

Instrumentación de turbinas hidráulicas

En la actualidad, los motores hidráulicos que se utilizan exclusivamente en centrales eléctricas, son las denominadas turbinas hidráulicas, cuyo principio de funcionamiento es el mismo que el de las ruedas hidráulicas, la energía de movimiento del agua se transforma en el movimiento de giro de un eje.

En el diseño de turbomáquinas es necesaria la utilización conjunta de teoría y experimentación. El análisis dimensional permite reducir el número de experimentos necesarios para conseguir un buen diseño de una máquina de determinado tamaño y velocidad; mediante la semejanza física es posible adaptar estos resultados a otras velocidades de giro, o a máquinas geoméricamente semejantes pero de tamaños diferentes.

En todos los procesos es necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, como la presión, caudal, nivel, temperatura, velocidad, vibración. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en mejores condiciones que las que un operador podría realizar.



Control del rodete de una turbina Pelton vertical

En el caso de las turbinas hidráulicas existen una serie de instrumentos que sirven para la medición y control de magnitudes, algunos de ellos son:

TRANSDUCTORES DE CAUDAL

Son los medidores de caudal para las turbinas, consisten en un rotor que gira al paso del fluido con una velocidad directamente proporcional al caudal. La velocidad del fluido ejerce una fuerza de arrastre en el rotor, y la diferencia de presiones debida al cambio de área entre el rotor y el cono posterior ejerce una fuerza igual y opuesta. De esta manera el rotor está equilibrado hidrodinámicamente y gira entre los conos anterior y posterior sin necesidad de utilizar rodamientos axiales evitando así un rozamiento que necesariamente se produciría.

Existen dos tipos de convertidores para captar la velocidad de la turbina y por tanto el caudal de flujo:

- De reluctancia: la velocidad viene determinada por el paso de las palas individuales de la turbina a través del campo magnético creado por un imán permanentemente montado en una bobina captadora exterior. El paso de cada pala varía la reluctancia o resistencia al flujo del circuito magnético. Esta variación cambia el flujo induciendo en la bobina captadora una corriente alterna que es proporcional al giro de la turbina.
- Inductivo: el rotor lleva incorporado un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina induce una corriente alterna en una bobina captadora exterior. La frecuencia generada por el rotor de la turbina es proporcional al caudal y el número de impulsos por unidad de caudal es constante.

La turbina está limitada por la viscosidad del fluido, debido al cambio que se produce en la velocidad del perfil del líquido a través de la tubería cuando aumenta la viscosidad. En las paredes, el fluido se mueve más lentamente que en el centro, de manera que, las puntas de las palas no pueden girar a mayor velocidad.

Este transductor o medidor volumétrico por velocidad, es adecuado para la medida de caudales de líquidos limpios o filtrados, se debe instalar de tal

modo que no se vacíe cuando cesa el caudal ya que el choque del agua a alta velocidad contra el medidor vacío lo dañaría. La frecuencia generada por el medidor de la turbina se transmite a un convertidor indicador o totalizador.

