



ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS
(3º de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial)

LABORATORIO

PRÁCTICA Nº 1

(1ª Parte)
INFORME

Alumnos: Jon Betolaza Beloki
Igor Blanco Anacabe

Año Académico: 2014-15

Grupo de Laboratorio: 1

Puesto: 4

Fecha: 16/10/2014

Hora: 8:00

CALIFICACION



Observaciones:

DC → corriente continua = — —
AC → corriente alterna ~

2.1. INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar con los ensayos de las máquinas eléctricas, en esta práctica se presentan una serie de montajes básicos de circuitos eléctricos. Con estos montajes se pretende que el alumno adquiera destreza en diversas técnicas de medida y dominio en la utilización de los diferentes aparatos de medida y mesas de ensayo, que será necesario emplear para la realización de los ensayos de las máquinas eléctricas.

Los montajes básicos a desarrollar en el presente capítulo son:

- Medida de resistencias por el método industrial
- Medida del coeficiente de autoinducción
- Análisis de las características eléctricas de un circuito serie
- Análisis de las características eléctricas de un circuito paralelo
- Medida de potencia activa en corriente alterna trifásica

2.2. MEDIDA DE RESISTENCIAS

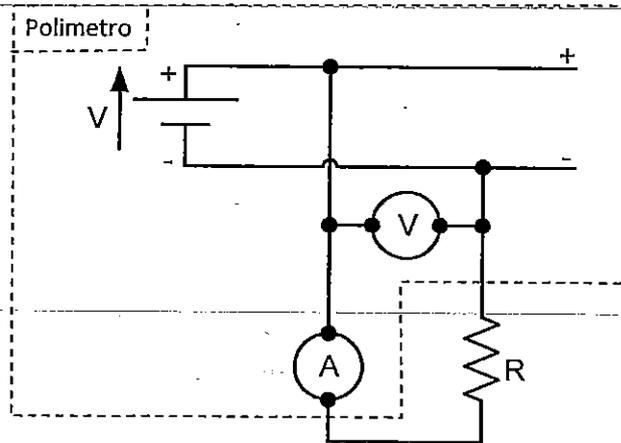


Figura 2.1. Medida de resistencias

VALOR TEORICO (Ω)	LECTURAS		RESISTENCIA CALCULADA (Ω)	ERROR	
	LECTURA POLIMETRO (Ω)	RESISTENCIA CABLES (Ω)		$\frac{R_{\text{read}} - R_{\text{calculada}}}{R_{\text{teorico}}}$ ABSOLUTO (Ω)	$\frac{R_{\text{read}} - R_{\text{calculada}}}{R_{\text{read}}}$ RELATIVO (%)
330	333	0'5	332'5	1'5	0'75%
165	175	0'5	174'5	10	6'06%
110	111	0'5	110'5	0'5	0'45%

Tabla 2.1. Resultados de la medida de resistencias por el método industrial

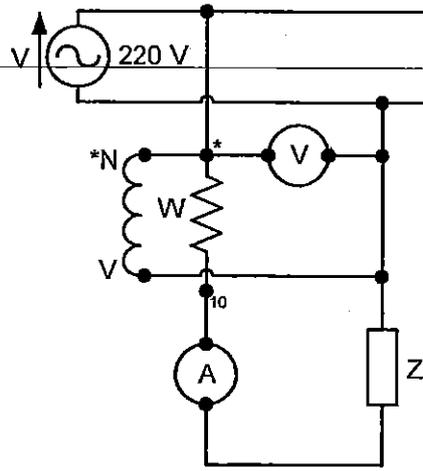
$$L = \frac{X}{\omega} = \frac{X}{2\pi f}$$

2.3. MEDIDA DEL COEFICIENTE DE AUTOINDUCCIÓN

Valor de la autoinducción empleada en el circuito:

$$L = 330 \text{ mH}$$

$$K = \frac{E_1 \cdot E_2}{N^2 \text{ divisiones } \text{to} / \text{div}}$$



$$\frac{5 \cdot 300}{25}$$

$$V = R \cdot I$$

$$Z = \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

25 divisiones

Figura 2.2. Medida del coeficiente de autoinducción

$$X = L \cdot \omega$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

Valor Teórico	V	I	W	K	P	R	Z	X	L
L=330 mH	227	0.22 1.89	1.89 1.8	20	36	10 ⁰⁸ 10.22	103.64 120	119.57	380

300 V
5A
✓

Tabla 2.2. Resultados de la medida del coeficiente de autoinducción

siendo:

↑ amperemetro W ↑ Rech. voltim. K = $\frac{E_1 \cdot E_2}{N^2 \text{ divisiones}}$

- V: Tensión aplicada (V)
- I: Intensidad que circula a través de la bobina (A)
- W: Lectura del vatímetro (div)
- K: Constante de lectura del vatímetro (W/div)
- P: Potencia activa absorbida por la bobina (W)
- R: Resistencia interna de la bobina (Ω)
- Z: Impedancia de la bobina (Ω)
- X: Reactancia inductiva de la bobina (Ω)
- L: Coeficiente de autoinducción de la bobina (mH)
- ω : $2\pi f$ (314,16 rad/s, por ser $f = 50$ Hz)

2.4. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE UN CIRCUITO SERIE

Valores de la resistencia, de la autoinducción y de la capacidad empleadas en el circuito:

$$R = 330 \ \Omega$$

$$L = 500 \text{ mH}$$

$$C = 64 \ \mu\text{F}$$

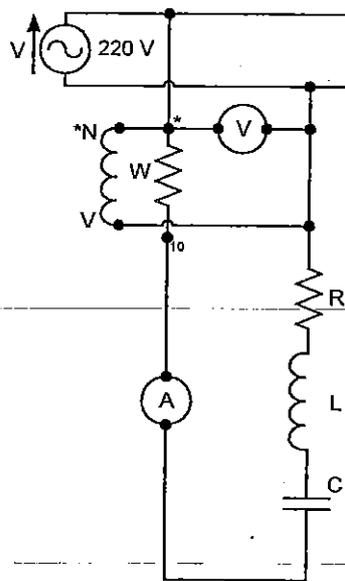


Figura 2.3. Análisis de un circuito R-L-C serie

MAGNITUD		VALOR
V	Tensión aplicada (V)	224
I	Intensidad que circula por el circuito (A)	0.06 0.56
P	Potencia activa absorbida por el sistema (W)	14.5 120
cos φ	Factor de potencia del sistema	10.42
V _R	Tensión en los bornes de la resistencia (V)	198
V _L	Tensión en los bornes de la autoinducción (V)	105.8
V _C	Tensión en los bornes de la capacidad (V)	27.9

$\cos \phi = \frac{P}{VI}$
 $\cos \phi = \frac{120}{224 \cdot 0.56}$
 $\cos \phi = \frac{10.42}{1}$

Tabla 2.3. Resultados de las medidas del circuito serie

A partir de los valores medidos en el ensayo se puede verificar que se cumple que:

$$V \neq V_R + V_L + V_C$$

V	224
V _R + V _L + V _C	331.7

Se cumple

y que

$$\underline{V} = \underline{V}_R + \underline{V}_L + \underline{V}_C \quad \text{ó} \quad V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

V	224
$\sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$	212.78



ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS
(3º de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial)

LABORATORIO

PRÁCTICA Nº 1

(2ª Parte)

INFORME

Alumnos: Jon Betolaza
Gonzalo Aguirre

Año Académico: 2014-15

Grupo de Laboratorio: A

Puesto: 8

Fecha: 27/11/2014

Hora: 8:00

CALIFICACION



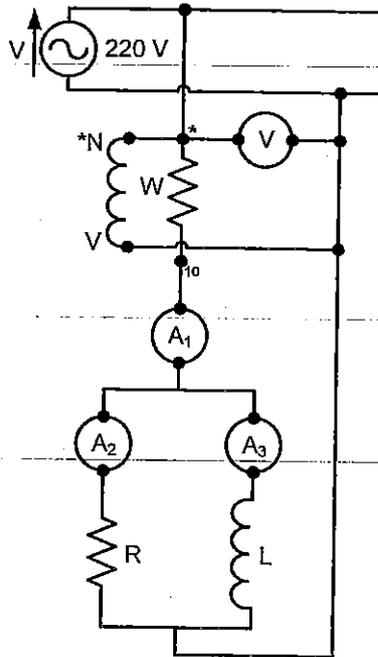
Observaciones:

2.5. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE UN CIRCUITO PARALELO

Los valores de la resistencia y de la autoinducción empleadas en el circuito son:

$$R = 330 \ \Omega$$

$$L = 500 \ \text{mH}$$



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{V \cdot I}$$

$$S = V \cdot I$$

$Q = I^2 X_L$

Figura 2.5. Análisis de un circuito R-L paralelo

MAGNITUD		VALOR
V	Tensión aplicada (V)	220
I ₁	Intensidad que circula por el circuito (A)	1'4
I ₂	Intensidad que circula por la resistencia (A)	0'637
I ₃	Intensidad que circula por la autoinducción (A)	1'264
P	Potencia activa absorbida por el sistema (W)	310'170
S	Potencia aparente absorbida por el sistema (VA)	308
Q	Potencia reactiva absorbida por el sistema (VAr)	256'83
cos φ	Factor de potencia del sistema	0'55

Tabla 2.4. Resultados de las medidas del circuito paralelo

A partir de los valores medidos y calculados se puede verificar que se cumple que:

$$I_1 \neq I_2 + I_3$$

I ₁	1'4
I ₂ + I ₃	1'901

Se cumple

y que

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad \text{ó} \quad I_1 = \sqrt{I_2^2 + I_3^2}$$

I_1	1'4
$\sqrt{I_2^2 + I_3^2}$	1'41

Se cumple ✓

2.6. MEDIDA DE LA POTENCIA ACTIVA EN CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA

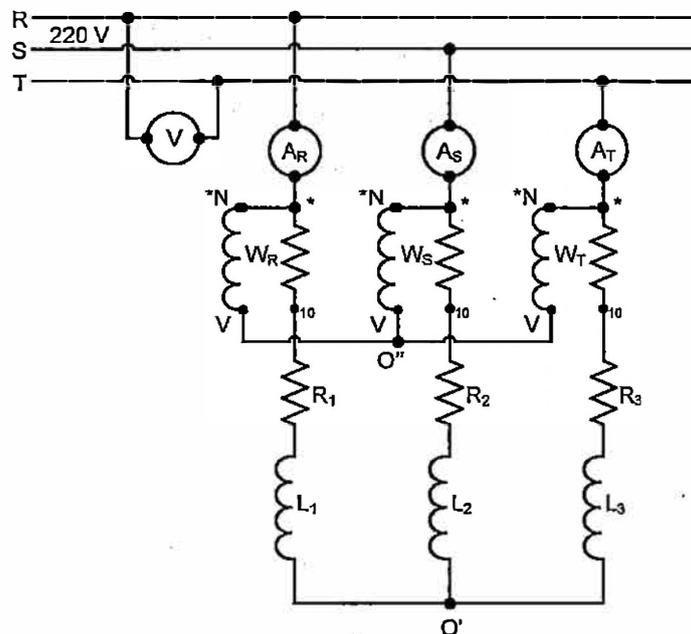
2.6.1. Esquema fundamental

Los valores teóricos de la resistencia y la autoinducción empleados en cada fase son

$R = 4 \Omega$
$L = 50 \text{ mH}$

de forma que se ha dispuesto una carga trifásica simétrica ($R_1 = R_2 = R_3$ y $L_1 = L_2 = L_3$).

2.6.2. Medida de potencia activa por el método de los tres vatímetros



$$P = P_R + P_S + P_T$$

$$\leq \sqrt{3} \cdot U_{AT} \cdot I_R =$$

$$= \sqrt{3} \cdot U \cdot \left(\frac{I_R + I_S + I_T}{3} \right)$$

Figura 2.8. Medida de potencia activa con el método de los 3 vatímetros

Los valores obtenidos son los registrados en la Tabla 2.5.

I_R	I_S	I_T	U	W_R	W_S	W_T	K_R	K_S	K_T	P	Q	$\cos \phi$
0'626	0'709	0'680	220	36	29	24	20	10	20	89	247	0'33

Tabla 2.5. Resultados de las medidas de potencia con el método de los tres vatímetros

$$S = 264 \cdot 8$$

siendo:

- $I_{R,S,T}$: Intensidades por cada fase (A)
- U : Tensión entre fases aplicada al sistema (V)
- W : Lectura de cada vatímetro (div)
- K : Constante de lectura de cada vatímetro (W/div)
- P : Potencia activa absorbida por el sistema (W)
- Q : Potencia reactiva absorbida por el sistema (VAr)
- $\cos \varphi$: Factor de potencia del sistema

Los valores de la potencia aparente (S), potencia reactiva (Q) y factor de potencia ($\cos \varphi$) se calculan a partir de los valores medidos en el circuito:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot U \cdot \left(\frac{I_R + I_S + I_T}{3} \right) = 2649$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 2494$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = 0.33$$

2.6.3. Medida de potencia activa por el método de los dos vatímetros

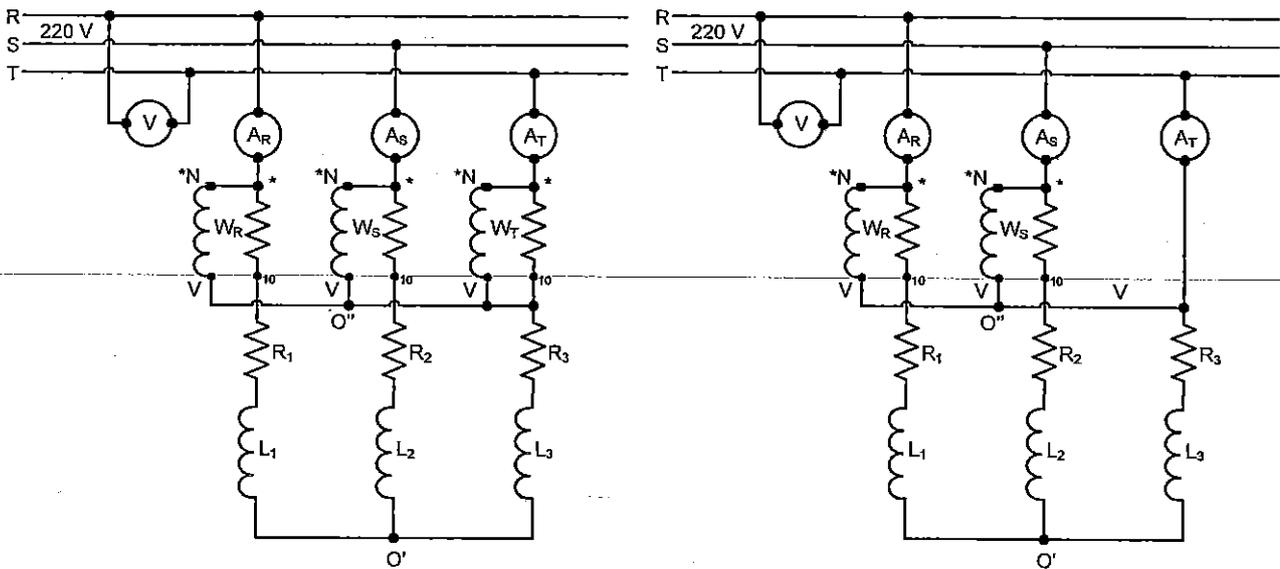


Figura 2.9. Medida de potencia activa con el método de los 2 vatímetros

Los valores obtenidos son los registrados en la Tabla 2.6.

I_R	I_S	I_T	U	W_R	W_S	K_R	K_S	P	Q	$\cos \varphi$
0.683	0.707	0.688	220	-36	+120	20	10	84	2502	0.318

Tabla 2.6. Resultados de las medidas de potencia con el método de los dos vatímetros

siendo:

- $I_{R,S,T}$: Intensidades por cada fase (A)
- U : Tensión entre fases aplicada al sistema (V)
- W : Lectura de cada vatímetro (div)

$P = W \cdot K$

- K: Constante de lectura de cada vatímetro (W/div)
- P: Potencia activa absorbida por el sistema (W)
- Q: Potencia reactiva absorbida por el sistema (VAR)
- $\cos \varphi$: Factor de potencia del sistema

Los valores de la potencia aparente (S), potencia reactiva (Q) y factor de potencia ($\cos \varphi$) se calculan a partir de los valores medidos en el circuito:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot U \cdot \left(\frac{I_R + I_S + I_T}{3} \right) = 263'94$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 250'2$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = 0'318$$

¿Ha habido alguna incidencia en la lectura de alguno de los dos vatímetros?

En ~~la~~ el último circuito la lectura del vatímetro de R nos daba negativo y por tanto su lectura era cero.

¿Cómo se ha solucionado?

Hemos tenido que cambiar la polaridad, ~~de~~ teniendo en cuenta que ~~en~~ el signo era negativo al apuntar el valor.

¿Por qué la solución adoptada ha permitido realizar la lectura?

Porque al cambiar la polaridad, hemos cambiado el sentido del voltaje en el vatímetro y de esta forma nos daba una lectura positiva. Por esto es muy importante acordarse que esa lectura hay que ponerla en negativo después.

Comparar los valores de la Tabla 2.6 con los de la Tabla 2.5. ¿Qué relación debe existir entre ellos?

Que tanto la P , como la Q , la S y el coseno de ϕ tienen que ser los mismos, al igual que las intensidades que circulan por las ramas.

¿Por qué se cumple (o no) esta relación en los valores obtenidos?

Porque es el mismo circuito, donde lo único que cambia es la forma de medir las potencias, pero sus valores no.

Observaciones

--



ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

(3º de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial)

LABORATORIO

PRÁCTICA Nº 2

INFORME

Alumnos: *Gonzalo Aguirre*
Jon Betolaza

Año Académico: 2014-15

Grupo de Laboratorio: *GL-1*

Puesto de trabajo: P- 8

Fecha: *21/01/2015*

Hora: *8:00*

CALIFICACION



Observaciones:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{23}{13} = a$$

3.1. INTRODUCCIÓN

En esta práctica se realizan los siguientes ensayos sobre transformadores monofásicos:

- Medida de la resistencia de los bobinados
- Medida de la relación de transformación
- Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío
- Medida de las pérdidas y de la tensión de cortocircuito
- Cálculo del rendimiento del transformador
- Cálculo de los parámetros del transformador

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{a}$$

$$a < 1$$

$$\frac{V_1^{B.T.}}{V_2^{A.T.}} = a$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{a}$$

3.2.3. Características de los transformadores sometidos a ensayos

Los datos de la placa de características de los transformadores monofásicos a ensayar, son los registrados en la Tabla 3.1.

Transformador Monofásico	
Tensión nominal A.T. (V)	230V
Intensidad nominal A.T. (A)	4'34A
Tensión nominal B.T. (V)	130V
Intensidad nominal B.T. (A)	7'69A
Frecuencia (Hz)	50-60Hz
Potencia nominal (VA)	1000

(calcularla)



Tabla 3.1. Placa de características del transformador monofásico

3.3. ENSAYOS BÁSICOS

3.3.1. Medida de la resistencia de los bobinados

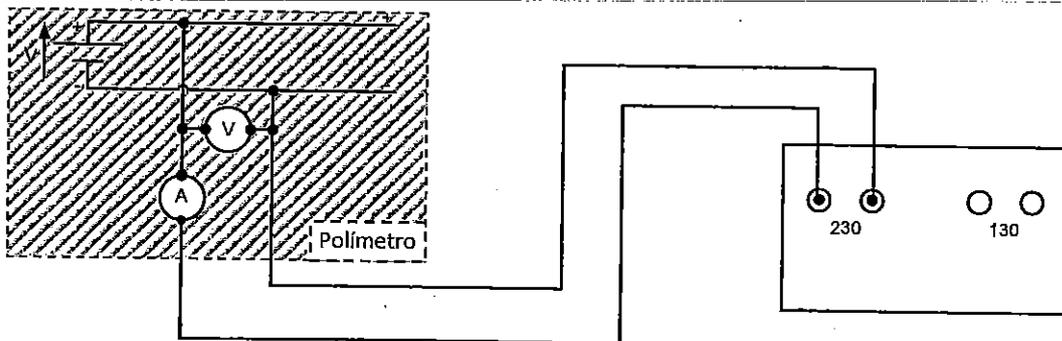


Figura 3.5. Ensayo de medida de la resistencia

La resistencia de los bobinados del transformador es la registrada en los resultados en la Tabla 3.3.

