



TITULACIÓN : Ingeniería Téc. Industrial

ASIGNATURA : Máquinas Eléctricas II

**PRÁCTICA 4 : Acoplamiento A Red De Un Generador Síncrono.
Límites de Funcionamiento**

- 1. CONDICIONES DEL ACOPLAMIENTO**
- 2. ACOPLAMIENTO A RED**
- 3. FUNCIONAMIENTO COMO COMPENSADOR SÍNCRONO**
- 4. ESCALÓN DE POTENCIA ACTIVA. SOBREEXCITACIÓN Y SUBEXCITACIÓN**
- 5. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA**
- 6. RESULTADOS**

MATERIAL NECESARIO PARA LA PRÁCTICA POR CADA PUESTO

- 1 Máquina Servo
- 1 Máquina 3017710
- 1 Máscara 31 15 902, 1
- 1 Variac monofásico
- 1 Rectificador Trifásico
- 3 Condensadores de filtrado
- 1 Voltímetro para medir tensión continua (Excitación del generador)
- 2 Voltímetros para medir tensión alterna de salida del generador y de la red.
- 1 Amperímetros para medir corriente continua (Excitación del generador)
- 1 Amperímetro para medir corriente alterna (Salida del generador)
- 1 Vatímetro trifásico
- 1 Polímetro digital
- 1 Cosímetro
- 3 Bombillas 20 W / 230 V
- 1 Portabombillas trifásico para la sincronización
- 1 Módulo de pulsadores
- 1 Contactor trifásico
- 1 Relé térmico
- 1 Osciloscopio
- 1 Sonda Hall (tensión y corriente)
- 1 Módulo de Alecop para alimentación 24 V AC del contactor

MONTAJE

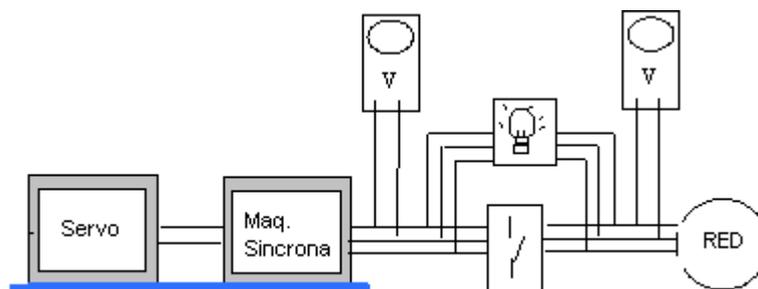


Figura 1. Montaje para la práctica.

1. CONDICIONES DEL ACOPLAMIENTO

Para que se produzca el acoplamiento han de cumplirse las siguientes condiciones entre la salida del generador y la red:

1. El valor eficaz de las tensiones debe ser el mismo
2. La frecuencia de ambas tensiones debe ser Igual
3. Correspondencia entre las fases
4. Igualdad de secuencia de fases

$$f = \frac{n \cdot p}{60}$$

2. ACOPLAMIENTO A RED

2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA :

Máquina Servo y Controlador

La máquina servo es el equipo que transmitirá la potencia mecánica que el generador síncrono transformará en energía eléctrica para a su vez transmitirla a la red. Este equipo es controlado con el sistema mostrado en la figura 2. El nombre de los controles del equipo se detalla en la siguiente lista:

5. Denominación de los elementos de maniobra

- (1) Interruptor de red con indicación de operación
- (2) Indicación del recalentamiento de la resistencia de frenado
- (3) Conector para el suministro energético de la máquina servo de carga en 4 Q
- (4) Conector para las señales de medida de la máquina servo de carga en 4 Q
- (5) Puerto serie para conectar un PC
- (6) Casquillos de salida para la señal analógica del par de giro
- (7) Casquillos de salida para la señal analógica de la frecuencia de giro
- (8) Potencial de referencia para las señales (6) y (7)
- (9) Conmutador de los modos de operación
- (10) Contacto de indicación de fallos
- (11) Casquillos de entrada para la medición de la tensión de la máquina de prueba
- (12) Casquillos de entrada para la medición de la corriente de la máquina de prueba
- (13) Display
- (14) Campo de teclas
- (15) Botón de ajuste con función de tecla
- (16) Conmutador "Alcance de la frecuencia de giro"
- (17) Conmutador "Alcance del par de giro"
- (18) Indicador del cuadrante de trabajo
- (19) Instrumento analógico indicador del par de giro
- (20) Instrumento analógico indicador de la frecuencia de giro

