



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

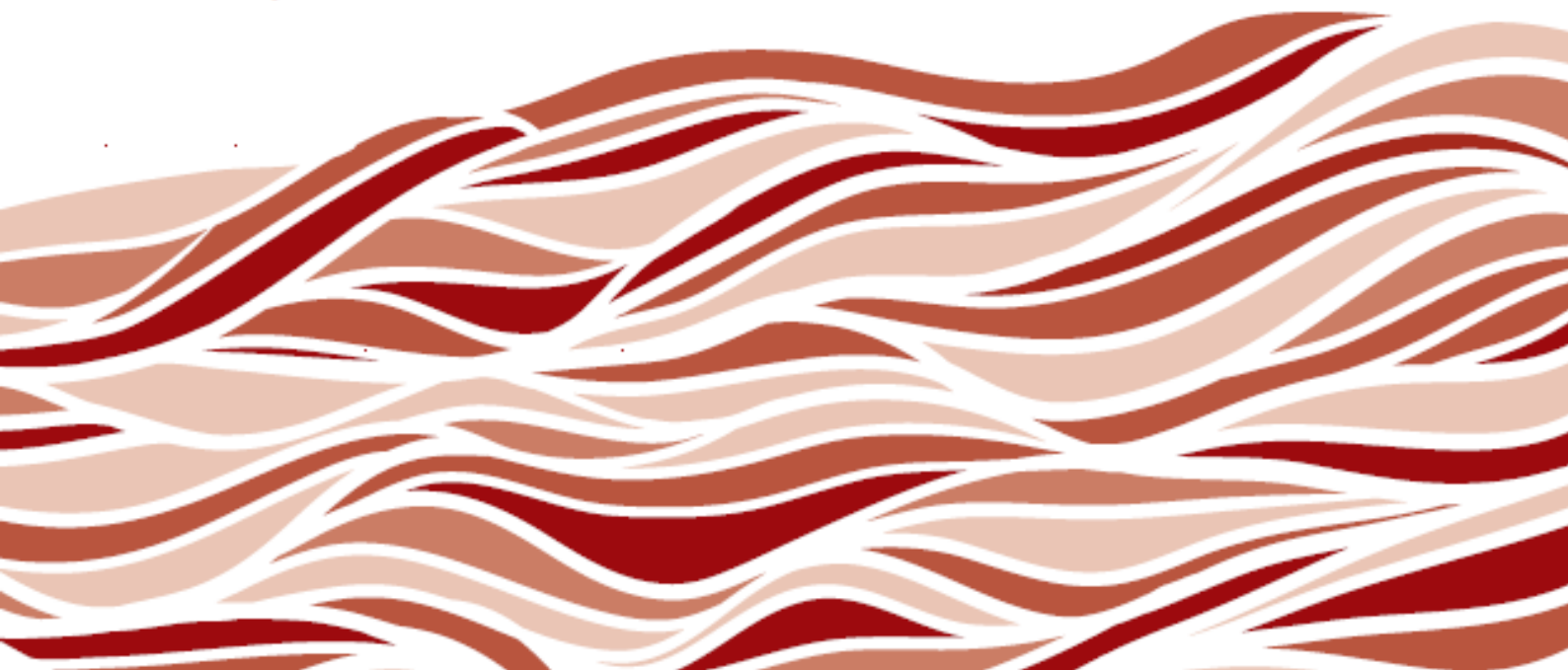


Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales
hidroeléctricas

UNIDADES

Parte 4: Sistema de excitación

SHP/TG 003-4: 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.

