

Variadores: un aporte a la eficiencia en la industria

La introducción de variadores de velocidad en aplicaciones industriales de motores eléctricos se puede traducir en ventajas significativas asociadas a la eficiencia energética.



Danfoss
www.danfoss.com.ar

Motores eléctricos en la vida cotidiana

Los motores eléctricos representan alrededor del 50% del consumo mundial de energía eléctrica. En aplicaciones industriales, este porcentaje es aún mayor, dependiendo de la región y el área industrial. Entre un 65 y un 75% de la energía eléctrica consumida por el sector industrial se utiliza en el accionamiento de motores eléctricos.

Los motores eléctricos representan alrededor del 50% del consumo mundial de energía eléctrica. En aplicaciones industriales, este porcentaje es aún mayor

El motor de inducción trifásico, también llamado "motor asíncrono", es hoy día el motor eléctrico que más se utiliza en las aplicaciones industriales, sobre todo el motor con rotor de tipo jaula de ardilla. Su construcción y versatilidad lo ha llevado a ser utilizado en todos los procesos de producción de las diferentes fábricas. Se utiliza en transportadores, paletizadores, lavadoras, sistemas de transporte de alta velocidad, e incluso en exigentes sistemas de control de posición y sincronismo de velocidad. Su utilización también abarca el monitoreo de máquinas de mayor potencia en los sistemas de servicios industriales, operando los diferentes tipos de bombas, ventiladores, compresores para el suministro de aire acondicionado, aire comprimido, frío, vapor y manejo de aguas.

Pero este gigantesco y acelerado mundo de los motores no podrá pasar desapercibido sin un precio por pagar. Muchos de ellos están encendidos consumiendo energía todo el día de forma innecesaria; algunos otros están sometidos a un trato improductivo o simplemente trabajan con accionamientos carentes de un buen control.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=HDp6oSpiol&t=46s>

Acerca de la eficiencia energética

Danfoss, una de las compañías líderes a nivel mundial en el diseño, innovación y fabricación de componentes eléctricos y electrónicos, afirma que la solución está en el mundo de la eficiencia energética. De manera simple, "eficiencia" es la capacidad de lograr un resultado deseado pero con el menor uso de recursos posible.

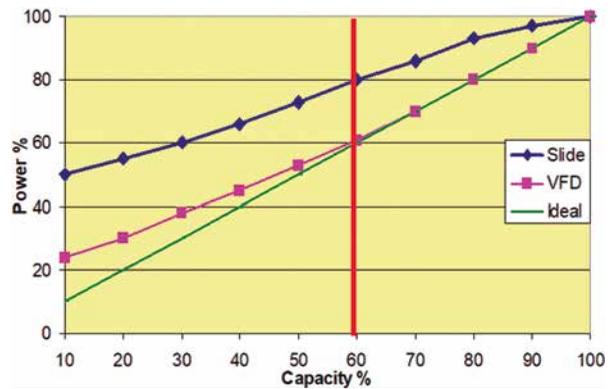
Eficiencia energética significa el uso de menos energía para realizar la misma tarea o producir el mismo resultado. Las fábricas son energéticamente eficientes cuando usan menos energía para actividades como transportar, envasar, generar vapor frío, entre otros, y en consecuencia usan menos energía para producir su producto terminado.

Para el caso de los motores en el rango de potencia de 0,12 a 1.000 kW, las clases de eficiencia IE1 hasta IE4 están contenidas en la norma IEC/EN 634.

La eficiencia en los motores de inducción se ve afectada por varios factores, siendo el principal las pérdidas en el cobre, las cuales aumentan cuando el motor trabaja a carga parcial, desperdiciando energía; en consecuencia los mayores ahorros se van a presentar en motores con altas pérdidas. Esto sucede típicamente en motores pequeños, ya que pueden estar operando por encima de su voltaje de diseño o por debajo de la frecuencia a la que fue diseñado.