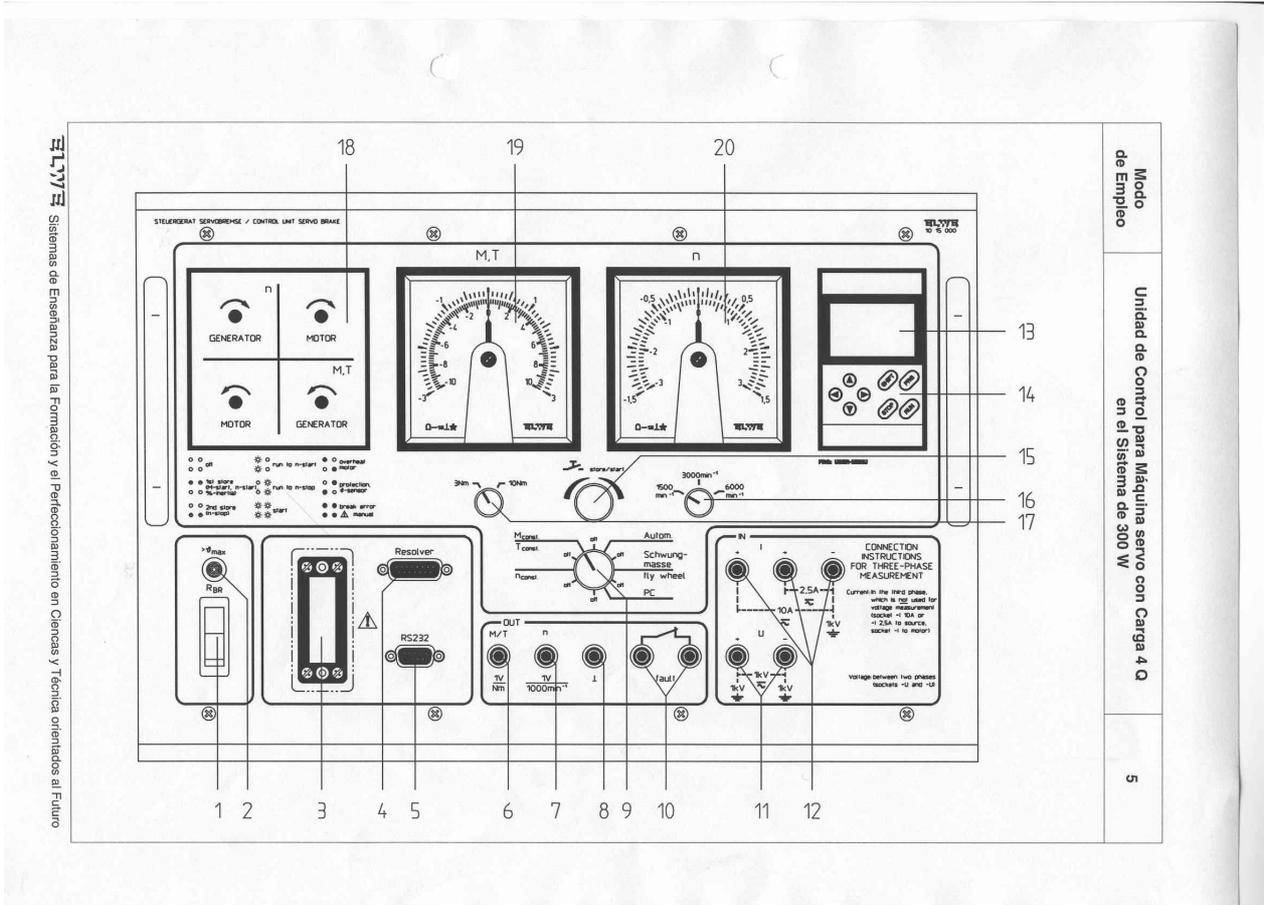


Figura 2. Panel del Controlador de la máquina Servo

GENERADOR SÍNCRONO

La máquina síncrona se conectará