



UNIVERSIDAD VERACRUZANA.  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.  
ZONA XALAPA.



**LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS.**  
RESPONSABLE DR. OSCAR MANUEL LÓPEZ YZA.

NOMBRE: \_\_\_\_\_ MATRÍCULA: \_\_\_\_\_

E.E: \_\_\_\_\_

EQUIPO O BRIGADA: \_\_\_\_\_ DÍA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

PRÁCTICA No. 8 FECHA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DE LA PRÁCTICA:

### **POTENCIA Y SINCRONIZACIÓN DEL ALTERNADOR DE CA**

#### **OBJETIVOS**

- Aprender a sincronizar un alternador con un sistema de potencia eléctrico.
- Observar el efecto de la excitación de c-d sobre la potencia entregada por un alternador.
- Observar el efecto de la potencia entregada por un alternador en el par de movimiento primario.

#### **EXPOSICIÓN**

La frecuencia de un sistema eléctrico de potencia es establecida por la velocidad de rotación de muchos alternadores grandes, todos interconectados a la red. La inercia colectiva y la potencia de estos generadores son tan grandes que no existe una carga o perturbación que sea lo suficientemente grande para cambiarsu velocidad de rotación. La frecuencia de un sistema eléctrico de potencia es por tanto remarcablemente estable.

Un alternador solo puede entregar potencia a un sistema de potencia existente si este opera a la misma frecuencia. El que ambos operen a la misma frecuencia no es tan difícil de lograr como pareciera, porque fuerzas automáticas tienen lugar cuando el alternador es conectado a un sistema existente que lo hace mantener su frecuencia constante.

La sincronización de un alternador a un sistema grande o “bus infinito” es como

acoplar un engrane pequeño con uno muy grande. Si los dientes de ambos engranes están propiamente sincronizados al momento del contacto, el acoplamiento será suave. Pero si los dientes de ambos tienen contacto en un momento crítico, éstos chocarán ocasionando daño al engrane pequeño.

La sincronización suave de un alternador significa primero que su frecuencia debe ser la misma que la de la fuente, también que la secuencia de fase (o rotación) debe ser la misma.

Volviendo a la analogía de los engranes, la siguiente cuestión sería que el diente de un engrane enclave en el espacio entre dientes del otro engrande. En términos eléctricos, el voltaje del alternador debe estar en fase con el voltaje de la fuente de alimentación.

Finalmente, cuando se sincronizan dos engranes siempre se escogen profundidades de dientes en el piñón que sean compatibles con el engrane maestro. Eléctricamente, la amplitud de voltaje de alternador debe ser igual a la amplitud de voltaje de la fuente. Con estas condiciones cumplidas, el alternador es perfectamente sincronizado a la red y el interruptor entre ellos puede cerrarse.

Excluyendo a los alternadores portátiles o los que son manejados por máquinas móviles operando en áreas remotas o que tiene usos de emergencia, los alternadores de uso común alimentan a grandes redes de distribución donde el voltaje y la frecuencia han sido establecidos por otros generadores operando en el mismo sistema. El voltaje y frecuencia existentes en este bus infinito no pueden ser cambiados añadiendo otro alternador.

El alternador entrante tendrá un flujo constante en su entrehierro debidos al voltaje y a la frecuencia del bus infinito. El flujo es normalmente producido por la corriente de c-d del rotor y/o las corrientes del estator. Si la corriente de c-d es menor que la necesaria para producir el flujo nominal, el estator debe suministrar el flujo restante tomando potencia reactiva atrasada de la línea.

Recíprocamente, si la corriente del rotor es mayor que la requerida para producir el flujo, del estator tomará potencia reactiva adelantada de la línea y se comportará como un capacitor visto desde la línea.

Cuando la excitación de c-d de un alternador que está ``sujeto`` a un bus infinito sólo puede causar que intercambie más o menos potencia reactiva con dicho bus.

Un alternador sólo puede entregar potencia activa (watts) a un bus infinito forzando a su rotor a moverse delante de su posición normal de no carga. Se debe aplicar un par mecánico para que dicho avance del rotor pueda ocurrir y mantenerse. El par multiplicado por la velocidad es una medida de la potencia mecánica que el alternador recibe y por tanto, la potencia eléctrica que este entrega. Está claro

entonces que la fuente de movimiento primario debe proporcionar un par al rotor. A mayor par aplicado, será mayor la potencia activa entregada por el alternador hasta que éste alcance su capacidad límite.

