



Escuela de Educación Técnica N°460 “Guillermo Lehmann”

*Operación, mantenimiento y ensayos de equipos electromecánicos*

# *Trabajos*

# *Prácticos*



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

Después de completar este ejercicio, usted será capaz de demostrar el funcionamiento de un generador sincrónico trifásico en vacío, empleando el módulo Motor/Alternador sincrónico.

### PRESENTACIÓN

En los generadores sincrónicos trifásicos, cuanto más grande es la fuerza del electroimán del rotor, mayor resultarán el flujo magnético que enlaza los arrollamientos del estator y los voltajes alternos inducidos en las bobinas del estator. Además, dado que esos voltajes inducidos son proporcionales a la velocidad con que cambia el flujo magnético que enlaza los arrollamientos del estator, se puede deducir fácilmente que cuanto más rápido gira el rotor, más grande será la amplitud de los voltajes inducidos. En síntesis, la amplitud de los voltajes producidos por un generador sincrónico trifásico es proporcional a la fuerza del electroimán del rotor y a la velocidad de rotación.

En un generador sincrónico, existe una relación directa entre la velocidad del rotor y la frecuencia del voltaje inducido a través de cada arrollamiento del estator. Cuando el rotor del generador sincrónico de la Figura 6-1 gira con una velocidad de una revolución por segundo, la frecuencia del voltaje inducido resulta igual a un hertzio. Dado que la velocidad se expresa generalmente en revoluciones por minuto, la ecuación que relaciona la velocidad de rotación con la frecuencia del voltaje producido por el generador sincrónico trifásico de la Figura 6-1, resultará:

$$f = \frac{n}{60} \quad (\text{para generadores con un estator que tiene un solo par de polos})$$

donde  $f$  es la frecuencia, expresada en hertzios (Hz)  
 $n$  es la velocidad, expresada en revoluciones por minuto (r/min)

No obstante, en los grandes generadores sincrónicos, cada arrollamiento del estator tiene generalmente varios polos norte y sur y no un único par como lo ilustra la Figura 6-1. En consecuencia, para una velocidad de rotación dada se obtiene una frecuencia más alta. La frecuencia de los generadores sincrónicos, sin considerar el número de pares de polos norte y sur de cada arrollamiento del estator, se determina de manera simple multiplicando la velocidad  $n$  de la



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

ecuación anterior por P, que es el número de pares de polos de cada arrollamiento del estator. Por lo tanto, la ecuación para determinar la frecuencia del voltaje producido por un generador sincrónico resulta:

$$f = \frac{n \times P}{60} \text{ (para cualquier tipo de generadores trifásicos)}$$

Note que el Motor/Alternador sincrónico de Lab-Volt tiene dos polos norte y dos polos sur por cada arrollamiento del estator, es decir, dos pares de polos por cada uno de esos arrollamientos. Por lo tanto, para el Motor/Alternador sincrónico de Lab-Volt, P resulta igual a 2.

Aunque existen pequeñas diferencias técnicas entre una máquina sincrónica destinada a funcionar como un motor y otra prevista a operar como un generador, el funcionamiento de ambas se puede demostrar utilizando la misma máquina sincrónica.

### Resumen del proceso

En la primera parte del ejercicio, usted montará el equipo en el Puesto de trabajo, lo conectará como lo muestra la Figura 6-2 y realizará los ajustes apropiados en el módulo Motor de impulsión / Dinamómetro.

En la segunda parte, variará la velocidad y la corriente de campo para observar cómo esos cambios afectan el funcionamiento en vacío del generador sincrónico trifásico.

En la tercera parte del ejercicio, usted variará la corriente de campo del generador sincrónico por etapas. Para cada una de esas etapas, registrará en la tabla de datos varios parámetros eléctricos relacionados con dicho generador. También variará su velocidad por etapas mientras registra diversos parámetros eléctricos referidos a este tipo de generador. Por último, utilizará los datos registrados para trazar diferentes gráficos y determinará muchas de las características del generador sincrónico trifásico.

### EQUIPO REQUERIDO

A fin de obtener la lista de los aparatos necesarios para este ejercicio, consulte la Tabla de utilización de los equipos del Apéndice C.

### PROCEDIMIENTO

#### ¡ATENCIÓN!

Durante esta experiencia de laboratorio, usted estará en presencia de voltajes elevados. No realice ninguna conexión en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

### Montaje del equipo

- ☐ 1. Dentro del Puesto de trabajo EMS, instale los siguientes módulos: la Fuente de alimentación, el Motor de impulsión / Dinamómetro, el Motor/Alternador sincrónico, la Carga resistiva y la Interfaz para la adquisición de datos (DAI).

Acople mecánicamente el Motor de impulsión / Dinamómetro al Motor/Alternador sincrónico.

- ☐ 2. En la Fuente de alimentación, asegúrese de que el interruptor principal esté en la posición O (apagado) y que la perilla de control de voltaje se encuentre girada completamente hacia la izquierda. Asegúrese de que la Fuente de alimentación esté conectada a una fuente trifásica.

