

¿Cómo ahorrar energía en motores industriales?

Ahorro de energía eléctrica durante la operación con bombas y ventiladores mediante el uso de variadores de frecuencia.

KDK Argentina
kdk-argentina.com

En la mayoría de las plantas industriales, las bombas y ventiladores representan más del 60% del consumo eléctrico. Regular su velocidad mediante variadores de frecuencia (VFD) no solo reduce significativamente ese consumo, sino que además prolonga la vida útil del sistema y reduce los costos de mantenimiento.

Principios del ahorro energético con variadores de frecuencia

Los variadores de frecuencia permiten controlar la velocidad de motores asíncronos para adaptar la entrega de caudal/flujo a la demanda real. En aplicaciones de caudal variable, como bombas centrífugas y ventiladores axiales/centrífugos, la potencia requerida cae aproximadamente con el cubo de la velocidad (las llamadas "Affinity/Fan Laws" o "Leyes de Proporcionalidad").

Esto significa que pequeñas reducciones de velocidad pueden traducirse en ahorros de energía muy significativos, y el uso de variadores es la solución más directa y eficiente para lograrlo. Un variador de frecuencia aprovecha una ventaja clave: las bombas centrífugas y ventiladores siguen las Leyes de Proporcionalidad, entregando un gran ahorro de energía en comparación con otros sistemas alternativos, como válvulas reguladoras.

Pequeñas reducciones de velocidad pueden traducirse en ahorros de energía muy significativos

Glosario de siglas

- » CFM: *Cubic Feet per Minute*, 'pies cúbicos por minuto'
- » HVAC: *Heating Ventilation and Air Conditioning*, 'calefacción, ventilación y acondicionador de aire'
- » PID: *Proportional-Integral-Derivative*, 'proporcional-integral-derivativo'
- » RPM: revoluciones por minuto
- » VFD: *Variable Frequency Drive*, 'variador de frecuencia'

URL estable: <https://www.editores.com.ar/node/8488>

Eficiencia energética mediante control variable de velocidad

Los variadores de frecuencia permiten un control preciso de la velocidad del motor, garantizando que este funcione a la velocidad requerida y no a pleno rendimiento. Esto reduce el consumo innecesario de energía, sobre todo en aplicaciones en las que no es necesario el funcionamiento a toda velocidad.



El variador de frecuencia ajusta la potencia de salida del motor en función de la carga real, evitando que el motor funcione en un estado de alta potencia innecesariamente. Esta adaptabilidad es clave para ahorrar energía en condiciones de funcionamiento variables.

Al controlar la velocidad y el par del motor, los variadores de frecuencia mejoran la eficiencia

Al controlar la velocidad y el par del motor, los variadores de frecuencia mejoran la eficiencia de funcionamiento del motor, reduciendo las pérdidas de energía debidas a un rendimiento inferior al óptimo. Las consecuencias son las que siguen:

- » Ciclos de arranque y parada minimizados. Los arranques y paradas frecuentes del motor consumen mucha energía y aumentan el desgaste. Con una aceleración y deceleración suaves proporcionadas por un variador de velocidad se minimizan los picos de energía, lo que mejora la eficiencia global.
- » Reducción de ruidos y vibraciones. Las velocidades más bajas del motor que se consiguen con los variadores de frecuencia reducen las vibraciones mecánicas y el ruido, contribuyendo indirectamente a la eficiencia energética al minimizar el esfuerzo mecánico.

- » Corrección del factor de potencia. Utilizando un inversor VFD se mejora el factor de potencia del motor, lo que garantiza un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica y reduce el derroche total de energía.
- » Optimización de la carga y los parámetros de funcionamiento. Cuando los motores funcionan en condiciones de baja carga, el efecto de ahorro energético de los variadores de frecuencia es más pronunciado. Además, el ajuste preciso de parámetros como potencia, tensión y velocidad mejora la eficiencia global del sistema.