BOBINADO	LECTURA POLIMETRO		RESISTENCIA MEDIDA (Ω)
	Resistencia medida (Ω)	Resistencia cables (Ω)	
A.T. (230 V)	0'7	0'2	0'5
B.T. (130 V)	0'5	0'2	0'3

Tabla 3.3. Valores del ensayo de medida de la resistencia

3.3.2. Medida de la relación de transformación

En esta práctica el transformador se dispondrá como elevador.

Por tanto, se utilizará como primario el lado de BT y como secundario el lado de AT.

El valor teórico de la relación de transformación (relación de transformación nominal) es el indicado en la Tabla 3.4.

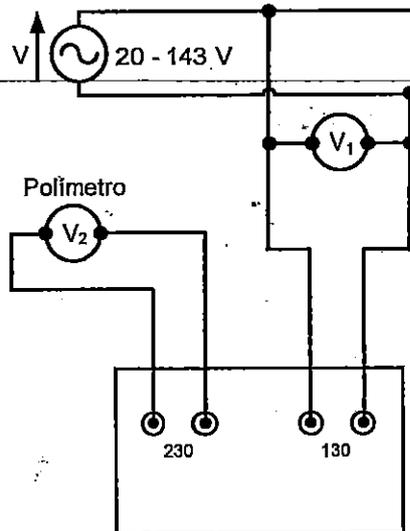


Figura 3.6. Ensayo de medida de la relación de transformación

En la Tabla 3.4 se registran los valores medidos en los voltímetros, para cada una de las tensiones de entrada indicadas. A partir de estos valores medidos, se calcula la relación de transformación y se establece el error correspondiente a cada medida.

V ₁ (B.T.) objetivo	V ₁ (B.T.) aplicada	V ₂ (A.T.)	RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN		ERROR ε _r (%)
			NOMINAL	a = V ₁ /V ₂	
20	22	38'2	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
40	42	72'9	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
60	62'5	108'4	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
80	82'4	142'5	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
100	101'8	176'7	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
110	112'6	195	130/230 = 0,5652	0'577	2'08
120	121'5	207	130/230 = 0,5652	0'587	3'85
130	131'7	224	130/230 = 0,5652	0'588	4'03
143	141'8	241	130/230 = 0,5652	0'588	4'03

Tabla 3.4. Medidas de la relación de transformación

siendo

- V₁: Tensión de alimentación del transformador (V)
- V₂: Tensión medida en el secundario del transformador (V)
- a: Relación de transformación calculada
- ε_r: Error de relación (%) = $\frac{a - 0,5652}{0,5652} \cdot 100$

3.4. ENSAYO DE VACÍO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

3.4.1. Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío

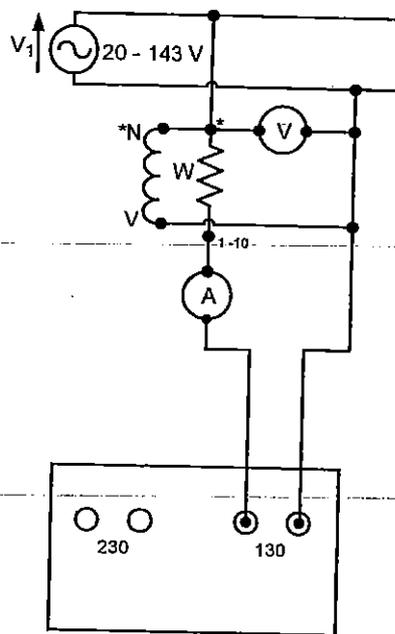


Figura 3.7. Ensayo de vacío

Los valores medidos son los registrados en la Tabla 3.5.

V_1	I_{10}	W	K	P_0
20	0'412	4	0'2 0'5	0'8
40	0'484	5'5	0'5	2'45
60	0'262	6	1	6
80	0'345	9	1	9
100	0'442	13'5	1	13'5
110	0'497	16	1	16
120	0'555	9	2	18
130	0'626	10'5	2	21
143	0'728	12'5	2	25

Tabla 3.5. Medidas del ensayo de vacío

siendo

- V_1 : Tensión de alimentación del transformador (V)
- I_{10} : Corriente registrada en el amperímetro (A)
- W: Lectura del vatímetro (div)
- K: Constante de lectura del vatímetro (W/div)
- P_0 : Potencia activa absorbida por el transformador (W)

Con los valores obtenidos se traza la curva $V_1 = f(I_{10})$, o curva de vacío del transformador (Figura 3.8).

3.3.2. Medida de la relación de transformación

En esta práctica el transformador se dispondrá como elevador.

Por tanto, se utilizará como primario el lado de BT y como secundario el lado de AT.

El valor teórico de la relación de transformación (relación de transformación nominal) es el indicado en la Tabla 3.4.

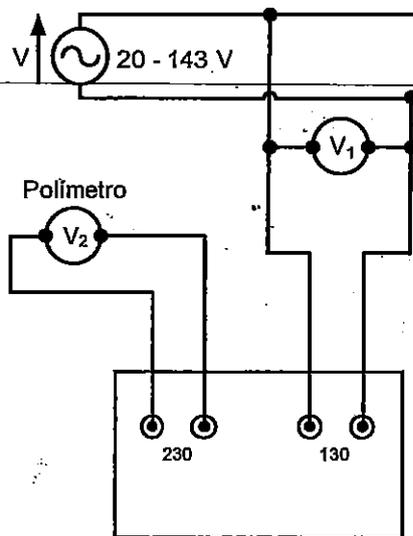


Figura 3.6. Ensayo de medida de la relación de transformación

En la Tabla 3.4 se registran los valores medidos en los voltímetros, para cada una de las tensiones de entrada indicadas. A partir de estos valores medidos, se calcula la relación de transformación y se establece el error correspondiente a cada medida.

V ₁ (B.T.) objetivo	V ₁ (B.T.) aplicada	V ₂ (A.T.)	RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN		ERROR ε _r (%)
			NOMINAL	a = V ₁ /V ₂	
20	22	38'2	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
40	42	72'9	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
60	62'5	108'4	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
80	82'1	142'5	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
100	101'8	176'7	130/230 = 0,5652	0'576	1'91
110	112'6	195	130/230 = 0,5652	0'577	2'08
120	121'5	207	130/230 = 0,5652	0'587	3'85
130	131'7	224	130/230 = 0,5652	0'588	4'03
143	141'8	241	130/230 = 0,5652	0'588	4'03

Tabla 3.4. Medidas de la relación de transformación

siendo

- V₁: Tensión de alimentación del transformador (V)
- V₂: Tensión medida en el secundario del transformador (V)
- a: Relación de transformación calculada
- ε_r: Error de relación (%) = $\frac{a - 0,5652}{0,5652} \cdot 100$

3.4. ENSAYO DE VACÍO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

3.4.1. Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío

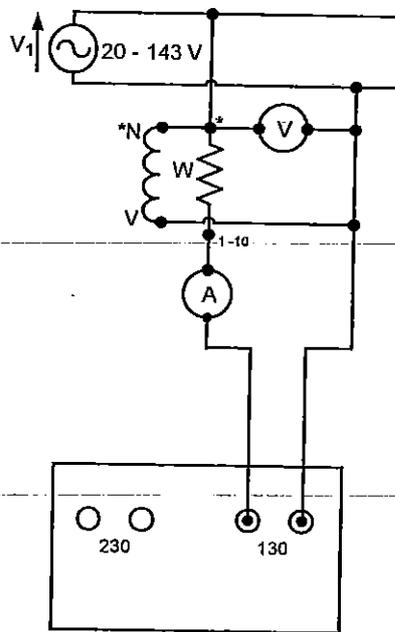


Figura 3.7. Ensayo de vacío

Los valores medidos son los registrados en la Tabla 3.5.

V_1	I_{10}	W	K	P_0
20	0'412	4	0'2 0'4	0'8
40	0'484	5'5	0'5	2'75
60	0'262	6	1	6
80	0'345	9	1	9
100	0'442	13'5	1	13'5
110	0'497	16	1	16
120	0'555	9	2	18
130	0'626	10'5	2	21
143	0'728	12'5	2	25

Tabla 3.5. Medidas del ensayo de vacío

siendo

- V_1 : Tensión de alimentación del transformador (V)
- I_{10} : Corriente registrada en el amperímetro (A)
- W: Lectura del vatímetro (div)
- K: Constante de lectura del vatímetro (W/div)
- P_0 : Potencia activa absorbida por el transformador (W)

Con los valores obtenidos se traza la curva $V_1 = f(I_{10})$, o curva de vacío del transformador (Figura 3.8).

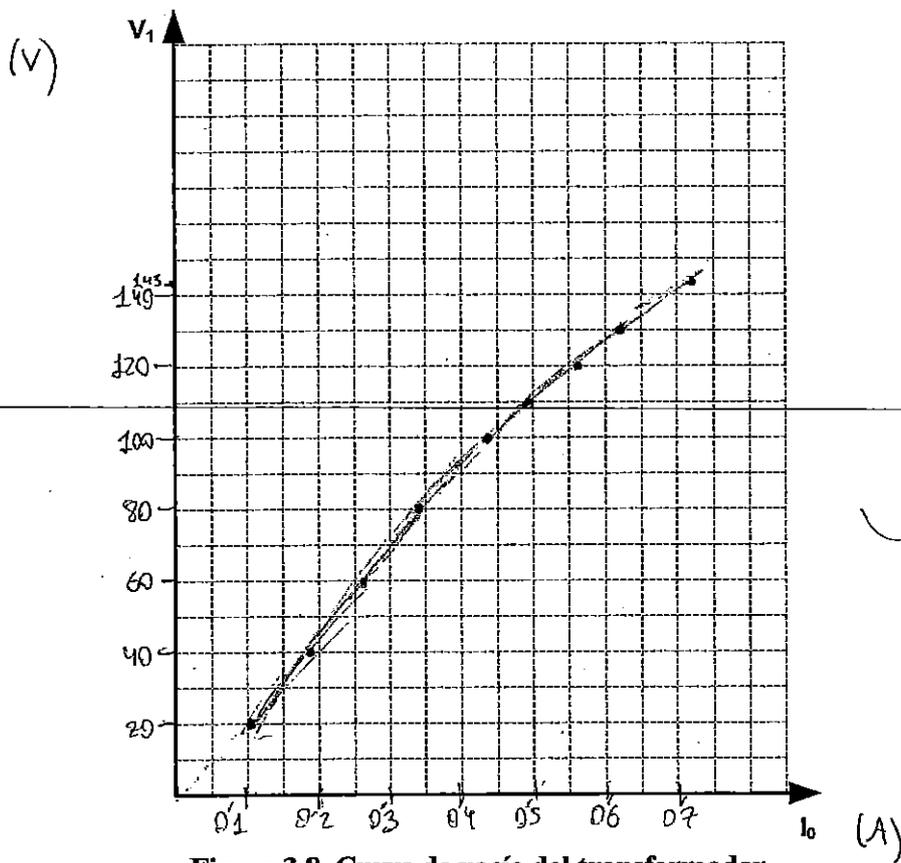


Figura 3.8. Curva de vacío del transformador

Igualmente, se trazará la curva de pérdidas en vacío del transformador $P_0 = f(V_1)$ (Figura 3.9)

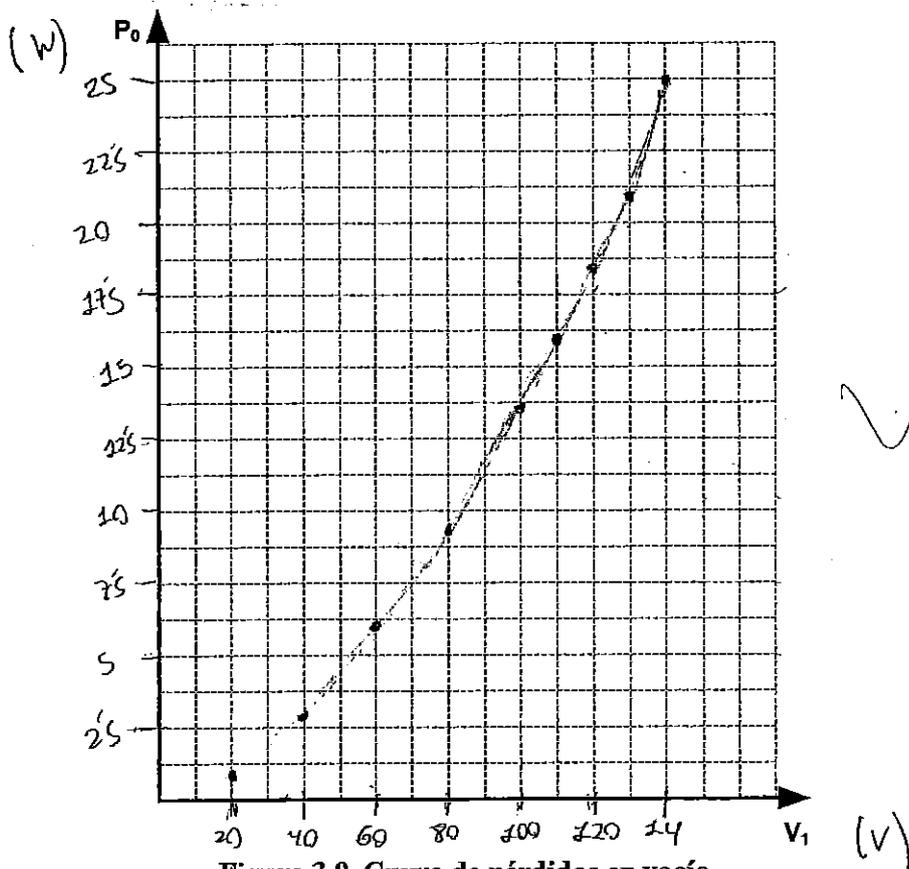


Figura 3.9. Curva de pérdidas en vacío

En la Tabla 3.6 se registran resultados del ensayo de vacío cuando el transformador se encuentra alimentado a su tensión nominal (V_{IN}) y al 110% de la tensión nominal ($1,1V_{IN}$).

TENSIÓN DE ENSAYO (V)		P_0 (W)	I_{10} (A)	% I_N	$\cos \varphi_0$
V_{IN}	130	21	0'626	8'14	0'258
$1,1V_{IN}$	143	25	0'728	9'47	0'24

Tabla 3.6. Medida de las pérdidas y corriente de vacío

siendo:

- P_0 : Potencia activa absorbida por el transformador (W)
- I_{10} : Corriente de vacío (A)
- % I_N : Cociente entre I_{10} y la corriente nominal del primario (%) $\frac{I_{10}}{I_{B1}} \cdot 100$
- $\cos \varphi_0$: Factor de potencia del transformador en el ensayo

$$\frac{P}{V_1}$$

3.5. ENSAYO DE CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

3.5.1. Medida de las pérdidas y de la tensión de cortocircuito

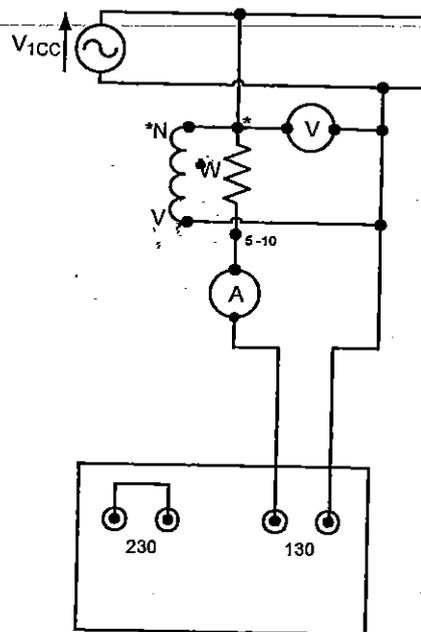


Figura 3.10. Ensayo de cortocircuito

Los valores medidos en el ensayo de cortocircuito son los registrados en la Tabla 3.7.

I_{1cc}	V_{1cc}	W_{cc}	K	P_{cc}
6	8'89	10	2	20
5	7'46	7	2	14
4	5'92	4'5	2	9
3	4'44	5	1	5
2	2'99	2'5	1	2'5

Tabla 3.7. Resultados del ensayo de cortocircuito

siendo:

- I_{1cc} : Corriente primaria de cortocircuito (A)
- V_{1cc} : Tensión de alimentación o de cortocircuito (V)
- W_{cc} : Lectura del vatímetro (div)
- K : Constante de lectura del vatímetro (W/div)
- P_{cc} : Potencia activa absorbida por el transformador (W)

Con los valores medidos durante el ensayo se traza la curva $V_{1cc} = f(I_{1cc})$ o curva de cortocircuito (Figura 3.11)

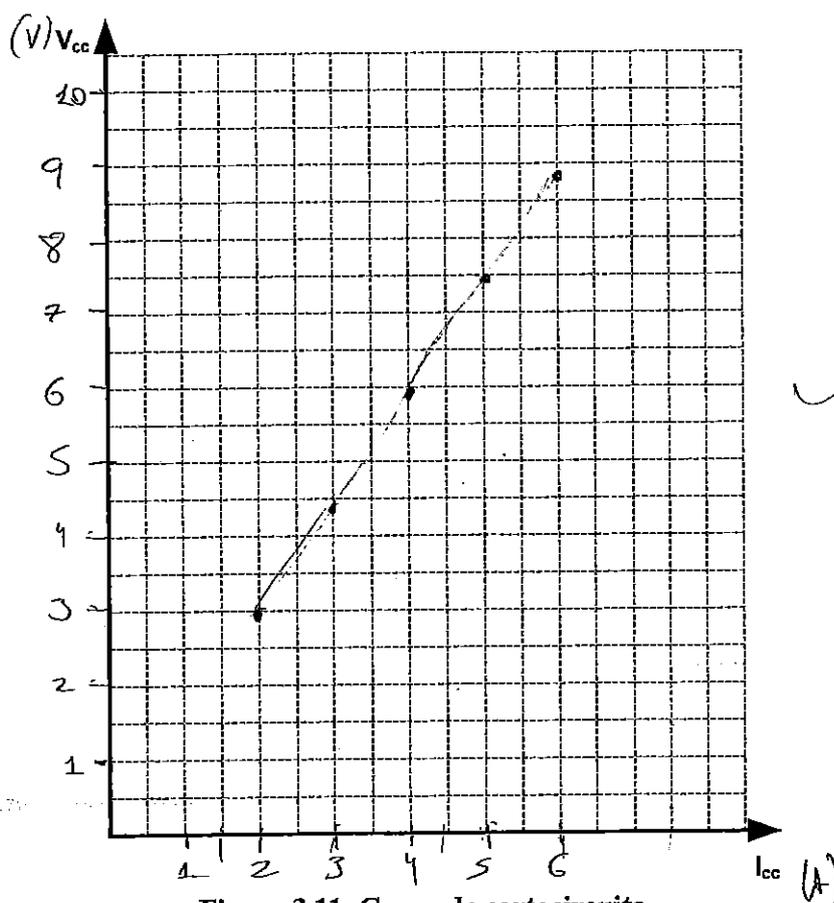


Figura 3.11. Curva de cortocircuito

Igualmente, se traza la curva pérdidas en cortocircuito del transformador $P_{cc} = f(I_{1cc})$ (Figura 3.12).

