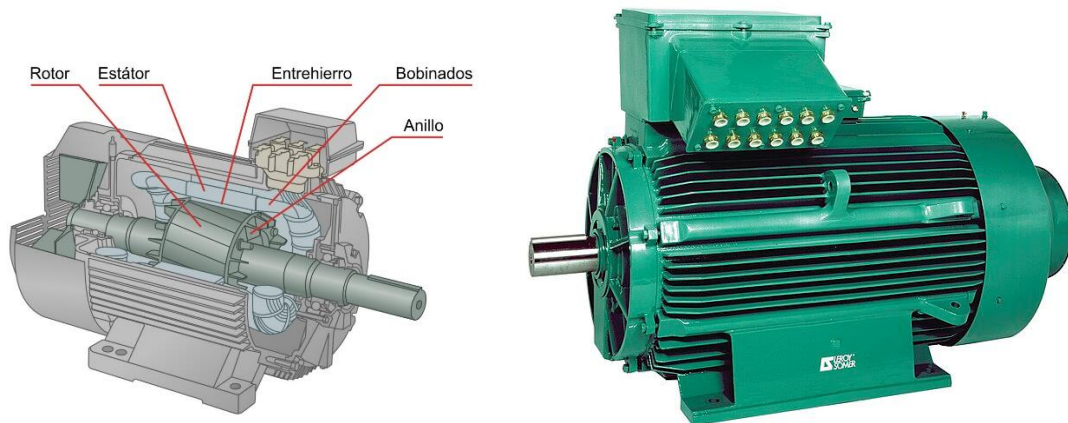


¿Por qué la velocidad de un motor de corriente alterna depende de la frecuencia?

Los motores de corriente alterna (CA) son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales, comerciales y de servicios debido a su robustez, eficiencia y bajo mantenimiento. Una de sus características fundamentales es que la velocidad de operación del motor está directamente relacionada con la frecuencia de la fuente de alimentación.

Esta relación no es arbitraria ni empírica, sino una consecuencia directa del principio físico de funcionamiento del motor, específicamente de la formación del campo magnético giratorio en el estator. Comprender esta dependencia es esencial para el diseño, control y diagnóstico de sistemas eléctricos industriales.



Formación del campo magnético giratorio

Cuando un motor de corriente alterna trifásico es energizado, las corrientes alternas que circulan por los devanados del estator generan campos magnéticos variables en el tiempo. Debido al desfase de 120° eléctricos entre las fases, estos campos se combinan para formar un **campo magnético giratorio** dentro del entrehierro del motor.

Este campo no permanece estático, sino que rota a una velocidad constante, determinada exclusivamente por:

- La frecuencia de la alimentación eléctrica
- El número de polos del motor

El campo magnético giratorio es el responsable de inducir corriente en el rotor y producir el par electromagnético que hace girar el eje del motor.

Velocidad síncrona

La velocidad a la que gira el campo magnético del estator se denomina **velocidad síncrona**. Esta velocidad está definida por la siguiente expresión fundamental:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{P}$$

- n_s = velocidad síncrona (RPM)
- f = frecuencia de la fuente de alimentación (Hz)
- P = número de polos del motor

De esta ecuación se observa que, para un motor con un número de polos fijo, la velocidad síncrona es directamente proporcional a la frecuencia. Por ejemplo, un motor de 4 polos alimentado a 60 Hz tendrá una velocidad síncrona de 1800 RPM, mientras que a 50 Hz su velocidad síncrona será de 1500 RPM.

Velocidad real del motor y deslizamiento

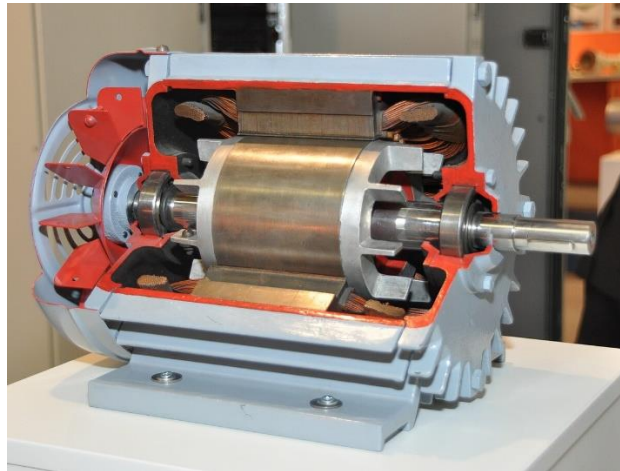
En los motores de inducción, el rotor no puede alcanzar exactamente la velocidad síncrona. Para que exista inducción de corriente en el rotor y se produzca par, debe existir una diferencia entre la velocidad del campo magnético giratorio y la velocidad mecánica del rotor.

Esta diferencia se conoce como **deslizamiento** y se define como:

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

- n_r = velocidad real del rotor

En condiciones normales de operación, el deslizamiento es pequeño (entre 1% y 5% en motores industriales), por lo que la velocidad del motor sigue siendo aproximadamente proporcional a la frecuencia de alimentación.



Influencia de la carga en la velocidad

A medida que aumenta la carga mecánica aplicada al eje del motor, el deslizamiento se incrementa ligeramente para generar el par necesario. Sin embargo, este cambio en velocidad es reducido en comparación con el efecto que produce una variación en la frecuencia.

Por esta razón, la frecuencia es el parámetro dominante que define la velocidad del motor, mientras que la carga solo introduce pequeñas variaciones alrededor de la velocidad nominal.

Control de velocidad mediante variadores de frecuencia

Los variadores de frecuencia (VFD) aprovechan directamente la relación entre velocidad y frecuencia para controlar la velocidad de los motores de corriente alterna. Al modificar la frecuencia de salida del variador, se modifica la velocidad del campo magnético del estator y, en consecuencia, la velocidad del motor.

Para mantener un flujo magnético constante y evitar saturación del núcleo del motor, el variador ajusta el voltaje de salida de forma proporcional a la frecuencia, manteniendo una relación **V/f constante** en la zona de control básico.

Este principio permite un control eficiente de la velocidad, reducción de corrientes de arranque, ahorro energético y una mayor vida útil del motor y del sistema mecánico acoplado.



Aplicaciones industriales

El control de velocidad mediante variación de frecuencia es ampliamente utilizado en:

- Bombas centrífugas
- Ventiladores
- Compresores
- Bandas transportadoras
- Sistemas HVAC
- Procesos industriales continuos

En estas aplicaciones, el control preciso de la velocidad permite optimizar el consumo de energía, mejorar la estabilidad del proceso y reducir el desgaste mecánico.

Conclusión

La dependencia de la velocidad de un motor de corriente alterna con respecto a la frecuencia de alimentación es una consecuencia directa del principio de funcionamiento del campo magnético giratorio y de la definición de la velocidad síncrona.

Este concepto constituye uno de los pilares fundamentales de la ingeniería eléctrica y es la base del control moderno de motores mediante variadores de frecuencia. Comprender esta relación permite diseñar, operar y mantener sistemas eléctricos industriales de manera más eficiente, segura y confiable.

© Electrical HMO

Documento técnico original elaborado por Electrical – Proyectos y Construcción.

Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización.

