

INSTALACIÓN HIDRÁULICA Y MÉTODO PARA OPERAR DICHA INSTALACIÓN

DESCRIPCIÓN

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con una instalación hidráulica en la cual la concentración del sedimento en el flujo de agua que circula a través de la citada instalación es monitoreada continuamente, y a un método para operar dicha instalación hidráulica.

ANTECEDENTES

En una instalación hidráulica, en la cual un flujo forzado de agua pasa a través de una máquina hidráulica (del tipo de turbina giratoria, bomba o bomba-turbina), el monitoreo de la concentración del sedimento en este flujo de agua es de vital importancia, por cuanto origina fenómenos de abrasión en la máquina hidráulica. En particular, la concentración del sedimento es un factor clave para proyectos hidroeléctricos localizados en ríos con alto contenido de limo abrasivo. Por ejemplo, el contenido de limo (sedimento) en la corriente de un río durante la estación de inundaciones puede ir de 100 mg/L a 10 g/L o aún más. A pesar de la masiva construcción de cuencas de remoción de sedimento, el limo se desplaza adelante en el flujo de agua; este elevado contenido de limo ingresa en las partes de la máquina hidráulica que están debajo del agua a una velocidad significativa de 20 m/s a 150 m/s, lo cual conduce a una grave abrasión y desgaste erosivo de las mencionadas partes de la máquina hidráulica. Debido a la colisión continua del limo contra las partes de la máquina hidráulica que se encuentran debajo del agua, la erosión daña y cambia el perfil hidráulico de estas partes subacuáticas.

Con el fin de mitigar este daño, se aplica protección resistente a la abrasión a las partes de la máquina hidráulica localizadas debajo del agua, con el fin de mejorar las horas de servicio. Más aún, en la mayoría de los sitios, los operadores de la planta generadora de energía apagan la máquina hidráulica cuando se alcanza un umbral específico de concentración de limo. De aquí que medir la concentración de limo o sedimento desempeña un papel importante en la operación de una máquina hidráulica. En la mayoría de las plantas generadoras de energía hidráulica, la medición de la concentración del sedimento en el flujo se hace pesando manualmente el flujo que pasa a través de la máquina que comprende sedimentos, el cual es comparado con una muestra de agua limpia que se usa como referencia. Si bien este método es confiable y exacto, también es muy engorroso, dispendioso, costoso, y los resultados no están disponibles rápidamente, se necesita un pesaje muy frecuente con el fin de ofrecer una medición más continua del sedimento para establecer un registro apropiado.

En el estado de la técnica, como por ejemplo, la patente US 6466318 B1, se conoce un dispositivo que mide el diámetro y el área de las partículas en un volumen dado, por medio de un instrumento sumergible de dispersión de láser. Un rayo de luz láser se dirige a través de un vacío en donde se admite una muestra de agua que contiene partículas. Después de pasar a través del agua, la luz que se dispersa hacia delante fuera del rayo directo cae sobre

dos detectores al mismo tiempo, proporcionando dos resultados de medición que, cuando se combinan electrónicamente, arrojan un diámetro promedio de las partículas medidas. Sin embargo, este sistema funciona con base en muestreo, que no es realmente una medición continua. Más aún, este dispositivo solo puede trabajar hasta un límite de 1000 mg/L; para concentraciones más altas puede necesitar dilución que puede causar incertidumbres en la medición y no es posible una alimentación del sistema a más alta presión, porque la alta velocidad local de agua erosiva puede dañar el sistema el sistema.

Por esto, es altamente deseable desarrollar una instalación hidráulica en la cual la medición y el monitoreo de la concentración del sedimento en el flujo de agua que circula a través de la mencionada instalación hidráulica se hace de forma exacta y continua.

La invención está orientada hacia proporcionar dicha instalación hidráulica, y también un método para operar dicha instalación hidráulica.

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con una instalación hidráulica en donde la concentración del sedimento en el flujo de agua que circula a través de la citada instalación es monitoreada continuamente. De acuerdo con la invención, la instalación hidráulica comprende un dispositivo reductor de presión y un sensor primario; el dispositivo reductor de presión disminuye la presión y la descarga del flujo de agua corriente arriba, que comprende sedimentos, permitiendo que el sensor primario pueda operar continuamente midiendo la concentración del sedimento del flujo de agua corriente arriba. La instalación hidráulica también comprende un dispositivo de calibración, que le proporciona al sensor primario un valor de referencia que se va a usar para efectos de la comparación y para establecer el contenido de sedimento en el flujo de agua.

