

PROBLEMAS

CAPITULO 1: MATERIALES Y CIRCUITOS MAGNETICOS

1.1.- El toroide de la Figura 1.1 tiene una bobina con 600 espiras, su radio medio “R” es de 10 cm. y el radio “a” de la sección del núcleo es de 2 cm. Si se aplica una tensión $v(t) = 150\sqrt{2} \cos 100\pi t$ volt, determine:

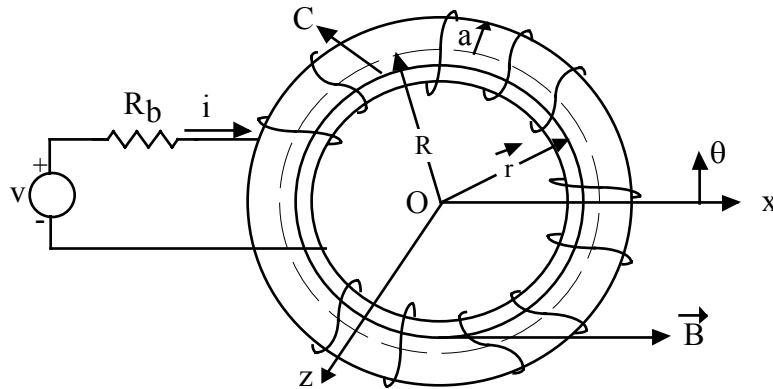


Figura 1.1

- Los valores máximos de la inducción magnética y del flujo, despreciando la resistencia de la bobina.
- El valor efectivo de la corriente suponiendo que el material del núcleo no se satura, ni se producen pérdidas en él y que su permeabilidad μ es de $1,256 \times 10^{-3}$ Hy/m. Desprecie la resistencia de la bobina.
- La corriente en función del tiempo, en las condiciones de b), pero considerando que la bobina del toroide tiene una resistencia “ R_b ” de 8,5 ohm y que en $t=0$, la corriente es nula.
- La inductancia de la bobina en las mismas condiciones de b).
- Sobre la bobina anterior se coloca otra de 1200 espiras de modo que quede lo más simétrica y apegada a ella. Determine la inductancia mutua entre ambas bobinas.

1.2.- Al medir las pérdidas de un núcleo de material ferromagnético se obtuvo: $P_1 = 150$ watt, con una frecuencia $f_1 = 50$ Hz y $P_2 = 1100$ watt con $f_2 = 70$ Hz; donde la medición a 70 Hz se realizó al doble de inducción magnética que la de 50 Hz. Considerando que el exponente de Steinmetz tiene un valor de 1,6; determine las pérdidas por histéresis y las pérdidas por corriente de Foucault a 50 Hz. Determine además, como podría disminuirse la mayor de ellas, a la cuarta parte.

1.3.- En el sistema de la Figura 1.2, considere que la permeabilidad del material magnético del núcleo es $500 \mu_0$. Los datos son: $N_1 = 1000$ espiras; $i_1 = 2,5$ Amperes; $N_2 = 1500$ espiras, $i_2 = 1,2$ Amperes. Todas las dimensiones están dadas en cm.

- Dibuje el circuito magnético y determine los valores de todas las reluctancias.
- Utilizando el circuito anterior, determine el flujo en cada uno de los entrehierros.

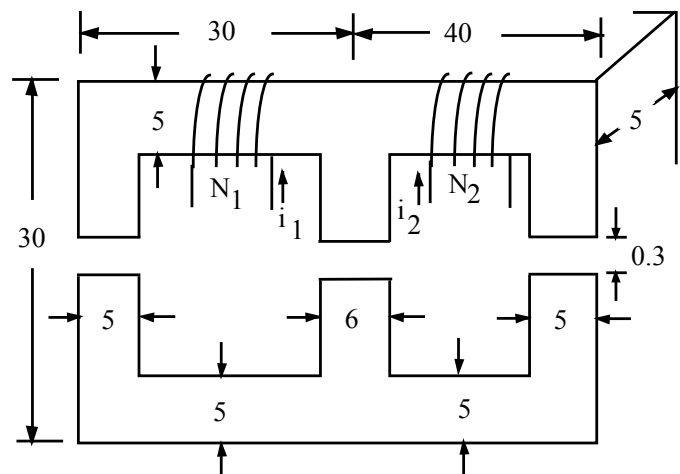


Figura 1.2

1.4.- En el sistema electromecánico de la Figura 1.3, las dimensiones están dadas en centímetros, la corriente efectiva es de 0,5 amperes y se tiene un flujo de 1,5 mweber en el entrehierro de la pierna central. Determine el número de espiras de las bobinas suponiendo que la permeabilidad del material del núcleo es mucho mayor que la de los entrehierros es decir, $\mu_{Fe} \gg \mu_0$ y despreciando los flujos de dispersión.

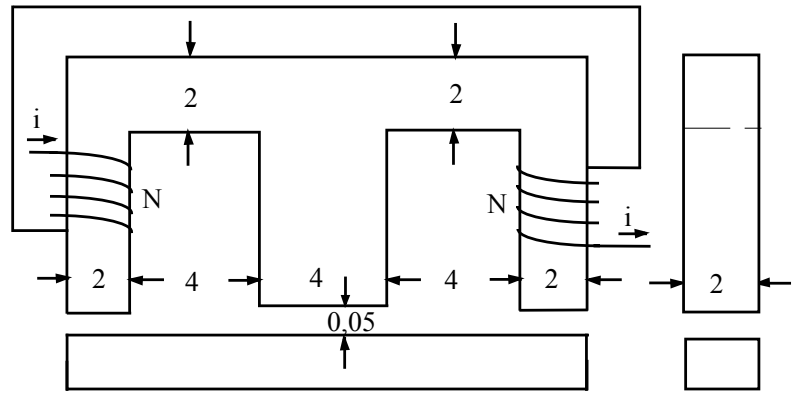


Figura 1.3

1.5.- Se aplica una tensión de $220\sqrt{2} \sin \omega t$ volt a un reactor con núcleo saturable de resistencia óhmica muy pequeña. El valor efectivo de la corriente de excitación es de 0,5 amperes y ésta tiene la forma: $i_0(t) = 0,72 I_{m\acute{a}x} \sin(\omega t - 15^\circ) + 0,22 I_{m\acute{a}x} \sin(3\omega t + 92^\circ) + 0,055 I_{m\acute{a}x} \sin(5\omega t + 214^\circ)$. Determine:

- Las componentes de pérdidas y de magnetización de la corriente de excitación
- Los parámetros del circuito equivalente
- La potencia perdida en el núcleo

1.6.- La corriente de excitación de un reactor de núcleo saturable con resistencia óhmica despreciable es de la forma: $i_0(t) = I_1 \cos(\omega t - 60^\circ) + I_3 \cos(3\omega t + 15^\circ) - I_5 \cos 5\omega t$. La bobina tiene 100 espiras y se tiene un flujo de la forma: $\phi(t) = 5 \times 10^{-3} \cos \omega t$ weber con una frecuencia de 50 Hz. El valor efectivo de la corriente de excitación es de 5 amperes y los valores efectivos del tercer y quinto armónico respecto a la fundamental son del 40 y 10 % respectivamente. Determine los parámetros del circuito equivalente y la potencia absorbida.

1.7.- La Figura 1.4 muestra un reactor con núcleo saturable y la curva B-H idealizada (linealizada en dos tramos) del material del núcleo. Las dimensiones están en centímetros. Si $v(t) = 220\sqrt{2} \cos 100\pi t$ volt y la corriente de excitación es: $i_0(t) = 0,141 \cos 100\pi t + 0,4 \sin 100\pi t + 0,2 \cos 300\pi t + 0,08 \sin 300\pi t$; determine, despreciando la resistencia óhmica de la bobina (de 400 espiras) y los flujos de dispersión:

- Los parámetros del circuito equivalente
- La densidad del flujo máxima en el entrehierro
- La intensidad de campo máxima y la densidad de flujo máxima en las distintas secciones del núcleo.

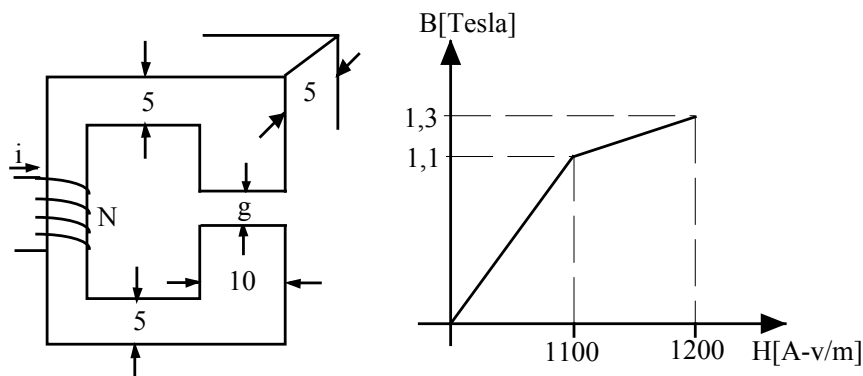


Figura 1.4

1.8.- La corriente de excitación de un reactor con núcleo saturable con resistencia óhmica pequeña tiene la forma: $i_0(t) = \sqrt{2} \{ I_1 \cos(\omega t - 50^\circ) + 0,7 I_1 \cos(3\omega t + 50^\circ) - 0,2 I_1 \cos(5\omega t - 35^\circ) \}$. El valor efectivo de la corriente de excitación es de 6 Amperes cuando se aplica un voltaje $v(t) = 311 \sin \omega t$ volt.

- Determine los parámetros del circuito equivalente
- Si la resistencia de la bobina es de 2,5 ohm, determine la potencia disipada en el núcleo y en el conductor de la bobina cuando al reactor se le aplica una tensión de la forma $v(t) = 400 \cos \omega t$ volt

1.9.- Para el sistema electromecánico de campo magnético de la Figura 1.5 encuentre las expresiones de las inductancias propias y mutuas en función de los datos indicados, considerando que la permeabilidad del núcleo es mucho mayor que la de los entrehierros ($\mu_{Fe} \gg \mu_0$) y que la longitud de éstos es mucho menor que la de los circuitos magnéticos totales.

