



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



Directrizes Técnicas para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroelétricas **PROJECTO**

Parte 6-2: Sistema eléctrico

SHP/TG 002-6-2: 2019



DECLARAÇÃO DE EXONERAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Este documento foi produzido sem edição formal das Nações Unidas. As designações e a apresentação do material deste documento não implicam a expressão de qualquer opinião por parte do Secretariado da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) sobre o estatuto jurídico de qualquer país, território, cidade ou área das suas autoridades, ou sobre a delimitação das respectivas fronteiras ou limites, sistema económico ou grau de desenvolvimento. Designações como "desenvolvido", "industrializado" e "em desenvolvimento" são utilizadas para fins estatísticos e não expressam necessariamente uma opinião sobre a etapa alcançada por um determinado país ou área no processo de desenvolvimento. A menção de nomes de empresas ou produtos comerciais não constitui uma aprovação por parte da UNIDO. Embora tenha sido tomado grande cuidado para manter a 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. Este documento pode ser citado ou reimpresso livremente, mas o seu reconhecimento é necessário.

Directrizes Técnicas para o
Desenvolvimento de Pequenas Centrais
Hidroeléctricas
PROJECTO

Parte 6-2: Sistema eléctrico

SHP/TG 002-6-2: 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 de Energia Hidroeléctrica (INSHP). Cerca de 80 peritos internacionais e 40 agências internacionais estiveram envolvidos na preparação do documento e na revisão pelos pares, e forneceram sugestões e opiniões específicas para tornar as directrizes técnicas profissionais e aplicáveis.

A UNIDO e a INSHP estão enormemente gratas pelas contribuições recebidas durante o desenvolvimento 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), particularmente o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE), o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética da África Oriental (EACREEE), o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética do Pacífico (PCREEE) e o Centro para as Energias Renováveis e Eficiência Energética das Caraíbas (CCREEE).

O governo chinês facilitou a finalização dessas directrizes e teve grande importância na sua conclusão.

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

Seria muito bem-vinda a provisão de outras recomendações e sugestões para a execução da actualização.

Índice

Prefácio	III
Introdução	VI
1 Âmbito	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Ligação da central de energia hidroeléctrica ao sistema eléctrico (rede)	1
4.1 Requisitos gerais	1
4.2 Entregas	1
5 Projecto da cablagem eléctrica principal	2
5.1 Requisitos gerais	2
5.2 Tipo, características e aplicabilidade da ligação eléctrica principal	3
5.3 Princípios de configuração do interruptor isolador	7
6 Cálculo da corrente de curto-circuito	7
6.1 Objectivo do cálculo	7
6.2 Princípios básicos para o cálculo	8
7 Selecção do transformador principal	9
7.1 Requisitos gerais	9
7.2 Selecção de parâmetros	10
7.3 Selecção do modo de arrefecimento	10
8 Selecção de equipamentos eléctricos de alta tensão	10
8.1 Requisitos gerais	10
8.2 Selecção do disjuntor de alta tensão	12
8.3 Selecção do interruptor isolador	13
8.4 Selecção do transformador de corrente e do transformador de tensão	13
8.5 Selecção do interruptor de carga de alta tensão e do fusível de alta tensão	15
8.6 Selecção do comutador de alta tensão completo	16
8.7 Selecção e instalação do cabo	17
9 Protecção contra sobretensão e ligação à massa	17
9.1 Protecção contra sobretensão	17
9.2 Ligação à massa	21
10 Sistema de iluminação	24
11 Disposição do equipamento eléctrico principal dentro e fora da estação de energia	24
12 Equipamentos automáticos de protecção e segurança de transmissão.	25
12.1 Requisitos gerais	25
12.2 Protecção do gerador	27
12.3 Protecção do transformador principal	30
12.4 Protecção do barramento	35
12.5 Coordenação e interface entre a protecção e outros sistemas	36

13	Sistema de excitação	37
13.1	Seleção do sistema de excitação	37
13.2	Seleção do modo de excitação	38
13.3	Sistema de excitação estática auto-compensada, controlada por silicóne	38
13.4	Indicação de campo e interface externa do sistema de excitação	41
14	Sistema de monitorização automática	41
14.1	Requisitos gerais para a seleção do sistema de monitorização computadorizada	41
14.2	Requisitos técnicos para o sistema de monitorização computadorizado	42
14.3	Seleção dos instrumentos de medição e controlo	42
15	Fornecimento de energia eléctrica de serviço da central e da área da barragem	43
15.1	Fonte de energia da central de abastecimento de energia	43
15.2	Seleção da capacidade do transformador de serviço da planta	44
15.3	Fonte de energia da área da barragem	44
15.4	Fornecimento de energia na área de habitação	45
16	Fonte de alimentação operacional CC	45
17	Sistema de monitorização por vídeo	45
18	Comunicação	45
19	Reparação eléctrica e testes eléctricos	46

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 contarão com o esforço 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 internacional 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 de Energia Hidroeléctrica) é uma organização internacional de coordenação e promoção para o desenvolvimento global de pequenas centrais de energia 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 as prestações 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 culturais locais e ao desenvolvimento económico.

A UNIDO e a INSHP colaboram no Relatório Mundial de Desenvolvimento de Pequenas Centrais de Energia Hidroeléctrica desde 2010. Com base nos relatórios, os requisitos e o desenvolvimento de PCH não estavam equiparados. Uma das barreiras ao desenvolvimento na maioria dos países é a falta de tecnologias. A UNIDO, em colaboração com a INSHP, através da cooperação com peritos globais, 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 patente. A UNIDO e a INSHP não serão responsáveis pela identificação desses mesmos direitos de patente.

Introdução

Uma Pequena Central de Energia Hidroelétrica (PCH) é cada vez mais reconhecida como uma importante solução de energia renovável para a electrificação de áreas 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 uma PCH.

Estas Directrizes Técnicas (DT) para o Desenvolvimento de Pequenas Centrais de Energia Hidroelétrica abordarão as limitações actuais dos regulamentos aplicados às directrizes técnicas para as PCH, aplicando os 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 competências institucionais e técnicas limitadas serão capazes de melhorar a sua base de conhecimentos no desenvolvimento de instalações de PCH, atraindo assim mais investimentos para projectos de PCH, encorajando políticas favoráveis e, conseqüentemente, ajudando no desenvolvimento económico a nível nacional. Estas directrizes técnicas serão valiosas para todos os países, mas permitem, especialmente, a partilha de experiências e melhores práticas entre países que têm conhecimentos técnicos limitados.

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

- Os Termos e Definições nas directrizes técnicas especificam os termos e definições técnicas profissionais comumente usados para PCH.
- As Directrizes do projecto fornecem directrizes para os requisitos básicos, metodologia e procedimento em termos de selecção do local, hidrologia, geologia, esquema do projecto, configurações, cálculos de energia, hidráulica, selecção de equipamentos electromecânicos, construção, estimativas de custo do projecto, pré-avaliação económica, financiamento, avaliações sociais e ambientais - com o objectivo final de obter as melhores soluções de projecto.
- As Directrizes das unidades especificam os requisitos técnicos para turbinas nas PCH, geradores, sistemas de regulação de turbinas hidráulicas, sistemas de excitação e válvulas principais, como também para sistemas de supervisão, controlo, protecção e de alimentação eléctrica de corrente contínua.
- 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-Projecto

Parte 6-2: Sistema eléctrico

1 Enquadramento

Esta Parte das Directrizes da estrutura estabelece os requisitos gerais para a estrutura do sistema eléctrico de uma pequena central hidroeléctrica (PCH), e define os requisitos técnicos específicos para a selecção e disposição das ligações ao sistema de energia, ligação eléctrica principal, ligação à terra, iluminação, protecção dos relés, sistema de controlo e outros equipamentos eléctricos.

2 Referências normativas

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

SHP/TG 001, *Directrizes técnicas para o desenvolvimento de pequenas centrais de energia hidroeléctrica - Termos e definições*.

3 Termos e definições

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

4 Ligação da central de energia hidroeléctrica ao sistema eléctrico

4.1 Requisitos gerais

4.1.1 O ponto de fornecimento de energia, a tensão de transmissão, o número de linhas de transmissão de saída, a capacidade de transmissão, o modo de operação e o formato de ligação à rede devem ser determinados em função das características da central hidroeléctrica e dos requisitos do sistema eléctrico.

4.1.2 A tensão de saída e o número do circuito da linha de saída da central eléctrica devem ser simplificados tanto quanto possível, tendo em conta o sistema e as condições do local.

4.1.3 A ligação deve ser concebida com base em perspectivas de longo e curto-prazo, devendo ser formuladas várias opções para comparação técnica e económica.

4.2 Entregas

4.2.1 Os seguintes resultados de projecto devem ser apresentados para o projecto da ligação da central de energia hidroeléctrica ao sistema eléctrico:

- a) Diagrama de ligação do sistema geográfico e diagrama de cablagem de uma linha;
- b) Tensão de transmissão, número de circuitos da linha de saída com diferentes níveis de tensão, direcções e pontos de ligação para cada linha de saída, capacidade máxima/mínima de transmissão e horas anuais máximas de utilização da carga;
- c) Requisitos do sistema para a ligação eléctrica principal da central, incluindo o papel e a posição da central no sistema, e o modo de funcionamento da central;
- d) Requisitos do sistema para o transformador principal da central, tais como o tipo e modo de regulação de tensão do transformador principal, o modo de ligação à massa do ponto neutro e a impedância;
- e) Se o gerador funciona como modulação de fase;
- f) Requisitos do sistema para os parâmetros do gerador, parâmetros de excitação e modos de excitação, incluindo a tensão nominal e faixa de variação permissível, fatores de potência nominal e faixa de variação permissível, reactância de estado temporário, relação de curto-circuito, momento de inércia, capacidade máxima de carga e capacidade de regulação de fase, valor de pico múltiplo da tensão de excitação e excesso de velocidade;
- g) Requisitos do sistema para o funcionamento automático, comunicação e protecção do relé da estação de energia.

4.2.2 Quando a central tiver de ser equipada com reactores paralelos, devem ser determinados o tipo, tensão, capacidade e modo de ligação dos reactores, bem como os parâmetros e o nível de isolamento do reactor neutro.

5 Projecto da cablagem eléctrica principal

5.1 Requisitos gerais

A cablagem eléctrica principal deve cumprir aos seguintes requisitos;

- a) Deve cumprir os requisitos de fiabilidade de fornecimento de energia e qualidade de energia dos utilizadores ou sistemas de energia.
- b) Deve ser simples e claro, fácil de operar e manter, com alguma flexibilidade.
- c) Deve cumprir os requisitos operacionais da central na fase inicial e na fase final, e a transição por etapas deve ser considerada.
- d) Deve ser concebido com base nos seguintes dados básicos:
 - 1) Capacidade instalada da central, o número de unidades de geradores das turbina e os dados de energia da água, tais como o desempenho da regulação, horas de utilização e capacidade firme do reservatório de água;
 - 2) Importância da central eléctrica no sistema de energia e seu modo de funcionamento, o diagrama de impedância do diagrama de cablagem geográfico ligado ao sistema de energia;
 - 3) Nível de tensão da linha de saída, número de circuitos e sua sequência de entrada, os requisitos para distribuição de tensão e potência de deslocação no modo de funcionamento máximo/mínimo e o valor da potência trocada entre dois níveis de tensão impulsionada;
 - 4) Quantidade das fontes de energia de serviço da estação, seus modos de ligação e a procura no fornecimento de energia na zona próxima;
 - 5) Requisitos para o funcionamento automático e o modo de entrega da central eléctrica;
 - 6) Requisitos do sistema de energia para as operações de fase, regulação de tensão e de fase principal da estação de energia;
 - 7) Requisitos do sistema de potência para regulação de tensão e alcance do transformador;
 - 8) Requisitos de sobretensão para a ligação da central eléctrica dentro do intervalo estável e restrito do sistema;
 - 9) Disposição e transporte do projecto.
- e) Com a premissa de cumprir os requisitos básicos, a concepção da ligação deve cumprir as condições específicas da disposição.