- ☐ 3. Asegúrese de que el cable chato de la computadora esté conectado al módulo DAI.

Conecte las entradas ALIMENTACIÓN BAJA POTENCIA de los módulos DAI y Motor de impulsión / Dinamómetro a la salida 24 V - CA de la Fuente de alimentación.

En la Fuente de alimentación, coloque el interruptor 24 V - CA en la posición I (encendido).

- ☐ 4. Inicie la aplicación Aparatos de Medición.

En la aplicación Aparatos de Medición, abra el archivo de configuración existente ACMOTOR1.CFG y luego seleccione ver especial 2.

- ☐ 5. Conecte el equipamiento como lo muestra la Figura 6-2.

En el Motor/Alternador sincrónico, coloque el interruptor EXCITACIÓN en la posición I (cerrado) y gire la perilla EXCITACIÓN a la posición tres cuartos del máximo.

- ☐ 6. Ajuste los controles del módulo Motor de impulsión / Dinamómetro de la siguiente forma:

Selector MODO . . . . . MOTOR DE IMPUL. (M.I.)  
Selector VISUALIZADOR . . . . . VELOCIDAD (N)



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

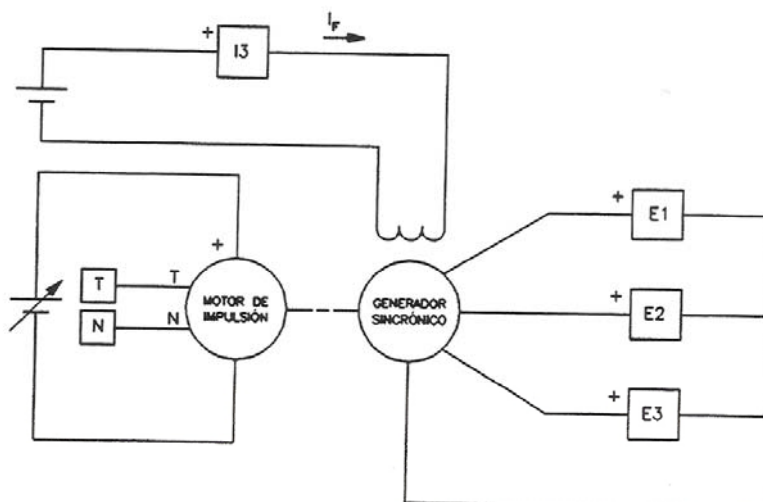


Figura 6-2. Generador sincrónico acoplado al Motor de impulsión.

*Nota: Si realiza el ejercicio empleando LVSIM™EMS, usted podrá enfocar con el zoom el módulo Motor de impulsión / Dinamómetro. De esta manera puede ver en el panel frontal, las notas adicionales relativas a los controles antes de ajustarlos.*

### Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

- ☐ 7. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de voltaje para que el Motor de impulsión gire a la velocidad nominal del Motor/Alternador sincrónico.

*Nota: Las características de cualquiera de las máquinas Lab-Volt están indicadas en el ángulo inferior izquierdo del panel frontal del módulo. Si usted está realizando el ejercicio empleando LVSIM™EMS, usted podrá obtener las características de cualquiera de ellas dejando el puntero del ratón sobre el rotor de la máquina de su interés. Después de unos segundos, aparecerá en la pantalla un recuadro con las características de dicha máquina.*

Inicie la aplicación Osciloscopio y realice los ajustes apropiados para observar las formas de ondas de los voltajes  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$ , inducidos a través de cada uno de los arrollamientos del estator del generador sincrónico.

*Nota: No utilice la función Rango Auto de la aplicación Osciloscopio para realizar esta parte del ejercicio.*

¿Todas las formas de ondas son sinusoidales?

☐ Sí ☐ No





## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

¿Cuál es aproximadamente el desfase  $\Phi$  entre cada una de las formas de ondas de voltaje?

$$\Phi = \text{_____}^\circ$$

- ☐ 8. En la aplicación Osciloscopio, seleccione la función que permite regenerar continuamente la pantalla.

*Nota: Si realiza el ejercicio empleando LVSIM™EMS, no seleccione la función que permite regenerar continuamente la pantalla.*

En la Fuente de alimentación, gire lentamente la perilla de control de voltaje hacia la izquierda hasta que la velocidad del Motor de impulsión sea de aproximadamente 1.000 r/min. Mientras realiza lo anterior, observe en la aplicación Osciloscopio las formas de ondas de los voltajes  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$ .

*Nota: Si realiza el ejercicio empleando LVSIM™EMS, regenere la pantalla de la aplicación Osciloscopio algunas veces mientras lleva a cabo la presente etapa.*

Cuando se reduce la velocidad del generador sincrónico, ¿cómo varían la amplitud y la frecuencia de las formas de ondas de voltaje? Explique brevemente la causa de esa variación.

---

---

---

---

La variación de la velocidad del generador sincrónico, ¿afecta el desfase entre las formas de ondas de voltaje? ¿Por qué?