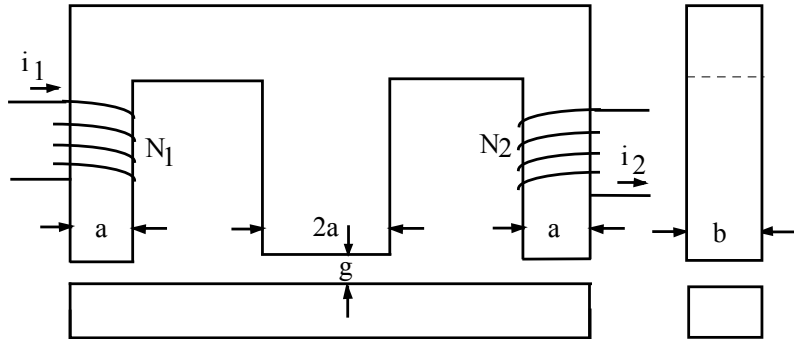


Figura 1.5

1.10.- Los valores de la mitad superior de un anillo de histéresis simétrico de un material ferromagnético están dados en la Tabla 1.1 siguiente. El valor máximo de la densidad de flujo es de 1 weber/m². Suponiendo que el flujo es senoidal, la sección transversal es de 100 cm², la longitud de la trayectoria magnética es 1 metro y la bobina tiene 100 espiras:

- Trace la onda de corriente de excitación, en función del tiempo.
- Determine gráficamente la Serie de Fourier hasta el quinto armónico y determine su valor efectivo.
- Determine el valor de los parámetros del circuito equivalente.

Tabla 1.1

H (A-v/m)	B(w/m ²)	H(A-v/m)	B(w/m ²)
47,8	0	79,6	0,95
51,8	0,2	42,2	0,9
58,0	0,4	2,39	0,8
73,3	0,6	-18,3	0,7
85,1	0,7	-29,4	0,6
103,5	0,8	-39,8	0,4
135,0	0,9	-45,4	0,2
194,0	1,0	-47,8	0

1.11.- En el reactor de la Figura 1.6, determine la energía total almacenada en el entrehierro y en el núcleo considerando los siguientes datos: $i_1 = 2,5$ A; $i_2 = 1$ A; $N_1 = 750$ espiras y $N_2 = 250$ espiras. Las dimensiones están dadas en cm y la característica B-H del material del núcleo se indican en la Tabla 1.2

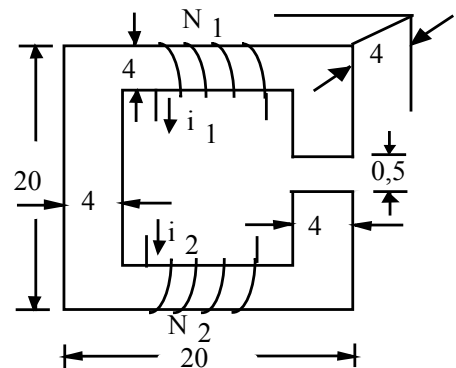


Figura 1.6

Tabla 1.2

H (A v/m)	0	64	92	110	185	500	1000	2000
B (Tesla)	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,4	1,55

1.12.- En el circuito magnético de la Figura 1.7, determine el valor efectivo de la corriente necesaria para tener en el entrehierro de valor $2g$, una inducción magnética máxima de $0,6 \text{ w/m}^2$. Calcule además, la energía por unidad de volumen almacenada en los entrehierros. La bobina tiene 400 espiras y el entrehierro g es de 2 mm . Considere que la permeabilidad del material del núcleo es mucho mayor que la del entrehierro ($\mu_{Fe} \gg \mu_0$) y desprecie los flujos de dispersión

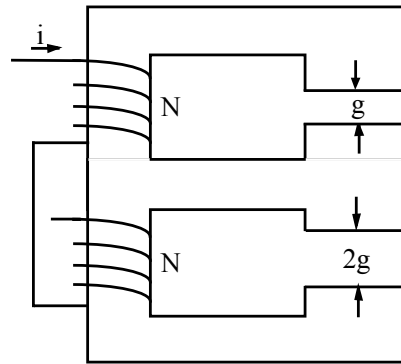


Figura 1.7

1.13.- Para el circuito magnético de la Figura 1.8, determine el número de espiras N de la bobina, necesario para que el flujo en el entrehierro sea de $0,5 \text{ mweber}$.

La corriente que circula en la bobina es de $1,0 \text{ ampere}$ y todas las dimensiones están en centímetros. Suponga que la permeabilidad del núcleo es mucho mayor que la del entrehierro ($\mu_{Fe} \gg \mu_0$) y desprecie los flujos de dispersión. Piense antes de resolver

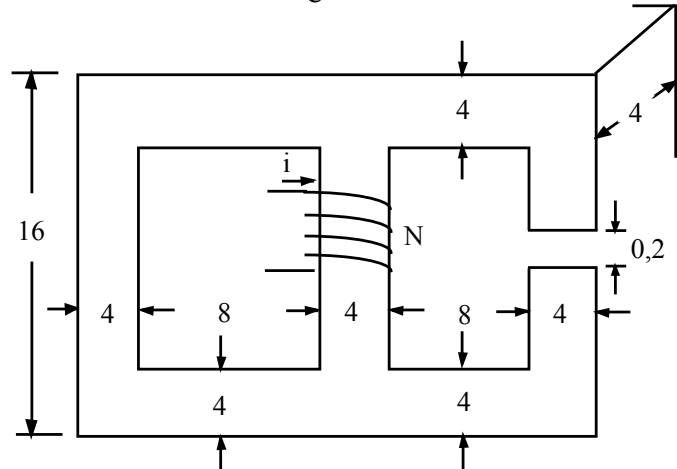


Figura 1.8

1.14.- En la estructura magnética de la Figura 1.9, la fuerza magnetomotriz de la bobina es de 2000 Amp-vuelta . Si la permeabilidad del núcleo es mucho mayor que la del entrehierro ($\mu_{Fe} \gg \mu_0$) y no existen flujos de dispersión, determine:

- El flujo en el entrehierro y en las ramas laterales
- La inductancia de la bobina cuando la corriente es de 4 amperes

Todas las longitudes están dadas en cm.

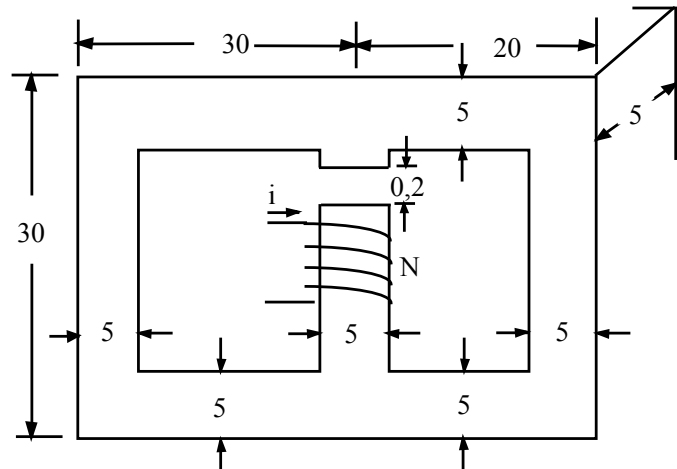


Figura 1.9

1.15.- Para el circuito magnético de la Figura 1.10, las corrientes son de $1,0$ y $4,0 \text{ Amperes}$ respectivamente, las bobinas tienen 500 espiras cada una y la dimensiones está dadas en cm, determine:

- Con los datos indicados, el flujo en el entrehierro, considerando que la permeabilidad del núcleo es mucho mayor que la del entrehierro ($\mu_{Fe} \gg \mu_0$).
- La permeabilidad del núcleo si la densidad de energía en la sección central es de 5 Joule/m^3 .

1.16.- Para el sistema de la Figura 1.10, $N_1=500$ espiras, $N_2=300$ espiras, $i_1=2 \text{ A}$, $i_2=3,5 \text{ A}$. Suponga que el núcleo de material magnético tiene comportamiento eléctrico lineal de forma que $\mu_{Fe} = 1200 \mu_0$:

- Dibuje el circuito magnético correspondiente, determinando los valores de todas las reluctancias

- b) Determine el flujo en el entrehierro
c) Calcule todas las inductancias propias y mutuas.

1.17.- El núcleo magnético de la Figura 1.11 tiene una sección transversal uniforme de $(8 \times 8)\text{cm}^2$. Según los datos indicados, determine la corriente que debe circular en la bobina 2 (de 200 espiras), cuando en la bobina 1 (de 1000 espiras) circulan 0,5 amperes y el flujo en la bobina 2 es nulo.

