

“TRIZ aplicado a los sistemas de orientación en los aerogeneradores.”

Publicado por Iñigo Martija de Nicolás. Marzo-2005.
www.InigomartijaTRIZ.blogia.com
inigomartija(arroba)hotmail.com

1. Introducción:

Este artículo es una parte de la tesis doctoral que estoy desarrollando entre las universidades de Estrasburgo y Bilbao. La tesis esta basada en el análisis del aerogenerador desde el punto de vista de la innovación tecnológica. Para este análisis se utilizan las herramientas de TRIZ de tal forma que se puedan comparar las diferentes tecnologías en competición y poder predecir en cierta forma sus posibles desarrollo.

En este artículo solo se analizará el sistema de orientación en los aerogeneradores. Como una muestra de cómo puede ayudar TRIZ a la hora de analizar un sistema técnico y su posible proyección en el futuro. Fundamentalmente nos guiaremos del Resultado Final Ideal (RFI a partir de ahora) para poder discriminar las tecnologías que siguen este RFI y las que no.

2. Sistemas de orientación

El aerogenerador sirve para obtener energía eléctrica a través de la captura de la energía del viento. Entonces la función principal útil del aerogenerador seria: Transformar la energía del viento en energía eléctrica. Sin embargo el viento en general es variable en su dirección.

Un aerogenerador cuyo eje de rotación sea fijo, no se adaptaría a la dirección del viento y no obtendría gran cantidad de energía.

Por lo tanto aparece de forma clara que los aerogeneradores tienen que tener un sistema de orientación. En caso contrario las perdidas de energía serian inmensas.

De las diferentes formas de orientación se desprende que este es un problema antiguo y que lleva tiempo sin resolverse de forma absoluta.

3. Orientación mediante el uso de colas (Fan tails)

La forma mas antigua de orientación es el uso de colas viento abajo del aerogenerador. Esta técnica que es muy barata para aerogeneradores de pequeñas dimensiones, requiere de grandes colas, muy pesadas para aerogeneradores de gran potencia haciéndola inviable para los grandes molinos.



Fuente: Southwest Windpower

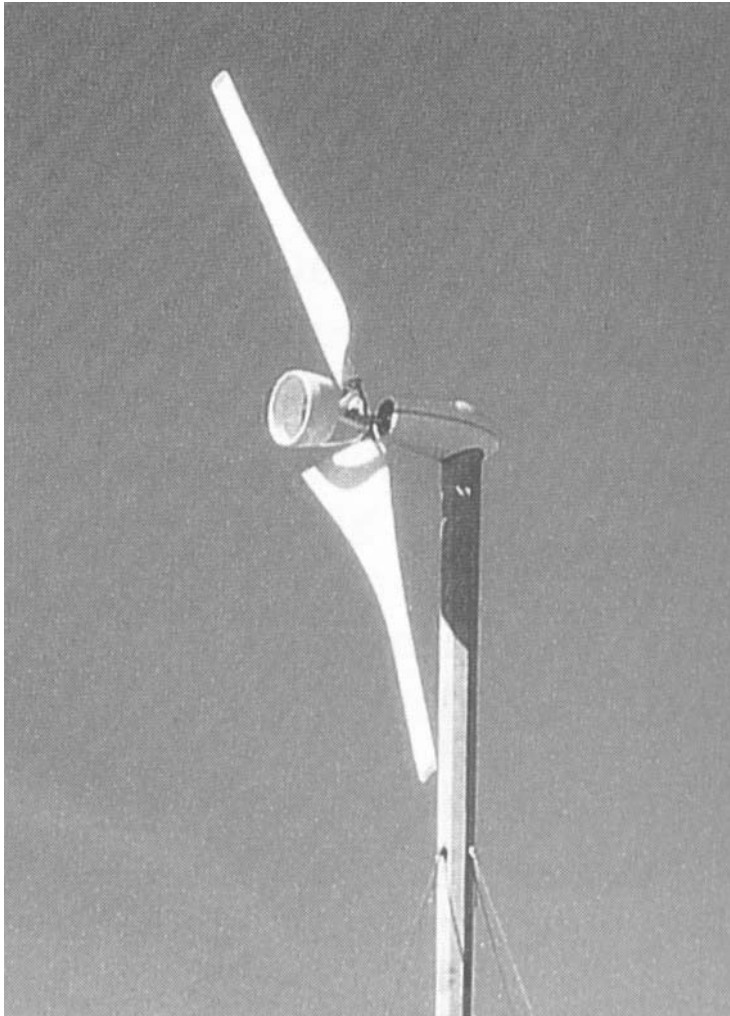
En este caso la gran ventaja es que no requiere de mecanismos complejos sino simplemente una cola y un sistema (cojinetes, rodamientos) para que el aerogenerador pueda girar en su eje vertical adaptándose a la dirección del viento impulsado por la fuerza de la cola.