---

---

- ☐ 9. En el Motor/Alternador sincrónico, gire lentamente la perilla EXCITACIÓN hacia la izquierda para disminuir la corriente de campo  $I_f$ . Mientras realiza lo anterior, observe en la aplicación Osciloscopio las formas de ondas de los voltajes  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$ .

*Nota: Si realiza el ejercicio empleando LVSIM™EMS, regenere la pantalla de la aplicación Osciloscopio algunas veces mientras lleva a cabo la presente etapa.*



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

Cuando se reduce la corriente de campo  $I_f$  del generador sincrónico, ¿cómo varía la amplitud de las formas de ondas de voltaje? Explique brevemente la causa de esa variación.

---

---

---

La variación de la corriente de campo  $I_f$  del generador sincrónico, ¿afecta la frecuencia de las formas de ondas de voltaje y el desfase entre éstas? ¿Por qué?

---

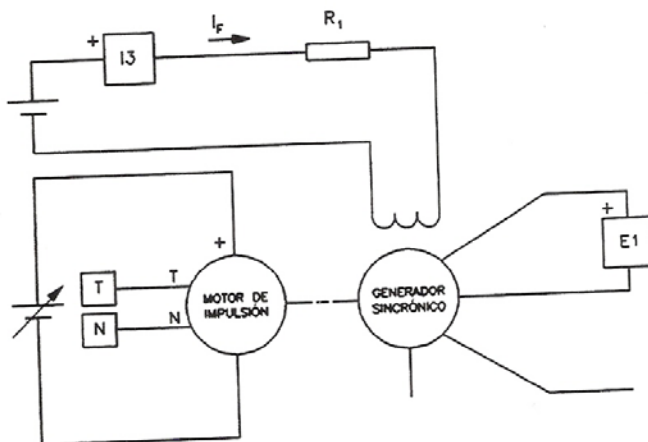
---

---

Apague la Fuente de alimentación y gire la perilla de control de voltaje completamente hacia la izquierda.

### Características del generador sincrónico

- ☐ 10. Modifique las conexiones para que los módulos queden dispuestos como lo muestra la Figura 6-3. Realice la conexión en paralelo de las tres secciones del módulo Carga resistiva para obtener el resistor  $R_1$ .



VOLTAJE DE LINEA (V co)	$R_1$ ( $\Omega$ )
120	$\infty$
220	$\infty$
240	$\infty$

Figura 6-3. Circuito para observar el funcionamiento de un generador sincrónico en vacío.



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

- ☐ 11. En la aplicación Aparatos de Medición, asegúrese de que el medidor programable B esté ajustado como frecuencímetro. El medidor B indicará la frecuencia del voltaje producido por el generador sincrónico.

Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de voltaje para que el Motor de impulsión gire a la velocidad nominal del Motor/Alternador sincrónico.

- ☐ 12. A partir de la aplicación Aparatos de Medición, registre en la Tabla de Datos el voltaje de salida  $E_o$ , la corriente de campo  $I_f$ , la velocidad  $n$  y la frecuencia  $f$  del generador sincrónico (que aparecen en los medidores E1, I3, N y B, respectivamente).

Cambie el valor del resistor  $R_f$  y ajuste la perilla EXCITACIÓN del Motor/Alternador sincrónico hasta alcanzar el valor de la corriente de campo  $I_f$  indicado en la tabla de más abajo. Realice la operación anterior en diez etapas igualmente espaciadas. Note que para llevar la corriente de campo al valor indicado en la tabla, puede resultar necesario cortocircuitar el resistor  $R_f$ . Para cada ajuste de dicha corriente, reajuste la perilla de control de voltaje de la Fuente de alimentación de modo que la velocidad del Motor de impulsión permanezca igual a la velocidad nominal del Motor/Alternador sincrónico. Luego registre los datos en la Tabla de Datos.

VOLTAJE DE LÍNEA	CORRIENTE DE CAMPO $I_f$
V ca	mA
120	750
220	450
240	450

Tabla 6-1. Corriente de campo.

- ☐ 13. Cortocircuite el resistor  $R_f$  empleando un puente de conexión.

En el Motor/Alternador sincrónico, gire la perilla EXCITACIÓN completamente hacia la derecha para obtener la máxima corriente de campo  $I_f$ .

En la Fuente de alimentación, reajuste la perilla de control de voltaje para que la velocidad del Motor de impulsión permanezca igual a la velocidad nominal del Motor/Alternador sincrónico.

Registre los datos en la Tabla de Datos.

Apague la Fuente de alimentación y gire la perilla de control de voltaje completamente hacia la izquierda.





## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

- ☐ 14. En la ventana Tabla de Datos, confirme que todos los datos fueron almacenados y edite la tabla para guardar sólo los valores del voltaje de salida  $E_o$ , la corriente de campo  $I_f$ , la velocidad  $n$  y la frecuencia  $f$  del generador sincrónico (valores de las columnas E1, I3, N y B, respectivamente). Luego titule la tabla de datos DT611 e imprima dicha tabla.

