

COMPARAÇÃO ENTRE TRANSFORMADORES A ÓLEO E A SECO

MARCO ANTONIO FERREIRA FINOCCHIO¹, JEFERSON GONÇALVES FERREIRA^{2*}, OTAVIO DO AMARAL FIGUEIREDO³, MARCIO MENDONÇA⁴.

¹MSc. em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, mafinocchio@utfpr.edu.br

²Mestrando em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, goncalves_jeferson@outlook.com

³Graduando em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, otavio_figueiredo@hotmail.com

⁴Dr. em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, mendonca@utfpr.edu.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: O crescente consumo de energia elétrica conduziu ao aumento na quantidade de transformadores instalados. Gerando um crescimento de consumo energético em todos os setores das atividades produtivas. Mas um fator passa despercebido, ou seja, qual o tipo de transformador será utilizado, pois essa preferência pode conjecturar num impacto ambiental. Geralmente os transformadores eleitos são os a óleo por desconhecimento tecnológico de soluções ecológicas mais corretas. Este artigo sugere a utilização de transformadores a seco no lugar dos transformadores a óleo, como uma alternativa ambiental. Os transformadores a seco apresentam menores dimensões, sendo indicado para instalações abrigadas que exigem segurança e confiabilidade, e sua manutenção é mais simples não oferecendo riscos ao meio ambiente que os transformadores a óleo.

PALAVRAS-CHAVE: Transformador a óleo, Transformador a seco, Isolamento.

COMPARISON OF TRANSFORMERS OIL AND DRY

ABSTRACT: The increasing consumption of electricity led to an increase in the amount of installed transformers. Generating growth of energy consumption in all sectors of productive activities. But a factor goes unnoticed, or what type of processor is used, as this can only conjecture preferably an environmental impact. Usually elected transformers are oil by technological ignorance more correct ecological solutions. This article suggests the use of dry transformer in place of transformer oil, as an alternative. The dry-type transformers have smaller, being suitable for indoor installations that require security and reliability, and maintenance is simpler not offering risk to the environment than oil transformers.

KEYWORDS: Transformer oil, Dry transformer, Insulation..

INTRODUÇÃO

O transformador é um instrumento usado para registrar ou mudar a energia elétrica de um nível de tensão para outro, seja superior ou inferior, mantendo a frequência constante, por meio da ação de campo magnético. Ele também é relevante para o transporte da energia de um local para outro por conta da sua eficiência, transmissão e rapidez (CHAPMAN, 2012).

No cenário atual, tanto grandes indústrias, como empresas de distribuição de energia, shopping centers, hospitais, aeroportos e metrô precisam de um número considerável de transformadores de tensão. Com a larga utilização de energia elétrica em edifícios comerciais, shoppings, estádios de futebol, estações de metrô e trem necessita-se que os transformadores sejam instalados o mais próximo possível das cargas permitindo também uma redução de custos com cabos de alimentação, melhor regulação de tensão e proteções contra fogo (STIGANT, FRANKLIN, 1983). Porém, para estas instalações internas é recomendada a utilização de transformadores secos, pois não possuem óleo, apresentam dimensões reduzidas, baixa necessidade de manutenção, simplicidade de instalação e ausência do risco de explosão (SANTOS, COVACIC, GEROMEL, 2011).

Com o objetivo de responder a esta demanda, tais empresas têm a sua disposição dois tipos de transformadores, os isolados a óleo e os transformadores isolados a seco.

Estes dois tipos de transformadores possuem grandes diferenças que superam fatores econômicos, como sua manutenção, local adequado para a instalação e, os impactos ambientais, são critérios a se considerar na escolha. Mas, geralmente a maioria das empresas predomina tão somente comparação entre os custos financeiros para tomada de decisão. Outros fatores deveria compor o rol de decisão somado a questão econômica tais como, os possíveis impactos que uma escolha inadequada poderia gerar em termos sociais e ambientais. Considerando isto, o presente artigo procura contribuir através da comparação entre os dois tipos de transformadores, primeiramente às empresas que precisam realizar a escolha de maneira consciente e lúcida, e em segundo momento, à sociedade que deve estar atenta aos impactos ambientais que esta escolha possa gerar.