© 2019 ONUDI/INSHP- Todos los derechos reservados

Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas

UNIDADES

Parte 4: Sistema de excitación

SHP/TG 003-4: 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. Basse 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. Lamysier 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 Zarasoa 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 Baolu, 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.....	III
1 Alcance	1
2 Referencias normativas.....	1
3 Términos y definiciones.....	2
4 Condiciones de servicio	2
4.1 Condiciones ambientales.....	2
4.2 Condiciones de suministro de energía	3
4.3 Otras condiciones.....	3
5 Requisitos técnicos.....	3
5.1 Requisitos de desempeño.....	3
5.2 Requisitos de función del sistema	6
5.3 Otros requisitos técnicos.....	8
6 Alcance del suministro y piezas de repuesto	9
6.1 Alcance del suministro	9
6.2 Piezas de repuesto.....	9
7 Documentos técnicos	9
8 Pruebas.....	10
8.1 Prueba de entrega.....	10
8.2 Pruebas del sitio.....	10
8.3 Pruebas de tipo	10
9 Placa de características, embalaje, transporte y almacenamiento	11
9.1 Placa de nombre	11
9.2 Embalaje.....	11
9.3 Transporte	12
9.4 Almacenamiento.....	12
10 Instalación, funcionamiento y mantenimiento	12
10.1 Instalación.....	12
10.2 Funcionamiento y mantenimiento.....	12
11 Período 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 4: Sistema de excitación

1 Alcance

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

Este documento se aplica al sistema de excitación de máquinas síncronas.

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).

IEEE Std 421.1, Definiciones estándar para sistemas de excitación para máquinas síncronas

IEEE Std 421.2, Guía IEEE para la identificación, prueba y evaluación del rendimiento dinámico de los sistemas de control de excitación

IEEE Std 421.3, Requisitos de prueba de alto potencial para sistemas de excitación para máquinas síncronas

IEEE 421.4, Guía IEEE para la preparación de especificaciones de sistemas de excitación

IEEE Std 421.5, Práctica recomendada por IEEE para modelos de sistemas de excitación para estudios de estabilidad de sistemas de potencia

IEC 60034-16, Sistemas de excitación para máquinas síncronas

IEC 60529, Clasificación de grados de protección proporcionados por envoltorios

PCH/DT 001, Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas - Términos y definiciones.

3 Términos y definiciones

A los efectos de este documento, se aplican los términos y definiciones proporcionados en IEEE Std 421.1, IEEE Std 421.2, IEEE Std 421.5, IEC 60034-16, IEC 60529, SHP/TG 001.

4 Condiciones de servicio

4.1 Condiciones ambientales

4.1.1 El equipo deberá instalarse en interiores o en lugares protegidos de la intemperie, deberá utilizarse en un ambiente con aire limpio y sin riesgo de explosión; y no deberá haber gases ni polvo conductor que puedan corroer el metal y dañar el aislamiento en el aire ambiente.

4.1.2 La altitud no excederá los 2500 m. Cuando el equipo se utilice en lugares con una altitud superior a 2 500 m, se deberá considerar la reducción de las propiedades dieléctricas y la disminución del efecto de enfriamiento del aire, por lo que el usuario deberá negociar con el proveedor.

4.1.3 La temperatura ambiente para el equipo de excitación será:

- a) La temperatura ambiente interior será de -5 °C a 40 °C;
- b) La temperatura de almacenamiento será de -15 °C a 40 °C;
- c) El valor medio diario de la temperatura ambiente no será superior a 35 °C.

NOTA Si la temperatura ambiente interior excede el rango mencionado anteriormente, el usuario deberá declararlo o negociar con el proveedor.

4.1.4 La humedad relativa máxima promedio mensual del sitio de servicio no deberá ser superior al 90 % (sin condensación) en el mes más húmedo, mientras que la temperatura mínima promedio mensual no deberá ser superior a 25 °C en el mismo mes.

4.1.5 Se considerarán medidas a prueba de polvo para los equipos del sistema según los diferentes sitios de instalación; Se tomarán medidas de protección temporal, especialmente en la etapa inicial de la construcción y cuando la unidad de control local se ponga en funcionamiento por fases. Los valores de referencia para los parámetros del polvo en el lugar de servicio del equipo serán que la cantidad de polvo con un tamaño de grano superior a 0,5 μ sea inferior a 18 000 granos/L.

