

3.- EXPERIENCIAS DE MAQUINAS ELECTRICAS

3.4.- EXPERIENCIA N°6:

MAQUINA SINCRONICA CONECTADA A LA RED INFINITA

A.- INTRODUCCION

En esta experiencia y en la anterior (máquina sincrónica aislada de la red), uno de los objetivos importantes es apreciar los efectos totalmente diferentes que se logran en ambos casos mediante el control del torque externo aplicado al eje y el control de la corriente de excitación. Mientras con el generador aislado de la red se logran modificar la frecuencia y la magnitud del voltaje generado, en la máquina conectada a la red dichos valores permanecen fijos y lo que se modifica son las potencias activa y reactiva en bornes del estator.

Para conectar una máquina sincrónica a la red, previo al cierre del interruptor es necesario “sincronizar” la máquina. Es decir, generar un voltaje trifásico de igual secuencia, magnitud, frecuencia y en fase con el voltaje de la red. Las grandes centrales generadoras disponen de elementos automáticos que controlan los deslizamientos máximos de modo de efectuar la conexión de la máquina al sistema con mínimas alteraciones o perturbaciones, quedando el alternador sin carga después del cierre del interruptor.

La magnitud de la potencia activa en bornes de la máquina depende de la máquina motriz (turbina). La potencia reactiva se controla con la excitación del alternador. La máquina conectada a la red puede trabajar como motor o generador, dentro de los límites de su “carta de operación”, determinada por sus parámetros y las limitantes propias de sus circuitos y elementos.

En el trabajo de laboratorio se ensayará la sincronización de la máquina a la red en condiciones normales y anormales; se hará funcionar como motor y generador, sobre y subexcitado; y se determinarán los límites de su carta de operación.

Se trabajará con una máquina sincrónica trifásica acoplada a una máquina de C.C. de conexión shunt.

Entre los objetivos específicos de la presente experiencia, máquina conectada a la red infinita, conviene destacar:

- 1) Comprender las condiciones que deben cumplirse para sincronizar la máquina a la red en el momento de su conexión.
- 2) Interiorizarse de la operación de la máquina sincrónica conectada a un sistema de potencia infinita. Obtener su carta de operación e identificar la información contenida en ella.
- 3) Entender los controles de torque y de excitación de la máquina sincrónica en relación a la toma de cargas activa y reactiva y su funcionamiento como motor o generador.

B.- TRABAJO DE LABORATORIO

1. Sincronización a la red:
Preparar un circuito con todos los elementos necesarios para sincronizar la máquina a la red. Considerar fusibles y otra protección adecuada en el interruptor de sincronización.
 - a) Sincronizar la máquina al sistema en condiciones óptimas (diferencia de tensión y deslizamientos despreciables). Tomar nota de voltajes, frecuencias, corrientes de línea y de excitación del generador, previas y posteriores al cierre del interruptor de sincronización.
 - b) Una vez sincronizada la máquina con la red, realice un control de excitación del generador con torque constante, es decir, manteniendo constante la potencia mecánica entregada por la máquina motriz mida en bornes de la máquina sincrónica la potencia activa y reactiva para distintos valores de excitación del generador.
 - c) Con la máquina sincronizada con la red, realice un control de torque con excitación del generador constante. Mida en bornes de la máquina sincrónica la potencia activa y reactiva para distintos valores de potencia mecánica entregada por la máquina motriz.
 - d) Separar la máquina del sistema y sincronizar en condiciones anormales de velocidad y tensión (sobre y sub), no sobrepasar el 3% para la frecuencia y el 10% para el voltaje. Tomar nota de voltajes, frecuencias, corrientes de línea y de excitación del generador, previas y posteriores al cierre del interruptor de sincronización.
2. Experimentar el trabajo de la máquina sincrónica en los cuatro cuadrantes, desplazando el punto de operación mediante la máquina de C.C. y la corriente de excitación de la máquina sincrónica. Mida en cada punto de operación la potencia activa, reactiva, corriente de excitación de la máquina sincrónica y la potencia entregada o consumida por la máquina de C.C. Se recomienda la siguiente secuencia de operaciones:
 - a) Generador sobre-excitado: la máquina de C.C. actúa como motor. La corriente de excitación del generador sincrónico es tal que la red absorbe reactivos.
 - b) Generador subexcitado: la máquina de C.C. actúa como motor. La corriente de excitación del generador sincrónico es tal que la red entrega reactivos.
 - c) Reactor sincrónico: manteniendo la máquina sincrónica subexcitada desconecte la fuente del motor de C.C.

- d) Motor subexcitado: la máquina de C.C. pasa a actuar como generador alimentando una carga resistiva en la armadura (**¡ invertir la conexión de las bobinas de corriente de los instrumentos !**). La corriente de excitación del motor síncronico es tal que consume reactivos de la red.
 - e) Motor sobreexcitado: la máquina de C.C. actúa como generador. La corriente de excitación del motor síncronico es tal que entrega reactivos a la red.
 - f) Condensador síncronico: manteniendo la máquina síncronica sobreexcitada desconecte la carga y la fuente del generador de C.C.
- 3.- Determinar puntos límites de la carta de operación: Q máximo y mínimo de la máquina como condensador y reactor síncronico, $P_{\text{máximo}}$, $E_{\text{máximo}}$, $I_{\text{máximo}}$, etc.

ADVERTENCIAS

- Cuidado con las partes rotatorias.
- Cuidar de no sobrepasar valores nominales de las corrientes de estator y de campo.

C. ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL INFORME

1. Explicar necesidad de sincronizar la máquina a la red y justificar el montaje utilizado.
2. Encontrar el lugar geométrico para el control de excitación con torque constante.
3. Encontrar el lugar geométrico para el control de torque con excitación constante.
4. Comentar acerca de ΔV y Δf máximas que podrían aceptarse en un dispositivo automático de sincronización.
5. Analizar los valores obtenidos para la operación de la máquina en los cuatro cuadrantes, mediante diagramas fasores. Determinar el ángulo delta en cada punto de operación. Estime el valor de excitación de la máquina síncronica que anula la potencia reactiva. Compare con valores teóricos.
6. Dibujar la carta de operación de la máquina, destacando los puntos experimentales obtenidos.

D. BIBLIOGRAFIA

1. A. Fitzgerald y C. Kingsley, Jr.
“Electric Machinery” 2nd 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, Univ. De Chile, 1983 (Parte “Máquinas Síncronicas”).