

### **3.- EXPERIENCIAS DE MAQUINAS ELECTRICAS**

#### **3.1.- EXPERIENCIA N°3: MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA**

##### **A.- INTRODUCCION**

En una sola sesión de laboratorio se experimentará con dos máquinas de CC, operando respectivamente como motor y como generador. Primeramente es importante recordar algunas particularidades de esta máquinas.

En cuanto a los **motores de CC**, las principales ventajas que presenta su uso en aplicaciones de potencia, se sustentan en la facilidad con que puede controlarse su velocidad, la posibilidad de alcanzar grandes velocidades y los elevados torques de arranque. Así, aún cuando los motores de CC están siendo reemplazados cada vez más por motores de inducción trifásicos con control electrónico de velocidad, todavía se les encuentra en algunos procesos industriales y, sobre todo en tracción eléctrica (Metro, ferrocarriles, trolebuses, tranvías, automóvil eléctrico, etc.). Los motores de C.C. del tipo serie, operan con una característica de caída fuerte de la velocidad cuando se aumenta su carga en el eje, y su velocidad es prohibitivamente alta si funciona en vacío; por medio de la tensión de alimentación, puede controlarse su velocidad entre cero y la velocidad nominal. Los motores de C.C. tipo shunt o los de excitación independiente, a corriente de campo constante, operan con ligeras variaciones de velocidad para aumentos de carga; por intermedio de la corriente de campo, de la tensión de armadura o de ambos, puede controlarse la velocidad en un amplio rango. Los motores compound acumulativo tienen características intermedias entre los dos anteriores y se obtienen esencialmente las ventajas de uno y de otro.

Los altos torques de arranque del motor serie lo hacen adecuado para montacargas, grúas y cargas de tipo tracción. El motor shunt se emplea, por su adaptabilidad, en el servicio de velocidad controlable. El motor compound se aproxima a la performance del motor serie, excepto que el campo shunt limita la velocidad de vacío a valores permitidos.

En el trabajo de laboratorio se experimentará con motores en conexión shunt. Se determinan sus parámetros eléctricos y mecánicos, se experimenta el método de partida reostático, se analiza la variación de velocidad ante variaciones de la tensión de armadura y de la corriente de excitación y se hacen pruebas con carga.

En cuanto a los **generadores de C.C.**, los que tienen aplicación práctica son los de excitación independiente, los shunt o autoexcitados y los del tipo compound (compuesto) acumulativo. Su uso es actualmente casi nulo, pues han sido reemplazados por rectificadores de potencia en la mayoría de las aplicaciones. No obstante, su experimentación es de interés, por cuanto son útiles para simular cargas mecánicas en el laboratorio y por lo tanto interesa conocer sus características de comportamiento.

El generador C.C. de excitación independiente tiene una característica de tensión decreciente con la corriente de carga. No obstante, permite un amplio rango de tensiones de salida controlables con la corriente de excitación y/o con la velocidad.

El generador shunt también tiene una característica de carga decreciente, pero más acentuada que el anterior, e inestable cuando las corrientes de carga son demasiado elevadas. Además, la tensión no puede controlarse en un rango muy amplio ya que para resistencias muy elevadas en serie con el campo (resistencia crítica) la tensión generada decae prácticamente a cero. Sin embargo, como ventaja con respecto al de excitación independiente, el generador shunt no requiere de fuente externa para alimentar el campo.

El generador auto excitado compound acumulativo puede producir una característica de tensión de salida plana, o bien creciente con aumento de carga.

En esta experiencia se ensayará un generador de C.C. de excitación independiente. En particular se verá su comportamiento en vacío (curva de magnetización) y con carga.

