

A IMPORTÂNCIA DOS COMPENSADORES ESTÁTICOS NA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

DELMASCHIO, Diego Geraldo da Silva¹
LIMA, José Airton Gonçalves de²

RESUMO

Os problemas de qualidade de energia são diversos tanto na natureza quanto também nos sistemas de energia que devem ser considerados. Desde o sistema de transmissão de alta tensão a problemas de suprimento nos consumidores domésticos, em função de fenômenos naturais e interferência de cargas poluentes. Vencer a complexidade de manter uma qualidade aceitável da energia elétrica que chega aos consumidores de energia é um desafio constante para profissionais de eletricidade. Com base nisso o objetivo geral desse trabalho é apresentar como um compensador estático pode influenciar na melhoria da qualidade de energia elétrica que chega aos consumidores finais. Os objetivos específicos são explicar o que é qualidade da energia elétrica, demonstrando quais fatores influenciam positivamente e negativamente nesta qualidade; explicar como é o funcionamento de um compensador estático e apresentar a influência na melhoria da qualidade da energia elétrica distribuída. A metodologia utilizada foi de revisão da literatura tendo como fonte de pesquisas livros, manuais e artigos empíricos sobre o uso de compensadores. Como resultados viu-se que os compensadores auxiliam sobremaneira na manutenção da qualidade da energia elétrica, minimizando as perturbações elétricas decorrentes de diferentes fatores durante a transmissão a longas distâncias.

Palavras-chave: Energia Elétrica. Qualidade de energia. Compensador Estático. Perturbações Elétricas. Consumidores de Energia

¹ Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário UNINTER

² Especialista em Novas Tecnologias no Ensino de Matemática pela UNICESUMAR, Especialista em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário UNINTER, Bacharel em Engenharia Elétrica pela Faculdade Estácio de Curitiba, Orientador de TCC no Centro Universitário UNINTER, Professor na rede pública de ensino, Professor corretor de provas discursivas EAD e presencial no Centro Universitário UNINTER.

1 INTRODUÇÃO

O setor de energia elétrica compreende geração, transmissão e finalmente, distribuição de energia elétrica para as instalações do usuário final. A eletricidade então se move pelo sistema até atingir a carga. A complexidade do sistema de mover energia elétrica do ponto de produção para o ponto de consumo, combinada com variações de clima, geração, demanda e outros fatores, oferece muitas oportunidades para que a qualidade do suprimento seja comprometida (PINTO, 2018).

Para funcionar corretamente, os dispositivos eletrônicos exigem que a tensão flua dentro de uma faixa consistente. Picos de energia, quedas, transientes e interrupções momentâneas podem fazer com que a tensão flutue fora desse intervalo (MARTINHO, 2013).

A energia elétrica gerada no Brasil está na forma de uma onda senoidal de corrente alternada (CA) de 60 Hertz (Hz). Realisticamente, no entanto, este não é o caso. Cargas não lineares não consomem corrente para o ciclo completo da onda senoidal, resultando em distorção da onda senoidal original ou fundamental de 60 Hz. À medida que o equipamento é ligado e desligado, os transientes podem ocorrer ao longo da onda senoidal e dependendo da magnitude e duração dessas ocorrências, alguns equipamentos elétricos poderão ser severamente afetados (MARTINHO, 2013).

Os problemas de qualidade de energia são diversos tanto na natureza quanto também nos sistemas de energia que devem ser considerados. Desde o sistema de transmissão de alta tensão a problemas de suprimento nos consumidores domésticos, em função de fenômenos naturais e interferência de cargas poluentes. O trabalho do profissional de eletricidade é determinar a perturbação e sua gravidade, sua fonte e uma resolução. Para tanto, engenheiros e técnicos buscam por soluções diárias para manter a qualidade mínima da energia elétrica que chega aos consumidores no Brasil. Algumas dessas soluções estão se tornando disponíveis com o desenvolvimento de novos e maiores dispositivos de comutação de estado sólido, entre eles os compensadores estáticos (KUSKO; THOMPSON, 2007).

