



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

“PRACTICAS DE LABORATORIO DE
EQUIPO ELECTRICO”

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a

ABEL VERDE CRUZ

Asesor: Ing. J. J. Ramón Mejía Roldán

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

San Juan de Aragón, Edo. de Méx.

1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA.

A mis padres: ya que sin ellos no hubiese sido posible esta tesis.

Cira y José Concepción.

A mis hermanos: por tener la confianza y la unión.

Anastacio, Isidoro, María Concepción, Filiberto, Eva, Salvador y Gerardo.

A mis sobrinos: por sus sueños e ilusiones.

Lourdes, Blanca, Ricardo, Santiago, Carlos, Alejandro, Cesar, Dulce, Luis, Monica, y los que vienen.

A mis maestros: por su enseñanza.

A mis compañeros: por su amistad.

Adriana, Alfredo, Angel, Celia, Cuitlahuac, Enrique, Gabino, Jose, Juan, Luis, Magdalena, Marco Antonio, Octavio, Patricia, Salvador, Teresa, Victoriano, etc.

A mis primos: en especial a Patricio.

La Madurez

Es la perseverancia; la habilidad para sostenerse en un proyecto o en una situación, a pesar de la oposición o de los contratiempos desalentadores.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.
" ARAGON. "

" PRACTICAS DE LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO. "

I N D I C E .

	HORAS POR PRACTICA.
INTRODUCCION.	
PELIGROSIDAD DE LA CORRIENTE ELECTRICA.	
PRACTICA No. 1.	3:00
MAQUINA DE C.D.	
GENERADOR CON EXCITACION INDEPENDIENTE.	
GENERADOR AUTOEXCITADO.	
PRACTICA No. 2.	3:00
MAQUINA DE C.D.	
GENERADOR SERIE.	
GENERADOR COMPUESTO.	
PRACTICA No. 3.	3:00
MAQUINA DE C.D.	
MOTOR EN DERIVACION.	
MOTOR SERIE.	
PRACTICA No. 4.	3:00
MAQUINA DE C.D.	
MOTOR COMPUESTO.	
CONTROL DE VELOCIDAD, SCR.	

PRACTICA No. 5.	3:00
MAQUINA SINCRONA. ALTERNADOR CON CARGA.	
PRACTICA No. 6.	3:00
MAQUINA SINCRONA. SINCRONIZACION DEL ALTERNADOR.	
PRACTICA No. 7.	3:00
MAQUINA SINCRONA. CARACTERISTICAS DEL MOTOR SINCRONO.	
PRACTICA No. 8.	3:00
MOTOR DE INDUCCION MONOFASICO. CARACTERISTICAS DE ARRANQUE DEL MOTOR DE INDUCCION Y MOTOR UNIVERSAL.	
PRACTICA No. 9.	3:00
MOTOR DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA. CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO.	
PRACTICA No. 10.	3:00
MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR DEVANADO. CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION Y ARRANQUE DEL MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR DEVANADO.	
PRACTICA No. 11.	3:00
TRANSFORMADOR EN BAJA TENSION. CONSTRUCCION. POLARIDAD, Y RESISTENCIA OHMICA.	
PRACTICA No. 12.	3:00
TRANSFORMADOR EN BAJA TENSION. PRUEBAS DE CIRCUITO ABIERTO Y CORTOCIRCUITO.	

CONCLUSIONES

APENDICE A.

METODO HEYLAND.

APENDICE B.

INSTRUMENTOS DE MEDICION.

BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION.

En la formación del estudiante de la carrera de Ingeniería se ve envuelta de información teórica, la cual para la gran mayoría es confusa, sin embargo, debe de existir como un apoyo didáctico, para las actividades tecnológicas, los laboratorios; en los cuales el estudiante tiene la libertad de analizar, experimentar y hacer sus propias conclusiones de los principios básicos que intervienen en las máquinas eléctricas.

La necesidad que tiene el estudiante sobre el conocimiento de ciertos equipos y máquinas eléctricas, que manejara cuando inicie su labor productiva, así como, dar sus puntos de vista ante personas ajenas o sin conocimiento del área, se realizará conforme al manejo y principios básicos de estos equipos eléctricos.

Puesto que los equipos que se tienen en los laboratorios, nos dan una idea básica, en la cual se puede hacer una analogía con los instalados en la industria, aunque en su construcción son más voluminosos, y con cierto grado de riesgo.

En lo que se refiere a la seguridad eléctrica se da una breve explicación sobre los peligros de la corriente eléctrica, así como, se mencionan los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.

Esta tesis fue seccionada en 4 máquinas y distribuidas en 12 prácticas, de tal manera, que al alumno se le dan los elementos necesarios para conocer las máquinas eléctricas más comunes.

El concepto de máquina, nos indica que algunas no necesariamente tienen una sola aplicación, es decir, que no solo funcionan como motor, sino también como generador.

En todas las máquinas analizaremos su construcción, curvas características, su comportamiento con carga, ect.

Así como, su analogía con otras máquinas.

El transformador queda comprendido dentro el estudio de las máquinas eléctricas, aunque no es, propiamente, una máquina.

El concepto de máquina presupone siempre partes en movimiento y el transformador es un dispositivo estático.

Para el transformador se realizara las pruebas básicas, para conocer sus parámetros de este.

El objetivo principal de este trabajo es dar a conocer las pruebas básicas y aplicaciones de las máquinas eléctricas.

PELIGROSIDAD DE LA CORRIENTE ELECTRICA.

Normalmente se piensa que el contacto directo de alta tensión puede provocar un choque eléctrico más severo que en baja tensión, y ésto puede ser falso, ya que la intensidad de un choque eléctrico depende directamente de la intensidad de la corriente en amperes que circula a través del cuerpo y no tanto del voltaje aplicado; aunque está demostrado que cuando la tensión aumenta, la resistencia eléctrica del cuerpo humano tiende a disminuir hasta 1000 Ω y para bajas tensiones puede alcanzar valores mayores.

Esto explica porqué cuanto más elevado sea el voltaje, más son los puntos de la piel que sufre perforación eléctrica, ya que, el tejido humano posee características de tendencia negativa, es decir, la resistencia del cuerpo humano, disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto.

En forma estricta los efectos de la electricidad en el cuerpo humano, dependen además de la corriente que lo atravieza, del tiempo de duración del contacto, la frecuencia y de otros factores como son: sexo, edad, peso, altura, estado de ánimo, callosidad en los puntos de contacto, estado de la epidermis (seca, sudorosa, o mojada), del punto de contacto a tierra (seco, húmedo, mojado), tipo de calzado (piel, hule, dieléctrico, oct.).

Como ejemplo se tiene que en mujeres embarazadas y personas con presencia de alcohol en la sangre o estados depresivos se registran valores bajos de resistencia.

A continuación, se indican los efectos fisiológicos causados por la corriente eléctrica en el cuerpo humano.

Hasta 0.0007 A = 0.7 mA.	No perceptible para la mujer.
Hasta 0.001 A = 1 mA.	No perceptible para el hombre.
Arriba de 1 mA.	Provoca movimiento involuntario

De 2 a 3 mA.

Umbral de percepción, con sensación de hormigueo.

De 4 a 10 mA.

Contracción muscular.

De 10.5 mA.

Inmovilización en mujer.

De 26 mA.

Inmovilización en hombre.

Hasta 50 mA.

Parálisis muscular (efecto de quedarse pegado), dolor, dificultad respiratoria (calambre que puede provocar la muerte por asfixia).

De 51 a 200 mA
ELECTROCUCCION.-

Corriente extremadamente peligrosa, en función del tiempo de contacto, produciendo fibrilación cardiaca (función irregular e ineficaz de las contracciones cardio vasculares) causando la muerte.

Para 116 mA.

Muerte con $t = 1$ seg.

De 201 mA en adelante.

Paro respiratorio, producción de quemaduras de 2o y/o 3er grado y riesgo de parálisis de centros nerviosos.

Si la descarga eléctrica se establece en forma de chispa que, venciendo la rigidez del aire, busque tierra a través del cuerpo humano que, interpuesto entre ella y los conductores, esté acortando su distancia y facilitando la descarga, además de los efectos fisiológicos de conmoción y contracción producen intensas quemaduras que llegan a carbonizar, total o parcialmente la parte afectada.

Las chispas o arcos eléctricos transforman el oxígeno del aire en ozono, elemento que posee gran poder oxidante y microbicidad siendo la causa del gran dolor que producen las quemaduras de este tipo.

Si las ropas quedan pegadas a la herida no debe intentarse desprenderlas; reservando esta operación al personal médico.

A fin de evitar los accidentes eléctricos debe procurarse, principalmente, las instalaciones de alta tensión tengan toda clase de protecciones que tienden a impedir el contacto con los equipos eléctricos.

Debe procurarse rodear la instalación con una valla que aisle al personal a una distancia prudente, o bien, con una base aislante que lo incomunique con el suelo o referencia.

Así mismo, es muy útil emplear guantes de caucho en las manipulaciones de los equipos eléctricos y evitar de un modo absoluto el contacto de los mismos.

A continuación se dan algunos puntos sobre como sustraer a una víctima de los efectos de la corriente eléctrica. Siendo esta operación peligrosa tanto para la víctima como para el operador.

* No tocar nunca dos conductores diferentes a la vez, aunque se tengan las manos aisladas y debe de abstenerse de ejecutar toda maniobra que exponga a la víctima en igual peligro.

En cuanto sea posible, utilice solamente una mano, especialmente la derecha.

* Evítese que tanto los conductores eléctricos como el operador toquen al paciente en sus partes desnudas (especialmente

la vista) y sudorosas (sobacos, pies, ect.).

* Téngase presente que la humedad aumenta el peligro y que a muy elevadas ténsones ningún aislamiento ofrece las suficiéntes garantías.

* No debe cortocircuitar los conductores, salvo que lo ejecute personal especializado.

* En caso de corrientes alternas podrán cortarse los hilos adoptando las suficiéntes precauciones.

PRACTICA No. 1.

MAQUINA DE C.D.
GENERADOR.

OBJETIVO:

- * Se conocerá la construcción, curvas, y comportamiento con carga del generador con excitación independiente y autoexcitado.
- * Así como, la obtención de la resistencia ohmica y la resistencia de aislamiento de la máquina.

INTRODUCCION:

Una máquina rotatoria puede transformar energía mecánica en eléctrica o viceversa. Cuando se acciona mecánicamente por una turbina de vapor o agua, o con un motor diesel, se dice que funciona como generador. Pero cuando se le suministra energía eléctrica se dice que funciona como motor.

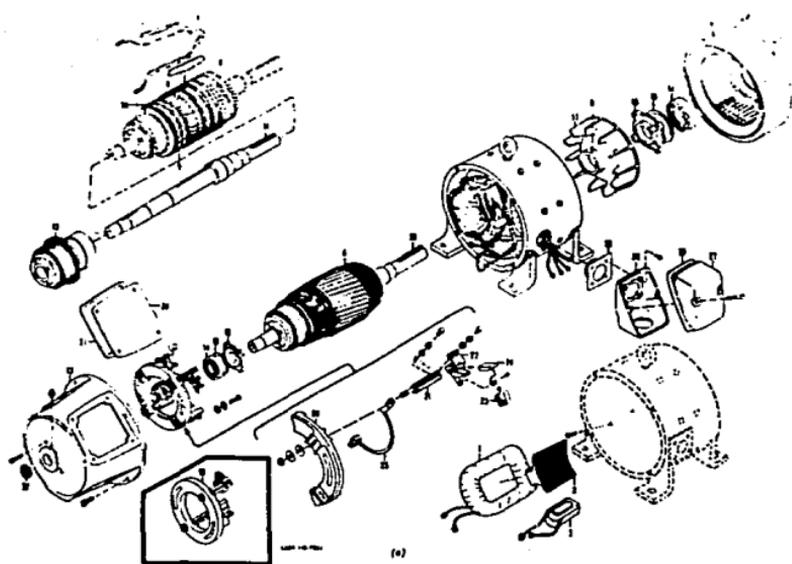
La potencia nominal de un generador suele expresarse en kilowatts. La potencia nominal de un motor suele expresarse en caballos de fuerza, aunque también se dan en kilowatts.

CONSTRUCCION DEL GENERADOR DE C.D.

El arrollamiento inductor de un generador, crea un flujo en el circuito magnético formado por el estator, polos, entrehierro, y rotor, en la figura 1.1., se observa algunas de las partes fijas y rotóricas que comprenden a la máquina de c.d.

PARTES DEL CIRCUITO MAGNETICO DE UN GENERADOR DE C.D.

Estator o carcasa, está hecho de acero fundido o laminado, sirve de soporte mecánico para los polos, además de ser parte del circuito magnético.



Vista por separado de las partes de una máquina de c-c representativa, en tamaño hasta de 200 hp. Las principales partes electromagnéticas son: (1) y (2) bobina y núcleo de un polo principal del estator; (3) bobina y núcleo de un polo de conmutación; (4) conjunto de la armadura que consiste en el conmutador (12); las bobinas (5) colocadas en ranuras en el núcleo de acero del rotor; y (18) el conjunto de escobillas. Las principales partes mecánicas son: (11) flecha; (13) cubiertas de los extremos; (14) chamaceras y (17) ventilador.

FIGURA 1.1

El soporte de las escobillas, también va montado en el estator. Sirve para fijar el casquillo de los rodamientos en todos los generadores (excepto en los que son muy grandes).

La expansión polar, que es la superficie del polo próximo al entrehierro, es mayor que la sección del núcleo. Esto se hace para reducir la reluctancia del entrehierro y para dar apoyo a las bobinas inductoras.

Los núcleos de los polos son de chapas de láminas de acero aisladas entre sí y remachadas, atornilladas a la carcasa.

El entrehierro es el espacio entre el rotor y la expansión polar y su longitud, varía con el tamaño de la máquina estando comprendida aproximadamente entre 1.5 y 6.5 mm.

LOS CIRCUITOS ELECTRICOS DE UN GENERADOR.

Esta formado por el arrollamiento del rotor, colector, escobillas y bobinas inductoras. Excepto en pequeñas máquinas, el arrollamiento del rotor está formado por bobinas que se construyen sobre un modelo y después se aísla completamente.

Al colocar las bobinas en sus ranuras correspondientes y asegurarlas convenientemente, se conecta cada terminal a la delga respectiva del colector.

En las máquinas pequeñas, no se prefabrican las bobinas, sino que se bobina directamente el arrollamiento, a mano o a máquina, en el rotor.

El colector consiste en un número de delgas de cobre que se apilan formando un cilindro que se fija al eje, debidamente aisladas las delgas, usándose normalmente mica para este fin.

Las terminales de las bobinas se soldan a estas delgas.

Las escobillas se apoyan en la superficie cilíndrica del colector haciendo un contactor eléctrico deslizante entre el arrollamiento del rotor y el circuito exterior. Las escobillas se hacen de carbón de dureza variable y en ocasiones de una mezcla de carbón y cobre, se mantiene en contacto mediante la presión de un muelle, haciéndose las conexiones entre escobillas con cinta flexible de cobre.

Las bobinas inductoras se colocan en el núcleo de los polos.

Los circuitos inductores se proyectan para ser conectadas o bien en serie o en paralelo con el circuito del rotor.

Las bobinas en derivación, o shunt, tienen muchas espiras de hilo fino y una resistencia relativamente alta, mientras las bobinas serie tienen pocas espiras de mucha sección y de resistencia relativamente pequeña.

Con el objeto de obtener de una característica especial de funcionamiento, algunos generadores se equipa con ambas excitación serie y paralelo.

Algunos generadores actuales están equipados con pequeños polos llamados polos de conmutación, que se colocan entre los polos principales. En estos polos se crea solamente flujo cuando pasa corriente por el circuito del rotor, siendo el propósito de este flujo el mejorar la conmutación.

CURVA DE EXCITACION O MAGNETIZACION.

Según la teoría molecular del magnetismo, las moléculas de una pieza de hierro desmagnetizado no están dispuestas en una forma determinada. Cuando se magnetiza el hierro haciendo pasar una corriente por una bobina colocada a su alrededor, las moléculas toman una orientación determinada. Para orientar la mayor parte de las moléculas o para magnetizar el hierro hasta un cierto grado se requiere relativamente pocos amper-vuelta o fmm.

Hasta este grado de magnetización, el flujo aumenta casi directamente con los amperes-vuelta aplicados. No obstante, a partir de este punto, que se llama punto de saturación, se hace cada vez más difícil seguir magnetizando el hierro, ya que las moléculas sin magnetizar son cada vez menos. Por encima del punto de la rodilla de saturación se necesitan aumentos de F.M.M. mucho mayores, que antes para lograr que el flujo aumente en la misma proporción, y se dice que el hierro está saturado. El hecho que el hierro esté saturado no significa que sea imposible aumentar más su magnetismo.

Si mantenemos la velocidad constante, la f.m.m. generada depende entonces directamente del flujo por polo. Como el flujo es producido por los amperes-vuelta de las bobinas inductoras, y como el número de espiras de estas bobinas se mantiene constante, el campo magnético creado depende de la intensidad que recorre el arrollamiento inductor. Sin embargo, el flujo no siempre es directamente proporcional a la intensidad de excitación, debido al hecho de que el circuito magnético del generador se satura.

La variación de la f.m.m. generada por un generador dado que gira a velocidad constante y en vacío está relacionada con la intensidad inductora por medio de una curva llamada la curva de magnetización. Esta curva recibe a veces el nombre de curva de saturación del generador o característica en vacío del generador, ver figura 1.2.

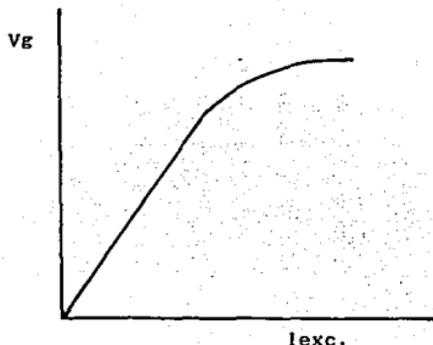


FIGURA 1.2

GENERADOR EN DERIVACIÓN DE C.D. CON AUTOEXCITACION.

El funcionamiento de un generador autoexcitado depende del magnetismo residual de sus polos. Ordinariamente los polos tienen un magnetismo si ha sido magnetizado anteriormente.

En este caso, si ponemos un generador en derivación, o shunt, los conductores del inducido cortarán el pequeño flujo presente y se generará en ellos una pequeña f.e.m.

Si la resistencia del arrollamiento inductor es suficientemente pequeña y si la corriente le recorre en tal dirección que aumenta la intensidad de campo, se genera una f.e.m.

mayor, y a su vez hace pasar más intensidad por la excitación.

Esto vuelve aumentar el flujo magnético y la f.e.m. generada. A primera vista puede parecer que esté proceso creciente sigue indefinidamente, pero se alcanza un límite debido a la saturación del circuito magnético. Cuando el circuito magnético del generador se empieza a saturar, los incrementos cada vez más pequeños de f.e.m. generada produce aumentos de la intensidad inductora cada vez menores hasta que el proceso creciente se detiene. En este punto de equilibrio la intensidad inductora produce justamente el flujo suficiente para generar la f.e.m. que hace circular a dicha intensidad inductora.

Después que el voltaje se ha estabilizado, puede ajustarse el valor deseado variando el réostato de la excitación.

MATERIAL:

- * MOTOR/GENERADOR DE C.D.
- * MOTOR/GENERADOR SINCRONO.
- * VOLTMETRO DE C.D.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * PUENTE DE WHEATSTONE.
- * PUENTE DE KELVIN.
- * MEDIDOR DE RESISTENCIAS.
- * MEGGER.
- * MODULO DE RESISTENCIAS.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica comente con su instructor las partes que componen la máquina de c.d., así como, las partes fijas y móviles de está.

POSICION NEUTRA.

El flujo de inducido resultante, ver figura 1.3, está situado en la zona interpolar o magnéticamente neutra entre los polos, perpendicular al flujo del campo principal. Si los polos giran en el sentido de las agujas del reloj, el neutro magnético se desplazaría en el mismo sentido de las agujas del reloj el mismo ángulo, ya que por definición, es siempre perpendicular al campo magnético.

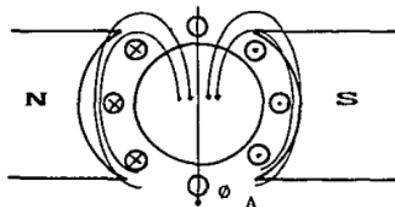


FIGURA 1.3

1) Alambre el siguiente circuito, figura 1.4, y aplique un voltaje continuo a la armadura:

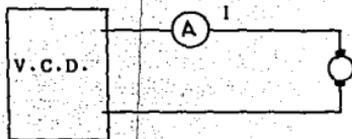


FIGURA 1.4

- 2) Ajuste un voltaje de 10 v c.d.
- 3) La corriente del inducido debe ser menor de 3 amperes. Recuerde que manejará corrientes altas.
- 4) Después de aplicar el voltaje, introduzca la mano en la máquina y gire la palanca en ambos sentidos.

Explicar el comportamiento de la máquina:

En la posición del eje neutro la armadura no se mueve.

Recuerde que cada vez que se utilice la máquina, ya sea, como motor o generador siempre se debe de verificar está posición neutra, ya que en caso contrario, no podrá obtener los resultados deseados.

RESISTENCIA OHMICA.

Para la medición de la resistencia ohmica se tiene los siguientes metodos:

- * METODO DE LA CAIDA DE POTENCIAL.
- * USO DE PUENTES Y MEDIDOR OHMICO.

El método de la caída de potencial consiste en hacer circular por la bobina de prueba una corriente y voltaje de c.d.

En condiciones de c.d., en estado estable la reactancia es nula por lo cual el único parámetro que interviene es la resistencia cuyo valor es pequeño.

Por lo anterior se debe aplicar una tensión, de tal manera, que la corriente no exceda el 100 % de la nominal, evitando lo más posible el calentamiento del devanado.

Alambre el circuito de la figura 1.5 y llene la tabla correspondiente.

Considerando el devanado en serie y paralelo.

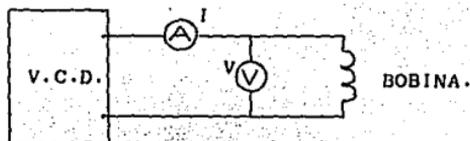


FIGURA 1.5

GENERADOR DE C.D.			
RESISTENCIA OHMICA.			
METODO DE LA CAIDA DE POTENCIAL.			
	V	I	R
B. SERIE.			
B. SHUNT			

El método de puentes y medidor ohmico tiene como ventajas notables con respecto al método anterior, entre las ventajas sobresalientes, podemos mencionar:

- * MAYOR PRECISION.
- * CONEXION SENCILLA.
- * CIRCULACION DE CORRIENTE PEQUEÑA.
- * MAYOR RAPIDEZ EN LA PRUEBA.

Antes de iniciar esta parte de la práctica comente el funcionamiento de estos equipos de medición, al igual de sus conexiones principales para no dañarlos, ver APENDICE B.

Es importante lo anterior, debido a la circulación de corriente en la bobina, almacena energía en el núcleo de la máquina, esta energía se descarga en el momento de suspender la corriente.

Si la corriente se descarga a través del galvanómetro puede causarle daño, de modo que se debe de observar la siguiente secuencia:

- * Cerrar el interruptor de corriente y esperar el tiempo necesario de estabilización.
- * Cerrar el interruptor del galvanómetro y ajustar la lectura.
- * Abrir el interruptor del galvanómetro.
- * Abrir el interruptor de la corriente.

Llene la siguiente tabla utilizando los diferentes equipos de medición ohmica:

GENERADOR DE C.D.			
RESISTENCIA OHMICA.			
USO DE PUENTES.			
	P. WHEATSTONE	P. KELVIN	OHMETRO
B. SERIE			
B. SHUNT			

Analice sus resultados: _____

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

El aislamiento es uno de los eslabones más débiles en un sistema eléctrico. Su falla casi siempre ocasiona la salida de servicio de los equipos, provocando generalmente fallas costosas de reparar.

Por este motivo es necesario determinar cuando menos cada año la resistencia de los aislamientos mediante las siguientes pruebas:

- * RIGIDEZ DIELECTRICA DE LAS BOBINAS.
- * DE AISLAMIENTO DE LA MASA A LAS BOBINAS.
- * DE AISLAMIENTO DE LA MASA AL CONMUTADOR., ECT.

Utilizando el MEGGER, medidor de aislamiento, verifique la resistencia de la máquina de c.d., y llene la tabla correspondiente.

GENERADOR DE C.D.	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.	
MEGGER	
	RESISTENCIA.
MASA VS B. SERIE.	
MASA VS B. SHUNT.	
MASA VS ESCOBILLA	

Analice sus resultados:

GENERADOR CON EXCITACION INDEPENDIENTE.
OBTENCION DE LA CURVA DE SATURACION.

1) Acople el generador a un motor síncrono mediante una banda.

2) Conecte el campo en derivación, o shunt, del generador a la salida variable de la fuente de alimentación, como se indica en la figura 1.6.

3) Antes de lo anterior cerciórese que las escobillas estén en el punto neutro.

4) Conecte la fuente de alimentación y regule el voltaje, de tal manera, que llene la tabla correspondiente y grafique I_f vs V_l .

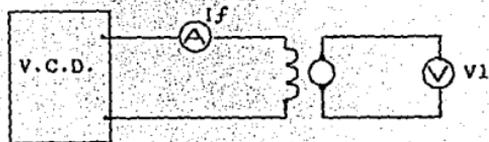
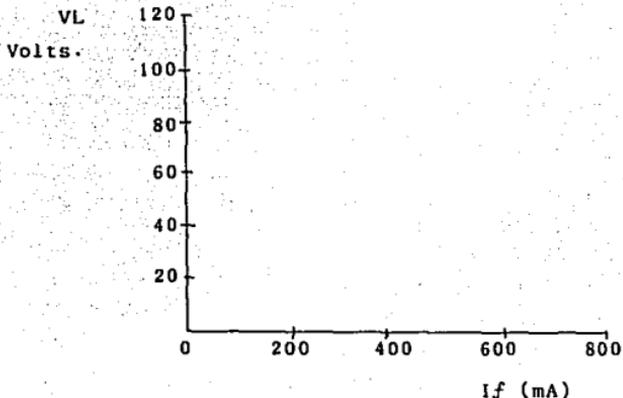


FIGURA 1.6

I_f millamperes	V_l volts
0	
200	
300	
400	
500	
600	
700	
800	

5) Grafique sus resultados.



GENERADOR CON CARGA.

Cuando se le aplica una carga se observara que al aumentar su valor el voltaje disminuye. Hay dos razones importantes porqué la tensión disminuye:

* La reacción de inducido reduce el flujo magnético efectivo de manera que la f.m.m. generada decrece. Esto es especialmente cierto en máquinas sin entre polos.

* Hay una caída de tensión debida a la resistencia del inducido.

1) Para analizar el generador con carga nos auxiliaremos de un módulo de resistencias para simular la carga que puede alimentar.

2) Con la máquina sincrónica acoplada al generador por medio de una banda. Alambre el circuito de la figura 1.7.

3) Ajuste el voltaje de salida V1 a 120 volts.

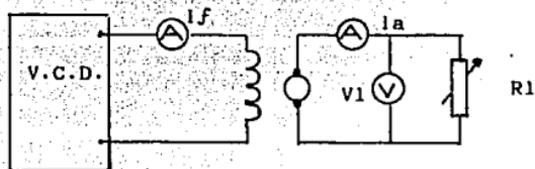


FIGURA 1.7

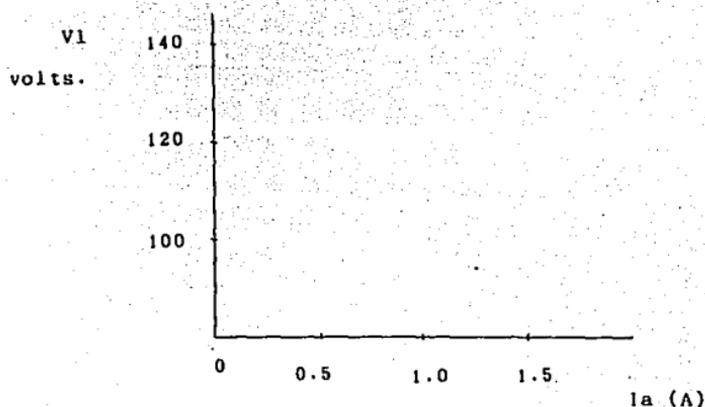
4) Mida y anote los valores de I_a y V_1 para cada uno de los valores indicados en la tabla correspondiente.

5) Aunque el valor nominal de la corriente de salida del generador puede sobrecargarse un 50 % sin dañarlo.

