

Máquinas Eléctricas

Práctico 5 - Máquina Síncrona

IIE - Facultad de Ingeniería - Universidad de la República

Ejercicio 5.1

En una planta industrial donde sólo se dispone de una red trifásica $220V$, $50Hz$, sin neutro, se decide instalar un motor síncrono MS, fabricado para $60Hz$, con el fin de accionar un compresor de aire que consume una potencia de $30kW$ a $1500rpm$.

Datos de chapa MS: $50kVA$, $60Hz$, $440V$, conexión estrella, $65,5A$, $\cos\phi = 1$, $1800rpm$

El sistema de excitación viene preajustado de fábrica para entregar la corriente de excitación que corresponde al funcionamiento nominal según chapa. El usuario puede modificar ese ajuste de la corriente de excitación.

En la planta se cambia el conexionado de la MS a triángulo y se lo alimenta a partir de la red trifásica de $220V$, $50Hz$, sin modificar el valor preajustado de fábrica de la corriente de excitación. En esas condiciones se lo probó antes de acoplarlo mecánicamente al compresor, midiéndose entonces una corriente de línea de $33,1A$.

Se pide:

- Calcular la corriente de MS cargado por el compresor en las condiciones de alimentación indicadas, sin modificar el valor preajustado de fábrica para la corriente de excitación.
- En la planta industrial se evalúa también la posible utilización de MS para compensar el factor de potencia de cargas inductivas, además de tener la carga mecánica del compresor. Determinar la máxima potencia reactiva capacitiva que MS podría entregar en ese caso, e indicar el nuevo ajuste de la corriente de excitación que sería necesario a ese efecto (en proporción al valor preajustado por el fabricante).
- Se quiere que MS, a partir del funcionamiento en vacío, pueda recibir bruscamente la carga del compresor a plena potencia sin presentar problemas de estabilidad dinámica. Admitiendo, al sólo efecto de éste problema, que la reactancia sincrónica representa adecuadamente la reactancia de la MS durante el comportamiento transitorio, determinar la mínima corriente de excitación (en proporción al valor preajustado por el fabricante) tal que para valores inferiores a la misma el funcionamiento resultaría seguramente inestable al conectar el compresor al eje de MS girando a $1500rpm$ en vacío.

Notas y datos complementarios:

A los efectos de la resolución del problema, se supondrán despreciables la resistencia del bobinado de cada fase de MS, y también todas las pérdidas. Asimismo se adoptará para MS un modelo de polos lisos y sin saturación.

Ejercicio 5.2

Se tiene una instalación trifásica alimentada desde una barra B de $6,6\text{ kV}$ nominales entre fases. La barra B se encuentra alimentada a su vez desde otra barra A de la misma tensión nominal, pero supuesta ésta última de potencia de cortocircuito infinita, a través de un cable trifásico de reactancia $X_l = 1,3\Omega$ por fase.

En B se conecta una carga tal que bajo la tensión nominal debe consumir una corriente de 400 A con $\cos(\varphi) = 0,9$ inductivo. Sin embargo se observa que al conectar dicha carga, la tensión en B cae sensiblemente. A los efectos de evitar esa caída en la tensión, en B se conecta una máquina sincrónica MS exclusivamente para compensar energía reactiva, y llevar a B a su valor nominal de tensión.

Datos MS: $U_n = 6,6\text{ kV}$ conexión en estrella. Resistencia de fase despreciable.

Curva de vacío a 50 Hz :

$i_{exc}[\text{A}]$	0	54	100	150	200	250	275
$E_{compuesta}[\text{V}]$	0	2600	4800	6470	7400	7930	8150

Cuadro 1: Curva de vacío - *Ejercicio 3.2*

Ensayo de cortocircuito: $i_{exc} = 54\text{ A}$; $I_{cc} = 438\text{ A}$

Ensayo en devatado bajo tensión nominal: $i_{exc} = 250\text{ A}$; $I_{dev} = 438\text{ A}$

Se pide:

- Determinar la corriente de línea de MS en el funcionamiento indicado, con B a tensión U_n
- Empleando el método de Potier, calcular la corriente de excitación requerida por MS en ese funcionamiento. Se admite la linealización por tramos de la curva de vacío.

