



RiUPTC

Repositorio Institucional
UPTC

repositorio.uptc@uptc.edu.co

11.13 Generalidades de la energía eólica marina

Díaz-Puerto Zarick J, Rodríguez-Miranda Juan P.

Resumen— El presente artículo surge a partir de una revisión del estado del arte de los sistemas de generación eólica marina mas importantes del mundo, identificando y definiendo los sistemas de conversión de energía eólica (WECS), los aerogeneradores mas usados y el sistema de interconexión eléctrica offshore – onshore, identificando como el sistema de generación eólica marina mas trascendente al parque eólico SilWin1.

La revisión del estado del arte de la presente temática, da una visión general frente a la implementación de tecnologías limpias en países con potencial eólico, como es el caso de nuestro país

Palabras claves— Aerogenerador, Offshore wind, HVDC, subestación eléctrica, WECS.

X. INTRODUCCION

La implementación de parques eólicos a nivel global como potencial tecnología reductora de gases efecto invernadero, se ha visto favorecida en su desarrollo, siendo una de las energías renovables no convencionales (ERNC) más exitosa. Mar adentro resultan mejores las condiciones para la generación eólica, ya que la rugosidad de la superficie es menor y no hay obstáculos que modifiquen los patrones de viento. Para finales de la década pasada, había 53 parques eólicos marinos europeos en Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Alemania, Irlanda, Países Bajos, Noruega, Suecia y el Reino Unido, con una capacidad instalada de 3,813 MW y 5,603 MW (4C offshore, 2015)

Este documento presenta una breve descripción de los principales componentes del desarrollo de la generación eólica marina, los aerogeneradores y subestaciones eléctricas más implementados en la industria.

La industria eólica marina ha estado en una constante búsqueda por mejorar el aprovechamiento del recurso eólico en altamar y su forma de transmitirlo a la red eléctrica; por un lado se han desarrollado diferentes tecnologías que permiten un mayor aprovechamiento del recurso en función de la velocidad del viento. Mientras que por otra parte se ha buscado la disminución de la pérdida de energía durante la recolección en altamar y la transmisión a la red troncal.

Díaz-Puerto Zarick Juliana, Ingeniera Ambiental de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Grupo de Investigación AQUAFORMAT, Área: Tecnologías apropiadas (e-mail: zjdiazp@correo.udistrital.edu.co)

Rodríguez-Miranda Juan Pablo, Docente de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Director Grupo de Investigación AQUAFORMAT, Área: Tecnologías apropiadas (e-mail: jprodriguez@udistrital.edu.co)

La implementación de estas tecnologías desarrolladas por la industria ha disminuido la emisión de gases efecto invernadero a la atmósfera, siendo entonces para algunos países una meta la implementación de energía limpia producida a partir de energía eólica offshore; un ejemplo de dicha meta es Estados Unidos quien con una potencia instalada de más de 400 MW offshore que suministran cerca del 3% de la demanda energética del país.

XI. WIND ENERGY CONVERSION SYSTEMS(WECS)

WECS son aquellos sistemas que transforman la energía cinética del flujo de viento en energía eléctrica a partir de básicamente 3 componentes: turbina eólica, generador eléctrico y convertidor de potencia. (Gobierno de México, 2015)

Su funcionamiento se basa en el movimiento del rotor transferido al eje principal a través de una caja multiplicadora que aumenta la velocidad del rotor hasta la velocidad de rotación de un generador, convirtiéndose así en energía eléctrica, la cual pasa por un transformador que eleva la tensión desde el nivel de generación hasta el nivel de la red eléctrica a la que se conecta. (Reyes, 2012)

La energía eléctrica se transmite por corriente alterna o directa, siendo la primera óptima para distancias cercanas a la costa (menor a 20km) y corriente directa para distancias mayores, debido a las bajas pérdidas que se presentan en éstas acotaciones. (Royal Haskoning , 2015)

Los WECS utilizan 5 diferentes tipos de aerogeneradores en la industria:

- a) Generador de inducción jaula de ardilla (JA)
- b) Generador de inducción jaula de ardilla compensado y acoplado a la red mediante transformador.
- c) Generador de inducción tipo RB compensado y acoplado a la red mediante transformador.
- d) Generador de inducción con convertidor de frecuencia acoplado a la red. (GRFC)
- e) Generador de inducción doblemente alimentado (DFIG)

A continuación, se hace énfasis en 2 de los aerogeneradores más usados en el mercado actualmente para parques eólicos mar adentro:

i) GENERATOR WITH FULLY RATED CONVERTER (GRFC)

Es una turbina eólica de velocidad variable, en la que el generador está conectado a la red a través de un convertidor de frecuencia por medio de HVDC. La presencia de éste convertidor implica pérdidas adicionales en la conversión de

energía las cuales se compensan con el rendimiento técnico añadido. Permite el control tanto de la potencia activa como la reactiva suministrada por el generador a la red y una conexión más suave a la misma. La gran mayoría de estas turbinas no poseen caja de cambios, donde entonces se utiliza un generador multipolar de accionamiento directo (Ackermann, 2012).

ii) DOUBLY FED INDUCTION GENERATOR (DFIG)

Es una turbina eólica de velocidad variable limitada con un convertidor de frecuencia a escala (aproximadamente 30% de la potencia nominal del generador) y un rotor bobinado (Ackermann, 2012). Esta configuración no requiere ni un arrancador suave ni un compensador de potencia reactiva, ya que el convertidor de frecuencia a escala es capaz de realizar tanto la compensación de la potencia reactiva como la conexión a la red. A su vez está conectada a un voltaje variable externo y frecuencia variable a través de anillos colectores (M. Godoy Simoes, 2006).