R1	I_a	V_1	W
Ohms	amperes	volts	watts
∞			
600			
300			
200			
150			
100			
75			

Analice sus resultados: _____

6) Grafique la curva V_L vs I_a .



GENERADOR EN DERIVACION DE C.D. CON AUTOEXCITACION.

Antes de iniciar esta parte de la práctica considere las siguientes precauciones:

- 1) Acople la máquina síncrona con el generador de c.d. por medio de una banda.
- 2) Coloque el valor de resistencia mínima el reóstato de campo.
- 3) Asegure las escobillas en la posición neutra y conecte el circuito de la figura 1.8.

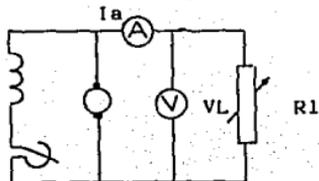


FIGURA 1.8.

4) Verificando las conexiones conecte la fuente de alimentación y la máquina debe de girar, no aplique ninguna carga al generador.

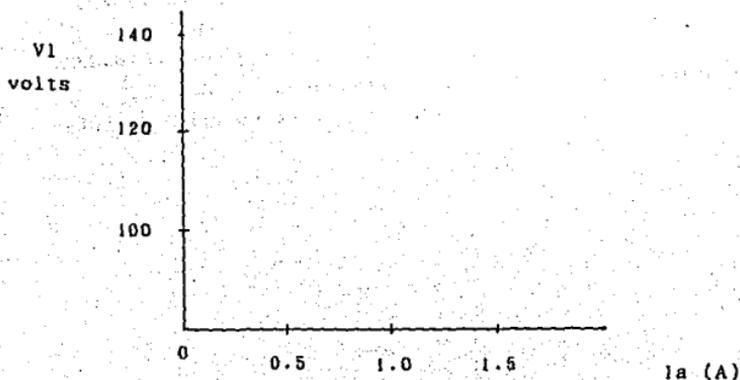
5) Observe el voltaje de armadura V_1 , si no se incrementa, intercambie las conexiones de la bobina de campo en derivación, teniendo las precauciones necesarias, desconectando la fuente de alimentación.

6) Ajustando correctamente el centro del reóstato de campo para la potencia nominal de salida indicada en la placa de datos del generador.

7) Llene la siguiente tabla.

R_1	I_a	V_1	W
ohms	amperes	volts	watts
∞			
600			
300			
200			
150			
100			
75			

8) Grafique V_1 vs I_a .



PRACTICA No. 1.
CUESTIONARIO.

- 1.- ¿Porqué la curva de magnetización debe ser tomada para velocidad constante?
- 2.- ¿Qué le pasa al generador sino se encuentra en su posición neutra?
- 3.- Defina con sus propias palabras que entiende por autoexcitación y excitación independiente.
- 4.- Indique dos formas en que se puede cambiar la polaridad de salidad de un generador de c.d. en derivación, o shunt.
- 5.- Explique porqué se tiene un voltaje de armadura a pesar de que la corriente de campo sea cero en un generador autoexcitado.
- 6.- Si, un generador autoexcitable pierde de todo su magnetismo remanente, ¿puede generar un voltaje de salida?
- 7.- ¿Como se puede lograr que un generador opere después de que haya pérdida todo su magnetismo remanente?
- 8.- Calcule la regulación de voltaje en vacío y de a plena carga (1 ampere de c.d.), para los dos generadores.
- 9.- Si utilizaría cualquiera de los dos generadores expuestos, cual seleccionaba y, ¿porqué?
- 10.- Como acoplaría des generadores autoexcitables para alimentar una carga y ¿porqué?

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO.

PRACTICA No. 2.

MAQUINA DE C.D.

GENERADOR.

OBJETIVO:

- * Estudiar el comportamiento con carga del generador serie y compuesto, ya sea, acumulativo ó diferencial, así como sus curvas características.
- * Conocer algunos tipos de máquinas que tienen como principio la máquina de c.d.

INTRODUCCION:

A continuación mencionaremos algunas conexiones de la máquina de c.d.

GENERADOR SERIE.

Se tiene un generador en serie cuando la excitación se produce mediante un devanado de excitación conectado en serie con el inducido, de tal manera, que el flujo producido por el devanado es función de la corriente en el inducido y la carga.

La excitación en serie actúa únicamente cuando se conecta una carga para complementar el circuito, ya que, por este devanado tiende a circular la corriente nominal del inducido, se construye con pocas espiras de conductor de gran sección.

La corriente en el devanado de excitación serie, se controla mediante una resistencia variable en derivación que sirve para proporcionar una cierta regulación a la excitación del campo en serie de un modo muy similar al réostato en el generador shunt.

Esta resistencia variable en derivación, reóstato, tan sólo sirve para proporcionar una pequeña regulación suplementaria de la excitación en serie en un generador serie, ver figura 11.1.

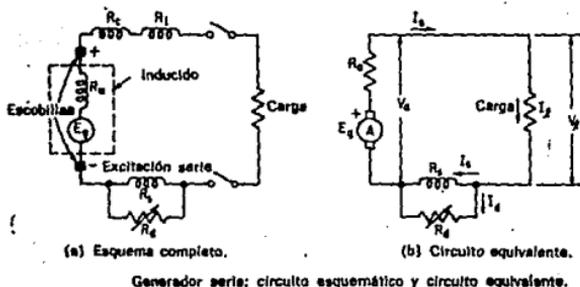


FIGURA 11.1.

GENERADOR COMPUESTO.

Cuando la excitación se consigue mediante una combinación de los generadores descritos anteriormente se forma una máquina de c.d. denominada generador compuesto.

Para este tipo de generador se combina un devanado de excitación serie recorrido por la corriente del inducido o de línea y otro devanado de excitación shunt, ó un generador auto excitado.

La regulación de tensión del generador serie es evidentemente muy deficiente, por la característica de que conforme se incrementa la carga se incrementa la tensión en los bornes del generador. Pero la capacidad de la excitación serie para producir una magnetización adicional en combinación con el generador shunt, o derivación, nos da dos tipos de generadores compuestos: aditivo, o acumulativo, y diferencial.

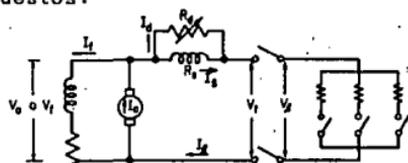
Un generador compuesto cuya tensión en los bornes aumenta al aplicar la carga de modo que su tensión en vacío se le denomina generador hipercompuesto.

Un generador compuesto normal tiene una característica de tensión-carga en que la tensión a plena carga es ligeramente igual a la tensión en vacío (regulación de 0 %).

El generador hipocompuesto presenta una característica de tensión-carga en la que la tensión a plena carga es ligeramente inferior a la tensión en vacío, pero la excitación hace que su característica tenga una regulación mejor que la de un generador shunt.

La mayoría de máquinas de c.d. compuestas comerciales, ya sea motor o generador, normalmente son suministradas en forma de máquinas hipercompuestas.

En la figura 11.2 se indica las conexiones del generador compuesto, así como la característica de carga de los tipos de generadores compuestos.



(b) Corrientes y tensiones en los generadores compound.

Característica externa tensión-carga de generadores compound aditivos y diferenciales

FIGURA 11.2.

El generador compuesto diferencial tiene la característica que la f.m.m. de la excitación serie se opone a la f.m.m. de la excitación shunt. Cuando se le aplica carga se reduce la tensión generada en este tipo de máquina. Esta reducción de voltaje tiene lugar a la reacción del inducido y la reducción en la corriente de excitación producida por la reducción de la tensión del inducido.

El resultado es una fuerte caída de la tensión en los bornes con la carga, cuando la excitación está ya fuera de la saturación y se produce una rápida desexcitación.

El generador diferencial es utilizado como generador de corriente constante como el generador serie. En la figura 11.3. se observa la curva de tensión-carga y se compara con el generador aditivo.

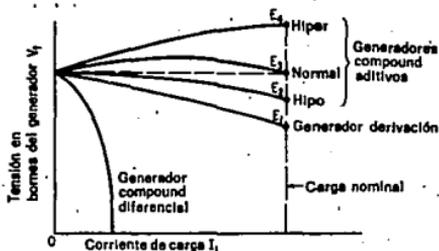


FIGURA 11.3.

GENERADORES CON POLOS DE DERIVACION MAGNETICA.

Este generador es una interesante modificación del generador en derivación; su finalidad es la de producir una característica de tensión absolutamente plana, continua, desde vacío a plena carga.

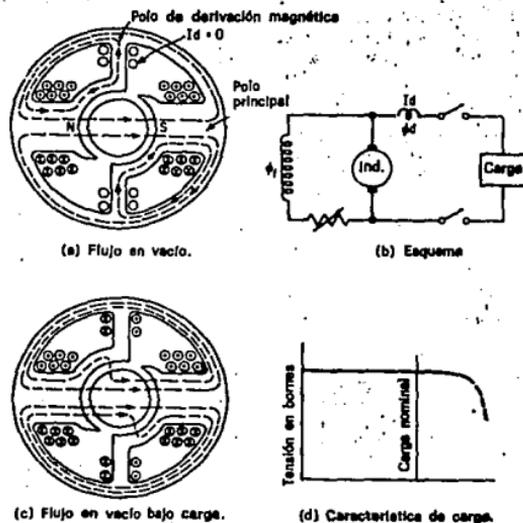
Consiste en un generador con interpolos en el que se interpone físicamente un shunt magnético entre el interpolo y el polo principal adyacente a la misma polaridad. En serie con la carga se conecta un devanado en los polos de derivación similar al de un generador compuesto.

Cuando la carga es mayor que la nominal, la f.m.m. en los polos de derivación es excesiva y tienden a reducir el flujo de excitación principal, con lo que la tensión cae rápidamente. Esto es una ventaja suplementaria, ya que así, el generador está autoprotegido contra cortocircuitos. El flujo del polo de derivación, ϕ_d , contrarresta casi totalmente el flujo de excitación, ϕ_f , cuando el generador está sometido a un

cortocircuito, con lo que la tensión generada se reduce bruscamente.

El generador con polos de derivación encuentra su mejor aplicación en la carga de baterías, en la que el régimen de intensidad es elevado al principio y reduce a un valor bajo al final del periodo de carga, no requiriendo personal para regular.

Se utiliza también en laboratorios, en sustitución de equipo electrónico de suministro de potencia, cuando se precisa, para fines experimentales, una alta intensidad y su valor elevado de tensión absolutamente constante, ver figura 11.4.



Funcionamiento y características del generador con polos de derivación magnética.

FIGURA 11.4.

LA AMPLIDINA.

La amplidina es un generador de c.d., usado en sistemas de control de realimentación en donde la salida o cantidad regulada se compara a un valor deseado o de referencia. La diferencia se amplifica en la amplidina para regular la salida del sistema.

Es posible obtener amplificación de potencia a pleno voltaje de 10,000 a 1; 250,000 a 1 para máquinas con capacidades de 1 a 50 kw. De acuerdo, la potencia de salida de tales máquinas pueden controlarse con precisión menor que $\frac{1}{2}$ watt de entrada al campo.

Algunos ejemplos típicos son:

1.- En combinación con reguladores, como excitador para generadores, para mantener voltaje estable en sistemas de potencia.

2.- Como un control para mantener una tensión o par constante, para mayor uniformidad, en operaciones de rolado, enrollado y templado.

3.- Como un control para sincronizar máquinas separadas, o para mantener una exacta velocidad prefija para el control de un proceso continuo.

4.- Para motores síncronos, para proporcionar un control automático del factor de potencia y para mejorar la estabilidad del voltaje en el sistema.

5.- Como el control, para fijar automáticamente las posiciones materiales en movimiento.

La característica más básica que distingue a la amplidina del generador de c.d., más común, es el flujo principal se produce por la reacción de la armadura.

En la figura 11.5 se muestra un generador amplidina de dos polos.

Para el generador de c.d. las direcciones de las corrientes en los conductores de la armadura se representan por los círculos y cruces dentro de la superficie de la armadura. Las líneas punteadas indican las trayectorias aproximadas que toman el flujo del campo ϕ_f mientras que las líneas sólidas indican las trayectorias tomadas por el flujo de la armadura ϕ_a . Si este generador tuviera una capacidad nominal de 25 kw, se podría diseñar en el campo para un requerimiento de la excitación de 250 watts o 1 % de salida nominal.

El flujo de la armadura se utiliza en la amplidina agregando otro par de escobillas dd' con su eje a lo largo del eje directo, mientras que la escobilla qq' en el eje de cuadratura están en cortocircuito. Los polos están en receso en la vecindad de su eje para reducir el flujo de esa región con el objeto de proporcionar una buena conmutación en el eje directo.

El embobinado del campo, también conocido como el campo del control, se muestra en el polo de la figura 11.5, y es mucho más pequeño que el embobinado del campo en el generador de c.d.

El polo de la derecha de la amplidina lleva un embobinado compensador que neutraliza la f.m.m. de la armadura en el eje directo. Dos juegos de corriente i_d e i_q se indica en la armadura de la amplidina. Las corrientes externas representan i_q la corriente en el circuito en cuadratura, a través de las escobillas qq' en cortocircuito en el eje de cuadratura, y las corrientes internas representan la corriente de carga i_d , conducida por la escobilla dd' en el eje directo.*

Consecuentemente los conductores de la armadura entre las escobillas d' y q , y entre escobillas d y q' conducen más corriente que la mitad restante de los conductores de la armadura.

* Mientras que la armadura tiene un embobinado de dos capas, las corrientes externas como se representan en la armadura de la

fig. 11.5, no se debe tomar como que fluyen solamente en la capa externa, y las corrientes internas como que fluyen en la capa interna solamente, del embobinado de la armadura.

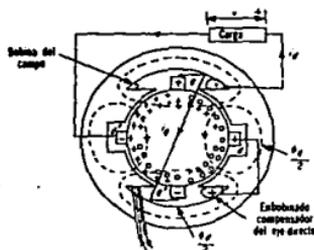
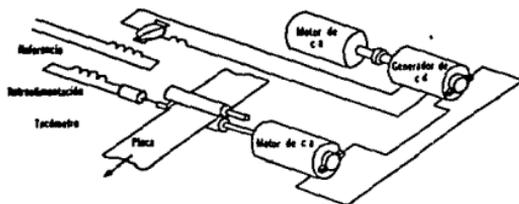


FIGURA 11.5.

La amplidina es un amplificador rotatorio de dos pasos con su primer paso entre el campo de control y el eje de cuadratura (en cortocircuito) de la armadura y su segundo paso entre los ejes directo y de cuadratura de la armadura, es decir, entre los juegos de escobilla qq' y dd' .



Ejemplo de un sistema de control retroalimentación usando una amplidina para controlar la velocidad.

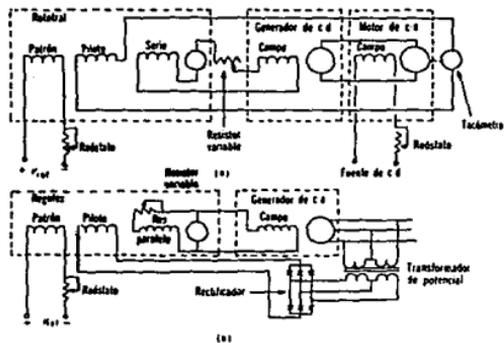
FIGURA 11.6.

EL ROTOTROL Y EL REGULEX.

Además de la amplidina se tiene otros dos reguladores rotatorios comunes. Estos son el rototrol y el regulex, los cuales son generadores de c.d. de construcción convencional impulsados a una velocidad constante y sus características de funcionamiento son bastante semejantes a aquellas de correspondientes generadores de c.d. convencionales para condiciones de operación iguales. Se basan en las mismas clases de aplicaciones de la amplidina. Sin embargo, ambos operan con sus circuitos de hierro no saturados y la trayectoria del flujo es, por lo tanto, diseñada con una área de sección transversal grande fuera de lo usual. Una forma sencilla de cada uno de los reguladores tiene tres campos: un campo de energización propia (en serie con la armadura del rototrol y en paralelo con la armadura del regulex) y dos campos de control excitados separadamente. Uno de estos campos de control es comúnmente referido como el campo patrón (campo de referencia), excitado con un potencial constante de una fuente estándar o calibrada.

El otro campo de control mide la cantidad a ser regulada y es comúnmente referido como el campo piloto (el campo alimentado con una realimentación). El campo piloto se conecta usualmente, de tal forma, que su f.m.m. se opone a la del campo patrón, aún cuando en algunas aplicaciones las f.m.m.'s de estos campos se suman.

En el primer caso, el campo piloto es llamado algunas veces, un campo diferencial, mientras en el segundo caso se le conoce como un campo acumulativo. En la figura 11.7 se observa el diagrama de las aplicaciones de estos reguladores.



(a) Excitador del Rototrol regulando la velocidad de un motor de c-d. (b) Excitador del Regulex regulando el voltaje de un generador trifásico.

FIGURA 11.7

MATERIAL:

- * MOTOR/GENERADOR DE C.D.
- * MOTOR/GENERADOR SINCRONO.
- * VOLTMETRO DE C.D.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * MODULO DE RESISTENCIAS.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica tenga presente todas las medidas de seguridad, así como, las conexiones de la máquina sincrónica, realizando las siguientes consideraciones:

- 1) Acople la máquina sincrónica y la máquina de c.d., por medio de una banda.
- 2) Gire la perilla del reóstato de campo del generador de c.d., hasta la posición correcta para obtener una resistencia mínima.
- 3) Para la máquina de c.d., cerciórese de que las escobillas estén en la posición neutra.
- 4) Alambre el siguiente circuito de la figura 11.8 para el generador de c.d.

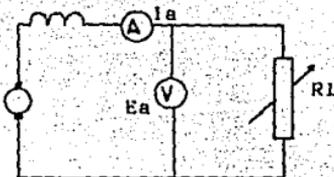


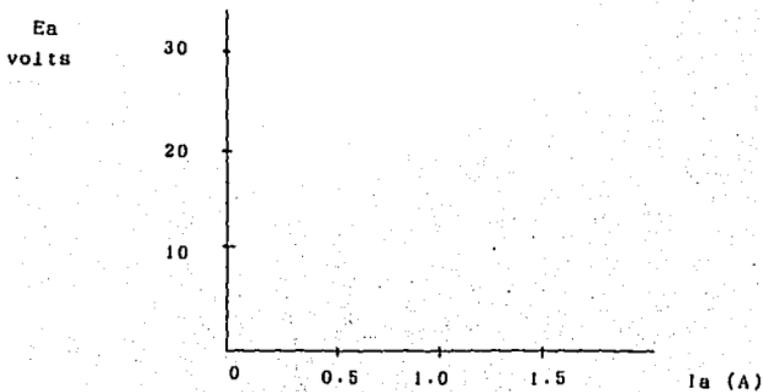
FIGURA 11.8

5) Conecte la fuente de energía y el motor síncrono debe comenzar a girar, cierre el interruptor S de este motor.

6) Variando la carga con el módulo de resistencias llene la tabla correspondiente, considerando la corriente y el voltaje.

Rl	la	Ea	W
ohm	amperes	volts	watts
∞			
600			
300			
200			
150			
120			
100			
75			

7) Desconecte la fuente de alimentación y grafique I_a vs E_a .



Aplicando las precauciones indicadas en las pruebas del generador serie.

1) Alambre el circuito de la figura 11.9.

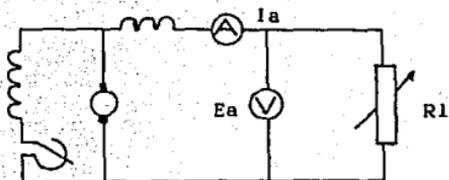


FIGURA 11.9

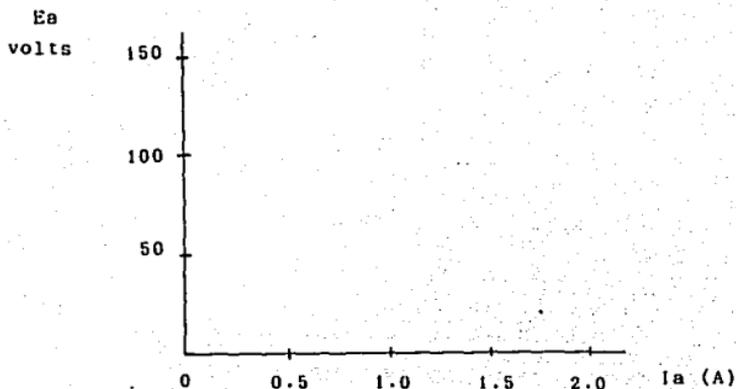
2) Conecte la alimentación, con el generador sin carga, observe el voltmetro de c.d., sino da lectura, desconecte la alimentación e intercambie dos de los tres hilos del motor sincrónico.

3) Ajustando el reóstato de campo de la máquina de c.d., a un voltaje de salida de 120 para condiciones de vacío.

4) Ajustando las resistencias de carga, llene la tabla correspondiente.

GENERADOR COMPUESTO DE C.D.						
DIFERENCIAL				ACUMULATIVO		
Rl	Ia	Ea	W	Ia	Ea	W
ohms	amp	volts	watts	amp	volts	watts
e						
600						
300						
200						
150						
120						
100						
75						

5) Desconecte la fuente de alimentación e intercambie las conexiones del devanado serie y repita el procedimiento anterior. llene la tabla correspondiente y grafique ambas curvas en la gráfica dada.



PRACTICA No. 2.
CUESTIONARIO.

- 1.- Cuando un generador alimenta una carga, la tensión en bornes no es igual a la fem generada. ¿Porqué?
- 2.- ¿Porqué tiene el inducido, de un generador, más de una bobina?
- 3.- Cuando se dice que un generador está:
 - a) Compoundando
 - b) Sobrecompoundando
- 4.- ¿Como se reducen las corrientes parásitas en un generador?
- 5.- Expliqué brevemente, porqué el voltaje aumenta cuando se incrementa la carga del generador compuesto. ¿Es conveniente esta característica?
- 6.- ¿Qué ocasiona el descenso vertiginoso del voltaje en un generador con excitación compuesta diferencial?
- 7.- Calcule la regulación de voltaje de los dos generadores expuestos, cuando suministran 1 ampere de c.d.
- 8.- Compare la regulación de voltaje con los dos generadores de la práctica anterior, y compare sus resultados.
- 9.- Para un generador serie, qué es lo que impide que la tensión generada aumente indefinidamente con la carga.
- 10.- Cuales son las características para conectar en paralelo, que alimentara una carga:
 - a) Generador serie.
 - b) Generador en derivación

PRACTICA No. 3.

MAQUINA DE C.D.

MOTOR.

OBJETIVO:

- * Obtener las curvas y estudiar el comportamiento del motor en derivación y serie.
- * Determinar la regulación de velocidad.

INTRODUCCION:

Aunque la construcción mecánica de los motores y generadores de c.d., es muy similar, sus cometidos son diferentes.

La función de un generador es generar un voltaje al mover los conductores en un campo, mientras que la función de un motor es desarrollar un par torsión.

El fundamento de un motor, es que, todo conductor recorrido por una corriente está rodeado por un campo magnético, cuya dirección puede establecerse por la regla de la mano derecha.

La intensidad del campo depende del valor de la corriente que circula por el conductor.

Si el hilo conductor recorrido por una intensidad, se sitúa en un campo magnético, el campo resultante será similar al mostrado en la figura III.1.



FIGURA III.1.

Encima del conductor, el campo debido al mismo va de izquierda a derecha, es decir, en la misma dirección que el campo principal. Debajo del conductor, las líneas de fuerza del conductor del campo principal tiene sentidos opuestos.

Como resultado, el campo o densidad de flujo se esfuerza encima del conductor y se debilita debajo.

Es conveniente imaginarse las líneas de fuerza como cintas elásticas en tensión que están siempre tratando de acortarse.

Por lo tanto, las líneas de fuerza de encima del conductor ejercen una fuerza hacia abajo sobre él. Del mismo modo, si invertimos la corriente, las líneas de fuerza debajo del conductor se esfuerzan y ejercen una fuerza hacia arriba sobre el mismo.

Aunque esta explicación de como se desarrolla una fuerza sobre el conductor es conveniente, resulta algo artificial.

No obstante, se basa sobre un principio fundamental de la física que puede probarse experimentalmente y se puede enunciar como sigue:

Un conductor recorrido por una corriente situado en un campo magnético tiende a moverse en dirección perpendicular a dicho campo.

MOTOR EN DERIVACION.

En un motor en derivación, shunt, con polos conmutadores y embobinado compensador, el flujo por polo es prácticamente no afectado por la corriente y es, por lo tanto, constante.

Entonces la corriente de la armadura y el par son proporcionales entre sí. Por lo tanto, si el motor está girando a cierta velocidad y el par demandado por la carga, aumenta y la velocidad disminuye hasta que la corriente de la armadura aumenta el valor requerido por el par incrementado.

La característica de par-velocidad en ese caso es lineal como se muestra en la figura III.2.

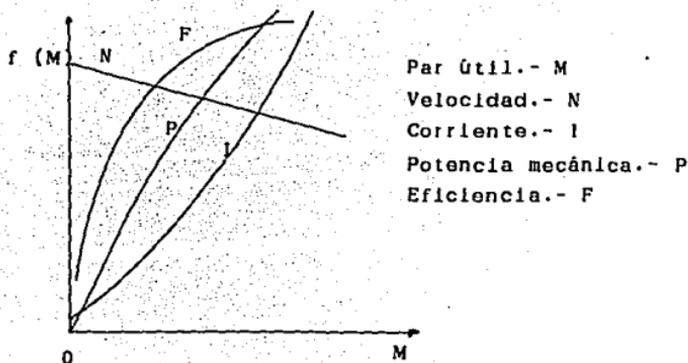


FIGURA III.2.

En la ausencia de interpolos y un embobinado compensador se tiene algún debilitamiento en el campo debido a la reacción de la armadura y, para un valor dado de la resistencia en el circuito de la armadura, la velocidad es más cercana a ser constante. En el caso de la reacción de la armadura pronunciada, la velocidad puede realmente aumentar después de que el par exceda un cierto valor haciendo que el motor se vuelva inestable.

Dado que el flujo es una función de la corriente del campo, como se representa por la curva de magnetización, una disminución en la corriente del campo produce un incremento en la velocidad del motor y viceversa. Mientras los rangos de velocidad tan altos como 6 a 1 son algo comunes, las consideraciones económicas restringen la velocidad para motores muy grandes o un rango de aproximadamente 2 a 1.

Los motores en derivación se usan en aplicaciones que requieren una velocidad casi constante, pero no requieren un alto par de arranque. Algunos ejemplos son abanicos, bombas centrífugas, ventiladores, máquinas herramientas.

MOTOR SERIE.

Debido a que el motor serie, tiene un campo en serie con la armadura, la corriente de la armadura proporciona la excitación del campo. Consecuentemente a medida que la corriente de la armadura aumenta, el flujo también aumenta. En la región lineal de magnetización, el flujo está proporcionalmente directo a la corriente de la armadura y el par es entonces proporcionalmente aproximado al cuadrado de la corriente.

Sin embargo, cuando el hierro está saturado, solamente se tiene un aumento gradual en el flujo con una corriente que aumenta, y el par aumenta en proporción menor que el cuadrado de la corriente, pero algo menor que la corriente a la primera potencia. Cuando el par demandado por la carga es bajo, un bajo valor correspondiente del flujo requerido, que la velocidad es completamente alta y puede alcanzar valores destructivos a cargas muy bajas. A cargas grandes, el flujo es alto y la velocidad es baja. La velocidad del motor serie es, por lo tanto, sensitiva a la carga y su par de arranque es alto debido a que la alta corriente de arranque también produce un alto valor del flujo.

En la figura III.3 se observa las curvas características de este motor.

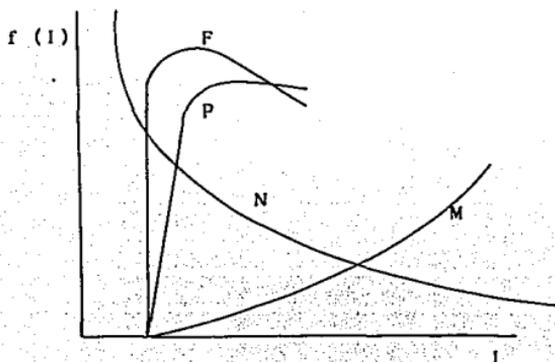


FIGURA III.3.

El motor serie es adecuado para tranvías eléctricos, autobuses, malacates, grúas y otras aplicaciones que se requieren muy altos pares de arranque, donde la variación de la velocidad no es objetable y donde el motor, bajo operación normal, siempre impulsa una carga apreciable.

