

L. M. Vilela Pinto

Eng. Elect. (U.P.)

Dir. Ser. na D.S.R. Porto (DGE)

Renato Romano

Eng. Elect. (I.S.T.)

Chefe Div. na D.S.E. Eléctrica (DGE)

Impacto da Tecnologia dos Supercondutores nas Futuras Redes Eléctricas

1 - Impacto sobre os componentes da rede

A comparação do estado de desenvolvimento e das perspectivas de aplicação dos diversos equipamentos de uma rede eléctrica mostra que os geradores supercondutores são, não só os elementos mais prometedores numa utilização em grande escala, mas também já atingiram um estado de desenvolvimento bastante elevado do ponto de vista da sua dimensão e tecnologia. Esta comparação baseia-se em geradores de turbina com enrolamento indutor supercondutor e um enrolamento estatórico normalmente condutor. A parte interior do rotor está à temperatura do hélio líquido e suporta o enrolamento supercondutor e é isolado termicamente da circulação de calor proveniente das partes circundantes do rotor. A transferência térmica por convecção é eliminada pelo ultravazio, enquanto que a irradiação térmica é impedida por blindagens anti-radiação.

Os supercondutores são constituídos por cabos compostos por filamentos extremamente delgados de titânio de nióbio incluídos no cobre. A densidade de corrente nominal dum supercondutor deste tipo é da ordem de 10^3 A/mm^2 o que permite obter densidades de campo magnético $\cong 10$ vezes mais elevadas que nos geradores clássicos.

A elevada densidade de corrente, combinada com a eliminação das perdas óhmicas, permite multiplicar por 2 ou mais a potência por unidade de peso do equipamento e aumentar o rendimento do gerador de 0,5% a 1%. Com carga parcial, o gerador supercondutor torna-se ainda mais eficaz. A redução da ordem dos 50% do atravancamento e do peso do gerador, repercute-se de um modo extremamente favorável no seu custo inicial, no custo do transporte e da construção da central.

O limiar de rendibilidade acima do qual os geradores supercondutores se tornam economicamente interessantes, situa-se entre 500 MVA e 800 MVA e tem tendência para baixar à medida que progride o seu desenvolvimento.

Além disto, estes geradores têm uma maior estabilidade com carga reactiva e carga assimétrica.

A nova concepção do estator permite níveis de tensão mais elevados, o que reduz as correntes a interromper pelos disjuntores e barras omnibus do gerador, pelo que estes equipamentos ficam mais baratos.

Um dos inconvenientes de um gerador supercondutor é a necessidade de uma instalação criogénica para fornecer a quantidade requerida de hélio líquido que permitirá manter o enrolamento indutor supercondutor a baixas temperaturas e de arrefecer os componentes frios do rotor antes do funcionamento inicial. O tempo de arrefecimento dura 2 a 3 dias e pode ser considerado como fazendo parte do processo normal de preparação de uma central antes do primeiro arranque. Do mesmo modo, o tempo de aquecimento em caso de revisão durará alguns dias, como no processo de arrefecimento de turbinas a vapor.

Relativamente a transformadores, a aplicação de supercondutores ainda está numa fase de investigação. Convém realçar que o interesse da utilização de enrolamentos supercondutores em transformadores reside na tentativa da diminuição das perdas globais ao longo da sua vida útil.

Com efeito, apesar dos grandes transformadores terem rendimentos da ordem dos 99,7%, o custo das suas perdas capitalizadas ao longo da sua vida útil é da ordem de grandeza do seu custo inicial. Tais perdas são partilhadas, aproximadamente, entre as perdas nos enrolamentos e as perdas no circuito magnético. A utilização de supercondutores faz diminuir directamente as perdas nos enrolamentos, mas as perdas no circuito magnético são também menores pelo facto da redução substancial do seu volume.

Outra vantagem deste tipo de transformadores é, não só a redução do volume dos enrolamentos, dadas as elevadas densidades de corrente permitidas nos supercondutores, como sobretudo a massa do transformador completo. A ausência de óleo isolador melhora a resistência ao fogo do transformador. No entanto a resistência aos curtos circuitos é um dos problemas a resolver.

Com efeito, além do aparelho ter de suportar os esforços electrodinâmicos correspondentes, é preciso proteger os enrolamentos supercondutores de tais regimes. Uma das soluções será adoptar uma concepção que limite as perdas nos supercondutores a níveis aceitáveis, pelo que é igualmente necessário assegurar o retorno ao estado de supercondutor do enrolamento desde a eliminação do curto-circuito.

No caso de transformadores de interligação não haverá grande problema se o aparelho supercondutor estiver em paralelo com um aparelho clássico que pode tomar momentaneamente a carga.

Contudo, esta solução não é evidentemente possível no caso de um transformador de grupo.

