

Capítulo **4**

Tecnología de aerogeneradores

4.1.- Componentes de un aerogenerador

4.1.1.- Góndola

La góndola es el habitáculo que alberga toda la mecánica y control del aerogenerador, su tamaño es tal que los operadores de mantenimiento pueden estar de pie dentro de ella y recorrerla de un lado a otro para la perfecta manipulación y reparación de la maquinaria. La góndola contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. En la figura 4.1 a continuación podemos ver un corte de una góndola.

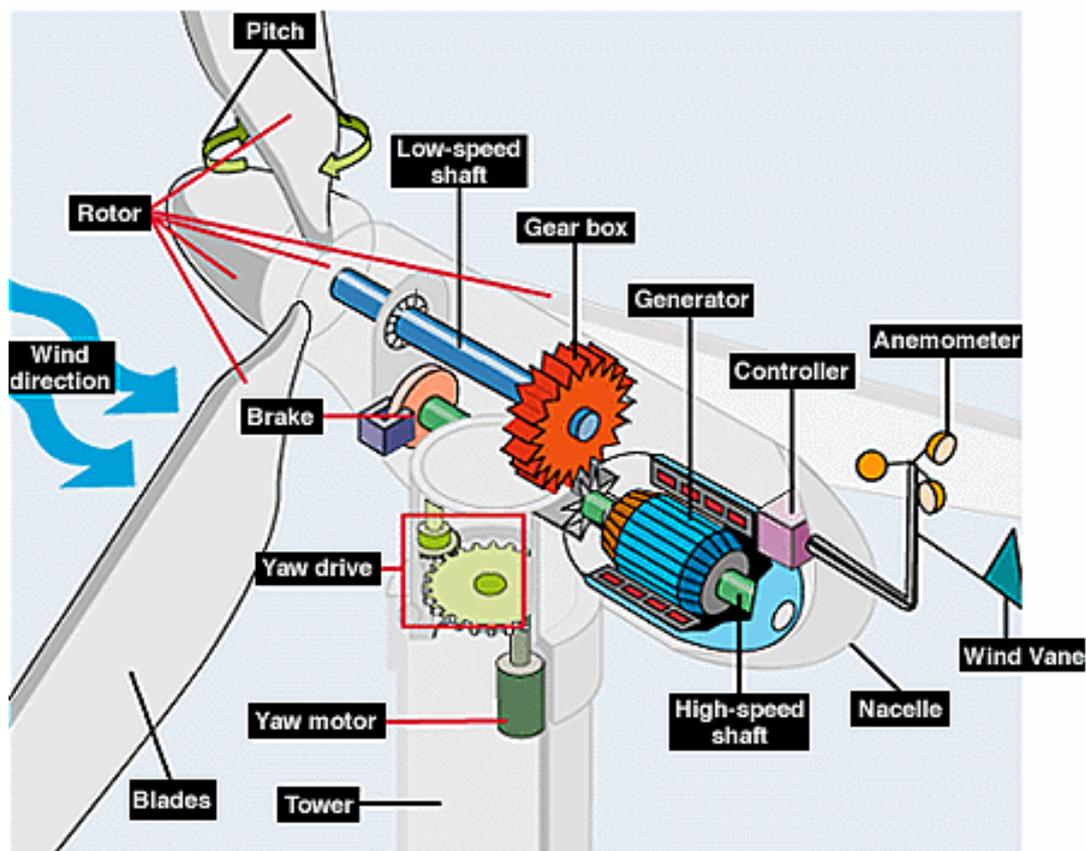


Figura 4.1: Interior de la Góndola. Fuente: Energy Spain.

4.1.2.- Torre (Tower)

La torre del aerogenerador soporta la góndola y el rotor. Generalmente es muy ventajoso disponer de una torre alta, puesto que la velocidad del viento aumenta conforme nos elevamos del suelo.

Las torres pueden ser tubulares o en celosía. Las tubulares son más seguras para el personal de mantenimiento de las turbinas y las de celosía son más económicas.

4.1.3.- Rótor (Rotor)

4.1.3.1.- Palas (Blades)

Se encargan de convertir la energía cinética del viento en el par de rotación de la turbina. La mayoría de las palas modernas de los grandes aerogeneradores están fabricadas de plástico (poliéster o epoxi) reforzado con fibra de vidrio.

Utilizar fibra de carbono en vez de fibra de vidrio es poco común, porque resulta antieconómico.

4.1.3.2.- Buje (Hub)

Soporta las palas. Se suele fabricar de acero moldeado. De él parte el eje de baja velocidad.

4.1.3.3.- Eje de baja velocidad (Low speed shaft)

Es el eje principal. Este eje conecta el buje al multiplicador, y suele girar en torno a las 30 r.p.m.

