

# ¿Qué ha cambiado en el diseño de motores?

Los diseños de los motores eléctricos están motivados por las necesidades de eficiencia energética, pero ¿cuál será el futuro de este campo?

**Marek Lukaszczyk**  
Director de marketing para Europa y Oriente Medio de WEG



Los motores eléctricos han evolucionado a lo largo de 200 años hasta convertirse en uno de los mayores consumidores de energía del mundo. En la actualidad se les atribuye alrededor del 45 % del consumo mundial de energía. Marek Lukaszczyk, director de marketing para Europa y Oriente Medio de WEG, fabricante y proveedor mundial de motores y tecnología de accionamiento, explica por qué los diseños y las innovaciones de los motores han intentado siempre aumentar el nivel de eficiencia, y cómo lo han hecho.

El consumo mundial de energía de los motores eléctricos es significativo, pero también demuestra en qué medida dependemos de ellos para convertir la energía eléctrica en energía mecánica en todo el mundo. Los motores se utilizan en todo, desde ventiladores, sopladores y bombas hasta máquinas-herramienta, electrodomésticos, coches y herramientas eléctricas.

Estas estadísticas también ponen de relieve los desafíos a los que se enfrentan los fabricantes para mejorar la eficiencia de los motores y reducir su consumo energético. Resulta imprescindible diseñar los motores con la mayor eficiencia energética posible, no solo para mantener la competitividad de los fabricantes, sino también para cumplir normativas cambiantes, como la directiva de diseño ecológico de la Unión Europea (Directiva 2009/125/CE).

## DE CC A CA

La innovación en el diseño de los motores eléctricos está motivada por la necesidad de rendimiento, coste asequible, eficiencia energética y conectividad. Estas necesidades han evolucionado en los dos últimos siglos, desde 1824, cuando Moritz Herrmann von Jacobi fabricó el primer motor eléctrico rotativo, algo que fue posible gracias a inventos anteriores como la batería y el electroimán.

En 1866 las investigaciones del ingeniero alemán Werner von Siemens permitieron producir motores eléctricos con energía barata, tras lo cual se empezaron a fabricar diversos motores de corriente continua (DC) para la industria y el transporte. Sin embargo, los motores de corriente continua presentaban varios problemas: eran grandes, ruidosos y producían chispas cada vez que el conmutador hacía cortocircuito para invertir la dirección de la corriente eléctrica.

Así es como surgieron los motores de corriente alterna (CA). En 1885 el ingeniero eléctrico Galileo Ferraris fabricó un motor bifásico de CA, pero el bajo rendimiento del invento impidió su producción comercial. Lo mismo ocurrió en 1887, cuando el inventor Nikola Tesla creó un motor bifásico con un rotor incorporado en un cortocircuito.

Unos años más tarde, en 1889, el ingeniero eléctrico Michael von Dolivo-Dobrowolsky patentó un motor de CA eficiente. Tenía tres fases y una jaula de rotor. Con una potencia de 80 vatios y una tasa de retorno energético del 80 %, el motor de CA era más sencillo, seguro y silencioso y presentaba menos problemas de mantenimiento. Con este notable desarrollo había llegado la era de los motores eléctricos eficientes. Desde entonces, los diseños de los motores eléctricos —y las innovaciones en este campo— se han visto impulsados por las crecientes necesidades que tienen los clientes de rendimiento, coste asequible, eficiencia energética y conectividad.

En la actualidad, los motores eléctricos se diseñan de manera flexible y para diversos usos especiales en la industria, las centrales energéticas y el sector agroalimentario. El desafío ahora consiste en mejorar su eficiencia y en reducir la

carga que imponen sobre el suministro eléctrico. Según la aplicación, los costes energéticos de los motores eléctricos representan entre el 95 y el 97 % de los costes totales de su ciclo de vida. Por ello, no es de extrañar que los motores de baja eficiencia proporcionen un rendimiento limitado de la inversión.

