

REFERÊNCIAS

Área Temática : Qualidade e competitividade.

Título : A qualidade da energia eléctrica na actualidade e o uso de novas tecnologias reparadoras.

Nome do primeiro autor : Joaquim D. B. Delgado

Entidade : D.E.E./E.S.T.V. do Instituto Superior Politécnico de Viseu

Nomes dos outros autores : Pedro A. Saraiva e Aníbal Traça de Almeida.

Entidades : D.E.Q. da F.C.T.U.C. e D.E.E. da F.C.T.U.C.

Nome do orador : Joaquim D. B. Delgado.

RESUMO

A qualidade da energia eléctrica constitui na actualidade um factor crucial para a competitividade de praticamente todos os sectores industriais e dos serviços. Nesta comunicação serão analisadas algumas das novas tecnologias armazenadoras de energia e o seu papel na implementação de equipamentos com maior grau de imunidade às perturbações mais comuns na qualidade da energia eléctrica (implementação da "Ride Through Capability").

1. INTRODUÇÃO

O sector da energia eléctrica encontra-se, sobretudo nas duas últimas décadas, num estado de profundas mudanças devido a um número considerável de factores. • A alteração da natureza das cargas consumidoras e da forma como a energia eléctrica é hoje utilizada; • a liberalização, desregulamentação (ou re-regulamentação) em curso no sector a nível mundial como estratégia para torná-lo mais competitivo, mais ágil e mais adequado às novas realidades; • a proliferação de auto-produtores e de • novas tecnologias de geração e • o peso crescente das questões ambientais associadas às tecnologias de geração, têm provocado grandes modificações na forma tradicional como o sector funcionava.

2. ALTERAÇÃO DA NATUREZA DAS CARGAS

Todo o tipo de cargas actuais (e os sistemas de controlo em particular) são baseados em dispositivos electrónicos sensíveis : díodos, transístores, I.C.'s, microprocessadores, triacs, IGBT's, etc. Todos estes vieram permitir o uso da electricidade de uma forma muito mais eficiente e o controlo mais preciso sobre os processos, mas simultaneamente trouxeram perturbações muito significativas à qualidade da energia. Devido à sua não linearidade característica, os novos dispositivos são simultaneamente um dos

principais causadores de muitos dos problemas na qualidade da energia na actualidade e as maiores vítimas dessa falta de qualidade, pois são altamente sensíveis às variações dos parâmetros característicos (e da qualidade !) da energia que recebem. Perturbações mesmo muito pequenas, da ordem de alguns milisegundos, podem provocar a falha global dos sistemas onde esses dispositivos estão inseridos. Este cenário de proliferação tem vindo a agravar-se continuamente, pois cada vez mais energia é consumida por cargas não lineares. Segundo estimativas recentemente divulgadas [1], em 2003 cerca de 60 % de toda a energia eléctrica produzida será consumida por cargas não lineares. Em alguns sectores, no dos serviços por exemplo, este valor é já hoje muito próximo dos 100 %.

3. MAIOR EXIGÊNCIA DE QUALIDADE NOS PROCESSOS ACTUAIS

Hoje mais do que nunca, devido à grande concorrência a nível mundial, à maior sensibilidade dos equipamentos e às margens de lucro marginais associadas à laboração de muitos sectores, a existência de **energia eléctrica com qualidade constitui um factor crucial para a competitividade** e sobrevivência dos mesmos. Os sectores mais críticos são os das indústrias de processo contínuo. Devido à sua natureza, estes são concebidos para laborar sem interrupções e

havendo-as, nunca se atingirão os níveis de produção esperados que rentabilizam os projectos [2].

De entre as muitas medidas implementadas pelas empresas operadoras para fornecer maior qualidade, a interligação das redes e o uso de dispositivos de abertura e rearme automático desempenham hoje um papel muito importante no evitar os cortes de longa duração. Mas, os tempos de comutação destes dispositivos e o elevado número de fenómenos imprevisíveis a que estão sujeitas as linhas não permitem evitar facilmente os designados cortes de muito curta duração ou *micro-cortes*.

