



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA - FIM

ML202-D

El reactor con núcleo de hierro

Profesor:

Ing. Emilio Asunción Marcelo Barreto

Autores:

Gonzales Gonzales Jorge Siul 20112506H

Granados Gutiérrez Antonio 20160234D

Isidro Ollero Alexander Emanuel 20160233H

Jibaja Ceron Cesar Francisco 20161193J

09 Mayo 2022

Índice

1. Objetivos	2
2. Normas de seguridad empleadas en la experiencia	2
3. Objetivo	4
4. Fundamento teórico	4
5. Procedimiento	4
5.1. Obtención de resistencias en D.C.	4
5.2. Prueba de vacío	4
5.3. Prueba de cortocircuito	5
6. Cuestionario	6

1. Objetivos

- Obtener la curva de magnetización del núcleo ferromagnético de un reactor.
- Observar en el osciloscopio el lazo de histéresis dinámico y la forma de onda de la corriente de excitación.
- Realizar la separación de pérdidas del núcleo.

2. Normas de seguridad empleadas en la experiencia

Para el laboratorio 1 se tuvieron en cuenta las siguientes medidas:

Antes del laboratorio

- Capacitación en el manejo de los equipos a usar.
- Lectura del reglamento y normas de seguridad del laboratorio.
- Se nos requirió usar los siguientes implementos personales durante el laboratorio:
 - Botas dieléctricas
 - Guardapolvo
 - Opcional: Casco de seguridad
 - Opcional: Guantes aislantes

Durante el laboratorio

- Mantener apagado la fuente principal.
- No energizar las conexiones mientras no se haya terminado de montar y revisar el circuito de la experiencia.
- Realizar la separación de pérdidas del núcleo.

Después del laboratorio

- Obtener la curva de magnetización del núcleo ferromagnético de un reactor.
- Observar en el osciloscopio el lazo de histéresis dinámico y la forma de onda de la corriente de excitación.

- Realizar la separación de pérdidas del núcleo.

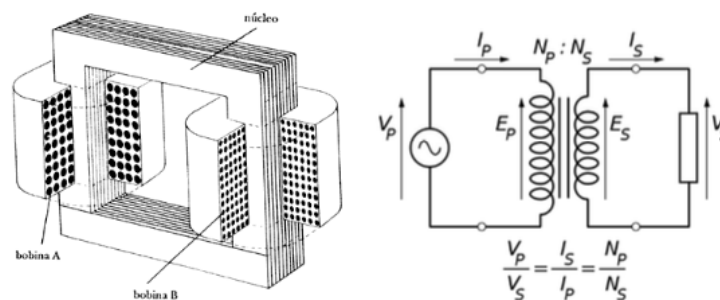
3. Objetivo

- Obtener la curva de magnetización del núcleo ferromagnético de un reactor.
- Observar en el osciloscopio el lazo de histéresis dinámico y la forma de onda de la corriente de excitación.
- Realizar la separación de pérdidas del núcleo.

4. Fundamento teórico

Transformador monofásico

Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferro magnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.



Modelo eléctrico equivalente

5. Procedimiento

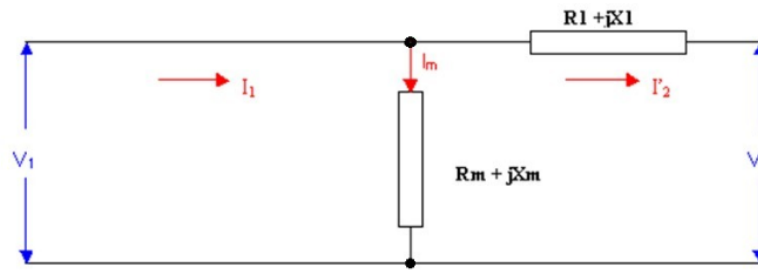
5.1. Obtención de resistencias en D.C.

Medir las resistencias de cada enrollamiento y anotar la temperatura ambiente. Corregir los valores a la temperatura normalizada de referencia 75°C .

