

A QUALIDADE DA ENERGIA ELÉCTRICA NA ACTUALIDADE E O USO DE NOVAS TECNOLOGIAS REPARADORAS

JOAQUIM D. B. DELGADO *

PEDRO A. SARAIVA **

ANÍBAL TRAÇA DE ALMEIDA ***

* Equip. a Professor-Adjunto da ESTV

** Professor do Departamento de Eng. Química da F. Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

*** Professor do Departamento de Eng. Electrotécnica da F. Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Resumo

A qualidade da energia eléctrica constitui na actualidade um factor crucial para a competitividade de praticamente todos os sectores industriais e dos serviços. A partir do levantamento de necessidades, esta comunicação analisa algumas das novas tecnologias armazenadoras de energia e o seu papel na implementação de equipamentos com maior grau de imunidade a perturbações na qualidade da energia eléctrica ("Ride Through Capability").

1. Introdução

O sector da energia eléctrica encontra-se, sobretudo nas duas últimas décadas, a atravessar profundas mudanças devido a um número considerável de factores: 1. a alteração da natureza das cargas consumidoras e da forma como a energia eléctrica é hoje utilizada; 2. a liberalização, desregulamentação (ou re-regulamentação) em curso a nível mundial, 3. a proliferação de auto-produtores, 4. o aparecimento de novas tecnologias de geração e 5. o peso crescente das questões ambientais associadas às tecnologias de geração, têm provocado grandes alterações no modo de funcionamento do sector.

2. Alteração da natureza das cargas

Grande parte das cargas actuais (e os sistemas de controlo em particular) são baseados em dispositivos electrónicos sensíveis: díodos, transístores, I.C., microprocessadores, triacs, IGBT, etc. Todos estes elementos 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, 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 tais dispositivos se encontrem 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 [EPRI-PDG, 99], em 2003 cerca de 60 % de toda a energia eléctrica produzida será consumida por cargas não lineares. Em alguns sectores, como os serviços, 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 a este respeito são os das indústrias de processo contínuo. Devido à sua natureza, são concebidos para laborar sem interrupções. Quando estas sucedem é impossível atingir os níveis de produtividade esperados e projectados, podendo inviabilizar economicamente toda a unidade [Sheble, 99].

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 importante, ao 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 de transporte, não permitem evitar facilmente os designados cortes de muito curta duração (micro-cortes).

Segundo dados recentes, cerca de 91% dos cortes de energia eléctrica que ocorrem nos USA têm uma duração inferior a 2 segundos, e 86 % duração inferior a 200 milisegundos [EPRI-ASC, 98]. 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 [Langley, 99], de Controladores Lógicos Programáveis (PLC), 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 : 1. percas em tempo de produção e de materiais em vias de fabrico, 2. custos de reparação de equipamentos, re-arranque e

sintonia de processos, 3. perigos acrescidos para a segurança humana e 4. acrescidos impactos negativos sobre o meio ambiente.

A título de exemplo, será de referir que um só corte de energia de 5 segundos pode custar 2,4 milhões de contos a uma empresa fabricante de semicondutores, valor este equivalente à sua factura energética anual [Kreplin, 99].

Um levantamento efectuado recentemente em Portugal junto dos sectores industrial e dos serviços [Delgado, 99] permitiu, entre outros aspectos, evidenciar que o problema dos micro-cortes no nosso país é idêntico ao diagnosticado e divulgado pelo EPRI nos USA. A Figura 1 transmite uma ideia do tipo de interrupções actualmente evidenciadas também nas nossas redes.

Segundo dados facultados por uma empresa de processo contínuo, situada na Região Centro, que efectua o registo de anomalias, no ano de 1998 esta evidenciou 9 cortes de energia longos e 113 micro-cortes (< 1 Seg.).

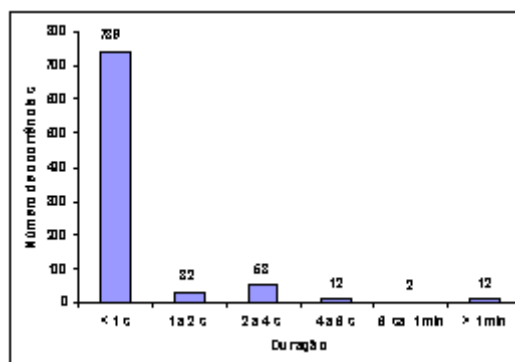


Figura 1 - Distribuição do tipo de interrupções

observadas nas redes actuais durante 6 anos (92-97).

Fonte : [EPRI-ASC, 98].

4. 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: 1. Desenvolvimento de normas que regulamentam o nível mínimo de qualidade do serviço que as redes devem oferecer e 2. Que regulamentam 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. Por exemplo, 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 a ocorrência de micro-cortes, resolvem-se cerca de 90 % das origens de potenciais problemas. As tecnologias reparadoras a seguir descritas abordam este tipo de situações e caracterizam-se sobretudo pela sua capacidade para armazenar grandes quantidades de energia eléctrica em pouco volume, e por serem capazes de 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 sua baixíssima resistência eléctrica, a corrente pode fluir na bobina em circuito fechado durante muito tempo, permitindo manter energia armazenada, que pode ser utilizada a qualquer instante para suprir deficiências de curta duração em cargas expostas a fenómenos perturbadores.