en triángulo o delta, de acuerdo a lo mostrado en la figura 3.

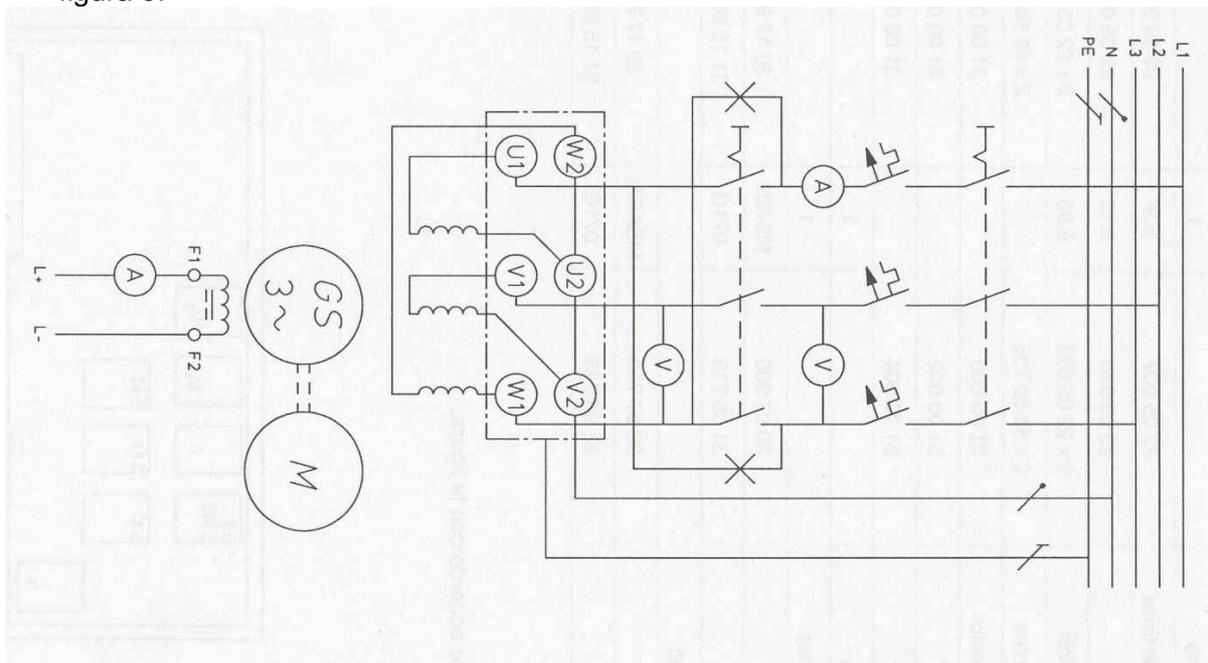
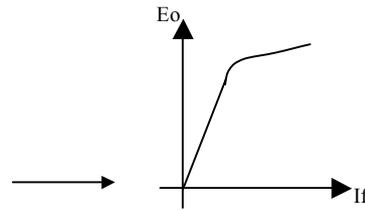


