

CÁLCULO DE LA ENERGÍA GENERADA EN UNA INSTALACIÓN MAREMOTRIZ

Objetivo del trabajo.

Calcular la longitud de costa del Cantábrico que habría que ocupar con generadores que aprovechen la energía de las olas, para que en un año típico, la energía eléctrica generada por los mismos fuera igual a la generada por los reactores nucleares en España. En realidad la magnitud de las olas es variable y la producción de energía eléctrica a partir de ellas será intermitente y aleatoria. Entonces si realmente se quisieran sustituir las centrales nucleares por electricidad generada a partir de las olas, sería necesario ir almacenando en los momentos de más producción para luego consumir esa energía en los momentos de baja producción. Teniendo en cuenta que todo sistema de almacenamiento tiene pérdidas, eso significa que habría que generar a partir de las olas una cantidad de energía mayor que la que actualmente generan las centrales nucleares de forma continua y controlable. Además también convendría generar una cierta reserva en previsión de un número de días de calma inusitadamente largo. Por todo esto, se calculará la longitud de costa ocupada por generadores maremotrices necesaria para generar toda la producción actual de las centrales nucleares, añadiéndole un 50% más para tener en cuenta las necesidades de almacenamiento señaladas.

Presentación del trabajo.

El trabajo se presentará escrito a máquina o impresora de ordenador. Constará al menos de los siguientes apartados:

- Breve introducción (unas 3 páginas) sobre la Energía de las Olas (Maremotriz)
- Descripción del cálculo que se pretende hacer y del procedimiento empleado.
- Resultados obtenidos
- Discusión de los resultados

Para cualquier dato que se emplee en el trabajo se deberá citar de donde se obtuvo.

Procedimiento

Los datos y expresiones teóricas que se necesiten para resolver el problema se obtendrán fundamentalmente de búsquedas en Internet, de la biblioteca de la Universidad y de consultas con el profesor.

Algunas direcciones útiles para iniciar la búsqueda son:

www.foronuclear.org/energia2007-0.jsp

www.puertos.es/externo/clima/BD/PpalOleaje.html

www.oceanpowertechnologies.com/spain.htm

www.blueenergy.com/

estadísticas energéticas

Datos de oleaje. Puertos del Estado

Ocean Power Technologies.

Blue Energy International

Guía del cálculo

Supongamos un área sobre la superficie de mar que en la dirección de propagación de las olas tenga una longitud igual a la longitud de onda λ , mientras que en la dirección perpendicular o frente de onda, tiene una anchura y . La energía de las olas en esta área será proporcional al cuadrado de la amplitud A de las mismas: $E = \frac{1}{2} \rho g A^2 \lambda y$ donde ρ es la

densidad del agua y g la aceleración de la gravedad. De esta expresión podemos deducir la potencia o energía de las olas por unidad de tiempo que atraviesa una distancia del frente de onda 'y': $\frac{P}{y} = \frac{E}{yT} = \frac{1}{2} \rho g A^2 \frac{\lambda}{T}$, donde T es el periodo o tiempo transcurrido entre cresta y cresta de las olas.

Si tenemos en cuenta que la velocidad de las olas viene dada por la expresión: $v = \frac{\lambda}{T} = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$ y en vez de la amplitud de las olas empleamos su altura (de cresta a valle) $H = 2A$,

y la expresión para la densidad lineal de potencia nos queda: $\frac{P}{y} = \frac{\rho g^2}{16\pi} H^2 T$

Sustituyendo valores numéricos tenemos entonces que si conocemos la altura de las olas en metros y su periodo en segundos, la potencia en kilowatios de las olas por metro de frente de

onda es: $\frac{P}{y} (\text{kW} / \text{m}) = 1,96 H^2 (\text{m}) T (\text{s})$

Las olas están generalmente cambiando de altura y periodo continuamente. Pero si consideramos una serie de intervalos de altura H y de periodo T , a lo largo del año las olas habrán estado un determinado número de horas con alturas comprendidas en ese intervalo H y con un periodo T . Esto es lo que se llama una distribución de las olas.

En este trabajo buscaremos los valores empíricos de la distribución anual de las olas de cualquier puerto del cantábrico, que se suelen dar como una matriz o función de dos variables $D(H,T)$, que me da el tanto por ciento del tiempo que durante el año que las olas han mantenido una altura H y un periodo T . Es decir que las olas han tenido altura H y periodo T durante un número de horas al año igual a $n = D(H,T) \times 365,25 \times 24$ horas

Entonces para cada par de intervalos de altura de ola y periodo podemos calcular su densidad de potencia, durante que fracción del tiempo las olas han mantenido esa altura y

periodo, y por tanto podemos calcular la energía de las olas que atraviesa cada metro de frente

$$\text{de onda al año. } \frac{E}{y} (\text{kWh / m}) = \frac{P}{y} n$$

Los generadores que se empleen no podrán aprovechar todo el frente de onda sino solo una parte del mismo, y además tendrán una cierta eficiencia en la generación de energía eléctrica, podemos incluir ambos factores en un solo coeficiente de eficiencia η . Entonces tendremos que la energía eléctrica generada al año por metro de frente de onda, por olas de altura H y periodo T vendrá dada por:

$$\frac{E_{\text{elec}}}{y} (\text{kWh / m}) = \eta \frac{P}{y} n = \eta \times 1,96 H^2 (\text{m}) T (\text{s}) \times D(H, T) \times 365,25 \times 24$$

En este trabajo podemos suponer una eficiencia $\eta = 5\%$. Entonces, sumando lo que resulte de esta expresión para todos los valores de H y T donde la distribución de olas sea significativa, obtendremos la energía eléctrica que se puede generar por metro.

Calcular entonces la distancia de costa necesaria para producir una vez y media la energía eléctrica producida por las centrales nucleares de España es trivial.