Um compensador estático no nível de distribuição pode ser uma das soluções mais econômicas para esses tipos de problemas de qualidade de energia. Diante disso, este trabalho buscará apresentar como um compensador estático pode

influenciar na melhoria da qualidade de energia elétrica que chega aos consumidores finais, se propondo a responder o seguinte questionamento: Quais as melhorias que um compensador estático traz a um sistema de distribuição de energia elétrica?

Com base nisso o objetivo geral desse trabalho é apresentar como um compensador estático pode influenciar na melhoria da qualidade de energia elétrica que chega aos consumidores finais. Os objetivos específicos são explicar o que é qualidade da energia elétrica, demonstrando quais fatores influenciam positivamente e negativamente nesta qualidade; explicar como é o funcionamento de um compensador estático e apresentar a influência na melhoria da qualidade da energia elétrica distribuída.

Este trabalho se justifica pela necessidade de, como profissionais de engenharia, encontrar soluções práticas para melhorar a qualidade da energia elétrica entregue aos consumidores finais, garantindo além de continuidade do serviço uma qualidade mínima que garanta o perfeito e correto funcionamento de todos os equipamentos dependentes de energia nos diversos tipos de consumo.

2 QUALIDADE DA ENERGIA

De acordo com dados divulgados pelo Fórum Econômico Mundial, em 2019, O Brasil ocupava a 84ª posição, de um total de 137 países, em qualidade de energia, ou seja, está ranqueado como uma das piores energias elétricas do mundo (WEF, 2019).

Mas o que vem a ser qualidade da energia? O termo qualidade de energia é bastante nebuloso e pode estar associado à confiabilidade das concessionárias de energia elétrica. No entanto, os fabricantes de equipamentos podem interpretá-lo de maneira bastante diferente, referindo-se às características da fonte de alimentação que permitem que o equipamento funcione corretamente (ARRABAÇA; GIMENEZ, 2016).

Qualidade de energia, de fato, é um termo que significa coisas diferentes para pessoas diferentes. O *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) através da norma IEEE1100 define qualidade de energia como “o conceito de alimentar e aterrar equipamentos eletrônicos sensíveis de uma maneira adequada para o equipamento”. Por mais

apropriada que essa descrição possa parecer, a limitação da qualidade de energia a “equipamentos eletrônicos sensíveis” pode estar sujeita a desacordo. Os equipamentos elétricos suscetíveis à qualidade da energia ou, mais apropriadamente, à falta de qualidade da energia caíram dentro de um domínio aparentemente ilimitado (KUSKO; THOMPSON, 2007).

Todos os dispositivos elétricos são propensos a falhas ou mau funcionamento quando expostos a um ou mais problemas de qualidade de energia. O dispositivo elétrico pode ser um motor elétrico, um transformador, um gerador, um computador, uma impressora, equipamento de comunicação ou um eletrodoméstico. Todos esses dispositivos e outros reagem adversamente a problemas de qualidade de energia, dependendo da gravidade dos problemas (SANKARAN, 2001).

Uma definição mais simples e talvez mais concisa pode indicar: “A qualidade da energia é um conjunto de limites elétricos que permitem que um equipamento funcione da maneira pretendida, sem perda significativa de desempenho ou expectativa de vida” (SANKARAN, 2001, p. 47). Essa definição abrange duas coisas que se exige de um dispositivo elétrico: desempenho e expectativa de vida. Qualquer problema relacionado à energia que comprometa qualquer atributo é uma preocupação de qualidade de energia.

Nesse sentido, recentemente, alguns autores parecem concordar com a seguinte definição de um problema de qualidade de energia: “Um problema de qualidade de energia é qualquer ocorrência manifestada em voltagem, corrente ou desvio de frequência que resulte em falha ou mau funcionamento do equipamento do cliente” (BENYSEK, 2007). Embora as pessoas falem sobre “qualidade de energia” com bastante frequência, na verdade estão se referindo à “qualidade da tensão” porque na maioria das vezes o fator controlado em tudo isso é a tensão.

