

PROYECTO INTERDISCIPLINARIO ENERGÍAS RENOVABLES INGLES TÉCNICO NIVEL II

MECANISMO "WEC"

CONVERTIR LA ENERGÍA DE LAS ONDAS EN ENERGÍA ELÉCTRICA

WAVESTAR ENERGY

ESTUDIANTES:

MARINO, MATÍAS

PEREZ, RODRIGO

AÑO: 2017

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, FRBA.



CONTENIDO

Introducción.....	3
Desarrollo	3
Funcionamiento	7
Supervivencia en el mar	8
Protección contra tormentas	8
Actualidad y futuro.....	9
Diseño premiado	9
Visión a futuro	9
Conclusión	11
Bibliografía.....	11

INTRODUCCIÓN

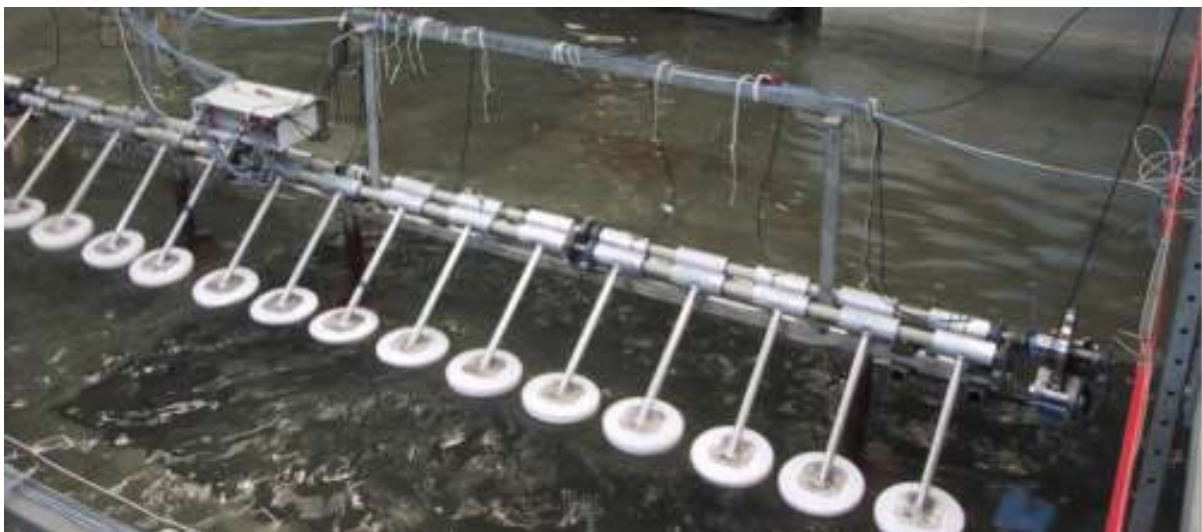
En el trabajo realizado abordaremos el desarrollo de un proyecto de generación de energía undi-motriz llamado WaveStar. Dicha energía se obtiene del movimiento de las olas, es una energía limpia y ciento por ciento renovable. Según los ingenieros de este proyecto, el WaveStar es una de las máquinas de generación de energía undi-motriz más avanzada que existe en la actualidad.

DESARROLLO

Wavestar es un proyecto creado en Dinamarca por los hermanos Niels y Keld Hansen en el año 2000. Se trata de una máquina capaz de generar energía eléctrica a través de las olas del océano. La misma cuenta con una fila de boyas sumergidas hasta la mitad, que suben y bajan con el paso de las olas; esto genera energía en forma continua a pesar de que el movimiento de la olas sea periódico; la máquina cuenta con un sistema de protección contra tormentas patentado (fundamental para su funcionamiento continuo). La energía undimotriz jugará un rol importante en la obtención de energía en el futuro, pero sólo sobrevivirán las máquinas capaces de resistir grandes tormentas.

En el año 2004 el proyecto iniciado en el 2000 por los hermanos Hansen se puso en marcha, y se construyó un prototipo del "WaveStar" en la Universidad de Aalborg en Dinamarca. El prototipo instalado en un tanque emulador de olas tenía como propósito fundamental documentar la energía eléctrica que produciría la máquina instalada en el océano, realizar pruebas de funcionamiento y resolver cuestiones técnicas para optimizar el modelo.

Prototipo en la universidad de Aalborg



Prototipo instalado en la Universidad de Aalborg.

