

EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

**MÁSTER EXECUTIVE ENERGÍAS RENOVABLES Y MERCADO
ENERGÉTICO**

**UTILIZACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ALMACENAMIENTO DE
ENERGÍA PARA SUAVIZAR LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA
UNDIMOTRIZ EN LAS ISLAS CANARIAS**

RESUMEN EJECUTIVO

Realizado por:
Belén Amunátegui Vallejo
Alejandro Peña Méndez
Jesús Seco Rubio

Tutora:
Isabel Villalba Cabrera

Resumen ejecutivo

La característica singular y más desafiante de la energía generada a partir de olas usando generadores lineales es la diferencia entre la potencia instantánea generada cuando una ola incide en el mismo y la potencia media generada a lo largo del tiempo. Los efectos de esto son dobles; en primer lugar, aumenta el coste del sistema como resultado del sobredimensionamiento del generador respecto a la potencia media de entrega y, en segundo lugar, las fluctuaciones de potencia entregada a la red son demasiado grandes haciendo que sean perjudiciales para la misma.

Los supercondensadores y las baterías se están planteando actualmente como solución a estos problemas y en este proyecto se han evaluado desde un punto de vista técnico y económico dos soluciones: un sistema formado sólo por supercondensadores y un sistema híbrido formado por baterías y supercondensadores.

El análisis técnico se ha realizado utilizando un modelo de Matlab/Simulink para un único WEC de potencia nominal 200 kW y se ha evaluado la idoneidad de las soluciones para cumplir dos objetivos: i) disminuir las oscilaciones de la potencia entregada a la red eléctrica (Pgrid) y su valor máximo y ii) aumentar el % de energía entregada a la red cuando existe un control de rampas (variación máxima igual a 10%Pgrid/min). Los resultados de la Tabla 1 muestran que, si bien añadir supercondensadores es positivo, las baterías no tienen ningún beneficio adicional.

Tabla 1: Resumen del análisis técnico respecto a los objetivos marcados

	Sin almacenamiento	Sólo supercondensadores	Híbrido	
Variación de la potencia inyectada a la red (kW)	111,05	56,07	56	kW
Energía total	2,79	2,79	2,79	kWh
Energía entregada	1,24	2,08	2,15	kWh
Energía no entregada	1,56	0,67	0,64	kWh
% energía entregada	44%	76%	77%	

La potencia instalada y el uso que se le da a los sistemas de almacenamiento en cada caso (Tabla 2) confirman el resultado anterior.

Tabla 2: Potencia y uso de los sistemas de almacenamiento en ambos casos

	Sólo supercondensadores	Híbrido	
Potencia supercondensadores	80	80	kW
Potencia baterías	-	14,12	kW
nº ciclos supercondensadores en 1000 segundos	500	250	
nº ciclos supercondensadores en 1000 segundos	-	500	

El análisis económico se ha realizado para un parque de 10 MW formado por 50 WECs para los dos escenarios, sin y con sistema de almacenamiento. El primer paso de este análisis ha sido definir el layout del parque y su diseño eléctrico, y junto con los resultados de las simulaciones realizadas con Matlab/Simulink obtener todos los datos de entrada para el dimensionado de uno de los principales elementos eléctricos, como son los cables submarinos, y finalmente poder calcular el CAPEX de estos.

Del análisis técnico con Matlab/Simulink se obtuvieron las potencias máximas para los casos de estudio (en Tabla 1), partiendo de las mismas para el diseño de los cables submarinos se emplearon como potencias de diseño; 200 kW (sistema sin almacenamiento) y 100 kW (sistema con almacenamiento), diferencia debida a que al introducir en cada WEC el sistema de almacenamiento los picos de potencia se reducen. Tras comparar los resultados obtenidos para los dos casos, a nivel del diseño del cable submarino, las principales conclusiones son que al añadir el sistema de almacenamiento:

- Se reducen las secciones de los cables.
- Se reducen las pérdidas.
- Como consecuencia de los 2 puntos anteriores, se disminuye el coste total del cable submarino.

Después, partiendo de los datos del prototipo W1 de la empresa Wedge Global y de datos bibliográficos, se ha estimado el CAPEX y el OPEX del parque completo para una vida útil de 25 años. Se ha prestado especial atención al impacto que tienen los sistemas de almacenamiento sobre el OPEX, ya que el número de ciclos realizados es muy alto y, por lo tanto, su impacto en la vida útil es grande. Además, se ha calculado el LCoE (Levelized Cost of Electricity) para cada uno de los casos teniendo en cuenta la energía entregada a la red en cada caso. Estos resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Resumen del análisis económico

	Sin almacenamiento	Sólo supercondensadores	Híbrido	
CAPEX	89.120.138	77.318.498	78.255.270	€
OPEX	4.960.000	4.992.107	6.929.146	€/año
LCOE	6.513	3.724	4.607	€/MWh

Por último, se quiere indicar que- aunque el uso de supercondensadores mejora notablemente el LCoE del sistema - se está usando un sistema de almacenamiento de gran potencia (y, por lo tanto, muy costoso) para almacenar muy poca energía.

Para concluir, se enumeran a continuación las principales conclusiones:

- Los supercondensadores aportan las siguientes mejoras respecto al sistema sin almacenamiento: aumentan la energía entregada a la red (76% frente al 44%), disminuyen la potencia máxima de la señal que sale de cada WEC (56 kW frente a 111 kW) y, por tanto, permiten disminuir el tamaño de ciertos equipos eléctricos (y así su coste).
- Las baterías no aportan valor al sistema: encarecen el coste y no suponen ninguna mejora respecto al sistema de sólo supercondensadores.
- El LCoE baja desde 6.513 €/MWh del sistema sin almacenamiento hasta 3.724 €/MWh del sistema con supercondensadores.

Por último, se quiere indicar que, aunque el uso de supercondensadores mejora notablemente el LCoE del sistema, sería conveniente investigar otros sistemas para reducir las oscilaciones que de forma más efectiva y económica. Se plantea como línea de investigación futura el diseño de un filtro que “filtre” la señal de generación cuando la velocidad o la pendiente es superior a un determinado valor en W/s. De esta forma, se reduciría la potencia máxima perdiendo sólo un % pequeño de la energía generada y se reducirían mucho los costes de la parte eléctrica sin necesidad de utilizar sistemas de almacenamiento.