Por outro lado, Barros et al (2014), diz que qualidade de energia refere-se à capacidade do equipamento elétrico de consumir a energia fornecida, o que corrobora com o descrito anteriormente pois, vários problemas de qualidade de energia, incluindo harmônicos elétricos, fator de potência ruim, instabilidade de tensão e desequilíbrio afetam a eficiência dos equipamentos elétricos. Outro termo usado para indicar a indisponibilidade do fornecimento de eletricidade aos consumidores devido a interrupções sustentadas é a confiabilidade (KUSKO; THOMPSON, 2007).

Frise-se que a qualidade da energia assumiu uma importância crescente em vista do amplo uso de equipamentos eletrônicos de potência. Para a compensação

VAR reativa, além de capacitores e reatores *shunt*, são utilizados compensadores estáticos. Eles também são usados para resolver vários problemas de qualidade de energia - para reduzir quedas de tensão, sobretensões após eliminação de falhas, regulação de tensão, tensões de sequência negativa etc. Em alguns casos, os harmônicos podem causar erros de operação dos equipamentos de proteção, contribuindo para uma redução na qualidade de energia. Os filtros harmônicos são usados para absorver harmônicos indesejáveis (NOKIAN, 2007; VEDAM; SARMA, 2009).

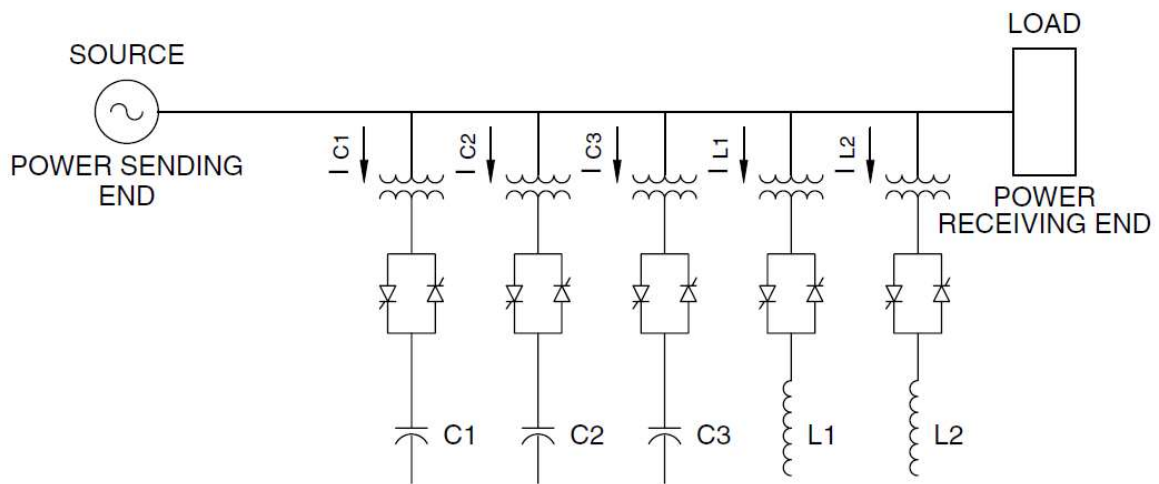
2.1 COMPENSADORES ESTÁTICOS

Um compensador estático de VAR - Static VAR Compensator (SVC) é um conjunto de dispositivos elétricos para fornecer energia reativa de ação rápida em redes de transmissão de eletricidade de alta tensão. Os SVC fazem parte da família de dispositivos do sistema de transmissão CA flexível, regulando tensão, fator de potência, harmônicos e estabilizando o sistema. Um compensador estático de VAR não possui partes móveis significativas (além do quadro interno). Antes da invenção do SVC, a compensação do fator de potência era a preservação de grandes máquinas rotativas, como condensadores síncronos ou bancos de capacitores comutados (NOKIAN, 2007).

