



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL

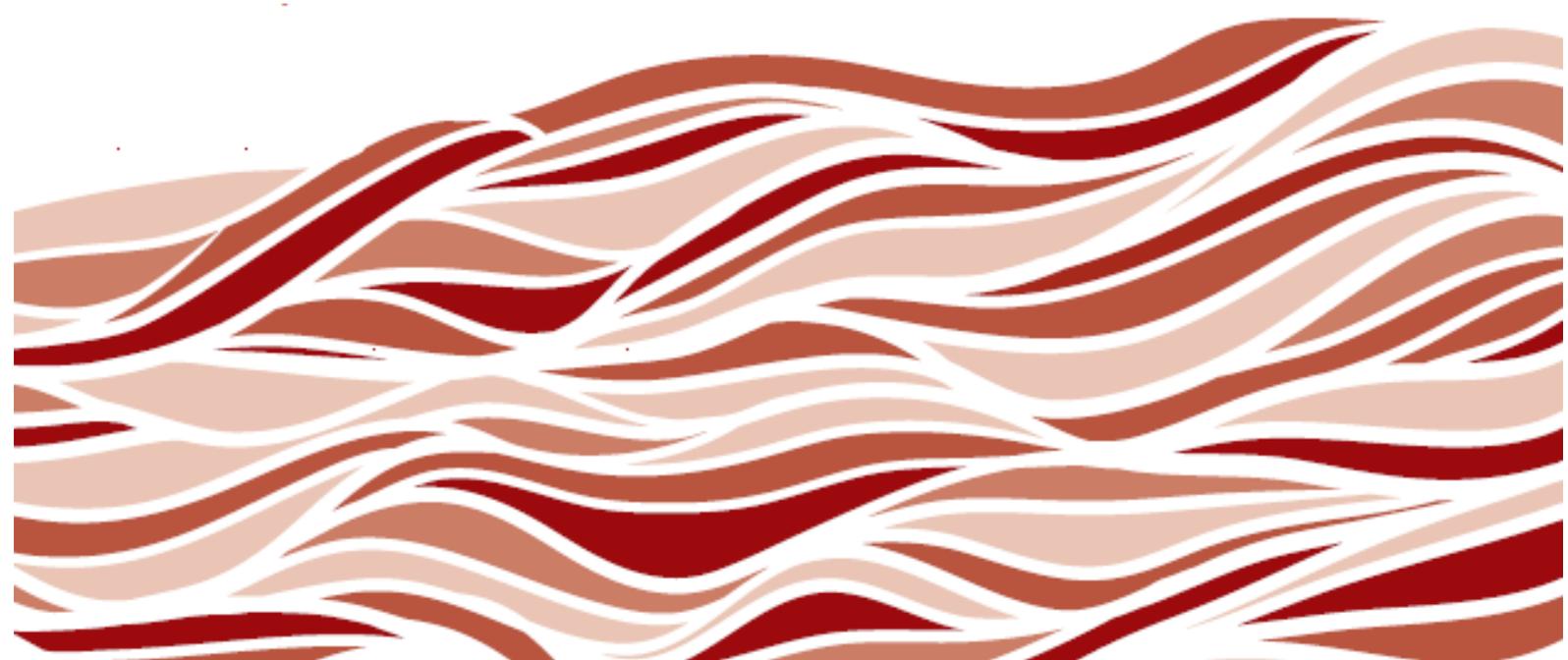


Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas
Centrais Hidroeléctricas

UNIDADES

Parte 4: Sistema de excitação

SHP/TG 003-4: 2019



DECLARAÇÃO DE EXONERAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O presente documento foi produzido sem edição formal das Nações Unidas. As designações e a apresentação do material do presente documento não reflectem qualquer opinião do Secretariado da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) sobre o estatuto jurídico de qualquer país, território, cidade ou zona das suas autoridades, ou sobre as respectivas fronteiras ou limites, sistema económico ou grau de desenvolvimento. Designações como "desenvolvido", "industrializado" e "em desenvolvimento" são utilizadas para fins estatísticos e não reflectem necessariamente uma opinião sobre o estágio alcançado por um determinado país ou zona no processo de desenvolvimento. A menção de nomes de empresas ou produtos comerciais não constitui uma aprovação por parte da UNIDO. Apesar do extremo cuidado na manutenção da precisão das informações aqui contidas, nem a UNIDO nem os seus Estados membros assumem qualquer responsabilidade pelas consequências que possam advir do uso do material. O presente documento pode ser citado ou reimpresso livremente, mediante indicação da fonte.

Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas

UNIDADES

Parte 4: Sistema de excitação

SHP/TG 003-4: 2019

AGRADECIMENTOS

As directrizes técnicas (DT) são o resultado de um esforço de colaboração entre a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e a Rede Internacional de Pequenas Centrais Hidroeléctricas (INSHP). Cerca de 80 peritos internacionais e 40 agências internacionais estiveram envolvidos na preparação do documento e na sua revisão pelos pares, e forneceram sugestões e opiniões concretas para tornar as directrizes técnicas profissionais e aplicáveis.

