

CONVERSOR MECÁNICO - TÉRMICO PARA ENERGÍA EÓLICA.

Moreno, R. C. y Guerrero, J. L.

Universidad Nacional del Comahue - Facultad de Ingeniería.

C.E.V.Eq.U.

Buenos Aires 1400 - 8300 Neuquén - Argentina.

Telefax (099) 490356

E-mail: jlg@uncoma.edu.ar

RESUMEN.

Dado que una de las formas de energía más requeridas en la Patagonia es la térmica y que la fuente eólica reviste importancia local, se analizan en este trabajo las características fundamentales del convertidor y su acople a las características de un rotor eólico de eje vertical, apto para los vientos con ráfagas direccionales de la zona. El principio del convertidor no difiere del equipo empleado para hallar el equivalente mecánico del calor, aunque sus características constructivas y fluido empleado poseen algunas situaciones de compromiso.

INTRODUCCIÓN.

Cuando se piensa en convertir la energía del viento, antiguamente se imaginaba el bombeo de agua y posteriormente en la producción de electricidad.

No obstante cabe considerar que las formas en que se presenta la energía son muchas y entre ellas está el calor.

Esta forma de la energía presenta un panorama muy atractivo. Esta apreciación está basada en que el empleo del calor en los sistemas urbanos supera en varias veces al empleo de la electricidad, claro está, considerándolo en unidades de energía y no en costo. La humanidad ha buscado habitualmente proveerse de energía en forma de calor de la manera más barata posible.

Para que el ejemplo sea claro, bastaría que se observe el consumo de energía eléctrica y el consumo de gas (con su poder calorífico) en una vivienda corriente de alguna ciudad de la zona. La primera se la dedica fundamentalmente a iluminación artificial y electrodomésticos; la segunda a cocinas, estufas, termotanques, calefones, etc., es decir se la convierte en forma de calor, aprovechándose tan sólo cerca de la mitad del potencial en las conversiones mencionadas.

El científico inglés James Joule, no imaginó quizás que su determinación del equivalente mecánico del calor, enunciado el siglo pasado, iba a tener tanta actualidad en el presente, y es más que su máquina diseñada a tal efecto no diferiría mucho de la que actualmente se emplearía.

Por otra parte, esta forma de conversión, va al encuentro de uno de los problemas capitales de la conversión de la energía eólica que es la acumulación. Al presente la acumulación de energía eléctrica es muy costosa. Se la mitiga incorporando los equipos convertidores eólicos a las redes interconectadas de distribución, aunque en este caso también se presentan algunos inconvenientes. Se plantea la acumulación de otras maneras como energía potencial de agua bombeada o generación de gases acuíferos. Estas formas de acumulación conllevan una conversión que en general posee un rendimiento muy distinto de la unión.

La acumulación de la energía térmica, si bien posee pérdidas como la mayoría de las acumulaciones de energía, éstas no serán consideradas.

EL EQUIPO DE J. JOULE Y EL SISTEMA EÓLICO - TÉRMICO.

En el siglo pasado, en los albores de la termodinámica, aún no se consideraba [1] al calor como una forma de energía y esta cuestión preocupaba a muchos pues ya se conocía el consumo de una parte de la energía mecánica en la generación del mismo debido a los inevitables rozamientos. El ingenio de J. Joule le permitió hacer una máquina sencilla para generar calor a partir de la energía mecánica (Fig. 1). Se basó en la fricción por viscosidad del fluido empleado, agua en su caso, y unas paletas que se movían por una acción mecánica. Como consecuencia de este fenómeno obtuvo que la temperatura del agua se elevaba, y en función de la masa de la misma y cuantificando la energía mecánica (potencial) entregada obtuvo su famosa relación:

$$1 \text{ BTU (British Thermal Unity)} = 777.9 \text{ Pies} \times \text{Libra}$$

Basado en este principio, y con pocas variantes orientadas al mejoramiento de la conversión y a necesidades de control de los generadores eólicos es que se conciben los sistemas en la actualidad.