De acuerdo con la invención, la instalación hidráulica también puede comprender en el dique o la presa corriente arriba del río, un segundo sensor que también mide la concentración del sedimento en el flujo de agua en la represa o dique, también comprende una bomba o segundo dispositivo reductor de presión para efectos de alimentar adecuadamente el segundo sensor y un segundo dispositivo de calibración, dirigido a transmitir una señal de alarma al operario de la turbina, en caso de que la concentración del sedimento en el flujo de agua se eleve por encima de un valor umbral limitante predefinido, con bastante anticipación para que el operario detenga la operación de la turbina.

La instalación hidráulica también puede comprender un tercer sensor, una segunda bomba y un tercer dispositivo de calibración, instalado usualmente corriente abajo, en la salida de la turbina, para medir el contenido de sedimento en el flujo de agua corriente abajo justo después de la turbina.

La presente invención también se relaciona con un método para operar cualquiera de las instalaciones hidráulicas arriba descritas.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Los anteriores objetos y muchas de las ventajas asociadas de la presente invención se podrán apreciar más fácilmente al mejorar su comprensión mediante la consulta la siguiente descripción detallada tomada en conjunto con los dibujos acompañantes, en donde:

La Figura 1 muestra una vista panorámica de la instalación hidráulica para el monitoreo de la concentración del sedimento en el flujo de agua de acuerdo con la presente invención. La Figura 2 muestra la configuración del dispositivo reductor de presión en la instalación hidráulica para el monitoreo de la concentración del sedimento en el flujo de agua de acuerdo con la presente invención.

La Figura 3 muestra la configuración de la instalación hidráulica para el monitoreo de la concentración del sedimento en el flujo de agua corriente arriba de acuerdo con la presente invención.

La Figura 4 muestra un corte transversal del componente de filtro del dispositivo reductor de presión en la instalación hidráulica para el monitoreo de la concentración del sedimento en el flujo de agua de acuerdo con la presente invención.

La Figura 5 muestra un corte transversal de los adaptadores de alta presión en la tubería del dispositivo reductor de presión en la instalación hidráulica para el monitoreo de la concentración del sedimento en el flujo de agua de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

De acuerdo con la invención, la instalación hidráulica 100 que opera una turbina hidráulica 101, que comprende un dispositivo reductor de presión 10 y un sensor primario 20, como se muestra en la Figura 1; el dispositivo reductor de presión 10 crea significativa resistencia hidráulica y por consiguiente disminuye la presión y la descarga del flujo de agua corriente arriba 11, que comprende sedimentos, permitiendo que el sensor primario 20 pueda operar continuamente midiendo la concentración del sedimento en el flujo de agua corriente arriba 11. Dependiendo de la carga disponible en diferentes sitios en donde la instalación hidráulica 100 va a trabajar, el citado dispositivo reductor de presión 10 está diseñado de tal manera que es capaz de reducir la presión relativa por debajo de 100 kPa y descargar el flujo de agua 11 entre 2 L/min y 8 L/min de tal manera que el sensor primario 20 pueda operar. La localización del sensor primario 20 es preferiblemente la que se muestra en la Figura 1, cerca de la válvula de entrada principal 12 en el eje de la turbina en donde la carga potencial completa se encuentra disponible.

Como se muestra en la Figura 1, la instalación hidráulica 100 también comprende un dispositivo primario de calibración 40, que le proporciona al sensor primario 20 el valor de referencia (usualmente, de una muestra de agua limpia) que se va a usar para efectos de la comparación y para establecer el contenido de sedimento en el flujo de agua 11.

Con la instalación de la invención se hace el registro continuo de la concentración del sedimento en el flujo de agua 11 gracias al dispositivo reductor de presión 10 permitiendo que el sensor primario 20 trabaje de forma segura para la turbina 101 con 10 m y hasta 2000 m de carga. Esto se ha logrado manteniendo una baja velocidad del agua limosa a la presión y el flujo deseados para la operación del sensor. El beneficio más importante es que la

instalación hidráulica que salvaguarda el sensor contra la abrasión grave de ordinario comienza con 30 m/s de velocidad del agua que incluye 1 g/L de contenido de limo abrasivo y permite que el sensor opere de forma continua en los sitios de alta abrasión para durante un periodo de servicio más largo.

