



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

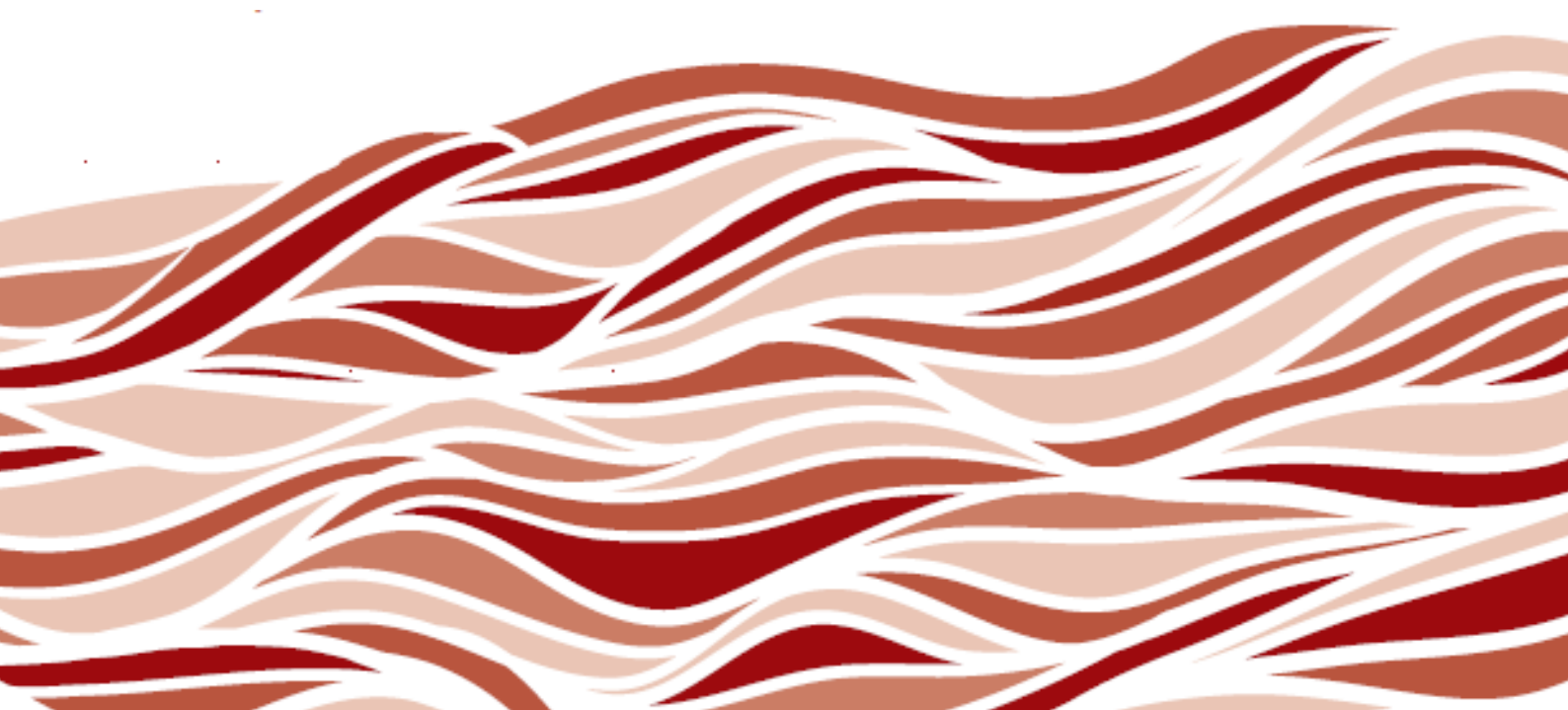


Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales
hidroeléctricas

UNIDADES

Parte 3: Sistema del gobernador de la turbina hidráulica

PCH/LT 003-3: 2019



AVISO LEGAL

El presente documento se ha elaborado sin edición oficial de las Naciones Unidas. Las denominaciones y la forma en que aparecen presentados los datos en este documento no implican, por parte de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites, o de su sistema económico o grado de desarrollo. Las denominaciones "desarrollado", "industrializado" y "en vías de desarrollo" se utilizan con fines estadísticos y no expresan necesariamente un juicio sobre la fase alcanzada por una zona o un país determinados en el proceso de desarrollo. La mención de nombres de empresas o productos comerciales no constituye ninguna aprobación por parte de la ONUDI. Aunque se ha puesto gran cuidado en mantener la exactitud de la información aquí contenida, ni la ONUDI ni sus Estados Miembros asumirán responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse del uso del material. El presente documento podrá citarse o reproducirse libremente, pero se ruega que se cite su procedencia.

Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas

UNIDADES

Parte 3: Sistema del gobernador de la turbina hidráulica

PCH/LT 003-3: 2019

AGRADECIMIENTOS

Los lineamientos técnicos (LT) son el resultado de la colaboración entre la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU DI) y la Red Internacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (INSHP). Unos 80 expertos internacionales y 40 organismos internacionales participaron en la elaboración y revisión inter pares del documento, y aportaron comentarios y sugerencias concretos para que los LT fueran profesionales y aplicables.

La ONU DI y la INSHP agradecen enormemente las contribuciones aportadas durante la elaboración de estas directrices y, en particular, las realizadas por las siguientes organizaciones internacionales:

- El Mercado Común para el África Oriental y Meridional (COMESA)
- La Red Mundial de Centros Regionales de Energía Sostenible (GN-SEC), en particular el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la CEDEAO (ECREEE), el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética de África Oriental (EACREEE), el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Pacífico (PCRE EE) y el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Caribe (CCREEE).

El Gobierno chino ha facilitado la finalización de estos lineamientos y ha sido de gran importancia para su conclusión.