**Nota:** Consulte el Apéndice E de este manual para saber cómo editar, titular e imprimir una tabla de datos.

- ☐ 15. En el espacio en blanco de más abajo, anote la frecuencia de los voltajes producidos por el generador sincrónico, que aparece en la columna B de la Tabla de Datos.

$$f = \text{_____ Hz} \quad (\text{medido})$$

Empleando la ecuación de más abajo, calcule la frecuencia teórica de los voltajes producidos por el Motor/Alternador sincrónico de Lab-Volt.

$$f = \frac{n \times P}{60} = \text{_____} = \text{_____ Hz}$$

Compare las frecuencias medida y calculada. ¿Resultan aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

- ☐ 16. En la ventana Gráfico, realice los ajustes apropiados para lograr un gráfico del voltaje de salida  $E_o$  (obtenido del medidor E1), en función de la corriente de campo  $I_f$  del generador sincrónico (obtenida del medidor I3). Titule el gráfico G611, llame Corriente de campo del generador sincrónico al eje X, nombre Voltaje de salida del generador sincrónico al eje Y e imprima el gráfico.

**Nota:** Consulte el Apéndice E de este manual con el objeto de conocer cómo utilizar la ventana Gráfico de la aplicación Aparatos de Medición para obtener y titular un gráfico, ponerle nombre a sus ejes e imprimirlo.

Observe el gráfico G611. Cuando la corriente de campo  $I_f$  es igual a cero, ¿resulta el voltaje de salida  $E_o$  del generador sincrónico también igual a cero? Explique brevemente la causa de lo anterior.

---

---

---



## Funcionamiento del generador síncrono en vacío

Explique brevemente por qué la relación entre el voltaje de salida  $E_o$  y la corriente de campo  $I_f$  del generador síncrono, deja de ser lineal para valores elevados de la corriente  $I_f$ .

---

---

---

En la ventana Tabla de Datos, borre los datos registrados.

- ☐ 17. Encienda la Fuente de alimentación.

En el Motor/Alternador síncrono, ajuste la perilla EXCITACIÓN para que la corriente de campo  $I_f$ , indicada por el medidor I3, sea igual al valor dado en la tabla siguiente.

VOLTAJE DE LÍNEA	CORRIENTE DE CAMPO $I_f$
V ca	mA
120	500
220	300
240	300

Tabla 6-2. Corriente de campo del generador síncrono.

- ☐ 18. A partir de la aplicación Aparatos de Medición, registre en la Tabla de Datos el voltaje de salida  $E_o$ , la corriente de campo  $I_f$ , la velocidad  $n$  y la frecuencia  $f$  del generador síncrono (que aparecen en los medidores E1, I3, N y B, respectivamente).

En la Fuente de alimentación, ajuste la perilla de control de voltaje para que la velocidad del Motor de impulsión alcance, por medio de incrementos de 200 r/min, el valor dado en la siguiente tabla. Registre cada valor ajustado de la velocidad en la Tabla de Datos.



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

VOLTAJE DE LÍNEA	VELOCIDAD MÁXIMA $n_{MAX}$
V ca	r/min
120	2.400
220	2.000
240	1.800

Tabla 6-3. Velocidad máxima.

- ☐ 19. Después de registrar todos los datos, gire la perilla de control de voltaje completamente hacia la izquierda y apague la Fuente de alimentación.

En la ventana Tabla de Datos, confirme que todos los datos fueron almacenados y edite la tabla para guardar sólo los valores del voltaje de salida  $E_o$ , la corriente de campo  $I_f$ , la velocidad  $n$  y la frecuencia  $f$  del generador sincrónico (valores de las columnas E1, I3, N y B, respectivamente). Luego titule la tabla de datos DT612 e imprima dicha tabla.

- ☐ 20. En la ventana Gráfico, realice los ajustes apropiados para lograr un gráfico del voltaje de salida  $E_o$  (obtenido del medidor E1), en función de la velocidad  $n$  del generador sincrónico (obtenida del medidor N). Titule el gráfico G612, llame Velocidad del generador sincrónico al eje X, nombre Voltaje de salida del generador sincrónico al eje Y e imprima el gráfico.

Describa cómo varía el voltaje de salida de un generador sincrónico en función de la variación de su velocidad.

---

---

- ☐ 21. En la ventana Gráfico, realice los ajustes apropiados para lograr un gráfico de la frecuencia  $f$  (obtenida del medidor B), en función de la velocidad  $n$  del generador sincrónico (obtenida del medidor N). Titule el gráfico G612-1, llame Velocidad del generador sincrónico al eje X, nombre Frecuencia del generador sincrónico al eje Y e imprima el gráfico.

Describa cómo varía la frecuencia de los voltajes producidos por el generador sincrónico en función de la variación de su velocidad.

---

---



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

- ☐ 22. Coloque el interruptor 24 V - CA de la fuente en la posición O (apagado) y desconecte todos los cables.