La clave está en los variadores

En la actualidad, los motores de inducción de alta potencia son muy eficientes, con cifras de hasta del 95% a plena carga. Pero estos valores caen cuando se reduce la carga. Entonces, ¿cómo se puede mejorar la eficiencia en un sistema? Con variadores de frecuencia. Su objetivo es controlar la frecuencia y el torque del motor para trabajar en el punto más óptimo, independiente del porcentaje de carga.



Ahorro de energía en compresores tornillos

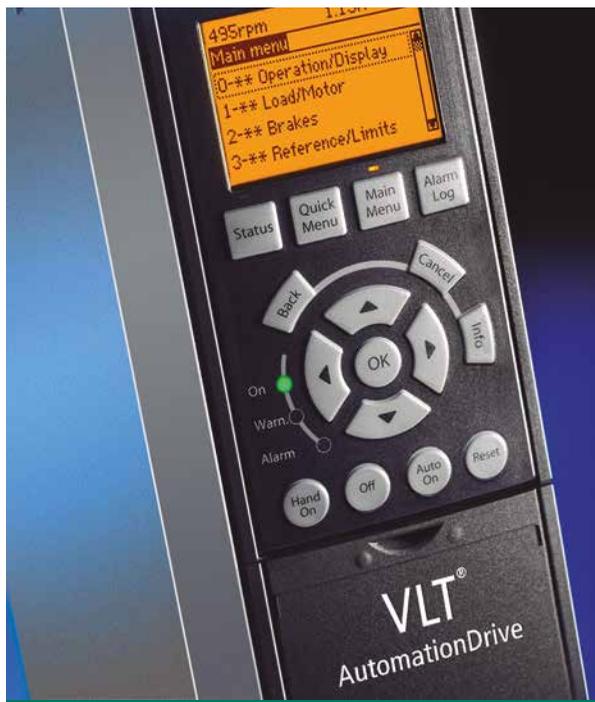
<https://www.danfoss.com>

El estándar IEC 61.800 define las clases de eficiencia para los variadores de frecuencia de corriente alterna. Dado que la electrónica de potencia puede tener varias configuraciones, su clasificación está definida entre las clases IE0 e IE2.

Ahorrar, no solo depende de la eficiencia de los componentes, sino también del tipo de carga que se está controlando. Estas se pueden dividir en dos grupos principales: a) aplicaciones de torque variable, y b) aplicaciones de torque constante.

Cada componente en un sistema tiene algunas pérdidas por lo que se debe evitar agregar componentes a un sistema, si es posible. Esto también se aplica a los variadores de frecuencia. La adición de una unidad a un motor que debe funcionar todo el día a plena carga y a toda velocidad solo provocará pérdidas adicionales, pero tan pronto como la reducción de la velocidad y el par tengan sentido para la aplicación, el uso de un variador de frecuencia reducirá el consumo de energía.

Los ahorros alcanzables dependerán del perfil de carga a lo largo del tiempo, las características de torque, la eficiencia del motor y el sistema de accionamiento en los puntos de carga parcial determinados.



VLT Automation Drive
<https://www.danfoss.com>

Aplicaciones de torque variable

Las aplicaciones de torque variable a menudo involucran bombas y ventiladores, sin embargo hay que hacer una distinción en el caso de las bombas. Las más populares son las bombas centrífugas, que tienen características de torque cuadrático, pero las bombas excéntricas de vacío o de desplazamiento positivo presentan torque constante.

El potencial de ahorro de energía de las bombas y ventiladores centrífugos es muy alto, ya que estas máquinas siguen las leyes de afinidad. El caudal aumenta linealmente con el incremento de la velocidad, mientras que la presión es proporcional al cuadrado de la velocidad; pero el consumo de energía es elevado al cubo de la velocidad, lo que indica que una reducción en la velocidad del 20% ocasiona una reducción de potencia del 50%.

En muchos sistemas de ventilación y bombeo, se utilizan dumpers o válvulas de estrangulamiento

para controlar el flujo del sistema. Si una bomba centrífuga se controla mediante una válvula de mariposa, la estrangulación mueve el punto de trabajo de la máquina a lo largo de la curva característica de la bomba. La reducción en el requerimiento de energía alcanzado es mínima en comparación con el punto de funcionamiento nominal de la bomba. Pero si un ventilador o bomba centrífuga está controlada por un variador de frecuencia, el punto de operación se mueve a lo largo de la curva característica del sistema, en consecuencia, el variador buscará cumplir con precisión del requerimiento de presión y caudal, pero trabajando dentro de la parábola de mayor eficiencia, logrando así ahorrar energía.