4.1.6 El equipo del sistema deberá poder soportar las siguientes vibraciones:

- a) La aceleración no será superior a 10 m/s² cuando la frecuencia de vibración esté en el rango de 10 Hz a 500 Hz;

- b) Se deberán dar consideraciones especiales a la estructura del equipo cuando el equipo se utilice en regiones propensas a terremotos.

4.2 Condiciones de suministro de energía

Dentro del siguiente voltaje de suministro de energía y rango de frecuencia, el sistema y los dispositivos de excitación del rectificador estático deberán poder garantizar que el generador pueda funcionar de manera continua y estable durante un largo plazo en las condiciones de trabajo nominales.

- a) Para el sistema de CA de 380 (415)/220 V, la desviación permitida del voltaje será de -15 % a +10 % del valor nominal y la desviación permitida de la frecuencia será ± 10 %;
- b) Para el sistema DC 220/110 V, la desviación permitida del voltaje será de -15 % a +10 % del valor nominal.

4.3 Otras condiciones

Otras condiciones especiales de servicio serán determinadas por el proveedor y el usuario mediante negociación.

5 Requisitos técnicos

5.1 Requisitos de desempeño

5.1.1 Cuando el voltaje y la corriente de campo del generador no sean superiores al 110 % de su voltaje y corriente de campo nominales, el sistema de excitación deberá poder funcionar de forma continua.

5.1.2 El voltaje de forzado de campo y la amplificación de corriente del sistema de excitación se considerarán según la siguiente situación:

- a) Para la unidad con una capacidad inferior a 5 MW o el sistema de excitación sin escobillas, no debe ser inferior a 1,5;
- b) Para el sistema de excitación de una unidad con una capacidad de 5 a 10 MW, no debe ser inferior a 1,8;
- c) Los requisitos especiales, si los hubiera, serán determinados por el proveedor y el usuario mediante negociación.

5.1.3 El forzamiento de campo permitido no será inferior a 10 s. duración no superior a 50 s. duración.

5.1.4 Con respecto al tiempo de respuesta de tensión del sistema de excitación, el tiempo de subida no será superior a 0,1 s y el tiempo de caída no será superior a 0,15 s.

5.1.5 El sistema de excitación deberá garantizar que la precisión de regulación de la tensión terminal del generador sea superior a $\pm 1\%$ (para la unidad con una capacidad superior a 5 MW), $\pm 2,5\%$ (para la unidad con una capacidad de 0,5 a 5 MW) o $\pm 5\%$ (para la unidad con una capacidad inferior a 0,5 MW).

5.1.6 El sistema de excitación deberá garantizar que el ajuste de regulación de voltaje de los terminales del generador sea $\pm 10\%$, que el rango no sea superior al 1% y que la característica de regulación tenga una linealidad favorable.

5.1.7 El sistema de excitación deberá garantizar que la variación permitida del voltaje del generador sea $\pm 0,5\%$ del valor nominal siempre que el valor de frecuencia cambie en un 1% en la condición de funcionamiento sin carga del generador.

5.1.8 El regulador de excitación deberá garantizar que el voltaje pueda regularse de manera estable y suave dentro del rango del 30 al 110 % del voltaje sin carga.

5.1.9 La tasa de variación del valor preestablecido de tensión no será superior al $(1\% U_N)/s$ ni inferior al $(0,3\% U_N)/s$.

5.1.10 La relación de regulación de voltaje transitorio y el tiempo de recuperación de voltaje del sistema de excitación deben cumplir los siguientes requisitos (unidades de bajo voltaje: el voltaje nominal del generador es de 690 V o menos. Unidades de alto voltaje: el voltaje nominal del generador es superior a 690 V):

- a) Rechazo repentino de carga: La amplificación de voltaje transitorio (sobrepulso) bajo el rechazo repentino de la carga nominal del turbogenerador en el factor de potencia nominal es que:
- 1) 20 % para las unidades de baja tensión;
 - 2) No más del 15 % del valor nominal para las unidades de alto voltaje;
 - 3) La frecuencia de oscilación no será más de tres veces;
 - 4) El tiempo de regulación no será superior a 5 s;
- b) Aumento repentino de carga: Cuando la carga reactiva nominal se aplica repentinamente al turbogenerador, el voltaje transitorio es el siguiente:
- 1) -20 % del valor nominal para las unidades de baja tensión;
 - 2) - 15 % del valor nominal para las unidades de alta tensión;