### CONCLUSIÓN

En este ejercicio, usted ha observado que un generador sincrónico trifásico produce tres ondas seno de voltaje, desfasadas  $120^\circ$  entre sí. Ha visto que al disminuir la velocidad del generador sincrónico se reducen la amplitud y la frecuencia de dichas ondas seno. Asimismo, ha observado que al reducir la corriente de campo de este tipo de generadores se disminuye la amplitud de las ondas seno de voltaje. Además, ha trazado un gráfico voltaje de salida en función de la corriente de campo del generador sincrónico. A través de este gráfico ha podido ver que el generador sincrónico comienza a saturarse cuando la corriente de campo supera cierto valor. Por medio de dicho gráfico, también ha comprobado que el generador sincrónico produce voltajes constantes cuando la corriente de campo es cero, a causa del magnetismo remanente en el rotor. Por último, usted ha trazado los gráficos del voltaje de salida y de la frecuencia, ambos en función de la velocidad del generador sincrónico. Estos dos últimos gráficos permitieron mostrar que el voltaje de salida y la frecuencia son proporcionales a la velocidad de dicho generador.

### PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. La mayor parte de la energía eléctrica que se consume actualmente la producen
  - a. los condensadores sincrónicos.
  - b. los generadores sincrónicos.
  - c. los alternadores.
  - d. b y c.
2. Cuando se incrementa la velocidad de un generador sincrónico,
  - a. el voltaje de salida aumenta y la frecuencia disminuye.
  - b. el voltaje de salida disminuye y la frecuencia aumenta.
  - c. el voltaje de salida y la frecuencia disminuyen.
  - d. el voltaje de salida y la frecuencia aumentan.
3. ¿De qué manera la corriente de campo afecta la frecuencia de los voltajes producidos por un generador sincrónico trifásico?
  - a. La frecuencia aumenta cuando se incrementa  $I_f$ .
  - b. La frecuencia decrece cuando se disminuye  $I_f$ .
  - c. Los cambios de la corriente de campo no afectan la frecuencia.
  - d. a y b.



## Funcionamiento del generador sincrónico en vacío

4. Multiplicando la velocidad de un alternador por  $P/60$ , se puede determinar
  - a. la frecuencia teórica.
  - b. el voltaje de salida teórico.
  - c. la corriente de campo teórica.
  - d. el número de polos.
  
5. Alternador es otra forma de nombrar al
  - a. motor sincrónico trifásico.
  - b. generador sincrónico trifásico.
  - c. condensador sincrónico trifásico.
  - d. convertidor c.a.- c.c. trifásico.





## Características de la regulación del voltaje

### Resumen del proceso

En la primera parte del ejercicio, usted montará el equipo en el Puesto de trabajo, lo conectará como lo muestra la Figura 6-7 y realizará los ajustes apropiados en el módulo Motor de impulsión / Dinamómetro.

En la segunda parte, ajustará la velocidad de rotación y la corriente de campo del generador sincrónico. Luego, variará por etapas el valor de la carga resistiva conectada al generador, mientras mantiene la velocidad constante. Para cada valor ajustado de la carga, registrará el voltaje de salida, la corriente de salida, la corriente de campo y la velocidad del generador sincrónico. Después, utilizará los datos registrados para trazar un gráfico voltaje de salida en función de la corriente de salida. Por último, usted repetirá dos veces esta parte del ejercicio empleando las cargas inductiva y capacitiva.

### EQUIPO REQUERIDO

A fin de obtener la lista de los aparatos necesarios para este ejercicio, consulte la Tabla de utilización de los equipos del Apéndice C.

### PROCEDIMIENTO

#### ¡ATENCIÓN!

Durante esta experiencia de laboratorio, usted estará en presencia de voltajes elevados. No realice ninguna conexión en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

#### Montaje del equipo

- ☐ 1. Dentro del Puesto de trabajo EMS, instale los siguientes módulos: la Fuente de alimentación, el Motor de impulsión / Dinamómetro, el Motor/Alternador sincrónico, la Carga resistiva, la Carga inductiva, la Carga capacitiva y la Interfaz para la adquisición de datos (DAI).

Acople mecánicamente el Motor de impulsión / Dinamómetro al Motor/Alternador sincrónico.

- ☐ 2. En la Fuente de alimentación, asegúrese de que el interruptor principal esté en la posición O (apagado) y que la perilla de control de voltaje se encuentre girada completamente hacia la izquierda. Asegúrese de que la Fuente de alimentación esté conectada a una fuente trifásica.
- ☐ 3. Asegúrese de que el cable chato de la computadora esté conectado al módulo DAI.

Conecte las entradas ALIMENTACIÓN BAJA POTENCIA de los módulos DAI y Motor de impulsión / Dinamómetro a la salida 24 V - CA de la Fuente de alimentación.



