

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Ingeniería

Máquinas Síncronas

Alumno: IBÁÑEZ LÓPEZ ROLANDO ARTURO

Máquinas Eléctricas G3

Ing. María del Carmen Angélica Moreno Arguello

Fecha: 26 de junio de 2020



Máquinas síncronas

Los motores síncronos son máquinas síncronas que se utilizan para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica de rotación, la característica principal de este tipo de motores es que trabaja a velocidad constante que depende sólo de la frecuencia y otros aspectos de la máquina. Aquí, la rotación del eje está sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación y el periodo de rotación es igual al número de ciclos de la corriente alterna, de esta forma la velocidad de giro, velocidad de sincronismo, es constante y depende de la frecuencia del voltaje de la red eléctrica a la que está conectado. La desventaja con respecto a las máquinas asíncronas es que este para iniciar necesita de maniobras especiales a menos que cuente con un sistema de automático de arranque, otra característica es que consume potencia reactiva y mejora el reactor de potencia.

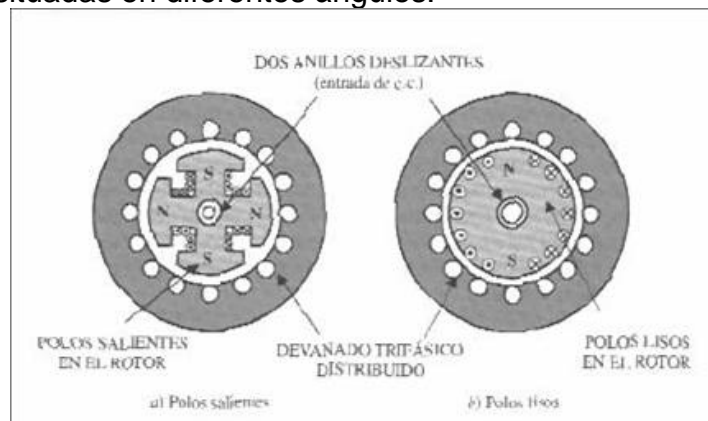
Partes del motor síncrono

Rotor

El rotor, o parte rotativa, de una máquina síncrona es bastante diferente al de una máquina asíncrona. Contiene un devanado de corriente continua, denominado devanado de campo y un devanado en cortocircuito, que impide el funcionamiento de la máquina a una velocidad distinta a la de sincronismo, denominado devanado amortiguador. Además, contiene un circuito magnético formado por apilamiento de chapas magnéticas de menor espesor que las del estator.

El resto de las características del rotor están relacionadas con el objetivo de obtener un campo entre el rotor y el estator de carácter senoidal y dependen del tipo de máquina síncrona:

- Máquina de polos salientes: El rotor presenta expansiones polares que dan lugar a un entrehierro variable.
- Máquina de rotor liso: El devanado de campo está distribuido en varias bobinas situadas en diferentes ángulos.



Carcasa

La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así pues, la carcasa puede ser:

- a) Totalmente cerrada
- b) Abierta
- c) A prueba de goteo
- d) A prueba de explosiones
- e) De tipo sumergible

Base

La base es el elemento en donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor, puede ser de dos tipos:

- a) Base frontal
- b) Base lateral

Caja de conexiones

Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos.

Tapas

Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor.

Cojinetes

También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia. Los cojinetes pueden dividirse en dos clases generales:

- a) Cojinetes de deslizamiento: Operan la base al principio de la película de aceite, esto es, que existe una delgada capa de lubricante entre la barra del eje y la superficie de apoyo.
- b) Cojinetes de rodamiento: Se utilizan con preferencia en vez de los cojinetes de deslizamiento por varias razones:
 - Tienen un menor coeficiente de fricción, especialmente en el arranque.
 - Son compactos en su diseño

- Tienen una alta precisión de operación.
- No se desgastan tanto como los cojinetes de tipo deslizante.
- Se rempazan fácilmente debido a sus tamaños estándares.

