



**XXII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GAT/33
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - IV

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT

A UTILIZAÇÃO DE REATORES DE SATURAÇÃO CONTROLADA DO TIPO MCSR (MAGNETICALLY CONTROLLED SHUNT REACTOR) NO CONTROLE DE TENSÃO DE SISTEMAS DE POTÊNCIA

Marcos Vinícius Farinha(*)
EPE

Glauco Nery Taranto
UFRJ

Jurema Ludwig
EPE

Thiago Martins
EPE

Thiago Masseran
EPE

RESUMO

A crescente preocupação com os padrões de qualidade da energia oferecida aos consumidores, especialmente no tocante à manutenção dos níveis de tensão do sistema dentro de patamares admissíveis, tem levado os estudos de planejamento da expansão e da operação a buscar não somente um melhor uso dos recursos de controle de tensão disponíveis, mas também a avaliar a utilização de equipamentos de compensação reativa capazes de permitir um controle flexível que se adapte automaticamente às necessidades sistêmicas.

Dentre os diversos dispositivos de controle de tensão existentes, os reatores de saturação controlada do tipo MCSR (MAGNETICALLY CONTROLLED SHUNT REACTOR) apresentam-se como uma alternativa às soluções comumente adotadas, podendo ser utilizados tanto na composição de compensadores estáticos quanto em substituição aos reatores fixos convencionais. A utilização deste tipo de equipamento de controle variável permite racionalizar o consumo de potência reativa, alterando-o de acordo com as demandas do ponto de operação do sistema.

O presente artigo aborda diferentes aspectos relacionados ao desempenho deste equipamento, ressaltando algumas particularidades do seu funcionamento e de sua modelagem para simulações computacionais, apontando vantagens e desvantagens de sua utilização.

PALAVRAS-CHAVE

MCSR, Reator Saturado, Compensação Reativa, Controle de Tensão.

1.0 - INTRODUÇÃO

O sistema interligado nacional brasileiro (SIN) possui características específicas que o diferenciam da maioria dos sistemas elétricos no mundo. Duas das características marcantes do SIN são a sua grande extensão e a distribuição heterogênea dos centros de consumo e fontes de geração. De uma forma geral, extensas linhas de transmissão interligam os centros de consumo às fontes geradoras, o que requer, na maioria dos casos, a utilização de equipamentos de compensação reativa fixa ou variável para auxiliar no controle das tensões dos barramentos do sistema.

Nesse contexto, os reatores fixos em derivação têm sido tradicionalmente utilizados em linhas de transmissão de alta e extra-alta tensão com o objetivo de minimizar efeitos indesejáveis, como as sobretensões decorrentes de manobras controladas ou intempestivas, e o Efeito Ferranti. A sua utilização, no entanto, representa uma demanda adicional de potência reativa ao sistema e, pelo fato de operarem independentemente do carregamento das linhas, podem reduzir tanto a capacidade de transmissão quanto a capacidade de regulação de tensão do sistema.

(*) Avenida Rio Branco, n° 001 – sala 1101 – CEP 20090-003 Rio de Janeiro, RJ, – Brasil
Tel: (+55 21) 3512-3341 – Email: marcos.farinha@epe.gov.br

No caso de reatores manobráveis, a possibilidade de chaveamentos durante um ciclo de carga diário já apresenta uma vantagem, em termos de controle de tensão, quando comparada com os reatores fixos, ainda que em determinados casos a manobra de chaveamento não seja uma forma otimizada para esse controle.

Os reatores de saturação controlada do tipo MCSR (Magnetically Controlled Shunt Reactor), sob essa ótica, tornam-se uma alternativa atraente, pois permitem um controle contínuo e automático do consumo de potência reativa. Este tipo de tecnologia permite lidar com variações de tensão de forma automática e, quando associados a bancos de capacitores, pode se tornar uma alternativa atraente para a composição de Compensadores Estáticos.

Alguns MCSRs têm operado comercialmente desde a década de 90 em países como a Rússia e a China (1) (2), cujos sistemas elétricos possuem características similares às do sistema brasileiro. Nesses países, a instalação de MCSRs foi realizada com diversos objetivos como, por exemplo, o aumento da capacidade de transmissão, a redução de perdas e a necessidade de evitar um número excessivo de chaveamentos em elementos do sistema.

Essas aplicações são igualmente importantes para o sistema elétrico brasileiro e vem ao encontro das preocupações atuais crescentes relacionadas com a qualidade da energia oferecida aos consumidores.