La elaboración de estos lineamientos se ha beneficiado en gran medida de las valiosas aportaciones, revisiones y comentarios constructivos, así como de las contribuciones recibidas de Sr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Sr. Adoyi John Ochigbo, Sr. Arun Kumar, Sr. Atul Sarthak, Sr. Basseyy Edet Nkposong, Sr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Sra. Chang Fangyuan, Sr. Chen Changjun, Sra. Chen Hongying, Sr. Chen Xiaodong, Sra. Chen Yan, Sra. Chen Yueqing, Sra. Cheng Xialei, Sra. Chileshe Kapaya Matantilo, Sra. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Sr. Deogratias Kamweya, Sr. Dolwin Khan, Sr. Dong Guofeng, Sr. Ejaz Hussain Butt, Sra. Eva Kremere, Sra. Fang Lin, Sr. Fu Liangliang, Sr. Garaio Donald Gafiye, Sr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Sr. Guo Chenguang, Sr. Guo Hongyou, Sr. Harold John Annegam, Sra. Hou Ling, Sr. Hu Jianwei, Sra. Hu Xiaobo, Sr. Hu Yunchu, Sr. Huang Haiyang, Sr. Huang Zhengmin, Sra. Januka Gyawali, Sr. Jiang Songkun, Sr. K. M. Dhahesan Unnithan, Sr. Kipyego Cheluget, Sr. Kolade Esan, Sr. Lamyser Castellanos Rigoberto, Sr. Li Zhiwu, Sra. Li Hui, Sr. Li Xiaoyong, Sra. Li Jingjing, Sra. Li Sa, Sr. Li Zhenggui, Sra. .Liang Hong, Sr. LiangYong, Sr. Lin Xuxin, Sr. Liu Deyou, Sr. Liu Heng, Sr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Sra. Lu Xiaoyan, Sr. Lv Jianping, Sr. Manuel Mattiat, Sr. Martin Lugmayr, Sr. Mohamedain SeifElnasr, Sr. Mundia Simainga, Sr. Mukayi Musarurwa, Sr. Olumide TaiwoAlade, Sr. Ou Chuanqi, Sra. Pan Meiting, Sr. Pan Weiping, Sr. Ralf Steffen Kaeser, Sr. Rudolf Hupfl, Sr. Rui Jun , Sr. Rao Dayi, Sr. Sandeep Kher, Sr. Sergio Armando Trelles Jasso, Sr. Sindiso Ngwenga, Sr. Sidney Kilmete, Sra. Sitraka Zarasoza Rakotomahefa, Sr. Shang Zhihong, Sr. Shen Cunke, Sr. Shi Rongqing, Sra. Sanja Komadina, Sr. Tareqemtairah, Sr. Tokihiko Fujimoto, Sr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Sr. Tan Xiangqing, Sr. Tong Leyi, Sr. Wang Xinliang, Sr. Wang Fuyun, Sr. Wang Baoluo, Sr. Wei Jianghui, Sr. Wu Cong, la Sra. Xie Lihua, el Sr. Xiong Jie, la Sra. Xu Jie, la Sra. Xu Xiaoyan, el Sr. Xu Wei, el Sr. Yohane Mukabe, el Sr. Yan Wenjiao, el Sr. Yang Weijun, la Sra. Yan Li, el Sr. .Yao Shenghong, Sr. Zeng Jingnian, Sr. Zhao Guojun, Sr. Zhang Min, Sr. Zhang Liansheng, Sr. Zhang Zhenzhong, Sr. Zhang Xiaowen, Sra. Zhang Yingnan, Sr. Zheng Liang, Sr. Sr. Zheng Yu , Sr. Zhou Shuhua, Sra. Zhu Mingjuan.

Agradeceríamos cualquier otra recomendación o sugerencia de aplicación para la actualización.

Índice

Prólogo	II
Introducción.....	I
1 Alcance	1
2 Referencias normativas.....	1
3 Términos y definiciones.....	2
4 Disposiciones generales	2
4.1 Selección del modelo del gobernador y del dispositivo de presión de aceite.....	2
4.2 Situación operativa del turbogenerador hidráulico.....	2
4.3 Constante de tiempo de inercia del agua y constante de tiempo de inercia de la unidad del turbogenerador.....	2
4.4 Condiciones ambientales	2
4.5 Aceite para el sistema del gobernador de la turbina hidráulica.....	3
4.6 Otros	3
5 Requisitos técnicos.....	3
5.1 Capacidad del servomotor	3
5.2 Grado de presión de aceite.....	3
5.3 Características estáticas (caída de velocidad).....	3
5.4 Características dinámicas	4
5.5 Gobernador.....	5
5.6 Dispositivo de presión de aceite	9
6 Alcance del suministro y piezas de repuesto	10
7 Documentos técnicos	11
8 Inspección y aceptación	11
9 Placa de características, embalaje, transporte y almacenamiento	11
9.1 Placa de nombre	11
9.2 Embalaje.....	12
9.3 Transporte	12
9.4 Almacenamiento.....	12
10 Instalación, funcionamiento y mantenimiento	13
10.1 Instalación.....	13
10.2 Funcionamiento y mantenimiento.....	13
11 Periodo de garantía de calidad	13
Apéndice A (Informativo) Inspección y prueba de aceptación del sitio.....	14

Prólogo

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) es un organismo especializado del sistema de las Naciones Unidas para promover un Desarrollo Industrial Sostenible e Inclusivo (ISID) a escala mundial. La relevancia del ISID como enfoque integrado de los tres pilares del desarrollo sostenible está reconocida por la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los correspondientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que enmarcarán los esfuerzos de las Naciones Unidas y de los países hacia el desarrollo sostenible durante los próximos quince años. El mandato de la ONUDI para el ISID abarca la necesidad de apoyar la creación de sistemas energéticos sostenibles, ya que la energía es esencial para el desarrollo económico y social y para mejorar la calidad de vida. La preocupación y el debate internacionales sobre la energía han ido en aumento en las dos últimas décadas, en las que los problemas de la reducción de la pobreza, los riesgos medioambientales y el cambio climático han pasado a ocupar un lugar central.