Además, de acuerdo con la invención, la instalación hidráulica 100 de preferencia también comprende en el dique o la presa corriente arriba del río, un sensor secundario 21 que también mide la concentración del sedimento en el flujo de agua 11 en la represa o dique, también comprende una bomba 30 o segundo dispositivo reductor de presión 14 y un segundo dispositivo de calibración 41 (ver la Figura 1 o La Figura 3). La selección para la instalación del segundo dispositivo reductor de presión 14 o bomba 30 se basará en las condiciones del sitio con el objetivo de impartir el flujo y la presión que se requieren a la entrada del segundo sensor 21 para operar continuamente. El propósito del segundo sensor 21 es transmitir una señal de alarma al operario de la turbina, en caso de que la concentración del sedimento en el flujo de agua 11 se eleve por encima del valor umbral limitante predefinido, con bastante anticipación para que el operario detenga la operación de la turbina.

Además, la instalación hidráulica 100 de la invención también puede comprender un tercer sensor 22, una bomba secundaria 31 y un tercer dispositivo de calibración 42, instalado usualmente corriente abajo, en la salida de la turbina 101, para medir el contenido de sedimento en el flujo de agua corriente abajo 13, justo después de la turbina 101.

La Figura 2 muestra los componentes del dispositivo reductor de presión 10 y su instalación conectada al sensor primario 20, una sonda 110 se inserta para recoger el agua de la línea de compuerta, usualmente a través de una llave. La sonda 110 está diseñada de tal manera que minimiza las oscilaciones locales y esto se logra al mantener la velocidad del agua a la entrada de la sonda cerca del flujo de velocidad del agua en la compuerta de 2 m/s a 15 m/s, recogiendo de esta forma un agua que comprende sedimentos similar a la que se desplaza hacia la turbina 101.

El dispositivo reductor de presión 10 también comprende por lo menos dos válvulas, una primera válvula 120 y una segunda válvula 121 instaladas justo después de la sonda 110, que tienen los siguientes objetivos:

- i) activar el flujo de agua para que avance en el dispositivo reductor de presión 10;
- ii) proporcionar un corte de emergencia, y
- iii) llevar a cabo cualquier trabajo de mantenimiento en la línea corriente abajo.

El dispositivo reductor de presión 10 también puede comprender más de dos válvulas, y estas se usan como válvulas de repuesto para efectos de seguridad en caso de errores de funcionamiento de las válvulas principales, primera válvula 120 y segunda válvula 121.

Un componente de filtro 140 se adiciona en el dispositivo reductor de presión 10 con el fin de restringir la entrada de residuos indeseados de tela, caucho, astillas finas de madera o cualquier otro material extraño. El diseño interno del filtro comprende un buen corte transversal hidráulico para que haya un flujo suave del agua con sedimentos, como se

4

muestra en el diseño del ejemplo representativo de la Figura 4. El tamaño del poro de 0,5 mm a 2 mm del tamiz de filtro 141 se selecciona de modo que permita que todas las partículas del sedimento pasen de largo con excepción de los materiales aglomerados grandes que se describieron arriba. Para la limpieza durante los taponamientos importantes del componente de filtro 140 y del tamiz de filtro 141 durante el periodo determinado, se proporcionan tamices de filtro 141 separados para arrancar rápidamente la línea. Se usa una manguera hidráulica flexible de alta presión 130 para conectar la primera y la segunda válvulas 120, 121 al componente de filtro 140.

Después del componente de filtro 140, se adapta una tubería 150, de preferencia hecha de acero inoxidable, y de preferencia de forma espiral, la cual es un segmento clave del dispositivo reductor de presión 10 como un todo que ofrece significativa resistencia hidráulica para crear gran pérdida de carga. Los coeficientes de pérdida preliminares se derivan de la bibliografía, y se comparan con la prueba de agua real; tan pronto como se recibe el coeficiente de pérdida pertinente, se aplica a cualquier proyecto nuevo para definir las características de la tubería 150, principalmente longitud y diámetro interno. En la Tabla 1 que aparece a continuación se da una referencia de los valores de pérdida de carga para una descarga dada de 3,5 Lpm.

