SISTEMAS DE TRANSMISSÃO HVDC: BENEFÍCIOS E DESAFIOS

Antônio Luis Fraga Júnior, Caio Augusto Goulart Castro, José Afonso Cauvilla Dos Reis, Danilo Rufino De Freitas e Sidinei Ferreira Da Silva Júnior

(alfragajr@yahoo.com.br, caiocastrouna@gmail.com, joseafonso_cauvilladosreis@hotmail.com, daniloadm2008@hotmail.com, sidinei_ferreira2007@hotmail.com)

Professora orientadora: Adriana Aparecida dos Santos Izidoro

Coordenação de curso: Juliana Cortez de Sá Camposilvan

Resumo

O presente estudo visa elucidar os sistemas de transmissão de energia elétrica HVDC, que hoje em dia enfrenta diversos desafios: longas distâncias entre as unidades geradoras e os centros de carga; problemas técnicos para interconexão entre linhas de transmissão; controle de oscilações dos níveis normais de operação para o sistema de transmissão; custo elevado de materiais e equipamentos para execução de projetos de linhas de transmissão. Os sistemas de transmissão de corrente contínua de alta tensão (HVDC) estão se tornando cada vez mais importantes em um cenário energético caracterizado pela crescente digitalização, descarbonização e geração distribuída. As unidades geradoras de energia elétrica normalmente estão situadas distantes dos centros consumidores. Algumas vantagens decisivas para aplicação dos sistemas de transmissão: permite a interligação entre sistemas de diferentes frequências (50-60Hz); impede fluxos indesejáveis em linhas de transmissão CA paralelas; possibilita o controle de intercâmbios garantindo que a margens de estabilidade do sistema sejam mantidas; controla o fluxo de energia e evita a sobrecarga, entre outras. Conclui-se que a transmissão HVDC tem possibilidade de alcançar longas distancias em territórios nacionais, proporcionando menores custos e reduzindo danos ambientais.

Palavras-chave: Sistemas de transmissão HVDC, Energia Elétrica, Linha de transmissão CA, Sistema de Corrente Contínua CC.

1. INTRODUÇÃO

Como ponto de partida, podemos analisar a questão construtiva, sendo essa uma questão relevante para o país, possuem um custo inúmeras vezes inferior as subestações retificadoras e conversoras do sistema corrente contínua (CC). A comparação toma como referência o mesmo nível de tensão e potência escoada (RUDERVALL, CHARPENTIER E SHARMA, 2000).

De Menezes (2015), reforça que o sistema brasileiro de transmissão de energia, enfrenta diversos desafios:

- Longas distâncias entre as unidades geradoras e os centros de carga;
- Problemas técnicos para interconexão entre linhas de transmissão;
- Controle de oscilações dos níveis normais de operação para o sistema de transmissão;
- Custo elevado de materiais e equipamentos para execução de projetos de linhas de transmissão.

Sendo a energia elétrica essencial para o crescimento de um país e, acompanhando o aumento do consumo frente ao crescimento populacional, tem sido de suma importância o desenvolvimento de estudos capazes de analisar as principais demandas e projeções do sistema para os próximos anos, criando-se, assim, os planos de expansão de geração e transmissão de energia elétrica (Arrillaga, Arnold e Harker, 1983).

Devido ao consumo surge a necessidade de novos sistemas, o Brasil possui um sistema de geração eficaz e diversificado, no qual se completa com um sistema de transmissão denominado SIN (Sistema Interligado Nacional). Os sistemas de transmissão de corrente

contínua de alta tensão, denominado HVDC, estão se tornando cada vez mais importantes em um cenário energético caracterizado pela crescente digitalização, descarbonização e geração distribuída (ONS, 2017).

As unidades geradoras de energia elétrica normalmente estão situadas distantes dos centros consumidores. Desta forma, toda a energia produzida deve viajar longas distâncias através de um sistema de transmissão. Este sistema é composto basicamente, por cabos aéreos revestidos por um material isolante, ligados à grandes torres metálicas. Todo este conjunto é chamado de linhas de transmissão (SATO, 2013).

O Brasil é o quinto maior país do mundo em área territorial, e possui distâncias continentais. Com isto, projetos de linhas de transmissão tem se tornado um dos maiores desafios para a Engenharia Elétrica (ONS, 2017). A tecnologia HVDC oferece o meio mais eficiente de transmitir grande quantidade de energia em longas distâncias, ajuda a conectar energia verde à rede e estabiliza redes trifásicas. Por esse motivo necessitaram do uso de linhas de transmissão em HVDC, pois esta vem como uma solução para o elevado transporte de cargas dos grandes centros de geração até os grandes centros urbanos do país (SATO, 2013).