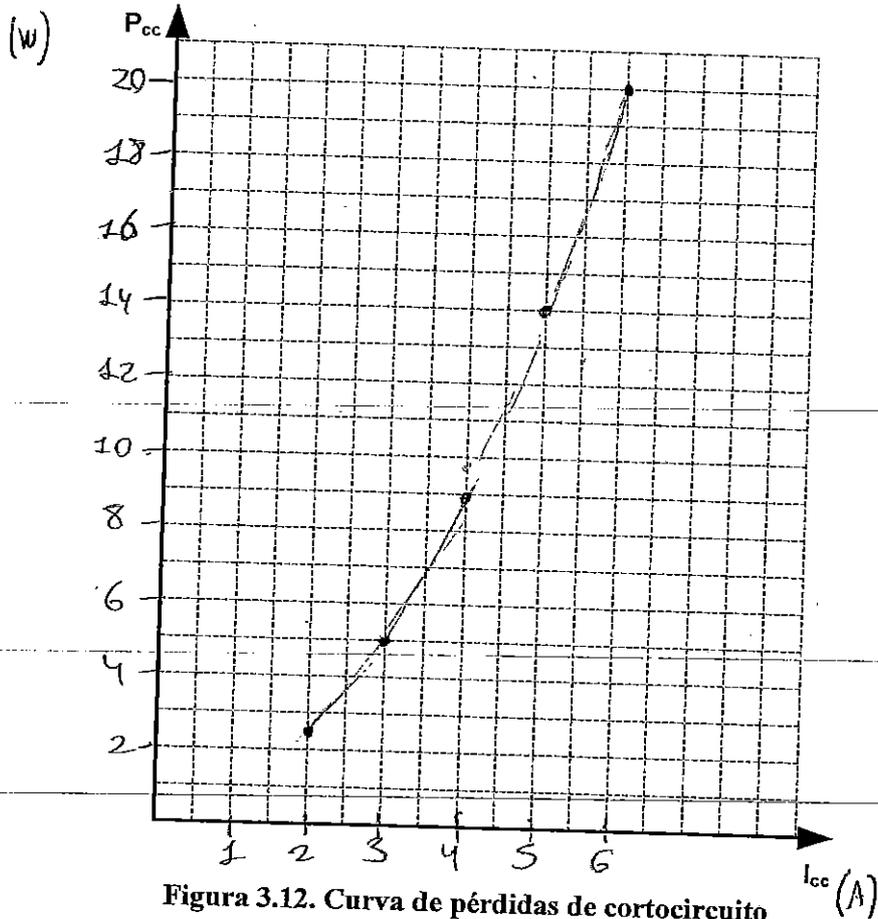


Figura 3.12. Curva de pérdidas de cortocircuito

3.5.2. Datos del ensayo de cortocircuito a intensidad nominal

	INTENSIDAD (A)	V_{Icc}	u_z	P_{cc}	u_R
ENSAYO	6	8'89		20	
NOMINAL	7,69	11'39	8'76	32'87	3'28

Tabla 3.8. Valores del ensayo de cortocircuito referidos a intensidad nominal

$i = \frac{6}{7.69} = 0.78$

$R_c = \frac{P}{I^2} = 0.508$
siendo:

- V_{Icc} : Tensión de alimentación o de cortocircuito (V)
- u_z : Tensión de cortocircuito respecto a la tensión nominal (%) ?
- P_{cc} : Potencia activa absorbida por el transformador en el ensayo de cortocircuito (W)
- u_R : Coeficiente resistivo de Arnold (%) ?

$V_{CC(NOMINAL)} = V_{CC} \cdot \left(\frac{I_N}{I}\right)^2 = 8.76$

$V_{cc} \text{ e } u_z =$

$u_R = \frac{R_0 I_N}{V_N}$

$u_R = \frac{R I_N^2}{V_{IN}} = 3.28$

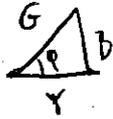
$u_z = \frac{V_{Icc}}{V_{IN}} \cdot 100$

$P_{cc(N)} = P_{cc} \left(\frac{1}{i}\right)^2$

3.6. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DEL TRANSFORMADOR

3.6.1. Rama de vacío

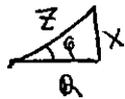
Los datos a emplear son los correspondientes al ensayo de vacío realizado a tensión nominal por el lado de 130 V. Siguiendo el proceso de cálculo indicado a continuación, en consecuencia, los valores de los parámetros que se obtienen están referidos a 130 V, es decir, al lado de B.T.



Referido a BT	Referido a AT
$G_0 = \frac{P_0}{V_0^2} = \frac{21}{130^2} = 1'24 \cdot 10^{-3}$	$G_0' = G_0 \cdot \frac{a^2}{A^2} = 1'24 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\left(\frac{130}{230}\right)^2} = 3'88 \cdot 10^{-3}$
$Y_0 = \frac{I_{10}}{V_0} = \frac{0'626}{130} = 4'81 \cdot 10^{-3}$	$Y_0' = Y_0 \cdot \frac{a^2}{A^2} = 4'81 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\left(\frac{130}{230}\right)^2} = 0'015$
$B_0 = \sqrt{Y_0^2 - G_0^2} = 4'65 \cdot 10^{-3}$	$B_0' = 0'014$

3.6.2. Impedancia equivalente

Se utilizan los resultados del ensayo de cortocircuito calculado para la intensidad nominal.



Referido a BT	Referido a AT
Impedancia $Z_c = \frac{V_{1cc}}{I_{1N}} = \frac{11'39}{7'69} = 1'48$	$Z_e' = Z_c \cdot \frac{a^2}{A^2} = 1'48 \cdot \frac{1}{\left(\frac{130}{230}\right)^2} = 2'618$
Resistencia $R_c = \frac{P_{cc}}{I_{1N}^2} = \frac{32'87}{7'69^2} = 0'556$ $R_e = R_1 + R_2 \cdot a^2$	$R_e' = R_c \cdot \frac{a^2}{A^2} = 0'556 \cdot \frac{1}{\left(\frac{130}{230}\right)^2} = 1'74$ $R_0' = R_1 \cdot a^2 + R_2$
Reactancia $X_c = \sqrt{Z_c^2 - R_c^2} = 1'37$	$X_e' = 4'29$
Ángulo $\varphi_c = 67'91$	$\varphi_e' = 67'92$

3.7. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL TRANSFORMADOR (A TENSIÓN NOMINAL)

$$P_{Fe} = G_0 \cdot V_N^2$$

$$P_J = i^2 \cdot R_e \cdot I_{1N}^2$$

$$P_2 = \sqrt{V_{2N} \cdot I_{2N}} \cdot i \cdot \cos \varphi$$

$$P_1 = P_2 + P_T$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$i_{\eta_{max}} = \frac{P_{Fe}}{2 \cdot R_e}$$

i	P_{Fe}	P_J	$P_T = P_{Fe} + P_J$	P_2	P_1	η
0,25	20'976	2'65	23'006	199'84	221'646	89'67
0,5	20'956	8'22	29'176	399'68	429'456	93'12
0,75	20'956	18'49	39'446	599'52	638'366	93'82
1,00	20'956	32'97	53'826	799'36	852'426	93'67
$i_{\eta_{max}} = 0'798$	20'956	20'956	41'912	637'25	679'16	93'83

Tabla 3.9. Valores del rendimiento, para $\cos \varphi = 0,8$

siendo:

$$P_{Fe} = G_0 \cdot V_N^2 = \frac{a^2}{A^2} \cdot R_e \cdot I_N^2 \Rightarrow R_e = \frac{P_{Fe} \cdot A^2}{G_0 \cdot V_N^2}$$

- P_{Fe} : Pérdidas en el hierro a tensión nominal (W)
- P_J : Pérdidas en el cobre para el índice de carga a que se refieren (W)
- P_T : Pérdidas totales (W)
- P_2 : Potencia útil suministrada a la carga (W)
- P_1 : Potencia absorbida de la red por el transformador (W)
- η : Rendimiento (%)
- $i_{\eta_{max}}$: Índice de rendimiento máximo (a tensión nominal) =

Los valores recogidos en la Tabla 3.9 se representarán en la gráfica de la Figura 3.13

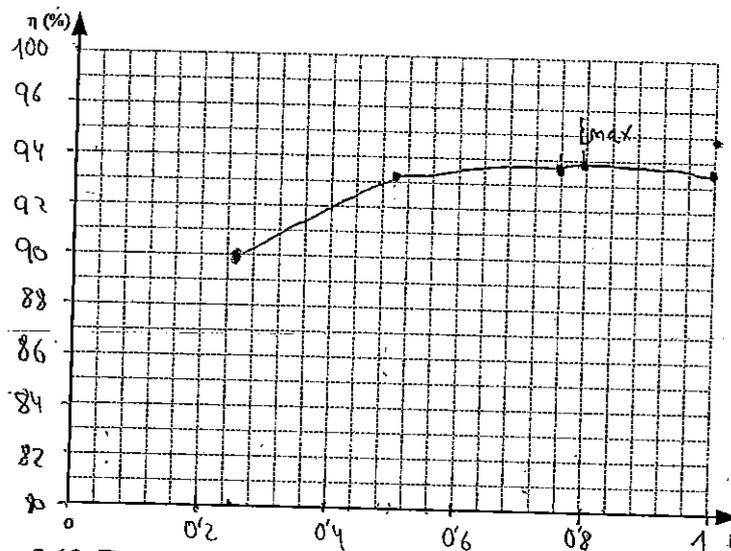


Figura 3.13. Representación gráfica del rendimiento, para $\cos \varphi = 0,8$

Rendimiento cuando el transformador funciona a $i = 1$ y $\cos \varphi = 1$ (Tabla 3.10).

i	P_{Fe}	P_J	$P_T = P_{Fe} + P_J$	P_2	P_1	η
1	20'956	32'98	53'93	998'2	1052'03	94'88%

Tabla 3.10. Valor del rendimiento para $\cos \varphi = 1$ y condiciones nominales

Observaciones

En la figura 3.13 se puede observar que la pendiente es creciente hasta la i_{max} y a partir de ese punto comienza a decrecer ligeramente, tal como se puede observar en la gráfica del libro.

$$R_{\varphi} = R_1 + R_2 \cdot \alpha^2 = 0'5 + 0'3 \cdot \left(\frac{130}{250}\right)^2 = 0'595 \approx 0'556$$

$$R_0' = R_2 + R_1 \cdot \frac{1}{\alpha^2} = 0'3 + 0'5 \cdot \frac{1}{\left(\frac{130}{250}\right)^2} = 1'194 \approx 1'74$$

De Teóricamente deberían dar exactamente iguales, pero debido a fallos que hemos podido ir cometiendo a la hora de medir y tomar decimales, vemos que aunque se parecen bastante hay pequeñas variaciones.



ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

(3º de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial)

LABORATORIO

PRÁCTICA Nº 3

INFORME

Alumnos: Jon Betolaza
Gonzalo Aquirre

Año Académico: 2014-15

Grupo de Laboratorio: G/L 1

Puesto de trabajo: P- 8

Fecha: 11/02/2015

Hora: 8:00

CALIFICACION



Observaciones:

3.1. INTRODUCCIÓN

En esta práctica se realizan los siguientes ensayos:

Sobre transformadores monofásicos:

- Trazado del ciclo de histéresis
- Análisis del coeficiente de variación de tensión

Sobre transformadores trifásicos:

- Determinación del índice horario.

3.8. TRAZADO DEL CICLO DE HISTÉRESIS

3.8.1. Fundamento teórico

El ciclo de histéresis que se produce en el circuito magnético de un transformador se puede visualizar utilizando un montaje como el mostrado en la Figura 3.14. El objetivo de este circuito es obtener 2 señales de tensión:

- Señal proporcional y en fase con la intensidad de campo magnético $H(t)$
- Señal proporcional y en fase con la inducción magnética $B(t)$

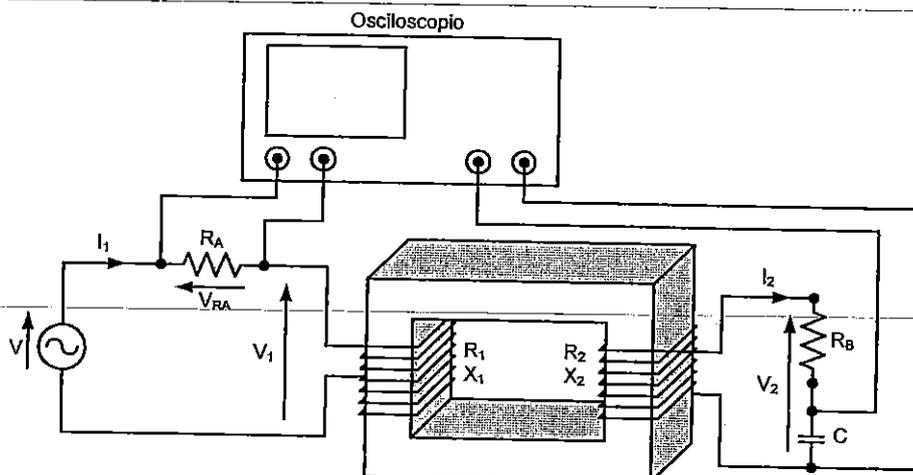


Figura 3.14. Esquema de montaje para la visualización del ciclo de histéresis

3.8.2. Ejecución de la práctica

¿Qué pasaría si se sustituyese la resistencia R_A por una reactancia?

Que la I_1 ya no estaría en fase y en consecuencia se distorsionaría el ciclo de histéresis

Para realizar este ensayo se conectará el ventilador de la carga resistiva.

Pos R	a	I ₁	i	V ₁	V ₂	V ₂ '	u
330	1'75	0'818	0'286	227	128'8	225'4	0'66
165	1'75	1'427	0'325	223'3	126'5	221'375	0'86
110	1'75	2'058	0'469	222'7	125'4	219'45	1'459

Tabla 3.11. Resultados del ensayo en carga del transformador (carga resistiva pura)

siendo:

- Pos R: Posición del selector de la carga resistiva pura (Ω)
- I₁: Intensidad primaria, medida por el amperímetro (A)
- i: Índice de carga
- V₁: Tensión primaria, medida por el polímetro V₁ (V)
- V₂: Tensión secundaria, medida por el polímetro V₂ (V)
- V₂' : Tensión secundaria referida al primario, $V_2' = V_2 \cdot a$ (V)
- u: Coeficiente de variación de tensión (%)

$$i = \frac{I_1}{I_{1N}}$$

$$I_{1N} = \frac{I_{2N}}{a} = \frac{7'6A}{1'75} = 4'39$$

$$u = \frac{V_1 - V_2'}{V_1} \cdot 100$$

3.9.3. Coeficiente de variación de tensión para carga inductiva pura

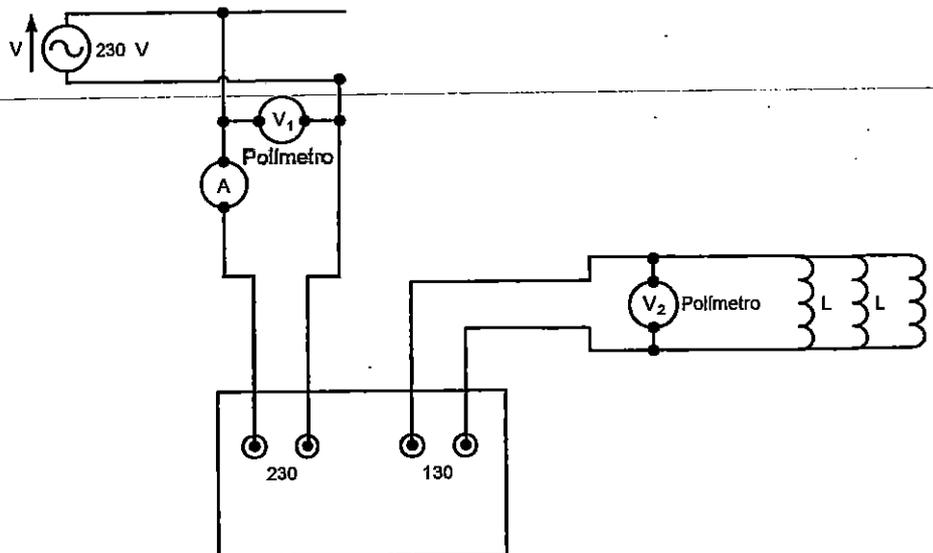


Figura 3.18. Ensayo en carga del transformador (carga inductiva pura)

Pos L	a	I ₁	i	V ₁	V ₂	V ₂ '	u
1000 ó 1070	1'75	0'956	0'218	226'6	128'4	224'175	1'07
500 ó 530	1'75	1'56	0'355	226'8	126'7	221'725	2'237
330 ó 400	1'75	2'143	0'488	226'5	125'1	218'925	3'349

Tabla 3.12. Resultados del ensayo en carga del transformador (carga inductiva pura)

siendo:

- Pos L: Posición del selector de la carga inductiva pura (mH)
- I₁: Intensidad primaria, medida por el amperímetro (A)
- i: Índice de carga
- V₁: Tensión primaria, medida por el polímetro V₁ (V)
- V₂: Tensión secundaria, medida por el polímetro V₂ (V)
- V₂' : Tensión secundaria referida al primario, $V_2' = V_2 \cdot a$ (V)
- u: Coeficiente de variación de tensión (%)

¿Qué pasaría si la resistencia R_B fuese mucho menor que la reactancia X_C del secundario?

Si R_B fuera mucho más pequeña la intensidad que circularía por el bobinado secundario ~~podría considerarse~~ no sería nula, y sí circularía intensidad por dicho bobinado. ✓

De esta forma la intensidad que recorrería el bobinado primario sería diferente a la intensidad de vacío ($I_1 \neq I_0$) ✓

Si además $R_B < X_C$, la intensidad I_2 que circularía por el bobinado secundario del transformador no estaría en fase con la tensión V_2 , sino que algo retrasada, por lo que al no estar en fase ocurriría lo mismo que en la primera pregunta. ✓

3.9. FUNCIONAMIENTO EN CARGA: COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE TENSIÓN

En todos los casos, para medir las tensiones en primario (V_1) y secundario (V_2) se utilizarán polímetros. Para evitar que las oscilaciones (pequeñas pero continuas) que se producen en las tensiones puedan distorsionar los resultados, será necesario registrar el valor de ambas tensiones en el mismo instante. Para ello se utilizará la opción 'HOLD' del polímetro, pulsando al mismo tiempo la tecla 'HOLD' en ambos polímetros.