Por lo que podemos apreciar que la simplicidad es su gran ventaja. Su principal inconveniente es sin embargo su peso. Además para que este sistema sea efectivo para aerogeneradores medianos y grandes se deben colocar dos colas, incrementando aun más sus inconvenientes (Ref: Hau):



Fuente: Solar Energy Alliance

Otra forma de conseguir el mismo resultado sin tener que utilizar doble cola es poner una especie de cazuela a modo de cola (Ref : Heier):



Fuente: "Wind energy conversion systems" Siegfried Heier

Como ya se ha mencionado antes, este tipo de sistemas de orientación ha quedado relegado a pequeños molinos.

4. Orientación mediante pequeñas turbinas

Estas pequeñas turbinas se colocan en el eje vertical y con la fuerza del viento provocan el giro del aerogenerador sobre el eje vertical (Ref: Gipe). De esta forma las aspas de este sistema dejarán de ejercer fuerza cuando la dirección del viento sea perfectamente perpendicular a ellas y en este caso el aerogenerador quedará orientado en la dirección correcta. Esta dirección es la misma que la dirección del viento:

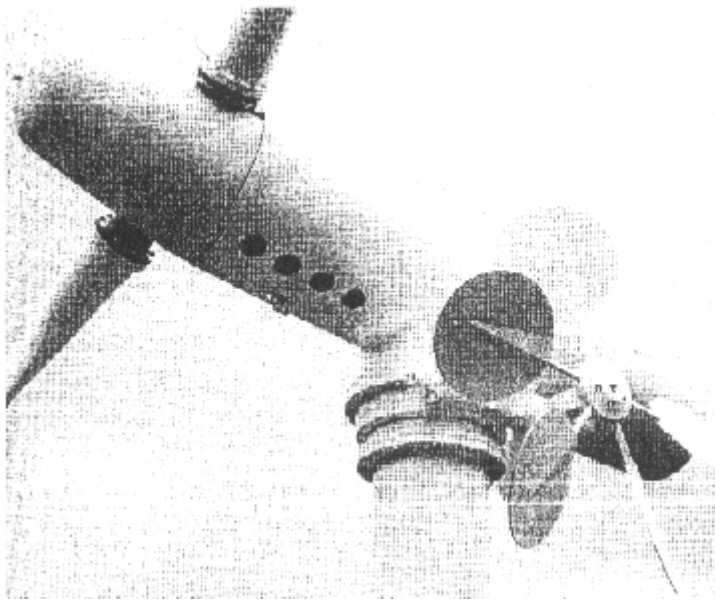


Foto: Wind Turbines - Erich Hau

Como se puede ver en la figura la ventaja de este sistema es que sus dimensiones no son muy grandes incluso para grandes aerogeneradores. Esto provoca que hasta hace unos años fuesen muy utilizadas por la industria danesa.

El inconveniente de este sistema es que se añaden elementos móviles incrementando su complejidad y su coste por lo tanto. Además se ha observado que la adaptación de la turbina hacia la dirección del viento es algo lento y esta sujeta a las turbulencias provocadas por la torre.

5. Orientación mediante motor

Este es el caso mas utilizado en la actualidad. Para ello es necesaria una veleta que da la dirección del viento a un transductor y este a su vez a un motor eléctrico que hace girar la góndola del molino adaptándose al viento (ejemplo: patente EP1505299).

Como es imaginable el principal inconveniente de este sistema es su complejidad además del consumo de energía por el motor y los posibles fallos de funcionamiento de este. De hecho es una de las mayores fuentes de problemas por parte del mantenimiento del aerogenerador. Además hay que añadir los posibles errores debidos a los movimientos rápidos de la veleta y que esta pueda deteriorarse (Ref: Hau).