En 2021, precisamente, una de las obras que se valió de equipos Danfoss fue un acueducto con una bomba centrífuga de 500 kW que alimentaba de la bocatoma a la planta de tratamiento de agua potable. Esta bomba está regulada con un variador de frecuencia porque el consumo no siempre es el mismo durante el transcurso del día. Si se reducía la bomba de 60 a 59 Hz, eso implicaba 1,67% en reducción de velocidad y un 4,92% del consumo energético, con tan solo 1 Hz.

Si un ventilador o bomba centrífuga está controlada por un variador de frecuencia, el punto de operación se mueve a lo largo de la curva característica del sistema, en consecuencia, el variador buscará cumplir con precisión del requerimiento de presión y caudal, pero trabajando dentro de la parábola de mayor eficiencia, logrando así ahorrar energía

Esta bomba trabajaba la mayor parte del tiempo al 80% de su velocidad, porque era el caudal que requería la planta. Consumía únicamente

el 51,2% de su potencia, es decir, una bomba de 500 kW, trabajando el 80% de su velocidad, pero consumiendo tan solo 256 kW de potencia. Es un claro ejemplo de cómo las leyes de afinidad permiten hacer grandes ahorros de energía en aplicaciones de torque variable cuadrático.

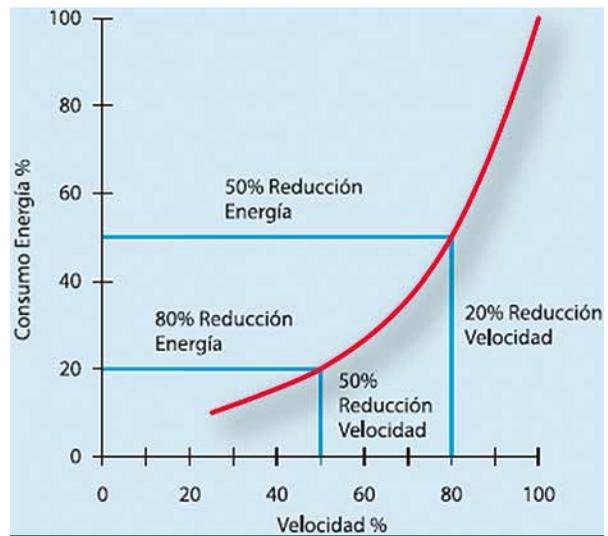
En aplicaciones reales, los ahorros de energía obtenidos diferirán de los teóricos porque las pérdidas en las tuberías y los conductos dan como resultado una carga base; por lo tanto, adicionan pérdidas.

En las aplicaciones de bombas, a menudo se establece una velocidad mínima requerida para evitar la sedimentación de sólidos y garantizar una lubricación suficiente de la bomba. Si el rango entre la velocidad mínima y la velocidad para la potencia máxima requerida es demasiado grande, el sistema se puede conectar en cascada. Cuando las bombas se conectan en cascada, una bomba con control de velocidad cubre la carga base. Si aumenta el consumo, el variador de frecuencia conectará más bombas secuencialmente a fin de satisfacer la demanda. En muchos casos se adicionan variadores de frecuencia a más bombas del sistema de cascada buscando siempre la mayor eficiencia. Esto también es posible en trenes de ventilación y compresión de tipo centrífuga.

Es mucho más eficiente un sistema que trabaja con cargas parciales y variador, que un sistema que trabaja con válvula o con descargadores.