REGULADORES DE VELOCIDAD

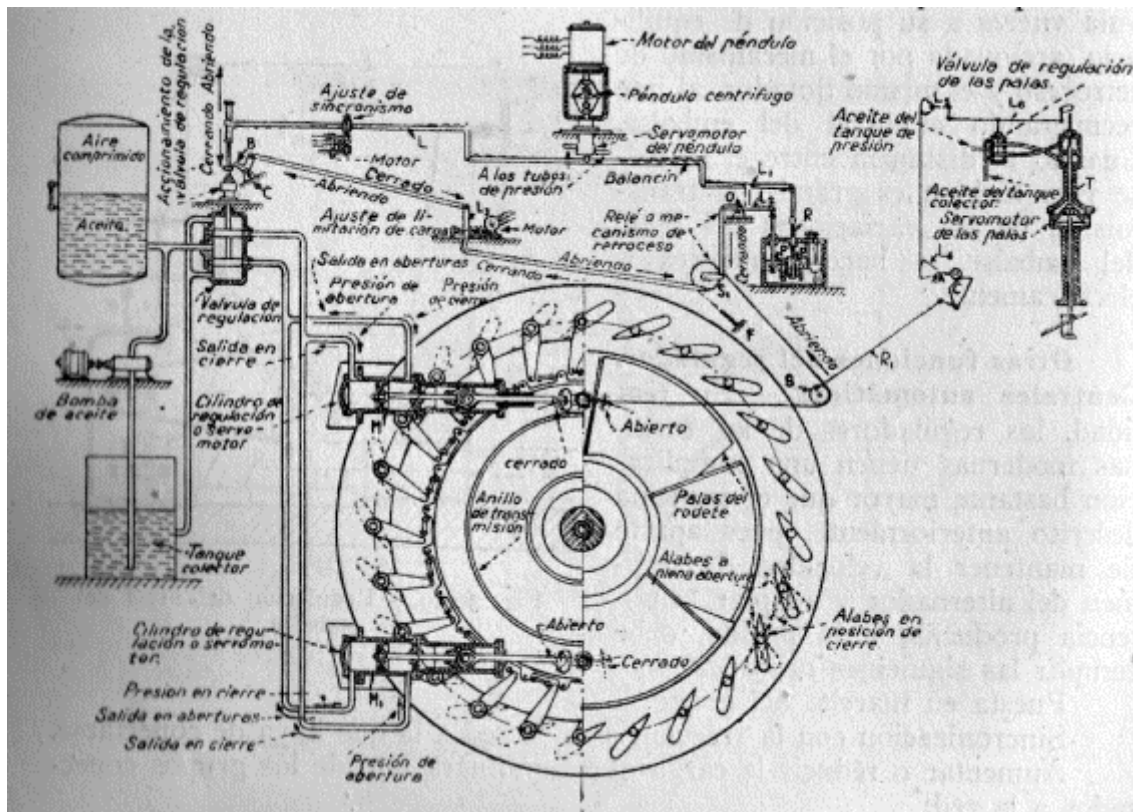
Por lo general las turbinas están provistas de reguladores automáticos, los cuales se componen esencialmente de un órgano sensible a las variaciones de velocidad de la turbina, el cual pone en movimiento a un servomotor que obliga a girar las paletas directrices del distribuidor. Actualmente se utilizan los reguladores de presión de aceite, los cuales consisten en un péndulo centrífugo, que mueve en un sentido o en otro una válvula de distribución que dirige el aceite a presión hacia una cara u otra del embolo del servomotor, abriendo o cerrando el distribuidor de la turbina.

En las turbinas hidráulicas, el rodete que gira con velocidad uniforme, recibe del agua presiones equivalentes a un par de fuerzas y permite obtener en el eje un determinado trabajo mecánico. El regulador es el mecanismo encargado de equilibrar en los motores el par motor y el par resistente, a fin de que en régimen la máquina gire a velocidad constante.

El dispositivo de regulación consiste, en primer lugar de un indicador de velocidad o tacómetro (taquímetro) que recibe generalmente el nombre de regulador, y en segundo lugar de un dispositivo que, por la acción del regulador, actúa sobre la distribución del motor y su entrada de combustible. El eje del regulador es movido por medio de engranajes o por correas, y gira a una velocidad angular que arrastra en su movimiento las dos masas, en general de forma esférica; cuya distancia al eje es variable, y por efecto de la fuerza centrífuga se separan.

La mayoría de los motores tienden a embalsarse o acelerarse al disminuir el par resistente, mientras que si dicho par aumenta, la velocidad del motor disminuye hasta anularse. Las masas en movimiento giratorio pueden absorber el exceso de energía (o el defecto) durante un corto espacio de tiempo, pero no pueden, como se comprende, absorber una diferencia durante un largo tiempo entre la potencia de la máquina y la resistente. Esto se consigue variando la entrada de agua en la turbina.

- **Sensor de régimen de giro:** Determina la velocidad de giro de la máquina mediante los impulsos originados por la reflexión de rayos infrarrojos en una banda incorporada al eje.
- **Sensor de esfuerzo:** Es una galga extensiométrica que mide la deformación de un brazo, causado por un tensor conectado a la cinta.



Esquema de los reguladores en las turbinas hidráulicas.

SENSORES O CAPTADORES DE VIBRACIÓN:

Tienen la función de tomar las vibraciones totales de la maquina hidráulica, se aplican para el registro periódico de los niveles de vibración y pueden utilizarse para el balanceo dinámico de los rotores; Estos sensores están compuestos por filtros, los cuales son dispositivos que desechan o descartan algunas partes de una señal, para que esta sea más significativa. Las señales recogidas por estos instrumentos son eléctricas y requieren ser convertidas en señales analógicas y / o digitalizadas para lograr una buena interpretación.