Segundo dados recentes divulgados pelo EPRI (Electric Power Research Institute) [3] dos U.S.A., cerca de **91% dos cortes de energia eléctrica** que ocorrem neste país **têm uma duração inferior a 2 segundos**, e **86 % têm duração inferior a 200 milissegundos**. A maioria destes cortes são quase imperceptíveis para certos tipos de receptores e inofensivos para muitos consumidores, mas são suficientes (e os responsáveis !) para causar a paragem de Variadores Electrónicos de Velocidade [4], de PLC's, de redes de comunicação e de controladores de processos; em suma, para causar a paragem total de um processo fabril. Este tipo de ocorrências é responsável diariamente por prejuízos muito avultados devido a :

- percas em tempo de produção,
- de materiais em vias de fabrico,
- custos de reparação de equipamentos,
- custos de arranque e de sintonia de processos,
- aos perigos acrescidos para a segurança humana e
- aos acrescidos impactos negativos sobre o meio ambiente.

♦ De acordo com a informação divulgada em [5], um fabricante de semicondutores refere que um só corte de energia de 5 segundos pode custar à empresa 12 milhões de dólares, sendo este valor o equivalente à sua factura energética anual.

♦ Numa Fábrica de Vidro situada na Marinha Grande, segundo um responsável pela produção, um corte com duração inferior a 1 minuto, representa um custo mínimo de 1500 contos [6].

4. AS TECNOLOGIAS REPARADORAS

Para minorar as consequências dos problemas anteriormente referidos, há alguns anos que vêm sendo tomadas medidas que se situam basicamente a dois níveis. Têm-se desenvolvido normas que regulamentam por um lado o *nível mínimo de qualidade de serviço que as redes devem oferecer* e por outro o *grau de imunidade mínima que os dispositivos que utilizam a energia devem possuir* para poderem operar em

ambientes mais "agressivos" sem comprometerem a sua funcionalidade. É sobre esta Segunda vertente que nos iremos debruçar.

Se for possível dotar os equipamentos e/ou instalações sensíveis (no sector industrial e dos serviços) de dispositivos armazenadores de energia eléctrica para suprir energia durante esses micro-cortes, estaremos a endereçar a resolução de 91 % das origens de potenciais problemas.

As tecnologias reparadoras a seguir descritas endereçam este tipo de situações e caracterizam-se sobretudo pela sua capacidade para armazenarem grandes quantidades de energia eléctrica em pouco volume e, por possuírem capacidade para disponibilizar essa energia de uma forma muito rápida.

4.1 BOBINAS SUPERCONDUTORAS (SMES)

Nas bobinas supercondutoras (*SMES-Superconducting Magnetic Energy Storage*), a energia eléctrica é armazenada no campo magnético de uma indutância cujas espiras são constituídas por material supercondutor. Devido à baixíssima resistência eléctrica, a corrente pode fluir na bobina em circuito fechado durante muito tempo, permitindo manter a energia armazenada, e esta energia pode ser utilizada a qualquer instante para suprir deficiências de curta duração em cargas expostas a fenómenos perturbadores. A primeira empresa a disponibilizar esta tecnologia para aplicações práticas na área da reparação da qualidade da energia foi a *American Superconductor* em 1988 [7]. O diagrama de princípio do funcionamento de uma SMES aplicada a uma carga é apresentado na Fig. 1.

FUNCIONAMENTO DE UMA SMES

1. Situação normal de operação :

Na ausência de micro-cortes, a energia flui normalmente da empresa fornecedora para a instalação. Dentro da bobina do acumulador magnético supercondutor, flui uma corrente d.c. através do interruptor Voltage Regulator que se encontra fechado. O Módulo Magnet Power Supply garante que a bobina esteja sempre com a carga máxima, introduzindo carga (aumentando o valor da corrente nas espiras) sempre que esta diminui devido às pequenas perdas.