- c) El tiempo de recuperación de tensión después de los cambios repentinos de carga corresponderá a dos tipos de aumento o disminución de tensión transitoria como se especifica en a) y b) y no será superior a 1,5 s y 2,5 s respectivamente;
- d) Respuesta al paso: Cuando el generador de alto voltaje está sin carga y la respuesta del escalón es $\pm 10\%$, el exceso de voltaje no deberá ser más del 50 % de la cantidad del escalón, la oscilación no será más del doble y el tiempo de regulación no ser más de 3 s;
- e) Acumulación de tensión desde cero: Si el sistema de excitación se pone en funcionamiento repentinamente de modo que el voltaje terminal del turbogenerador aumenta de cero al valor nominal cuando el turbogenerador está funcionando sin carga y la velocidad de rotación está dentro del rango de (0,95 a 1,05) de la velocidad nominal, el sobrepaso de tensión no será superior al 10 % de la tensión nominal, la frecuencia de oscilación no será superior a tres veces y el tiempo de regulación no será superior a 5 s.

5.1.11 El sistema de excitación deberá poder funcionar correctamente en las siguientes condiciones de suministro de energía:

- a) Rango de voltaje: El sistema de excitación deberá poder mantener un funcionamiento normal cuando el rango de fluctuación del voltaje de suministro de energía operativa de CA del sistema de excitación sea del 70 % al 130 % en un corto tiempo (sin exceder la duración del forzamiento del campo); la fuente de alimentación de funcionamiento en espera se utilizará para garantizar que se cumpla el requisito antes mencionado cuando la fluctuación del voltaje de funcionamiento exceda el rango antes mencionado;
- b) Rango de frecuencia: El sistema de excitación deberá poder mantener un funcionamiento normal cuando la frecuencia en los terminales del generador esté dentro del rango de 45 Hz a 70 Hz.

5.1.12 El sistema de excitación se diseñará teniendo en cuenta la sobretensión en el circuito de excitación del rotor del generador y para garantizar que el valor instantáneo en el terminal de salida del bobinado del campo magnético no sea superior al 65 % del pico de tensión de prueba especificado en 5.1.16.

5.1.13 Los métodos de iniciación de excitación incluyen la excitación que se inicia con el voltaje residual y la excitación que se inicia mediante excitación separada:

- a) Excitación que se inicia con la tensión residual: La excitación deberá iniciarse de manera confiable cuando el voltaje en los terminales del generador sea mayor al 2 % del valor nominal;
- b) excitación que se inicia mediante excitación separada: La capacidad de la fuente de alimentación de inicio de excitación que emplea la excitación del rectificador estático no deberá ser superior al 10 % de la corriente de excitación sin carga del turbogenerador.

5.1.14 Excepto el sistema de excitación del pequeño turbogenerador que realiza la desexcitación apagándose, los demás sistemas de excitación deberán tener la capacidad de desexcitación y garantizar una desexcitación confiable.

5.1.15 Con respecto al equipo de excitación (excluido el excitador giratorio) que emplea enfriamiento forzado, el valor de ruido por gabinete (nivel de potencia sonora en la posición a 1 m del gabinete) no deberá ser superior a 80 dB (A).