La INSHP (Red Internacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas) es una organización internacional de coordinación y promoción del desarrollo mundial de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), que se basa en la participación voluntaria de los puntos focales regionales, subregionales y nacionales, las instituciones pertinentes, los servicios públicos y las empresas, y tiene como principal objetivo el beneficio social. El objetivo de la INSHP es promover el desarrollo mundial de las PCH mediante la cooperación técnica y económica triangular entre países en desarrollo, países desarrollados y organizaciones internacionales, con el fin de suministrar a las zonas rurales de los países en desarrollo una solución energética respetuosa con el medio ambiente, asequible y adecuada, que permita aumentar las oportunidades de empleo, mejorar los entornos ecológicos, mitigar la pobreza, mejorar los niveles de vida y culturales locales y el desarrollo económico.

La ONUDI y la INSHP han estado cooperando en el Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas desde el año 2010. Según los informes, el desarrollo de PCH en todo el mundo no ha sido suficiente para satisfacer la demanda. Uno de los obstáculos al desarrollo en la mayoría de los países es la falta de tecnologías. La ONUDI, en colaboración con la INSHP, a través de la cooperación mundial de expertos, y basándose en experiencias de desarrollo satisfactorias, decidió desarrollar los LT de PCH para satisfacer la demanda de los Estados miembros.

Estos LT se redactaron de acuerdo con las normas editoriales de las Directivas ISO/IEC, Parte 2 (véase www.iso.org/directives).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de estos LT puedan estar sujetos a derechos de patente. La ONUDI y la INSHP no serán responsables de la identificación de tales derechos de patente.

Introducción

Las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) son objeto de un reconocimiento cada vez mayor como una importante solución de energía renovable para el reto que supone la electrificación de las zonas rurales remotas. Sin embargo, mientras que la mayoría de los países de Europa, América del Norte y del Sur y China cuentan con un alto grado de capacidad instalada, el potencial de las PCH en muchos países en desarrollo sigue sin explotarse y se ve obstaculizado por una serie de factores, como la falta de buenas prácticas o normas acordadas a nivel mundial para el desarrollo de las PCH.

Estos Lineamientos Técnicos (LT) para el Desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas abordarán las limitaciones actuales de la normativa aplicada a los lineamientos técnicos para PCH aplicando los conocimientos especializados y las mejores prácticas existentes en todo el mundo. Se pretende que los países utilicen estos lineamientos acordados para apoyar su política, tecnología y ecosistemas actuales. Los países que tienen capacidades institucionales y técnicas limitadas podrán mejorar su base de conocimientos en el desarrollo de PCH, atrayendo así más inversiones en proyectos de PCH, fomentando políticas favorables y ayudando posteriormente al desarrollo económico a nivel nacional. Estos LT serán valiosos para todos los países, pero sobre todo permitirán compartir experiencias y buenas prácticas entre países con escasos conocimientos técnicos.

Los LT pueden utilizarse como principios y base para la planificación, el diseño, la construcción y la gestión de PCH de hasta 30 MW.

- Los términos y definiciones de los LT especifican los términos y definiciones técnicos profesionales utilizados habitualmente para las PCH.
- Los lineamientos de diseño proporcionan directrices sobre requisitos básicos, metodología y procedimiento en cuanto a selección del sitio, hidrología, geología, diseño del proyecto, configuraciones, cálculos energéticos, hidráulica, selección de equipos electromecánicos, construcción, estimación de costos del proyecto, valoración económica, financiación, y evaluaciones sociales y medioambientales, con el objetivo, en última instancia, de obtener las mejores soluciones de diseño.
- Los lineamientos de unidades especifican los requisitos técnicos de las turbinas de PCH, los sistemas del gobernador de las turbinas hidráulicas, los sistemas de excitación y las válvulas principales, así como los sistemas de supervisión, control, protección y las fuentes de alimentación de corriente directa.
- Los lineamientos de construcción pueden utilizarse como documentos técnicos de orientación para la construcción de proyectos de PCH.
- Los lineamientos de gestión proporcionan orientaciones técnicas para la gestión, el funcionamiento, el mantenimiento, la renovación técnica y la aceptación de proyectos de PCH.

Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales/unidades hidroeléctricas

Parte 3: Sistema del gobernador de velocidad

1 Alcance

Esta parte de los lineamientos de unidades especifica los requisitos técnicos y los requisitos básicos para el alcance del suministro, las piezas de repuesto, los documentos técnicos, la inspección y la aceptación, el embalaje, el transporte, el almacenamiento, la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento para el sistema del gobernador de la turbina hidráulica de la pequeña central hidroeléctrica (PCH).

Este documento se aplica al gobernador electrohidráulico (en lo sucesivo denominado regulador) con una capacidad de trabajo de 350 N•m o superior, así como a un dispositivo de presión de aceite.

2 Referencias normativas

En el texto, se hace referencia a los siguientes documentos, de forma tal que una parte o la totalidad del contenido de dichos documentos constituye los requisitos de este documento. Para las referencias fechadas, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento de referencia (incluidas las modificaciones).