2.0 - PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO MCSR

2.1 Características gerais

Os reatores a núcleo saturado são dispositivos cujo princípio de funcionamento está intimamente ligado às propriedades dos materiais ferromagnéticos. De uma forma geral, esses dispositivos de compensação reativa são compostos por um núcleo ferromagnético, de estrutura similar à dos transformadores de potência convencionais, sobre o qual são montados enrolamentos com arranjos especiais visando o controle do nível de saturação do núcleo.

A estrutura física padrão de uma unidade monofásica de um MCSR, esquematizada na Figura 1, apresenta dois enrolamentos primários e dois secundários. Os enrolamentos primários, também chamados de enrolamentos de trabalho, estão conectados em paralelo diretamente à rede de alta tensão. Os enrolamentos secundários, ou de controle, são conectados em série, com polaridades opostas, e são alimentados por uma tensão controlada proveniente de um retificador CA-CC.

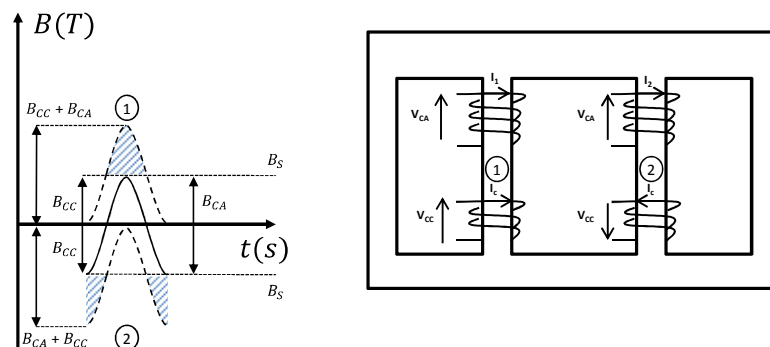


FIGURA 1 Estrutura simplificada de uma unidade monofásica de um MCSR e alterações nas densidades de fluxo das colunas principais do reator.

Conforme pode ser observado na figura anterior, o núcleo do reator saturado está exposto simultaneamente a correntes de excitação com componentes alternadas e contínuas. Em função do arranjo e da disposição dos enrolamentos primários e secundários, assim como da geometria do núcleo ferromagnético, os níveis de saturação das colunas centrais apresentam variações diferenciadas que dependem fortemente da tensão de controle CC. Essa tensão estabelece fluxos contínuos com direções opostas em cada uma das colunas principais do reator que, quando somados às componentes alternadas do fluxo, provocam variações periódicas na densidade de fluxo do núcleo ($B_{CA} + B_{CC}$).

A variação da magnitude da tensão de controle CC permite regular de forma contínua o consumo de potência reativa do MCSR. À medida que a tensão de controle aumenta, a componente contínua do fluxo no núcleo do reator passa a ser predominante nas colunas principais e, dependendo da magnitude da tensão de controle, a densidade de fluxo no interior das colunas centrais pode ultrapassar o valor de indução a partir do qual o núcleo encontra-se saturado (B_S). Sob essa condição, a permeabilidade equivalente do núcleo diminui gradualmente, o que resulta também em uma diminuição na indutância equivalente e, conseqüentemente, em um aumento nas correntes dos enrolamentos primários e da potência consumida por esse equipamento.

2.2 Grau de saturação do núcleo

O grau de saturação do reator, definido pela variável β da Equação 1, determina o período no qual a densidade de fluxo do núcleo apresenta valores superiores à densidade do ponto de saturação da curva de magnetização do reator.

$$\beta = 2 \times \cos^{-1} \left(\frac{B_s - B_{CC}}{B_s} \right) \quad (1)$$

Por esse equacionamento, o ângulo β pode variar entre 0, onde $B_{CC} = 0$ e o reator apresenta um consumo mínimo de potência reativa; e 2π , para o caso onde $B_{CC} = 2 \times B_s$ e o reator está constantemente saturado e opera com o maior consumo de potência reativa possível. Entre os valores extremos de β , há uma série de estados operativos que podem ser agrupados em um único conjunto classificado como de consumo intermediário de potência reativa.

A Figura 2 apresenta as relações entre os valores de densidade de fluxo, intensidade de campo magnético e corrente nos enrolamentos primários para os três estados operativos destacados anteriormente.

