

IMPACTOS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NA VIDA ÚTIL DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO

Maria C. S. Borges¹ (EG), Olívio C. N. Souto¹ (PQ)

¹Instituto Federal de Goiás, *Câmpus Itumbiara*.

3.00.00.00-9 Engenharias

Resumo

O Brasil possui um grande desafio nas próximas décadas para buscar soluções para atender os crescentes requisitos de serviços de energia e, ao mesmo tempo, satisfazer critérios de economicidade, segurança de suprimento, saúde pública, garantia de acesso universal e sustentabilidade ambiental. As crescentes pressões ambientais sobre a exploração do potencial hidráulico localizado na região amazônica e os recursos energéticos cada vez mais distantes dos centros de carga são alguns elementos que se colocam para se buscar novas soluções. Uma das apostas que está sendo feita em vários países é o uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR). Apesar de ainda ser uma solução cara atualmente frente a outras soluções, é a tecnologia que apresenta a maior taxa de crescimento e queda nos custos. Este trabalho apresenta a avaliação dos impactos elétricos da inserção da geração distribuída de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição em baixa tensão. O estudo consiste de uma avaliação teórica e de um estudo de caso da inserção da geração fotovoltaica considerando aspectos da qualidade de energia da rede, da vida útil de transformadores e da gestão ativa da demanda. A partir das avaliações das distorções harmônicas produzidas pelos inversores fotovoltaicos, busca-se avaliar o impacto na rede de distribuição e em seus equipamentos, em particular os transformadores de distribuição.

Palavras-chave: *Geração distribuída; Sistemas fotovoltaicos; Transformadores.*

Introdução

O Brasil possui uma vasta capacidade de geração de energia limpa através de recursos hídricos, eólicos, solar e outras fontes renováveis. A fonte hídrica é a melhor aproveitada sendo a matriz de Energia Elétrica Brasileira composta por mais de 60% de recursos hídricos com mais de 85 GW de usinas em operação, de acordo com ANEEL (2017). Após o racionamento de junho de 2001 até fevereiro de 2002 o cenário energético vem sofrendo mudanças, onde, nos anos seguintes foram contratadas cada vez mais usinas térmicas em proporção às hidroelétricas. Porém, apesar de garantirem fisicamente a energia, as usinas térmicas são poluidoras, ficando assim na contramão do desenvolvimento de energia mundial que foca no quadrante das renováveis.

Para se realizar esta pesquisa, foi-se feito um levantamento bibliográfico sobre as áreas relacionadas para que se pudesse obter um embasamento sobre o assunto. Algumas das áreas foram as pesquisas feitas sobre a energia solar no Brasil, a micro geração e seus impactos, a microgeração solar fotovoltaica, a qualidade de energia elétrica, e os transformadores de distribuição.

O objetivo fundamental deste trabalho é identificar os impactos da inserção de sistemas fotovoltaicos em baixa tensão na rede de distribuição, em particular os efeitos na vida útil de transformadores de distribuição, além de realizar uma ampla revisão bibliográfica sobre a operação de geradores distribuídos em redes de distribuição radiais: efeitos e forma de análise;

Em destaque, foi-se feita a revisão dos conceitos de análise de circuitos de corrente alternada para análise de sistemas de potência, onde foi trabalhado o cálculo do fluxo de potência, cálculo de curto-circuito, análise de problemas de qualidade, e assim poder ampliar a compreensão

sobre a análise de sistemas de potência com geração distribuída dispersa no sistema de distribuição primário e secundário;

Foi de suma importância uma avaliação dos possíveis impactos, positivos e negativos, nas redes de distribuição a partir dos cálculos realizados, e o impacto das gerações fotovoltaicas nas distorções harmônicas presentes nas redes de distribuição.

Material e Métodos

A principal preocupação desta pesquisa é identificar os fatores que determinam a ocorrência dos diversos problemas operacionais das redes de distribuição quando da presença de geração distribuída. Assim como expor uma nova abordagem para tratar das questões associadas ao fluxo bidirecional de energia nestas redes.

Inicia-se os estudos com pesquisas bibliográficas onde foi realizado um levantamento de referências teóricas que permitiu um aprofundamento do assunto proposto, onde se abrangeu os aspectos relacionados à operação de redes elétricas por possuírem fluxo bidirecional de energia devido a presença de geração distribuída conectada ao sistema da concessionária.