Os SVCs usam dispositivos de controle de energia estática, como SCRs ou IGBTs, e trocam um banco de capacitores e indutores para gerar correntes reativas da composição necessária. A energia reativa é necessária por vários motivos, entre a principal está a necessidade de melhorar o fator de potência e também para aumentar a tensão no final de longas linhas de energia. Às vezes, é necessária uma força reativa atrasada no final de longas linhas de transmissão para compensar o aumento de tensão experimentado devido às correntes de carga capacitivas das linhas. Sem compensação, essas linhas de energia podem sofrer um aumento de tensão além do que é aceitável. Os reatores instalados para esses fins são chamados de compensadores de carga de linha (VEDAM; SARMA, 2009).

Os SVC executam as duas funções conforme necessário. A Figura 1 contém um arranjo típico de um SVC:

Figura 1 – Compensador Estático VAR



Fonte: Sankaran (2001, p. 153)

Nota-se que este esquema apresenta o trabalho de um SVC controlando a tensão nos capacitores e indutores, é obtido um controle preciso da corrente reativa. O compensador estático extrai a quantidade ideal de correntes de avanço e atraso para manter os níveis de tensão e fator de potência necessários. Uma desvantagem do uso de SVCs é a geração de uma quantidade considerável de correntes harmônicas que podem precisar ser filtradas. O custo dos SVCs também é bastante alto, portanto, eles não são aconselháveis para pequenos usuários (SANKARAN, 2001).

3 METODOLOGIA

Para a consecução dos objetivos este estudo foi formatado para ser realizado em duas etapas: Revisão da literatura através de pesquisa bibliográfica e pesquisa documental afim de obter dados relevantes sobre o tema aqui estudado.

A primeira etapa da pesquisa será do tipo exploratória, visando não somente proporcionar uma maior familiaridade com o tema investigado, como também tornar mais fácil a etapa seguinte da pesquisa. Para isso será realizada uma pesquisa bibliográfica em livros, periódicos de circulação nacional e internacional, revistas com

ênfase na área de ciências exatas e, de forma específica, Engenharia Elétrica, bem como em trabalhos acadêmicos que possam proporcionar maior conhecimento sobre a temática aqui abordada. Para Gil (2008, p. 44) “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

Após esse contato inicial com o objeto de estudo, pretende-se obter um maior nível de reflexão e aprimoramento principalmente no tocante aos objetivos geral e específicos que norteiam o presente estudo. Gil (2008) já anotou que o planejamento da pesquisa exploratória é bastante flexível, permitindo a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado, permitindo maior aprofundamento da temática e versatilidade dos pontos a serem investigados.

A segunda fase da pesquisa consistirá na coleta de dados através de uma pesquisa documental e esse tipo de pesquisa, segundo Gil (2008, p. 147), é capaz de proporcionar ao pesquisador dados em quantidade e qualidade suficiente para evitar a perda de tempo. Para fins de pesquisa científica são considerados documentos não apenas os escritos utilizados para esclarecer determinada coisa, mas qualquer objeto que possa contribuir para a investigação de determinado fato ou fenômeno. Os documentos analisados serão: índices nacionais relativos à qualidade da energia, dados do Ministério de Minas e Energia, estudos da Empresa de Pesquisa em Energia (EPE), pesquisas de acadêmicos que investigaram o assunto, entre outros dados que poderão se apresentar relevantes durante a pesquisa.