5.1.16 La prueba de tensión soportada deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Los circuitos eléctricos del sistema de excitación deberán poder soportar la prueba de tensión soportada sin perjudicar el aislamiento.
- b) Con respecto al circuito eléctrico (excepto la maquinaria eléctrica rotativa) conectado directamente al bobinado del campo magnético o a través del rectificador, el voltaje de prueba será 10 veces el voltaje nominal del campo pero no será inferior a 1500 V cuando el campo nominal el voltaje del turbogenerador es de 500 V o menos. Con respecto al circuito eléctrico no conectado directamente al bobinado del campo magnético, la tensión de prueba será de 1000 V cuando la tensión nominal sea de 60 V o inferior, y será 2 veces la tensión nominal más 1000 V, pero no será inferior. superior a 1500 V cuando la tensión nominal sea superior a 60 V.
- c) El voltaje de prueba para la aceptación in situ de la central hidroeléctrica será el 75 % del voltaje de prueba especificado; El voltaje de prueba repetible y reparado será el 65 % del voltaje de prueba especificado.
- d) El voltaje de prueba será un valor efectivo de la onda sinusoidal de corriente alterna de frecuencia industrial. Su forma de onda debe ser cercana a la onda sinusoidal y el tiempo de prueba es de 60 s.

5.1.17 La estructura metálica del sistema de excitación autónomo deberá estar provista del terminal de puesta a tierra y marcada de forma legible con el símbolo \oplus . El terminal de puesta a tierra no se utilizará para otros fines.

5.2 Requisitos de función del sistema

5.2.1 El regulador de excitación tendrá las siguientes funciones básicas:

- a) La unidad con capacidad superior a 5 MW podrá disponer de dos canales de regulación que podrán ser dobles canales automáticos o un canal automático más un canal manual para redundancia del equipo. Dos canales de regulación deberán estar en espera mutua y ser rastreables entre sí, y podrán conmutarse automática y manualmente. Al conmutar, el voltaje en los terminales del turbogenerador o la potencia reactiva no tienen fluctuaciones obvias;
- b) el regulador de excitación basado en microcomputadora tendrá la función de comunicarse con la computadora central; la comunicación podrá realizarse con el método punto a punto;

- c) función de operación local y remota;
- d) función limitadora de sobreexcitación;
- e) función limitadora de subexcitación;
- f) función de limitación V/F (opcional);
- g) función de regulación de diferencia;
- h) función de encendido de excitación manual/automática;
- i) función de seguimiento de tensión de red;
- j) capaz de cumplir con los requisitos básicos del sistema de monitoreo;
- k) función PSS (opcional);
- l) proporcionar un sistema de control VAR o PF para el regulador de excitación basado en microcomputadora (opcional).

5.2.2 El rectificador de potencia del sistema de excitación tendrá las siguientes funciones:

- a) El ventilador de refrigeración tiene las funciones de conmutación automática y alarma en caso de parada por viento;
- b) función de alarma de fallo del fusible de acción rápida;
- c) función de alarma y detección de desaparición de pulso.

5.2.3 El equipo de desexcitación cumplirá los siguientes requisitos:

- a) Se debe utilizar desexcitación lineal para unidades con una capacidad inferior a 5 MW o con una corriente de excitación inferior a 500 A;
- b) el sistema de excitación deberá proporcionar el punto de conexión para el disparo en derivación del disyuntor a la salida del turbogenerador cuando el interruptor de desexcitación se dispara por error en el proceso de operación conectado a la red.

5.2.4 La protección contra sobretensión del rotor deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) La unidad con una capacidad de más de 5 MW o con una corriente de excitación de más de 300 A deberá estar provista de protección contra sobretensión del bobinado de excitación;

b) la protección contra sobretensión del puente electrónico con rama única no debe conectarse al fusible en serie.

5.2.5 Las principales funciones de detección incluirán: detección del pulso de disparo, detección del circuito síncrono del regulador de excitación, detección de la desconexión del transformador de tensión, detección del fusible de acción rápida del rectificador de potencia y detección de falla del canal de regulación.

5.2.6 El sistema de excitación deberá poder emitir las siguientes señales:

- a) Pérdida o falla del suministro eléctrico regulado del regulador;
- b) fallo del canal regulador;
- c) pérdida de alimentación del circuito de control de operación del sistema de excitación;
- d) fallo del gabinete del rectificador de potencia;
- e) acción del limitador de excitación;
- f) desconexión del transformador de tensión.