ISO 8068, *Lubricantes, aceites industriales y productos relacionados (Clase L)—Familia T (Turbinas)—Especificación para aceites lubricantes para turbinas*

ISO 11158, *Lubricantes, aceites industriales y productos relacionados (Clase L)—Familia H (Sistemas hidráulicos)—Especificaciones para las categorías HH, HL, HM, HV y HG*

IEC 61000-4-4, *Compatibilidad electromagnética (EMC): Parte 4-4: Técnicas de prueba y medición: prueba de inmunidad a transitorios rápidos/ráfagas eléctricas*

IEC 60308, *Turbinas hidráulicas: pruebas de los sistemas de control.*

IEC 61362, *guía de especificaciones del sistema de control de turbinas hidráulicas.*

PCH/LT 001, *Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas—Términos y definiciones.*

3 Términos y definiciones

A efectos del presente documento, se aplicarán los términos y las definiciones que figuran en IEC 60308, IEC 61362 y PCH/LT 001.

4 Disposiciones generales

4.1 Selección del modelo del gobernador y del dispositivo de presión de aceite.

4.1.1 La selección del modelo del gobernador y del dispositivo de presión de aceite deberá ser razonable, la capacidad de trabajo deberá coincidir con la turbina y deberán poder controlar de manera confiable el turbogenerador bajo la cabeza hidráulica máxima y el caudal máximo y tener cierta holgura.

4.1.2 La apertura máxima real de la paleta guía deberá corresponder al menos a más del 80% de la carrera máxima del servomotor.

4.2 Situación operativa del turbogenerador hidráulico.

4.2.1 La turbina funcionará en las condiciones especificadas por el fabricante.

4.2.2 La unidad del turbogenerador deberá poder funcionar de manera estable en diversas condiciones manuales. Cuando se opera en la condición manual sin carga (el excitador del generador está funcionando en modo automático), el valor relativo de la oscilación de velocidad del turbogenerador no debe exceder el $\pm 0,3$ %.

4.3 Constante de tiempo de inercia del agua y constante de tiempo de inercia de la unidad del turbogenerador.

4.3.1 La constante de tiempo de inercia del agua T_w del sistema de desviación de agua de la turbina no deberá ser superior a 4 s.

4.3.2 La constante de tiempo de inercia T_a del turbogenerador no será inferior a 4 s para la turbina de reacción ni inferior a 2 s para la turbina de impulso.

4.3.3 La relación específica entre la constante de tiempo de inercia del agua T_w y la constante de tiempo de inercia del turbogenerador T_a no será superior a 0,4.

4.4 Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) La altitud no excederá los 2500 m. Cuando el equipo se utilice en lugares con una altitud superior a 2500 m, se considerará la reducción de la propiedad dieléctrica y la disminución del efecto de enfriamiento del aire, y el usuario deberá negociar con el proveedor.
- b) La temperatura ambiente es de 5 a 40 °C.
- c) La humedad relativa máxima mensual no deberá exceder el 85 % (sin condensación) durante el mes más húmedo, mientras que la temperatura mínima promedio mensual no deberá exceder los 25 °C durante este mes.

4.5 Aceite para el sistema del gobernador de la turbina hidráulica

El grado de viscosidad del aceite utilizado en el sistema del gobernador de la turbina hidráulica será consistente con el aceite utilizado en la turbina, el rango de temperatura del aceite es de 10 °C a 50 °C y se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Cuando el grado de presión del aceite no sea superior a 12,5 MPa, se debe seleccionar aceite hidráulico L-HL y la calidad del aceite deberá cumplir con las disposiciones de la norma ISO 8068.
- b) Cuando el grado de presión del aceite es superior a 12,5 MPa, se debe seleccionar aceite hidráulico L-HM y la calidad del aceite debe cumplir con las disposiciones de la norma ISO 11158.

4.6 Otros

Si las condiciones del entorno del servicio no cumplen con los requisitos, los índices de desempeño podrán ser negociados entre el proveedor y el usuario.

5 Requisitos técnicos

5.1 Capacidad del servomotor

La capacidad del servomotor del sistema del gobernador de la turbina hidráulica deberá coincidir con los requisitos de diseño de la turbina.

5.2 Grado de presión de aceite

El grado de presión de aceite del gobernador y del dispositivo de presión de aceite será (MPa): 2,5, 4,0, 6,3, 10,0, 12,5 y 16,0.

5.3 Características estáticas (caída de velocidad)

5.3.1 La curva característica estática será aproximadamente una línea recta.

5.3.2 Cuando el coeficiente de diferencia permanente b_p es del 4 %, consulte la Tabla 1 para conocer la banda muerta de velocidad medida en el servomotor principal.

Tabla 1. Banda muerta de velocidad del sistema del gobernador de la turbina

Elemento	Tipo de gobernador			
	Gobernador a gran escala ($A > 75\,000\text{ N}\cdot\text{m}$)	Gobernador de mediana escala ($18\,000\text{ N}\cdot\text{m} \leq A \leq 75\,000\text{ N}\cdot\text{m}$)	Gobernador a pequeña escala ($3\,000\text{ N}\cdot\text{m} \leq A < 18\,000\text{ N}\cdot\text{m}$)	Gobernador de escala ultrapequeña ($350\text{ N}\cdot\text{m} \leq A < 3\,000\text{ N}\cdot\text{m}$)
Banda muerta de velocidad i_x (%)	0,02	0,06	0,10	0,20

5.3.3 Para el sistema del gobernador de turbinas hidráulicas de la turbina Kaplan, la i_a (la inexactitud del servo sistema de álabe) no deberá exceder el 0,8 % y la desviación permitida de la curva de combinación medida y la curva de combinación teórica será del 1 % de la carrera completa. del servomotor del álabe.

5.3.4 Para el sistema del gobernador de turbinas hidráulicas de la turbina de impulso de boquillas múltiples, la desviación de posición entre dos agujas cualesquiera no excederá el 1 % de la carrera completa y la desviación de posición de cada aguja del valor promedio de todas las posiciones de las agujas no excederá el 0,5 %. bajo la condición de estado estacionario.