La información obtenida de estos sensores permitirá relacionar los eventos de ocurrencia de la vibración a los componentes que están ligados al movimiento dinámico de la maquina. Esto facilitará la identificación de las causas que producen la vibración y las posibles fuerzas dinámicas dañinas para la maquina.

La vibración puede causar en la turbina desbalanceo, desalineación, desgaste de cojinetes, cavitación, torcedura de ejes, desgaste de engranajes, partes sueltas, defectos eléctricos, falla en rodamientos, deterioro de soportes, fuerzas en tuberías, distorsión térmica y desgaste en carcazas, entre otras.



Calibradores de Vibración (Tipo METRA VC10)

SENSORES DE PRESIÓN

La presión es una variable fundamental de los procesos y su medición puede utilizarse directamente para controlarlos o para inferir otras mediciones, por ejemplo: nivel, flujo y temperatura. Los sensores o transductores utilizados se conectan a un transmisor neumático o electrónico con el fin de emitir una señal de 0.02 a 0.1 MPa. Algunos tipos son:

- Sensor de presión diferencial: Posee tomas en ambos lados de la placa orificio, con el fin de medir el caudal de paso. El sensor se conecta a las tomas de la placa orificio mediante conexiones elásticas. Es el método de medición más común, tanto para control como para indicación.
- Sensor de presión: es el encargado de determinar la diferencia de presión a ambos lados de la turbina.

Los elementos más comunes para medir la presión:

ELEMENTO	LOCAL	REMOTO	RANGO	COSTO RELATIVO	EXACTITUD (% de Intervalo)
Tubo de Bourdon	☑	☑	0-83 MPa	Bajo	$\pm 0.25-5$
Fuelles	☑	☑	0-20 MPa	Medio	$\pm 0.5-1$
Manómetros	☑		3-100 kPa	Bajo	0.1-1
Diafragma	☑	☑	3-100 Kpa	Medio	± 0.5
Calibrador de tensión		☑	Sobre 0.1 Mpa	Alto	± 1



Transmisores de Presión Electrónicos

INDICADORES DE TEMPERATURA

El aumento de la temperatura está relacionado al aumento de fricción, por lo tanto es importante en una turbina hidraulica controlar los cambios de temperatura, ya que pueden indicar el mal funcionamiento de algunas piezas.

Para medir la temperatura se utilizan sensores llamados termopares, los cuales son dos alambres de diferentes materiales, unidos para producir una fuerza termica electromotriz.



Transductor de Temperatura y Presión

VÁLVULAS

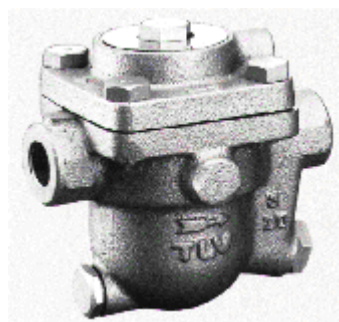
Son un dispositivo mecánico que permite abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar el agua u otros líquidos dentro de la turbina.

- **Válvula de Mariposa:** es una válvula de cuarto de vuelta que controla el flujo por medio de un disco circular, cuyo eje de lumbrera se encuentra en ángulo recto con respecto a la dirección del flujo. Es utilizada para la regulación tosca del salto de la turbina.



Válvulas Tipo Mariposa

- **Válvula de Flotador:** es una válvula de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o macho que sella o evita el paso del fluido sobre un asiento que suele ser paralelo al flujo en la tubería. Es utilizada para regular el nivel dentro de la cúpula del tanque de agua inferior, en donde se varia la presión.



Válvula de Flotador Libre

REFERENCIAS:

- <http://www.byu.com.ve/Servicios.html#Instrumentación>
- <http://ibm.enerflu.upm.es/practicass/pturbaxial.htm>
- http://www.nalejandria.com.ar/01/otto-krause/museo_tecnologico/regula.htm
- ROSALER, Robert C. Manual del Ingeniero de Planta. Editorial Mc. Graw Hill. Tomo III. México, 1997.
- CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. Editores Boixareu, sexta Edición. México, 1998.
- VIBRAN Cía. Ltda.. Ingenieros consultores en Vibraciones.

Ana María Morales Restrepo