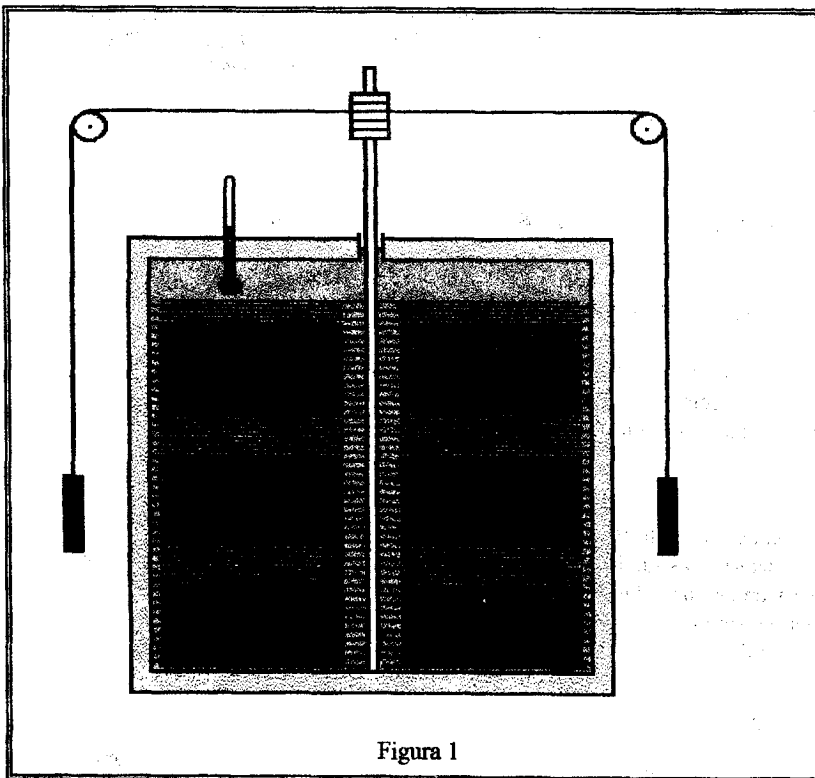


Figura 1

En la zona, los vientos arrafagados, no sólo por velocidad sino también por dirección, hacen necesaria la utilización de generadores eólicos de eje vertical, poco susceptibles ante estos efectos. En particular los del sistema Darrieus [4], los que para comenzar su movimiento deberán ser acoplados con otro tipo Savonius, o bien algún otro motor.

Esta configuración presenta para este tipo de conversión ciertas ventajas. El eje permite que el convertidor esté al nivel del suelo y pueda ser pesado ya que no hay que elevarlo, se puede pensar en un funcionamiento por termosifón, aunque esto acarrearía inconvenientes en instalaciones grandes, y en general se pueden minimizar las pérdidas térmicas del transporte del fluido caliente.

Cabe aclarar que el rendimiento de la conversión es muy cercano a la unidad, ya que inclusive las pérdidas por rozamiento mecánico pueden ser utilizadas como generación de calor.

Si bien la acumulación final puede realizarse en agua, la que tiene el mayor calor específico posible, es razonable que el fluido líquido de conversión en lo sea. Una de las razones serían una mayor tolerancia a temperaturas altas sin que pase a la fase de vapor, es decir por encima de los 100 °C a presión atmosférica (que sería el punto de ebullición del agua). De esta manera se puede trabajar con mayor margen sin que se eleve la presión ni que existan efectos de cavitación en el convertidor. Otra razón es que un fluido líquido intermedio puede ser desgasificado casi totalmente y siempre sería el mismo, con lo que se evitaría el desprendimiento de gases al elevarse su temperatura, y así evitar la producción de espumas, elevación de presión de la fase gaseosa, etc.

En el circuito cerrado debe plantearse una trampa de gases para el caso de que se produzcan como así mismo un sistema de reposición y compensación para el caso de pérdidas o dilataciones. Además de una bomba de circulación que por razones de funcionamiento debe colocarse en la rama más fría del circuito.

Considerando el régimen variable de la potencia entregada por generador eólico deben adoptarse algunas precauciones. Dentro del convertidor, debe existir además un sistema de frenado por fricción del generador eólico, que automáticamente responda tanto a las necesidades de éste como a las de las temperaturas del líquido intermedio, o bien de la acumulación.

CARACTERÍSTICAS DEL CONVERTOR.

La mecánica de los fluidos [2] resuelve analíticamente las características de fuerzas o torques entre movimientos relativos de superficies sólidas, separadas por un fluido viscoso, tan sólo para algunas configuraciones simples e ideales.