A coleta de dados será realizada exclusivamente em fontes bibliográficas e através de dados estatísticos que serão analisados de forma interpretativa afim de produzir dados quantitativos e qualitativos a partir dessa análise. Por fim, durante a fase de tratamento de dados serão utilizados métodos estatísticos com a finalidade de análise quantitativa bem como serão apresentados de forma estruturada e analisada, ou seja, de forma qualitativa (VERGARA, 2005, p. 59).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 BAIXA QUALIDADE DA ENERGIA

O conceito fundamental de qualidade na energia elétrica identifica os parâmetros e seu grau de variação em relação à sua magnitude nominal, que são a razão básica para a degradação da qualidade da energia elétrica nos sistemas elétricos. **Fontes** são as regiões, locais ou eventos que causam a variação indesejada desses parâmetros. É realmente um grande desafio para os engenheiros de energia descobrir as fontes exatas de distúrbios relacionados à qualidade de energia na crescente rede complexa. **Efeitos de baixa qualidade de energia** são os efeitos enfrentados pelo sistema e equipamentos de consumo após a ocorrência de diferentes distúrbios. Na **modelagem e análise** são feitas tentativas para configurar a perturbação, sua ocorrência, fontes e efeito tendo como base modelos matemáticos desenvolvidos para cada processo e etapa (MARTINHO, 2013).

Outro ponto importante para o monitoramento da qualidade da energia elétrica são as medições constantes e instrumentação dos parâmetros elétricos definidos pelos modelos. A solução completa, isto é, a entrega de energia pura ao consumidor é praticamente impossível. Mas os engenheiros devem ter um objetivo comum ao avaliar ocorrências nesses sistemas elétrica: minimizar a probabilidade de ocorrência de distúrbios e reduzir os efeitos dos problemas de qualidade de energia elétrica (KUSKO; THOMPSON, 2007).

A qualidade de energia elétrica, como já pontuada, está relacionada às variações de tensão, corrente e frequência em um sistema de energia. A maioria dos equipamentos de sistemas de energia conseguem operar com sucesso com variações relativamente amplas desses três parâmetros. No entanto, nos últimos cinco a quinze anos, uma grande quantidade de equipamento foi adicionada ao sistema de energia, o que não é tão tolerante com essas variações (WEF, 2019).

A sofisticação dos aparelhos elétricos com o desenvolvimento da eletrônica aumentou a demanda de energia de qualidade nas instalações do consumidor. Garantir energia ininterrupta e de qualidade tornou-se um ponto de competição para os produtores de energia. Assim, um mercado de energia aberto e competitivo abriu-

se frente à esta nova demanda por qualidade. Essas situações introduziram o conceito de desregulamentação no setor de energia. Como todas as outras *commodities*, para energia elétrica deve haver problemas de qualidade em cada local físico em todo o sistema, especialmente no sistema desregulado (BENYSEK, 2007).

As fontes de baixa qualidade de energia pode ser divididas em dois grupos: cargas, equipamentos e componentes reais e subsistemas de sistemas de transmissão e distribuição. A degradação da qualidade da energia elétrica ocorre principalmente devido a distúrbios na linha de energia, como impulsos, entalhes, queda e aumento de tensão, desequilíbrios de tensão e corrente, interrupção momentânea e distorções harmônicas, padrões e diretrizes diferentes mencionados na Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) de qualidade de energia e padrão IEEE relevante. Os outros principais contribuintes para a baixa qualidade da energia são os harmônicos e a potência reativa. O controle de estado sólido da energia CA usando interruptores de alta velocidade é a principal fonte de harmônicos, enquanto diferentes cargas não lineares contribuem para o consumo excessivo de energia reativa da fonte (KUSKO; THOMPSON, 2007).

4.2 CLASSIFICAÇÃO DE DISTÚRBIOS NO SISTEMA DE ENERGIA

Problemas de qualidade de energia ocorrem devido a vários tipos de distúrbios elétricos. A maioria dos distúrbios que interferem na qualidade da energia elétrica depende da amplitude ou frequência ou de ambas simultaneamente. Com base na duração da existência de distúrbios, os eventos podem ser divididos em tipos curto, médio ou longo (MARTINHO, 2013). Os distúrbios que causam degradação da qualidade de energia decorrentes de um sistema de energia e sua classificação incluem principalmente:

Interrupção/subtensão/sobretensão: essas são perturbações do tipo muito comum. Durante a interrupção de energia, o nível de tensão de um barramento específico cai para zero. A interrupção pode ocorrer por um período curto, médio ou longo. Sub e sob tensão, há queda e aumento dos níveis de tensão de um barramento específico em relação à tensão padrão do barramento. Às vezes, tensões abaixo e acima de pouca porcentagem são permitidas; mas quando ultrapassam o limite do

nível de tensão desejado, são tratados como distúrbios. Tais distúrbios estão aumentando a quantidade de energia reativa consumida ou fornecida por um sistema, podendo gerar problemas de isolamento e estabilidade de tensão (MARTINHO, 2013).