Luego de realizar alrededor de 1300 pruebas en el prototipo, en el año 2005 se instaló un modelo real del WaveStar en las costas de Dinamarca.



El segundo modelo instalado en las costas de Dinamarca fue en el año 2009, un modelo pensado para producir 600 KW de electricidad.

Luego de esto, en el año 2010, los hermanos Hansen se asociaron con la empresa EnergiNet, de esta forma el proyecto lo conforma la empresa fundada por los hermanos Hansen "WaveStar", la empresa EnergiNet y como asociada está la Universidad de Aalborg.

En Julio de 2010 se creó un contrato entre WaveStar y EnergiNet.dk con el título de proyecto "Producción de energía en los sistemas de prueba de Roshage (WSE-02)", proyecto n. 2009-1-10305. El objetivo del mismo fue documentar que el convertidor de energía de olas Wavestar, en Roshage, fuera capaz de entregar la potencia esperada de acuerdo con el clima real de las olas. El proyecto forma parte del llamado programa ForskVE, y se completa con la Universidad de Aalborg como socio. Desde el 1 de mayo de 2010 WaveStar ha estado midiendo las ondas en el lugar y la potencia producida por el prototipo de Wavestar. Cada mes se envía a EnergiNet.dk un informe y un archivo de datos que contiene las mediciones para su control.

Las ondas y la producción de energía se miden directamente a bordo del prototipo Wavestar. Un sensor de ondas ultrasónicas proporciona grabaciones en la ubicación exacta del dispositivo. En la figura siguiente se muestran las diferentes etapas de conversión de potencia.

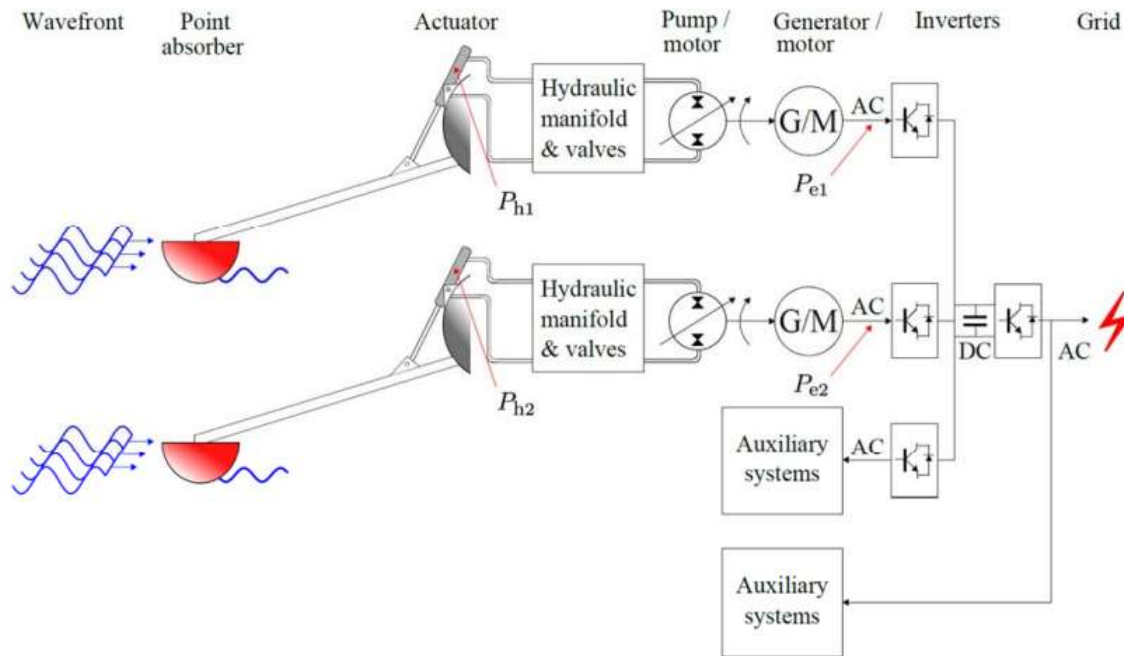


Figure 1: Overview of energy conversion stages of Wavestar's prototype in Hanstholm. The hydraulic power P_h [W] is measured at the hydraulic actuator (pressure across the cylinder multiplied by the flow in the cylinder). The electrical power P_e [W] is measured at the output of the generator (voltage multiplied by current).