MATERIAL:

- * MOTOR/GENERADOR DE C.D.
- * ELECTRODINAMOMETRO.
- * VOLTMETRO DE C.D.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * TACOMETRO MANUAL.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica tenga presente todas las medidas de seguridad, así como, las conexiones de los equipos de medición y realizando las siguientes consideraciones:

1) Acople la máquina de c.d. al electrodinamómetro por medio de una banda.

2) Ajuste la perilla de control del reóstato de campo en su posición extrema haciéndolo girar en el sentido de las manecillas del reloj (para obtener una máxima excitación en el campo).

3) Verifique la posición de las escobillas.

4) Ajuste la perilla de control del electrodinamómetro en su posición extrema, haciéndola girar en el contrario al de las manecillas del reloj, para proporcionar una carga mínima en el arranque de la máquina.

5) Alambre el circuito de la figura III.4.

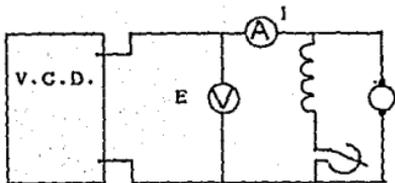


FIGURA III.4.

6) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje variable de salida a 120 V c.d., observe los instrumentos de medición si la lectura es contraria, intercambie las conexiones del equipo.

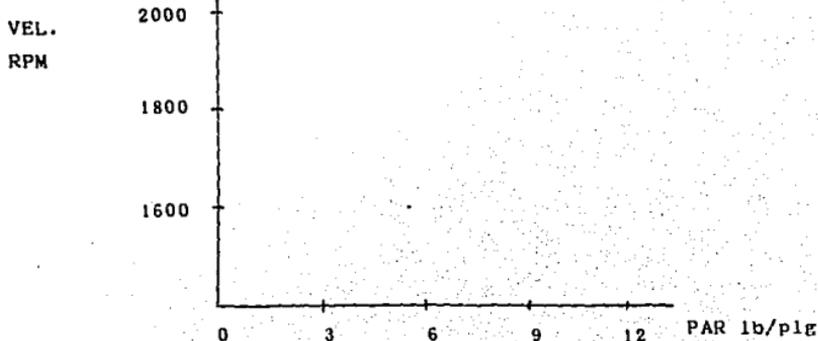
7) Ajuste el reóstato de campo a una velocidad en vacío de 1800 r/min, según lo que indique el tacómetro de mano.

8) Aplique carga al motor de c.d., haciendo variar la perilla de control del electrodinamómetro hasta que la escala marcada de este el valor del par requerido.

9) Cerciórese que el voltaje sea el requerido, 120 V c.d., mida la corriente y la velocidad del motor. Llene la tabla correspondiente.

MAQUINA DE C.D.			
MOTOR EN DERIVACION.			
E	PAR	I	VEL
volts	lb/plg	amps	r/min
120	0		
120	3		
120	6		
120	9		
120	12		

10) Con los resultados obtenidos grafique PAR vs VEL.



11) Calcule la regulación de velocidad cuando la carga es de 9 lbf/plg. Utilizando la ecuación:

% de regulación de velocidad =

$$\frac{\text{velocidad en vacío} - \text{velocidad a plena carga}}{\text{velocidad a plena carga}} \times 100$$

12) Proporcione al motor la máxima carga, de la siguiente manera, gire el reóstato del electrodinamómetro para obtener la carga máxima. Conecte la fuente de alimentación y cheque lecturas de voltaje y par desarrollado. Esta prueba deberá realizarse lo más rápido posible, para no dañar la máquina.

E = volts.
PAR = lbf/plg.

Para el motor serie tenemos lo siguiente:

1) Alambre el circuito de la figura III.5.

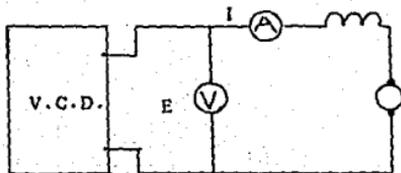


FIGURA III.5.

2) Ajuste la perilla del electrodinamómetro en su posición media, para proporcionar una carga de arranque al motor de c.d.

3) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje variable a 120 V c.d., cerciórese que la rotación en el sentido de las manecillas del reloj, de no ser así, intercambie las conexiones.

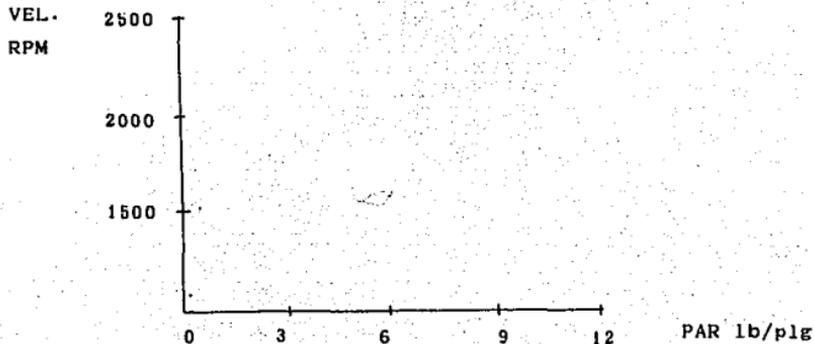
4) Ajuste la carga del motor serie haciendo girar la perilla del electrodinámometro hasta obtener la carga deseada. Mida la corriente de línea y la velocidad del motor. Anote los datos obtenidos en la tabla correspondiente.

MAQUINA DE C.D.			
MOTOR EN SERIE.			
E	PAR	I	VEL
volts	lb/plg	amps	r/min
120	0		
120	3		
120	6		
120	9		
120	12		

5) Con los datos obtenidos grafique PAR vs VEL.

6) Calcule el % de regulación de velocidad, cuando el motor tenga 9 lbf/plg. de carga aplicando la ecuación:

$$\frac{\text{velocidad en vacío} - \text{velocidad a plena carga}}{\text{velocidad a plena carga}} \times 100$$



7) Para obtener la máxima carga del motor, ajuste la perilla del control del electrodinamómetro en su posición máxima carga.

8) Conecte la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje de c.d., hasta que el motor se le suministre la corriente nominal. Mida y anote el voltaje y el par desarrollado.

E = volts.

PAR = lbf/plg.

PRACTICA No. 3.
CUESTIONARIO.

- 1.- ¿Qué es regulación de velocidad de un motor?
- 2.- ¿Cómo puede controlarse la velocidad de un motor en derivación de c.d.? Explique claramente.
- 3.- Cual es la diferencia práctica entre un motor en derivación y uno de excitación independiente.
- 4.- Qué efecto tiene la reacción de armadura sobre la característica par-velocidad de un motor en derivación.
- 5.- ¿Qué ocurre en un motor en derivación si se abre su circuito de campo, mientras está girando?
- 6.- Si aumenta la potencia mecánica suministrada por un motor serie. Qué le ocurre a la potencia eléctrica consumida por el mismo.
- 7.- ¿Porqué, tiene un motor serie un mayor par de arranque que en un motor en derivación, de la misma potencia?
- 8.- ¿Porqué, la regulación de velocidad de un motor serie es peor que la de un motor en derivación?
- 9.- Es recomendable conectar dos motores, de distinto arreglo, a una carga dada. Y ¿porqué?
- 10.- Mencione algunos métodos de control para motores, derivación y serie.

PRACTICA No. 4.

MAQUINA DE C.D.

MOTOR.

OBJETIVO:

- * Conocer las características del motor compuesto, ya sea diferencial y acumulativo en presencia de carga simulada.
- * Estudiar la estructura y el funcionamiento de control electrónico de velocidad variable para un motor de c.d., y su funcionamiento en ciclo cerrado y abierto.

INTRODUCCION:

MOTOR COMPUESTO.

Existen varios tipos de motores, los cuales son:

El motor compuesto aditivo de derivación larga, a este motor se le llama aditivo porque los campos magnéticos generados por cada par de bobinas inductoras son de igual polaridad, y por tanto se adiciona.

La denominación derivación larga se aplica porque el arrollamiento en derivación está conectado directamente a la red de alimentación.

Si en el motor precedente se invierten las terminales del arrollamiento en derivación con respecto a los del arrollamiento en serie, la corriente producirá campos magnéticos de polaridad contraria, que tenderán a debilitarse mutuamente. Entonces se dice que el motor está conectado diferencialmente.

Por consiguiente, recibe el nombre de motor compuesto diferencial de derivación larga, aquél cuyo arrollamiento en derivación va conectado directamente a la red y de manera que en las bobinas serie en derivación de cada polo se generen campos de

polaridad opuesta. Este tipo de motor es poco frecuente y sólo se emplea en aplicaciones especiales.

Cuando el arrollamiento en derivación de un motor compuesto va conectado, no a las terminales de la red, sino a los del inducido, se dice que el motor es derivación corta; como es natural, en tal caso el compuesto puede ser aditivo o diferencial.

Se llama motor compuesto aditivo de derivación corta aquel cuyo arrollamiento en derivación está conectado a los bordes del inducido y de modo que la corriente circule en el mismo sentido por las bobinas serie y derivación de cada polo.

Finalmente, cuando el arrollamiento en derivación está conectado a los bordes del inducido, pero de manera que la corriente circule en el sentido contrario por las bobinas serie y derivación de cada polo, se tiene un motor compuesto diferencial de derivación corta.

En la figura IV.1. tenemos las curvas características del motor compuesto.

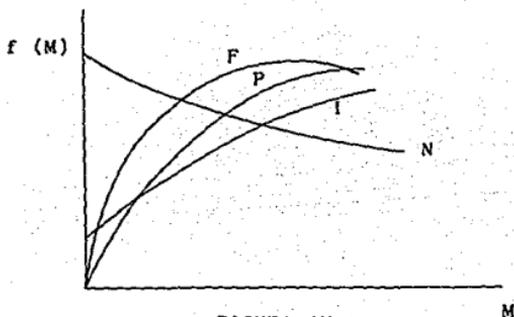


FIGURA IV.1.

RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO (SCR).

El miembro más importante de la familia de los tiristores de tres terminales, comúnmente conocido como el rectificador controlado de silicio, o SCR. El símbolo del SCR se muestra en la figura IV.2.

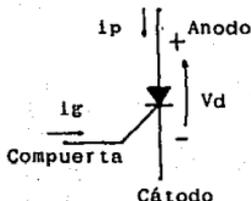


FIGURA IV.2.

Como su nombre lo sugiere, el SCR es un rectificador o diodo controlado. La característica voltaje-corriente con el terminal de la compuerta en circuito abierto, es igual a la del diodo PNP.

Lo que hace al SCR especialmente útil en las aplicaciones de control de motores, es el hecho de que su voltaje de encendido o ruptura puede ajustarse, mediante la corriente que fluye hacia dentro del terminal de la compuerta. Mientras más grande la corriente de compuerta menor será el valor de VBO, ver figura IV.3. Si se escoge un SCR con un voltaje de ruptura directa, sin señal de compuerta, que sea más grande que el voltaje más alto presente en el circuito, el SCR podrá conducir solamente si se aplica corriente a la compuerta. Una vez en conducción se mantendrá ese estado, hasta que la corriente caiga por debajo de IH. Además, después de que el SCR se dispara, la corriente de compuerta puede eliminarse sin afectar el estado de conducción de el elemento. En resumen, un SCR:

- 1) Conduce cuando su voltaje V_D excede V_{BO} .
- 2) Tiene un voltaje de ruptura directo cuyo nivel se controla por la cantidad de corriente I_G presente en la compuerta del SCR.

- 3) No conduce cuando la corriente i_D cae por debajo de I_H .
- 4) Bloquea toda circulación de corriente en la dirección inversa hasta que se exceda el máximo voltaje inverso. .

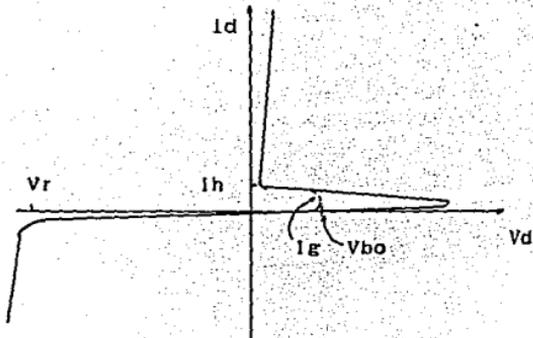


FIGURA IV.3.

Mencionaremos algunas características del embobinado de la armadura para una máquina de c.d.

Hay dos tipos generales de embobinados de la armadura, el embobinado imbricado y el ondulado. Ambos embobinados pueden arreglarse como embobinado simplex o multiplex. Los embobinados multiplex tienen efecto dos o más embobinados simplex con un conmutador y conectado en paralelo entre sí.

El embobinado imbricado simple tiene tantas trayectorias de la corriente como polos y el embobinado ondulado simplex tiene solamente dos trayectorias, es decir, tener en cuenta el número de polos.

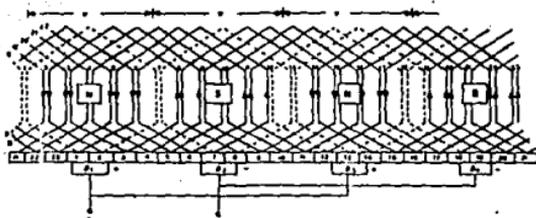
El embobinado ondulado es mucho más común que el embobinado imbricado y se usa prácticamente en todas las máquinas de c.d., con capacidades igual o menor a 75 caballos de potencia, dado que ofrece una gran economía, excepto en máquinas con valores nominales de bajos voltajes y altas velocidades.

EMBOBINADO IMBRICADO.

En la figura se muestra un embobinado imbricado en una presentación desarrollada. Hay 23 bobinas de la armadura, de una vuelta en una y cuatro escobillas montadas en el conmutador de 23 segmentos o barras. El hecho de que las bobinas adyacentes estén traslapadas o imbricadas, es lo que da lugar al término de embobinado imbricado. El embobinado imbricado simplex de cuatro polos tiene cuatro trayectorias de corriente y requiere cuatro escobillas. Se encontrará que al rastrear a través de este embobinado desde la escobilla dada a la escobilla de polaridad opuesta, un cuarto del embobinado está mostrando que hay cuatro trayectorias; es decir, tantas trayectorias hay tantos polos. En el embobinado imbricado una bobina de la armadura termina en los segmentos del conmutador adyacentes.

Debe recordarse que el embobinado de la armadura y el conmutador están en movimiento mientras que las escobillas y los polos del campo son estacionarios. Las escobillas se muestran más anchas que una barra conmutadora y aquellas bobinas de la armadura que se muestran punteadas están en corto circuito por las escobillas. La fem racional en estas bobinas en corto circuito es por lo tanto pequeña, por lo que generalmente se producen corrientes despreciables de corto circuito.

Ver figura IV.4.1.



Embobinado imbricado de cuatro polos desarrollado. El embobinado está entre las caras del polo del campo y el espectador. El movimiento de la armadura es de la izquierda a la derecha para acción generador. (Los cuadrados indican la localización de los centros de los polos del campo y no representan el tamaño de la cara del polo, que actualmente son mucho mayores).

FIGURA IV.4.1.

EMBOBINADO ONDULADO.

En la figura muestra un embobinado ondulado de cuatro polos con el mismo número de bobinas de la armadura y barras conmutadoras que el embobinado imbricado; las bobinas tienen solamente una delta cada una. Las bobinas que están en corto circuito por las escobillas traslapándose a los segmentos del conmutador, se muestran con líneas punteadas. El término embobinado ondulado se debe a la apariencia línea de la bobina de una vuelta. Al rastrear a través del embobinado ondulado, de una escobilla a otra de polaridad opuesta, se encuentra que a la mitad del embobinado de la armadura y una mitad de los segmentos del conmutador están encontrados, mostrando que solamente hay dos trayectorias de la corriente en el embobinado ondulado sin tomar en cuenta el número de polos. Realmente, el embobinado ondulatorio requiere solamente de un par de escobillas, que usualmente suficiente en pequeñas máquinas. Generalmente se usa el mismo número de escobillas que de polos para proporcionar la cantidad adecuada de área de escobillas con un conmutador más pequeño.

Ver figura IV.4.2.

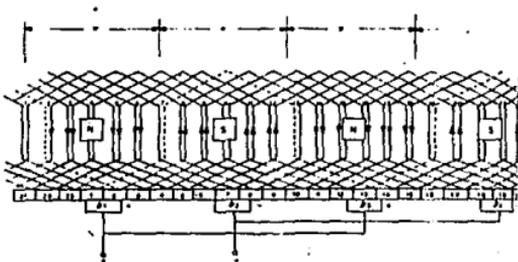


FIGURA IV.4.2.

MATERIAL:

- * MOTOR/GENERADOR DE C.D.
- * ELECTRODINAMOMETRO.
- * VOLTMETRO DE C.D.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * MODULO DE CONTROL DE VELOCIDAD SCR.
- * TACOMETRO MANUAL.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica tenga presente todas las medidas de seguridad, así como, las conexiones de los equipos de medición y realizando las siguientes consideraciones:

- 1) Acople la máquina de c.d., al electrodinamómetro por medio de una banda.
- 2) Ajuste la perilla del control del reóstato de campo en su posición extrema haciéndolo girar en el sentido de las manecillas del reloj, para obtener la máxima excitación en el campo.
- 3) Verifique la posición de las escobillas.
- 4) Ajuste la perilla del control del electrodinamómetro en su posición extrema, haciéndola girar en el sentido contrario al de las manecillas del reloj, para proporcionar una carga mínima en el arranque de la máquina.
- 5) Conecte el circuito de la figura IV.5.

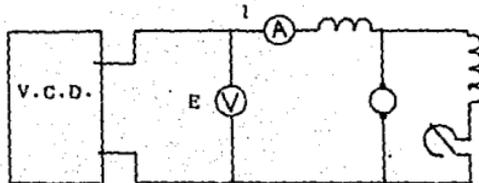


FIGURA IV.5.

6) Conecte la fuente de alimentación y observe la rotación del motor, sino gira en el sentido de las manecillas del reloj, intercambie las conexiones del campo serie.

7) Si el motor desarrolla una velocidad excesiva, esto significa que funciona en forma diferencial compuesta.

8) Con la alimentación de 120 V c.d., ajuste la velocidad del motor mediante el reóstato de campo en derivación a 1800 r/min., en vacío.

9) Aplique la carga al motor de c.d., haciendo girar la perilla de control del electrodinamómetro, si el voltaje disminuye ajústelo.

10) Mida la corriente y la velocidad del motor, repita la misma operación hasta llenar la tabla correspondiente.

Invierta las conexiones, de tal manera, que el motor funcione como acumulativo compuesto y repita el mismo procedimiento del arreglo anterior.

MAQUINA DE C.D.					
MOTOR COMPUESTO.					
DIFERENCIAL				ACUMULATIVO	
E	PAR	I	VEL	I	VEL
volts	lb/plg	amps	r/min	amps	r/min
120	0				
120	3				
120	6				
120	9				
120	12				

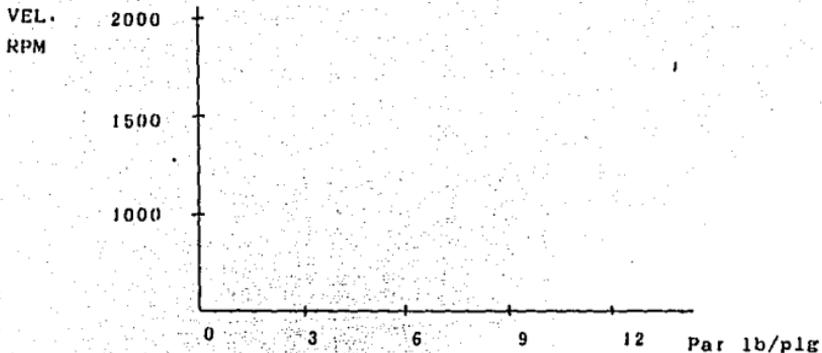
11) Grafique las dos curvas.

12) Calcule la regulación de velocidad cuando la carga sea de 9 lbf/plg., utilizando la ecuación:

velocidad en vacío - velocidad a plena carga

$$\frac{\text{-----} \times 100}{\text{velocidad a plena carga}}$$

Regulación de velocidad =



13) Ajuste la perilla de control del electrodinamómetro en su posición de máxima carga, conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje hasta que el motor consuma una corriente de 3 amperes. Mida y anote el voltaje, y el par desarrollado.

Motor compuesto acumulativo:

E = _____ volts.

Par = _____ lbf/plg.

Motor compuesto diferencial:

E = _____ volts.

Par = _____ lbf/plg.

CONTROL DE VELOCIDAD.

* Utilizando el módulo de control de velocidad SCR, comente con su instructor los elementos y conexiones que forman a este.

* Se puede entender mejor el funcionamiento de la unidad de control de velocidad SCR, estudiando sus partes principales en el diagrama esquemático que aparece en la cara del módulo. Yendo de izquierda a derecha, los siguientes componentes se pueden identificar por su número de referencia.

1. El transformador T1, es un autotransformador que cambia la entrada de 120 V c.a. (puntos 2 y 1) a 200 V c.a. (puntos 3 y 1)

El transformador tiene una derivación central (punto 4) que da 100 V c.a., entre los puntos 4 y 1 ó 4 y 3.

2. El capacitor C1 y el reóstato R1. Conforme varía la resistencia de R1, el ángulo de fase del voltaje entre los puntos 4 y 5 cambia de cero (R1 a su resistencia mínima a aproximadamente 150 grados de atraso (R1 en resistencia máxima).

3. El transformador T2. El voltaje entre los puntos 4 y 5 se aplica al devanado primario del transformador T2. El voltaje del secundario del transformador reductor T2 aparece entre los puntos 7 y 9. Conforme varía al reóstato R1, el ángulo de fase del voltaje del secundario de T2 (puntos 7 y 9) cambia de cero a aproximadamente 150 grados con respecto al voltaje de salida de 200 volts (puntos 1 y 3) del autotransformador T1.

4. El diodo D1 y el potenciómetro R2, forman parte de la fuente de voltaje de c.d., usado como referencia. El

El potenciómetro R2 permite que el voltaje de referencia (entre los puntos 6 y 1) varíe de cero a 140 V c.d. Este circuito sólo se utiliza en estudios de control de ciclo cerrado.

5. La reactancia X1 es un amortiguador de filtro; asegura que el motor de c.d., funcione más suavemente y, además, tiende a evitar que haya grandes cambios en la corriente de armadura. El amortiguador está ubicado entre los puntos 3 y 10.

6. El rectificador de silicio (SCR). El ánodo, el cátodo y la compuerta del SCR corresponde, respectivamente, a los puntos 10, 11 y 9. El voltaje de c.a., a través del secundario del transformador T2 (puntos 7 y 9), hace que la compuerta (punto 9) del SCR vuelva conductor SCR, lo cual ocurre más temprano o más tarde dentro del ciclo, dependiendo del cambio de fase, el cual se controla con el reóstato R1. Para control de ciclo abierto, el punto 7 se conecta al cátodo (punto 11) del SCR.

7. La armadura A. La armadura del motor de c.d., se conecta a los puntos 1 y 11. El punto 11 es positivo con respecto al punto 1, que está al potencial de tierra.

8. El capacitor C2 (entre los puntos 8 y 1) es un capacitor electrolítico de filtro que se puede conectar a través del devanado de la armadura del motor de c.d., uniendo los puntos 8 y 11. Esto dará como resultado una operación más suave del motor, ya que el capacitor descargará a través del devanado de la armadura durante los periodos que en el SCR no esté conduciendo.

El motor funcionará vibrando y calentándose menos, ya que el capacitor, y no la armadura, absorberá los picos de corriente durante cada ciclo.

9. Los diodos D2, D3 y el campo en derivación. El campo en derivación de un motor de c.d., se conecta entre los puntos 12 y 1. La acción de los diodos D2 y D3 es tal que la corriente de campo se mantiene casi constante. El voltaje en c.d., entre los puntos 12 y 1, debería ser aproximadamente el 45 % del voltaje en c.a. (puntos 3 y 1).

CICLO ABIERTO.

- 1) Conecte el circuito de la figura IV.6.
- 2) Realizando las siguientes consideraciones para el controlador de velocidad:
- 3) Conecte, de tal manera, que la señal de excitación del secundario de T2 se puede aplicar a la compuerta del SCR.

- 4) Ponga en cortocircuito la reactancia X_l .
- 5) Conecte el módulo de control de velocidad y haga variar la posición del reóstato R_1 , observe la velocidad y el voltaje de la armadura.

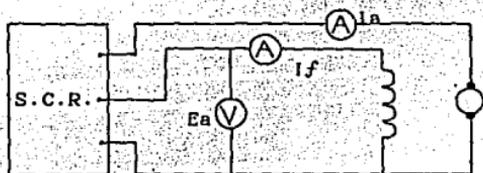


FIGURA IV.6.

- 6) Ajuste el voltaje de armadura mediante el reóstato R_1 y llene la tabla correspondiente.

MAQUINA DE C.D.			
CONTROL DE VELOCIDAD SCR.			
E_a	I_a	I_f	VEL
volts	amps	amps	r/min
90			
105			
120			
135			
150			

- 7) Conecte el electrodinamómetro y ponga la perilla en posición de carga mínima, el reóstato R_1 en resistencia máxima.
- 8) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el reóstato R_1 y el control del electrodinamómetro, para obtener una velocidad de 1000 r/min a una carga de 6 lbf/plg. Mida y anote el voltaje

de armadura, la corriente de armadura y la corriente de campo.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

9) Sin cambiar la posición del reóstato R1, reduzca la carga, de tal manera, que el motor funcione en vacío. Mida y anote los valores de las corrientes y el voltaje.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

10) A continuación se repetirán los procedimientos anteriores pero utilizando un filtro LC que se encuentra en la unidad de control de velocidad de SCR.

11) Quite el cortocircuito de X1 y conecte el capacitor C2.

12) El motor con una velocidad de 1000 r/min con una carga de 6 lbf/plg. Mida, anote las corrientes y el voltaje obtenido.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

13) El motor en vacío.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

14) Comente con su instructor cuales son las ventajas que se tienen cuando la máquina funciona en ciclo abierto.

CICLO CERRADO.

1) Conecte, de tal manera, que la señal de excitación proveniente del secundario de T2 se aplique a la compuerta del SCR, deje conectado el capacitor C2, ajuste el reóstato R1 en posición media y R2 en posición mínima para obtener un voltaje igual a cero.

2) Conecte el control de velocidad, y ajuste el potenciómetro R2, y el control del electrodinamómetro para una velocidad de 1000 r/min, y una carga de 9 lbf/plg.

3) Mida, anote las corrientes y el voltaje obtenidos.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

4) Gire el control del electrodinamómetro, de tal manera, que la máquina trabaje en vacío, mida, anote las corriente y el voltaje, así como, la velocidad de esté.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.
velocidad del motor = r/min.

5) Repita el mismo procedimiento para el motor con una velocidad de 1600 r/min y una carga de 9 lbf/plg.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

6) A carga mínima.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

7) Ahora el motor con una velocidad de 100 r/min y una carga de 9 lbf/plg.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

8) Con carga mínima.

$E_a =$ volts. $I_a =$ amperes. $I_f =$ miliamperes.

velocidad del motor = r/min

9) Comente los resultados obtenidos con su instructor.

PRACTICA No. 4.
CUESTIONARIO.

1.- Cuales son los problemas asociados con un motor de c.d., de excitación compuesta diferencial.

2.- Un motor compuesto de c.d., es más estable que un motor serie de c.d., y sus características de arranque son casi tan buenas como los de este. Explique ¿porqué?

3.- Investigue los diferentes arreglos del motor compuesto.

4.- Mencione algunos ejemplos de los motores estudiados en la práctica.

5.- Grafique las 4 curvas del motor de c.d., y comente cada una de ellas.

6.- ¿Qué es un ciclo cerrado o realimentación en el control de velocidad de un motor de c.d.

7.- Qué es un ciclo abierto en el control de velocidad de un motor de c.d.

8.- Mencione algunos ejemplos en el que se utilice el control de velocidad.

9.- De los cuatros motores expuestos, cual escogeria, para periodos largos de trabajo. Y ¿porqué?

10.- ¿Porqué los motores se especifican según su velocidad nominal y la potencia nominal de salida en lugar de la velocidad en vacío y la potencia interna.

PRACTICA No. 5.

MAQUINA SINCRONA.
ALTERNADOR.

OBJETIVO:

- * Obtener la curva de saturación de un alternador.
- * Obtener las características con carga resistiva, inductiva y capacitiva de un alternador.

INTRODUCCION:

En los generadores de corriente continua el arrollamiento del inducido se coloca en la parte giratoria de la máquina para tener un medio que convierta el voltaje alterno generado en los devanados a un voltaje continuo en las terminales por medio del colector. Los polos principales están colocados en la parte fija de la máquina. En todos los generadores de corriente alterna, excepto algunas pequeñas máquinas de baja tensión, el inductor se coloca en la parte giratoria, o rotor, y el arrollamiento inducido en la parte fija, o estator, de la máquina.