Foto: www.blm.gov

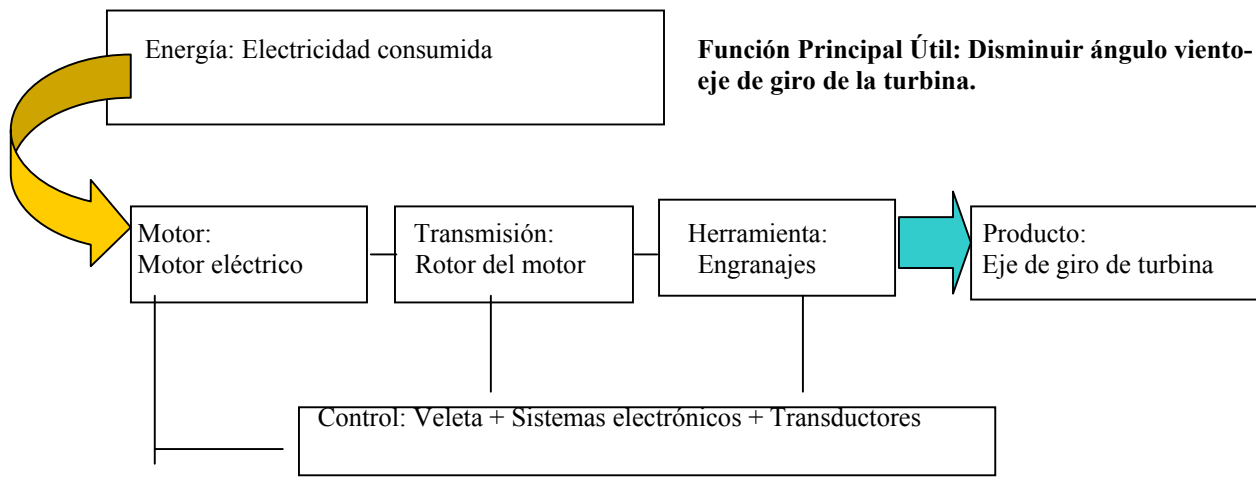
Su principal ventaja es su facilidad de control. Así como la posibilidad de vigilancia remota y toma de datos. Al mismo tiempo la adaptación a la variabilidad del viento es muy rápida. Vamos a aplicar la primera ley de evolución de los sistemas técnicos.

Ley de complementariedad de las partes del sistema:

Todo sistema técnico aparece como resultado de la síntesis de varias partes en un único sistema.

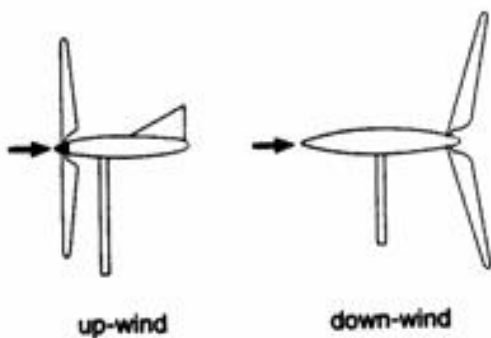
Para ser viable, los componentes principales de dicho sistema tienen que estar presentes con una mínima eficiencia.

Corolario: Para hacer al sistema controlable al menos uno de sus componentes tiene que ser controlable.



6. Orientación pasiva

Esta forma de orientación es utilizada en los aerogeneradores que funcionan a sotavento (down - wind) es decir que el viento pasa primero por la torre antes de llegar a las aspas del molino, para ello las aspas del viento tienen que tener una cierta conicidad. Caso contrario al habitual que suele ser a barlovento (up - wind):



Fuente: www.esru.strath.ac.uk

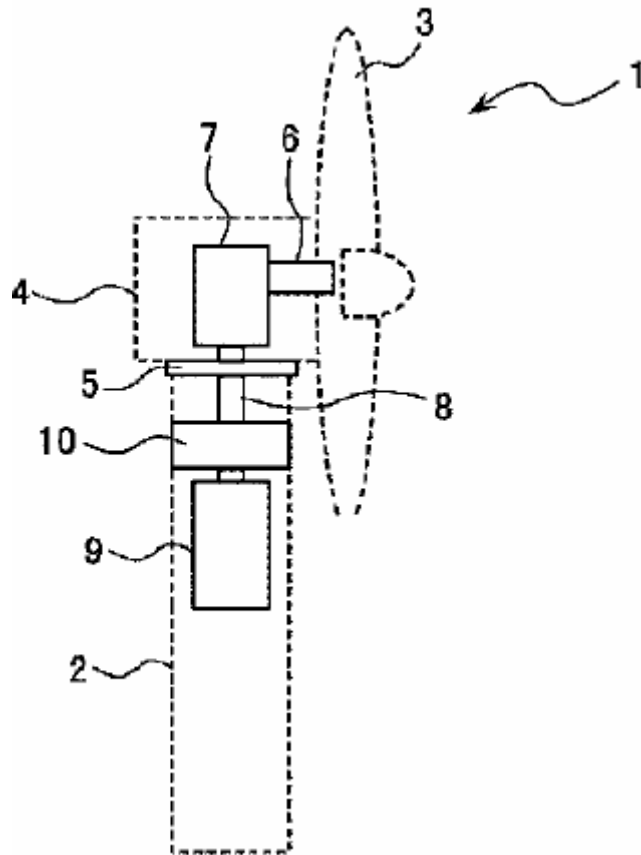
Este sistema tiene los inconvenientes típicos de los aerogeneradores a sotavento, esto es, que el aire al pasar primero por la torre provoca turbulencias que luego pasan a las aspas del molino. Esto provoca sobreesfuerzos de torsión en el eje de rotación horizontal del aerogenerador. Esto puede hacer que el eje tenga que ser más robusto (Ref: W&S).

