



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL



Directrizes Técnicas para o
Desenvolvimento de Pequenas Centrais
Hidroeléctricas
CONSTRUÇÃO

**Parte 2: Instalação do
equipamento electromecânico**

SHP/TG 004-2: 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.

© 2019 UNIDO / INSHP- Todos os direitos reservados

Directrizes Técnicas para o
Desenvolvimento de Pequenas Centrais
Hidroeléctricas
CONSTRUÇÃO

**Parte 2: Instalação do
equipamento electromecânico**

SHP/TG 004-2: 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 Hidroelétricas (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 Hüpfli, Rui Jun, Rao Dayi, Sandeep Kher, Sergio Armando Trelles Jasso, Sindiso Ngwenga, Sidney Kilmete, Sitraka Zarasoa 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 | 1 |
| 4 Instalação de unidades do gerador da turbina e do equipamento auxiliar de máquinas hidráulicas | 1 |
| 4.1 Requisitos básicos | 1 |
| 4.2 Turbina | 4 |
| 4.3 Gerador | 22 |
| 4.4 Equipamentos auxiliares de máquinas hidráulicas | 36 |
| 4.5 Tubagens do sistema | 46 |
| 5 Instalação do equipamento eléctrico | 50 |
| 5.1 Disposições básicas | 50 |
| 5.2 Quadros de distribuição com cabina completa e circuito secundário | 51 |
| 5.3 Transformadores | 54 |
| 5.4 Equipamento eléctrico de alta tensão | 59 |
| 5.5 Tubo condutor de corrente fechado e duto do barramento | 64 |
| 5.6 Colocação de cabos | 67 |
| 5.7 Motores de sistema auxiliar | 70 |
| 5.8 Sistema de vigilância informático | 72 |
| 5.9 Sistema de vigilância por vídeo | 73 |
| 5.10 Ligação a terra dos pára-raios | 74 |
| 6 Instalação do sistema hidrológico automático de previsão e notificação | 79 |
| 7 Instalação do equipamento de supervisão de segurança | 81 |

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 Hidroelétricas (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 Hidroelétricas (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, concepção, 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 controlo 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 - Construção

Parte 2: Instalação de equipamento electromecânico

1 Âmbito

De acordo com as características de construção dos projectos da pequena central hidroeléctrica (PCH), esta parte das Directrizes de Construção estabelece as normas básicas e os requisitos técnicos para a instalação do equipamento electromecânico.

O presente documento é aplicável às unidades do gerador de turbinas hidráulicas nas seguintes condições:

- a) A capacidade da unidade é inferior a 10 MW;
- b) No caso de turbinas Francis e Pelton, o diâmetro nominal da roda é inferior a 1,0 m;
- c) No caso de turbinas de fluxo axial, diagonais e tubulares, o diâmetro nominal da roda é inferior a 3,3 m.

2 Referências normativas

Este documento não contém referências normativas.

3 Termos e definições

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis os termos e definições apresentados em SHP/TG 001.

4 Instalação de unidades do gerador da turbina e do equipamento auxiliar de máquinas hidráulicas

4.1 Requisitos básicos

4.1.1 A instalação combinada de unidades do gerador de turbinas hidráulicas e de equipamentos auxiliares principais na central eléctrica deve ser realizada de acordo com os desenhos de instalação aprovados pelo fabricante, os requisitos dos documentos técnicos correspondentes e o presente documento.

4.1.2 A instalação de unidades do gerador da turbina hidráulica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O equipamento da unidade do gerador da turbina hidráulica deve cumprir os requisitos das normas tecnológicas relevantes e do contrato de encomenda das mercadorias e deve possuir os registos de inspecção e os documentos de qualificação à saída da fábrica. Após o transporte do equipamento para o local de recepção, o aceitante deve organizar o pessoal para o desempacotamento, a contagem e a inspecção da guia de fornecimento e de embalagens antes do final do prazo acordado com o fabricante;
- b) Todo o material utilizado na instalação das unidades do gerador da turbina hidráulica deve cumprir os requisitos de concepção. O material principal das partes principais deve possuir certificados de inspecção ou de conformidade de fábrica;
- c) Devem ser estabelecidos regulamentos detalhados de segurança e protecção ambiental de acordo com a situação real;
- d) O local da instalação deve estar protegido contra vento, chuva, poeiras e fogo e ter instalações de protecção contra raios e de protecção da construção de acordo com os requisitos. A temperatura do local da instalação não deve ser inferior a 5 °C, e a humidade relativa do ar deve ser inferior a 85%. A instalação de equipamentos e componentes que necessitem de temperatura, humidade e outros factores especiais deve ser realizada de acordo com os requisitos de concepção;
- e) Antes da instalação, o equipamento deve ser completamente esvaziado e inspeccionado. As dimensões e a tolerância de ajuste principais dos componentes importantes devem ser verificadas e os conjuntos completos dos equipamentos com garantia do fabricante não podem ser desmontados;
- f) Para a integração da placa base da fundação do equipamento, o desvio de elevação não deve ser superior à faixa entre -5 mm e 0 mm, o desvio da posição central e de distribuição não deve ser superior a 10 mm e o desvio horizontal não deve ser superior a 1 mm/m;
- g) Os componentes integrados devem ser melhorados e reforçados após a instalação. Os parafusos da fundação, os macacos, os filtros, as cunhas e as placas da fundação devem ser fixados através de soldadura por pontos. A interface entre um componente integrado e o betão não deve apresentar manchas de óleo ou sinais de corrosão grave;
- h) As cunhas de ajuste devem ser utilizadas aos pares e a extensão de sobreposição deve ser superior a 2/3; Após a instalação, a condição de contacto de uma cunha que suporta componentes importantes deve ser inspeccionada com um calibrador de 0,05 mm e o comprimento de contacto de cada lado deve ser superior a 70%;
- i) A instalação do equipamento deve ser realizada após a resistência do betão da fundação ter alcançado pelo menos 70% do valor de concepção. Ao betão secundário da placa da fundação deve ser aplicada gunite para a compactação e deve ser utilizado cimento micro-expansivo;
- j) Qualquer superfície de ligação do equipamento deve ser brilhante e limpa, não apresentando rebarbas, e deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) Para a inspecção, deve ser utilizado um calibrador de 0,05 mm, o qual não deve trespassar nenhuma folga de junta;
 - 2) Para a inspecção, se forem permitidas folgas localizadas, deve ser utilizado um calibrador de 0,1 mm, a profundidade não deve ser superior a 1/3 da largura de combinação e o comprimento total não deve ser superior a 20%;
 - 3) Na proximidade das cavilhas e dos parafusos de montagem não devem existir folgas;
 - 4) Qualquer desalinhamento da superfície de instalação na ligação não deve ser superior a 0,10 mm;
- k) Deve ser prestada atenção à correspondência das marcas durante a montagem dos componentes. Se forem instaladas conjuntamente várias unidades do gerador da turbina hidráulica, cada unidade deve ser montada com componentes da mesma série. Os componentes ou pontos de referência do mesmo tipo devem ser numerados por ordem na guia da instalação e cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Para componentes fixos, a numeração deve começar a partir de + Y e seguir a direcção horária, como indicado na extremidade do gerador, e do mesmo modo a partir de baixo.
 - 2) Os componentes rotativos devem ser numerados a partir da posição correspondente ao centro dos dois fios condutores dos pólos do rotor e na direcção horária, excepto os pontos de referência do guiador no eixo, que devem estar numerados na direcção contrária.
 - 3) Se não corresponder ao que precede, a numeração dos fabricantes deve estar claramente assinalada;
- l) Para a instalação de parafusos de ligação, devem ser cumpridos os seguintes requisitos:
- 1) Para a instalação de parafusos de ligação de pequenas secções, deve ser aplicado lubrificante.
 - 2) Os parafusos de ligação devem ser apertados uniformemente em vários passos.
 - 3) Para parafusos de ligação com requisitos de força pré-aperto, o desvio de tensionagem não deve ser superior a $\pm 10\%$ do valor requerido.
 - 4) Para parafusos que precisem ser aparafusados no estado aquecido, o grau de pré-aperto de cerca de 20% dos parafusos deve ser verificado de forma criteriosa à temperatura ambiente após a fixação.
 - 5) À medida que cada componente é instalado, devem ser feitos furos para pinos, e os pinos devem ser montados de acordo com os requisitos de concepção.
 - 6) Todos os parafusos, porcas e pinos devem ser firmemente fixados no local ou soldados por pontos de acordo com os requisitos de concepção;

- m) Para a linha de referência e os pontos de elevação da instalação das unidades do gerador da turbina hidráulica, o erro de medição não deve ser superior a ± 1 mm. O erro de medição da diferença de altura para todas as peças não deve exceder $\pm 0,5$ mm. O erro de medição horizontal não deve exceder 0,02 mm/m; O diâmetro do fio de medição do condutor deve estar entre 0,3 mm~0,4 mm e a força de alongamento não deve ser inferior a 1200 MPa.
- n) Para a realização do ensaio da pressão suportável da resistência do equipamento de resistência à pressão e das peças de ligação feito no terreno, a pressão do ensaio deve ser 1,5 vezes a pressão de serviço nominal, enquanto a pressão mais baixa não deve ser inferior a 0,4 MPa. Após a manutenção da pressão do ensaio durante 10 minutos, não devem ocorrer fenómenos invulgares, como fugas ou fissuras. Para a realização de ensaios de pressão suportável rigorosos do equipamento e das respectivas peças de ligação, a pressão do ensaio deve ser 1,25 vezes a pressão de serviço nominal. Após 30 minutos, não devem ocorrer fugas. Os ensaios de pressão suportável dos refrigeradores devem ser realizados de acordo com os requisitos de concepção. Se não houver requisitos de concepção, a pressão de ensaio deve ser o dobro da pressão de serviço e, ao mesmo tempo, não deve ser inferior a 0,40 MPa. Após 30 minutos, não devem ocorrer fugas;
- o) Os ensaios de fugas de querosene dos contentores dos equipamentos devem durar, pelo menos, 4 horas e não devem ocorrer fugas. Regra geral, os contentores não devem ser desmontados após o ensaio. Os ensaios de fugas de querosene das válvulas devem durar, pelo menos, 5 minutos e não devem ocorrer fugas;
- p) As linguetas individuais devem ser verificadas em conjunto com os entalhes das linguetas e a tolerância deve cumprir os requisitos de concepção. O paralelismo das linguetas emparelhadas deve cumprir os requisitos de concepção;
- q) Após a instalação do rolamento, ao soldar as peças rotativas, a fiação de terra do soldador eléctrico deve ser conectada directamente à peça a soldar. Também devem ser tomadas medidas de protecção, de forma a garantir que nenhum salpico de solda cai no rolamento;
- r) As unidades do gerador da turbina hidráulica devem ser mantidas limpas durante e após a montagem dos componentes e a montagem final. O interior e o exterior das unidades do gerador da turbina hidráulica devem ser cuidadosamente limpos e verificados após a instalação. Não devem apresentar substâncias estranhas ou sujidade;
- s) Cada componente das unidades do gerador da turbina hidráulica deve ser protegido por um revestimento de acordo com os requisitos relevantes.

4.2 Turbina

4.2.1 A instalação da turbina de reacção vertical deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A instalação de peças integradas deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O erro admissível de instalação do revestimento do tubo de aspiração deve cumprir os requisitos do Quadro 1.
 - 2) O erro admissível de instalação da câmara da roda, do anel da fundação e do anel de paragem deve cumprir os requisitos do Quadro 2.

- 3) A instalação e a soldadura da caixa espiral devem cumprir os requisitos de concepção.
- 4) A transição entre as peças integradas e as superfícies de passagem do caudal de betão deve ser suave.
- 5) O erro admissível de instalação do revestimento do poço da turbina e da fundação do servomotor deve cumprir os requisitos do Quadro 3.

Quadro 1 Erro admissível de instalação do revestimento do tubo de aspiração Unidade: mm

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|-----------------|--|
| 1 | Diâmetro do orifício do tubo | $\pm 0,00150$ | D —diâmetro de projecto do orifício do tubo, medido em 8 partes iguais do círculo. |
| 2 | Diferença entre os perímetros internos dos orifícios do tubo adjacente | $0,001L$ | L —Perímetro do orifício do tubo |
| 3 | Centro e posição do orifício superior do tubo | 4 | Medir a distância entre os pontos de sinalização X, Y do orifício do tubo e as linhas de referência X, Y das unidades do gerador da turbina hidráulica |
| 4 | Elevação do orifício superior do tubo | 0~ +8 | — |
| 5 | Centro do orifício superior do tubo | 10 | Medir com um martelo pendurado |

Quadro 2 Erro admissível de instalação da câmara da roda, do anel da fundação e do anel de paragem

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|--|--|
| 1 | Centro e posição | 2 mm | Medir a distância entre os pontos de sinalização X, Y da peça integrada e as linhas de referência X, Y da unidade do gerador da turbina hidráulica |
| 2 | Elevação | ± 3 mm | — |
| 3 | Nível | 0,05 mm/m na medição radial. O valor máximo não deve ser superior a 0,6 mm | Diferença de elevação entre o ponto mais alto e o mais baixo |
| 4 | Circularidade da câmara da roda | A diferença entre cada raio e o raio médio não deve ser superior a $\pm 10\%$ da distância média de projecto | Para o tipo de fluxo axial, medir as secções superior, média e inferior. Para o tipo de fluxo diagonal, medir os espigões superior e inferior em, pelo menos, 8 pontos equidistantes. |
| 5 | Circularidade do anel da fundação e do anel de paragem | 1,0 mm | Medir, pelo menos, 8 pontos equidistantes. Para o tipo de fluxo misto, a medição é baseada no centro do anel vedante fixo inferior. Para o tipo de fluxo axial, a medição é baseada no centro da câmara da roda. |

Quadro 3 Erro admissível de instalação do revestimento do poço da turbina e da fundação do servomotor

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|-----------------|---|
| 1 | Centro do revestimento do poço da turbina | 5 mm | Medir a distância entre o flange de revestimento e a abertura do orifício do flange superior do anel de paragem em 8 pontos equidistantes |
| 2 | Diâmetro de abertura superior do revestimento do poço da turbina | ±5 mm | Medir em 8 pontos equidistantes |
| 3 | Elevação da abertura superior do revestimento do poço da turbina | ±3 mm | Medir em 8 pontos equidistantes |
| 4 | Nível da abertura superior do revestimento do poço da turbina | 6 mm | Medir em 8 pontos equidistantes |
| 5 | Verticalidade dos flanges da fundação do servomotor | 0,30 mm/m | — |
| 6 | Centro e elevação da fundação do servomotor | ±1,0 mm | Medir a partir da superfície superior do flange do anel de paragem |
| 7 | Paralelismo entre a fundação do servomotor e a linha de referência das coordenadas da unidade do gerador da turbina hidráulica. | 1,0 mm | — |
| 8 | Distância desde a fundação do servomotor até à linha de referência da unidade do gerador da turbina hidráulica. | ±3 mm | Desvio a partir do valor de concepção |

b) A instalação da roda deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) A roda não deve apresentar fissuras. Se necessário, deve ser verificada mediante ultra-som. O perfil da pá deve cumprir os requisitos de concepção.
- 2) Quando o veio principal e a roda se conectam, não devem existir folgas entre eles. A axialidade e circularidade de cada parte da roda deve ser verificada com o veio principal no centro. A diferença entre cada raio e o raio médio deve cumprir os requisitos do Quadro 4.

Quadro 4 Erro admissível na axialidade e circularidade das partes da roda

| Pressão hidrostática da água de serviço | Parte | Erro admissível | Explicação |
|---|--|-------------------------------|---|
| <200 m | Anel vedante | ±10% da distância de projecto | — |
| | Aresta exterior da pá | ±10% da folga de projecto | — |
| | Anel vedante da placa de desvio | ±15% da distância de projecto | — |
| | Protecção do flange simultaneamente utilizada como vedante de manutenção | ±15% da folga de projecto | — |
| ≥200 m | Aresta exterior da coroa superior e inferior | ±5% da folga de projecto | As partes fixas correspondentes são a tampa e o anel inferior |
| | Anel vedante | ±0,10 mm | — |

- c) A instalação do mecanismo-guia e do servomotor deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Antes da pré-instalação do mecanismo-guia, verificar novamente a elevação da superfície superior do anel de paragem, o nível e a circularidade da abertura do orifício. Devem cumprir os requisitos do Quadro 2.
 - 2) O erro admissível de instalação do mecanismo de lâminas-guia deve cumprir os requisitos do Quadro 5.
 - 3) Quando tiver sido montado, o mecanismo-guia deve poder mover-se de forma estável e livre.
 - 4) O servomotor deve ser desmontado e limpo e o curso e a folga de encaixe de cada peça devem ser verificados de forma a cumprir os requisitos de concepção. O pistão deve mover-se de forma estável e livre. Após a montagem, os ensaios de estanquidade e de pressão devem ser realizados de acordo com o ponto 4.1.2. O desvio horizontal da instalação do servomotor não deve ser superior a 0,10 mm/m. O curso de compactação deve cumprir os requisitos do fabricante. Se o fabricante não tiver requisitos, o curso deve estar na faixa entre 3 mm e 6 mm.
 - 5) O desvio vertical do veio de controlo da velocidade não deve ser superior a 1 mm/m. A folga de encaixe entre o friso superior e inferior do eixo e a manga do veio deve cumprir os requisitos de concepção. O veio de controlo da velocidade deve girar livremente.

Quadro 5 Erro admissível de instalação do mecanismo-guia

Unidade: mm

| N.º | Elementos | | Erro admissível | | Explicação |
|-----|--|--|--------------------------------------|--------------|---|
| 1 | Cada folga de ligação composta | | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 | | — |
| 2 | Circularidade e axialidade de cada anel vedante | | Cumprir os requisitos do ponto 4.2.1 | | — |
| 3 | Axialidade do espigão flangeado do cone inferior e da câmara da roda | | 0,25 | | — |
| 4 | Folga total da face frontal da lâmina-guia | | Não superior à folga de projecto | | — |
| 5 | Folga vertical local da lâmina-guia | Altura da lâmina-guia | ≤600 | >600 e ≤1200 | O comprimento total da folga não deve ser superior a 25% da altura da lâmina-guia |
| | | Lâmina-guia sem fitas de vedação | 0,05 | 0,10 | — |
| | | Lâmina-guia com fita de vedação (desinstalada) | 0,15 | | Não devem existir folgas após a instalação da fita de vedação |

- d) A instalação de peças rotativas deve cumprir os seguintes requisitos:

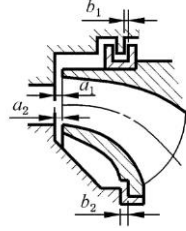
- 1) Geralmente, a elevação do veio ou da roda principal deve ser ligeiramente inferior à elevação de projecto e deve existir uma folga de 2 mm a 6 mm entre a superfície superior do veio principal e a face posterior do espigão flangeado inferior do veio do gerador após ser elevado. Para uma unidade do gerador da turbina hidráulica cujo mancal de impulso esteja instalado no veio da turbina, a elevação deve ser ligeiramente superior à elevação de projecto para garantir que exista uma folga de 2 mm a 5 mm entre o mancal de impulso e a placa espelhada após a instalação. Geralmente, o desvio do veio principal em relação à verticalidade não deve ser superior a 0,05 mm/m. Se a turbina hidráulica ou o gerador estiver centrado de acordo com as próprias unidades, o centro da roda e a verticalidade do veio devem ser ajustados de forma que a folga do anel vedante cumpra os requisitos do Quadro 6. O desvio do veio principal em relação à verticalidade não deve ser superior a 0,02 mm/m.
 - 2) A elevação final da instalação da roda e o erro admissível da folga entre os anéis vedantes ou a folga entre a lâmina e a câmara da roda deve cumprir os requisitos do Quadro 6 se o fabricante não tiver requisitos.
 - 3) Após o acoplamento da unidade do gerador da turbina hidráulica, não devem existir folgas na ligação composta dos dois flanges. Verificar a ligação com um calibrador de 0,03 mm, que não deve poder ser introduzido;
- e) A instalação do rolamento-guia da turbina e do vedante do veio principal deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O revestimento do rolamento deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A superfície do revestimento do rolamento de borracha deve ser plana e lisa, e não deve apresentar falhas, como fissuras ou esfoliações. Os revestimentos do rolamento Babbitt não devem apresentar falhas, como poros densos, fissuras, pontos duros e esfoliações. A rugosidade do revestimento deve ser inferior a 0,8 µm.
 - A montagem experimental do revestimento de borracha e do invólucro cilíndrico com o veio deve ser realizada e a folga total deve cumprir os requisitos de concepção. Tanto a diferença entre a folga máxima e mínima em cada extremidade, como a diferença entre a folga final superior e inferior na mesma posição não devem ser superiores a 10% da folga total real média medida.

Quadro 6 Erro admissível da folga e da elevação de instalação da roda Unidade: mm

| N.º | Elementos | | Erro admissível | Explicação |
|-----|-----------|------------------------|-----------------|--|
| 1 | Elevação | Tipo de fluxo misto | ±1,5 | Medir o desalinhamento irregular entre os anéis vedantes fixos e rotativos. |
| | | Tipo de fluxo axial | 0~ +2,0 | Medir a distância a partir do anel inferior até à superfície superior da roda. |
| | | Tipo de fluxo diagonal | 0~ +0,8 | Medir a folga entre a lâmina e a câmara da roda. |

Quadro 6 (continuação)

Unidade: mm

| N.º | Elementos | | Erro admissível | Explicação | |
|-----|-----------|---|--|--|---|
| 2 | Folga | Altura manométrica nominal <200 m | A diferença entre cada folga e a folga média real não deve ser superior a $\pm 20\%$ da folga média. | Representa a folga entre a lâmina e a câmara da roda. Medir na entrada, na saída e no meio quando a roda está totalmente encerrada. | |
| | | Altura manométrica nominal ≥ 200 m | a_1 a_2 | A diferença entre cada folga e a folga média real não deve ser superior a $\pm 10\%$ da folga de concepção. |  |
| | | | b_1 b_2 | A diferença entre cada folga e a folga média real não deve ser superior a $\pm 10\%$ da folga média de concepção. | |

- Quando cumpre os dois requisitos mencionados acima, o revestimento cilíndrico já não deve ser raspado. Determinar se o revestimento do rolamento segmentado deve ser raspado de acordo com os requisitos de concepção. Quando o revestimento do rolamento tiver sido raspado, deve existir um contacto uniforme com a superfície do revestimento e deve existir pelo menos um ponto de contacto por centímetro quadrado. A área sem contacto de cada bloco não deve ser superior a 5% da própria área de superfície e a área sem contacto total não deve ser superior a 15% da área de superfície total do revestimento do rolamento.
 - Deve existir um contacto próximo entre os blocos de amortecimento resistentes ao peso e o assento de amortecimento do revestimento do rolamento e entre a porca de parafuso resistente ao peso e o assento da porca de parafuso.
- 2) A instalação do revestimento do rolamento deve cumprir os seguintes requisitos:
- O revestimento do rolamento deve ser instalado na condição de que o veio e a chumaceira de apoio da unidade do gerador da turbina hidráulica tenham sido devidamente ajustados de forma a cumprir os requisitos de transporte de carga e de que a folga entre o anel vedante da turbina hidráulica e o gerador possa cumprir os requisitos relevantes.
 - Geralmente, durante a instalação do revestimento do rolamento, a folga deve ser ajustada de acordo com a posição central do veio principal e o valor e a posição de excentricidade do guiador. A folga de instalação total deve cumprir os requisitos de concepção. No entanto, para unidades do gerador da turbina hidráulica com apenas dois rolamentos-guia, a folga pode ser ajustada sem considerar a excentricidade.

