

1.5-Extensiometria y Vibraciones.

CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE EL ROTOR

Las cargas que actúan sobre el rotor se pueden clasificar en estáticas y dinámicas. La fuerza centrífuga es una carga estática perpendicular al eje de giro; la pala suele colocarse ligeramente inclinada, proporcionando dicha fuerza centrífuga una componente de tracción a lo largo de la pala y otra de flexión en sentido contrario al de las cargas aerodinámicas; los esfuerzos estáticos que dichas cargas originan son muy pequeños. Las cargas dinámicas son debidas al giro de la pala existiendo también cargas transitorias debidas a las maniobras de la máquina. La gravedad actúa como una carga periódica que se comporta como una fuerza oscilante en el plano del rotor, apareciendo una desalineación por cuanto el rotor nunca funciona perpendicularmente a la acción del viento, sino que tiene oscilaciones que generan cargas dinámicas.

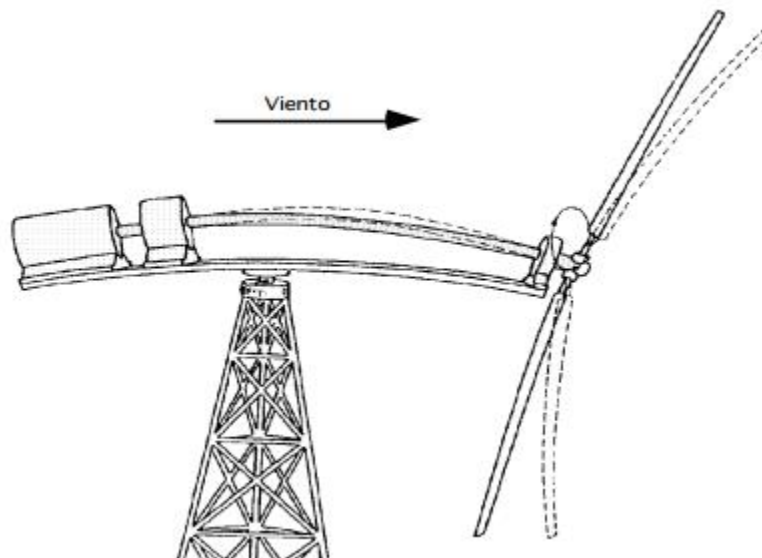


Fig.- flexion por las palas del rotor por la acción del viento

Otros tipos de cargas dinámicas son el efecto de la variación del viento con la altura Fig , o el efecto de la estela sobre la torre, sobre todo si el rotor está detrás de la torre, o los efectos debidos a las turbulencias.

Estas cargas dinámicas originan un problema de vibraciones, en el que hay que estudiar la frecuencia de las fuerzas que intervienen.

También hay que tener en cuenta los cambios de paso de cada pala y los efectos de las maniobras de orientación del rotor. Los efectos estáticos y dinámicos que actúan sobre el rotor se estudian en situaciones límites, tales que si en ellas se asegura que la pala no se rompe, ésta no se romperá en ninguna de las otras situaciones previsibles.

SITUACIONES LÍMITE A TENER EN CUENTA:

- a) Casos operativos (régimen estacionario) en los que se exige que los esfuerzos que actúan en la estructura estén siempre dentro de los límites de fatiga y, además, que no alcancen nunca los límites del esfuerzo de pandeo, ya que la pala se comporta como una viga empotrada y en ella aparecen esfuerzos de tracción y compresión que provocan la fatiga.

El primer caso operativo se corresponde con una velocidad nominal del viento que provoca la máxima carga y se supone con potencia y revoluciones nominales y paso de pala nulo; este caso corresponde a la carga máxima de la pala y es un esfuerzo dinámico máximo.

El segundo caso se corresponde con la máxima velocidad del viento y se supone también con potencia y revoluciones nominales, pero con paso de pala máximo; este caso es también de esfuerzo dinámico máximo.

El tercer caso se corresponde con la velocidad máxima del viento necesaria para provocar el arranque, con potencia cero y paso cero; se corresponde con un gran esfuerzo estático.

- b) Los transitorios se incluyen en los casos anteriores como esfuerzos dinámicos, con velocidades próximas a la nominal y a la de desconexión (embalamiento).

c) Los casos extremos a tener en cuenta son: El huracán y el rotor en bandera donde la velocidad del viento se duplica sin cambio de paso.