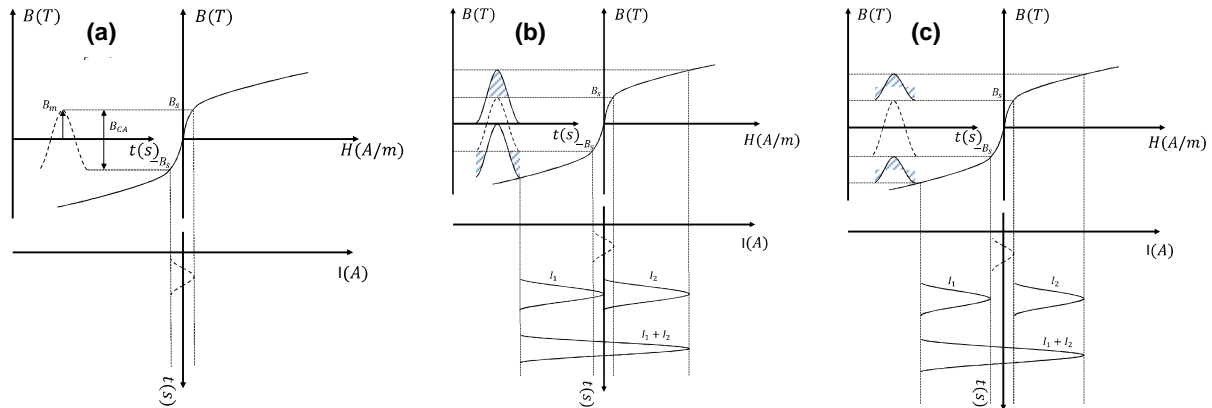


FIGURA 2 - Relações entre a indução magnética, intensidade de campo magnético e corrente primária para os pontos de operação de consumo mínimo (a), consumo intermediário (b) e consumo máximo (c) de potência reativa.

2.1 Componentes Harmônicas

A não linearidade existente na relação entre o fluxo magnético (ϕ) e corrente elétrica (I) é responsável por provocar uma deformação na forma de onda das correntes dos enrolamentos primários do reator. Essa distorção é consequência do efeito de saturação do núcleo ferromagnético, que afeta diretamente a corrente de magnetização, e possui relação direta com a tensão de controle do reator saturado e o seu grau de saturação.

Quanto menor for o grau de saturação, maiores serão as distorções apresentadas nas correntes primárias, pois as variações na permeabilidade relativa e, consequentemente, na indutância equivalente do núcleo serão mais expressivas. As distorções existentes nas formas de onda das correntes do reator podem ser obtidas a partir da análise da função da intensidade de campo, que pode ser descrita a partir de seus conteúdos harmônicos utilizando-se a decomposição em séries de Fourier.

Para obtenção dessas expressões, considerou-se que a indução no núcleo do reator varia de forma periódica onde $b(t) = B_{max} \cos \omega t$ e B_{max} representa a amplitude da componente fundamental da densidade de fluxo. Além disso, foi adotada uma representação simplificada para a função da intensidade de campo magnético, relacionada com a indução magnética e do grau de saturação β , pela seguinte expressão:

$$h(t) = \begin{cases} 0, & \text{se } |b| \leq B_s \\ B_{max}(\cos \omega t - \cos \frac{\beta}{2})(1/\mu_r \mu_0), & \text{se } |b| > B_s \end{cases}$$

onde $\mu_r \approx 1$

Reescrevendo essas equações em termos das expressões gerais da série de Fourier, pode-se determinar as Equações 2 a 4 a seguir para as magnitudes das componentes harmônicas da função da intensidade de campo.

$$h_0 = \frac{B_{max}(1/\mu_r \mu_0)}{\pi} \left[\sin \left(\frac{\beta}{2} \right) - \left(\frac{\beta}{2} \right) \cos \left(\frac{\beta}{2} \right) \right] \quad (2)$$

$$h_1 = \frac{B_{max}(1/\mu_r\mu_0)}{\pi} \left[\left(\frac{\beta}{2} \right) - \frac{\sin \beta}{2} \right] \quad (3)$$

$$h_n = \frac{B_{max}(1/\mu_r\mu_0)}{n\pi} \left[\frac{\sin(n-1)\frac{\beta}{2}}{n-1} - \frac{\sin(n+1)\frac{\beta}{2}}{n+1} \right] \quad (4)$$

onde n = ordem do harmônico (2,3,4,5...).

Pela análise das equações anteriores nota-se que quando o grau de saturação β atinge o seu valor máximo, as magnitudes da componente fundamental (h_1) e do valor médio da função (h_0) são idênticas em módulo e todas as componentes (h_n) são nulas. Isto equivale afirmar que a forma de onda da intensidade de campo, e consequentemente, a da corrente de magnetização, não apresenta distorções, a despeito da alteração de seu valor médio, quando o reator opera inteiramente na zona de saturação.

