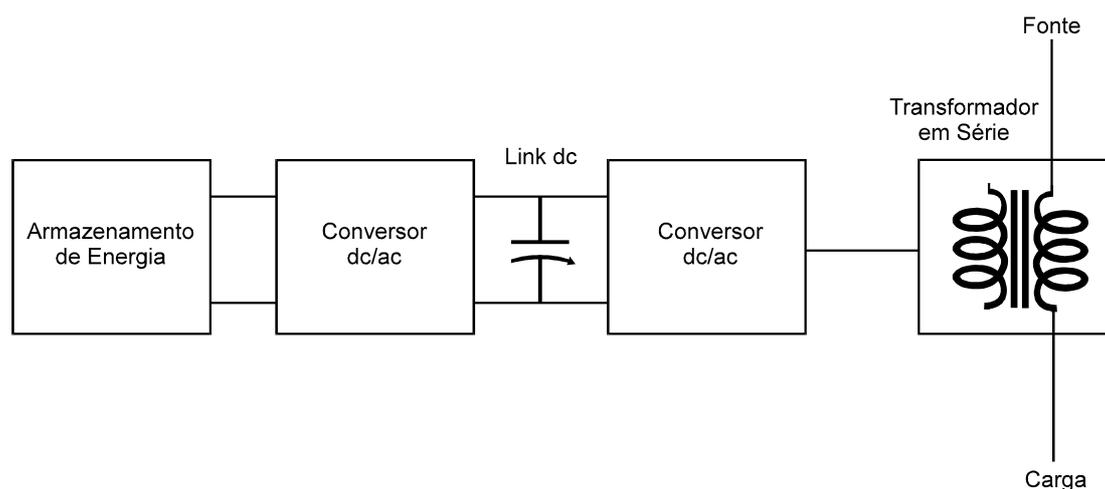


Figura 2 - Condicionador de Energia Elétrica Série

É importante mencionar que o equipamento também pode atuar como filtro ativo, através da

injeção de tensões harmônicas adequadas ao cancelamento das harmônicas indesejáveis.

Este equipamento utiliza inversores de tensão com estratégia de controle tipo PWM e transistores do tipo IGBT, os quais apresentam baixas perdas em altas frequências quando comparados aos tiristores do tipo GTO. Futuramente, os dispositivos GTO e IGBT poderão vir a ser substituídos por tiristores do tipo MCT (*MOS Controlled Thyristors*) ou MTO

(*MOS Turn-Off Thyristors*), os quais são promissores face às suas baixas perdas em altas frequências.

A Figura 3 mostra a resposta de um equipamento deste tipo atuando durante numa subtensão momentânea. Note que a tensão no lado da carga não atingiu o seu valor nominal porém foi suficiente para manter o consumidor em operação [4].

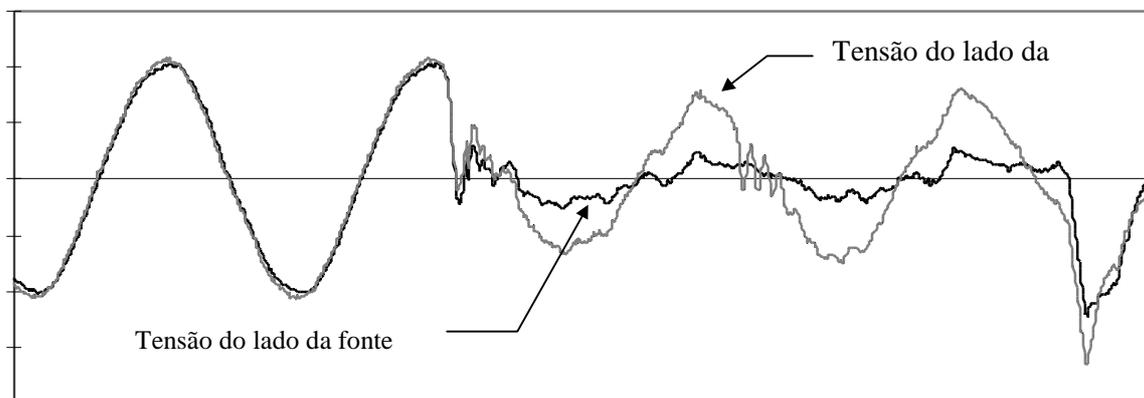


Figura 3 - Correção de Subtensão Momentânea efetuada pelo Condicionador de Energia Elétrica Série [4]