A UNIDO e a INSHP estão extremamente gratas pelas contribuições recebidas durante a elaboração destas directrizes, em particular as fornecidas pelas seguintes organizações internacionais:

- o Mercado Comum da África Oriental e Austral (COMESA)

- a Rede Global de Centros Regionais de Energia Sustentável (GN-SEC), nomeadamente o Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE), o Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética da África Oriental (EACREEE), o Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética do Pacífico (PCREEE) e o Centro de Energia Renovável e Eficiência Energética das Caraíbas (CCREEE).

O Governo chinês facilitou a finalização destas directrizes e teve grande importância na sua conclusão.

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

Seria muito bem-vinda a formulação de recomendações e sugestões adicionais para a actualização.

Índice

| | |
|---|-----|
| Prefácio..... | II |
| Introdução..... | III |
| 1 Âmbito | 1 |
| 2 Referências normativas..... | 1 |
| 3 Termos e definições | 2 |
| 4 Condições de serviço | 2 |
| 4.1 Condições ambientais | 2 |
| 4.2 Condições do fornecimento de energia..... | 3 |
| 4.3 Outras condições..... | 3 |
| 5 Requisitos técnicos | 3 |
| 5.1 Requisitos de desempenho | 3 |
| 5.2 Requisitos das funções do sistema | 6 |
| 5.3 Outros requisitos técnicos | 8 |
| 6 Âmbito do fornecimento e peças sobressalentes..... | 9 |
| 6.1 Âmbito do fornecimento..... | 9 |
| 6.2 Peças sobressalentes | 9 |
| 7 Documentos técnicos | 9 |
| 8 Ensaios..... | 10 |
| 8.1 Ensaio de entrega | 10 |
| 8.2 Ensaios no local | 10 |
| 8.3 Ensaios de tipo | 10 |
| 9 Placa de identificação, embalagem, transporte e armazenamento | 11 |
| 9.1 Placa de identificação..... | 11 |
| 9.2 Embalagem | 11 |
| 9.3 Transporte | 12 |
| 9.4 Armazenamento | 12 |
| 10 Instalação, operação e manutenção | 12 |
| 10.1 Instalação | 12 |
| 10.2 Operação e manutenção | 12 |
| 11 Período de garantia de qualidade | 13 |
| Anexo A (Informativo)..... | 14 |
| Inspeção e ensaio de aceitação no local | 14 |

Prefácio

A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) é uma agência especializada no âmbito do sistema das Nações Unidas para promover o desenvolvimento industrial global inclusivo e sustentável (ISID). A relevância do ISID como abordagem integrada aos três pilares do desenvolvimento sustentável é reconhecida pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e pelos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) correspondentes, que irão enquadrar os esforços das Nações Unidas e dos países rumo ao desenvolvimento sustentável nos próximos quinze anos. O mandato da UNIDO para o ISID engloba a necessidade de apoiar a criação de sistemas energéticos sustentáveis, uma vez que a energia é essencial para o desenvolvimento económico e social e para a melhoria da qualidade de vida. A preocupação e o debate internacionais sobre energia têm crescido cada vez mais nas últimas duas décadas, com as questões da redução da pobreza, dos riscos ambientais e das alterações climáticas a assumirem agora um lugar central.

A INSHP (Rede Internacional de Pequenas Centrais Hidreléctricas) é uma organização internacional de coordenação e promoção para o desenvolvimento global de pequenas centrais hidroeléctricas (PCH), baseada na participação voluntária de pontos focais regionais, sub-regionais e nacionais, instituições relevantes, serviços públicos e empresas, e cujo principal objectivo são os benefícios sociais. A INSHP visa a promoção do desenvolvimento global de PCH através da cooperação triangular técnica e económica entre países em desenvolvimento, países desenvolvidos e organizações internacionais, a fim de abastecer as zonas rurais dos países em desenvolvimento com energia ambientalmente saudável, acessível e adequada, o que levará ao aumento das oportunidades de trabalho, à melhoria dos ambientes ecológicos, à redução da pobreza, à melhoria dos padrões de vida e de cultura locais e ao desenvolvimento económico.

A UNIDO e a INSHP colaboram no Relatório Mundial de Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas desde 2010. Com base nos relatórios, o desenvolvimento de PCH não responde à procura. Um dos obstáculos ao desenvolvimento na maioria dos países é a falta de tecnologias. A UNIDO, em colaboração com a INSHP, através da cooperação de peritos a nível mundial e com base em experiências de desenvolvimento bem-sucedidas, decidiu desenvolver as directrizes técnicas das PCH para satisfazer a procura dos Estados membros.

Estas directrizes técnicas foram elaboradas de acordo com as regras editoriais das Directivas ISO/IEC, Parte 2 (consultar www.iso.org/directives).

Chama-se especial atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos destas directrizes técnicas possam estar sujeitos a direitos de autor. A UNIDO e a INSHP não podem ser responsabilizadas pela identificação desses direitos de autor.