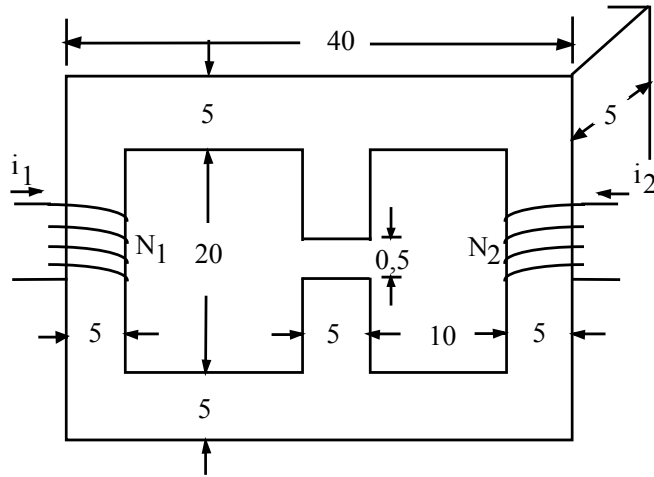


Figura 1.10

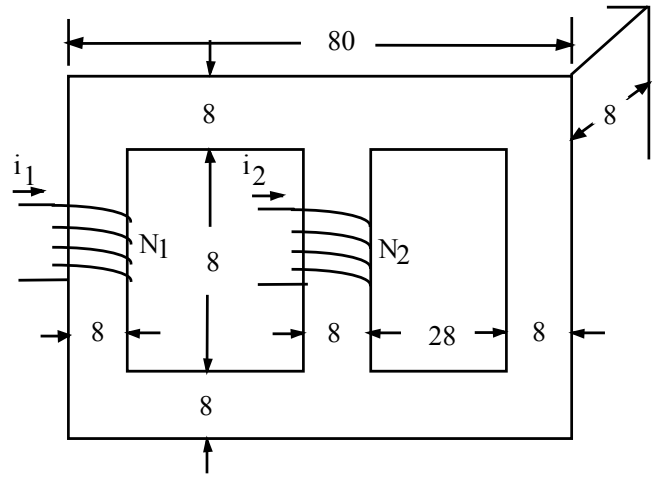


Figura 1.11

1.18.- En el dispositivo de la Figura 1.12, encuentre la expresión de la tensión inducida en la bobina 2, en función de las características indicadas, considerando que la permeabilidad del núcleo es mucho mayor que las de los entrehierros ($\mu_{Fe} \gg \mu_0$) y que las longitudes de los circuitos magnéticos en el núcleo son mucho mayores que la de los entrehierros. Suponga que la corriente en la bobina 1 es de la forma $i = \sqrt{2} I_1 \sin 314t$ Amperes y que la corriente en la bobina 2 es nula

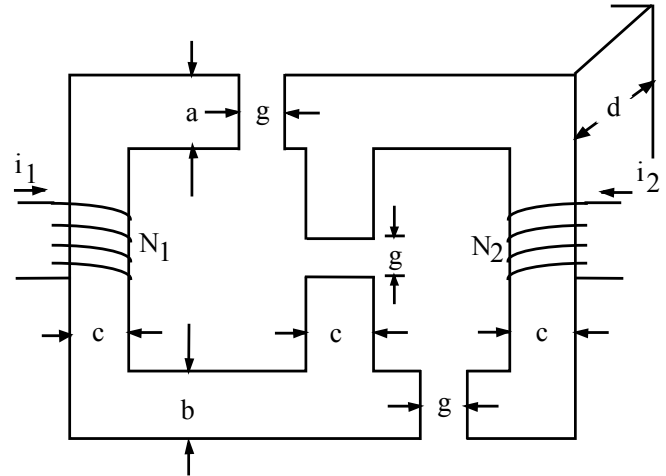


Figura 1.12

1.19.- El material del núcleo del sistema de la Figura 1.13 tiene una curva de magnetización normal que se puede representar por la ecuación de Fröelich, donde $a=1,6$ y $b=180$. Si la corriente que circula por la bobina de 500 espiras es de 2 Amperes, determinar:

- a) La densidad de flujo y la intensidad de campo en el núcleo
b) La densidad de flujo y la intensidad de campo en el entrehierro

Todas las dimensiones están dadas en cm. Desprecie los flujos de dispersión

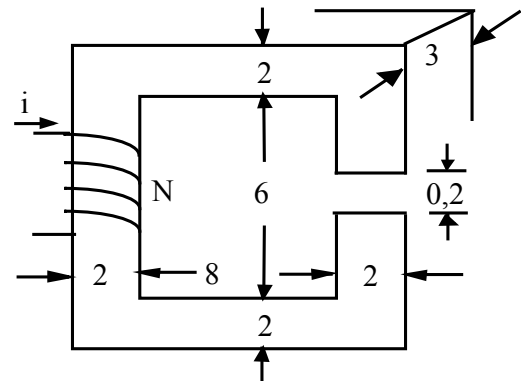


Figura 1.13

CAPITULO 2: TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DOS ENROLLADOS

2.1.- En un transformador de distribución monofásico de 10 kVA, 2.300/575 volt, 60 Hz, el valor máximo del flujo es de 0,0144 weber. Determine:

- Las corrientes nominales del primario y del secundario
- El número de espiras del primario y del secundario.

2.2.- En un transformador monofásico de 500 kVA, 13,8/2,3 kV, 50 Hz, cuyo flujo máximo es de 0,01727 Weber, determine:

- Las corrientes nominales del primario y secundario
- Las fuerzas magnetomotrices nominales del primario y secundario

2.3.- Un transformador monofásico de 15.000 kVA, 60/15 kV, tiene los siguientes parámetros: $R_1=0,55 \text{ ohm}$, $R_2=0,025 \text{ ohm}$, $X_1=9,5 \text{ ohm}$, $X_2=0,5 \text{ ohm}$, $g_{c1}=1,5 \times 10^{-5} \text{ mho}$, $b_{m1}=15 \times 10^{-5} \text{ mho}$. Determine los valores de:

- Los parámetro referidos al primario
- Los parámetros referidos al secundario
- La Corriente, el Voltaje y el Factor de Potencia en la entrada cuando se alimenta la carga nominal, Factor de Potencia 0,85 inductivo a 14,5 kV. (Utilice el circuito equivalente exacto referido al primario).

2.4.- Un transformador monofásico de 100 kVA, 200/2.000 Volt, tiene los siguientes parámetros: $R_1=0,0025 \text{ ohm}$; $R_2=0,35 \text{ ohm}$; $X_1=0,01 \text{ ohm}$; $X_2=0,98 \text{ ohm}$; $g_{c1}=0,01 \text{ mho}$; $b_{m1}=0,05 \text{ mho}$.

Si este transformador alimenta una carga de 75 kW, Factor de Potencia 0,8 capacitivo, a 1.900 volt, determine el voltaje, la corriente y Factor de Potencia en la entrada. (Utilice el circuito equivalente aproximado con la admitancia de excitación conectada en la entrada y referido al primario)

2.5.- Un transformador monofásico de 1.000 kVA, 66,6/3,3 kV, tiene los siguientes parámetros: $R_1=30 \text{ ohm}$, $R_2=0,08 \text{ ohm}$, $X_1=150 \text{ ohm}$, $X_2=0,42 \text{ ohm}$, $g_c=b_m=0$. Si este transformador alimenta una carga de 90 kVA, Factor de Potencia unitario y el voltaje del primario se mantiene constante en 66 kV, determine el voltaje y la corriente en la carga. (Utilice circuito equivalente aproximado con la admitancia de excitación conectada en la entrada y referido al primario).

2.6.- Resuelva el Problema 2.5 utilizando el circuito equivalente referido al secundario. Compare los resultados y explique cualquier diferencia.

2.7.- En el Problema 2.5 determine las potencias activa y reactiva en la entrada del transformador. Calcule además el factor de potencia en la entrada y compárelo con el de la carga. Explique.

2.8.- Una carga monofásica de 45 kVA, $\cos \theta_2=0,866$ inductivo, 240 volt, se alimenta mediante el sistema que muestra la Figura 2.1 siguiente. Las impedancias totales de las líneas así como los parámetros del transformador están indicados en la Figura. Con 240 volt, en la carga (Barra 4) y considerando la admitancia de excitación conectada en la entrada del circuito equivalente del transformador (Barra 2) determine:

- Tensión y corriente en el primario del transformador (Barra 2)
- Potencias activa y reactiva suministradas al transformador
- Tensión y corriente en la alimentación (Barra 1)

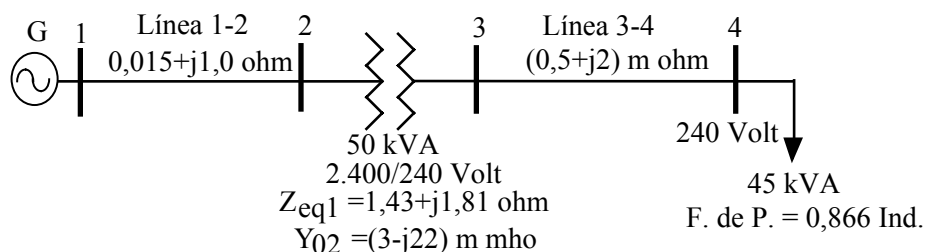


Figura 2.1

2.9.- Dibuje, utilizando una escala conveniente, el diagrama complejo o fasorial del transformador del Problema 2.4; referido al primario considerando tensión secundaria nominal y carga nominal, con Factor de Potencia 0,866 en atraso; 0,866 en adelanto y unitario. En cada caso, determine gráficamente el valor de la tensión y la corriente del primario, así como el ángulo de desfase entre ellos.

2.10.- A partir de los datos obtenidos en las pruebas de vacío y cortocircuito (Tabla 2.1) realizadas a un transformador monofásico de 2 bobinados, 5 kVA, 250/100 volt, calcule los parámetros del circuito equivalente referidos al primario y al secundario.

Tabla 2.1

PRUEBA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA(W)
Circuito abierto	100	2	100
Corto circuito	40	20	200

2.11.- Los datos de la Tabla 2.2 corresponden a las pruebas realizadas a un transformador monofásico de 2 bobinados, 10 kVA, 2.000/200 volt. Determine los valores de los parámetros del circuito equivalente referidos al primario y al secundario.

Tabla 2.2

PRUEBA	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA	FACTOR DE POTENCIA
Circuito abierto	Valor Nominal	No registrado	250 W	0,250 (inductivo)
Corto circuito	No registrado	Valor nominal	200 W	0,707 (inductivo)

2.12.- Se tiene un transformador monofásico de 5.000/500 volt, 100 kVA, 75°C (temperatura de trabajo). Con los datos de las pruebas de vacío y cortocircuito indicados en la Tabla 2.3 y considerando despreciables las pérdidas dispersas, determine los parámetros del circuito equivalente referidos al primario y al secundario, a 75°C.

Tabla 2.3

PRUEBA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	TEMPERAT. (°C)
Circuito abierto	500	16	1389	20
Corto circuito	224	20	2000	20

2.13.- Con los datos del problema anterior, determine los parámetros del circuito equivalente exacto del transformador; es decir, R_1 , R_2 , X_1 , X_2 , g_{cl} y b_{ml} . A partir de ellos y utilizando el circuito equivalente exacto referido al primario, determine además, la tensión primaria que se debe aplicar para alimentar la carga nominal, con Factor de Potencia 0,8 en atraso, a tensión secundaria nominal.