5.2 Tipo, características e aplicabilidade da ligação eléctrica principal

O tipo, característica e aplicabilidade da principal ligação eléctrica da estação PCH são recomendados na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 Ligação de tensão do gerador


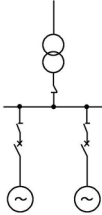
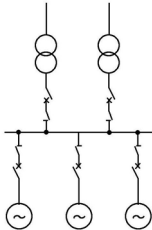
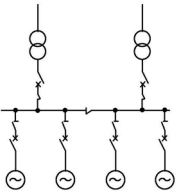
Nome da ligação	Diagrama esquemático	Vantagens e desvantagens	Aplicabilidade
Ligação da unidade		<ol style="list-style-type: none"> 1. A capacidade do transformador principal é igual à do gerador, e o intervalo da falha é mínimo; 2. A ligação é simples, clara e flexível; 3. O equipamento de tensão mínima do gerador é necessário, e a disposição é simples; 4. A protecção de transmissão é simples; 5. O número de transformadores principais e equipamentos eléctricos de alta tensão é aumentado. 	<p>Aplicável às centrais eléctricas com elevados requisitos de fiabilidade, ou aplicável às centrais construídas por fases.</p>
Ligação da unidade expandida		<ol style="list-style-type: none"> 1. Duas (ou mais de duas) unidades ligadas a um transformador principal, e o intervalo da falha é relativamente grande; 2. A ligação é simples, clara e fácil de operar e manter; 3. O número de circuitos de saída do lado de alta tensão do transformador principal é reduzido. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicável às centrais eléctricas que desempenham papéis importantes na rede, com 4 ou mais unidades; 2. Aplicável às centrais eléctricas comuns com uma carga relativamente pequena perto da zona.
Ligação de um barramento		<ol style="list-style-type: none"> 1. Há um pequeno número de transformadores principais; 2. Há mais componentes para a instalação de comutadores de alta tensão distribuição do gerador; 3. Quando o barramento ou o interruptor de isolamento ligado ao barramento falhar ou for reparado, a energia de toda a estação será cortada. 	<p>Aplicável às estações PCH comuns com uma carga relativamente grande perto da zona.</p>
Ligação seccionada de barramento único com interruptor isolador		<ol style="list-style-type: none"> 1. Quando qualquer secção do barramento e o interruptor isolador ligado ao barramento falhar ou for reparado, a estação só tem de se desligar por um curto período de tempo, e depois do interruptor isolador ser aberto, a unidade ligada a outra secção do barramento pode reiniciar para enviar a electricidade para a rede; 2. Quando o interruptor isolador falhar ou for reparado, toda a estação será cortada. 	<p>O uso do interruptor isolador de secção pode levar a um mau funcionamento carregado, pelo que raramente é utilizado.</p>

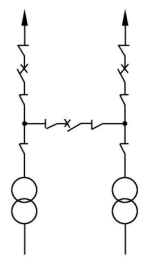
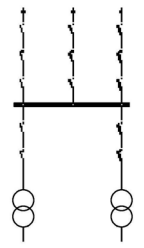
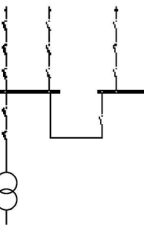
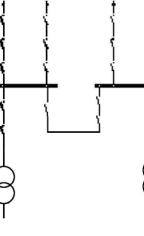
Tabela 1 (continuação)

Nome da ligação	Diagrama esquemático	Vantagens e desvantagens	Aplicabilidade
Ligação seccionada de barramento único com disjuntor		Quando qualquer secção do barramento e o interruptor isolador ligado ao barramento falhar ou for reparado, a unidade ligada a outra secção do barramento pode continuar a transmitir electricidade para a rede.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicável às estações PCH que desempenham papéis importantes na rede; 2. Aplicável às centrais eléctricas com muitas unidades e carga da zona próxima.

Tabela 2 Ligação lateral de tensão reforçada

Nome da ligação	Diagrama esquemático	Vantagens e desvantagens	Aplicabilidade
Ligação da unidade de linha de transformador		<ol style="list-style-type: none"> 1. A ligação é a mais simples, e o mínimo equipamento é necessário; 2. Quando a linha falhar ou for reparada, o transformador principal deixa de funcionar, e vice-versa. 	Aplicável à central eléctrica com um único circuito de saída.
Ligação do tipo T		As vantagens e desvantagens são as mesmas que as da ligação da unidade de linha de transformação.	Aplicável à central eléctrica que não é importante na rede eléctrica e existe uma linha de transmissão próxima.
Ligação da ponte exterior		<ol style="list-style-type: none"> 1. A ligação é simples e o número de disjuntores de alta tensão é menor (nomeadamente o número de circuitos de entrada e saída menos um); 2. Quando um dos transformadores principais falhar ou for inspeccionado ou reparado, o funcionamento da linha e de outro transformador principal não será afectado; 3. Quando o circuito de saída falha ou é inspeccionado ou reparado, a saída de metade da energia da estação será suspensa e, após a abertura do interruptor isolador, toda a energia poderá ser enviada por outro circuito de saída. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicável às centrais eléctricas com dois circuitos de entrada e saída respectivamente, e ao transformador principal ligando e desligando frequentemente; 2. Quando há potência de travessia, a ligação da ponte externa também deve ser adoptada.

Tabela 2 (continuação)

Nome da ligação	Diagrama esquemático	Vantagens e desvantagens	Aplicabilidade
Ligação da ponte interior		<p>1. A ligação é simples e o número de disjuntores de alta tensão é menor (nomeadamente o número de circuitos de entrada e saída menos um);</p> <p>2. Quando o circuito de saída falhar ou for inspeccionado ou reparado, o funcionamento do transformador principal não será afectado;</p> <p>3. Quando o transformador principal falhar ou for inspeccionado ou reparado, um circuito de saída será cortado temporariamente e, após o interruptor de isolamento do transformador principal ser aberto, metade da energia da estação de energia poderá ser enviada pelos dois circuitos de saída.</p>	<p>Aplicável às centrais eléctricas com dois circuitos de entrada e saída respectivamente, menos horas de utilização anual e o transformador principal frequentemente ligado ou desligado ou a linha de saída é longa.</p>
Ligação de um barramento		<p>1. Cada circuito da entrada ou saída está equipado com um disjuntor independente;</p> <p>2. Quando o barramento ou o interruptor de isolamento ligado ao barramento falhar ou for inspeccionado ou reparado, a energia de toda a estação será cortada.</p>	<p>Aplicável às centrais de energia hidroeléctrica que não são importantes no sistema eléctrico e têm menos requisitos para a continuidade do fornecimento de energia. A tensão do circuito de saída é de 35(33) kV e superior, e o número total de circuitos de saída não é superior a 3 a 5.</p>
Ligação seccionada de barramento único com interruptor isolador		<p>Quando o barramento ou o equipamento ligado for inspeccionado e reparado ou falhar, a estação inteira será desligada; depois de o interruptor isolador ser aberto, outra secção do barramento poderá fornecer a energia. No entanto, quando o interruptor isolador for inspeccionado e reparado ou falhar, a estação inteira será desligada.</p>	<p>Igual à ligação de barramento único.</p>
Ligação seccionada de barramento único com disjuntor		<p>Quando o barramento ou equipamento ligado for inspeccionado e reparado ou tiver defeito, só uma secção do barramento e o circuito ligado serão desligados.</p>	<p>Aplicável às centrais eléctricas que a tensão do circuito de saída é de 35 (33) kV ou superior, e o número total de circuitos de saída não é superior a 6.</p>

5.3 Princípios de configuração do interruptor isolador

5.3.1 O interruptor isolador deve cumprir os seguintes requisitos para o projecto da ligação principal na inspecção e reparação do equipamento:

- a) Em geral, o barramento do gerador deve estar equipado com o interruptor isolador, e sua posição deve ser próxima da saída do gerador;
- b) Quanto à ligação da unidade expandida, quando a linha de saída for relativamente longa, o disjuntor está relativamente afastado da unidade do gerador de turbina, e é difícil desmontar o conector do barramento, um conjunto de interruptores isoladores pode ser instalado na saída do gerador;
- c) Quanto ao interruptor isolador de alta tensão não inferior a 35(33) kV, o interruptor de ligação à massa deve ser colocado de um lado ou de ambos os lados do interruptor isolador;
- d) Quanto à linha de entrada/saída, transformador de tensão, pára-raios e interruptor isolador do lado do disjuntor do barramento de derivação, o interruptor de ligação à massa deve ser instalado em ambos os lados;
- e) Em geral, o interruptor isolador ligado a ambos os lados do disjuntor do barramento deve estar equipado com o interruptor de ligação à massa no lado do disjuntor.

5.3.2 A configuração do interruptor isolador para o transformador de tensão, pára-raios e circuito do pára-raios na saída do lado de alta tensão do transformador principal deve cumprir os seguintes princípios:

- a) Em geral, o transformador de tensão e o pára-raios ligado ao barramento para o qual a tensão é inferior a 110 kV pode partilhar o mesmo conjunto de interruptores isoladores;
- b) Em geral, o pára-raios na saída lateral de alta tensão do transformador principal pode não estar equipado com o interruptor isolador.
- c) Quando o transformador de tensão é instalado no lado da linha de saída e também pode ser utilizado para comunicação e protecção (excepto para os que foram instalados para ambos os fins), o interruptor isolador deve ser configurado.

6 Cálculo da corrente de curto-circuito

6.1 Objectivo do cálculo

O resultado do cálculo para a corrente de curto-circuito deve fornecer a base para a comparação e selecção do esquema de ligação eléctrica, a selecção do equipamento eléctrico e condutor de corrente, a selecção e ajustamento da protecção do relé, e o projecto do sistema de ligação à massa.

6.2 Princípios básicos para o cálculo

6.2.1 A corrente de curto-circuito utilizada para verificar a estabilidade dinâmica e a estabilidade térmica do condutor e do equipamento eléctrico e a corrente de ruptura do equipamento eléctrico deve ser calculada pela capacidade de projecto do projecto, devendo ser considerado o plano de desenvolvimento a longo-prazo do sistema eléctrico (geralmente 5 a 10 anos após a conclusão do projecto).

6.2.2 Quando a corrente de curto-circuito do condutor e do equipamento eléctrico na rede de ligação eléctrica for seleccionada, deve ser considerado o impacto imposto pelo motor assíncrono que tem o efeito de retorno e o impacto imposto pela corrente de descarga do dispositivo de compensação da capacidade.

6.2.3 Quando o condutor e o equipamento eléctrico forem seleccionados, o ponto de cálculo do curto-circuito deve ser seleccionado de acordo com o princípio da corrente máxima de curto-circuito no modo de ligação normal.

6.2.4 Em geral, a estabilidade dinâmica e a estabilidade térmica do condutor e do equipamento eléctrico, assim como a corrente de ruptura do equipamento eléctrico, podem ser calculadas com base no curto-circuito trifásico. Se o curto-circuito bifásico na saída do gerador ou o curto-circuito monofásico ou bifásico de ligação à massa no sistema de ponto neutro ligado directamente à massa e o transformador automático for mais grave que o curto-circuito trifásico, o cálculo deve basear-se em situações mais graves.

6.2.5 Apenas a reactância de cada componente (ou seja, gerador, transformador, reactor, circuito, etc.) pode ser incluída no cálculo da corrente de curto-circuito de alta tensão.

6.2.6 O valor por unidade deve ser adoptado para o cálculo. Em geral, será adoptada a capacidade de referência $S_j = 100 \text{ MVA}$ ou $S_j = 1000 \text{ MVA}$; como para a tensão de referência U_j , em geral, será adoptada a tensão média em todos os níveis.

6.2.7 Os pressupostos básicos para o cálculo devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Durante o funcionamento normal, o sistema trifásico funciona de forma simétrica.
- b) Os ângulos de fase da força electromotriz de todas as fontes de energia são os mesmos.
- c) Tanto os motores síncronos como assíncronos do sistema são ideais, sem considerar o impacto da saturação magnética, do retardamento magnético e do vórtice do motor e o efeito de pele do condutor; a estrutura do rotor é totalmente simétrica; a posição espacial do enrolamento trifásico do estator é escalonada por um ângulo eléctrico de 120° .
- d) O circuito magnético de cada elemento do sistema de potência é insaturado, ou seja, o valor de reactância do equipamento eléctrico com o núcleo de ferro não se alterará como a corrente.

- e) Todas as fontes de energia no sistema de energia devem funcionar com a carga nominal.
- f) Os geradores síncronos estão equipados com o sistema de excitação automática (incluindo a excitação forçada).
- g) O curto-circuito ocorre no momento em que a corrente de curto-circuito atinge o valor máximo.
- h) A impedância do arco do ponto de curto-circuito e a corrente de excitação do transformador não são consideradas.

7 Selecção do transformador principal

7.1 Requisitos gerais

7.1.1 A capacidade do transformador principal deve ser superior à capacidade de geração do gerador ligado. Quando restringidos pelas condições de transporte, dois transformadores trifásicos com pequena capacidade podem ser seleccionados e utilizados em paralelo.

7.1.2 O transformador de poupança de energia deve ser adoptado.

7.1.3 O transformador padrão deve ser adoptado.

7.1.4 Sob a circunstância de que dois tipos de alta tensão são utilizados para transmitir electricidade à rede, se a capacidade de transmissão do lado de tensão média for superior a 20% da capacidade do transformador principal, poderá ser adoptado um transformador de três bobinas ou um transformador automático; se um dos dois tipos de tensão for neutro e não estiver directamente ligado à massa, deverá ser seleccionado um transformador de três bobinas.

7.1.5 O tipo de transformador principal deve ser compatível com o ambiente operacional externo. O transformador completamente submerso em óleo não deve ser recomendado se a temperatura ambiente sofrer grandes alterações.

7.1.6 O funcionamento em paralelo dos transformadores deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A ligação da bobina é a mesma?
- b) A tensão nominal das bobinas primária e secundária são as mesmas (com a mesma relação de transformação);
- c) A tensão de impedância é a mesma.

7.2 Seleção de parâmetros

7.2.1 A seleção da tensão de impedância deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Em geral, a tensão de impedância dos transformadores comuns de duas bobinas pode ser seleccionada de acordo com o valor especificado na norma.
- b) A relação posicional entre a tensão máxima de impedância do transformador de três bobinas e o transformador automático de tensão alta/média/baixa deve ser considerada de forma exaustiva.

7.2.2 A seleção do modo de regulação de tensão e da tomada de tensão do transformador principal deve basear-se nos requisitos do projecto do sistema de ligação da estação de energia para o transformador. A tensão lateral de tensão baixa do transformador principal sob o modo de regulação de tensão fora de carga da central de energia hidroeléctrica deve ser igual à tensão nominal do gerador. A tensão da bobina de tensão alta/média do transformador deve ser de 110% da tensão nominal do equipamento de suporte de corrente, e deve estar equipada com tomadas de $\pm 4 \times 2,5\%$. A regulação de tensão em carga deve ser fornecida com tomadas de $\pm 8 \times 1,25\%$.

7.2.3 O grupo de ligação do transformador auxiliar de retorno de 35(33) kV e superior deve ser seleccionado como da seguinte maneira:

- a) O transformador de potência trifásico de duas bobinas é YNd11 ou Yd11;
- b) O transformador trifásico de potência com três bobinas é o YNYd-12-11.

7.3 Seleção do modo de arrefecimento

Na circunstância de que o limite do aumento de temperatura é satisfeito, o modo de arrefecimento do ar natural submerso em óleo deve ser seleccionado.

