

RUÍDO EM TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO DA CLASSE 15kV EM FUNÇÃO DA INDUÇÃO DO NÚCLEO

MARCO ANTONIO FERREIRA FINOCCHIO^{1*}, JANCER FRANK ZANINI DESTRO^{2*}, JEFERSON GONÇALVES FERREIRA³

¹ Me. Professor, UTFPR, Cornélio Procópio-PR. Fone: (43) 9922-1672, mafinocchio@utfpr.edu.br

² Me. Professor, UTFPR, Cornélio Procópio-PR. Fone: (43) 9918-8062, frank@utfpr.edu.br

³ Graduando em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR. Fone: (43) 9921-2239, jefersongf_07@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: Este artigo tem como objetivo apontar as principais fontes geradoras de ruído nos transformadores de distribuição da classe 15kV. Através da implementação de um algoritmo para simulações dos níveis de ruído, considerando seus aspectos construtivos, bem como, seu comportamento mediante a variação da indução magnética na chapa do núcleo. Também será realizada a comparação entre os valores encontrados com o algoritmo desenvolvido e os valores medidos no laboratório do fabricante, verificando sua eficiência, e se os mesmo estão de acordo com a NBR 5356-3/2014.

PALAVRAS-CHAVE: Transformadores, Análise de Ruídos, Fontes Geradoras de Ruído.

NOISE IN DISTRIBUTION TRANSFORMERS OF 15kV CLASS AS A FUNCTION OF INDUCTION CORE

ABSTRACT: This article aims to point out the main sources of noise in the distribution transformers of 15kV class. Through the implementation of an algorithm for simulation of noise levels, considering its constructive aspects as well as its behavior by varying the magnetic induction in the core plate. It will also be conducted to compare the values found with the algorithm developed and measured values in the manufacturer's laboratory, verifying their effectiveness, and whether the same are according to NBR 5356-3/2014.

KEYWORDS: Transformers, Noise Analysis, Generating Resources Noise.

INTRODUÇÃO

Os transformadores são máquinas elétricas estáticas que têm a função de transmitir, mediante um campo eletromagnético alternado, a energia elétrica de um sistema, com determinada tensão, para outro sistema, com a tensão desejada, porém com capacidade e frequência inalteradas (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2006).

Todo transformador em operação emite ruído, que tem como causa básica a magnetostricção, causada pela expansão e contração do núcleo de ferro (lâminas), devido ao efeito magnético da corrente que flui através de alternância das bobinas do equipamento. A magnetostricção pode ser parcialmente controlada na concepção do transformador, mas não totalmente eliminada.

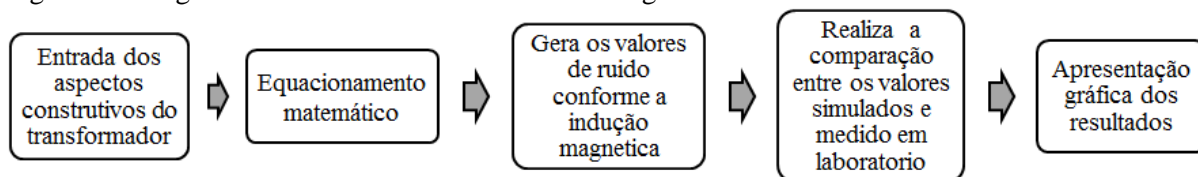
Existem basicamente três fontes de geração de ruído em transformador, que são: o ruído no núcleo sem carga, ruído no núcleo com carga e ruído gerado por equipamentos de ventilação e refrigeração.

Até 1960 o ruído gerado por transformadores tinha importância secundária. Atualmente o ruído acústico tornou-se um tipo de poluição sonora ambiental, na qual o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os níveis de ruído prejudiciais à saúde pública, não podendo ultrapassar os valores regidos pela norma (NBR 10151, 2000).