5.4 Características dinámicas

5.4.1 El gobernador deberá garantizar la estabilidad del turbogenerador en diversas condiciones de trabajo y en diversos modos de funcionamiento, y cumplirá los siguientes requisitos:

- a) Cuando el gobernador esté funcionando automáticamente en condiciones sin carga, aplique una señal de comando de velocidad de tipo escalonado y observe el proceso de transición. Después de que se estabilice, registre el valor relativo de la velocidad de oscilación:
 - 1) El valor relativo no excederá $\pm 0,25\%$ para el regulador de mediana y pequeña escala.
 - 2) El valor relativo no deberá exceder $\pm 0,3\%$ para el regulador de escala ultrapequeña.
- b) Si el valor relativo de la velocidad manual sin carga oscilante del turbogenerador es mayor que el valor especificado, el valor relativo de su velocidad automática sin carga oscilante no será mayor que el valor relativo de la velocidad manual sin carga oscilante.
- c) Para el turbogenerador cuya inercia rotacional no pueda satisfacer el requisito de cálculo de garantía reglamentaria, el valor relativo de su velocidad de oscilación automática sin carga será negociado por el proveedor y el usuario por separado.

5.4.2 El tiempo muerto del servomotor no será superior a 0,2 s.

5.4.3 La calidad dinámica del turbogenerador después del rechazo de la carga deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Después del 100 % de rechazo de la carga, la cresta que esté un 3 % por encima del valor de la velocidad de rotación nominal en estado estable no deberá aparecer más de dos veces en el proceso de variación de velocidad.
- b) El tiempo reglamentario deberá cumplir uno de los siguientes requisitos:
 - 1) El tiempo de regulación desde el momento en que el servomotor comienza a moverse hacia la dirección de apertura por primera vez después del rechazo de la carga hasta el momento en que el valor relativo de la velocidad de oscilación no supera el ± 1 % no deberá ser superior a 40 s.
 - 2) La relación entre el tiempo de regulación t_E desde el inicio del rechazo de la carga hasta el momento en que la desviación entre la velocidad de rotación y el valor nominal es inferior a ± 1 % y el tiempo t_M desde el inicio del rechazo de la carga hasta el momento en que la velocidad de rotación aumenta hasta el valor máximo deberá cumplir los siguientes requisitos:
 - No será superior a 8 para la turbina de reacción con cabeza hidráulica media y baja;
 - no será superior a 12 para la turbina Kaplan con un tiempo de cierre de álabes relativamente largo;
 - No será superior a 15 para la turbina de reacción con gran cabeza hidráulica y la turbina de impulso.
- c) Para el turbogenerador que suministra energía a la central hidroeléctrica después de desconectarse de la red eléctrica, la velocidad relativa mínima del turbogenerador después del rechazo de la carga no deberá ser inferior a 0,85 (excepto para las unidades de turbina de bulbo con control de irrupción y una velocidad relativamente larga). tiempo de cierre del álabe).

5.5 Gobernador

5.5.1 Los parámetros de gobierno del gobernador basado en PID serán ajustables dentro del alcance del diseño:

- a) El valor mínimo de la ganancia proporcional K_P no será superior a 0,5 y el valor máximo no será inferior a 20.
- b) El valor mínimo de la ganancia integral K_I , no será superior a $0,05 \text{ s}^{-1}$, y el valor máximo no será inferior a 10 s^{-1} .
- c) El valor mínimo de la ganancia diferencial K_D es 0, y el valor máximo no será inferior a 5 s.

PCH/LT 003-3:2019:

5.5.2 El coeficiente de caída de velocidad permanente b_p se podrá ajustar según corresponda dentro del rango del 0 al 10 %.

5.5.3 El alcance del ajuste de la señal de comando de velocidad será ± 10 % de la velocidad nominal.

5.5.4 El límite de apertura (carga) deberá ser ajustable dentro del alcance de 0 a la apertura (carga) máxima.

5.5.5 El tiempo de cierre T_f y el tiempo de apertura T_g del servomotor deberán poder ajustarse según corresponda dentro del alcance del diseño.

5.5.6 El gobernador deberá poder realizar el arranque, parada y parada de emergencia del turbogenerador en los modos automático y manual.

5.5.7 El gobernador deberá poder establecer la banda muerta artificial, su alcance es ± 1 % de la velocidad nominal y podría establecerse según corresponda dentro de su alcance de diseño.

5.5.8 Cuando la señal de entrada del detector de velocidad, la señal de cabeza hidráulica, la señal de potencia o la señal de posición del servomotor desaparecen, permitirá que la unidad del turbogenerador mantenga la carga actual, la desviación permitida de la variación de apertura del servomotor principal de la turbina deberá ser ± 1 % de su carrera completa; mientras tanto no se verá influenciada la parada ordenada y la parada de emergencia del turbogenerador.

5.5.9 Requisitos básicos del diseño del software:

- a) El software empleará el diseño estructurado y modular y satisfará los requisitos de regulación y control del turbogenerador en diversas condiciones de trabajo;
- b) El sistema de software constará de los siguientes módulos: Medición de frecuencia, regulación PID, procesamiento de entradas/salidas, visualización, diagnóstico y detección de errores.

5.5.10 Además de las funciones básicas, el gobernador basado en microcomputadora también tendrá funciones de diagnóstico de fallas y control de tolerancia a fallas, y estará equipado con una interfaz de comunicación y un protocolo de comunicación abierto.

5.5.11 Las barras de acero deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Dentro de un rango de ± 10 % de la velocidad nominal, la curva característica estática deberá aproximarse a una línea recta y su banda muerta de velocidad deberá cumplir con el valor de especificación de diseño.
- b) Dentro de un rango de ± 2 % de la velocidad nominal, el valor permitido del valor medido del coeficiente de amplificación será ± 5 % del valor de diseño.