COMPARATIVO TÉCNICO

Nesse estudo, foram tratados os dados das cinco maiores empresas para a comparação dos dois tipos de transformadores nos aspectos manutenção, vida útil, obras civis, segurança, proteção, restrições ambientais, ambiente e certificação ISO 14000 e NR-10, a qual está vinculada com a gestão ambiental em empresas. As vantagens e desvantagens dos dois tipos de isolamento são apresentadas na Tabela 1 conforme (FINOCCHIO, 2010).

Tabela 1. Comparação entre transformadores.

Item	Material isolante	
	Óleo isolante	Resina epóxi (seco)
Manutenção	Deve ser periódica. Necessitando de substituições de óleo isolante, juntas, guarnições e acessórios.	Isento
Vida útil	30 anos	30 anos ou superior
Obras civis	Demanda de paredes e portas corta-fogo, sistema contra incêndio e poço para recolhimento de fluido em caso de vazamento.	Não demanda obras especiais.
Segurança	Risco de explosão e incêndio, vazamentos e contaminação do ambiente.	Não explode, não alimenta ou propaga incêndios.
Proteção	Vários acessórios para proteção e controle.	Apenas sensores de temperatura para alarme, desligamento e medição de temperatura.
Restrições ambientais	Risco de contaminação pelo vazamento do líquido isolante.	Sem restrições
Ambiente	São afetados pela umidade, salinidade, oxidante, etc.	Insensível à umidade e outros fatores ambientais
Certificações ISSO 14000 e NR10	Recomenda cuidados com este tipo de equipamento. Tendência a se evitar esta execução.	Não oferecer riscos ao ser humano e ao meio ambiente.

Em pesquisa recente revelou que 89% das pessoas conhecem o transformador a óleo, e apenas 11% o a seco. Observou-se ainda que 26% das pessoas conhecem os riscos que transformadores podem gerar (CAVALHEIRO, PAVAN, 2013).

A Figura 1 são apresentados os dois tipos de transformadores de 300kVA. Na Figura 1 (b), a cor vermelha se deve ao pigmento adicionado a que envolve as suas bobinas. Essa resina é constituída de pó de quartzo que diminui a quantidade de metal no transformador fazendo com que sua massa, volume e susceptibilidade a oxidação diminuam. O transformador da Figura 1 (a) é um equipamento a óleo compostos seu núcleo basicamente de metal. Além de todo o metal usado na estrutura do transformador, há uma grande quantidade extra de metal utilizada na fabricação dos radiadores dos transformadores a óleo.

Figura 1. Transformadores 300kVA: (a) a óleo e (b) a seco.



Os transformadores apresentam alto rendimento, devido às baixas perdas em relação à potência elétrica nominal. Na Tabela 2 são mostrados os valores típicos de rendimento para transformadores trifásicos respectivamente, os imersos em fluido isolante e a seco (GEROMEL, 2003). Ainda referente à Tabela 2 os rendimentos encontram-se classificados de acordo com a potência e a classe de tensão do equipamento (ABNT, 2014) e (ABNT, 2010).

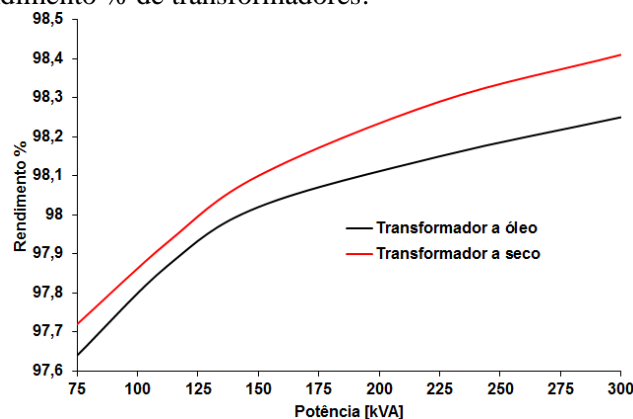
Tabela 2. Rendimentos típicos para transformadores trifásicos.

Transformadores Trifásicos imersos em óleo								
Classe (kV)	Potência (kV)							
	15	30	45	75	112,5	150	225	300
15	96,52	97,07	97,35	97,66	97,88	98,04	98,15	98,27
24,2	96,08	96,74	96,06	97,40	97,65	97,81	98,01	98,15
Transformadores Trifásicos a seco								
Classe (kV)	Potência (kV)							
	75	112,5	150	225	300	500	750	1000
15	97,68	97,91	98,05	98,30	98,39	98,52	98,76	98,80
24,2	97,40	97,91	97,94	98,00	98,23	98,44	98,72	98,74

Os valores de rendimentos apresentados na Tabela 2 consideram o transformador operando com 100% de sua carga nominal e à temperatura de 115°C (FINOCCHIO, 2010).