Tabla 1

PÉRDIDA DE CARGA (HL, en metros – velocidad de flujo 3,5 L/min											
d (mm)	Velocity (m/s)	l (m)									
		2	3	5	8	10	12	14	16	18	20
2	18.6	439.3	658.9	1098.3	1757.2	-	-	-	-	-	-
2.5	11.9	146.8	220.2	367.1	587.3	734.2	881	1027.8	1174.6	1321.5	1468.3
3	8.3	59	90.2	150.4	240.6	300.8	361	421.2	481.3	541.5	601.6
3.5	6.1	28.9	43.4	72.3	115.6	144.5	173.4	202.3	231.2	260.1	289.1
4	4.6	15.1	22.6	37.7	60.4	75.5	90.6	105.7	120.8	135.9	151

La tubería 150 adopta una forma circular como un resorte, para ocupar menos espacio y hacerla compacta. La tubería 150 está soportada por un marco adecuado 160. Los extremos de la tubería 170 se fijan con adaptadores especiales de alta presión 171 que aseguran una operación sin escapes, como se muestra en la Figura 5; estos adaptadores 171 son realmente sencillos de fijar y abrir y, en caso de que haya una pequeña modificación de la tubería 150, es fácil introducir una junta de tubos.

En el diseño del ejemplo, una tercera válvula 122 está fijada corriente abajo de la tubería 150. El propósito de esta tercera válvula 122 es soslayar el flujo en caso de cualquier mal funcionamiento de la línea corriente abajo y para proteger al el sensor 20 de alta presión de los daños.

Un medidor de presión 180 se fija a la entrada del sensor primario 20 para leer la presión del flujo de agua que pasa por él. El medidor de presión 180 está montado con un adaptador de corte en T cuyo diámetro interno es similar al diámetro interno del tubo del sensor.

El flujo de agua 11 a alta presión obtiene pérdida de carga adecuada mientras pasa a través de la tubería en espiral 150, e ingresa en el sensor primario 20 en el nivel requerido de

presión con el intervalo requerido de flujo de agua 11 para asegurar una operación segura y libre de erosión. El sensor primario 20 mide la concentración de sedimento en el flujo de agua 11. El sensor se puede basar en cualquiera de los principios operativos de ultrasonido, tiempo de vuelo, óptica, láser, acústica, conductividad, densidad, imágenes fotográficas, radiación nuclear o flujo de masa de Coriolis. Los datos continuos de esta concentración del sedimento se registran y el post-procesamiento automático se hace con un software para registrar la concentración continua de las lecturas del sedimento. En la salida del sensor primario 20 está localizado un tubo de muestreo 190, de tal manera que se puede recoger una muestra de agua para hacer la verificación cruzada de la concentración del sedimento por método de sedimentación manual, cuando sea necesario.

Se usan dispositivos de calibración 40, 41 y 42 para verificar los resultados de los sensores 20, 21 & 22 como y cuando se desee. Esto asegura datos correctos con un buen nivel de exactitud durante todo el periodo. Se recomienda realizar la verificación in situ de los sensores cada tres meses después de instalación en el sitio del proyecto.

Si bien la presente invención ha sido descrita en su integridad en relación con modalidades preferidas, resulta evidente que se pueden introducir modificaciones dentro del alcance de la misma, sin considerar esto como una limitación de esas modalidades, sino por los contenidos de las siguientes reivindicaciones.

100 Instalación hidráulica

101 Turbina hidráulica

10 Dispositivo reductor de presión

20 Sensor primario

11 Flujo de agua corriente arriba

12 Válvula de entrada principal

13 Flujo de agua corriente abajo

14 Segundo dispositivo reductor de presión

40 Dispositivo primario de calibración

21 Segundo sensor

30 Bomba

41 Segundo dispositivo de calibración

22 Tercer sensor

31 Segunda bomba

42 Tercer dispositivo de calibración

110 Sonda del dispositivo reductor de presión

120 Primera válvula del dispositivo reductor de presión

121 Segunda válvula del dispositivo reductor de presión

122 Tercera válvula del dispositivo reductor de presión

140 Componente de filtro del dispositivo reductor de presión

141 Tamiz de filtro del componente de filtro del dispositivo reductor de presión

142 Componente de filtro corriente arriba en la instalación hidráulica

10

- 130 Manguera hidráulica en el dispositivo reductor de presión
- 150 Tubería en el dispositivo reductor de presión
- 160 Marco para tubería en el dispositivo reductor de presión
- 170 Extremos de la tubería en dispositivo reductor de presión
- 171 Adaptadores de alta presión en la tubería del dispositivo reductor de presión
- 180 Medidor de presión en el dispositivo reductor de presión
- 181 Medidor de presión corriente arriba en la instalación hidráulica
- 190 Tubo de muestreo en el dispositivo reductor de presión
- 191 Línea de salida