4.1.3.4.- Mecanismo de orientación de las palas (Pitch)

Este mecanismo se usa para frenar la turbina o, en general, para controlar la potencia entregada por ésta. Suele ser un sistema hidráulico que lleva sus conductos hasta las palas a través del eje de baja velocidad.

4.1.4.- Tren de engranajes (Gear box)

Transmite la potencia del eje de baja velocidad al de alta. Una relación de transformación muy común es 50:1.

4.1.5.- Generador (Generator)

La mayoría de turbinas eólicas del mundo utilizan un generador asíncrono trifásico de rotor bobinado, también llamado generador de inducción, para generar corriente alterna. Fuera de la industria eólica y de las pequeñas unidades hidroeléctricas, este tipo de generadores no está muy extendido.

Como su propio nombre indica, el eje mecánico del generador “a-síncrono” debe ser excitado a una velocidad algo distinta a la velocidad de sincronismo de la máquina para que el campo magnético no gire exactamente a la misma velocidad que el rotor, se produzca así un fenómeno de inducción en el rotor y, finalmente, interaccione con el estator. Concretamente:

Velocidad giro > velocidad sincronismo → Funcionamiento como generador

Velocidad giro < velocidad sincronismo → Funcionamiento como motor

En la práctica, la diferencia entre la velocidad de rotación a potencia máxima y en vacío es muy pequeña, alrededor de un 1 por ciento. Esta diferencia en porcentaje de la velocidad síncrona es el llamado deslizamiento del generador.

El hecho de que el generador aumente o disminuya ligeramente su velocidad si el par torsor varía mucho es una propiedad mecánica muy útil. Esto significa que habrá

menor rotura y desgaste en la caja multiplicadora (menor par torsor máximo). Esta es una de las razones más importantes para la utilización de generadores asíncronos.

Por otro lado, que la máquina sea de rotor bobinado nos da acceso directo a la parte móvil del generador, así podemos variar el deslizamiento y pudiendo variar la velocidad de la máquina.

4.1.6.- Mecanismo de orientación de la turbina (Yaw drive)

Su actuación depende del tipo de turbina. En las turbinas a “barlovento” se realiza una orientación activa y continua, en función de la veleta. En las turbinas a “sotavento”, la orientación es pasiva. Los dos términos anteriores entre comillas los aclararemos posteriormente.

4.1.7.- Sistema de refrigeración (Cooling system)

La unidad de refrigeración contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además contiene una unidad de refrigeración del aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores enfriados por agua.

4.1.8.- Aparatos de medida y protección

4.1.8.1.- Veleta y anemómetro (Wind vane and anemometer)

Sirven para medir la dirección y la velocidad del viento respectivamente. Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectar el aerogenerador cuando el viento alcanza aproximadamente 5 m/s. El ordenador parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede de 25 m/s aproximadamente, con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores.

Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para girar al aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.

4.1.8.2.- Pararrayos

Nos evitan las sobretensiones propias de las inclemencias meteorológicas.

4.1.9.- Controlador electrónico (Controller)

El controlador electrónico tiene un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente para el aerogenerador y manda una señal de alarma al ordenador del operario encargado de la turbina.

4.1.10.- Eje de alta velocidad (High speed shaft)

El eje de alta velocidad gira aproximadamente a 1.500 r.p.m., lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

4.1.11.- Elementos de conexión a red

Los elementos más importantes son la electrónica de potencia, las bobinas y los condensadores necesarios, y el transformador elevador (BT/MT). El transformador suele ser de 0.69/20 kV.

Los distintos aerogeneradores del parque eólico están enlazados por una red de distribución en media tensión. Finalmente, esta red llega a una subestación colectora

principal del parque que transforma la media tensión en alta para su volcado en la red, (por ejemplo 20/132 kV).

4.2.- Clasificación de aerogeneradores

Según la dirección del eje de la turbina podemos hacer la siguiente clasificación: turbinas de eje vertical y horizontal.

4.2.1.- Turbinas de eje vertical

Las principales ventajas de una máquina de eje vertical son:

- Puede situar el generador, el multiplicador, etc. en el suelo, y así no han que tener una torre que soporte todo ese peso.
- No necesita un mecanismo de orientación para girar el rotor en contra del viento.

Las principales desventajas son:

- Las velocidades del viento cerca del nivel del suelo son muy bajas, por lo que a pesar de ahorrarnos la torre, desaprovecharemos energía en la parte más inferior de su rotor, por lo cual, la eficiencia media de estas máquinas no es muy alta.
- Soportan grandes oscilaciones del par mecánico en cada oscilación.
- Para sustituir el cojinete principal del rotor se necesita desmontar toda la máquina.