Un alternador puede deslizarse suavemente hasta su operación como motor síncrono cuando el movimiento primario deje de aplicarle par. De hecho, un alternador (operando como motor síncrono fuera del bus infinito) puede entregar potencia mecánica a su máquina impulsadora primaria. Por ejemplo, un alternador que es movido por una turbina hidráulica puede de una manera ordinaria convertirse en un motor síncrono moviendo a la turbina hidráulica como una bomba de agua.

## INSTRUMENTOS Y EQUIPO

Voltímetro de c-a.	EMS 8426-10
Motor/generador de c-d.	EMS 8501
Módulo de conexión del motor/generador de c-d.	EMS 8502
Motor/generador síncrono.	EMS 8507
Módulo de conexiones del motor/generador síncrono.	EMS 8508
Volt amperímetro de c-d.	EMS 8513
Amperímetro de c-a.	EMS 8514
Watímetro trifásico.	EMS 8515
Varímetro trifásico.	EMS 8516
Módulo de sincronización.	EMS 8518
Reóstato de campo (2).	EMS 8524
Fuente trifásica de poder.	EMS 8525
Cables de conexión.	EMS 8550
Tacómetro eléctrico (2 kw).	EMS 8930
Acoplador.	EMS 8943
Banda.	EMS 8942

## PROCEDIMIENTO

**Precaución: Recuerde que son manejados altos voltajes en este experimento, por su bien y del equipo, siga todas las medidas de seguridad del laboratorio.**

1.
  - a) Conecte el motor/generador de c-d y el motor/generador síncrono a sus respectivos módulos de conexión y acóplelos.
  - b) Instale el tacómetro eléctrico en una de las dos máquinas.

2. Conecte el circuito de la figura 1.

a) Noté que la salida del alternador está conectada a través del vatímetro, el varímetro y el interruptor de sincronización a la salida fija de 208 Vc-a (terminales 1, 2 y 3).

b) Observe que el rotor del alternador está conectado a la salida fija 120 Vc-d.

c) Observe que el motor shunt de c-d está conectado a la salida variable 0-120 Vc-d (7 y N).