» En la actualidad, los motores eléctricos se diseñan de manera flexible y para diversos usos especiales en la industria, las centrales energéticas y el sector agroalimentario

## RENDIMIENTO ECOLÓGICO

La eficiencia energética de un motor eléctrico se calcula como la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada, y se mide en clases de eficiencia energética (IE), donde IE1 es la clase más baja e IE5, la más alta. La directiva de diseño ecológico de la UE establecía que, a partir de junio de 2011, los motores incluidos en su ámbito de aplicación deberían tener como mínimo una clase de eficiencia IE2, y una clase IE3 más eficiente en 2015, a menos que estuvieran controlados por un variador de velocidad (VSD). Los VSD varían la velocidad del motor eléctrico —que suele ser de velocidad fija— de acuerdo con los requisitos de la aplicación.

Además de brindar enormes mejoras en el consumo energético de los motores, estas normas también afectaron de manera tangible a los mercados. La clase IE1, que representaba el 80 % de la cuota de mercado europea en 2009, se redujo a solo el 17 % en 2016, mientras que los motores más eficientes de la clase superior IE3 aumentaron del 0 al 29 % en el mismo periodo. Es una buena noticia para los usuarios finales, por el ahorro económico que representa, y para el planeta.

No obstante, dado que ha resultado difícil imponer en toda la industria la norma actual que establece que los motores IE2 deben utilizarse con un VSD, es probable que las normas serán más estrictas. A partir del 1 de julio de 2021

los motores trifásicos deberán cumplir las normas IE3, independientemente de la incorporación de un VSD. En esa misma fecha también se introducirán, por primera vez, los reglamentos de eficiencia para VSD. A medida que se lleven a cabo nuevos estudios en el marco de las revisiones de la normativa vigente empezarán a aplicarse en un futuro próximo los requisitos de la clase IE4 para motores, incluso de la clase IE5 en fecha posterior.

## DETECCIÓN DE DEFICIENCIAS

La clave para diseñar un motor más eficiente es entender dónde se producen las pérdidas formulando la pregunta: ¿cuáles son las posibles deficiencias energéticas?

Se han introducido varias mejoras en las tecnologías de los motores eléctricos para cumplir las nuevas normas de eficiencia energética, y los propios ingenieros de WEG Industries han investigado numerosas técnicas. Desde la fundación de la empresa en Brasil en 1961, hemos conseguido avances notables en el diseño y la producción de motores eléctricos. Estos avances están relacionados con la reducción de peso y la experimentación con nuevos materiales como el plástico, el aluminio y nuevos aislantes para crear diferentes posibilidades de uso de estas máquinas.

Una de estas posibilidades es el uso de motores de imanes permanentes (PM), motores de CA en los que los imanes están insertados o adheridos a la superficie del rotor del motor. El campo magnético de los imanes reacciona con el campo magnético creado por la CA en el estator e impulsa la armadura rotativa del motor. El par magnético se combina a continuación con el par de reluctancia, que actúa sobre el material del imán y se alinea con el flujo magnético que pasa por el motor. De este modo se minimiza la reluctancia, y el campo magnético rotativo resultante proporciona un par constante sin necesidad de ventilación forzada.

Los motores PM IE4 pueden funcionar más eficientemente que los motores de inducción IE4, y tienen una vida útil más prolongada. Además, experimentan un 20 % menos de pérdida de energía y son más ligeros, pese a que se alojan en el mismo bastidor. Esto significa que un motor PM IE4 será más pequeño que un motor de inducción IE4.

WEG fue el primer fabricante y proveedor de accionamientos y motores que abordó los estándares IE4 e IE5, y, para este último, desarrolló un motor PM IE5 en su serie W22. El nuevo W22 fue uno de los primeros motores comerciales que se ajustaba a la clase de eficiencia energética IE5 de reciente formulación. Con imanes permanentes de alto rendimiento dentro de su rotor, el motor PM W22 ofrece más caballos por tamaño de bastidor y un amplio rango de par, y mantiene constantes estos valores sin necesidad de ventilación forzada. La mejora del control de velocidad redundaba en una mayor eficiencia energética y en una vida útil más prolongada.