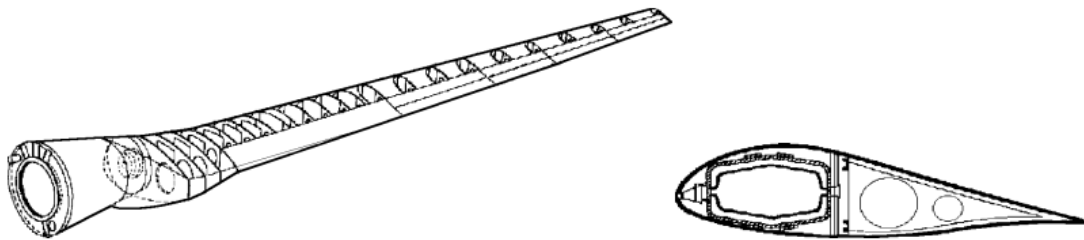
VIBRACIONES: El rotor de dos palas, en general, generará vibraciones ya que durante la rotación normal las palas describe, teóricamente, una circunferencia, pero debido a su propio peso y a la acción del viento que tiende a flexar las palas, el sistema durante la rotación no está sobre el eje de giro del rotor, debido al plegamiento y deformación de las palas bajo su propio peso, como se indica en la fig. este efecto se puede evitar parcialmente, equilibrando las palas mediante unos contrapesos que tiendan a hacer coincidir el c.d.g. del conjunto de las mismas con el eje de giro.

Sin embargo, y aún equilibrada, la hélice bipala genera vibraciones de frecuencia doble a la de rotación, debido a efectos de inercia, que si llegan a acoplarse con las vibraciones de la estructura soporte, pueden destruir el aparato. Estos inconvenientes no se presentan, en general, en el rotor tripala, aunque su equilibrado es más difícil de conseguir.

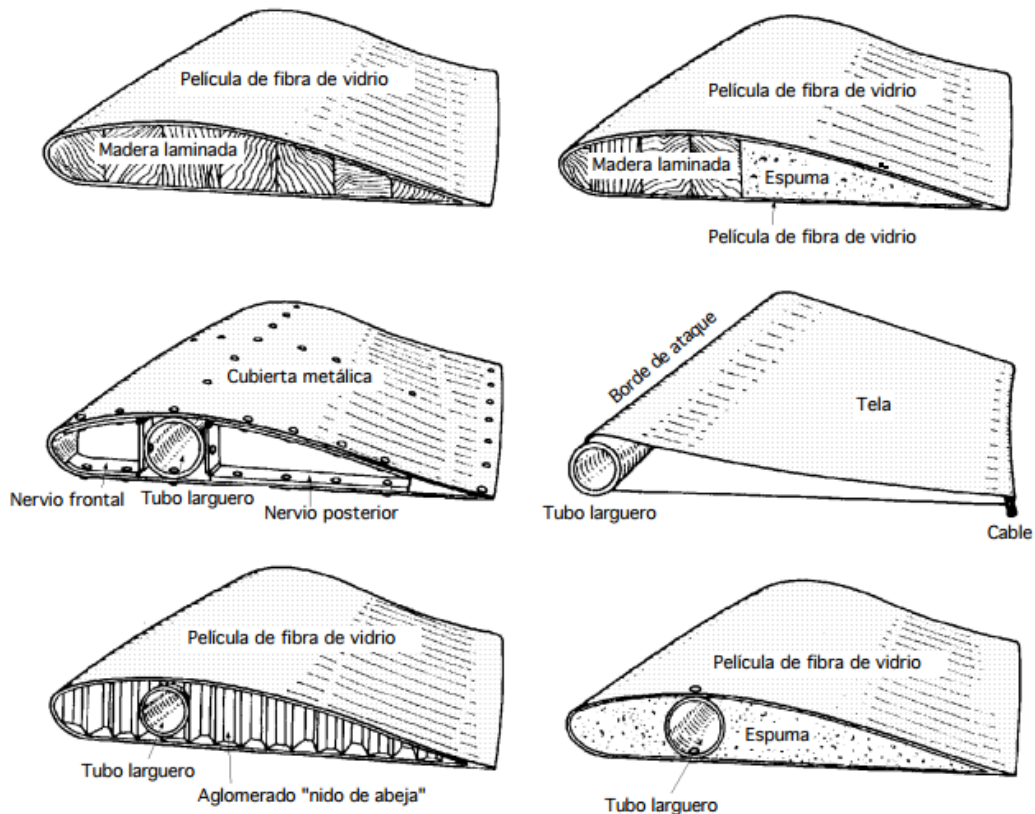
El diseño del soporte del aerogenerador y de la torre se tiene que estudiar con cuidado, de forma que sus frecuencias propias de vibración no estén próximas a las frecuencias generadas por la rotación de la hélice y así evitar el que entren en resonancia, siendo su estudio bastante complicado.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Una cuestión que hay que tener muy en cuenta en el diseño de un rotor es el problema estructural, por cuanto siempre es posible diseñar una pala muy buena desde el punto de vista aerodinámico, pero que no sea capaz de resistir los esfuerzos a que esté sometida. Otra cuestión importante es el proceso de fabricación del rotor, puesto que una disminución de costes en este sentido tiene que rebajar el coste de la instalación.