## Características de la regulación del voltaje

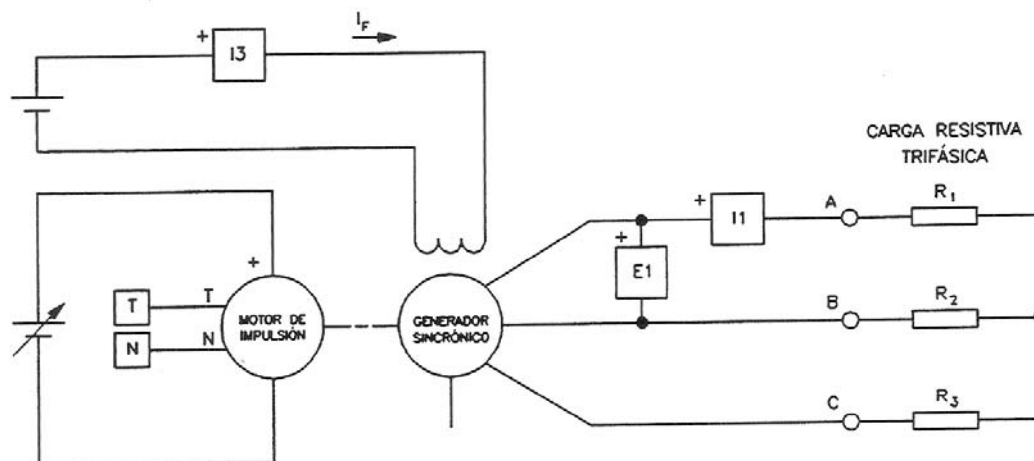
En la Fuente de alimentación, coloque el interruptor 24 V - CA en la posición I (encendido).

- ☐ 4. Inicie la aplicación Aparatos de Medición.

En la aplicación Aparatos de Medición, abra el archivo de configuración existente ACMOTOR1.CFG y luego seleccione ver especial 2.

- ☐ 5. Conecte el equipamiento como lo muestra la Figura 6-7.

En el Motor/Alternador sincrónico, coloque el interruptor EXCITACIÓN en la posición I (cerrado) y la perilla EXCITACIÓN en la posición media.



VOLTAJE DE LINEA (V ca)	R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub> (Ω)
120	∞
220	∞
240	∞

Figura 6-7. Generador sincrónico bajo carga acoplado al Motor de impulsión.

- ☐ 6. Ajuste los controles del módulo Motor de impulsión / Dinamómetro de la siguiente forma:

Selector MODO ..... MOTOR DE IMPUL. (M.I.)  
Selector VISUALIZADOR ..... VELOCIDAD (N)



## Características de la regulación del voltaje

*Nota: Si realiza el ejercicio empleando LVSIM™-EMS, usted podrá enfocar con el zoom el módulo Motor de impulsión / Dinamómetro. De esta manera puede ver en el panel frontal, las notas adicionales relativas a los controles antes de ajustarlos.*

### Características de la regulación del voltaje

- ☐ 7. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de voltaje para que el Motor de impulsión gire a la velocidad nominal del Motor/Alternador sincrónico.

*Nota: Las características de cualquiera de las máquinas Lab-Volt están indicadas en el ángulo inferior izquierdo del panel frontal del módulo. Si usted está realizando el ejercicio empleando LVSIM™-EMS, usted podrá obtener las características de cualquiera de ellas dejando el puntero del ratón sobre el rotor de la máquina de su interés. Después de unos segundos, aparecerá en la pantalla un recuadro con las características de dicha máquina.*

- ☐ 8. En el Motor/Alternador sincrónico, ajuste la perilla EXCITACIÓN para que el voltaje de salida línea a línea  $E_o$  del generador sincrónico (indicado por el medidor E1 de la aplicación Aparatos de Medición), sea igual al valor nominal.

A partir de la aplicación Aparatos de Medición, registre en la Tabla de Datos el voltaje de salida  $E_o$ , la corriente de salida  $I_o$ , la corriente de campo  $I_f$  y la velocidad  $n$  del generador sincrónico (que aparecen en los medidores E1, I1, I3 y N, respectivamente).

- ☐ 9. Modifique los ajustes del módulo Carga resistiva para que la resistencia formada por los resistores  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  disminuya por etapas, como lo indica la Tabla 6-4. Usted puede consultar el Apéndice B de este manual para saber cómo obtener los diferentes valores de la resistencia dados en dicha tabla. Para cada valor ajustado de la resistencia, reajuste la perilla de control de voltaje de la Fuente de alimentación de modo que la velocidad del Motor de impulsión permanezca igual a la velocidad nominal del Motor/Alternador sincrónico. Luego registre los datos en la Tabla de Datos.

VOLTAJE DE LÍNEA	$R_1, R_2,$ $R_3$	$R_1, R_2,$ $R_3$	$R_1, R_2,$ $R_3$	$R_1, R_2,$ $R_3$	$R_1, R_2,$ $R_3$	$R_1, R_2,$ $R_3$	$R_1, R_2,$ $R_3$
V ca	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$
120	1.200	600	400	300	240	200	171
220	4.400	2.200	1.467	1.100	880	733	629
240	4.800	2.400	1.600	1.200	960	800	686

Tabla 6-4. Disminución de la resistencia, formada por  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , para cargar el generador sincrónico.