Desequilíbrio de tensão/corrente: pode ocorrer um desequilíbrio de tensão e corrente devido ao desequilíbrio na queda no sistema gerador ou no sistema de transmissão e carga desequilibrada. Durante o desequilíbrio, os componentes da sequência negativa são exibidos. Isso dificulta o desempenho do sistema, podendo alterar a perda e, em alguns casos, prejudicar a estabilidade da tensão (PINTO, 2018).

Harmônicos: os harmônicos são os componentes alternados que possuem frequências além do fundamental presentes nos sinais de tensão e corrente. Existem várias razões para a geração de harmônicos, como a não linearidade, o uso excessivo de dispositivos de comutação baseados em semicondutores, diferentes restrições de projeto etc. Os harmônicos têm efeitos adversos no sistema de geração, transmissão e distribuição, bem como nos equipamentos de consumo. Os harmônicos são classificados como harmônicos inteiros, sub-harmônicos e inter-harmônicos. Harmônicos inteiros têm frequências que são inteiras múltiplas da frequência fundamental, sub-harmônicos têm frequências que são menores que a frequência fundamental e inter-harmônicos têm frequências que são maiores que frequências fundamentais (MARTINHO, 2013).

Esses harmônicos inteiros e inter-harmônicos são muito comuns no sistema de potência. A ocorrência de sub-harmônicas é comparativamente menor que outras. Às vezes, os harmônicos são classificados: harmônicos de tempo e harmônicos espaciais. Obviamente, suas causas de ocorrência são diferentes. Harmônicas em geral não são bem-vindas e desejáveis (MARTINHO, 2013).

Os harmônicos são avaliados em relação ao fundamental. O monitoramento de harmônicos em relação aos aspectos fundamentais é uma consideração importante na aplicação do sistema de energia. Para esse fim, foram introduzidos diferentes fatores de distorção em relação ao fundamental.

Transientes: podem gerar no próprio sistema ou podem vir de outro sistema. Os transientes são classificados em duas categorias: transiente CC e transiente CA. Os transientes CA são divididos em duas categorias: ciclo único e ciclos múltiplos (PINTO, 2018).

Queda de tensão: é um distúrbio de curta duração. Durante a queda de tensão, a tensão cai para um nível muito baixo por um curto período de tempo (BARROS et

al., 2014).

Aumento de tensão: é um distúrbio de curta duração. Durante o aumento de tensão, a tensão aumenta para um nível muito alto por um curto período de tempo (PINTO, 2018).

Flicker: variação indesejada da frequência do sistema (BARROS et al., 2014).

Interrupção: é um tipo especial de interrupção em que o corte de energia ocorre por não mais de 60 s (MARTINHO, 2013).

4.3 CONSEQUÊNCIAS DA BAIXA QUALIDADE DE ENERGIA

Problemas de qualidade de energia ocorrem devido a vários tipos de distúrbios elétricos. A maioria dos distúrbios que interferem na qualidade da energia elétrica depende da amplitude ou frequência ou de ambas simultaneamente. Com base na duração da existência de distúrbios, os eventos podem ser divididos em tipos curto, médio ou longo (PINTO, 2018). Os distúrbios que causam degradação da qualidade de energia decorrentes de um sistema de energia e sua classificação incluem principalmente:

Interrupção/subtensão/sobretensão: essas são perturbações do tipo muito comum. Durante a interrupção de energia, o nível de tensão de um barramento específico cai para zero. A interrupção pode ocorrer por um período curto, médio ou longo. Sub e sob tensão, há queda e aumento dos níveis de tensão de um barramento específico em relação à tensão padrão do barramento. Às vezes, tensões abaixo e acima de pouca porcentagem são permitidas; mas quando ultrapassam o limite do nível de tensão desejado, são tratados como distúrbios. Tais distúrbios estão aumentando a quantidade de energia reativa consumida ou fornecida por um sistema, podendo gerar problemas de isolamento e estabilidade de tensão (MARTINHO, 2013).

4.4 FUNCIONAMENTO DE UM SVC

Tipicamente, um SVC compreende um ou mais bancos de capacitores ou

reatores de derivação fixos ou comutados, dos quais pelo menos um banco é comutado por tiristores (NOKIAN, 2007). Os elementos que podem ser usados para criar um SVC geralmente incluem, de acordo com Nokian (2007):

- Reator controlado por tiristores (TCR), em que o reator pode ser de núcleo de ar ou ferro;
- Capacitor comutado por tiristores (TSC);
- Filtro(s) harmônico(s);
- Capacitores ou reatores comutados mecanicamente (comutados por um disjuntor)

Por meio da modulação do ângulo de fase comutada pelos tiristores, o reator pode ser alternadamente variado no circuito e, assim, fornecer uma injeção (ou absorção) de VAR continuamente variável à rede elétrica. Nesta configuração, o controle de tensão grosseira é fornecido pelos capacitores; o reator controlado por tiristores deve fornecer controle suave. Um controle mais suave e mais flexibilidade podem ser fornecidos com a troca de capacitores controlada por tiristor (VEDAM; SARMA, 2009).

Os tiristores são controlados eletronicamente. Os tiristores, como todos os semicondutores, geram calor e a água deionizada é comumente usada para resfriá-los. A entrada de carga reativa no circuito injeta harmônicos indesejáveis de ordem ímpar e, portanto, geralmente são fornecidos bancos de filtros de alta potência para suavizar a forma de onda. Como os próprios filtros são capacitivos, eles também exportam MVARs para o sistema de energia (NOKIAN, 2007).

Arranjos mais complexos são práticos onde é necessária uma regulação precisa da tensão. A regulação de tensão é fornecida por meio de um controlador de circuito fechado. O controle supervisão remoto e o ajuste manual do ponto de ajuste de tensão também são comuns (NOKIAN, 2007).

4.5 CONEXÃO COM O SISTEMA ELÉTRICO

Geralmente, a compensação estática de VAR não é feita na tensão de linha;

um banco de transformadores reduz a tensão de transmissão (por exemplo, 230 kV) para um nível muito mais baixo (por exemplo, 9,0 kV). Isso reduz o tamanho e o número de componentes necessários no SVC, embora os condutores devam ser muito grandes para lidar com as altas correntes associadas à tensão mais baixa. Em alguns compensadores de VAR estáticos para aplicações industriais, como fornos elétricos a arco, onde pode haver um barramento de média tensão existente (por exemplo, 33 kV ou 34,5 kV), o compensador de VAR estático pode ser conectado diretamente para reduzir o custo do transformador (VEDAM; SARMA, 2009).

Outro ponto de conexão comum para o SVC é o enrolamento terciário delta dos transformadores automáticos conectados em Y, usados para conectar uma tensão de transmissão a outra tensão (VEDAM; SARMA, 2009).

A natureza dinâmica do SVC reside no uso de tiristores conectados em série e paralelo inverso, formando válvulas de tiristor). Os semicondutores em forma de disco, geralmente com vários centímetros de diâmetro, geralmente ficam localizados dentro de uma casa de válvulas (NOKIAN, 2007).

