

La integración de las energías híbridas eólica marina-solar en el sistema eléctrico.

Asignatura: Calidad del Suministro Eléctrico.

Profesor: Adrián Zafra Pérez.

Alumno/a: Raquel Muñoz Arias

Grado en Ingeniería Energética; Universidad de Huelva. Huelva, Spain.

Email: munozariasraquel@gmail.com

Las energías híbridas offshore.

Las fuentes de energías renovables son la solución a los problemas que provocan los combustibles fósiles y la energía nuclear. Las renovables son limpias e ilimitadas, se pueden usar como generación distribuida, en grandes centrales o incluso pueden utilizarse como complementarios con otras renovables, poniendo de ejemplo a la energía solar, según la ubicación, la irradiancia solar en verano va acompañada de una velocidad del viento baja, y en invierno se producen tasas de velocidad del viento igualmente altas, mientras que la irradiancia solar es baja, por lo que un sistema híbrido que consta de los dos significa un sistema más eficiente y también una producción de energía más suave que conduce a una utilización más efectiva de la energía.

Tanto los parques eólicos como los solares requieren mucho espacio y cantidades de viento y sol adecuadas, es difícil encontrar un sitio en la costa que tenga estas características sobre todo por la población. Esto nos da la idea de hacer uso de parques eólicos/solares marinos.

La generación eólica marina tiene un papel importante para la Unión Europea en la constante lucha contra el cambio climático (*REE 2021, abril*). Tanto es así que la Comisión Europa prevé la instalación de 300 GW de capacidad de esta tecnología para 2050 y así alcanzar los objetivos redactados en el Acuerdo de París. Por esta razón, la

iniciativa de TSO ¹ europeos es una demostración más del compromiso compartido de la fiabilidad e integración sostenible de la eólica marina.

De esta forma, Eurobar ² busca la implementación y desarrollo de una estrategia conjunta para la conexión y generación de nuevas instalaciones de eólica marina con la red de transporte europea y entre diferentes grupos. Así, esta nueva iniciativa aspira servir de apoyo a Europa y a sus TSO para la eficiente y segura conexión de parques eólicos marinos, con un esfuerzo para introducir mejoras y reducir el impacto, tanto de las redes de conexión en la red en tierra, como en la red marina.

Además, el proyecto pretende que se uniformen los interfaces de las futuras generaciones de tecnologías de conexión offshore, y así garantizar que todos los elementos eléctricos implicados estén preparados para integrarse en estas redes marinas. Los siete TSO (*REE 2021, abril*) encajan en que los avances pueden aplicarse paulatinamente cuando sean económicamente viables.

Nos apoyamos en la siguiente investigación, donde se ha analizado un aerogenerador monopile en el mar del Golfo Pérsico. También para su hibridación, se ha modelado una planta de energía solar flotante en la zona mencionada. La causa principal de combinar la plataforma solar con la turbina eólica es

¹ TSO: Los operadores europeos de sistemas de transmisión son entidades que operan de forma independiente y son responsables de la transmisión masiva de energía eléctrica en las principales redes eléctricas de alta tensión.

² Eurobar: iniciativa que tiene como objetivo apoyar a Europa y sus GRT en la conexión segura y eficiente de parques eólicos marinos esforzándose por la estandarización de interfaces y tecnología, reduciendo el impacto medioambiental e interconectando clústeres eólicos marinos.

disminuir el costo nivelado de la electricidad en una perspectiva a largo plazo.

En un diseño correcto según M.B.H.G., & M.S.B. (M.B.H.G., & M.S.B.2018, julio), la subestructura del aerogenerador monopile actúa como un amortiguador que extrae la energía de las olas incidentes (Figura 1) y, por lo tanto, mejora la estabilidad de la estructura flotante, lo que significa menos movimiento de la plataforma, lo cual, aumenta la potencia de salida.

Por otro lado, la plataforma solar produce energía eléctrica a parte del aerogenerador. Hay varias ventajas en combinar dispositivos de energía solar y eólica (con una correcta realización), como compartir los cables eléctricos submarinos, los costos de levantamiento y monitoreo, así como compartir el soporte de ambas estructuras, los cimientos, los sistemas de amarre y anclaje.