Estructura moderna de una pala



Algunas de las soluciones constructivas antiguas para la fabricación de las palas

Las palas van a estar sometidas a condiciones de trabajo muy duras, como fenómenos de corrosión, erosión, contracciones y dilataciones debidas a las vibraciones (fatiga), etc y de ahí el que sea muy importante el material con que se construyan; en su fabricación se pueden utilizar materiales baratos como telas (equipos económicos), maderas, pero una de las soluciones más interesantes consiste en utilizar estructuras de aleaciones de aluminio (duraluminio) con chapa fina, larguero central resistente y costillas que le proporcionen una cierta rigidez, fig; ésta parece la concepción más simple pero quizás sea la más cara; por ello se pueden utilizar otros procedimientos como sustituir el aluminio por acero con el inconveniente de un mayor peso para resistencias análogas.

Otro tipo de estructura previsible es la de fibra de vidrio, que se puede realizar de diversas formas. Se pueden construir mediante bobinado o colocando la fibra en sentido longitudinal o en dirección del eje, con lo que la resistencia aumenta considerablemente; estas fibras pueden ser, complejos de resinas sintéticas (fibra de vidrio + resinas epoxy), (fibra de vidrio + poliésteres), (fibras de carbono + elastómeros), etc, que se pueden moldear fácilmente, y que son interesantes para pequeñas series.

Para la construcción de la parte móvil de las palas se puede utilizar plástico armado debido a su ligereza y resistencia y para la parte fija plástico y acero.

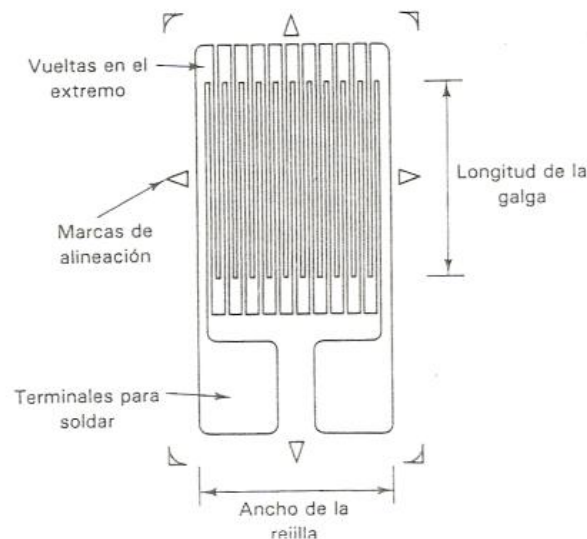
SENSORES EXTENSOMETRICOS

Los sensores a utilizar en sistemas de deflexión mecánica serían las galgas extensométricas.