Também existe um outro tipo de equipamento série, o qual opera de maneira análoga a um transformador com tap sob carga, que possui um tempo de resposta na faixa de 4 a 8ms (figura 3). Este equipamento é controlado a tiristores convencionais (SCR), ligados em anti-paralelo, os quais são chaveado quando a variação de tensão ultrapassa certos limites.

Condicionador de Energia Elétrica Paralelo

Seu princípio de funcionamento é similar ao de um compensador estático de reativos. Ou seja, é normalmente utilizado para fornecer reativos, de forma controlada, a cargas não lineares e variáveis, protegendo assim a rede elétrica contra grandes variações de tensão causadas pelas referidas cargas., Além disto, pode corrigir fator de potência, desequilíbrios de tensão na barra supridora e efetuar filtragem ativa de harmônicos. Para atingir seus objetivos, o equipamento injeta correntes na rede de modo tal que a corrente injetada compense as componentes harmônicas da corrente de carga. Desta forma, a rede elétrica não percebe a corrente distorcida que está sendo solicitada pela carga. A Figura 3 ilustra um diagrama esquemático de um Condicionador de Energia Elétrica Paralelo.

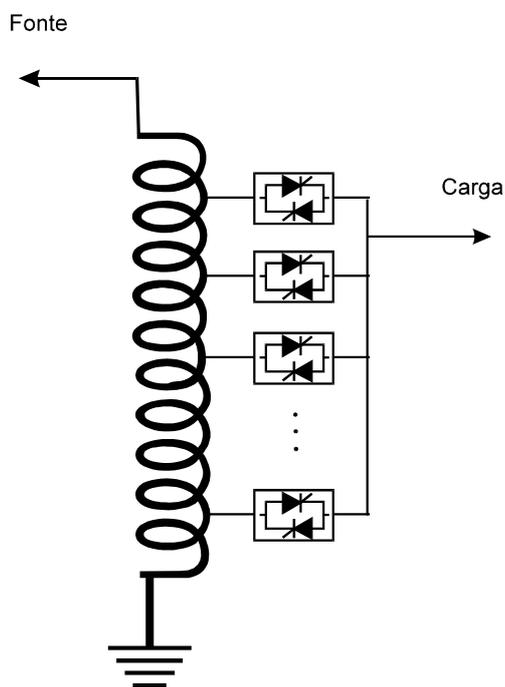


Figura 4 - Regulador de Tensão Tiristorizado

Uma das vantagens deste condicionador é o fato de que ele alivia o fluxo de reativos circulantes na rede elétrica, podendo permitir a conexão de grandes cargas variáveis a redes já existentes sem necessidade de recapacitá-las.

Se possuir unidade de armazenamento de energia e trabalhar acoplado a um Disjuntor de Estado Sólido (Vide ilustração correspondente na Figura 1), pode isolar interrupções momentâneas de tensão e subtensões momentâneas provenientes da rede elétrica e, ainda assim, manter um adequado suprimento de energia na barra do consumidor até que os distúrbios tenham cessado. No entanto, vale ressaltar que a

proteção de cargas sensíveis contra estes tipos de distúrbios é obtida de modo mais econômico com o uso do Condicionador de Potência - Tipo Série. Este equipamento, também utiliza inversores com estratégia de controle tipo PWM e transistores do tipo IGBT.