4.2.2.- Turbinas de eje horizontal

Todos los aerogeneradores comerciales conectados a la red se construyen actualmente con un rotor tipo hélice de eje horizontal. Si comparamos éstas con las de eje vertical concluimos que:

- Necesitamos menos material y más barato.
- Comportamiento más uniforme en el rango de velocidades de funcionamiento.
- Mayor altura, lo que permite capturar vientos más fuertes y, por lo tanto, más potencia.

Dentro de las turbinas de eje horizontal podemos hacer dos clasificaciones: según la posición del generador con respecto al viento y según el número de palas de la hélice.

En primer lugar, según la posición del generador, tenemos:

4.2.2.1.- Turbinas a barlovento

Las máquinas con rotor a barlovento tienen el rotor de cara al viento. La principal ventaja es que evitan en gran medida la influencia de la sombra aerodinámica de la torre. La gran mayoría de los aerogeneradores tienen este diseño.

El principal inconveniente es que el rotor necesita ser muy rígido y, además, debe estar situado a una cierta distancia de la torre para que no exista riesgo de interferencia con la misma debido a los esfuerzos que sufren las palas, que tienden a acercarse al eje. Estos materiales encarecen mucho la inversión.

Además, esta máquina necesita un mecanismo de orientación para mantener el rotor de cara al viento (mecanismo que puede ser activo o pasivo).

4.2.2.2.- Turbinas a sotavento

Las máquinas con rotor a sotavento tienen el rotor situado en la cara opuesta al sentido en que sopla el viento. La gran ventaja que tienen es que no necesitan un mecanismo de orientación si el rotor y la góndola tienen un diseño apropiado que hace que la góndola siga al viento pasivamente. Sin embargo, en grandes máquinas ésta es una ventaja algo dudosa, pues se necesitan cables para conducir la corriente fuera del generador.

Una ventaja, más importante si cabe, es que el rotor puede hacerse más flexible. Esto supone una disminución de peso, de dinero y además se alivian las cargas mecánicas aplicadas a la máquina, es decir, las palas se curvarán a altas velocidades del viento, con lo que le quitarán parte de la carga a la torre.

El inconveniente básico es la fluctuación de la potencia eólica debida al paso del rotor por la sombra de la torre. Esto acarrea al final más cargas de fatiga en la turbina que un diseño a barlovento.

En segundo lugar, según el número de palas de la hélice tenemos:

4.2.2.3.- Hélice monopala

Los aerogeneradores monopala ahorran el coste de otras palas. Su principal intención es aumentar el número de revoluciones por unidad de tiempo para ahorrarnos así dinero en otros elementos como el multiplicador o el generador.

Pero como es lógico, necesitan un contrapeso calculado con mucha precisión en el lado del buje opuesto a la pala para que equilibre el rotor. Obviamente, esto anula el ahorro de peso comparado con un diseño bipala.

4.2.2.4.- Hélice bipala

Los diseños bipala de aerogeneradores tienen la ventaja de ahorrar el coste de una pala y, por su puesto, su peso. Sin embargo, las máquinas bi y monopala requieren de un diseño más complejo, con un rotor basculante, con el fin de evitar fuertes sacudidas en la turbina cada vez que una de las palas pasa por la torre. Esta disposición puede necesitar de amortiguadores adicionales que eviten que las palas del rotor choquen contra la torre.

4.2.2.5.- Hélice tripala

La mayoría de aerogeneradores modernos tienen diseños tripala, con el rotor a barlovento con sus correspondientes mecanismos de orientación. A este diseño se le suele llamar el clásico "concepto danés", y tiende a imponerse como estándar al resto de conceptos evaluados. El concepto básico fue introducido por primera vez por el célebre aerogenerador de Gedser.

La razón principal por la que se han extendido tanto estos molinos es el momento de inercia constante en el rotor para todo el ángulo circunferencial del acimut respecto a los movimientos en operaciones alrededor del eje longitudinal de la torre (orientación). Todas las hélices con tres o más palas tienen esta propiedad. Una turbina eólica tripala tiene un momento de inercia nulo en su giro, por consiguiente, no induce ninguna carga sobre la estructura; esto implica simplificación en todos los sentidos.

Los tripalas se caracterizan por la “suavidad” de su funcionamiento, bajo número de revoluciones por unidad de tiempo y bajo nivel de contaminación acústica. Además, tienen mejor acogida en cuanto a impacto visual.

4.2.2.6.- Hélice multipala

Tienen entre 12 y 24 palas. La consecuencia inmediata es su alto par de arranque y que giran a muy pocas revoluciones por minuto. Su principal aplicación es bombear agua. No se usan para generar energía eléctrica, porque para ello es aconsejable que el rotor gire más rápido, debido a la disminución de tamaño y peso del generador y del multiplicador que esto conlleva.