Outra característica marcante das componentes harmônicas da corrente de magnetização está relacionada à variação dos módulos de cada componente para os diferentes níveis de saturação existentes. Conforme pode ser observado na Figura 3, cada componente de ordem n possui $n-1$ valores máximos distribuídos simetricamente em relação ao ponto onde $\beta = \pi$.

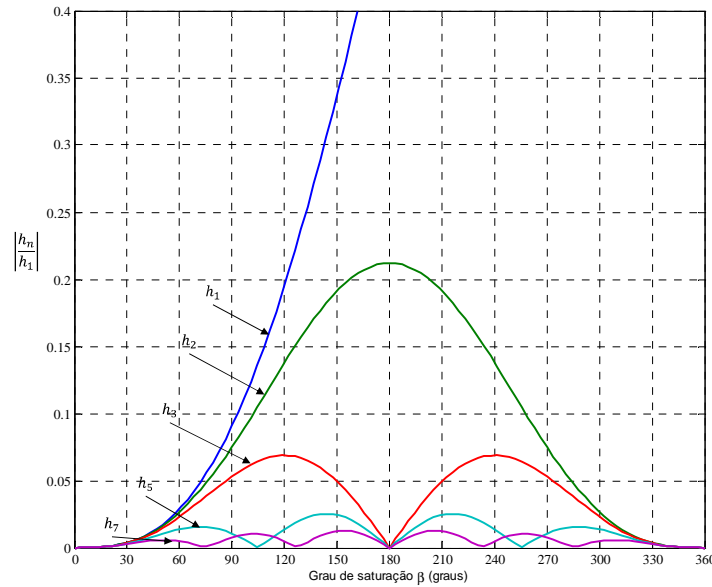


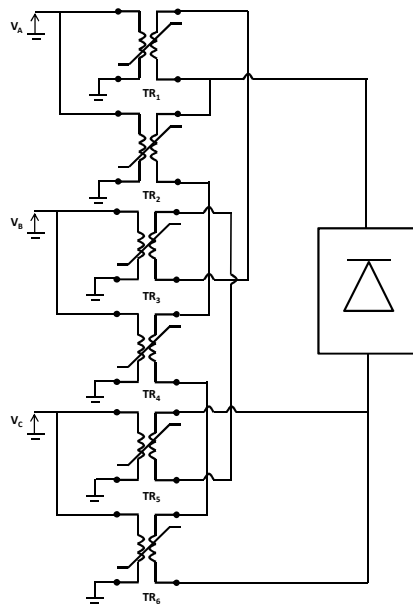
FIGURA 3 – Variação das componentes harmônicas da intensidade de campo em função do grau de saturação.

É importante destacar que, nos pontos de operação com graus de saturação intermediários, há o aparecimento de componentes harmônicas de ordem par, associadas essencialmente à existência de uma tensão de excitação CC nos enrolamentos de controle. Essas componentes, no entanto, não são detectadas na corrente resultante dos enrolamentos primários do reator.

3.0 - REPRESENTAÇÃO DO MCSR PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Tendo como ponto de partida os princípios de funcionamento descritos na seção anterior e as características construtivas de um MCSR, é possível replicar o desempenho desse tipo de reator utilizando-se da modelagem convencional de unidades monofásicas de transformadores. Além de representar as características elétricas dos enrolamentos primários e secundários, esses modelos permitem a representação da curva de magnetização do núcleo e, consequentemente, dos efeitos associados à sua saturação.

A Figura 4 apresenta a configuração e os parâmetros elétricos adotados para a simulação do desempenho de um reator saturado trifásico em ambiente *MATLAB/Simulink* considerando 6 unidades monofásicas $230\sqrt{3}/20kV$ de 7.5Mvar cada, compondo um banco de reatores de 45Mvar. O sistema de controle utilizado é composto por um retificador trifásico a tiristores que regula a tensão CC entre 0V e 390V.



Indutância de dispersão primária $\rightarrow 6.2\text{H}$
 Indutância de dispersão secundária $\rightarrow 10\text{mH}$
 Resistência dos enrolamentos primários $\rightarrow 43\Omega$
 Resistência dos enrolamentos secundários $\rightarrow 0.2\Omega$

Curva de magnetização:

Imag(pu)	$\phi(\text{pu})$
0	0
0,0075	0,9729
0,0150	1,000
0,0225	1,016
0,0750	1,032
0,1875	1,059
0,7500	1,065

FIGURA 4 - Modelo utilizado nas simulações em ambiente MATLAB/Simulink e parâmetros de simulação.