8 Seleção de equipamentos eléctricos de alta tensão

8.1 Requisitos gerais

8.1.1 A seleção do equipamento eléctrico de alta tensão deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Os requisitos de funcionamento normal, inspecção, reparação, curto-circuito e sobretensão devem ser cumpridos.
- b) O equipamento deve satisfazer os requisitos das condições ambientais locais.

- c) O equipamento deve ser tecnicamente avançado e economicamente razoável, e deve ser de fácil manutenção.
- d) Os tipos de equipamento semelhante devem ser minimizados.

8.1.2 A seleção do equipamento eléctrico de alta tensão deve ser feita de acordo com os seguintes requisitos:

- a) O equipamento eléctrico de alta tensão pode ser seleccionado de acordo com os itens indicados na Tabela 3.

Tabela 3 Itens para seleção de equipamentos eléctricos de alta tensão

N.º	Item	Tensão nominal (kV)	Tensão nominal (A)	Capacidade nominal (kVA)	Corrente nominal de corte (kA)	Estabilidade da corrente de curto-circuito	
						Estabilidade térmica	Estabilidade dinâmica
1	Disjuntor	√	√		√	√	√
2	Interruptor isolador	√	√			√	√
3	Transformador de corrente	√	√			√	√
4	Transformador de tensão	√					
5	Fusível	√	√		√		
6	Interruptor de carga	√	√			√	√
7	Reactor de limitação de corrente	√	√			√	√
8	Bobina de supressão de arco	√	√	√			
9	Suporte isolante	√					√
10	Bucha de parede	√	√			√	√

- b) A temperatura ambiente na posição de instalação do equipamento eléctrico pode ser seleccionada de acordo com a Tabela 4. Quando a temperatura ambiente na posição de instalação for superior a + 40 °C (limite máximo +60 °C), a corrente nominal deve ser reduzida em 1,8% para cada 1 °C que a temperatura aumente.

Tabela 4 Temperatura ambiente para selecção do equipamento eléctrico

Local da instalação	Temperatura ambiente máxima(°C)	Temperatura ambiente mínima (°C)
Ao ar livre	Temperatura máxima anual	Temperatura mínima anual
Reactor interior	Temperatura máxima de ventilação de acordo com o projecto de ventilação	
Outros (interior)	Temperatura do projecto de ventilação, ou temperatura média máxima no mês mais quente mais 5 °C	

8.2 Seleção do disjuntor de alta tensão

8.2.1 Os parâmetros do disjuntor devem ser seleccionados de acordo com os itens indicados na Tabela 5.

Tabela 5 Fórmulas de cálculo para a seleção do disjuntor

N.º	Base de seleção	Fórmula do cálculo	Unidade	Legenda
1	Tensão de funcionamento	$U_{m\grave{a}x} \geq U_g$	V	$U_{m\grave{a}x}$: Tensão máxima de funcionamento admissível do disjuntor; U_g : Tensão máxima de funcionamento do circuito.
2	Corrente de funcionamento	$I_n \geq I_g$	A	I_n : Corrente de funcionamento permissível de longo-prazo do disjuntor; I_g : Corrente contínua de funcionamento do circuito.
3	Corrente de corte	$I_{dn} \geq I_{dt}$	kA	I_{dn} : Corrente nominal de corte do disjuntor; I_{dt} : Corrente de curto-circuito do circuito em t segundo(s) (em geral, o valor t deve ser o tempo real de corte dos disjuntores, ou seja, a soma do tempo de acção da protecção do relé e o tempo inerente de corte do disjuntor).
4	Corrente de pico	$i_{Gn} \geq i_{ch}$	kA	i_{Gn} : Valor de pico da corrente nominal de fecho do disjuntor; i_{ch} : Valor de pico da corrente de impacto de curto-circuito do circuito.
5	Verificado com base na estabilidade térmica	$Q_t \geq Q_{dt}$ $Q_t = I_t^2 \cdot t$	kA ² · s	Q_t : Efeito térmico admissível do disjuntor; Q_{dt} : Efeito térmico da corrente de curto-circuito do circuito em t segundo(s); I_t : Corrente de estabilidade térmica do disjuntor; t : Tempo de acção da corrente de estabilidade térmica.
6	Verificado com base na estabilidade dinâmica	$i_{gf} \geq i_{ch}$	kA	i_{gf} : Valor de pico da limitação de corrente do disjuntor.

8.2.2 A selecção do tipo de disjuntor deve cumprir os seguintes requisitos:

- 8) O disjuntor de vácuo ou Hexa-Fluoreto de Enxofre (SF₆) pode ser seleccionado para o circuito de 3 kV ou superior.
- b) Quando o disjuntor de vácuo é seleccionado como disjuntor do gerador, deve estar equipado com o dispositivo de protecção contra sobretensão ou absorvedor de capacidade de resistência.
 - c) Quando a tensão de saída do gerador é de 400 V, o disjuntor de ar pode ser adoptado como disjuntor do gerador.

8.3 Selecção do interruptor isolador

8.3.1 Os parâmetros do interruptor isolador devem ser seleccionados de acordo com os itens indicados na Tabela 6.

Tabela 6 Fórmulas de cálculo para a selecção do interruptor isolador

N.º	Base de selecção	Fórmula do cálculo	Unidade	Legenda
1	Tensão de funcionamento	$U_{\text{máx}} \geq U_g$	V	$U_{\text{máx}}$: Tensão máxima de funcionamento admissível do interruptor isolador; U_g : Tensão máxima de funcionamento do circuito.
2	Corrente de funcionamento	$I_n \geq I_g$	A	I_n : Corrente de funcionamento permissível de longo-prazo do interruptor isolador; I_g : Corrente contínua de funcionamento do circuito.
3	Verificado com base na estabilidade térmica	$Q_t \geq Q_{dt}$ $Q_t = I_t^2 \cdot t$	kA ² · s	Q_t : Efeito térmico admissível do interruptor isolador; Q_{dt} : Efeito térmico da corrente de curto-circuito do circuito em t segundo(s); I_t : Corrente de estabilidade térmica do interruptor isolador; t : Tempo de acção da corrente de estabilidade térmica.
4	Verificado com base na estabilidade dinâmica	$i_{gf} \geq i_{ch}$	kA	i_{gf} : Valor de pico da limitação de corrente do interruptor isolador. i_{ch} : Valor de pico da corrente de impacto de curto-circuito do circuito.

8.3.2 A selecção do tipo de interruptor isolador deve cumprir os seguintes requisitos:

- O tipo de interruptor isolador deve ser determinado por comparação exaustiva em função do local de instalação, das condições ambientais, do tipo de dispositivo de distribuição de energia e dos requisitos de disposição.
- Quanto ao interruptor isolador para tensões de 35(33) kV ou superiores necessárias para operação remota deve ser operado por mecanismo de controlo eléctrico e deve ser equipado com mecanismo de controlo manual.

8.4 Selecção do transformador de corrente e do transformador de tensão

8.4.1 A selecção e o cálculo do transformador de corrente devem cumprir os requisitos da Tabela 7.

Tabela 7 Fórmulas de cálculo para a selecção do transformador de corrente

N.º	Base de selecção	Fórmula do cálculo	Unidade	Legenda
1	Tensão de funcionamento	$U_{\max} \geq U_g$	V	U_{\max} : Máxima tensão de operação admissível do transformador de corrente; U_g : Tensão máxima de funcionamento do circuito.
2	Corrente de funcionamento	$I_{n1} \geq I_g$	A	I_{n1} : Corrente nominal da bobina primária do transformador de corrente; I_g : Corrente contínua de funcionamento do circuito.
3	Verificado com base na estabilidade térmica	$K_t \geq \frac{I_t}{I_{n1}}$ que também pode ser escrito como: $K_t \geq \sqrt{\frac{Q_{dt}}{I_{n1}}} \times 10^3$		K_t : Corrente de estabilidade térmica do transformador de corrente; I_t : Corrente de estabilidade térmica do transformador de corrente (normalmente expressa em 1 segundo); Q_{dt} : Efeito térmico causado pela corrente de curto-circuito (kA^2 - s).
4	Verificado com base na estabilidade dinâmica	$i_{gf} \geq i_{ch}$ ou $K_d \geq \frac{i_{ch}}{\sqrt{2} I_{n1}} \times 10^3$	kA	i_{gf} : Valor de pico da corrente limite do transformador de corrente; i_{ch} : Valor de pico da corrente de impacto de curto-circuito do circuito; K_d : Múltiplos da corrente dinâmica.
5	O transformador de corrente também deve ser seleccionado e verificado de acordo com os diferentes requisitos de protecção e medição, e a carga secundária, nível de precisão e múltiplo de 10%.			

8.4.2 A selecção do transformador de tensão deve cumprir com os seguintes requisitos:

a) Selecção do tipo de transformador de tensão:

- 1) O transformador de tensão eletromagnética com isolamento sólido ou invólucro de plástico deve ser seleccionado para dispositivos de distribuição interna em ou abaixo de 1 kV;
- 2) Para dispositivos de distribuição interior de 35(33) kV, o transformador de tensão electromagnética com isolamento sólido deve ser seleccionado. Para dispositivos de distribuição externa de 35(33) kV, deve ser seleccionado o transformador de tensão electromagnética com isolamento sólido ou isolamento submerso em óleo que seja adequado para o ambiente externo;
- 3) Para dispositivos de distribuição exterior de 66 kV, o transformador de tensão electromagnética com isolamento imerso em óleo deve ser seleccionado;
- 4) Para sistema de 110(132) kV, o condensador ou o transformador de tensão electromagnético pode ser seleccionado;

b) Selecção dos parâmetros do transformador de tensão:

- 1) A tensão nominal primária do transformador de tensão deve ser determinada pela tensão nominal do sistema utilizado;
- 2) A tensão nominal secundária do transformador de tensão deve ser seleccionada de acordo com a aplicação do transformador: quanto ao transformador monofásico utilizado para a ligação das linhas do sistema trifásico, a sua tensão nominal secundária deve ser a tensão de linha; quanto ao transformador monofásico utilizado para a ligação entre uma fase do sistema trifásico e a terra, a sua tensão nominal secundária deve ser a tensão de fase; a tensão nominal secundária do enrolamento da tensão residual do transformador de tensão deve ser a tensão de linha quando o ponto neutro do sistema estiver efectivamente ligado à terra, e deve ser a tensão de linha dividida por 3 quando o ponto neutro do sistema não estiver efectivamente ligado à terra;
- 3) A quantidade, capacidade e nível de precisão dos enrolamentos secundários do transformador de tensão devem cumprir os requisitos de medição, protecção e dispositivos síncronos e automáticos.

8.5 Selecção do interruptor de carga de alta tensão e do fusível de alta tensão

8.5.1 O interruptor de carga de alta tensão deve ser seleccionado com base nos itens indicados na Tabela 8.

Tabela 8 Fórmulas de cálculo para a selecção do interruptor de carga de alta voltagem

N.º	Base de selecção	Fórmula de cálculo	Unidade	Legenda
1	Tensão de funcionamento	$U_n \geq U_g$	kV	U_n : Tensão nominal do interruptor de carga; U_g : Tensão máxima de funcionamento do circuito.
2	Corrente de funcionamento	$I_n \geq I_g$	A	I_n : Corrente nominal do interruptor de carga de alta tensão; I_g : Corrente contínua de funcionamento do circuito.
3	Corrente de corte	$I_{dn} \geq I$	kA	I_{dn} : Corrente máxima de corte do interruptor de carga de alta tensão; I : Corrente máxima de sobrecarga do circuito em curto espaço de tempo.
4	Verificado com base na estabilidade térmica	$Q_t \geq Q_{dt}$	$\text{kA}^2 \cdot \text{s}$	Q_{dt} : Efeito térmico causado pela corrente de curto-circuito ($\text{kA}^2 \cdot \text{s}$); Q_t : Efeito térmico admissível do interruptor de carga.
5	Verificado com base na estabilidade térmica	$i_{gf} \geq i_{ch}$	kA	i_{gf} : Valor de pico da corrente limite do interruptor de carga; i_{ch} : Valor de pico da corrente de impacto de curto-circuito do circuito.

8.5.2 O fusível de alta tensão deve ser seleccionado de acordo com os itens indicados na Tabela 9.

Tabela 9 Fórmulas de cálculo para a selecção do fusível de alta tensão

N.º	Base de selecção	Fórmula de cálculo	Unidade	Legenda
1	Tensão de funcionamento	$U_{\max} \geq U_g$	kV	U_{\max} : Tensão máxima de operação admissível do equipamento; U_g : Tensão de funcionamento do circuito.
2	Corrente de funcionamento	$I_n \geq I_{nj} \geq I_g$	A	I_n : Corrente nominal do fusível; I_{nj} : Corrente nominal de fusão; I_g : Corrente contínua de funcionamento do circuito.
3	Capacidade de corte	$S_{dn} \geq S_d$ ou $I_{dn} \geq I_d$		S_{dn} : Capacidade nominal de corte do fusível (MVA); S_d : Capacidade de curto-circuito de zero segundo (MVA); I_{dn} : Corrente nominal de corte do fusível (kA); I_d : Corrente transitória secundária do curto-circuito (kA).
4	Características de protecção	<p>1) Para o fusível de alta tensão utilizado para proteger o transformador de potência, a corrente nominal de fusão pode ser seleccionada com a seguinte fórmula:</p> $I_{nj} = K_{st} I_n$ <p>(coeficiente K_{st}: Quando o arranque automático do motor não é considerado, o valor deve ser de 1,1 a 1,3; quando o arranque automático é considerado, o valor deve ser de 1,5 a 2,0; I_n é a corrente nominal do lado de alta tensão do transformador) ;</p> <p>2) Para o fusível usado para proteger o condensador, a corrente nominal de fusão pode ser seleccionada por meio da seguinte fórmula:</p> $I_{nj} = K_{inc} I_n$ (coeficiente K_{inc} : Quanto ao fusível de alta tensão do tipo descida, o valor deve ser de 1,2 a 1,3; quanto ao fusível de alta tensão do tipo limitação de corrente, quando existe um condensador de potência, o valor deve ser definido como 1,5 a 2,0; quando existe um grupo de condensadores de potência, o valor deve ser definido como 1,3 a 1,8; I_n é a corrente nominal do circuito do condensador de potência).		

