

COMPARAÇÃO DAS PERDAS A VAZIO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE 5 KVA DOTADOS DE NÚCLEO DE METAL AMORFO E AÇO SILÍCIO GRÃO ORIENTADO.

Bruno Peixoto Lima¹
Thiago L. C. Gomes²
Vailton Alves de Farias³

RESUMO

Este trabalho apresenta as perdas em vazio dos transformadores monofásicos com potências de 5 KVA dotados de núcleo de metal amorfo e aço silício. Foram realizados ensaios a vazio em ambos transformadores que apresentaram eficiências dentro da exigência regida pela NBR 5440, porém o núcleo dotado de metal amorfo teve um desempenho mais satisfatório do que o núcleo convencional. O objetivo desse artigo foi verificar a eficiência energética do transformador dotado de núcleo metal amorfo e comparar as perdas do transformador de núcleo amorfo em relação ao núcleo de silício grão orientado.

Palavras-Chaves: Eficiência energética. Núcleo amorfo. Transformador.

INTRODUÇÃO

O início das pesquisas de transformadores de núcleo metal amorfo se deu na década de 70, com a escassez e o alto preço da energia. Esse efeito estimulou o interesse na conservação de energia (BARROS, 2011).

A introdução destes materiais no mercado para esse tipo de aplicação só veio a ocorrer em 1976, quando o primeiro transformador de distribuição com núcleo de material amorfo foi construído no Laboratório Lincoln, do Instituto Tecnológico de Massachusetts (USA). Naquela oportunidade, foram realizados ensaios, que demonstraram a eficiência do transformador de núcleo metal amorfo frente ao, núcleo de aço silício convencional, particularmente houve uma redução de 87,5% nas perdas do núcleo e a corrente de excitação foi reduzida de 2,5 A para 0,12 A (RASKIN, 1981).

Já no Brasil, os primeiros estudos e ensaios experimentais sobre a aplicação de liga amorfo em núcleos de transformadores tiveram origem no ambiente acadêmico, (LUCIANO, 1995) passando, em seguida, para a montagem em unidades industriais em fábricas de transformadores. (LUCIANO 1998)

O objetivo deste artigo é verificar a eficiência energética do transformador dotado de núcleo metal amorfo e comparar as perdas do transformador de núcleo amorfo em relação ao núcleo de silício grão orientado.

1. CARACTERÍSTICAS DOS TRANSFORMADORES

¹ Acadêmico de Engenharia Elétrica da Faculdade Católica do Tocantins – FACTO. bpeixotol@hotmail.com

² Acadêmico de Engenharia Elétrica da Faculdade Católica do Tocantins – FACTO. thiagoluiscg@hotmail.com

³ Professor Pesquisador do Curso de Engenharia Elétrica da Faculdade Católica do Tocantins - FACTO. vailton@catolica-to.edu.br

Para realizar o ensaio de perdas a vazio foram utilizados dois transformadores monofásicos de marca ITB, potência de 5 KVA e tensão de 20.9 KV.

O transformador de núcleo metal amorfo possui 200 espiras no enrolamento de baixa tensão e 9.500 espiras no enrolamento de alta tensão, sendo de fio 12 AWG para o enrolamento de baixa tensão e 28 AWG para enrolamento de alta tensão.

Já o núcleo de aço silício com grão orientado possui 208 espiras no enrolamento de baixa tensão e 9880 espiras no enrolamento de alta tensão, sendo fio 12 AWG para o enrolamento de baixa tensão e 28 AWG para enrolamento de alta tensão.

2. METODOLOGIA E ENSAIOS

Para comparar a eficiência do material de metal amorfo em relação ao aço silício de grão orientado foram usados ensaios práticos em vazio e modelagem matemática na teoria. Os ensaios apresentados nesse artigo foram realizados no laboratório da empresa MACZ Transformadores, situada na cidade de Paraíso do Tocantins, Estado do Tocantins, Brasil.

O ensaio em vazio determina os valores das perdas elétricas no núcleo do transformador e a corrente de excitação. Este método aponta as perdas elétricas referente à propriedade ferro magnética do equipamento, ou seja, determina as perdas no núcleo por histerese e Foucault.