Introdução

As Pequenas Centrais Hidroeléctricas (PCH) são cada vez mais reconhecidas como uma importante solução de energia renovável para a electrificação de zonas rurais remotas. Contudo, embora a maioria dos países europeus, da América do Norte e do Sul e a China tenham elevados níveis de capacidade instalada, o potencial de uma PCH em muitos países em desenvolvimento permanece desconhecido e é prejudicado por vários factores, incluindo a falta de boas práticas ou normas globalmente acordadas para o desenvolvimento de PCH.

As presentes Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas (TG) vão abordar as actuais limitações das regulamentações aplicáveis às directrizes técnicas para PCH, aplicando conhecimentos especializados e as melhores práticas existentes em todo o mundo. Pretende-se que os países utilizem estas directrizes para apoiar as suas políticas, tecnologias e ecossistemas actuais. Os países com capacidades institucionais e técnicas limitadas poderão melhorar a sua base de conhecimentos no que respeita ao desenvolvimento de PCH, atraindo assim mais investimentos para projectos de PCH, encorajando políticas favoráveis e, conseqüentemente, contribuindo para o desenvolvimento económico a nível nacional. Estas directrizes técnicas serão valiosas para todos os países, mas, sobretudo, permitem a partilha de experiências e boas práticas entre países com conhecimentos técnicos limitados.

As directrizes técnicas podem ser utilizadas como princípios e fundamentos para o planeamento, estruturação, construção e gestão de PCH até 30 MW.

- Os termos e definições presentes nas directrizes técnicas especificam os termos e definições técnicas profissionais normalmente utilizados para PCH.
- As Directrizes de Concepção fornecem directrizes para os requisitos básicos, metodologia e procedimentos em termos de selecção do local, hidrologia, geologia, plano do projecto, configurações, cálculos de energia, hidráulica, selecção de equipamentos electromecânicos, construção, estimativas de custo, avaliação económica, financiamento, avaliações sociais e ambientais do projecto - com o objectivo último de obter as melhores soluções de concepção.
- As Directrizes das Unidades especificam os requisitos técnicos para turbinas, geradores, sistemas de regulação de turbinas hidráulicas, sistemas de excitação e válvulas principais, bem como para sistemas de vigilância, controlo, protecção e alimentação de corrente contínua, de PCH.
- As Directrizes de Construção podem ser utilizadas como documentos de orientação técnica para a construção de projectos de PCH.
- As Directrizes de Gestão fornecem orientações técnicas para a gestão, operação e manutenção, renovação técnica e aceitação de projectos de PCH.

Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroeléctricas - Unidades

Parte 4: Sistema de excitação

1 Âmbito

Esta parte das Directrizes das Unidades especifica os requisitos técnicos, bem como os requisitos básicos para o âmbito de fornecimento, peças sobressalentes, documentos técnicos, inspecção e aceitação, embalagem, transporte, armazenamento, instalação, operação e manutenção do sistema de excitação da pequena central hidroeléctrica (PCH).

Este documento aplica-se ao sistema de excitação síncrono da máquina.

2 Referências normativas

Os seguintes documentos são referidos no texto de tal forma que parte ou a totalidade do seu conteúdo constitui uma exigência deste documento. Para referências datadas, é apenas aplicável a edição citada. Para referências não datadas, é aplicável a mais recente edição do documento referido (incluindo eventuais alterações).

IEEE Std 421.1, Definições normalizadas para sistemas de excitação de máquinas síncronas

IEEE Std 421.2, Guia IEEE para a identificação, ensaio e avaliação do desempenho dinâmico dos sistemas de controlo de excitação

IEEE Std 421.3, Requisitos do ensaio de alto potencial para sistemas de excitação de máquinas síncronas

IEEE 421.4, Guia IEEE para a elaboração de especificações para o sistema de excitação

IEEE Std 421.5, Práticas recomendadas pela IEEE para modelos de sistema de excitação para estudos de estabilidade do sistema de alimentação de energia eléctrica

IEC 60034-16, Sistemas de excitação de máquinas síncronas

IEC 60529, Classificação dos graus de protecção fornecidos pelos invólucros

SHP/TG 001, Directrizes técnicas para o desenvolvimento de pequenas centrais hidroeléctricas - Termos e definições

3 Termos e definições

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis os termos e definições constantes de IEEE Std 421.1, IEEE Std 421.2, IEEE Std 421.5, IEC 60034-16, IEC 60529 e SHP/TG 001.

4 Condições de serviço

4.1 Condições ambientais

4.1.1 O equipamento deve ser instalado no interior ou em locais protegidos contra intempéries, deve ser utilizado em ambientes com ar limpo e sem riscos de explosão. Não deve haver gases ou poeiras condutoras que possam corroer o metal e danificar o isolamento no ar ambiente.