2. Situação de reparação :

Quando ocorre uma perturbação, subtensão ou micro-corte na alimentação em qualquer das fases que chega à instalação, a electrónica deste dispositivo abre instantaneamente o interruptor Voltage Regulator e o módulo Inversor (com IGBT's) injecta energia na(s) fase(s) do sistema

trifásico da rede para reparar o defeito. A instalação fica assim a ser alimentada a partir da bobina durante o tempo de duração da perturbação. Uma vez superada a situação (que corresponde à maioria dos casos de perturbações), a bobina volta a carregar-se e fica imediatamente disponível para uma nova actuação.

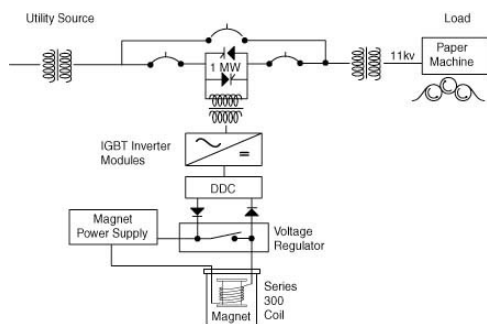


Fig. 1 - Diagrama de aplicação de uma SMES [7].

- Capacidade do acumulador : 2.7 MJoule,
- Tempo de resposta : 2 milisegundos.

VANTAGENS DO USO DAS SMES

Esta tecnologia permite superar grande parte dos fenómenos perturbadores para as cargas críticas dos sectores mais sensíveis tornando-os deste modo mais competitivos.

Para aprofundamentos sobre este tema consultar a referência [7].

4.2 BATERIAS ELECTROMECÂNICAS (“FLYWHEELS”)

As baterias electromecânicas são dispositivos que armazenam energia sob a forma cinética numa massa inercial (volante de inércia ou “Flywheel”) a rodar a grande velocidade.

A quantidade de energia cinética armazenada nessa massa é dada pela seguinte expressão :

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot I \cdot W^2,$$

onde I é o momento de inércia do volante e W a sua velocidade de rotação. $I = K \cdot M \cdot R^2$, sendo K a constante de inércia do volante que depende da sua geometria, M a sua massa e R o seu raio.

Para se armazenar a maior quantidade de energia, o volante necessita de rodar à máxima velocidade possível, pois a E_C depende do quadrado da sua velocidade de rotação. Este facto origina grandes forças centrífugas que podem levar à sua desintegração. Assim, a densidade e a resistência mecânica do material do volante são factores determinantes para a maximização da função de armazenamento para uma dada geometria.

Para que estas baterias apresentem um rendimento elevado, o atrito do volante é minimizado através de dois sub-sistemas. 1. Este é colocado a rodar sob o efeito de um conjunto de chumaceiras magnéticas, que pela acção de campos magnéticos repulsivos o fazem levantar e este gira na ausência de contacto físico com qualquer elemento, e 2. Para minimizar o atrito com o ar o volante é inserido num invólucro fechado onde se faz o vácuo. Deste modo e nas condições ideais o volante tenderá a manter indefinidamente o seu movimento de rotação.

Intrinsecamente integrado no volante (rotor) encontra-se um conjunto de pares de pólos magnéticos que interactivam com um conjunto de bobinas estáticas acopladas ao invólucro. Este conjunto (situado no estator e no rotor) implementa uma máquina de ímãs permanentes, sistema motor/gerador, que permite o fluxo de energia do exterior para a bateria (traduzindo-se este num aumento da velocidade de rotação do seu rotor) ou em sentido contrário (provocando uma redução dessa velocidade); servindo as bobinas estáticas para captar a variação de fluxo dos campos rotóricos.