5.2.7 El sistema de excitación tendrá como funciones indicar la corriente de excitación, el voltaje de campo y el voltaje en las terminales del generador.

5.3 Otros requisitos técnicos

5.3.1 El transformador excitador deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El interruptor automático o el fusible de acción rápida no deberán instalarse en el lado de alta tensión del transformador excitador;
- b) la asimetría de la tensión trifásica del transformador excitador no será superior al 5 %;
- c) se aplicará blindaje y conexión a tierra entre los bobinados primario y secundario;
- d) la impedancia de cortocircuito del transformador excitador debe estar dentro del rango del 4 al 8 %;
- e) el grupo de cableado del transformador excitador trifásico debe ser del modo Y/d.

5.3.2 El transformador de tensión y el transformador de corriente deberán cumplir con los requisitos operativos del sistema de excitación y el nivel de precisión no será inferior a 0,5.

5.3.3 El nivel de protección del equipo de excitación deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El nivel de protección del gabinete del regulador de excitación deberá ser superior a IP30;
- b) el nivel de protección del gabinete del rectificador de potencia de excitación deberá ser superior a IP20;
- c) el nivel de protección proporcionado por la envolvente del transformador excitador (instalación interior) será superior a IP20.

6 Alcance del suministro y piezas de repuesto

6.1 Alcance del suministro

6.1.1 El dispositivo de excitación debe incluir unidades o bucles de control de regulación, rectificación de potencia y protección de desexcitación.

6.1.2 El proveedor y el usuario determinarán otros equipos dentro del alcance del suministro de acuerdo con los requisitos del pedido.

6.2 Piezas de repuesto

El proveedor deberá proporcionar los repuestos necesarios para los componentes dañados, entre los cuales la cantidad de piezas de repuesto para los componentes del rectificador de potencia y los fusibles de acción rápida no será inferior al 30% de la cantidad de uso; El alcance del suministro y la cantidad de otras piezas de repuesto serán determinados por el proveedor y el usuario mediante negociación.

7 Documentos técnicos

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

- a) Especificación técnica;
- b) instrucción de operación;
- c) informe de prueba de entrega y certificado de cumplimiento;
- d) unidad y los esquemas generales de depuración;
- e) esquema del sistema y diagrama esquemático de funcionamiento;

- f) lista de las piezas principales y diagrama de cableado del panel/gabinete;
- g) vista exterior y plano de instalación del equipo;
- h) lista de entrega;
- i) datos técnicos de los productos subcontratados;
- g) otros datos técnicos necesarios para la instalación, operación y mantenimiento.

8 Pruebas

8.1 Prueba de entrega

Las siguientes pruebas de entrega se realizarán de la siguiente manera. El producto sólo podrá entregarse después de pasar las pruebas.

- a) Elementos de prueba estándar: deberán cumplir con la Tabla A.1;
- b) otros elementos de prueba: serán determinados por el proveedor y el usuario mediante negociación.

8.2 Pruebas del sitio

Los elementos de las pruebas del sitio incluyen:

- a) Prueba estándar: deberá cumplir con la Tabla A.1;
- b) otros elementos de prueba: serán determinados por el proveedor y el usuario mediante negociación.

8.3 Pruebas de tipo

Con respecto al nuevo equipo de excitación producido en prueba o al equipo de excitación finalizado, la prueba de tipo se debe realizar para el sistema de excitación cuando los cambios en el proceso o en el componente clave (o material) puedan influir en el rendimiento del producto. Los elementos de la prueba de tipo incluyen:

- a) Medición de la amplificación del voltaje del techo, la relación de respuesta y el tiempo de respuesta del sistema de excitación;
- b) medición del rango de ajuste de voltaje en los terminales del generador síncrono;
- c) medición de la relación de regulación de voltaje en estado estacionario;

- d) medición de la relación de regulación de voltaje;
- e) medición del rango de ajuste de la unidad de control manual;
- f) prueba de aumento repentino de carga y rechazo repentino de carga;
- g) prueba de conmutación automática/manual;
- h) prueba del establecimiento de la tensión nominal;
- i) prueba del funcionamiento del sistema de excitación y de la confiabilidad operativa cuando el voltaje CC, CA y la frecuencia para el control varían dentro del rango especificado;
- j) prueba de desexcitación;
- k) prueba de la corriente nominal de la instalación rectificadora;
- l) medición del ruido de los equipos de excitación;
- m) prueba de temperatura ambiente máxima y mínima;
- n) prueba de operación de ensayo;
- o) todos los artículos de prueba de entrega.