Figura 1: Estructura instalación híbrida. Modificación propia.

No obstante, las limitaciones técnicas y los riesgos son bastante distintos. En la revisión de los sistemas de energía en alta mar, una instalación de energía en una plataforma flotante debe soportar cargas ambientales marinas como las fuerzas de las olas, la humedad e incluso la corrosión del agua salada.

Dificultades y soluciones a los problemas Offshore en el sistema eléctrico.

Una de las primeras decisiones al realizar un parque de generación offshore será qué tipo de sistema de evacuación será el más adecuado para la instalación. Esta transferencia de potencia puede realizarse de tres formas:

- Corriente Alterna en Alta Tensión (High Voltage Alternate Current, HVAC)
- Corriente Continua en Alta Tensión con Convertidor Conmutador de Línea (High Voltage Direct Current with Line Commutated Converter, HVDC LCC)
- Corriente Continua en Alta Tensión con Convertidor Fuente de Tensión (High Voltage Direct Current with Voltage Source Converter, HVDC VSC)

Por lo tanto, la instalación podrá transportar la energía en corriente continua o alterna, esta decisión depende de varios factores, como la potencia que se transmite y la distancia hasta la costa o punto de conexión.

El transporte en continua como HVDC LCC y HVDC VSC tienen la característica de desacople en tensión y frecuencia del sistema offshore del onshore, no obstante, necesitan convertidores de electrónica de potencia en los dos extremos de la línea, tanto en tierra como en la planta. Estos componentes influyen en el coste y en la fiabilidad del sistema. Por otra parte, el transporte en corriente alterna HVAC, se ve limitado por los cables, principalmente por la distancia a transportar, que determina la potencia reactiva que requiera el cable, ya que en alterna aparece una corriente capacitiva. Este efecto se ve más claro en cables de gran longitud, donde la mayoría de la capacidad de transporte se consume por esta corriente reactiva o capacitiva. No obstante, esta corriente también induce pérdidas en el sistema por el calentamiento del cable, lo que hace que disminuya aún más la eficiencia del sistema.

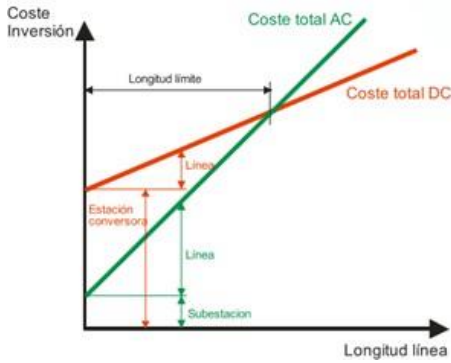


Figura 2: Comparación del coste de los sistemas HVAC y HVDC en función de la longitud de la línea de transporte. A. Moreno 2015.

En la Figura 2 se muestra una comparativa entre los dos sistemas de transporte en relación con los distintos costos de las instalaciones de HVDC y HVAC en función de la distancia. Se puede destacar que el coste de inversión para HVAC aumenta respecto al HVDC que al comienzo es superior, pero con la distancia crece suavemente respecto con la distancia. Se iguala el coste de los dos sistemas en una distancia de alrededor 90km.

El sistema HVAC es el más utilizado en las plantas eólicas offshore por la gran potencia y por la distancia.

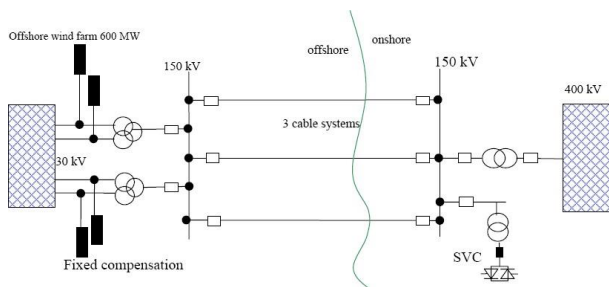


Figura 3: Esquema de conexión de un parque offshore con la solución de transmisión HVAC. (Lazaros P. Lazaridis)