4.1.2 A altitude não deve exceder os 2500 m. Quando o equipamento for utilizado em locais com uma altitude superior a 2500 m, deve ser considerada a redução das propriedades dieléctricas e a diminuição do efeito de arrefecimento ar, o que o utilizador deve negociar com o fornecedor.

4.1.3 A temperatura ambiente do equipamento de excitação deve ser:

- a) A temperatura ambiente no interior deve estar entre -5 °C e 40 °C;
- b) A temperatura de armazenamento deve estar entre -15 °C e 40 °C;
- c) O valor médio diário da temperatura ambiente não deve ser superior a 35 °C.

NOTA Se a temperatura ambiente no interior exceder a faixa citada, o utilizador deve informar o fornecedor ou negociar com o mesmo.

4.1.4 A humidade relativa média mensal máxima do local de serviço não deve ser superior a 90% (sem condensação) no mês mais húmido, enquanto a temperatura mínima média mensal não deve ser superior a 25 °C no mesmo mês.

4.1.5 Devem ser consideradas medidas anti-poeiras para o equipamento do sistema, de acordo com os diferentes locais de instalação. Devem ser tomadas medidas de protecção temporárias especialmente na fase inicial da construção e quando a unidade de comando local for colocada em funcionamento por fases. Os valores de referência para os parâmetros de poeira no local de serviço do equipamento devem assegurar que a quantidade de poeira com grãos de dimensões superiores a 0,5 µ seja inferior a 18 000 grãos/l.

4.1.6 O equipamento do sistema deve poder suportar as seguintes vibrações:

- a) A aceleração não deve ser superior a 10 m/s^2 quando a frequência de vibração estiver na faixa entre 10 Hz e 500 Hz;
- b) Deve ser dada especial atenção à estrutura do equipamento quando o equipamento for utilizado em áreas de elevada sismicidade.

4.2 Condições do fornecimento de energia

Dentro da faixa de frequência e de tensão de alimentação eléctrica seguinte, os dispositivos e o sistema de excitação do rectificador estático devem poder garantir o funcionamento contínuo e a estabilidade do gerador por um longo período de tempo, nas condições de serviço nominais:

- a) Para o sistema AC 380(415)/220 V, o desvio admissível da tensão deve estar entre -15% e +10% do valor nominal e o desvio admissível da frequência deve ser de $\pm 10\%$;
- b) Para o sistema DC 220/110 V, o desvio admissível da tensão deve estar entre -15% e +10% do valor nominal.

4.3 Outras condições

Outras condições especiais de serviço devem ser negociadas entre o fornecedor e o utilizador.

5 Requisitos técnicos

5.1 Requisitos de desempenho

5.1.1 Quando a tensão e a corrente de campo do gerador não forem superiores a 110% da tensão e da corrente nominal de campo, o sistema de excitação pode funcionar continuamente.

5.1.2 A voltagem forçada do campo e a amplificação da corrente do sistema de excitação devem ser consideradas de acordo com as seguintes situações:

- a) Para a unidade de potência inferior a 5 MW ou para o sistema de excitação sem escovas, não devem ser inferiores a 1,5;
- b) Para o sistema de excitação da unidade de potência entre 5 MW e 10 MW, não devem ser inferiores a 1,8;
- c) Caso existam, os requisitos especiais devem ser negociados entre o fornecedor e o utilizador.

5.1.3 A força do campo admissível não deve ter uma duração inferior a 10 s nem superior a 50 s.

5.1.4 Em relação ao tempo de resposta da tensão do sistema de excitação, o tempo de subida não deve ser superior a 0,1 s e o tempo de queda não deve ser superior a 0,15 s.

5.1.5 O sistema de excitação deve garantir que a precisão de regulação da tensão do terminal do gerador é superior a $\pm 1\%$ (para a unidade de potência acima de 5 MW), $\pm 2,5\%$ (para a unidade de potência entre 0,5 MW e 5 MW) ou $\pm 5\%$ (para a unidade de potência inferior a 0,5 MW).

5.1.6 O sistema de excitação deve garantir que a definição da regulação da tensão dos terminais do gerador seja de $\pm 10\%$, a faixa não seja superior a 1% e a característica de regulação tenha uma linearidade favorável.

5.1.7 O sistema de excitação deve garantir que a variação admissível da tensão do gerador seja de $\pm 0,5\%$ do valor nominal sempre que o valor da frequência variar 1% na condição de funcionamento sem carga do gerador.

5.1.8 O regulador de excitação deve garantir que a tensão seja estabelecida de forma estável e linear dentro da faixa entre 30% e 110% da tensão sem carga.

5.1.9 A taxa de variação do valor de tensão predefinido não deve ser superior a $(1\% U_N)/s$ nem inferior a $(0,3\% U_N)/s$.