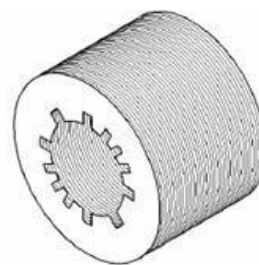
Estator

El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero sí magnéticamente. Existen dos tipos de estatores:

- Estator de polos salientes.
- Estator ranurado.

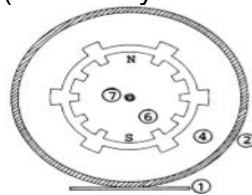


POLOS SALIENTES

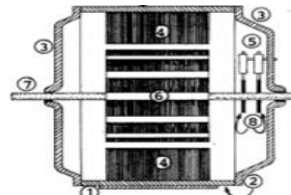


RANURADO

El estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio (y se les llama “paquete”), que tienen la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos. Los polos de un motor siempre son pares (pueden ser 2, 4, 6, 8, 10, etc.), por ello el mínimo de polos que puede tener un motor para funcionar es dos (un norte y un sur).

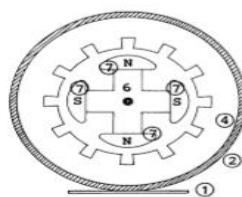


ESTATOR:
1. Base
2. Coraza
3. Tapas
4. Núcleo de armadura
5. Escobillas

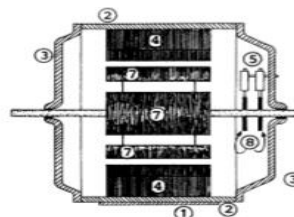


ROTOR:
6. Núcleo polar
7. Flecha
8. Anillos deslizantes

FIGURA 4.2 MÁQUINA SÍNCRONA DE ROTOR CILÍNDRICO.



ESTATOR:
1. Base
2. Coraza
3. Tapas
4. Núcleo de armadura
5. Escobillas



ROTOR:
6. Piezas polares
7. Zapatas polares
8. Anillos deslizantes

Clasificación de los tipos de rotores

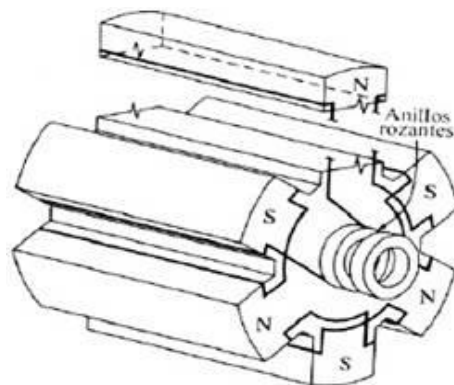
Esencialmente existen dos tipos de generadores y estos dependen del tipo de rotor que los conforme, ya sea de polos salientes o de polos lisos. La aplicación de uno u otro está en función de diferentes variables como el tipo de planta generadora, la velocidad síncrona, etc. Por ejemplo, para una planta hidroeléctrica debido a la baja velocidad, lo más adecuado es un generador de polos salientes, mientras que, en plantas termoeléctricas, se ha optado por generadores de polos lisos debido a que se logran alcanzar velocidades de 3600 rpm.

Rotor de polos salientes

En el rotor de polos salientes se cuenta con una estructura soporte en la cual se alojan los polos. La forma de dicha estructura depende de diferentes factores entre los cuales el más importante es el número de polos a ser colocados, lo cual se debe a que este tipo de rotores es aplicado en turbinas hidráulicas, las cuales alcanzan velocidades hasta 1200 rpm y se tiene la necesidad de una frecuencia de 50 o 60 Hz.

Los polos regularmente son insertados sobre una masa sólida que tiene una superficie externa formada por tantas superficies elementales como polos tiene el rotor (fig. 1.1), de tal forma que el núcleo tiene forma de un prisma. En el caso de rotores de diámetros grandes la franja superficial del rotor se construye de paquete de laminaciones con una debida distribución para fijarse al núcleo.