5.2. Prueba de vacío

Consiste en aplicar una tensión nominal V_1 en cualquiera de los enrollados del transformador, con el otro enrollado abierto, se le aplica al lado 1 voltaje y frecuencia

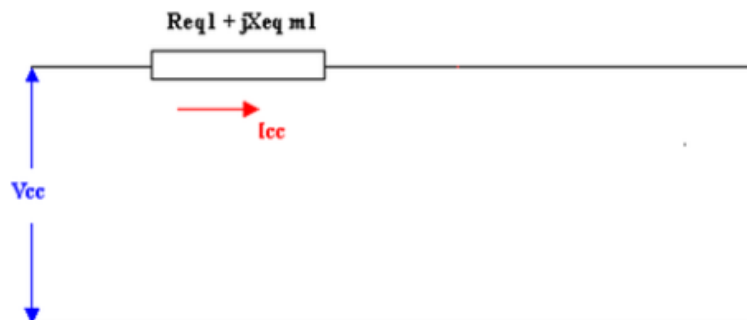
nominal, registrándose las lecturas de la potencia de entrada en vacío P_0 y la corriente en vacío I_1 . Es obvio que los únicos parámetros que tienen que ser considerados en la prueba de vacío son R_m y jX_m , la impedancia de dispersión, $R_1 + jX_1$, no afecta a los datos de prueba. Usualmente, la tensión nominal se aplica al enrollado de baja tensión. La figura 1, muestra el circuito de prueba utilizado.



Circuito equivalente para la condición de vacío.

5.3. Prueba de cortocircuito

Esta prueba se realiza a voltaje reducido, hasta que circule una corriente nominal por el circuito. En este caso no se toma la rama de magnetización, esto es debido a que solo se requiere un pequeño voltaje para obtener las corrientes nominales en los embobinados debido a que dichas impedancias son limitadas por la impedancia de dispersión de los embobinados, por lo tanto, la densidad de flujo en el núcleo será pequeña en la prueba de cortocircuito, las pérdidas en el núcleo y la corriente de magnetización será todavía más pequeña. La tensión reducida V_{cc} , llamada frecuentemente tensión de impedancia, se soluciona para que la corriente de cortocircuito I_{cc} no ocasione daño en los enrollamientos. Se escoge usualmente I_{cc} como la corriente de plena carga. Usualmente esta prueba se hace por el lado de alto voltaje.



Circuito equivalente para la condición de cortocircuito.

6. Cuestionario

1. Incluir en el informe los datos tomados en las experiencias realizadas.
Datos de la prueba en vacío[1]:

a	$V_1(V)$	$I_0(A)$	$P(W)$	$V_2(V)$	$FP(\%)$	$S(VA)$
1.7113	20.69	0.014	0.02	12.09	6.90	0.28966
1.7088	30.57	0.018	0.11	17.89	19.99	0.55026
1.7057	39.81	0.022	0.24	23.34	27.40	0.87582
1.7005	51.15	0.026	0.44	30.08	33.09	1.3299
1.6982	60.10	0.030	0.72	35.39	39.93	1.803
1.6970	70.80	0.035	1.05	41.72	42.37	2.478
1.6966	81.20	0.039	1.38	47.86	43.58	3.1668
1.6956	90.56	0.044	1.83	53.41	45.93	3.98464
1.6951	100.81	0.050	2.51	59.47	49.80	5.0405
1.6803	112.18	0.058	3.35	66.76	51.49	6.50644

Datos de la prueba en corto circuito:

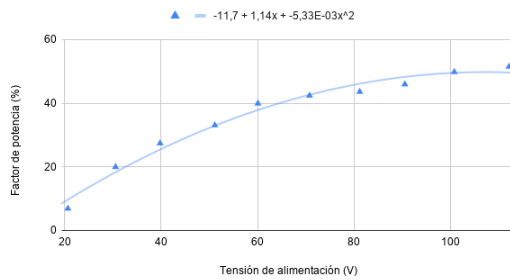
$V_{1cc}(V)$	$I_{1cc}(A)$	$P_{cc}(W)$	$FP(\%)$	$S(VA)$
2.095	1.000	1.976	94.30	2.095
2.400	1.250	2.840	94.67	3.000
3.280	1.720	5.366	95.12	5.642
4.200	2.220	8.898	95.43	9.324
4.828	2.530	11.701	95.79	12.215
5.550	2.920	15.577	96.12	16.206
6.620	3.470	22.144	96.40	22.971
7.500	3.940	28.634	96.90	29.550
8.14	4.280	34.003	97.60	34.839