5.1.10 A razão de regulação da tensão transiente e o tempo de recuperação da tensão do sistema de excitação devem cumprir os seguintes requisitos (unidades de baixa tensão: a tensão nominal do gerador é de 690 V ou inferior; unidades de alta tensão: a tensão nominal do gerador é superior a 690 V):

- a) Rejeição repentina da carga: O factor de amplificação de tensão transitória (sobre-regulação) sob a carga nominal de rejeição repentina do gerador da turbina no factor de potência nominal é:
- 1) 20% para as unidades de baixa tensão;
 - 2) Não superior a 15% do valor nominal para as unidades de alta tensão;
 - 3) A frequência de oscilação não deve ser superior ao triplo;
 - 4) O tempo de regulação não deve ser superior a 5 s;
- b) Aumento repentino da carga: quando a carga reactiva nominal for aplicada repentinamente no gerador da turbina, a tensão transiente deve ser:
- 1) -20% do valor nominal para as unidades de baixa tensão;
 - 2) -15% do valor nominal para as unidades de alta tensão;

- c) O tempo de recuperação da tensão após as mudanças repentinas de carga deve corresponder a dois tipos de aumento ou diminuição da tensão transiente, conforme especificado em a) e b), e não deve ser superior a 1,5 s e 2,5 s, respectivamente;
- d) Resposta transitória ao degrau: Quando o gerador de alta tensão estiver na condição sem carga e a resposta transitória ao degrau for $\pm 10\%$, a sobre-regulação da tensão não deve ser superior a 50% do valor do degrau, a oscilação não deve ser superior ao dobro e o tempo de regulação não deve ser superior a 3 s;
- e) Escorvagem em tensão a partir do zero: Se o sistema de excitação for colocado em funcionamento de maneira repentina de tal forma que a tensão terminal do gerador da turbina aumente de zero para o valor nominal quando o gerador da turbina estiver a funcionar em condições sem carga e a velocidade de rotação estiver dentro da faixa de (0,95 a 1,05) da velocidade nominal, a sobre-regulação da tensão não deve ser superior a 10% da tensão nominal, a frequência de oscilação não deve ser três vezes superior e o tempo de regulação não deve ser superior a 5 s.

5.1.11 O sistema de excitação deve poder funcionar adequadamente nas seguintes condições de alimentação:

- a) Faixa de tensão: O sistema de excitação deve poder manter o funcionamento normal quando a faixa de flutuação da tensão de fornecimento de energia de corrente alternada do sistema de excitação estiver entre 70% e 130% num curto período (não excedendo a duração da força de campo). A fonte de alimentação de reserva deve ser utilizada para garantir que os requisitos mencionados são cumpridos quando a flutuação da tensão de funcionamento exceder a faixa citada;
- b) Faixa de frequência: O sistema de excitação deve poder manter o funcionamento normal quando a frequência nos terminais do gerador está dentro da faixa entre 45 Hz e 70 Hz.

5.1.12 O sistema de excitação deve ser concebido tendo em conta a sobretensão no circuito de excitação do rotor do gerador e de forma a assegurar que o valor instantâneo no terminal de saída do enrolamento do campo magnético não é superior a 65% do pico de tensão do ensaio especificado no ponto 5.1.16.

5.1.13 Os métodos de iniciação da excitação incluem a iniciação da excitação com tensão residual e a iniciação da excitação por excitação separada:

- a) Iniciação da excitação com tensão residual: A excitação deve ser iniciada de forma segura quando a tensão nos terminais do gerador é superior a 2% do valor nominal;

- b) Iniciação da excitação por excitação separada: A potência da fonte de alimentação em iniciação da excitação ao utilizar a excitação do rectificador estático não deve ser superior a 10% da corrente de excitação sem carga do gerador da turbina.

5.1.14 À excepção do sistema de excitação do pequeno gerador da turbina que realiza a desexcitação por desligamento, os outros sistemas de excitação devem ter capacidade de desexcitação e garantir uma desexcitação confiável.

5.1.15 Em relação ao equipamento de excitação (excluindo o excitador rotativo) que utiliza a refrigeração forçada, o valor de ruído por quadro (nível de potência acústica a 1 m do quadro) não deve ser superior a 80 dB (A).

5.1.16 O ensaio da tensão suportável deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os circuitos eléctricos do sistema de excitação devem poder suportar o ensaio da tensão suportável sem prejudicar o isolamento;
- b) Em relação ao circuito eléctrico (excepto para máquinas eléctricas rotativas) directamente conectado ao enrolamento do campo magnético ou através do rectificador, a tensão do ensaio deve ser 10 vezes a tensão de campo nominal mas não deve ser inferior a 1500 V quando a tensão de campo nominal do gerador da turbina é de 500 V ou inferior. Em relação ao circuito eléctrico que não está conectado directamente ao enrolamento do campo magnético, a tensão do ensaio deve ser de 1000 V quando a tensão nominal for de 60 V ou inferior e deve ser o dobro da tensão nominal mais 1000 V, mas não menos de 1500 V, quando a tensão nominal for superior a 60 V;
- c) A tensão do ensaio de aceitação no local da central hidroeléctrica deve ser 75% da tensão de ensaio especificada. A tensão de ensaio repetível e reparada deve ser 65% da tensão de ensaio especificada;
- d) A tensão de ensaio deve ser um valor efectivo da onda sinusoidal de corrente alternada da frequência de potência. O formato da onda deve estar próximo da onda sinusoidal e o tempo do ensaio deve ser de 60 s.