A Figura 3 representam os rendimentos percentuais médios de um lote de 30 transformadores para cada uma das seguintes potências: 75kVA, 112,5kVA, 150kVA, 225kVA e 300kVA.

Figura 3. Valores de rendimento % de transformadores.



A essência de um sistema isolante depende, do tempo e da temperatura que o mesmo está exposto. A conexão entre tempo e temperatura e seus efeitos na isolação é estudado a décadas. Em 1930, Montsinger disse que a vida útil do sistema isolante se reduz à metade para cada aumento de 10°C da temperatura da isolação (MONTISINGER, 1913).

Em (FUCHS, ROESLER, KOVACS, 1988), a estimativa da vida útil dos materiais isolantes é feita através da teoria clássica de "Arrhenius-Darkin". Que afirma que a vida útil da isolação está ligada à temperatura de serviço, e ao tempo de exposição da mesma. O fenômeno de deterioração do isolante baseia-se num processo químico, onde uma oxidação lenta e gradual causa o endurecimento do verniz isolante, resina epóxi ou óleo.

Desta forma, quebradiço, levando à perda da rigidez dielétrica e da flexibilidade mecânica. Isto retrata o envelhecimento gradativo do isolante no tempo, que vai perdendo suas propriedades isolantes (PIERCE, 1994), até não mais suporta a tensão aplicada e ocorrer um curto-circuito entre as partes energizadas.

Segundo (PACHECO, 2002), a degradação térmica de materiais orgânicos e inorgânicos de um equipamento elétrico, pode ser avaliada pela equação da taxa de reação formulada por Arrhenius, dada pela Equação 1:

$$\frac{dE_{vu}}{dt} = A e^{-\frac{E}{kT}}, \quad (1)$$

onde:

$\frac{dE_{vu}}{dt}$ - taxa de redução da vida útil em relação ao tempo;

E_{vu} - vida útil do isolamento do enrolamento;

t - tempo de vida em anos;

A - constante do material;

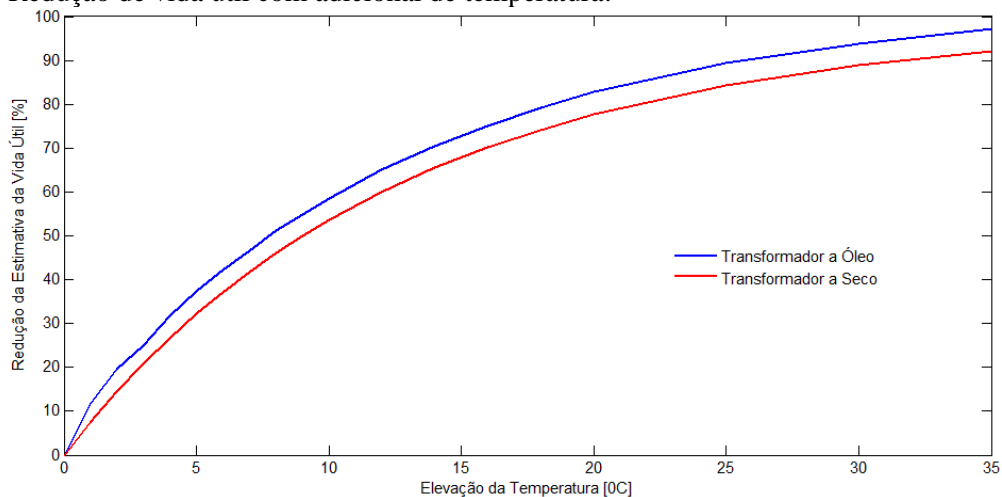
k - constante de Boltzmann igual a $0,8617 \cdot 10^{-4}$ [eV];

T - temperatura absoluta do ponto mais quente em graus Celsius;

E - energia de ativação da reação de envelhecimento [eV].

A Figura 4 sintetiza diminuição da vida útil do transformador de acordo com o aumento a temperatura. Comprovando que o transformador a seco apresenta uma vida útil maior.

Figura 4. Redução de vida útil com adicional de temperatura.



A Equação 1 fornece valores absolutos da vida útil de certo sistema isolante. Reconhece-se que o cálculo da vida útil a partir da temperatura de operação da isolação é trabalhoso. O motivo disto está na necessidade de se aguardar um longo período de tempo, até que a isolação sofra a primeira degradação, para poder avaliar o tempo de vida da mesma.