El caso que nos ocupa dista mucho de estas suposiciones. En primer lugar, aunque la velocidad angular sea constante la tangencial varía radialmente con lo que sería necesario un análisis que incluya esta variación. En segundo lugar, las dimensiones son finitas, razón por la cual los efectos de borde simplemente no son evaluables en este análisis. En tercer lugar, el fluido viscoso posee, por necesidades de circulación, un movimiento perpendicular al movimiento relativo de las superficies sólidas, lo que deviene en un movimiento total relativo variable en cada punto y dependiente tanto de la velocidad de circulación como la angular del convertidor. En cuarto y último lugar, es de hacer notar que las propiedades viscosas del fluido disminuyen con la temperatura.

Estas situaciones complican el análisis del convertidor. Aparentemente la solución estaría en el empleo de una analogía entre los discos del convertidor y la longitud de un juego de cilindros concéntricos ocupando los espacios libres de ambos casos con el mismo fluido viscoso y a igual temperatura.

Estas situaciones no permiten hasta el presente poder definir las características de potencia de carga del convertidor. No ocurre lo mismo con el aprovechamiento energético que es prácticamente total (salvo las inevitables pérdidas térmicas), entendiendo como energía primaria la entregada en su eje de rotación.

ACOPLE CON EL ROTOR EÓLICO.

Los rotores eólicos de eje vertical del sistema Darrieus en principio pueden ser diseñados para distintas velocidades de giro para igual velocidad del viento. Los rotores de menor velocidad angular presentan menos inconvenientes de fatiga y por ende constructivos. No obstante cabe aclarar que la potencia máxima entregada es la misma ante la misma velocidad del viento [3].

Esta potencia máxima sólo es entregada cuando la carga la requiere para funcionar con la misma velocidad angular, en caso contrario la potencia entregada será menor, apareciendo un elemento más que baja el rendimiento.

En el gráfico de la figura 2 se han volcado la curva de potencia máxima de un rotor de mediana velocidad y la amplia zona de variación de la carga del convertidor para un caso particular estudiado cuyos datos son aproximados.

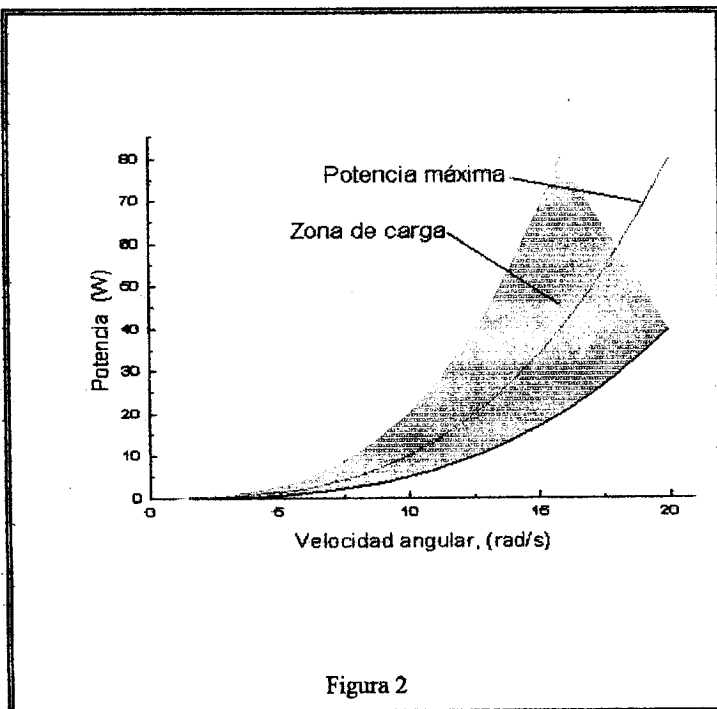


Figura 2

REFERENCIAS

1. Renick, R. y Halliday, D. **Física. Parte I.** Compañía Editorial Continental, S.A. México. 1978.
2. Brun, Martinot, Lagarde, Mathieu. **Mecánica de los fluidos. Parte V.** Editorial Labor S.A, Primera Edición. Barcelona, España, 1980. 629 pp. ISBN 84-335-6417-X.
3. Freris, L. L. **Wind energy conversion system.** Ed. Prentice Hall Internacional Ltd. ISBN 0-13-960527-4. U.K., 1990.
4. Le Gourières, D. **Energía Eólica.** Ed. Masson, S.A. Barcelona. 1983.