

CÁLCULO DE LA ENERGÍA GENERADA EN UNA INSTALACIÓN EÓLICA

Objetivo del trabajo.

Calcular el número de aerogeneradores, y el espacio que ocuparían, para que en un año típico, la energía eléctrica generada por los mismos fuera igual a la que actualmente generan las centrales nucleares en España. En realidad la fuerza del viento es variable y la producción de energía eléctrica eólica es intermitente y aleatoria. Entonces si realmente se quisieran sustituir las centrales nucleares por electricidad generada de forma eólica, 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 de forma eólica 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 el número de aerogeneradores necesario 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 Eólica
- 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.ree.es
<http://www.foronuclear.org/energia2006-0.jsp>
www.infoeolica.com
www.awea.org
www.ewea.org
www.windpower.org/composite-188.htm

Red eléctrica española
estadísticas energéticas
Energía eólica en España
American Wind Energy Association
European Wind Energy Association
Danish Wind Industry Association

Guía del cálculo

El viento que llega a las hélices de un aerogenerador lleva una energía cinética por unidad de tiempo igual

a: $\frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} v^2$ donde v es la velocidad del

viento y el caudal másico es equivalente a:

$$\frac{dm}{dt} = \rho \frac{dVol}{dt} = \rho A \frac{dx}{dt} = \rho A v, \quad \text{donde } \rho \text{ es la}$$

densidad del aire y A la superficie barrida por las aspas de la hélice. Por tanto tenemos en definitiva que:

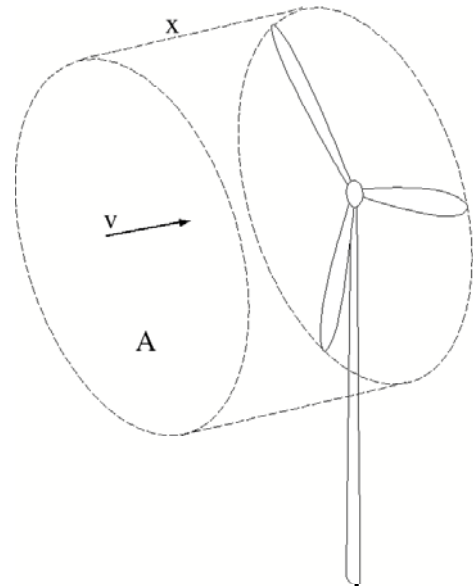
$$\frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

La potencia eléctrica generada vendrá entonces dada por:

$$P_{el} = \eta \frac{dE_c}{dt} = \eta \frac{1}{2} \rho A v^3$$

siendo η la eficiencia del modelo de hélice. Además existen unos valores de corte máximo y mínimo para la velocidad del viento por encima o debajo de los cuales la hélice no funciona.

El viento generalmente tiene cambios continuos de velocidad. Pero si consideramos una serie de intervalos de velocidad del viento, a lo largo del año el viento habrá estado soplando un determinado número de horas con velocidades comprendidas en ese intervalo. Esto es lo que se llama una distribución del viento. En este trabajo supondremos la siguiente distribución del tanto por ciento del tiempo que sopla el viento dentro de un determinado intervalo de velocidades:



V (km/h)	% tiempo	V (km/h)	% tiempo	V (km/h)	% tiempo
8	9.43	48	10.15	88	0.29
16	16.27	56	6.25	96	0.10
24	19.09	64	3.42	104	0.03
32	18.05	72	1.67	112	0.01
40	14.51	80	0.73	120	0.00

Entonces para cada intervalo de velocidad del viento podemos calcular su potencia y durante que fracción del tiempo el viento soplará con esa velocidad, y por tanto podemos

calcular la energía eléctrica generada en un año, siempre y cuando esa velocidad esté comprendida entre las velocidades de corte mínima y máxima. Para realizar el cálculo se supondrá que las hélices del generador eólico se orientan con respecto al viento para recibirlo de cara en todo momento.

En este trabajo consideraremos aerogeneradores con una superficie barrida por las hélices de 4 m de diámetro, y que solo pueden funcionar para velocidades mayores de 20 km/h y menores que 100 km/h y cuya eficiencia es $\eta = 40\%$. La densidad del aire depende del valor diario de la presión y temperatura de la atmósfera, pero tomaremos un valor medio $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.

Con todos estos datos podemos calcular la energía producida por cada aerogenerador en un año. Calcular entonces el número necesario para producir una vez y media la producida por las centrales nucleares de España es trivial. Para calcular la superficie ocupada debe tenerse en cuenta que para no interferir unos con otros deben estar separados entre sí por una distancia de al menos 5 diámetros.