El campo giratorio o inducido fijo simplifica los problemas de aislamiento de un generador de corriente alterna. Como a veces se generan voltajes de hasta 33,000 volts, no es conveniente sacar esta tensión a través de anillos rozantes, sino que es mejor llevarla directamente al interruptor a través de las terminales aislados y montados en el estator. Esta construcción tiene también la ventaja mecánica de que los arrollamientos del inducido están sujetos a menos vibración y fuerza centrífuga.

El campo giratorio se alimenta con corriente continua, normalmente a 125 ó 250 volts, a través, de los anillos rozantes y escobillas.

El arrollamiento inducido puede ser de varios tipos, y uno de ellos muy usado, es un devanado abierto formado con bobinas construidas y aisladas por separado similar al arrollamiento imbricado de los generadores de corriente continua.

Este devanado se compone de tres arrollamientos separados, desplazados entre sí 120 grados eléctricos. Los tres arrollamientos pueden conectarse en estrella o delta.

Se usa más la conexión en estrella porque generan directamente voltajes más elevados, y porque se obtiene un hilo neutro que junto con las tres terminales forman un sistema trifásico de cuatro hilos.

Hay dos tipos distintos de rotor en los generadores sincrónicos: el tipo de polos salientes y tipo cilíndrico.

Los generadores lentos, tales como los movidos por motores diésel o por turbinas de agua tienen rotores con polos salientes.

Las piezas polares laminadas con bobinas inductoras se montan en la periferia del rotor, que a su vez es solidario con el eje.

La Construcción cilíndrica es esencial en máquinas de gran velocidad, porque el tipo de polos salientes es difícil de construir de forma que soporte los esfuerzos que se originan a gran velocidad. Además, los rotores de polos salientes tienen pérdidas elevadas por rozamiento con el aire cuando giran muy rápidamente.

La corriente continua de excitación se suministra a ambos tipos de generadores, a través, de anillos rozantes y escobillas.

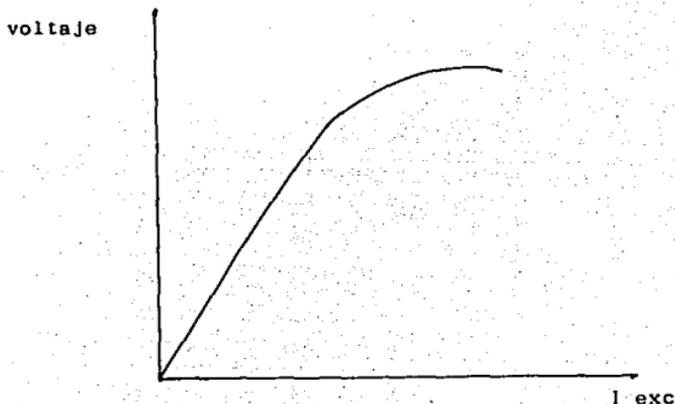
Un pequeño generador de corriente continua llamado excitatriz, acoplado directamente, suministra la excitación de corriente continua.

CURVA DE SATURACION EN VACIO.

Los alternadores generan un voltaje de c.a. cuya frecuencia depende totalmente de la velocidad de rotación. El valor del voltaje generado de la velocidad, de excitación del campo de c.d. y del factor de potencia de la carga.

Si se mantiene la velocidad de un alternador y se aumenta la excitación de campo de c.d., el flujo magnético y, por lo tanto, el voltaje de salida, aumentará en proporción directa a la excitación. No obstante, son incrementos progresivos en la corriente de campo de c.d., el flujo alcanzará finalmente un valor suficientemente alto para saturar el hierro del alternador.

La saturación del hierro significa que, para un incremento dado de la corriente de campo de c.d., se tendrá un incremento menor el flujo. Para conocer el grado de saturación se puede medir el voltaje generado, ya que éste también se relaciona directamente con la intensidad del flujo magnético, ver figura V.1.



EL ALTERNADOR CON CARGA.

A continuación mencionaremos algunos aspectos del alternador cuando la carga es resistiva, capacitiva e inductiva:

* Cuando menor sea el factor de potencia capacitivo, tanto mayor será el aumento de tensión desde vacío hasta plena carga.

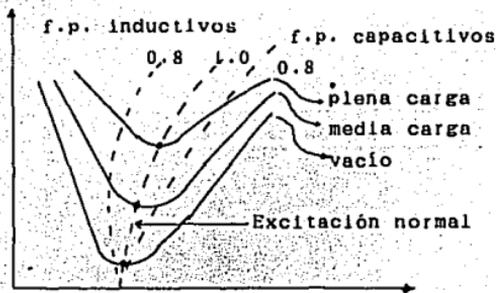
* Cuanto menor sea el factor de potencia inductivo, tanto mayor será la disminución de tensión desde vacío hasta plena carga.

En la figura V.2., se indica que el aumento del factor de potencia de una carga inductiva a un factor de potencia unitario, resulta todavía insuficiente para producir regulación de tensión cero, por ciento, y que la tensión en los bornes todavía sufre una caída cuando se aplica al alternador con carga puramente resistiva.

Para un factor de potencia capacitivo determinado, la magnetización adicional producida por la reacción de inducido está equilibrada exactamente por las caídas de tensión interna, y la regulación de tensión es cero.

Para cargas inductivas, la reacción de inducido es desmagnetizante y sus efectos de reducción de la tensión generada, junto con las caídas de tensión internas, resistiva, y reactiva en el inducido, dan lugar a una rápida disminución de la tensión de los bornes al aplicar una carga.

Corriente de fase
en el inducido.



Corriente de campo

FIGURA V.2.

MATERIAL:

- * MOTOR/GENERADOR SINCRONO.
- * MOTOR DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA.
- * MOTOR/GENERADOR DE C.D.
- * MODULO DE SINCRONIZACION.
- * MODULO DE RESISTENCIAS.
- * MODULO DE CAPACITANCIAS.
- * MODULO DE INDUCTANCIAS.
- * VOLTMETRO DE C.A.
- * AMPERMETRO DE C.A.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * TACOMETRO MANUAL
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica tenga presente todas las medidas de seguridad, así como, las conexiones de los equipos de medición y realizando las siguientes consideraciones:

- 1) Acople el motor de inducción de jaula de ardilla al alternador, mediante una banda.
- 2) Ajuste el reóstato de campo del alternador para obtener una resistencia mínima.
- 3) Ajuste el voltaje de c.d., en su posición mínima.
- 4) Alambre el circuito de la figura V.3.

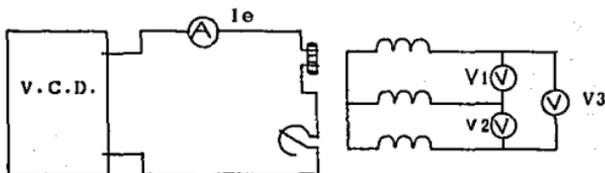


FIGURA V.3.

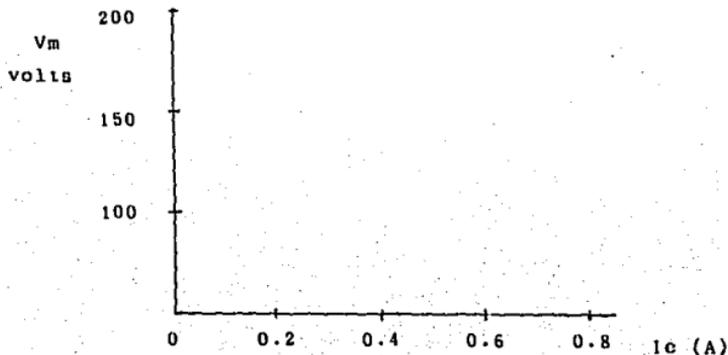
5) Conecte la fuente de alimentación y observe los instrumentos de medición.

6) Cierre el interruptor S del generador sincrónico.

7) Aumente gradualmente la excitación de c.d., i.e. mida y anote los resultados en la tabla correspondiente.

MAQUINA SINCRONA.				
ALTERNADOR.				
CURVA DE EXCITACION.				
i_e	V1	V2	V3	V_m
ampere	volts	volts	volts	volts
0				
0.1				
0.2				
0.3				
0.4				
0.5				
0.6				
0.7				
0.8				
0.9				

9) Con los resultados anteriores grafique i_e vs V_m .



10) Reduzca el voltaje a cero y conecte el circuito de la figura V.4.

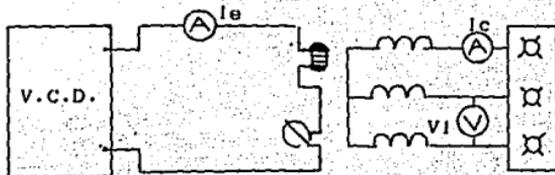
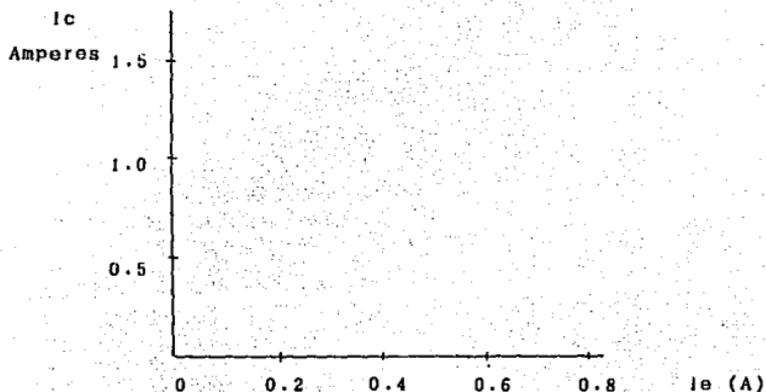


FIGURA V.4.

- 11) Abra el interruptor de sincronización S.
- 12) Ajuste la excitación de c.d., de tal manera, que el alternador nos suministre la corriente de carga, I_c .
- 13) Cierre el interruptor S del módulo de sincronización.
- 14) Ajuste la corriente de excitación, I_e , mida y anote los valores en la tabla correspondiente.
- 15) recuerde que el alternador esta en cortocircuito.

MAQUINA SINCRONA.		
ALTERNADOR.		
I_e	I_c	V_i
ampere	ampere	volts
0		
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		
0.6		
0.7		
0.8		

16) Con los datos anteriores grafique i_c vs i_e .



* Reduzca el voltaje a cero y cambie el de inducción de jaula de ardilla por el motor de c.d., conexión shunt, y acoplelo al alternador mediante una banda.

1) Ajuste el reóstato de campo del motor de c.d. en su posición de mínima resistencia.

2) Ajuste el reóstato de campo del alternador en posición de resistencia máxima.

3) Conecte el circuito de la figura V.5.

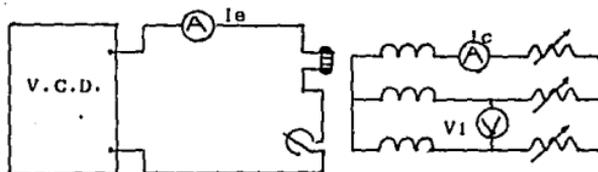


FIGURA V.5.

4) Ajuste la carga resistiva a 300 ohms.

5) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el reóstato de campo del motor de c.d., de tal manera, que se tenga una velocidad de 1800 r/min. Mantenga ésta velocidad durante el resto del experimento.

6) Cierre el interruptor S del generador sincrónico.

7) Ajuste la excitación de c.d. del alternador hasta que el voltaje de salida sea de 220 volts. Mida y anote I_e e I_c de plena carga.

I_e = amperes. I_c = amperes.

8) Quite la carga y ajuste la velocidad a 1800 r/min, si fuera necesario. Mida y anote los valores de voltaje y corriente.

V_l = volts. I_c = amperes.

9) Cambie la carga resistiva por la capacitiva y repita el procedimiento anterior.

I_e = amperes. I_c = amperes.

10) En vacío con carga capacitiva.

V_l = volts. I_c = amperes.

11) Intercambie la carga capacitiva por la inductiva y repita el procedimiento anterior.

I_e = amperes. I_c = amperes.

12) En vacío con carga inductiva.

V_l = volts. I_c = amperes.

13) Calcule la regulación del alternador para las diferentes cargas.

% de regulación =

$$\frac{\text{volts en vacío} - \text{volts a plena carga}}{\text{volts a plena carga}}$$

X 100

% de regulación resistivo =

% de regulación capacitivo =

% de regulación inductivo =

14) Ajuste el reóstato de campo del motor de c.d., para una velocidad de 1800 r/min.

15) Coloque tres voltmetros de c.a., a la salida del alternador y ajuste el reóstato de excitación de éste y aplique una carga resistiva de 600 ohms a una salida bifásica.

Mida y anote los otros dos voltajes entre fases.

V2 = volta.

V3 = volts.

16) Desconecte la fuente de alimentación y comente con su instructor los datos obtenidos.

PRACTICA No. 5.

CUESTIONARIO.

- 1.- Cual es la diferencia entre un dinamo y un alternador.
- 2.- ¿Qué es el % de regulación en un generador?
- 3.- ¿Qué factor de potencia tiene un alternador cuando trabaja en vacío?
- 4.- Cual de los dos rotores de los generadores, mencionados en la introducción, es el más usado y ¿por qué?
- 5.- Como afecta la reactancia sincrónica a la velocidad sincrónica.
- 6.- ¿Que es el devanado de amortiguamiento y cómo afecta el funcionamiento de la máquina sincrónica?
- 7.- Defina el factor de saturación K en la máquina sincrónica.
- 8.- En qué casos es conveniente usar el alternador con carga capacitiva por periodos largos.
- 9.- Dé algunas de las razones por las que no se debe de operar un alternador cerca del codo de su curva de saturación.
- 10.- ¿Es peligroso conectar un alternador a una línea de transmisión larga, si la línea se comporta como un capacitor? Explique por qué.

PRACTICA No. 6.

MAQUINA SINCRONA.
ALTERNADOR.

OBJETIVO:

- * Aprender cómo sincronizar un alternador y analizar cómo puede alterarse el proceso de sincronización debido a una secuencia de fases inadecuada.
- * Estudiar el efecto que produce la excitación de c.d., sobre la potencia entregada por un alternador.

INTRODUCCION:

Todas las pérdidas en las máquinas rotatorias, se pueden dividir en tres categorías, de acuerdo a la causa dominante.

A.- Pérdidas mecánicas, cuyo origen es el frotamiento que se produce entre los elementos que están en contacto, y cuya velocidad es diferente; así como la transmisión de energía cinética, de uno a otro, en forma irreversible, y también por viscosidad del medio que los separa o rodea. Comprende pérdidas en las chumaceras, anillos de contacto, fricción con el aire y ventilación. Su factor principal es la velocidad. Como ésta es una constante, la totalidad de pérdidas mecánicas puede ser considerada constante.

B.- Pérdidas magnéticas, cuyo origen en el cambio del estado magnético de un cuerpo ferromagnético y conductor a la vez.

Por ser lo primero tiene histéresis, acompañada de absorción de energía en cantidad proporcional al número de ciclos de variación magnética y a una potencia determinada de la amplitud de esa variación.

Por ser conductor se desarrolla en él corrientes internas de foucault, que absorben también energía para formarse y la disipa en calor, y además, presenta un obstáculo a la magnetización necesaria del cuerpo. El cuerpo puede ser conductor sin ser ferro magnético, y entonces no hay histéresis; pero si hay corrientes de foucault.

Esta clase comprende las pérdidas en la corona, en los dientes, en partes estructurales alcanzadas por los flujos de dispersión, y en los propios conductores. Tienen dos factores principales: la densidad de flujo y la frecuencia de variación.

Como la primera puede cambiar según las necesidades de la carga de la máquina, la clase B se considera variable en cierto grado.

C.- Pérdidas eléctricas, cuyo origen es el movimiento de cargas eléctricas en un conductor, o el cambio de gradiente eléctrico en un aislador. En aquel depende de la resistencia óhmica y del cuadrado de la intensidad de la corriente; en éste depende de la variación de la frecuencia y de la amplitud de esa variación, a una potencia determinada, así como de la naturaleza del aislador.

Ocurre en los conductores del estator, rotor y en los aislamientos sometidos a alta tensión, donde además, puede formarse corona, que también va acompañada de disipación de energía. Esta categoría de pérdida es muy variable.

En su aplicación al cálculo de la eficiencia las pérdidas son agrupadas en cinco divisiones:

- 1) Pérdida mecánicas: son todas de la clase A.
- 2) Pérdidas en el fierro: son aquella parte de la clase B que sean producidas por el flujo giratorio, incluyendo las causadas por corrientes de foucault en el cobre, sin carga; son determinables con relativa facilidad.
- 3) Pérdidas en la armadura debidas al efecto Joule; se calcula con el valor de la resistencia óhmica, corregida a 75 °C.

4) Pérdidas en el circuito de campo: comprende el efecto Joule en el arrollamiento del rotor, en el reóstato de campo, y en los contactos entre anillos y blocks del colector. Se obtiene por el producto de la tensión y la intensidad de campo necesaria, a plena carga.

5) Pérdidas indeterminables: comprende las pérdidas causadas por aumento de densidad en los dientes; corrientes de foucault en los conductores, originadas por flujos locales; efecto Kelvin y de proximidad entre conductores al paso de la corriente; histéresis y corrientes de foucault en las teclas y placas extremas, producidas por aumento de dispersión con carga; pulsación de flujo ocasionada por las armónicas de la reacción de inducido. Su valor depende de la intensidad de la corriente en las fases, no existe en vacío, crecen con la carga, y no es posible determinarlas por separado.

POTENCIA DEL ALTERNADOR.

La forma de operación del generador sincrónico en un sistema de potencia depende de las restricciones que pesen sobre él.

Cuando el generador funciona solo, las potencias activa y reactiva que pueda suministrar quedan determinadas por la carga, y la corriente de campo regulan la frecuencia y el voltaje terminal. Cuando el generador es conectado a un barraje infinito, el voltaje y la frecuencia quedan fijos, de tal manera, que la posición del regulador y la corriente de campo regula las potencias activa y reactiva del generador. En sistemas reales con generadores de tamaño similar, la posición de la excitatriz incide en la frecuencia y en el flujo de potencia, y la corriente de campo afecta al voltaje terminal y al flujo de potencia reactiva.

MATERIAL:

- * MOTOR/GENERADOR SINCRONO.
- * MOTOR/GENERADOR DE C.D.
- * MODULO DE SINCRONIZACION.
- * WATTMETRO TRIFASICO.
- * VOLTMETRO DE C.A.
- * AMPERMETRO DE C.A.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * TACOMETRO MANUAL.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica tenga presente todas las medidas de seguridad, así como, las conexiones de los equipos de medición y realizando las siguientes consideraciones:

- 1) Acople el motor de c.d., al alternador por medio de la banda.
- 2) Conecte la máquina de c.d., de tal manera, que funcione como motor en derivación.
- 3) Ajuste el reóstato de campo del motor de c.d., para obtener una resistencia mínima.
- 4) Ajuste el reóstato de campo del alternador para obtener una resistencia máxima y abra el interruptor S de ésta máquina.
- 5) Abra el interruptor del módulo de sincronización.
- 6) Alambre el circuito de la figura VI.1.

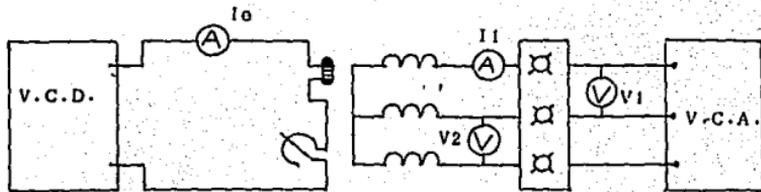


FIGURA VI.1.

7) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el motor de c.d., a una velocidad de 1800 r/min.

8) Cierre el interruptor S del alternador y también el interruptor del módulo de sincronización.

9) Las luces de sincronización deben parpadear, encendiéndose y apagándose intermitentemente.

10) Ajuste con cuidado la velocidad del motor de c.d., hasta que la frecuencia sea bastante baja.

11) Si todas no brillan y oscurecen simultáneamente, la secuencia de fases es incorrecta. Intercambie dos conectores de la líneas de referencia.

12) Realice la secuencia anterior y cuando las luces se apagen y enciendan por completo, los voltajes del alternador y del sistema estarán en fase.

13) Si todos los focos emiten luz continua, los voltajes del alternador y del sistema están defasados 180 grados.

Está condición es la de diente-diente y el interruptor de sincronización nunca debe de cerrar en esta condiciones.

14) Cierre el interruptor de sincronización cuando las luces estén apagadas y mide la corriente I_1 .

$I_1 =$ amperes.

15) Cierre el interruptor de sincronización cuando las luces estén opacas y mida la corriente I_1 .

$I_1 =$ amperes.

16) Cierre el interruptor de sincronización cuando las luces estén tenues y mida la corriente I_1 .

$I_1 =$ amperes.

17) Con el interruptor de sincronización abierto ajuste la excitación de c.d., del alternador a un voltaje de salida $E_1 = 250$ volts.

18) Ajuste la velocidad del motor hasta que las luces estén sincronizadas.

19) Cierre el interruptor de sincronización cuando las luces estén bajas y mida la corriente I_1 en el momento de cierre y después del cierre.

Momento del cierre:

$I_1 =$ amperes.

Después del cierre:

$I_1 =$ amperes.

20) Invierta la rotación del motor de c.d., y trate de sincronizar al alternador como antes.

21) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

POTENCIA DEL ALTERNADOR.

1) Tomando las consideraciones iniciales de la práctica, conecte el circuito de la figura VI.2.

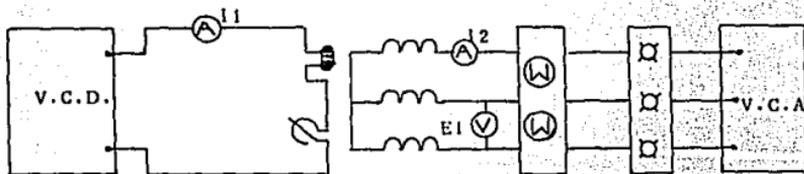


FIGURA VI.2.

2) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el motor de c.d., a una velocidad de 1800 r/min.

3) Cierre el interruptor S del alternador y ajuste la excitación para obtener un voltaje de salida $E_1 = 220$ volts.

4) Sincronice el alternador con la línea de potencia y cierre el interruptor de sincronización.

5) Ajuste con cuidado la excitación de c.d., del alternador, así como, la velocidad del motor, hasta que los dos wattmetros indiquen cero watts. Mida y anote, las corrientes y el voltaje.

$E_1 =$ volts. $I_1 =$ amperes. $I_2 =$ amperes.

6) Aumente la excitación de c.d., del alternador hasta que $I_1 = 0.33$ amperes. Mida y anote las potencias, voltaje y corriente.

$W_1 =$ watts. $W_2 =$ watts. $E_1 =$ volts.
 $I_2 =$ amperes.

7) Repita el procedimiento anterior, solo que ajuste la velocidad y la corriente dada anteriormente. Mida y anote las potencias, voltaje y corriente.

$W_1 =$ watts. $W_2 =$ watts. $E_1 =$ volts.
 $I_2 =$ amperes.

8) Ajuste la excitación de c.d., del alternador y el par del motor de c.d., de tal manera, que el generador produzca 60 watts de potencia real a un factor de potencia del 50 %.

Haga las mediciones utilizando los siguientes métodos:

Alternador sobreexcitado.

$W_1 =$ watts. $W_2 =$ watts. $I_1 =$ amperes.
 $I_2 =$ amperes. $E_1 =$ volts.

Alternador subexcitado

$W_1 =$ watts. $W_2 =$ Watts. $I_1 =$ amperes.
 $I_2 =$ amperes. $E_1 =$ volts.

9) Ajuste la excitación del alternador y el par del motor de c.d., de tal manera, que el alternador se comporte como una capacitancia y entregue 120 VAR. Mida y anote las potencias, corrientes y voltaje.

W1 = watts. W2 = Watts. I1 = amperes.
I2 = amperes. E1 = volts.

10) Ajuste la excitación de c.d., y el par del motor de c.d., de tal manera, que el alternador se comporte como una inductancia y entregue 120 VAR. Mida y anote las potencias, corrientes y voltaje.

W1 = watts. W2 = watts. I1 = amperes.
I2 = amperes. E1 = volts.

11) Desconecte la fuente de alimentación y comente con su instructor los datos obtenidos.

PRACTICA No. 6.
CUESTIONARIO.

1.- Cual es la diferencia entre la máquina de inducción y la máquina síncrona.

2.- ¿Qué es sincronizar dos generadores?

3.- La máquina síncrona la utilizaría como elemento capacitivo o inductivo para mejorar el factor de potencia atrasado.

4.- En qué consiste el método de la impedancia síncrona.

5.- Si se emplean lámparas para sincronizar un generador, y aquéllas aumentan y disminuyen su brillo cada 2 segundos. ¿Cual es la diferencia de frecuencia entre las dos máquinas?

6.- Como puede ajustar el factor de potencia de un generador que trabaja en paralelo con otros dos generadores.

7.- ¿Qué información se encuentra en los datos de placa de un generador síncrono?

8.- Nombrar tres tipos de pérdidas de estos generadores y éstas pérdidas son iguales para cualquier factor de potencia.

9.- ¿Qué condiciones deben cumplirse para acoplar dos generadores en paralelo.

10.- De sus conclusiones sobre la máquina síncrona, cuando trabaja como alternador.

U.N.A.M. E.N.E.P. ARAGON.
LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO.

PRACTICA No. 7.

MAQUINA SINCRONA.
MOTOR.

OBJETIVO:

- * Observar las características de arranque del motor sincrónico trifásico.
- * Analizar el comportamiento del motor sincrónico cuando se usa como inductancia o capacitancia.
- * Determinar las características de par y carga del motor sincrónico.

INTRODUCCION:

Del mismo modo que los generadores de c.d., pueden funcionar como motores, los generadores sincrónicos de corriente alterna pueden también trabajar como motores. Si, cuando están funcionando dos generadores sincrónicos en paralelo, se desconecta el motor de uno de ellos, éste continuará girando absorbiendo potencia de la línea. Si se acopla una carga mecánica, continúa girando a velocidad constante. Cuando funciona de esta manera, se le llama motor sincrónico. La construcción de un motor sincrónico es la misma que la del generador sincrónico, a excepción de ligeras modificaciones. En los motores sincrónicos se usa casi siempre la construcción de polos salientes.

Al conectar un motor de inducción a una red trifásica, se establece un campo magnético giratorio que induce corrientes en los arrollamientos del rotor, produciéndose un par. El rotor no puede girar nunca a velocidad sincrónica, porque tiene que haber movimiento relativo entre el campo magnético giratorio y el rotor para que se induzcan intensidades en el circuito rotórico.

Al excitar los arrollamientos del estator de un motor sincrónico con tensiones trifásicas, se establece un campo magnético giratorio como en un motor de inducción. Sin embargo, en el motor sincrónico no se excita el circuito rotórico por inducción sino por corriente continua como el generador de corriente alterna. Si se pone al rotor a velocidad sincrónica por algún medio, con los polos del rotor excitado, estos polos del rotor son atraídos por los polos del campo magnético giratorio y el rotor sigue girando a velocidad sincrónica. En otras palabras, el rotor entra en sincronismo magnéticamente con el campo magnético giratorio. Si por cualquier razón se le hace perder el sincronismo con el flujo giratorio del estator, se pierde la atracción, desaparece el par, y el motor se para. Por lo tanto, un motor sincrónico solo desarrolla par cuando gira a velocidad sincrónica. Se deduce que un motor sincrónico no puede arrancar por sí mismo, sino que se necesita alguna máquina auxiliar para llevar al rotor a velocidad sincrónica.

La mayoría de los motores, sin embargo, se arranca mediante un arrollamiento en jaula de ardilla embutido en las expansiones polares del rotor. El motor arranca entonces como un motor de inducción y toma una velocidad del 95 % de la velocidad sincrónica por este procedimiento. En el instante preciso, se alimenta la excitación y el motor entra en sincronismo.

CARACTERISTICA DE ARRANQUE DEL MOTOR SINCRONO.

El motor sincrónico debe llevarse a una velocidad suficientemente cercana a la velocidad sincrónica, a fin de quedar en sincronismo con el campo giratorio. Los medios con los cuales se lleva hasta la velocidad correspondiente son:

* Un motor acoplado al eje del motor sincrónico.

* El uso de excitatriz como motor de c.d.

* Un pequeño motor de inducción de, por lo menos, un par de polos menos que el motor síncrono.

* El uso de los devanados amortiguadores como motor de inducción de jaula de ardilla.