Aplicaciones de torque constante

Las aplicaciones con torque constante son aplicaciones en las que, normalmente, la carga no es alterada significativamente por la velocidad, esto incluye cintas transportadoras, polipastos, mezcladores, y otras más. Si, por ejemplo, se coloca una caja plástica en una cinta transportadora horizontal, el peso de esa caja plástica no cam-



Consumo ideal de energía con variación de velocidad
<https://www.danfoss.com>

biará, independientemente de la velocidad de la cinta transportadora. El par requerido para mover esta caja plástica será siempre el mismo. Por supuesto, la fricción y la aceleración cambiará según las condiciones de funcionamiento, pero el par necesario para mover la carga permanece constante. La energía requerida para este tipo de sistemas es proporcional al torque requerido y la velocidad del motor.

En la industria, existen muchos procesos que requieren refrigeración, desde plantas pequeñas, donde hay equipos que pueden ir desde 40 Hp, hasta plantas muy grandes, como industrias cerveceras o industrias de procesos alimenticios, que sobrepasan los 1.000 Hp.

Esos equipos requieren un sistema de refrigeración que se vale de compresores. En la mayoría de los casos, son equipos que consumen entre el 80 y el 90% de la energía eléctrica del sistema. Se diseñan para el 100% de la carga, pero no siempre se cumple, hay cargas variables, cargas parciales. Ahí es donde cobra importancia un sistema de variación de velocidad, porque es mucho más eficiente un sistema que trabaja con cargas parciales y variador, que un sistema que trabaja con válvula o con descargadores.

El caso del compresor tornillo es interesante. En un sistema de cuarto frío, cuando está trabajando al 100% de la carga, el compresor consume el total de la energía, pero cuando el sistema está trabajando el 50%, puede estar entre un 75 y 76% de consumo energético, con lo cual es ineficiente. Si se añade un variador de velocidad, el equipo podrá girar a revoluciones diferentes a las nominales, y se generan ventajas en cuanto a consumo energético: el 50% de la carga térmica implica entre un 55 a 60% del consumo energético del equipo en ese momento.

Además, se puede hacer que el equipo trabaje por encima de las revoluciones nominales. Por ejemplo, normalmente cuando hay un equipo de 60 Hz (dos polos) son 3.600 rpm, pero si se implementa un variador de velocidad, podrá girar por encima de esa velocidad nominal, quizá 4.000 rpm, entonces permitirá entre un 12 y un 15% más de capacidad. Por supuesto, es menester tener en claro los límites de aplicación de los equipos, que pueden ir de 1.450 a 4.200 rpm).

Si se puede reducir la velocidad en una aplicación de carga constante, como sucede en el caso de los ciclos de refrigeración, uno de los resultados directos será ahorrar energía.

Si se puede reducir la velocidad en una aplicación de carga constante, como sucede en el caso de los ciclos de refrigeración, uno de los resultados directos será ahorrar energía.

Conclusiones

Solo la energía que está siendo desperdiciada puede ser ahorrada, por lo cual es imprescindible detectar en dónde se está desperdiciando la energía y en qué proporción. El 10% de ese potencial podría obtenerse utilizando componentes más eficientes, por ejemplo, cuando se



cambia un motor antiguo por un motor de alta eficiencia.

Incorporar un control de velocidad utilizando variadores de frecuencia ofrecería un ahorro potencial de energía de hasta 30%, pero los mayores ahorros, aproximadamente 60%, se obtienen optimizando el sistema completo.

En aplicaciones industriales, acciones para hacer realidad la eficiencia están vinculadas con implementar una política de eficiencia energética que asegure las buenas prácticas en todo el ciclo de vida útil de un proyecto, tanto en CAPEX como en OPEX; involucrar todas las áreas de la compañía y hacer seguimiento a indicadores de eficiencia y sostenibilidad; adquirir siempre componentes de alta eficiencia que tengan una certificación que lo compruebe; asesorarse con expertos; tener siempre un objetivo en mente; capitalizar los ahorros y aplicar los beneficios tributarios.

Todo esto redundará en menos gastos de capitalización; menos gastos operacionales; menor consumo de potencia activa, y menor costo de la factura de energía eléctrica. Asimismo, más allá de las motivaciones económicas, se podrán reducir drásticamente las emisiones de dióxido de carbono y así ayudar al medioambiente y a la sociedad. ■