METODOLOGIA

Os ensaios e simulações foram realizados em 6 classes de transformadores trifásicos de distribuição com potência de 15kVA, 30kVA, 45kVA e 75kVA, 112,5kVA e 150kVA com classe de tensão de 15kV. Porém, neste artigo serão abordadas apenas as duas primeiras classes de potência. Com a implementação do algoritmo via *Matrix Laboratory* (MATLAB), utilizou-se como valores de entrada os aspectos construtivos dos transformadores, tais como: indução da chapa do núcleo [T], distância entre os eixos do núcleo [mm], área de referência [m²], área da superfície de medição [m²], altura do tanque [m], comprimento da linha prescrita de contorno [m]. Estes valores foram fornecidos por dois fabricantes, tratados aqui como Fabricante A e B. A Figura 1 apresenta o funcionamento do diagrama de bloco do algoritmo utilizado no trabalho.

Figura 1 – Diagrama de bloco do funcionamento do algoritmo



* equacionamento matemático e algoritmo não apresentados devido a proteção da propriedade intelectual.

Os transformadores emitem um zumbido característico. O mesmo é uma preocupação considerável em áreas urbanas, podendo causar desconforto e descumprir os limites estabelecidos pela norma NBR5356-3/2014 – Transformadores de Potência. A qual determina que os níveis de ruídos produzidos pelos transformadores não devem ultrapassar os limites estabelecidos pela Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis de ruídos para transformador a óleo com potência igual ou inferior a 500kVA

Nível médio de ruído dB(A)	Potência nominal do transformador equivalente com dois enrolamentos kVA
48	1 – 50
51	51 – 100
55	101 – 300
56	301 - 500

Fonte: NBR 5356-3/2014.

As medições foram realizadas nos laboratórios dos Fabricantes A, seguindo todos os processos e exigências, conforme estabelecidos pela NBR 7277/2013. Com tais informações foi possível demonstrar graficamente o valor de ruído em cada um dos 8 pontos de medições e calcular o valor médio de ruído emitido por um transformador.

Assim, realizou-se a comparação entre os valores simulados e a média dos valores medidos, para verificar o desempenho do algoritmo proposto. E averiguar como os mesmos estão se comportando perante a norma NBR 5356-3/2014.

O ensaio de nível de ruído deve ser executado conforme estabelece a NBR7277/2013. Entre as exigências dessa norma, tem-se que o local de ensaio deve proporcionar um campo praticamente livre sobre o plano refletor utilizado para medições. Com isso, o local pode ser uma sala comum, desde que os objetos refletores sejam removidos da proximidade do equipamento em ensaio com exceção do plano refletor, ou uma sala de ensaios, que proporcione linhas de contorno não perturbadas por reflexões provenientes de outros objetos.

Outra condição da norma diz respeito às condições de medição. Nesse tópico a NBR7277/2013 estabelece que:

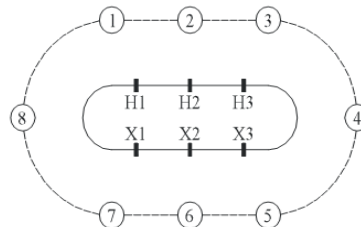
- Para medição do nível de ruído, o equipamento ensaiado deve estar com seus equipamentos auxiliares normais;
- Os níveis de ruído do equipamento e do ambiente devem ser determinados como níveis de pressão acústica em dB;

Na execução do ensaio, a altura do microfone durante as medições do nível do ruído ambiente deve ser a mesma que a utilizada para a medição do nível de ruído do equipamento, devendo as

medições ser efetuadas em pontos localizados sobre a linha prescrita de contorno. E antes e depois de cada sequência de medições deve ser realizada uma verificação acústica dos equipamentos de medição, através de um calibrador.

A Figura 2 apresenta os pontos de medição realizados no ensaio, neste estudo as medições foram realizadas a 1 metro do transformador.