El primer método se usa a veces en laboratorios con motores síncronos no equipados con devanados amortiguadores.

El segundo método realmente es igual al primero, excepto que la excitatriz (un generador de c.d.), se hace funcionar como motor, y la máquina síncrona está sincronizada a la fuente de c.a.

El tercer método, en el cual se usa un motor de inducción auxiliar con menos polos, implica el mismo procedimiento de sincronización para el motor síncrono que un alternador.

Si el campo magnético del estator en un motor síncrono rota a una velocidad lo suficientemente baja, no habrá problemas que el rotor acelere y se enganche con el campo magnético del estator. Entonces, la velocidad del campo magnético del estator se incrementa hasta la velocidad de operación, incrementando gradualmente f_e hasta su valor normal de 50 o 60 Hz.

Este método de arranque de motores síncronos tiene un gran sentido, pero también tiene un gran problema:

¿ De dónde obtener la fuente eléctrica de frecuencia variable ?

Los sistemas de potencia normales son cuidadosamente regulados a 50 a 60 Hz, así hasta hace muy poco, una fuente de voltaje de frecuencia variable tenía que obtenerse de un generador dedicado especialmente a esto. Como es obvio, tal situación es impráctica excepto para circunstancias muy especiales.

CURVA CARACTERISTICA DEL MOTOR SINCRONO.

Cuando la corriente de excitación de un motor síncrono se reduce, absorbe una corriente de inducido inductiva que es superior a la corriente mínima para un factor de potencia unitario, o sea a excitación normal. De manera parecida, cuando el motor está sobreexcitado, la corriente del inducido también aumenta y supera a la corriente necesaria, a excitación normal, para desarrollar el par necesario, correspondiente a una carga determinada.

Aplicando una cierta carga constante al eje del motor síncrono y variando la corriente de excitación desde subexcitación a sobreexcitación, y registrando la corriente del inducido en cada momento, se obtienen las siguientes curvas, ver figura VII.1.

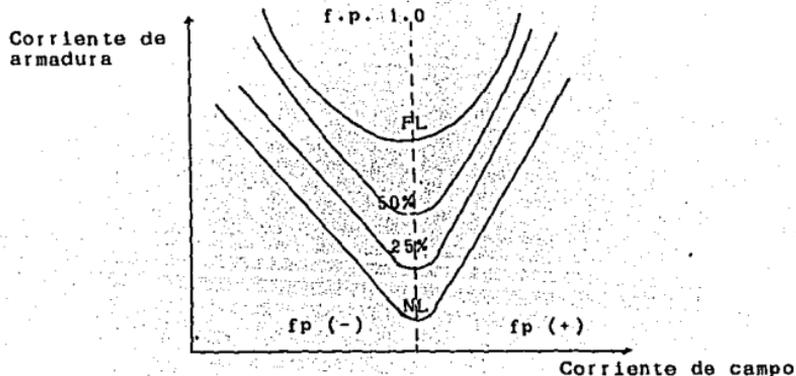


FIGURA VII.1.

PAR DE SALIDA DEL MOTOR SINCRONO.

El método normalmente usado para proporcionar par de arranque en un motor sincrónico consiste en:

Construir bobinas en corto circuito (tipo de jaula de ardilla) dentro de las caras polares de la estructura (generalmente el rotor) que será excitado por C.D. Estas bobinas en corto circuito generalmente están sujetas con una barra que las pone en corto circuito.

Estos devanados hacen de la máquina un motor de inducción en la que se refiere a las características de arranque, pero, por lo general, son de alta resistencia (comparados con los del motor de inducción) para proporcionar un elevado par de arranque. El motor se arranca en realidad como un motor de inducción y cuando su velocidad se acerca a la velocidad sincrónica, el par de sincronización propio asegura al rotor un sincronismo con el campo giratorio.

Cuando la máquina está operando a la velocidad sincrónica no existe movimiento del campo magnético con relación a las bobinas en el corto circuito, de tal manera que no hay corriente, no hay pérdidas altas, ni calor elevado.

Los devanados de arranque, sin embargo, sirven para otro fin. También se les llama devanados de amortiguación, por el hecho de que estos devanados tienden a suprimir o amortiguar las oscilaciones mecánicas, o el penduleo, que puede ocurrir en las máquinas sincrónicas.

De hecho, los devanados serían necesarios en muchas máquinas sincrónicas sólo para fines de amortiguación.

MATERIAL:

- * MOTOR/GENERADOR SINCRONO.
- * ELECTRODINAMOMETRO.
- * MODULO DE SINCRONIZACION.
- * MODULO DE WATTMETRO TRIFASICO.
- * VOLTMETRO DE C.A.
- * AMPERMETRO DE C.A.
- * VOLTMETRO DE C.D.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * TACOMETRO MANUAL.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica tenga presente todas las medidas de seguridad, así como, las conexiones de los equipos de medición y realizando las siguientes consideraciones:

- 1) Acople el electrodinamómetro al motor síncrono por medio de la banda.
- 2) Ajuste el reóstato de excitación del motor síncrono a una resistencia mínima.
- 3) Conecte el circuito de la figura VII.2.

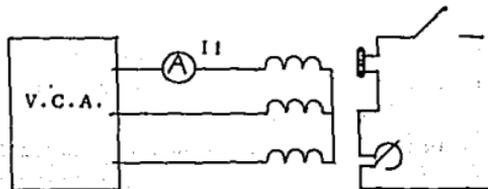


FIGURA VII.2.

4) Coloque el interruptor de sincronización en posición cerrada.

5) Ajuste la perilla de control del electrodinamómetro al 40 por ciento de excitación.

6) Cierre el interruptor S del motor sincrónico.

7) Conecte la fuente de alimentación y anote la corriente. No aplique la potencia más de 10 segundos.

$I_1 =$ amperes.

8) Ajuste la excitación de c.d., a 120 volts. Comente con su instructor que es lo que observa.

9) Desconecte la fuente de alimentación y conecte el circuito de la figura VII.3.

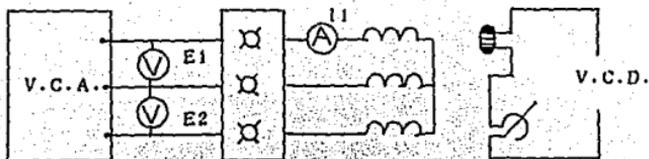


FIGURA VII.3.

10) Ajuste la perilla de control del electrodinamómetro para obtener la máxima carga y cierre el interruptor S del motor sincrónico.

11) Conecte la fuente de alimentación y mida los voltajes, la corriente y el par.

$E_1 =$ volts. $E_2 =$ volts. $I_1 =$ amperes.
par de arranque = lbf/plg.

12) Reduzca la carga y observe que le pasa al motor, así como, el valor de E2.

E2 = volts.

13) Desconecte la fuente de alimentación y alambre el circuito de la figura VII.4.

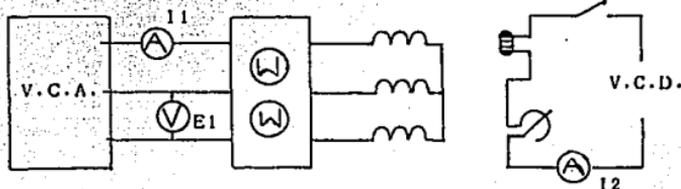


FIGURA VII.4.

14) Abra el interruptor S del motor sincrónico y ajuste el reóstato de campo para una resistencia mínima.

15) Con una excitación de c.d., en cero, conecte la fuente de alimentación.

16) Cierre el interruptor S y aumente gradualmente la excitación de c.d., hasta que la corriente I1 esté en su valor mínimo y los wattmetros tomen lecturas idénticas.

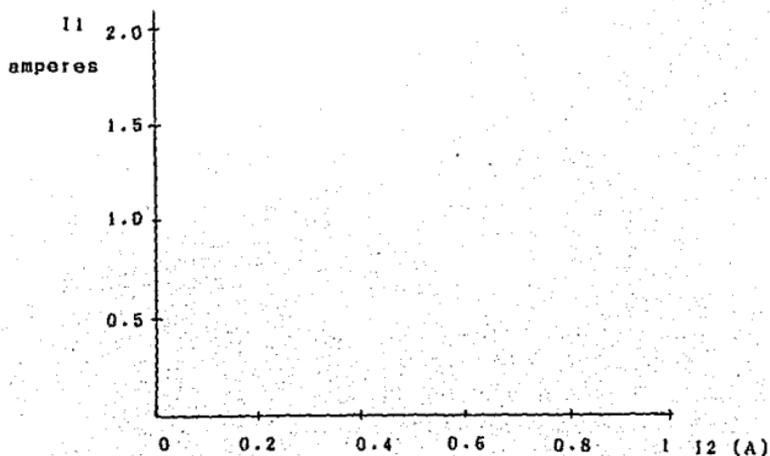
17) Mida y anote las potencias y las corrientes.

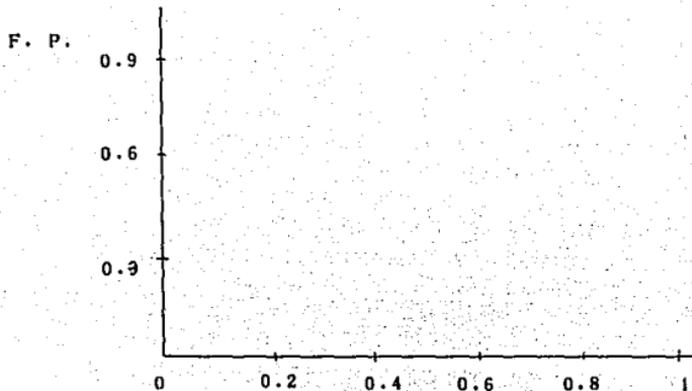
I1 min = amperes. I2 = amperes.
W1 = watts. W2 = watts.

18) Reduzca la excitación de c.d., a cero; mida y anote los valores en la tabla siguiente:

MAQUINA SINCRONA.						
MOTOR.						
CURVA CARACTERISTICA.						
I2	E1	I1	VA	W1	W2	FP
amps	volts	amps		watts	watts	
0						
0.2						
0.4						
0.6						
0.8						
1.0						

19) Desconecte la fuente de alimentación y grafique los valores obtenidos.





12 (A)

20) Comente con su instructor los datos obtenidos.

PRACTICA No. 7.

CUESTIONARIO.

1.- ¿Qué precaución se debe considerar en relación con el circuito de excitación de un motor síncrono durante el período de arranque?

2.- ¿Qué tipos de arrancadores se utilizan con motores síncronos y con qué protecciones se equipan?

3.- ¿Cómo ajusta un motor síncrono su potencia eléctrica absorbida a las variaciones de su potencia mecánica suministrada?

4.- Para una excitación constante. ¿Cómo puede variar el factor de potencia del motor?

5.- Comparé el método de ajustar el factor de potencia en un motor síncrono, con el método de ajuste el factor de potencia de un generador síncrono, que funciona en paralelo con otros generadores síncronos.

6.- ¿Cuándo se dice que un motor síncrono está:

a) Sobroexcitado

b) Con excitación inferior a la normal.

7.- ¿Cuales son los factores de potencia normales en los motores síncronos?

8.- ¿Qué precaución se debe tomar al hacer funcionar un motor síncrono con un factor de potencia más adelantado que su factor de potencia nominal?

9.- En que condiciones de funcionamiento se calentaría excesivamente el circuito de excitación.

10.- ¿Cómo se clasifican los motores síncronos con relación a su velocidad?

PRACTICA No. 8.

MOTOR DE INDUCCION.
MONOFASICO.

OBJETIVO:

- * Se conocerá la construcción, curvas y comportamiento con carga de los motores:
- * Motor de inducción de fase partida.
- * Motor arranque por capacitor.
- * Motor universal.

INTRODUCCION:

El motor de inducción es el motor de corriente alterna más empleado, debido a su fortaleza y simplicidad, a la ausencia de colector y al hecho de que sus características de funcionamiento se adaptan bien a una marcha a velocidad casi constante.

El principio de funcionamiento del motor de inducción puede explicarse como sigue:

Un disco de metal puede girar libremente alrededor de un eje vertical. El disco puede ser de cualquier material conductor tal como el hierro, cobre o aluminio.

Un imán que también puede girar libremente sobre el mismo eje que el disco está dispuesto encima de este último y tiene sus extremos curvados hacia abajo para que el flujo magnético corte al disco. Cuando el imán gira, las líneas magnéticas cortan al disco e inducen corrientes en él. Como estas corrientes se encuentran también en un campo magnético, tienden a moverse en él, igual que las corrientes en los conductores de un motor de corriente continua.

Según la ley de Lenz, la dirección de la fuerza desarrollada entre las corrientes del disco y el campo magnético que las produce, será tal, que el disco tienda a seguir al imán en su rotación.

En la figura VIII.1., el polo N de imán giratorio se mueve en dirección opuesta a las agujas del reloj. El conductor que se encuentra debajo del imán gira también en dicha dirección, pero más lento que el imán. El movimiento es relativo entre el imán y el conductor. Si se aplica la regla de la mano derecha la dirección de la corriente inducida hacia el observador.

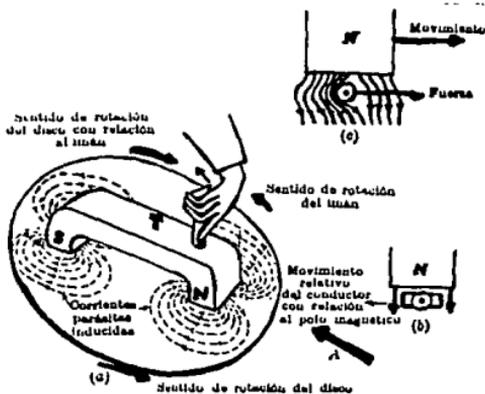
Las líneas de fuerza que rodean al conductor, debidas a su propia corriente, son de sentido contrario a las agujas del reloj, y el campo resultante se encuentra combinado entre el campo del imán con el campo que produce el conductor.

Como la intensidad del campo magnético aumenta a la izquierda del conductor y disminuye a su derecha, se genera una fuerza que empuja a este conductor de izquierda a derecha, es decir, que el conductor tiende a seguir al imán. En realidad el imán gira en sentido contrario al de las agujas del reloj.

El disco gira en igual sentido, pero a menor velocidad que el imán.

Así, en la máquina de inducción se produce una acción generadora que induce corrientes y una acción motriz que obliga a las corrientes inducidas a seguir el campo inductor.

El disco no puede alcanzar la velocidad del imán, si así sucediera no habría movimiento entre el disco y el imán, y como consecuencia no se induciría fem en el disco.



Rotación de un disco metálico producida por un imán giratorio.

FIGURA VIII.1.

MOTOR DE FASE HENDIDA.

Como los motores monofásicos de inducción no arrancan por si solos, se deben disponer de medios auxiliares para obtener un par inicial suficiente. Uno de los sistemas consiste en dividir la fase por medio de combinaciones de la autoinducción, la resistencia y la capacitancia.

El devanado principal, con mayor vueltas, se conecta a la línea de alimentación de manera ordinaria. Entre los polos principales se disponen los polos auxiliares cuyos devanados tienen mayor resistencia y menor reactancia que el devanado principal. Algunas veces se agrega una resistencia adicional; como la relación entre la resistencia y la reactancia del devanado auxiliar es mayor que la que existe en el devanado principal la corriente se defasará con relación a la tensión de alimentación menos que cuando circule por éste ultimo.

Por consiguiente, las corrientes en los devenados están defasadas, en donde el ángulo de la corriente del devanado

principal es mayor que el de la corriente del devanado auxiliar, ambos con relación al voltaje.

Para conseguir las mejores condiciones, las dos corrientes deben estar defasadas 90° lo que no es fácil de conseguir y, en realidad, no es imprescindible. Los dos juegos de polos producen una especie de campo giratorio, que hace arrancar al motor.

Cuando la velocidad aumenta, un mecanismo accionado por la fuerza centrífuga abre el interruptor y desconecta el devanado auxiliar.

En la figura VIII.2., se observa la curva característica par-velocidad de este motor.

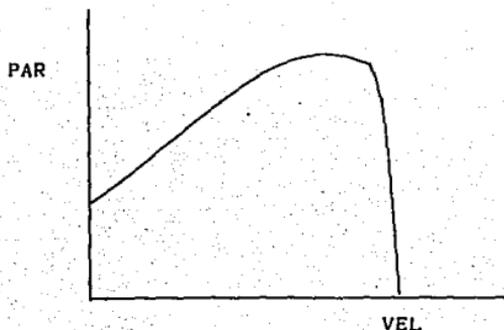


FIGURA VIII.2.

MOTOR ARRANQUE POR CAPACITOR.

El capacitor de arranque hace tan bien su trabajo de mejorar la característica de par-velocidad de un motor de inducción, que algunas veces un devanado auxiliar con un capacitor más pequeño se incluye permanentemente en el circuito del motor. Si el valor del capacitor se ecoge correctamente, el motor podrá tener un campo magnético giratorio perfectamente uniforme con una carga específica y en ese punto se comportará como un motor trifásico de inducción. Tal diseño se le conoce como motor con capacitor, o condensador, permanente o motor de arranque por capacitor. Los

Los motores con capacitor permanente son más simples que los

motores de arranque por capacitor, puesto que no se necesita el interruptor de arranque. Al valor nominal de la carga son más eficientes, tienen factor de potencia más alto y par más alisado que un motor de inducción ordinario.

Sin embargo, los motores con condensador permanente tienen un par de arranque más bajo que los motores de arranque por capacitor, puesto que el capacitor debe dimensionarse para balancear las corrientes en los devanados principal y auxiliar en la condición de carga nominal. Puesto que la corriente de arranque es mucho más grande que la corriente de la carga nominal, el capacitor que balancea las fases bajo carga nominal, las deja muy desbalanceadas en las condiciones de arranque.

En la figura VIII.3., se observa la característica par-velocidad de este motor.

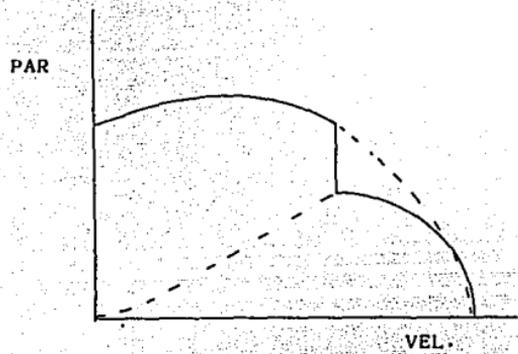


FIGURA VIII.3.

MOTOR UNIVERSAL.

Para que un motor serie de c.d., funcione efectivamente en c.a., sus polos de campo y el estator deben ser totalmente laminados, puesto que si no fuera así, las pérdidas en el núcleo serían enormes. Cuando este motor tiene laminados los polos y el estator, con frecuencia se le llama motor universal, puesto que pudo operar desde una fuente de c.a., o de c.d.

La conmutación del motor será mucho más pobre cuando opera desde una fuente de c.a., que si lo hace desde una fuente de c.d.

El chispeo adicional en las escobillas lo causan los voltajes inducidos por la acción del transformador en las bobinas que están en conmutación. Estó chispeo acorta la vida de las escobillas y puede ser una fuente de radiointerferencias en sus alrededores.

En la figura VIII.4., se muestra la característica par-velocidad típica de un motor universal. Esta difere de la característica par-velocidad de la misma máquina alimentada de una fuente de c.d., por dos razones:

- 1) Las reactancias de los devanados de armadura y de campo a 50 ó 60 Hz son bastante grandes. Una parte importante del voltaje de entrada se cae en estas reactancias, por lo cual, para un voltaje de entrada dado, Ea es más pequeño en la operación con c.a., que durante la operación de c.d. Puesto que para una corriente de armadura y par producido dados, el motor más lento en corriente alterna de lo que sería en corriente continua.

- 2) Además, el voltaje pico en un sistema de c.a., es 2 veces su valor nominal, por lo que cerca del pico de corriente se puede presentar saturación magnética. Para un nivel de corriente dado, esta saturación puede disminuir significativamente el valor rms del flujo del motor, tendiendo a reducir el par producido en el motor. Recuerde que la disminución en el flujo incrementa la velocidad de la máquina de c.d., así que este efecto puede compensar parcialmente la disminución de velocidad causada por el primer efecto.

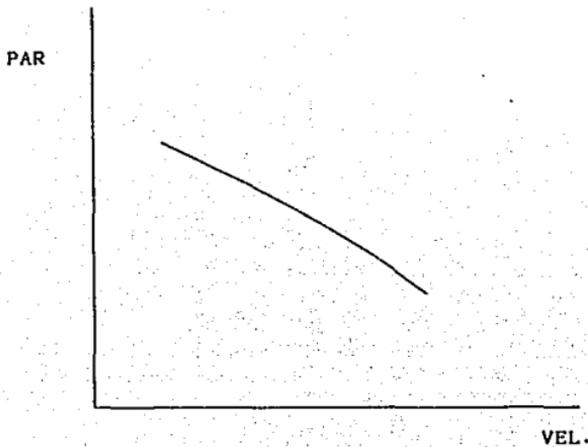


FIGURA VIII.4.

MATERIAL:

- * MOTOR DE FASE HENDIDA.
- * MOTOR UNIVERSAL.
- * ELECTRODINAMOMETRO.
- * WATTMETRO MONOFASICO.
- * PUENTE DE WHEATSTONE.
- * PUENTE DE KELVIN.
- * VOLTMETRO DE C.D.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * VOLTMETRO DE C.A.
- * AMPERMETRO DE C.A.
- * MULTIMETRO.
- * TACOMETRO MANUAL.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica tenga presente todas las medidas de seguridad, así como, las conexiones de los equipos de medición y realizando las siguientes consideraciones:

- 1) Revise y consulte con su instructor todas las conexiones de los equipos antes de hacer funcionar el equipo.
- 2) Evite introducir cualquier objeto en el interior de la máquina en funcionamiento.

Para obtener la resistencia ohmica se tienen los siguientes métodos:

- * Método de la caída de potencial.
- * Uso de puentes y ohmetro.

METODO DE LA CAIDA DE POTENCIAL.

Este método consiste en hacer circular una corriente por el devanado a prueba, está corriente es de directa, cuyo valor mide con la mayor precisión.

Evite que la corriente no exceda el 15 % de la nominal, de tal manera, que se evite en lo más posible el calentamiento en el devanado en prueba.

- 3) El voltaje de corriente directa debe ser pequeño.
- 4) Alambre el circuito de la figura VIII.5.

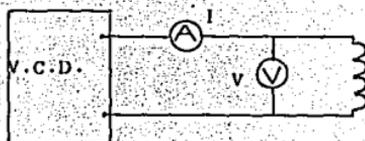


FIGURA VIII.5.

- 5) Conecte la fuente de alimentación y mida los valores del voltmetro y ampérmetro, y llene la tabla siguiente.

MOTOR DE FASE HENDIDA.			
RESISTENCIA OHMICA.			
METODO DE LA CAIDA DE POTENCIAL.			
	V	I	R
	VOLT	AMPER	OHMS
BOBINA PRINC.			
BOBINA AUX.			

METODOS DE PUENTES Y OHMETRO.

Este método consiste en utilizar los equipos de medición para resistencia como son: el puente de Wheatstone, el puente de Kelvin y el multímetro.

6) Comente con su instructor sobre el manejo de los puentes.

7) Realice las mediciones a las bobinas en prueba y llene la siguiente tabla.

MOTOR DE FASE HENDIDA.		
RESISTENCIA OHMICA.		
METODO DE PUENTES Y OHMETRO.		
	BOBINA PRINC.	BOBINA AUX.
PUENTE DE WHEATSTONE		
PUENTE DE KELVIN		
OHMETRO		

MOTOR DE FASE HENDIDA.

1) Conecte el circuito de la figura VIII.6.

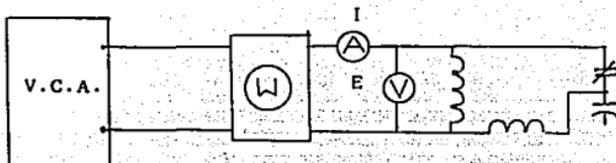


FIGURA VIII.6.

2) Conecte la fuente de alimentación y regule, de tal manera, que los valores de voltajes sean los indicados en la tabla siguiente. Mida corriente, potencia y par desarrollado.

MOTOR DE FASE HENDIDA.				
OPERACION EN VACIO.				
E	I	W	VEL	VIBRACION
volts	amps	watts	r/min	
120				
90				
60				
30				

3) Acople al motor de fase hendida el electrodinamómetro por medio de una banda.

4) Con el arreglo anterior, realice esta parte de la práctica.

4) Conecte la fuente de alimentación, mida y anote la corriente, la potencia real y la velocidad desarrollada. Con un voltaje fijo de 120 volts de c.a.

MOTOR DE FASE HENDIDA.					
OPERACION A PLENA CARGA.					
PAR	I	VA	P	VEL	HP
lb/ft/plg	amps		watts	r/min	
0					
3					
6					
9					
12					

6) Desconecte la fuente de alimentación y comente con su instructor los datos obtenidos.

MOTOR DE FASE HENDIDA ARRANQUE POR CAPACITOR.

1) Conecte el circuito de la figura VIII.7.

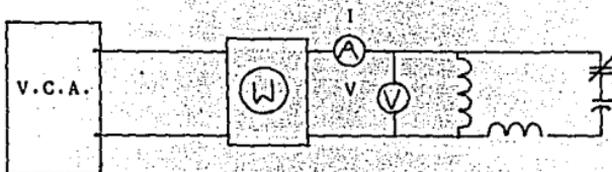


FIGURA VIII.7.

2) Recuerde tener el control de campo del electrodinamómetro en su posición de mínima carga.

3) Conecte la fuente de alimentación regule el voltaje a 120 volts de c.a.

4) Mida y anote la corriente, potencia real y velocidad del motor.

MOTOR DE FASE HENDIDA.					
ARRANQUE POR CAPACITOR.					
OPERACION A PLENA CARGA.					
PAR	I	W	VEL	VA	HP
lb/plg	amps	watts	r/min		
0					
3					
6					
9					
12					

5) La potencia desarrollada se calcula con la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{1.59 \cdot (r/min) \cdot (par)}{100,000}$$

MOTOR UNIVERSAL.

- 1) Acople el electrodinamómetro al motor universal mediante la banda
- 2) Conecte el circuito de la figura VIII.8.

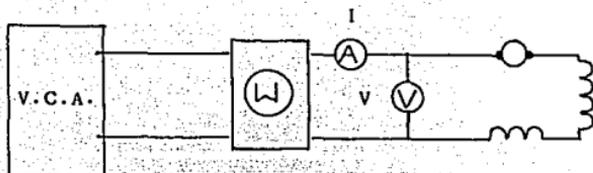


FIGURA VIII.8.

- 3) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120 volts de c.a.
- 4) Mida y anote la corriente, potencia real y velocidad desarrollada por el motor. Llene la tabla siguiente:

MOTOR UNIVERSAL.					
OPERACION A PLENA CARGA EN C.A.					
PAR	I	W	VEL	VA	HP
lb/plg	amps	watts	r/min		
0					
3					
6					
9					
12					

- 5) Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
- 6) Substituya el ampermetro y el voltmetro de c.a., por medidores de c.d.
- 7) Intercambie las conexiones de la fuente de alimentación, de tal manera, que el motor funcione con c.d.

8) Realizando las mismas consideraciones anteriores, llene la tabla siguiente:

MOTOR UNIVERSAL.				
OPERACION A PLENA CARGA EN C.D.				
PAR	I	W	VEL	HP
lb/plg	amps	watts	r/min	
0				
3				
6				
9				
12				

9) Desconecte la fuente de alimentación y comente sus resultados con su instructor.

PRACTICA No. 8.
CUESTIONARIO.

- 1.- Cual es la diferencia entre un motor de inducción y un motor universal.
- 2.- Como se puede invertir el sentido de giro en un motor de inducción y un motor universal.
- 3.- Qué efecto tiene el deslizamiento sobre la reactancia del rotor en la máquina de inducción.
- 4.- En condiciones de c.d. ¿Cual es el factor de potencia de un motor universal en vacío?
- 5.- ¿Cual de las dos máquinas es más usada, comercialmente?
- 6.- ¿Arrancara, el motor de inducción si funciona con solo el devanado principal. Y ¿porqué?
- 7.- Calcule la eficiencia de las tres máquinas, a una carga máxima de 9 lb/pig.
- 8.- Para un motor de inducción. ¿Qué sucedería si los devanados de arranque y principal fueran idénticos?
- 9.- ¿Porqué se debe usar capacitores de aceite en motores de operación continua por capacitor, en lugar de emplear capacitores electrolíticos de c.a., que son más económicos?
- 10.- De sus conclusiones sobre la práctica.