Ejercicio 5.3

En una planta industrial donde sólo se dispone de la red trifásica de $220V$, $50Hz$, sin neutro, se decide tener autogeneración, instalando una máquina sincrónica MS , fabricada para $60Hz$. La potencia de autogeneración está determinada por el motor primario disponible: $30kW$ a $1500rpm$.

Datos MS: (Valores nominales de acuerdo a los datos de chapa)

$50kVA$, $60Hz$, $400V$, conexión estrella $65,6A$, $\cos(\varphi) = 1$, $1800 rpm$

El sistema de excitación viene preajustado de fábrica para entregar la corriente de excitación que corresponde al funcionamiento nominal según chapa. El usuario puede modificar ese ajuste de la corriente de excitación.

En la planta considerada se cambia el conexionado de MS a triángulo, conectándola a la red trifásica de $220V$, $50Hz$, sino modificar el valor preajustado de fábrica de la corriente de excitación. En esas condiciones girando a $1500rpm$ y luego de desconectar de su eje la potencia del motor primario, se midió una corriente de línea de MS igual a $33,1A$.

Se pide:

- Calcular la corriente de línea de MS cuando se le aplica al eje una potencia de $30kW$ del motor primario, sin modificar el valor preajustado de fábrica para la corriente de excitación.
- Se quiere utilizar también MS para compensar el factor de potencia de cargas inductivas, además de la autogeneración. Determinar la máxima reactiva que MS podría entregar en ese caso sin sobrepasar su corriente nominal de estator, e indicar el nuevo ajuste de la corriente de excitación que sería necesario a ese efecto (en proporción al valor preajustado por el fabricante).

Notas y datos complementarios: A los efectos de la resolución del problema, se supondrán despreciables todas las pérdidas de MS . Para MS se adoptará un modelo de polos lisos y sin saturación.

Ejercicio 5.4

Se tiene una máquina sincrónica MS funcionando como compensador sincrónico conectada al mismo nodo o barra B desde la que se alimenta el motor de inducción MI que mueve la carga no especificada. La barra B es de tensión nominal $6kV$, y está conectada a la red a través de una línea L .

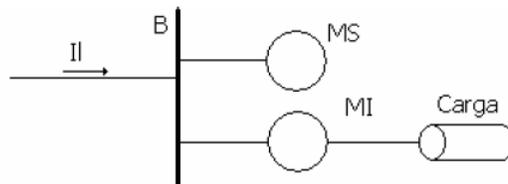


Figura 1: Esquema Problema 3.4

Datos MS: (Valores nominales por fase)

$3464V$, $50Hz$, $15A$, conexión estrella, $\cos(\varphi) = 0,8$

Curva de vacío a $50Hz$:

$i_{exc}[A]$	0	5	10	15	20	25	30	39
$E_{compuesta}[kV]$	0	2,2	4,4	6	6,86	7,49	7,82	8,25

Cuadro 2: Curva de vacío - Ejercicio 3.4

Ensayo de cortocircuito: $i_{exc} = 10A$; $I_{cc} = 12A$

Ensayo en devatado bajo tensión nominal: $i_{exc} = 32A$; $I_{dev} = 15A$

La fuente de continua de la excitación no puede entregar más de $39A$.

La corriente de estator en ningún caso puede exceder $2,4I_n$

MI: motor de valores nominales : $160HP$, $6kV$, $50Hz$, $\cos(\varphi) = 0,85$, $\eta = 88,8\%$, montaje en triángulo. En el arranque bajo tensión nominal, consume corriente 5 veces superior a la nominal con $FP = 0,2$.

Se pide:

- Determinar la corriente de excitación de MS tal que minimice el valor eficaz de la corriente I_l en la línea de alimentación, cuando la barra B está en tensión nominal y MI trabaja en su régimen nominal.
- Con la corriente de excitación de MS fija en el valor de la parte anterior, calcular la corriente de línea I_l en el momento del arranque del MI .

- c) Modificando adecuadamente la excitación de MS , determinar el mínimo valor de I_l para un arranque de MI que podría obtenerse con este montaje, e indicar el correspondiente valor de la corriente de excitación.

Nota: Se asumirá que la tensión en B permanece constante en su valor nominal. Se desprecia la resistencia de estator de MS , y se admitirá la linealización por tramos de la curva de vacío.