Os rotores utilizados por alguns fabricantes na actualidade são constituídos por aço de alta resistência que permite velocidades de rotação de algumas dezenas de milhar de r.p.m. [8], mas encontram-se também já disponíveis sistemas que utilizam rotores de materiais compósitos que permitem velocidades de rotação da ordem das centenas de milhar de r.p.m. e densidades de energia muito superiores [9].

As aplicações para este tipo de baterias são imensas, na Fig. 2 apresenta-se uma configuração possível do seu uso para a reparação da qualidade da energia em instalações críticas.

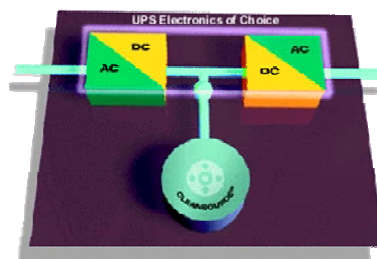


Fig. 2 - Fornecimento/reparação da qualidade da energia eléctrica.

VANTAGENS ASSOCIADAS AO USO DE BATERIAS ELECTROMECÂNICAS

- Capacidade para debitem elevadas potências instantâneas. As correntes máximas estão limitadas apenas pela secção dos enrolamentos estáticos. Existem já protótipos onde estes são constituídos por materiais supercondutores a altas temperaturas.
- Extremamente robustas às cargas e descargas.
- Muito compactas, pesam 1/10 da alternativa com base em baterias químicas e ocupam apenas 1/3 do espaço.
- Podem operar sob condições de grandes variações térmicas.
- Tempos de carga muito rápidos.
- Tempos de vida útil muito longos e sem manutenção.
- Sistemas silenciosos e não poluentes.
- Após tempo de vida útil são 100 % recicláveis.

A penetração destes dispositivos no mercado tem-se efectuado de uma forma lenta devido aos grandes interesses económicos associados às tecnologias tradicionais, mas segundo alguns especialistas dentro de poucos anos todas as U.P.S.'s terão no seu exterior uma etiqueta a dizer algo como "Flywheel Inside" em analogia com a actual situação existente no mercado dos P.C.'s com o "Intel Inside" [10].

4.3 SUPER CONDENSADORES

A utilização dos condensadores como acumuladores de energia esteve sempre bastante condicionada pelo facto de que com as tecnologias até à pouco disponíveis se conseguem capacidades e densidades de energia relativamente baixas, bem como apresentarem significativas correntes de fuga, o que conduzia à sua auto-descarga relativamente rápida. Os métodos de construção destes dispositivos têm vindo no entanto a ser aperfeiçoados recorrendo a novos princípios, materiais e geometrias que têm permitido desenvolver condensadores com capacidades e densidades de energia e densidades de potência até a pouco tempo inimagináveis. Estes designam-se hoje por *super condensadores* ou *ultra condensadores* e desempenham já um papel muito importante como alternativas para a acumulação de energia eléctrica e na construção de aparelhagem com capacidade de auto-sobrevivência ("*Ride Through Capability*") [11]. Os avanços mais recentes neste domínio permitem já obter super condensadores com capacidades de milhares de Farad em volumes extremamente reduzidos, tornando-os em dispositivos com um enorme potencial para o armazenamento de energia eléctrica e para suprir energia nas mais diversas situações, com

grandes vantagens sobre outras tecnologias. Veja-se a Fig. 3 [12]. Conseguem-se já densidades de potência da ordem dos 3000 W/L e densidades de energia de 50 Wh/Kg.



Fig. 3 - Super condensador com 2500 F (7200 J)
(dim. : 160x60x60 mm e peso : 720 g)

As diferenças mais significativas entre os super condensadores e os condensadores, são as seguintes : - Em termos de densidades de energia (energia por unidade de peso ou volume) e de densidade de potência (velocidade de escoamento dessa energia), os super condensadores situam-se entre os grandes condensadores tradicionais (com densidades de energia baixas e densidades de potência muito altas) e as baterias químicas (com densidades de energia muito elevadas e velocidade de escoamento bastante baixas) [13].