Porém a definição de qual linha de transmissão aplicar, traz consigo diversas particularidades que podem gerar muitos prós e contras ao projeto em questão (DE MENEZES, 2015).

O estudo tem por objetivo caracterizar os benefícios e os desafios de implementação de sistemas de transmissão HVDC.

- Analisar a viabilidade de sistemas de transmissão de energia em HVDC;
- Apresentar as principais configurações utilizadas para com o HVDC;
- Apresentar as vantagens e desvantagens da técnica de transmissão HVDC.

2. DESENVOLVIMENTO

A rede de transmissão transporta uma grande quantidade de energia elétrica por longas distâncias, mas antes de chegar aos centros de consumo, esta passa por uma subestação abaixadora, que tem a função de abaixar o nível de tensão, para que esta esteja em um nível adequado para o abastecimento de pequenas cidades ou consumidores de grande porte. Deve-se salientar que o desenvolvimento de um sistema de transmissão acompanha o ritmo de crescimento de determinada região. A rede de subtransmissão, faz a realocação entre a energia proveniente da rede de transmissão e a energia que será distribuída para pequenos consumidores.

Sendo assim, o projeto de novas redes, e as atualizações das linhas já existentes, deve tomar como base o crescimento populacional e industrial de determinada área. O autor Patterson (1996) descreve que “eficiência energética” é um termo que, em geral, refere-se a um menor consumo de energia para a produção da mesma quantidade de um serviço ou produto útil. Depois de tomadas as decisões de natureza econômica e grande parte das vezes política sobre determinado empreendimento, cabe ao engenheiro analisar o projeto de uma linha de transmissão à luz de três parâmetros básicos, questionáveis em três esferas: ambiental, econômica e técnica.

Segundo Kimbark (1971) e Sood (2004), considerando os contrastes sobre os benefícios em possibilitar o fornecimento de energia elétrica, de forma eficiente e confiável, para transmissões de longa distância, o fator predominante para utilização de sistemas em HVDC é o econômico, já que, economiza-se no custo das linhas de transmissão e perdas energéticas, de modo que, possam cobrir os custos de implantação das estações conversoras, destacando-se: melhor utilização dos recursos energéticos disponíveis, aumento da confiabilidade do suprimento de energia, questões relacionadas a diferenças de demanda (diária ou sazonal), desequilíbrio entre geração e carga, otimização das reservas de capacidade da geração, questões

ambientais (como, por exemplo, discussões relacionadas a créditos de CO₂) e diferenças de preços de energia.

A transmissão em corrente contínua torna-se técnica e economicamente viável no transporte de grandes blocos de energia a grandes distâncias, geralmente acima de 50km, aliado a esses fatores, atualmente, o sistema elétrico brasileiro requer o desenvolvimento de novos estudos relacionados ao assunto diante da expansão do uso de elos de transmissão em corrente contínua no cenário nacional, com as interligações dos complexos de hidrelétricas de Belo Monte e do Rio Madeira, além de Itaipu, ao SIN; assim como vem acontecendo em outros países com o advento do uso da tecnologia de transmissão HVDC devido as suas vantagens técnicas e econômicas.

As interligações HVDC podem ser classificados dentro das seguintes categorias (Kundur, 1994; Bahrman e Johnson, 2007):

- Sistemas Monopolares;
- Sistemas Bipolares;
- Sistemas Homopolares;
- Sistemas Back-to-Back;
- Sistemas Multiterminais;

Segundo Kundur (1994), Custódio (2009) e Arrillaga, Liu, Watson (2007) e Sood (2004), quando se trata de distâncias mais curtas ou até mesmo quando não há transmissão pelo elo HVDC (HVDC back-toback), outras vantagens são decisivas para sua aplicação, dentre elas podemos citar:

- A transmissão de potência DC é independente da abertura angular entre os terminais CA;
- Permite a interligação entre sistemas de diferentes frequências (50-60Hz).
- Impede fluxos indesejáveis em linhas de transmissão CA paralelas;
- Possibilita o controle de intercâmbios garantindo que a margens de estabilidade do sistema sejam mantidas;
- Controla o fluxo de energia e evita a sobrecarga, prevenindo disparos em cascata, restringindo assim falhas do sistema em condições de contingência múltipla;
- Para transmissão submarina a partir de 50 km, a transmissão DC é, atualmente, a única solução prática.
- Uso eficiente da capacidade de geração;
- Maior potência transmitida por condutor;
- Admite o uso de retorno por terra;
- Linhas de transmissão com construções mais simples;
- Não incrementa a corrente de curto-circuito no sistema CA;
- Baixa corrente de curto-circuito na linha de corrente contínua;
- Menor impacto ambiental;
- Menor perda de energia para transmissão e longas distâncias;
- Menor investimento para transmissões em longa distância.