Normalmente, em transformadores de distribuição a tensão do enrolamento primário é de 13,8 KV ou de 34,5 KV, já no ensaio de enrolamento secundário, a tensão é de 380/220 V ou de 440/220 V, isso no estado do Tocantins, devido ao alto custo dos equipamentos para tensões elevadas e por maior segurança do operador da bancada de ensaio, assim as pequenas fábricas e reformadoras do estado do Tocantins adotam essas medidas como referência. (NBR 5440, 2011)

O método correto para iniciar o ensaio é o enrolamento de baixa tensão conectado aos cabos de teste e o enrolamento de alta tensão em aberto. Através de uma fonte variável aplica-se tensão nominal no enrolamento de baixa tensão do transformador, sendo a potência lida no wattímetro à potência ativa absorvida na magnetização do núcleo, e a corrente lida no amperímetro é a necessária para excitação do mesmo. Assim, torna-se possível analisar a perda a vazio do núcleo do transformador. (BUSKSTEI, 1981)

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Teoria

Considerando as informações acima, utilizando a fórmula a seguir, encontra-se a densidade magnética do núcleo em Gauss.

$$NP = \frac{V_p \cdot 100000000}{4,44 \cdot f \cdot SL \cdot B} \quad (1)$$

no qual V_p, f, SL e B representam respectivamente a tensão no primário, frequência de excitação, seção líquida e indução magnética em Gauss.

O valor de 100.000.000 é uma adaptação da fórmula para o resultado ser em cm^2 . A medida para a seção do núcleo de amorfo é de $71,05 \text{ cm}^2$ e de 51 cm^2 para a seção de aço silício GO. Considerando a frequência de 60 Hz utilizada aqui no Brasil tem-se os seguintes valores:

$$B = \frac{V_p \cdot 100000000}{4,44 \cdot 60 \cdot SL \cdot NP} \quad (2)$$

Usando a eq. 2 para o núcleo de metal amorfo:

$$B = \frac{V_p \cdot 100000000}{4,44 \cdot 60 \cdot 71,05 \cdot 9500} = 244,6981 \text{ Gauss}$$

Usando a eq. 2 para o núcleo de aço silício:

$$B = \frac{V_p \cdot 100000000}{4,44 \cdot 60 \cdot 51 \cdot 9880} = 327,7867 \text{ Gauss}$$

Deste modo, os valores de densidade magnética do núcleo são valores próximos. Colocando o valor da seção do núcleo igual em ambas as peças, teríamos para o núcleo amorfo o valor:

$$B = \frac{V_p \cdot 100000000}{4,44 \cdot 60 \cdot 51 \cdot 9500} = 340,8982 \text{ Gauss}$$

Conclui-se que a diferença da perda em vazio e da corrente de excitação não é em função da densidade magnética.

3.2 Prática

Após realizar os ensaios dos transformadores no laboratório, têm-se os seguintes resultados:

Núcleo de Metal Amorfo	
Tensão do Ensaio (V)	440 V
Corrente de Excitação (A)	0,12 A
Corrente de Excitação (%)	1,01 %
Perda em Vazio (W)	11 W

Tabela 1: Resultado do ensaio no transformador de núcleo Metal Amorfo

Núcleo de Aço Silício GO	
Tensão do Ensaio (V)	440 V
Corrente de Excitação (A)	0,30 A
Corrente de Excitação (%)	2,60 %

Perda em Vazio (W)	41 W
---------------------------	------

Tabela 2: Resultado do ensaio no transformador de núcleo Aço Silício Grão Orientado.

As tabelas acima mostram os valores colhidos em laboratório após os ensaios em ambos os núcleos, sendo de amorfo e Silício Grão Orientado, observa-se que foi aplicada uma mesma tensão de entrada de 440 V em ambos os núcleos e nota-se que o núcleo de amorfo é mais eficiente que o núcleo de Silício grão orientado.

A Figura 1 apresenta as Correntes de Excitação dos transformadores monofásicos de 5KVA constituídos por núcleo de aço Silício GO e metal Amorfo.

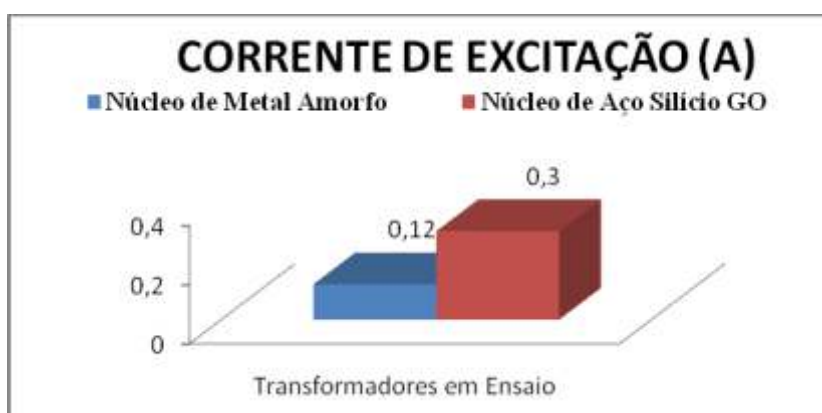


Figura 1. Corrente de Excitação (A) do transformador de 5KVA.

Segundo a figura 1, a corrente de excitação demonstra que o núcleo de amorfo exige uma menor corrente para excitar o transformador, ou seja, para energizar o núcleo. Usando o valor colhido em laboratório, mostra que o metal amorfo tem 60% de menor perda em relação ao núcleo de silício.