Datos de la prueba con carga

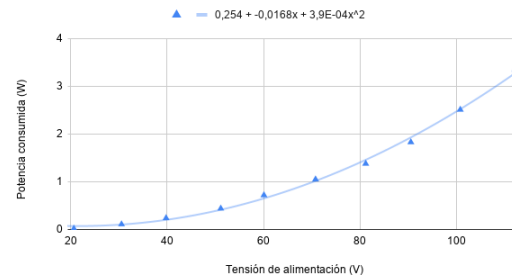
$V_1(V)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$P(W)$	R_p : Resistencia Ensayada
220	2.320	4.000	466.56	29.46
220	1.760	3.000	350.2	39.5
220	1.200	2.000	233.6	59.75
220	0.640	1.000	114.84	120.88

2. Del ensayo de vacío trazar las curvas de factor de potencia $\cos\theta_0(\%)$, potencia consumida $P_0(W)$ y corriente en vacío $I_0(A)$ como funciones de la tensión de alimentación, asimismo graficar la curva relación de transformación.

FP vs V1

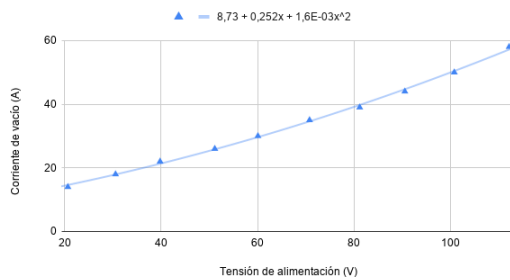


P0 vs V1

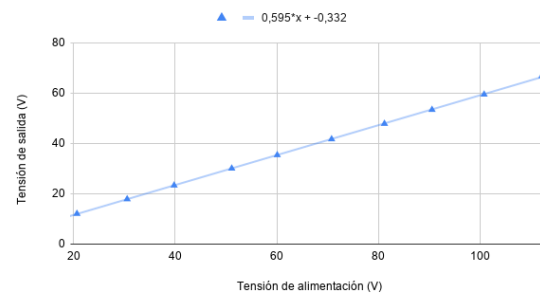


Factor de Potencia vs Tensión de entrada. Potencia consumida vs Tensión de entrada.

I0 vs V1



V2 vs V1

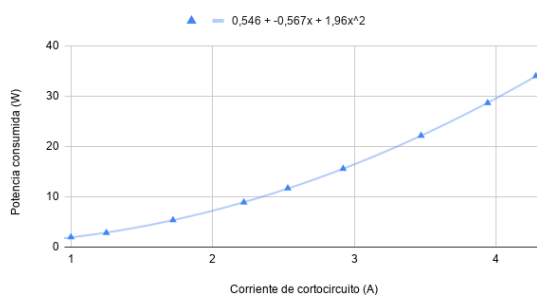


Corriente de vacío vs Tensión de entrada.

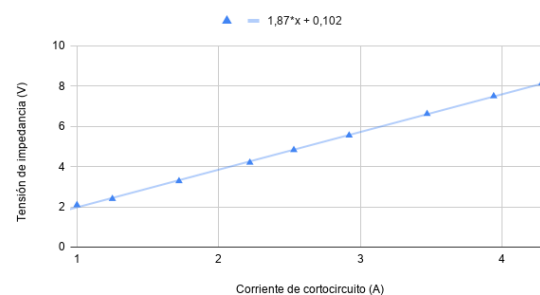
Relación de transformación.