Antes de iniciar las pruebas en carga, se debe medir la relación de transformación en vacío.

$$a = \frac{V_1}{V_{2\text{vacío}}} = \frac{237,5}{130} = 1,75 \quad \checkmark$$

3.9.2. Coeficiente de variación de tensión para carga resistiva pura

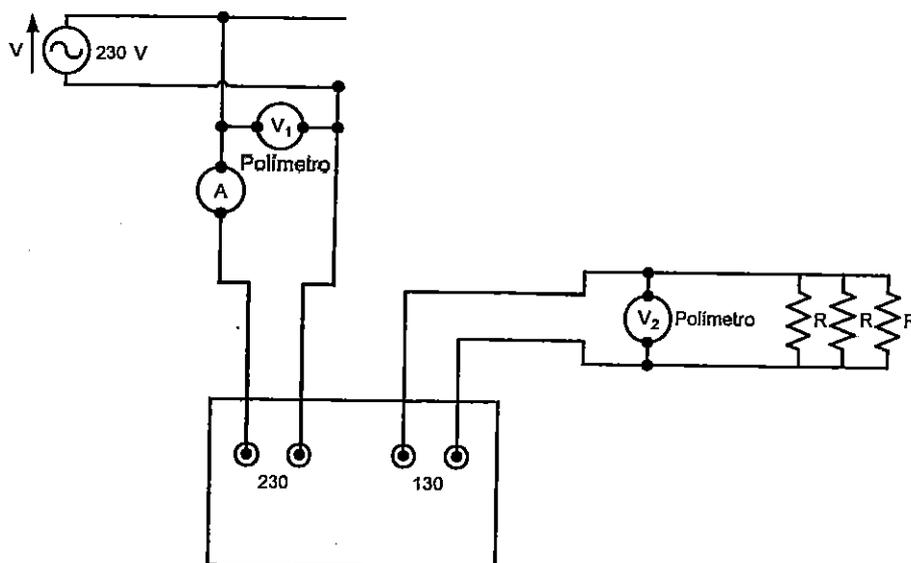


Figura 3.17. Ensayo en carga del transformador (carga resistiva pura)

3.9.4. Coeficiente de variación de tensión para carga capacitiva pura

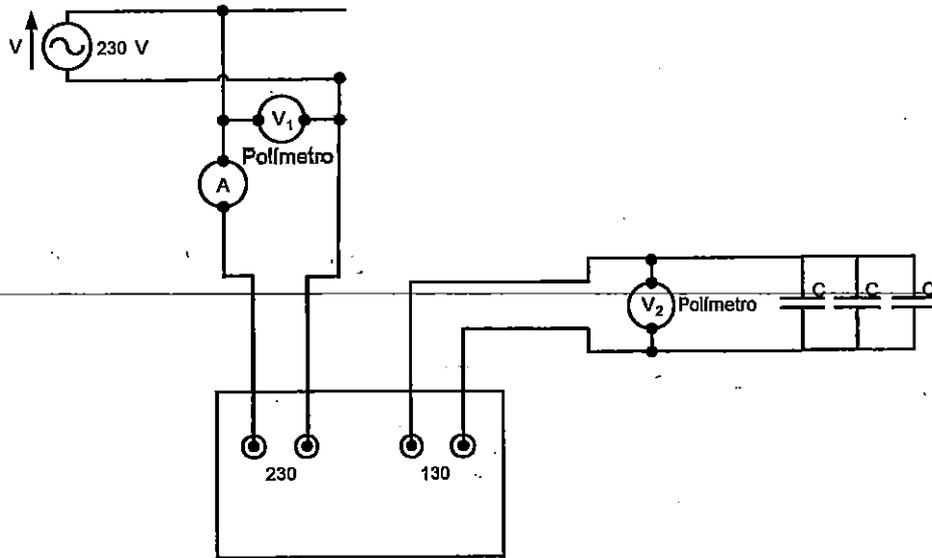


Figura 3.19. Ensayo en carga del transformador (carga capacitiva pura)

Pos C	a	I_1	i	V_1	V_2	V_2'	u
8	1'75	0'284	0'065	226'9	131'2	229'6	-4'289
16	1'75	0'832	0'189	227	132'6	232'05	-2'225
32	1'75	2'113	0'492	227'5	136'4	238'135	-4'675

Tabla 3.13. Resultados del ensayo en carga del transformador (carga capacitiva pura)

siendo:

- Pos C: Posición del selector de la carga capacitiva pura (μF)
- I_1 : Intensidad primaria, medida por el amperímetro (A)
- i: Índice de carga
- V_1 : Tensión primaria, medida por el polímetro V_1 (V)
- V_2 : Tensión secundaria, medida por el polímetro V_2 (V)
- V_2' : Tensión secundaria referida al primario, $V_2' = V_2 \cdot a$ (V)
- u: Coeficiente de variación de tensión (%)

3.9.5. Curvas de coeficiente de variación de tensión

Con los valores obtenidos en los tres ensayos anteriores, se trazan las curvas de variación de tensión $u(\%) = f(i)$ (Figura 3.20), comparando los resultados y extrayendo las siguientes conclusiones.

Las 3 curvas son prácticamente lineales y como se puede observar la única que decrece es la curva de los condensadores que además es negativa, porque el condensador retrasa la fase.

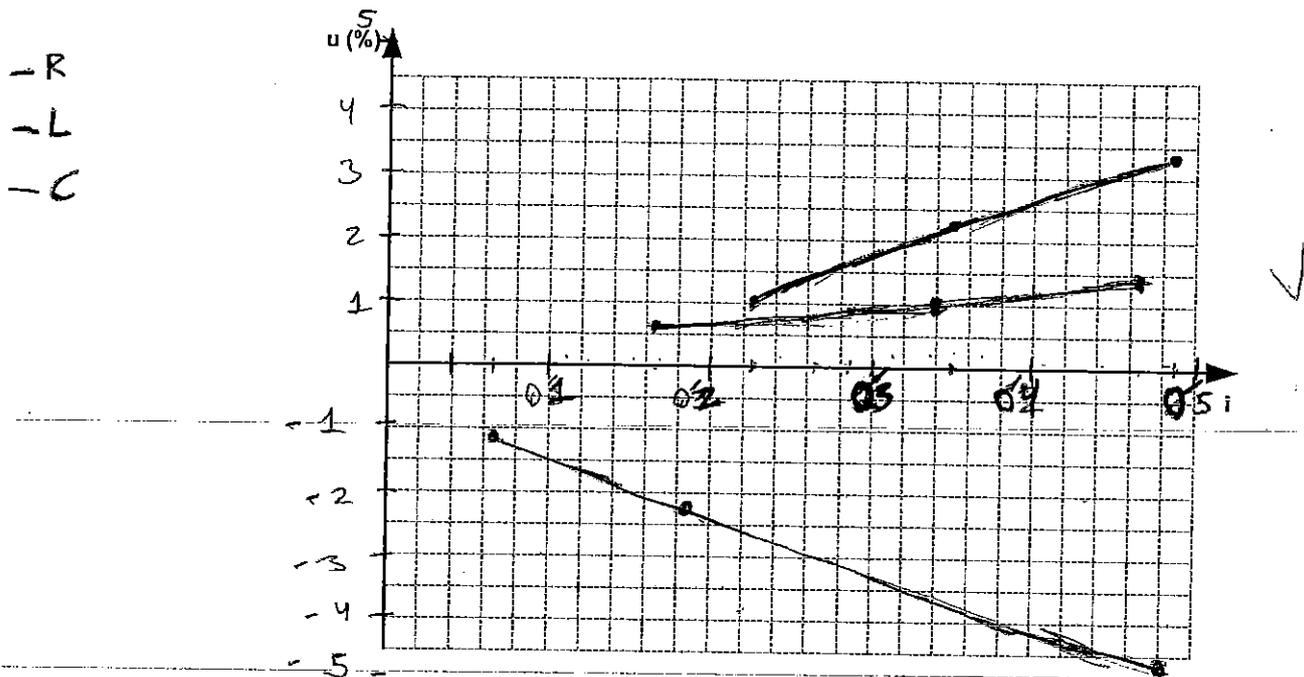


Figura 3.20. Curvas de variación de tensión para distintos tipos de cargas

3.10. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE HORARIO

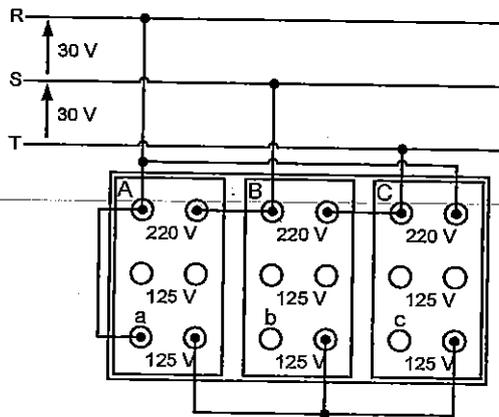


Figura 3.22. Montaje eléctrico para la determinación del índice horario

Utilizando el polímetro digital en modo voltímetro de corriente alterna se han obtenido las medidas señaladas en la Tabla 3.14.

Tensión	Valor (V)	Tensión	Valor (V)	Tensión	Valor (V)
V_{AB}	32'9	V_{bA}	35	V_{cA}	34'9
V_{BC}	33'7	V_{bB}	18'12	V_{cB}	18'34
V_{CA}	33'5	V_{bC}	49'3	V_{cC}	17'94

Tabla 3.14. Medidas para la determinación del índice horario

Escala = 0,2 V/cm

$$\alpha = -30$$

$$Dy = 11$$

$$R_T = \frac{N_1}{\sqrt{3} N_2}$$

$$IH = \frac{\alpha}{30^\circ} = \frac{330}{300} = 1,1$$

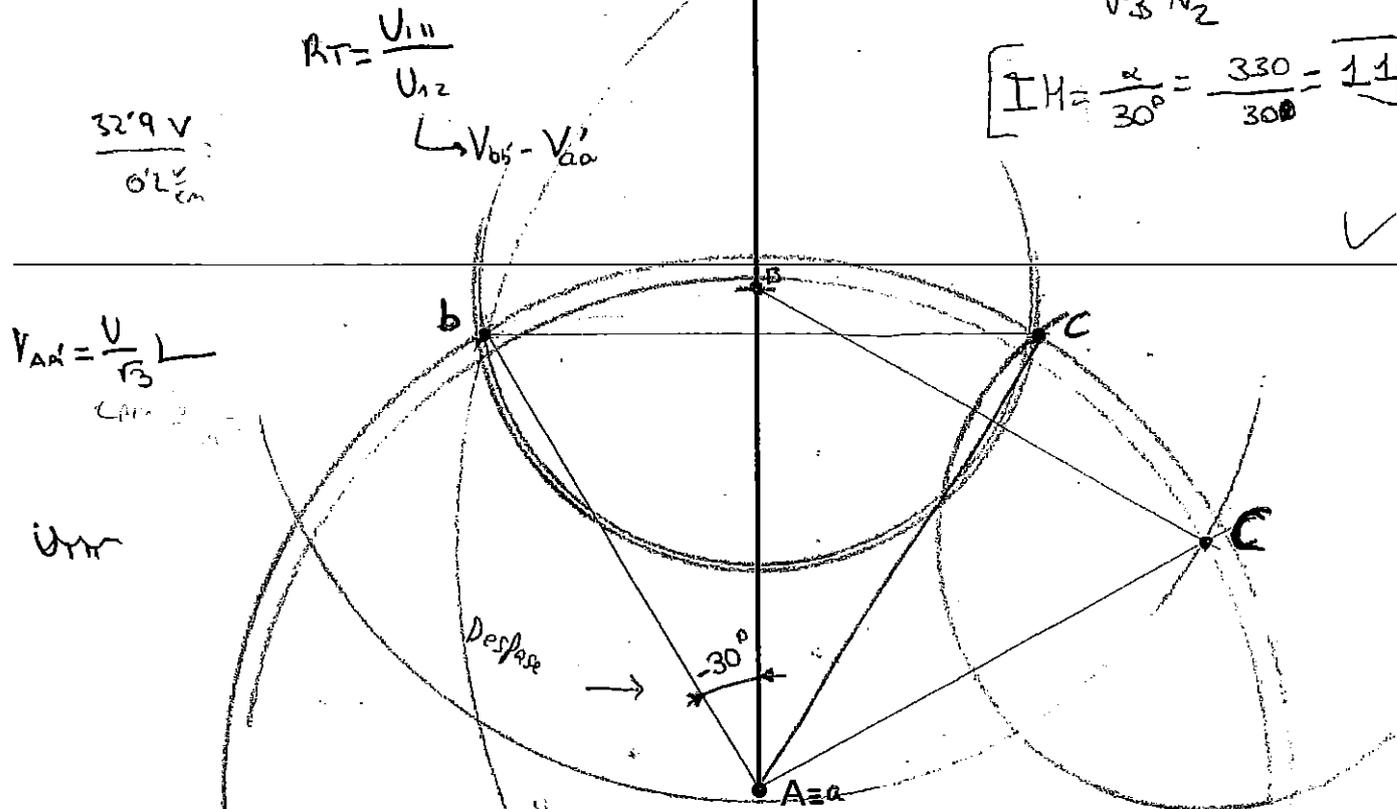


Figura 3.23. Construcción gráfica para determinar el índice horario

A continuación se define una nueva conexión, se realizan las conexiones pertinentes (que se señalarán sobre la figura adjunta) y se repite el proceso de cálculo anterior para determinar el índice horario y comprobar que se ha realizado bien todos los procedimientos.

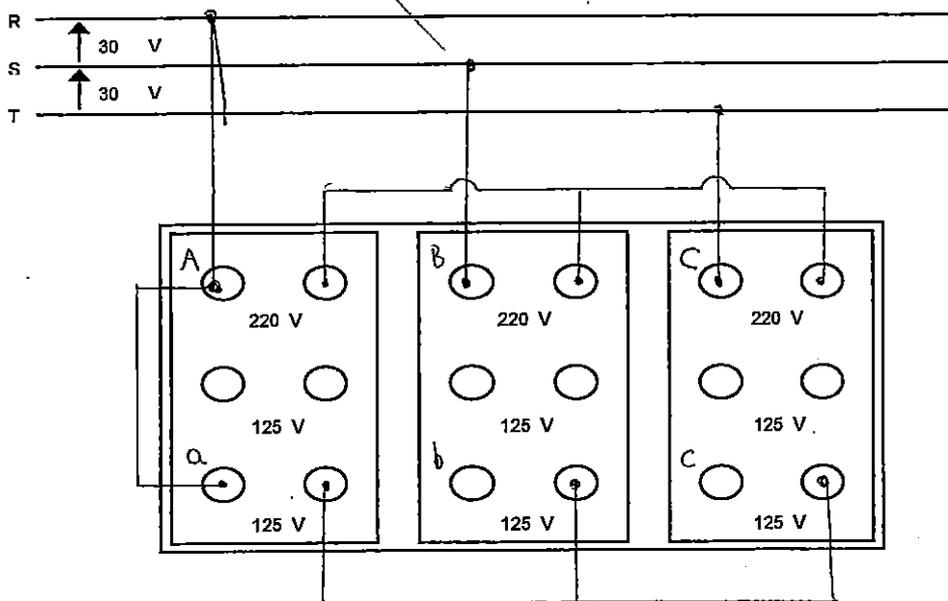


Figura 3.23. Definición del nuevo montaje A-2 para la determinación del índice horario

Tensión	Valor (V)	Tensión	Valor (V)	Tensión	Valor (V)
V_{AB}	33'5	V_{bA}	20	V_{cA}	20'5
V_{BC}	34'2	V_{bB}	43'36	V_{cB}	29'6
V_{CA}	34'2	V_{bC}	29'9	V_{cC}	43'65

Tabla 3.15. Medidas para la determinación del índice horario del nuevo montaje

Escala = 0'2 V/cm

$$IH = 0$$

$$R\theta = \frac{N_z}{N_z}$$

$$\alpha = 0$$

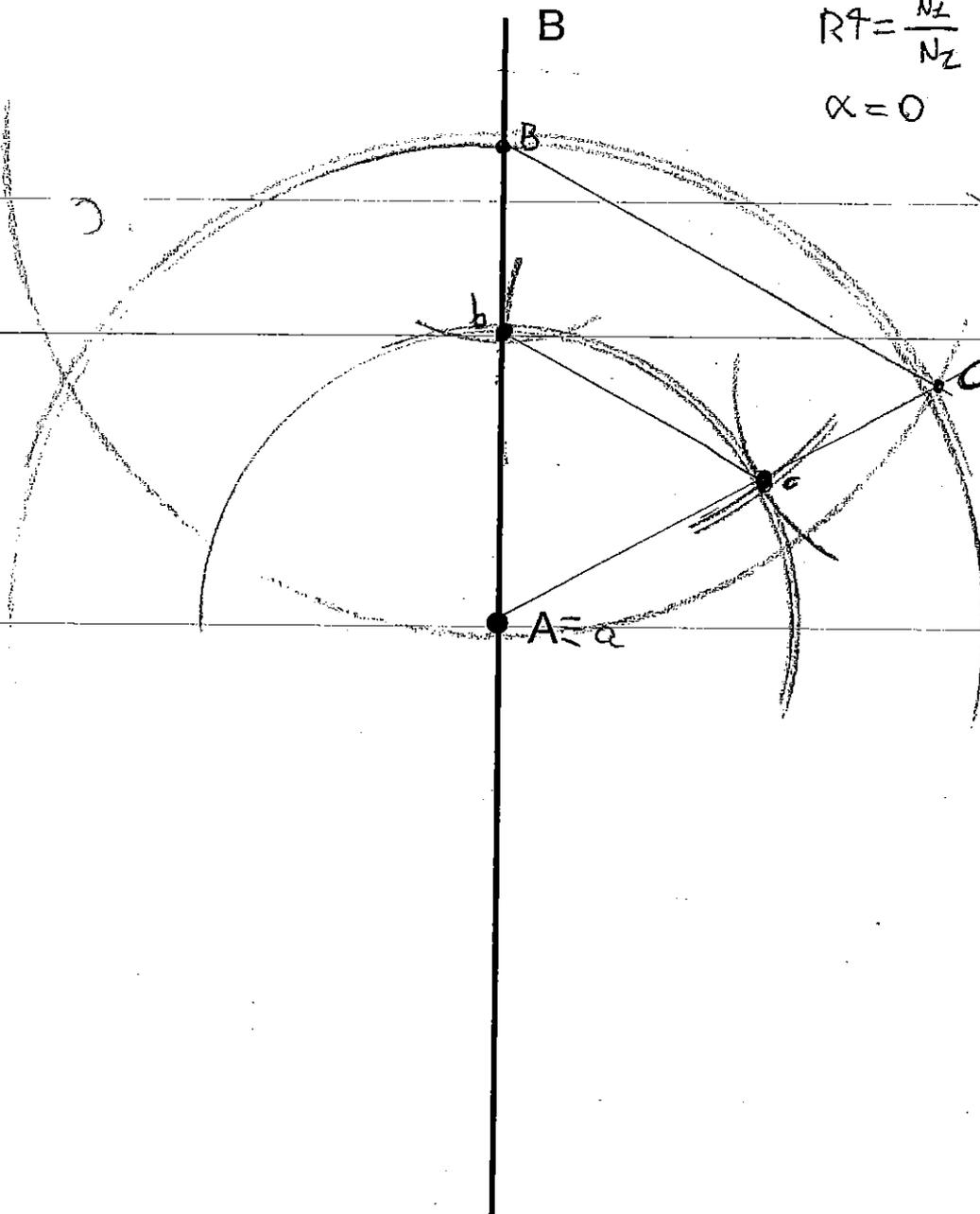
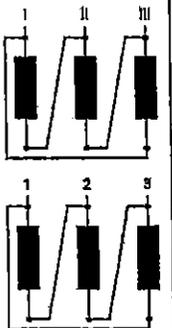
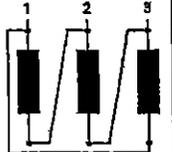
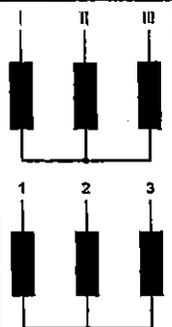
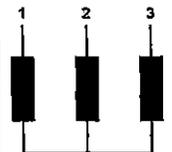
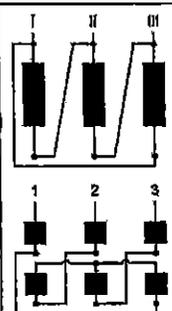
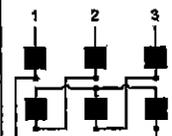
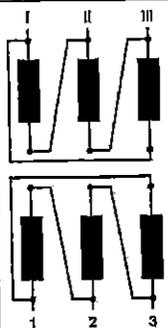
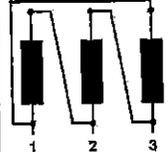
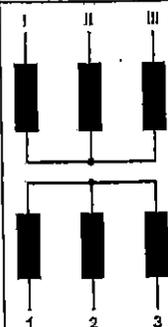
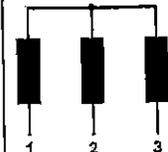
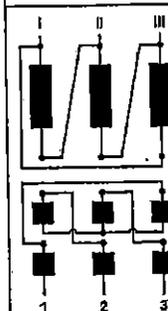
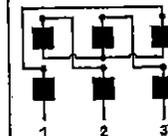