2.14.- Un transformador monofásico de 100 kVA, 4.400/220 volt tiene los siguientes parámetros: $R_1=0,85$ ohm, $R_2=0,002$ ohm; $X_1=8$ ohm; $X_2=0,02$ ohm; $g_{cl}=0,000045$ mho; $b_{ml}=0,00025$ mho.

- Determine las lecturas de los instrumentos al hacer las pruebas de Vacío y Cortocircuito en forma convencional.
- Utilizando el circuito equivalente exacto referido al primario, calcule la tensión que se debe aplicar en el lado de baja tensión cuando se alimenta una carga de 80 kW, Factor de Potencia 0,8 inductivo a 4.400 volt

2.15.- Las pruebas de Vacío y Cortocircuito de un transformador monofásico de distribución de 15 kVA, 2.400/240 volts, 60 Hz, 75°C, se indican en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4

PRUEBA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	TEMPERATURA (°C)
Circuito abierto	Nominal	1,7	84	25
Corto circuito	74,5	Nominal	237	25

Al aplicar corriente continua a ambos devanados, los resultados son: $R(2.400 \text{ V})=2,8$ ohm, $R(240 \text{ V})=0,0276$ ohm, ambos a 25 °C. Determine:

- El circuito equivalente referido al primario y a 75°C .
- Las pérdidas dispersas
- La tensión, la corriente y el Factor de Potencia en la entrada cuando el transformador alimenta una carga de 12 kVA, $\cos \theta_2 = 0,866$ capacitivo a 240 volt. Utilice el circuito equivalente determinado en a)

2.16.- Una carga monofásica se alimenta a través de una línea de 33 kV (tensión nominal), cuya impedancia es de $(105+j360)$ Ohm y un transformador de 33/2,4 kV cuya impedancia equivalente referida a su lado de baja tensión es de $(0,26+j1,08)$ Ohm. La carga es de 180 kVA, Factor de Potencia 0,85 capacitivo y 2,25 kV. Determine el voltaje, la potencia y el factor de potencia en el extremo desde donde se envía la energía.

2.17.- Los parámetros del circuito equivalente en pu base propia, de un transformador monofásico de 13.200/400 volt, 30 kVA, son: $R_{eq}=0,015$; $X_{eq}=0,04$; $g_c=0,0125$; $b_m=0,0325$. Determine:

- Los parámetros en Ohm, referidos al primario y al secundario.
- Los valores de tensión, corriente y potencia que se obtendrán en las pruebas de vacío y cortocircuito, si éstas se realizan por el primario.
- La tensión de Volt, que debe aplicarse al primario para alimentar un consumo de 20 kW, Factor de Potencia 0,85 en atraso a tensión secundaria nominal. Utilice el circuito equivalente en pu aproximado, con la admitancia de excitación ubicada en la entrada

2.18.- Los parámetros del circuito equivalente en pu base propia de un transformador monofásico de 10 kVA, 220/4.400 volt son: $R_1=0,005$; $X_1=0,018$; $R_2=0,006$; $X_2=0,022$; $g_c=0,01$ y $b_m=0,03$. Determine la regulación y el rendimiento cuando el transformador alimenta una carga de 8 kW, Factor de Potencia 0,8 inductivo y el voltaje aplicado en el primario es de 220 volt.

2.19.- El sistema monofásico de la Figura 2.2 tiene las siguientes características:

T_1 : 150 kVA, 13.800/2.300 volt, $V_{cc}=0,03$ pu; $P_{cc}=0,008$ pu;

$I_{cc}=0,9$ pu; base propia. Además, $P_0=1,2$ kW a Voltaje nominal

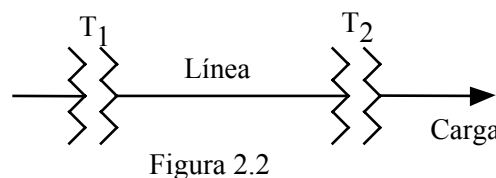
T_2 : 100 kVA, 2.300/230 volt, $V_{cc}=0,052$ pu; $P_{cc}=0,01$ pu,

$I_{cc}=1,1$ pu, base propia. Además, $P_0=0,7$ kW a Voltaje nominal

Línea: $Z=(0,45 + j0,96)$ Ohm; Carga: 72 kW, Factor de Potencia 0,9 inductivo a 230 volt

a. Determine R_{eq} y X_{eq} en pu, base propia para cada uno de los dos transformadores

b. Utilizando una $S_B=100$ kVA y un $V_B=13.800$ volt en el primario del Transformador N° 1, determine la regulación de voltaje y el rendimiento del sistema para la carga indicada.



2.20.- El sistema monofásico de la Figura 2.2 tiene las siguientes características:

T_1 : 9,6 kVA, 500/1500 volt, $X=5\%$, base propia

T_2 : 7,2 kVA, 1.200/120 volt, $X=4\%$, base propia

Línea: $Z=(0,5+j3,0)$ Ohm; Carga: 6 kVA, Factor de Potencia 0,8 inductivo a 120 volt

Utilizando una $S_B=10$ kVA y un $V_B=120$ volt en el lado de la carga, determine:

- Los voltajes bases en el sector de la línea y en el primario del transformador T_1
- Las corrientes bases en el sector de la línea y en el primario del transformador T_1
- El voltaje (Volt) y las potencia activa (Watt) y reactiva (VAR) en la entrada del transformador T_1

2.21.- Cuando un transformador monofásico de 50 kVA, 2.300/230 volt es operado a carga nominal, las caídas de tensión en la resistencia equivalente y reactancia equivalente son 1,2% y 1,8% respectivamente, de la tensión nominal. Despreciando la corriente de excitación, calcule la potencia y el factor de potencia en la entrada, cuando el transformador alimenta una carga de 30 kW, factor de potencia 0,85 inductivo, a 230 volt.

2.22.- Determine la regulación de un transformador en el cual, la caída por resistencia es el 1% y la caída por reactancia es de 5% de la tensión nominal a plena carga.

- Para la carga nominal, Factor de Potencia 0,8 en atraso
- Para 75% de la carga nominal, Factor de Potencia 0,8 en adelanto.

2.23.- Los voltajes medidos en la entrada y salida de un transformador monofásico de 13.200/400 volt operando con carga nominal y Factor de Potencia 0,866 fueron de 13.821,72 y 400 volt, respectivamente. Por otra parte, su rendimiento máximo es de 95,39% y ocurre cuando se tiene el 83,66% de la carga nominal y al mismo Factor de Potencia anterior. A partir de los datos anteriores, determine:

- Los parámetros R_{eq} y X_{eq} en pu, base propia
- El rendimiento cuando se tiene carga nominal y al mismo Factor de Potencia.

2.24.- Un transformador monofásico de 1.000 kVA, 60 Hz, 66/11 kV tiene una impedancia equivalente de $(1,0+j4,9)$ ohm, referida al lado de baja tensión y una pérdida en vacío de 5.500 watt a la tensión nominal.

- Si el transformador suministra su potencia aparente nominal a la tensión nominal a una carga de Factor de Potencia variable, calcule el Factor de Potencia para el cual la regulación de tensión es cero.
- Para el Factor de Potencia determinado en a) calcule el rendimiento máximo y el rendimiento para carga nominal.

2.25.- Un transformador monofásico de 1.000 kVA; 66/3,3 kV; tiene los siguientes parámetros: $R_1=30$ Ohm; $R_2=0,08$ Ohm $X_1=150$ Ohm; $X_2=0,42$ Ohm. Con 3.300 volt aplicados a la parte de baja tensión, mientras la de alta está en circuito abierto, la componente de potencia de la corriente en vacío es 2,8 Amperes y la componente de magnetización es 14,5 Amperes.

El transformador es alimentado por un generador de 3.300 volt y se utiliza para elevar la tensión hasta el valor constante de 66000 volt. Determine:

- La tensión, corriente y Factor de Potencia en bornes del generador cuando el transformador suministra la carga nominal, a tensión nominal con un Factor de Potencia 0,8 capacitivo.
- El rendimiento y la regulación de voltaje en las condiciones de a).

2.26.- Un transformador monofásico de 200 kVA, tiene un rendimiento del 98% a plena carga. Si el rendimiento máximo tiene lugar para el 75% de plena carga, determine:

- Las pérdidas en el núcleo.
- Las pérdidas en el cobre a plena carga.
- El rendimiento al 50% de plena carga, con Factor de Potencia 0,8 capacitivo.
- El rendimiento máximo con Factor de Potencia 0,8 capacitivo.

2.27.- Un transformador de dos bobinados tiene el mismo rendimiento tanto a una tercera parte, como al valor nominal de su salida. El voltaje de salida y Factor de Potencia de la carga son los mismos en ambos casos. Determine el porcentaje de la potencia nominal de salida al cual el transformador tiene su rendimiento máximo.

2.28.- Un transformador de 1.000 kVA se conecta al circuito de alimentación durante 12 horas al día. Las pérdidas en el hierro son de 7.000 Watt y las pérdidas en el cobre a plena carga son de 18.000 Watt. El régimen de carga es el de la Tabla 2.5. Determine su rendimiento energético

Tabla 2.5

HORAS	POTENCIA (kW)	FACTOR DE POTENCIA
0 - 4	700	0,70
4 - 9	500	0,85
9 - 12	0	--

2.29.- Dos transformadores monofásicos de 66/6,6 kV; 60 Hz; se prueban en cortocircuito a corriente nominal y se anotan los siguientes datos en por unidad, base propia (Tabla 2.6).

Tabla 2.6

TRANSFORMADOR N°	kVA NOMINALES	TENSION	POTENCIA
1	1.000	0,05	0,008
2	3.000	0,06	0,007

Si los transformadores se conectan en paralelo a ambos lados y alimentan una carga de 3.500 kVA a Factor de Potencia 0,85 en atraso y 6.600 volt, determine:

- La corriente, potencia y Factor de Potencia de salida de cada transformador.
- La tensión en la entrada (primario) de los transformadores.