VANTAGENS ASSOCIADAS AO USO DE SUPER CONDENSADORES

- Podem carregar-se e descarregar-se quase indefinidamente e possuem um tempo de vida útil muito longo.
- Podem disponibilizar correntes de descarga muito elevadas.
- Não requerem praticamente manutenção.
- Os tempos de carga e de descarga são idênticos e muito rápidos !
- Podem ser fabricados com materiais não tóxicos e relativamente baratos.
- Podem operar em situações ambientais adversas.

Os super condensadores são já hoje muito utilizados como "buffers" de energia eléctrica para os mais diversos dispositivos electrónicos sensíveis, permitindo a sua correcta operação em ambientes onde a qualidade da energia apresenta perturbações.

4. CONCLUSÕES

Com a presente comunicação pretendeu-se efectuar uma vista muito rápida e superficial sobre três tecnologias de armazenamento de energia (SMES, Flywheels e Super Condensadores) com grande potencial e forte impacto sobre a melhoria dos níveis de desempenho dos equipamento

eléctricos em ambientes com elevado grau de perturbação na qualidade da energia eléctrica.

A exploração efectiva e prática destas tecnologias é ainda muito recente, mas a acção conjugada de por um lado agir do ponto de vista preventivo, tentando minimizar os impactos negativos dos equipamentos sobre a qualidade da energia global e por outro contribuir para que os equipamentos sejam mais robustos e imunes a esses fenómenos, apresentam grandes

vantagens e impacto positivo sobre a melhoria da rentabilidade e competitividade industrial.

Outra grande vantagem associada ao uso destas tecnologias é o seu baixíssimo impacto ambiental, o que hoje constitui também um argumento muito forte e favorável à sua penetração. Além de permitirem armazenar grandes quantidades de energia e possuírem capacidade para a disponibilizar de forma muito rápida, não produzem qualquer tipo de resíduos. Com a sua crescente utilização beneficiarão as empresas, o ambiente e a sociedade em geral.

5. REFERÊNCIAS

[1]

[2] *"Technology thrives paper market is hot"*, Nicholas Sheble, Revista INTECH da ISA, May 1999, pag. 20-22.

[3] *"The Two Seconds Problem"*, ASC and EPRI Research, March 99, www.amsuper.com/application/power/2secprob.html

PEAC Corporation, Knoxville, Tennessee, Revista Power Quality Assurance, October 1999.

[5] *"Storage Technologies for Ride-Through Capability"*, Ira Krepdin and Bill Howe, www.esource.com/publicdomain/Abstract/PQ03.html, May 1999.

[6] *"Estudo sobre o Panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal"*, Joaquim Delgado, realizado pelo DEE/ESTV do ISPV, 2º Sem./99.

[7] *"Superconductivity is Capturing the Imagination of the World"*, [www.amsuper.com] - Junho/99.

[8] *"Advances in Flywheel Energy Storage Systems"*, Active Power, Austin, Texas, March 1998 (www.activepower.com).

[9], *"Acumetrics Introduce Composite Flywheel Based 250 KVA Full On-line UPS - No batteries required"*, Brian Stahl and Gary A. Moor, Nov./99 (www.acumetrics.com)

[10] *"Active Power Adds Liebert a Worldwide Reseller"*, powerquality.aip.com/daily/news.html

[11] *"High Energy Density with Ultracapacitors - Bursting with Power"*, Siemens Matsushita Components. - Fev./99

[12] *"The Leader in High-Power Energy Storage", Maxwell Power Cache Ultracapacitors"*, www.powercache.com/products/cap2500.htm

[13] *"Carbon Supercapacitors"*, CSIRO, Energy Technology, [www.syd.dcetcsiro.au] - Fev./94

[4] *"What Causes ASDs to Trip During Voltage Sags"*, Rick Langley and Arshad Mansoor, EPRI