En la figura 3 podemos ver un esquema de un sistema de HVAC, que se compone de:

- Subestación offshore, que consta de uno o varios transformadores de potencia donde se eleva la tensión de acuerdo con unos niveles
- Cable submarino trifásico, utilizado comúnmente el tripolar XLPE

-Subestación onshore, que también costa de uno o varios transformadores para así adecuar el nivel de tensión a necesaria para su transporte en tierra. Generalmente, la tensión en el lado de generación será de 15-33 kV, donde será necesario aumentar la tensión para el transporte adecuado. No obstante, si la tensión es suficientemente elevada y la distancia al litoral es corta, no será necesaria la subestación ni elementos de compensación.

El sistema HVDC LCC transporta la energía en corriente continua de alta tensión, que requiere como hemos explicado antes, unos convertidores electrónicos de potencia en los dos extremos. Los convertidores se emplean para realizar la conversión de alterna a continua y de ésta a alterna de nuevo. Este sistema de transporte se utiliza para largas distancias y para interconexiones entre redes de AC.

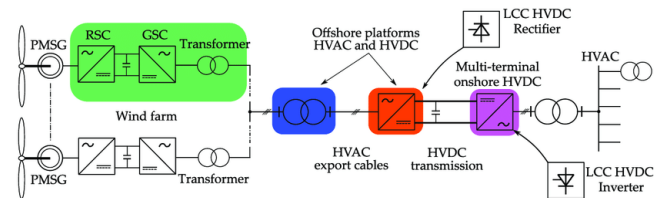


Figura 4: Esquema de conexión de un parque offshore con la solución de transmisión HVDC LCC. (Georgios Stamatiou)

En la figura 4 podemos ver el esquema HVDC LCC donde podemos ver los siguientes elementos:

- Filtros de AC y DC, que absorben los armónicos que generan los convertidores, así reducimos la inyección de los armónicos a red.
- Transformadores, necesarios en los dos lados de la línea, serán con conexión estrella y triángulo, para así eliminar armónicos, haciendo que los filtros sean menores.
- Convertidor de potencia LCC, que son componentes muy importantes en estos sistemas, y se basan en tiristores, necesitan potencia reactiva para su funcionamiento.

-Bancos de condensadores, para aportar reactiva hacia los tiristores.

-Reactancia alisadora, colocadas en serie e impiden la interrupción de la corriente por poca carga, es decir, limitan la corriente y también reducen armónicos.

-Cable de corriente continua y camino de vuelta.

-Auxiliar de energía, para aportar energía a los tiristores, dispositivos de protección, control y refrigeración.

Por tanto, es necesaria una subestación offshore que tenga el convertidor LCC y todos sus componentes, siendo esta subestación mucho más grande que la misma en HVAC.

En este caso las pérdidas de los convertidores son las más importantes, del orden de 1-2%, pero también los cables se incrementan con la distancia.

Los sistemas VSC tras el desarrollo de los transistores bipolares de puerta aislada IGBT, están empezando a tener más importancia para los últimos proyectos. Los IGBT de alta potencia hacen que puedan trabajar los convertidores en un rango donde se puede obtener una disminución de los armónicos respecto a HVDC LCC, no obstante, este sistema genera más pérdidas.

En la Figura 5 se ve la configuración de estos sistemas, en ellas se puede ver los siguientes componentes básicos:

-Transformadores, que elevan la tensión hasta un nivel necesario para la conversión en el dispositivo VSC.

-Convertidores HVDC VSC, donde se realiza la conversión AC/DC y DC/AC y se basan en los componentes IGBT que reducen los armónicos y el número de filtros. No obstante, esta conversión genera más pérdidas.

-Filtros AC y DC, utilizados para reducir los armónicos y mejorar el funcionamiento del convertidor.

-Condensadores de corriente continua que dan energía reactiva y mejora la señal de continua.

-Cable DC que estarán compuesto por un aislamiento de polímero extruido.

-Auxiliar de energía que aportará la energía que necesite los dispositivos de protección, refrigeración y control.

