

“Metodología P-HIL aplicada en la validación de la interconexión de un sistema de conversión de energía eólica a redes eléctricas desbalanceadas en áreas geográficas de México”

MX/a/2023/011125



Descripción de la Tecnología

La tecnología introduce una metodología Power Hardware in the Loop (P-HIL) mediante el uso de una topología convencional y la implementación de una estructura de control basada en análisis fasorial, y permite una generación constante de potencia eólica. También permite validar que el sistema de interconexión de energía eólica, ante la presencia de voltajes desbalanceados en la red eléctrica, puede ofrecer ventajas operativas como las mencionadas a continuación:

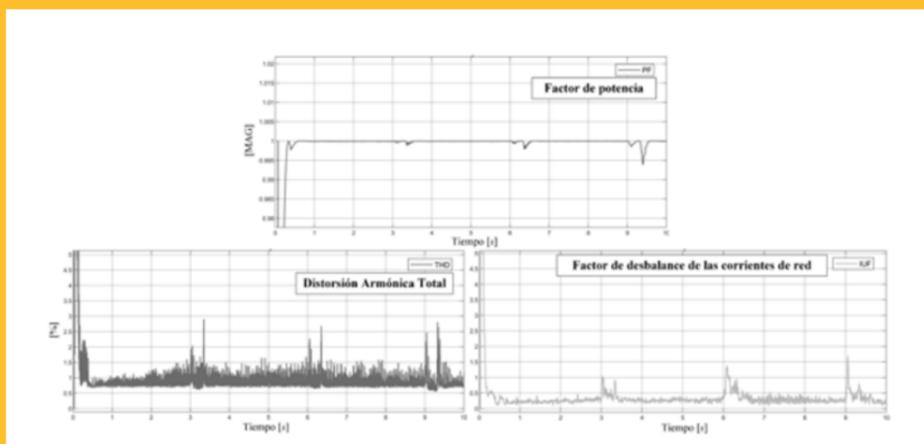
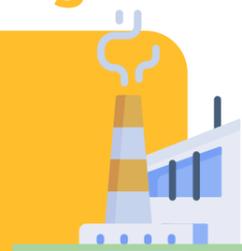
- Reducción del rizado en el voltaje de corriente directa
- Corrientes de red balanceadas
- Corrientes de red sinusoidales con niveles de distorsión armónica total menor al 3%
- Eliminación de cálculos de secuencia de fases y transformaciones $dq0$ o $\alpha\beta$.

La tecnología se compone de un generador de imán permanente con un emulador de turbina que entrega un voltaje trifásico generado a un sistema de conversión de energía eólica que a su vez es conectado a una red eléctrica emulada por una fuente de voltaje trifásica programable. Las señales de corriente y voltaje son censadas e ingresadas al simulador en tiempo real que permite obtener el comportamiento del sistema utilizando parámetros eléctricos y de variabilidad del viento en cualquier zona geográfica de México.

Aplicaciones, usos y beneficios de la tecnología

La tecnología es aplicable en la validación de la interconexión de un sistema de conversión de energía eólica a una red eléctrica desbalanceada, para asegurar la continua generación de energía eólica, una distorsión armónica total menor al 3%, un factor de potencia unitario y corrientes de red equilibradas.

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de la tecnología a cierta región de la península de Yucatán, México, en cuanto a el factor de potencia, la distorsión armónica total en las corrientes de red, y el factor de desbalance en las corrientes de red, para diferentes desbalances de voltaje, a los 3, 6 y 9 segundos, respectivamente, los dos primeros corresponden a caídas de tensión en una de las fases y el último corresponde a una caída de tensión en dos fases:



Se observa que tanto la distorsión armónica total como el factor de desbalance en las corrientes de red no sobrepasan el 3%, incluso durante el desbalance más severo.



Nivel de madurez de la tecnología

Se estima que el nivel de maduración tecnológica (*Technology Readiness Level*) es de cinco que corresponde con la demostración de funciones críticas en un ambiente relevante usando prototipos adecuados y con coincidencias entre el desempeño y las predicciones analíticas.

Información de mercado

México cuenta con 71 parques eólicos distribuidos en 15 Estados, los cuales suman una capacidad de 7,413 mega Watts, que representa el 8.26% de la capacidad total instalada en el país. Los sistemas de conversión eólica más utilizados son aquellos que incluyen turbinas eólicas con un generador síncrono de imán permanente y convertidores electrónicos de potencia a gran escala. A nivel de distribución, debido a la energización de grandes cargas industriales, las variaciones en la demanda de cargas monofásicas y bifásicas, así como las fallas de línea lejanas al punto de acoplamiento común, las caídas de voltaje pueden ser desbalanceadas, por lo que las topologías de alta potencia resultan inapropiadas, requiriendo soluciones distintas como la que representa la presente tecnología.



Se proyecta que el valor del mercado mundial de sistemas de gestión de recursos de energía distribuidos crezca de \$USD 258 millones en el año 2020 a \$USD 750 millones en el año 2026, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR por sus siglas en inglés) de 21% en el periodo 2021-2026, impulsado por la alta demanda de energía limpia, el rápido desarrollo de las redes inteligentes, y las crecientes inversiones en recursos de energía distribuidos con enfoque en la descarbonización. En particular, el segmento de sistemas de gestión de recursos de energía distribuidos aplicados a unidades de generación eólicas crecería de \$USD 63 millones en 2020 a \$USD 194 millones en 2026, con una CAGR de 22.4%. (MarketsAndMarkets, 2021).