5.5.12 El convertidor eléctrico-hidráulico y eléctrico-mecánico deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) En las condiciones de servicio especificadas, el convertidor deberá poder funcionar de forma adecuada y fiable.
- b) En la banda muerta de los convertidores electrohidráulicos, la deriva de la presión del aceite, la desviación medida del coeficiente de amplificación y el consumo de aceite no excederán el valor de diseño y el alcance de trabajo no será menor que el valor requerido de diseño.
- c) La fuerza operativa y la carrera del convertidor electromecánico no deben ser inferiores al valor de diseño.
- d) Los convertidores electrohidráulicos y electromecánicos deberán poder regresar a la posición neutra después de cortar la energía. En el estado estable, la desviación permitida de la variación de la carrera del servomotor será ± 1 % de su carrera completa cuando esté apagado.

5.5.13 Las características de flujo de la válvula distribuidora principal con la caída de presión especificada deben cumplir con el valor de diseño.

5.5.14 El regulador puede equiparse con un dispositivo de cierre por etapas según la regla de cierre de la paleta guía. Su punto de inicio será ajustable dentro del alcance de apertura de 0 a 60 %, su acción será estable y confiable y la desviación de posición de su punto de inicio no excederá ± 3 % de la carrera completa del servomotor.

5.5.15 La válvula distribuidora de emergencia deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El ajuste del tiempo de parada no deberá ser inferior al tiempo mínimo de parada del servomotor en la condición de parada rápida de emergencia;
- b) El tiempo de retardo desde la acción de la válvula distribuidora de emergencia hasta la acción del servomotor principal no será superior a 0,5 s;
- c) Se debe establecer la señal de posición que refleje el estado de acción del núcleo de la válvula.

5.5.16 Una vez ensamblados los componentes hidráulicos, la fuga de aceite no deberá exceder el valor de diseño bajo la temperatura del aceite especificada y la presión de aceite nominal.

5.5.17 El transductor de desplazamiento altamente confiable cerca del servomotor se utilizará como dispositivo de retroalimentación del servomotor. Las señales de salida del transductor de desplazamiento pueden ser del tipo de voltaje de -10 a 0 V, de 0 a 10 V o del tipo de corriente de 4 a 20 mA. El nivel de precisión del sensor de desplazamiento no será inferior a 0,5.

5.5.18 El gobernador debe emplear fuentes de alimentación de CC y CA al mismo tiempo que sirvan de reserva entre sí. Si alguno de ellos falla, se conmutará automáticamente y se activará la señal de alarma. Cuando se conmuta la fuente de alimentación, la desviación permitida de la variación de la carrera del servomotor será ± 1 % de la carrera completa. Puede garantizar el funcionamiento continuo y estable del gobernador dentro del siguiente rango de frecuencia y fuente de alimentación:

PCH/LT 003-3:2019:

- a) Fuente de alimentación de CA:

Rango de voltaje de entrada: 380/220 x (85 a 110 %) V

Desviación de frecuencia permitida: ±10 %

- b) Fuente de alimentación de corriente directa:

Rango de voltaje de entrada: 220/110 x (85 a 110 %) V

5.5.19 La resistencia de aislamiento y la tensión soportada a frecuencia industrial deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) La resistencia de aislamiento entre bucles eléctricos y entre el circuito eléctrico y el recinto o tierra no deberá ser inferior a 1 MΩ en un ambiente con una temperatura de 15 a 35 °C y una humedad relativa del 45 al 75 %.
- b) Cuando las pruebas se realicen entre la parte viva separada y la parte conductora expuesta, y entre el circuito y el recinto metálico (o tierra) en un ambiente con una temperatura de 15 a 35 °C y una humedad relativa de 45 a 75%, deberán poder realizar la tensión de prueba soportada especificada en la Tabla 2 por 5 s dependiendo de su tensión de trabajo.

Tabla 2. Resistencia a la tensión de prueba del sistema del gobernador de la turbina hidráulica

Unidad: Voltio (V)

Tensión nominal U_i	Tensión de prueba de frecuencia industrial (valor cuadrático medio de CA)
$U_i \leq 60$	1000
$600 < U_i \leq 300$	2000
$300 < U_i \leq 690$	2500

- c) El circuito auxiliar que no sea adecuado para recibir energía directamente desde el bucle principal deberá poder soportar la tensión de prueba soportada especificada en la Tabla 3 en 5 s.

Tabla 3 Tensión de prueba soportada del circuito auxiliar del sistema del gobernador de la turbina hidráulica

Unidad: Voltio (V)

Tensión nominal U_i	Tensión de prueba de frecuencia industrial (valor cuadrático medio de CA)
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$U_i > 60$	$2 U_i + 1000$, el valor mínimo es 1500

5.5.20 El dispositivo eléctrico deberá poder soportar la interferencia de la fuente de alimentación, la fuente de señal y el puerto de control, así como la interferencia del campo electromagnético radiado del ambiente; Mientras tanto, se minimizará la interferencia electromagnética del propio dispositivo y la prueba de transitorios eléctricos rápidos se realizará de acuerdo con IEC 61000-4-4. Cuando se aplica la interferencia, la función y acción del dispositivo eléctrico serán correctas y el servomotor no tendrá acción anormal.

5.6 Dispositivo de presión de aceite

5.6.1 El tanque a presión deberá cumplir con las especificaciones de diseño y uso del recipiente a presión.

5.6.2 Cuando la presión del aceite de trabajo excede los 6,3 MPa, el recipiente de presión del dispositivo de presión de aceite deberá adoptar un acumulador de tipo vejiga con el aceite y el gas separados. Cuando la presión de trabajo del aceite no exceda los 6,3 MPa, se podrá utilizar el tanque de presión ordinario con el petróleo y el gas en contacto o el acumulador de vejiga.