- O erro admissível da folga do revestimento do rolamento-guia segmentado não deve ser superior a $\pm 0,02$ mm. O erro admissível da folga do revestimento do rolamento-guia deve ser $\pm 20\%$ do valor da folga distribuída e a superfície do revestimento deve ser vertical. O desvio admissível da folga da sapata do rolamento-guia cilíndrico não deve exceder 10% do valor da folga e a superfície da sapata do rolamento deve ser vertical.
- 3) A instalação do rolamento deve cumprir os seguintes requisitos:
- O reservatório/tanque do rolamento que contém óleo fino não deve apresentar fugas de óleo. Geralmente, o ensaio de penetração de querosene deve ser realizado de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2.
 - Para o refrigerante da chumaceira, os ensaios de pressão devem ser feitos de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2.
 - O óleo deve ser qualificado e o nível de óleo deve cumprir os requisitos de concepção. Geralmente, o desvio não deve ser superior a ± 10 mm.
- 4) O vedante de reserva do veio principal deve cumprir os seguintes requisitos:
- Antes da montagem da blindagem de ar, o ensaio de fugas de ar subaquático deve ser realizado através da bombagem de ar comprimido a 0,05 MPa. Durante o ensaio, não devem existir fugas de ar.
 - Após a instalação, a folga radial deve cumprir os requisitos de concepção e o desvio não deve ser superior a $\pm 20\%$ do valor da folga de concepção.
- 5) A instalação do vedante de serviço do veio principal deve cumprir os seguintes requisitos:
- As folgas axiais e radiais do vedante de serviço devem cumprir os requisitos de concepção e o erro admissível não deve ser superior a $\pm 20\%$ da folga média real.
 - Os vedantes devem poder mover-se livremente para cima e para baixo e devem fazer bom contacto com a superfície vedante da rótula. As tubagens utilizadas para abastecimento de água e drenagem devem ser desobstruídas;
- f) A instalação de acessórios deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Devem ser realizados ensaios de movimentos e de fugas nas válvulas de quebra de vácuo e de anti-retorno. O valor de pressão inicial e de abertura máxima dos ensaios de movimentos devem cumprir os requisitos de concepção.
 - 2) A instalação das sedes da válvula de drenagem ou das válvulas de disco das caixas espirais e dos tubos de aspiração deve apresentar um desvio horizontal não superior a 0,2 mm/m. Após a instalação da válvula de disco, a superfície vedante deve ser verificada para garantir que não existem folgas e que o colector de válvulas se pode mover livremente.

4.2.2 A instalação de turbinas horizontais deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da instalação, o betão de primeiro nível deve ser verificado de forma a conferir se a posição, a elevação e as dimensões dos orifícios pré-formados da fundação cumprem os requisitos de concepção;
- b) A instalação do equipamento deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O desvio da verticalidade da caixa espiral não deve ser superior a 0,06 mm/m e a deflexão deve ser inferior a 0,5 mm/m.
 - 2) O erro admissível no nivelamento do veio principal da turbina hidráulica não deve ser superior a 0,02 mm/m. O valor da vibração das superfícies finais da roda não deve ser superior a 0,05 mm/m.
 - 3) A folga entre a roda e a câmara da roda deve cumprir os requisitos de concepção e o desvio não deve ser superior a 10% da folga de projecto.
 - 4) Quando o mecanismo-guia tiver sido totalmente encerrado, a folga local entre as superfícies vedantes da lâmina-guia não deve ser superior a 0,08 mm.
 - 5) A folga final entre os vedantes da lâmina-guia e as placas de cobertura posterior e inferior não deve ser superior a 0,25 mm;
- c) A verificação e a raspagem do revestimento do rolamento deve cumprir os requisitos do ponto 4.3.2;
- d) O encaixe entre o revestimento e a bucha do rolamento deve cumprir os requisitos do ponto 4.3.2;
- e) A folga do revestimento do rolamento deve cumprir os requisitos de concepção e ser bem vedada. O óleo deve poder ser reciclado sem problemas.

4.2.3 A instalação de turbinas tubulares com extensão do veio deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para as peças que precisam ser pré-montadas no local, ao serem elevadas e rodadas em 90°, é necessário tomar medidas para evitar deformações e devem ser tomadas medidas para evitar deformações e a capotagem. As peças integradas devem ser reforçadas após a instalação e o ajuste. O betão deve ser fundido camada a camada e a velocidade de subida deve ser controlada para evitar a deformação das peças;
- b) Os componentes encaixados devem ser pré-montados e as dimensões de encaixe devem ser verificadas antes da elevação. Qualquer desvio que exceda o erro admissível deve ser corrigido antes da instalação;
- c) O erro admissível de instalação do tubo de aspiração deve cumprir os requisitos do Quadro 7;
- d) O erro admissível de instalação do anel de paragem (suporte tubular) deve cumprir os requisitos do Quadro 8;

e) O erro admissível de instalação do rolamento deve cumprir os requisitos do Quadro 9.

Quadro 7 Erro admissível de instalação do tubo de aspiração

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|-----------------|--|
| 1 | A diferença entre os diâmetros máximo e mínimo dos flanges dos orifícios dos tubos | 3,0 mm | Para estruturas com um anel de fundação, representa o flange superior do anel de fundação |
| 2 | Centro e elevação | ±1,5 mm | Medir a elevação dos sinais horizontais do orifício do tubo e o desvio horizontal dos sinais verticais |
| 3 | Distância entre o flange do orifício do tubo e a linha central da roda | ±2,0 mm | (1) Se o anel de paragem for instalado primeiro, a superfície do flange deve ser considerada como plano de referência. (2) Medir os pontos superior, inferior, esquerdo e direito |
| 4 | Verticalidade das superfícies do flange | 0,4 mm/m | — |
| 5 | Perímetros da parede interior de dois orifícios adjacentes do tubo | ≤10 mm | — |
| 6 | Concentricidade de cada unidade de segmentação | 0,002 <i>D</i> | <i>D</i> é o diâmetro interno de projecto do tubo |

Quadro 8 Erro admissível de instalação do anel de paragem (suporte tubular)

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|-----------------|--|
| 1 | Centro e posição | ±2,0 mm | (1) Medir a elevação dos sinais horizontais dos flanges a montante e a jusante (2) Medir a distância entre os sinais X, Y no componente e nas linhas de referência correspondentes |
| 2 | Distância entre o flange e a linha central da roda | ±2,0 mm | (1) Se o tubo de aspiração ou o anel de fundação for instalado primeiro, as superfícies do flange devem ser consideradas como planos de referência (2) Medir os pontos superior, inferior, esquerdo e direito |
| 3 | Verticalidade dos flanges pré-centralização | 0,8 mm/m | — |
| 4 | Nível de circularidade do flange | 1,0 mm | — |
| 5 | Elevação da superfície composta do suporte tubular interior | ±0,8 mm | — |
| 6 | A distância entre o centro da estrutura da fundação da placa de cobertura de passagem do caudal e o centro da unidade do gerador da turbina hidráulica | ±2 mm | — |
| 7 | A distância entre a fundação do servomotor e a linha de referência | ±3 mm | — |

- f) A instalação do mecanismo-guia deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A distância entre o anel de água de admissão interior (anel inferior) e o veio principal deve ser determinada considerando a deformação do rolamento principal provocada pelo peso da roda. Geralmente, a distância na parte superior é inferior à da parte inferior, e as distâncias nos dois lados são iguais.
 - 2) A folga final da lâmina-guia deve ser ajustada e medida na posição fechada. A distribuição das folgas finais interiores e exteriores deve cumprir os requisitos de concepção. Em cada extremidade da lâmina-guia, a folga deve ser igual em ambos os lados. A lâmina-guia deve poder mover-se livremente.

Quadro 9 Erro admissível de instalação do rolamento

Unidade: mm

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|---|--|
| 1 | Verticalidade da placa espelhada e do veio principal | 0,05 | — |
| 2 | Ligação composta do anel de pressão bipartido | As folgas locais não devem ser superiores a 0,05. Qualquer desalinamento não deve superior a 0,02 | Verificar através do acompanhamento da direcção de rotação da unidade do gerador da turbina hidráulica |
| 3 | Nível de encaixe das superfícies resistentes do revestimento do rolamento e do apoio do rolamento | Área de contacto deve ser superior a 60% | — |
| 4 | Folga final entre o revestimento do rolamento e o friso do veio | Cumprir os requisitos de concepção | — |
| 5 | Folga do revestimento do rolamento | Cumprir os requisitos de concepção | — |
| 6 | Ângulo de contacto entre o revestimento do rolamento inferior e o friso do veio | Não superior a 60' | — |
| 7 | Pontos de contacto entre o revestimento do rolamento inferior e o friso do veio | 1 ~3 pontos/100 mm ² | — |
| 8 | Folga da ligação composta do corpo do rolamento | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 | — |
| 9 | Resistência de isolamento a terra do corpo do rolamento | Não inferior a 1 MΩ | — |

- 3) O valor máximo da folga vertical local da lâmina-guia não deve ser superior a 0,25 mm e o comprimento total não deve ser superior a 25% da altura da lâmina-guia;
- g) A instalação do veio principal e da roda deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) O erro admissível de instalação do veio principal e da roda deve cumprir os requisitos do Quadro 10.
- 2) O desvio do veio principal em relação ao nivelamento não deve ser superior a 0,04 mm/m.

Quadro 10 Erro admissível de instalação do veio principal e da roda

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|--------------------------------------|------------|
| 1 | Ligações compostas dos flanges da roda e do veio principal | Sem folgas | — |
| 2 | A folga entre a roda e a câmara da roda | Cumprir os requisitos de concepção | — |
| 3 | Folga do vedante do veio principal | Cumprir os requisitos do ponto 4.2.3 | — |

4.2.4 A instalação das turbinas de impulso deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O desvio da distância entre a linha central de entrada da tubagem de desvio e as linhas de referência da unidade do gerador da turbina hidráulica não deve ser superior a $\pm 2\%$;
- b) A instalação do invólucro deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Os invólucros com conjuntos bipartidos devem cumprir os requisitos do ponto 4.1.2. As superfícies compostas que não disponham de vedação ou amortecimento devem ser revestidas com vedante.
 - 2) Ao instalar o invólucro, o desvio de distância das linhas de referência X, Y da unidade do gerador da turbina hidráulica não deve ser superior a 1 mm e o desvio de elevação não deve ser superior a ± 2 mm. O desvio horizontal da superfície do flange superior do invólucro não deve ser superior a 0,04 mm/m. Para unidades do gerador da turbina hidráulica verticais, a elevação de cada flange do bocal que é soldado ao invólucro deve ser a mesma e o desvio não deve ser superior a 1,0 mm. O desvio de verticalidade de cada flange não deve ser superior a 0,30 mm/m e a distância entre cada flange e a linha de referência das coordenadas da unidade do gerador da turbina hidráulica deve cumprir os requisitos de concepção;
- c) A montagem do rolamento deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O conjunto dos rolamentos da turbina vertical deve cumprir os seguintes requisitos:
 - Verificar a elevação e o nivelamento do flange do rolamento. O desvio de elevação não deve ser superior a 2 mm e o desvio horizontal não deve ser superior a 0,04 mm/m.
 - Os rolamentos-guia da turbina e os respectivos suportes devem ser pré-montados. O desvio central dos suportes do rolamento e da unidade do gerador da turbina hidráulica não deve ser superior a 0,40 mm. Após o posicionamento de pré-montagem, os furos de posicionamento devem ser feitos e os pinos de posicionamento devem ser montados.

- O rolamento-guia da turbina só pode ser instalado quando o eixo da unidade do gerador da turbina hidráulica passar na inspeção. Durante a instalação, os ensaios de fuga e de pressão devem ser realizados de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2 e devem cumprir os requisitos de concepção.
- 2) O conjunto dos rolamentos da turbina horizontal deve cumprir os requisitos do ponto 4.3.2;
- d) A instalação do veio da turbina deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Antes da instalação do veio da turbina, o nível de planidade e o acabamento dos flanges compostos devem ser verificados.
 - 2) Para unidades do gerador da turbina hidráulica verticais, a instalação da superfície do flange superior do veio da turbina deve ser inferior à elevação de projecto entre 20 mm e 25 mm. Se o veio da turbina se conectar directamente ao rotor do gerador, não só a axialidade e o paralelismo do flange do rotor do gerador e do flange do veio da turbina devem ser alinhados, como também a elevação do flange do rotor do gerador em relação ao eixo do bocal.
 - 3) O desvio horizontal ou vertical do veio principal não deve ser superior a 0,02 mm/m.
 - 4) Antes da instalação do rolamento-guia da turbina, o eixo da unidade do gerador da turbina hidráulica deve ser verificado e deve cumprir os requisitos de concepção;
- e) A instalação do bocal e do respectivo servomotor deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Para o bocal e respectivo servomotor, os ensaios de estanquidade e de pressão devem ser realizados antes da instalação, de acordo com os requisitos do fabricante.
 - 2) Após a montagem do bocal e do servomotor, a agulha de jacto e o servomotor devem poder mover-se livremente abaixo de 16% da pressão de serviço nominal. Bombear óleo para dentro da cavidade de encerramento do servomotor à pressão nominal e não devem existir folgas entre a cabeça da agulha de jacto e a abertura.
 - 3) A instalação do bocal deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A linha central do bocal deve ser tangencial ao círculo primitivo da roda. O desvio radial não deve ser superior a $\pm 2\% di$ (d , é o diâmetro primitivo da roda). O desvio axial em relação à pá divisória de água do balde não deve ser superior a $\pm 0,5\% W$ (W é a largura interna máxima do balde).

- Geralmente, o desvio do centro do deflector e do centro do bocal não deve ser superior a 4 mm.
 - O desvio entre o comprimento de compressão da mola tensora e o valor de concepção não deve ser superior a ± 1 mm.
 - O desvio síncrono de cada bocal de jacto através do curso não deve ser superior a 2% do curso de concepção.
 - Os desvios axiais e radiais da linha central do bocal de travagem invertido não devem ser superiores a ± 5 mm.
- f) A instalação da roda deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A superfície rotativa da pá divisória de água do balde da roda deve passar o centro do flange de bocal no invólucro e o desvio não deve superior a $\pm 0,5\% W$.
 - 2) O valor da vibração da face frontal da roda não deve ser superior a 0,05 mm/m.
 - 3) A folga entre a roda e a aba de água deve cumprir os requisitos de concepção;
- g) O vedante do veio principal deve cumprir os requisitos do ponto 4.2.1;
- h) A instalação e o ajuste do mecanismo de controlo devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O desvio central de cada componente do mecanismo de controlo não deve ser superior a 2 mm, e o desvio de elevação não deve ser superior a $\pm 1,5$ mm. O desvio horizontal ou vertical não deve ser superior a 0,10 mm/m. O mecanismo deve mover-se livremente após a instalação.
 - 2) A abertura do deflector deve ser 3 mm maior do que o raio do jacto durante este curso de abertura, mas não deve ser superior a 6 mm. Cada deflector deve mover-se de forma sincronizada e o desvio não deve ser superior a 2% do valor de projecto.
- 4.2.5 A instalação do sistema de regulação da turbina hidráulica deve cumprir os seguintes requisitos:
- a) O erro admissível de instalação do dispositivo de pressão do óleo deve cumprir os requisitos do Quadro 11. Os ensaios de fugas e de pressão da estanquidade do tanque de pressão devem cumprir o disposto no ponto 4.1.2.

Quadro 11 Erro admissível de instalação para o tanque de óleo de retorno (tanque do regulador) e de pressão

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|-------------------------|---|
| 1 | Centro | Não superior a 5,0 mm | Medir a distância entre os sinais do equipamento e as linhas de referência X, Y da unidade do gerador da turbina hidráulica |
| 2 | Elevação | ±5 mm | — |
| 3 | Desvio de nível | Não superior a 1,0 mm/m | Medir a elevação dos quatro cantos do tanque de óleo de retorno (tanque do regulador) |
| 4 | Desvio de verticalidade do tanque de óleo de pressão | Não superior a 1,0 mm/m | Medir os fios de prumo pendurados na direcção X, Y |

- b) Ao instalar e alinhar os acoplamentos flexíveis das bombas de óleo e dos motores eléctricos, a excentricidade e o gradiente não devem ser superiores a 0,08 mm. Se o motor eléctrico axial da bomba de óleo não realizar movimentos laterais, deve existir uma folga entre 1 mm e 3 mm entre os acoplamentos. Quando todos os pinos tiverem sido instalados, os acoplamentos devem poder rodar ligeiramente em relação uns aos outros. A cavidade da bomba de óleo deve ser cheia com óleo de turbina a vapor aprovado;
- c) As marcas e a qualidade dos óleos da turbina utilizados no sistema de regulação da turbina hidráulica devem cumprir os requisitos de concepção. Os índices de óleo devem cumprir os requisitos relevantes, e a temperatura do óleo deve ser mantida entre 10 °C e 50 °C durante o funcionamento;
- d) A execução dos ensaios de motor eléctrico da bomba de óleo deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) As inspecções e os ensaios de motor eléctrico devem cumprir os requisitos relevantes.
 - 2) Manter a bomba de óleo em operação com carga nula durante 1 hora. Se não surgirem fenómenos anormais, manter a bomba de óleo em operação a 25%, 50%, 75%, 100% da pressão nominal durante 15 minutos, respectivamente. Não devem ocorrer fenómenos anormais.
 - 3) Durante a execução, a temperatura do óleo não deve ser superior a 50 °C e a temperatura do rolamento não deve ser superior a 60 °C. A amplitude bidireccional do suporte não deve ser superior a 0,05 mm e não deve apresentar ruídos anormais.
 - 4) Na pressão nominal, a saída de óleo medida da bomba de óleo não deve ser inferior ao valor de projecto;
- e) O ajuste dos componentes do dispositivo hidráulico deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) Se não existirem requisitos de concepção, o ajuste da válvula de segurança e do indicador de pressão deve cumprir os requisitos do Quadro 12. O desvio do movimento do indicador de pressão não deve ser superior a $\pm 1\%$ do valor de ajuste e o valor de retorno não deve ser superior ao valor de projecto;

Quadro 12 Valor de ajuste da válvula de segurança e do indicador de pressão da bomba de óleo

Unidade: MPa

| Pressão nominal do óleo | Valor de ajuste | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| | Válvula de segurança | | | Bomba de óleo em serviço | | Bomba de óleo de reserva | |
| | Pressão inicial de purga do óleo | Pressão totalmente aberta | Pressão totalmente fechada | Pressão inicial | Pressão de reposição | Pressão inicial | Pressão de reposição |
| 2,50 | $\geq 2,55$ | $\leq 2,90$ | $\geq 2,30$ | 2,20 ~ 2,30 | 2,50 | 2,05 ~ 2,15 | 2,50 |
| 4,00 | $\geq 4,08$ | $\leq 4,64$ | $\geq 3,80$ | 3,70 ~ 3,80 | 4,00 | 3,55 ~ 3,65 | 4,00 |
| 6,30 | $\geq 6,43$ | $\leq 7,30$ | $\geq 6,10$ | 6,00 ~ 6,10 | 6,30 | 5,85 ~ 5,95 | 6,30 |
| 16,00 | $\geq 16,42$ | $\leq 17,60$ | $\geq 15,20$ | 14,00 ~ 14,50 | 16,00 | 13,00 ~ 13,50 | 16,00 |

- 2) Quando a válvula de segurança estiver em funcionamento, não devem existir vibrações severas ou ruídos.
- 3) O valor de ajuste da pressão baixa do óleo provocada por um acidente deve cumprir os requisitos de concepção e o respectivo desvio de movimento não deve ser superior a $\pm 2\%$ do valor de ajuste.
- 4) Para bombas de óleo em funcionamento contínuo, se não existirem requisitos de concepção, a pressão de funcionamento da válvula de fluxo deve cumprir os requisitos do valor de ajuste da bomba de óleo em serviço indicado no Quadro 12.
- 5) O dispositivo de fornecimento de ar automático do tanque do óleo de pressão e o indicador do nível de óleo do tanque de óleo de retorno devem poder operar de forma precisa e fiável.
- 6) O arranque e a paragem da bomba de óleo de pressão e da bomba de óleo de fuga devem ser correctos e fiáveis, e não devem existir fenómenos de rotação inversa.
- 7) Quando o tanque de óleo de pressão estiver sob pressão de serviço e o nível de óleo estiver na posição normal, fechar todas as válvulas de ligação e mantê-las fechadas durante 8 horas. A queda na pressão do óleo não deve ser superior a 4,0% da pressão de serviço nominal. As quedas no nível de óleo devem ser registadas;
- f) O erro admissível de instalação do armário mecânico do regulador, do quadro de distribuição eléctrico e da válvula de distribuição de emergência deve cumprir os requisitos do Quadro 13.

Quadro 13 Erro admissível de instalação do armário mecânico do regulador, do quadro de distribuição eléctrico e da válvula de distribuição de emergência

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|--|---|-----------------|---|
| 1 | Centro | 5,0 mm | Medir a distância entre os sinais do equipamento e as linhas de referência X, Y da unidade do gerador da turbina hidráulica |
| 2 | Elevação | ±5,0 mm | — |
| 3 | Nivelamento do armário mecânico | 0,15 mm/m | Para o tipo electro-hidráulico, medir a base do dispositivo de conversão electro-hidráulico. Para o tipo hidromecânico, medir a placa base do motor eléctrico pendular (o diafragma superior) |
| 4 | Verticalidade ou nivelamento da válvula de distribuição de emergência | 0,15 mm/m | Medir a placa de fundação da válvula de distribuição de emergência. |
| 5 | Verticalidade do quadro de distribuição eléctrico | 1,0 mm/m | Medir os fios de prumo pendurados nas direcções X e Y |
| <p>NOTA Durante a instalação dos reguladores combinados, os suportes do mecanismo de transmissão do veio de controlo de velocidade devem ser considerados como referências e o desvio deve cumprir os requisitos de concepção;</p> | | | |

g) Os reguladores que precisam de ser desmontados devem cumprir os seguintes requisitos:

- 1) Para peças hidromecânicas que precisam de ser desmontadas no regulador electromecânico, a limpeza, a montagem e o ajuste dos componentes devem cumprir os requisitos dos desenhos do fabricante.
- 2) Todos os indicadores e alavancas no armário do regulador devem ser ajustados de acordo com os desenhos e os erros de posicionamento do mecanismo não devem ser superiores a 1 mm.
- 3) Quando a lâmina-guia e o servomotor da roda estiverem no meio (alcançando 50% da abertura total), a posição dos braços da manivela do mecanismo de movimento alternativo e das hastes de ligação deve cumprir os requisitos de concepção e os desvios verticais e horizontais não devem ser superiores a 1 mm/m. A ligação do mecanismo de movimento alternativo deve ser resistente e os ensaios de carga devem ser realizados de acordo com os requisitos de concepção;

h) O ensaio de ajuste do sistema de controlo da turbina com óleo deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) Ligar a corrente oscilante e verificar o valor da oscilação do dispositivo de conversão electro-hidráulico. O valor deve cumprir os requisitos de concepção.
- 2) Verificar a polarização nula e o equilíbrio da pressão do dispositivo de conversão electro-hidráulico. A polarização nula não deve ser superior a 5% do valor de saída nominal (corrente, tensão). O equilíbrio da pressão não deve causar movimentos visíveis no servomotor na faixa da pressão de serviço do óleo.