3. Del ensayo de cortocircuito graficar a partir de las lecturas la potencia consumida $P_{cc}(W)$, la tensión de impedancia $V_{cc}(V)$ y el factor de potencia de cortocircuito $\cos\theta_{cc}(\%)$ como funciones de la corriente de cortocircuito $I_{cc}(A)$

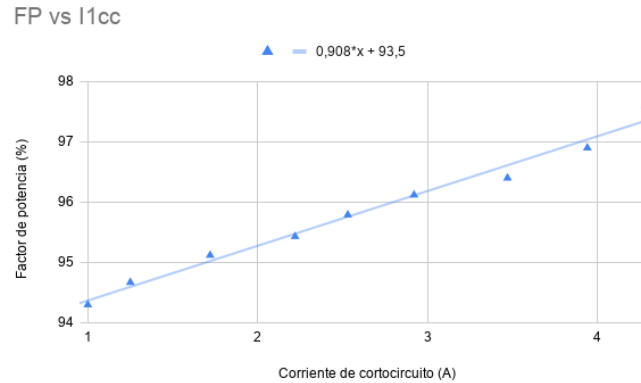
Pcc vs I1cc



V1cc vs I1cc



Potencia consumida vs Corriente de cor-Tension de impedancia vs Corriente de tocircuito.



Factor de potencia vs Corriente de cortocircuito.

4. Utilizando los datos de las dos primeras pruebas hallar el circuito equivalente exacto del transformador para condiciones nominales.
Con los datos obtenidos, obtenemos la corriente de vacío y potencia respectiva para el voltaje nominal del primario $V=110$.

$$V_1 = 110V, I_1 = 0,056, P_0 = 3,17W$$

De la prueba de vacío:

$$g_2 = \frac{P_{Fe}}{V_0^2}$$

Las pérdidas del hierro son las mismas que las pérdidas obtenidas en el ensayo de vacío.

$$g_1 = \frac{3,17}{110^2} = 261,983 \times 10^{-8} mho$$

También:

$$b_1 = (y_0^2 - g_1^2)^{\frac{1}{2}} = \left(\left(\frac{I_0}{V_0} \right)^2 - g_1^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$I_0 = 0,056A, V_0 = 110V$$

Reemplazando se obtiene:

$$b_1 = 436,507 \times 10^{-6} mho$$

Para la prueba de corto circuito interpolando los valores para la corriente nominal de 4A:

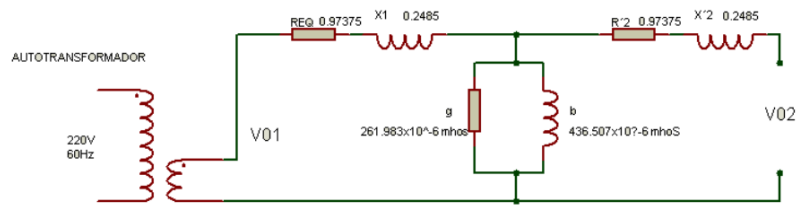
$$V_{cc} = 8,04V, I_{cc} = 4,00A, P_{cu} = 31,16W$$

$$R_{eq} = P_{cu}/I_{cc}^2 = 1,9475\Omega$$

$$x_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2} = \sqrt{\left(\frac{V_{cc}}{I_{cc}}\right)^2 - R_{eq}^2}$$

$$x_{eq} = 0,497\Omega$$

El circuito equivalente reducido al primario quedaría:



Circuito equivalente.

