

# DESENVOLVIMENTO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO DE ELEVADA EFICIÊNCIA EMPREGANDO NÚCLEO AMORFO E ÓLEO VEGETAL ISOLANTE

Leonardo H. Medeiros<sup>1\*</sup>, Tiago B. Marchesan<sup>2</sup>, Dion L. P. Feil<sup>3</sup>

1. Estudante de IC de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; \*[leohm.29@gmail.com](mailto:leohm.29@gmail.com)
2. Professor Pesquisador do Depto. de Engenharia Elétrica, UFSM, Santa Maria/RS
3. Pós-graduando do Depto. de Engenharia Elétrica, UFSM, Santa Maria/RS

Palavras Chave: Transformadores, núcleo amorfo, óleo vegetal.

## Introdução

Entre os diversos dispositivos do sistema de energia elétrica estão os transformadores, responsáveis por adequar os níveis de tensão às necessidades de consumo, distribuição, transmissão e geração de energia. Com a função de rebaixar a média tensão da rede primária para a baixa tensão da secundária, os transformadores de distribuição são empregados em grande número no sistema de distribuição de energia elétrica, e estima-se que, no Brasil, 70% das perdas de energia elétrica ocorram neste setor. Ainda, sabe-se que a vida útil e o funcionamento desses equipamentos são inversamente proporcionais às temperaturas atingidas no seu interior em função das perdas elétricas na sua parte ativa.

Desse modo, o trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um transformador de elevada eficiência empregando núcleo amorfo e óleo vegetal isolante. Para tanto, foi necessário estudar e analisar pontos importantes no funcionamento e de grande influência no desempenho e vida útil de transformadores de distribuição para projetar e produzir um equipamento mais eficiente, baseado em um modelo base adotado que opera em redes de distribuição. Foram analisados os seus aspectos referidos ao sistema de refrigeração, material do núcleo magnético, óleo isolante e projeto elétrico.

## Resultados e Discussão

O modelo base é um transformador trifásico com potência de 45 kVA, sistema de refrigeração composto por 23 aletas elípticas simples, óleo mineral isolante (OMI) e núcleo de Aço-Silício (FeSi). A partir disso, estudaram-se modificações para otimizar cada um dos pontos citados.

O núcleo de FeSi foi substituído, no novo projeto, por metal amorfo. Com propriedades como a estreita curva de histerese e a baixa espessura das suas chapas em comparação ao FeSi, o metal amorfo reduz significativamente as perdas, principalmente a vazios.

Analogamente, o OMI foi substituído pelo óleo vegetal isolante (OVI), que, ao contrário do mineral, não é derivado do petróleo e tem fácil biodegradabilidade no meio ambiente. Além disso, mantém as propriedades dielétricas e térmicas, e proporciona maior vida útil ao isolante sólido do que o OMI.

Para um sistema de refrigeração mais eficiente foram estudadas variações de topologias de aletas. Foram comparadas as aletas elípticas com as tubulares, observando maior eficiência nas primeiras. Ainda, estudou-se a influência da distância entre aleta e tanque, observando que quanto maior for esta distância, melhor será a dissipação. A mesma conclusão serve para a distância entre entrada e saída da aleta, aspecto que também foi analisado. Comparou-se ainda a refrigeração com a adição de ramos centrais às aletas, que aumentam a área de dissipação e otimizam a troca térmica. A topologia adotada para o projeto do novo transformador foi

um radiador formado por 6 aletas com 2 ramos centrais cada, no formato elíptico.

As modificações foram adotadas com base em estudos e simulações térmicas e eletromagnéticas utilizando o método de elementos finitos, e trazem impactos positivos reduzindo as perdas e as temperaturas internas, e aumentando a vida útil e o desempenho na rede. Com isso, através de uma metodologia de cálculo, foi possível elevar a potência do transformador para 75 kVA.

O transformador trifásico de 75 kVA projetado empregando núcleo amorfo, óleo vegetal isolante (OVI) e o novo radiador foi submetido a simulações e ensaios para verificar seu funcionamento e temperaturas internas. O equipamento pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1. Transformador projetado.

## Conclusões

Substituindo o óleo mineral pelo vegetal, e o FeSi pelo metal amorfo no núcleo, as perdas a vazios caíram cerca de 75%, e as totais em torno de 20%. O novo sistema de refrigeração reduziu em 30% o peso do radiador total. Devido principalmente às propriedades do metal amorfo, o custo inicial do transformador projetado pode ser até 60% mais caro, porém, tem maior vida útil do que os convencionais, é biodegradável, mais eficiente e de melhor rendimento no sistema elétrico, e o custo se paga em até 6 anos.

## Agradecimentos

Agradeço a empresa Romagnole Produtos Elétricos, parceira do projeto, e ao grupo GEDRE da UFSM pelo apoio e suporte ao longo do trabalho.

[1] Kim, M., Cho, S. M., Kim, J. K., "Prediction and evaluation of the cooling performance of radiators used in oil-filled power transformer applications with non-direct and direct-oil-forced flow," in *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 44, Ed. Elsevier, 2013, pp. 392-397.

[2] A. F. D. S. Maurício, "Construção e caracterização de um transformador de 562,5 VA com núcleo de ferro amorfo," Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.

[3] W. Uhren, "Aplicação de óleo vegetal como meio isolante em equipamentos elétricos, em substituição ao OMI," Dissertação de Mestrado Profissionalizante, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2007.