Dos definiciones son importantes en el informe:

-Potencia hidráulica, P_h [W]: La potencia hidráulica se mide en el actuador hidráulico, calculada multiplicando la presión a través del cilindro y el flujo en el cilindro. La potencia hidráulica del prototipo es la suma de la potencia hidráulica de ambos flotadores, $P_h = P_{h1} + P_{h2}$. La energía hidráulica, denominada E_h , es la integración de la potencia hidráulica instantánea en el tiempo.

-Potencia eléctrica, P_e [W]: La potencia eléctrica se mide a la salida del generador, calculada multiplicando la tensión y la corriente. La potencia eléctrica del prototipo es la suma de la potencia eléctrica de ambos flotadores, $P_e = P_{e1} + P_{e2}$. La energía eléctrica, denominada E_e , es la integración de la energía eléctrica instantánea en el tiempo.

El proyecto se dividió en dos fases:

Fase 1, mayo de 2010 a septiembre de 2011: El objetivo era demostrar que la potencia hidráulica era superior a una curva de rendimiento de potencia objetivo especificada. La Fase 1 se terminó en septiembre de 2011, donde 14754 registros válidos de diez minutos con una producción de energía superior a las especificaciones fueron registrados, documentados y aprobados por EnergiNet.dk.

Fase 2, de octubre de 2012 a diciembre de 2012 (tres meses): Acá se hizo hincapié en la energía eléctrica. Se documentó la capacidad de la máquina para entregar al menos 14,0 [MWh eléctricos] en un período de tres meses. La fase se completó cuando la máquina estaba lista para el funcionamiento automático continuo no tripulado.

En éste documento se presentarán las mediciones de potencia tanto de la fase 1 como de la fase 2.

Las tablas 1 y 2 resumen los resultados medidos. La energía eléctrica total producida por los dos generadores fue de 52,9 [MWh] en el período de mayo de 2010 a diciembre de 2012. Sin embargo, la mayor cantidad de energía por mes se produjo durante los tres meses en la fase 2, siendo 15,6 [MWh]. En la fase 1, la energía hidráulica absorbida era alta, pero la electricidad producida y el tiempo de operación eran bajos. Sin embargo, en la fase 2 el tiempo de operación y la eficiencia de la PTO fueron altos, lo que resultó en una alta producción de energía eléctrica. Los detalles sobre las mediciones de la producción de energía durante la fase 1 se dan en la Sección 3, y los resultados de la fase 2 se dan en la Sección 4.

Period	Hydraulic energy [MWh]	Electrical energy [MWh]	PTO efficiency [%]
May-10 to Sep-11 (phase 1)	51.6	6.9	13.3
Oct-11 to Sep-12	52.8	30.4	57.6
Oct-12 to Dec-12 (phase 2)	26.0	15.6	60.1
May-10 to Dec-12	130.4	52.9	-

Table 1: Summary of the measured energy production in the whole period covering phase 1 and phase 2.

Period	Operational time (%)	Production (%)
May-10 to Sep-11 (phase 1)	47.8	63.6
Oct-11 to Sep-12	66.7	64.3
Oct-12 to Dec-12 (phase 2)	99.4	82.3
May-10 to Dec-12	59.7	65.8

Table 2: Summary of the measured energy production in the whole period covering phase 1 and phase 2.

El objetivo de la fase 2 era producir al menos 14,0 [MWh eléctricos] en el período de tres meses. Durante el período de tres meses comprendido entre octubre de 2012 y diciembre de 2012, el manifestante de Wavestar produjo 15,6 [MWh], lo que supera las expectativas para el rendimiento energético. La producción objetivo se calculó utilizando datos de olas históricas medidos por un surfista de aguas profundas en alta mar Hanstholm. Sin embargo, las ondas reales medidas en el agua poco profunda en la ubicación de Wavestar son considerablemente más pequeñas. A pesar de ésto, la meta fue superada significativamente. La razón fue que el tiempo operativo y de producción superaban las expectativas. El tiempo medio de operación durante la fase 2 fue de 99.4 [%] y el convertidor produjo electricidad a la red en 82.3 [%] de este tiempo, ver Tabla 2.