Figura 2 - Ponto de medição



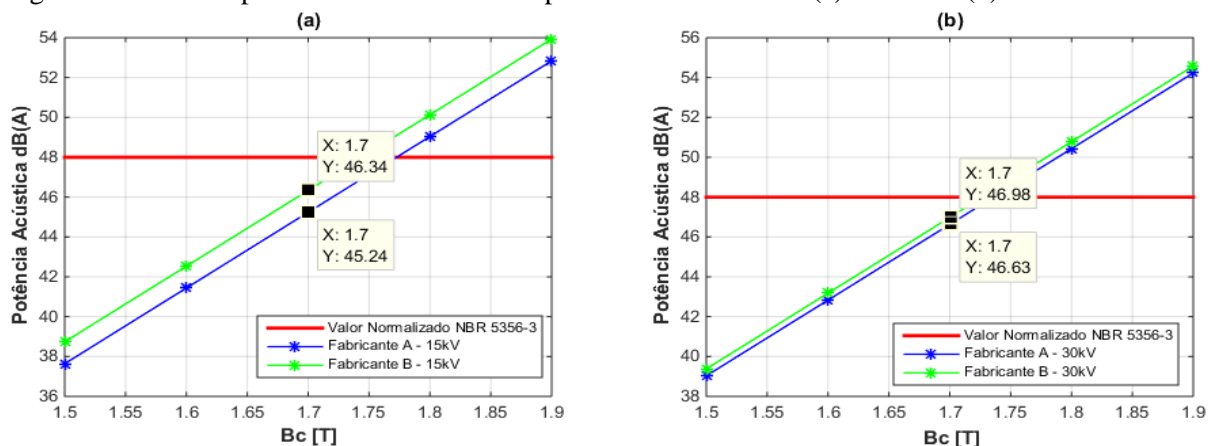
Fonte: NBR 7277 (2013).

ANÁLISE E RESULTADOS

Nas simulações os valores da indução magnética das chapas foram variadas num intervalo de 1,5 a 1,9T para verificar o comportamento do ruído do transformador, e se os mesmos vão estar dentro dos valores permitidos pela NBR 5356-3/2014.

A Figura 3 apresenta as simulações realizadas com os transformadores de (a) 15kVA e (b) 30kVA, dos fabricantes A e B, utilizando seus aspectos construtivos e variando a indução magnética das chapas do núcleo do transformador. Os dois fabricantes utilizam chapa de aço silício de grão orientado com uma indução magnética de 1,7T.

Figura 3 – Nível de potência acústica emitida pelo transformador de (a) 15kVA e (b) 30kVA.