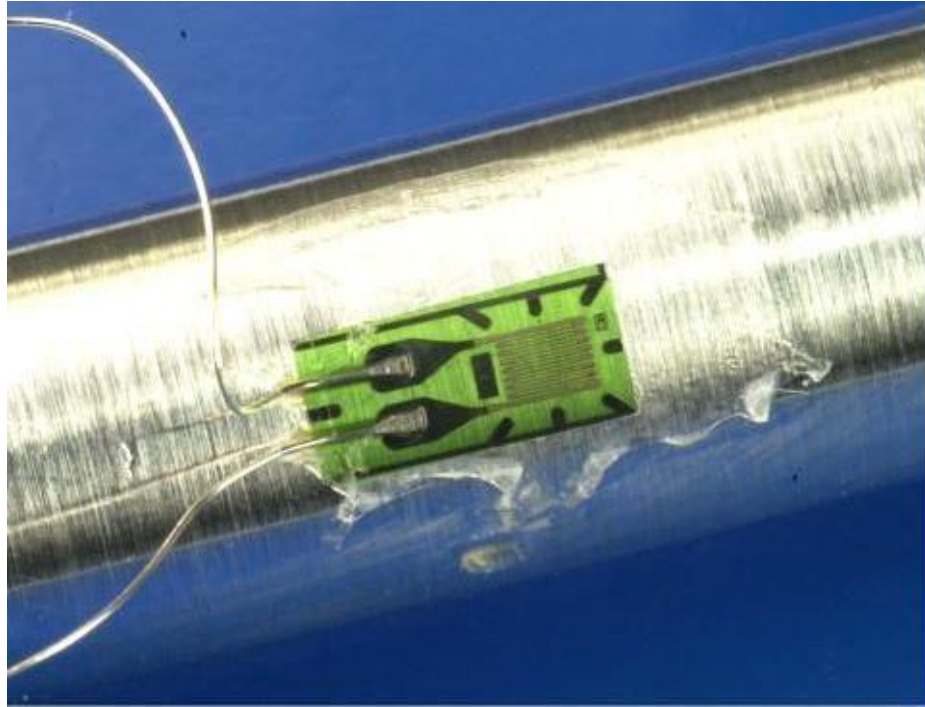
Una galga extensométrica detecta y convierte fuerza o desplazamiento mecánicos pequeños, en señales eléctricas, dado que otras variables físicas como par, presión, peso y tensión, también involucran efectos de fuerza o desplazamiento, que estas también se pueden medir con galgas extensométricas.

Además, si el desplazamiento mecánico a medir tiene una forma variable con el tiempo (con el movimiento vibratorio), se puede detectar señales con frecuencias de hasta 100 kHz.

Las galgas extensométricas reciben su nombre, porque al deformarse longitudinalmente (estiramiento) cambian su resistencia. La deformación se define como un cambio de la longitud de un material debido a una fuerza o esfuerzo aplicado externamente.



Configuración típica de una galga extensométrica. (Cortesía de Micro Engineering II.)



SENSORES DE VIBRACION

PIEZOELECTRICO

Este sensor utiliza una película de polímero piezoeléctrico y un amplificador de carga.



Fig.-Sensor de vibración

ACELEROMETRO

Los sensores de vibración son acelerómetros que permiten trabajar en frecuencias altas, que es donde se produce principalmente la vibración.

Estas frecuencias y en consecuencia estos acelerómetros se utilizan para diferentes aplicaciones, pero hay una que destaca sobre el resto, y es el control preventivo o mantenimiento preventivo en maquinaria.

Estos sensores de vibración en combinación con el acondicionador o equipo de adquisición pertinente, nos permiten llevar a cabo una instalación de sensores para el registro y posterior análisis de las vibraciones, ver tendencias de desgaste o problemas de funcionamiento de la maquinaria, debido a un mayor nivel de vibración en ciertas frecuencias.

A continuación se muestran diferentes modelos de sensores de vibración, pero no deje de visitar nuestra sección medida de vibraciones, para poder complementar estos sensores.



ACELERÓMETROS

Un *acelerómetro* es un dispositivo que mide la aceleración. La mayoría de los acelerómetros trabaja de una manera indirecta. Ponen una cantidad conocida de masa, llamada *masa sísmica*, en unión mecánica con el objeto medido, por lo que cualquier aceleración sufrida por el objeto medido también debe ser sufrida por la masa sísmica. Entonces el acelerómetro detecta la fuerza ejercida en la masa sísmica. El valor de la fuerza medida está relacionado con el valor de la aceleración por medio de la segunda ley de Newton:

$$a = \frac{F}{m_s}$$

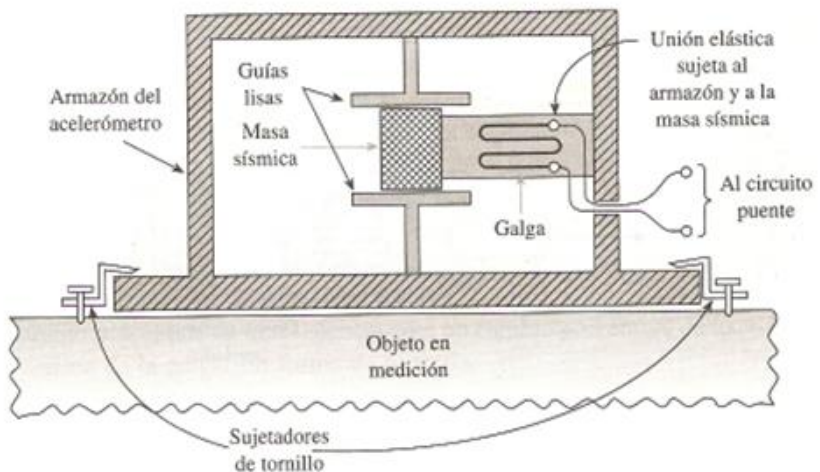
← medida por un transductor de fuerza
← cantidad fija conocida de masa

Por tanto, el transductor de fuerza puede ser calibrado para dar una lectura en unidades de aceleración.