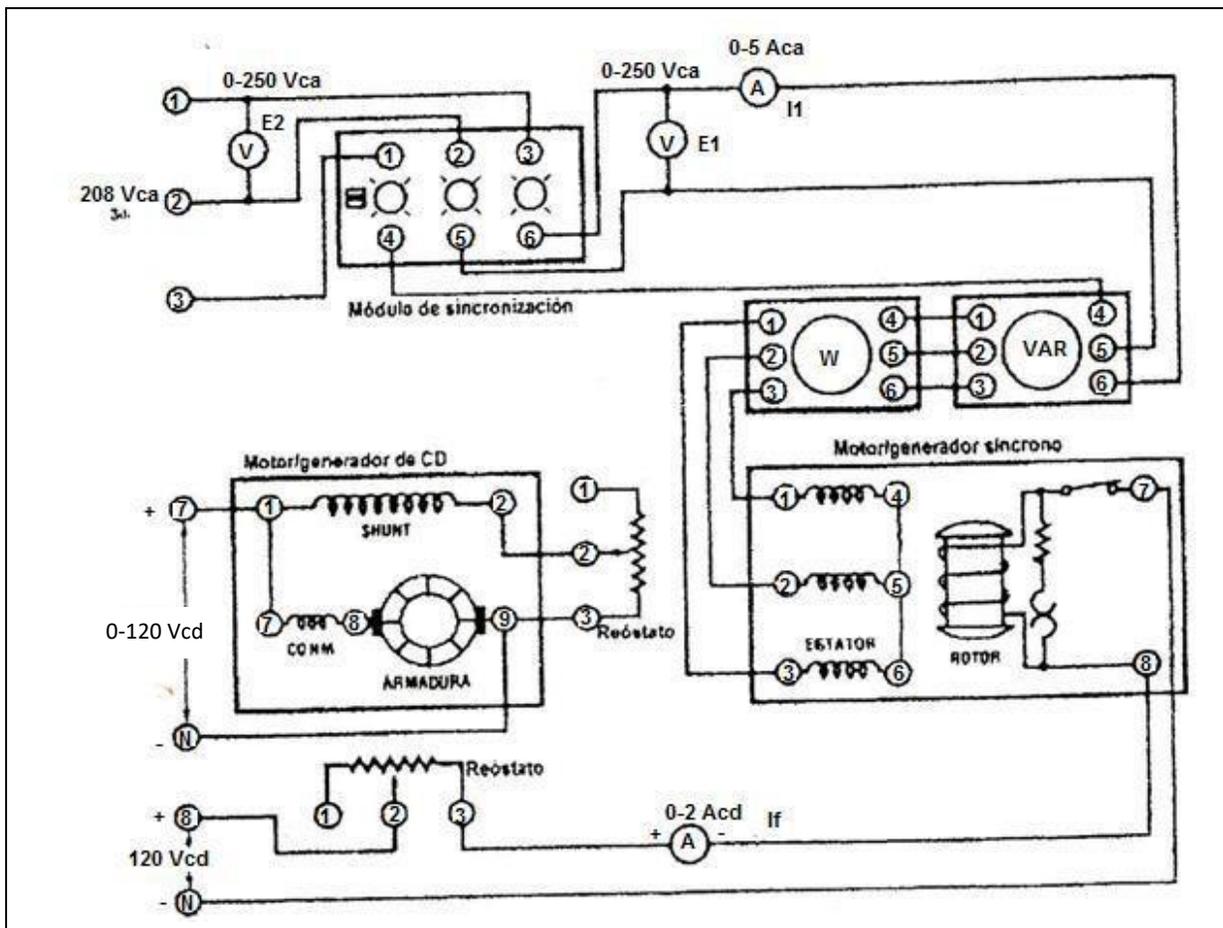


Figura 1

3.

a) Ponga el reóstato de campo de un motor de c d en su posición extrema en el sentido contrario de las manecillas del reloj (resistencia mínima).

b) Ponga el reóstato de campo del alternador en su posición extrema en el sentido del reloj (máxima resistencia).

- c) Asegúrese de que el interruptor de sincronización está en posición abierta.
  - d) Abra el interruptor de circuito de excitación del alternador.
  - e) Asegúrese que el control de voltaje de la fuente esté en cero.
4. Enciende la fuente de alimentación y ajuste la salida de c-d variable de la fuente a 120 Vc-d (use el medidor de la fuente para ello en posición 7-N).
- a) Usando el tacómetro eléctrico, ajuste el reóstato de campo del motor de c-d para una velocidad de 1,800 rpm.
  - b) Mida el voltaje  $E_2 =$  \_\_\_\_\_ V c-a.
  - c) Cierre el interruptor de excitación del alternador.
  - d) Ajuste la excitación de c-d del alternador hasta que el voltaje de salida del alternador  $E_1 = E_2$ .

**NOTA: Estos voltajes deben mantenerse iguales por el resto del experimento.**

- e) Las tres lámparas de sincronización deben estar en encendido y apagado.
5. Cuidadosamente ajuste la velocidad del motor hasta que la frecuencia de encendido y apagado se baja.
- a) ¿Se encienden y apagan al mismo tiempo las tres lámparas? \_\_\_\_\_
  - b) Si no es así, la secuencia de fase es incorrecta. Apague entonces la fuente de alimentación e intercambie cualquier par de terminales del estator del alternador.
  - c) Cuidadosamente ajuste la velocidad del motor hasta que las tres lámparas se apaguen y enciendan lentamente. La frecuencia del alternador está entonces cerca de la frecuencia de la compañía de energía.
  - d) Cuando todas las luces están completamente apagadas quiere decir que los voltajes del alternador y de la fuente están en fase. En cambio, cuando las luces están completamente encendidas quiere decir que los voltajes del alternador y la fuente están  $180^\circ$  fuera de fase (a esta condición se le llama "diente-diente" y el interruptor de sincronización nunca debe ser cerrado bajo esta condición.
  - e) Asegúrese de que los voltajes  $E_1$  y  $E_2$  son iguales, si no es así, vuelva a ajustar la excitación de c-d del alternador.