Principios teóricos

En bombas y ventiladores centrífugos, la energía que entrega la máquina depende directamente de la velocidad de rotación. Si se reduce la velocidad, menos fluido se mueve por unidad de tiempo; la presión que genera la máquina baja, y por tanto la potencia necesaria cae mucho más rápidamente que la velocidad: por eso hay tanto ahorro. Las Leyes de Proporcionalidad son la forma formal de cuantificar eso.

Para una bomba/ventilador centrífugo bajo condiciones de similitud geométrica y flujo dinámico similar:

Caudal (Q) es proporcional a la velocidad (n):

$$(1) Q \propto n$$

Altura/Presión (H) es proporcional al cuadrado de la velocidad:

$$(2) H \propto n^2$$

Potencia hidráulica (Phid) requerida es proporcional al producto entre caudal y altura/presión, por tanto, al cubo de la velocidad:

$$(3) (Phid \propto Q) \times (H \propto n) \times (n^2) = n^3$$

Se habla de la Ley del Cubo: una reducción del 10% en velocidad puede implicar aproximadamente 27% menos de la potencia requerida

Por eso se habla de la Ley del Cubo: una reducción del 10% en velocidad puede implicar aproximadamente 27% menos de la potencia requerida.

Por ejemplo, si una bomba trabaja normalmente a 50 Hz y se reduce su velocidad a 40 (20% menos), la potencia requerida cae casi un 49%.

Esto implica que, manteniendo el mismo caudal promedio mediante control PID, el consumo energético mensual puede reducirse hasta un 40%, dependiendo de la aplicación.

Mediante un control PID, el sistema ajusta la velocidad para entregar solo el caudal necesario, reduciendo el consumo promedio.

Las Leyes de Afinidad (o *Fan Laws*) son relaciones matemáticas que describen cómo cambian el caudal, la presión y la potencia de un ventilador cuando varía su velocidad, tamaño o la densidad del aire:

» Ley 1: Caudal vs. Velocidad. El caudal de aire (CFM) es directamente proporcional a la velocidad del ventilador (RPM). Si se duplican las revoluciones, se duplica el caudal.

$$(4) (CFM_1/CFM_2) = (RPM_1/RPM_2)$$

» Ley 2: Presión vs. Velocidad. La presión (estática o total) es proporcional al cuadrado de la velocidad. Si se reducen las revoluciones (RPM) a la mitad, la presión se reduce a una cuarta parte.

$$(5) (P_1/P_2) = (RPM_1/RPM_2)^2$$

» Ley 3: Potencia vs. Velocidad. La potencia absorbida es proporcional al cubo de la velocidad. Si se reducen las revoluciones (RPM) a la mitad, la potencia requerida se reduce a un octavo, lo que resulta en un ahorro significativo de energía.

$$(6) (HP_1/HP_2) = (RPM_1/RPM_2)^3$$

Soluciones en variación de frecuencia de Mitsubishi Electric

Mitsubishi Electric se dedica al desarrollo de tecnologías de variación de frecuencia desde hace más de cuatro décadas, con un enfoque en la eficiencia energética y la confiabilidad. Cada una de sus familias de VFD está diseñada para maximizar el rendimiento de motores eléctricos en aplicaciones específicas de bombeo y ventilación:

- » FR-D700, para propósito general, rango bajo. Equipo compacto y económico, ideal para aplicaciones estándar que requieren funciones básicas de ahorro energético.
- » FR-E800, para segmento intermedio. Mayor versatilidad y soporte que la serie D700, sin necesidad de pasar a una gama alta.
- » FR-A800, alto rendimiento. Excelente desempeño y estabilidad, adecuado para proyectos industriales exigentes.
- » FR-F800, línea especializada en HVAC. Diseñado específicamente para maximizar el ahorro energético en sistemas HVAC, con integración avanzada y funciones dedicadas. ■