

MOTORES SINCRONOS



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

CURSO: MÁQUINAS ELÉCTRICAS III

TEMA: MOTORES SINCRONOS

PROFESOR: MANSILLA RODRIGUEZ MOISES WILLIAM

INTEGRANTES

Tello Aguilar Victor 1023120219

Flores Alvarez Alejandro 1023120103

Zarria Zangama Walter 1023120228

28-11-2014

¿Por Qué Utilizar Motores Síncronos?

Las aplicaciones de los motores síncronos en la industria, la mayoría de las veces, resultan en ventajas económicas y operacionales considerables, debido a sus características de funcionamiento. Las principales ventajas son:

Corrección del factor de potencia:

Los motores síncronos pueden ayudar a reducir los costos de energía eléctrica y mejorar el rendimiento del sistema de energía, corrigiendo el factor de potencia en la red eléctrica donde están instalados. En pocos años, el ahorro de energía eléctrica puede igualarse al valor invertido en el motor.

Velocidad constante:

Los motores síncronos mantienen la velocidad constante tanto en las situaciones de sobrecarga como durante momentos de oscilaciones de tensión, respetándose los límites del conjugado máximo (pull-out).

Alto rendimiento

En la conversión de energía eléctrica en mecánica es más eficiente, generando mayor ahorro de energía. Los motores síncronos son proyectados para operar con alto rendimiento en un amplio rango de velocidad y para proveer un mejor aprovechamiento de energía para una gran variedad de cargas.

Alta capacidad de torque

Los motores síncronos son proyectados con altos torques en régimen, manteniendo la velocidad constante, incluso en aplicaciones con grandes variaciones de carga.

Mayor estabilidad en la utilización con convertidores de frecuencia

Puede actuar en un amplio rango de velocidad, manteniendo la estabilidad independiente de la variación de carga (ej.: laminadoras, extrusoras de plástico, etc.).

Aplicaciones

Los motores síncronos son fabricados específicamente para atender las necesidades de cada aplicación. Debido a sus características constructivas, operación con alto rendimiento y adaptabilidad a todo tipo de ambiente, son utilizados en prácticamente todos los sectores de la industria, tales como:

- ✚ Minería (moledoras, molinos, cintas transportadoras y otros)
- ✚ Siderurgia (laminadores, ventiladores, bombas y compresores)
- ✚ Papel y celulosa (extrusoras, picadoras, desfibradoras, compresores y refinadoras)
- ✚ Saneamiento (bombas)
- ✚ Química y petroquímica (compresores, ventiladores, extractores y bombas)
- ✚ Cemento (moledoras, molinos y cintas transportadoras)
- ✚ Goma (extrusoras, molinos y mezcladoras)



Motores sincrónicos SEF900 (Ex-p), 3.600 kW, 13.200 V
Aplicación: Compresores recíprocos (petroquímica)



Motores sincrónicos SDL800, 3.000 kW, 3.100 V
Aplicación: Laminadoras (siderurgia)

Motores sincrónicos verticales

WEG ofrece también motores sincrónicos verticales, que pueden ser suministrados con cojinetes de rodamientos de esferas, de rodillos o de contacto angular, lubricados a grasa. Dependiendo de la aplicación, especialmente cuando son sometidos a altas cargas de empuje axial, pueden ser fabricados con cojinetes de rodamientos lubricados a aceite o cojinetes de deslizamiento. Los motores sincrónicos con construcción vertical son proyectados y fabricados para atender las aplicaciones en bombas, moledoras, mezcladoras, entre otros.

Motores sincrónicos para atmósferas explosivas

Para las aplicaciones en atmósferas explosivas, WEG fabrica motores sincrónicos con características de seguridad específicas, aptos para operar en locales donde productos inflamables son continuamente manipulados, procesados o almacenados. Son suministrados con tipos de protección Ex-n (no encendible) y Ex-p (presurizado) atendiendo las exigencias de las normas nacionales e internacionales, siendo testeados y aprobados por órganos certificadores reconocidos mundialmente.

Velocidad fija

Las aplicaciones de motores sincrónicos con velocidad fija se justifican por los bajos costos operacionales, una vez que presentan un alto rendimiento y pueden ser utilizados como compensadores sincrónicos para corrección del factor de potencia.