- 3) Registrar a curva característica estática entre a frequência de entrada e o deslocamento de saída do dispositivo de conversão electro-hidráulico ou electromecânico. A zona morta e o coeficiente de amplificação devem cumprir os requisitos de concepção.
- 4) Medir e traçar a curva que exhibe a relação entre a tensão (corrente) de saída do transdutor de realimentação e a rota do servomotor. Deve ser linear ao longo de todo o curso do servomotor e as características devem cumprir os requisitos de concepção.
- 5) Ao encher o sistema de controlo da turbina com óleo pela primeira vez, o abastecimento deve ser feito lentamente e a pressão não deve ser superior a 50% da pressão nominal do servomotor. Operar o controlo ao longo de todo o curso várias vezes, não devendo existir fenómenos anormais. Os ensaios de comutação entre diferentes métodos de controlo, como a operação manual e a operação automática, devem ser realizados nos controlos. Durante os ensaios, o movimento deve ser normal e o servomotor não deve apresentar oscilações anormais. Para tubagens de óleo e componentes resistentes à pressão, os ensaios de estanquidade devem ser realizados de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2.
- 6) Operar manualmente o servomotor com lâmina-guia para verificar o limite de abertura. Verificar o valor indicado no indicador do armário mecânico, devendo o valor estar em conformidade com o curso do servomotor com lâmina-guia de acordo com o curso do servomotor com lâmina-guia e do servomotor de pás. O desvio em relação ao primeiro não deve ser superior a 1% de todo o curso do pistão, enquanto o desvio em relação ao segundo não deve ser superior a 0,5°.
- 7) O desvio entre a lâmina-guia e o tempo de fecho de emergência das pás, o tempo de abertura, o curso de fecho da sucessão da lâmina-guia e o tempo de fecho da sucessão, bem como os respectivos valores de projecto, não devem ser superiores a $\pm 5\%$ do valor de projecto. Por fim, o desvio deve ser ajustado para cumprir os requisitos de cálculo. Geralmente, prevê-se que os tempos de fecho e de abertura sejam o dobro do tempo necessário para uma abertura entre 25% e 75%.
- 8) O desvio entre o tempo de fecho da lâmina-guia da válvula de distribuição de emergência e o seu valor de estrutura não deve ser superior a $\pm 5\%$ do valor de projecto. Por fim, o desvio deve ser ajustado para cumprir os requisitos de cálculo.
- 9) Verificar o curso morto do mecanismo de movimento alternativo, não devendo o valor ser superior a 0,2% do curso total do servomotor.
- 10) A partir das direcções de abertura e de fecho, traçar a curva exibindo a relação entre o curso do servomotor com lâmina-guia e os valores de abertura da lâmina-guia. Medir o valor de abertura de 4 a 8 lâminas-guia em cada ponto e efectuar a média destes valores. Quando as lâminas-guia estiverem totalmente abertas, os valores de abertura de todas as lâminas-guia devem ser medidos. Geralmente, o desvio não deve ser superior a $\pm 2\%$ do valor de projecto.

- 11) A partir das direcções de abertura e de fecho, traçar a curva entre o curso do servomotor com lâmina-guia e o curso do servomotor de pás com a combinação de diferentes pressões hidrostáticas da água e deduzir as regras que determinam a abertura e o fecho. A curva e as regras devem cumprir os requisitos de concepção. A imprecisão do servossistema das pás deve ser inferior a 1,5% de todo o curso.
 - 12) O ajuste do ganho em malha aberta prático do servossistema. Os tempos de abertura e de fecho do servomotor devem ter sido ajustados e devem cumprir os requisitos de concepção. Definir o coeficiente de amplificação e a relação das alavancas para o valor máximo de projecto. Em seguida, introduzir um sinal em degrau que seja 10% de todo o curso do servomotor no servossistema. Observar o movimento do servomotor. O coeficiente de amplificação máximo ou a relação das alavancas que pode manter o servossistema estável e evitar sobre-regulações é o ganho em malha aberta prático.
 - 13) Registrar a curva característica estática do sistema de regulação da turbina quando a queda de velocidade permanente $b_p = 6\%$. A curva característica estática deve ser aproximadamente uma linha recta. A velocidade de rotação da zona morta não deve ser superior a 0,04%. Para o sistema de regulação de uma turbina Kaplan, a imprecisão do servossistema de pás não deve ser superior a 1,5%.
 - 14) Quando não há água na caixa espiral, a pressão do tanque de pressão e a diminuição do nível de óleo devem ser registadas quando a caixa espiral é desligada na pressão baixa emergencial do óleo.
 - 15) Quando não há água na caixa espiral, medir a pressão de óleo mais baixa do mecanismo de operação da lâmina-guia e das pás. A pressão não deve ser superior a 16% da pressão de óleo nominal;
- i) A inspecção e o ajuste das partes eléctricas do controlo devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Verificar a fiação do circuito das partes eléctricas no sistema, que devem cumprir os requisitos de concepção.
 - 2) A tensão de saída da fonte de alimentação regulada nas partes eléctricas deve cumprir os requisitos de concepção e a flutuação da tensão de saída não deve exceder $\pm 1\%$ do valor de projecto.
 - 3) Verificar as propriedades de todos os circuitos das partes eléctricas e da faixa ajustável dos parâmetros ajustáveis dos circuitos, como a queda de velocidade permanente b_p , a razão de desvio e_p , o ganho proporcional K_p , o ganho integral K_i , o ganho diferencial K_d (ou a queda de velocidade temporária, a constante do tempo de reserva T_d , a constante do tempo de derivação T_n). Todos estes parâmetros e faixas ajustáveis devem cumprir os requisitos de concepção.

- 4) Verificar a faixa ajustável da abertura, a frequência e a potência. Devem cumprir os requisitos de concepção.
 - 5) Registrar a curva que exhibe a relação entre o sinal de entrada do equipamento de medição de velocidade e a saída (corrente, tensão). Em $\pm 10\%$ da velocidade de rotação nominal, a curva característica estática deve ser aproximadamente uma linha recta e a zona morta da velocidade de rotação deve cumprir os requisitos de concepção. Em $\pm 2\%$ da velocidade de rotação nominal, o desvio do coeficiente de amplificação medido não deve ser superior a $\pm 5\%$ do valor de projecto;
- j) Os ensaios de simulação do sistema de regulação da turbina devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Simular todos os tipos de avarias do sistema de regulação da turbina, devendo os dispositivos de protecção poder funcionar de forma fiável e enviar sinais de alerta correctamente.
 - 2) Operar as unidades do gerador da turbina hidráulica manual ou automaticamente para simular o arranque, a paragem e a paragem de emergência. O sistema de regulação da turbina deve poder funcionar de forma fiável e enviar sinais de alerta correctamente.

4.3 Gerador

4.3.1 A instalação dos geradores verticais deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A raspagem do revestimento do rolamento deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A chumaceira de apoio não deve apresentar falhas, como fissuras, inclusões de escória ou poros densos. A área total de esfoliação localizada do material da superfície e da base metálica do revestimento do rolamento não deve ser superior a 5% da área de superfície do revestimento. Se necessário, a inspecção ultra-sónica pode ser utilizada para verificar a chumaceira de apoio. A superfície de trabalho das placas espelhadas não deve apresentar cicatrizes ou sinais de ferrugem. A rugosidade e a rigidez devem cumprir os requisitos de concepção. Se necessário, o paralelismo entre as duas superfícies e a tolerância de planidade da superfície de trabalho deve ser verificado de acordo com os requisitos da estrutura.
 - 2) As chumaceiras de apoio que o fabricante exige que sejam raspadas no estaleiro devem cumprir os seguintes requisitos após a raspagem:
 - Devem existir 1 a 3 pontos de contacto por centímetro quadrado na superfície do revestimento.
 - Na superfície do revestimento, a área da superfície de cada parte sem contacto local não deve ser superior a 2% da área da superfície total do revestimento do rolamento e a área sem contacto total não deve ser superior a 5% da área total do revestimento do rolamento.
 - A entrada deve ser raspada de acordo com os requisitos do fabricante.

- Para rolamentos de carga axial tipo parafuso de suporte sem bandejas, o centro da superfície linear do revestimento só pode ser raspado quando o revestimento cumprir os requisitos mencionados acima. Nas proximidades do parafuso de suporte, numa secção circular cujo diâmetro seja 2/3 do comprimento do apoio do rolamento, remover primeiro quaisquer pontos de contacto (os pontos de contacto leves podem ser preservados) e cortar o apoio do rolamento uma vez com uma fresa de corte. Depois, cortar o apoio do rolamento numa secção menor, novamente com a fresa de corte, nas proximidades do parafuso de suporte numa secção circular cujo diâmetro seja 1/3 do comprimento do apoio do rolamento e perpendicularmente ao corte anterior.
- Após a rotação da unidade do gerador da turbina hidráulica a baixa velocidade, a chumaceira de apoio deve ser removida para verificar o grau de contacto. Se o revestimento tiver sido esfregado ou existirem pontos salientes, o revestimento deve ser raspado novamente até ficar habilitado.

3) A raspagem do revestimento do rolamento-guia deve cumprir os requisitos do ponto 4.2.1;

b) O erro admissível de instalação do estator deve cumprir os requisitos do Quadro 14;

Quadro 14 Erro admissível de instalação do estator Unidade: mm

| N.º | Elemento | Erro admissível |
|-----|---|--|
| 1 | Folga da ligação geral entre o estator e a base da unidade | Não superior a 0,10 localmente Não superior a 0,05 à volta dos parafusos. |
| 2 | Folga da ligação geral entre o estator e o núcleo de ferro | Não devem existir folgas se adicionar almofada de amortecimento. A desadaptação radial não deve ser superior a 0,30 na parte inferior dos entalhes. A largura do entalhe deve cumprir os requisitos de concepção. |
| 3 | Ligação geral entre a cremalheira e a placa de fundação | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 |
| 4 | Circularidade do estator (a diferença entre cada raio e o raio médio) | ±4% do entreferro de projecto |
| 5 | Elevação central do núcleo de ferro do estator | 0~ +0,4% do comprimento efectivo do núcleo de ferro e não deve ser superior a 6,0 |

c) A medição da resistência de isolamento do enrolamento do estator a terra e da resistência de isolamento entre os enrolamentos deve cumprir os seguintes requisitos:

1) Ao converter a temperatura para 100 °C, a resistência de isolamento de cada enrolamento do estator não deve ser inferior a R, que é calculada pela Fórmula (1):

$$R = \frac{U_N}{1\ 000 + \frac{S_N}{100}} \dots\dots\dots (1)$$

em que

U_N é a tensão composta nominal do gerador, em V;

S_N é a potência nominal do gerador, em kVA.

Para geradores secos e limpos, quando a temperatura ambiente é t (°C), a resistência de isolamento do enrolamento do estator $R_t(MO)$ deve ser revista de acordo com a Fórmula (2):

$$R_t = R \times 1.6^{(100-t)/10} \dots\dots\dots (2)$$

em que

R é a resistência de isolamento quente calculada quando a temperatura se encontra nos 100 °C, em MΩ.

- 2) Quando a temperatura for inferior a 40 °C, a absorvidade da resistência de isolamento do papel de mica em pó de epóxi *Reo/Ris* não deve ser inferior a 1,6 ou o índice de polarização R_{wmin}/i_{min} não deve ser inferior a 2,0;
- d) A montagem do rotor deve cumprir os requisitos de concepção. Verificar a circularidade do rotor e a diferença entre cada raio e o raio médio. Não devem ser superiores a ±4% do entreferro de projecto. Antes de o rotor ter sido elevado para o poço da turbina, todos os dados de ensaio listados no ponto 4.4.1 devem ser verificados um a um;
- e) O erro admissível de instalação das cremalheiras superiores e inferiores deve cumprir os requisitos do Quadro 15;
- f) O erro admissível de instalação do travão deve cumprir os requisitos do Quadro 16;

Quadro 15 Erro admissível de instalação das cremalheiras superiores e inferiores Unidade: mm

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|--------------------------------------|------------|
| 1 | Folga de ligação geral | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 | — |
| 2 | Distância entre os protectores eólicos e os tubos de água de protecção contra incêndios, e entre os enrolamentos dos estatores e os ventiladores dos rotores | 0~ +20% do valor de projecto | — |
| 3 | Centro da cremalheira | 0,5 | — |
| 4 | Nivelamento da cremalheira | Não superior a 0,10 mm/m | — |
| 5 | Elevação da cremalheira | ±1,5 | — |
| 6 | Ligação geral entre a cremalheira e as placas de fundação | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 | — |

Quadro 16 Erro admissível de instalação do travão Unidade: mm

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|---|------------|
| 1 | Ensaio de estanquidade e de pressão do travão | Quando durarem 30 minutos, a redução da pressão não deve exceder 3% | — |
| 2 | Elevação da superfície superior do travão | ±1,0 | — |
| 3 | Folga entre o travão e a placa de travagem anular do rotor | ±20% do valor do projecto | — |
| 4 | Posição radial do travão | ±3,0 | — |
| 5 | Ensaio de estanquidade e de pressão das tubagens do sistema de travagem | Sem fugas | — |

g) O erro admissível de instalação do rotor deve cumprir os requisitos do Quadro 17;

Quadro 17 Erro admissível de instalação do rotor

Unidade: mm

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|------------------------------|--|
| 1 | Nivelamento da placa espelhada | Não ser superior a 0,02 mm/m | — |
| 2 | Folga axial do anel de pressão do mancal do impulso | Ser inferior a 0,02 | Verificar quando o anel de pressão está a suportar carga |
| 3 | Entreferro | ±8% da folga média | — |

h) Verificar o ajuste do veio da unidade do gerador da turbina hidráulica para garantir que cumpre os seguintes requisitos:

- 1) Deve ser executada a rotação lenta da unidade para verificar o alinhamento do veio. Antes da execução da rotação lenta da unidade, as partes rotativas da unidade do gerador da turbina hidráulica devem estar na posição central e o veio principal deve estar livre e na vertical.
- 2) Para a rotação lenta rígida dos rolamentos de carga axial, o terminal de carga em cada revestimento de rolamento deve ser uniformizado e o desvio do nivelamento da placa espelhada deve ser inferior a 0,02 mm/m. Ajustar a folga do revestimento do rolamento-guia na lateral do mancal de impulso, a folga deve estar entre 0,03 mm e 0,05 mm. Ao mesmo tempo, outros rolamentos-guia radiais não devem estar em contacto com o veio principal. Após o alinhamento do veio, a excentricidade da linha axial da unidade do gerador da turbina hidráulica não deve ser superior aos requisitos do Quadro 18.

Quadro 18 Excentricidade admissível da linha axial da unidade do gerador da turbina hidráulica (dupla amplitude)

| Veio | Dados de medição | Tipo de excentricidade | Velocidade de rotação do veio (n) rpm | | | | |
|-----------------|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| | | | n < 150 | 150 ≤ n < 300 | 300 ≤ n < 500 | 500 ≤ n < 750 | n ≥ 750 |
| Veio do gerador | Friso do veio e flanges dos rolamentos superiores e inferiores | Excentricidade relativa mm/m | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Veio da turbina | Friso do veio do rolamento-guia | Excentricidade relativa mm/m | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| Veio do gerador | Anel colector | Excentricidade absoluta mm | 0,50 | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,10 |
| NOTA 1 | Excentricidade absoluta: a excentricidade medida real. | | | | | | |
| NOTA 2 | Excentricidade relativa: A razão entre a excentricidade absoluta (mm) e a distância entre a parte de medição e a placa espelhada (m). | | | | | | |
| NOTA 3 | A excentricidade mencionada acima representa a rotação lenta da unidade do gerador da turbina hidráulica, não a excentricidade operativa. | | | | | | |

- 3) De qualquer forma, a excentricidade absoluta do rolamento-guia da turbina hidráulica deve cumprir os requisitos do Quadro 19.

Quadro 19 Excentricidade absoluta admissível do rolamento-guia da turbina hidráulica

| Velocidade de rotação do veio (rpm) | n < 250 | 250 ≤ n < 600 | n ≥ 600 |
|---|---------|---------------|---------|
| Excentricidade absoluta admissível (mm) | 0,35 | 0,25 | 0,20 |

- i) Quando a excentricidade do veio tiver sido ajustada para ser habilitada, o nivelamento da placa espelhada deve ser verificado novamente e a carga transportada pela chumaceira de apoio, a circularidade do estator e do rotor e o entreferro devem cumprir os requisitos relevantes;
- j) A instalação do entalhe de óleo do rolamento de carga axial deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Para o entalhe de óleo do rolamento de carga axial, os ensaios de fugas de querosene devem ser realizados de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2.
 - 2) Para o refrigerador do entalhe de óleo, os ensaios de resistência à pressão devem ser realizados de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2.
 - 3) A folga axial entre as partes rotativas e fixas no entalhe de óleo deve cumprir os requisitos do rotor de elevação e a folga radial deve cumprir os requisitos de concepção. Ao colocar o feltro vedante com entalhe no entalhe do óleo, este deve ser comprimido em cerca de 1 mm e o contacto entre o feltro vedante e o veio não deve ser demasiado apertado.

- 4) O círculo exterior do anel de retenção de óleo deve ser concêntrico com a unidade do gerador da turbina hidráulica e o desvio do centro não deve ser superior a 1,0 mm. O desvio entre a distância radial do círculo exterior do anel de retenção de óleo e do círculo interior do friso do veio e a distância média não deve ser superior a $\pm 10\%$.
 - 5) A altura da superfície de óleo no entalhe de óleo deve cumprir os requisitos de concepção e o desvio não deve ser superior a ± 5 mm. A marca do óleo lubrificante deve cumprir os requisitos de concepção. A qualidade do óleo deve ser devidamente verificada antes do enchimento e deve cumprir os requisitos de concepção.
 - 6) A resistência de isolamento admissível de cada parte do rolamento de carga axial suspenso da unidade do gerador da turbina hidráulica deve cumprir os requisitos do Quadro 20;
- k) A instalação do rolamento-guia deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) As condições de suporte de carga do veio e das chumaceiras de apoio da unidade do gerador da turbina hidráulica devem ser ajustadas para serem habilitadas.
 - 2) As folgas do anel vedante da turbina hidráulica e do entreferro do gerador devem ser habilitadas.
 - 3) Durante a instalação final de um revestimento do rolamento-guia segmentado que dispõe de requisitos de isolamento, a resistência de isolamento deve ser superior a 50 M Ω .
 - 4) Durante a instalação, a folga do revestimento do rolamento deve ser ajustada de acordo com a posição central do veio principal e tidas em conta a direcção e as dimensões da rotação lenta. A folga de instalação total deve cumprir os requisitos de concepção.
 - 5) O erro admissível do revestimento do rolamento-guia segmentado não deve ser superior a $\pm 0,02$ mm. O desvio entre a folga real de dois revestimentos adjacentes e o valor requerido não deve ser superior a 0,02 mm. Quando tiver sido ajustada, a folga deve ser bloqueada de forma fiável.

Quadro 20 Resistência de isolamento admissível de cada parte de um rolamento de carga axial em suspensão da unidade do gerador da turbina hidráulica

| N.º | Componentes do rolamento de carga axial | Resistência de isolamento (M Ω) | Equipamento de medição da resistência de isolamento | Explicação |
|-----|--|---|---|--|
| 1 | Assento e suportes do rolamento de carga axial | 5 | 500 V | Medição após a instalação dos assentos e dos suportes |
| 2 | Rolamento de carga axial | 1 | 500 V | Medição quando o rolamento tiver sido totalmente montado e o rotor tiver sido instalado Medição antes do enchimento com óleo lubrificante, com a temperatura entre 10 e 30 °C |
| 3 | Termómetro integrado | 50 | 250 V | Antes de encher com óleo lubrificante, medir a resistência de isolamento da chumaceira de apoio do fio condutor de cada termómetro |

- l) A instalação dos dispositivos de medição de temperatura do gerador deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A resistência de isolamento total do dispositivo de medição da temperatura não deve ser inferior a 0,5 MΩ. Para um rolamento que precisa de ser isolado, quando todos os termómetros tiverem sido instalados, a resistência de isolamento do revestimento do rolamento deve cumprir os requisitos do Quadro 20.
 - 2) Para os grupos de terminais do dispositivo de medição da temperatura do enrolamento do estator, se houver uma folga de descarga, a folga deve estar entre 0,3 mm e 0,5 mm.
 - 3) Antes da vedação do entalhe de óleo do rolamento, o dispositivo de medição da temperatura deve ser verificado e a diferença entre as resistências de cada termómetro de resistência não deve ser superior a 1,5%. O dispositivo deve estar bem isolado do solo. O valor indicado do termómetro de sinal deve aproximar-se da temperatura real do revestimento do rolamento. Os fios eléctricos utilizados na medição da temperatura devem estar bem fixos.
 - 4) A quantidade de termómetros e de interruptores de medição de temperatura deve estar de acordo com a quantidade de linhas e refrigeradores e com a quantidade de ranhuras dos enrolamentos.
- m) A instalação dos sistemas e dispositivos de excitação deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O sistema e os dispositivos de excitação só devem ser instalados quando toda a construção interior tiver sido concluída e a humidade interior tiver cumprido os requisitos relevantes.
 - 2) Para a placa ou armário do sistema de excitação, os contactos de encaixe de gavetas de encaixe devem ser verificados de acordo com os requisitos de concepção.
 - 3) A instalação do interruptor de descarga de campo deve cumprir os seguintes requisitos:
 - As bobinas de abertura/fecho e os dispositivos de bloqueio do mecanismo de transmissão do interruptor devem ser verificados separadamente, devendo igualmente ser realizados ensaios operativos. A fiabilidade e o tempo das operações devem estar em conformidade com as normas relevantes do artigo.
 - Verificar se a sucessão das acções dos contactos de extinção de arco e dos contactos principais estão todas correctas. Os contactos normalmente fechados devem actuar antes dos contactos normalmente abertos e o tempo de espaçamento após a ruptura dos contactos normalmente fechados deve cumprir os requisitos de concepção.
 - Ao utilizar um interruptor de descarga de campo DM, devem ser verificadas a quantidade, a disposição, a forma e a posição da instalação das placas de rede de extinção de arco, bem como a ligação e resistência da resistência *shunt* e a distância de contacto de extinção de arco. Todas devem cumprir os requisitos do artigo e da encomenda.

- 4) A colocação e a fiação eléctrica do cabo do sistema de excitação devem cumprir os seguintes requisitos:
- Os comprimentos do cabo de alimentação trifásico que liga o transformador de excitação ao quadro de alimentação devem ser iguais.
 - A colocação e a fiação eléctrica interna do cabo devem cumprir os requisitos de concepção.