PRACTICA No. 9.

MOTOR DE INDUCCION.

TRIFASICO.

OBJETIVO:

- * Se calcularán los parámetros, curva de saturación y a plena carga de un motor de inducción de jaula de ardilla.
- * Así como, los métodos para obtener los parámetros que influyen en un motor de inducción.

INTRODUCCION:

El motor de inducción es el tipo de corriente alterna más usado, por su construcción simple y robusta, y por tener sus buenas características de funcionamiento. Se compone de dos partes: el estator, o parte fija, y el rotor, la parte móvil.

El núcleo del estator se construye con láminas de acero ranuradas que, se montan en una armadura de hierro fundido o de acero. Los arrollamientos muy similares a los inductores del generador de corriente alterna, están desplazados en el estator 120 grados eléctricos. Los devanados de cada fase pueden estar conectados en estrella o delta.

El rotor de un motor de jaula de ardilla está formado por un núcleo laminado en el que se alojan los conductores paralelos, o aproximadamente paralelos, al eje. En cada extremo del rotor, todos los conductores del rotor están cortocircuitados por unos anillos. Los conductores del rotor y los anillos tienen una forma similar a una jaula de ardilla giratoria, recibiendo de aquí su nombre.

El material de la jaula de ardilla, las barras y los anillos son de una misma pieza de fundición de cobre, aunque también se utiliza el aluminio.

Las barras de la jaula de ardilla no son siempre paralelas al eje del motor sino que están sesgadas, esto hace que el par sea más uniforme y reduce el zumbido magnético del motor cuando está funcionando.

MATERIAL:

- * MOTOR DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA.
- * ELECTRODINAMOMETRO.
- * PUENTE DE WHEATSTONE
- * PUENTE DE KELVIN.
- * MULTIMETRO.
- * WATTMETRO MONOFASICO.
- * VOLTMETRO DE C.D.
- * AMERMETRO DE DE C.D.
- * VOLTMETRO DE C.A.
- * AMERMETRO DE DE C.A.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

El motor de inducción de jaula de ardilla, así como, otras máquinas, puede ser analizado por un circuito equivalente.

Para circuitos trifásicos balanceados es más fácil analizarlos monofásicamente, para lo cual, el circuito considerado será el siguiente:

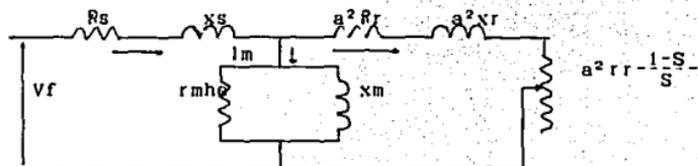


FIGURA IX.1.

De donde:

R_s = resistencia efectiva a la corriente alterna del embobinado del estator.

X_s = reactancia originada por el flujo disperso en el embobinado del estator.

R_{mhe} = resistencia representativa de las pérdidas mecánicas, de histéresis y de corrientes de Eddy.

X_m = reactancia de magnetización.

R_r = resistencia del embobinado del rotor.

X_r = reactancia originada por el flujo disperso en el rotor.

$a^2 R_r$ = valor de R_r referido al voltaje del estator.

$a^2 X_r$ = valor de X_r referido al voltaje del estator.

$\frac{1 - S}{S} a^2 R_r$ = resistencia equivalente de la carga mecánica.

S = deslizamiento.

I_c = corriente de carga.

I_m = corriente de magnetización.

I = corriente total.

Como se observa este circuito tiene parecido al circuito equivalente del transformador.

Con la finalidad de facilitar los cálculos en los experimentos, tenemos que, reduciendo el circuito en sus parámetros. Para las resistencias del rotor y estator es:

$$R = R_s + a^2 R_r$$

Lo mismo ocurre con las reactancias de dispersión del rotor y estator:

$$X = X_s + a^2 X_r$$

También afectamos a la resistencia de carga:

$$R_c = a^2 R_r \frac{1 - S}{S}$$

El circuito de la figura IX.2., muestra los parámetros antes mencionados.

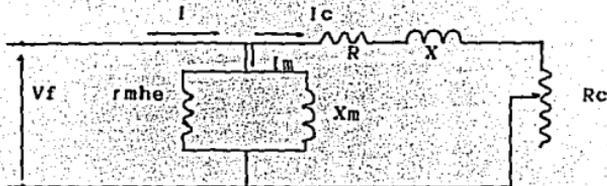


FIGURA IX.2.

Para la determinación de estos parámetros es bastante sencilla, mediante las pruebas de vacío y a rotor bloqueado, así como, la resistencia ohmica.

PRUEBA DE LA RESISTENCIA OHMICA.

Para esta prueba se tiene dos métodos que son:

- * Método de la caída de potencial.
- * Uso de puente y ohmetro.

- 1) El método de caída de potencial, se refiere a excitar uno de los dos devanados con corriente directa y obtenerla con la ley de ohm. Recuerde que no necesita un gran voltaje para hacer esta medición, lo cual se recomienda el 10 % del voltaje nominal.
- 2) Alambre el circuito de la figura IX.3.

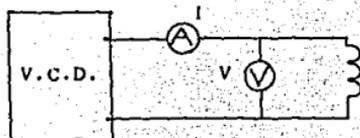


FIGURA IX.3.

3) Para tomar una medición más confiable, realice esta prueba a los tres devanados y llene la siguiente tabla.

MOTOR DE INDUCCION.			
TRIFASICO.			
RESISTENCIA OHMICA.			
BOBINA	V	I	R
	volts	amps	ohms
1			
2			
3			

USO DE PUENTES.

1) Comente con su instructor el uso y funcionamiento de los equipos de medición para resistencias.

2) Tome lecturas para los tres devanados con cada uno de los puentes y multímetro. Llene la siguiente tabla:

MOTOR DE INDUCCION.				
TRIFASICO.				
BOBINA	1	2	3	Rmed.
P. WHEATSTONE.				
P. KELVIN.				
OHMETRO.				

3) Compare los valores obtenidos y comente con su instructor lo realizado.

CURVA CARACTERISTICA.

Para obtener la curva característica de un motor existen varios métodos, de los cuales, solo realizaremos los que intervienen las corrientes, voltajes, potencia y carga del motor.

En este caso consideraremos al voltaje como variable que va a influir a la corriente y potencia del motor.

- 1) Alambre el circuito de la figura IX.4.

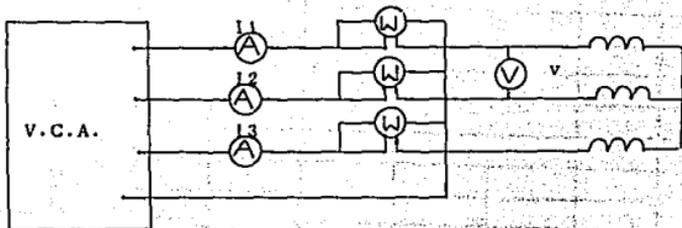


FIGURA IX.4.

- 2) Regule el voltaje, de tal manera, que se tenga el porcentaje de la corriente nominal.

3) Para obtener la resistencia de pérdidas mecánicas, de histéresis y de corrientes parásitas, se tiene:

$$P_o = \frac{V_f}{R_{mho}} \quad , \quad \text{de donde} \quad R_{mho} = \frac{V_f}{P_o}$$

$$Q_o = \frac{V_f}{X_m} \quad , \quad \text{de donde} \quad X_m = \frac{V_f}{Q_o}$$

4) Tome lecturas y llene la tabla siguiente.

MOTOR DE INDUCCION.									
TRIFASICO.									
* CURVA CARACTERISTICA.									
I _{nom}	A1	A2	A3	W1	W2	W3	V	I _{med}	W _t
amps	amps	amps	amps	watts	watts	watts	volts	amps	watts
I _{exc}									
50%									
60%									
70%									
80%									
90%									
100%									
120%									
140%									

5) Desconecte la fuente de alimentación y tome en consideración el valor de la corriente cuando se tenga el voltaje nominal. Esto para el cálculo de los parámetros en vacío.

CURVA CARACTERISTICA CON CARGA.

En esta prueba se obtendrán los valores de la resistencia y reactancia equivalente, así como, la curva de carga del motor.

1) Acople el electrodinámometro al motor por medio de la banda.

2) Para obtener la resistencia real tenemos:

$$P_c = I_a R, \text{ de donde } R = \frac{P_c}{I_a}$$

$$Q_a = I_a X, \text{ de donde } X = \frac{Q_a}{I_a}$$

3) Conecte la fuente de alimentación y aplique la carga mencionada en la tabla y tome lecturas, llene la tabla correspondiente.

MOTOR DE INDUCCION.									
TRIFASICO.									
CURVA CARACTERISTICA CON CARGA.									
PAR	A1	A2	A3	W1	W2	W3	I _{med}	W _t	Vel
lb/plg	amps	amps	amps	watts	watts	watts	amps	watts	r/ml
0									
3									
6									
9									
12									
15									

PRUEBA A ROTOR BLOQUEADO.

- 1) Para obtener la carga máxima del motor, se realiza lo siguiente.
- 2) Gire la perilla del electrodinámometro, de tal manera, que se obtenga la carga máxima.
- 3) Tome lecturas de corriente, voltaje, par y potencia.

PAR MAXIMO = lb/plg
 POTENCIA = watts.
 CORRIENTE = amperes.
 VOLTAJE = volts.

- 4) Recuerdese tomar estos valores lo más rápido posible.
- 5) Desconecte la fuente de alimentación y comente con su instructor los datos obtenidos. Dibuje el circuito equivalente con los datos obtenidos.

PRACTICA No. 9.
CUESTIONARIO.

1.- En que son similares los dos circuitos de un motor de inducción a de un transformador?

2.- En qué se diferencian la construcción de un motor Jaula de Ardilla a la de un motor de rotor devanado?

3.- En general. ¿Qué factores determinan la velocidad sincróna de un motor?

4.- ¿Como se puede invertir el sentido de giro de un motor trifásico?

5.- Sobre qué principio se basa el motor de inducción, al igual que el motor de c.d., para funcionar?

6.- Describir brevemente como se produce el par en un motor de inducción. ¿Es el sentido de giro del rotor de mismo u opuesto al campo giratorio?

7.- ¿Porqué gira un motor de inducción a una velocidad inferior a la sincróna?

8.- Grafique las dos curvas características y comente su comportamiento.

9.- ¿Qué entiende por deslizamiento y qué efecto tiene sobre la reactancia del rotor?

10.- Mediante el método Heyland, calcule los parámetros del motor de inducción, ver apendice A.

PRACTICA No. 10.

MOTOR DE INDUCCION.
DE ROTOR DEVANADO.

OBJETIVO:

- * Analizar la estructura de un motor trifásico de inducción de rotor devanado.
- * Determinar las características de arranque del motor de inducción de rotor devanado.
- * Observar las características del motor, en condiciones de vacío y a plena carga.

INTRODUCCION:

El rotor de un motor de anillos rozantes o rotor devanado, se bobina con devanados aislados similares a los del estator. Este arrollamiento trifásico está conectado en estrella con el extremo de cada fase conectado a un anillo rozante.

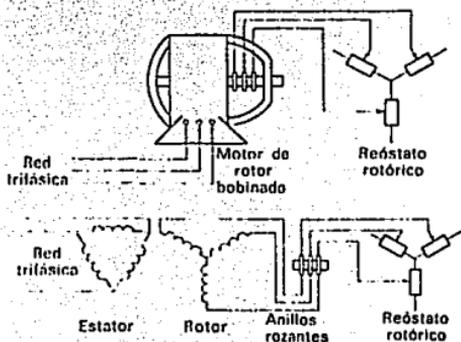
Conectada al circuito del rotor a través de los anillos rozantes está una resistencia variable exterior conectada en estrella.

El reóstato del rotor proporciona un medio de aumentar la resistencia del circuito del rotor durante el periodo de arranque, produciendo un elevado par de arranque. Al acelerar el motor, se elimina gradualmente el reóstato, disminuyendo por tanto la resistencia del rotor al reducirse la reactancia del mismo. De este modo, se controla el par del motor obteniéndose un par máximo durante el periodo de aceleración. Los anillos rozantes se cortocircuitan cuando el motor alcanza la velocidad de régimen, y su funcionamiento en estas condiciones es igual al de un motor de jaula de ardilla.

Como se puede variar la resistencia del circuito del rotor en funcionamiento, se tiene un medio para controlar la velocidad de un motor de rotor devanado. Al aumentar la resistencia del circuito del rotor, se desarrolla un par dado con un deslizamiento mayor. Por lo cual si se inserta el reóstato de control, el motor a velocidad reducida.

Los efectos de una resistencia exterior conectada al circuito del rotor son una disminución en el rendimiento debida a las pérdidas óhmicas y un valor inferior de la regulación de velocidad.

En la figura X.1., se tiene los circuitos de un motor de inducción de rotor devanado.



Circuitos de un motor de inducción de rotor bobinado.

FIGURA X.1.

MATERIAL:

- * MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR DEVANADO.
- * MOTOR/GENERADOR DE C.D.
- * ELECTRODINAMOMETRO.
- * MODULO DE RESISTENCIA PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD.
- * WATTMETRO TRIFASICO.
- * VOLTMETRO DE C.A.
- * AMPERMETRO DE C.A.
- * TACOMETRO MANUAL.
- * CONECTORES.
- * BANDA.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Antes de iniciar la práctica tenga presente todas las medidas de seguridad, así como, las conexiones de los equipos de medición y realizando las siguientes consideraciones:

- 1) Revise y consulte con su instructor todas las conexiones de los equipos, antes de hacer funcionar el equipo.
- 2) Evite introducir cualquier objeto en el interior de la máquina en funcionamiento.
- 3) Acople el motor de c.d., al motor de inducción de rotor devanado.
- 4) Conecte el motor de c.d., de tal manera, que funcione en derivación.
- 5) Conecte el motor de inducción de rotor devanado como se indica en la figura X.2.

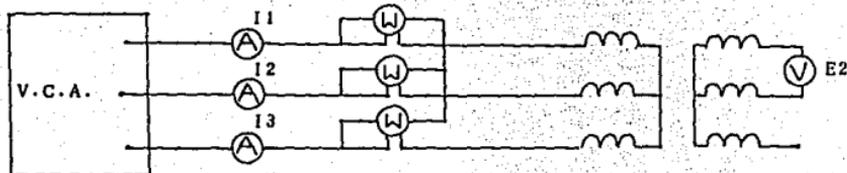


FIGURA X.2.

6) Intercambie las conexiones de la armadura de c.d., con el fin de invertir el sentido del motor. Haga girar el reóstato de campo a su posición extrema en el sentido de las manecillas del reloj.

7) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje de salida de c.d., a una velocidad de motor de 900 r/min.

8) Mida y anote los siguientes datos:

W1 = watts. W2 = watts. W3 = watts.
I1 = amperes. I2 = amperes. I3 = amperes.
E2 = volts.

9) Aumente el voltaje variable de salida de c.d., a 120 volts y ajuste el reóstato de campo a una velocidad de motor de 1800 r/min.

10) Mida y anote los siguientes datos:

W1 = watts. W2 = watts. W3 = watts.
I1 = amperes. I2 = amperes. I3 = amperes.
E2 = volts.

11) Desconecte la fuente de alimentación y comente con su instructor los datos obtenidos.

CARACTERISTICAS DE ARRANQUE DEL MOTOR.

1) Intercambie el motor de c.d., por el electrodinamómetro y acopielo al motor de inducción de rotor devanado por medio de la banda.

2) Conecte el circuito de la figura X.3.

3) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a un voltaje de 100 volts de c.a.

4) Mida y anote las corrientes y el par desarrollado.

I1 = amperes. I2 = amperes. I3 = amperes.
PAR = lb/plg.

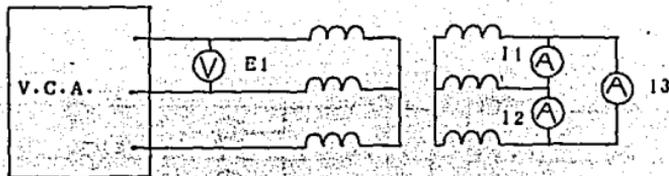


FIGURA X. 3.

5) Aplique una carga de 1 lb/plg. Mida y anote las corrientes del rotor.

I1 = amperes. I2 = amperes. I3 = amperes.

6) Desconecte la fuente de alimentación y comente con su instructor los datos obtenidos.

7) Quite dos ampermetros del rotor y cortocircuite los tres devanados e implemente un ampermetro a la línea de alimentación

8) Ajuste la perilla de control del electrodinamómetro en su posición extrema, de tal manera, que se proporcione la máxima carga.

9) Conecte la fuente de alimentación y mida las corrientes y el par desarrollado.

Recuerde hacer estas mediciones rápidamente.

I1 = amperes. I2 = amperes.

E1 = volts. PAR = lb/plg.

10) Desconecte la fuente de alimentación y comente con su instructor los datos obtenidos.

CARACTERISTICAS DE VACIO Y CARGA DEL MOTOR.

- 1) Conecte el circuito de la figura X.4.

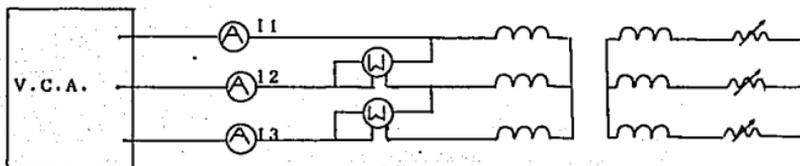


FIGURA X.4.

- 2) Ponga la perilla de control de velocidad en su posición extrema, de tal manera, que se obtenga la resistencia mínima.
- 3) Conecte la fuente de alimentación a 220 volts de c.a.
- 4) Mida y anote las potencias, corrientes y velocidad del motor en la siguiente tabla.

MOTOR DE INDUCCION.						
DE ROTOR DEVANADO.						
CARACTERISTICAS DE CARGA.						
PAR	I1	I2	I3	W1	W2	VEL
lb/plg	amps	amps	amps	watts	watts	r/min
0						
3						
6						
9						
12						

- 5) Desconecte la fuente de alimentación y comente con su instructor los datos obtenidos.
- 6) Ponga la perilla de control de velocidad del reóstato en su posición extrema, de tal manera se obtenga la máxima resistencia.

7) Conecte la fuente de alimentación y llene la tabla siguiente.

PAR	I1	I2	I3	W1	W2	VEL
lb/plg	amps	amps	amps	watts	watts	r/min
0						
3						
6						
9						
12						

8) Desconecte la fuente de alimentación y comente los datos obtenidos con su instructor.

PRACTICA No. 10.
CUESTIONARIO.

1.- ¿De qué factores depende el par de un motor de inducción de rotor devanado?

2.- ¿Cuál es el par máximo? ¿Si se aumenta la carga por encima de este par máximo, que le pasa a la velocidad de este motor?

3.- En el motor de jaula de ardilla normal, ¿a qué valor aproximado de deslizamiento se obtiene el par máximo?

¿Cómo afecta el valor de la resistencia del rotor al punto que ocurre este par máximo?

4.- Al aumentar la carga de un motor de inducción de rotor devanado desde cero hasta el valor nominal, ¿qué ocurre con la velocidad, el par, deslizamiento, intensidad del estator, factor de potencia y rendimiento del motor?

5.- ¿Qué inconvenientes tiene el contruir un motor de jaula de ardilla con una resistencia en el devanado del rotor suficientemente elevada para proporcionar un buen par de arranque?

6.- ¿Cómo se excita el circuito del devanado de rotor de un motor de rotor devanado?

7.- ¿Cómo puede variar la velocidad de un motor de rotor devanado? ¿Cuales son las ventajas y desventajas de este modo de controlar la velocidad?

8.- Dibuje las curvas características del motor de inducción con rotor devanado.

9.- De algunas aplicaciones de este tipo de motores.

10.- ¿Porqué tiene el motor con rotor devanado mejores características de arranque que el de jaula de ardilla y cual es más usado?

PRACTICA No. 11.

TRANSFORMADOR.

BAJA TENSION.

OBJETIVO:

- * Se conocerán los elementos que componen a un transformador.
- * Se obtendrá la resistencia ohmica y de aislamiento.
- * Así como, la relación de transformación, polaridad y secuencia de fases.

INTRODUCCION:

El transformador es un dispositivo estático, es decir, sin partes móviles destinado a transferir energía eléctrica, de un circuito a otro, siendo el enlace común entre ambos circuitos, un flujo magnético común.

El transformador queda comprendido dentro del estudio de las "máquinas eléctricas", aunque no es, propiamente, una máquina.

El concepto de máquina presupone siempre órganos en movimiento y el transformador es un dispositivo estático.

El transformador modifica energía eléctrica de unas características determinadas de tensión y corriente en energía, también eléctrica, pero de diferentes características de tensión y corriente.

En la figura XI.1., está representado un circuito magnético constituido por laminas de material ferromagnético, sobre el que se arrollan dos bobinas, B1 y B2.

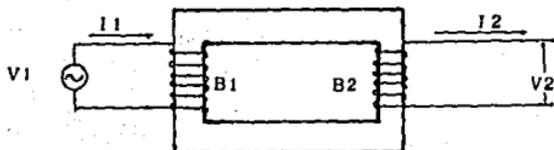


FIGURA XI.1.

De donde:

- V_1 .- voltaje primario.
- I_1 .- corriente primaria.
- V_2 .- voltaje secundario.
- I_2 .- corriente secundaria.

La bobina B_1 actúa como una inductancia que al ser atravesada por la corriente procedente de la fuente de alimentación, produce un flujo alterno que circula por el circuito magnético induciendo una fem en la bobina B_2 ; como consecuencia, por el circuito eléctrico constituido por B_2 y la carga es alimentada por una corriente debida a la inducción mutua.

En un transformador, como en cualquier otro dispositivo mecánico y eléctrico, y de acuerdo a la ley de la transformación de la energía:

$$\text{ENERGIA DE ENTRADA} = \text{ENERGIA DE SALIDA}$$

Así como, las siguientes hipótesis:

- * La reluctancia en el circuito magnético es nula.
- * Las resistencias de las bobinas son nulas.
- * Las pérdidas en el hierro, por histéresis y foucault son nulas.
- * El flujo de dispersión es nulo.

Con lo anterior llega a la fórmula de la relación de transformación.

MATERIAL:

- * TRANSFORMADOR MONOFASICO.
- * TRANSFORMADOR TRIFASICO.
- * PUENTE DE WHEATSTONE.
- * PUENTE DE KELVIN.
- * MULTIMETRO.
- * VOLTMETRO DE C.D.
- * AMPERMETRO DE C.D.
- * MEGGER.
- * VOLTMETRO DE C.A.
- * SECUENCIMETRO.
- * CONECTORES.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

RESISTENCIA OHMICA.

Para la medición de la resistencia ohmica se tienen los siguientes métodos:

Método de la caída de potencial.

Uso de puentes.

METODO DE CAIDA DE POTENCIAL.

Este método consiste en hacer circular por el devanado a prueba una corriente directa cuyo valor se mide con la mayor precisión, e igualmente se mide la caída de potencial entre los extremos de la bobina.

En condiciones de c.d., en estado estable la reactancia es nula, por lo cual, el único parámetro que interviene es la resistencia, cuyo valor es pequeño.

Por lo anterior se debe aplicar una tensión, de tal modo, que la corriente no exceda el 15 % de la nominal, de tal manera, que se evite lo más posible el calentamiento del devanado, así como, no se recomienda para transformadores cuya corriente

nominal sea de 1 ampere o menor.

Para un transformador trifásico el cual su arreglo sea en el interior del tanque, ya sea, en circuito estrella o delta se tiene.

Para un circuito delta la medición obtenida será multiplicada por $3/2$ para obtener la resistencia de cada devanado.

Para un circuito estrella la medición obtenida será multiplicada por $1/2$ para obtener la resistencia de cada devanado.

- 1) Alambre el circuito de la figura XI.2.

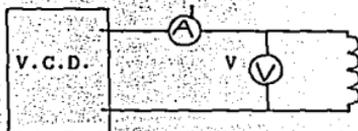


FIGURA XI.2.

- 2) Conecte la fuente de alimentación, procurando no exceder la corriente nominal y llene la siguiente tabla.

TRANSFORMADOR			
MONOFASICO			
RESISTENCIA OHMICA.			
TERMINAL	V	I	R
	volts	amps	ohms
A.T.			
B.T.			

- 3) Para transformadores trifásicos tenemos los siguientes arreglos dependiendo si es en estrella o delta.

4) Alambre el circuito de la figura X1.3.

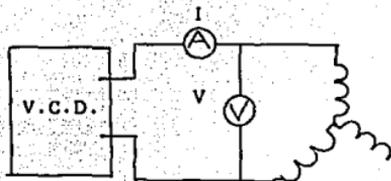


FIGURA X1.3.

5) De las mediciones obtenidas, llene la tabla siguiente:

TRANSFORMADOR		
TRIFASICO		
RESISTENCIA OHMICA.		
ARREGLO	DELTA	ESTRELLA
TERMINAL		
VOLTAJE		
CORRIENTE		
RESISTENCIA		
RESIST. DEV.		

METODO DE PUENTES.

El uso de este equipo de medición de resistencias representa ventajas notables con respecto al método anterior, entre las ventajas sobresalientes, se mencionan:

- * Mayor precisión.
- * Conexión sencilla.
- * Circulación de corriente pequeña.
- * Mayor rapidez en la prueba.

Antes de iniciar esta parte de la práctica comente el funcionamiento de estos equipos de medición, al igual que sus conexiones principales para no dañarlos.

Debido a la circulación de corriente en la bobina del equipo, almacena energía en el núcleo del transformador, esta energía se descarga en el momento de suspender la corriente.

De los mismos transformadores utilizados en la prueba anterior, checamos la resistencia de estos y llene las siguientes tablas.

TRANSFORMADOR			
MONOFASICO			
RESISTENCIA OHMICA.			
TERMINAL	V	I	R
	volts	amps	ohms
A.T.			
B.T.			

TRANSFORMADOR		
TRIFASICO		
RESISTENCIA OHMICA.		
ARREGLO	DELTA	ESTRELLA
TERMINAL		
VOLTAJE		
CORRIENTE		
RESISTENCIA		
RESIST. DEV.		

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

El aislamiento es uno de los eslabones más débiles en un sistema eléctrico. Su falla casi siempre ocasiona la salida de servicio de los equipos, provocando generalmente fallas costosas de reparar.

Por este motivo es necesario determinar cuando menos cada año la resistencia de los aislamientos mediante las siguientes pruebas:

- * Rigidez dieléctrica.
 - * De aislamiento entre el tanque contra tierra.
 - * De aislamiento entre el devanado de alta tensión contra baja tensión.
 - * De aislamiento entre el devanado de alta tensión contra tanque y tierra.
- Determinación del factor de disipación.
- * Factor de absorción.
 - * Prueba de nivel de aislamiento (BIL).

TRANSFORMADOR MONOFASICO.

- 1) Consulte las instrucciones del Megger.
- 2) Identifique las terminales de alta y baja tensión.
- 3) Conectate el equipo como se indica en la figura XI.4., y mida las lecturas necesarias.

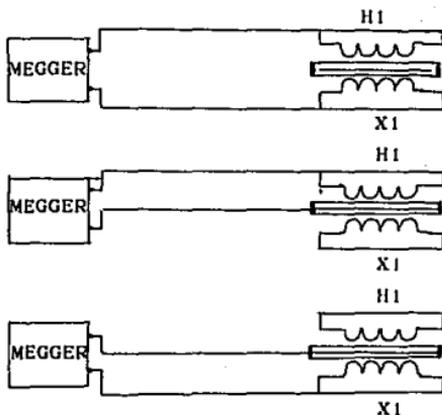


FIGURA XI.4.

TRANSFORMADOR	
MONOFASICO	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.	
ARREGLO	RESISTENCIA.
A.T. - B.T.	
A.T. - NUCLEO	
B.T. - NUCLEO	

TRANSFORMADOR TRIFASICO.

La prueba se hace similar a la anterior, únicamente incluyendo en las conexiones de los tres devanados de alta tensión y los de baja tensión, o sea:

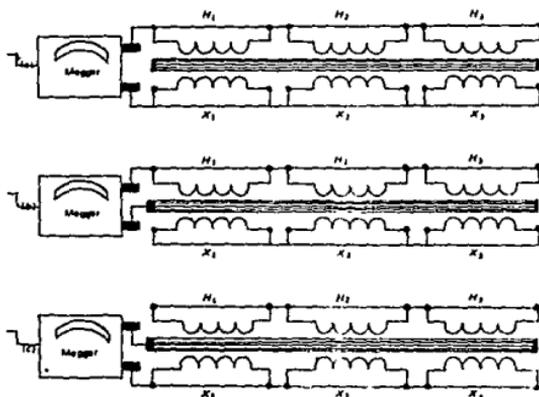


FIGURA XI.5.