Figura 3.23. Construcción gráfica para determinar el índice horario

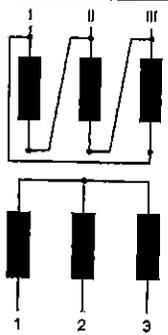
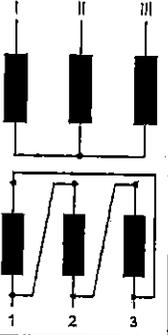
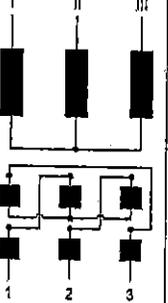
GRUPO DE CONEXIÓN A

Conexión 1 ^o /2 ^o	Relación de tensiones	Desfase	Denominación	
			IEC	VDE
	$\frac{N_1}{N_2}$	0°	Dd0	A-1
				
	$\frac{N_1}{N_2}$	0°	Yy0	A-2
				
	$\frac{2}{3} \frac{N_1}{N_2}$	0°	Dz0	A-3
				

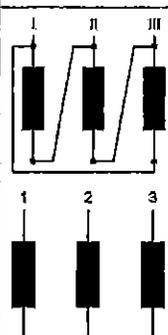
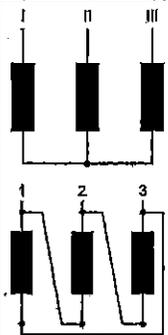
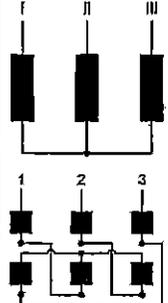
B.2. GRUPO DE CONEXIÓN B

Conexión 1 ^o /2 ^o	Relación de tensiones	Desfase	Denominación	
			IEC	VDE
	$\frac{N_1}{N_2}$	180°	Dd6	B-1
				
	$\frac{N_1}{N_2}$	180°	Yy6	B-2
				
	$\frac{2}{3} \frac{N_1}{N_2}$	180°	Dz6	B-3
				

B.3. GRUPO DE CONEXIÓN C

Conexión $1^{10}/2^{10}$	Relación de tensiones	Desfase	Denominación	
			IEC	VDE
	$\frac{N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$	150°	Dy5	C-1
	$\frac{\sqrt{3} \cdot N_1}{N_2}$	150°	Yd5	C-2
	$\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$	150°	Yz5	C-3

B.4. GRUPO DE CONEXIÓN D

Conexión $1^{10}/2^{10}$	Relación de tensiones	Desfase	Denominación	
			IEC	VDE
	$\frac{N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$	330° (-30°)	Dy11	D-1
	$\frac{\sqrt{3} \cdot N_1}{N_2}$	330° (-30°)	Yd11	D-2
	$\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$	330° (-30°)	Yz11	D-3



ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS
(3º de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial)

LABORATORIO

PRÁCTICA Nº 4
INFORME

Alumnos: Gonzalo Aguirre
Gaizka Elorrieta (GL4)
Jon Betolaza

Año Académico: 2014-15

Grupo de Laboratorio: GL 1

Puesto de trabajo: P- 8

Fecha: 4/03/2015

Hora: 8:00

CALIFICACION



Observaciones:

4.1. INTRODUCCIÓN

En esta práctica se realizan los siguientes ensayos sobre una máquina síncrona trifásica trabajando en modo generador:

- Ensayo de vacío
- Ensayo de cortocircuito
- Ensayo en carga.

4.2.3. Características del generador síncrono sometido a ensayos

Los datos de la placa de características de la máquina síncrona a ensayar, son los registrados en la Tabla 4.1.

Generador síncrono trifásico	
Marca	AlecoP
Tipo	AL-406
Número de fabricación	A270072
Tensión nominal (V)	220
Intensidad nominal (A)	2'5
Potencia nominal (V.A.)	600
Velocidad (r.p.m.)	1500
Frecuencia (Hz)	50
Excitación (A)	0'6
Conexión	Estrella

Tabla 4.1. Placa de características del generador síncrono

Los datos de la placa de características de la máquina asíncrona a utilizar como motor de arrastre, son los registrados en la Tabla 4.2.

Motor asíncrono trifásico de arrastre	
Marca	AlecoP
Tipo	4AC-90A
Número de fabricación	KA-402
Tensión nominal (V)	220/330
Intensidad nominal (A)	4'8/2'8
Potencia útil nominal (C.V.)	1'35
Velocidad nominal (r.p.m.)	1420
Frecuencia (Hz)	50
Conexión	Triángulo

Tabla 4.2. Placa de características del motor asíncrono

4.2.4. Esquema eléctrico general de montaje

Para la realización de los ensayos, en primer lugar es necesario acoplar mecánicamente, por el eje, el motor asíncrono de arrastre y el generador síncrono a ensayar. Sus conexiones eléctricas son las que se indican a continuación:

- *Motor asincrono de arrastre (MA)*: El inductor (estator) del motor de arrastre se conecta en triángulo y se alimenta desde la salida de variador del módulo de alterna de la mesa de ensayos a su tensión nominal (220 V).
- *Generador síncrono (GS)*: El inductor (rotor) del alternador se alimenta desde la salida de variador del módulo de continua de la mesa de ensayos. Por otra parte, el inducido del alternador se conecta en estrella y su salida se conecta a un interruptor (K_G). A la salida de este interruptor se conecta una carga trifásica equilibrada (Z).

El esquema eléctrico final de la instalación es el mostrado en la Figura 4.4.

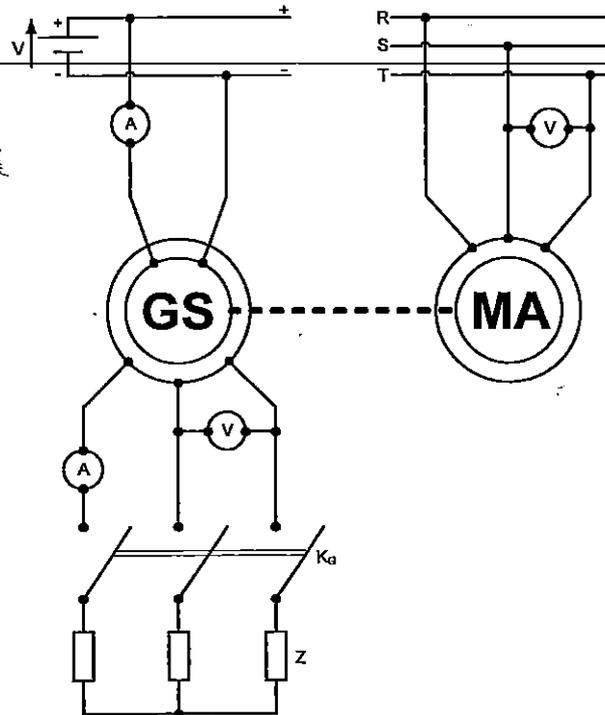


Figura 4.4. Esquema general de conexión del generador síncrono

4.2.5. Arranque del grupo motor-alternador

Una vez verificado el montaje correspondiente a cada ensayo, en base al montaje general presentado en el esquema de la Figura 4.4, y como paso previo a la realización de cada uno de los ensayos, es necesario realizar el arranque del grupo motor-alternador, siguiendo los pasos que se indican a continuación:

1. Comprobar que el mando del variador de tensión del módulo de alterna (alimentación del motor) está en posición de "0" y su interruptor en "off". Es decir, la alimentación al estator del motor es nula.
2. Comprobar que el mando del variador de tensión del módulo de continua (alimentación del inductor del generador) está en posición de "0" y su interruptor en "off". Es decir, la intensidad de excitación del alternador es nula.
3. El interruptor K_G se encuentra en la posición correspondiente al ensayo que se va a realizar (abierto en el ensayo de vacío y cerrado en los ensayos de cortocircuito y carga).
4. Cumplidas estas condiciones, se procede a cerrar ("on") el interruptor de salida de variador del módulo de alterna y, seguidamente, se va incrementando suavemente la tensión de alimentación del motor hasta llegar a su tensión nominal (220 V).
5. Finalmente, se cierra ("on") el interruptor de salida de variador del módulo de continua y se va incrementando suavemente la intensidad de excitación del generador, hasta alcanzar las condiciones correspondientes al ensayo a realizar.

4.4. ENSAYO DE VACÍO DEL GENERADOR SÍNCRONO

El ensayo de vacío de un generador síncrono consiste en ensayar el generador sin ningún tipo de carga eléctrica conectada en bornes de su estator. Por precaución, con el fin de evitar alcanzar valores elevados de tensión entre fases, **el ensayo se realiza sin conexión eléctrica entre las tres fases del inducido del generador síncrono**. Es decir, se va a quitar la conexión estrella del inducido del generador, así como su conexión al interruptor K_G de salida de dicho generador.

En la Tabla 4.4 se registran los valores medidos de la tensión, por fase, inducida en el generador síncrono (E_0). En la Figura 4.6 se realiza la representación gráfica de los resultados obtenidos.

Intensidad de excitación I_e (A)	Tensión E_0 (V)
0,05	125,6
0,10	150,9
0,15	177,5
0,20	194
0,25	128,3
0,30	149,9
0,35	168,8
0,40	183,5
0,45	194,4
0,50	201
0,55	207
0,60	214

Tabla 4.4. Ensayo de vacío

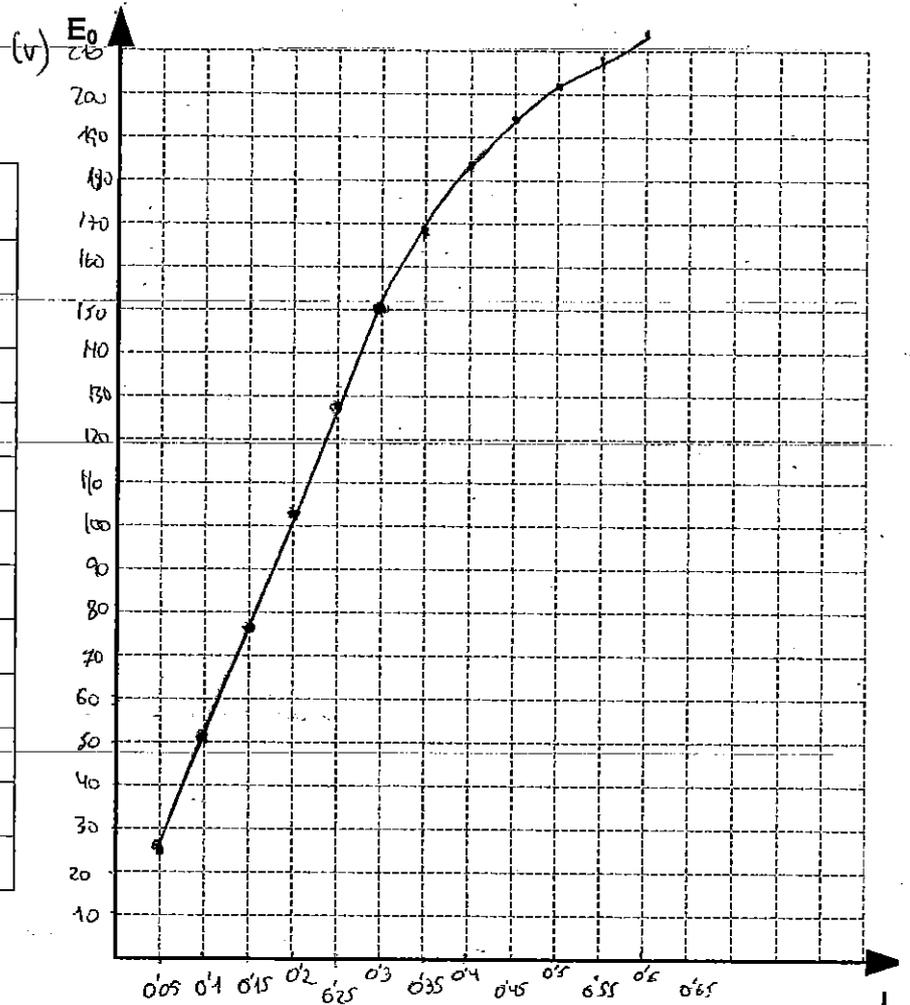


Figura 4.6. Característica de vacío

Justificar la forma de la característica de vacío representada en la Figura 4.6

Si no se alcanzase la saturación, sería una recta pero como vemos hay un momento que se curva, y esto es debido a que hemos llegado a la saturación.

$$E_0 = 4,44 \cdot N \cdot \Phi \cdot f$$

4.5. ENSAYO DE CORTOCIRCUITO DEL GENERADOR SÍNCRONO

En el ensayo de cortocircuito de un generador síncrono trifásico, las tres fases de salida del generador deben estar en cortocircuito. El interruptor debe estar cerrado "on" y el devanado del estator del generador conectado en estrella.

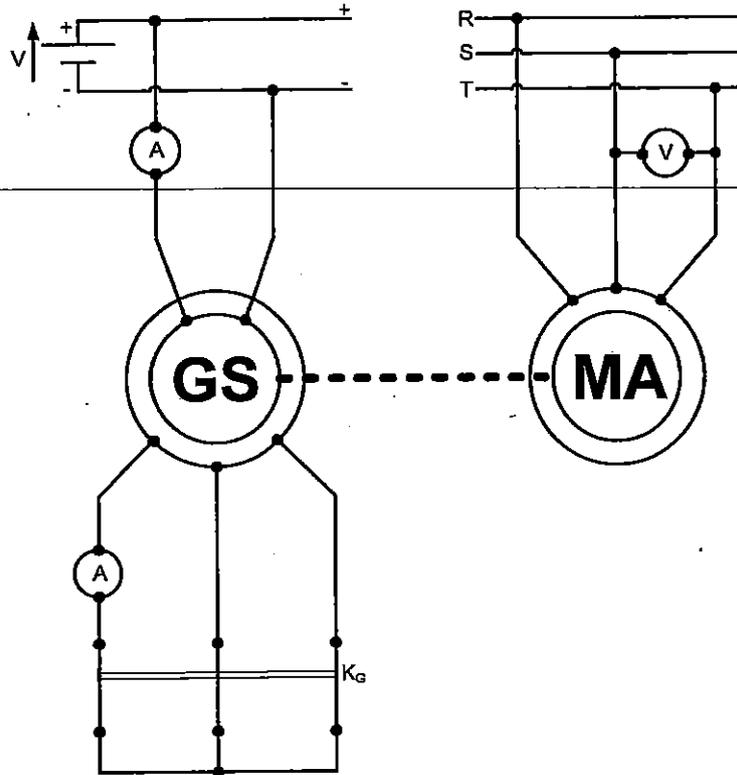


Figura 4.7. Esquema de conexión del ensayo de cortocircuito del generador síncrono

Así, tras asegurarse de que la intensidad de excitación que llega al rotor del generador es nula, se arranca el motor de arrastre, incrementando suavemente la tensión de alimentación, hasta alcanzar la tensión nominal (220 V).

En la Tabla 4.5 se recogen los resultados del ensayo y en la Figura 4.8 se realiza su representación gráfica:

I_{cc} (A)	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75
I_e (A)	0,031	0,065	0,101	0,136	0,168

Tabla 4.5. Ensayo de cortocircuito

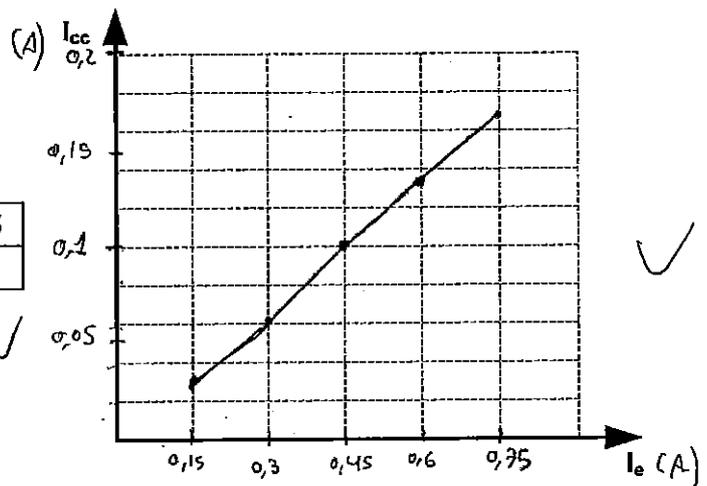


Figura 4.8. Evolución de I_{cc} en función de I_e

Inmediatamente después de realizar la toma de medidas, se procede a realizar las siguientes maniobras:

1. Se lleva el valor de la intensidad de excitación I_e a "0".

2. Se abre el interruptor K_G (poniéndolo en "off").
3. Se para el motor de arrastre, actuando sobre el variador de tensión de corriente alterna, hasta que la alimentación del motor es nula.
4. Se desmonta el puente de cortocircuito utilizado para realizar este ensayo.

Justificar la forma de la característica de cortocircuito representada en la Figura 4.8

Es una recta y solo para valores muy altos alcanzaría la saturación, que en nuestro caso no se dan. ✓

4.6. ENSAYO EN CARGA DEL GENERADOR SÍNCRONO

El objetivo del ensayo es analizar el comportamiento del generador frente a diferentes cargas (R, L, C) y diferentes valores de tensión en bornes del generador. Este análisis se completa estudiando el fenómeno de la reacción de inducido en función de las diferentes cargas conectadas.

El esquema del montaje correspondiente al ensayo en carga se muestra en la Figura 4.9.

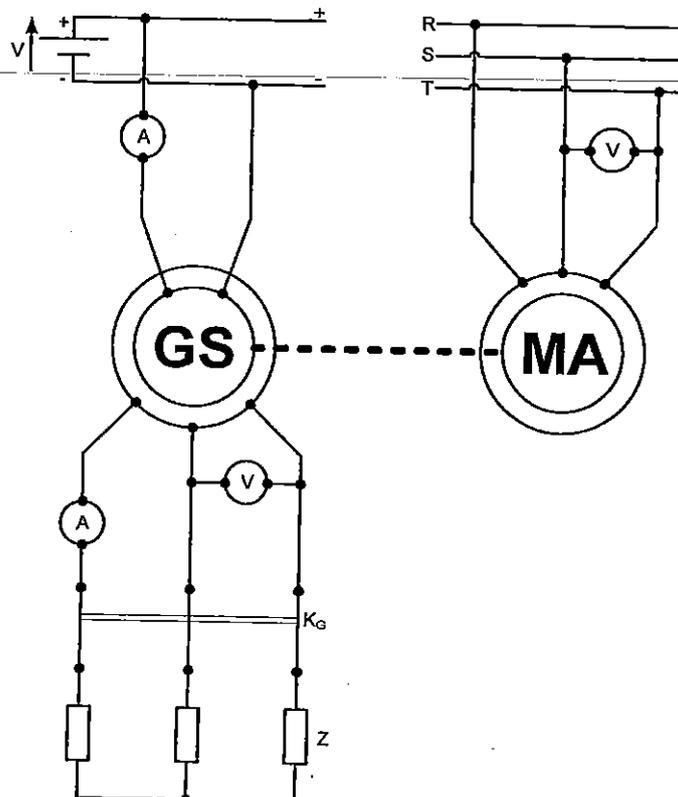


Figura 4.9. Esquema de conexión del ensayo en carga del generador síncrono

En todos los casos:

- Con el motor de arrastre alimentado a la tensión nominal (220 V), y estando el generador síncrono sin excitación ($I_e = 0$), se cierra el interruptor K_G que alimenta la carga trifásica equilibrada y conectada en estrella.
- Se actúa sobre el variador de tensión de corriente continua, de forma que se va ajustando el valor de intensidad de excitación (I_e) hasta alcanzar los valores de tensión a la salida del generador (U_G) y anotando también los valores de la intensidad consumida por la carga (I_G).