6. Cierre el interruptor de sincronización cuando las tres lámparas estén completamente apagadas y observa el comportamiento de la corriente  $I_1$ .

7. Cuidadosamente ajuste la excitación de c-d del alternador así como la velocidad del motor hasta que el watímetro y varímetro indiquen cero.

Mida y anote lo siguiente:

$$E_1 = \text{_____} \text{ Vc-a} \quad I_1 = \text{_____} \text{ Ac-a} \quad I_f = \text{_____} \text{ Ac-d}$$

El alternador está ahora flotando en la línea de potencia, no está recibiendo ni entregando potencia.

8. Lentamente incremente solo la excitación de c-d del alternador (sentido contrario del reloj) hasta que  $I_1 = 2.5 \text{ A c-a}$ . Mida y anote:

$$E_1 = \text{_____} \text{ Vc-a} \quad I_f = \text{_____} \text{ Ac-d}$$

$$P = \text{_____} \text{ W} \quad Q = \text{_____} \text{ VAR}$$

a) ¿Está la potencia reactiva siendo absorbida o entregada por el alternador?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) Calcule la potencia aparente entregada por el alternador y el factor de potencia de ésta.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

c) ¿A qué potencia afectó el incremento en la excitación de c-d principalmente?

\_\_\_\_\_

9. Ajuste de nuevo el varímetro y el watímetro de modo que indiquen cero.

a) Muy lentamente reduzca solo la excitación de cd del alternador (sentido del reloj) hasta que  $I_1 = 2.5 \text{ A c-a}$ . Mida y anote:

$$E_1 = \text{_____} \text{ Vc-a} \quad I_f = \text{_____} \text{ Ac-d}$$

$$P = \text{_____} \text{ W} \quad Q = \text{_____} \text{ VAR}$$

b) ¿Está la potencia reactiva siendo absorbida o entregada por el alternador?

---

c) Calcule la potencia aparente entregada por el alternador y el factor de potencia de ésta.

---

---

d) ¿A qué potencia principalmente afectó el decremento en la excitación de c-d?

---

10. Ajuste de nuevo el varímetro y el watímetro de modo que indiquen cero nuevamente.

a) Muy lentamente ajuste la excitación de c-d del alternador y el par del motor de c-d para que el alternador entregue 600 W de potencia activa (mover el reóstato de campo en sentido del reloj) y 900 vars de potencia reactiva (mover el reóstato del alternador en sentido contrario del reloj). Haga las siguientes mediciones:

Alternador sobre excitado:

$$E_1 = \underline{\hspace{2cm}} V_{c-a} \quad I_f = \underline{\hspace{2cm}} A_{c-d}$$
$$P = \underline{\hspace{2cm}} W \quad Q = \underline{\hspace{2cm}} VAR$$

Alternador sobreexcitado:

$$E_1 = \underline{\hspace{2cm}} V_{c-a} \quad I_f = \underline{\hspace{2cm}} A_{c-d}$$
$$P = \underline{\hspace{2cm}} W \quad Q = \underline{\hspace{2cm}} VAR$$

b) Abra el interruptor de sincronización para sacar al alternador de la línea.

c) Baje a cero y desconecte la fuente.

d) Calcule la potencia aparente entregada por el alternador y factor de potencia de ésta.

---

---

**PRUEBA DE CONOCIMIENTO**

1. Mencione las condiciones necesarias para sincronizar correctamente un alternador a una línea trifásica de potencia existente.

---

---

2. Un alternador puede ser severamente dañado si se intenta sincronizar. ¿Bajo cuales condiciones? Explique:

---

---

3. ¿Cuál es la otra condición para que un alternador que genera un valor de voltaje distinto pueda entregar potencia al sistema si se pretende sincronizarlo a él?

---

---

4. El factor de potencia de un alternador que es conectado a un bus infinito depende de la frecuencia de dicho bus, explique esto:

---

---

---

5. La frecuencia de salida de un alternador conectado a un bus infinito depende de la frecuencia de dicho bus, explique esto:

---

---

---

---

**Tomado del libro:**

WILDI, THEODORE Y THE STAFF LAB-VOLT LTD., ELECTRICAL POWER TECHNOLOGY.

LAB-VOLT 1TH EDITION, PRINTED IN CANADA, JULY 1985.