TRANSFORMADOR	
TRIFASICO	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.	
ARREGLO	RESISTENCIA
A.T. - B.T.	
A.T. - NUCLEO	
B.T. - NUCLEO	

RELACION DE TRANSFORMACION.

Para determinar la relación de transformación en laboratorio existen los siguientes métodos:

- * Método de los dos voltmetros.
- * Método del transformador patrón.
- * Método del potenciómetro de resistencia.

Básicamente los tres métodos consisten en aplicar a uno de los devanados una tensión alterna, y detectar el valor inducido en el otro devanado.

En todos los casos es importante efectuar las conexiones respetando la polaridad de los devanados.

La polaridad se entiende que cuando se aplica a un devanado una excitación senoidal, en el otro devanado se induce una onda proporcional a la aplicada.

La onda aplicada y la inducida prácticamente se encuentra en fase, de manera que habrá una terminal en el primario y otra en el secundario en cualquier instante tenga la misma polaridad.

Ver figura XI.6.

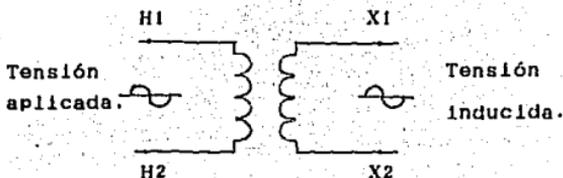


FIGURA XI.6.

METODO DE LOS DOS VOLTMETROS

Consiste en aplicar a uno de los devanados del transformador una tensión alterna, el cual, también en el devanado del secundario se tendrá una tensión alterna, al medir ambos devanados obtendremos la relación de transformación.

1) Alambre el circuito de la figura XI.7., y llene la tabla correspondiente.

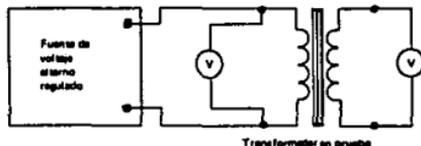


FIGURA XI.7.

TRANSFORMADOR. MONOFASICO.			
RELACION DE TRANSFORMACION.			
VOLTAJE	V1	V2	V1/V2
10			
20			
40			
60			
80			
100			

METODO DEL TRANSFORMADOR PATRON.

Para este método se dispone de un transformador cuya relación de transformación es conocida, y por comparación, se obtiene la relación de transformación en prueba.

Los transformadores patrón se clasifican en:

- * Transformador patrón en relación cte.
- * Transformador patrón en relación variable. (TTR)

Se aplica una tensión alterna, a voltaje nominal o menor, y frecuencia nominal o mayor, a un devanado del transformador patrón y al correspondiente transformador en prueba conectados en paralelo (sin olvidar la polaridad).

Los otros devanados se conectan en paralelo sin cerrar el

circuito. incluyendo en el punto de apertura, ver figura XI.8.

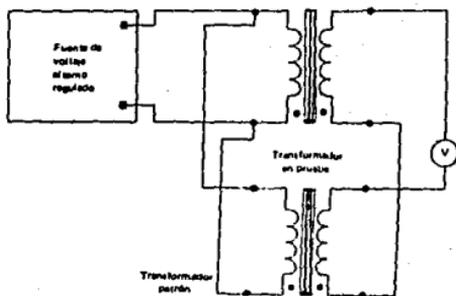


FIGURA XI.8.

Si el voltmetro marca cero, significa que la relación de transformador en prueba es la deseada, en caso contrario significa que el transformador en cuestión no es el adecuado y habrá que cambiarlo.

Ya seleccionado el transformador patrón, se alimenta en paralelo con el transformador en prueba; ver figura XI.9.

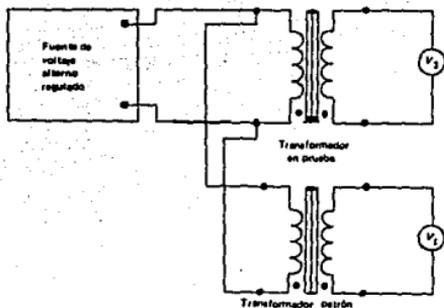


FIGURA XI.9.

Si llamamos:

V1.- Lectura del voltmetro en el transformador patrón.

V2.- Lectura del voltmetro en el transformador en prueba.

Ap.- relación del transformador patrón.

Ax.- relación del transformador a prueba.

En vista de que ambos transformadores tienen el mismo voltaje de excitación:

$$A_p V_1 = A_x V_2$$

de donde:

$$A_x = V_1/V_2 A_p$$

TRANSFORMADOR.			
MONOFASICO.			
RELACION DE TRANSFORMACION.			
V1	V2	Ap	Ax
volts	volts		

METODO DEL POTENCIOMETRO DE RESISTENCIA.

Consiste en aplicar al devanado de alta tensión del transformador en prueba un voltaje alterno, y mediante interconexiones con el devanado de baja tensión a través de un potenciómetro, en el cual detecta una posición con la que anula las corrientes circulantes.

Se requiere un potenciómetro adecuado, que no sufra calentamiento con el voltaje aplicado y que tenga una graduación precisa a la resistencia variable al deslizar el contacto móvil, debe aparecer una posición en donde el detector marque corriente nula.

Donde la posición sera: $a = R/R'$

R.- valor total de la resistencia.

R'.- valor de la resistencia del punto deslizando.

* Alambre el siguiente circuito.

Ver figura XI.10.

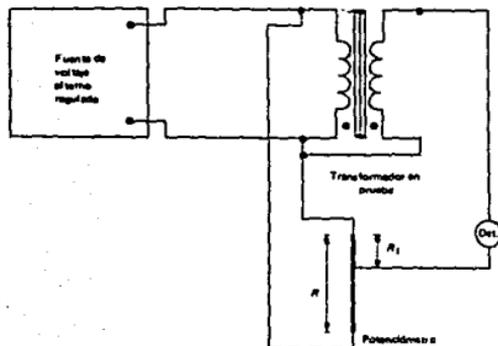


FIGURA XI.10.

TRANSFORMADOR		
MONOFASICO		
RELACION DE TRANSFORMACION.		
R	R'	a

POLARIDAD Y SECUENCIA DE FASES.

Cuando se energiza el devanado primario de un transformador por medio de una fuente de c.a., se establece un flujo magnético alterno en el núcleo del transformador. Este flujo enlaza las vueltas de cada devanado del transformador induciendo así voltaje de c.a., en ellos. Cuando se habla de la polaridad de los devanados de un transformador, se trata de identificar todas las terminales que se tiene la misma polaridad (negativa o positiva) en el mismo instante.

Se llama polaridad positiva aquella en la que la corriente de excitación entra al devanado primario y sale a la carga en el secundario.

En forma contraria, se dice, que la polarización es negativa.

Cuando hablamos de polarización es recomendable identificarlas por medio de marcas que pueden ser puntos negros, números, ect., que indiquen cuales terminales tienen la misma polaridad.

Para verificar la polaridad de los transformadores se recomiendan dos métodos.

- * Método de los dos voltmetros.
- * Método de descarga inductiva.

METODO DE LOS DOS VOLTMETROS.

Consiste en aplicar al devanado de alta tensión un voltaje alterno de valor nominal o menor. El observador colocado frente a las terminales de baja tensión e identificar el devanado en prueba y suponer una polaridad, colocando los voltmetros como se indica en la figura XI.12.

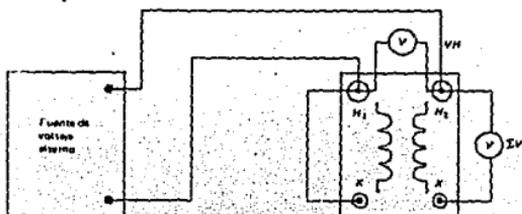


FIGURA XI.11.

Si convenimos en que el voltmetro colocado en A.T. da una lectura V_h , y el voltmetro colocado entre A.T. y B.T. da la suma algebraica de voltajes V , entonces:

- Si $V > V_h$ la polaridad es aditiva.
- $V < V_h$ la polaridad es negativa.

Para seleccionar los voltmetros sume $V_H + V_x$ y obtendrá el rango del voltmetro v .

$V_H =$ volts
 $V_x =$ volts.
 $V =$ volts

METODO DE LA DESCARGA INDUCTIVA.

Este método consiste en aplicar un voltaje de c.d., a uno de los devanados cuidando de no exceder su valor nominal. En el lado secundario se coloca el voltmetro de c.d., el cual nos va indicar si la polarización es aditiva o sustractiva.

Dependiendo de la deflexión de la aguja del voltmetro nos indicara el sentido de la corriente y por ende la polarización.

* Alambre el circuito de la figura XI.12.

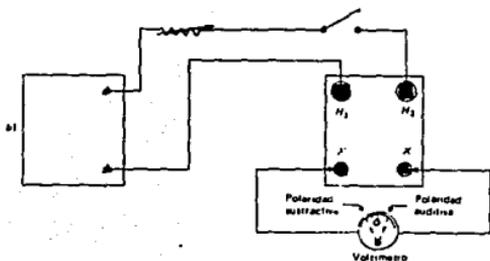


FIGURA XI.12.

SECUENCIA DE FASES.

En una práctica normalizada, se designaron las fases a-b-c, de tal forma, que bajo condiciones balanceadas, el voltaje y la corriente en la fase A adelantada al voltaje y la corriente de la fase B 120° y en la fase C por 240° , esto se conoce como secuencia de fases positiva.

Si la rotación del generador se invierte, o cualquier dos de los tres hilos de la fuente de alimentación, la secuencia de fases se invierte y esto se llama secuencia de fases negativa.

Por lo anterior se tiene que respetar la secuencia de fases que tienen los equipos con alimentación trifásica.

Para esto nos auxiliamos de un secuencímetro, que nos ayudara a observar la secuencia de fases.

En caso de que no cuente con este equipo de medición, realice un motor de inducción, la rotación nos indica la secuencia de fases.

PRACTICA No. 11.
CUESTIONARIO.

1.- Explicar cómo un transformador regula el valor de la intensidad primaria requerida para suministrar una corriente secundaria dada.

2.- ¿Qué información se encuentra normalmente en la placa de características de un transformador?

3.- ¿Qué significa flujo disperso y como lo reduce?

4.- ¿Porqué se debe conocer las polaridades de los transformadores de potencia, potencial y de corriente?

5.- ¿Cuáles son algunas ventajas de utilizar transformadores trifásicos en lugar de usar monofásicos?

6.- ¿Qué es el BIL?

7.- ¿Dónde colocaría el banco de capacitores para mejorar el factor de potencia, el alta o baja tensión?

8.- Cual de los métodos para encontrar la relación de transformación es el más eficaz, y ¿porqué?

9.- Cual es la finalidad específica en encontrar la resistencia de aislamiento en una máquina eléctrica.

10.- Investigue las características e instrumentos que tiene un transformador de potencia sumergido en aceite.

PRACTICA No. 12.

TRANSFORMADOR.

BAJA TENSION.

OBJETIVO:

- * Obtener los parámetros de un transformador mediante las pruebas de vacío y cortocircuito.
- * Verificar el diagrama fasorial y el desplazamiento angular en un transformador.

INTRODUCCION:

En los transformadores como en cualquier otro dispositivo eléctrico se producen pérdidas de potencia. Una parte de estas pérdidas se generan ya en vacío y se conservan inalteradas con carga, por lo que se conocen como pérdidas en vacío; otra parte de las pérdidas, aparecen solamente cuando el transformador está con carga y depende esencialmente de ella, siendo aproximadamente proporcionalmente a esta; se denominan pérdidas debidas a la carga.

Las pérdidas en vacío son las que se producen en el circuito magnético, a causa de las corrientes de Foucault e histéresis; por lo que son esencialmente pérdidas en el hierro. Aunque con el transformador en vacío también aparecen pérdidas por efecto Joule en el bobinado primario, debidas a la corriente en vacío lo, como esta corriente es muy pequeña, puede desprejarse estas pérdidas y considerar unicamente las ya citadas pérdidas en el hierro.

Las pérdidas debidas a la carga se producen en los circuitos eléctricos, primario y secundario, del transformador; se denominan también pérdidas en el cobre. Se deben al efecto Joule producidas al paso de las corrientes primarias y secundarias por los respectivos arrollamientos y valen:

$$P_{cu} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2$$

Por lo tanto, son directamente proporcionales a la corriente de carga.

Durante el funcionamiento en carga del transformador aparece simultáneamente las pérdidas en vacío y las pérdidas debidas a la carga, de tal forma que las pérdidas totales valen:

$$P_t = P_{fe} + P_{cu}$$

De ellas las pérdidas en el hierro son fijas e independientes de la carga, y las pérdidas en el cobre son variables y dependen de la carga.

Concretando lo anterior, un transformador presenta las siguientes pérdidas:

PERDIDAS EN VACIO.

PERDIDAS EN EL NUCLEO.

- * Pérdidas de energía por corrientes parásitas.
- * Pérdidas de energía por histéresis.
- * Pérdidas de energía por flujo de dispersión.

PERDIDAS DEBIDAS A LA CARGA.

PERDIDAS EN LOS ARROLLAMIENTOS.

- * Pérdidas por efecto Joule.

CORRIENTES PARASITAS.- los núcleos magnéticos son de acero, que es material conductor de electricidad; los flujos que circulan por este núcleo son variables por lo que se inducirán, por la de Faraday, las corrientes eléctricas en las secciones

transversal de dicho núcleo. La dirección de las corrientes están determinadas por la ley de Lenz. Ver figura XII.1.

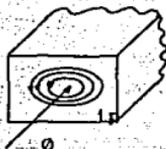


FIGURA XII.1.

La circulación de estas corrientes significan una pérdida de potencia por efecto Joule que se manifiesta con el calentamiento del núcleo. Para reducir estas pérdidas, el núcleo se construye con láminas apiladas separadas entre sí con barniz dieléctrico, ó con su propia oxidación. Ver figura XII.2.

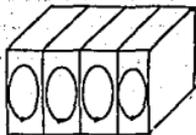


FIGURA XII.2.

Al laminar se reduce las trayectorias de las corrientes eléctricas disminuyendo, por lo tanto, sus efectos.

Las láminas de un núcleo magnético llega a tener un espesor de 0.30 mm con lo que las corrientes parásitas quedan reducidas a un valor mínimo.

HISTERESIS.- en la frecuencia eléctrica usual de generación, distribución y consumo (60 Hz.), el campo magnético sobre el núcleo se invierte 120 veces por segundo, cambiando los dominios magnéticos (según la teoría de los dominios) su orientación es igual al número de veces. Los dominios no cambian de dirección con la misma rapidez con que varía el flujo y, además, sus cambios de dirección provocan una fricción interna que desarrolla una cierta cantidad de calor, que representa una pérdida de energía.

Por otra parte, dependiendo del material usado en la construcción del núcleo, para un ciclo de histeresis, en particular se necesitara mayor o menor fuerza coercitiva al eliminar el magnetismo remanente.

Para reducir estas pérdidas de energía se utiliza en la práctica, para la construcción de los núcleos, materiales con un ciclo de histéresis estrecho.

Entre estos materiales se tienen los llamados aceros orientados (aceros al silicón), que como el acero hipersil (high permeability silicon steel) logra lo deseado.

Además, de lo anterior se diseña el núcleo para que el punto de inversión de los dominios sea antes de la rodilla de la curva de saturación y se logra con esto que se estrecha a un más con el lazo de histéresis.

FLUJOS DE DISPERSION.- debido a la reluctancia que constituye a los núcleos reales, la forma geometrica economiza de los mismos y en algunas ocasiones a la presencia del entre hierro, algunas líneas del flujo generado por la corriente magnetizante en el embobinado primario no llega al secundario, es decir la figura XII.3.

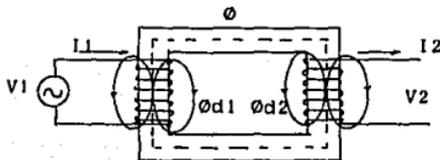


FIGURA XII.3.

La manera de reducir los flujos indeseables, que representan una pérdida de energía, devanando los embobinados del transformador lo más adheridos posible al núcleo.

Además se utiliza material de alta μ en el núcleo, como el acero hipersil, con amplia sección transversal del mismo y un buen diseño geométrico, para lograr el balance óptimo de economía y operación.

EFEECTO JOULE EN LOS DEVANADOS.- las pérdidas por calor dependen del calibre y tipo de material usado en los devanados.

El cobre que es de buena conductividad y bajo costo, nos da una pérdida por efecto Joule relativamente baja en comparación con otros conductores, y dependiendo de los intereses económicos y operacionales, se puede reducir más las pérdidas, aumentando poco o mucho la sección transversal del conductor.

Con las soluciones anteriores es factible disminuir las pérdidas de energía, a tal grado, que la potencia de entrada del transformador será casi igual a la potencia de salida (0.2 % a 5 % de diferencia).

Por esta razón y para sencillez de cálculos, en gran número de problemas prácticos, se considera al transformador real como si fuera ideal, suponiendo la potencia de entrada sea igual a la de salida.

MATERIAL:

- * TRANSFORMADOR TRIFASICO.
- * TRANSFORMADOR MONOFASICO.
- * VOLTMETRO. DE C.A.
- * AMPERMETRO DE C.A.
- * WATTMETRO MONOFASICO.
- * FRECUENCIMETRO.
- * CONECTORES.
- * FUENTE DE PODER.

DESARROLLO:

Se cuenta con dos pruebas fundamentales, que nos permiten determinar los parámetros del circuito equivalente de un transformador de manera sencilla, así como, obtener las pérdidas eléctricas (en el cobre) y magnéticas (en el núcleo) del mismo.

PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO.

Si observamos la expresión:

$$P_h = V k_e C^2 f^2 B^2 \max. + V k_a f B^2 \max.$$

Notamos lo difícil y dilatado que sería obtener las pérdidas en el núcleo (P_h) con esta expresión; que nos daría, además, un resultado aproximado.

Con la prueba de circuito abierto, obtenemos estas pérdidas de una manera cómoda y precisa, independientemente de poder también determinar los valores de I_{fe} , I_m , $I_{exc.}$, R_{fe} , X_m .

La prueba se denomina de circuito abierto, porque el bobinado secundario no tiene carga alguna conectada, esto es, se encuentra abierto, según el circuito equivalente aproximado, se reduce a la figura XII.4.



FIGURA XII.4.

Donde la única corriente que circula, es la de excitación (i_o , i_e) y como esta es muy pequeña, se desprecia la caída de tensión de la resistencia del arrollamiento primario.

Habiendo verificado por medio del equipo de medición que se aplique la frecuencia y el voltaje nominal, y no existe distorsión de onda, realizamos lo siguiente.

- 1) Conecte el circuito de la figura XII.5.

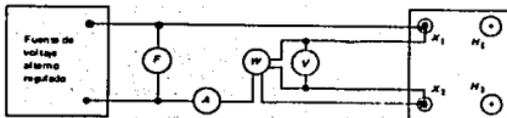


FIGURA XII.5.

- 2) Regule el voltaje hasta obtener el nominal tome las lecturas, llenando la siguiente tabla.

TRANSFORMADOR. MONOFASICO.	
PERDIDAS MAGNETICAS.	
POTENCIA	
CORRIENTE	
VOLTAJE	
FRECUENCIA	

- 3) De los resultados anteriores, se obtienen los parámetros en vacío del transformador, que son R_{fe} y X_m .

$$I_{fo} = P / V$$

$$R_{fe} = V / I_{fo}$$

$$I_x = I_{exc} - I_{fo}$$

$$X_m = V / I_x$$

Para transformador trifásicos, similar al anterior solo que a cada devanado se le puede hacer la prueba independiente o en conjunto, puesto que se pueden usar wattmetros monofásicos o trifásicos, pero nos basaremos a los métodos de dos y tres wattmetros.

METODO DE LOS DOS WATTMETROS.

Para este método de los dos wattmetros, la suma algebraica en watts nos da las pérdidas magnéticas, recordamos que si el factor de potencia es bajo, una de las lecturas es negativa y el promedio de las lecturas de los ampermetros nos da la corriente de excitación.

- 1) Alambre el circuito de la figura XII.6.

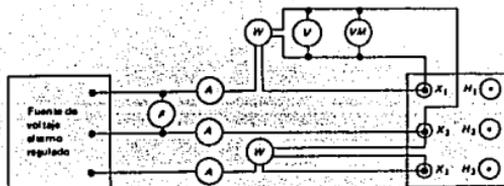


FIGURA XII.6.

- 2) Recuerdese que los valores de forma total, para obtener el valor para cada devanado se debe de hacer la conversión.

Tome lecturas y llene la tabla correspondiente.

TRANSFORMADOR.						
TRIFASICO.						
PERDIDAS MAGNETICAS.						
V	f	A1	A2	A3	W1	W2
volts	Hz	amps	amps	amps	watts	watts

3) De lo anterior, obtenemos los parámetros de cada devanado.

V/3	W/3	I _{fe}	R _{fe}	I _x	X _l
volts	watts	amps	ohms	amps	ohms

METODO DE LOS TRES WATTMETROS.

Es idem al anterior solo que ahora son tres wattmetros, de tal manera, que la suma algebraica nos da la potencia total en vacío.

1) Alambre el circuito de la figura XII.7.

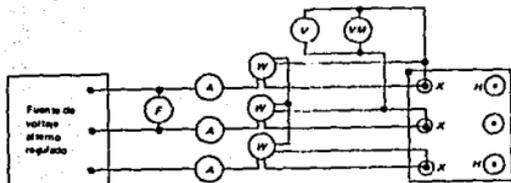


FIGURA XII.7.

2) Realice las mediciones pertinentes y llene la siguiente tabla.

TRANSFORMADOR.							
TRIFASICO.							
PERDIDAS MAGNETICAS.							
V	f	A1	A2	A3	W1	W2	W3
volts	Hz	amps	amps	amps	watts	watts	watts

3) Con los datos anteriores encontramos los parámetros del transformador.

V/ 3	I _{fe}	W/3	R _{fe}	I _x	X _l
volts	amps	watts	ohms	amps	ohms

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO.

- 4) Alambre el circuito de la figura XII.8.

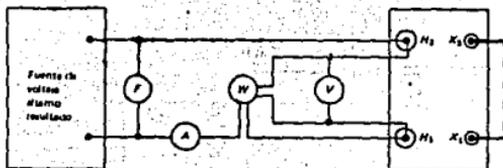


FIGURA XII.8.

- 5) Regule el voltaje hasta obtener la corriente nominal, tome lecturas y llene la siguiente tabla.

TRANSFORMADOR.				
MONOFASICO.				
PERDIDAS ELECTRICAS.				
V	f.	I ₁	I ₂	W
volts	Hz	amps	amps	watts

- 6) De los datos anteriores encontramos los parámetros.

Z _{eq}	R _{eq}	X _{eq}	R ₁	R ₂	X ₁	X ₂
ohms	ohms	ohms	ohms	ohms	ohms	ohms

Para transformadores trifásicos es similar el método, solo que ahora se incrementara el equipo de medición, recordando que la fuente de alimentación trifásica debe ser regulable.

Pueden ser utilizados los métodos de los dos o tres wattmetros. De los cuales, se vera solo el método de los dos wattmetros.

1) Alambre el circuito de la figura XII.9.

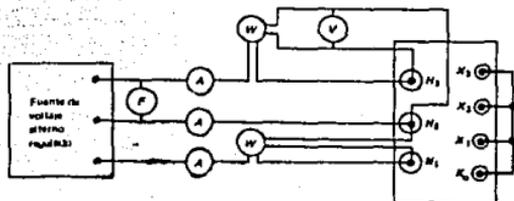


FIGURA XII.9.

2) Regule el voltaje hasta obtener la corriente nominal. Recuerde no tocar ninguna de las partes vivas del transformador.

3) Llene la siguiente tabla:

TRANSFORMADOR.						
TRIFASICO.						
PERDIDAS ELECTRICAS.						
V	f	A1	A2	A3	W1	W2
volts	Hz	amps	amps	amps	watts	watts

4) Con los datos anteriores, calcule los valores de los devanados.

Zeq	Req	Xeq	R1	R2	X1	X2
ohms						

5) Si se tiene tiempo, realice el método de los tres wattmetros.

PORCIENTO DE IMPEDANCIA.

Este es un parámetro muy útil para el análisis de su comportamiento cuando se integra a un sistema eléctrico, y para el cálculo de corto circuito.

Su valor se puede obtener en esta prueba de manera muy sencilla, según la siguiente fórmula:

$$\% Z = \frac{\text{VOLTAJE DE PRUEBA}}{\text{VOLTAJE NOMINAL}} \times 100$$

Este parámetro debe de estar incluido en las especificaciones de placa del transformador, y el objeto de calcularlo en esta prueba es verificar su valor.

Además, cuando encontramos esta especificación en la placa, nos permite estimar el voltaje de prueba para efecto de seleccionar los instrumentos de medición.

Como las pérdidas eléctricas o pérdidas de carga están dadas por la lectura del wattmetro, las pérdidas óhmicas se obtienen mediante el producto de $I^2 R$.

La diferencia entre las pérdidas óhmicas y las pérdidas de carga nos dan las pérdidas indeterminadas.

En el caso de los transformadores trifásicos se consideran todas las pérdidas de los devanados.

Con los datos obtenidos en la prueba de corto circuito complete la siguiente tabla.

TRANSFORMADOR		
PORCIENTO DE IMPEDANCIA.		
	MONOFASICO	TRIFASICO
PERDIDAS ELECTRICAS.		
PERDIDAS OHMICAS.		
PERDIDAS INDETERMINADAS		
VOLTAJE DE PRUEBA		
% Z		

DESPLAZAMIENTO ANGULAR Y VERIFICACION DEL DIAGRAMA FASORIAL.

Las pruebas de relación de transformación y secuencia de fases se ha llevado a cabo, en base al diagrama fasorial, sus conexiones, del transformador trifásico, y son complementadas con esta prueba que tiene por objeto verificar al diagrama mencionado, y del mismo, obtener el desplazamiento angular.

Para verificar el diagrama, se aplica al lado de alta tensión, una alimentación trifásica, de un valor adecuado para tomar lecturas con un voltmetro, interconectando a la vez una terminal de alta con una de baja del transformador en prueba.

Generalmente es H_1 con X_1 como se indican en las tablas correspondientes.

Se toma las lecturas indicadas en la columna derecha de las mismas tablas y se verifican las relaciones de tensión que ahí mismo aparecen. Si las relaciones se cumplen queda verificado el diagrama supuesto.

Por último, para obtener el desplazamiento angular, si observamos que todos los diagramas aparece un fasor de alta tensión H_0-H_1 y uno de baja tensión X_0-X_1 .

En caso de conexiones delta se supone un neutro virtual y el fasor aparece con línea punteada.

Si a un lado del diagrama de conexiones, transportamos los fasores H_0-H_1 y X_0-X_1 con un origen común y suponemos que el sistema gira en el sentido convencional (contrario a las manecillas del reloj), el segundo fasor que pasa por un punto plano, se dice que está atrazado con respecto al primero.

Los transformadores conectados bajo especificaciones de norma debe cumplir con los siguientes requisitos de desplazamiento angular.

* Conexión delta - delta y estrella - estrella, baja tensión en fase con alta tensión.

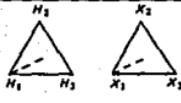
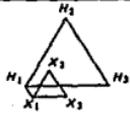
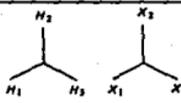
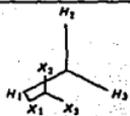
* Conexión delta - estrella y estrella - delta, baja tensión atrazado 30° con respecto alta tensión.

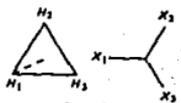
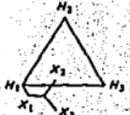
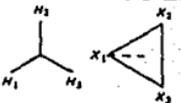
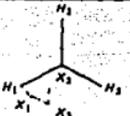
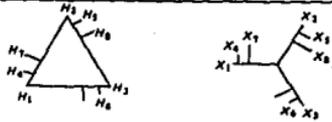
- 1) Seleccione el diagrama a prueba y conectelo.
- 2) Transporte los fasores $H_0 - H_1$ y $X_0 - X_1$, al origen común.
- 3) Determine el desplazamiento angular, según el diagrama anterior y dibújelo para su fácil manejo.
- 4) Conecto la fuente de alimentación.
- 5) Tome lecturas y verifique las mediciones de prueba del diagrama seleccionado con un volmetro y anotela.

VERIFICACION DEL DIAGRAMA FASORIAL Y DESPLAZAMIENTO ANGULAR.			
TERMINAL	VALOR MEDIDO	TENSIONES	CUMPLE

DESPLAZAMIENTO ANGULAR Y DIAGRAMA FASORIAL.