8.6 Selecção do comutador de alta tensão completo

O comutador de alta tensão completo deve ser seleccionado com base nos parâmetros indicados na Tabela 10.

Tabela 10 Parâmetros de desempenho do comutador de alta tensão completo

N.º	Nome	Parâmetro de desempenho	Observações
1	Tipo	Tipo móvel, tipo fixo	
2	Tensão Nominal	3,6, 7,2, 12, 40,5 kV	
3	Corrente nominal	630, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 e 5000 A	
4	Frequência nominal	60 Hz, 50 Hz	

Tabela 10 (continuação)

N.º	Nome	Parâmetro de desempenho	Observações
5	Nível nominal de isolamento	A determinar de acordo com as normas relevantes	
6	Corrente nominal de corte de curto-circuito	16, 20, 25, 31,5, 40, 50, 63 kA	
7	Corrente nominal de fecho de curto-circuito (valor de pico)	2,5 vezes a correspondente corrente nominal de corte de curto-circuito	
8	Corrente de resistência de curta duração nominal	16, 20, 25, 31,5, 40, 50, 63 kA	
9	Corrente de resistência nominal	2,5 vezes a corrente nominal de curta duração correspondente	
10	Duração do curto-circuito nominal	A duração nominal do curto-circuito é de 4 s. Quanto ao armário de distribuição de alta tensão equipado com o interruptor de carga, a duração nominal do curto-circuito pode ser definida como 2 s ou 4 s, de acordo com os requisitos do utilizador.	
11	Tensão nominal da bobina de corte/fecho e do circuito auxiliar	Tensão padrão, como por exemplo: CC: 110 V, 220 V; CA: 220 V, 380 V	

8.7 Selecção e instalação do cabo

8.7.1 O cabo de alimentação deve ser um cabo retardador de chamas. O cabo de alimentação de alta tensão deve ser isolado com polietileno retardador de chamas. O cabo blindado retardador de chamas deve ser usado em locais vulneráveis a danos mecânicos. O cabo de controlo deve ser feito de cabo retardador de chamas de plástico com núcleo de cobre. Se existir a exigência de interferência anti-electromagnética, o cabo retardador de chamas blindado deve ser seleccionado.

8.7.2 O cabo de alimentação e o cabo de controlo devem ser colocados separadamente. Quando são dispostos no mesmo lado ou no mesmo tabuleiro de cabos (ou ponte), o cabo de controlo deve ser colocado abaixo do cabo de alimentação.

8.7.3 A profundidade do cabo enterrado não deve ser inferior a 700 mm. Quando a espessura da camada de solo congelado exceder 700 mm, devem ser tomadas medidas para evitar que o cabo fique danificado.

8.7.4 Os furos nas extremidades superior e inferior do veio do cabo e na parede, armário e piso onde os cabos atravessam devem ser vedados com material não inflamável.

9 Protecção contra sobretensão e ligação à massa

9.1 Protecção contra sobretensão

9.1.1 A protecção directa contra sobretensão causada por relâmpagos das centrais de energia hidroeléctrica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O para-raios ou condutor eléctrico de protecção contra sobretensão causada por relâmpagos directa da central de energia hidroeléctrica deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O alcance da de protecção deve incluir a subestação de distribuição, a casa das máquinas principal/auxiliar e os edifícios adjacentes à casa das máquinas força principal/auxiliar;
 - 2) Em geral, a casa das máquinas principal, a sala de controlo principal e a sala de dispositivos de distribuição de energia da central de energia hidroeléctrica não está equipada com os dispositivos de protecção directa contra relâmpagos. A casa das máquinas principal, a sala de controlo principal e a sala de dispositivos de distribuição de energia na área de relâmpagos fortes devem estar equipadas com os dispositivos de protecção directa contra relâmpagos. O pára-raios instalado para protecção de outros equipamentos não deve ser instalado no telhado da sala de controlo principal separada e da sala de interruptores até 35 kV;
 - 3) O pára-raios instalado na casa das máquinas principal para proteger os outros equipamentos, a faixa de pára-raios instalada no telhado ou o telhado metálico que pode ser utilizado como pára-raios deve ser aplicado ou equipado com o tapete de ligação à massa centralizado, e o ponto de ligação à massa do equipamento deve ser mantido o mais afastado possível do ponto de entrada do fio de ligação à massa dos pára-raios, e o fio de ligação à massa do pára-raios deve ser mantido o mais afastado possível do equipamento eléctrico, e outras medidas de protecção contra escorvo de retorno devem ser aplicadas;
 - 4) A sala de controlo principal com dispositivo de protecção directa contra relâmpagos no telhado, o telhado metálico da sala do dispositivo de distribuição de energia até 35 kV ou a estrutura metálica no telhado, a caixa metálica do equipamento e o revestimento metálico do cabo devem estar todos ligados à terra. As barras de reforço no telhado de betão armado devem ser soldadas numa rede e ligadas à massa. Os telhados não condutores devem ser protegidos por faixas anti-raios, a rede de faixas anti-raios deve ser de 8 m a 10 m e os fios de ligação à massa devem ser colocados a cada 10 m a 20 m, e esses fios de à massa devem ser ligados à rede de á massa principal, e um dispositivo centralizado de ligação à massa deve ser instalado no ponto de ligação.
 - 5) A caixa metálica do equipamento, o revestimento metálico do cabo e os componentes metálicos do edifício no telhado devem ser ligados à massa;
 - 6) O invólucro do equipamento GIS instalado no exterior pode não estar equipado com um dispositivo de protecção directa contra relâmpagos;
 - 7) A protecção contra relâmpagos deve ser utilizada para centrais de energia hidroeléctrica e subestações no vale.
- b) O pára-raios instalado na estrutura ou no telhado deve cumprir os seguintes requisitos:

- 1) O pára-raios deve ser instalado no telhado da estrutura do dispositivo de distribuição com 110 kV ou mais. Na área com resistividade do solo superior a $1\ 000\ \Omega \cdot m$, o pára-raios independente deve ser instalado; caso contrário, devem ser tomadas medidas para reduzir a resistência à massa ou melhorar o isolamento através de cálculos;
 - 2) Quanto a um dispositivo de distribuição de potência de 66 kV, o pára-raios pode ser instalado na estrutura ou no telhado; no entanto, na área onde a resistividade do solo é superior a $500\ \Omega \cdot m$, o pára-raios independente deve ser instalado;
 - 3) Os pára-raios não devem ser instalados na estrutura ou no telhado dos dispositivos de distribuição de alta tensão com 35 kV de tensão ou menos;
 - 4) O pára-raios instalado na estrutura deve ser ligado ao tapete de ligação à massa e deve ser dotado de um dispositivo de ligação à massa centralizado nas proximidades. Na estrutura equipada com pára-raios, a distância do ar entre a parte ligada à massa e a parte com energia não deve ser inferior ao comprimento do fio isolador; no entanto, na área onde o ar está poluído, se houver alguma dificuldade, a distância do ar pode ser determinada com base no comprimento padrão do fio isolador na área onde o ar não está poluído.
- c) O pára-raios independente (condutor) deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) O dispositivo de ligação à massa independente deve ser instalado. Na área onde a resistividade do solo não é alta, a resistência da terra não deve exceder 10 Q. Se existir alguma dificuldade, o dispositivo de ligação à massa pode ser ligado ao tapete de ligação à massa principal, mas o comprimento do ponto de ligação subterrânea entre o pára-raios e o tapete de ligação à massa principal ao longo do corpo de ligação à massa não deve ser inferior a 15 m.
 - 2) O pára-raios independente não deve ser instalado num local por onde os peões passem frequentemente, e a distância entre o pára-raios e o seu dispositivo de ligação à massa e a estrada ou a entrada principal não deve ser inferior a 3 m; caso contrário, devem ser tomadas medidas de equalização de tensão.

9.1.2 A protecção contra a sobretensão da onda de invasão causada por relâmpagos deve cumprir aos seguintes requisitos:

- a) A linha aérea de transmissão de 35(33) kV a 110(132) kV sem pára-raios em toda a linha, o condutor de electricidade deve ser instalado na secção de entrada de 1 km a 2 km da subestação.
- b) Um grupo de pára-raios deve ser instalado no lado do interruptor isolador ou do disjuntor da linha de transmissão de 35(33) kV a 110(132) kV de entrada/saída.
- c) Quanto à linha de entrada do tipo de cabo cuja tensão é de 35 (33) kV ou mais, o pára-raios deve ser instalado na ligação entre o cabo com secção de entrada de 35 (33) kV e acima da linha aérea, e sua extremidade ligada à massa deve ser ligada com o revestimento metálico do cabo.

- d) As configurações do pára-raios no dispositivo aberto de distribuição de energia de alta tensão de 35(33) kV e acima das centrais de energia hidroeléctrica com linhas aéreas de entrada/saída devem cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Cada grupo do barramento deve estar equipado com o pára-raios. Todos os pára-raios devem ser ligados ao tapete de ligação à massa principal da central com o fio de ligação à massa mais curto, e o dispositivo centralizado de ligação à massa deve ser instalado nas proximidades;
 - 2) Os postes e torres de circuito duplo são utilizados para a linha aérea de entrada/saída, que pode ser atingida por um raio simultaneamente. Quando a distância eléctrica máxima entre o pára-raios e o transformador for determinada, as linhas devem ser consideradas como um circuito; e é aconselhável evitar desligar um circuito durante trovoadas.
- e) Quanto ao transformador com pontos neutros não ligados à massa no sistema de ligação à massa efectivo, se o ponto neutro for classificado como isolado e não for providenciada nenhuma distância de protecção, um pára-raios de óxido metálico neutro deve ser instalado no ponto neutro. Quanto ao transformador no sistema de ligação à massa que tem alta resistência e para o qual o ponto neutro não está aterrado e a bobina de supressão de arco está ligada à massa, o seu ponto neutro deve estar equipado com o pára-raios de óxido metálico.
- f) Quanto ao transformador automático de três enrolamentos ligado à linha aérea, se o enrolamento de baixa tensão do transformador (incluindo o transformador de três enrolamentos ligado a dois motores) puder funcionar no estado de circuito aberto e o transformador de dois enrolamentos da central de energia hidroeléctrica enviar a electricidade de serviço da estação no sentido inverso pelo lado de alta tensão quando o gerador estiver desligado, então o pára-raios deve ser instalado na linha de saída do enrolamento de baixa tensão do transformador; no entanto, se esse enrolamento for ligado ao cabo metálico de pele cujo comprimento não seja inferior a 25 m, o pára-raios poderá ser omitido.
- g) A protecção contra sobretensão da onda de invasão causada por relâmpagos da subestação do comutador de alta tensão isolado com gás (GIS) deve cumprir os seguintes requisitos:
- 1) Quanto à subestação GIS sem segmento de cabo na linha de entrada, o pára-raios de óxido metálico deve ser instalado no ponto de ligação entre os tubos GIS e a linha aérea, e sua extremidade ligada à massa deve ser ligada com o revestimento metálico do tubo;
 - 2) Quanto à subestação GIS com segmentos de cabo na linha de entrada, o pára-raios de óxido metálico deve ser instalado no ponto de ligação entre os segmentos de cabo e a linha aérea, e a sua extremidade ligada à massa deve ser ligada com o revestimento metálico do cabo. Quanto ao cabo de três núcleos, o revestimento metálico na sua extremidade deve ser ligado ao revestimento metálico do tubo GIS e ligado à massa; o cabo de núcleo único deve ser ligado à massa pelo protector do cabo de óxido metálico;

- 3) Quer o pára-raios de óxido metálico seja instalado ou não na subestação GIS do cabo com todo o comprimento da linha de entrada deve ser determinado verificando de acordo com a possibilidade de uma onda de sobretensão causada por relâmpagos que invade a outra extremidade do cabo.

9.2 Ligação à massa

9.2.1 A resistência à terra deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A resistência da ligação à massa efectiva deve cumprir os seguintes requisitos:

$$R \leq 2\,000/I \quad \dots\dots\dots (1)$$

onde

R é a máxima resistência da ligação à massa tendo em conta a mudança sazonal, em Ω;
I é a corrente máxima de entrada da ligação à massa que passa pelo dispositivo de ligação à massa utilizado para o cálculo, em A (valor efetivo).

- b) A resistência da terra da ligação à massa que não está directamente ligada à massa deve cumprir os seguintes requisitos:

$$R \leq 120/I \quad \dots\dots\dots (2)$$

A resistência da massa R não deve exceder 4 Q.