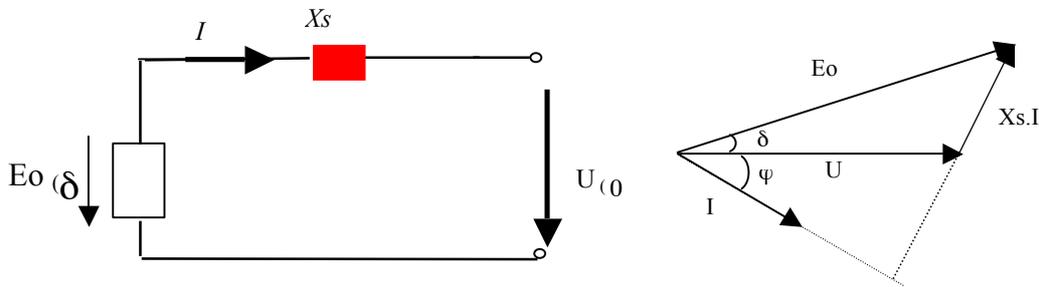
Figura 3. Conexión de la máquina síncrona.

La tensión de excitación se gobierna hasta alcanzar la fuerza electromotriz E_o necesaria para acoplar a la red, observando que la corriente de excitación I_f no supere el valor nominal.



FACTORES DE LOS QUE DEPENDEN LA POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA DEL SISTEMA

Suponemos que la red es de potencia infinita (se mantienen U y f)
Criterio de signos : criterio generador



Las expresiones de la potencia activa y reactiva que emplearemos para comprender el funcionamiento del sistema son :

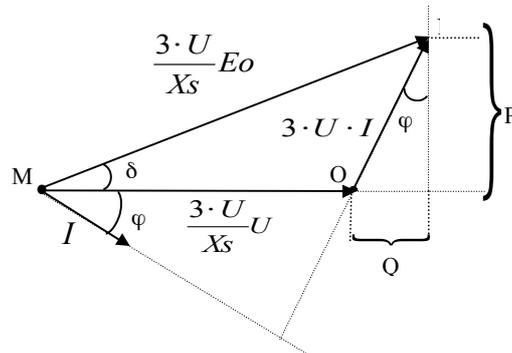
$$E_o = U + j \cdot X_s \cdot I$$

$$S = 3 \cdot U \cdot I^* = \frac{3 \cdot U}{X_s} E_o \text{sen } \delta + j \frac{3 \cdot U}{X_s} (E_o \cdot \text{cos } \delta - U)$$

$$P = \frac{3 \cdot U}{X_s} E_o \cdot \text{sen } \delta = 3 \cdot U \cdot I \cdot \text{cos } \varphi$$

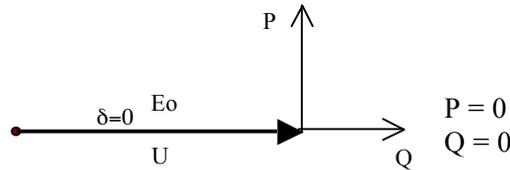
$$Q = \frac{3 \cdot U}{X_s} \cdot (E_o \cdot \text{cos } \delta - U) = 3 \cdot U \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$$

Según las citadas expresiones establecemos una proporción gráfica para la P y la Q mediante el siguiente diagrama fasorial:

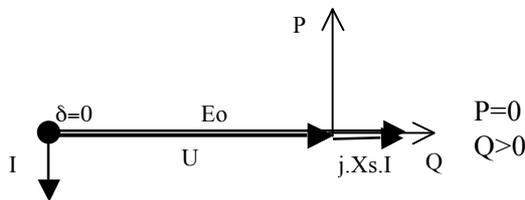


3. FUNCIONAMIENTO COMO COMPENSADOR SÍNCRONO

3.1 Diagrama fasorial en el acoplamiento : Sistema flotante



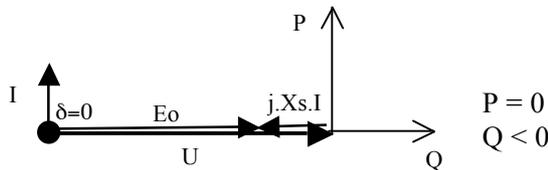
3.2 Diagrama fasorial cuando sobreexcito (sin transmitir Potencia mecánica con el servo)



La red absorbe el excedente de magnetización de la máquina ,

La red se comporta como una bobina

3.3 Diagrama fasorial cuando subexcito (sin transmitir Potencia mecánica con el servo)



La red da la potencia reactiva necesaria para magnetizar la máquina.