4.3.2 A instalação do gerador horizontal deve cumprir os seguintes requisitos:

a) A raspagem do revestimento do rolamento deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) O revestimento do rolamento e a placa espelhada devem ser verificados de acordo com os requisitos do ponto 4.3.1. Os revestimentos do rolamento que o fabricante exige que sejam raspados no estaleiro devem ser processados em duas fases: a raspagem inicial e a raspagem fina. A raspagem inicial deve ser efectuada antes da colocação do rotor no estator e a raspagem fina deve ser efectuada após a centragem do rotor.
- 2) A raspagem do revestimento do rolamento auxiliar deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A folga entre o revestimento do rolamento e o friso do veio deve cumprir os requisitos de concepção. As folgas de ambos os lados devem ser metade da folga superior e a diferença entre as folgas de ambos os lados não deve ser superior a 10% da folga.
 - O ângulo de contacto entre a base do revestimento do rolamento e o friso do veio deve cumprir os requisitos de concepção e não deve ser superior a 60°. O revestimento do rolamento deve fazer contacto total e uniforme ao longo da direcção do seu comprimento. Devem existir entre 1 e 3 pontos de contacto por centímetro quadrado na área de contacto.
 - Para rolamentos que adoptam sistemas de lubrificação por circulação de óleo de pressão, as dimensões da galeria de óleo devem cumprir os requisitos de concepção e o comprimento da altura manométrica em ambas as extremidades da galeria de óleo na longitudinal na junta não deve ser inferior a 15 mm.
- 3) A raspagem das chumaceiras de apoio deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A área de contacto entre a chumaceira de apoio e o anel de pressão deve alcançar 75% da área da superfície total e devem existir entre 1 e 3 pontos de contacto por centímetro quadrado.
 - A espessura das chumaceiras de apoio sem dispositivos de ajuste deve ser igual. A diferença de espessura entre cada chumaceira de apoio no mesmo grupo não deve ser superior a 0,02 mm;

b) O erro admissível de instalação do assento do rolamento deve cumprir os requisitos do Quadro 21;

Quadro 21 Erro admissível de instalação do assento do rolamento do gerador horizontal

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|---|------------|
| 1 | Ensaio de fuga de querosene realizados na cavidade de óleo do assento do rolamento | Cumprir os requisitos relevantes do ponto 4.1.2 | — |
| 2 | Axialidade central do assento do rolamento | 0,10 | — |
| 3 | Nivelamento transversal do assento do rolamento | Não superior a 0,20 mm/m | — |
| 4 | Nivelamento axial do assento do rolamento | Não superior a 0,10 mm/m | — |
| 5 | Ligação composta do assento do rolamento e da placa de fundação | Cumprir os requisitos relevantes do ponto 4.1.2 | — |

- c) Se a turbina e o gerador forem coaxiais, o veio principal deve ser alinhado de uma só vez. Se a turbina e o gerador tiverem os seus próprios veios, o flange do veio principal do rotor do gerador deve ser alinhado de acordo com o flange do veio principal da turbina. Para ligações rígidas, o desvio de axialidade não deve ser superior a 0,04 mm e a inclinação das duas faces dos flanges não deve ser superior a 0,02 mm. Para a ligação das engrenagens, o desvio de co-axialidade não deve ser superior a 0,08 mm. Para a ligação flexível, o desvio da co-axialidade radial e axial não deve ser superior a 0,05 mm e a folga entre os dois flanges não deve ser superior a 3 mm a 5 mm;
- d) O entreferro entre o estator e o rotor deve ser uniforme e a folga de cada pólo magnético deve ser calculada em relação à média aritmética dos quatro valores medidos (ao rodar o rotor 90° de cada vez). A diferença entre cada folga do pólo magnético e a folga média não deve ser superior a +8% da folga média;
- e) O ajuste axial do centro do estator e do rotor deve fazer o estator deslocar-se para a parte de trás do rolamento em relação ao rotor e o valor do deslocamento deve cumprir os requisitos do fabricante. O valor deve estar entre 1,0 mm e 1,5 mm, ou é possível considerar metade do alongamento térmico do veio do gerador quando o gerador é operado a plena carga;
- f) Quando o veio principal tiver sido ligado, a excentricidade de cada parte deve ser verificada através de rotação lenta, e a excentricidade deve cumprir os requisitos do Quadro 22;

Quadro 22 Excentricidade de cada parte

Unidade: mm

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|-----------------|------------|
| 1 | Friso do veio | 0,03 | — |
| 2 | Quantidade de impulsos da face frontal do anel de pressão | 0,02 | — |
| 3 | Flange de acoplamento | 0,10 | — |
| 4 | Anel deslizante | 0,20 | — |

- g) A inspecção das peças do rolamento e o ajuste da folga devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Após o ajuste do veio, as condições de contacto da superfície de contacto entre o veio principal e o revestimento do rolamento inferior e da superfície de contacto entre a chumaceira de apoio e o anel de pressão devem ser verificadas através de rotação lenta. As condições de contacto devem cumprir os requisitos da alínea a) deste número.
 - 2) Ao determinar a folga axial entre as duas extremidades do revestimento do rolamento e o ressalto do veio, deve ser considerada a expansão do veio principal à velocidade de $0,011 \text{ mm}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ quando o rotor estiver em execução no aumento de temperatura mais elevado. A folga deve ser suficiente para assegurar a expansão livre do rotor quando estiver em funcionamento.
 - 3) A folga axial do rolamento de carga axial (movimento do veio principal) deve ser entre 0,3 mm e 0,6 mm (o valor mais alto aplica-se a veios maiores).
 - 4) O encaixe entre o revestimento do rolamento e a bucha deve cumprir os seguintes requisitos:
 - Para revestimentos do rolamento cilíndrico, não devem existir folgas entre o revestimento do rolamento superior e a protecção do rolamento e deve existir uma compressão de 0,05 mm. O revestimento do rolamento inferior e o assento do rolamento devem estar em contacto próximo e a superfície de suporte de cargas deve ser superior a 60% da superfície total.
 - Para revestimentos do rolamento esférico, a área de contacto entre a superfície esférica, o assento do rolamento esférico deve ser cerca de 75% da superfície esférica total e o contacto deve ser uniforme. Quando a protecção do rolamento tiver sido apertada, a folga entre o revestimento e o assento do rolamento esférico deve cumprir os requisitos do fabricante.
 - 5) A folga entre o anel vedante e o veio deve cumprir os requisitos do desenho e deve ser de cerca de 0,2 mm. Durante a instalação, a folga entre as entre as metades opostas não deve ser superior a 0,1 mm e não deve existir desalinhamento;
- h) A instalação do ventilador deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A superfície do ventilador deve ser lisa e limpa e não deve apresentar fissuras ou outros danos mecânicos.
 - 2) Para ventiladores instalados no local, os parafusos devem ser apertados de acordo com os requisitos do fabricante e devem ser bloqueados. Não devem ser utilizadas arruelas de pressão e devem ser evitados cortes de gás e soldaduras eléctricas no ventilador.
 - 3) A folga entre a pá do ventilador e o dispositivo de circuito de ar deve ser uniforme e o desvio não deve ser superior a $\pm 20\%$ da folga média real.

- 4) A distância entre a face frontal do ventilador e a face frontal do dispositivo de circuito de ar deve cumprir os requisitos de concepção. Se não existirem requisitos, a folga não deve ser inferior a 5 mm.

4.3.3 A instalação de geradores da turbina tubular com extensão do veio deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O erro admissível de combinação das partes principais deve cumprir os requisitos do Quadro 23.

Quadro 23 Erro geral admissível das partes principais Unidade: mm

| N.º | Elementos | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|--|------------|
| 1 | Folga de ligação geral entre o estator e o núcleo de ferro | Não devem existir folgas quando possuir almofada de amortecimento O desalinhamento radial na parte inferior da ranhura do núcleo de ferro não deve ser superior a 0,3 | — |
| 2 | Folga de ligação geral entre o estator e a base da unidade | Não superior a 0,10 em partes locais. Não superior a 0,05 à volta dos parafusos | — |
| 3 | Circularidade do núcleo de ferro do estator | ±4% do entreferro de projecto | — |
| 4 | Circularidade da caixa principal e dos flanges superiores da carenagem | ±0,1% do diâmetro de concepção, e o valor máximo não deve ser superior a 5,0 | — |
| 5 | Folga de ligação geral da carenagem superior | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 | — |

- b) A montagem final do gerador deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) A montagem do rolamento deve cumprir os requisitos do Quadro 21.
- 2) Após o acoplamento do veio principal, a excentricidade das partes deve ser verificada através do guiador e deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A excentricidade de cada friso do veio deve ser inferior a 0,03 mm.
 - O valor de projecção da face frontal da placa espelhada não deve ser superior a 0,05 mm.
 - A excentricidade do flange do acoplamento do veio não deve ser superior a 0,10 mm.
 - A excentricidade do anel deslizante não deve ser superior a 0,20 mm.
- 3) Ao instalar o estator, a superfície composta do estator e a base da fundação devem ser cuidadosamente limpas. Os vedantes devem ser instalados em estrita conformidade com os requisitos de concepção. O entreferro entre o estator e o rotor deve ser devidamente ajustado. A diferença entre cada folga e a folga média não deve ser superior a ±8% da folga média.

4.3.4 A instalação dos tubos e dos acessórios deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A qualidade dos tubos após serem flexionados deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Não devem existir falhas, como fissuras, delaminação e queimadura excessiva.
 - 2) A diferença entre o diâmetro exterior máximo e mínimo do tubo não deve ser superior a 8% do diâmetro do tubo.
 - 3) O ângulo de curvatura deve estar de acordo com a placa de amostragem.
 - 4) A altura das dobras corrugadas no interior do tubo em forma de cotovelo não deve ser superior a 3% do diâmetro do tubo. A distância das dobras não deve ser 4 vezes inferior à altura da dobra.
 - 5) O tubo anelar deve ser pré-montado após a flexão, e o desvio do raio não deve ser superior a 2% do valor de projecto. Os tubos devem estar na mesma superfície e o desvio não deve ser superior a 40 mm;
- b) O desvio vertical dos tubos de três vias soldados não deve ser superior a 2% da altura;
- c) Ao instalar os tubos, a posição das juntas de soldadura deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A distância entre duas costuras circulares no segmento recto não deve ser inferior a 100 mm e deve ser superior ao dobro do diâmetro exterior do tubo.
 - 2) A distância entre as juntas de soldadura topo a topo e o ponto de flexão dos tubos em forma de cotovelo não deve ser inferior a 100 mm, nem inferior ao diâmetro exterior do tubo.
 - 3) A distância livre entre as juntas de soldadura e as chumaceiras suporte ou em suspensão não deve ser inferior a 50 mm. Os tubos que passam através da divisória e do chão não devem dispor de uniões soldadas no muro e no chão.
 - 4) Não devem existir poros nas juntas de soldadura do tubo. Se os poros estiverem abertos, as juntas de soldadura devem passar por uma inspecção não destrutiva.
- d) O raio de curvatura do tubo em forma de cotovelo soldado não deve ser 1,5 vezes inferior ao diâmetro do tubo. Não devem existir menos de quatro secções num cotovelo de 90°. O ângulo do eixo do cotovelo deve estar de acordo com a placa de amostragem após a soldadura;
- e) A integração da tubagem deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) As tubagens não devem ser ligadas através de passos de parafuso ou flanges.

- 2) Para tubagens de óleo ou gás, deve ser utilizado o método de mangas de redução integradas.
 - 3) Se a tubagem passar por uma junta de dilatação, as medidas tomadas para proteger os tubos devem cumprir os requisitos de concepção;
- f) A posição de instalação de um tubo exposto deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O desvio da posição de instalação (coordenadas ou elevação) não deve ser superior a 10 mm.
 - 2) A curvatura do tubo horizontal e o desvio horizontal não devem ser superiores a 0,15%, nem superiores a 20 mm. O desvio de verticalidade do dispositivo de derivação não deve ser superior a 0,2%, nem superior a 15 mm.
 - 3) Os tubos de suporte devem estar na mesma superfície e o desvio não deve ser superior a 5 mm. O desvio da distância entre os tubos deve estar entre 0 mm e +5 mm.
 - 4) O gradiente dos tubos de purga de óleo e de drenagem gravítica deve estar em conformidade com a direcção do caudal do líquido e deve estar entre 0,2% e 0,3%;
- g) O material das juntas vedantes flangeadas deve estar em conformidade com o meio do serviço e os requisitos de pressão;
- h) Antes de utilizar óleo, água, gás e o sistema de controlo da turbina, os tubos devem ser tratados, lavados e verificados de acordo com os requisitos de concepção e as normas relevantes;
- i) Os ensaios do tubo e dos acessórios devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A resistência e a resistência à pressão dos recipientes auto-maquinados no local e dos acessórios sob uma pressão de serviço de 1 MPa ou superior devem ser testadas de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2. Os contentores sem pressão produzidos no local devem ser testados de acordo com o ponto 4.1.2.
 - 2) A estanquidade e a tolerância à pressão devem ser testadas nas válvulas com uma pressão de serviço de 1 MPa ou superior e nas válvulas com uma pressão de serviço inferior a 1 MPa em peças importantes de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2.
 - 3) Antes do lingotamento de betão, os tubos e os acessórios de pressão enterrados devem ser submetidos a ensaios de compressão rigorosos, conforme requerido no ponto 4.1.2.
 - 4) Após a instalação dos sistemas e acessórios de ar, água e óleo, os ensaios devem ser realizados através do bombeamento de ar, água e óleo para os tubos. A pressão deve aumentar gradualmente para a pressão de serviço nominal durante os ensaios. Não devem existir fugas.

4.3.5 A instalação de válvulas borboleta, válvulas esféricas e juntas de dilatação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A instalação da válvula borboleta deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Para condutas forçadas ou a caixa espiral a montante ou a jusante das válvulas borboleta, o comprimento da abertura no exterior do muro de betão deve ser suficientemente longo para garantir o espaço de serviço suficiente para a montagem e a soldadura dos componentes.
 - 2) Quando a válvula borboleta tiver sido instalada, a linha central na direcção do caudal deve ser determinada de acordo com o centro real das caixas espirais e das condutas forçadas. O desvio entre a posição real e a de concepção não deve ser superior a 3 mm. O desvio entre a linha central transversal (a montante ou a jusante) e a linha central de concepção não deve ser superior a 10 mm. Os desvios horizontais e verticais da válvula borboleta não devem ser superiores a 1 mm/m quando medidos após a soldadura do flange. Para válvulas borboleta de diâmetro superior a 4,0 m, o desvio não deve ser superior a 0,5 mm/m.
 - 3) Deve ser deixada uma distância suficiente entre os parafusos da fundação e os orifícios dos parafusos. A distância não deve ser inferior ao diâmetro do vedante de borracha dos flanges.
 - 4) O erro admissível de montagem da válvula borboleta deve cumprir os requisitos do Quadro 24.

Quadro 24 Erro de montagem admissível de válvulas borboleta

Unidade: mm

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|--|---------------------------|
| 1 | Ligações compostas entre a sede de válvula e a placa de fundação | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 | — |
| 2 | Ligações compostas do invólucro da válvula | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 | — |
| 3 | Ensaio do vedante de borracha ao ar | Sem fugas com ar pressurizado abaixo de 0,05 MPa | — |
| 4 | Folga quando as válvulas estão fechadas | Juntas hidráulicas ventiladas | Sem folgas |
| | | Juntas hidráulicas não ventiladas | ±20% do valor de projecto |
| 5 | Ensaio de estanquidade em água parada | As fugas de água após 30 minutos não devem ser superiores ao valor de projecto | — |

- b) A instalação da válvula esférica deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) O erro admissível de instalação das válvulas esféricas deve cumprir os requisitos do Quadro 25.
- 2) As válvulas esféricas devem poder mover-se livremente. Deve ser deixada uma folga suficientemente grande entre as válvulas esféricas e as partes fixas. A folga não deve ser inferior a 2 mm.

Quadro 25 Erro admissível de instalação das válvulas esféricas

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|--|------------|
| 1 | Ligações compostas entre sedes de válvula e placas de fundação | Cumprir os requisitos relevantes do ponto 4.1.2 | — |
| 2 | Centro do corpo da válvula | ±5 mm | — |
| 3 | Centro transversal do corpo da válvula | 15 mm | — |
| 4 | Nivelamento e verticalidade do corpo da válvula | 1,0 mm/m | — |
| 5 | Ligações compostas do corpo da válvula | Cumprir os requisitos do ponto 4.1.2 | — |
| 6 | Folga entre a válvula e o corpo da válvula | Cumprir os requisitos de concepção | — |
| 7 | Folga entre os vedantes de serviço e de manutenção | Não superior a 0,05 mm | — |
| 8 | Curso da tampa estanque | Não inferior a 80% do valor de projecto, o movimento deve ser flexível | — |
| 9 | Ensaio de estanquidade em água parada | As fugas de água após 30 minutos não devem ser superiores ao valor de projecto | — |

c) A instalação da junta de dilatação deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) A folga entre o invólucro interior e exterior de uma junta de dilatação deve ser ajustada para ser uniforme e não deve apresentar obstruções.
- 2) A distância de expansão entre as juntas de dilatação e os invólucros interior e exterior deve cumprir os requisitos de concepção. O desvio não deve ser superior a ±6 mm e deve considerar o valor de contracção da soldadura da união do tubo.
- 3) As peças dos foles devem ser inspeccionadas de acordo com os requisitos de concepção antes das juntas de dilatação tipo foles serem instaladas. Após o ajustador do tubo de aço ser soldado, verificar a distância entre os foles, o arredondamento das bocas do tubo em ambas as extremidades e os dentes, que devem cumprir os requisitos de concepção.
- 4) Após a soldadura do ajustador do tubo de aço e dos foles, deve ser realizada a detecção não destrutiva de falhas de acordo com os requisitos de concepção.

4.4 Equipamentos auxiliares de máquinas hidráulicas

4.4.1 A instalação do equipamento auxiliar deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A qualidade das fundações do equipamento auxiliar deve cumprir os requisitos de concepção;

- b) Antes de o equipamento estar em posição, qualquer sujidade, como manchas de óleo ou lama, no plano de encosto deve ser limpa;
- c) O tamanho dos furos pré-formados do parafuso de ancoragem deve cumprir os requisitos de concepção. Não devem existir barras de aço transversais e resíduos. Ao fundir o betão de segunda fase da fundação, a superfície do betão de primeira fase deve ser picada e limpa. A fundição de segunda fase deve utilizar betão fino ou argamassa de cimento. O grau de resistência deve ser 1 grau superior à resistência do betão da fundação. Se os requisitos forem superiores ao que é normal, deve ser utilizado betão misturado com cimento expansivo (ou argamassa de cimento);
- d) A fixação dos parafusos de ancoragem deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A não perpendicularidade do parafuso de ancoragem deve ser inferior a 1/100.
 - 2) A distância entre o parafuso de ancoragem e o muro com o furo deve ser superior a 15 mm.
 - 3) O óleo e a sujidade dos parafusos de ancoragem devem ser limpos, mas os passos de parafuso devem ser revestidos com graxa.
 - 4) Deve existir um contacto próximo entre as porcas de parafuso e as juntas e entre as juntas e a base do equipamento.
 - 5) Os parafusos de ancoragem devem ser apertados quando o betão tiver alcançado 80% da resistência necessária. Quando as porcas de parafuso tiverem sido apertadas, o parafuso deve ser exposto por 2 a 5 roscas.
 - 6) O erro admissível da posição de instalação do equipamento auxiliar deve cumprir os requisitos do Quadro 26.

4.4.2 A instalação do compressor de ar deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da instalação, o compressor deve ser verificado e o óleo lubrificante deve ser trocado. Se necessário, o compressor deve ser desmontado para verificação;
- b) O erro admissível dos compressores de ar completamente instalados deve cumprir os requisitos do Quadro 27;
- c) Antes de o equipamento auxiliar do compressor de ar, como o refrigerador, o separador de gás-água e o gasómetro, estar em posição, as posições dos orifícios do tubo, dos furos do parafuso de ancoragem e da fundação devem ser verificadas para ser ajustadas aos desenhos de construção e aos requisitos de concepção;

Quadro 26 Erro admissível da posição de instalação do equipamento auxiliar Unidade: mm

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|-------------------------------------|-----------------|------------|
| 1 | Posição planimétrica do equipamento | ±10 | |
| 2 | Elevação | - 10~ +20 | |

Quadro 27 Erro admissível dos compressores de ar completamente instalados

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|-----------------|------------|
| 1 | Nivelamento transversal e longitudinal do compressor | 0,1 mm/m | |
| 2 | Verticalidade da face frontal final da polia da correia | 0,5 mm/m | |
| 3 | Faces frontais de duas polias de correias na mesma superfície | 0,50 mm | |

- d) Para equipamentos auxiliares sob pressão, os ensaios de resistência e de estanquidade devem ser realizados sob a pressão exigida pelos desenhos do equipamento ou documentos técnicos. Se não existirem requisitos, os ensaios de resistência e de estanquidade devem ser realizados de acordo com os requisitos do ponto 4.1.2;
- e) Antes da execução do ensaio, o compressor de ar deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O aperto e a firmeza dos fixadores da cabeça do cilindro, do cilindro, do corpo do compressor, da cabeça em T, da haste de ligação e da protecção do rolamento devem ser verificados.
 - 2) Os instrumentos e equipamentos eléctricos devem ser correctamente ajustados. A direcção de rotação do motor eléctrico deve cumprir os requisitos do compressor de ar.
 - 3) As especificações e a quantidade de óleo lubrificante devem cumprir os requisitos dos documentos técnicos do equipamento e a condição do fornecimento de óleo deve ser normal.
 - 4) As tubagens de entrada e saída de ar devem estar limpas.
 - 5) As tubagens de entrada e saída de água devem estar abertas.
 - 6) Virar o compressor com várias rotações. As rotações devem ser livres e não apresentar obstruções.
 - 7) As válvulas de segurança de cada nível devem estar em boas condições de funcionamento;
- f) O ensaio sem carga do compressor de ar deve durar entre 4 e 8 horas e deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A pressão do óleo lubrificante não deve ser inferior a 0,1 MPa.

- 2) A temperatura do óleo de motor não deve ser superior a 70 °C.
 - 3) O som das peças em funcionamento deve ser normal e não deve haver vibrações óbvias.
 - 4) As peças de ligação não devem estar soltas;
- g) A execução do ensaio com carga do compressor de ar deve durar 1 hora sob 25% da pressão nominal, 2 horas sob 50% ou 75% da pressão nominal e 3 horas sob 100% da pressão nominal. O ensaio não só deve cumprir os requisitos da execução sem carga, como também os seguintes requisitos:
- 1) Não deve haver fugas de óleo, fugas de ar ou fugas de água.
 - 2) A temperatura de drenagem da água de refrigeração não deve ser superior a 40 °C.
 - 3) A temperatura e pressão de ventilação de cada nível deve cumprir os requisitos de concepção.
 - 4) A pressão de funcionamento da válvula de segurança em cada nível deve estar correcta e a operação deve ser sensível.
 - 5) Os dispositivos de controlo automático devem ser sensíveis e fiáveis;
- h) Quando o compressor de ar tiver sido testado para ser aprovado, o óleo lubrificante deve ser mudado.

4.4.3 A instalação da bomba de água deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As bombas de água devem estar completas e não devem ter peças em falta, apresentar danos ou sinais de ferrugem. A tampa de protecção do orifício do tubo deve estar intacta;
- b) O erro admissível das bombas centrífugas deve cumprir os requisitos do Quadro 28.
- c) O erro admissível das bombas para poços profundos deve cumprir os requisitos do Quadro 29;

Quadro 28 Erro admissível das bombas centrífugas

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|---|------------|
| 1 | Nivelamento transversal e longitudinal da bomba | 0,1 mm/m | — |
| 2 | Folga entre o impulsor e o anel vedante | Cumprir os requisitos de concepção | — |
| 3 | Folga axial do impulsor da bomba multinível | Superior à folga axial do mancal de impulso | — |
| 4 | Centro de veios de controlo e comandados | 0,10 mm | — |
| 5 | Grau de inclinação dos veios de controlo e comandados | 0,2 mm/m | — |

Quadro 29 Erro admissível das bombas para poços profundos

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|------------------------------------|------------|
| 1 | Folga entre os impulsores e os anéis vedantes em cada nível | Cumprir os requisitos de concepção | — |
| 2 | Folga axial do impulsor | Cumprir os requisitos de concepção | — |
| 3 | Capacidade de elevação do veio da bomba | Cumprir os requisitos de concepção | — |
| 4 | Excentricidade entre o veio da bomba e o veio do motor eléctrico | 0,15 mm | — |
| 5 | A inclinação entre o veio da bomba e o veio do motor eléctrico | 0,5 mm/m | — |
| 6 | Nivelamento do assento da bomba | 0,1 mm/m | — |

d) A instalação de bombas de água centrífugas deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) Antes de ligar o motor eléctrico à bomba, a direcção de rotação do motor deve ser testada separadamente. Ligá-las quando a direcção tiver sido confirmada.
- 2) Quando o veio de controlo e o veio comandado forem centrados, devem poder rodar livremente.
- 3) Ao ligar a tubagem à bomba, os flanges devem estar bem centrados. A superfície da junta do flange deve ser paralela e perpendicular à linha central da tubagem;

e) A instalação de bombas para poços profundos deve ser verificada de acordo com os seguintes requisitos:

- 1) O diâmetro interior e a não perpendicularidade do tubo do poço devem cumprir os requisitos das peças da bomba no poço. O diâmetro interior do tubo do poço deve ser superior ao diâmetro exterior da parte da bomba no poço em cerca de 50 mm para garantir que a bomba se move livremente para cima e para baixo no poço.
- 2) O orifício do tubo do poço deve ser superior à superfície da fundação em pelo menos 25 mm. Devem ser colocadas camadas de isolamento lisas entre o tubo do poço e a fundação.
- 3) O tubo de aço não deve apresentar extremidades expostas e o tubo do poço não deve apresentar substâncias estranhas.
- 4) As faces frontais do veio de accionamento da bomba devem ser planas e lisas. Quando suportado em ambas as extremidades, o valor de projecção radial no centro do veio de transmissão não deve ser superior a 0,2 mm. Os passos de parafuso devem estar limpos e intactos.
- 5) Os suportes do rolamento e o rolamento de borracha devem estar intactos. Os rolamentos de borracha não devem ser contaminados por graxa;

- f) Antes do ensaio, a bomba de água deve ser verificada de acordo com os seguintes requisitos:
- 1) A direcção de rotação do motor eléctrico deve cumprir os requisitos da bomba.
 - 2) Todos os elementos de fixação e ligação não devem estar soltos.
 - 3) As especificações, a qualidade e a quantidade do óleo lubrificante devem cumprir os requisitos dos documentos técnicos do equipamento.
 - 4) Os rolamentos de borracha devem ser pré-lubrificadas com água de acordo com os requisitos dos documentos técnicos do equipamento.
 - 5) As tubagens devem ser limpas e não apresentar obstruções.
 - 6) Os dispositivos de segurança e protecção devem ser sensíveis e fiáveis.
 - 7) Para bombas para poços profundos, a folga axial entre o impulsor e o reservatório de descarga da bomba deve ser ajustada de acordo com os documentos técnicos do equipamento.
 - 8) O mecanismo de propulsão da bomba para poços profundos deve operar de forma livre e fiável.
 - 9) A válvula de saída da bomba de água deve estar na posição aberta. (Para bombas de água centrífugas, a saída está na posição fechada, por isso, encher antes com água para exceder a parte superior do invólucro da bomba).
 - 10) O guiador deve operar livremente e estar normal.
 - 11) Os ensaios da bomba de água devem ser realizados quando todos os sistemas auxiliares individuais puderem operar normalmente;
- g) Os ensaios da bomba de água realizados com a carga nominal devem durar, pelo menos, 2 horas e devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A impermeabilidade da caixa de empanque deve ser adequada. As fugas devem ser em gotas.
 - 2) Não deve existir vibração ou som anormal durante a operação. Nenhuma conexão deve apresentar folgas ou fugas.
 - 3) A temperatura dos rolamentos de rolos e dos rolamentos deslizantes não deve ser superior a 70 °C. A temperatura do rolamento de rolos não deve ser superior a 70 °C e a temperatura do rolamento deslizante não deve exceder os 80 °C.
 - 4) A corrente do motor eléctrico não deve ser superior ao valor nominal.