Además la captura de energía es menor en estos casos y las cargas de fatiga son mayores. Podemos ver un ejemplo en la patente (JP2003201951):

Abstract of JP2003201951

<P>PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an excessive rotation avoiding mechanism of a horizontal axis wind mill excellent in the general purpose usage, simply manufacturable at a low cost and effectively applicable even to a large sized wind mill.

<P>SOLUTION: In the down wind type horizontal axis wind mill 1 adopting a free yawing control system, a nacelle 4 rotatably supporting a rotor 3 around a horizontal axis is rotatably supported by a tower 2 around a yawing rotation axis. A vertical type speed-increase machine 7 is provided in the nacelle 4 so as to be connected to a rotation shaft 6. A high speed shaft 8 rotatable around the yawing rotation shaft is provided in the tower 2 so as to be connected to the speed-increase machine 7. An excess rotation protection device 10 braking the high speed shaft 8 when the high speed shaft 8 exceeds a predetermined rotation speed by centrifugal force caused by the rotation of the high speed shaft 8 is provided in the tower 2. The rotation of the rotor 3 is increased by the speed-increase machine 7 to transmit it to the high speed shaft 8 and the nacelle 4 is turned around the yawing rotation axis to avoid the rotor 3 from the excess rotation by reaction force of the brake by the excess rotation protection device 10 when the high speed shaft 7 exceeds a predetermined rotation speed. <P>COPYRIGHT: (C)2003,JPO



La ventaja de este sistema es que no necesita nada sino que simplemente las aspas por si mismas se adaptan a la dirección del viento.

7. Utilización del Resultado Final Ideal (RFI)

Altshuller definió el RFI como “... una fantasía, un sueño. Algo que no se puede alcanzar, pero nos ayuda a construir el camino hacia la solución” (Ref : Alts 1). Entonces trataremos de llegar a lo más alto del desarrollo de un sistema imaginando el Resultado Final Ideal (RFI).

Otra definición: *“Uno de los elementos del sistema o de sus alrededores elimina un efecto negativo (redundante, superfluo) preservando su capacidad para producir un efecto útil por si mismo”* (Ref: Sala 1)

El Resultado Final Ideal (RFI) es una herramienta que nos ayuda a tener una visión del futuro ideal.

RFI: El aerogenerador por si mismo se adapta a la dirección del viento sin aumentar la complejidad del sistema y sin efectos perjudiciales. En nuestro caso el sistema de orientación ideal seria aquel que provoca el movimiento de la turbina en dirección del viento sin ni siquiera existir.

Entonces de todas las tecnologías descritas en los puntos 3-6 la que más se aproxima al resultado final ideal es la de orientación pasiva descrita en el apartado 6. Ya que esta tecnología permite la auto – orientación de las aspas sin necesidad de un sistema adicional.

8. Referencias

Hau : Wind Turbines de Erich Hau

Hand 3.10 : Wind energy handbook de Tony Burton, David Sharpe , Nick Jenkins , Ervin Bossanyi

W&S : Mukund R. Patel, Ph.D., Wind and Solar Power Systems

Sala 1: “TRIZ: The Right Solution at the Right Time”, Yuri Salamatov

Alts 1: Altshuller, G. S. (Genrikh Saulovich). “Creativity as an Exact Science: the Theory of the Solution of Inventive Problems” , New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1984.

Gipe: “Wind energy comes on age“ Paul Gipe 1995

Heier: ”Wind energy conversion systems” Siegfried Heier