5.6.3 En el límite superior de la presión normal de trabajo del aceite, la relación de volumen de petróleo a gas en el recipiente a presión no aislado debe ser de 1/3 a 1/2.

5.6.4 El alcance de la presión de trabajo normal del aceite del dispositivo de presión de aceite será de $\pm 2\%$ a $\pm 5\%$ de la presión de trabajo nominal. La presión de parada de emergencia (presión mínima de parada de emergencia) se seleccionará de modo que la presión no caiga por debajo de la presión mínima de funcionamiento después de la parada.

5.6.5 En el límite inferior de la presión normal de aceite de trabajo y cuando la bomba de aceite no está arrancada, el volumen del tanque de presión deberá al menos poder proporcionar el número especificado de carreras del servomotor bajo la condición de que la caída de presión no exceda la diferencia entre el límite inferior de la presión de aceite de funcionamiento normal y la presión de aceite de funcionamiento mínima.

- a) Para la turbina Francis, deberá proporcionar 3 golpes del servomotor de paletas guía.
- b) Para la turbina de impulso también se considerarán (1,5 a 2) golpes del servomotor de aguja además de 3 golpes del servomotor deflector.
- c) Para la turbina Kaplan también se considerarán (1,5 a 2) carreras del servomotor de álabes además de 3 carreras del servomotor de paletas guía;
- d) Para el gobernador con válvula reguladora de presión, también se considerarán (1,5 a 2) carreras del servomotor de la válvula reguladora de presión además de 3 carreras del servomotor de paletas guía.
- e) Con respecto al sistema de control utilizado para el funcionamiento del sistema de potencia aislado, el volumen de aceite disponible puede incrementarse adecuadamente, que suele ser de 1,5 a 2 veces los valores antes mencionados.

PCH/LT 003-3:2019:

5.6.6 Requisitos técnicos de la bomba de aceite:

- a) El dispositivo de presión de aceite debería estar equipado con bombas de aceite dobles, una para servicio y otra para fines de reserva.
- b) La velocidad de trabajo de la bomba de aceite no debe exceder las 1500 r. p. m. cuando el gobernador esté en condiciones de trabajo estable, el tiempo de aumento de presión desde el límite inferior de la presión de trabajo normal hasta el límite superior de la presión de trabajo normal no deberá ser superior a 100 s; con respecto al regulador que funciona en el sistema de potencia aislado, el tiempo de aumento de presión desde el límite inferior de la presión de trabajo normal hasta el límite superior de la presión de trabajo normal no deberá ser superior a 40 s.
- c) En estado estático o estable del turbogenerador, el intervalo de arranque de la bomba de aceite de funcionamiento intermitente del dispositivo de presión de aceite debe ser superior a 20 min.

5.6.7 Requisitos técnicos para la válvula de seguridad:

- a) Cuando la presión del aceite sea un 2 % superior al límite superior de la presión del aceite de trabajo, la válvula de seguridad comenzará a drenar el aceite; antes de que la presión del aceite sea un 10 % superior al límite superior de la presión del aceite de trabajo, la válvula de seguridad deberá abrirse por completo para que la presión del aceite en el tanque de presión no aumente más.
- b) La tasa de fuga de la válvula de seguridad no deberá ser un 1 % mayor que la cantidad de aceite entregada por la bomba de aceite.
- c) La acción de la válvula de seguridad deberá ser correcta, confiable y libre de fuertes vibraciones y ruidos.

5.6.8 El error de acción permitido del valor establecido del anunciador de presión individual para el dispositivo de presión de aceite será ± 2 % del valor establecido.

5.6.9 El caudal de aceite en la tubería del sistema de control no debe exceder los 5 m/s.

6 Alcance del suministro y piezas de repuesto

El alcance del suministro y las piezas de repuesto incluirán los siguientes elementos:

- a) Alcance del suministro: Gobernador, dispositivo de presión de aceite, transmisores de posición y cables especiales entre la parte electrónica del gobernador y la unidad hidráulica.
- b) Piezas de repuesto: Se proporcionarán las piezas necesarias de desgaste rápido.
- c) Otros equipos y piezas de repuesto a negociar entre el proveedor y el usuario y especificados en el contrato de pedido.

7 Documentos técnicos

El proveedor deberá presentar la documentación técnica necesaria al usuario, incluyendo principalmente:

- a) Diagrama esquemático del sistema y diagramas esquemáticos operativos;
- b) vista exterior y plano de instalación;
- c) plano de disposición y diagrama de cableado de los componentes principales del gabinete del panel;
- d) documentos adjuntos al equipo subcontratado (incluido el hardware);
- e) informe de inspección de entrega y certificado de conformidad (1 juego/unidad);
- f) instalación, uso y mantenimiento;
- g) especificación de entrega.

8 Inspección y aceptación

Consulte la Tabla A.1 para conocer los elementos de inspección y aceptación.

9 Placa de características, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Placa de nombre

La placa de identificación del producto se fijará en una posición apropiadamente obvia de cada producto. Los materiales de fabricación y el método de grabado de las placas de identificación garantizarán que su texto no se borre durante todo el período de servicio. Sus principales contenidos incluirán:

- a) Nombre y modelo;
- b) presión nominal de aceite (MPa);
- c) Capacidad de servicio (N • m);
- d) tamaño nominal de la válvula distribuidora principal;
- e) volumen del tanque de presión (m³);
- f) nombre del fabricante, fecha de entrega y número de producto.

9.2 Embalaje

9.2.1 Los requisitos especiales del equipo, si los hubiera, se marcarán en el contenedor de embalaje.

9.2.2 El producto deberá tener contenedores de embalaje internos y externos, la caja enchufable deberá estar firmemente cerrada y sujeta, el contenedor de embalaje deberá estar equipado con medidas a prueba de polvo, lluvia y antivibraciones, y deberá estar provisto de instalaciones de elevación y marcas.