2.30.- Dos transformadores monofásicos A y B de 500 kVA cada uno, 11/2,2 kV, tienen las impedancias $Z_A=1,6+j5,6$ y $Z_B=1,9+j20,7$; ambas en Ohm y referidas al primario. Si estos transformadores se conectan en paralelo y la tensión primaria se mantiene en 11 kV, encontrar, despreciando la corriente de excitación:

- La máxima potencia que puede suministrar el conjunto a una carga con Factor de Potencia 0,8 inductivo, sin que ningún transformador se sobrecargue.
- Para la condición anterior, el valor de la regulación de voltaje del banco.

2.31.- Dos transformadores monofásicos de 11/2,3 kV; 60 Hz, de 100 y 500 kVA, tienen las impedancias equivalentes en pu base propia: $Z_1=0,01+j0,022$ y $Z_2=0,007+j0,031$ respectivamente.

Se conectan en paralelo para alimentar una carga inductiva, a un Factor de Potencia de 0,8. Con tensión nominal en el primario.

- ¿Cuál es la carga máxima en kW que pueden alimentar sin que las tensiones de los secundarios bajen de 2.250 volt?
- A esta carga total, ¿qué potencia aparente suministra cada transformador?

2.32.- Dos transformadores monofásicos de 600 y 400 kVA, 2.300/230 Volt, se conectan en paralelo para alimentar una carga de 1.000 kVA, Factor de Potencia 0,8 inductivo. Los parámetros en pu base propia de sus parámetros son: $Z_1=0,016+j0,07$ y $Z_2=0,025+j0,06$ respectivamente. Con tensión nominal constante en la entrada, calcule la carga en kVA y el Factor de Potencia que entrega cada transformador.

2.33.- La prueba de cortocircuito a corriente nominal efectuada a dos transformadores monofásicos A y B de 10.000 kVA, 132/66 kV cada uno, entregó los siguientes resultados:

$P_{ccA}=121$ kW; $V_{ccA}=9.400$ Volt; $P_{ccB}=140$ kW; $V_{ccB}=8.580$ Volt.

Si estos transformadores se conectan en paralelo para alimentar una carga inductiva de Factor de Potencia 0,8 a 66 kV, determine:

- La carga máxima (kW y kVAr) que puede alimentar el conjunto, sin que ningún transformador se sobrecargue.
- La tensión que se debe aplicar en el primario en las condiciones de a)

2.34.- Dos transformadores monofásicos de 2.300/230 Volt, se prueban en cortocircuito a corriente nominal y se anotan los siguientes valores en pu base propia:

Transformador A: 200 kVA; $V_{cc}=0,07$; $P_{cc}=0,007$

Transformador B: 300 kVA; $V_{cc}=0,04$; $P_{cc}=0,006$

Si los transformadores funcionan en paralelo alimentando una carga de Factor de Potencia 0,866 inductivo a 230 Volt, determine la máxima potencia que puede suministrar el conjunto sin que la regulación sobrepase el 3%. ¿Se sobrecarga algún transformador? Si es así, ¿En cuánto se sobrecarga?

2.35.- Dos TT/FF monofásicos se conectan en paralelo en ambos lados para alimentar una carga de 25 MVA, a 12.600 volt. Las características de los transformadores y los valores de las pruebas de cortocircuito realizadas a ellos se indican en la Tabla 2.7. Determine la potencia suministrada por cada transformador a la carga, si el Factor de Potencia de ésta es:

- 0,8 Inductivo
- 0,8 Capacitivo
- Unitario

Tabla 2.7

TRANSFORMADOR N°	S_N (kVA)	V_{1N}/V_{2N} (kV)	V_{cc} (kV)	I_{cc}	P_{cc} (kW)
1	15.000	66/13,2	5	90% I_N	60
2	10.000	63/12,6	6,3	110% I_N	60

2.36.- Dos transformadores monofásicos tienen tensiones a circuito abierto en los secundarios de 440 y 430 volt cuando sus devanados primarios se conectan en paralelo a una fuente común. La impedancia de cada transformador referido al secundario es de $(0,02+j1,0)$ Ohm. Los secundarios se conectan en paralelo y se aplica una carga total de 500 amperes, que se retrasa en un ángulo de 30° con respecto a las tensiones en circuito abierto de los secundarios. Determine:

- La corriente, potencia y Factor de Potencia de salida de cada transformador.
- La tensión en la entrada (primario) de los transformadores.

2.37.- Dos transformadores monofásicos de 33/11 kV, con cambiadores de TAP funcionan en paralelo para alimentar una carga de $22+j16$ ohm. Si el primario se alimenta con 33 kV las tensiones inducidas en los secundarios son de 11,2 y 10,8 kV respectivamente. Los datos de los transformadores se pueden ver en la Tabla 2.8 siguiente, donde las resistencias y reactancias equivalentes están en % base propia. Determine:

- La potencia suministrada por cada transformador a la carga
- La tensión en la carga
- La “Corriente de Circulación”

Tabla 2.8

TRANSFORMADOR N°	POTENCIA NOMINAL (kVA)	R_{eq}	X_{eq}	E_2 (kV)
1	3.000	1	6	11,2
2	2.000	1	5	10,8

2.38.- Dos transformadores monofásicos A y B cuyos datos se indican en la Tabla 2.9, se conectan en paralelo a ambos lados para alimentar una carga total de 80 kW, Factor de Potencia 0,8 capacitivo. La tensión en la entrada de ambos transformadores se mantiene en 6450 volt. En estas condiciones, determine:

- La tensión en la carga y la corriente proporcionada por cada transformador a la carga.
- La “Corriente de Circulación”

Tabla 2.9

TRANSFORMADOR N°	S_N (kVA)	V_{1N}/V_{2N} (V)	Z_{eq2} (Ohm)
A	50	6.600/330	$j0,0980$
B	60	6.900/340	$j0,1156$

2.39.- Se quiere utilizar autotransformador para alimentar una carga de 150 amperes a 120 volt, Factor de Potencia unitario, desde una línea de 220 volt. Considere ideal el transformador.

- Haga un esquema de la conexión del autotransformador
- Determine la corriente en la línea de 220 volt
- Calcule el porcentaje de la potencia suministrada a la carga que se transmite por efecto de conducción.

2.40.- Un transformador de dos bobinados, 600 kVA, 2.300/230 volt, con una impedancia equivalente en por unidad, base propia de $0,016 + j 0,07$ se conecta como autotransformador de 2.530/230 volt.

- Determine la potencia aparente nominal del autotransformador. De esta potencia, ¿Cuánta se transfiere por efecto de conducción y cuánta por efecto de transformador?
- Calcule la impedancia equivalente del autotransformador referida a su primario.

2.41.- Considere un transformador monofásico de 200 kVA, 12/20 kV. Los parámetros del circuito equivalente son: $Z_{eq1}=37,8+j99,06$ Ohm ; $g_{cl}=1,1 \times 10^{-5}$ mho; $b_{ml}=4,5 \times 10^{-5}$ mho. Determine los parámetros del circuito equivalente referido al primario en cada uno de los siguientes casos:

- Autotransformador elevador 12/14 kV
- Autotransformador reductor 14/12 kV
- Autotransformador elevador 2/14 kV
- Autotransformador reductor 14/2 kV
- Para todos los casos anteriores, determine la potencia aparente total que puede suministrar el autotransformador, indicando la o las conexiones que desde este punto de vista son las mas convenientes.

2.42.- Un transformador de 5 kVA, 100/200 volt, se conecta como autotransformador para elevar 200 a 300 volt. Si el rendimiento nominal del transformador es del 95% cuando el Factor de Potencia de la carga es unitario, determine su rendimiento nominal como autotransformador a Factor de Potencia unitario.

2.43.- Un transformador de 14 kVA, 2.300/230 Volt, tiene los siguientes parámetros: $R_1=2,5 \text{ ohm}$; $R_2=0,021 \text{ ohm}$; $X_1=10,2 \text{ ohm}$; $X_2=0,1 \text{ ohm}$. Determine:

- La regulación de voltaje cuando se usa como autotransformador de 2.300/2.530 Volt y se alimenta la carga nominal a 2.530 Volt, Factor de Potencia 0,8 capacitivo.
- La tensión aplicada en el lado de 2.300 cuando circula la corriente nominal en los enrollados y se tiene el lado de 2.530 Volt en Cortocircuito.

2.44.- En la Figura 2.3 se puede ver el esquema de un autotransformador de 10 kVA, 440/220 volt, 50 Hz. Los datos obtenidos en las pruebas de vacío y cortocircuito se indican en la Tabla 2.9:

- Si se aplican 440 volt en los terminales ac, con los terminales bc cortocircuitados ¿cuál es la corriente que circula por cada devanado?
- Si en los terminales bc se conecta la carga nominal, Factor de Potencia 0,75 en atraso, determine la tensión en los terminales ac, si en bc se tiene tensión nominal.
- Para las condiciones de b) determinar la regulación y el rendimiento.

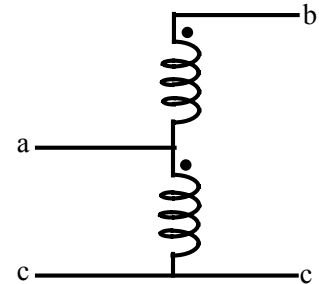


Figura 2.3

Tabla 2.10

PRUEBA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)
Circuito abierto	Nominal	3,7	142
Cortocircuito	19,2	Nominal	176

2.45.- El autotransformador de la Figura 2.4 se considera ideal. Determine la relación entre las impedancias de carga Z_b/Z_a tal que la corriente en el bobinado entre las derivaciones ab sea cero. En estas condiciones, ¿Cuál es la impedancia equivalente referida al primario.