- 5) A pressão e a quantidade de caudal da bomba de água devem cumprir os requisitos de concepção.
- 6) A amplitude de vibração radial do veio da bomba de água não deve ser superior aos valores listados na Quadro 30;
- h) As bombas para poços profundos devem parar ao cabo de 20 minutos de ensaio, de forma a ajustar novamente a folga axial entre o impulsor e o reservatório de descarga da bomba;
- i) As bombas de água centrífugas não devem ser operadas a longo prazo com todas as válvulas de saída totalmente fechadas;
- j) Após a execução do ensaio da bomba, o seguinte serviço deve ser realizado de forma adequada:
 - 1) Fechar as válvulas de saída.
 - 2) Drenar completamente a água da bomba para evitar o enferrujamento e o fendilhamento.

Quadro 30 Valores permitidos da vibração radial da bomba de água

| Velocidade de rotação (rpm) | >750 ~ 1000 | >1000 ~ 1500 | >1500~3000 |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Amplitude radial (direção dupla) (mm) | Não superior a 0,10 | Não superior a 0,08 | Não superior a 0,06 |

4.4.4 A instalação da bomba de engrenagem de óleo deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O erro admissível de instalação da bomba de engrenagem de óleo deve cumprir os requisitos do Quadro 31.

Quadro 31 Erro admissível de instalação da bomba de engrenagem de óleo

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|-----------------|------------|
| 1 | Nivelamento do corpo da bomba | 0,20 mm/m | |
| 2 | Folga radial entre a engrenagem e o corpo da bomba | 0,13 ~ 0,16 mm | |
| 3 | Folga axial entre a engrenagem e o corpo da bomba | 0,02 ~ 0,03 mm | |
| 4 | Centro dos veios de controlo e comandados | 0,10 mm | |
| 5 | Inclinação do centro dos veios de controlo e comandados | 0,20 mm/m | |

- b) A bomba de engrenagem de óleo deve ser mantida em execução durante 1 hora sem carga e durante 30 minutos com 25%, 50%, 75% e 100% da carga nominal. A operação deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) Não deve existir vibração e som anormais durante a operação. Nenhuma conexão deve apresentar folgas e fugas.

- 2) A vibração da estrutura da bomba de engrenagem de óleo não deve ser superior a 0,05 mm. A temperatura da estrutura na posição dos rolamentos da bomba de óleo deve ser superior a 60 °C. A vibração da estrutura da bomba de engrenagem de óleo não é superior a 0,05 mm e o aumento da temperatura da estrutura no rolamento da bomba de óleo não deve mais de 35 °C ou 20 °C superior à temperatura do óleo.
- 3) As flutuações de pressão da bomba de engrenagem de óleo devem ser inferiores a $\pm 1,5\%$ do valor de projecto.
- 4) A quantidade de saída da bomba de engrenagem de óleo não deve ser inferior ao valor de projecto.
- 5) A corrente do motor eléctrico da bomba de engrenagem de óleo não deve ser superior ao valor nominal.

4.4.5 Os erros admissíveis de instalação dos instrumentos de medição hidráulica devem cumprir os requisitos do Quadro 32.

4.4.6 A instalação de recipientes, como tanques de óleo ou gás, deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os acessórios dos recipientes, como caixas e tanques, devem estar completos e os respectivos tipos e especificações devem cumprir os requisitos de concepção;
- b) Para recipientes, como caixas e tanques, as especificações e as posições das entradas e saídas devem cumprir os requisitos de concepção;
- c) Antes de o tanque sair da fábrica, devem ser realizados ensaios de fugas e deve ser entregue a certificação de qualidade;
- d) Antes de o tanque de gás sair da fábrica, devem ser realizados ensaios de fugas e de estanquidade à pressão de acordo com os requisitos técnicos do equipamento e deve ser entregue a certificação de qualidade;
- e) Antes da colocação de recipientes, como caixas e tanques, as paredes interiores dos recipientes devem ser limpas e não devem apresentar substâncias estranhas;
- f) O erro admissível de instalação dos recipientes, como caixas e tanques, deve cumprir os requisitos do Quadro 33;

Quadro 32 Erro admissível de instalação dos instrumentos de medição hidráulica

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|-----------------|------------|
| 1 | Posição de instalação do instrumento | 10 mm | — |
| 2 | Posição de instalação do painel de instrumentos | 20 mm | — |
| 3 | Verticalidade do painel de instrumentos | 3 mm/m | — |
| 4 | Nivelamento do painel de instrumentos | 3 mm/m | — |
| 5 | Elevação do painel de instrumentos | ± 5 mm | — |
| 6 | Posição da linha de pressão | ± 10 mm | — |

Quadro 33 Erro admissível de instalação dos recipientes, como caixas e tanques

Unidade: mm

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Nivelamento do recipiente horizontal | $\leq 1/1000 L$ | <i>L</i> : Comprimento do recipiente |
| 2 | Verticalidade do recipiente vertical | $\leq 1/1000 H$, não superior a 10 | <i>H</i> : Altura do recipiente |
| 3 | Elevação | ± 10 | — |
| 4 | Posição da linha central | 10 | — |

4.4.7 A instalação do ventilador deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os ventiladores devem ser verificados de acordo com os seguintes requisitos antes da instalação:
- 1) Verificar as dimensões da instalação principal do invólucro do impulsor e outros elementos, como a distância do centro do furo de ancoragem, o diâmetro do furo do flange de entrada/saída, a distância da posição e do centro, o centro e a elevação do veio. Estas dimensões devem estar em conformidade com a concepção.
 - 2) As entradas e saídas de ar devem ser hermeticamente cobertas por placas de cobertura para evitar a entrada de poeiras e sujidades.
 - 3) A direcção de rotação do impulsor deve cumprir os requisitos dos documentos técnicos do equipamento.
 - 4) Verificar o rotor do ventilador. Não deve apresentar deformações visíveis, sinais graves de ferrugem ou danos. Se existir algum destes defeitos, contactar as organizações relevantes para encontrar o tratamento adequado;
- b) O erro admissível de instalação de um ventilador centrífugo deve cumprir os requisitos do Quadro 34;

Quadro 34 Erro admissível de instalação do ventilador centrífugo

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|--|--------------------------------|
| 1 | Nivelamento transversal e longitudinal do rolamento | 0,20 mm/m | — |
| 2 | Axialidade do invólucro e do rotor | 2 mm | <i>D</i> -Diâmetro do impulsor |
| 3 | Folga axial entre o impulsor e o invólucro | Cumprir os requisitos de concepção ou $1/100D$ | — |
| 4 | Folga radial entre o impulsor e o invólucro | Cumprir os requisitos de concepção ou $1,5-3/100D$ | — |
| 5 | Centro dos veios de controlo e comandados | 0,05 mm | — |
| 6 | Inclinação do centro dos veios de controlo e comandados | 0,20 mm/m | — |
| 7 | Verticalidade da face frontal final da polia da correia | 0,50 mm/m | — |
| 8 | Faces frontais de duas polias de correias na mesma superfície | 0,50 mm | — |

- c) O erro admissível de instalação dos ventiladores de fluxo axial deve cumprir os requisitos do Quadro 35;

Quadro 35 Erro admissível de instalação dos ventiladores do tipo fluxo axial

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|---|------------------------|
| 1 | Nivelamento transversal e longitudinal do ventilador | 0,20 mm/m | — |
| 2 | Folga entre o impulsor e o circuito de ar principal ou diferença entre as folgas em ambos os lados | Cumprir os requisitos de concepção. Se $0 \leq D < 600$ mm, não superior a $\pm 0,5$ mm Se $D > 600-1200$ mm, não superior a $\pm 1,0$ mm | D-Diâmetro do impulsor |

- d) Após a instalação, o ventilador deve ser verificado de acordo com os seguintes requisitos:
- 1) A entrada do ventilador e as condutas de ar, bem como as válvulas e os dispositivos de ajuste, devem ser suportados separadamente e bem conectados à fundação ou a outros edifícios. As faces da junta do flange devem ser paralelas entre si e perpendiculares à linha central da tubagem.
 - 2) O invólucro do ventilador não deve suportar o peso de outros componentes da máquina, de forma a evitar a sua deformação;
- e) Os ensaios do ventilador não devem durar menos de 2 horas e devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A direcção de rotação do impulsor deve estar correcta. O ventilador deve funcionar de forma estável. Não devem existir ruídos de atrito entre o rotor e o invólucro.
 - 2) As vibrações radiais das peças rotativas não devem ser superiores aos valores indicados no Quadro 36.
 - 3) A temperatura dos rolamentos deslizantes não deve ser superior a 60 °C e a temperatura dos rolamentos de rolos não deve ser superior a 80 °C. Durante o funcionamento experimental, a temperatura do rolamento deslizante do ventilador centrífugo não excede os 65 °C e a temperatura do rolamento de rolos não deve estar 40 °C acima da temperatura ambiente. A temperatura de serviço normal do rolamento de rolos do ventilador de fluxo axial não deve ser superior a 70 °C. A temperatura instantânea máxima não deve ser superior a 95 °C e o aumento da temperatura não deve ser superior a 55 °C. A temperatura de serviço normal do rolamento deslizante não deve ser superior a 75 °C.
 - 4) A corrente do motor eléctrico não deve ser superior à corrente nominal.

Quadro 36 Valores permitidos da vibração radial do ventilador

| Velocidade de rotação (rpm) | >750-1000 | >1000-1450 | >1450-3000 |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| Amplitude radial (direcção dupla) (mm) | Não superior a 0,10 | Não superior a 0,08 | Não superior a 0,05 |

4.4.8 A instalação de tubagens de combate a incêndios deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A distância entre o tubo de combate a incêndios e a bobina do estator e as peças rotativas não deve ser inferior ao tamanho de concepção, por norma, não superior a 20% do valor de projecto;
- b) A direcção do orifício de pulverização do tubo de combate a incêndios (água pulverizada ou gás CO₂) deve ser a correcta e a inspecção deve ser realizada de acordo com os requisitos do fabricante e os diferentes tipos estruturais. Se necessário, utilizar o método de ventilação para verificar este ponto.

4.5 Tubagens do sistema

4.5.1 Os materiais da tubagem devem cumprir os requisitos de concepção. Se não existirem requisitos, as tubagens cuja pressão de serviço for superior a 1,6 MPa devem ser feitas de tubos de aço sem costuras.

4.5.2 A produção da tubagem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O erro admissível de produção dos acessórios para tubos da tubagem do sistema deve cumprir os requisitos do Quadro 37;

Quadro 37 Erro admissível de produção dos acessórios para tubos Unidade: mm

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|--------------------------------|--|
| 1 | Diferença entre os diâmetros máximo e mínimo do tubo | ≤8% | — |
| 2 | Ângulo de curvatura | ±3 mm/m; Comprimento total <10 | — |
| 3 | Desnivelamento do enrugamento | ≤3% <i>D</i> | <i>D</i> -Diâmetro nominal dos tubos ou dos tubos em forma de cone |
| 4 | Raio do tubo circular | ≤±2% <i>R</i> | <i>R</i> -Raio de curvatura do tubo circular |
| 5 | Tolerância de planidade do tubo circular | ≤±20 | — |
| 6 | Tamanho das juntas de dilatação em forma de Ω | ±10 | — |
| 7 | Planidade das juntas de dilatação em forma de Ω | 3 mm/m; Comprimento total<10 | — |
| 8 | Verticalidade dos tubos principais de três vias e dos tubos de derivação | ≤2% <i>H</i> | <i>H</i> -Altura dos tubos de derivação de três vias |
| 9 | Diâmetros dos tubos em forma de cone nas duas extremidades | ≤±1% <i>D</i> ≤±2 mm | <i>D</i> -Diâmetro nominal do tubo em forma de cone |
| 10 | Inclinação das faces frontais do tubo de brasagem | ≤1/1000 <i>D</i> | <i>D</i> -Diâmetro nominal do tubo |
| 11 | Perímetro do tubo de brasagem | ≤±1/1000 <i>L</i> | <i>L</i> -Perímetro de projecto do tubo de brasagem |

- b) O raio de curvatura não deve ser menos de 4 vezes inferior ao diâmetro do tubo para tubos de flexão a frio e não deve ser menos de 3,5 vezes inferior para tubos de flexão a quente. Os tubos de flexão a quente devem ser aquecidos com carvão vegetal, coque, petróleo ou gás de hulha em vez de carvão. A temperatura de aquecimento não deve ser superior a 850 °C;

- c) O erro admissível de produção dos circuitos de ventilação deve cumprir os requisitos do Quadro 38.

Quadro 38 Erro admissível da produção e instalação das condutas de ar Unidade: mm

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|-------------------------------|------------|
| 1 | Diâmetro ou comprimento lateral das condutas de ar | -2 | — |
| 2 | Diâmetro ou comprimento lateral dos flanges da conduta de ar | +2 | — |
| 3 | Perpendicularidade entre as condutas de ar e os flanges | 2 | — |
| 4 | Nivelamento do tubo horizontal | 3 mm/m; comprimento total ≤20 | — |
| 5 | Verticalidade dos dispositivos de derivação | 2 mm/m; comprimento total ≤20 | — |

4.5.3 A soldadura deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A soldadura das tubagens e dos acessórios para tubos deve cumprir os requisitos do Quadro 39;
- b) Após a soldadura, os flanges devem estar perpendiculares à linha central da tubagem e a deflexão não deve ser superior aos requisitos do Quadro 40.

Quadro 39 Requisitos de soldadura das tubagens e dos acessórios para tubos

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|--|---|------------|
| 1 | Análise visual das juntas de soldadura | Não deve haver fissuras, inclusões de escória e poros na superfície | — |
| 2 | Importante inspeção não destrutiva da junta de soldadura (pressão de serviço <6 MPa) | Cumprir os requisitos das secções relevantes de DL/T 820 | — |

Quadro 40 Deflexão admissível da perpendicularidade entre os flanges e a linha central do tubo

| Diâmetro nominal do tubo (mm) | <100 | <250 | <300 | <350 | <400 | <500 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Deflexão máxima da aresta exterior do flange (mm) | ±1,5 | ±2 | ±2,5 | ±2,5 | ±3 | ±3 |

4.5.4 A instalação da tubagem deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Antes da instalação da tubagem e dos acessórios para tubos, o interior deve ser lavado e limpo;
- b) Para tubagens integradas no betão, a posição e a elevação central das extremidades expostas do orifício do tubo devem cumprir os requisitos de concepção e o orifício do tubo deve ser tapado com vedantes provisórios, de forma a evitar a entrada de detritos no tubo durante o processo de betonagem;
- c) O erro admissível de instalação da tubagem deve cumprir os requisitos do Quadro 41;

- d) A tubagem não deve apresentar substâncias estranhas ou obstruções após a instalação;
- e) Após a instalação, devem ser realizados ensaios de pressão nas tubagens integradas de acordo com os requisitos relevantes. Só quando a tubagem tiver sido aprovada, o betão pode ser moldado;
- f) As tubagens de água dentro do túnel eólico do gerador devem ser forradas com duas camadas de lona branca para evitar a condensação e o gotejamento de água para o exterior da tubagem;

Quadro 41 Erro admissível de instalação da tubagem

Unidade: mm

| N.º | Elemento | Erro admissível | Explicação |
|-----|---|--------------------------------|------------|
| 1 | Posição planimétrica dos tubos expostos por 10 m | ±10; comprimento total -≤20 | — |
| 2 | Elevação dos tubos expostos | ±5 | — |
| 3 | Verticalidade dos dispositivos de derivação | 2 mm/m; comprimento total -≤15 | — |
| 4 | Tolerância de planidade dos tubos de suporte | ≤r | — |
| 5 | Distância entre tubos de suporte | 0~ +5 | — |
| 6 | Posição de saída dos tubos integrados conectados ao equipamento | ±10 | — |

4.5.5 A colocação dos suportes da tubagem. Um suporte adicional deve ser fixo em cada curva da tubagem. Pelo menos um suporte adicional deve ser fixo em cada intervalo entre edifícios. A distância dos suportes da tubagem não deve ser inferior aos requisitos do Quadro 42.

4.5.6 Os ensaios dos acessórios para tubos, das válvulas e da pressão de água da tubagem devem cumprir os requisitos do Quadro 43.

Quadro 42 Distância mínima dos suportes dos tubos

| Diâmetro nominal do tubo (mm) | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 70 | 80 | 100 | 125 | 150 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Distância do suporte (m) | 2,0 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6,0 |

Quadro 43 Requisitos padrão dos ensaios de pressão de água

| N.º | Elemento de ensaio | Propriedade de ensaio | Pressão de ensaio (MPa) | Tempo de ensaio (min) | Requisitos padrão | Nota |
|-----|---|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Válvulas acima de 1,0 MPa | Estanquidade | 1,25P | 10 | Sem fugas | P- pressão de serviço nominal |
| 2 | Recipientes de pressão e acessórios para tubos improvisados | Resistência | 1,5P; superior a 0,4 | 10 | Sem fugas | — |
| 3 | Recipientes de pressão e acessórios para tubos improvisados | Estanquidade | 1,25P; 1P | 30 12 horas | Sem fugas e a queda de pressão deve ser inferior a 5% P | — |

Quadro 43 (continuação)

| N.º | Elemento de ensaio | Propriedade de ensaio | Pressão de ensaio (MPa) | Tempo de ensaio (min) | Requisitos padrão | Nota |
|-----|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---|------|
| 4 | Recipiente sem pressão | Fuga | Água de enchimento | 24 horas | Sem fugas | — |
| 5 | Tubos do sistema | Resistência | 1,25P superior a 0,4 | 10 | Sem fugas | — |
| 6 | Tubos do sistema | Estanquidade | 1,25P superior a 0,4 | 30 | Sem fugas | — |
| 7 | Sistema de ventilação | Taxa de fugas de ar | Pressão nominal do ar | | Não superior a 10% da quantidade de ar de concepção | — |

4.5.7 A tubagem e os suportes devem ser revestidos com as cores requeridas no Quadro 44 após a instalação.

4.5.8 Cada comprimento de tubo em secções separadas do edifício e cada secção de tubo de derivação deve estar marcado com esmalte preto para indicar a direcção do fluxo do meio no tubo. Se existirem duas direcções opostas, devem ser marcadas duas setas opostas. Atrás das setas que indicam a direcção do fluxo do meio, devem existir palavras que indiquem a localização da tubagem. A fonte deve ter 0,6 vezes o diâmetro exterior da tubo. Os volantes de manobra da válvula devem ser marcados com a direcção de abertura/fecho.

Quadro 44 Requisitos das cores de revestimento

| N.º | Nome da tubagem | Cor da tubagem |
|-----|---|----------------|
| 1 | Tubagem para óleo de pressão e óleo lubrificante limpo no sistema de operação | Vermelho |
| 2 | Tubagem utilizada para drenar o óleo e óleo lubrificante utilizado no sistema de operação | Amarelo |
| 3 | Tubagem para óleo isolante limpo | Vermelho |
| 4 | Tubagem para óleo isolante sujo | Amarelo |
| 5 | Tubagem de abastecimento para uso técnico de água | Azul |
| 6 | Tubagem da bomba de drenagem para necessidade técnica de água | Verde |
| 7 | Tubos partilhados para necessidade técnica de água e de combate a incêndios | Azul |
| 8 | Linha de incêndio | Laranja |
| 9 | Tubos para lavagem | Prateado |
| 10 | Esgoto da central eléctrica e tubagem da bomba de águas residuais | Preto |
| 11 | Conduitas de ar comprimido e outras conduitas de ar | Branco |
| 12 | Suportes de tubos e válvulas | Cinzento claro |

5 Instalação do equipamento eléctrico

5.1 Disposições básicas

5.1.1 A instalação do equipamento eléctrico deve ser realizada de acordo com os desenhos de projecto aprovados e os documentos técnicos do artigo.

5.1.2 O período de armazenamento do equipamento e dos aparelhos antes da instalação deve cumprir os requisitos dos documentos técnicos do artigo e não deve exceder um ano quando não estiver especificado nos documentos técnicos do artigo. Quando for necessário um armazenamento de longo prazo, o fabricante do equipamento deve ser informado para que possa fornecer sugestões.

5.1.3 Os equipamentos e os aparelhos devem cumprir os requisitos das normas técnicas e das condições técnicas das encomendas e devem conter as placas de identificação, as instruções de instalação e de utilização, os relatórios dos ensaios de fábrica e os documentos de certificação.

5.1.4 Os equipamentos e os aparelhos devem ser verificados em tempo útil quando são entregues no local.

- a) A embalagem e a selagem devem estar em bom estado;
- b) Inventário do desempacotamento. As especificações devem estar em conformidade com os requisitos de concepção e os acessórios e as peças sobressalentes devem estar completos;
- c) As informações técnicas do artigo devem estar completas;
- d) O aspecto do equipamento deve ser verificado de acordo com os requisitos presentes neste documento.

5.1.5 As construções de engenharia arquitectónica relacionadas com a instalação do equipamento eléctrico devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os requisitos de concepção e do equipamento devem ser cumpridos;
- b) O projecto de construção deve cumprir os seguintes requisitos antes de o equipamento ser instalado;
 - 1) O telhado e o chão devem estar concluídos e não devem apresentar fugas.
 - 2) As portas e as janelas devem estar instaladas. A base do chão interior deve estar concluída e a elevação do chão deve estar marcada na parede. E a ligação a terra interior deve estar concluída com base na concepção.
 - 3) As peças integradas e os orifícios reservados devem cumprir os requisitos de concepção e as peças incorporadas devem ser fixas.

- 4) A resistência e a rigidez da fundação de betão e dos andaimes devem ser suficientes para a instalação.
- 5) As instalações de construção e as substâncias estranhas devem ser limpas. Devem existir espaços de instalação suficientes. As vias de construção devem estar desobstruídas.
- 6) Os edifícios, as fundações de betão e os andaimes devem ter sido inicialmente aprovados para aceitação.

5.2 Equipamento do quadro de distribuição, cabina completa e circuito secundário

5.2.1 A construção de painéis, armários e de fiação eléctrica secundária deve ser realizada de acordo com as disposições deste documento. Além disso, devem ser cumpridos os requisitos técnicos de instalação do projectista e do fabricante do equipamento.

5.2.2 A construção do equipamento do quadro de distribuição, da cabina completa e do circuito secundário deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A instalação do aço perfilado da fundação deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O aço perfilado da fundação deve ser produzido de acordo com os desenhos do projecto ou as dimensões do equipamento, que devem coincidir com as dimensões do painel e do armário. O erro admissível deve cumprir os requisitos do Quadro 45.

Quadro 45 Erro admissível do aço perfilado da fundação

| Elementos | Erro admissível | |
|---|-----------------|----------------------|
| | mm/m | mm/comprimento total |
| Não linearidade | <1 | <5 |
| Nivelamento | <1 | <5 |
| Erro de posição e grau de desequilíbrio | — | <5 |

NOTA Para disposições em círculo, o erro admissível deve cumprir os requisitos de concepção.