Evidências apontam que os transformadores a óleo não são perigosos apenas por causa do risco de explosão, mas também pelo risco iminente de vazamento de óleo e contaminação do ambiente. Até início dos anos 80, o óleo utilizado em transformadores era o Ascarel que foi proibido em 1981. Isto por apresentar na sua composição PCB's (Bifenila Policloradas) que pode causar lesões dermatológicas, alterações no fígado e rins, alterações psíquicas, perda da libido e cancerígenos

(FINOCCHIO, 1997). Atualmente são utilizados outros óleos isolantes como silicone, óleo isolante mineral. Mesmo esses óleos oferecem risco de vazamentos, explosões e incêndios.

CONCLUSÃO

Atualmente, as empresas procuram a ISO-14001, que é uma norma internacionalmente reconhecida que define o que deve ser feito para estabelecer um Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Portanto, é importante os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Desta forma vê-se que as empresas têm optado por transformadores a seco fazendo com que a escolha do equipamento transcenda apenas a questão de custo.

Quanto a segurança, o transformador a óleo possui maior suscetibilidade a falhas, oferecendo risco de explosão. Devido ao próprio funcionamento do transformador, o óleo isolante passa a conter alta concentração de gases dissolvidos, que se expandem rapidamente pelo corpo interno do transformador. Devido à presença do fluxo magnético devido a passagem de corrente elétrica, há a presença de calor dissipado pelo equipamento, que pode gerar risco de explosão destes gases.

Para o transformador a óleo, são gerados gastos com projeto, construção e montagem de alvenaria para compartimento separado por paredes corta-fogo, de bacia de contenção de óleo, de estruturas que permitam a coleta de eventuais vazamentos, com a construção de poço de contenção coletivo e com manutenção do equipamento.

A alternativa para substituição dos transformadores a óleo é os a seco, que não tem risco de vazamento, incêndio ou explosões, pois não tem material isolante líquido e são fabricados com material auto extingüível. Os transformadores a seco apresentam alta confiabilidade por terem maior vida útil e rendimento superior ao a óleo. Portanto, indicados para áreas com a presença de pessoas, como indústrias em geral, edifícios, prédios residenciais, hospitais, shopping centers.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5356-3: Transformadores de Potência. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5440: Transformadores de Distribuição. Rio de Janeiro, 2010.
- CAVALHEIRO, RENATO D.; PAVAN, ANDERSON D.. Estudo Comparativo entre Transformadores a Óleo e a Seco. Instituto de Biologia Animal. Campinas: UNICAMP, 2013.
- CHAPMAN, S. J. Electric Machinery Fundamentals. 5ª ed. Nova York: McGraw-Hill, 2012.
- DOS SANTOS, Elton Jeser Diniz; COVACIC, Márcio Roberto; GEROMEL, Luiz Henrique. Análise do Encapsulamento de Bobinas de Alta Tensão Utilizando Medição de Descargas parciais e Sistemas Inteligentes. DINCON 2011: 11ª Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações. Águas de Lindóia, São Paulo, 2011.
- GEROMEL, Luiz Henrique. Aplicação de Sistemas Inteligentes em Projetos de Transformadores de Potência. Tese de Doutorado. Campinas: UNICAMP, 2003.
- FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. Determinação da Temperatura de Enrolamentos de transformadores a Seco e de suas Perdas Totais Baseado em Redes Neurais Artificiais. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2010.
- FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. Ascarel um Risco Ocupacional e suas Alternativas de Substituição. Monografia de Pós-graduação. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 1997.
- FUCHS, E. F.; ROESLER, D. J.; KOVACS, K. P., "Aging of Electrical Appliances due to Harmonics of the Power Systems Voltage", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. PWRD-1 no 3, July 1988.
- MONTSINGER, V. M., "Loading Transformers by Temperature", AIEE Transaction, vol. 32, 1913.
- PIERCE, Linden W.. Thermal Considerations in Specifying Dry-Type Transformers. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 30, no 4, July/August 1994.
- PACHECO, Cláudio R.. Modelagem e Análise do Desempenho Térmico de Cabos Elétricos Isolados no Contexto da Qualidade da Energia Elétrica. Tese de Doutorado. Uberlândia: UFU, Abril/2002.
- STIGANT, A. S.; FRANKLIN, J. S. C. The J&P Transformer Book. Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 1983.