4.6.1. Carga inductiva (500 mH por fase)

U_G	I_e (A)	I_G (A)
30 V	0'098	0'082
60 V	0'112	0'192
90 V	0'163	0'293
120 V	0'212	0'374
150 V	0'273	0'474
180 V	0'328	0'567
200 V	0'371	0'644
220 V	0'41	0'705

Tabla 4.6. Ensayo del generador síncrono con carga inductiva

Al finalizar el registro de valores numéricos de la Tabla 4.6 (sin modificar el valor de la intensidad de excitación I_e), se procede a la apertura del interruptor K_G ($I_G = 0$), registrando en la Tabla 4.7 el nuevo valor de tensión en bornes del generador, U_G .

U_G (V)	I_e (A)	I_G (A)
322	0'407	0'073

Tendría que ser cero pero tenía un pequeño en el amperímetro.

Tabla 4.7. Efecto de la reacción de inducido para carga inductiva

En la Figura 4.10 se representan $U_G = f(I_e)$ e $I_G = f(I_e)$

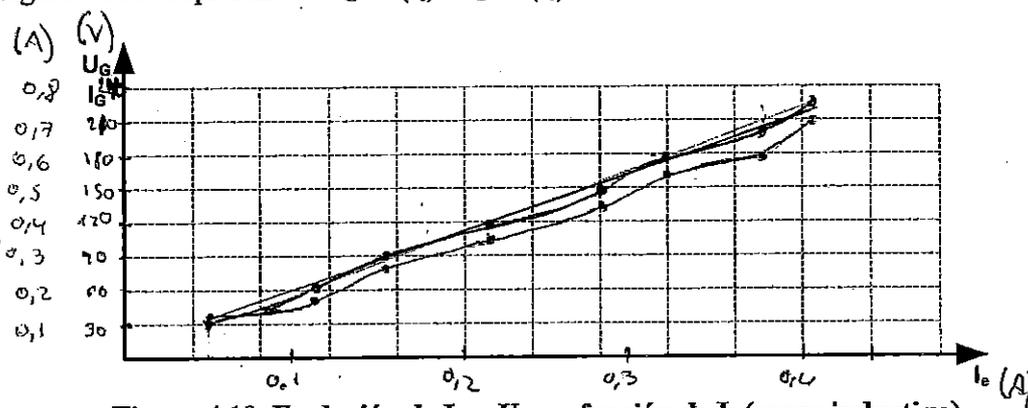


Figura 4.10. Evolución de I_G y U_G en función de I_e (carga inductiva)

Justificar el cambio de tensión al suprimir la carga inductiva:

La curva de U_G
 No se aprecia muy bien, pero tendría que tener un aspecto parecido a la curva de vacío ya que están relacionados con el triángulo de Potier. No se aprecia muy bien porque no hemos llegado a la saturación.

Al quitar la carga vuelve a la situación de vacío y por el triángulo de Potier la U_G alcanza su valor correspondiente al de la curva de vacío. Es este caso mejor.

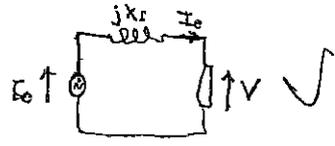
ya hemos profundizado y hemos comentado la gráfica también

Se aprecia como la curva I_G va ligeramente retrasada por debajo de la de U_G debido a que la intensidad está algo retrasada porque estamos trabajando con una carga inductiva.

¿Por qué cambio de tensión? Sabemos que $E_0 = V + jX_s \cdot I$. Al desconectar nos queda: $E_0 = V + jX_s \cdot 0 \Rightarrow E_0 = V$

4.6.2. Carga resistiva (165 Ω por fase)

y por tanto el valor de V pasa a ser el de E_0 que en este caso es 322 V



U_G	I_e (A)	I_G (A)
30 V	0'044	0'106
60 V	0'085	0'205
90 V	0'126	0'306
120 V	0'168	0'408
150 V	0'210	0'512
180 V	0'253	0'612
200 V	0'286	0'685
220 V	0'319	0'755

Tabla 4.8. Ensayo del generador síncrono con carga resistiva

Al finalizar el registro de valores numéricos de la Tabla 4.8 (sin modificar el valor de la intensidad de excitación I_e), se procede a la apertura del interruptor K_G ($I_G = 0$), registrando en la Tabla 4.9 el nuevo valor de tensión en bornes del generador, U_G .

U_G (V)	I_e (A)	I_G (A)
274	0'319	0'023

Tendría que ser cero pero tiene un pequeño error el amperímetro

Tabla 4.9. Efecto de la reacción de inducido para carga resistiva

En la Figura 4.11 se representan $U_G = f(I_e)$ e $I_G = f(I_e)$

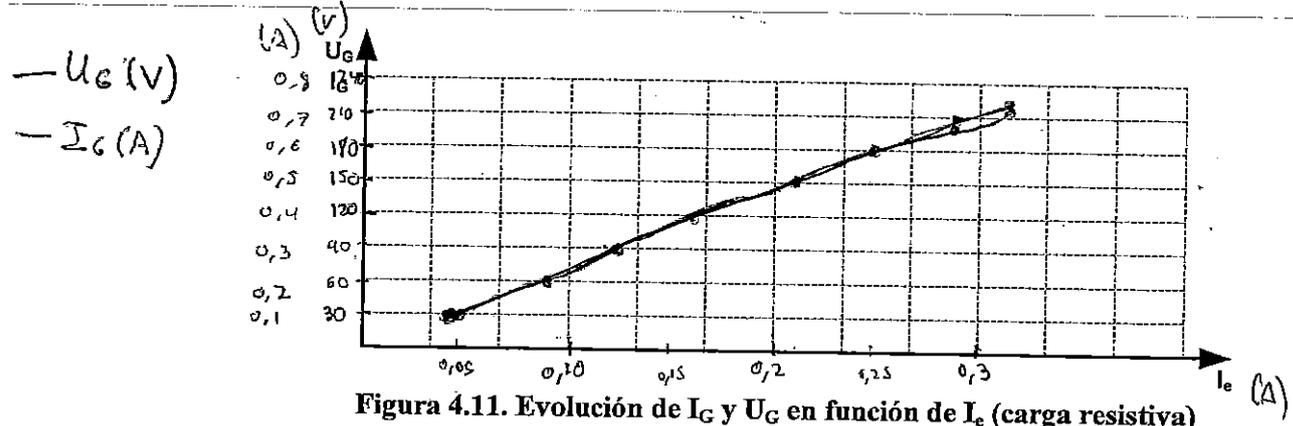
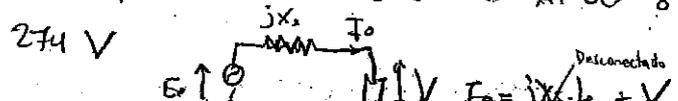


Figura 4.11. Evolución de I_G y U_G en función de I_e (carga resistiva)

Justificar el cambio de tensión al suprimir la carga resistiva:

En la curva solo vemos una recta porque todavía no hemos alcanzado la saturación, punto en el cual comenzaría a curvarse.
 Las curvas U_G y I_G son iguales ya que la carga es resistiva y la intensidad no está ni adelantada ni retrasada respecto a la tensión.

→ Igual que en el caso anterior: Al desconectar nos queda $E_0 = V$ que y en este caso $E_0 =$



4.6.3. Carga capacitiva (16 μF por fase)

U_G	I_e (A)	I_G (A)
30 V	0'014	0'093
60 V	0'026	0'175
90 V	0'039	0'260
120 V	0'052	0'350
150 V	0'064	0'434
180 V	0'079	0'523
200 V	0'090	0'578
220 V	0'102	0'648

Tabla 4.10. Ensayo del generador síncrono con carga capacitiva

Al finalizar el registro de valores numéricos de la Tabla 4.10 (sin modificar el valor de la intensidad de excitación I_e), se procede a la apertura del interruptor K_G ($I_G = 0$), registrando en la Tabla 4.11 el nuevo valor de tensión en bornes del generador, U_G :

U_G (V)	I_e (A)	I_G (A)
96	0'102	0'023

Tabla 4.11. Efecto de la reacción de inducido para carga capacitiva

En la Figura 4.12 se representan $U_G = f(I_e)$ e $I_G = f(I_e)$

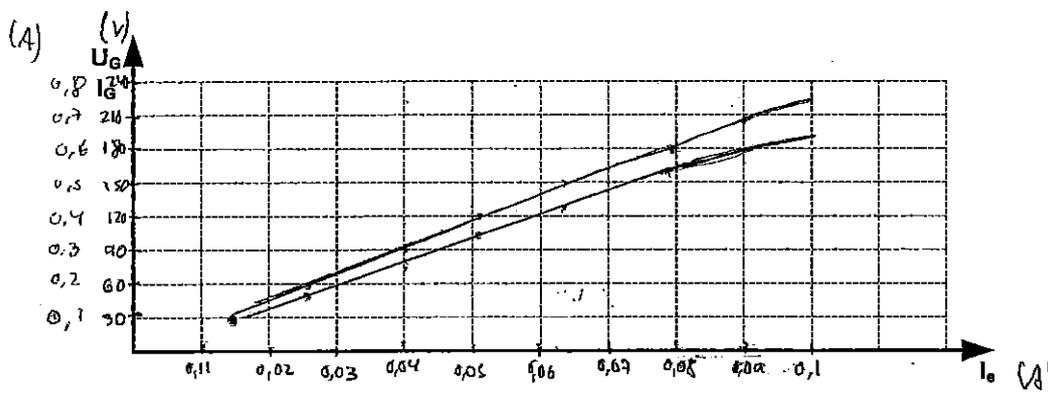


Figura 4.12. Evolución de I_G y U_G en función de I_e (carga capacitiva)

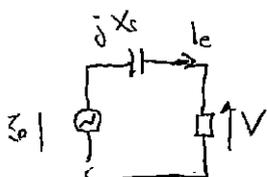
Justificar el cambio de tensión al suprimir la carga capacitiva:

Al igual que en las gráficas anteriores, solo se aprecia la parte recta de la curva ya que no hemos llegado al punto de saturación.

La curva I_G va por debajo de la curva U_G porque la intensidad está desfasada respecto a la tensión ya que es una carga capacitiva.

Como en los otros dos casos al desconectar nos queda: $E_0 = V$ y E_0 en este caso es 96V.

✓ V toma ese valor



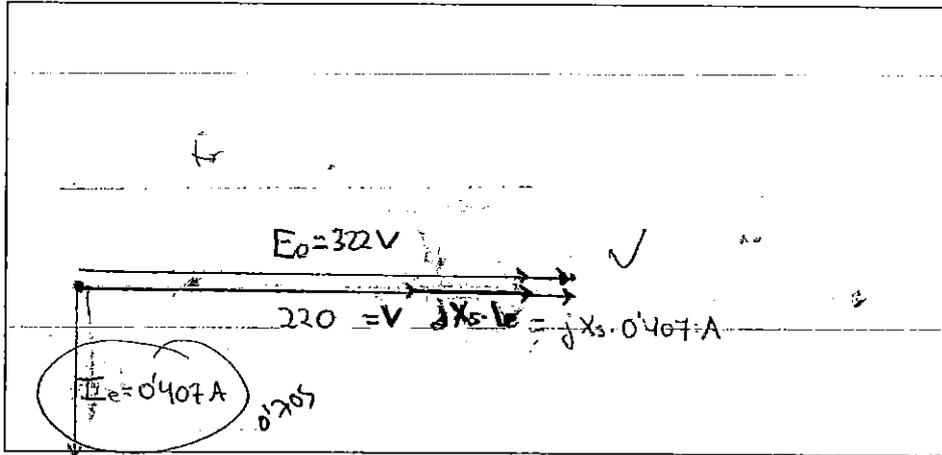
4.6.4. Diagramas vectoriales

Diagramas vectoriales correspondientes a la situación de carga (con tensión de salida del generador de 220 V) en cada uno de los tres casos analizados. Se utiliza unas escalas de:

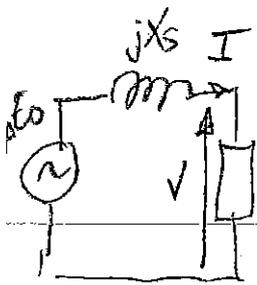
Escala de tensión: 50 V/cm

Escala de Intensidad: 0,482 A/cm

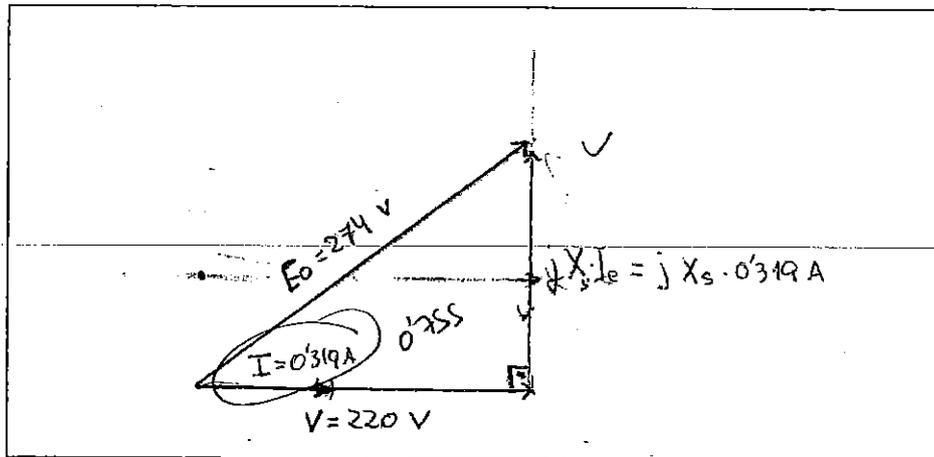
Carga inductiva



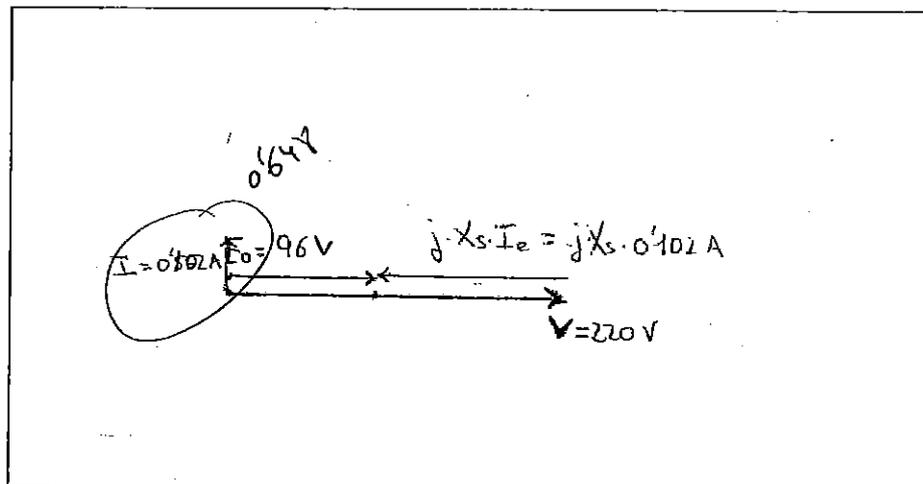
Carga resistiva

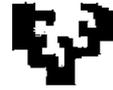


$$E_0 = V + jX_s I$$



Carga capacitiva





ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

(3º de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial)

LABORATORIO

PRÁCTICA Nº 5

INFORME

Alumnos: Jon Betolaza
Gonzalo Aguirre

Año Académico: 2014-15

Grupo de Laboratorio: GL1

Puesto de trabajo: P-8

Fecha: 25/03/2015

Hora: 8:00

CALIFICACION



Observaciones:

5.1. INTRODUCCIÓN

En esta práctica se realizan los siguientes ensayos sobre una máquina asíncrona trifásica trabajando en modo motor.

- Comprobación del sentido de giro
- Ensayo de medida de resistencias.
- Ensayo de vacío
- Ensayo de cortocircuito

5.2. GENERALIDADES

5.2.2. Caja de bornes de conexión del motor asíncrono trifásico

El motor asíncrono a ensayar en el laboratorio es un motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla. En la caja de bornes de este motor se encuentran los seis extremos de los arrollamientos del estator, posicionados tal y como se presenta en la Figura 5.2. En esta figura también se han representado los arrollamientos internos de cada fase del estator (U_1-U_2 , V_1-V_2 , W_1-W_2)

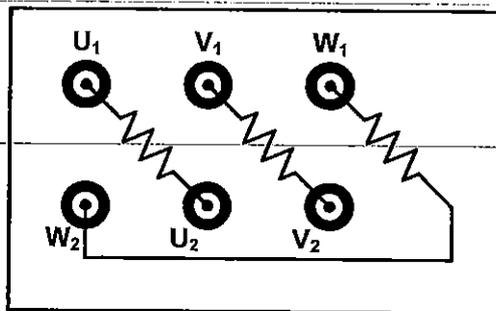


Figura 5.2. Caja de bornes de motor asíncrono trifásico

En esta práctica se trabajará (como máximo) con tensiones de alimentación de 220 V y los devanados del estator del motor asíncrono a ensayar se conectarán en triángulo para los ensayos de vacío y cortocircuito.

5.2.3. Características del motor asíncrono sometido a ensayos

Los datos de la placa de características de la máquina asíncrona a ensayar en modo motor, son los registrados en la Tabla 5.1.

Motor asíncrono trifásico con rotor en jaula de ardilla	
Marca	AlecoP
Tipo	4 AC-90 A
Número de fabricación	T-010094
Tensión de alimentación (V)	220/380
Intensidad (A)	4'8/2'8
Potencia útil (CV)	1'35 \approx 992'25 W
Velocidad motor (r.p.m.)	1420
Frecuencia (Hz)	50
cos ϕ	0'939
Conexión	TRIANGULO

Tabla 5.1. Placa de características del motor asíncrono

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

5.2.4. Arranque del motor asíncrono

En los ensayos a realizar en esta práctica, el proceso de arranque se va a realizar alimentando el motor directamente a través del variador de tensión de corriente alterna, por lo que se irá aumentando la tensión de alimentación suavemente hasta llegar al valor de la tensión necesaria en el ensayo.

5.2.5. Sentido de giro del motor asíncrono

El sentido de giro de un motor asíncrono viene fijado por el sentido de giro del campo magnético rotativo, el cual viene impuesto por la secuencia de conexión de las fases de alimentación a los devanados del estator. Por tanto, ~~si se modifica la secuencia de conexión de fases de la tensión de alimentación, se modifica el sentido de giro del motor.~~

Así, si por ejemplo para la secuencia de fases R-S-T, el motor gira en el sentido de las agujas del reloj; visto desde el eje de acoplamiento, con la secuencia de fases S-R-T girará en sentido contrario (Figura 5.4).

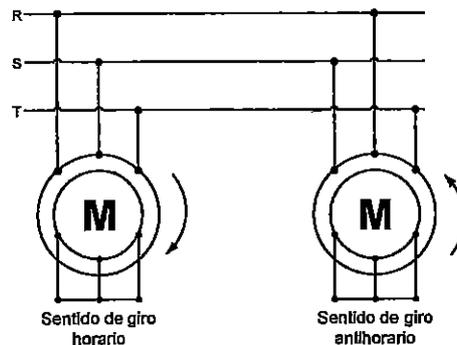


Figura 5.4. Inversión del sentido de giro

En este ensayo se permutarán dos fases de la acometida del motor y se comprobará como se invierte el sentido de giro del rotor. Asimismo, se comprobará como la conexión en estrella o triángulo no influye en el sentido de giro.

5.3. MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE LOS BOBINADOS

La resistencia de los bobinados del estator del motores medirá haciendo uso del polímetro.

Se realizarán dos ensayos, correspondientes a la conexión estrella y triángulo (Figura 5.5).