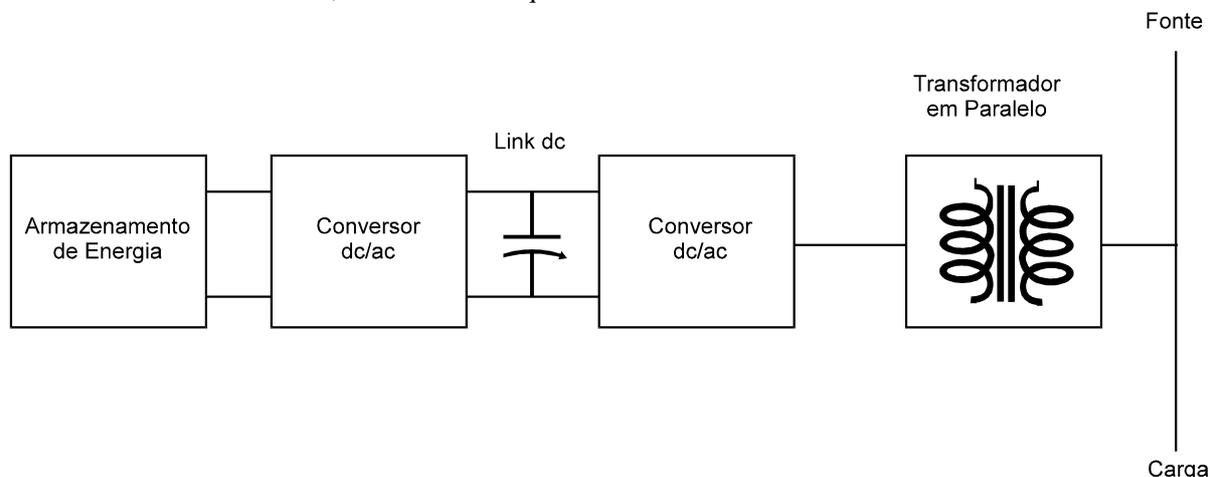


Figura 4 - Condicionador de Energia Elétrica Paralelo

Equipamentos de Custom Power em operação

A tabela abaixo ilustra a aplicação dos equipamentos mencionados.

EMPRESA	TIPO DE EQUIPAMENTO
Baltimore Gas and Electric/EUA	Chave de transferência
Cinergy Corporation	Chave de transferência
Commonwealth Edison/EUA	Chave de transferência
Detroit Edison/EUA	Chave de transferência
Duke Power Company/EUA	Condicionador Série
Florida Power Corporation/EUA	Condicionador Série
Pacific Gas & Electric/EUA	Chave de transferência
BC Hydro	Condicionador Paralelo
Power Australia	Condicionador Série

3.0-COMENTÁRIOS FINAIS

É importante ressaltar que, sendo uma tecnologia muito recente, uma avaliação do desempenho operacional destes equipamentos só poderá ser melhor conhecida ao longo do tempo à medida que os mesmos sejam usados em diferentes tipos de sistemas elétricos sob diferentes condições operativas.

O elenco de alternativas de soluções para problemas de qualidade de energia elétrica tende a

aumentar a medida que novos equipamentos passam a ser ofertados ao mercado. O tratamento adequado dos aspectos empresariais e comerciais, deverão entretanto, ser objeto de muitas discussões e negociações nos próximos anos, envolvendo empresas de energia elétrica, consumidores e fornecedores de equipamento.

4.0 - REFERÊNCIAS

- [1] Roger Dugan, Mark McGranaghan, Wayne Beaty, "Electrical Power Systems Quality", McGraw Hill, 1996.
- [2] G.T.Heydt, "Electric Power Quality", Stars in a Circle Publications, 1991.
- [3] IEEE Working Group on Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment, "Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment", 1992.
- [4] N. Abi-Samra, P. Albuquerque, A. Sundaram, "Custom Power Devices for Improving Distribution System Power Quality", Artigo apresentado no Encontro de Power Quality de Caracas, 1997.