9.2.2 As medidas para reduzir a resistência à massa devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) A central de energia hidroeléctrica pode ser equipada com dispositivos de ligação à massa manual subaquático, de modo a reduzir a resistência à massa. Por exemplo: a ser instalado no reservatório de água, a ensecadeira a montante, túnel de desvio da construção, canal de águas a jusante, rio a jusante ou fonte de água de baixa resistividade próxima. Tal dispositivo deve ser instalado nas áreas abaixo do nível mínimo de água no reservatório de água ou no sistema de desvio.
- b) Quando existe uma área de baixa resistividade do solo ou fonte de água disponível perto da central de energia hidroeléctrica, as medidas externas de aterramento podem ser adoptadas para reduzir a resistência à massa.
- c) Quando a resistividade do solo subterrâneo da central da energia hidroeléctrica e suas áreas próximas for baixa ou existe a água subterrânea, quando a resistividade do solo superficial for alta, a ligação à massa de poços profundos pode ser adoptada.
- d) Num local onde o modo de ligação à massa de poços profundos e o modo de ligação à massa externa não podem ser usados, quando a área do tapete de ligação à massa não é muito grande, as medidas de redução manual da resistência podem ser adoptadas à luz das condições no local e da comparação técnica e económica, de modo a reduzir a resistência de ligação à massa. As medidas manuais de redução de resistência incluem o uso do agente de redução de resistência, polo de electrólise e substituição por materiais de baixa resistividade.

9.2.3 O dispositivo de distribuição de energia de alta tensão deve estar equipado com o tapete equalizador de tensão. O projecto para a equalização da tensão deve cumprir aos seguintes requisitos:

- a) A borda externa do tapete equalizador de tensão deve estar fechado, cada ângulo da borda externa deve ter a forma de um arco, e o raio desse arco não deve ser inferior a metade do intervalo entre as faixas equalizadoras de tensão. A faixa equalizadora horizontal deve ser colocada no tapete equalizadora de tensão, e a profundidade de enterramento deve ser de 0,6 m a 0,8 m;
- b) A diferença de potencial de contacto interno e a diferença de potencial de fase externo devem ser pressupostas como padrão de segurança no projecto do tapete equalizador de tensão. Os valores admissíveis da diferença de potencial de contacto e a diferença de potencial de fase são especificados como se segue:
 - 1) No sistema de corrente de curto-circuito ligado à massa eficaz, quando qualquer falha monofásica de ligação ligação à massa ou falha bifásica de ligação ligação à massa do mesmo ponto ocorre na rede eléctrica, a diferença de potencial de contacto e a diferença de potencial de etapa gerada não deve exceder os seguintes valores:

$$E_j = \frac{174 + 0.17\rho_b}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots (3)$$

$$E_k = \frac{174 + 0.17\rho_b}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots (4)$$

onde

E_j é o valor permitido para a diferença de potencial de contacto, em V;

E_k é o valor permitido para a diferença de potencial da etapa, em V;

ρ_b é a resistividade do solo da superfície onde a pessoa se encontra, em $\Omega \cdot m$;

t é a duração da falha de curto-circuito de ligação à massa, que deve ser igual à duração da falha de ligação à massa utilizada na verificação da estabilidade térmica do dispositivo de ligação à massa, em s.

- 2) No sistema de corrente de curto-circuito sem ligação à massa directa, quando ocorrer qualquer falha de ligação à massa monofásica, a diferença de potencial de contacto e a diferença de potencial de etapa do dispositivo de ligação à massa do equipamento de potência não deve exceder os seguintes valores:

$$E_j = 50 + 0.05\rho_b \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$E_k = 50 + 0.2\rho_b \quad \dots\dots\dots (6)$$

9.2.4 O dispositivo de ligação à massa deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O tapete de ligação à massa deve ser ligado por, pelo menos, duas linhas principais de ligação à massa para formar o sistema de ligação à massa de todo o projecto. As linhas principais de ligação à massa devem estar afastadas umas das outras, e as linhas principais de ligação à massa devem ser de aço plano com secção transversal não inferior a 50 mm x 6 mm ou aço redondo com diâmetro não inferior a 20 mm.
- b) Os condutores de ligação à massa naturais que podem ser usados para ligação à massa incluem:
 - 1) Barra de reforço na camada superficial do betão armado da estrutura hidráulica em contacto com a água ou o solo húmido;
 - 2) Revestimento metálico da conduta forçada, canal de águas a jusante e tubo de águas a jusante;
 - 3) Estruturas hidro-mecânicas de várias comportas ou suportes de lixo;
 - 4) Pilar metálico ou gaiola de reforço do edifício;
 - 5) Tubo de aço de abastecimento de água enterrado no subsolo;
 - 6) Tubo de poço metálico.
- c) O corpo horizontal de ligação à massa pode ser de aço redondo ou de aço plano; o corpo vertical de ligação à massa pode ser de aço angular, de aço redondo ou de tubo de aço. O comprimento do corpo vertical de ligação à massa deve ser de 2,5 m a 3,0 m, e a profundidade de enterramento deve ser de 0,6 m a 0,8 m.
- d) A ligação entre a linha de ligação à massa e o corpo de ligação à massa deve ser soldada; a ligação entre a linha de ligação à massa e o equipamento eléctrico pode ser aparafusada ou soldada.
- e) O ponto neutro do transformador principal ou gerador ligado directamente à massa ou de ligado à massa pela bobina de supressão de arco deve ser ligado ao corpo de ligação à massa ou à linha de ligação à massa principal, e o fio de ligação à massa separado deve ser utilizado. Quando o ponto neutro do transformador for ligado à massa, devem existir dois fios de ligação à massa ligados com as diferentes linhas principais do tapete de ligação à massa principal.
- f) Cada porção do equipamento eléctrico ligada à massa deve ser ligada à linha de ligação à massa principal através de um fio de ligação à massa separado, e é proibido ligar várias porções à mesma linha de ligação à massa.

- g) A ligação das barras de reforço em betão utilizados como corpo de ligação à massa deve ser soldada e soldada num só no ponto da secção.
- h) A área seccional da linha de ligação à massa do aço deve cumprir os requisitos de capacidade de transporte de corrente, estabilidade térmica durante o período de corte automático em curto-circuito e equalização de tensão, e não deve ser inferior às especificações indicadas na Tabela 11.

Tabela 11 Especificações mínimas para o corpo de ligação à massa do aço e a linha de ligação à massa

Tipo	Especificação	À superfície		Subterrâneo
		Interior	Ao ar livre	
Aço redondo	Diâmetro (mm)	8	10	12
Aço plano	Secção transversal (mm ²)	75	100	120
	Espessura (mm)	3	4	4
Aço angular	Espessura (mm)	2,5	3	4
Tubo de aço	Espessura da parede (mm)	2,5	3	4

10 Sistema de iluminação

10.1 A fonte de alimentação para iluminação de trabalho e iluminação de emergência da central deve ser montada separadamente. A iluminação de trabalho deve ser fornecida pelo sistema de energia de serviço da estação. A iluminação de emergência pode ser alimentada por um conjunto de baterias quando toda a energia CA se esgotar.

10.2 As instalações e passagens principais onde o trabalho deve prosseguir após o corte da iluminação de trabalho devem estar equipadas com iluminação de emergência independente. Para a instalação do comutador de alta tensão no exterior, a iluminação de emergência não é necessária.

11 A disposição do equipamento eléctrico principal dentro e fora da estação de energia

11.1 O transformador principal e a subestação de distribuição do interruptor devem estar perto da casa das máquinas. Quando a subestação de distribuição e o transformador principal estão dispostos separadamente, o transformador principal deve ser instalado perto da sala de instalação do comutador de alta tensão do gerador.

11.2 A instalação do comutador de alta tensão com 6 kV a 35 kV pode ser disposta no interior com um comutador de alta tensão completo, ou no exterior. A instalação do comutador de alta tensão com 66 kV ou mais, de preferência ao ar livre. No entanto, na área poluída, ou se as condições do terreno forem restritas, também podem ser adoptados comutador de alta tensão montados fechados.

11.3 A sala de controlo central deve ser configurada de acordo com o modo de controlo automático da estação de energia. A área da sala de controlo central deve ser determinada em função da quantidade, dos requisitos de disposição e do modo de disposição dos painéis de controlo.

12 Equipamentos de transmissão e equipamentos automáticos de segurança

12.1 Requisitos gerais

12.1.1 O dispositivo de protecção do relé deve cumprir os requisitos de fiabilidade, selectividade, sensibilidade e acção rápida. O coeficiente mínimo de sensibilidade da protecção de transmissão deve cumprir o disposto na Tabela 12.

12.1.2 A selecção e configuração da protecção do relé deve cumprir os requisitos da ligação eléctrica principal da central, e tendo em consideração a flexibilidade operacional da rede e da central eléctrica.

12.1.3 O dispositivo de protecção do relé deve ser colocado em operação em sincronia com o equipamento protegido da estação de energia.

12.1.4 O equipamento eléctrico e as linhas de transmissão devem estar equipados com dispositivos principais de protecção e protecção de reserva.

Tabela 12 Coeficiente mínimo de sensibilidade da protecção do relé

Categoria de protecção	Tipo de protecção	Componente	Coeficiente de sensibilidade	Observações
Protecção principal	Protecção diferencial longitudinal para gerador e transformador	Corrente inicial do elemento da corrente do diferencial	1,5	—
	Protecção contra corte rápido de corrente para o gerador, transformador e linhas	Elemento actual	1,5	Calculado como curto-circuito na posição de instalação da protecção
	Protecção do diferencial de corrente completa para barramento	Corrente inicial do elemento da corrente do diferencial	1,5	—
	Protecção do diferencial de corrente incompleta para barramento	Corrente do elemento do diferencial	1,5	—

Tabela 12 (continuação)

Categoria de protecção	Tipo de protecção	Componente	Coefficiente de sensibilidade	Observações
Protecção de reserva	Protecção remota de reserva	Elementos de corrente, tensão e impedância	1.2	Calculado como curto-circuito no equipamento eléctrico adjacente e no final da linha (a corrente de curto-circuito deve ser mais de 1,5 vezes a corrente de operação exacta do elemento de impedância), enquanto a acção do relé pode ser considerada.
		Elemento direccional de sequência zero ou de sequência negativa	1,5	
	Protecção quase de reserva	Elementos de corrente, tensão e impedância	1.3	Calculado com base no curto-circuito no final da linha
		Elemento direccional de sequência negativa ou de sequência zero	2	
Protecção auxiliar	Protecção contra corte rápido de corrente		1.2	Calculado com base no curto-circuito na posição de instalação da protecção em modo de funcionamento normal

12.1.5 O transformador de corrente equipado com vários dispositivos de protecção deve cumprir os requisitos de eliminação das zonas mortas de protecção e redução do impacto causado pelas avarias do transformador de corrente.

12.1.6 Se a interrupção do circuito secundário do transformador de tensão causar um mau funcionamento do dispositivo de protecção, o dispositivo de bloqueio da linha cortada deve ser instalado de modo a dar o sinal de aviso. Se o corte do circuito secundário não conduzir a um mau funcionamento do dispositivo de protecção, só pode ser instalado o dispositivo de sinal de corte do circuito de tensão.

12.1.7 O dispositivo de restabelecimento automático deve ser instalado em circuitos de 10 kV e superior de tensão equipados com disjuntores; quando ocorrer alimentação no lado oposto, a linha deve ser equipada com o dispositivo de sincronização ou sem verificação de tensão do dispositivo de restabelecimento automático.

12.1.8 A estação de energia com dois ou mais transformadores de serviço de estação deve estar equipada com o dispositivo de entrada automática para a fonte de energia de serviço de reserva da estação.

12.2 Protecção do gerador

12.2.1 A protecção do gerador deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O gerador deve estar equipado com a protecção correspondente para as seguintes falhas e operações anormais:
- 1) Curto-circuito interno fase a fase do enrolamento do estator;
 - 2) Ligação à massa do enrolamento do estator;
 - 3) Curto-circuito externo fase a fase do gerador;
 - 4) Sobretensão do enrolamento do estator;
 - 5) Sobrecarga do enrolamento do estator;
 - 6) Sobrecarga do enrolamento do campo;
 - 7) Ligação à massa de um ponto do circuito de excitação;
 - 8) Redução anormal ou perda da corrente de excitação;
 - 9) Desconexão do sistema durante a operação de regulação de fase;
 - 10) Potência reversa do gerador;
 - 11) Frequência anormal ;
 - 12) Outras avarias e operações anormais.
- b) A protecção do gerador deve, em função da natureza do problema ou do modo de operação anormal, respectivamente, agir:
- 1) Paragem: cortar o disjuntor do gerador, descarregar o campo e fechar a lâmina-guia;
 - 2) Desconexão e desexcitação: cortar o disjuntor do gerador, descarregar o campo e fechar a lâmina-guia para a posição de descarga;
 - 3) Desconexão: cortar o disjuntor para o gerador e fechar a lâmina-guia para a posição de descarga;

- 4) Redução da saída: reduzir a saída da turbina a um valor especificado;
- 5) Redução do alcance de impacto do problema: por exemplo, cortar o outro disjuntor pré-determinado;
- 6) Disparo: primeiro fechar a lâmina-guia para a posição de descarga, depois cortar o disjuntor para o gerador e executar a desexcitação;
- 7) Sinal: enviar os sinais sonoros e ópticos.

12.2.2 A protecção de curto-circuito fase a fase para o enrolamento do estator do gerador e os seus cabos de ligação à saída devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) O gerador de 1 MW ou superior deve estar equipado com uma protecção diferencial longitudinal que servirá como protecção principal para o curto-circuito interno fase a fase do enrolamento do estator e dos seus cabos de ligação. A protecção deve conduzir imediatamente à paragem. O gerador com menos de 1 MW deve estar equipado com a protecção de ruptura rápida de corrente que servirá como protecção principal para o curto-circuito interno de fase a fase do enrolamento do estator e seus cabos de ligação. A protecção deve conduzir imediatamente à paragem.
- b) Quando existir um disjuntor entre o gerador e o transformador, o gerador deve ser equipado com uma protecção principal autónoma.
- c) O esquema de ligação trifásica deve ser adoptado para a protecção diferencial longitudinal.