Porém, algumas vezes o conjunto estrutural passa a não ser o ponto principal na escolha da utilização de um sistema HVDC, mas problemas voltados ao meio ambiente ou a capacidade de controle do sistema energético, assumem maior importância para a aplicação. Oferecem uma poderosa alternativa para aumentar a estabilidade do sistema de potência, tão bem como, melhorar a flexibilidade de operação do mesmo, já que, não depende do ângulo de estabilidade transitória como os sistemas em AC.

Enfrentamos desafios na estrutura da rede, segundo Sood (2004) a transmissão em HVDC tende a possuir custos mais elevados para pequenas distâncias. Apesar de não necessitar

de compensação de reativos da linha de transmissão, os custos são aumentados devido à necessidade de instalação de conversores e filtros.

Também descreve como pontos negativos: a complexibilidade dos sistemas de controle, a geração de harmônicas no processo de retificação/conversão que necessitam ser filtradas e o alto custo dos equipamentos de conversão (Sood, 2004).

Os autores Arrillaga, Liu e Watson (2007) relatam que apesar do sistema de transmissão DC apresentar valores de correntes de curto-circuito inferiores aos sistemas de transmissão CA, as falhas de comutação nos trístores dos conversores são perturbações que podem comprometer a estabilidade dinâmica e a continuidade do fornecimento de energia.

O fato da análise completa das esferas econômica, ambiental e técnica é de suma importância, mesmo havendo inúmeras vantagens no sistema HVDC.

3. METODOLOGIA

O presente estudo visa uma análise crítica baseada em pesquisa bibliográfica, revisando as principais técnicas de transmissão de energia elétrica em alta tensão: transmissão em corrente alternada e transmissão em corrente contínua. Dentro das técnicas citadas, será dado enfoque nas tecnologias empregadas nos sistemas HVDC.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a transmissão HVDC tem possibilidade de alcançar longas distancias em territórios nacionais afim de apresentar menores custos quando comparado a tecnologia de transmissão atualmente empregada, além dos menores gastos ambientais apresentados.

O Brasil atualmente, vem investindo em vários elos HVDC já em operação e projetando novas distancias em transmissão de energia elétrica. Com essa demanda, há a necessidade de profissionais capacitados na área, incentivando cada vez mais a realização de estudos que possibilitem compreender a operação e o controle desses sistemas. O balanço entre benefícios e desafios estão equilibradas, sobretudo os benefícios estão acima de todas as transmissões encontradas atualmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRILLAGA, J.; ARNOLD, C. P.; HARKER, B. J. Computer Modelling of Electrical Power Systems. [S.l.]: John Wiley and Sons Inc., 1983.

BAHRMAN, M. P.; JOHNSON, B. K. The ABCs of HVDC transmission technologies. Power and Energy Magazine, IEEE, v. 5, n. 2, p. 32-44, 2007.

DE MENEZES, Victor Prangiel. Linhas de Transmissão de Energia Elétrica: Aspectos Técnicos, Orçamentários e Contrutivos, 2015. TCC (Diplomação em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015383.pdf> . Acesso em: 07 de Setembro de 2022.

ELETROBRAS. Como a Energia Elétrica é Transmitida no Brasil. Disponível em: . Acesso em: 20 Out. 2022.

KIMBARK, E. W. General aspects of DC transmission and comparison of it with AC transmission. In: Direct Current Transmission. Wiley-Interscience, 1971.

KUNDUR, P. Power System Stability and Control / ERPI-Power System Engineering Series. [S.l.]: 1 ed. USA, MacGraw-Hill Inc., 1994.

ONS – Operador Nacional do Sistema. Requisitos Mínimos para Transformadores e para Subestações e seus Equipamentos. Submódulo 2.3, revisão 1.0, 2009. Disponível em: http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%202%2FSubm%C3%B3dulo%202.3%2FSubm%C3%B3dulo%202.3_Rev_2.0.pdf. Acesso em: 07 de Setembro de 2022.

PATTERSON, M. What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. Energy Policy, maio 1996.

RUDERVALL, R.; CHARPENTIER, J.; SHARMA, R. High voltage direct current (HVDC) transmission systems technology review paper. Energy week, v. 2000, 2000.

SATO, André Kiyoshi Coutinho. Transmissão de Potências em Corrente Contínua e Corrente Alternada: Estudo Comparativo, 2013. TCC (Diplomação em Engenharia 75 Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121076/000734882.pdf?sequence=1> Acesso em: 10 de Setembro de 2022.

SOOD, K.V. HVDC and Facts Controllers. Boston, 2004.

VASCONCELOS, L. A. Metodologia para representação de sistemas de transmissão em corrente contínua multiterminais no problema de fluxo de potência. UFJF, 2014.