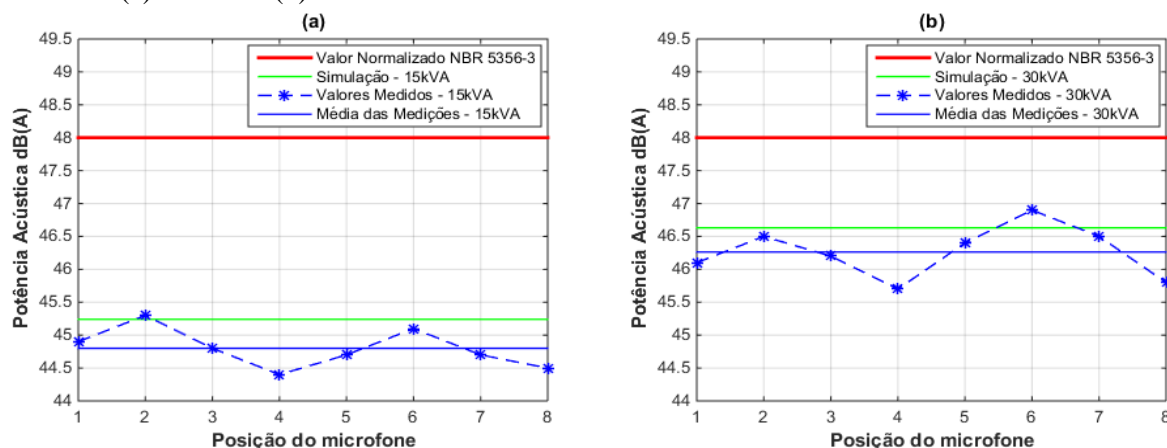


Como pode ser observado na Figura 3(a) o fabricante A apresentou um nível de ruído de 45,24dB(A) e o fabricante B 46,34dB(A), existindo uma diferença de 1,10dB(A), ou seja, 2,29% entre os dois fabricantes. Com isso foi possível concluir que o fabricante A tem um nível de ruído menor para o transformador de 15kVA, mas ambos os fabricantes apresentaram um valor de ruído abaixo do exigido pela NBR 5356-3/2014. Vale salientar que a percepção auditiva das variações de intensidade sonora é aproximadamente igual a 1dB(A). Isto significa que será necessário uma diferença de 1dB(A) no nível do ruído para distinguir a intensidade sonora entre um som e outro.

Como observado na Figura 3(b), o fabricante A apresentou um nível de ruído de 46,63dB(A) e o fabricante B 46,98dB(A), existindo uma diferença de 0,35dB(A) ou seja 0,73% entre os dois fabricantes, sendo essa diferença imperceptível ao ouvido humano. Com isso é possível concluir que o fabricante A tem um nível de ruído inferior para o transformador de 30kVA, mas ambos fabricantes apresentaram um valor de ruído abaixo do exigido pela NBR 5356-3/2014.

A Figura 4 apresenta os valores medidos em cada um dos 8 pontos do transformador, a média dos valores medidos, o valor encontrado pela simulação e o vigente pela NBR 5356-3/2014, (a) 15kVA e (b) 30kVA.

Figura 4 - Ruído medido, media das medições, simulado e normalizado, para os transformadores de (a) 15kVA e (b) 30kVA.



Como apresentado na Figura 4 (a) o valor simulado foi de 45,24dB(A) e o valor médio das medições 44,8dB(A) apresentando uma diferença de 0,44dB(A), ou seja, 0,92% entre o valor simulado e o real. E para o transformador de 30kVA mostrado na Figura 4 (b) o valor simulado foi de 46,63dB(A) e o valor médio das medições 46,3dB(A) apresentando uma diferença de 0,33dB(A), ou seja, 0,69% entre o valor simulado e o real.

Com isso foi possível concluir que os valores encontrados pelo algoritmo de simulação são coerentes com os valores reais, portanto o algoritmo atingiu um resultado satisfatório. Desta forma os valores de ruído reais e simulados estão de acordo com as exigências prescritas na NBR 5356-3/2014.

CONCLUSÕES

Devido a crescente exigência da legislação ambiental, a questão de ruídos provenientes dos transformadores é um tema cada vez mais evidente no elenco de problemas enfrentados pelas concessionárias de energia elétrica.

O objetivo do trabalho foi associar o nível de ruído com a variação de indução da chapa do núcleo do transformador, sendo possível apresentar graficamente que, quanto maior a indução da chapa utilizada na construção do núcleo maior será o ruído apresentado no mesmo.

O algoritmo proposto levou em consideração aspectos construtivos fornecidos por dois fabricantes que foram chamados de fabricante A e B. Porém, apenas o fabricante A se prontificou a fornecer os valores reais medidos no laboratório, e conceder permissão para acompanhamento do processo de medição.

Logo em seguida realizou-se a comparação entre os valores simulados e os valores reais medidos no laboratório do fabricante A, sendo possível constatar que o algoritmo proposto atingiu um resultado satisfatório, os quais foram visualizados por gráficos já apresentados.

A seguir realizou-se a comparação entre os valores simulados, medidos e normalizados, o que possibilitou verificar que todos transformadores avaliados, apresentaram valores dentro dos exigidos pela NBR 5356-3/2014.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5356-3: **Transformador de Potência**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7277: **Transformadores e reatores determinação do nível de ruído**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: **Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade**. Rio de Janeiro, 2000.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, Charles J.; UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas – com introdução a Eletrônica de Potência**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.