En cuanto a los objetivos, el objetivo central de esta unidad es obtener un conocimiento detallado de la máquina de CC. Dentro de esto, es importante destacar:

- 1) Conocimiento de las características constructivas y de disposición de los distintos elementos de la máquina.
- 2) Conocimiento práctico de la máquina y de su operación.
- 3) Verificación de la teoría. Validez y limitaciones de los modelos conocidos y de las relaciones de ellos obtenidas.
- 4) Conocimiento de las curvas características de la Máquina de C.C.
- 5) Conocimiento de los valores y rangos típicos, relacionados con Máquinas de C.C.
- 6) Conocimiento del comportamiento conjunto de dos máquinas de C.C. acopladas en su eje, una actuando como motor y la otra como generador.

Para la realización de las pruebas programadas, se trabajará en el Laboratorio con 2 máquinas, una operando como motor y la otra como generador, ambas acopladas en el eje, como ilustra la Figura 3.1.

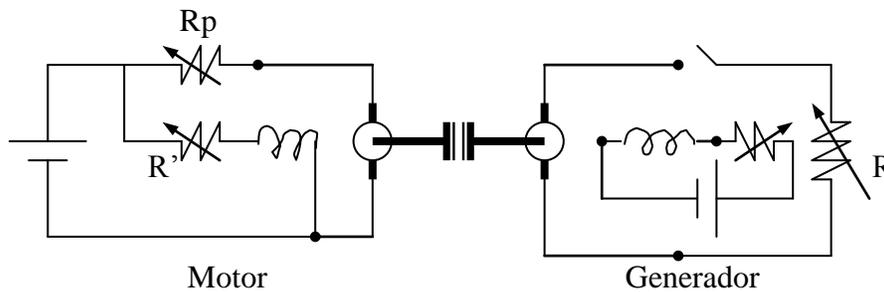


Fig.3.1. Grupo Motor Generador de CC.

Es decir, el generador representará la carga mecánica del motor y a su vez el motor suministrará la energía mecánica rotacional al generador para que éste genere energía eléctrica.

Entre otras, se harán las pruebas necesarias para determinar los parámetros circuitales de la máquina (resistencias de los enrollados,  $R_a$  y  $R_c$ , y la inductancia rotacional  $G$ ). Y se harán pruebas con el generador con carga eléctrica (resistencia  $R$ ), donde éste simula la carga mecánica del motor (la que eventualmente puede variarse modificando  $R$ ).

Los resultados de las pruebas permitirán conocer los parámetros de la máquina y determinar “teóricamente” su comportamiento, el que se podrá comparar con el comportamiento real medido en la prueba con carga.

## **B. TRABAJO DE LABORATORIO**

- 1.- Identifique todos los elementos de la máquina: armadura, campos, polos de conmutación, colector, descansos, sistema de lubricación, carcasa, sistema de refrigeración, etc. Identifique la convención utilizada para la designación de los bornes. Tome nota de la información contenida en la placa.
- 2.- Manteniendo el generador desenergizado y sin carga eléctrica, haga partir el motor de C.C. en conexión shunt (recuerde usar una alta resistencia de partida  $R_p$  para limitar la corriente de arranque en la armadura). Luego, con tensión de armadura constante en su valor nominal determine la característica de velocidad del motor en función de la corriente de excitación (variando  $R'$ ), y encuentre el rango de velocidad que es posible obtener sin sobrepasar el 130% de la velocidad nominal.

- 3.- Manteniendo el generador desenergizado y sin carga eléctrica, determine la característica de velocidad del motor shunt en función de la tensión aplicada a la armadura (mediante  $R_p$ ), manteniendo la corriente de excitación constante en su valor nominal.
- 4.- Detenga el motor y efectúe las medidas para determinar los parámetros eléctricos y mecánicos necesarios para determinar el comportamiento electromecánico de las máquinas. En particular mida las resistencias de los enrollados y obtenga la característica de magnetización de ambas máquinas (variando su corriente de campo con el respectivo reóstato) para dos velocidades de rotación.
- 5.- Determine la dependencia de las variables eléctricas y mecánicas del motor shunt bajo ensayo, en función de la carga mecánica aplicada al eje, con tensión aplicada constante. La variación de la carga se obtiene variando la resistencia  $R$  que alimenta el generador (Fig.3.1). Para cada valor de  $R$ , efectúe lecturas simultáneas de la velocidad, voltajes y corrientes de armadura y excitación de ambas máquinas (no es necesario medir potencias, pues  $P = VI$ , ya que los circuitos son de CC)..