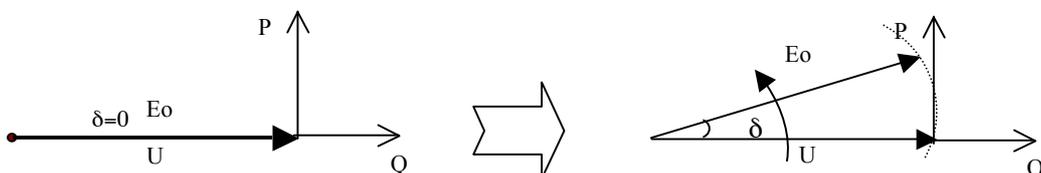
La red se comporta como un condensador

4. ESCALÓN DE POTENCIA ACTIVA. SOBREEXCITACIÓN Y SUBEXCITACIÓN

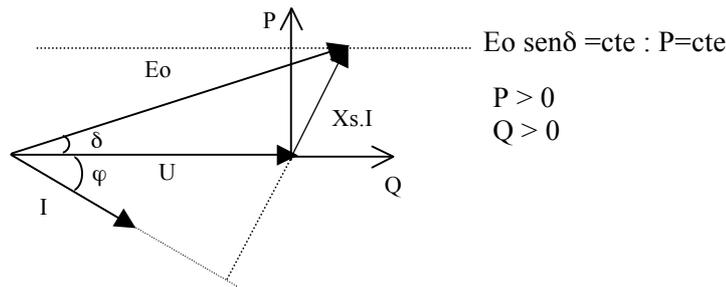
Para simular la apertura de la válvula de admisión de una turbina, y dar así un escalón de potencia activa de forma mecánica , aumento el par de entrada con el servo. Esta potencia se transmite como par; este par motor iguala al resistente puesto que en el acoplamiento la velocidad viene impuesta por la red (50 Hz). $(Mm - Mr = J \cdot d(\Omega)/dt)$

4.1 Escalón de Potencia activa : apertura del ángulo de carga

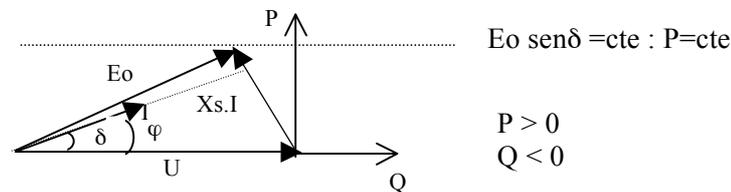
Fijo la excitación del generador : mantengo el módulo de la f.e.m. de salida



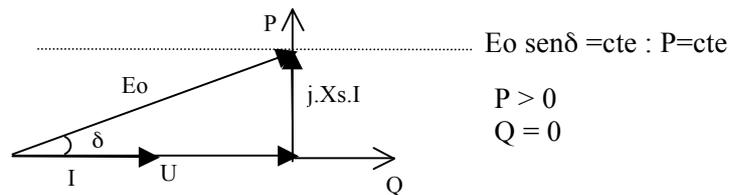
4.2 Escalón de Potencia activa y después sobreexcitación del generador síncrono : red inductiva



4.3 Escalón de Potencia activa y después subexcitación del generador síncrono : red capacitiva



4.4 Escalón de Potencia activa. Punto de mínima corriente



5. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA.

- Conecte los arrollados del estator de la maquina síncrona en triangulo o delta. La conexión se hará como se muestra en la figura 4. No haga la conexión del portabombillas.
- Se debe incluir en el esquema de conexión la sonda de efecto Hall tanto para tensión como para corriente. Asimismo la conexión de las bombillas se detalla en la figura 5.
- Con el polímetro verifique el valor de la tensión de la red. Debe ser de aproximadamente 230 V.