- 2) Quando o aço perfilado da fundação tiver sido instalado, a parte superior deve estar 10 mm acima do solo nivelado. As cabinas completas tipo carrinho devem cumprir os requisitos técnicos dos artigos.
 - 3) O aço perfilado da fundação deve dispor de uma ligação a terra fiável;
- b) Os quadros de distribuição, as cabinas e o respectivo equipamento interno devem estar bem conectados a outros componentes. O painel de controlo principal, o painel de protecção dos relés e o painel do dispositivo automático não devem estar demasiado firmemente soldados ao aço perfilado da fundação;

- c) Quando o quadro de distribuição e a cabina são instalados separadamente ou numa linha, o valor permitido do desvio de verticalidade do quadro de distribuição e da cabina, do desvio horizontal, do desvio da superfície do painel e do desvio da junta deve cumprir os requisitos do Quadro 46.

Quadro 46 Erro admissível de instalação do quadro de distribuição e da cabina

| Elementos | | Erro admissível (mm) |
|--|---|----------------------|
| Desvio de verticalidade (1/m) | | <1,5 |
| Desvio horizontal | Parte superior de dois painéis adjacentes | <2 |
| | Parte superior dos painéis numa linha | <5 |
| Desvio da superfície do painel | Dois painéis adjacentes | <1 |
| | Painéis numa linha | <5 |
| Desvio da ligação entre painéis adjacentes | — | <2 |

- d) O fio de ligação a terra do quadro de distribuição, cabina, consola e armário deve estar bem fixo. Uma porta com abertura com equipamento eléctrico deve ser ligada de forma fiável a uma estrutura metálica ligada a terra através de cabos de cobre nus. As cabinas completas devem dispor de um dispositivo de ligação a terra para utilizar durante a manutenção;
- e) A instalação completa da cabina deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os bloqueios mecânicos e eléctricos devem poder operar de forma correcta e fiável.
 - 2) As linhas centrais dos contactos móveis e fixos devem estar alinhadas entre si e os contactos devem estar apertados.
 - 3) Os contactos de comutação do interruptor-piloto do circuito secundário devem poder operar correctamente e estabelecer um contacto fiável.
 - 4) O equipamento de iluminação do armário deve estar completo;
- f) A instalação de quadros de distribuição de energia do tipo gaveta deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O movimento *push-and-pull* das gavetas deve ser livre e intuitivo e as gavetas não devem apresentar bloqueios ou movimentos de choque. As gavetas devem poder ser trocadas entre si.
 - 2) O dispositivo de trava mecânica ou eléctrica da gaveta deve operar de forma correcta e fiável. Os contactos do isolador só podem ser abertos após a abertura dos contactos do disjuntor.
 - 3) As gavetas devem fazer bom contacto com os componentes de encaixe do circuito secundário entre os armários.
 - 4) A gaveta não deve ser puxada para fora quando o circuito principal da gaveta é ligado.

- 5) O invólucro metálico e a estrutura do equipamento eléctrico que necessita de ser ligado a terra na gaveta devem ser ligados a terra de forma fiável. O contacto entre a gaveta e o armário e entre a ligação a terra do armário e a estrutura deve ser bom;
- g) A instalação do armário tipo carrinho deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Verificar se os dispositivos de trava utilizados para evitar a operação eléctrica inadequada estão completos e conseguem operar de forma livre e fiável.
 - 2) O movimento *push-and-pull* do trólei deve ser livre e intuitivo e não deve apresentar bloqueios ou movimentos de choque. Os tróleis do mesmo tipo devem ser permutáveis.
 - 3) Quando o trólei tiver sido levado para a posição de serviço, a folga entre a parte superior dos contactos móveis e a parte inferior dos contactos fixos deve cumprir os requisitos do artigo.
 - 4) Os tróleis devem fazer bom contacto com os componentes de encaixe do circuito secundário entre os armários.
 - 5) As placas de isolamento de segurança devem poder abrir livremente e mover-se de acordo com o movimento do trólei.
 - 6) A posição dos cabos de controlo no armário não deve obstruir o movimento do trólei e deve estar firme.
 - 7) Os contactos de ligação a terra entre o trólei e o armário devem fazer bom contacto. Ao levar o trólei para o armário, os contactos de ligação a terra devem fazer contacto antes dos contactos principais. Ao puxar o trólei do armário, os contactos de ligação a terra devem ser rompidos depois dos contactos principais.
 - 8) As medidas à prova de choque para componentes secundários, como instrumentos e relés, devem ser fiáveis. Os circuitos de controlo e sinalização devem estar correctos;
- h) A camada de revestimento do quadro de distribuição ou da cabina deve estar completa e intacta. Os suportes utilizados para fixar o equipamento eléctrico devem ser pintados. As superfícies do painel do quadro de distribuição e as cabinas no mesmo compartimento devem ser pintadas com a mesma cor;
- i) Para o equipamento eléctrico cujos painéis contenham equipamento que dispõe de dispositivos ou outro equipamento eléctrico que seja necessário ligar a terra, o invólucro exterior deve ser ligado a terra de forma fiável;
- j) Os cabos que entram no quadro de distribuição ou na cabina e o fio condutor do cabo devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os cabos e condutores não devem dispor de ligações intermédias. Se necessário, as ligações devem ser bem feitas e estar firmes, não devendo suportar tensão mecânica, e o nível de isolamento deve ser garantido. Os cabos blindados devem fornecer as ligações eléctricas blindadas originais.

- 2) Os cabos que entram no quadro de distribuição e nas cabinas devem ser dispostos regularmente e estar claramente numerados. Devem ser evitados cabos cruzados e os cabos devem estar bem fixos. O bloco terminal que se conecta aos cabos não deve apresentar tensão mecânica.
 - 3) Quando os cabos blindados entram no quadro de distribuição ou na cabina, a banda de aço deve ser cortada. As extremidades do corte devem ser apertadas e a banda de aço deve ser ligada a terra.
 - 4) Os cabos blindados devem estar devidamente ligados a terra.
 - 5) Os fios condutores do cabo nos painéis e nas cabinas devem ser dispostos de forma firme e ordenada. Devem ser deixadas margens adequadas. Os fios condutores sobressalentes devem levar à parte superior dos painéis e dos armários ou às extremidades dos entalhes dos fios e estar marcados com as funções de reserva, e os condutores dos fios condutores não devem estar expostos.
 - 6) O mesmo cabo não deve ser utilizado em circuitos fortes e fracos e os núcleos devem ser dispostos em feixes.
 - 7) A fiação eléctrica e a fixação do cabo devem garantir que o condutor e o isolamento do cabo não sejam danificados;
- k) Os quadros de distribuição ou as cabinas utilizados nos trópicos devem apresentar propriedades de impermeabilidade à humidade, anti-bolor e resistência ao calor;
- l) O quadro de distribuição, a cabina e os tubos do cabo devem ser bem conectados após a instalação. Nas zonas de congelação, devem ser tomadas medidas para evitar que a água congele nas tubagens.

5.3 Transformadores

5.3.1 A instalação do transformador deve ser realizada de acordo com o disposto nesta secção. Além disso, devem ser cumpridos os requisitos técnicos de instalação do projectista e do fabricante do equipamento.

5.3.2 Os transformadores não devem sofrer impactos ou vibrações graves durante o carregamento, o descarregamento e o transporte.

5.3.3 A construção e a qualidade da engenharia arquitectónica devem cumprir os requisitos de concepção antes da instalação dos transformadores.

5.3.4 O transformador é puxado por força mecânica. O ponto de tracção deve estar abaixo do centro de gravidade do equipamento e cumprir os requisitos do fabricante; a inclinação da movimentação não deve exceder 15°. Devem ser utilizados pontos de apoio de força específicos dos transformadores e reactores durante o carregamento, o descarregamento e o posicionamento. Devem ser tomadas medidas anti-derrapantes e anti-deslizantes e a velocidade de tracção não deve exceder 2 m/min.

5.3.5 Quando o transformador tipo campânula é completamente elevado, o cabo deve ser atado à orelha de elevação exclusivamente para elevação integral.

5.3.6 O corpo do transformador, ao ser posicionado, deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para um transformador que dispõe de relés de gás, a cobertura superior deve apresentar uma inclinação crescente de 1% a 1,5% na direcção do fluxo de ar dos relés, a menos que o gradiente de instalação não seja exigido pelo fabricante. Quando o transformador estiver conectado ao tubo condutor de corrente fechado, a linha central do casquilho deve estar em linha com a linha central do tubo condutor de corrente;
- b) A via da fundação do transformador deve estar na horizontal e a bitola da via deve estar alinhada com a via. Para o transformador que dispõe de rodas intermédias, estas devem rolar de forma flexível. Quando o equipamento estiver devidamente instalado, as rodas intermédias devem ser fixas através de um dispositivo de travagem amovível;
- c) Quando o transformador estiver localizado directamente na fundação, devem ser cumpridos os requisitos de concepção e da produção.

5.3.7 A instalação dos acessórios do transformador deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Transformador da variação de tensão em carga:
 - 1) O mecanismo de funcionamento, os motores, as engrenagens e as alavancas do mecanismo de transmissão devem estar firmemente fixos, as posições de conexão devem estar correctas e a operação deve ser flexível e desobstruída. A lubrificação do mecanismo de transmissão deve cumprir as condições climáticas locais e os requisitos dos documentos técnicos do artigo.
 - 2) Os contactos e as linhas de conexão do interruptor selector devem estar intactos e fiáveis e a resistência de estabilização deve estar em bom estado.
 - 3) A sequência de serviço do dispositivo de comutação deve cumprir os requisitos técnicos do artigo. Quando o dispositivo de comutação está na posição-limite, a intertrava mecânica e a intertrava eléctrica com o contacto de fim de curso devem operar correctamente. O indicador de posição deve operar de forma correcta e fiável.
 - 4) O tanque de óleo do interruptor selector deve estar limpo e o tanque de óleo deve ser testado para garantir que está bem vedado. A resistência de isolamento do óleo injectado no tanque de óleo deve cumprir os requisitos técnicos do artigo;

b) Dispositivo de arrefecimento:

- 1) Antes da instalação, deve ser realizado um ensaio de vedação utilizando pressão de ar ou pressão de óleo de acordo com os valores da pressão especificados nos documentos técnicos do artigo. Para o refrigerador e o refrigerador de ar de circulação de óleo forçado, o ensaio deve ser mantido durante 30 minutos sem ocorrência de fugas. Para o refrigerador de água de circulação de óleo forçado, o ensaio deve ser mantido durante uma hora sem ocorrência de fugas. As fugas de água e os sistemas de óleo devem ser verificados separadamente.
- 2) O dispositivo de arrefecimento deve ser lavado com óleo isolante qualificado antes da instalação e o óleo residual deve ser drenado.
- 3) O motor e as pás do ventilador devem estar bem instalados e a rotação deve ser flexível, ocorrer na direcção correcta e estar desobstruída. Durante o funcionamento experimental, não devem existir vibrações, sobreaquecimento, distorção das pás ou atrito aerodinâmico. A direcção do comando deve estar correcta. A fiação da alimentação eléctrica do motor deve dispor de fios isolados resistentes a óleo.
- 4) A válvula na tubagem deve ser operada de forma flexível e as posições de abertura e fecho devem estar correctas. A ligação do flange da válvula deve estar bem vedada.
- 5) A ferrugem na tubagem de óleo externa deve ser removida e a tubagem deve ser limpa antes de ser instalada. A tubagem de óleo deve ser pintada de amarelo após a instalação do dispositivo de arrefecimento por água. A tubagem de água deve ser pintada de preto, com as respectivas indicações da direcção do fluxo.
- 6) A bomba de óleo está bem vedada sem fugas de óleo ou entrada de ar. A direcção de rotação está correcta. Não apresenta ruídos anormais, vibração ou sobreaquecimento.
- 7) O indicador de fluxo líquido e o relé de pressão nos tubos de óleo e de água devem estar bem vedados e ser fiáveis.
- 8) A água deve ser drenada quando o dispositivo de arrefecimento por água está fora de serviço.
- 9) O dispositivo de arrefecimento deve ser cheio com óleo imediatamente após a instalação.

c) Reservatório de óleo:

- 1) O reservatório de óleo deve ser inspeccionado e instalado de acordo com os documentos técnicos do artigo.
- 2) O medidor de nível de óleo opera de forma flexível e precisa e a indicação deve coincidir com o nível de óleo real no reservatório de óleo. A posição do ponto de contacto de sinalização do medidor de nível de óleo está correcta e o isolamento está intacto.

- 3) A direcção de instalação do reservatório de óleo está correcta e a localização é verificada novamente;
- d) Invólucro:
- 1) O invólucro não deve apresentar fissuras ou danos quando é utilizada uma capa de porcelana e os elementos adesivos do invólucro de porcelana e o flange metálico devem estar bem vedados e revestidos com cola resistente à água de elevado desempenho. Quando no invólucro é utilizada uma capa de borracha de silicone, o invólucro não deve apresentar fissuras, danos ou deformações. A superfície de ligação do flange metálico do invólucro deve ser lisa e não deve apresentar danos ou furos de areia.
 - 2) A montagem e a elevação do invólucro devem cumprir os requisitos dos documentos técnicos.
 - 3) A junta na estrutura superior do invólucro deve estar bem instalada e vedada e a ligação da parte superior não deve apresentar folgas quando o fio eléctrico é ligado.
 - 4) A superfície do anel equalizador de pressão deve ser lisa e sem arranhões e o anel deve estar bem instalado e na direcção correcta. O anel equalizador de pressão deve dispor de orifícios de drenagem no seu ponto mais baixo, onde é comum haver acumulação de água;
- e) Relé de gás:
- 1) O relé de gás deve ser aprovado na inspecção antes de ser instalado, o valor de ajuste deve cumprir os requisitos e devem ser removidas as medidas de fixação relativas ao transporte.
 - 2) O relé deve ser instalado na horizontal com uma ligação fiável e um bom vedante e o sinal acima da cobertura superior deve apontar para o reservatório de óleo.
 - 3) A caixa de recolha de gás deve ser cheia de óleo isolante e estar hermeticamente fechada.
 - 4) O relé deve ser resistente à humidade e impermeável à água e deve dispor de uma cobertura impermeável à chuva.
 - 5) Os condutores do cabo devem dispor de uma curva de escorrimento no ponto de ligação do relé e o orifício de entrada deve estar bem bloqueado.
 - 6) O deflector da janela de observação deve estar na posição de abertura;
- f) A válvula de alívio de pressão deve ser instalada na direcção correcta e estar hermeticamente vedada. A acção do contacto eléctrico deve ser precisa. O desempenho do isolamento e o valor da pressão de acção devem cumprir os requisitos da documentação técnica do artigo;

- g) A vedação do tubo de ligação entre o absorvedor de humidade e o reservatório de óleo deve estar apertada, o absorvedor de humidade deve estar seco e o nível de vedação do óleo deve estar acima da linha de superfície do óleo;
- h) Dispositivo de medição da temperatura:
 - 1) O termómetro deve ser calibrado antes de ser instalado e a acção do contacto do sinal deve ser precisa e adequadamente comunicada.
 - 2) O termómetro deve ser ajustado de acordo com os requisitos do fabricante.
 - 3) O suporte do termómetro na cobertura superior deve estar hermeticamente fechado, sem fugas de óleo, e o suporte do termómetro deve ser cheio com óleo isolante. O suporte do termómetro não utilizado também deve ser vedado.
 - 4) A mangueira metálica fina do termómetro de sinalização de expansão não deve ser achatada ou marcadamente torcida e o raio de curvatura não deve ser inferior a 50 mm.

5.3.8 O enchimento de óleo do transformador deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O óleo isolante deve ser aprovado na inspecção antes de encher o transformador;
- b) Os ensaios de mistura de óleo devem ser realizados antes de diferentes graus de óleo isolante serem misturados ou óleos novos da mesma marca serem misturados com óleos utilizados. Não é adequado utilizar óleo misturado em transformadores recém-instalados;
- c) O enchimento de óleo a vácuo nos transformadores não deve ser realizado em dias chuvosos ou nebulosos. O enchimento com óleo e o tratamento a vácuo devem cumprir os requisitos técnicos do artigo e estar em conformidade com os seguintes requisitos:
 - 1) A deformação do reservatório de óleo deve ser supervisionada durante a aspiração e o valor máximo não deve exceder o dobro da espessura máxima da parede.
 - 2) O vácuo deve ser mantido durante todo o processo. A temperatura do óleo cheio deve ser superior à temperatura do corpo do reservatório. A velocidade de enchimento do óleo não deve exceder 100 l/min.
 - 3) Quando o transformador estiver a ser aspirado, os acessórios que não suportam a força mecânica nas condições de vácuo devem ser isolados do reservatório de óleo. Os elementos que podem ser aspirados devem ser aspirados simultaneamente. A bomba de vácuo ou a unidade de vácuo deve ser utilizada e devem ser tomadas medidas, para evitar a paragem repentina ou o enchimento inverso do óleo da bomba de vácuo provocado por uma operação incorrecta.

- 4) O óleo deve entrar no transformador pela válvula de óleo na parte inferior durante o enchimento de óleo. Para transformadores com circulação de óleo forçada orientada, o enchimento de óleo deve ser realizado de acordo com os requisitos dos documentos técnicos.
- 5) O corpo do transformador e o respectivo enrolamento lateral, filtro de óleo e tubagem devem ser ligados a terra de forma fiável durante a injeção de óleo.

5.4 Equipamento eléctrico de alta tensão

5.4.1 A instalação do equipamento eléctrico de alta tensão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A instalação do equipamento eléctrico de alta tensão deve ser realizada de acordo com o disposto nesta secção. Além disso, devem ser cumpridos os requisitos técnicos de instalação do projectista e do fabricante do equipamento.
- b) Os requisitos técnicos do ensaio de entrada em serviço para a instalação do equipamento eléctrico de alta tensão devem ser compatíveis com os regulamentos.

5.4.2 A instalação dos disjuntores SF₆ deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A base ou suporte de um disjuntor SF₆ deve cumprir os requisitos dos documentos técnicos do artigo e os seguintes requisitos:
 - 1) A resistência do betão deve cumprir os requisitos de instalação do equipamento.
 - 2) A distância do centro da fundação e o desvio da altura não devem ser superiores a 10 mm.
 - 3) O desvio da linha central dos furos reservados ou das peças integradas não deve ser superior a 10 mm e a extremidade superior da peça integrada deve estar entre 1 mm e 10 mm acima da superfície do betão.
 - 4) O desvio da linha central dos parafusos integrados não deve ser superior a 2 mm;
- b) Os disjuntores SF₆ devem ser instalados sob a orientação do pessoal técnico do fabricante, de acordo com os requisitos dos documentos técnicos do artigo, e devem cumprir os seguintes requisitos:

- 1) As condições meteorológicas do ambiente de instalação devem estar em conformidade com os requisitos do artigo e as medidas de resistência à humidade e à poeira devem ser concluídas. A instalação deve ser realizada em condições meteorológicas sem vento, areia, chuva e neve. Quando a câmara de extinção de arco for verificada e montada, a humidade relativa do ar deve ser inferior a 80%.
 - 2) O equipamento de elevação, os pontos de elevação e os procedimentos de elevação devem estar em conformidade com os requisitos dos documentos técnicos do artigo. A instalação deve ser realizada de acordo com a numeração do componente fornecida pelo fabricante na encomenda. É proibida a montagem não sequencial.
 - 3) O disjuntor deve estar bem firme de acordo com os requisitos dos documentos técnicos do artigo e o binário de aperto do parafuso deve cumprir os requisitos dos documentos técnicos do artigo. A quantidade de juntas para o suporte, o chassi e a fundação não deve ser superior a 3, a espessura total não deve exceder 10 mm, as dimensões de cada junta devem coincidir com a base e todas as juntas devem estar bem conectadas.
 - 4) As faces do flange do casquilho de porcelana do suporte na mesma fase devem estar no mesmo plano horizontal, o desvio da distância entre as linhas centrais dos suportes não deve ser superior a 5 mm e o desvio da distância interfásica do centro não deve ser superior a 5 mm.
 - 5) Todas as peças devem ser instaladas na posição correcta e os seus graus horizontais e verticais devem cumprir os requisitos dos documentos técnicos do artigo.
 - 6) A superfície do entalhe do vedante deve estar intacta e sem sinais de arranhões. Os anéis vedantes devem ser novos. O composto aplicado para solucionar fugas não deve entrar em contacto com o gás hexafluoreto de enxofre, o adsorvente deve ser trocado e a cola resistente à água deve ser revestida de acordo com os documentos técnicos do artigo.
 - 7) Os parafusos no elemento vedante devem ser apertados com uma chave dinamométrica e o valor do binário deve estar em conformidade com os requisitos técnicos do artigo;
- c) Após ser instalado, o disjuntor SF₆ deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) A acção conjunta do disjuntor SF₆ e do mecanismo de funcionamento deve ser executada de acordo com os requisitos dos documentos técnicos do artigo e cumprir os seguintes requisitos:
 - O gás hexafluoreto de enxofre com pressão nominal deve encher o disjuntor antes do início da operação conjunta. A primeira operação conjunta deve ser realizada sob a orientação do pessoal técnico do fabricante.

- O indicador de posição funciona de forma correcta e fiável e as suas posições de arranque e paragem devem coincidir com o estado real de arranque ou paragem do disjuntor.
 - Os que estão equipados com dispositivos de arranque e paragem lentos devem executar as operações de arranque e paragem lentos antes de operar o arranque e a paragem rápidos.
- 2) A inspecção das partes condutoras do equipamento e da ligação de baixada deve cumprir os seguintes requisitos:
- A ligação flexível das partes condutoras do equipamento não deve estar quebrada, côncava ou corroída na superfície.
 - A superfície de contacto dos terminais do equipamento deve ser lisa, limpa e sem película de óxido. O elemento com revestimento prateado não deve ser esfregado.
 - As superfícies de ligação dos terminais do equipamento devem ser revestidas com um composto para juntas eléctricas de camada fina.
 - Os parafusos de ligação devem estar completos e apertados e o binário de aperto deve estar em conformidade com os regulamentos.
 - As ligações de baixada não devem provocar tensão inaceitável nos terminais de ligação do equipamento.
- 3) O anel piezométrico não deve apresentar arranhões e rebarbas e a sua instalação deve estar firme e não apresentar deformações. O anel piezométrico deve ter orifícios de drenagem na posição mais baixa.
- 4) As ligações dos fios de ligação a terra do equipamento devem cumprir os requisitos de concepção e dos documentos técnicos do artigo, não devem apresentar sinais de corrosão e danos e devem estar conectadas de forma fiável;
- d) Os parâmetros de desempenho do disjuntor SF₆, depois de instalado e ajustado, devem cumprir os requisitos de concepção e os requisitos dos documentos técnicos do artigo.

5.4.3 A instalação do mecanismo de comutação isolado a gás (GIS) deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A resistência do betão da fundação do equipamento GIS deve cumprir os requisitos de instalação do equipamento e as peças integradas devem estar bem ligadas a terra e cumprir os requisitos de concepção. O desvio admissível da fundação do equipamento GIS e das peças integradas deve cumprir os requisitos do Quadro 47, além dos requisitos dos documentos técnicos do artigo;

- b) Os elementos do GIS devem ser instalados sob a orientação do pessoal técnico do fabricante, de acordo com os requisitos dos documentos técnicos do artigo e devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) As condições meteorológicas para a instalação do GIS devem cumprir os requisitos do artigo e devem ser concluídas as medidas de resistência à humidade e à poeira.
 - 2) O equipamento de elevação, os pontos de elevação e os procedimentos de elevação devem estar em conformidade com os requisitos dos documentos técnicos do artigo. A instalação deve ser realizada de acordo com a numeração do componente fornecida pelo fabricante na encomenda. Não é permitida a montagem não sequencial.
 - 3) O azoto pré-carregado na caixa deve ser completamente esgotado e, depois, cheio com ar seco. Quando o teor de oxigénio no ar da caixa for superior a 18%, o pessoal da instalação deve ser autorizado a entrar na caixa para proceder à inspecção e à instalação.
 - 4) O centro do contacto da ficha deve estar alinhado com a tomada e desbloqueado. A profundidade de inserção deve estar em conformidade com os requisitos dos documentos técnicos do artigo. A resistência do contacto deve estar em conformidade com os requisitos dos documentos técnicos do artigo e não deve exceder 1,1 vezes os valores especificados nos documentos técnicos do artigo.
 - 5) Todas as peças devem ser instaladas na posição correcta e os seus graus horizontais e verticais devem cumprir os requisitos dos documentos técnicos do artigo.
 - 6) A superfície do entalhe do vedante deve estar intacta e limpa. Os anéis vedantes devem ser novos. O composto aplicado para a detenção de fugas não deve entrar em contacto com o gás hexafluoreto de enxofre. O adsorvente deve ser trocado, a poeira deve ser removida e o tratamento de impermeabilização à água deve ser realizado de acordo com os documentos técnicos do artigo.
 - 7) A instalação das juntas de dilatação e dos casquilhos deve cumprir os requisitos dos documentos técnicos.
 - 8) A parte interior das tubagens de óleo deve estar limpa e a tecnologia de processamento no local, o raio da curvatura e a disposição dos suportes das tubagens de óleo devem cumprir os requisitos dos documentos técnicos do artigo. As juntas de ligação entre as tubagens de óleo devem estar situadas num local prático para a observação e a manutenção.
 - 9) As ligações dos fios de ligação a terra do equipamento devem cumprir os requisitos dos documentos técnicos do artigo, não devem apresentar sinais de corrosão e danos e devem estar conectadas de forma fiável.