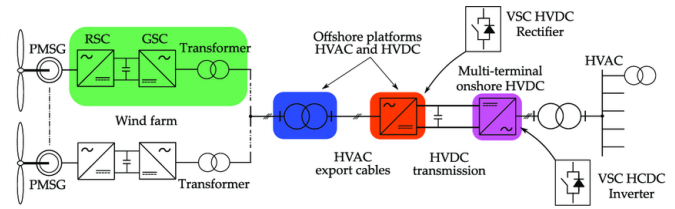


Figura 5: Esquema de conexión de un parque offshore con la solución de transmisión HVDCVSC. (Georgios Stamatiou)

En este tipo de estaciones se requieren dos subestaciones, una ubicada offshore y otra onshore, sin embargo, esta en comparación con la LCC son más compactas y su diseño más sencillo.

Las ventajas de este sistema son varias ya que controla de forma independiente la activa y la reactiva, por esta razón la estación offshore será capaz de controlar la potencia activa que inyecta y el aporte de energía reactiva del sistema de generación, y la estación onshore controlará la frecuencia y la tensión. Desacopla las redes para manipular mejor las faltas y variaciones de frecuencia. Y puede conectarse a redes de corriente alterna gracias a que puede modificar la potencia activa y reactiva.

Para elegir el tipo de conexión a implementar debemos saber a qué distancia de la costa nos situamos ya que es muy importante para calcular las pérdidas de energía reactiva, que eso como se ha explicado antes, por el alto precio de las subestaciones HVDC. No a todos los proyectos les ocurre, si están por entorno a los 100km de la costa pueden compensar la reactiva con éxito.

Por ejemplo, el parque eólico offshore Hornsea II (Hornsea II (2021)), consta de una potencia instalada de 1320MW y está situado a 89 km del litoral, vierte la energía

mediante una subestación offshore y compensa las pérdidas gracias a una plataforma auxiliar, así se optimiza el diseño y reducen el peso. Los cables en este tipo de instalación son muy importantes, utilizaron tres cables de exportación con 440MW de potencia cada uno. Estos cables se encargan de conectar la subestación offshore con el punto de importación en tierra, y para ello deben de ser de gran diámetro y longitud, esto hace que su instalación y transporte sea complicado. Los cables suponen una gran parte del presupuesto por lo que es muy importante el buen cálculo del tipo y el número de cables, esto depende de la potencia que se evacua y la tensión que va a transportar. Los cables de corriente alterna tienen limitaciones máximas de potencia alrededor de los 200MW cada cable trifásico, con una tensión de 150-170kV, y compensación de reactiva en los dos extremos del cable, con longitud máxima de 200km.

Al reducir a la mitad la distancia incrementamos el nivel de tensión hasta los 245 kV, de esta forma aumentamos la capacidad del cable a 350MW.

La Tabla 1 hace referencia a una comparación de cables de corriente alterna con cables bipolares de transmisión en continua. Para las pérdidas, las conexiones HVDC tienen una relación directa de poca proporción con la longitud del cable, y las LCC HVDC tienen mayor eficiencia que VSC HVDC. En la siguiente tabla (Tabla 2) vemos las distintas posibilidades de conexión en los sistemas de transmisión

	Soluciones de transmisión		
	HVAC	LCC HVDC	VSC HVDC
Capacidad máxima disponible por sistema	200MW a 150kV 350MW a 245kV	1200MW	500MW
Nivel de tensión	Más de 245kV	Más de 500kV	Más de 150kV
Dependencia de la capacidad sobre la distancia	Si	No	No
Pérdidas totales del sistema	Depende de la distancia	2-3%	4-6%
Capacidad para arrancar tras black-out	Si	Necesita equipos auxiliares	Si
Nivel de fallos	Altos	bajos	Bajos
Tamaño	Pequeñas	Grandes	Grandes

Tabla 2: Soluciones de transmisión. Modificación propia.