Velocidad variable

Las aplicaciones de motores sincrónicos con velocidad variable se justifican en aplicaciones de alto torque con baja rotación y un largo rango de ajuste de velocidad. La construcción de los motores para estas aplicaciones puede ser con o sin escobillas, dependiendo de las características de la carga y del ambiente. Debido al mayor rendimiento, menor tamaño y mayor capacidad de potencia, pueden substituir motores de corriente continua en aplicaciones de alta performance. Los motores sincrónicos pueden ser especificados con corriente de partida reducida, lo que implica un menor disturbio en el sistema eléctrico durante el arranque, así como reducción en las tensiones mecánicas resultantes en los devanados del motor. Para un correcto dimensionamiento, WEG recomienda a sus clientes que, para especificar un motor sincrónico, suministre todas las informaciones necesarias sobre la aplicación.

Características Constructivas

Carcasa

Su función principal es la de apoyar y proteger el motor, alojando también el paquete de chapas y devanados del estator. Pueden ser construidas en los tipos horizontal y vertical y con grado de protección de acuerdo con las necesidades del ambiente. La carcasa está construida en chapas y perfiles de acero soldado, formando un conjunto sólido y robusto que es la base estructural de la máquina. Todo el conjunto



Carcasa

de la carcasa recibe un tratamiento de normalización para alivio de tensiones provocadas por las soldaduras. Ese tipo de construcción proporciona excelente rigidez

estructural de manera de soportar esfuerzos mecánicos provenientes de eventuales cortocircuitos y vibración, capacitando al motor para atender las más severas necesidades.

Estator

Constituido por un paquete laminado de chapas de acero silicio de alta calidad, con ranuras para alojar el devanado del estator, que opera con alimentación de potencia en corriente alterna para generar el campo magnético giratorio.



Estator

Rotor

El rotor puede ser construido con polos lisos o salientes dependiendo de las características constructivas del motor y de su aplicación. El rotor completo está formado por la estructura que compone o soporta los polos, los devanados de campo y la jaula de arranque, que son las partes activas giratorias del motor síncrono.



Rotor

Los polos del campo son magnetizados a través de la corriente CC de la excitatriz o directamente por anillos recolectores y escobillas. En funcionamiento, los polos se alinean magnéticamente por el entrehierro y giran en sincronismo con el campo giratorio del estator. Los ejes son fabricados en acero forjado y mecanizados según las especificaciones. La punta de eje normalmente es cilíndrica o bridada

Cojinetes

En función de la aplicación, los motores sincrónicos pueden ser suministrados con cojinetes de rodamiento o cojinetes de deslizamiento.

Cojinetes de rodamiento

Estos cojinetes están normalmente constituidos por rodamiento de esferas o de rodillos cilíndricos, dependiendo de la rotación y de los esfuerzos axiales y radiales a los que son sometidos, en algunas aplicaciones pueden ser utilizados rodamientos especiales. Los cojinetes de rodamientos pueden ser lubricados con aceite o grasa.

Cojinetes de deslizamiento

Los cojinetes de deslizamiento pueden tener lubricación natural (auto-lubricables) o lubricación forzada (lubricación externa) Los motores sincrónicos necesitan de una fuente de corriente continua para alimentar el devanado de campo (devanado del rotor), que usualmente es abastecido a través de una excitatriz giratoria sin escobillas (brushless) o a través de anillos recolectores y escobillas (excitatriz estática).

Excitatriz brushless (sin escobillas)

Los motores sincrónicos con sistema de excitación brushless poseen una excitatriz giratoria, normalmente localizada en un compartimiento ubicado en la parte trasera del motor.

Dependiendo de la operación del motor, la excitatriz es construida con:

- ✚ Excitatriz con alimentación de corriente continua en el estator o
- ✚ Excitatriz con alimentación de corriente alterna en el estator

El rotor de la excitatriz alimenta el devanado de la excitación del motor, a través de un puente rectificador trifásico giratorio.

Excitatriz estática (con escobillas)

Motores sincrónicos con excitatriz del tipo estática están constituidos por anillos recolectores y escobillas que posibilitan la alimentación de corriente de los polos del rotor, a través de contacto deslizante. La corriente continua para



Excitatriz brushless



Excitatriz estática

alimentación de los polos debe ser proveniente de un convertidor y controlador estático CA/CC. Los motores sincrónicos con excitatriz estática son más utilizados en aplicaciones con variación de velocidad a través de convertidores de frecuencia.