2 - Impacto sobre as redes de energia

A aplicação da supercondutividade em equipamentos eléctricos apresenta para os responsáveis pela planificação de redes três polos de interesse:

Dispositivos inovadores

Os dispositivos inovadores são aqueles que permitirão ao planificador de uma rede reduzir a necessidade de grandes desenvolvimentos destas; um limitador de corrente de fuga supercondutor permitiria que disjuntores existentes funcionassem em redes de potência de curto-circuito bastante mais elevada; um acumulador de energia magnética supercondutor para a estabilização permitiria reduzir os investimentos nas instalações de transporte. Contudo, é fundamental que estes equipamentos sejam fiáveis para se conseguir a sua introdução.

Melhoramentos da central

Este polo de interesse compreende a aplicação da supercondutividade aos equipamentos existentes, tais como geradores, transformadores e cabos enterrados. Parece que tais equipamentos e o material de refrigeração que lhes está associado poderiam reduzir as perdas e por isso serem mais compactos e leves que os de uma central clássica, oferecendo a possibilidade de dispor de unidades de maiores dimensões para as cargas de transporte máximas actuais. Contudo, a sua adopção dependerá da sua rentabilidade global e da fiabilidade em relação ao equipamento existente.

Estrutura evolutiva da rede

O desenvolvimento a maior prazo, eventualmente num cenário de supercondutividade à temperatura ambiente, de cabos supercondutores rentáveis e fiáveis, permitindo um transporte importante de energia a uma tensão relativamente baixa, poderia revolucionar completamente os conceitos actuais da necessidade de se dispor de redes de transporte de alta tensão funcionando a 400, 500, 800 e 1000 kV. No entanto, é preciso reconhecer que novas redes de transporte deste tipo, baseadas na instalação de cabos enterrados, necessitariam de muito tempo para surgirem. Apesar de parecerem interessantes para o ambiente, a sua introdução seria, evidentemente, lenta em virtude da importante infra-estrutura de transporte e de distribuição que existe.

Da discussão concluiu-se que a supercondutividade sozinha não pode trazer uma solução aos grandes problemas de transporte de energia nas redes eléctricas.

De facto, relativamente a uma rede tipo, as perdas são inferiores a 5% (da produção global de electricidade) na produção, transformação e no transporte, e de cerca de 7%

(da energia fornecida a um nível de baixa tensão) na distribuição. Além disso, uma redução importante das perdas numa rede implicaria uma ampla substituição das linhas, dos cabos e do equipamento que, mesmo se se considerar com optimismo os progressos da tecnologia da supercondutividade no futuro, não pode ser encarado de modo realista a curto/médio prazo. É por isso que, de modo mais realista, foi conclusão unânime dos participantes que a importância das aplicações da supercondutividade nas redes eléctricas resultará principalmente da possibilidade de conseguir aplicações válidas do ponto de vista económico e técnico, em comparação com as soluções clássicas.

3 - Ponto de vista da indústria eléctrica sobre a utilização potencial da tecnologia dos supercondutores

A tecnologia da supercondutividade com hélio líquido como refrigerador fez grandes progressos. Em 1986 foram descobertos materiais supercondutores à base de óxido cuja temperatura crítica é superior a 77 K, ou seja a temperatura do azoto líquido. Foi-lhes dada uma extrema atenção, pois permitem melhorar bastante a refrigeração em relação aos materiais supercondutores metálicos. Estes, devem ser arrefecidos por hélio a 4 K. Além disso, o azoto líquido é bastante mais fácil de produzir que o hélio e consequentemente é mais barato. Logo, a aplicação da tecnologia da supercondutividade aos equipamentos numa rede de transporte de energia eléctrica torna-se assim uma realidade.

Hoje em dia é possível ir para além de certas limitações da tecnologia tradicional graças à aplicação da tecnologia da supercondutividade. Duma maneira geral, há unanimidade na consideração que esta tecnologia é aplicável, e portanto a sua exequibilidade é relativamente grande, nos geradores supercondutores, nos acumuladores de energia magnética supercondutores (SMES) de fraca capacidade, e nos cabos supercondutores refrigerados a azoto líquido. A fim de se poderem utilizar estes equipamentos na prática, é preciso melhorar a fiabilidade, a facilidade de manutenção e de comando, assim como a rentabilidade, por forma que eles atinjam o nível dos componentes tradicionais.

A característica essencial da supercondutividade que interessa à aplicação aos componentes da rede de transporte de energia eléctrica é a resistência nula. É possível obter o estado supercondutor na região determinada pela temperatura, a densidade de corrente e o campo magnético. A situação de supercondutor passa ao estado normal (transição) se o ponto de funcionamento sai dessa região.

Desde 1986 foram efectuadas investigações intensivas pois é possível melhorar bastante o arrefecimento desses materiais. Os problemas levantados nessas investigações são a fraca densidade de corrente crítica e a dificuldade de realização dos condutores.