Vertidos Offshore y sus posibles soluciones

En España, según datos reunidos por el Centro Nacional de Energías Renovables, por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas y por Red Eléctrica de España, hay más de 25 GW eólicos instalados, con 1.203 parques eólicos instalados, más de 20.940 aerogeneradores y más de 62.800 palas.



Figura 5: Desmantelamiento de un aerogenerador. Residuos Profesional 2015.

Las palas en los parques offshore son las más modernas y pueden alcanzar los 120 metros, éstas están fabricadas a base de fibra de vidrio o carbono y resina, difíciles de separar entre sí. La estructura debe ser indeformable y duradera, con lo que, una vez que las aspas quedan obsoletas, se convierten en elementos no reutilizables y difícilmente degradables. Estas instalaciones están en crecimiento, sobre todo con los planes de repowering o aumento de la potencia de los bosques ya fabricados donde sustituyen los equipos antiguos por otros mayores, aumentando la longitud de las palas. Esta necesidad estima un número mayor de desechos, pero también debemos sumarle la necesidad de reemplazar las aspas dañadas por agresiones meteorológicas provocada especialmente por rayos, coches de pájaros y tensiones en el funcionamiento de rotación.

La normativa española tiene consideración a las palas eólicas como residuo no peligroso, ya que, una vez finalizada su vida útil, son productos inertes. Sin embargo, existen diferentes iniciativas europeas que estudian las posibilidades de reciclar las palas (pirolisis, plantas cementeras.). Pero hay un

problema fundamental, poca masa crítica para poder avanzar en el proceso.

Esta normativa nombrada se rige en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos contaminados, y la Lista Europea de Residuos, aprobada por la Decisión 2000/532/CE de la Comisión, de 3 de mayo, donde se habla de que sólo se consideran residuos las palas eólicas que se desechen o se vayan a desechar, no las que vayan a ser reparadas. Para los residuos que genere la instalación eólica durante su vida útil viene contemplado en la Declaración de Impacto Ambiental, aprobada por la Administración con competencias ambientales del lugar de la instalación del parque.

La empresa manchega Reciclalia (*Reciclalia Composite 2021*) se dedica al reciclaje de palas eólicas entre otros. Esta compañía goza de un sistema de trituración in situ de este tipo de infraestructuras, donde cortan las palas en el momento de la desmantelación para su mejor transporte, y tras eso reciclan la fibra de vidrio y carbono en cualquier estado, curado o no, preimpregnado o seco y elimina prácticamente el 100% de la resina de estos materiales. Reciclalia trabaja a la par con el fabricante de palas LM Wind Power (*LM WIND POWER a GE Renewable Energy business 2021*) y con empresas como EDPR (*EDP renewables. 2021*) entre otras.

También hay otras resoluciones de este problema en España, que es el caso del Proyecto Life Brio (*Reciclaje Mecánico 2021*), dirigido por Iberdrola, que investiga el reciclaje de las palas en conjunto con centros tecnológicos como Gaiker-IK4 (*Gaiker Member 2021*) y Tecnalia (*Conexi*) donde concluyeron que la incineración de las palas no es bueno para el medio ambiente, por consiguiente apostaron por un reciclaje basado en cortar y triturar las distintas partes de la pala (electroimanes, sistema de cifrado, líneas de separación automática). Como resultado de las pruebas con palas obtuvieron que se puede reutilizar estos vertidos para otras industrias como la cementera o la construcción.

Por otro lado, Vestas (*AEE (2021)*) de origen danés, es un fabricante de aerogeneradores que tiene en marcha iniciativas para la gestión de las palas después del desmantelamiento, incluyendo el reciclaje de los compuestos de fibra de vidrio o la recuperación de piezas de plástico.

El organismo de reciclaje de paneles financiado por la UE, PV Cycle (*PV CYCLE (2021)*) asociación sin ánimo de lucro muy relevante en este sector, ofrece soluciones a los residuos a nivel global. PV Cycle comenzó en España en 2013 firmando un acuerdo con Recyclia, otra empresa fundamental del reciclaje fotovoltaico ha pronosticado que en 2030 los vertidos de módulos solares podrán alcanzar las 50000 toneladas.