Quadro 47 Desvio admissível da fundação do equipamento GIS e peças integradas

| Elemento | Desvio admissível de elevação da fundação (mm) | | | Desvio admissível da peça integrada (mm) | | | Eixo (mm) | | |
|--|--|---------|-------------|--|---------------------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|--------|
| | Elevação da fundação | Na fase | interfásica | Peças adjacentes integradas | Todas as peças integradas | Acima da superfície da fundação | Linha central | Com outro equipamento x, y | Eixo y |
| Três fases a partilhar uma fundação | ≤2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Uma fundação para cada fase | — | ≤2 | ≤2 | — | — | — | — | — | — |
| Fundação para todos os outros dispositivos | ≤5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| No mesmo grupo | — | — | — | — | — | — | ≤1 | — | — |
| Elevação da superfície das peças integradas | — | — | — | ≤2 | — | ≤1~10 | — | — | — |
| Parafusos integrados | — | — | — | — | — | — | ≤2 | — | — |
| Instalação interior | | | | | | | | | |
| Cada fase do disjuntor | — | — | — | — | — | — | — | ≤5 | — |
| Fundação interior e exterior do equipamento com uma tensão inferior a 220 kV | ≤5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Fundação interior e exterior do equipamento | — | — | — | — | — | — | — | — | ≤5 |

5.4.4 A instalação do disjuntor a vácuo e do quadro de distribuição de alta tensão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A instalação e o ajuste do disjuntor a vácuo deve cumprir os requisitos dos documentos técnicos do artigo e os seguintes requisitos:
 - 1) A instalação deve ser fixa e na vertical e o casquilho de porcelana do suporte interfásico deve estar ao mesmo nível.
 - 2) As alavancas de ligação das hastes de ligação trifásica devem estar ao mesmo nível e apresentar ângulos consistentes.

- 3) A sincronização trifásica, os valores da resistência de contacto dos circuitos condutores, o tempo de arranque, as velocidades de arranque, o tempo de paragem, a velocidade de paragem e outros parâmetros de desempenho devem ser cumpridos de acordo com os requisitos dos documentos técnicos do artigo;
- b) O disjuntor SF₆ instalado no quadro de distribuição de alta tensão deve ser instalado e ajustado de acordo com os requisitos do ponto 5.4.2.

5.5 Tubo condutor de corrente fechado e duto do barramento

5.5.1 A instalação do tubo condutor de corrente fechado e do duto do barramento deve ser realizada de acordo com o disposto nesta secção. Além disso, os requisitos técnicos de instalação do projectista e do fabricante do equipamento devem ser cumpridos.

5.5.2 A instalação do tubo condutor de corrente fechado e do duto do barramento deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O corpo, acessórios e componentes de fixação do barramento devem ser processados ou configurados de acordo com os requisitos da construção e os desenhos da instalação, antes da instalação do tubo condutor de corrente fechado e do duto do barramento;
- b) Todas as secções do tubo condutor de corrente fechado e do duto do barramento fornecidas num conjunto completo devem ser claramente marcadas, com os acessórios completos e sem sinais de deformação no invólucro exterior ou danos internos;
- c) O suporte deve estar bem instalado, o barramento deve ser colocado exactamente de acordo com o diagrama, sucessão de fases, numeração, direcção e sinalização da instalação. A folga longitudinal deve ser distribuída uniformemente. Nenhuma tensão mecânica deve ser gerada no barramento e na caixa após a instalação do barramento;
- d) A instalação do barramento rígido deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O barramento rígido está conectado por soldadura, colunas de ligação, contraplacado ou parafusos de fixação. O barramento tubular e o barramento por barra devem estar conectados através de uma abraçadeira especial e as ligações aparafusadas interiores do tubo ou a soldadura de estanho não podem ser utilizadas para a conexão.
 - 2) A instalação das faces da ligação do parafuso entre um barramento e outro e entre o barramento e o aparelho eléctrico que conecta o terminal deve cumprir os seguintes requisitos:
 - A superfície de contacto do barramento deve ser mantida limpa após o processamento e revestida com o composto para juntas eléctricas.
 - Quando o barramento é colocado na horizontal, as colunas de ligação devem ser instaladas de baixo para cima. Noutros casos, as porcas devem ser colocadas no lado de manutenção. 2 a 3 roscas do parafuso devem ser expostas fora da porca.

- Ambos os lados do barramento que se conectam às colunas de ligação devem dispor de arruelas chatas. Deve ser reservada uma folga de mais de 3 mm entre as arruelas adjacentes do parafuso. Deve ser instalada uma arruela de pressão ou uma porca de travamento no lado da porca.
 - A tensão nos parafusos deve ser uniforme, pelo que não deve ser aplicada tensão adicional nos terminais de ligação do aparelho eléctrico.
 - A superfície de contacto do barramento deve estar firmemente conectada e os parafusos de ligação devem ser apertados com uma chave dinamométrica.
- 3) Quando o barramento estiver conectado a um terminal de parafuso, o diâmetro do barramento não deve ser 1 mm superior ao do terminal de parafuso. A película de óxido das roscas deve ser escovada, a superfície de contacto das porcas deve ser lisa, uma arruela chata revestida de cobre-estanho deve ser colocada entre as porcas e o barramento e deve ser prevista uma porca de travamento sem calço para mola.
- 4) Quando o barramento é fixo no isolador do poste, devem ser cumpridos os seguintes requisitos:
- A fixação entre a braçadeira do suporte do barramento e o isolador do poste deve ser suave e firme e não deve ser aplicada tensão adicional no barramento.
 - A braçadeira de suporte ou outros acessórios de suporte do barramento de corrente alternada não devem formar um circuito magnético fechado.
 - Quando o barramento é colocado na horizontal, deve haver uma folga de 1 mm a 1,5 mm entre a placa de pressão superior da cavilha do suporte do tubo condutor de corrente e o barramento. Quando o tubo condutor de corrente é colocado na vertical, deve haver uma folga de 1,5 mm a 2 mm entre a placa de pressão superior e o barramento.
 - Deve ser definido um ponto morto fixo para cada secção do barramento no isolador do poste, que deve ser colocado no meio do comprimento total ou em duas juntas de dilatação do barramento.
 - Quando o barramento tubular estiver instalado no suporte deslizante, deve haver uma folga de 1 mm a 2 mm entre a sede do veio e o barramento tubular.
 - O dispositivo de fixação do barramento não deve apresentar arestas e rebarbas.
- 5) As juntas de dilatação do barramento não devem apresentar fissuras, rompimento de fios ou enrugamentos. A secção total das juntas de dilatação não deve ser inferior a 1,2 vezes a secção do barramento;
- e) O isolador e o isolador de passagem devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os isoladores e o isolador de passagem devem ser inspeccionados antes de serem instalados, os flanges de porcelana devem estar completos e sem fissuras, o enchimento dos pontos colados deve estar completo e a união deve estar firme.

- 2) Os isoladores e o isolador de passagem devem ser aprovados nos ensaios antes de serem instalados.
- 3) As superfícies superiores do isolador do poste ou do isolador de passagem instalados no mesmo plano ou no plano vertical devem estar situadas no mesmo plano. A posição da linha central deve cumprir os requisitos de concepção. As linhas centrais de instalação dos isoladores do poste na secção recta do barramento devem estar na mesma linha recta.
- 4) Quando os isoladores do poste e o isolador de passagem forem instalados, a base ou o flange não deve ser integrado na camada de betão ou de gesso.
- 5) As juntas tensoras, como a borracha ou o papel amianto, com uma espessura não inferior a 1,5 mm devem estar forradas entre as superfícies de contacto dos isoladores do poste de baixa tensão sem tampas de base/superiores e placas de fixação metálicas.
- 6) A instalação do isolador de passagem deve cumprir os seguintes requisitos:
 - O diâmetro do furo para a instalação do isolador de passagem deve ser 5 mm maior do que o elemento de inserção do isolador e a espessura máxima das lajes de instalação do betão não deve exceder os 50 mm.
 - O isolador de passagem com corrente nominal de 1500 A ou superior está directamente fixado à placa de aço. Nenhum circuito magnético fechado deve ser formado à volta do casquilho.
 - Quando o isolador de passagem for instalado na vertical, o flange deve estar virado para cima. Quando o isolador de passagem for instalado na horizontal, o flange deve estar no exterior.
 - As cavilhas metálicas (excepto os fixadores) na extremidade do isolador de passagem do barramento com uma corrente de 600 A e acima devem ser feitas de materiais não magnéticos. Devem estar ligadas ao barramento através do metal e o contacto deve estar estável. A espessura da cavilha metálica não deve ser inferior a 3 mm. Quando o barramento incluir duas ou mais peças, o próprio barramento deve ser fixado.
 - Os terminais de ligação a terra do invólucro e os terminais de extracção da tensão não utilizados devem estar ligados a terra de forma fiável;
- f) Os componentes metálicos não carregados, como a base do isolador do poste, o flange do invólucro e a rede protectora (cobertura) devem estar ligados a terra. Os fios de ligação a terra devem apresentar uma disposição adequada e na mesma direcção;
- g) O barramento fechado não deve ser elevado ou atado com cabos nus para evitar danos mecânicos. Durante a instalação e o ajuste, é importante manter o invólucro limpo por dentro e por fora. É necessário evitar a entrada de poeira e outros detritos nas ligações. O lado interior do invólucro e dos isoladores deve ser limpo e o invólucro não deve apresentar resíduos. A montagem e a ligação do equipamento ligado ao tubo condutor de corrente fechado devem ser realizadas após a conclusão do ajuste do barramento fechado. As partes metálicas do invólucro do barramento fechado e da estrutura de suporte devem estar ligadas a terra de forma fiável.

5.6 Colocação de cabos

5.6.1 A colocação dos cabos deve ser realizada de acordo com o disposto nesta secção. Além disso, devem ser cumpridos os requisitos técnicos de instalação do projectista e do fabricante do equipamento.

5.6.2 A colocação dos cabos deve cumprir os seguintes requisitos:

a) Disposições básicas

- 1) O processamento e a instalação dos tubos e dos suportes, a colocação dos cabos e a criação dos terminais e dos conectores dos cabos devem cumprir os requisitos da construção e os desenhos de instalação.
- 2) Verificar se o tipo de cabo, a tensão e as especificações estão em conformidade com o projecto antes de os cabos serem colocados. A aparência do cabo deve ser não destrutiva e bem isolada. Os cabos enterrados devem ser aprovados nos ensaios.
- 3) O comprimento de cada cabo deve ser calculado de acordo com o projecto e o trajecto real e todos os cabos devem ser dispostos de forma razoável antes da respectiva colocação, de forma a reduzir a quantidade de uniões de cabos.
- 4) O comprimento de reserva deve ser estipulado para todos os cabos na extremidade do terminal e próximo da peça de ligação.
- 5) Os cabos devem ser retirados da extremidade superior do disco e os cabos não devem ser arrastados por fricção nos suportes e no chão quando são dispostos. Os cabos não devem apresentar danos mecânicos, como ruptura da blindagem, torção dos cabos e fractura das bainhas.
- 6) A resistência máxima à tracção deve cumprir os requisitos do Quadro 48 quando os cabos são colocados por meios mecânicos;

Quadro 48 Resistência máxima dos cabos à tracção

Unidade: N/mm²

| Método de tracção | Cabeça de tracção | | Conjunto da rede metálica | | |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|
| | Núcleo de cobre | Núcleo de alumínio | Manga de chumbo | Manga de alumínio | Bainha de plástico |
| Resistência admissível à tracção | 70 | 40 | 10 | 40 | 7 |

- 7) A velocidade da cablagem mecânica não deve exceder 15 m/min e deve diminuir quando a tensão for de 110 kV e superior ou em trajectos complexos.
- 8) A pressão lateral no ponto de viragem não deve exceder 3 kN/m quando a tensão do cabo for de 110 kV ou superior;
- b) A distância entre os pontos de apoio do cabo deve cumprir os requisitos de concepção. Quando não estiverem especificados no projecto, os valores não devem exceder os indicados no Quadro 49;

Quadro 49 Distância entre os pontos de apoio do cabo

Unidade: mm

| Tipo de cabo | | Método de cablagem | |
|---------------------|---|--------------------|----------|
| | | Nível | Vertical |
| Cabo de alimentação | Totalmente plástico | 400 | 1000 |
| | Cabos de média e baixa tensão (excluindo os cabos totalmente plásticos) | 800 | 1500 |
| | Cabos de alta tensão com uma tensão de 35 kV e superior | 1500 | 2000 |
| Cabo de controlo | | 800 | 1000 |

NOTA Quando os cabos de alimentação totalmente plásticos puderem ser fixados na horizontal ao longo do suporte, a distância entre os pontos de apoio pode ser de 800 mm. Após o corte dos cabos, devem ser fornecidas extremidades estanques fiáveis resistentes à humidade e a temperatura de colocação deve ser superior a 0 °C;

- c) O raio de curvatura mínimo do cabo deve cumprir os requisitos do Quadro 50.

Quadro 50 Raio de curvatura mínimo do cabo

| Tipo de cabo | | Multi-condutores | Condutor único |
|--|---|------------------|----------------|
| Cabo de controlo | Cabos flexíveis não armados e blindados | 6D | — |
| | Blindados e blindados com cobre | 12D | |
| | Outros | 10D | |
| Cabo de alimentação isolado com borracha | Sem chumbo e com blindagem de aço | 10D | |
| | Bainha de chumbo nua | 15D | |
| | Bainha com blindagem de aço | 20D | |
| Cabo isolado com plástico | Não blindado | 15D | 20D |
| | Blindado | 12D | 15D |
| Cabo isolado com papel impregnado | Manga de alumínio | | 30 D |
| | Manga de chumbo | Blindado | 20D |
| | | Não blindado | 20D |
| Cabo (de chumbo) com enchimento de óleo autónomo | | — | 20D |

NOTA D diz respeito ao diâmetro exterior do cabo.

- d) A ligação do cabo de alimentação deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os cabos colocados em paralelo devem ser dispostos em quincôncio.
 - 2) Os conectores dos cabos expostos devem ser fixados através da placa de suporte.
 - 3) A caixa do conector do cabo enterrado deve ser protegida com uma caixa de protecção (excepto caixas de contacto em resina epóxi), para evitar danos mecânicos. A caixa de protecção na camada de terra congelada deve ser cheia com betume;
- e) Os cabos devem estar bem colocados, fixos e descruzados e os sinais devem ser instalados em tempo útil. Os sinais devem ser colocados nos terminais e conectores dos cabos, na posição de curvatura, na camada intermédia, em ambas as extremidades dos túneis e dos veios e nos poços. Os sinais devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os números dos circuitos devem ser marcados no sinal. O tipo de cabo, as especificações e os locais de origem e destino devem ser especificados quando não é fornecido qualquer número de série;
 - 2) O sinal deve ser resistente à corrosão, uniforme nas especificações, apresentar indicações claras, não cair facilmente e estar bem montado;
- f) A fixação dos cabos deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os cabos a colocar na vertical ou com uma inclinação de gradiente superior a 45° devem ser fixados nos suportes dispostos no caminho de cabos a cada 2 m.
 - 2) Os cabos colocados na horizontal são fixados em ambas as extremidades, na posição de curvatura e em ambas as extremidades das uniões de cabos. São fixados a cada 5 m a 10 m quando for necessária distância entre cabos;
- g) Quando o cabo entrar na vala, no veio, no edifício, no painel (armário) e no tubo, a entrada e a saída devem estar fechadas e a entrada do tubo deve ser estanque;
- h) A disposição dos cabos nas subestações e nas centrais de energia principal e auxiliar deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Os cabos de alimentação e os cabos de controlo não devem ser colocados sobre o suporte da mesma camada.
 - 2) Os cabos de alimentação de alta e baixa tensão e os cabos de controlo de alimentação forte e fraco devem ser colocados em sucessão e por camadas, que devem ser colocadas da alta tensão para a baixa tensão e da base para o topo.
 - 3) Os cabos de controlo não devem ter mais de 1 camada no suporte comum e não mais de 3 camadas no caminho de cabos.

- 4) Os cabos de alimentação de corrente alternada de três condutores não devem ter mais de 1 camada no suporte comum e não mais de 3 camadas no caminho de dados.
 - 5) As substâncias estranhas devem ser removidas de imediato e a placa de cobertura deve ser coberta após os cabos estarem colocados. Se necessário, a folga da placa de cobertura deve ser selada;
- i) Devem ser tomadas as seguintes medidas para evitar incêndios e chamas:
- 1) As aberturas dos cabos que passam pelo veio, parede, chão ou que entram no painel ou no armário eléctrico devem ser tapadas, de forma a serem fechadas mediante tampões anti-fogo.
 - 2) Em valas importantes, os cabos devem ser segmentados ou, se necessário, instalados muros resistentes ao fogo feitos de refractários suaves.
 - 3) Os cabos com circuitos importantes podem ser colocados individualmente em valas especiais ou em caixas fechadas à prova de fogo, ou podem dispor de revestimento ou forros à prova de fogo.
 - 4) Em ambos os lados das uniões dos cabos de alimentação e nas secções entre 2 m e 3 m dos cabos adjacentes devem ser aplicados revestimentos ou fitas ignífugas.
 - 5) Os revestimentos à prova de fogo devem ser aplicados cinco vezes de acordo com as instruções do fabricante e uma vez a cada 8 horas. A espessura dos revestimentos à prova de fogo não deve ser inferior a 1,2 mm. Durante a construção dos materiais de tamponamento, os cabos devem ser envolvidos em materiais de tamponamento orgânicos para facilitar a troca dos cabos e a dissipação do calor. Então, os materiais de tamponamento orgânicos devem ser utilizados à volta dos cabos. A espessura dos materiais de tamponamento não deve ser inferior a 100 mm. Para orifícios de cabos maiores, a parte intermédia dos orifícios pode ser tapada com almofadas de protecção contra incêndio quando os requisitos de construção mencionados forem cumpridos.
 - 6) O material ignífugo deve cumprir os requisitos de auto-extinção efectivos. Os elementos refractários devem cumprir o requisito segundo o qual o limite refractário não deve ser inferior a 1 hora quando estão em utilização, e a temperatura refractária não deve ser inferior a 1000 °C;
- j) As aberturas dos cabos devem estar bem tapadas. Não devem apresentar fissuras e poros visíveis. As aberturas grandes devem ser equipadas com um revestimento refractário e, depois, devem ser tapadas.

5.7 Motores de sistema auxiliar

5.7.1 A instalação do motor com sistema auxiliar deve ser realizada de acordo com o disposto nesta secção. Além disso, devem ser cumpridos os requisitos técnicos de instalação do projectista e do fabricante do equipamento.

5.7.2 A posição, dimensão e qualidade da fundação do motor, o furo do parafuso de ancoragem, o entalhe, a abertura, as partes integradas e os tubos dos cabos devem estar em conformidade com os documentos técnicos do artigo e com os requisitos de concepção.

5.7.3 A inspecção do motor deve cumprir os seguintes requisitos quando o motor for instalado:

- a) O rotor de disco deve ser flexível e não apresentar ruídos de choque;
- b) A graxa está normal e não apresenta descoloração, deterioração ou endurecimento. O seu desempenho deve cumprir as condições de serviço do motor;
- c) Para motores cujo entreferro pode ser medido, os requisitos a cumprir no desnivelamento da folga devem ser os indicados nas condições técnicas do artigo. A razão da diferença entre o entreferro em cada ponto e o entreferro médio em relação ao entreferro médio deve ser de $\pm 5\%$, se o valor não estiver especificado;
- d) A linha de entrada/saída do motor deve dispor de olhais bem pressionados que tenham uma folga adequada e números claramente marcados de acordo com os requisitos das normas do artigo;
- e) O dispositivo de elevação com escova do electromotor bobinado deve ser verificado. O dispositivo de elevação deve dispor dos sinais de "start" (arrancar) e "run" (executar). As acções devem começar na sequência dos anéis colectores de curto-circuito e depois passar para a escova de elevação.

5.7.4 A inspecção da extracção do núcleo deve ser realizada quando o motor se encontrar nas seguintes situações:

- a) A data de produção excede o período de garantia do fabricante;
- b) A data de produção foi há mais de 1 ano, pelo que o fabricante não dispõe de período de garantia;
- c) Não há dúvidas quanto à qualidade com base na inspecção da aparência ou no ensaio eléctrico;
- d) O motor do tipo aberto não é aprovado com base no ensaio terminal;
- e) Ocorrem fenómenos anormais durante a entrada em serviço.

5.7.5 A instalação do motor de várias velocidades deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O modo e polaridade da fiação do motor devem estar correctos;
- b) O dispositivo de intertrava deve ser fiável;
- c) O procedimento de funcionamento do motor deve estar em conformidade com as especificações técnicas do artigo.

5.7.6 Para motores com requisitos de direcção estabelecidos, a sucessão das fases do motor e da fonte de alimentação deve ser inspeccionada e consistente antes do ensaio.

5.8 Sistema de vigilância informático

5.8.1 O sistema de vigilância informático deve ser instalado de acordo com o disposto nesta secção. Além disso, devem ser cumpridos os requisitos técnicos de instalação do projectista e do fabricante do equipamento.

5.8.2 A instalação de instrumentação de automação local deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A posição de instalação dos instrumentos deve cumprir os requisitos dos documentos de concepção. Se não estiver especificada nos documentos de concepção, a posição de instalação deve cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A posição de instalação deve estar bem iluminada e ser acessível para a operação e a manutenção.
 - 2) A altura desde a parte central do instrumento até ao chão da operação deve estar entre 1,2 m e 1,5 m.
 - 3) O instrumento de visualização deve ser instalado numa posição acessível para a realização de observações e indicações.
 - 4) Os instrumentos não devem ser instalados em locais que apresentam vibrações, humidade ou que sejam propensos a danos mecânicos, interferências electromagnéticas fortes, altas temperaturas, alterações de temperatura bruscas e gases corrosivos.
 - 5) Os elementos de detecção devem ser instalados numa posição que reflecta verdadeiramente as variáveis de entrada.
- b) Os instrumentos não devem sofrer choques ou vibrações durante a instalação. A instalação dos instrumentos deve ser resistente e plana, a ligação com o equipamento, tubos ou componentes e os elementos fixos deve ser uniformemente tensionada e não deve carregar forças externas anormais;
- c) Os instrumentos a instalar directamente na tubagem devem ser instalados após a tubagem ser limpa. Se forem instalados ao mesmo tempo que a tubagem, os instrumentos devem ser removidos antes de a tubagem ser limpa. Deve ser realizado um ensaio de pressão, após os instrumentos serem directamente instalados no equipamento ou tubo;
- d) No processo de construção, a cobertura e a entrada da caixa de junção dos instrumentos devem ser fechadas em tempo útil. A entrada do cabo não deve estar virada para cima. Devem ser tomadas medidas de vedação após a conclusão da construção;

- e) Devem ser tomadas medidas para evitar que o equipamento de corrente fraca e os componentes electrónicos sejam danificados, quando a resistência de isolamento dos instrumentos e o equipamento de alimentação dos instrumentos forem medidos;
- f) Os instrumentos de barramento de campo devem ser ligados paralelamente uns aos outros. A quantidade de instrumentos em cada barramento e a distância máxima entre barramentos devem cumprir os requisitos dos documentos de concepção;
- g) A instalação dos painéis de instrumentos, armários e caixas deve cumprir os requisitos.