Es notable el hecho de que las bobinas de excitación van alrededor de los núcleos polares y las bobinas se conectan en serie con el polo adyacente teniendo polaridad opuesta. Conjuntamente se utiliza un devanado de jaula de ardilla o expansiones polares. En condiciones normales este devanado no lleva ninguna corriente debido a que el rotor gira a la velocidad de sincronismo. Sin embargo, cuando la carga en el generador cambia repentinamente la velocidad del rotor empieza a fluctuar, produciendo variaciones momentáneas de velocidad por arriba o por debajo de la velocidad síncrona. Esto induce voltaje en el devanado de jaula de ardilla y a su vez una corriente la cual interacciona con el campo magnético rotatorio del estator que es traducido en corrientes parasitas.



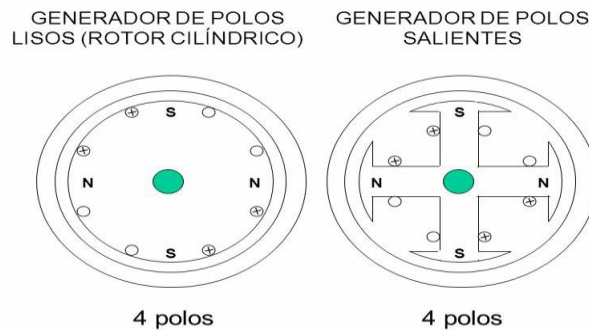
Rotor de polos lisos

Es bien sabido que la eficiencia en turbinas de vapor de gran velocidad es mayor que las turbinas hidráulicas, lo cual se hace extensivo en los generadores. La velocidad centrífuga ejercida en los rotores de polos lisos es la limitante en el diámetro máximo permitido. Otra limitante que se tiene es la velocidad máxima debido a que, para un sistema de 60 Hz, no se puede utilizar menos de 2 polos por lo que la velocidad máxima puede ser 3600 rpm ó 1800 rpm para rotores de 4 polos. Es por eso que para máquinas de gran capacidad los rotores deben tener una longitud muy grande.

Con este tipo de construcción el entrehierro cuenta con un espesor constante a lo largo de toda la circunferencia de tal forma que para que el campo magnético sea de forma senoidal, la distribución de las ranuras no es uniforme.

En este tipo de rotores las bobinas se colocan en forma radial lo cual permite una mayor distribución de la fuerza magneto motriz (fmm) en cada polo consiguiendo una mejor onda senoidal en la fuerza electromotriz generada (fem).

Generador síncrono (Tipos de rotor)

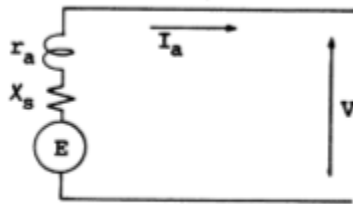


En este tipo de rotores las bobinas de excitación son conductores de cobre de sección rectangular, colocadas a presión en las ranuras del rotor, las cuales cuentan con mi carta con fibra de vidrio como aislamiento.

Circuito equivalente

El circuito con el cual se analizará la respuesta de la máquina síncrona incluye tres elementos:

1. La fuerza electromotriz inducida por el flujo polar E .
2. La resistencia de armadura r_a
3. La reactancia síncrona X_s

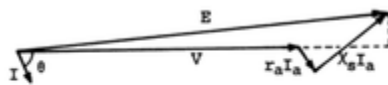


Cuando la máquina trabaja como generador, la fuerza electromotriz y el voltaje extremo guarda la relación:

$$V = E - r_a I_a - X_s I_a$$

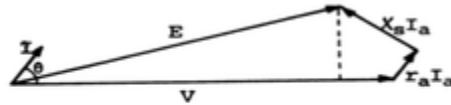
$$E = V + r_a I_a + X_s I_a$$

El fasor $r_a I_a$ debe ser paralelo a la corriente y el fasor $X_s I_a$ en cuadratura. Dependiendo de la posición de la corriente, como se muestran en los diagramas siguientes:



Factor de potencia atrasado

$$E^2 = (V + r_a I_a \cos\theta + X_s I_a \sin\theta)^2 + (X_s I_a \cos\theta - r_a I_a \sin\theta)^2$$



Factor de potencia adelantado

$$E^2 = (V + r_a I_a \cos\theta - X_s I_a \sin\theta)^2 + (X_s I_a \cos\theta + r_a I_a \sin\theta)^2$$

Bus infinito

El bus infinito es una idealización de un sistema de potencia, el cual es tan grande que en él no varían ni el voltaje ni la frecuencia, siendo inmaterial la magnitud de las potencias activas o reactivas que se toman o suministran a él. Puede pensarse en el bus infinito como una súper máquina equivalente de dimensiones descomunales, que nada que se haga sobre él puede causarle mucho efecto.

La súper máquina anterior es el equivalente inercial y eléctrico de todos los generadores conectados a él. La figura 3.1 muestra un sistema de bus infinito.

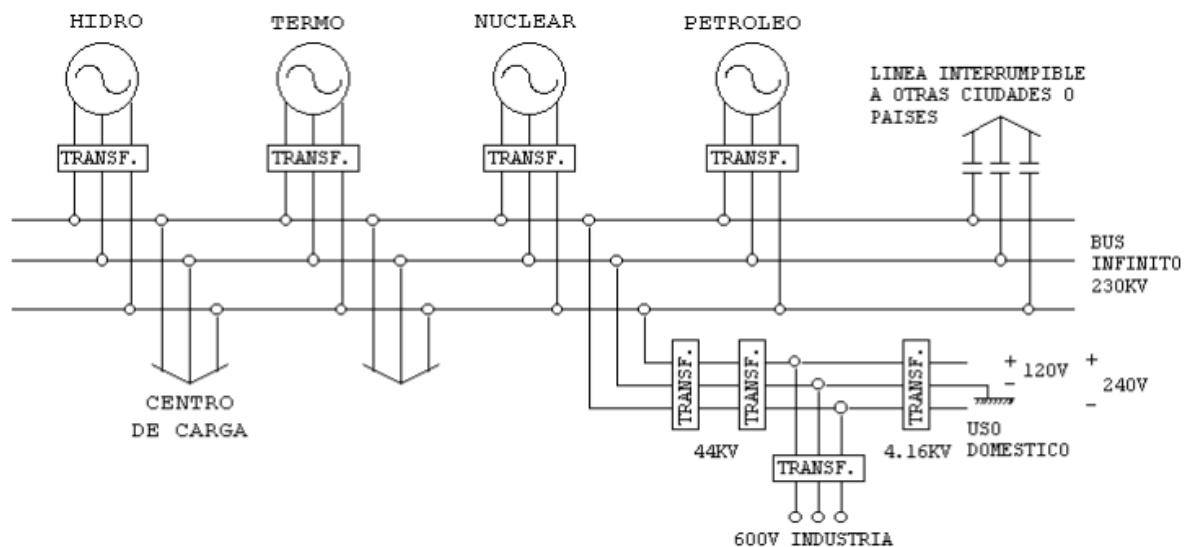


Fig. 3.1. Bus Infinito

La figura 3.1 muestra también como las cargas se conectan al bus infinito para obtener potencia.

La transmisión de potencia se hace normalmente con altos voltajes (cientos de KV), para reducir pérdidas. Sin embargo, la generación se realiza a menores voltajes (20-30 KV). Se usan transformadores para cambiar los niveles de voltaje. Se usa uno para elevar el voltaje de generación hasta el bus infinito y las cargas reciben de él energía con un nivel de voltaje reducido por varias etapas de transformadores.

En las plantas generadoras, los generadores sincrónicos son conectados y desconectados, dependiendo de la demanda de energía en el bus infinito. La operación de conectar un generador sincrónico al bus infinito es conocida como sincronización con el bus infinito.

SINCRONIZACIÓN

Poner en paralelo dos fuentes: nuestro generador y el bus infinito.