Los fabricantes de estos paneles solares están obligados por ley a cumplir los requisitos específicos y normas de reciclaje para que los paneles no sean perjudiciales para el medio ambiente. Mediante el cumplimiento de la Directiva Europea WEEE (*European Commission WEEE (2021)*), comenzaron a surgir tecnologías realmente factibles para reciclar paneles solares. El reglamento de la Unión Europea obliga la recogida del 85% de los materiales utilizados en los paneles y reciclar el 80%. Cabe decir que la recuperación de un módulo fotovoltaico basado en silicio cristalino ya supera el 94.5% de la tasa de recuperación, la planta industrial que permite esto se encuentra en Rousset, Francia, donde los paneles son cortados y prensados después de haber retirado el marco, los cables y la caja de conexión.

Los materiales no reciclados son principalmente polvo que entra en los filtros después de la trituración. El polvo puede ser incinerado o sustituido de arena en la construcción y el filtro se recicla. Los residuos de paneles solares están compuestos por elementos tóxicos que podrían filtrarse al suelo o agua si los paneles no se eliminan correctamente como puede ser el cadmio, el plomo y el antimonio.

En otros países como Australia entra en acción este año la primera planta de reciclaje de paneles solares,

Lotus Energy (*Lotus Energy (2021)*) que afirma el aprovechamiento del 100% de los módulos solares al final de su vida útil sin utilizar productos químicos.

La especialización en el reciclaje de cables submarinos al final de su vida útil viene dada con la empresa K2 Polymers (*Polymers Decommissioned Subsea Cable Recycling 2021*).



Figura 6: Cables submarinos. Polimeros 2021.

En general estos cables y líneas de flujo constan de muchas capas de material integradas, y cada una están diseñadas para resistir la presión de las profundidades submarinas, el cambio de temperatura y el tiempo de uso. Al final de su vida útil estos residuos no pueden reutilizarse para el mismo propósito, por lo que normalmente se destinarían a vertederos o se dejarían en el lecho marino. En K2 Polymers proporcionan soluciones para que las empresas se comprometan a las mejoras ambientales y recuperen el 100% de los desechos de los cables submarinos.

El proceso que se lleva a cabo permite reciclar por completo estos residuos industriales, y así devolverlos a cadenas de suministro de materiales de fabricación más convencionales.

Estado del arte

Si seguimos hablando de cables, una novedad muy importante que hay en este ámbito es la realización de un cable submarino que conectará un completo

eólico-solar de 10,5 GW en Marruecos con la red de Reino Unido.

La empresa Xlinks (*Xlink R. (2021)*) de origen británico, planea conectar al Reino Unido y Marruecos mediante un cable submarino de transmisión de electricidad con una longitud de 3800km.



Figura 6: Cables submarinos. Olhar Digital.

El complejo al que va a estar conectado este enorme cable será con una planta de 10,5GW renovables en Marruecos, produciendo energía eólica y solar. La instalación en Marruecos constará también de una unidad de almacenamiento de 5GM/20GWh, esta energía será comprada por el Reino Unido mediante el cable de corriente continua de alto voltaje HVDC con 3,6 GW conectado a las provincias de Gales y Devon en Reino Unido.

Este proyecto tiene como expectativas producir 7GW de energía solar y 3,5 GW de eólica. La empresa tiene previsto convocar a tres grandes fabricantes europeos para la construcción de la instalación de transmisión, cuando esté terminado, el proyecto suministrará 26TWh de energía al Reino Unido cada año. “Se espera que el proyecto genere el 7,5% de la demanda de electricidad del Reino Unido y contribuya de forma significativa a los objetivos de cero emisiones netas”, afirmó Morrish³ (*Conexión Marruecos y Reino Unido. (2021).*).

Iberdrola ha acelerado las inversiones eólicas marinas y aspira alcanzar 12000MW operativos

³ Simon Morrish: director general de la empresa Xlinks.

en 2030 (Figura 7). El pasado 17 de marzo esta eléctrica acordó con Cosmo Eco Power (Cosmo (2021)) y la empresa de ingeniería Hitz el desarrollo del proyecto eólico marino Seihoku-oki (6000MW), mientras que otra promotora japonesa, Acacia Renewables, operará con 3300MW de eólica marina en el sur del país. La empresa también está desarrollando el proyecto mayor construido de eólica marina en Brasil, desarrollando 9000MW.