5.1.17 A estrutura metálica do sistema de excitação autónomo deve dispor do terminal de ligação a terra e deve estar marcada de forma legível com o símbolo \oplus . O terminal de ligação a terra não deve ser utilizado para outras finalidades.

5.2 Requisitos das funções do sistema

5.2.1 O regulador de excitação deve ter as seguintes funções básicas:

- a) A unidade com uma potência superior a 5 MW pode ter dois canais de regulação que podem ser canais automáticos duplos ou um canal automático e um canal manual para a redundância do equipamento. Dois canais de regulação devem ser de reserva mútua e rastreáveis um pelo outro e podem ser comutados automática e manualmente. Na comutação, a tensão nos terminais do gerador da turbina ou a potência reactiva não possui flutuação óbvia;
- b) O regulador de excitação por microcomputador deve ter a função de comunicar com o computador central. A comunicação pode ser efectuada através do método ponto-a-ponto;
- c) Função de operação local e remota;
- d) Função limitadora de sobre-excitação;
- e) Função limitadora de sub-excitação;
- f) Função limitadora V/F (opcional);
- g) Função de regulação da diferença;
- h) Função de activação manual/automática da excitação;
- i) Função de rastreio da tensão de rede;
- j) Possibilidade de cumprir os requisitos básicos do sistema de vigilância;
- k) Função PSS (opcional);
- l) Introduzir o VAR ou o Sistema de Controlo PF no regulador de excitação por microcomputador (opcional).

5.2.2 O rectificador de potência do sistema de excitação deve ter as seguintes funções:

- a) O ventilador tem como funções a comutação e o alarme automáticos em caso de paragem do vento;
- b) Função de alarme de avaria do fusível de acção rápida;
- c) Função de alarme e de detecção de fuga do impulso.

5.2.3 O equipamento de desexcitação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A desexcitação linear deve ser utilizada nas unidades com uma potência inferior a 5 MW ou com uma corrente de excitação inferior a 500 A;

- b) O sistema de excitação deve fornecer o ponto de ligação para a activação da derivação do disjuntor à saída do gerador da turbina quando o disjuntor de desexcitação for desactivado por engano no processo de ligação à rede.

5.2.4 A protecção de sobretensão do rotor deve respeitar as seguintes condições:

- a) A unidade com uma potência superior a 5 MW ou com uma corrente de excitação superior a 300 A deve dispor de protecção contra a sobretensão do enrolamento da excitação;
- b) A protecção contra a sobretensão do fio de ponte electrónico com um só ramal não deve estar conectada ao fusível em série.

5.2.5 As principais funções de detecção devem incluir: a detecção do impulso de activação, a detecção do circuito síncrono do regulador de excitação, a detecção da desconexão do transformador de tensão, a detecção do fusível de acção rápida do rectificador de potência e a detecção de avarias no canal de regulação.

5.2.6 O sistema de excitação deve poder emitir os seguintes sinais:

- a) Perda ou avaria da fonte de alimentação estabelecida para o regulador;
- b) Avaria do canal do regulador;
- c) Perda da fonte de alimentação do circuito de controlo da operação do sistema de excitação;
- d) Avaria do quadro do rectificador de potência;
- e) Acção do limitador de excitação;
- f) Desconexão do transformador de tensão.

5.2.7 O sistema de excitação deve ter a função de indicar a corrente de excitação, a tensão do campo e a tensão nos terminais do gerador.

5.3 Outros requisitos técnicos

5.3.1 O transformador de excitação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O interruptor automático ou o fusível de acção rápida não é instalado no lado de alta tensão do transformador de excitação;
- b) A assimetria de tensão trifásica do transformador de excitação não é superior a 5%;
- c) A protecção e a ligação a terra são aplicadas entre o enrolamento principal e o secundário;

- d) A impedância do curto-circuito do transformador de excitação está na faixa entre 4% e 8%;
- e) O grupo de fios do transformador de excitação trifásico deve ser do modo Y/d.

5.3.2 O transformador de tensão e o transformador de corrente devem cumprir os requisitos de funcionamento do sistema de excitação e o nível de precisão não deve ser inferior a 0,5.

5.3.3 O grau de protecção do equipamento de excitação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O grau de protecção do quadro de regulação de excitação deve ser superior a IP30;
- b) O grau de protecção do quadro do rectificador de potência de excitação deve ser superior a IP20;
- c) O grau de protecção proporcionado pelo invólucro do transformador de excitação (instalação interna) deve ser superior a IP20.

6 Âmbito do fornecimento e peças sobressalentes

6.1 Âmbito do fornecimento

6.1.1 O dispositivo de excitação deve incluir o controlo da regulação, a rectificação de potência e as unidades ou ciclos de protecção de desexcitação.