A avaliação do desempenho computacional do modelo proposto foi realizada considerando uma representação simplificada da rede CA, composta basicamente por uma fonte equivalente que mantém a tensão nominal nos terminais primários do reator. Nesse ponto de operação, foram aplicadas tensões de controle de 390V e de 20V (cerca de 5% da tensão nominal), medindo-se em cada caso as correntes dos enrolamentos primários da fase A do reator.

Os resultados dessas simulações são apresentados nas Figuras 5 e 6 para as duas tensões de controle aplicadas. É importante destacar que a distorção da forma de onda das correntes primárias da fase A é influenciada tanto pela conexão dos enrolamentos secundários, que permite uma interação entre as fases A, B e C, quanto pela conexão dos enrolamentos primários, que diminui a distorção na forma de onda resultante. A conexão dos enrolamentos de controle é responsável, também, por atenuar as componentes harmônicas de terceira ordem, fazendo com que a 5ª harmônica seja a componente mais expressiva existente na corrente primária.

Nos pontos de operação avaliados, o banco de reatores consome cerca de 5Mvar, para a tensão de controle de 20V, e 45Mvar para a tensão de 390V. A distorção harmônica total (DHT) da forma de onda da corrente nesses casos é de cerca de 15% ($I_1 = 18.1\text{A}$, $I_3 = 0.986\text{A}$, $I_5 = 2.39\text{A}$), para a tensão de controle de 20V, e menor do que 0.2% ($I_1 = 160\text{A}$, $I_3 = 0.178\text{A}$, $I_5 = 0.216\text{A}$) para tensão nominal de controle.

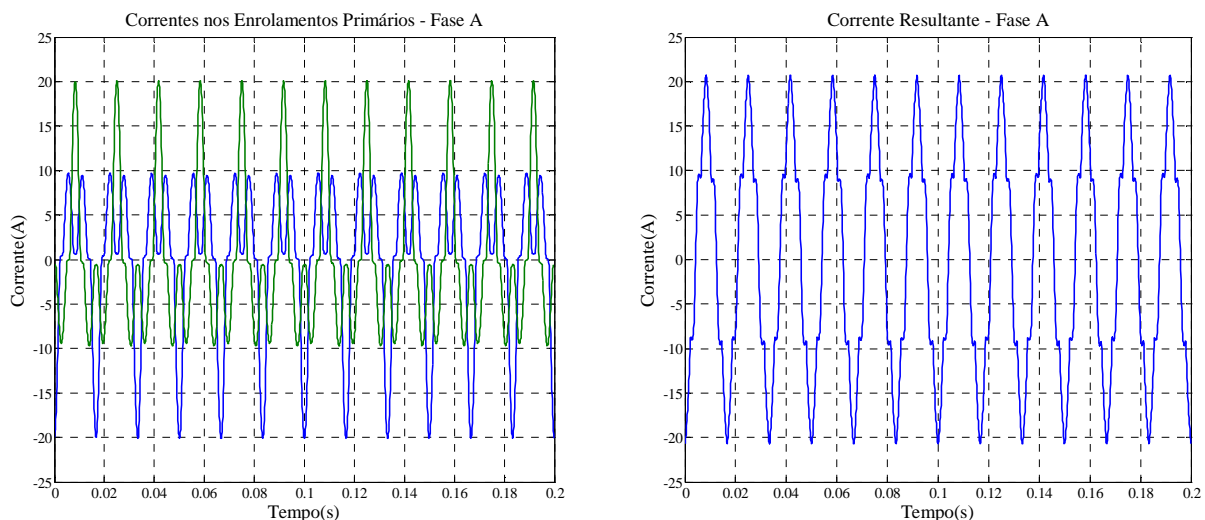


FIGURA 5 – Correntes nos enrolamentos primários da fase A para tensão de controle de 20V.