Por ejemplo, si el valor conocido de la masa sísmica del acelerómetro es de 0.5 kilogramos, y si el transductor de fuerza del acelerómetro detecta una fuerza de 2.0 newtons ejercida en esa masa sísmica, el transductor será calibrado para dar una lectura de 4.0 metros por segundo al cuadrado, en lugar de 2.0 newtons ($a = F/m_s = 2.0 \text{ N}/0.5 \text{ kg} = 4.0 \text{ m/s}^2$).

En la figura se muestra el diagrama de un acelerómetro basado en una galga. El armazón del acelerómetro debe sujetarse firmemente al objeto medido. La masa sísmica se sujeta al armazón del acelerómetro por medio de una unión elástica de baja deflexión, que puede pensarse como un resorte muy duro. La masa sísmica es restringida por guías en las direcciones arriba/abajo y adentro/afuera, pero las guías permiten un movimiento libre izquierda/derecha.

Estructura de un acelerómetro con galga.



Sensor de aceleración de estado sólido (circuito integrado)

De los antiguos acelerómetros mecánicos, de tamaño grande y dificultoso de construir, porque incluían imanes, resortes y bobinas (en algunos modelos), se ha pasado en esta época a dispositivos

integrados, con los elementos sensibles creados sobre los propios microcircuitos.

Estos sensores, disponibles en forma de circuito integrado, son los que se utilizan normalmente en robótica experimental. Uno de los acelerómetros integrados más conocidos es el ADXL202, muy pequeño, versátil y de costo accesible.

El acelerómetro de dos ejes ADXL202

El ADXL202 es un acelerómetro de dos ejes de bajo consumo y salida digital, integrado en un chip monolítico. Mide aceleraciones hasta una escala máxima de $\pm 2 g$. Soporta golpes de hasta 1000 g. Puede medir aceleración dinámica (como por ejemplo una vibración) y también aceleración estática, como por ejemplo la atracción de la gravedad.

Este circuito integrado tiene salidas digitales, en forma de pulsos repetidos cuyo ancho varía en relación con la medición. Estas salidas en forma de pulsos se pueden medir con microcontroladores sin necesidad de contar con una entrada para la conversión Analógica/Digital. El ritmo de repetición del pulso es ajustable de 0,5 a 10 ms por medio de un resistor. Un ciclo de relación 50% significa una aceleración de 9 g.

El ruido de la señal es muy bajo, lo que permite realizar mediciones menores a 2 mg (mili g) a una frecuencia de 60 hertz. El ancho de banda de respuesta se puede determinar por medio de capacitores de filtro conectables en ambos circuitos, X e Y.

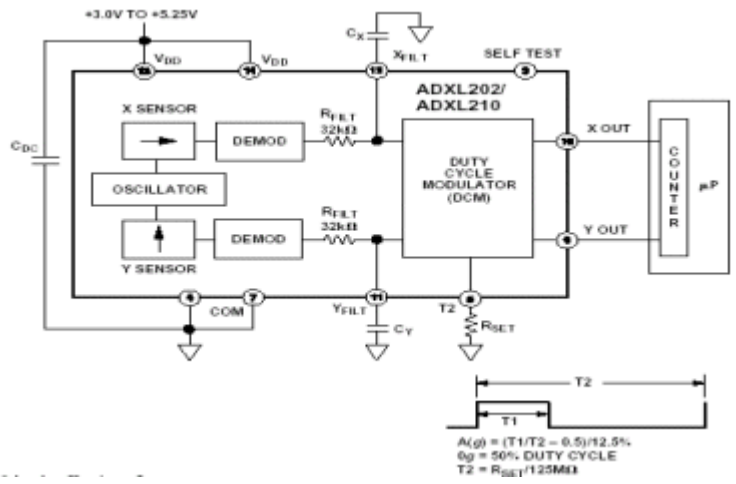


Diagrama de un ADXL202

Buscar que es un sistema microelectromecánicos (MEMS)