6.1.2 O fornecedor e o utilizador devem escolher outros equipamentos no âmbito do fornecimento de acordo com os requisitos do pedido.

6.2 Peças sobressalentes

O fornecedor deve fornecer as peças sobressalentes necessárias dos componentes que podem ser danificados. A quantidade de peças sobressalentes para componentes do rectificador de potência e dos fusíveis de acção rápida não deve ser inferior a 30% da quantidade utilizada. O fornecedor e o utilizador devem negociar o âmbito do fornecimento e as quantidades de outras peças sobressalentes.

7 Documentos técnicos

O fornecedor deve facultar os documentos técnicos necessários ao utilizador, incluindo principalmente:

- a) Especificações técnicas;
- b) Instruções de funcionamento;
- c) Relatório do ensaio de entrega e certificado de conformidade;
- d) Descrição da unidade e da depuração geral;

- e) Esquema do sistema e diagrama esquemático da operação;
- f) Lista das peças principais e diagrama de circuitos eléctricos do painel/quadro;
- g) Vista exterior e desenho da instalação do equipamento;
- h) Guia de entrega;
- i) Dados técnicos dos artigos subcontratados;
- g) Outros dados técnicos necessários para a instalação, operação e manutenção.

8 Ensaios

8.1 Ensaio de entrega

Os seguintes ensaios de entrega devem ser realizados da seguinte forma. O artigo só pode ser entregue depois passar nos ensaios.

- a) Elementos do ensaio padrão: devem estar de acordo com o Quadro A.1;
- b) Outros elementos do ensaio: devem ser negociados entre o fornecedor e o utilizador.

8.2 Ensaios no local

Os elementos dos ensaios no local incluem:

- a) Ensaio padrão: deve estar de acordo com o Quadro A.1;
- b) Outros elementos do ensaio: devem ser negociados entre o fornecedor e o utilizador.

8.3 Ensaios de tipo

Em relação ao novo equipamento experimental de excitação ou ao equipamento de excitação finalizado, o ensaio de tipo deve ser efectuado no sistema de excitação quando as alterações ao processo ou ao componente-chave (ou material) possam afectar o desempenho do produto. Os elementos do ensaio de tipo incluem:

- a) A medição da amplificação da tensão máxima, do factor de resposta e do tempo de resposta do sistema de excitação;
- b) A medição da faixa de tomada da tensão nos terminais do gerador síncrono;
- c) A medição do factor de regulação da tensão estável;

- d) A medição do factor de regulação da tensão;
- e) A medição da faixa de ajustamento da unidade de controlo manual;
- f) O ensaio do aumento repentino da carga e da rejeição repentina da carga;
- g) O ensaio de comutação automática/manual;
- h) O ensaio de estabelecimento da tensão nominal;
- i) O ensaio de funcionamento do sistema de excitação e de segurança de funcionamento quando a tensão de corrente contínua, de corrente alternada e a frequência de controlo variam dentro da faixa especificada;
- j) O ensaio de desexcitação;
- k) O ensaio de corrente nominal da instalação do rectificador;
- l) A medição do ruído do equipamento de excitação;
- m) O ensaio de temperatura ambiente máxima e mínima;
- n) O ensaio de funcionamento experimental;
- o) Todos os elementos do ensaio de entrega.

9 Placa de identificação, embalagem, transporte e armazenamento

9.1 Placa de identificação

Os materiais e o método de gravação das placas de identificação devem garantir que os textos não são apagados durante todo o período de serviço, e a placa de identificação deve conter os seguintes dados:

Nome do fornecedor, nome e modelo do equipamento; tensão de saída nominal e corrente de saída nominal; fonte de alimentação do controlo operativo; número do produto e prazo de entrega.

9.2 Embalagem

9.2.1 A embalagem deve ser negociada entre o fornecedor e o utilizador. Caso existam requisitos especiais, estes devem ser indicados no contentor da embalagem.

9.2.2 O produto deve ter contentores de embalagem internos e externos. A caixa deve estar bem travada e presa. O contentor de embalagem deve ser protegido por medidas anti-poeiras, de impermeabilização e anti-vibração. Deve dispor de dispositivo e sinalizações de elevação.

9.2.3 As inspecções do produto antes da embalagem incluem principalmente:

- a) Verificação de se os acessórios, as peças sobressalentes, o certificado de conformidade e os documentos técnicos relevantes do produto estão completos;
- b) Verificação de se a aparência do produto está danificada.

9.2.4 A embalagem dos produtos para exportação deve estar em conformidade com o disposto na regulamentação nacional em matéria de inspecção e quarentena.

9.2.5 O prazo de garantia da embalagem não deve exceder os doze (12) meses a contar da data de entrega.

9.3 Transporte

O fornecedor e o utilizador devem especificar as ferramentas de transporte adequadas para o equipamento e os requisitos do processo de transporte. O transporte e o manuseamento devem ser efectuados de acordo com a marcação dos contentores de embalagem.