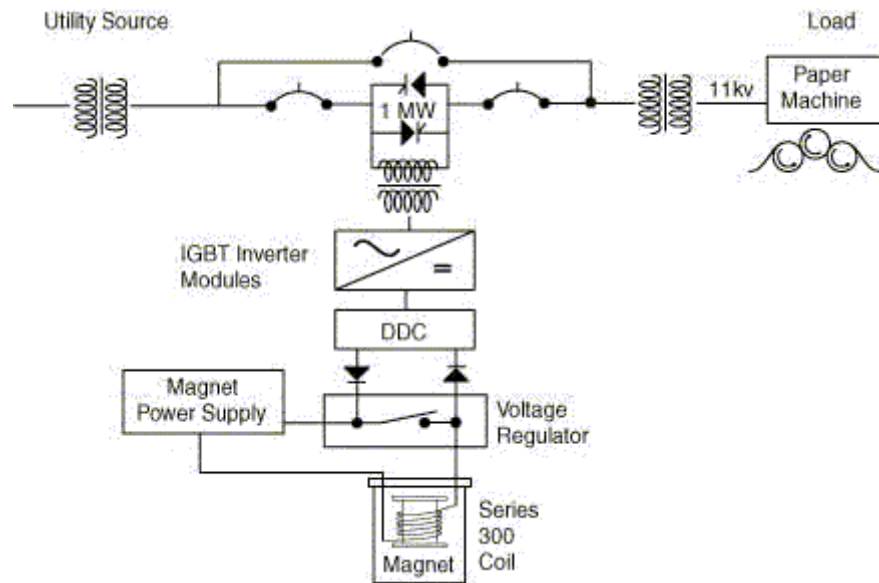
A primeira empresa a disponibilizar esta tecnologia para aplicações práticas na área da reparação da qualidade da energia foi a American Superconductor em 1988 [Amsuper, 99]. Um diagrama com o princípio do funcionamento de uma SMES aplicada a uma instalação crítica é apresentado na Figura 2. Este decorre genericamente do seguinte modo :

1. Situação normal de operação

Na ausência de micro-cortes, a energia flui directamente da empresa fornecedora para a instalação. A bobina do acumulador magnético supercondutor, é percorrida por uma corrente d.c. através do interruptor Voltage Regulator, que se encontra fechado. O Módulo Magnet Power Supply garante que a bobina se encontre sempre com a carga máxima, aumentando o valor da corrente d.c. nas espiras sempre que esta diminui devido a 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) injecta energia na(s) fase(s) do sistema trifásico da rede para reparar o defeito surgido. A instalação fica assim a ser alimentada a partir da bobina durante o tempo de duração da perturbação. Uma vez superada a situação, a bobina volta a carregar-se e fica imediatamente disponível para uma nova actuação.



(Capacidade do acumulador : 2.7 MJoule;

Tempo de resposta : 2 milisegundos).

Figura 2 - Diagrama de aplicação de uma SMES a uma instalação crítica. Fonte : [Amsuper, 99].

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

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") que roda a grande velocidade (Figura 3).**



Figura 3 - Aspecto do interior de uma Bateria

Electromecânica.

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

$$E_C = \frac{1}{2} I \omega^2$$

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

Para se armazenar a maior quantidade de energia, o volante necessita de rodar à máxima velocidade possível, pois E_C depende do quadrado da 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.

Por forma a que estas baterias apresentem um rendimento elevado, o atrito do volante é minimizado através de dois sub-sistemas. 1) O volante é colocado a rodar sob o efeito de um conjunto de chumaceiras magnéticas, que pela acção de campos magnéticos repulsivos o fazem levitar, girando na ausência de contacto físico com qualquer elemento; e 2) O volante é inserido num invólucro fechado, onde se faz vácuo.

Intrinsecamente integrado no volante (rotor) encontra-se um conjunto de pares de pólos magnéticos que interactivam com um conjunto de bobinas estatóricas acopladas ao invólucro. Este conjunto (situado no estator e no rotor) implementa uma máquina eléctrica de imanes permanentes, sistema motor/gerador, que permite o fluxo de energia do exterior para a bateria (traduzindo-se num aumento da velocidade de rotação) ou em sentido contrário (provocando uma redução dessa velocidade).

Os rotores utilizados por alguns fabricantes são constituídos por aço de alta resistência, que permite alcançar velocidades de rotação de algumas dezenas de milhar de r.p.m. [Active Power, 98], mas encontram-se também já disponíveis sistemas que utilizam rotores de materiais compósitos que podem atingir velocidades de rotação da ordem das centenas de milhar de r.p.m. com densidades de energia muito superiores [Acumetrics, 99].

Como principais vantagens deste tipo de sistemas, há a salientar os seguintes aspectos :

- Capacidade para debitem elevadas potências instantâneas (as correntes máximas estão limitadas apenas pela secção dos enrolamentos estatóricos, existindo já protótipos onde estes são constituídos por materiais supercondutores a altas temperaturas).
- Extremamente robustos às cargas e descargas.
- Muito compactos (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, sem elevada necessidade de manutenção.
- Sistemas silenciosos e não poluentes.
- Após o tempo de vida útil, são 100 % recicláveis.