Se ha desarrollado un modelo numérico para hacer estimaciones de potencia y energía del convertidor Wavestar dependiendo de la configuración física (por ejemplo, el número de flotadores) y el clima de las olas en una ubicación específica. Los resultados muestran una producción esperada de la máquina de Roshage de 46 [MWh / año], que corresponde a $46/4 = 11,5$ [MWh] en un período de tres meses (tomando tres meses como un trimestre medio de un año). Las estimaciones para el Roseco WEC utilizando el modelo numérico se proporcionan en la columna derecha de la Tabla 3. Se ve que la energía eléctrica medida de 15,6 [MWh] fue algo mayor que la estimación del modelo. La potencia máxima medida fue de 32,4 [kW], que se registró cuando la altura significativa de las olas fue de 2,6 [m]. La estimación del modelo proporcionó una potencia máxima de 38 [kW], que es superior al máximo medido. El rendimiento de potencia medido en ondas altas muestra una propagación grande con una tendencia general inferior a la estimación del modelo. Debido a la

baja profundidad del agua en el lugar las olas son empujadas y se rompen cuando la altura significativa de las olas es mayor que aproximadamente 2.0 [m]. Tales ondas no son ideales para el rendimiento de potencia y la desviación entre la estimación del modelo y la potencia medida alcanzada puede explicarse por la influencia de las olas pronunciadas y de rotura.

Parameter	Measured at Roshage WEC	Estimated by WEC model
Total electrical energy produced: E_e [MWh]	15.6	11.5
Max. generated electrical power: max. P_e [kW]	32.4	38

Table 3: Comparison of measured and estimated electrical energy and maximum power in phase 2.



FUNCIONAMIENTO

La máquina está equipada con un número de boyas que con el movimiento de las olas activan bombas hidráulicas, éstas mueven aceite en un sistema de transmisión común y la presión impulsa el movimiento de un motor hidráulico. El movimiento del generador activa el motor eléctrico.



SUPERVIVENCIA EN EL MAR

La supervivencia en el mar es un gran problema para los dispositivos undi-motrices. Pero a diferencia de cualquier otro concepto de energía de las olas, en Wavestar está garantizada, y el concepto ha sido probado durante muchos años de operación continua en el mar. Puede continuar la producción en fuertes vientos y olas, automáticamente levanta los flotadores fuera del mar cuando las condiciones se vuelven demasiado tormentosas. En el modelo a escala real éste es 20 metros por encima de la superficie.

Este es un hito en la energía undi-motriz, ya que el poder del océano es un gran obstáculo para la producción de energía de las olas. El concepto, en particular la acción de mover las boyas fuera del agua para bloquearlas en modo de protección contra tormentas, está protegido por una serie de patentes.

PROTECCIÓN CONTRA TORMENTAS



Luego de años de pruebas exitosas del Wavestar en los océanos de Dinamarca; el objetivo a futuro es diseñar un modelo de máquina a escala para producir 1 MW de energía comercial. Por este motivo, Wavestar solicitó apoyo económico para encarar el proyecto en el "Programa de Proyectos e Innovaciones Tecnológicas" de la Unión Europea llamado "Horizon 2020". Este programa financia proyectos de energías renovables a futuro; en este nuevo proyecto están asociadas las Universidades STX, IFP EN, DNV, Aalborg, Gent y Cantabria.

DISEÑO PREMIADO

La eficiencia de la máquina Wavestar se está incrementando continuamente. El diseño se modificó recientemente para reducir el costo en un 40 por ciento, mientras que la capacidad de recolección de energía y otros aspectos de la máquina se están mejorando constantemente para una mejor eficiencia. La máquina Wavestar es menos visible y más silenciosa que las turbinas de viento, y también tiene un impacto positivo en la vida silvestre debajo de la máquina, creando un santuario realzado por los límites de la pesca cercana.

El perfil estético de la máquina ganó un prestigioso Premio en la Bienal de Artesanía y Diseño en 2009. La máquina fue nominada para el "diseño original y llamativo de una máquina undimotriz, que en una sola imagen simboliza y aclara el enorme potencial de este recurso de energía renovable... la máquina de energía undimotriz constituye una contrapartida hermosa a la expresión clara del molino de viento moderno. "

VISIÓN A FUTURO

El prototipo Wavestar en Hanstholm es una prueba ideal WEC para el desarrollo del concepto de Wavestar. Hasta ahora el prototipo ha demostrado ser valioso en la validación del diseño y basado en las experiencias se están incorporando varias modificaciones al diseño original en el diseño de futuros WEC comerciales. Construir, instalar y operar el prototipo ha proporcionado una oportunidad única para corregir los errores de diseño, que para el prototipo fue de menor importancia, pero para un convertidor completo podría haber sido un tapón. Se han logrado importantes logros, siendo el último la mejora del tiempo de producción junto con un aumento sustancial de la energía eléctrica producida en la fase 2 en comparación con la fase 1. Para garantizar la continuidad de Wavestar hacia un WEC comercial, se han discutido una serie de actividades que se enumeran a continuación que podrían llevarse a cabo en el futuro.