## Características de la regulación del voltaje

- ☐ 10. Después de registrar todos los datos, gire la perilla de control de voltaje completamente hacia la izquierda y apague la Fuente de alimentación.
- ☐ 11. En la ventana Tabla de Datos, confirme que todos los datos fueron almacenados y edite la tabla para guardar sólo los valores del voltaje de salida  $E_o$ , la corriente de salida  $I_o$ , la corriente de campo  $I_f$  y la velocidad  $n$  del generador sincrónico (valores de las columnas E1, I1, I3 y N, respectivamente). Luego titule la tabla de datos DT621 e imprima dicha tabla.

*Nota: Consulte el Apéndice E de este manual para saber cómo editar, titular e imprimir una tabla de datos.*

- ☐ 12. En la ventana Gráfico, realice los ajustes apropiados para lograr un gráfico del voltaje de salida  $E_o$  (obtenido del medidor E1), en función de la corriente de salida  $I_o$  del generador sincrónico (obtenida del medidor I1). Titule el gráfico G621, llame Corriente de salida del generador sincrónico al eje X, nombre Voltaje de salida del generador sincrónico al eje Y e imprima el gráfico.

*Nota: Consulte el Apéndice E de este manual con el objeto de conocer cómo utilizar la ventana Gráfico de la aplicación Aparatos de Medición para obtener y titular un gráfico, ponerle nombre a sus ejes e imprimirlo.*

Observe el gráfico G621. Éste muestra las características de la regulación del voltaje del generador sincrónico cuando dicho generador suministra potencia a una carga resistiva. ¿Cómo varía el voltaje de salida  $E_o$  cuando la corriente de salida  $I_o$  aumenta? Explique brevemente la causa de dicha variación.

---

---

---

En la Tabla de Datos, borre los datos registrados.

- ☐ 13. Reemplace la carga resistiva trifásica conectada a la salida del generador trifásico (puntos A, B y C de la Figura 6-7) por la carga inductiva trifásica, como lo muestra la Figura 6-8 (a). Asegúrese de que todos los interruptores del módulo Carga inductiva estén abiertos.





## Características de la regulación del voltaje

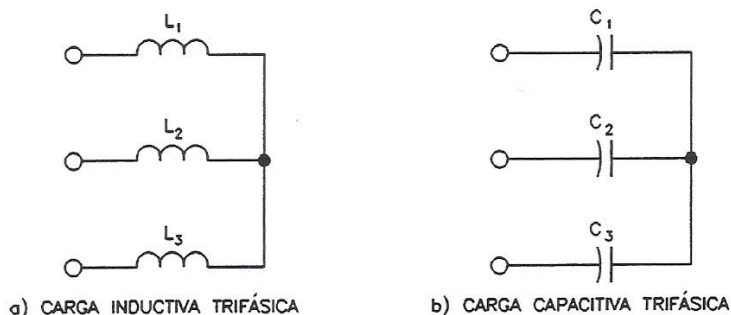


Figura 6-8. Cargas inductiva y capacitiva trifásicas.

- 14. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste la perilla de control de voltaje para que el Motor de impulsión gire a la velocidad nominal del Motor/Alternador sincrónico.

En el Motor/Alternador sincrónico, ajuste la perilla EXCITACIÓN para que el voltaje de salida línea a línea  $E_o$  del generador sincrónico sea igual al valor nominal.

A partir de la aplicación Aparatos de Medición, registre en la Tabla de Datos el voltaje de salida  $E_o$ , la corriente de salida  $I_o$ , la corriente de campo  $I_F$  y la velocidad  $n$  del generador sincrónico.

- 15. Modifique los ajustes del módulo de carga para que la reactancia  $X$  de la carga disminuya por etapas, como lo indica la Tabla 6-5. Usted puede consultar el Apéndice B de este manual para saber cómo obtener los diferentes valores de la reactancia dados en dicha tabla. Para cada valor ajustado de la reactancia, reajuste la perilla de control de voltaje de la Fuente de alimentación de modo que la velocidad del Motor de impulsión permanezca igual a la velocidad nominal del Motor/Alternador sincrónico. Luego registre los datos en la Tabla de Datos.

VOLTAJE DE LÍNEA	$X_1, X_2, X_3$	$X_1, X_2, X_3$	$X_1, X_2, X_3$	$X_1, X_2, X_3$	$X_1, X_2, X_3$	$X_1, X_2, X_3$	$X_1, X_2, X_3$
V ca	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$
120	1.200	600	400	300	240	200	171
220	4.400	2.200	1.467	1.100	880	733	629
240	4.800	2.400	1.600	1.200	960	800	686

Tabla 6-5. Disminución de la reactancia, formada por  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ , para cargar el generador sincrónico.