A seguir, tem-se uma identificação dos diversos problemas ou condições operacionais que as redes radiais de distribuição podem apresentar quando há a existência do fluxo bidirecional de potência injetado nas redes pelos geradores distribuídos, assim como estudar sobre a vida útil de transformadores de distribuição.

Com o conhecimento amplo do assunto, e o auxílio do software Matlab, casos foram simulados e uma abordagem analítica realizada, onde se empregou os conceitos clássicos da engenharia elétrica com vistas a aplicar conceitos consolidados neste novo panorama do sistema elétrico de potência.

Resultados e Discussão ou Relato de Caso

É possível realizar uma estimativa na mudança da vida útil de transformadores refrigerados a óleo utilizando apenas a curva de carga de uma unidade consumidora e a temperatura ambiente afim de calcular a temperatura do transformador, que é o parâmetro principal a ser observado quando este está em operação. Para realização dos cálculos necessários, utilizou-se uma versão atualizada para este trabalho do algoritmo encontrado na pesquisa de Pinto Neto (2016). Através de valores constantes (encontrados na norma IEC – 60076-7), é feita uma caracterização do modelo físico de um transformador a óleo genérico para estudos em simulações. Estes dados estão listados abaixo:

- $\Delta\Theta_{or} = 45K$ (Constante de elevação da temperatura no topo do óleo em regime permanente e potência nominal);
- $\Delta\Theta_{hr} = 45K$ (Constante do gradiente de temperatura entre o ponto mais quente e o topo do óleo na potência nominal);
- $R = 8$ (Razão entre as perdas a vazio e a potência nominal);
- $\tau_o = 150$ (Constante de tempo média do óleo);
- $\tau_w = 7$ (Constante de tempo do enrolamento do transformador);
- $x = 0,8$ (Expoente do óleo);
- $y = 1,3$ (Expoente do enrolamento do transformador);
- $k_{11} = 0,5$ (Constante do modelo térmico do transformador);
- $k_{21} = 2$ (Constante do modelo térmico do transformador);
- $k_{22} = 2$ (Constante do modelo térmico do transformador);

Partindo destas informações foi reconstruído o algoritmo de Pinto Neto (2016) para realização das simulações e desenvolvimento de gráficos através do software MATLAB. Os resultados das simulações e devidos comentários são apresentados no tópico a seguir deste documento.

Na Figura 1 abaixo, são apresentadas informações a respeito de uma curva de consumo padrão observada em unidades consumidoras residenciais. Além disso, considera-se para esta simulação um valor constante de 25 °C para a temperatura ambiente. Com isso, é calculada a temperatura do transformador e, finalmente, a redução em sua vida útil. Para maior detalhamento a respeito dos cálculos realizados, ver referência (Pinto Neto, 2016).

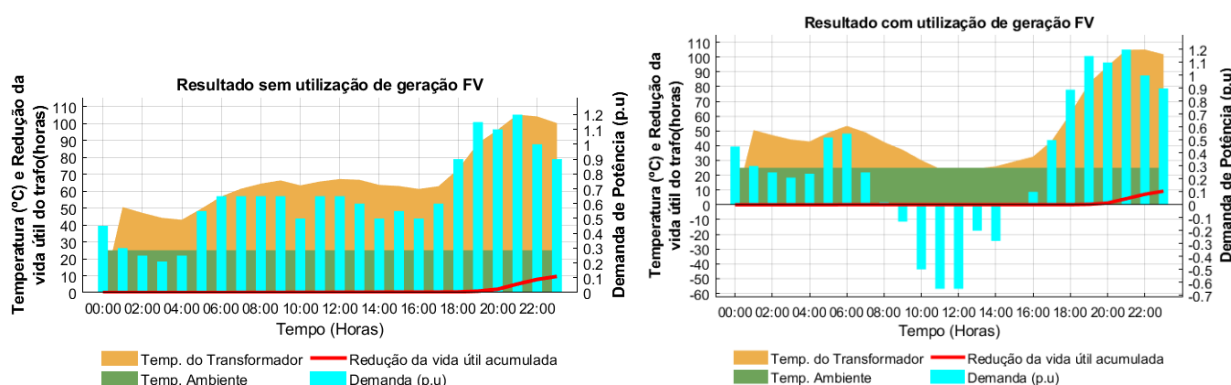
O resultado superior do gráfico indica uma situação onde não ocorre a utilização de um sistema fotovoltaico conectado à rede, ou seja, o transformador é responsável por toda a demanda requerida pela unidade consumidora e, conseqüentemente, são observados altos valores de temperatura em seu óleo de resfriamento, causando um maior gasto de sua vida útil.