12.2.3 A protecção de falha de ligação à massa monofásica para o enrolamento do estator do gerador deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Devem ser configuradas diferentes protecções de ligação à massa em função do modo de ligação à massa do ponto neutro do gerador e do valor permissível da corrente de ligação à massa do gerador. A corrente admissível da corrente de falha monofásica de ligação à massa do enrolamento do estator do gerador deve ser o valor especificado pelo fabricante. Se um valor especificado não for especificado, os dados indicados na Tabela 13 podem ser utilizados.

Tabela 13 Valor admissível para a corrente de falha de ligação à massa monofásica do enrolamento do estator do gerador da turbina

Tensão nominal do gerador (kV)	Valor admissível da corrente de ligação à massa (A)
6,3	≤ 4
10,5	≤ 3

- b) Quando a corrente de falha de ligação à massa monofásica (sem considerar a função de compensação da bobina de supressão de arco) é superior ao valor permitido, deve ser configurado o dispositivo de protecção monofásico de ligação à massa com selectividade. A protecção deve actuar sobre o sinal com um limite de tempo. No entanto, quando a bobina de supressão de arco interrompe a operação ou a corrente residual é superior ao valor permitido da corrente de ligação à massa por qualquer outro motivo, a protecção deve conduzir à paragem. Quando a corrente de falha de ligação à massa monofásica for inferior ao valor permitido, o dispositivo de monitorização monofásico de ligação à massa pode actuar sobre o sinal, e conduzirá à paragem, se necessário. A fim de verificar se existe uma falha na de à massa antes de ligar o gerador em paralelo com o sistema, o dispositivo de protecção deve poder controlar o valor da tensão de sequência zero no terminal do gerador.
- c) Os diferentes dispositivos monofásicos de protecção de ligação à massa ou o dispositivo de monitorização monofásico de ligação à massa podem ser configurados em função dos diferentes modos de ligação à massa do ponto neutro do gerador.

12.2.4 A protecção quase de reserva para o problema de curto-circuito de fase a fase externa do gerador e a protecção de reserva distante para o problema de curto-circuito de fase a fase do elemento adjacente devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) O gerador não autónomo deve ser equipado com protecção de sobreintensidade iniciada pela tensão combinada (incluindo a tensão de sequência negativa e a tensão de linha). A corrente deve ser adequada para o transformador de corrente do lado neutro do gerador. Caso a sensibilidade não cumpra os requisitos, a protecção de sobreintensidade de sequência negativa pode ser adicionada.
- b) O gerador de auto-derivação deve estar equipado com a protecção de sobreintensidade de baixa tensão com memória de corrente. A corrente deve provir do transformador de corrente do lado do ponto neutro do gerador.
- c) Quando os serviços de protecção para protecção remota de reserva para o elemento adjacente (transformador), a sensibilidade da protecção deve ser verificada de acordo com o curto-circuito fase a fase no final da zona de protecção, e a zona de protecção não deve exceder o alcance da primeira secção de protecção para linhas adjacentes.
- d) Os dispositivos de protecção especificados nos artigos desta secção devem estar equipados com dois limites de tempo. O tempo limite mais curto deve ser usado para reduzir o alcance do impacto da falha, ou actuar para desconexão e desexcitação. O tempo limite mais longo deve ser usado para parar a máquina.
- e) A protecção de reserva para o gerador e a unidade do gerador-transformador operados em paralelo e a protecção para o problema de curto-circuito fase a fase do barramento de ligação devem ter o coeficiente de sensibilidade necessário, que não deve ser inferior ao valor especificado na Tabela 15.

12.2.5 O gerador deve estar equipado com uma protecção de sobretensão, cujo valor de regulação deve ser determinado pelo isolamento do enrolamento do estator. A protecção contra sobretensão deve levar à desconexão e à desexcitação ou paragem.

12.2.6 O gerador deve estar equipado com uma protecção de sobrecarga do enrolamento do estator com acção de limite de tempo sobre o sinal.

12.2.7 O gerador deve estar equipado com o dispositivo de protecção especial para a ligação à massa de um ponto do circuito de excitação. O dispositivo de protecção deve ser capaz de eliminar efectivamente o impacto do componente CC e CA no circuito de excitação. A protecção actuará sobre o sinal com um limite de tempo, o que deve reduzir a carga para uma paragem suave e pode levar ao disparo, se permitido.

12.2.8 O gerador deve estar equipado com uma protecção anti-excitação, que deve actuar quando o sistema é desligado com um limite de tempo.

12.2.9 Quanto à unidade do geradora da turbina em condições de funcionamento com regulação de fase, deve ser prevista a protecção da desconexão do sistema de energia, ou seja, a perda de energia. O dispositivo de protecção pode ser protegido com protecção de baixa frequência, e levará à desconexão com um limite de tempo.

12.2.10 Quanto ao modo de operação anormal em que o gerador é susceptível de funcionar como motor, a protecção de potência inversa deve ser fornecida. A protecção levará à desconexão com um limite de tempo.

12.2.11 O gerador deve estar equipado com uma protecção de frequência anormal. Em condições normais de operação, a protecção de frequência anormal do gerador deve actuar de acordo com o valor de ajustamento do dispositivo reductor de carga de frequência de trovoada da rede eléctrica. A acção desta protecção deve conduzir à desexcitação ou disparo.

12.3 Protecção do transformador principal

12.3.1 A protecção do transformador principal deve cumprir os seguintes requisitos básicos:

- a) Curto-circuito fase a fase do enrolamento e seus cabos de saída, e curto-circuito monofásico de ligação à massa no ponto neutro directamente ou através do lado ligado à massa de pequena reactância;
- b) Sobrecorrente causada por curto-circuito entre fases externas;
- c) Sobrecorrente e sobretensão do ponto neutro causada por curto-circuito externo de ligação à massa no ponto neutro directamente na ligação à massa ou pequena reactância de ligação à massa da rede eléctrica;
- d) Falha de ligação à massa monofásica no lado da ligação à massa não eficaz no ponto neutro;
- e) Curto-circuito intervoltas;
- f) Sobrecarga;
- g) Descida do nível de óleo;

- h) Temperatura alta do óleo do transformador e do enrolamento, alta pressão do tanque e falha do sistema de refrigeração.

12.3.2 A protecção de gás deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O transformador submerso em óleo, o dispositivo de regulação de tensão em carga e a caixa de terminais de cabos de alta tensão integrada no tanque de óleo do transformador devem estar equipados com protecção de gás, que serve como protecção principal para o transformador de enrolamento interfásico, intervoltas, curto-circuito entre camadas, curto-circuito monofásico de ligação à massa no lado directamente ligado à massa do ponto neutro, e curto-circuito interno do dispositivo de regulação de tensão e da caixa de terminais de cabos de alta tensão.
- b) Protecção de gás leve: se o transformador estiver submerso em óleo, o dispositivo de regulação da tensão em carga e a caixa de terminais do cabo de alta tensão não produzirem uma ligeira descida do nível de gás ou óleo, deve actuar imediatamente sobre o sinal de forma instantânea.
- c) Protecção de gás pesado: se uma grande quantidade de gás for gerada no transformador submerso em óleo, no dispositivo de regulação de tensão em carga ou na caixa de terminais de cabo de alta tensão, o disjuntor de cada lado do transformador deve ser desligado instantaneamente.
- d) Devem ser tomadas medidas adequadas de protecção de gás para evitar a falsa operação da protecção de gás causada por uma falha ou vibração do relé de gás.

12.3.3 A protecção principal para a falha de curto-circuito da linha de saída, bucha e interior do transformador deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quanto ao modo de ligação do transformador do gerador, quando existir um disjuntor entre o gerador e o transformador, o transformador deve estar equipado com uma protecção principal separada.
- b) O transformador cuja capacidade não seja inferior a 2 MVA deve estar equipado com uma protecção diferencial de longitude.
- c) A protecção diferencial de longitude deve disparar imediatamente os disjuntores em ambos os lados do transformador.

12.3.4 A protecção de reserva para curto-circuito de fase a fase deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) A protecção de reserva para o curto-circuito fase a fase do transformador deve servir de reserva para a protecção principal do gerador e dos elementos adjacentes (transformador). A protecção deve ser suficientemente sensível para o curto-circuito fase a fase do barramento em ambos os lados do transformador. Quando a protecção serve como reserva remota para a ligação adjacente, a exigência de sensibilidade da protecção pode ser adequadamente reduzida.

- b) A protecção de reserva para curto-circuito fase a fase do transformador deve ser a protecção contra sobreintensidade. Se a protecção de sobreintensidade não cumprir os requisitos de sensibilidade, deve adoptar-se a protecção de sobreintensidade iniciada pela tensão combinada (tensão de sequência negativa e tensão de linha a linha) ou a protecção de corrente combinada (corrente de sequência negativa e protecção de sobreintensidade iniciada pela tensão monofásica). A protecção irá disparar o disjuntor correspondente de forma retardada.
- c) Tendo em conta os diferentes sistemas e alimentação eléctrica para a ligação de cada lado, devem ser configuradas diferentes protecções de reserva para curto-circuito fase a fase do gerador. A protecção deve ser capaz de reflectir a falha entre o transformador de corrente e o disjuntor, e os requisitos devem ser cumpridos da seguinte forma:
- 1) Quanto ao transformador de dois enrolamentos e ao transformador de três enrolamentos com alimentação monofásica, a protecção de reserva para curto-circuito de fase a fase deve ser montada em ambos os lados. A protecção do lado não abastecedor tem dois ou três limites de tempo. Com o primeiro limite de tempo, a protecção cortará o disjuntor de barramento ou de secção deste lado, para reduzir o alcance do impacto do defeito; com o segundo limite de tempo, a protecção cortará o disjuntor deste lado; com o terceiro limite de tempo, a protecção cortará os disjuntores de ambos os lados do transformador. A protecção no lado da fonte de alimentação tem um limite de tempo, e cortará os disjuntores em ambos os lados do transformador.
 - 2) Como para qualquer transformador de dois ou três enrolamentos que tenha alimentação em dois ou três lados, a protecção de reserva para curto-circuito de fase a fase em todos os lados pode ter dois ou três limites de tempo. A protecção de reserva para curto-circuito de fase a fase pode estar equipada com o elemento de direcção, e a direcção deve apontar para o barramento em cada lado, mas a protecção de reserva que cortará os disjuntores em ambos os lados do transformador não deve estar equipada com o elemento de direcção.
 - 3) Se não existir protecção especial de barramento no lado de baixa tensão do transformador, ou se a protecção de reserva para curto-circuito de fase a fase no lado de alta tensão do transformador não for suficientemente sensível para o curto-circuito de fase a fase do lado de baixa tensão, devem ser configuradas duas protecções de reserva para curto-circuito de fase a fase no lado de baixa tensão - idade do transformador. Estas duas protecções de reserva estão ligadas a diferentes transformadores de corrente.
 - 4) Quanto à ligação da unidade de transformador do gerador, nenhuma protecção de reserva para curto-circuito de fase a fase será configurada no lado de baixa tensão do transformador, mas a protecção de reserva para curto-circuito de fase a fase instalada no lado do ponto neutro do gerador deve ser utilizada como protecção de reserva para curto-circuito de fase a fase do transformador e da linha de derivação e fora do lado de alta tensão.

12.3.5 A protecção de reserva da sobreintensidade e sobretensão de ligação à massa monofásica deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Na rede eléctrica onde o ponto neutro é directamente ligado à massa, como um transformador operado por ponto neutro directamente ligado à massa, a protecção de corrente de sequência zero deve ser configurada para a sobreintensidade causada por ligação à massa externa monofásica, e os seguintes requisitos devem ser cumpridos:
- 1) O transformador auxiliar com ponto neutro directamente ligado à massa pode ser fornecido com a protecção de sobreintensidade de sequência zero retardada de duas secções, e dois limites de tempo podem ser definidos para cada secção para reduzir a faixa de impacto do defeito dentro do limite de tempo mais curto, ou para comutar o disjuntor no seu lado; a protecção conduzirá ao disparo dos disjuntores em ambos os lados do transformador por um longo tempo.
 - 2) Para transformador automático e transformador de três enrolamentos cujo ponto neutro no lado de alta/média tensão está directamente ligado à massa, o elemento de direcção deve ser configurado quando existirem requisitos selectivos, e a direcção deve apontar para o barramento de cada lado.
 - 3) A protecção de corrente de sequência zero do transformador normal deve ser ligada ao enrolamento secundário do transformador de corrente na linha de saída a partir do ponto de neutro do transformador, e a protecção de corrente de sequência zero também pode ser ligada ao circuito de sequência zero do transformador de corrente trifásico nos lados de alta/média tensão.
 - 4) A protecção de corrente de sequência zero para o transformador automático deve ser ligada ao circuito de sequência zero do transformador de corrente trifásico nos lados de alta/média tensão.
 - 5) A protecção de sobreintensidade de sequência zero pode ser adicionada ao circuito de ponto neutro do transformador automático.
- b) Na rede eléctrica onde o ponto neutro é directamente ligado à massa, se o ponto neutro do transformador com alimentação no lado de baixa tensão pode operar com ou sem ligação à massa, a sobreintensidade causada pela ligação à massa externa monofásica e o aumento de tensão causado pela perda do ponto neutro ligado à massa devem ser protegidos de acordo com as seguintes disposições:
- 1) A protecção de corrente de sequência zero deve ser configurada para cumprir os requisitos de ligação directa à massa do ponto de neutro do transformador. Além disso, a protecção de sobretensão de sequência zero deve ser criada. Quando a rede eléctrica ligada ao transformador perder o ponto neutro ligado à massa, a protecção de sobretensão de sequência zero conduzirá ao disparo dos disjuntores em ambos os lados do transformador dentro do limite de tempo de 0,3 s a 0,5 s.
 - 2) A abertura de descarga deve ser estabelecida no ponto neutro do transformador. A protecção de corrente de sequência zero deve ser estabelecida, e a protecção de corrente de sequência zero deve ser fornecida para reflectir a tensão de sequência zero e a corrente de descarga da folga. Quando a rede eléctrica é ligada à massa numa única fase e o ponto de neutro aterrado é perdido, a protecção de corrente de sequência zero disparará os disjuntores em ambos os lados do transformador dentro do tempo limite de 0,3 s a 0,5 s.