A penetração destes dispositivos no mercado tem-se efectuado de uma forma lenta, mas segundo alguns especialistas dentro de poucos anos todas as U.P.S. terão no seu exterior uma etiqueta a dizer algo como "Flywheel Inside" [Active Power, 99].

4.3 Super Condensadores

A utilização de condensadores como acumuladores de energia esteve sempre bastante condicionada pelo facto de com as tecnologias até à pouco disponíveis se conseguirem capacidades e densidades de energia relativamente baixas, para além de 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, densidades de energia e de potência até há pouco tempo impensáveis. Estes dispositivos designam-se hoje por super condensadores ou ultra condensadores, e desempenham um papel importante como alternativas para a acumulação de energia eléctrica e na construção de aparelhagem com capacidade de auto-sobrevivência ("Ride Through Capability") [Siemens, 99].

Os avanços mais recentes neste domínio permitem já obter super condensadores com capacidades de milhares de Farad em volumes extremamente reduzidos (Figura 4), conferindo-lhes um enorme potencial para o armazenamento de energia eléctrica e para suprir energia nas mais diversas situações, com grandes

vantagens sobre outras tecnologias, atingindo-se densidades de potência da ordem dos 3000 W/litro e de energia na casa dos 50 Wh/Kg [Maxwell, 99].



Figura 4 - Super condensador com 2500 F (7200 J)

(dim. : 160x60x60 mm, peso : 720 g)

As diferenças mais significativas entre os super condensadores e os condensadores prendem-se com o facto de, em termos de densidades de energia e de potência, os super condensadores se situarem 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 velocidades de escoamento bastante baixas) [CSIRO, 97].

Entre as suas principais vantagens há a salientar :

- Podem carregar-se e descarregar-se quase indefinidamente, tendo portanto um tempo de vida útil muito longo.
- Disponibilizam correntes de descarga elevadas.
- Não requerem praticamente manutenção.
- Os tempos de carga e de descarga são idênticos e muito curtos.
- São fabricados com materiais não tóxicos e relativamente baratos.
- Operam em situações ambientais adversas.

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

4. Conclusões

Com a presente comunicação pretendeu-se efectuar uma visita breve em torno de 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 equipamentos eléctricos em ambientes com elevado grau de perturbação na qualidade da energia eléctrica. Esta análise, decorrente de um levantamento prévio de necessidades, permitiu evidenciar que a exploração efectiva e aplicação prática destas tecnologias é ainda muito recente. Contudo, a acção conjugada de uma intervenção preventiva tentando minimizar os impactos negativos dos equipamentos sobre a qualidade da energia global e contribuir para que os equipamentos sejam mais robustos e imunes a esses fenómenos, apresentam grandes vantagens e potencial de melhoria da rentabilidade e competitividade industrial.

Outra grande vantagem associada ao uso deste tipo de dispositivos prende-se com o seu reduzido 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 de possuírem capacidade para a disponibilizar de forma muito rápida, não produzem qualquer tipo de resíduos e apresentam perdas reduzidas.

Para concluir fica a observação: o aumento da competitividade industrial pela via da utilização de energia eléctrica com maior qualidade e do seu melhor uso só pode ser conseguido se houver um esforço conjugado que envolva os três grupos de intervenientes nesta área: • os fornecedores, • os consumidores e • os fabricantes de equipamentos. É imperativo que todos estejam sensibilizados para a natureza dos problemas e verdadeiramente comprometidos com a vontade efectiva de melhorá-los. Qualquer política que não contemple este trio está irremediavelmente limitada a um sucesso parcial.

5. Referências

Active Power 98, "Advances in Flywheel Energy Storage Systems", Austin, Texas, March 1998 (www.activepower.com).

Active Power 99, "Active Power Adds Liebert a Worldwide Reseller", powerquality.aip.com/daily/news.html, 1999.

Acumetrics, "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)

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

CSIRO, "Carbon Supercapacitors", CSIRO, Energy Technology , [www.syd.dcetcsiro.au] - Fev./97

Delgado, J., "Estudo sobre o Panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal", DEE/ESTV do ISPV, 2º Sem. 1999.

EPRI-ASC, "The Two Seconds Problem", ASC and EPRI Research, www.amsuper.com/application/power/2secprob.html, March 98.

EPRI-PDG, "The Future of Power Delivery in the 21st Century", EPRI's Power Delivery Group, www.epri.com/pdg/events, 1999.

Langley R. and Mansoor A., "What Causes ASDs to Trip During Voltage Sags", EPRI PEAC Corporation, Knoxville, Tennessee, Revista Power Quality Assurance, October 1999.

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

Krepdin I. and Howe B., "Storage Technologies for Ride-Through Capability", www.esource.com/publicdomain/Abstract/PQ03.html, May 1999.

Sheble N., "Technology Thrives Paper Market is Hot", Revista INTECH da ISA, May 1999.

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