4.6 VANTAGENS DO USO DE SVC PARA MELHORAR A QUALIDADE DA ENERGIA

A principal vantagem dos SVCs em relação aos simples esquemas de compensação comutados mecanicamente é a resposta quase instantânea a alterações na tensão do sistema. Por esse motivo, eles geralmente são operados próximo ao ponto zero, a fim de maximizar a correção da potência reativa que eles podem fornecer rapidamente quando necessário (VEDAM; SARMA, 2009).

Os SVCs são, em geral, mais baratos, de maior capacidade, mais rápidos e mais confiáveis que os esquemas de compensação dinâmica, como condensadores síncronos. No entanto, os compensadores estáticos VAR são mais caros do que os capacitores comutados mecanicamente, por isso muitos operadores de sistemas usam uma combinação das duas tecnologias (às vezes na mesma instalação), usando o compensador estático VAR para fornecer suporte para mudanças rápidas e os comutados mecanicamente capacitores para fornecer VARs de estado estacionário (VEDAM; SARMA, 2009).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recentemente, a qualidade da energia tornou-se um importante assunto e área de pesquisa devido à crescente conscientização e impactos nos consumidores, fabricantes e serviços públicos. Como visto neste estudo a qualidade da energia é a capacidade da rede de fornecer um fluxo de energia limpo e estável como uma fonte de alimentação constantemente disponível. O fluxo de energia deve ter uma forma de onda sinusoidal pura e deve permanecer dentro das tolerâncias de tensão e frequência especificadas. Nenhuma fonte de energia da vida real é ideal.

Para que esta rede tenha um fluxo dentro dos limites aceitáveis, é utilizado, na chegada da linha de transmissão compensadores estáticos. Isso é necessário pois nas redes elétricas atuais, os desvios dessas condições ideais são frequentes devido ao aumento de cargas não lineares e outras que perturbam a rede.

A geração de energia também está se tornando mais complexa com a entrada de novos players e tecnologias nos negócios, que costumavam ser um ambiente operacional bastante estável. Tudo isso acrescenta novos desafios aos operadores da rede elétrica que precisam lançar mão de ferramentas disponíveis no mercado e/ou desenvolver alternativas técnicas para estes problemas.

É importante frisar que as consequências da qualidade insuficiente da energia podem causar sérias perdas aos negócios e à economia. Na pior das hipóteses, pode representar uma ameaça à vida humana em aplicativos de missão crítica e ambientes altamente sensíveis, como hospitais.

Por fim, espera-se poder contribuir de forma significativa para a ampliação do conhecimento, tanto pessoal quanto de outros acadêmicos que possam encontrar nesse trabalho grande fonte de informações relevantes para sua formação.

REFERÊNCIAS

- ARRABAÇA, Devair Aparecido; GIMENEZ, Salvador Pinillos. **Eletrônica de potência: conversores de energia (CA/CC): teoria, prática e simulação**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2016.
- BARROS, Benjamin Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo Luis. **Geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2014.
- BENYSEK, Grzegorz. **Improvement in the quality of delivery of electrical energy using power electronics systems**. London: Springer, 2007.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.
- KUSKO, Alexander; THOMPSON, Marc T. **Power Quality in Electrical Systems**. New York: McGraw Hill, 2007.
- MARTINHO, Edson. **Distúrbios da energia elétrica**. 3. ed. rev. São Paulo: Érica, 2013.
- NOKIAN. **Industrial Static Var Compensator (SVC)**. Tampere: Nokian Capacitors, 2007.
- PINTO, Milton de Oliveira. **Energia elétrica: geração, transmissão e sistemas interligados**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- SANKARAN, C. **Power quality**. New York: CRC Press, 2001.
- VEDAM, R. Sastry; SARMA, Mulukutla S. **Power quality: VAR Compensation in Power Systems**. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- WEF. World Economic Forum. Executive Opinion Survey. **Quality of electricity supply**. New York, WEF, 2019. Disponível em: http://reports.weforum.org/pdf/gci-2017-2018-scorecard/WEF_GCI_2017_2018_Scorecard_EOSQ064.pdf. Acesso em: 21 jan. 2020.