#### **ADVERTENCIAS:**

- Las variaciones bruscas de los reóstatos pueden provocar peaks de corrientes, y por lo tanto, deben utilizarse los amperímetros en escalas adecuadas.
- Trabajar con debidas precauciones, considerando que hay partes girando a alta velocidad.
- Recordar que un motor shunt o de excitación independiente tiende a aumentar prohibitivamente su velocidad (en vacío especialmente) cuando la corriente de campo se reduce, y particularmente cuando llega a cero, por ejemplo por abrirse el circuito de campo. Se recomienda entonces verificar permanentemente la confiabilidad de las conexiones de dicho circuito para evitar el “embalamiento” del rotor.
- Mediante los reóstatos del motor, controlar que la velocidad se mantenga constante al determinar la característica de magnetización del generador (ya que debido a la temperatura pueden cambiar los valores de las resistencias de los enrollados, modificándose levemente la velocidad de operación).
- Mediante el reóstato de la excitación del motor, procure mantener constante la corriente de excitación durante la prueba del pto. 3 (ya que debido a la temperatura, puede cambiar el valor de la resistencia del enrollado de excitación, modificándose levemente la corriente por dicho enrollado).

### **C.- ASPECTOS PARTICULARES A CONSIDERAR EN EL INFORME FINAL.**

- 1) Informe de lo observado: indique e interprete los valores nominales de la máquina y describa otras características observadas que definen su aplicación.
- 2) Comente acerca de los métodos de variación de velocidad, mediante el control de la tensión de armadura y mediante el control de la corriente del campo. ¿En qué casos conviene utilizar uno u otro?
- 3) Informe de los parámetros obtenidos de B.4.¿ Se satisface la relación teórica entre las dos curvas de magnetización obtenidas?. Justifique la forma de ambas curvas. Identifique el rango lineal. ¿Es dependiente este rango de la velocidad?
- 4) Informe de B.5; compare los resultados experimentales del comportamiento con carga, con la predicción teórica (obtenida de resolver el circuito equivalente con los parámetros circuitales calculados de B.4) y discuta la validez del modelo circuital. Incluya una evaluación del rendimiento de las máquinas y la curva torque velocidad aproximada del motor.
- 5) Analice la posibilidad de reemplazar el control reóstático empleado en el laboratorio, por un control electrónico. ¿Qué tipo de control electrónico usaría y cuáles serían sus ventajas y desventajas respecto al control reostático?.

### **D.- BIBLIOGRAFIA**

- 1.- A. Fitzgerald y C. Kingsley, Jr. :  
“Electric Machinery”, 2<sup>nd</sup> Ed., Mc. Graw Hill, 1961.
- 2.- G. Thaler y M. Wilcox:  
“Máquinas Eléctricas”. Limusa-Wiley, 1969.
- 3.- M. Kostenko y L. Piotrovsky:  
“Máquinas Eléctricas” Tomo I, Montaner 1968.
- 4.- “Máquinas Eléctricas”, Publicación C/5, Depto. de Ingeniería Eléctrica, U. de Chile, 1983 (Parte “Máquina de C.C.”).
- 5.- J.Romo, L.Vargas: Texto “Apuntes EL42C, Conversión Electromecánica de la Energía”, Depto. Ing. Eléctrica, U. de Chile, 1<sup>a</sup>ed.2003, 2<sup>a</sup>ed. 2007.  
[https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/3/EL42C/1/material\\_alumnos/objeto/9816](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/3/EL42C/1/material_alumnos/objeto/9816)