2.46.- Considerando que el dispositivo de la Figura 2.5 se armó a partir de un transformador ideal y que las cargas tienen las siguientes características: $S_1=2.000 \text{ kVA}$; Factor de Potencia 0,7 inductivo; $S_2=1.500 \text{ kVA}$; Factor de Potencia 0,8 capacitivo y $S_3=1.000 \text{ kVA}$; Factor de Potencia 0,65 Inductivo., determine:

- La corriente y Factor de Potencia en la entrada
- Las corrientes en cada uno de los enrollados.

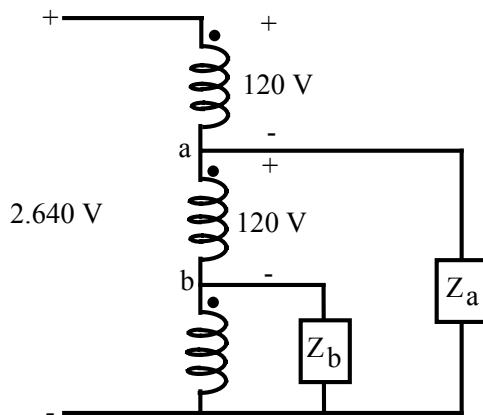


Figura 2.4

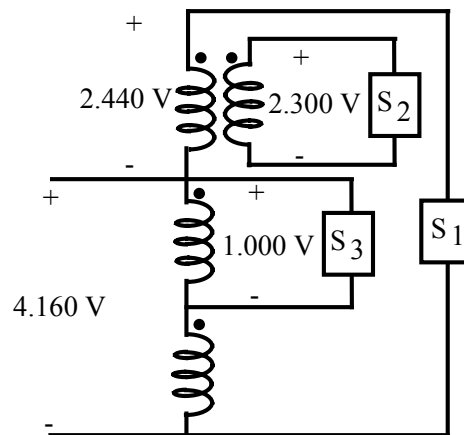


Figura 2.5

CAPITULO 3: TRANSFORMADORES TRIFASICOS Y BANCOS

3.1.- Considere un transformador trifásico de 1.000 kVA, 154/13,8 kV, conexión ΔY_5 y determine:

- c) Los voltajes y las corrientes nominales de cada enrollado del primario y del secundario
- d) Las corrientes nominales de línea del primario y del secundario
- e) La conexión de los enrollados del primario y del secundario
- f) Los voltajes entre los bornes H_2X_2 - H_2X_3 - H_3X_2 y H_3X_3 cuando se unen los terminales H_1 y X_1 y se aplica al primario el voltaje nominal, estando el secundario en vacío.

3.2.- Repita el problema 3.1 considerando que la conexión del transformador es ΔY_{11}

3.3.- Se dispone de tres transformadores monofásicos idénticos de 500 kVA, 12/2,4 kV cada uno. Si se conectan formado un banco trifásico en conexión $Y\Delta_7$, determine:

- d) La potencia aparente nominal del banco
- e) La razón de transformación del banco
- f) Las corrientes nominales de línea del primario y secundario
- g) Las corrientes nominales del primario y secundario de cada unidad monofásica
- h) La conexión de los enrollados del primario y del secundario
- i) Los voltajes entre los bornes H_2X_2 - H_2X_3 - H_3X_2 y H_3X_3 cuando se unen los terminales H_1 y X_1 y se aplica al primario el voltaje nominal, estando el secundario en vacío.

3.4.- Repita el problema 3.3 considerando que la conexión del banco es $Y\Delta_1$.

3.5.- Repita el problema 3.3 considerando que la conexión del banco es $\Delta\Delta_6$.

3.6.- Considere el transformador trifásico de 15 MVA, 66/13,2 kV conectado según se muestra en la Figura 3.1 y determine:

- a) El desplazamiento angular de la conexión
- b) Las corrientes nominales de línea del primario y del secundario
- c) Los voltajes entre los bornes H_2X_2 - H_2X_3 - H_3X_2 y H_3X_3 cuando se unen los terminales H_1 y X_1 y se aplica al primario el voltaje nominal, estando el secundario en vacío.

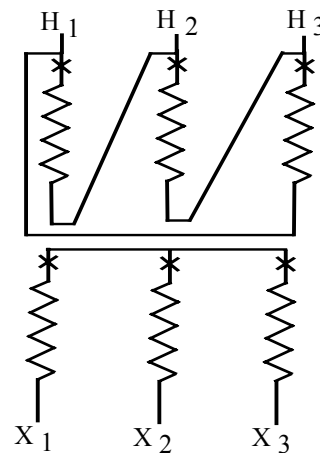


Figura 3.1

3.7.- En un transformador trifásico conexión ΔY , de 15/5 kV, se unen los bornes H_1 y X_1 , se aplica voltaje nominal en el primario con el secundario abierto y se miden los siguientes voltajes aproximados entre los otros pares de bornes: $V_{H2X2} = V_{H3X2} = V_{H3X3} = 10,96$ kV y $V_{H2X3} = 15,81$ kV. Dibuje (utilizando una escala adecuada), el diagrama fasorial de voltajes y determine, a partir de éste, el desplazamiento angular de la conexión.

3.8.- A un transformador trifásico de 1.500 kVA, 13.800/4.000 Volt, conexión ΔY se le hacen las pruebas de vacío y cortocircuito. Los valores obtenidos se indican en la Tabla 3.1. Determine:

- a) Los parámetros de circuito equivalente “por fase”, referidos al primario y al secundario.
- b) Los Factores de Potencia en Vacío y Cortocircuito
- c) El Factor de Carga para el cual el transformador tiene su rendimiento máximo
- d) El rendimiento y la regulación de voltaje cuando alimenta la carga nominal a voltaje secundario nominal y Factor de Potencia 0,85 inductivo.

Tabla 3.1

PRUEBA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA(W)
Circuito abierto	Nominal	6,9	8.500
Corto circuito	600	nominal	10.500

3.9.- A un transformador trifásico de 125 kVA, 5.000/400 Volt, conexión Y Δ se le hacen las pruebas de vacío y cortocircuito. Los valores obtenidos se indican en la Tabla 3.2. Determine:

- Los parámetros de circuito equivalente en por unidad, base propia
- El porcentaje de regulación de voltaje a plena carga, Factor de Potencia 0,9 inductivo y tensión secundaria nominal
- El porcentaje de regulación de voltaje a plena carga, Factor de Potencia 0,9 inductivo y tensión primaria nominal. Compare este valor con el obtenido en b). Explique.

Tabla 3.2

PRUEBA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA(W)
Circuito abierto	5000	0,82	2.000
Corto circuito	550	14,4	3.000

3.10.- Tres transformadores monofásicos de 500 kVA, 2.400/240 Volt cada uno tienen los siguientes parámetros en por unidad base propia: $R_1=0,008$; $R_2=0,007$; $X_1=0,025$; $X_2=0,025$; $g_c=0,004$; $b_m=0,02$. Se conectan como banco trifásico en conexión ΔY .

- Determine las lecturas de los instrumentos al hacer las pruebas de Vacío y Cortocircuito en forma convencional al banco trifásico.
- Utilizando el circuito equivalente en pu base propia, con la admitancia de excitación conectada en la entrada, calcule la tensión, la corriente, la potencia y el Factor de Potencia en el primario, cuando se alimenta una carga de 1.200 kW, Factor de Potencia 0,8 inductivo a 240 volt

3.11.- Un banco trifásico de 1.500 kVA, 12.000/2.400 $\sqrt{3}$ Volt, conectado en ΔY está formado por tres transformadores monofásicos idénticos. Los valores de los parámetros del circuito equivalente en pu base propia del banco son: $R_1=0,00521$; $R_2=0,00434$; $X_1=0,02257$; $X_2=0,02604$; $g_c=0,0034$; $b_m=0,01317$. Determine:

- La corriente (Amperes), la tensión (Volt) y la potencia (Watt) que se medirían al hacer las pruebas de vacío y cortocircuito a cada transformador monofásico, en forma convencional.
- El voltaje, la corriente y el Factor de Potencia en el primario de cada transformador monofásico, cuando el banco alimenta una carga de 1.200 kW, Factor de potencia 0,8 inductivo a tensión secundaria nominal. Utilice el circuito equivalente aproximado con la admitancia de excitación conectada en la entrada.

3.12.- Se dispone de tres transformadores monofásicos cuyas características son: 500 kVA; 12.000/2.400 Volt; $R_1=1,52$ ohm; $R_2=0,049$ ohm; $X_1=6,4$ ohm; $X_2=0,26$ ohm. Además, de la prueba de vacío a tensión nominal se obtuvo: $P_0=1700$ Watt, $\cos \phi_0=0,26$.

Si se conectan formando un banco trifásico de 12.000/2.400 $\sqrt{3}$ Volt, determine:

- El circuito equivalente por fase del banco, referido al primario
- La tensión, corriente y Factor de Potencia del primario, cuando el banco alimenta una carga trifásica equilibrada de 1.200 kVA, Factor de Potencia 0,8 capacitivo a tensión secundaria nominal. Considere la admitancia de excitación conectada en la entrada del circuito equivalente por fase.

3.13.- Un banco trifásico de 300 kVA, 15.000/500 Volt, conexión ΔY está formado por 3 transformadores monofásicos idénticos. Los valores de los parámetros del circuito equivalente de cada transformador monofásico son: $R_1=18$ ohm; $R_2=0,0174$ ohm; $X_1=54$ ohm; $X_2=0,06$ ohm; $g_{c1}=0,5 \times 10^{-5}$ mho; $b_{m1}=1,5 \times 10^{-5}$ mho. Si se conecta como elevador (500/15.000 Volt, conexión Y Δ), para alimentar una carga de 252 kW,

Factor de Potencia 0,9 inductivo a 14.500 Volt; determine (utilizando el circuito equivalente por fase aproximado, con la admitancia de excitación conectada en la entrada):

- La tensión entre líneas, la corriente del línea y el Factor de Potencia en el lado de baja tensión
- La regulación de voltaje y el rendimiento. Analice estos resultados.
- El porcentaje de carga para el cual ocurre el rendimiento máximo y el valor de éste

3.14.- Un banco trifásico está formado por tres unidades monofásicas idénticas. Cada una de ellas es de 1.200/120 volt, 7,2 kVA y su reactancia es de 0,05 pu base propia. En el secundario del banco se conecta una carga trifásica balanceada en estrella, con una reactancia de 5 ohm/fase. Determine la reactancia total por fase referida al primario del banco, cuando éste se conecta en: a) YY; b) YΔ; c) ΔΔ; d) ΔY.