9.2.3 Las inspecciones del producto antes del embalaje incluyen principalmente:

- a) Si los accesorios, piezas de repuesto, certificado de cumplimiento y documentos técnicos relevantes del producto están completos;
- b) si la apariencia del producto se daña.

9.2.4 El embalaje de los productos para exportación deberá cumplir con lo establecido en las normas nacionales de inspección y cuarentena correspondientes.

9.2.5 El tiempo de garantía del embalaje no excederá los 12 meses a partir de la fecha de entrega.

9.3 Transporte

El proveedor y el usuario deberán especificar las herramientas de transporte adecuadas para el equipo y los requisitos en el proceso de transporte. El transporte y manipulación se realizará según las marcas de los envases.

9.4 Almacenamiento

9.4.1 Los productos se almacenarán en almacenes libres de polvo y a prueba de lluvia, con una temperatura ambiente de - 25 °C a + 55 °C, una humedad relativa no superior al 85 % y sin ácidos, álcalis, sal ni gases corrosivos o explosivos o fuerte campo electromagnético.

9.4.2 A partir de la fecha de entrega por parte del proveedor, el proveedor deberá garantizar que los productos están libres de corrosión y reducción de precisión debido a un embalaje inadecuado dentro de los 12 meses bajo las condiciones de almacenamiento especificadas en 4.4.

10 Instalación, funcionamiento y mantenimiento

10.1 Instalación

El producto será instalado por profesionales competentes, experimentados y bien calificados.

10.2 Funcionamiento y mantenimiento

10.2.1 Antes de entrar en funcionamiento formal, se realizarán las pruebas pertinentes y se cumplirán los requisitos especificados.

10.2.2 La operación y mantenimiento deberá cumplir con lo establecido en las referencias normativas, las instrucciones de instalación, uso y mantenimiento proporcionadas por el proveedor así como las especificaciones de operación pertinentes de la central hidroeléctrica.

10.2.3 El proveedor brindará soporte técnico para la solución de los problemas que se presenten en el proceso de instalación, uso y mantenimiento del equipo, y capacitará al personal del usuario en los aspectos de instalación, uso y mantenimiento del equipo.

11 Periodo de garantía de calidad

Bajo la premisa de que el producto se almacene, instale y utilice correctamente, el período de garantía de calidad del producto será de un año después de la fecha de la operación de ensayo de 72 horas, o dos años después de la fecha de entrega del último lote de mercancías, lo que ocurra. más temprano. Si el equipo se daña o no puede funcionar correctamente debido a la calidad de fabricación durante el período de garantía de calidad, el proveedor deberá repararlo o reemplazarlo sin cargo.

Apéndice A
(Informativo)

Inspección y prueba de aceptación del sitio.

Tabla A.1. Elementos de inspección en fábrica y prueba de aceptación en sitio del sistema del gobernador de la turbina hidráulica

N.º	Elementos de prueba	Inspección en fábrica	Aceptación del emplazamiento
1	Inspección de apariencia	✓	✓
2	Inspección de medidores	✓	✓
3	Inspección de la conexión eléctrica	✓	✓
4	Prueba de aislamiento del circuito eléctrico	✓	
5	Inspección de la función de comunicación	✓	✓
6	Inspección y prueba de la fuente de alimentación	✓	✓
7	Prueba de estanqueidad del depósito de presión	✓	
8	Prueba de la bomba de aceite	✓	
9	Prueba de fuga del dispositivo de presión de aceite	✓	✓
10	Verificación de los valores de ajuste de las señales de presión de aceite y nivel de aceite del dispositivo de presión de aceite	✓	✓
11	Prueba de simulación del funcionamiento automático del dispositivo de presión de aceite	✓	✓
12	Inspección y prueba del detector de velocidad	✓	
13	Prueba del convertidor electrohidráulico	✓	
14	Ajuste del tiempo de cierre T_i y del tiempo de apertura T_g del servomotor	✓	✓
15	Medición del alcance del tiempo de cierre y apertura del servomotor	✓	
16	Prueba de acción del circuito de funcionamiento	✓	✓
17	Prueba de conmutación de los modos de regulación y modos de control	✓	✓
18	Medición de la ganancia práctica en bucle abierto y prueba de ajuste de la ganancia en bucle abierto	✓	✓
19	Verificación de la señal de comando de velocidad de rotación, señal de comando de apertura, señal de comando de potencia y coeficiente de diferencia permanente b_p	✓	
20	Verificación de la ganancia proporcional K_P , ganancia integral K_I y ganancia diferencial K_D	✓	
21	Medición y prueba de las características estáticas (incluida la banda muerta de velocidad artificial) y la banda muerta de velocidad i_x del regulador.	✓	✓

Tabla A. 1 (continuación)

N.º	Elementos de prueba	Inspección en fábrica	Aceptación del emplazamiento
22	Medición y prueba de la curva de combinación e inexactitud i_a del servosistema de álabes.		
23	Prueba de sincronización entre las paletas guía (agujas)		✓
24	Medición y prueba del tiempo muerto del servomotor T_q	✓	✓
25	Medición del consumo total de petróleo del gobernador	✓	
26	Prueba de conmutación de la simulación de fallos y de los modos de control	✓	✓
27	Pruebas automáticas de arranque/apagado		✓
28	Prueba sin carga		✓
29	Prueba de volcado de carga		✓
30	Prueba de cierre de la paleta guía bajo la presión de aceite inferior de disparo		✓
31	Prueba de funcionamiento de 72 horas con carga continua		✓
NOTA 1 Los elementos marcados con "✓ " en la tabla debe completarse.			
NOTA 2 Si el equipo probado no tiene la estructura y función relevantes para un determinado elemento de prueba, no es necesario probar dicho elemento.			