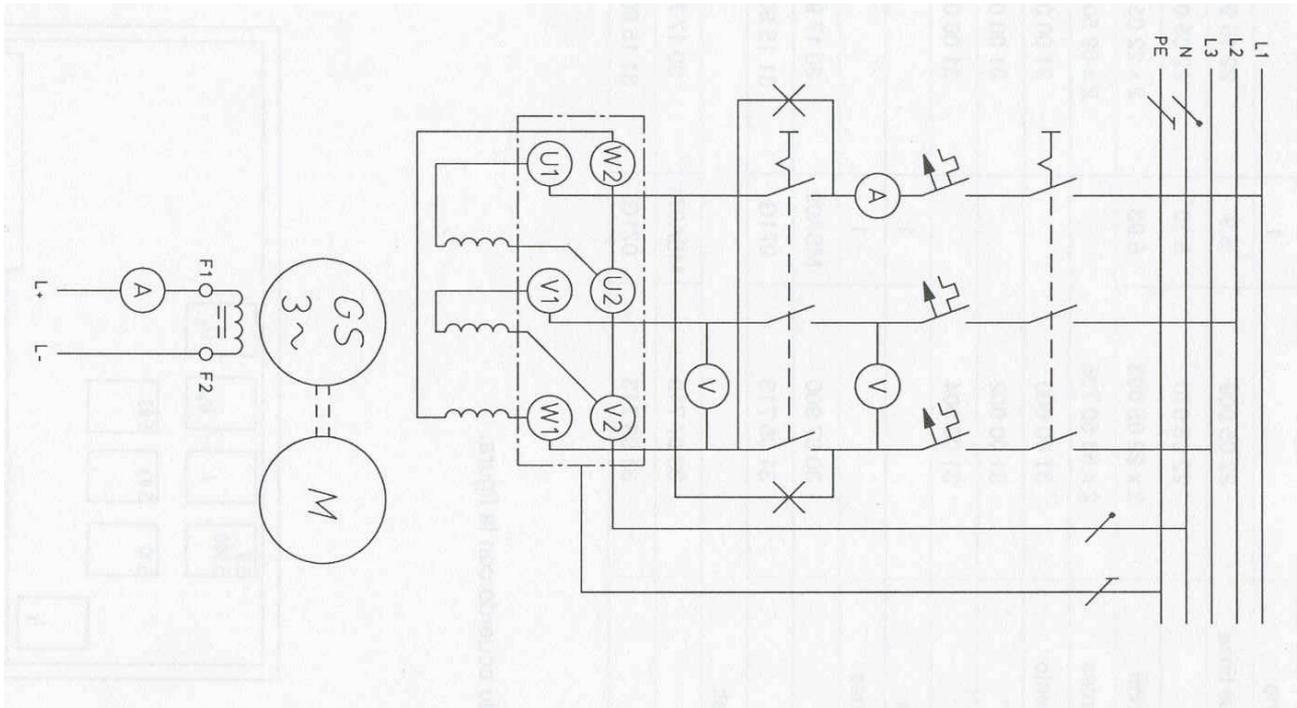


Figura 4. Conexión de la Maquina para el acoplamiento.

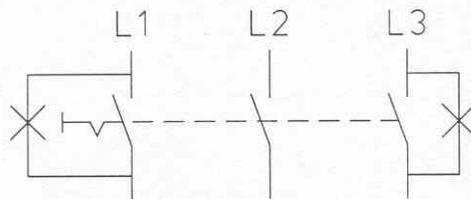


Figura 5. Detalle de la conexión de las lámparas para la sincronización

- Los conmutadores de la unidad de control deben estar colocados de acuerdo a esta tabla.