Si tomamos como ejemplo las aplicaciones de torres de refrigeración (Foto 1), se ha comprobado que el uso de un mo-

tor de imanes permanentes (PM) con un VSD HVAC CFW701 —dimensionado correctamente para la aplicación— puede proporcionar una reducción del coste de la energía de hasta el 80 % y un ahorro medio de agua del 22 %, al tiempo que se cumplen los niveles de eficiencia IE5.

Los imanes permanentes de alta densidad de energía son idóneos para aplicaciones de vehículos eléctricos. El refrigerante circula directamente a través del motor para gestionar el calor residual de manera inteligente. Este diseño protege los imanes y el rotor del desplazamiento a alta velocidad, y puede soportar velocidades extremas de la aplicación del motor.

## PREPARATIVOS PARA IE6

WEG está explorando el uso de materiales para cumplir la clase IE6, que está por llegar y que se considera la siguiente etapa para alcanzar niveles de eficiencia más altos en reluctancia síncrona y de imanes permanentes. Los motores PM para bombas se situarán probablemente a la vanguardia, pues la industria del agua es la mayor usuaria de motores eléctricos de alta eficiencia energética de Europa. Esto será probablemente lo que ocurra con IE6. Otra área de desarrollo clave son los nuevos sistemas de aislamiento para contrarrestar los problemas asociados con el amoníaco, que produce corrosión en los materiales, dañando los motores.

En el futuro, el principal objetivo del diseño de WEG es



producir un motor de alta densidad de potencia fiable a un coste razonable. Cuando se adquiere una tecnología relativamente nueva, como un motor de alta densidad de potencia, siempre habrá un compromiso entre coste, fiabilidad y eficiencia.

En una de sus áreas de investigación, WEG intenta comprender el comportamiento de una serie de polímeros, materiales compuestos por cadenas de moléculas largas y repetidas. Los polímeros tienen propiedades únicas que pueden resultar útiles en los motores eléctricos, dependiendo de cómo se unan sus moléculas para obtener alta resistencia y bajo peso. Los polímeros se utilizan cada vez más en los motores en sustitución de piezas metálicas que no soportan las fuerzas mecánicas, como las cajas de terminales y las placas de cojinetes, y ya se emplean en piezas estructurales como las tapas de cierre y las patas de pequeños motores. Dado que las piezas no corren el riesgo de deformarse, cambiarlas a un material polimérico puede suponer un ahorro tanto de coste como de peso.

Otros materiales del motor que utilizan polímeros, como resinas, esmaltes y aislamientos, también pueden beneficiarse optimizando sus características para satisfacer requisitos especiales y, por consiguiente, para perfeccionar el diseño del motor. Los sistemas de aire acondicionado, los sistemas de ventilación y otros aparatos domésticos, por ejemplo, ya están disfrutando de los beneficios que aportan los motores basados en polímeros.

Sin embargo, históricamente, el principal avance de WEG

y otros fabricantes ha sido el uso de la electrónica, tanto en la composición como en la fabricación de motores eléctricos. La electrónica puede incluir la instalación de sensores de reajuste que miden métricas importantes en tiempo real, como la vibración y la temperatura, para identificar posibles problemas del motor antes de que se produzcan. Con aplicaciones basadas en sensores como el WEG Motor Scan, se extraen datos del motor y se envían a un smartphone o una tableta (Foto 2).

¿Cómo se produce el ahorro de energía? En primer lugar, pueden utilizarse para detectar vibraciones en el motor, ya que las vibraciones producen pérdida de energía en forma de movimiento o sonido no deseado. Supongamos, por ejemplo, una planta de fabricación de Brasil donde el equipo de mantenimiento recibe una alerta que indica que el motor tiene niveles de vibración por encima del umbral aceptable. El equipo puede reducirlos, evitando el cierre de las instalaciones. En segundo lugar, al evitar el cierre se evitan la consiguiente pérdida de producción y la necesidad de emplear energía adicional para volver a poner en marcha la maquinaria.

Estas son solo algunas de las posibilidades, ya que las tecnologías de motores eléctricos se basan en un legado de 200 años y no dejan de evolucionar. En última instancia, recae en los ingenieros la responsabilidad de garantizar que, como en siglos anteriores, el diseño de los motores eléctricos evoluciona constantemente para satisfacer los requisitos cambiantes del mundo moderno. 