3.15.- Una carga consume potencia suministrada por el sistema trifásico que se muestra en la Figura 3.2. El banco trifásico N° 1 está formado por tres transformadores monofásicos cuya impedancia equivalente se puede suponer puramente reactiva y de valor $Z_{eq}=jX$ ohm. El banco N° 2 también está formado por tres transformadores monofásicos de 1/3 MVA cada uno, con $Z_{eq1}=0,145+j0,78$ ohm. ¿Cuál sería el valor límite de la impedancia de cada transformadores monofásico del Banco N° 1 si la regulación de voltaje del sistema completo debe mantenerse en un 10% para plena carga (1 MVA), a 240 Volt y Factor de Potencia 0,9 inductivo?. Refiera el valor calculado al lado de 23.000 Volt.

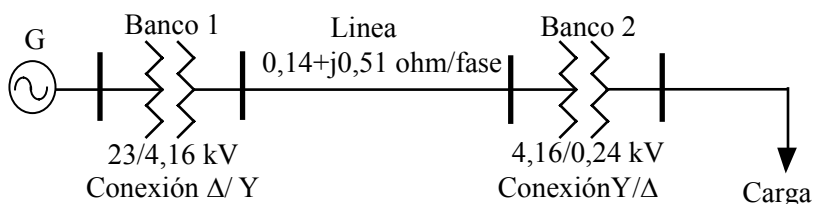


Figura 3.2

3.16.- Un transformador trifásico de 2.000 kVA, 6,6/33 kV está conectado en ΔY_1 y los parámetros de cada enrollado son: $R_1=0,5$ ohm, $R_2=4,3$ ohm; $X_1=2,6$ ohm; $X_2=21,7$ ohm; $g_{c1}=b_{m1}=0$. Si se conecta como elevador para alimentar la plena carga, Factor de Potencia 0,8 capacitivo, manteniendo constante la tensión en el primario en su valor nominal, determine:

- La tensión entre líneas y la corriente de línea en el secundario
- La potencia activa y reactiva en la entrada
- La regulación de voltaje
- La tensión y la corriente tanto en el primario como en el secundario de cada enrollado del transformador trifásico.

3.17.- Los parámetros del circuito equivalente por fase de un transformador trifásico de 300 kVA, 15/0,5 kV, conexión ΔY_1 son : $R_1=6$ ohm; $R_2=5,8 \times 10^{-3}$ ohm; $X_1=18$ ohm; $X_2=0,02$ ohm; $g_{c1}=1,5 \times 10^{-5}$ mho, $b_{m1}=4,5 \times 10^{-5}$ mho. Determinar las lecturas de los instrumentos al hacer las pruebas de vacío (a voltaje nominal) y cortocircuito (a corriente nominal) en forma convencional.

3.18.- El transformador trifásico del problema 3.17 alimenta una carga de Factor de potencia 0.8 inductivo a tensión secundaria nominal. Utilizando el circuito equivalente por fase, referido al primario y con la admitancia de excitación conectada en la entrada, determine la potencia activa y reactiva que el transformador puede alimentar de manera que la regulación de voltaje sea del 3 %.

CAPITULO 4: PRINCIPIOS DE CONVERSION ELECTROMECHANICA

4.1.- En un transductor de campo magnético, la relación entre el flujo enlazado λ y la corriente i , se puede expresar de la siguiente forma, cuando la corriente varía entre 0 y 4 Amperes:

$$\begin{aligned}\lambda &= 0,6 i && \text{para} && 0 \leq i \leq 1,5 \text{ A} \\ \lambda &= 0,45 + 0,2 i^2 && \text{para} && 1,5 \leq i \leq 4,0 \text{ A}\end{aligned}$$

Determine la Energía y la Coenergía almacenada.

4.2.- En un transductor de campo magnético, la relación entre el flujo enlazado λ , el desplazamiento x y la corriente i , es de la forma:

$$\lambda(i, x) = \frac{\lambda_0}{x^2} i^{3/2}$$

Donde λ_0 es una constante. Determine las expresiones para:

- La Energía (en función del flujo enlazado).
- La Coenergía (en función de la corriente).
- La fuerza de origen eléctrico a partir de la Energía y de la Coenergía. Compare ambas expresiones de la fuerza de origen eléctrico. Explique.

4.3.- La relación λ - i de un sistema de conversión de campo magnético es la que se muestra en la Figura 4.1, en función del desplazamiento x . Determine:

- La inductancia de la bobina en los distintos tramos (como función de x).
- La Energía y Coenergía almacenadas (como función de x).
- La fuerza de origen eléctrico.

4.4.- En el sistema de acoplamiento electromecánico de la Figura 4.2, considere que la permeabilidad del núcleo es mucho mayor que la de los entrehierros. Las dimensiones y otras características están indicadas en la Figura. La pieza superior es fija y la inferior solo se puede desplazar verticalmente. Determine la fuerza de origen eléctrico que se ejerce sobre la pieza inferior.

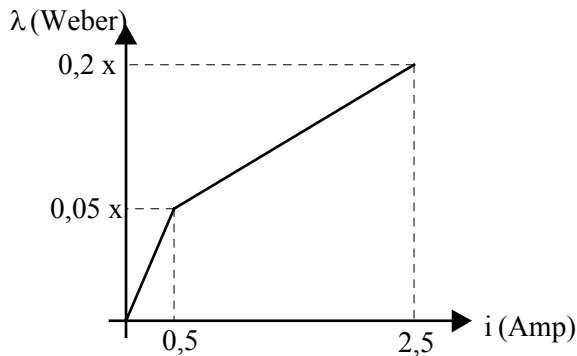


Figura 4.1

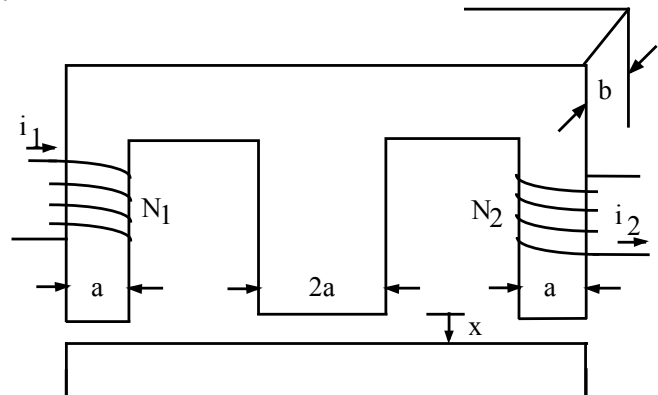


Figura 4.2

4.5.- En un transductor de campo magnético rotatorio con dos puertas eléctricas y una puerta mecánica, cuya relación entre los flujo enlazados λ_1 y λ_2 , las corrientes i_1 e i_2 y el ángulo de desplazamiento de la pieza móvil θ es de la forma indicada, determine:

$$\begin{aligned}\lambda_1(i_1, i_2, \theta) &= (0,6 + 0,3 \cos 2\theta) i_1 - 0,8 \cos \theta i_2 \\ \lambda_2(i_1, i_2, \theta) &= -0,8 \cos \theta i_1 + (0,8 + 0,4 \cos 2\theta) i_2\end{aligned}$$

- La energía y coenergía del sistema.
- El Torque de origen eléctrico sobre la pieza móvil (rotor).

- c) Los voltajes inducidos en ambas puertas eléctricas, suponiendo que las corrientes y el desplazamiento son funciones variables del tiempo.
- d) ¿Es eléctricamente lineal este sistema? Justifique

4.6.- Considere un sistema electromecánico con dos puertas eléctricas y dos puertas mecánicas. Sus ecuaciones características son:

$$\lambda_1(i_1, i_2, x_1, x_2) = 3 x_1^2 x_2 i_1^6 + \frac{4 x_1^3}{x_2^2} i_2$$

$$\lambda_2(i_1, i_2, x_1, x_2) = \frac{4 x_1^3}{x_2^2} i_1 + 7 x_1 x_2^5 i_2^3$$

Determine las funciones de estado energía y coenergía y la fuerza de origen eléctrico sobre cada una de las puertas mecánicas.

4.7.- La capacitancia de un sistema de acoplamiento de campo eléctrico tiene los siguientes valores (en función del desplazamiento x), cuando el voltaje varía entre 0 y 200 volt

$$C(x) = 25 \cdot 10^{-6} / x \quad \text{Farad} \quad \text{para } 0 \leq v \leq 40 \text{ volt}$$

$$C(x) = 6,25 \cdot 10^{-6} / x \quad \text{Farad} \quad \text{para } 40 \leq v \leq 200 \text{ volt}$$

- a) Exprese la carga q como función de v y de x en los distintos tramos.
- b) ¿Es eléctricamente lineal este sistema? Justifique.
- c) Determine la energía y coenergía eléctrica. Haga una comparación entre ellas y explique.
- d) Calcule la Fuerza de origen eléctrico.

4.8.- La relación entre la carga q almacenada en un condensador con una pieza fija y otra móvil y el voltaje v es de la forma:

$$q(v, x) = \frac{10^{-6}}{x} (1 - e^{-0,5 v x})$$

Determine la fuerza eléctrica ejercida sobre la pieza móvil.

4.9.- En un transductor de campo eléctrico, la relación entre la carga q y el voltaje v , es de la forma:

$$q(v, x) = \frac{4}{x} v^{2/3}$$

Determine las expresiones para:

- a) La Energía (en función de la carga q) y la Coenergía (en función del voltaje v).
- b) La fuerza de origen eléctrico a partir de la Energía y de la Coenergía. Compare ambas expresiones de la fuerza de origen eléctrico. Explique.
- c) La corriente i , considerando que tanto v como x son funciones variables en el tiempo.