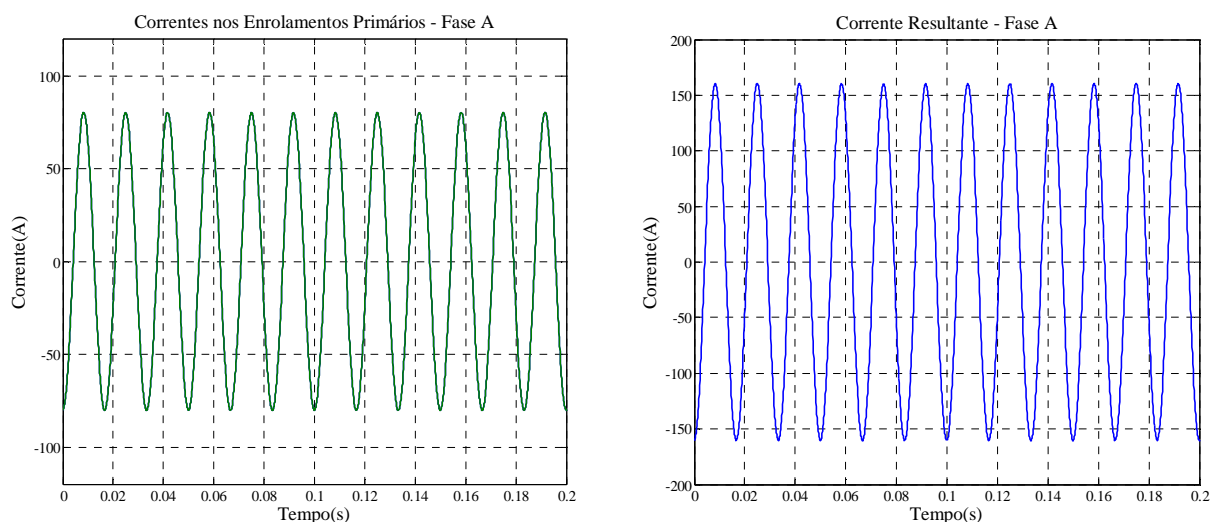


FIGURA 6 – Correntes nos enrolamentos primários da fase A para tensão de controle de 390V.

4.0 - UTILIZAÇÃO DO MCSR NO CONTROLE DE TENSÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

4.1 Avaliação do sistema em Regime Permanente

O sistema elétrico da região sul do RS, estabelecido nos estudos (3) e (4) visando à integração do potencial eólico da região de Santa Vitória do Palmar, apresenta algumas características singulares que influenciam diretamente o controle de tensão nas subestações da região. Além de se caracterizar como um sistema radial, com linhas de transmissão em 525kV de extensões consideráveis, esse sistema integra fontes de geração intermitentes com pouco ou nenhum recurso de controle de tensão. O sistema originalmente proposto para a integração do potencial eólico da região é mostrado na Figura 7 onde estão destacados os equipamentos de compensação reativa fixa e variável responsáveis pelo controle de tensão local.

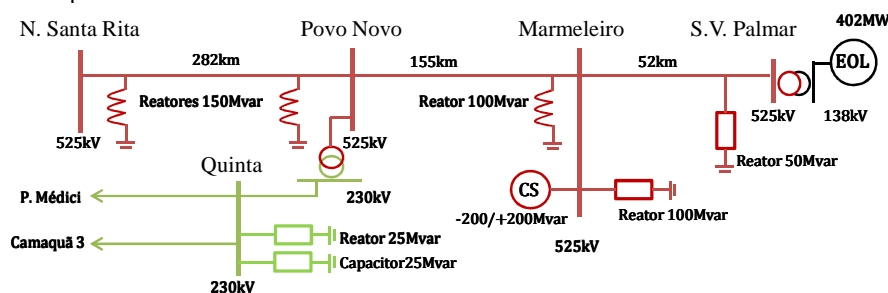


FIGURA 7 – Sistema de transmissão planejado para integração do potencial eólico de Santa Vitória do Palmar.

Com o intuito de possibilitar uma melhor utilização dos recursos de controle de tensão e permitir um aumento na capacidade de transmissão do sistema da região sul do Rio Grande do Sul, foi realizada uma avaliação do desempenho desse sistema considerando a implantação de dois MCSRs de 180Mvar nas subestações de Povo Novo e Marmeleiro. Conforme apresentado na Figura 8, esses novos equipamentos substituem os reatores fixos existentes nessas subestações, além do reator manobrável da subestação Santa Vitória do Palmar.

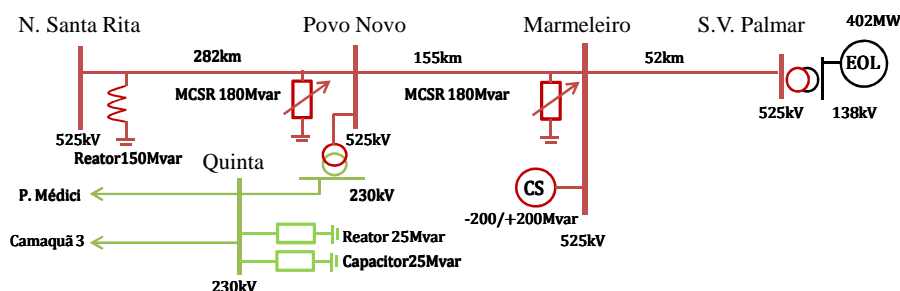


FIGURA 8 – Alterações propostas na compensação reativa do sistema de transmissão da região sul do RS.