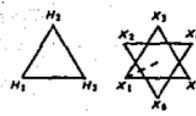
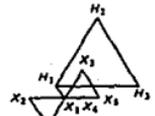
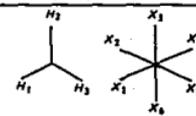
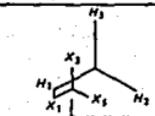
Marcado de terminales y diagramas de secuencia de fases para conexión trifásica de transformadores.

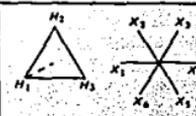
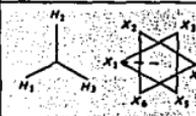
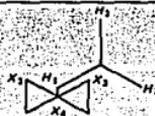
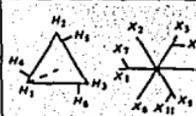
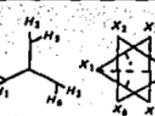
Grupo	Desplazamiento angular	Diagrama para mediciones de prueba	Mediciones de prueba
Grupo 1 Desplazamiento angular 0 grados	 <p style="text-align: center;">Conexión delta - delta</p>		Conectar: H_1 a X_1 Medir: $H_2 - X_2, H_3 - X_3, H_1 - H_2, H_2 - X_3$ Relaciones de tensión: (1) $H_2 - X_2 = H_3 - X_3$ (2) $H_2 - X_2 < H_1 - H_2$ (3) $H_2 - X_2 < H_3 - X_3$
	 <p style="text-align: center;">Conexión estrella - estrella</p>		

Grupo 2 Desplazamiento angular 30 grados	 <p style="text-align: center;">Conexión delta - estrella</p>		Conectar: H_1 a X_1 Medir: $H_2 - X_2, H_3 - X_3, H_1 - H_2, H_2 - X_3,$ $H_2 - X_3$ Relaciones de tensión: (1) $H_2 - X_2 = H_3 - X_3$ (2) $H_2 - X_2 < H_1 - H_2$ (3) $H_2 - X_2 < H_3 - X_3$ (4) $H_2 - X_2 < H_1 - H_3$
	 <p style="text-align: center;">Conexión estrella - delta</p>		
	 <p style="text-align: center;">Transformador trifásico con derivaciones</p>		

DESPLAZAMIENTO ANGULAR Y DIAGRAMA FASORIAL.

Marcado de terminales y diagrama de secuencia de fases para conexión trifásica de transformadores.

Grupo	Desplazamiento angular	Diagrama para mediciones para prueba	Mediciones de prueba
Grupo 1 Desplazamiento angular 0 grados	 <p style="text-align: center;">Delta - doble delta</p>		Conectar H_1 a X_1 y X_6 Medir $H_2 - X_3, H_1 - H_2, H_3 - X_5, H_2 - X_6,$ $H_3 - X_2, H_2 - X_3, H_3 - X_3$ Relaciones de tensión (1) $H_2 - X_5 = H_2 - X_3$ (2) $H_1 - X_3 < H_1 - H_2$ (3) $H_2 - X_3 < H_2 - X_5$ (4) $H_2 - X_6 = H_2 - X_3$ (5) $H_2 - X_6 > H_1 - X_6$
	 <p style="text-align: center;">Estrella - doble delta</p>		Conectar X_2 a X_6 y X_6, H_1 a X_1 Medir $H_2 - X_3, H_3 - X_5, H_1 - H_2, H_1 - X_3$ Relaciones de tensión (1) $H_2 - X_5 = H_2 - X_3$ (2) $H_1 - X_3 < H_1 - H_2$ (3) $H_2 - X_3 < H_2 - X_5$

Grupo 2 Desplazamiento angular 30 grados	 <p style="text-align: center;">Delta - doble delta</p>		Conectar X_2 a X_6 y X_6, H_1 a X_1 Medir $H_2 - X_3, H_2 - X_5, H_1 - H_2, H_1 - H_3,$ $H_3 - X_3, H_2 - X_3$ Relaciones de tensión (1) $H_2 - X_5 = H_2 - X_3$ (2) $H_2 - X_3 < H_1 - H_2$ (3) $H_1 - X_3 < H_2 - X_3$
	 <p style="text-align: center;">Estrella - doble delta</p>		Conectar H_1 a X_1 y X_6 Medir $H_2 - X_3, H_2 - X_5, H_1 - H_2, H_2 - X_3,$ $H_2 - X_5, H_3 - X_5, H_3 - X_6, H_3 - X_3,$ $H_1 - X_3$ $H_2 - X_6$ Relaciones de tensión (1) $H_2 - X_5 = H_2 - X_3$ (2) $H_2 - X_3 < H_1 - H_2$ (3) $H_2 - X_3 < H_2 - X_5$ (4) $H_2 - X_5 = H_2 - X_6$ (5) $H_2 - X_5 > H_1 - H_2$ (6) $H_1 - X_3 < H_2 - X_3$
	 <p style="text-align: center;">Transformadores esféricos con derivaciones</p>		(1) $H_2 - X_5 = H_2 - X_3$ (2) $H_2 - X_3 < H_1 - H_2$ (3) $H_2 - X_3 < H_2 - X_5$ (4) $H_2 - X_5 = H_2 - X_6$ (5) $H_2 - X_5 > H_1 - H_2$ (6) $H_1 - X_3 < H_2 - X_3$

PRACTICA No. 12.
CUESTIONARIO.

1.- ¿Compara el rendimiento de un transformador con el de las máquinas eléctricas rotativas estudiadas hasta el momento, de sus conclusiones?

2.- ¿Qué pérdidas varían con el valor de la carga del transformador? ¿Qué pérdidas son prácticamente constantes?

3.- ¿Porqué se sumergen los devandos en aceite de algunos transformadores?

4.- ¿Porqué se prefieren en algunos lugares, transformadores refrigerados por aire?

5.- ¿Qué precauciones debe considerar cuando se utiliza transformadores de corriente?

6.- ¿Qué es un regulador? ¿Cuándo es deseable equipar un transformador con un regulador?

7.- Si, la impedancia del banco de capacitores es igual a la impedancia del transformador. ¿Porqué la corriente a la carga es cero?

8.- ¿Para que nos sirve el % de impedancia, del dato de placa del transformador?

9.- Como podría calcular los parámetros a un transformador sin datos de placa.

10.- Es lo mismo un transformador de corriente, de potencia, de potencial y autotransformador.

CONCLUSIONES.

En la actualidad la formación de ingenieros es sumamente primordial, el aspecto de la práctica que es su complemento y superación profesional, ya que, cualquier tipo de empresa no importando su tamaño o el tipo de producto que elabore, será donde exponga sus conocimientos, teóricos y prácticos, las cuales transformarán en beneficio de todo tipo para el personal que elabore en la misma.

Las máquinas eléctricas, tienen una gran importancia en la vida económica de un país y tener conocimiento de éstas nos ayuda a comparar su construcción, funcionamiento y aplicaciones diferentes.

En este trabajo se da a conocer estas características de las máquinas más comunes.

APENDICE A.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA CIRCULAR DE HEYLAND.

Este diagrama circular se puede construir a partir de las pruebas en vacío y de rotor bloqueado. Agregando algunos trazos, se podrá obtener el comportamiento total del motor.

Es conveniente comenzar por dibujar el fasor de mayor magnitud, procurando que ocupe todo el espacio disponible en el papel de dibujo, de acuerdo la escala que resulte de este primer trazo, se continúa con los demás.

A continuación se describen, paso a paso, los detalles de construcción del diagrama.

1) Trazar los ejes de referencia, y sobre el eje vertical, dibujar el fasor que representa al voltaje de fase "Vf".

2) Trazo de la corriente de arranque: de la prueba de rotor bloqueado se puede obtener:

* Magnitud de la corriente de fase de arranque, que es la extrapolación de la corriente de fase en la prueba, el valor correspondiente al voltaje nominal.

* Angulo de fase. Se deduce del factor de potencia de la prueba, a partir de la potencia real y la potencia aparente por fase.

$$\theta_a = \cos^{-1} P_a / S_a$$

con un transportador, se mide el ángulo θ_a a partir del eje vertical, ver figura. En esta posición se dibuja el fasor que representa la corriente de arranque I_a , procurando que ocupe todo el espacio disponible.

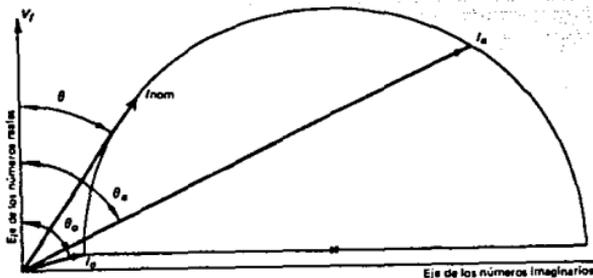


Diagrama circular de Heyland, mostrando tres corrientes características del

3) Cálculo de la escala de corrientes: recuérdese que una escala se define como el cociente entre la magnitud real y la magnitud dibujada.

La magnitud real es la corriente de arranque por fase, extrapolada y la magnitud dibujada es el segmento OA.

$$\text{Escala de corriente: } SA = IA / OA \text{ (Amp. / cm)}$$

4) Trazo de la corriente en vacío. De la prueba de vacío se puede obtener:

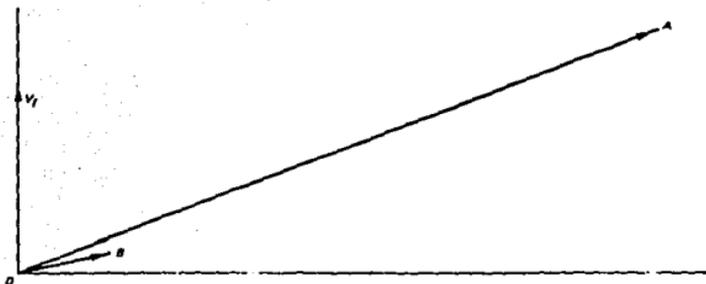
- * Magnitud de la corriente de fase en vacío, aplicando el voltaje nominal.
- * Angulo de fase. Se deduce el factor de potencia de la prueba de vacío.

$$\theta_0 = \cos^{-1} P_0 / S_0$$

con un transportador se mide el ángulo θ_0 a partir del eje vertical. En esta posición se indica el fasor OB que representa la corriente de arranque. Su tamaño se calcula con ayuda de la escala de corrientes.

$$OB = I_0 / SA$$

Hasta el momento, el dibujo se ve aproximadamente como sigue.



Los primeros cuatro pasos en la construcción del diagrama.

5) Trazo del arco de circunferencia: por el extremo de OB se traza una línea horizontal. En seguida se traza la línea AB y se determina su mediatriz (perpendicular que pasa por su punto central). El cruce de la mediatriz con la horizontal es el punto C, centro del arco de circunferencia.

Con un compás apoyado en el punto C, se traza un arco de circunferencia que una los puntos A y B. El dibujo, hasta ahora, es similar a la siguiente figura.

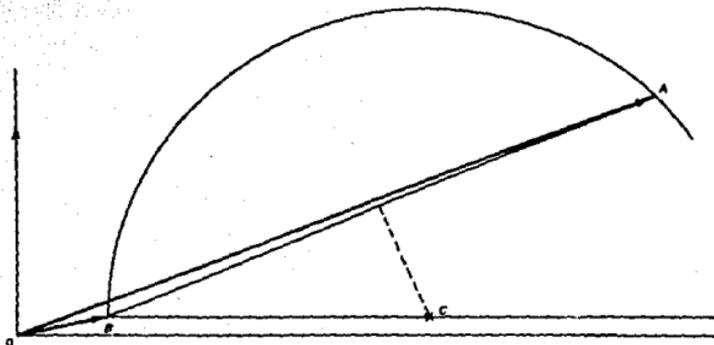


Figura 3.18 El quinto paso en la construcción del diagrama.

6) Características de arranque del motor. Por el punto A se traza una vertical que define los puntos D y E.

Obsérvese que la línea AD es la componente real de la corriente de arranque:

$$AD = OA \cos \theta_a$$

Si se multiplica la longitud del segmento AD por la escala de corrientes, se tiene el valor de la componente real de la corriente de arranque en amperes:

$$AD SA = I_a \cos \theta_a$$

Multiplicando ambos miembros de esta ecuación por el voltaje de fase, se obtiene una potencia real.

$$AD SA V_f = V_f I_a \cos \theta_a \quad (\text{pérdidas totales al arranque})$$

Para facilitar la interpretación de resultados, se puede definir una escala de potencias.

$$S_p = SA V_f$$

De manera que

$$AD S_p = \text{pérdidas totales al arranque.}$$

En el arranque (rotor estático), las pérdidas totales se dividen en magnéticas y eléctricas, que se interpreta como:

$$DE S_p = \text{pérdidas magnéticas en arranque.}$$

$$EA S_p = \text{pérdidas eléctricas en estator y rotor al arranque.}$$

De manera que $DE S_p$ en condiciones de vacío abarca pérdidas magnéticas y mecánicas. Se ha encontrado prácticamente, que al aumentar I_0 (vacío) hasta I_a (rotor bloqueado) la desaparición de pérdidas mecánicas se compensa por un aumento de pérdidas magnéticas, debido al aumento de flujos de dispersión, de manera que es válido suponer que $DE S_p$ equivale a las pérdidas magnéticas en arranque (o rotor bloqueado).

7) Determinación del punto F: por otra parte, las pérdidas eléctricas totales en el arranque se divide en pérdidas en estator y pérdidas en rotor. Sean:

$$EF S_p = I_a^2 r_s \quad \text{pérdidas en el estator, y}$$

$$FA S_p = I_a^2 a^2 r_r \quad \text{pérdidas en el rotor}$$

y las pérdidas eléctricas totales:

$$EA S_p = I_a (r_s + a^2 r_r) = I_a^2 a R$$

Con un compás abierto en esta longitud, apóyese en el origen, y se determina en el diagrama circular el punto G.

A continuación se traza el fasor OG, una vertical por el punto G, y la línea BF, como aparece en la figura. Se marca la posición de los puntos H, J, K, y L, con la que completa el diagrama circular de HEYLAND.

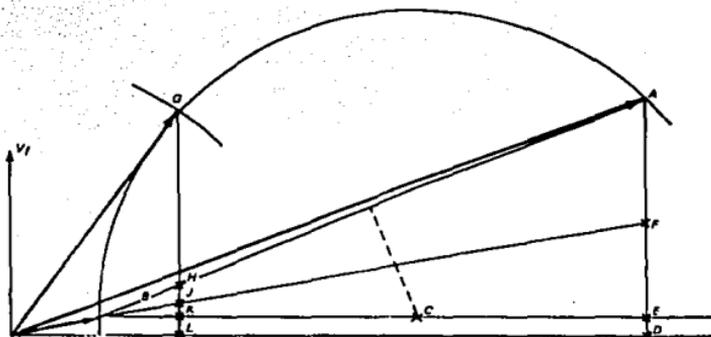


Figura 3.18 El diagrama circular de Heyland completo.

La interpretación de los segmentos componentes de la recta GL, a escala de potencia, permite obtener el comportamiento del motor, de acuerdo con las siguientes indicaciones:

GL Sp = potencia real de entrada por fase.

LK Sp = pérdidas mecánicas y magnéticas por fase.

KJ Sp = pérdidas eléctricas en el estator por fase.

JH Sp = pérdidas eléctricas en el rotor por fase.

HG Sp = potencia mecánica de salida por fase.

JH

-- deslizamiento.

HG

HG

-- Ns = velocidad del rotor (Ns es la velocidad síncrona en RPM).

JG

OG SA = corriente de fase

LG
-- = factor de potencia
OG

3 HG Sp
----- = potencia total en la flecha en HP
746

HG
-- X 100 = % de eficiencia
LG

2.92 JG Sp
----- = par mecánico en kg-m.
Ns

APENDICE B:
MEDIDORES DE CORRIENTE ALTERNA.

Los medidores de corriente alterna miden cantidades eléctricas (corriente y voltaje) que cambian periódicamente en amplitud y dirección, sin embargo, para frecuencias mayores que unos cuantos ciclos por segundo (Hz).

El mecanismo del medidor no puede seguir las rápidas variaciones debidas a su inercia y amortiguamiento, la aguja toma una posición, en el cual, el torque promedio es balanceado por el torque restaurador de los resortes colocados en el eje.

Los mecanismos que responden en una forma lineal cuando se aplican variables de corriente alterna tienen una deflexión proporcional al valor promedio de las cantidades alternas.

Los movimientos (llamados de respuesta cuadrática) tienen deflexiones proporcionales al valor cuadrado de la cantidad que se mide, puesto que la mayoría de las mediciones de corriente alterna requieren el valor efectivo RMS de la variable en vez del valor promedio. La mayoría de las escalas de los medidores de corriente alterna están calibradas para leer valores RMS sin importar si la respuesta del movimiento es lineal o de ley cuadrática.

Los medidores de corriente alterna generalmente utilizan uno de los dos métodos posibles para medir cantidades de alterna.

Para frecuencias por debajo de varios cientos de ciclos por segundo y para cantidades cuya amplitud no es muy pequeña, se puede utilizar los movimientos que responden directamente a una excitación de corriente alterna, para frecuencias mayores, las cantidades de corriente alterna se rectifican y posteriormente se pasa a un galvanómetro de D'ARSONVAL. Cuando los medidores de corriente alterna se usan para mediciones por encima de su límite máximo de frecuencia, su exactitud decrece (a menudo drásticamente).

MEDIDOR DEL FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia, por definición, es el coseno del ángulo de fase entre el voltaje y la corriente, y, por consiguiente, su medición involucra este ángulo de fase, esto se demuestra en la operación del factorímetro.

El instrumento es, básicamente, un galvanómetro electrodinámico, donde el elemento móvil consiste de dos bobinas montadas sobre el mismo eje, pero a un ángulo recto una de la otra. Las bobinas rotan en el campo magnético producido por la bobina de campo que conduce la corriente de línea.

La bobina de campo se conecta en serie con la línea que conduzca la corriente de línea, una de las bobinas del elemento móvil se conecta en serie con una resistencia a través de la línea, y recibe su corriente de la diferencia de potencial aplicada.

La segunda bobina del elemento móvil se conecta en serie con una inductancia que también se encuentra en las líneas, puesto que no existen resortes de control, la posición de balance del elemento móvil depende del torque resultante desarrollado por las dos bobinas cruzadas.

Cuando el elemento móvil se encuentra en la posición de balance, la contribución al torque total de cada elemento debe ser igual, pero de signo opuesto, el torque desarrollado es una función de la corriente de cada bobina, y por tanto, depende de la impedancia de cada circuito, el torque también es proporcional a la inductancia mutua entre cada parte de las bobinas cruzadas y la bobina de campo fijo.

Esta inductancia mutua depende de la posición angular de los elementos de las bobinas cruzadas con respecto a la posición de la bobina fija.

Cuando el elemento móvil esta en balance, se puede demostrar que su desplazamiento angular, es una función del ángulo de fase entre la corriente de línea (bobina de campo) y el voltaje de línea (bobinas cruzadas), la indicación de la aguja conectada al elemento móvil esta calibrada directamente en términos del ángulo de fase o el factor de potencia.

AMPERMETRO DE CORRIENTE ELECTRICA.

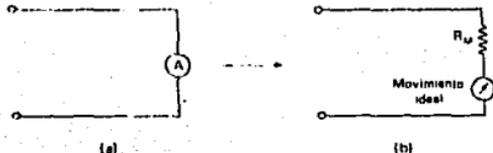
Los ampermetros electromecánicos de corriente directa industriales y de laboratorio se utilizan para medir corrientes que van desde 1 microampere hasta varios cientos de amperes.

El movimiento de D'ARSONVAL se utiliza como detector de corriente en la mayoría en los ampermetros de corriente directa.

Medidores típicos de laboratorio, de este tipo, tienen una exactitud cercana al 1 % de sus lecturas, esto debido a las deflexiones del movimiento. El modelo normalmente utilizado para describir un ampermetro real por medio de un circuito equivalente usa una resistencia R_m (equivalente al valor de la resistencia de la bobina y la resistencia de las terminales) en serie con la bobina teniéndose un ampermetro ideal, el cual asume que no tiene resistencia interna.

Utilizando este modelo, se puede calcular el error que se causa al introducir un ampermetro en un circuito, o se puede especificar la máxima resistencia que puede tener el ampermetro, de tal forma, que tenga efectos despreciables en el circuito.

Este efecto es similar al efecto de carga de un voltmetro, porqué la resistencia adicional introducida por el ampermetro origina que fluya menos corriente en la rama del circuito.



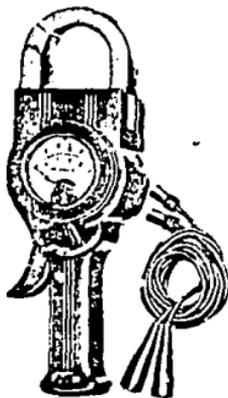
Símbolo del ampermetro y modelo de circuito equivalente
(a) Símbolo circuital (b) Modelo de circuito equivalente

MEDIDORES DE CORRIENTE ALTERNA DE GANCHO.

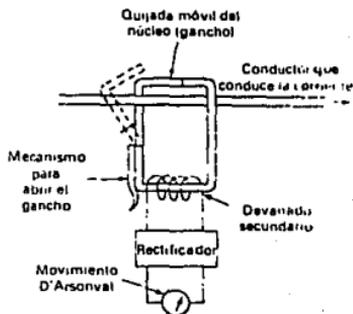
El medidor de corriente alterna de gancho es un instrumento que se utiliza para medir corrientes y voltajes alternos en un sistema sin interrumpir el circuito en prueba. El medidor utiliza el principio de los transformadores para detectar la corriente, el gancho del instrumento sirve como núcleo de un transformador.

El alambre que conduce la corriente a medir es el devanado primario del transformador y el devanado secundario a través del núcleo, y después rectificadora. Esta detectada por un galvanómetro de D'ARSONVAL.

Aún cuando el instrumento de gancho es muy conveniente para hacer mediciones rápidas de voltajes y corrientes en alterna, su uso está limitado a niveles relativamente altos de corriente, el rango más pequeño en escala de medidores de gancho es de 6 amperes, sin embargo, se utilizan cordones adaptadores especiales para incrementar la sensibilidad del medidor hasta 0.3 amperes.



(a)



(b)

Medidor de ca de gancho (Corteza de la Weston Instruments)

MEGGER.

El aparato de medición que se utiliza para obtener la resistencia de aislamiento se conoce como Megger; por su principio de operación pueden ser de dos tipos:

Megger del tipo compensación de equilibrio en cero.

Megger de lectura directa.

El Megger de equilibrio en cero genera una corriente alterna.

El Megger de lectura directa genera una corriente directa que se invierte periódicamente, con el fin de evitar corrientes parásitas de tipo electrolítico presentes en el suelo que pueden alterar las mediciones.

El Megger del tipo compensación o equilibrio en cero funciona, al accionar la manija o el interruptor de presión.

Según el sentido de la desviación de la aguja, la resistencia deberá aumentarse (para una desviación positiva) o disminuirse (para una desviación negativa). Con ayuda de las tres perillas se logra la estabilización en el centro de la escala. El valor de la resistencia medida es el que muestra las escalas correspondientes a la perilla, multiplicando por el factor de la escala seleccionada. La mayor ventaja de este instrumento es la disminución de errores en la lectura ya que el valor correspondiente a la resistencia se obtiene directamente en las escalas de este.

El Megger de lectura directa genera corriente continua por medio de un dínamo accionado manualmente. La desviación de la aguja indica directamente el valor de la resistencia medida en ohms. La lectura puede apreciarse exclusivamente cuando se acciona la manija del dínamo. La utilización de este tipo de aparatos es ventajosa cuando se tiene resistividades muy grandes, debido a que en estas situaciones, el equipo de balance nulo, requiere la inyección de grandes corrientes para lograr la compensación.

MULTIMETRO.

El multímetro es un instrumento de laboratorio muy útil y versátil, es un instrumento capaz de medir voltajes de corriente directa, corriente alterna y resistencias.

Los diferentes circuitos requieren para medir cada una de estas cantidades, se involucran en el diseño del aparato.

Para mediciones de corriente directa se incorpora el galvanómetro de D'ARSONVAL.

Para mediciones de corriente alterna se utiliza un rectificador. En el circuito del ohmetro se aplica un voltaje de una batería a través de una conexión en serie de una resistencia conocida y otra desconocida, el movimiento de D'ARSONVAL determina el valor de la resistencia desconocida midiendo la fracción de la caída de voltaje de la resistencia conocida, puesto que la batería esta sujeta a uso continuo debe de desconectar o apagar cada vez que no sea utilizado.



WATTMETRO.

El movimiento electrodinámico se utiliza como el mecanismo sensor de la gran mayoría de los instrumentos de baja potencia (por debajo de 400 hz).

Los instrumentos electrodinámicos se pueden construir para que midan la potencia promedio disipada en una carga, el factor de potencia o potencia reactiva de un circuito.

Las bobinas del movimiento electrodinámico se conectan de tal forma que se utiliza para medir corrientes y voltajes en alterna.

El wattmetro electrodinámico tiene cuatro terminales externas a las cuales se debe hacer las conexiones para poder medir potencia, dos de ellas son las terminales de voltaje y las otras dos de corriente.

Las terminales de corriente suministran las conexiones de las bobinas fijas, mientras que las terminales de voltaje son para la rama de la bobina móvil.

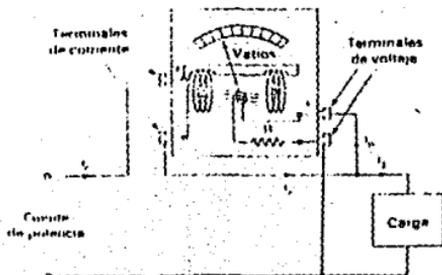
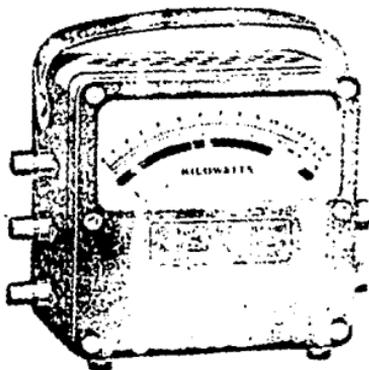


Figura 10.3. Wattmetro electrodinámico



PUENTE DE WHEATSTONE.

Un puente es el nombre utilizado para indicar una clase especial de circuitos de medición, se utiliza a menudo para medir resistencia, capacitancia e inductancia.

Los puentes se usan para medir resistencias cuando se requiere una gran exactitud.

El puente de resistencia más conocido y más ampliamente usado es el puente de WHEATSTONE, se utiliza para medir valores de resistencia mayores de un ohm.

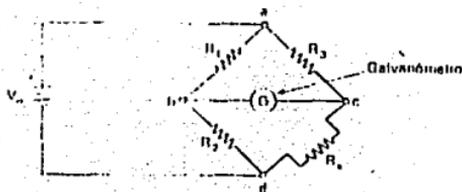
Otro tipo de puente es el de KELVIN, se usa para medir resistencias menores de un ohm.

El puente tiene cuatro ramas resistivas, junto con una fuente de fem (una batería) y un detector de cero.

Normalmente el detector de cero es un galvanómetro y la corriente que pasa a través de este, depende de la diferencia de potencial entre los puntos b y c.

El puente está balanceado cuando la diferencia de potencial a través del galvanómetro es 0 volts, de tal forma que no hay corriente circulante.

Esta condición ocurre cuando el voltaje en los puntos a y b es igual al voltaje entre a y c.



Circuito de 1 puente de Wheatstone

BIBLIOGRAFIA.

- * EXPERIMENTOS CON EQUIPO ELECTRICO.
WILDI DE VITO.
EDIT. LIMUSA.

- * PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRICO.
"TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y POTENCIA."
PEREZ AMADOR VICTOR.
EDIT. LIMUSA.

- * PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRICO 2.
MOTORES TRIFASICOS DE INDUCCION."
PEREZ AMADOR VICTOR.
EDIT. LIMUSA.

- * MAQUINAS ELECTRICAS.
STEPHEN J. CHAPMAN.
EDIT. Mc. GRAW HILL.

- * MAQUINAS ELECTRICAS Y TRANSFORMADORES.
I. L. KOSOW.
EDIT. REVERTE.

- * MAQUINAS Y CIRCUITOS ELECTRICOS.
EUGENE C. LISTER.
EDIT. Mc. GRAW HILL.

- * MAQUINAS ELECTRICAS.
CARLOS LUCA M.
EDIT REPRESENTACIONES DE INGENIERIA.

- * MAQUINAS ELECTRICAS.
L. WILCOX MILTON.
EDIT. LIMUSA.