

1. Resumen

Este trabajo se inicia en un laboratorio del Instituto de Ingeniería Energética (IIE) de la UPV para poner en marcha un simulador eólico con un generador doblemente alimentado (DFIG) de 11 kW.

Los trabajos publicados que abordan este tipo de aerogeneradores trabajan mayoritariamente con modelos de generador de rotor bobinado en dos ejes que no contemplan las pérdidas en el hierro. En este trabajo se propone un modelo de circuito equivalente para el estudio en régimen permanente que contempla las pérdidas en el hierro del estator y las pérdidas variables en el hierro del rotor. Estas pérdidas son significativas en máquinas de pequeño tamaño, de potencia inferior a 30 kW [22]. Se comprueba que las resistencias equivalentes a las pérdidas del hierro pueden ubicar indistintamente junto a la reactancia magnetizante, o bien, en bornes del circuito.

El modelo permite obtener una expresión práctica para la potencia electromecánica. Se propone un procedimiento iterativo para obtener la potencia eléctrica generada. El procedimiento utiliza modelos de comportamiento de la turbina eólica contrastados.

Se determina la potencia reactiva consumida por el estator que optimiza la eficiencia del aerogenerador, lo que permite dimensionar la batería de condensadores apropiada para estas máquinas. Se observa que la conexión de esta batería al estator antes de la conexión a la red puede mejorar las condiciones de sincronización al reducir la tensión de rotor necesaria.

Un método de sincronización alternativo consiste en conectar primero el estator a la red, dejar que se establezca la corriente y conectar en convertidor. Este método es útil para prototipos de simuladores, pues permite maniobrar manualmente el interruptor que conecta el estator a la red. Los conmutadores electrónicos del convertidor actúan con mayor rapidez que un interruptor convencional, lo que, para la sincronización con un viento fuerte racheado, puede ser ventajoso para aerogeneradores pequeños de baja inercia.

Una ventaja de estos generadores es el uso de convertidores de potencia reducida (aprox. 1/3 de la potencia eléctrica del generador), Li [27]. El modelo planteado determina la velocidad máxima del generador que proporciona mayor eficiencia con una potencia del convertidor adecuada.

Los componentes electrónicos del convertidor son muy sensibles a sobre corrientes y sobretensiones. Así, se requiere un controlador que evite el funcionamiento en condiciones extremas que se dan en los transitorios. Los modelos dinámicos propuestos permiten analizar los transitorios más usuales.

El modelo dinámico de generador también contempla las pérdidas en el hierro mediante resistencias equivalentes en bornes de los circuitos, lo cual enlaza con el modelo de régimen permanente y permite determinar las condiciones iniciales. En los cálculos dinámicos se utilizan conversiones con factores orientadas a simplificar los cálculos de potencia.

Se propone un modelo de regulador simple y en Simulink de Matlab ® se analiza el comportamiento en diversas condiciones de funcionamiento normal: turbina con generador desconectado de la red, conexión con estator o rotor abierto, sincronización, paso a carga, régimen de viento variable. Se analiza la respuesta a un hueco de tensión y se compara el estándar E.ON.Netz 2006 con el procedimiento 12.3 de la Resolución 4/10/2006 de la Secretaria General de Energía.

El prototipo de simulador montado consta de un motor de inducción de jaula de ardilla y un generador de rotor bobinado, ambos de 600 W. El motor que simula la turbina se alimenta con variador de frecuencia. Se ha desarrollado un inversor para alimentar el rotor del generador que se alimenta directamente desde el embarrado de continua del variador y no se requiere un rectificador regenerativo que genere corriente continua. El prototipo incorpora 5 sensores de corriente, 3 de tensión y un encoder en cuadratura con índice que ha permitido contrastar algunos de los resultados obtenidos teóricamente.