Com a nova configuração proposta, que apresenta um desempenho em regime permanente similar ao da configuração original, foram obtidos os limites de carregamento do sistema considerando um incremento de geração na subestação Santa Vitória do Palmar. Esses limites foram avaliados para condição normal de operação e na emergência da LT 525kV Povo Novo – Nova Santa Rita. Essa emergência se configura como a mais crítica para o sistema da região e representa o principal fator limitante para o escoamento de montantes de geração superiores aos já contratados.

A determinação dos limites de carregamento foi realizada utilizando como base os casos de trabalho do Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 (5) para os patamares de carga média e leve, no cenário Norte Exportador. Os casos base originais foram alterados para representar duas diferentes condições de despacho térmico: a primeira adotou despacho nulo das usinas térmicas a carvão da região (P. Médici A, B e Candiota) e a segunda considerou a disponibilidade máxima dessas usinas.

Os resultados dessas análises são mostrados na Tabela 1 onde se pode perceber uma elevação dos limites de carregamento para todos os casos em que foi considerada a atuação dos MCSRs. É importante destacar que na maioria das condições avaliadas o limite no escoamento do excedente de geração da região é decorrente do esgotamento dos recursos de controle de tensão, que provoca subtensões em diversos pontos do sistema à medida que o montante de geração eólica considerado aumenta. Apenas nos quatro casos destacados da tabela o valor máximo do carregamento é restringido pela superação da capacidade de curta duração do transformador 525/230kV da SE Povo Novo.

Tabela 1 – Limites de carregamento do sistema para os pontos de operação avaliados.

Limites	Caso Analisado	Disponibilidade Térmica			
		0%	100%	0%	100%
		Patamar de Carga Leve		Patamar de Carga Média	
Caso Base (MW)	SEM MCSR	1164	1011	1251	1209
	COM MCSR	1457	1212	1471	1372
Emergência (MW)	SEM MCSR	643	440	806 (886)*	733
	COM MCSR	806 (854)*	629	806 (918)*	806 (814)*

*Os valores em parênteses referem-se ao limite de carregamento caso fosse desconsiderada a sobrecarga no transformador 525/230kV da SE Povo Novo.

4.2 Avaliação do sistema em Regime Dinâmico

O desempenho dinâmico dos MCSRs, propostos em substituição aos reatores fixos do sistema de 525kV, foi avaliado para condição mais severa dos cenários considerados. No tocante à ocorrência de sobretensões à frequência industrial, a rejeição de carga no terminal de Povo Novo da LT 525kV Povo Novo – Nova Santa Rita, no patamar de carga média, representa a situação mais crítica para o controle das tensões terminais.

Tendo como condição inicial o ponto de operação com tensões terminais próximos a 1.050p.u., foram comparados os desempenhos do sistema em três condições: sem o reator de linha no terminal de Povo Novo, com o reator de 150Mvar fixo e com a atuação do MCSR partindo da condição de mínimo consumo de potência reativa. Em todas as análises foi considerada a aplicação de um curto-circuito aos 100ms seguido da abertura do terminal de Povo Novo com remoção do defeito. O controlador específico do equipamento utilizado nas simulações desse artigo corresponde ao desenvolvido no trabalho (6). Os resultados apresentados na Figura 9 referem-se à tensão no terminal aberto da linha de transmissão para as três condições avaliadas.

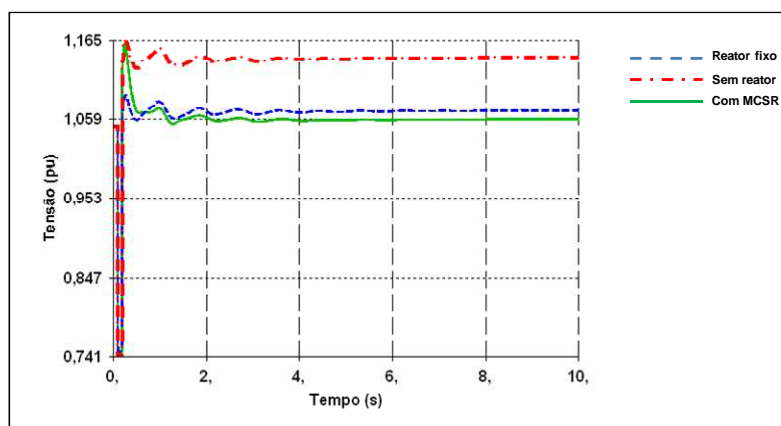


FIGURA 9 – Tensão no terminal aberto da LT 525kV Povo Novo – N. S. Rita.