FUNCIONAMIENTO AUTÓNOMO DE WEC

Dado que el WEC comercial debe ser capaz de operar con una mínima intervención humana, sería relevante aumentar aún más el grado de autonomía del prototipo de Wavestar.

ACTUALIZAR A PTO DE ALTA EFICIENCIA

Una vez que las nuevas PTOs de alto rendimiento que están en desarrollo demuestran funcionar como se esperaba, una o ambas PTOs en el prototipo de actual podrían ser actualizadas. Además de obtener una mayor eficiencia WEC, la toma de datos podría ser probada en condiciones reales de funcionamiento para obtener más conocimientos sobre cómo se comporta.

OPTIMIZACIÓN MECÁNICA Y MEJORA DE LA FIABILIDAD OPERATIVA

La disposición mecánica del brazo móvil y del cilindro incluye cojinetes, juntas y suspensiones que están sujetas a muchos ciclos de movimiento durante la vida útil. La vida útil de la fatiga, la fiabilidad de funcionamiento y los costes de mantenimiento podrían mejorarse mediante un estudio más detallado sobre la configuración mecánica y la prueba de vida real de nuevos materiales y componentes (especialmente los accesorios de cilindro, suspensión giroscópica y cojinetes y juntas).

INSTALACIÓN DE NUEVO BRAZO Y / O FLOTADOR DE HORMIGÓN

Existe una atractiva razón económica para producir los brazos y los flotadores usando hormigón. Se están realizando estudios actuales para evaluar la viabilidad de las estructuras de hormigón y si las propiedades del concreto son comparables o mejores a la fibra de vidrio (flotador) y al acero (brazo).

EQUIPAMIENTO DEL WEC CON SENSORES ADICIONALES

Al equipar los flotadores y los brazos con sensores adicionales, se pueden adquirir valiosos conocimientos sobre las fuerzas y movimientos que los afectan. Ofrece la posibilidad de diseñar una estructura más rentable y, a la vez, garantizar un alto rendimiento en el rango de funcionamiento deseado. Recientemente se ha instalado una célula de carga en la unión entre el cilindro y el brazo, y Wavestar está ahora en el proceso de seleccionar transductores de presión adecuados para ser equipados en la envoltura externa de los flotadores.

DESARROLLO DE MODELOS ADICIONALES Y TRABAJO EXPERIMENTAL

Se ha diseñado e instalado en la Universidad de Aalborg una plataforma de prueba de pequeña escala (diámetro de flotador de 0,25 m) con el fin de investigar en mayor detalle la compleja interacción entre las olas y los flotadores. Se espera que los resultados experimentales de la nueva plataforma de ensayo y el desarrollo ulterior en modelos numéricos no lineales permitan predicciones del rendimiento energético de los absorbedores de puntos que operan en alta mar. Por lo tanto, se pueden aplicar estrategias de control más adecuadas que permiten una mayor potencia de salida y tensiones estructurales más pequeñas. También se prevén ensayos a escala media (diámetro de flotador de 1,0 m) en una gran instalación de ondas interiores en Europa. El foco principal en estas pruebas será el impacto de las fuerzas con las que golpean las olas en el flotador. Permitirán un diseño más adecuado y económico de la estructura de la carcasa del flotador.

CONCLUSIÓN

Este nuevo modelo instalado en las costas de Dinamarca produjo satisfactoriamente 600 Kw de electricidad mensuales luego de ser conectado a la red eléctrica; por su parte la empresa EnergiNet le paga a los hermanos Hansen cada vez que que el WaveStar genera más electricidad que el promedio mensual calculado en un principio. El proyecto sigue en plena vigencia hoy en día; de hecho se están buscando nuevos diseños para poder generar más energía eléctrica para uso comercial. Este prototipo puede ser instalado en las costas de cualquier lugar del mundo que posean un determinado nivel de movimiento de olas para poder aprovechar su energía. La generación de energía a través del movimiento de las olas es un recurso importantísimo a futuro por ser una energía limpia y ciento por ciento renovable.

BIBLIOGRAFÍA

Wave Star Energy. (2017). Obtenido de <http://www.wavestarenergy.com>