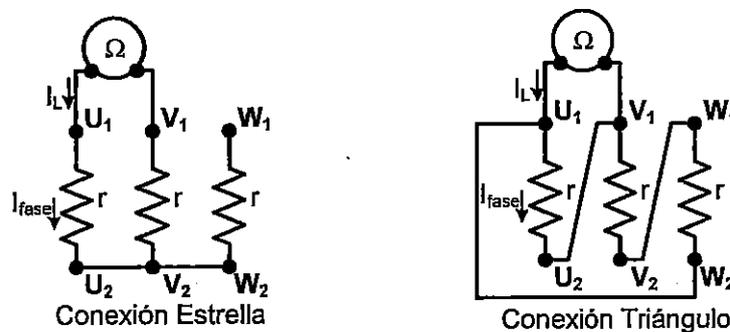


Figura 5.5. Medida de la resistencia

Como resultado de la medida se obtendrán los siguientes resultados:

- Resistencia propia de los cables del polímetro y sus contactos (R_C)
- Resistencia total medida con el polímetro (R_M)
- Resistencia de línea, entre dos bornes de la máquina ($R = R_M - R_C$)

- Resistencia de fase o de bobina (r), a determinar según cuál sea la conexión de los bobinados del estator (estrella o triángulo).

Conexión estrella

POSICION DE MEDIDA		Ω
Cables de conexión del polímetro	R_c	0'1
Resistencia total leída	$R_M = \frac{R_{UV} + R_{VW} + R_{WU}}{3}$	$\frac{14'3 + 14'3 + 14'3}{3} = 14'3$
Resistencia de línea	$R = R_M - R_c$	14'2
Resistencia por fase	$r = R/2$	7'1

Tabla 5.2.a Medida de la resistencia de los bobinados en estrella

Conexión triángulo

POSICION DE MEDIDA		Ω
Cables de conexión del polímetro	R_c	0'1
Resistencia total leída	$R_M = \frac{R_{UV} + R_{VW} + R_{WU}}{3}$	$\frac{4'8 + 4'8 + 4'8}{3} = 4'8$
Resistencia de línea	$R = R_M - R_c$	4'7
Resistencia por fase	$r = (3/2) \cdot R$	7'05

Tabla 5.2.b Medida de la resistencia de los bobinados en triángulo

5.4. ENSAYO DE VACÍO DEL MOTOR ASÍNCRONO

Para llevar a cabo el ensayo de vacío se realiza el montaje mostrado en la Figura 5.6 y los bobinados del estator se conectan en triángulo. Al ser un ensayo de vacío, el eje del motor deberá estar girando libremente, sin ninguna carga mecánica acoplada.

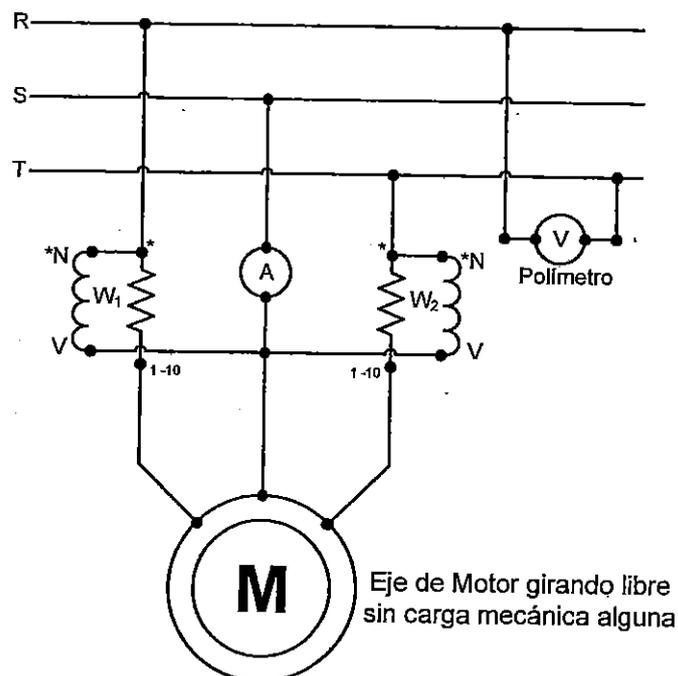


Figura 5.6. Esquema eléctrico del ensayo de vacío del motor asíncrono trifásico

Para cada uno de los valores de tensión mostrados en la Tabla 5.3, se toman las medidas de intensidad y potencia que se indican en la parte resaltada de dicha tabla.

U ₀	I ₀	Vatímetro 1			Vatímetro 2				P _J	P _{Fe+M}	P _{Fe}
		W ₁	K ₁	P ₁	W ₂	K ₂	P ₂	P ₀			
30	0'339	2	5	10	0'5	52	1	11	0'81	10'19	
50	0'468	3'5	5	17'5	-0'8	5	-4	13'5	1'54	11'96	
90	0'765	4'2	10	42	-2	10	-20	22	4'26	17'874	
120	1'006	7'5	10	75	-4	10	-40	35	7'135	27'865	
150	1'204	11'7	10	117	-6'5	10	-65	52	11'988	46'012	
180	1'642	8'8	20	176	-5'1	20	-102	74	19'008	54'952	
200	1'947	11'8	20	236	-7'2	20	-144	92	26'725	65'265	
U _N	2'326	15'2	20	304	-9'5	20	-190	114	38'142	75'858	66'858

Tabla 5.3. Medidas del ensayo de vacío del motor asíncrono

siendo:

- U₀: Tensión de vacío con la que se alimenta al motor (V)
- U_N: Tensión nominal (220 V)
- I₀: Intensidad de vacío que circula por el devanado del estator (A)
- W₁ y W₂: Lecturas del vatímetro 1 y del vatímetro 2 (div)
- K₁ y K₂: Constantes del vatímetro 1 y del vatímetro 2 (W/div)
- P₁ y P₂: Potencias del vatímetro 1 y del vatímetro 2 (W)
- P₀ = P₁ + P₂: Pérdidas del ensayo de vacío (W)

$$\left[P_J = \frac{3}{2} R \cdot I_0^2 \right] (W)$$

$$\left[P_{Fe+M} = P_0 - P_J \right] (W)$$

En el gráfico de la Figura 5.7, se traza la curva U₀ = f(I₀) según las medidas registradas en la Tabla 5.3.

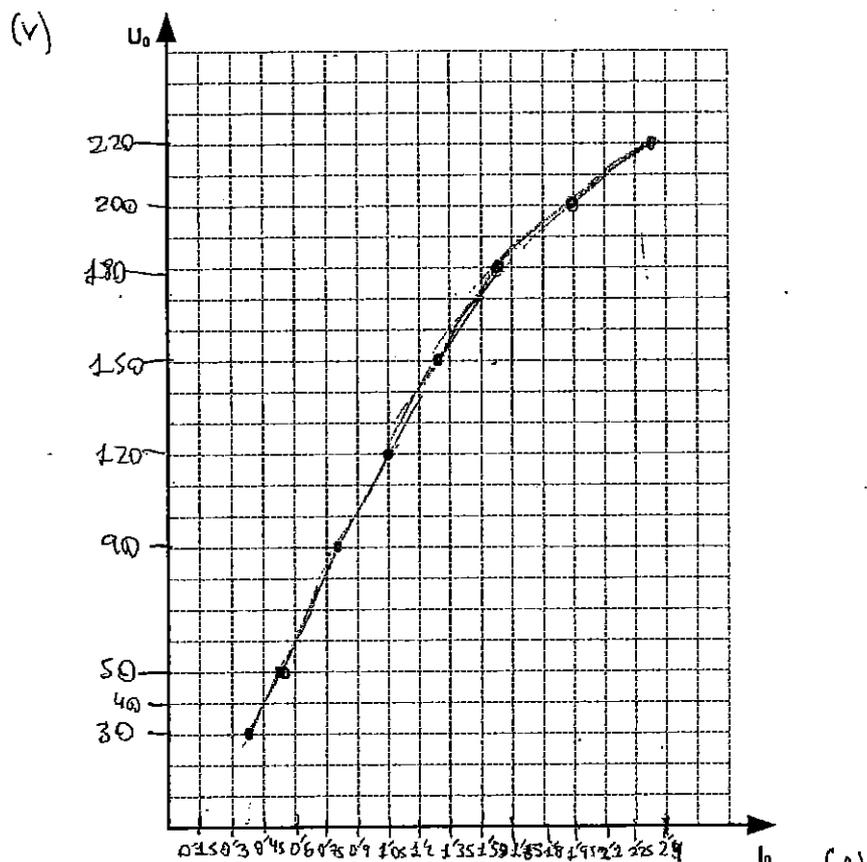


Figura 5.7. Evolución de U₀ en función de I₀

5.5. ENSAYO DE CORTOCIRCUITO DEL MOTOR ASÍNCRONO

El montaje eléctrico a utilizar para la realización del ensayo de cortocircuito es el mostrado en el esquema de la Figura 5.8. La única diferencia respecto al montaje utilizado para la realización del ensayo de vacío es que, para que el motor trabaje en condiciones de cortocircuito, el rotor debe estar bloqueado, es decir, no debe girar.

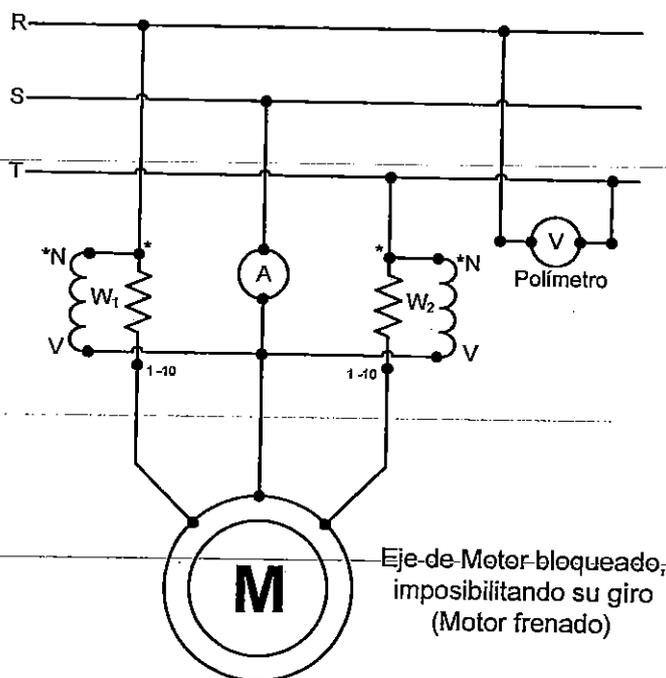


Figura 5.8. Esquema eléctrico del ensayo de cortocircuito del motor asíncrono trifásico

Bajo estas condiciones de funcionamiento señaladas, se va ajustando el variador de tensión para que circulen los valores de intensidad indicados en la Tabla 5.4.

I _{cc}	U _{cc}	Vatímetro 1			Vatímetro 2			P _{cc}	P _{j(estator)}	P _{j(rotor)}
		W ₁	K ₁	P ₁	W ₂	K ₂	P ₂			
1	14'54	6'5	2	73	1'1	2	2'2	13'2		
2	29'2	28	2	56	4	2	8	64		
3	42'8	239	5	114'5	3'9	5	19'5	139		
4	57'6	43'5	5	217'5	7	5	35	250'5		
I _N	68'1	61	5	305	10'5	5	52'5	337'5	162'432	175'068

Tabla 5.4. Medidas del ensayo de cortocircuito del motor asíncrono

siendo:

- I_{cc}: Intensidad de cortocircuito por el devanado del estator (A)
- I_N: Intensidad nominal (4,8 A)
- U_{cc}: Tensión de cortocircuito aplicada al estator (V)
- W₁ y W₂: Lecturas del vatímetro 1 y del vatímetro 2 (div)
- K₁ y K₂: Constantes del vatímetro 1 y del vatímetro 2 (W/div)
- P₁ y P₂: Potencias del vatímetro 1 y del vatímetro 2 (W)
- P_{cc} = P₁ + P₂ Pérdidas de cortocircuito (W)

$$- P_{j(estator)} = \frac{3}{2} R \cdot I_{cc}^2$$

$$- P_{j(rotor)} = P_{cc} - P_{j(estator)}$$

5.7. PÉRDIDAS EN EL MOTOR ASÍNCRONO. SEPARACIÓN DE PÉRDIDAS

5.7.1. Pérdidas medidas en el ensayo de vacío (P_0)

A continuación se calculan cada una de las pérdidas presentes en el ensayo de vacío y se registran en las tres últimas columnas de la Tabla 5.3.

- a) Pérdidas por efecto Joule en el estator debidas a la corriente de vacío (P_J)

Se calculan mediante la siguiente expresión (donde R es la lectura de resistencia de línea del apartado 5.3):

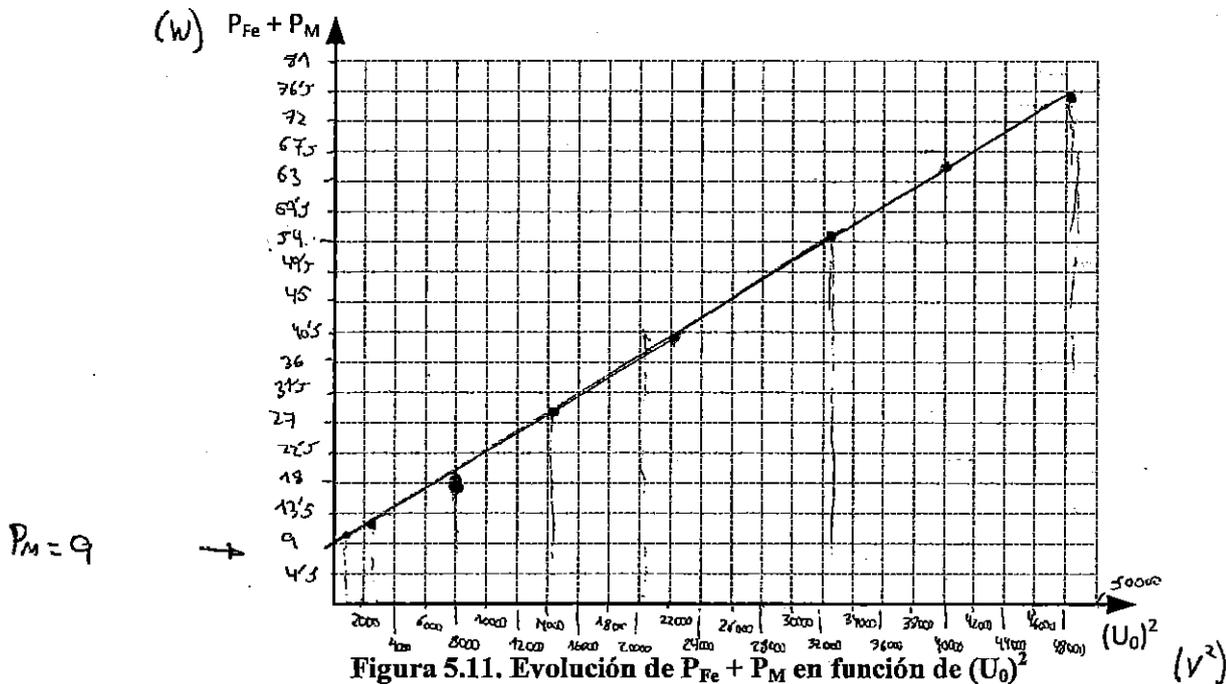
$$P_J = \frac{3}{2} RI_0^2$$

- b) Pérdidas en el hierro y pérdidas mecánicas ($P_{Fe} + P_M$)

$$P_{Fe} + P_M = P_0 - P_J$$

- c) Pérdidas mecánicas (P_M) [también llamadas de rozamiento P_R]

Para determinar las pérdidas mecánicas se procede, a partir de los datos registrados en la Tabla 5.3, a trazar la curva que representa la suma de pérdidas en el hierro y pérdidas mecánicas frente al cuadrado de la tensión del ensayo de vacío ($P_{Fe} + P_M = f(U_0)^2$). En el gráfico de la Figura 5.11 se traza la curva $P_{Fe} + P_M = f((U_0)^2)$ y se determina el valor numérico de las pérdidas mecánicas (extrapolando la curva hasta que corte al eje de ordenadas se obtiene, en el corte con dicho eje, el valor de las pérdidas mecánicas.).



$$P_M = \underline{\quad 9 \quad} \text{ W}$$

- d) Pérdidas en el hierro (P_{Fe})

Una vez conocidas P_M y P_J , las pérdidas restantes del ensayo de vacío corresponderán a las pérdidas en el hierro. En el caso de la tensión nominal resultan ser:

$$P_{Fe} = P_{Fe+M} - P_M = \underline{75'858} - \underline{9} = \underline{66'858} \text{ W}$$

5.7.2. Pérdidas medidas en el ensayo de cortocircuito (P_j)

En el ensayo de cortocircuito realizado sobre el motor asíncrono a la intensidad nominal, se ha obtenido un valor de potencia (P_{cc}) que, despreciando las pérdidas en el hierro, engloba las siguientes pérdidas:

- Pérdidas por efecto Joule en el estator
- Pérdidas por efecto Joule en el rotor

A continuación se calculan cada una de ellas y se registran en las dos últimas columnas de la Tabla 5.4.

a) Pérdidas por efecto Joule en el estator

Se calculan a partir del valor de R (resistencia de línea del apartado 5.3).

$$P_{j(\text{estator})} = \frac{3}{2} R I_N^2$$

b) Pérdidas por efecto Joule en el rotor

$$P_{j(\text{rotor})} = P_{cc} - P_{j(\text{estator})}$$

Esto permite calcular la resistencia del rotor (por fase) referida al estator:

$$R'_2 = \frac{P_{j(\text{rotor})}}{3I_N^2} = \underline{2'533} \Omega$$

5.8. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO (en condiciones nominales)

El rendimiento del motor se define según la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{P_U}{P_1}$$

siendo:

- P_U : Potencia mecánica útil del motor $AC \cdot V = 735 \text{ W}$
- P_1 : Potencia absorbida por el motor

La potencia absorbida por el motor es la suma de la potencia mecánica útil suministrada en el eje, más todas las pérdidas anteriormente calculadas. Por lo tanto, para el motor asíncrono ensayado, la potencia absorbida por el motor en condiciones nominales (de tensión e intensidad) adopta el siguiente valor:

$$P_1 = P_U + P_{Fe} + P_M + P_{cc} = \underline{992'25} + \underline{66'858} + \underline{9} + \underline{3375} = \underline{1405'6} \text{ W}$$

De esta forma, se obtiene el siguiente valor para el rendimiento del motor:

$$\eta = \frac{P_U}{P_1} \cdot 100 = \frac{P_U}{P_U + P_{Fe} + P_M + P_{cc}} \cdot 100 = \underline{70'59} \%$$

“ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS”

Curso 2014-15

TEORIA (Bloque A-2)

I.- Campos rotativos en máquinas rotativas trifásicas:

- ✓1.- En un generador síncrono, la velocidad absoluta del campo rotativo depende de la velocidad del rotor.
- ✗2.- En un motor asíncrono, la velocidad absoluta del campo rotativo depende de la velocidad del rotor.

II.- En un generador síncrono trifásico se observa que la distancia entre los dos lados activos de una espira del inducido es de 30 grados geométricos.

- ✓3.- El rotor debe girar a 1000 rpm para generar tensiones de 100 Hz.
- ✓4.- La distancia entre los ejes de dos polos consecutivos del rotor es de 180 grados magnéticos.

III.- ~~En un generador síncrono trifásico:~~

- ✗5.- ~~El bobinado amovible se ubica en el inducido. ESTATOR~~
- ✗6.- El bobinado del rotor es trifásico.

IV.- En un generador síncrono trifásico que funciona en vacío:

- ✗7.- Es imposible alcanzar la saturación.
- ✓8.- El ángulo de par tiene valor nulo.