La empresa tiene planes de eólica marina por todo el mundo, en Dinamarca el consorcio formado por Total y Iberdrola ha sido seleccionado para la fase de subasta en un proyecto eólico marino de 1GW, en Francia el proyecto Saint Brieuc que consta de 496 MW está realizando obras desde el 4 de mayo, en Irlanda anunció un acuerdo con Energy para las próximas subastas de capacidad eólica marina para su participación en proyectos, en Alemania el proyecto Baltic Eagle de 476MW cierra el proceso de contratos de fabricación e instalación.

California también ha destinado 912 millones de dólares para progresar más rápido con el objetivo de energía limpia, es más el año pasado desplegó dos boyas de investigación eólica marina frente a su costa como parte de su investigación para la recopilación de datos para respaldar las decisiones sobre la instalación del potencial. Las boyas por parte del Laboratorio Nacional del Noreste del Pacífico (PNNL) (PNNL(2021)).



Figura 7: Planes eólica marina en Iberdrola. Iberdrola 2021

Si hablamos de España, podemos destacar una gran empresa EnerOcean, empresa especializada en energías marinas, con sede en Las Palmas de Gran Canarias y en Málaga, desarrollando el proyecto W2Power, costa de dos aerogeneradores inclinados para desacoplar el tamaño de la plataforma del diámetro de las turbinas. Estas turbinas cuentan con un sistema de orientación pasivo a la dirección del viento que hace que no sea necesaria el sistema de orientación en las turbinas.



Figura 8: W2Power. W2Power(2021).

A través de innovaciones, Energy Observer (The Odyssey (2021)) explora soluciones para acelerar la transición ecológica, éste es un barco propulsado por hidrógeno y energías renovables, cuenta con una plataforma de 202 m² cubierta de paneles, la energía que se genera se almacena en baterías de ion-litio. En la cubierta están instaladas dos velas Oceanwings de alas verticales de 12 m, cada una tiene una superficie de 31.5m² pudiéndose girar 360°, todo este funcionamiento se realiza mediante un ordenador, controlándolas para ajustarlas dependiendo del viento.



Figura 9: Energy Observer. Energy Observer 2021.

El barco una vez en movimiento gracias a las palas, gira una hélice hidrogenadora conectada al motor eléctrico convirtiéndolo en una turbina generadora, su energía es almacenada en las mismas baterías que las placas fotovoltaicas. Utilizan esta energía almacenada para realizar la electrólisis, separando el oxígeno y el hidrogeno del agua del mar, para así purificarla y poder beber, también se emplea para alimentar al motor eléctrico una vez que el viento se calme.

Conclusiones

En este artículo se habla en primer lugar de una sobre la generación eólica y solar, su gran compatibilidad y su excelente eficiencia en el mar (offshore), tanto es así que la Unión Europea defiende la generación marina a favor de una lucha contra el cambio climático. Apoyándonos en la investigación del Golfo Pérsico, donde hay un modelo híbrido que combina la energía solar, eólica y mareomotriz offshore que se especifica las distintas partes y las limitaciones.

En las instalaciones, tanto híbridas como eólica únicamente, offshore, las dificultades de cara al sistema eléctrico son las pérdidas y el complejo circuito que se ha de instalar, que podrán ser de HVAC, HVDC LCC y HVDC VSC, en las que hemos aclarado que estas dos últimas pueden desacoplarse y acoplarse en tensión y frecuencia del sistema offshore del onshore, con la necesidad de convertidores, mientras que la HVAC únicamente se ve limitado por los cables y su longitud. Hemos profundizado en cómo se conecta del offshore al onshore en las tres posibilidades nombradas anteriormente. Para aclarar, hemos propuesto un ejemplo sobre el parque eólico offshore Hornsea. Los vertidos de estas instalaciones híbridas son un punto muy importante sobre estas energías renovables, ya que hay que reciclar las aspas de los aerogeneradores que tienen en gran parte fibra de vidrio, haciendo un gran impedimento su reciclaje. En conclusión, las energías renovables son una fuente inagotable de energía con poco o nulo impacto ambiental. Por lo que las energías

renovables son un elemento esencial en la energía sostenible.