4.10.- Cierta transductor de campo eléctrico con dos puertas eléctricas y dos puertas mecánicas tiene las siguientes ecuaciones características:

$$q_1(v_1, v_2, x_1, x_2) = 6 x_1 x_2^2 + \frac{x_1^4}{x_2} v_2$$

$$q_2(v_1, v_2, x_1, x_2) = \frac{x_1^4}{x_2} v_1 + 3 x_1^2 x_2^4 (v_2)^{1/3}$$

Determine las funciones de estado energía y coenergía, la fuerza eléctrica en cada puerta mecánica y la corriente en las dos puertas eléctricas, suponiendo que los voltajes y desplazamientos son funciones variables en el tiempo.

CAPITULO 5: CONCEPTOS BASICOS DE MAQUINAS ROTATORIAS

5.1.- A una máquina síncrona de 8 polos se le aplica una tensión $v(t) = \sqrt{2} V \cos 120 \pi t$ volt. Determine la velocidad a la que gira la máquina en rpm y rad/seg.

5.2.- La tensión inducida en una máquina elemental de Corriente Continua, de 4 polos, con 5 circuitos en paralelo, 50 conductores activos que se encuentra en un campo magnético constante de 0,1 weber, es de 100 volt. Determine la velocidad en rpm y rad eléct/seg.

5.3.- Un generador de Corriente Alterna tiene las siguientes características: Longitud axial: 30 cm, diámetro medio: 12 cm, 4 polos en el rotor que se alimenta con Corriente Continua y gira a 1.500 rpm. El estator tiene 8 bobinas de paso completo distribuidas uniformemente en 16 ranuras. Cada bobina tiene 30 espiras. Considere como factor de devanado el que se tiene para la fundamental del desarrollo en serie de Fourier de la fmm resultante. Determine el valor efectivo de la tensión inducida en el estator si la densidad de flujo del rotor tiene un valor máximo de 1,2 Tesla y las 8 bobinas se conectan en paralelo.

5.4.- Para la máquina de entrehierro uniforme con dos bobinas de paso diametral de la Figura 5.1, dibuje la onda de fuerza magnetomotriz (fmm) resultante y determine el coeficiente de distribución, el factor de paso y el factor de devanado, para la fundamental.

5.5.- Repetir el problema 5.1 para la máquina de la Figura 5.2.

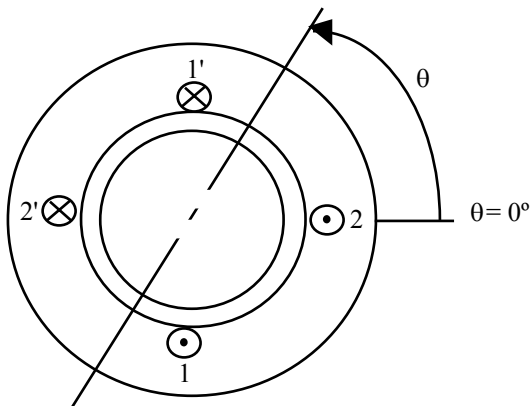


Figura 5.1

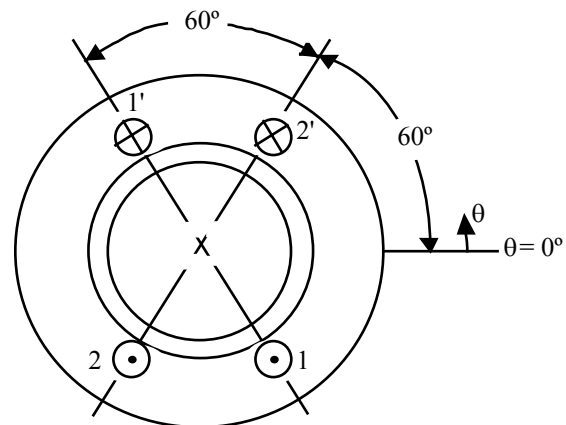


Figura 5.2

5.6.- Una máquina rotatoria de entrehierro uniforme tiene 10 bobinas de paso completo uniformemente distribuidas en el estator. Cada una de ellas tiene 10 espiras y la corriente en cada una de ellas es de 0,5 Amperes. Determine el valor máximo de la onda de fmm resultante y el valor máximo de cada uno de los armónicos (hasta el quinto) del desarrollo en serie de Fourier.

5.7.- Una máquina de entrehierro uniforme tiene dos bobinas de paso fraccionario en el estator, de manera que la onda de fmm es simétrica. El factor de paso para el primer armónico es de 0,707. Cada bobina tiene 30 espiras y circulan 2 Amperes por cada una de ellas. Determine

- El valor máximo de la onda de fmm resultante
- El valor efectivo del desarrollo en serie de Fourier de la onda resultante, considerando hasta el quinto armónico.

5.8.- Considere la máquina de entrehierro uniforme de la Figura 5.3 con 4 bobinas de paso fraccionario, distribuidas uniformemente sobre el estator. Cada bobina tiene 50 espiras y circulan 3 amperes por cada una de ellas.

- Expresar la fmm resultante como función de θ para $0 \leq \theta \leq 360^\circ$.
- Dibujar la onda de fmm resultante para $0 \leq \theta \leq 360^\circ$.
- Determinar el valor máximo de la fmm resultante.
- Determinar el factor de distribución, el factor de paso y el factor de devanado para el primer armónico.

5.9.- Para la máquina de la Figura 5.4, determine las inductancias propias y mutuas de los bobinados, en función de los datos indicados. Suponga que los dos enrollados del estator son idénticos con N_1 espiras cada uno, que el enrollado del rotor tiene N_2 vueltas; que la permeabilidad del material del núcleo es mucho mayor que la del entrehierro ($\mu_{Fe} \gg \mu_0$) y que $g \ll D$.

Determine también el torque eléctrico que se desarrolla entre los bobinados del estator y rotor, cuando se aplican las siguientes corrientes: $i_a = \sqrt{2} I_1 \cos \omega t$; $i_b = \sqrt{2} I_1 \sin \omega t$; $i_c = I_2$ (Corriente Continua) y $\theta = \omega t - \delta$, El ángulo δ se denomina ángulo de torque y la longitud axial de la máquina es l

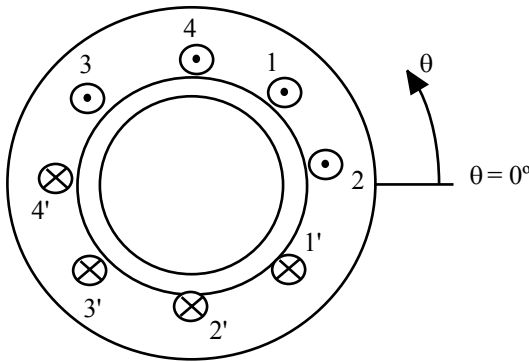


Figura 5.3

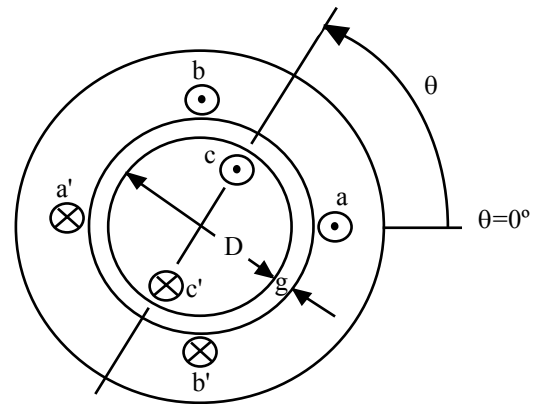


Figura 5.4

5.10.- Para la máquina de la Figura 5.5, determine las inductancias propias y mutuas, como función de la posición del rotor θ . Calcule además, el torque eléctrico que se ejerce sobre el rotor.

5.11.- Para el motor de reluctancia de la Figura 5.6, determine la inductancia de la bobina como función de la posición angular del rotor y calcule el torque eléctrico instantáneo y la velocidad de rotación del rotor (rpm), cuando la bobina se alimenta con una corriente $i(t) = 5 \cos 100 \pi t$.

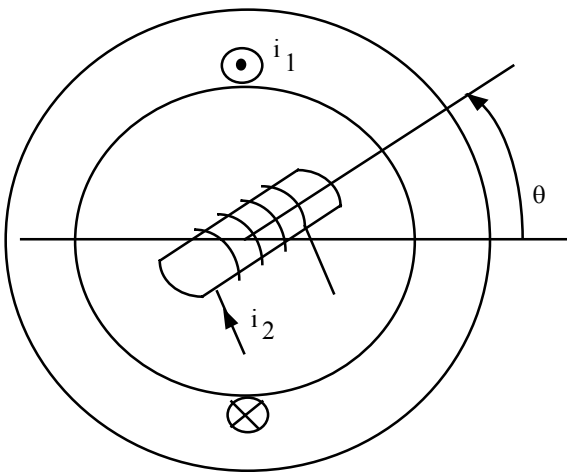


Figura 5.5

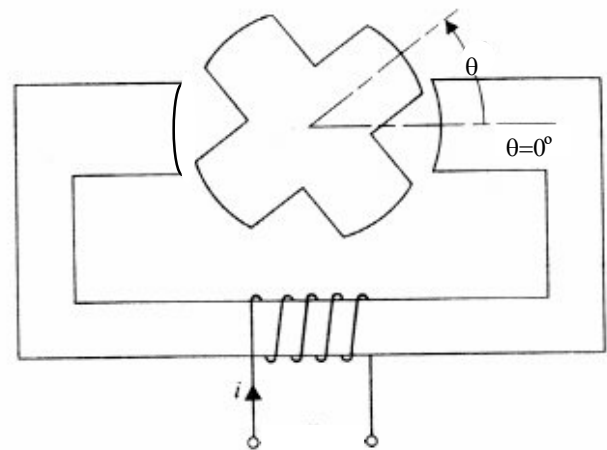


Figura 5.6