Cuando un generador se pone en paralelo con otro generador o con un sistema grande (bus infinito), debemos tener las siguientes situaciones:

- Voltajes iguales.
- Misma frecuencia.
- Igual secuencia de fases.
- Idéntica fase.

Aplicación como generador

El generador síncrono (alternador) es un tipo de máquina eléctrica rotativa capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica. La razón por la que se llama generador síncrono es la igualdad entre la frecuencia eléctrica como la frecuencia angular, es decir, el generador girara a la velocidad del campo magnético, por lo que a esta igualdad de frecuencias se le denomina sincronismo. Los generadores constan fundamentalmente del rotor y el estator, ambos con devanados.

Los generadores síncronos o alternadores son máquinas sincrónicas que se usan para convertir potencia mecánica en potencia eléctrica de corriente alterna. Normalmente, son trifásicos y consiste en un electroimán girando (rotor), al lado bobinas, generalmente conectadas en estrella por efecto de la rotación del rotor va a inducir tensión trifásica en el estator.

El generador síncrono está compuesto principalmente de una parte móvil o rotor y de una parte fija o estator, el principio de funcionamiento de un generador síncrono se basa en la ley de Faraday. Para crear tensión inducida en el (estator), debemos crear un campo magnético en el rotor o circuito de campo, esto lo lograremos alimentado el rotor con una batería, este campo magnético inducirá una tensión en el devanado de armadura por lo que tendremos una corriente alterna fluyendo a través de él.

Aplicación como motor

Su operación como motor síncrono se realiza cuando el estator es alimentado con un voltaje trifásico AC y consecutivamente el rotor es alimentado con un voltaje DC. Por lo tanto, el flujo en el entrehierro es la resultante de ambas excitaciones. En aplicaciones industriales los motores sincrónicos son usados donde es deseada velocidad constante. Una característica importante de estos motores que pueden operar ya sea tomando o entregando potencia reactiva a la red dependiendo el nivel de excitación.

El motor de inducción solo es excitado por las corrientes del estator, ya que las corrientes de rotor son producto de un efecto inductivo, siempre operará con factor de potencia en atraso. Es decir, que con una apropiada excitación, el motor síncrono puede no requerir potencia reactiva de la red para su operación y trabajar con factor de potencia unitario. Aumento o disminución de la corriente de campo involucrará en un aporte o consumo de potencia reactiva a la red eléctrica con lo que se puede regular la tensión en sistemas con factor de potencia bajo.

Capacitor síncrono

Los Condensadores Síncronos de ABB aseguran un funcionamiento eficiente y eficaz de la red eléctrica mediante la compensación de la energía reactiva y la capacidad de potencia adicional de cortocircuito.

Un Condensador Síncrono es un dispositivo compatible con la tensión de red. Fundamentalmente, es un generador síncrono que funciona sin motor primario. La generación/consumo de potencia reactiva se consigue mediante la regulación de la corriente de excitación.

Uno de los beneficios es que contribuyen a la capacidad general de corto circuito en el nodo de red donde está instalado. Esto a su vez, mejora las posibilidades de que los equipos conectados a la red sean capaces "viajar a través" condiciones de fallo de la red.

Los Condensadores Síncronos se adaptan para operar durante el servicio de sobrecarga para períodos de tiempo variables. Pueden soportar la tensión del sistema de alimentación durante caídas de tensión prolongadas, aumentando la inercia de la red. La energía cinética almacenada en el rotor del condensador contribuye a la inercia total del sistema de energía, y por lo tanto, también es beneficioso desde el punto de vista de control de frecuencia. También pueden ser utilizados como dispositivos de compensación de energía reactiva en situaciones donde la inestabilidad de voltaje se debe evitar a toda costa.

Los módulos de condensadores síncronos son compactos y completamente funcionales con una mínima huella y necesidad de soporte externo. Los condensadores síncronos de ABB están diseñados para asegurar un funcionamiento fiable y duradero, haciendo un mantenimiento correcto.

