

# Grid Forming Wind Power Plants: Black start operation for HVAC grids and Diode Rectifier-based Wind Power Plant integration

Resumen:

La Unión Europea plantea una serie de retos en el GREEN DEAL para conseguir un escenario donde sus miembros sean climáticamente neutros en 2050. Para ello se plantean unas acciones entre las que destaca la descarbonización del sector de la energía. Por otra parte, se ha puesto como objetivo conseguir una capacidad de energía eólica de 1200 GW en 2050, desde los 190 GW que se tenía en 2019.

El cierre de centrales eléctricas basadas en grandes generadores síncronos junto con el aumento en la construcción de centrales eléctricas con fuentes basadas en electrónica de potencia como parques eólicos o plantas fotovoltaicas, hace necesario la incorporación de controladores *grid forming* en energías renovables basadas en electrónica de potencia.

La integración de estrategias de control *grid forming* en turbinas eólicas debe considerar las funciones de reparto de potencia activa y reactiva (*control droop* en generadores síncronos), así como un sistema de protección ante faltas que permita una recuperación rápida cuando se despeja la falta.

Por otra parte, en la transición de los actuales parques eólicos *grid following* que funcionan como fuentes de corriente a parques eólicos *grid forming* que funcionan como fuentes de tensión se debe considerar que ambas tecnologías van a coexistir conjuntamente por mucho tiempo. Por tanto, se hace necesario el estudio de estabilidad de parques eólicos con ambas tecnologías, así como el estudio de cuanta generación *grid forming* es necesaria para mantener el parque eólico estable en cualquier situación.

Además, el uso de parques eólicos *grid forming* permite diferentes aplicaciones como la energización de redes eléctricas después de un apagón desde estos parques eólicos, o el uso de diodos rectificadores en enlaces HVDC para la conexión de parques eólicos marinos.

Para facilitar el estudio y diseño de aerogeneradores *grid forming*, en la presente tesis se propone una técnica de agregación de aerogeneradores tipo-4. Esta técnica permite reducir la complejidad del parque eólico para su estudio y análisis.

Esta tesis incluye las siguientes contribuciones: Para el funcionamiento de aerogeneradores *grid forming* en paralelo con aerogeneradores *grid following* se propone un método de diseño analizando la estabilidad del sistema completo. Además, se propone una estrategia de control ante faltas para asegurar una recuperación rápida y segura.

Se propone el uso de técnicas de control  $H_\infty$  para la sintonización de controladores *grid forming*. El uso de estas técnicas para el diseño de controladores puede mejorar la robustez de los controladores, así como el rendimiento de estos.

Considerando la aplicación de la energización de redes HVAC desde parques eólicos, se ha propuesto como llevar a cabo dicha maniobra a partir de parque con aerogeneradores *grid forming* y *grid following*. Los resultados obtenidos validan el funcionamiento de la operación. Además, muestran que la cantidad de generación *grid forming* está relacionada con la dimensión de cargas que tienen que aguantar dichas turbinas más que con la estabilidad del sistema con un porcentaje bajo de generación *grid forming*.

Finalmente, se han propuesto estrategias de protección para la integración de parque eólicos en redes malladas HVDC utilizando rectificadores de diodos. Los parques eólicos *grid forming* pueden ayudar a gestionar faltas disminuyendo los requisitos en las protecciones necesarias en el enlace HVDC. Esto permite una reducción del coste de la instalación, además de aumentar la robustez del sistema.

**Palabras clave:** *Grid Forming*, *Black Start*, Rectificador de Diodos, agregación, Parques Eólicos Marinos.