Já com relação à parte inferior, é aplicada uma curva de geração fotovoltaica padrão, tendo início por volta das 7 da manhã e que cresce até atingir seu pico por volta do meio dia e depois volta a cair de acordo com o passar do dia. Devido a isso, é vista uma demanda negativa causada por um fluxo inverso de corrente no transformador. Nesta situação, as perdas por efeito Joule são reduzidas e, portanto, a temperatura do óleo também, levando a um gasto menor na vida útil do equipamento em comparação ao primeiro caso, onde não existe a contribuição de um gerador fotovoltaico.

No caso desta simulação, foram obtidos os seguintes resultados para a redução da vida útil do transformador no final do dia:

- Sem geração Fotovoltaica: 9,577;
- Com geração Fotovoltaica: 9,201.

Figura 1 - Resultados encontrados via simulação de carga residencial. Direita: desconsiderando geração Fotovoltaica. Esquerda: considerando geração fotovoltaica.



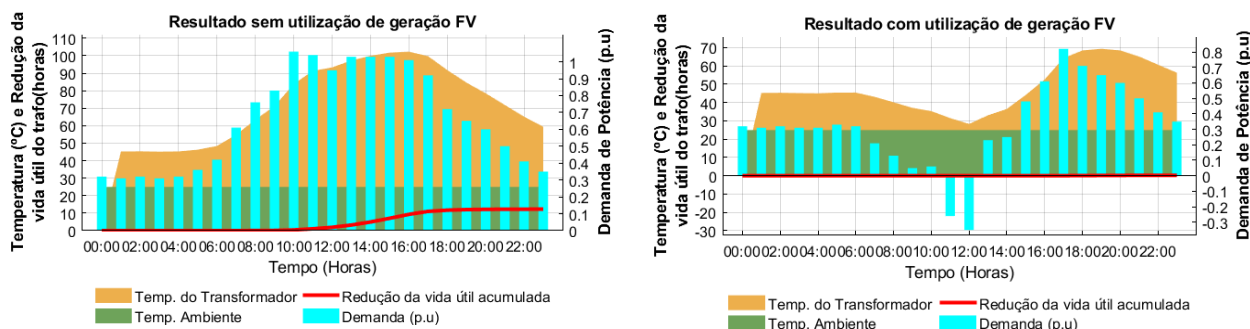
Fonte: Autora.

Na Figura 2, são apresentados os resultados da mesma simulação para uma curva de carga do tipo comercial, onde é observado que o pico de consumo ocorre juntamente com os horários de pico da geração fotovoltaica ao longo do dia. Por conta disso, o impacto do gerador fotovoltaico na vida útil do transformador é muito maior quanto comparado ao encontrado para uma carga comercial.

Neste caso, são encontrados os seguintes valores na redução da vida útil do transformador em um dia de operação:

- Sem geração Fotovoltaica: 12,28;
- Com geração Fotovoltaica: 0,2306.

Figura 2 - Resultados encontrados via simulação de carga comercial. Direita: desconsiderando geração Fotovoltaica. Esquerda: considerando geração fotovoltaica.



Fonte: Autora

Conclusões

Os resultados deste artigo, puderam ser confrontados com as informações requeridas na introdução, assim como o objetivo proposto para tal. Foi-se obtido o resultado tanto para o perfil comercial tanto para residencial, ambos com e sem a inserção do sistema fotovoltaico e consequentemente a análise da vida útil dos transformadores de distribuição.

Agradecimentos

Agradecimento ao Professor Dr. Olívio e ao NupSol pela oportunidade de realização deste.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, "BIG – Banco de Informações de Geração - Matriz de Energia Elétrica", Brasília, DF, 2017. Disponível: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp>. Acesso em 10 ago. 2019.

Pinto Neto, Aimé Fleury de Carvalho. *Avaliação dos Impactos de Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de baixa tensão*. USP - São Paulo: 2016.