## Características de la regulación del voltaje

- ☐ 16. Después de registrar todos los datos, gire la perilla de control de voltaje completamente hacia la izquierda y apague la Fuente de alimentación.
- ☐ 17. En la ventana Tabla de Datos, confirme que todos los datos fueron almacenados y edite la tabla para guardar sólo los valores del voltaje de salida  $E_o$ , la corriente de salida  $I_o$ , la corriente de campo  $I_f$  y la velocidad  $n$  del generador sincrónico (valores de las columnas E1, I1, I3 y N, respectivamente). Luego titule la tabla de datos DT622 e imprima dicha tabla.
- ☐ 18. En la ventana Gráfico, realice los ajustes apropiados para lograr un gráfico del voltaje de salida  $E_o$  (obtenido del medidor E1), en función de la corriente de salida  $I_o$  del generador sincrónico (obtenida del medidor I1). Titule el gráfico G622, llame Corriente de salida del generador sincrónico al eje X, nombre Voltaje de salida del generador sincrónico al eje Y e imprima el gráfico.
- ☐ 19. Observe el gráfico G622. Éste muestra las características de la regulación del voltaje del generador sincrónico cuando dicho generador suministra potencia a una carga inductiva. ¿Cómo varía el voltaje de salida  $E_o$  cuando la corriente de salida  $I_o$  aumenta?

Compare las características de la regulación del voltaje obtenidas con la carga resistiva y con la carga inductiva.

En la ventana Tabla de Datos, borre los datos registrados.

- ☐ 20. Reemplace la carga inductiva trifásica conectada a la salida del generador trifásico (puntos A, B y C de la Figura 6-7) por la carga capacitiva trifásica, como lo muestra la Figura 6-8 (b). Asegúrese de que todos los interruptores del módulo Carga capacitiva estén abiertos.

Repita las etapas 14 a 18 de este ejercicio para obtener un gráfico del voltaje de salida  $E_o$ , en función de la corriente de salida  $I_o$ , para el generador sincrónico suministrando potencia a una carga capacitiva. Titule la tabla de datos y el gráfico DT623 y G623, respectivamente.

Observe el gráfico G623. Éste muestra las características de la regulación del voltaje del generador sincrónico cuando dicho generador suministra



## Características de la regulación del voltaje

potencia a una carga capacitiva. ¿Cómo varía el voltaje de salida  $E_o$  cuando la corriente de salida  $I_o$  aumenta?

---

---

Compare las características de la regulación del voltaje del generador sincrónico (gráficos G621 a G623) con aquellas obtenidas utilizando el transformador monofásico de la Unidad 7 del manual para el estudiante *Circuitos de potencia y transformadores*.

---

---

---

- ☐ 21. Coloque el interruptor 24 V - CA de la fuente en la posición O (apagado) y desconecte todos los cables.

### CONCLUSIÓN

En este ejercicio, usted ha obtenido las características de la regulación del voltaje de un generador sincrónico trifásico. Ha observado que el voltaje de salida disminuye mientras la corriente aumenta, cuando dicho generador alimenta una carga resistiva o inductiva. Asimismo, ha podido ver que el voltaje de salida aumenta, mientras la corriente también lo hace, cuando el generador sincrónico suministra energía a una carga capacitiva. Por último, ha encontrado que las características de la regulación del voltaje de este tipo de generadores son similares a aquellas obtenidas para el transformador monofásico, porque el circuito equivalente es casi el mismo para ambos.

### PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. El voltaje de salida de un generador sincrónico es una función de
  - a. la velocidad de rotación y de la polaridad de la corriente de campo.
  - b. la velocidad de rotación y de la fuerza del electroimán de campo.
  - c. la velocidad de rotación y del par de entrada.
  - d. la velocidad de rotación solamente.
2. El circuito equivalente de una fase del generador sincrónico trifásico funcionando con velocidad constante y corriente de campo fija es
  - a. idéntico a aquél del generador c.c.
  - b. muy similar a aquél del transformador monofásico.
  - c. el mismo que el de un circuito trifásico balanceado.
  - d. el mismo que aquél de una batería c.c.



## Características de la regulación del voltaje

3. En el circuito equivalente del generador síncrono, la reactancia  $X_s$  se llama
  - a. reactancia estacionaria.
  - b. reactancia de régimen permanente.
  - c. reactancia simplificada.
  - d. reactancia síncrona.
  
4. Las características de la regulación del voltaje de un generador síncrono son
  - a. muy similares a aquéllas de un transformador monofásico.
  - b. completamente diferentes de aquéllas de un transformador monofásico.
  - c. idénticas a aquéllas de un motor monofásico.
  - d. útiles sólo cuando el generador funciona en vacío.
  
5. En el circuito equivalente del generador síncrono, la reactancia  $X_s$ , expresada en ohmios,
  - a. es mucho más pequeña que el valor de  $R_s$ .
  - b. es mucho más grande que el valor de  $R_s$ .
  - c. tiene el mismo valor que  $R_s$ .
  - d. depende del voltaje de salida del generador.