9 Placa de características, embalaje, transporte y almacenamiento

9.1 Placa de nombre

Los materiales y el método de grabado de las placas de identificación deberán garantizar que los textos no se borren durante todo el período de servicio y la placa de identificación deberá contener los siguientes elementos:

Nombre del proveedor, nombre del equipo y modelo del equipo; voltaje de salida nominal y corriente de salida nominal; fuente de alimentación de control de funcionamiento; Número de producto y tiempo de entrega.

9.2 Embalaje

9.2.1 El embalaje será determinado por el proveedor y el usuario mediante negociación. 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 ni electromagnéticos fuertes. campo.

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 4.1.

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 el soporte técnico para solucionar los problemas que se presenten en el proceso de instalación, uso y mantenimiento del equipo, y capacitará al personal del usuario sobre 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 en que se complete la operación de prueba de 72 horas, o dos años después de la fecha de entrega del último lote de mercancías, lo que ocurra primero. 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 prueba de aceptación en sitio e inspección en fábrica

N.º	Elementos de prueba	Inspección en fábrica	Aceptación en el sitio
1	Prueba del transformador de excitación	✓	✓
2	Prueba del disyuntor de campo magnético	✓	✓
3	Prueba del rectificador de potencia	✓	✓
4	Prueba de resistencia no lineal	✓	✓
5	Prueba del puente controlado por silicio	✓	✓
6	Medición de aislamiento y prueba dieléctrica de los distintos componentes del sistema de excitación.	✓	✓
7	Prueba de las unidades básicas y de las unidades auxiliares del regulador de excitación automático.	✓	✓
8	Prueba de característica estática total del regulador de excitación automático.	✓	✓
9	Pruebas de bucle para la operación, protección, vigilancia, señal y puerto del sistema de excitación	✓	✓
10	Prueba de las características de inicio de excitación, aumento de presión, caída de presión y depresión del campo de conversión		✓
11	Medición del rango de ajuste de tensión y de la velocidad de variación de tensión preestablecida en los distintos canales de regulación del regulador de excitación automático		✓
12	Medición y registro de las características tensión-frecuencia del generador con el regulador de excitación automático		✓
13	Prueba de conmutación de los modos automático/manual y los dos conjuntos de canales de regulación automática	✓	✓
14	Prueba del rango de regulación de la unidad de control manual	✓	✓
15	Pruebas de respuesta escalonada del 5 o 10 % en condiciones sin carga del generador		✓
16	Detección del sistema de refrigeración del armario de potencia rectificado	✓	✓
17	Prueba de ruido	✓	✓
18	Prueba de reparto de corriente de la unidad de potencia para el sistema de excitación	✓	✓
19	Medición de la relación de regulación de voltaje del generador con el regulador de excitación automático		✓
20	Prueba de ajuste de carga reactiva y rechazo de carga del generador		✓
21	Prueba de desexcitación del generador en condiciones de trabajo sin carga y nominales		✓
22	Detección del aumento de temperatura de todas las partes del sistema de excitación		✓

Tabla A.1 (continuación)

N.º	Elementos de prueba	Inspección en fábrica	Aceptación en el sitio
23	Pruebas de corrección de ajuste y actuación de las unidades de funciones auxiliares y de las unidades de protección/detección	✓	✓
24	Prueba de corriente continua de 12 horas del dispositivo de excitación en condiciones de bajo voltaje y alta corriente	✓	
25	72 horas de operación de ensayo continua del sistema de excitación en las condiciones de trabajo nominales		✓