- c) Na rede eléctrica com ligação à massa de ponto neutro não efectivo, para a protecção de sobretensão de sequência zero deve ser instalado para a sobretensão causada por falha de ligação à massa monofásica dentro do transformador e sua linha de saída.

12.3.6 A protecção contra sobrecarga deve ser instalada de acordo com a sobrecarga potencial real do transformador.

12.3.7 A protecção da temperatura, pressão do tanque de óleo, nível de óleo e sistema de arrefecimento deve cumprir as seguintes disposições:

- a) A protecção da temperatura deve ser preparada. A protecção de temperatura pode ser dividida em dois níveis: aumento de temperatura e temperatura alta. O aumento de temperatura deve actuar sobre o sinal, enquanto a temperatura alta deve actuar sobre o disjuntor em cada lado do transformador.
- b) A protecção do nível alto/baixo de óleo do transformador deve ser providenciada. Toda a protecção de alto/baixo nível de óleo deve actuar imediatamente sobre o sinal, podendo também conduzir ao disparo dos disjuntores em ambos os lados do transformador, se necessário.
- c) O arrefecimento forçado da circulação de óleo por ar ou transformador de arrefecimento forçado de circulação de óleo por água deve estar equipado com a protecção contra falhas do sistema de arrefecimento.
- d) Quanto ao aumento da pressão no tanque de óleo do transformador, a protecção de alívio de pressão deve ser fornecida. A protecção deve actuar imediatamente sobre o sinal e, se necessário, a acção também pode conduzir ao disparo dos disjuntores em ambos os lados do transformador.

12.3.8 O transformador de serviço da estação de baixa tensão deve estar equipado com a protecção de acordo com as seguintes disposições:

- a) A protecção de corte rápido de corrente deve ser configurada, como protecção principal para problemas de curto-circuito fase a fase do enrolamento e da linha de saída lateral de alta tensão do transformador. A protecção deve conduzir imediatamente ao disparo dos disjuntores em ambos os lados do transformador de serviço da estação de baixa tensão. A capacidade do transformador de serviço da estação de baixa tensão não deve ser inferior a 2 MVA. Quando a sensibilidade da protecção de corte rápido da corrente não cumprir os requisitos, a protecção do diferencial também pode ser fornecida.
- b) A protecção de sobreintensidade deve ser fornecida, servindo como protecção de reserva para a falha de curto-circuito fase a fase do transformador e dos elementos adjacentes.

- c) O lado de alta tensão pode partilhar a protecção de ligação à massa monofásica com o barramento ligado, em vez de ser equipado com a protecção de ligação à massa monofásica separada.
- d) Quando o ponto neutro do lado de baixa tensão do transformador é directamente ligado à massa, a protecção de sobreintensidade de sequência zero deve ser fornecida, como protecção de reserva para falha de curto-circuito monofásico de ligação à massa no lado de baixa tensão do transformador.
- e) O transformador submerso em óleo deve estar equipado com a protecção de gás. Quando um ligeiro gás causado por uma falha no interior da cuba do transformador ou pela queda do nível de óleo é gerado, a protecção actuará sobre o sinal; quando uma grande quantidade de gás é gerada, a protecção deve conduzir imediatamente ao disparo dos disjuntores em ambos os lados do transformador.
- f) A protecção da temperatura deve ser providenciada quando a temperatura do óleo do transformador de reacção e a temperatura do enrolamento subirem. A protecção de temperatura pode ser dividida em dois níveis: aumento de temperatura e temperatura alta. O aumento de temperatura deve actuar sobre o sinal, enquanto a temperatura alta deve actuar sobre o disjuntor em cada lado do transformador.

12.4 Protecção do barramento

12.4.1 O uso da protecção de barramento deve cumprir as seguintes disposições:

- a) Quanto ao barramento segmentado de 3 kV a 10 kV e ao barramento duplo em paralelo, pode ser utilizada uma protecção de reserva do gerador e do transformador para realizar a protecção do barramento. A protecção especial de barramento deve ser instalada nas seguintes circunstâncias:
 - 1) Quando é necessário remover rápida e selectivamente uma secção ou um grupo de falha do barramento, a fim de garantir o funcionamento seguro da central e da rede eléctrica e a alimentação de energia eléctrica fiável de cargas importantes;
 - 2) Quando o disjuntor de linha não pode cortar o curto-circuito à frente do reactor de linha,
- b) A protecção especial de barramento bus deve ser instalada para o barramento de 35 (33) kV a 110 (132) kV da estação de energia, e quando o problema no barramento único de 110 (132) kV ou no barramento de 35 (33) kV a 66 kV for significativo, a estação de energia deve ser rapidamente cortada, a protecção especial de barramento deve ser fornecida.

12.4.2 A protecção especial de barramento deve cumprir aos seguintes requisitos:

- a) Quando o circuito CA for anormal ou cortado, a protecção do diferencial do barramento deve ser iniciada e o alarme deve ser activado.
- b) Quando um conjunto de barramento carregado ou uma secção do barramento estiver ligada a um barramento com falha, a protecção do barramento deve ser capaz de desligar o barramento com falha de uma maneira rápida e selectiva.

- c) A protecção do barramento deve ser capaz de desligar a parte com falha durante todos os modos de funcionamento da ligação principal.
- d) A protecção do barramento deve utilizar o transformador de corrente com a diferente relação de transformação.
- e) Quanto a várias falhas externas, a protecção do barramento não deve actuar incorretamente devido à saturação temporária do transformador de corrente causada pelo componente não periódico da corrente de curto-circuito.
- f) A protecção do barramento deve ser ligada a um conjunto de bobinas secundárias especiais do transformador de corrente.
- g) Após a operação de protecção do barramento, devem ser tomadas medidas apropriadas para o circuito sem ramificações e com protecção longitudinal para permitir que o disjuntor contralateral dispare rapidamente.
- h) A protecção do barramento só entende a saída de disparo trifásico, e o disjuntor ligado ao barramento deve poder partilhar o seu circuito de saída de disparo para protecção contra falhas.

12.4.3 O disjuntor de derivação, o disjuntor ligado ao barramento utilizado como derivação ou o disjuntor de secção deve estar equipado com o dispositivo de protecção que pode substituir a protecção da linha. Durante o período em que o disjuntor de derivação é utilizado como substituto do disjuntor em linha, se for necessário manter o funcionamento da protecção longitudinal da linha, um conjunto de protecção longitudinal dessa linha pode ser comutado para o disjuntor de derivação, ou outras medidas podem ser tomadas, de modo a garantir que o disjuntor de derivação continue a funcionar com protecção longitudinal.

12.4.4 O disjuntor de circuito ligado ao barramento ou de secção deve estar equipado com a protecção de corrente de fase ou de sequência zero, como protecção de carga para o barramento.

12.5 Coordenação e interface entre a protecção e outros sistemas

Os dispositivos de protecção devem ser capazes de comunicar com o sistema informático de monitorização da central eléctrica, devendo ser cumpridos os seguintes requisitos específicos:

- a) O dispositivo de protecção e o seu circuito de saída devem ser capazes de operar independentemente sem o sistema de monitorização do computador.
- b) Várias entradas exigidas pelos circuitos com base no julgamento lógico do dispositivo de protecção devem estar directamente ligadas ao dispositivo de protecção e não devem passar pelo sistema de monitorização do computador e pela sua rede de comunicações.
- c) O dispositivo de protecção deve ser capaz de comunicar com a subestação de informação de protecção da central, e de carregar e descarregar os seguintes tipos de informação:

- 1) Informação de identificação e informação da posição de instalação do dispositivo;
 - 2) Entrada ligada-desligada (como a posição do disjuntor, e a placa de prensagem para protecção) ;
 - 3) Sinais anormais (incluindo a situação anormal do dispositivo e a situação anormal do circuito externo);
 - 4) Informação sobre falhas (registo de falhas e registo da sequência de incidentes relacionados com a quantidade lógica interna);
 - 5) Valor medido da quantidade analógica;
 - 6) Valor especificado e número do intervalo do dispositivo;
 - 7) Informações de controlo sobre o sistema de monitorização do computador, disparo do disjuntor e o comando de fecho.
- d) O dispositivo de protecção deve ser capaz de receber o sinal de sincronização do relógio do sistema de relógio por satélite.
- e) O protocolo de comunicação entre o dispositivo de protecção e o sistema informático de monitorização / subestação de informação de protecção deve estar em conformidade com as disposições das normas relevantes.

13 Sistema de excitação

13.1 Selecção do sistema de excitação

13.1.1 O modo de controlo e os circuitos principais do sistema de excitação devem ser seleccionados com base no modo de excitação e no modo de funcionamento do gerador. Os parâmetros do transformador de excitação, da unidade de potência e do dispositivo de desexcitação devem ser calculados e o sistema de excitação deve ser seleccionado com base nos parâmetros do gerador.

13.1.2 Dados básicos para a selecção do sistema de excitação:

- a) Modo de excitação e múltiplos de excitação forçada do gerador;
- b) Potência nominal do gerador;

- c) Tensão nominal do gerador;
- d) Corrente nominal do gerador;
- e) Factor de potência nominal do gerador;
- f) Frequência nominal do gerador;
- g) Tensão nominal de excitação do gerador (ou excitador);
- h) Corrente nominal de excitação do gerador (ou excitador);
- i) Tensão de excitação sem carga do gerador (ou excitador);
- j) Corrente de excitação descarregada do gerador (ou excitador);
- k) Resistência CC (75 °C) do enrolamento de excitação.

13.2 Seleção do modo de excitação

O modo de excitação rotativo deve empregar a excitação sem escovas. O modo de excitação estática deve empregar a excitação de auto-derivação.

13.3 Sistema de excitação estática de silício de auto-derivação

13.3.1 O regulador de excitação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O microcomputador deve ser adoptado para realizar o cálculo para regulação e controlo (P, Ph PID);
- b) Os sinais de medição que o regulador de excitação irá recolher devem incluir a tensão final do gerador, a potência activa do gerador, a potência reactiva do gerador, a frequência do gerador, a tensão de excitação e a corrente de excitação;
- c) O algoritmo de controlo do PID deve ser adoptado como o algoritmo de regulação do regulador de excitação;
- d) Quando o sistema de energia falha e a tensão de saída do gerador diminui drasticamente, o regulador de excitação deve realizar a excitação forçada;
- e) Quando o regulador de excitação causa a sobretensão devido ao aumento da velocidade da unidade geradora da turbina, ele deve realizar a desexcitação forçada;

- f) A unidade do gerador da turbina que cumpre todas as seguintes condições deve estar equipada com o estabilizador do sistema de potência (PSS):
- 1) Unidade principal do gerador da turbina no sistema;
 - 2) Unidade do gerador da turbina que está em contacto de longa distância e fraco com o sistema;
 - 3) Unidade do gerador da turbina que opera com o factor de potência elevado por um longo período de tempo.

13.3.2 O sistema de excitação deve utilizar o modo de excitação de tensão residual, enquanto suportado pela excitação separada. A corrente de excitação do sistema de excitação não deve ser superior a 10% a 20% da corrente de excitação descarregada do gerador.

13.3.3 A unidade de desexcitação deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Durante a desexcitação, a tensão inversa do enrolamento de excitação deve ser controlada dentro de 30% a 50% da tensão utilizada no enrolamento para suportar o teste de ligação à massa no teste de fornecimento.
- b) Quanto ao circuito trifásico de rectificação de ponte de controlo total, o modo de desactivação do inversor para fecho normal deve ser adoptado. Em condições de falha, o modo de desexcitação linear ou não linear pode ser adoptado. A selecção do modo de desexcitação e o cálculo dos parâmetros devem cumprir os seguintes requisitos:
 - 1) O modo de desexcitação linear é adequado para o gerador com pequena capacidade de excitação e baixa tensão de excitação. O seu valor de resistência deve ser seleccionado como 4 a 5 vezes a resistência do enrolamento de excitação no gerador a 75 °C; a capacidade deve ser considerada a 10% do armazenamento de energia do rotor em condições nominais de funcionamento.
 - 2) O modo de desexcitação não-linear é adequado para o gerador com alta capacidade de excitação e alta tensão de excitação.
- c) As seguintes considerações devem ser consideradas na selecção do interruptor de eliminação de excitação:
 - 1) O valor da corrente nominal é mais de 110% da corrente de excitação nominal;
 - 2) O valor da tensão nominal é mais de 110% da tensão nominal de excitação;
 - 3) A tensão nominal de isolamento é mais de 200% da tensão nominal de excitação;
 - 4) A corrente máxima de ruptura é mais de 300% da corrente nominal de excitação;
 - 5) O valor de pico acumulado da tensão do arco na posição de ruptura é superior à soma do valor de pico da tensão de excitação forçada e da tensão residual máxima em ambas as extremidades da resistência não linear, ou é superior à soma do valor de pico da tensão de excitação máxima e da corrente de excitação máxima multiplicada pela resistência linear;

- 6) O disjuntor CA não deve ser usado como interruptor de desexcitação CC.