V.- En un generador síncrono trifásico que funciona en carga:

- ✗9.- La tensión por fase de vacío (E_0) está siempre retrasada respecto a la tensión por fase en bornes (V).
- ✓10.- El valor de la impedancia síncrona (en Ω) depende de la velocidad del rotor.

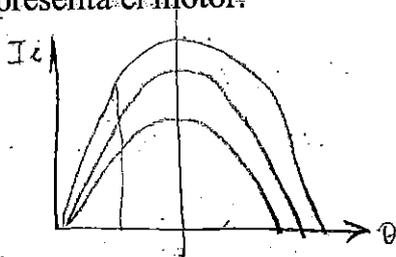
VI.- ~~Un generador síncrono trifásico tiene ajustados sus reguladores para funcionar siempre a su tensión nominal de 380 V a 50 Hz. Cuando pasa de estar en vacío a trabajar a plena carga alimentando una carga equilibrada de tipo inductivo.~~ $E_0 \uparrow$ (QUE EN VACÍO) $\rightarrow f \uparrow$

- ✗11.- El regulador de frecuencia debe aumentar la velocidad del rotor. REDUCIR FRECUENCIA $\rightarrow n_2 \downarrow$
- ✓12.- El regulador de tensión debe aumentar la intensidad de excitación. REDUCIR FRECUENCIA $E_0 \uparrow = 4.44 N \cdot f \cdot \Phi \rightarrow f(I_e)$

VII.- Un motor síncrono trifásico funciona alimentado desde una red de tensión y frecuencia constantes arrastrando una carga que presenta un par resistente constante.

- ✓13.- El aumento de la intensidad de excitación provoca siempre una disminución del ángulo de par.

- ✗14.- ~~El aumento de la intensidad de excitación provoca siempre un aumento del factor de potencia que presenta el motor.~~



VIII.- Máquinas asíncronas trifásicas.

✓15.- En el funcionamiento como freno, la frecuencia de las corrientes del rotor es mayor que la frecuencia de las corrientes del estator. $s = s \cdot p_1 \quad s > 1 \quad n_2 < 0$

F16.- En el funcionamiento como generador, el rotor gira en sentido inverso al campo rotativo.

IX.- Motor asíncrono trifásico de rotor bobinado:

F17.- Se dice que trabaja en vacío cuando su bobinado del rotor se encuentra en circuito abierto.

✓18.- Se dice que está en cortocircuito cuando su rotor está bloqueado. $P = 0$

X.- Motores asíncronos trifásicos: $n_2 \uparrow \quad s \downarrow \quad R_e \uparrow \quad X_e = c \cdot l_e$  $\cos \phi_1 < \cos \phi_2$

✓19.- Despreciando el efecto de la rama de vacío, el factor de potencia presentado por el motor aumenta al aumentar la velocidad del rotor.

✓20.- La relación entre la potencia mecánica interna y la potencia transmitida del estator al rotor aumenta al aumentar la velocidad del rotor. $\frac{P_{mi}}{P_{12}} = \frac{(1-s)}{1/s} = 1-s \quad n_2 \uparrow \rightarrow s \downarrow$

XI.- Un motor asíncrono trifásico tiene entre sus características nominales las siguientes: 380 V, 50 Hz. Si el motor se alimenta desde una red de 400 V (60 Hz): $E_0 = 4144 \text{ N} \cdot \Phi_0$

F21.- Existe riesgo de saturación. *Quisiera.*

F22.- Se mantiene el valor del deslizamiento para el que se produce el par máximo.

$$s_{max} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_2'^2 + X_e'^2}} \quad X_e' = X_e \frac{60}{50}$$

XII.- Se dispone de un motor asíncrono trifásico de 400/230 V y 2,8/4,8 A. Si se realiza el arranque directo para una red de 400 V la intensidad de arranque es "Ia".

✓23.- Si se realiza el arranque directo para una red de 230 V la intensidad de arranque es de "Ia · √3". $I_a = \frac{400/\sqrt{3}}{Z_e} ; I_c = \frac{230/\sqrt{3}}{Z_e} ; \frac{400/\sqrt{3}}{I_a} = \frac{230/\sqrt{3}}{I_c} \quad I_a' = 0,575 I_a$

✓24.- Si se realiza un arranque estrella-triángulo para una red de 230 V la intensidad de arranque es "Ia/√3".

XIII.- Regulación de velocidad y frenado de motores asíncronos trifásicos.

F25.- En el método de variación de la frecuencia de alimentación, el deslizamiento puede alcanzar valores superiores a 1.

F26.- El frenado por inversión de fases sólo se puede utilizar en los motores que tienen rotor de jaula de ardilla.

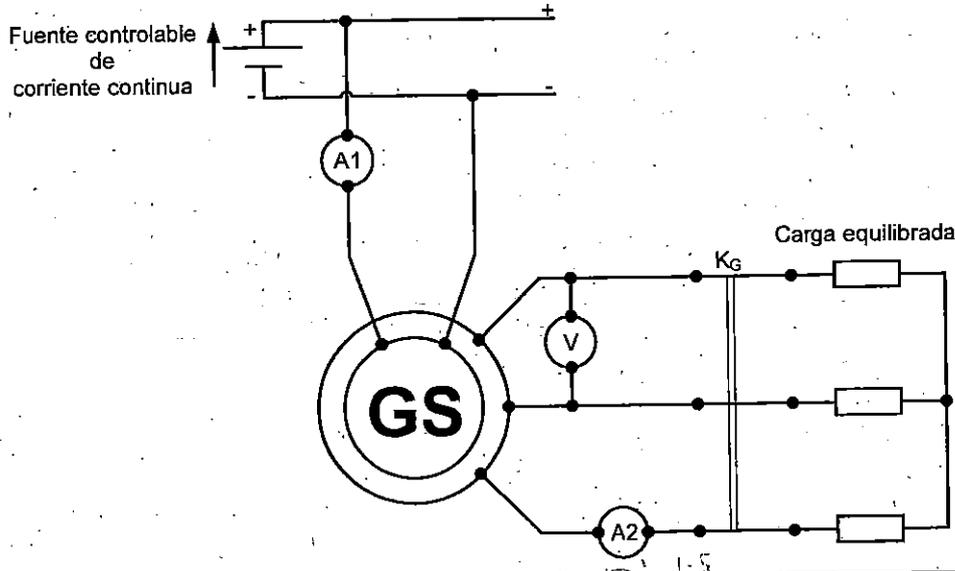
XIV.- Motores asíncronos monofásicos.

F27.- En el motor de arranque con espira de sombra, la espira de sombra se conecta en paralelo con el bobinado principal.

F28.- En el punto de funcionamiento, el deslizamiento respecto al campo rotativo inverso es negativo.

EJERCICIOS (Bloque A-2)

XV.- En un laboratorio de ensayos se realizan una serie de pruebas a una máquina síncrona trifásica (conexión estrella) de 2 pares de polos. Funcionando como generador (ver Figura) se registran los siguientes datos



	Carga	Velocidad de giro	Interrupción Kg	Lectura aparatos medida		
				V	A1	A2
Prueba A	Inductiva pura	1500 rpm	ON	380 V	1,25 A	12 A
			OFF	451 V	1,25 A	0 A
Prueba B	Resistiva pura	1500 rpm	ON	380 V	1,1 A	¿?
Prueba C	Capacitiva pura	2000 rpm	ON	380 V	¿?	5 A

Calcular:

101.- Lectura del amperímetro A2 en la Prueba B.

- (A) 19,35 A (B) 16,82 A

102.- Lectura del amperímetro A1 en la Prueba C.

- A) 0,912 A (B) 0,708 A

A continuación se hace trabajar a la máquina como motor. Para ello se conecta su estator a una red de 400 V y 50 Hz y se le hace mover una carga que presenta un par resistente constante de 37,5 Nm.

103.- Calcular la intensidad de excitación necesaria para que sea mínima la intensidad que el motor toma de la red de 400 V.

- A) 0,985 A (B) 1,117 A

NOTA: A efectos de cálculo, se considerarán despreciables las pérdidas internas y los efectos de la saturación.

XVI.- La placa de características de un motor asíncrono trifásico contiene los siguientes datos:

400 V 50 Hz estrella 720 rpm 7,5 CV

El motor es sometido a las siguientes pruebas:

Medida de resistencias

Se determina que la resistencia entre dos bornes de su inductor es de $2,3 \Omega$.

Ensayos de cortocircuito

Cuando la tensión de alimentación es de $(25 \cdot \sqrt{3})$ V (50 Hz), la intensidad absorbida por el motor es de 4,5 A.

Cuando la tensión de alimentación es de $(45 \cdot \sqrt{3})$ V (60 Hz), la intensidad absorbida por el motor es de 6,9 A.

El motor se conecta sobre una red trifásica de 400 V (50 Hz). Despreciando a efectos de cálculo la influencia de la rama de vacío, se pide calcular:

104.- Intensidad nominal del motor.
 A) 10,53 A B) 9,22 A

105.- Pérdidas por rozamiento del motor.
 A) 0,20 kW B) 0,30 kW

106.- Par de arranque directo.
 A) 103,42 Nm B) 61,66 Nm

(1 CV = 735,5 W)

SOLUCIONES

01	V
02	F
03	V
04	V
05	F
06	F
07	F
08	V
09	F
10	V
11	F
12	V
13	V
14	F

15	V
16	F
17	F
18	V
19	V
20	V
21	F
22	F
23	V
24	V
25	F
26	F
27	F
28	F

101	A
102	B
103	B
104	B
105	A
106	B

EJERCICIOS BLOQUE A-2

XV.

$p = 2$

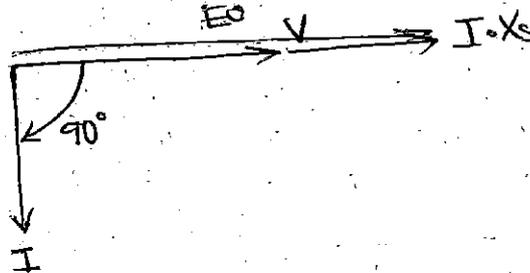
				V	A1	A2
PRUEBA A	$\cos\phi = 0$	1500	ON	380V	125	12
			OFF	451V	125	0
PRUEBA B	$\cos\phi = 1$	1500	ON	380V	11	¿?
PRUEBA C	$\cos\phi = 0$	2000	ON	380V	¿?	5A

1) Lectura A2 prueba B:

VACIO: $\frac{I_e}{E_0} = cte = \frac{125}{451/\sqrt{3}} \rightarrow E_0 = \frac{451}{\sqrt{3}} V$

A)

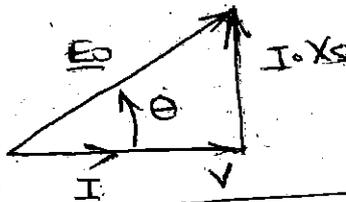
CARGA: $E_0 = \underline{V} + X_s I$



$$E_0 = V + I \cdot X_s$$

$$\frac{451}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} + 12 \cdot X_s \rightarrow X_s = 3,416 \Omega$$

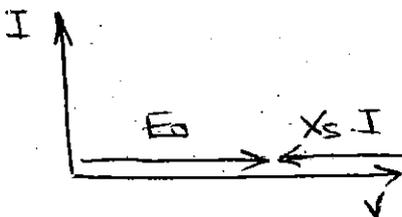
B)



$$I = \frac{\sqrt{\left(\frac{451}{\sqrt{3}}\right)^2 - \left(\frac{380}{\sqrt{3}}\right)^2}}{3,416} = \boxed{19,85 A}$$

$$E_0 = \frac{451/\sqrt{3}}{125} \cdot 11 = 229,14 V$$

2) Lectura A1 prueba C:



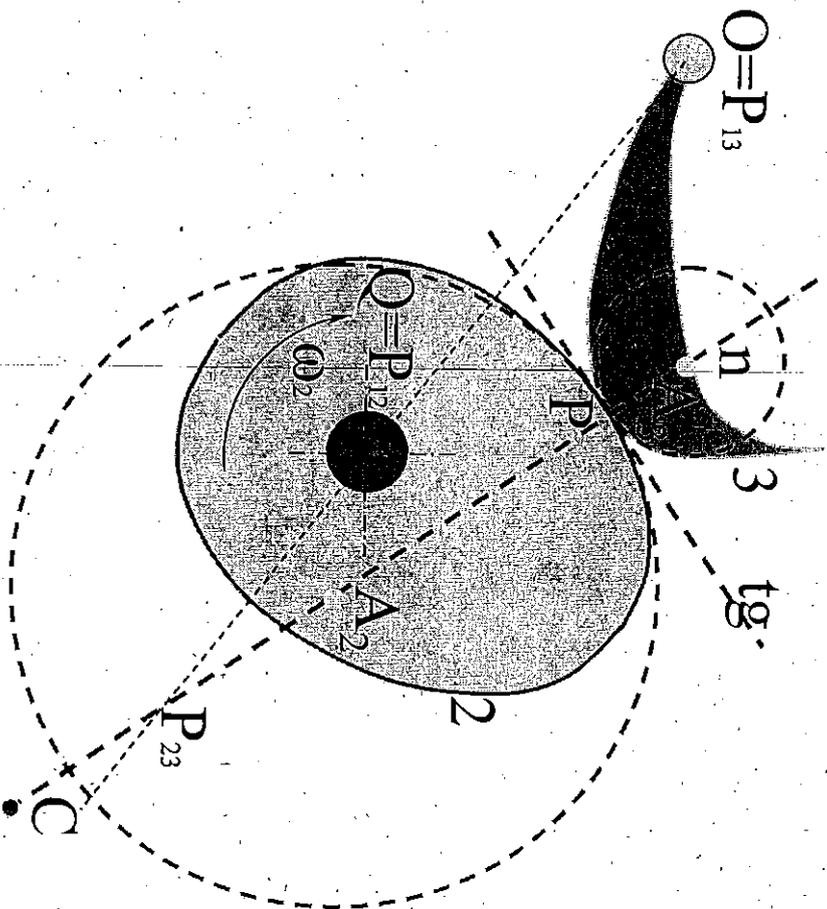
$$E_0 = V - X_s \cdot I = \frac{380}{\sqrt{3}} - 3,416 \cdot \frac{200}{50} \cdot 5$$

$$E_0 = 196,62 V$$

$$I_e = \frac{125 \cdot 196,62}{451/\sqrt{3}} \cdot \frac{50}{\left(\frac{200}{3}\right)} = \boxed{0,708 A}$$

Análisis cinemático de levas

~~Leva de rotación con seguidor oscilante de forma cualquiera~~



• Velocidades

$$V_P = V_{O=P_{13}} + V_{P_{23}}$$

• Aceleraciones

$$a_P = a_{O=P_{13}} + a_{P_{23}} = a_{O=P_{13}} + a_{A_3} + a_{P_{23}}$$

DESCONOCIDO, pero

(A3, A2) y (P, C) son parejas conjugadas

Aplicando Euler-Savary:

$$\frac{1}{A_3 P_{23}} + \frac{1}{P_{23} A_2} \sin \Phi = \left(\frac{1}{C P_{23}} + \frac{1}{P_{23} P} \right) \sin \Phi = k \alpha$$

$$\frac{1}{C P_{23}} = \left(\frac{1}{A_3 P_{23}} + \frac{1}{P_{23} A_2} \right) - \frac{1}{P_{23} P}$$

$$\rho = \overline{C P_{23}} + \overline{P_{23} P}$$

Trabalha como motor

$$U_N = 400 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$C_T = 37,5 \text{ Nm}$$

$$3) I_e? \quad I_{\min} \rightarrow \cos \varphi = 1$$

$$\begin{cases} P = 37,5 \cdot \frac{1500 \cdot 2\pi}{60} \\ P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot I_{\min} \cdot \cos \varphi \end{cases} \rightarrow I_{\min} = 8,502 \text{ A}$$

$$\underline{V} = \underline{E}_0 + \underline{I} X_s j$$

$$\underline{E}_0 = \left(\frac{400}{\sqrt{3}} \right) \angle 0^\circ - 8,502 \angle 0^\circ \cdot 3,416 \cdot j$$

$$\underline{E}_0 = 232,759 \text{ V}$$

$$I_e = \frac{125 \cdot 232,759}{451/\sqrt{3}} = 1,117 \text{ A}$$

XVI

$$U_N = 400 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

λ

$$n_2 = 720 \text{ rpm}$$

$$P_u = 7,2 \text{ CV}$$

$$2R_1 = 2,3 \rightarrow R_1 = 1,15 \Omega$$

CORTO:

$$U_{cc} = 25 \cdot \sqrt{3} \text{ V}$$

$$I_{cc} = 4,9 \text{ A}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$U_{cc} = 45 \cdot \sqrt{3} \text{ V}$$

$$I_{cc} = 6,9 \text{ A}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

1) I_N ?

$$\left(\frac{25}{4,9} \right)^2 = R_e^2 + X_e^2 \rightarrow R_e^2 = \frac{2500}{81} - X_e^2$$

$$\left(\frac{45}{6,9} \right)^2 = R_e^2 + X_e^2 \rightarrow R_e^2 = \frac{2250}{529} - X_e^2$$

$$X_e = 5,15 \Omega$$

$$R_e = 2,08 \Omega$$

$$R_2' = 0,93 \Omega$$

$$P = 4$$

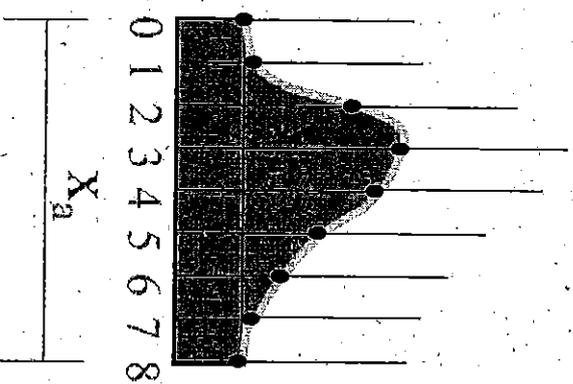
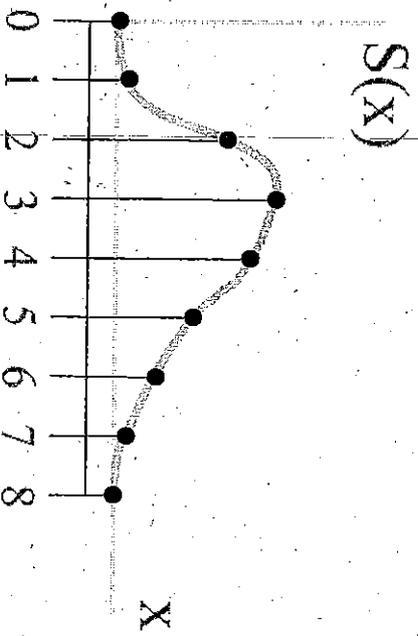
$$s_N = \frac{750 - 720}{750} = 0,04$$

$$I_N = \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{\left(1,15 + \frac{0,93}{0,04}\right)^2 + 5,15^2}} = 9,26 \text{ A}$$

Síntesis de levas

Enfoque gráfico

~~Leva de translación. Seguimiento puntual de tres posiciones~~



2) P_R ?

$$3 \cdot 9122^2 \cdot 0'93 \left(\frac{1-0'04}{0'04} \right) = 7,5 \cdot 735,5 \neq P_R$$

$$P_R = 175,9 \text{ W} \approx 0'2 \text{ KW}$$

3) C_{arr} ?

$$C = \frac{3 \cdot \left(\frac{400}{\sqrt{3}} \right)^2 \cdot 0'93 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 750 \cdot ((2'08^2 + 5'15^2))} = 61,41 \text{ Nm}$$

Síntesis de levas

Enfoque gráfico

~~Leva de rotación. Seguimiento de una trayectoria deseada de un punto de un cuerpo rígido~~