5. Con el circuito equivalente aproximado trazar el diagrama fasorial del transformador, es decir, V_a vs I_a

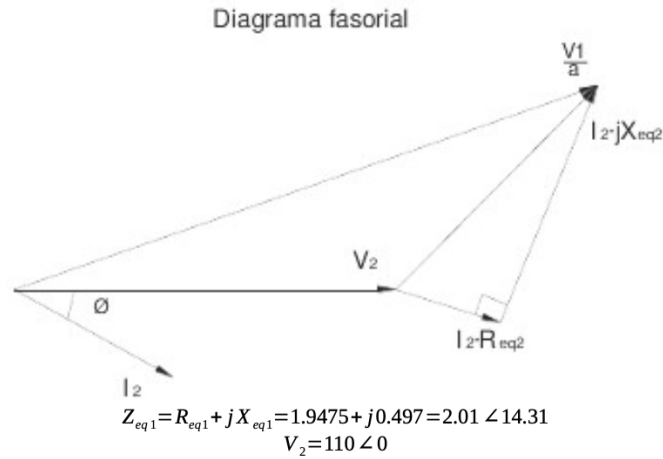
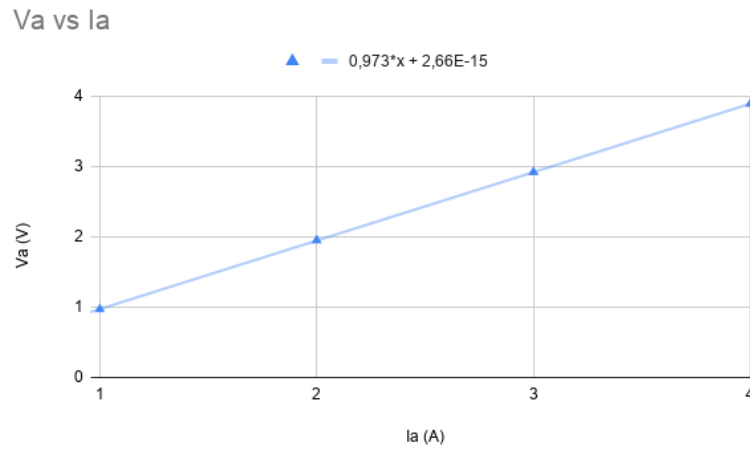


Diagrama fasorial.

6. Con los datos del ensayo con carga a factor de potencia 1, graficar la curva V_a vs I_a ,y compararlo con el gráfico encontrado en 4, explicar las diferencias. Sabemos que:

$$V_a = E_2 - Z_{eq2}I_2$$



Curva Va vs Ia.

7. Para las diversas cargas determinar la caída de tensión interna μ en % según la expresión:

$$\mu(\%) = \frac{V_{o2} - V_2}{V_{o2}} \times 100$$

$E_2(V)$	V_2	$V_a(A)$	$\mu(\%)$
125.7	121.81	3.89	3.193
126.01	123.09	2.92	2.372
126.32	124.37	1.95	1.568
126.63	125.66	0.97	0.772

8. Calcular la regulación de tensión para carga nominal con $\cos\phi = 0,8$ capacitivo. Asimismo calcular la eficiencia del transformador para estas condiciones:

$$\eta = \frac{V_{AN} I_{AN} \cos\theta}{V_{2N} I_{2N} \cos\theta + P_0 + P_L(75C)}$$

$$r = \left[\frac{I_{n2} (R_2 \cos\theta + X_2 \sin\theta)}{V_{2n}} + \frac{1}{2} \left(\frac{I_{2n} (X_2 \cos\theta - R_2 \sin\theta)}{V_{2n}} \right)^2 \right] 100$$

$$V_{2n} = 110V; I_{2n} = 4A; R_2 = 0,2434; X_2 = 0,062125$$

Reemplazando en la ecuación la regulación de tensión es:

$$r = 0,89$$

La eficiencia del transformador:

$$\eta = 90,82(\%)$$

9. Comparar las pérdidas en el cobre $I_{1N}^2 R_T(W)$ con las pérdidas de carga $P_L(75C)$ dada por la expresión:

$$P_L(75C) = I_{1N}^2 R_1 + \frac{235 + 75}{235 + t} + (P_{cc}(t) - I_{1N}^2 R_1) \frac{235 + t}{235 + 75} \quad (1)$$

Donde:

I_{1N} : Corriente nominal en el primario.

R_t : Resistencia equivalente en el arrollamiento primario a $tC = R_{1t} + a^2 R_{2t}$.

Las pérdidas en el cobre han sido halladas en el ensayo de cortocircuito.

$$I_{1n}^2 R_t = 31,16W$$

Con los datos hallados en la experiencia e interpolando tenemos los siguientes datos Para nuestra experiencia usaremos: $T = 23C$

$$I_{1n} = 4A; P_{cc} = 31,16W; R_1 = 0,9737\Omega; I_{2n}^2 R_1 = 15,58W$$

Reemplazamos en la Ec. (1):

$$P_L = 45,3281W$$

Observamos que las pérdidas en el cobre $I_{1n}^2 R_t$ y las perdidas en la carga P_l a $75C$ son valores cercanos.

Referencias

- [1] Informe de laboratorio 02 “transformador monofásico”. pages 15–16, May 2016.
Accessed: 2020-06-22.