Ejercicio 5.5

En una planta industrial se instala un motor sincrónico MS para accionar un compresor de aire que consume una potencia de $18kW$ a $1500rpm$.

Datos MS: (Valores nominales de acuerdo a los datos de chapa)

$70kVA$, $50Hz$, $400V$, conexión estrella $101A$, $\cos(\varphi) = 1$, $4polos$

MS está provisto de un sistema de excitación del cual se dispone de poca información, y por esa razón se decide en primera instancia no modificar la regulación de su corriente de excitación del valor preestablecido por el fabricante, y que corresponde al punto de funcionamiento nominal.

En la instalación considerada se alimenta MS a partir de la red trifásica (sin neutro) de $220V$, $50Hz$, para lo cual se le cambia el conexionado a triángulo. En esas condiciones, y antes de acoplarlo mecánicamente al compresor, se midió una corriente de línea de $76,4A$.

Se pide:

- Calcular la corriente de línea y el factor de potencia de MS cuando funciona cargando al compresor en la red indicada.
- Antes del montaje del grupo MS - compresor, la planta presentaba un consumo eléctrico mensual promedio de $1940kWh$ y $938kVarh$. Sabiendo que el grupo MS - compresor trabaja $200hs/mes$, y que no hay otros cambios en la instalación, calcular los nuevos consumos eléctricos mensuales medios en la planta.
- La tarifa de energía eléctrica cobra la reactiva si el FP medio mensual es inferior a $0,85$. Se pide corregir el FP de la instalación de forma de no pagar cargos de reactiva modificando con ese fin la regulación de la excitación de MS . Determinar el rango de variación (en proporción al valor preestablecido por el fabricante) dentro del cual deberá fijarse la nueva corriente de excitación a efectos de no tener penalización por bajo FP . Indicar, dentro de ese rango, cuál puede ser el valor preferible, y con qué criterio.

Notas y datos complementarios: A los efectos de la resolución del problema, se supondrán despreciables todas las pérdidas de MS . Por razones constructivas de MS se sabe que la reactancia sincrónica no puede ser inferior a $0,5pu$. Para MS se adoptará un modelo de polos lisos y sin saturación.

Ejercicio 5.6

Un alternador trifásico alimenta bajo su tensión y frecuencias nominales, una carga inductiva que consume $84kW$ con $FP = 0,7$. En este régimen de trabajo, identificado como funcionamiento (1), la corriente de excitación del alternador es de $10,1A$. En esas condiciones se decide corregir el FP de la carga de modo de llevarlo a $0,92$ (bajo tensión y frecuencia nominales), conectándole condensadores en paralelo.

Datos MS: (Valores nominales)

$6kV$, $50Hz$, $125kVA$, montaje en estrella, rotor cilíndrico de 2 polos.

Curva de vacío a $50Hz$:

$i_{exc}[A]$	0	2	4	6	8	10	12	15,6
$E_{compuesta}[kV]$	0	2,2	4,4	6	6,88	7,49	7,82	8,25

Cuadro 3: Curva de vacío - *Ejercicio 3.6*

Ensayo de cortocircuito: $i_{exc} = 3A$; $I_{cc} = 9A$

Ensayo en devatado bajo tensión nominal: $i_{exc} = 11,3A$; $I_{dev} = 12A$

La fuente de continua de la excitación no puede entregar más de $39A$.

La corriente de estator en ningún caso puede exceder $2,4I_n$

Se pide:

- Calcular el valor de los condensadores, en montaje triángulo, necesarios para la corrección deseada del FP .
- Manteniendo la corriente de excitación del alternador incambiada respecto del funcionamiento (1), determinar la nueva tensión que resulta aplicada en bornes de la carga por efecto de la incorporación de los condensadores calculados en la parte a).
- Calcular por el método de Potier la corriente de excitación del alternador para tener nuevamente la tensión nominal aplicada en bornes de la carga, con FP corregido.

Nota: Se desprecia la resistencia de estator de MS y se admitirá que la carga se comporta como una impedancia constante. Para la parte b) determinar la solución por el método aproximado de la reactancia sincrónica variable $X_s(i_{exc})$