5.8.3 A instalação do ecrã da unidade de controlo local (LCU), o bastidor do equipamento de rede, o bastidor do servidor, a consola da sala de controlo central e o ecrã analógico devem cumprir os requisitos.

5.9 Sistema de vigilância por vídeo

5.9.1 A instalação do sistema de vigilância por vídeo deve ser realizada de acordo com o disposto nesta secção. Além disso, devem ser cumpridos os requisitos técnicos de instalação do projectista e do fabricante do equipamento.

5.9.2 A câmara deve ser instalada perto da área de supervisão, onde não possa ser facilmente danificada, a manutenção seja fácil e seja possível evitar interferências electromagnéticas fortes. O local de instalação da câmara não deve afectar a operação do equipamento de campo e as actividades normais do pessoal e deve garantir que o campo de visão da câmara cumpre as necessidades de supervisão.

5.9.3 A altura de instalação da câmara a partir do chão não deve ser inferior a 2,5 m no interior e 3,5 m no exterior. Se as câmaras no exterior forem instaladas com colunas verticais, a resistência e a estabilidade das hastes na vertical devem cumprir os requisitos de utilização da câmara.

5.9.4 A lente da câmara deve ser instalada para se alinhar com o objecto de supervisão ao longo da direcção da fonte de luz. A instalação de retroiluminação deve ser evitada. Quando a instalação de retroiluminação for necessária, é aconselhável reduzir o contraste de luz na área de supervisão ou escolher câmaras com acessórios de compensação de retroiluminação, como grelhas de cortina.

5.9.5 Quando for necessária uma determinada iluminação para a supervisão de vários pontos ou para a alteração de cenários, devem ser instalados aparelhos de iluminação auxiliares na parte superior da cobertura de protecção da câmara, equipados com uma plataforma eléctrica ou sobre outros dispositivos que rodem na mesma direcção da plataforma eléctrica.

5.9.6 A instalação da consola e do bastidor no ponto central de supervisão de controlo principal deve cumprir os regulamentos. O ecrã de supervisão deve evitar a luz directa do exterior.

5.10 Ligação a terra dos pára-raios

5.10.1 A construção do dispositivo de ligação a terra da protecção contra raios deve ser realizada de acordo com os documentos de concepção aprovados.

5.10.2 A instalação dos dispositivos de ligação a terra deve estar de acordo com a construção da engenharia arquitectónica. As partes ocultas devem ser inspeccionadas, verificadas e aceites antes de serem cobertas e deve ser criado um registo relevante.

5.10.3 As seguintes partes metálicas dos dispositivos eléctricos devem ser ligadas a terra:

- a) Base metálica, estrutura, invólucro e dispositivo de transmissão do equipamento eléctrico;
- b) Sede e invólucro metálicos dos aparelhos eléctricos portáteis ou móveis;
- c) Corpo da subestação tipo caixa;
- d) Segundo enrolamento do indutor comum;
- e) Estrutura e base metálicas dos painéis (armários, caixas) e mesas de serviço para a distribuição, protecção e controlo de energia;
- f) Blindagem metálica, caixa de junção, tubo de protecção metálico dos cabos de alimentação e camada de blindagem dos cabos secundários;
- g) Caminho de cabos, suporte e torre;
- h) Estrutura e suporte da subestação;
- i) Estruturas de linhas aéreas equipadas com fios de terra suspensos ou equipamento eléctrico;
- j) Barreiras metálicas para dispositivos de distribuição;
- k) Caixa metálica para equipamento de aquecimento eléctrico;
- l) Base e invólucro metálicos do motor rotativo;
- m) Base e invólucro metálicos do guincho eléctrico, guindaste de pórtico, faixa do pórtico rolante e equipamento eléctrico.

5.10.4 Os fios de aterramento não devem ser utilizados para outros fins.

5.10.5 Além dos eléctrodos de aterramento naturais, as centrais eléctricas e as subestações de exterior também deve ser dispostas com plataformas de aterramento com eléctrodos de aterramento artificial horizontais como elemento principal. Deve ser colocado o poço de medição que separa os eléctrodos de aterramento natural dos eléctrodos de aterramento artificial.

5.10.6 Os materiais do dispositivo de aterramento devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Para além dos dispositivos de ligação a terra provisórios, a galvanização a quente deve ser aplicada em todos os aços utilizados nos dispositivos de ligação a terra. Para dispositivos colocados na horizontal, deve ser utilizado o aço cilíndrico e o aço plano galvanizados a quente. Para dispositivos colocados na vertical, deve ser utilizado o aço de ângulo, os tubos de aço ou o aço cilíndrico também galvanizados a quente;
- b) Quando uma fita de cobre plana, corda de cobre, barra de cobre, aço revestido a cobre (fio circular, corda), aço revestido a zinco e outros materiais forem utilizados nos dispositivos de ligação a terra, a selecção deve cumprir os requisitos de concepção;
- c) Os condutores de alumínio não devem ser utilizados como eléctrodo de ligação a terra ou fio de ligação a terra.

5.10.7 Para o eléctrodo de aterramento artificial dos dispositivos de aterramento, a secção de condução deve cumprir os requisitos de estabilidade térmica, partilha de tensão, resistência mecânica e resistência à corrosão. A secção do eléctrodo de aterramento na horizontal não deve ser inferior a 75% da secção do fio de aterramento conectada ao dispositivo de aterramento. As especificações mínimas do eléctrodo de aterramento em aço e do fio de aterramento não devem ser inferiores às especificações indicadas nos Quadros 51 e 52. A área transversal da linha de saída do eléctrodo de aterramento das estruturas de linhas suspensas não deve ser inferior a 50 mm².

Quadro 51 Especificações mínimas do eléctrodo de terra em aço e do fio de terra

| Tipo, especificações e unidade | | Acima do chão | Abaixo do chão |
|--------------------------------|--|---------------|----------------|
| Diâmetro do aço em vara (mm) | | 8 | 8/10 |
| Aço plano | Secção (mm ²) | 48 | 48 |
| | Espessura (mm) | 4 | 4 |
| Espessura angular do aço (mm) | | 2,5 | 4 |
| Espessura do tubo de aço (mm) | | 2,5 | 3,5/2,5 |
| NOTA 1 | Para o diâmetro do aço circular abaixo do chão, os dados moleculares e os dados do denominador, respectivamente, correspondem às linhas suspensas e à rede de aterramento da central e da subestação eléctrica. | | |
| NOTA 2 | Para a espessura da parede do tubo de aço abaixo do chão, os dados moleculares e os dados do denominador correspondem, respectivamente, aos tubos que são enterrados na terra e ao pavimento em betão do interior. | | |

Quadro 52 Especificações mínimas dos eléctrodos de aterramento de cobre e de aço revestido a cobre

| Tipo, especificações e unidade | Acima do chão | Abaixo do chão |
|--|---------------|------------------------------------|
| Diâmetro da barra de cobre (mm) | 8 | Eléctrodo de terra na horizontal 8 |
| | | Eléctrodo de terra na vertical 15 |
| Secção da barra de cobre (mm ²) / espessura (mm) | 50/2 | 50/2 |
| Espessura do tubo de cobre (mm) | 2 | 3 |
| Secção do cabo entrançado de cobre (mm ²) | 50 | 50 |
| Diâmetro do aço circular revestido a cobre (mm) | 8 | 10 |
| Diâmetro dos fios de aço revestidos a cobre (mm) | 8 | 10 |
| Secção de aço plano revestido a cobre (mm ²)/ espessura (mm) | 48/4 | 48/4 |
| <p>NOTA 1 Os fios de cobre nus não são adequados para o eléctrodo de terra de um dispositivo de ligação a terra pequeno. Quando os fios de cobre são utilizados como eléctrodos de terra da rede de ligação a terra, a área da secção deve cumprir os requisitos de concepção.</p> <p>NOTA 2 O diâmetro de um fio do cabo entrançado de cobre não deve ser inferior a 1,7 mm;</p> <p>NOTA 3 As especificações do aço revestido a cobre indicam o tamanho do aço e que a espessura da camada de cobre não deve ser inferior a 0,25 mm.</p> | | |

5.10.8 A área da secção transversal mínima do condutor de terra exposto que está conectada ao eléctrodo de terra ou ao fio de protecção (PE) na terra do equipamento eléctrico de baixa tensão deve estar em conformidade com o Quadro 53.

Quadro 53 Área da secção transversal mínima do condutor de terra em cobre exposto no equipamento eléctrico de terra de baixa tensão

| Nome | Área da secção mínima (mm ²) |
|---|--|
| Condutor exposto nu | 4 |
| Condutor isolado | 1,5 |
| Núcleo de aterramento do cabo, ou núcleo de aterramento de cabos multi-condutores envolvidos no mesmo invólucro de protecção da linha de fase | 1 |

5.10.9 É estritamente proibido utilizar mangueiras metálicas, revestimentos metálicos da camada de isolamento da tubagem, redes metálicas, revestimentos em chumbo dos condutores da rede de iluminação de baixa tensão e bainhas metálicas dos cabos, como fios de terra.

5.10.10 A profundidade e a distância da rede de ligação a terra devem cumprir os requisitos de concepção. A profundidade enterrada da superfície superior do eléctrodo de terra não deve ser inferior a 0,8 m. A distância do eléctrodo de terra na horizontal não deve ser inferior a 5 m e a distância do eléctrodo de terra na vertical não deve ser inferior ao dobro do seu comprimento.

5.10.11 A ligação a terra dos dispositivos eléctricos deve ser conectada ao barramento de terra ou à rede de ligação a terra separadamente. É estritamente proibido conectar dois ou mais dispositivos eléctricos que precisam ser aterrados em série a um fio de terra.

5.10.12 Os barramentos de terra anulares devem ser dispostos à volta da sala de comunicações, a área transversal das barras de cobre não deve ser inferior a 90 mm² e a área transversal do aço galvanizado plano não deve ser inferior a 120 mm². Os dispositivos de ligação a terra anulares fechados devem ser dispostos à volta da sala de comunicações.

5.10.13 Os metais não carregados expostos na sala de controlo principal e na sala de controlo central devem ter uma ligação equipotencial com o edifício. A área transversal mínima das placas de bornes de terra equipotenciais e dos condutores interligados deve cumprir os requisitos dos Quadros 54 e 55, respectivamente.

Quadro 54 Área transversal mínima de todos os tipos de terminais de terra equipotenciais

| Nome | Material | Área da secção mínima (mm ²) |
|---|------------------|--|
| Placa de bornes de terra equipotencial principal | Correia de cobre | 150 |
| Placa de bornes de terra equipotencial do pavimento | Correia de cobre | 100 |
| Placa de bornes de terra equipotencial parcial na sala dos equipamentos | Correia de cobre | 50 |

Quadro 55 Área transversal mínima de todos os tipos de condutores de ligação equipotencial

| Nome | Material | Área da secção mínima (mm ²) |
|---|--|--|
| Linhas principais de ligação a terra na vertical | Condutor multi-fios de cobre ou correia de cobre | 50 |
| Condutor de ligação entre a placa de bornes do pavimento e a placa de bornes na sala dos equipamentos | Condutor multi-fios de cobre ou correia de cobre | 25 |
| Condutor de ligação entre placas de bornes parciais na sala dos equipamentos | Condutor multi-fios de cobre | 16 |
| Condutor de ligação entre o equipamento e a rede de ligação equipotencial na sala dos equipamentos | Condutor multi-fios de cobre | 6 |
| Redes da sala dos equipamentos | Folha de cobre ou condutor multi-fios de cobre | 25 |

5.10.14 A rede de ligação a terra comum deve ser utilizada para o aterramento do sistema de controlo de vigilância informática da central de energia hidroeléctrica. A ligação a terra do invólucro do equipamento, da fonte de alimentação de corrente alternada, do circuito lógico, do circuito de sinalização e da blindagem dos cabos do equipamento deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O invólucro do equipamento ou as peças metálicas condutoras de corrente expostas devem ser ligadas a terra;
- b) A fonte de alimentação isolada de corrente alternada e de corrente contínua deve ser ligada a terra quando a tensão excede os 150 V;
- c) Deve existir um ponto de aterramento em todos os circuitos de corrente contínua do computador (incluindo a fonte de alimentação de corrente contínua, o circuito lógico e o circuito de sinalização) que não está isolado;
- d) A diferença no potencial de aterramento entre quaisquer dois pontos de ligação a terra não deve ser superior ao ruído admissível do equipamento em qualquer momento, quando existem dois ou mais pontos de ligação a terra no circuito de ligação a terra comum de todos os circuitos de cálculo de corrente contínua não isolados;
- e) Quando todos os dispositivos de interface externa em qualquer armário (ou um conjunto de dispositivos) estão isolados, o invólucro do armário, a fonte de alimentação de corrente alternada, o circuito de corrente contínua do computador e a camada de blindagem dos cabos devem estar aterrados em um ponto do armário. O circuito lógico do computador deve dispor de apenas um ponto no armário conectado ao ponto de ligação a terra comum do armário;
- f) Não devem existir duas redes de ligação a terra separadas em qualquer dispositivo ou equipamento adjacente;
- g) Os pontos de ligação a terra dos sensores correspondentes ou outros dispositivos de ligação devem ser considerados para a ligação a terra da sinalização e da camada de blindagem dos cabos, de forma a evitar o aterramento de dois pontos. De preferência, deve ser seleccionado um ponto no equipamento de supervisão e recepção do computador para efectuar a ligação a terra.

5.10.15 A linha de alimentação e o protector contra sobretensão devem estar instalados na parte frontal da linha de alimentação do equipamento protegido, e os terminais do protector contra sobretensão devem estar conectados aos terminais com os mesmos nomes da caixa de distribuição. O terminal de aterramento do protector contra sobretensão está conectado à placa de bornes de ligação a terra PE da caixa de distribuição. A placa de bornes de ligação a terra da caixa de distribuição deve estar conectada à placa de bornes de ligação a terra equipotencial na área de protecção contra raios. Os fios de ligação dos protectores contra sobretensão de qualquer nível devem estar adequadamente dispostos e o seu comprimento não deve exceder 0,5 m.

5.10.16 Os protectores contra sobretensão com terminais de ligação devem estar frisados quando se ligam aos fios e o protector contra sobretensão com colunas de ligação deve estar conectado a estas através dos olhais do fio.

5.10.17 A área transversal mínima dos fios de ligação dos protectores contra sobretensão deve cumprir os requisitos do Quadro 56.

Quadro 56 Área transversal mínima das linhas de ligação do protector contra sobretensão

| Grau de protecção | Tipo de protector contra sobretensão | Secção de condução (mm ²) | |
|-------------------|--|--|--|
| | | Condutor de cobre para ligação de fase do protector contra sobretensão | Condutor de cobre para ligação a terra do protector contra sobretensão |
| Grau I | Tipo de interruptor ou tipo de limites de tensão | 16 | 25 |
| Grau H | Tipo de limites de tensão | 10 | 16 |
| Grau II | Tipo de limites de tensão | 6 | 10 |
| Grau N | Tipo de limites de tensão | 4 | 6 |

NOTA Para cada combinação de protector contra sobretensão, pode ser escolhida a área transversal de condução do nível de protecção correspondente.

6 Instalação do sistema de notificação e de medição hidrológica automático

6.1 O principal equipamento do sistema de notificação e de medição hidrológica automático deve estar em conformidade com as normas técnicas e os requisitos de qualidade do artigo dos sectores relevantes e dispor de uma licença de produção de produtos industriais.

6.2 Os seguintes requisitos devem ser cumpridos antes de o equipamento ser instalado:

- a) A inspecção preliminar da quantidade e qualidade dos equipamentos deve ser realizada de acordo com o projecto e a guia de aprovisionamento;
- b) Devem ser verificadas as necessárias marcações de qualidade do equipamento principal;
- c) As instalações civis para a instalação do equipamento devem passar na inspecção preliminar ou na aceitação das obras individuais, de acordo com o projecto;
- d) As estações de telemetria e as estações centrais relevantes devem ser colocadas em funcionamento antecipadamente no sistema que utiliza a rede de comunicações pública;
- e) Os processos de carga e descarga da bateria devem ser concluídos de acordo com os procedimentos prescritos e deve ser fornecida electricidade suficiente de acordo com os regulamentos;
- f) A instalação e a entrada em serviço devem ser asseguradas por técnicos experientes.

6.3 A instalação do equipamento deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os diferentes planos e sequências de instalação do equipamento devem ser elaborados antes da instalação do equipamento. O sistema deve ser instalado pela seguinte ordem: estação central, estação de relés e estação de telemetria;

- b) O equipamento deve ser estritamente instalado de acordo com as especificações do artigo e os documentos técnicos de concepção. Os terminais telemétricos, os sensores e outros equipamentos também devem ser configurados de acordo com os requisitos de concepção;
- c) Para processos de instalação que requeiram tratamento no local, como a soldadura e a fixação mecânica, as normas e os requisitos relevantes do processo devem ser estritamente seguidos e deve ser realizado o ensaio ou a inspeção necessária;
- d) Os métodos de encaminhamento e instalação das linhas de ligação devem ser escolhidos de forma a evitar danos mecânicos, águas e humidade, interferências electromagnéticas, mordidas de animais e arrombamentos. Devem ser tomadas medidas de protecção, como a colocação de bainhas. Quando a ligação do equipamento incluir a interligação no interior e no exterior, é necessário evitar a entrada de águas das chuvas na sala.

6.4 Após a conclusão dos trabalhos de instalação e fixação, devem ser realizadas as seguintes inspeções e ajustes importantes:

- a) Verificar se a linha de ligação entre os equipamentos é sólida e fiável. Verificar se o equipamento que precisa de ser aterrado cumpre os requisitos de instalação;
- b) Verificar se a tensão da bateria e a corrente de carga cumprem os requisitos;
- c) Verificar se a tensão do circuito aberto e a corrente de curto-circuito dos painéis solares cumprem os requisitos;
- d) No sensor de concepção, simular a situação real e verificar e depurar se todos os equipamentos operam como esperado, incluindo as funções normais da comunicação, a visualização, os botões e o armazenamento.

6.5 Após a conclusão da instalação, as informações de configuração básicas da instalação e da entrada em serviço do equipamento devem ser totalmente registadas e ordenadas.

6.6 A integração e os ensaios do sistema devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Após a instalação da estação central, da estação de telemetria e de outros equipamentos, a ligação e coordenação gerais devem ser concluídas mediante a integração do sistema. Segundo o projecto do sistema e os requisitos de software, configurar e definir os parâmetros dos ensaios conjuntos das funções do sistema e verificar as funções e os indicadores do sistema para alcançar os resultados desejados. A integração e os ensaios do sistema devem incluir os seguintes aspectos:

- 1) Simular os parâmetros da operação real no projecto do sensor.
 - 2) Condições de transmissão do disparador, incluindo o disparo do tempo e o disparo dos parâmetros.
 - 3) Carregamento de dados e processo de resposta.
 - 4) Inspeção do processo de recepção de dados, incluindo a precisão dos parâmetros, a velocidade e o tempo de transmissão e o tempo de conclusão da recolha de todos os dados das estações de telemetria.
 - 5) A instrução de controlo central é emitida para verificar se a estação de telemetria actua de acordo com os requisitos pré-determinados, incluindo a calibração do relógio e a configuração do terminal telemétrico.
 - 6) Outras funções da estação de telemetria, como a descarga de dados no local, entradas manuais e configurações.
 - 7) Outras funções da estação central, como a visualização gráfica, o armazenamento, as consultas, a impressão;
- b) Após a instalação de todo o sistema, a exactidão dos dados recolhidos e a taxa de permeabilidade do sistema devem ser verificadas de acordo com os requisitos de concepção.
- c) Os problemas e os resultados do processamento durante a instalação devem ser detalhadamente registados para referência futura.
- 7 Instalação do equipamento de supervisão de segurança
- 7.1 A aquisição de instrumentos de supervisão de segurança deve cumprir os seguintes requisitos:
- a) Sob reserva de o tipo, a especificação, o alcance e a precisão cumprirem os requisitos de concepção e considerando as propriedades do produto, como o desempenho, a qualidade e a durabilidade, seleccionar não menos do que 3 fabricantes para elaborar um plano de aquisição de instrumentos que deve ser submetido para aprovação;
 - b) A aquisição de instrumentos deve estar em conformidade com o plano de aquisição aprovado. Se houver alguma alteração, o novo plano deve ser aprovado novamente.
- 7.2 A aceitação dos instrumentos de supervisão de segurança deve cumprir os seguintes requisitos:
- a) Antes da saída dos instrumentos da fábrica, todo o equipamento dos instrumentos deve ser verificado e o fabricante deve fornecer certificados de qualidade. Se necessário, é preciso ir à fábrica para participar da verificação e da aceitação do equipamento dos instrumentos principais;

- b) Quando os instrumentos tiverem sido transportados para o local, verificar e aceitar todos os instrumentos fornecidos pelo fabricante. Os ensaios, a correcção e a calibração devem ser realizados de acordo com os requisitos pertinentes. Os instrumentos só podem ser utilizados quando forem aprovados na aceitação;
- c) Para os instrumentos aprovados, os registos de identificação devem ser estabelecidos em tempo útil.

7.3 A instalação e a integração dos instrumentos de supervisão de segurança deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) As obras preparatórias antes da instalação e da integração devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) A construção dos orifícios pré-formados, dos entalhes, das condutas e de todo o tipo de elementos integrados deve ser concluída de acordo com os requisitos dos desenhos de concepção de observação. A medição e a colocação devem ser efectuadas adequadamente nos pontos integrados.
 - 2) O tipo dos cabos deve cumprir os requisitos de concepção e as ligações dos cabos devem cumprir os requisitos das normas;
- b) A instalação e a integração devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O número de projecto, o número de produção e os valores medidos no estado livre devem ser verificados novamente antes da instalação e da integração.
 - 2) Todos os tipos de instrumentos devem ser instalados e integrados de acordo com os próprios requisitos e procedimentos, de forma a garantir que as respectivas posições estejam correctas.
 - 3) O cabo de saída deve ser bobinado para deixar um determinado comprimento à volta do ponto de integração do instrumento, de forma a evitar que a direcção e a posição do instrumento sejam mudadas quando o cabo for arrastado durante a construção.
 - 4) Quando o instrumento for integrado no substrato rochoso, as fendas devem ser lavadas e a argamassa do aterro deve ser misturada com cimento de micro-expansão.
 - 5) O betão do aterro à volta do instrumento deve vibrar manualmente e estar compactado em camadas. O betão deve estar a mais de 1,5 m do instrumento ao ser colocado e a distância entre o vibrador e o instrumento deve ser superior ao raio de vibração e não deve ser inferior a 1,0 m.
 - 6) Os instrumentos devem ser marcados em tempo útil após a integração.
 - 7) As condições de serviço do instrumento devem ser supervisionadas durante a integração. Se forem encontradas condições anormais, tomar medidas correctivas ou trocar o instrumento em tempo útil.

- 8) Os dados de registo e investigação das instalações de supervisão devem ser recolhidos para obter o valor inicial (de referência) em tempo útil.
- 9) Os desenhos finais ("as-built") devem ser criados e os relatórios de conclusão devem ser elaborados em tempo útil.

7.4 A supervisão de segurança durante o período de construção deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O empreiteiro deve designar observadores específicos que se encarreguem da supervisão de segurança durante o período de construção;
- b) Os instrumentos de observação devem ser observados regularmente e mantidos por observadores profissionais, de acordo com as especificações de observação aprovadas. Se forem verificados dados anormais, aumentar a frequência de observação e informar o serviço relevante sobre eles;
- c) Os registos de observação originais devem ser efectuados correctamente. Os registos devem ser compilados e analisados em tempo útil e os relatórios de observação devem ser elaborados regularmente. A segurança da barragem durante o período de construção deve ser avaliada para fornecer a base para a tomada de decisões relativas à construção;
- d) Deve ser apresentado um relatório específico sobre a supervisão de segurança do projecto quando este for concluído para aceitação, para avaliar se o sistema de vigilância de segurança cumpre os requisitos de aceitação da conclusão do projecto.