Modo en:	Off
Conmutador " n_{const} , M_{const} " en:	n_{const}
Conmutador "Par" en:	3 Nm
Conmutador "Velocidad" en:	1500 rpm

- Encienda la unidad de control y ajuste la velocidad del Servo en aproximadamente 1500 rpm.
- Alimente el campo de la máquina. Esta operación debe hacerse con sumo cuidado ya no se debe sobrepasar el valor nominal de $I_f = 5.4$ A.
- Lleve la tensión del estator de la maquina a 230 V. Verifique si las fases y la secuencia de la maquina coinciden con la de fase y la secuencia de la red. Se puede hacer utilizando el sincronizador que esta en la parte baja del portabombillas.
- Después de verificar la coincidencia de fases y la secuencia de la maquina, baje la tensión del estator a cero y detenga la máquina. Haga la conexión del portabombillas y el resto de la instrumentación de acuerdo a lo mostrado en la figura 4 y 5.

- Arranque nuevamente la maquina y lleve velocidad a 1500 rpm y la tensión del estator a 230 V. Debe notar que las bombillas se apagan y se encienden. Trate que este apagar y encender sea lo mas lento posible; esto indicará que estan cerca del sincronismo la red y la máquina.
- Cierre el contactor y notara que el indicador de “Par” comienza a oscilar. Varíe la velocidad hasta que la oscilación se lo mas lenta posible.
- En el panel de programación de la unidad de control programe esta secuencia de comandos:

		Indicador		
		Línea 1	Línea 2	Línea 3
1.	PRG	Code 0953 00		
2.	◀	USER MENU		
3.	▶	Code 0953 00	xxxx rpm	DIS: IN
4.	▲	Code 0250 00	0	FCODE 1 Bit
5.	PRG	Para 0250 00	0	FCODE 1 Bit
6.	▲	Para 0250 00	1	FCODE 1 Bit

Esto permitirá controlar el par aplicado a la máquina. Luego siga con esta secuencia de comandos:

		Indicador		
	Tecla	Línea 1	Línea 2	Línea 3
7.	PRG	0953 00	xxxx rpm	x.xx % (Nm)
8.	PRG	Code 0250 00	1	FCODE 1 Bit
9.	▲	Code 0473 10	0	FCODE abs
10.	PRG	Para 0473 10	0	FCODE abs
11.	▲	El par de giro se aumenta		
	▼	El par de giro se disminuye		
	SHIFT ▲	El par de giro se aumanta rápidamente		
	SHIFT ▼	El par de giro se disminuye rápidamente		

Asi utilizando las teclas de subir o bajar del panel podrá cambiar el par de entrada a la maquina síncrona.

- El control de la potencia de salida de la maquina hacia la red se hace variando el par de entrada a la maquina.
- El control de potencia reactiva se realiza variando la corriente en el campo de la maquina.
- Mida las siguientes variables: Voltaje de salida de la maquina, corriente de fase de la maquina, corriente en el campo de la maquina, par de entrada, potencia trifasica de salida de la maquina, voltaje de campo de la maquina.
- Después de tomar las medidas, desacople la maquina y siga la siguiente secuencia de comandos para volver a su estado inicial a la unidad de control:

		Indicador		
	Tecla	Línea 1	Línea 2	Línea 3
12.	PRG	Indicación original		
13.	PRG	Code 0473 10	xx	FCODE abs
14.	▼	Code 0250 00	1	FCODE 1 Bit
15.	PRG	Para 0250 00	1	FCODE 1 Bit
16.	▼	Para 0250 00	0	FCODE 1 Bit
17.	PRG	Indicación original		

- Disminuya la tensión del estator y quite la alimentación del campo. Disminuya la velocidad y coloque el conmutador en "off". Apague la unidad de control, desmonte el circuito y ordene el área de trabajo.

6. RESULTADOS

Realizar los diagramas fasoriales equivalentes a los del apartado 3 y 4 según las medidas tomadas en el Laboratorio. Suponer una reactancia X_s de valor 0.1 pu.