13.3.4 O transformador de excitação deve cumprir os seguintes requisitos:

a) Requisitos técnicos para o transformador de excitação:

- 1) Modo de ligação: o modo de ligação deve ser Y/ Δ -11; quanto à tensão do terminal secundário do transformador, o modo de saída multi-tomadas deve ser adoptado;
- 2) A impedância de curto-circuito do transformador de excitação deve estar entre 4% e 8% ;
- 3) O lado de alta tensão do transformador de excitação não deve estar equipado com o interruptor automático ou com o fusível rápido;
- 4) Conforme necessário para a protecção, o transformador de corrente pode ser equipado no lado secundário do transformador;
- 5) O grau assimétrico da tensão trifásica no lado de baixa tensão do transformador de excitação não deve ser superior a 5%.

b) Selecção do tipo do transformador de excitação:

- 1) Existem dois tipos de transformadores de excitação: o tipo seco e o tipo submerso em óleo. As condições de aplicação devem cumprir os seguintes requisitos:
 - ① Tipo seco comum: adequado para a unidade do gerador da turbina de baixa tensão. O material isolante com alta capacidade de retardamento de chamas e um nível de isolamento alto deve ser adoptado;
 - ② Tipo de secagem com resina Epoxy: adequado para a unidade do gerador da turbina de alta tensão;
 - ③ Tipo submerso em óleo: adequado para instalação ao ar livre. Este tipo não deve ser adoptado num ambiente com uma exigência relativamente maior de protecção contra incêndios.
- 2) Os parâmetros do transformador de excitação incluem a tensão da linha secundária, a corrente da linha secundária, a capacidade e a relação de rotação da bobina primária e da bobina secundária.

c) O transformador de corrente e o transformador de tensão utilizados para a excitação devem ser instalados no armário de distribuição para a medição. O lado secundário do transformador de tensão é 100 V ou 110 V, e a precisão está no nível 0,5. O lado secundário do transformador de corrente é 5 A ou 1 A, e a precisão está no nível 0,5.

13.4 Indicação de campo e interface externa do sistema de excitação

13.4.1 O sistema de excitação deve estar equipado com o medidor de tensão terminal, o medidor de tensão de excitação e o medidor de corrente de excitação, e o medidor de potência reactiva também pode ser configurado com unidades de maior capacidade.

13.4.2 O sistema de excitação deve estar equipado com a interface de comunicação.

14 Sistema de monitorização automática

14.1 Requisitos gerais para a selecção do sistema de monitorização computadorizada

14.1.1 O sistema de monitorização computadorizada deve ser seleccionado de acordo com a capacidade instalada, capacidade unitária e nível de tensão da central, a partir de uma análise exaustiva sobre segurança e fiabilidade técnica, económica e operacional.

- a) Quanto à central de energia hidroeléctrica com uma capacidade total instalada de 5 MW ou superior, deve ser adoptado o sistema de monitorização informática totalmente aberto e hierarquicamente distribuído.
- b) Quanto à central de energia hidroeléctrica com uma capacidade total instalada inferior a 5 MW, deve ser adoptado o sistema integrado de monitorização da central.
- c) Quanto à central de energia hidroeléctrica cuja tensão do gerador é igual ou inferior a 0,4 kV, deve ser adoptado o sistema de monitorização do tipo compacto em que o sistema de protecção de controlo e o equipamento primário de baixa tensão estão integrados num armário.

14.1.2 De acordo com as características da central eléctrica, o modo de operação e os requisitos de entrega do sistema de energia, o modo de controlo com menos pessoas em serviço ou modo sem supervisão deve ser seleccionado.

14.1.3 O sistema de monitorização computadorizado de toda a estação deve ser usado para realizar a automação integrada da mesma, para melhorar o nível de automatização da estação.

14.1.4 O sistema informático de monitorização deve cumprir os requisitos para o controlo em tempo real da central de energia hidroeléctrica:

- a) A monitorização da operação segura de toda a estação, bem como a aquisição e processamento dos dados de acordo com os requisitos do sistema.
- b) O arranque, a ligação à rede e o encerramento da unidade podem ser completados com um comando.

- c) A potência activa e reactiva da unidade pode ser ajustada automaticamente.
- d) A operação automática e económica de toda a estação pode ser concretizada.
- e) As informações de comando de entrega podem ser aceites a qualquer momento, o que pode satisfazer as funções do sistema de automatização de transmissão para telemetria, sinal remoto, ajustamento remoto e controlo remoto da central de energia hidroeléctrica.

14.2 Requisitos técnicos para o sistema de monitorização computadorizado

14.2.1 A função de comunicação do sistema de monitorização computadorizado deve ser executada pelo controlador de comunicação, e o sistema operacional do controlador de comunicação deve cumprir os requisitos de operação segura e estável da central de energia hidroeléctrica.

14.2.2 O controlo automático deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) O controlo automático da unidade de gerador da turbina deve ser executado com o controlador lógico programável (PLC).
- b) O controlo automático do equipamento auxiliar da unidade do gerador da turbina e dos auxiliares da estação deve ser executado pelo PLC.
- c) O controlo do equipamento auxiliar da unidade do gerador da turbina com capacidade instalada inferior a 5 MW e dos auxiliares da estação pública pode ser executado pelo CLP distribuído em vários armários de controlo locais.

14.2.3 Quanto ao CLP, cuja comunicação com o sistema de monitorização do computador é feita através da ligação do barramento, a sua interface de comunicação deve estar equipada com o dispositivo de protecção contra picos de corrente (SPD).

14.2.4 O ponto de entrada da quantidade analógica deve estar equipado com o SPD.

14.2.5 O sistema de monitorização do computador deve poder receber informações correctas de verificação do relógio, e executar a sincronização do relógio de todos os nós do sistema.

14.2.6 O controlo ao nível da estação do sistema de monitorização computadorizado deve estar equipado com o inversor ou com uma fonte de alimentação ininterrupta (UPS), com preferência para a fonte de alimentação do inversor.

14.2.7 A fonte de alimentação do inversor ou a UPS deve estar equipada com o SPD.

14.3 Selecção dos instrumentos de medição e controlo

14.3.1 A selecção dos instrumentos de medição e controlo deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quanto aos instrumentos de medição e controlo, deve ser dada preferência aos instrumentos electrónicos inteligentes. Os instrumentos com indicação digital devem ter interface de comunicação, para cumprir aos requisitos de comunicação com o sistema de monitorização computadorizada.
- b) Os instrumentos de medição da quantidade eléctrica e o contador de energia eléctrica devem estar em conformidade com as disposições das normas nacionais.
- c) O instrumento de medição de temperatura de canal único deve ter a indicação da temperatura, a função de alerta e de controlo da temperatura.
- d) O instrumento de medição de temperatura multicanal deve ser usado para a indicação e alerta de temperatura, mas não deve ser usado para controlo da temperatura.
- e) A protecção de sobrevelocidade da unidade do gerador de turbina deve estar equipada com o dispositivo de sinal eléctrico de velocidade; o dispositivo de sinal eléctrico de velocidade pode utilizar a medição da frequência da tensão residual ou o modo de medição da velocidade do disco dentado.
- f) Quanto à medição remota do nível de água que não pode adoptar a comunicação com fios, os instrumentos de medição remota sem fios devem ser adoptados. Os instrumentos devem ter a interface de saída de quantidade analógica e a interface de comunicação.

14.3.2 A selecção do dispositivo síncrono deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Quanto ao dispositivo de sincronização manual, o medidor síncrono digital com a função de compensação do ângulo de fase deve ser preferencialmente adoptado, seguido pelo medidor síncrono combinado.
- b) Um dispositivo síncrono manual/dispositivos quase-síncronos automáticos podem ser partilhados por toda a estação, ou um conjunto pode ser atribuído a cada unidade.
- c) O dispositivo automático quase-síncrono deve ter a função de regular automaticamente a frequência e a tensão.

15 Fornecimento de energia eléctrica de serviço da central e da área da barragem

15.1 Fonte de energia da central de abastecimento de energia

15.1.1 A fonte de alimentação de serviço da central deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Satisfazer as necessidades de carga de energia sob vários modos de operação;
- b) Fornecimento de energia relativamente independente;

- c) São necessárias, pelo menos, duas fontes de alimentação de serviço da central. Quando uma fonte de alimentação falha, outra fonte de alimentação pode funcionar automaticamente.

15.1.2 O fornecimento de energia da central pode ser obtido pelos seguintes métodos:

- a) Ligado por barramento de tensão do gerador ou pelo condutor da unidade;
- b) Quando um transformador de acoplamento está equipado no lado de alta tensão da central de energia hidroelétrica, a alimentação é ligada pelo enrolamento terciário do transformador;
- c) A fonte de alimentação está ligada a partir da rede elétrica local;
- d) O gerador diesel é utilizado como fonte de alimentação de reserva.

15.1.3 Uma fonte de alimentação híbrida é recomendada para a potência de serviço da unidade e a produção de energia comum da central.

15.1.4 O sistema de alimentação da central deve ser alimentado por tensão de um nível, ou por tensão de dois níveis (alto e baixo), e deve ser determinado de acordo com a carga de alimentação da central, distribuição da carga, disposição da central e rede elétrica local.

15.2 Seleção da capacidade do transformador de serviço da planta

15.2.1 A capacidade do transformador de potência na instalação deve satisfazer a carga máxima que pode ocorrer em vários modos de operação.

15.2.2 Quando um transformador de serviço da central está programado para manutenção ou falha, os outros transformadores de energia da central devem ser capazes de suportar uma carga significativa de alimentação da central ou a carga máxima de alimentação da central a curto-prazo.

15.2.3 Deve assegurar-se que a tensão do barramento de alimentação de um motor não seja inferior a 65% da tensão nominal quando o motor arranca automaticamente depois de uma falha ser resolvida.

15.3 Fonte de energia da área da barragem

15.3.1 A energia para a área da barragem deve ser fornecida por um transformador especial de área de barragem ou por um transformador de serviço da estação pública. Devem existir duas fontes de alimentação independentes para cargas significativas na área da barragem. Para instalações de descarga de cheias particularmente importantes, pode ser adicionada uma terceira fonte de alimentação ou um gerador diesel especial de capacidade adequada. Algumas cargas insignificantes na área da central e da barragem também podem ser fornecidas pela rede elétrica local.

15.3.2 A tensão para a alimentação de energia na área da barragem deve ser determinada de acordo com a faixa de alimentação, a fonte de alimentação de alta tensão da central e a tensão da rede elétrica local.

15.4 Fornecimento de energia na área de habitação

15.4.1 O transformador descendente da rede eléctrica local é utilizado preferencialmente para o fornecimento de energia eléctrica na área de habitação da central de energia hidroeléctrica. Se um transformador descendente da rede eléctrica local não estiver configurado, um transformador especial pode ser configurado para a alimentação da central.

16 Fonte de alimentação operacional CC

16.1 A fonte de alimentação operacional da estação de energia deve ser o dispositivo de fornecimento de energia CC com a bateria de armazenamento e carregadores de bateria adequados. Deve existir apenas uma bateria de armazenamento, que deve funcionar no modo de carga flutuante. Quando a central é controlada em modo de estação expandida, devem ser fornecidos dois conjuntos de baterias de armazenamento.

16.2 A tensão da fonte de alimentação operacional CC deve ser a tensão padrão de 220 V ou 110 V CC.

16.3 A capacidade do acumulador deve satisfazer as necessidades de capacidade quando toda a estação é desligada devido a acidente e para a capacidade da carga máxima de impacto. O tempo de encerramento acidental pode ser definido preferencialmente como 1 hora, e pode ser definido preferencialmente como 2 horas para a central que funciona no modo de estação expandida da central.

16.4 O acumulador deve ser a bateria controlada por válvula. O carregamento e a carga flutuante da bateria devem ser equipados com um conjunto de dispositivos de rectificação. O circuito de alimentação de carga do acumulador deve estar equipado com a indicação de energia correspondente.

16.5 O dispositivo CC deve ter a função de controlo automático de carga e descarga, capacidade da bateria e detecção de tensão, monitorização de isolamento e alarme de falhas.

17 Sistema de monitorização por vídeo

17.1 A central eléctrica deve estar equipada com o sistema de monitorização por vídeo. Os pontos de monitorização devem ser determinados em função da produção, do funcionamento, da monitorização da protecção contra incêndios e das salvaguardas necessárias.

17.2 O equipamento do sistema de monitorização por vídeo deve cumprir os requisitos do ambiente de trabalho.

18 Comunicação

18.1 A central eléctrica deve estar equipada com as instalações de comunicação na estação. A comunicação de entrega de energia e a comunicação na estação podem partilhar um quadro de distribuição de entrega controlado por programação. Quanto às centrais hidroeléctricas em cascata, pode ser instalado um quadro de distribuição de entrega no centro de controlo em cascata e um módulo de assinante remoto no lado da central de energia hidroeléctrica para efectuar a comunicação por voz.

18.2 A comunicação externa da central de energia hidroelétrica pode ser efectuada das seguintes formas:

- a) Circuitos de comunicação por fios (linha telefónica, cabos ópticos);
- b) Linhas telefónicas alugadas;
- c) A linha de energia suporta o sistema de comunicação;
- d) Sistema de comunicação por micro-ondas.

18.3 A fonte de alimentação do equipamento de comunicação deve ser a fonte de alimentação especial de 24 V ou 48 V, e a capacidade do acumulador com carregador de bateria adequado deve suportar a fonte de alimentação, de preferência durante 8 horas.

19 Reparação eléctrica e testes eléctricos

19.1 Podem ser montadas oficinas especiais de reparação eléctrica para a central, e as ferramentas e equipamentos de reparação eléctrica devem ser equipados de acordo com os requisitos da sua escala e gestão centralizada.

19.2 Pode ser montada uma sala de testes eléctricos para a central com capacidade de 10 MW ou superior; a central com capacidade inferior a 10 MW pode ser equipada com uma simples sala de testes eléctricos.

19.3 Deve ser montada uma sala de testes eléctricos centralizada para centrais de energia hidroelétrica em cascata e grupos de centrais de energia hidroelétrica com gestão centralizada. Os padrões de configuração do instrumento e do equipamento na sala de testes eléctricos podem ser implementados de acordo com os padrões de classificação atuais.