9.4 Armazenamento

9.4.1 Os produtos devem ser guardados em armazéns sem poeiras e impermeáveis à chuva, com temperatura ambiente entre -25 °C e +55 °C, humidade relativa não superior a 85% e sem ácidos, álcalis, sal e gases corrosivos ou explosivos, ou campo electromagnético forte.

9.4.2 A partir da data de entrega pelo fornecedor, este deve garantir que os produtos não apresentam sinais de corrosão e de redução da precisão devido a embalagem inadequada nos 12 meses seguintes, nas condições de armazenamento especificadas no ponto 4.1.

10 Instalação, operação e manutenção

10.1 Instalação

O produto deve ser instalado por profissionais experientes, competentes e qualificados.

10.2 Operação e manutenção

10.2.1 Antes de entrar formalmente em funcionamento, devem ser realizados os ensaios relevantes e cumpridos os requisitos especificados.

10.2.2 A operação e a manutenção devem cumprir o disposto nas referências normativas, nas instruções de instalação, utilização e manutenção fornecidas pelo fornecedor, bem como nas especificações de funcionamento relevantes da central hidroeléctrica.

10.2.3 O fornecedor deve providenciar suporte técnico para a solução dos problemas que ocorram durante a instalação, a utilização e a manutenção do equipamento e deve dar formação à equipa do utilizador relativamente à instalação, utilização e manutenção do equipamento.

11 Período de garantia de qualidade

Sob a premissa de que o produto é devidamente armazenado, instalado e utilizado, o período de garantia de qualidade será de um ano após a data em que a operação experimental de 72 horas é concluída ou dois anos após a data de entrega do último lote de mercadorias, consoante a que ocorrer primeiro. Se o equipamento estiver danificado ou não funcionar correctamente devido à qualidade de fabrico durante o período de garantia de qualidade, o fornecedor deve repará-lo ou substituí-lo gratuitamente.

Anexo A
(Informativo)
Inspeção e ensaio de aceitação no local

Quadro A.1 Inspeção de fábrica e elementos do ensaio de aceitação no local

| N.º | Elementos de ensaio | Inspeção de fábrica | Aceitação no local |
|-----|---|---------------------|--------------------|
| 1 | Ensaio do transformador de excitação | √ | √ |
| 2 | Ensaio do disjuntor do campo magnético | √ | √ |
| 3 | Ensaio do rectificador de potência | √ | √ |
| 4 | Ensaio de resistência variável | √ | √ |
| 5 | Ensaio do fio de ponte controlado por silício | √ | √ |
| 6 | Ensaio dieléctrico e de medição do isolamento dos vários componentes do sistema de excitação | √ | √ |
| 7 | Ensaio das unidades básicas e das unidades auxiliares do regulador de excitação automático | √ | √ |
| 8 | Ensaio de características estáticas totais do regulador de excitação automático | √ | √ |
| 9 | Ensaio de ciclo para a operação, protecção, supervisão, sinalização e porta do sistema de excitação | √ | √ |
| 10 | Ensaio de características de iniciação de excitação, de aumento da pressão, de queda de pressão e de depressão do campo de conversão | | √ |
| 11 | Medição da faixa de tomada da tensão e da velocidade da variação da tensão predefinida nos vários canais de regulação do regulador de excitação | | √ |
| 12 | Medição e registo das características de tensão-frequência do gerador com o regulador de excitação automático | | √ |
| 13 | Ensaio de comutação dos modos automático/manual e dos dois conjuntos de canais de regulação automáticos | √ | √ |
| 14 | Ensaio de faixa de regulação da unidade de controlo manual | √ | √ |
| 15 | Ensaio de resposta transitória ao degrau de 5% ou 10% com o gerador na condição sem carga | | √ |
| 16 | Detecção do sistema de refrigeração do armário de potência rectificado | √ | √ |
| 17 | Ensaio de ruído | √ | √ |
| 18 | Ensaio de partilha de corrente da unidade de potência do sistema de excitação | √ | √ |
| 19 | Medição do factor de regulação da tensão do gerador com o regulador de excitação automático | | √ |
| 20 | Ensaio de ajustamento da carga reactiva e de rejeição de carga do gerador | | √ |
| 21 | Ensaio de desexcitação do gerador sem carga em condições de serviço nominais | | √ |
| 22 | Detecção de aumento da temperatura para todas as partes do sistema de excitação | | √ |

Quadro A.1 (continuação)

| N.º | Elementos de ensaio | Inspeção de fábrica | Aceitação no local |
|-----|--|---------------------|--------------------|
| 23 | Ensaio de ajustamento e correcção da acção das unidades funcionais auxiliares e das unidades de protecção/deteção | √ | √ |
| 24 | Ensaio de corrente contínua durante 12 horas no dispositivo de excitação na condição de baixa tensão e alta corrente | √ | |
| 25 | Funcionamento experimental contínuo de 72 horas do sistema de excitação na condição de serviço nominal | | √ |