A Figura 2 compara as correntes de excitação em porcentagem dos transformadores monofásicos de 5KVA para os dois núcleos.



Figura 2. Corrente de Excitação (%) do transformador de 5KVA.

A figura 2 apresenta a porcentagem da corrente nominal que é usada para alimentar o transformador em vazio. O núcleo de amorfo apresenta melhor eficiência do que o núcleo de silício em relação à norma que regulamenta NBR 5440.

A Figura 3 compara as perdas a vazio dos transformadores de 5KVA constituídos por núcleo de ferro silício e metal amorfo.



Figura 3. Perdas a vazio do transformador de 5KVA.

Como mostra os dados do ensaio presentes na figura 3, o metal amorfo é muito mais eficiente que o núcleo de silício, sendo 11 W para o núcleo de amorfo e 41 W para o núcleo de silício, ambos abaixo da norma que exige 45 W, mas as perdas em vazio e a corrente de excitação são menores em transformadores de núcleo amorfo.

Deste modo, considerando outros fatores como a permeabilidade magnética e a resistividade elétrica, torna-se possível explicar o motivo da eficiência do material de metal Amorfo. A permeabilidade magnética é a resistência à passagem de fluxo magnético. O material de metal amorfo possui uma permeabilidade de 70.000 H.m^{-1} , já o material de aço Silício GO tem 40.000 H.m^{-1} de permeabilidade magnética.

Considerando um transformador alimentado em vazio, o mesmo se comporta como uma carga de alta impedância e desta maneira a impedância é diretamente proporcional à permeabilidade magnética e à resistência elétrica do material, o que explica a diferença dos valores da corrente de excitação das peças analisadas.

Com uma elevada permeabilidade, o núcleo sofre um acoplamento magnético intenso mais favorável, com uma elevada resistividade implica em menores perdas por correntes parasitas.

4. CONCLUSÃO

O objetivo de verificar a eficiência energética do transformador dotado de núcleo metal amorfo e de comparar as perdas do transformador de núcleo amorfo em relação ao núcleo de silício grão orientado foram alcançados.

O Brasil possui atualmente cerca de 2,5 milhões de transformadores instalados nas redes de distribuição de energia elétrica e que as indústrias do setor colocam aproximadamente 130 mil novas unidades no mercado, a cada ano, portanto, percebe-se uma grande oportunidade para a adoção de uma política voltada para a eficiência energética nesse setor.

Conclui-se que o metal Amorfo apresenta menores perdas e tem a oportunidade de desempenhar um papel importante para a eficiência energética, ou seja, o núcleo formado pelo metal amorfo traz uma economia significativa para o sistema elétrico.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5440 – **Transformadores** para redes aéreas de distribuição/Padronização. ABNT, 2011.
- AVYNER Lorrain O. V.; MARCO Antonio F. F.; MENDONÇA Marcio; SICITE XVII – **Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica UTFPR. COMPARAÇÃO DAS PERDAS A VAZIO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS DA CLASSE 15KV DOTADOS DE NÚCLEO AMORFO E FERRO SILÍCIO.**
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY JR., Charles; UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas:** com introdução a Eletrônica de Potência. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- GUSTAVO A. Vieira; MAXWELL F. Pinto; MÁRCIO J. TEIXEIRA, Jr. Bruno L. Fraga, Fábio S. Silveira, e Rildo W. **Materiais Magnéticos.**
- LUCIANO, B. A.; FREIRE, R. C. S.; BEZERRA R. B.; INÁCIO, R. C. **Transformadores com núcleo de liga amorfa em sistemas de distribuição,** Eletricidade Moderna, Vol. 430, pp. 88-99, 2010.
- Luciano, B. A. **Estudo de aplicações da liga Fe78B13Si9 amorfa em núcleos de transformadores de baixa potência.** Tese de Doutorado. Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, 1995.
- Luciano, B. A.; Rocha, P. M. C. **Transformador com núcleo de material amorfo: uma experiência conjunta universidade-empresas.** In: Anais do III Congresso Latino-Americano de Distribuição de Energia Elétrica, pp. 349-353, 1998.
- NASCIMENTO Junior, GERALDO Carvalho. **Máquinas Elétricas:** teorias e ensaios – 4. Ed. – São Paulo: Érica, 2011.
- Raskin, D.; Davis, A. L. **Metallic glasses: a magnetic alternative.** IEEE Spectrum, vol. 18, No. 11, pp. 28-33, Nov. 1981.
- VIERA, G. A.; PINTO, M. F.; TEIXEIRA JÚNIOR, M. J.; FRAGA, B. L.; SILVEIRA, F. S.; OLIVEIRA, R. W. **Materiais Amorfos.**