Usa el rotor con conexión a 2 convertidores de frecuencia interconectados (figura 2, inciso e) mientras el estator se conecta a la red a través de un enlace de corriente directa HVDC; donde el control de las turbinas se puede ejercer a través del estator (número de polos, tensión y frecuencia) o de las variables del rotor (resistencia de cálculo, diseño de reactancia y velocidad) (Caliao, 2011). Adicionalmente tiene un amplio control de la velocidad dinámica del viento y un rango de velocidad entre el 40% y el 30% del valor sincrónico. (Caliao, 2011); Así como posee un circuito de protección al convertidor del lado del rotor durante las perturbaciones de la red, evitando así daños al generador. Del mismo modo tiene una gran capacidad para controlar la potencia activa y reactiva, convirtiéndose en uno de los dispositivos más usados en el mercado de la industria eólica marina.

XII. SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA MARINA SYLWIN 1

SylWin1. Es la plataforma marina más importante del mundo, se encuentra interconectada a la red de transmisión eléctrica alemana-holandesa. Los aerogeneradores de los 3 parques eólicos offshore (DanTysk, Butendiek y Sanbak) se encuentran aproximadamente a 200 km de la costa, donde éstos son conectados a las sus respectivas subestaciones cada uno con una capacidad instalada de 288 MW. (Siemens, 2015) La corriente eléctrica es transmitida por las subestaciones mencionadas a SylWin1, plataforma convertidora que se encuentra a 70 km aproximadamente al oeste de la isla de Sylt. Se transmiten 864 MW a través 160km de cable submarino a la estación onshore BÜTTEL. (4C offshore, 2015), como se muestra en la figura 1. En condiciones de viento óptimas se transmiten hasta 320 Kv DC a través de SylWin1 a las estaciones de transmisión onshore. (4C offshore, 2015)



Fig 1. Ubicación de Sistema de Generación eólica SylWin1

Siemens ha sido pionero en la instalación de estas subestaciones, mencionando que gracias a la implementación de tecnología HVDC plus para transmitir corriente eléctrica las pérdidas de transmisión para cada conexión a la red son menores al 4%. (4C offshore, 2015).

XIII. CONCLUSIONES

Actualmente los parques eólicos offshore se encuentran ubicados principalmente en el continente europeo, con 81 proyectos relacionados a la producción eólica en altamar en 10 países, representando el 88% de las instalaciones eólicas marinas; mientras el 12% restante se encuentran en China, Japón, Korea del sur y Estados Unidos.

En total se encuentran instalados 14384 MW de potencia eólica offshore en 14 mercados a nivel mundial.

La mejora en tecnologías para la producción y transmisión de energía eólica marina ha permitido que el costo de producción por MWh se reduzca en un 40% aproximadamente, pasando de 72€/MWh a 54€/MWh.

El sistema de generación Sylwin1 satisface la demanda de energía de 1,5 millones de hogares alemanes. Mientras el 31% de la electricidad total consumida por el país es generado a partir de energías renovables.

XIV. REFERENCIAS

- 4C offshore. (Abril de 2015). *4COffshore.com*. Obtenido de <http://www.4coffshore.com/windfarms/siemens-passes-on-sylwin1-nid1701.html>
- Ackermann, T. (2012). Transmission Systems for Offshore Wind Power Plants and the European Supergrid Operation Strategy. En T. Ackermann, *Wind Power in Power Systems* (págs. 980-1050). United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Caliao, N. (2011). Dynamic modelling and control of fully rated converter wind turbines. *Renewable Energy*, 2287- 2297.
- Gobierno de México. (Abril de 2015). *Instituto Mexicano del petróleo - Glosario de términos*. Obtenido de <https://www.gob.mx/imp>
- M. Godoy Simoes, S. (2006). Induction Generators for Small Wind Energy. *IEEE Power Electronics Society Newsletter*, 19-23.
- Reyes, A. A. (29 de Febrero de 2012). Convertidor Multinivel en Cascada con Generador Multipolos para Aplicaciones eólicas. *TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS*. Cuernavaca, Morelos, México.

- Royal Haskoning . (Abril de 2015). *Transmission Infrastructure*. Obtenido de https://www.transmissioninfrastructure-offshoregen.co.uk/media/9360/Offshore_AC_substation_and_ACDC_converter_station.pdf
- Siemens. (20 de Abril de 2015). *Siemens Global Website*. Obtenido de <http://www.siemens.com/press/pool/de/feature/2013/energy/2013-08-x-win/factsheet-sylwin1-e.pdf>