Tipos de Refrigeración y Grados de Protección

Los tipos de refrigeración/protección más utilizados en los motores sincrónicos son:

- ✚ g IC01 - auto-ventilados, grado de protección IP23
- ✚ g IC611 - intercambiador de calor aire-aire, grado de protección IP54 a IP65W
- ✚ g IC81W - intercambiador de calor aire-agua, grado de protección IP54 a IP65W

Además de los tipos de refrigeración citados, los motores pueden ser suministrados con ventilación forzada, entrada y salida de aire por ductos, y otros medios de refrigeración, atendiendo de la mejor forma las características de aplicación y del ambiente donde serán instalados.

Accesorios

Los motores sincrónicos son suministrados con los accesorios estándar necesarios para su correcto funcionamiento y monitoreo. En cuanto a la especificación del motor, es importante informar los accesorios especiales deseados, para que sean incluidos en el proyecto y fabricación del motor.

Accesorios estándar

- ✚ Sensores de temperatura tipo Pt-100 en los devanados del estator
- ✚ Sensores de temperatura tipo Pt-100 en los cojinetes
- ✚ Resistencia de calentamiento
- ✚ Escobilla para puesta a tierra del eje en motores accionados por convertidores de frecuencia

Accesorios especiales

- ✚ Condensadores para protección contra sobretensión
- ✚ Pararrayos para protección contra sobretensión
- ✚ Transformadores de corriente (TC) para protección diferencial
- ✚ Sensores de vibración
- ✚ Indicador de posición del eje (encoder)
- ✚ Dispositivo para izamiento del motor

- ✚ Sensores de temperatura para entrada y salida de aire
- ✚ Indicador de pérdida de agua
- ✚ Flujostato para agua
- ✚ Flujostato para aceite
- ✚ Visor de flujo de aceite
- ✚ Visor de flujo de agua
- ✚ Unidad hidráulica para lubricación de los cojinetes
- ✚ Sistema para inyección de aceite sobre presión para arranque y parada del motor (hydrostatic jacking)
- ✚ Termómetro para aceite (cojinetes)
- ✚ Termómetro para agua (intercambiador de calor)
- ✚ Termómetro para aire (ventilación)
- ✚ Placa de anclaje
- ✚ Dispositivo de presurización (motores Ex-p)
- ✚ Condensadores para lectura de descargas parciales
- ✚ Indicador de centro magnético



Pt-100



Dispositivo de presurización

Procesos de Fabricación

Bobinado

El proceso de bobinado adoptado por WEG es especialmente proyectado y especificado para la tensión y la aplicación a la que el motor se destina. Las bobinas de los motores de alta tensión son fabricadas con alambre de cobre rectangular, preformadas y completamente aisladas con cinta porosa de mica. También son utilizadas en el proceso de bobinado, cintas conductoras y semiconductoras, que envuelven las bobinas, garantizando las características adecuadas al nivel de aislamiento necesario.

Sistema de aislamiento

El sistema de aislamiento WEG MICATHERM está basado en el proceso "Vacuum Pressure Impregnation" (VPI), desarrollado en conjunto con los más renombrados

proveedores de materiales aislantes del mundo. Utilizando resinas epoxi especiales, este sistema garantiza el perfecto aislamiento del bobinado de los motores, en un Proceso totalmente exento de emisión de gases nocivos para la atmósfera. El proceso VPI por muchos años ha mostrado su eficiencia y confiabilidad en máquinas eléctricas giratorias en las más variadas aplicaciones. El sistema de aislamiento es aplicado en máquinas de baja y alta tensión que utilizan bobinas preformadas de 380 a 15.000 V.

Balanceo

WEG posee equipamientos que permiten realizar un balanceo de hasta 3.600 rpm. Balanceadores computarizados, permiten el balanceo perfeccionado de los rotores. Como consecuencia, los motores WEG presentan niveles de vibración muy reducidos. El balanceo estándar es realizado en dos planos, no obstante, WEG puede efectuar el mismo en tres planos, cuando es necesario o cuando es especificado por el cliente.

Ensayo

Los motores sincrónicos son ensayados de acuerdo con las normas NBR, IEC, NEMA, IEEE y API en el moderno laboratorio capacitado para testear motores de media y alta tensión con potencia de hasta 20.000 kVA y tensiones hasta 15.000 V, con monitoreo totalmente informatizado y control de alta precisión. Los ensayos están divididos en tres categorías: ensayos de rutina, tipo y especiales.