Referencias

M.B.H.G., & M.S.B. (2018, julio). Feasibility Study of Hybrid Offshore Wind Turbine with Solar Platform in Persian Gulf.

Siete TSO se asocian para impulsar la integración segura y eficiente de eólica marina en la red eléctrica europea. (2021, abril). REE. <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/2021/04/siete-tso-se-asocian-para-impulsar-la-integracion-segura-y-eficiente-eolica-marina-red-electrica-europea>

HORNSEA II. (2021). Energías renovables. <https://www.energias-renovables.com/eolica/reino-unido-da-luz-verde-a-la-20210102>

Reciclalia. (2021). Reciclalia. <https://reciclaliacomposite.com/>

LM WIND POWER. (2021). LM WIND POWER a GE Renewable Energy business. <https://www.lmwindpower.com/>

EDP renewables. (2021). EDP RENEWABLES. <https://www.edpr.com/es>

RECICLAJE MECÁNICO DE PALAS DE AEROGENERADORES. (2021). IBERDROLA. <http://www.lifebrio.eu/index.php/es/>

Gaiker Member of basque research and technology alliance. (2021). GAIKER. <http://www.gaiker.es/default.aspx>

Member of basque research and technology Alliance (2021). Tecnalía. <https://www.tecnalia.com/>

- Conexión Marruecos y Reino Unido. (2021). Pvmagazine. <https://www.pvmagazine.es/2021/04/22/un-cable-submarino-conectara-un-complejo-eolico-solar-de-105-gw-en-marruecos-con-la-red-de-reino-unido/>
- Offshore California (2021). OffshoreWind.biz. <https://www.offshorewind.biz/2021/05/17/california-earmarks-offshore-wind-green-hydrogen-money-in-new-budget/>
- La Odyssey (2020) Energy Observer. <https://www.energy-observer.org/innovations/energy-balance-2020> (mapa para presentación)
- Polymers (2021). Decommissioned Subsea Cable Recycling and Preprocessing Specialists <https://k2polymers.com/>
- AEE (2021).Asociación Empresarial Eólica S.A.U. <https://www.aeeolica.org/sobre-ae/socios/socio/item/132-vestas-eolica-sau>
- PV CYCLE (2021) <http://www.pvcycle.org/organisation/about/>
- European Commission WEEE (2021), "Waste from Electrical and Electronic Equipment". <https://ec.europa.eu/environment/topics/waste->
- Lotus Energy (2021), "Power is charging hands, Welcome to the future". <https://www.lotusenergy.io/>
- Xlink (2021) Cables y conectores. <https://www.lotusenergy.io/>
- Cosmo (2021), "Cosmo Eco Power" <https://cosmo.eco-power.co.jp/en/>
- PNN (2021), "Pacific Northwest national laboratory) <https://www.pnnl.gov/>
- The Odyssey (2021), "Energy Observer" <https://www.energy-observer.org/>
- Lazaros P.Lazaridis (2005), "Economic Comparasion of HVAC and HVDC"
- Georgio Stamatiou (2010), Techno-Economical Analysis of DC Collection Grid for Offshore Wind Parks
- Interconexión Eléctrica Península-Baleares en HVDC, Anales de Mecánica y Electricidad, Noviembre-Diciembre, 2007
- A. Carlson, "Specific requirements on HVDC converter transformers. ", ABB Transformers AB, 1996.
- A. Muñoz, "Sistemas de transmisión de corriente continua en alta tensión, HVDC", Aplicaciones industriales de la electrónica de potencia 2015.
- Residuos Profesionales "Avanzando en el reciclaje de palas eólicas" 2015.
- Polimeros "Reciclaje de cables submarinos" Elevadores, líneas de flujo y umbilicales 2021.