Conforme pode ser observado na figura anterior, a atuação do MCSR evita a ocorrência de sobretensões sustentadas no terminal aberto da linha de transmissão Povo Novo – Nova Santa Rita, atingindo uma tensão de regime de 1.058p.u. (555.5kV) após a ocorrência dos eventos simulados. As tensões em regime atingidas nos demais casos foram de 1.071p.u. (562.3kV), para o caso com reator fixo, e de 1.144p.u. (601.1kV) para o caso sem reator.

Cabe destacar que nos instantes iniciais da simulação, após a abertura do terminal de Povo Novo, os casos sem reator e com o MCSR apresentam um comportamento bastante similar. Isto se deve ao fato de que o ponto de operação inicial do MCSR corresponde à condição de mínimo consumo de potência reativa e, portanto, nessa situação, o MCSR não é capaz de evitar a variação de tensão inicial da mesma forma que um reator fixo. No entanto, após a atuação do sistema de controle, o MCSR é capaz de restabelecer os níveis de tensão para patamares admissíveis.

5.0 - CONCLUSÃO

Este artigo discutiu os princípios de funcionamento dos reatores de saturação controlada do tipo MCSR, abordando algumas de suas particularidades como o arranjo dos enrolamentos primários e secundários, a geometria do núcleo ferromagnético, as características das componentes harmônicas da forma de onda da corrente e a capacidade de regular o consumo de potência reativa de forma contínua e automática.

No tocante à questão da qualidade de energia, foi mostrado que os MCSRs contribuem significativamente para o controle dos níveis de tensão no sistema. Em contrapartida, a não linearidade da curva de magnetização do núcleo provoca o aparecimento de componentes harmônicas de ordem ímpar, com predominância do 5^a harmônico, nas correntes dos enrolamentos primários. Apesar de a amplitude dessas componentes ser extremamente baixa nas condições de maior consumo de potência reativa (DHT - 0.2%), para graus de saturação baixos, há um aumento relevante na distorção harmônica total da forma de onda da corrente. No entanto, dependendo das restrições impostas, a utilização de filtros pode ser indicada para minimizar esse efeito.

Também foi apresentada neste trabalho uma avaliação da aplicabilidade do MCSR em substituição aos reatores fixos convencionais com o objetivo de promover uma melhor utilização dos recursos de controle de tensão e aumentar a capacidade de transmissão do sistema da região sul do Rio Grande do Sul. Foram realizadas análises em regime permanente e dinâmico, onde se constatou uma melhora controle de tensão da região, que se tornou mais robusto devido à flexibilidade operativa propiciada pelo MCSR.

Por fim, as avaliações dinâmicas constataram que o uso de reatores controlados nos terminais de linhas de transmissão permite evitar sobretensões sustentadas que ultrapassariam os limites de suportabilidade de equipamentos terminais. No entanto, devido à existência de um tempo mínimo para o reator atingir sua capacidade nominal, a sua utilização pode não ser adequada em sistemas onde há superação do valor máximo de tensão admissível quando da abertura intempestiva de um terminal de linha.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) XU, X. "The Status and Development of Magnetically Controlled Reactor". In: International Conference on Test and Measurement, Nanchang, 2009.
- (2) BRYANTSEV, A. M. **Magnetically Controlled Shunt Reactors - Collection of Articles**. 2^a. ed. Moscou: Znack, v. I, 2012.
- (3) Análise Técnica da Integração das Usinas Eólicas no Sul do Rio Grande do Sul, EPE-DEE-RE-117/2011-rev0. EPE - Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2012.
- (4) Relatório R2 – Detalhamento da Alternativa – SEs 525 kV Povo Novo, Marmeleiro e S.V. Palmar e LTs 525 kV N. S. Rita – Povo Novo, P. Novo - Marmeleiro e Marmeleiro - S. V. do Palmar, ELETROBRAS ELETROSUL, Vol. I e II, Fevereiro de 2012.
- (5) Empresa de Pesquisa Energética. Dados para estudos de planejamento da transmissão – PDE 2021 (atualizado em 22/05/2012). **Sítio da EPE – Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: Março 2013.
- (6) Farinha, M. V. G. S. Modelagem e análise do desempenho de reatores com saturação controlada em sistemas de potência. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.