

**Universidade Federal de Viçosa
UFV**

Departamento de Engenharia Elétrica



**ELT 366
Laboratório de Máquinas Elétricas I**

Relatório 03

Autores

- | | |
|-------------------|-------|
| 1. Hiago Batista | 96704 |
| 2. Wérikson Alves | 96708 |

Professor

José Resende

Viçosa, Julho de 2021

Sumário

1	Introdução	2
2	Metodologia	2
3	Resultados	2
4	Discussão	3
5	Considerações Finais	4

1 Introdução

Em geral, as máquinas elétricas aquecem devido ao efeito Joule nos enrolamentos e no ferro. Nas máquinas rotativas (motores e geradores) o aquecimento é menor, pois estão em constante movimento e dissipando o calor pelo ar, entretanto em transformadores, em especial os de grande porte (potência e tensão maiores que 20kVA e 6kV) é um dispositivo estático o seu aquecimento é maior, necessitando assim de algum sistema de arrefecimento. Portanto, para transformadores com tensão superior a 6 kV e potência superior a 20kVA, foi necessário que na sua construção seja incluído um óleo para fazer a refrigeração.

Além disso, o óleo também tem a função de aumentar a isolamento do sistemas, aumentando assim a sua segurança. Entretanto, para que seja obtidos os benefícios de utilizar o óleo, é necessário que ele esteja em bom estado para uso, pois caso contrário poderá até piorar o sistema. Dito isto, neste relatório será verificado a qualidade do óleo através do teste de Rigidez Dielétrica (RD).

2 Metodologia

Para este teste, será utilizado os seguintes materiais:

- Analisador Portátil de RD;
- Amostras de óleo do transformador.

Para este ensaio, também será utilizado as equações: Rigidez Dielétrica e test

T de student, como podem ser observadas abaixo:

$$E_c = \frac{V_c}{d_c} \quad (1)$$

$$t = \frac{\overline{X}_1 \cdot \overline{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)}} \quad (2)$$

- E_c - Rigidez dielétrica;
- V_c - Tensão de Ruptura;
- d_c - espaçamento entre eletrodos (2,54mm);
- n_k - numero de amostras;
- \overline{X}_k - média da amostra k;
- s_k^2 - variância da amostra k.

Além dessas equações, também utilizaremos a Tabela 1 para classificar a qualidade do óleo:

Tabela 1 – Valores Padronizados

Acima de 35kV	Excelente
30 à 35 kV	Muito Bom
25 à 30 kV	Bom
20 à 25 kV	Satisfatório
15 a 20 kV	Duvidoso
Abaixo de 15 kV	Rejeitável

3 Resultados

Dado as tensões de rupturas obtidas através do teste de RD, foi construída as Tabelas 2 e 3. Perceba pela Tabela 4 que a amostra de óleo teve um resultado muito superior ao valor do Ar. Se aplicarmos o test T de student para as duas amostras

(óleo e ar), podemos afirmar com 98,5% de confiança, que a amostra de óleo é significativamente maior que a amostra de ar.

Tabela 2 – Tensões de ruptura observadas no óleo.

Amostra de Óleo		
Porção	Leitura	Tensão de Ruptura (kV)
1	1 ^a	29
1	2 ^a	23
1	3 ^a	18,5
1	4 ^a	9,5
1	5 ^a	39,7
1	6 ^a	12,5

Tabela 3 – Tensões de ruptura observadas no ar.

Amostra de Ar		
Porção	Leitura	Tensão de Ruptura (kV)
1	1 ^a	9,1
1	2 ^a	9,6
1	3 ^a	7,2
1	4 ^a	9
1	5 ^a	10,1

Tabela 4 – Valores médios da tensão de ruptura e Rigidez Dielétrica.

	Óleo	Ar
Tensão (kV)	22,03	9
RD (kV/m)	8673	3543

4 Discussão

Óleo ou Ar

Baseado nos resultados obtidos, podemos afirmar com 98,5% de confiança que a amostra de óleo possui RD significativamente maior que a RD do ar.

O ar poderia ser usado, em vez de óleo, em um transformador?

O ar pode ser usado sim em transformadores, quando há esse tipo de uso é chamado de transformador a seco. No caso deste transformador (1 kVA 110 V), é possível sim utilizar o ar como elemento isolante.

Em contrapartida, isto não pode ser usado nos grandes e médios transformadores, pois a RD do ar não seria capaz de fornecer o correto isolamento, sendo assim haveria faiscamento e arco elétrico.

Discrepância dentro da mesma amostra

Se observamos a Tabela 2, podemos ver que na 4^a e 5^a leitura, os valores foram muito discrepantes, e além disso o desvio padrão dessa amostra é de 11,15 kV, o que é um valor muito alto.

Sendo assim, uma justificativa do que pode ter causado essa discrepância é que pode ter ocorrido bolhas de ar dentro do óleo, ou até mesmo haver impurezas no óleo.

Intervalo de tempo entre as amostas

É necessário haver um intervalo de tempo entre as leituras (cerca de 3 minutos), pois é o tempo mínimo necessário para que o óleo retorne a temperatura ambiente e não haja bolhas de ar que podem interferir na leitura da RD.

Distância entre os eletrodos

Caso a distância entre os eletrodos fosse diminuída pela metade, a tensão de ruptura também se reduziria. Isto se deve ao fato de que menos energia seria necessária para romper a RD do óleo, pois agora a distância entre eles é menor. Sendo assim, os valores obtidos de tensão de ruptura não podem ser utilizados para classificar a qualidade do óleo pela Tabela 1.

Forma dos eletrodos

A forma recomendada pela norma é a de placas paralelas, para que densidade superficial de cargas seja homogênea. Caso fosse utilizado condutores pontiagudos haveria diferença entre os valores medidos. Isto se deve ao efeito corona, pois neste caso as cargas tendem a se acumular na superfície do condutor e não no seu interior, dessa forma a densidade superficial de carga será maior em algumas regiões e irá favorecer o rompimento da rigidez dielétrica da nossa amostra. Sendo assim, o condutor pontiagudo diminui significativamente a precisão do nosso teste.

Necessidade de restaurar o óleo

Para o teste realizado, foi obtido um valor médio de tensão de ruptura de 22,03 kV, portanto pela Tabela 1 o óleo está num nível satisfatório, sendo assim não é necessário a substituição e nem a filtração.

5 Considerações Finais

Percebe-se, portanto, que o teste foi realizado com sucesso e conseguimos alcançar o nosso objetivo: determinar a qualidade do óleo. Verificamos que o óleo utilizado possui uma rigidez dielétrica média de $E_c = 8673 \text{ kV/m}$ e tensão de ruptura média de $V_c = 22,03 \text{ kV}$, sendo assim o nosso óleo está em um nível satisfatório e não necessita de filtração ou substituição.