Ensayos de rutina

- ✚ Inspección visual
- ✚ Resistencia óhmica de los devanados
- ✚ Inspección en los detectores de temperatura y resistencia de calentamiento
- ✚ Marcación de los terminales y secuencia de fases
- ✚ Equilibrio entre fases
- ✚ Niveles de vibración
- ✚ Saturación en vacío
- ✚ Cortocircuito trifásico permanente
- ✚ Rotor bloqueado
- ✚ Tensión aplicada
- ✚ Resistencia del aislamiento

Ensayos de tipo

- ✚ Elevación de temperatura
- ✚ Curva en vacío (curva V)
- ✚ Sobrevelocidad

- ✚ Determinación de pérdidas y rendimiento
- ✚ Determinación de las reactancias
- ✚ Índice de polarización

Ensayos especiales

- ✚ Nivel de ruido
- ✚ Tensión en el eje



Laboratorio de test



Sala de control

Curvas V de los motores

Contenidos

- ✚ Puntos de operación para el motor síncrono.

Objetivos Específicos

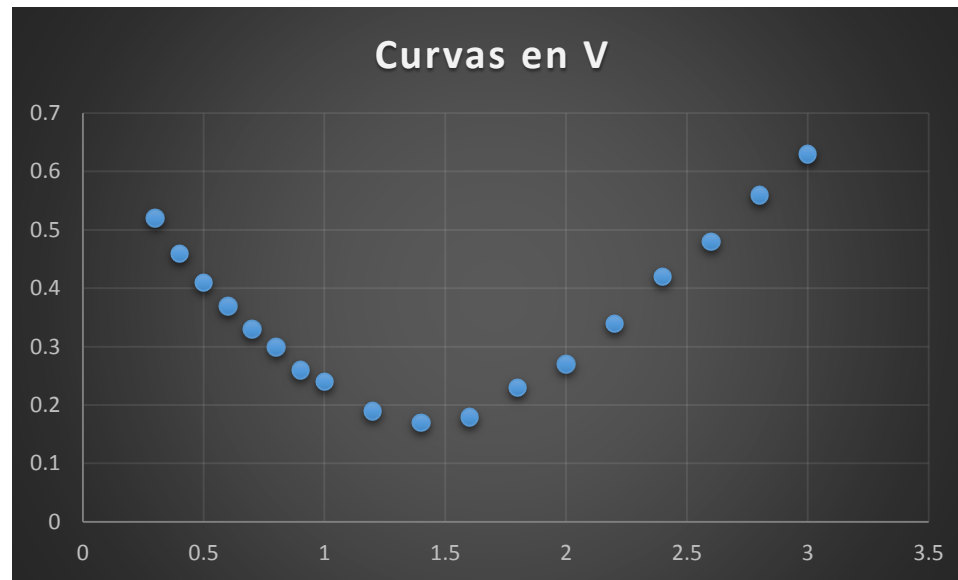
- ✚ Utilizar los parámetros de corriente de armadura y corriente de campo para describir el efecto de la variación de la corriente de excitación sobre la corriente de armadura y el factor de potencia.
- ✚ Conectar adecuadamente una máquina síncrona como motor trifásico.
- ✚ Comprobar las curvas "V" características del motor síncrono para determinar puntos de operación adecuados para mejorar el factor de potencia de la red.

Introducción Teórica

Las curvas V tal como lo dice el nombre, es una representación gráfica de la conducta de la máquina síncrona, que dice como es la corriente de armadura a una determinada corriente de excitación, manteniendo constante un parámetro de carga al eje, es como una función de 2 variables en la cual se mantiene constante una de ellas, el resultado de la gráfica es la forma

de una V. Las curvas V son ampliamente utilizadas para estudiar la estabilidad dinámica de los motores síncronos, determinar la reactancia sincrónica de una manera indirecta y de evaluar las condiciones de adelanto y atraso o sub excitación y sobre-excitación de la inyección de reactivos y corrección del factor de potencia con respecto a un sistema eléctrico.

Considere M= 0 Nm																		
l_{exc} (A)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3
l_{arm} (A)	0.52	0.46	0.41	0.37	0.33	0.3	0.26	0.24	0.19	0.17	0.18	0.23	0.27	0.34	0.42	0.48	0.56	0.63
cos Θ	0.151	0.117	0.062	0.02	0.031	0.105	0.192	0.294	0.556	0.872	0.978	0.958	0.92	0.86	0.81	0.786	0.753	0.745



Considere M= 0.55Nm																
I_{exc} (A)	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
I_{arm} (A)	0.48	0.42	0.37	0.35	0.33	0.32	0.33	0.34	0.37	0.41	0.45	0.49	0.54	0.58	0.63	0.68
cos Θ	0.241	0.35	0.5	0.636	0.761	0.871	0.94	0.977	1	0.998	0.972	0.95	0.92	0.9	0.887	0.867

