

ICS 29.240

P/GDW

Normas Técnicas - State Grid Corporation of China

Q/GDW 10829—2021
substitui Q/GDW 1829—2012

Especificações de projeto para anti oscilação de linhas de transmissão aéreas

Código de projeto anti oscilação para linha de transmissão aérea

Índice

Prefácio	II
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Regulamentos básicos para projeto anti oscilação	2
5 Métodos de projeto anti oscilação	2
6 Traçado da linha	2
7 Cabos	3
8 Ferragens e cadeias de isoladores	3
9 Torres	3
9.1 Carga na torre	3
9.2 Tipo de torre	4
9.3 Estrutura de postes e torres	4
9.4 Medidas para evitar o afrouxamento das torres de postes	4
10 Noções básicas	4
11 Dispositivo anti-oscilação	5
11.1 Princípios para instalação de dispositivos anti oscilação	5
11.2 Método de instalação do dispositivo anti oscilação	5
12. Monitoramento on-line	6
Apêndice A (apêndice informativo) Princípios de divisão de zoneamento	7
Apêndice B (Apêndice Normativo) Requisitos de Instalação para Dispositivos Anti-oscilação	8
Apêndice C (apêndice informativo) Instruções de disposição para dispositivos anti oscilação de pêndulo duplo e instruções de instalação para dispositivos anti oscilação combinados	10
Instruções de Preparação	12

Prefácio

Esta norma é formulada para fornecer padrões e bases para o projeto anti flashover para de linhas de transmissão.

Esta norma substitui a Q/GDW 1829-2012

Em comparação com Q/GDW 1829-2012, as principais diferenças técnicas são as seguintes:

- Adicionada a trajetória elíptica da oscilação do condutor, requisitos de projeto anti oscilação para a seção de "três vãos", e o vão for superior a 500 m
- Requisitos de projeto anti oscilação para seções ou seções de linha próximas a microterrenos, áreas microclimáticas e reservatórios adjacentes, lagos e outras águas, e requisitos anti afrouxamento para parafusos dos suportes de fixadores de hardware de proteção da área de oscilação;
- Modificar os documentos de referência normativos, os requisitos de fator de segurança de projeto para acessórios de conexão e isoladores de disco de linhas com grandes vãos em áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, e os requisitos de projeto para anti afrouxamento de parafusos de torre na área de oscilação;
- Excluir os princípios de divisão da zona oscilante. As torres de tubos de aço devem ser usadas como torres de tensão para seções transversais importantes de linhas de 500kV e acima em áreas oscilantes de nível 3.

Créditos.

Esta norma é proposta e interpretada pelo Departamento de Infraestrutura e Departamento de Equipamentos da State Grid Corporation da China. Este padrão está sob a jurisdição do Departamento de Ciência e Tecnologia da State Grid Corporation of China. Esta norma foi elaborada pela: State Grid Economic and Technological Research Institute Co., Ltd., China Electric Power Engineering Consulting Group, Southwest Electric Power Project Institute Co., Ltd., China Electric Power Engineering Consulting Group, Zhongnan Electric Power Design Institute Co., Ltd., Instituto de Pesquisa e Projeto de Energia Elétrica de Hubei Co., Ltd., Instituto de Pesquisa e Projeto de Energia Elétrica de Henan Co., Ltd., Instituto de Pesquisa de Energia Elétrica da China Co., Ltd., State Grid Shandong Electric Power Company Weifang Power Supply Company .

Os principais redatores desta norma: Li Benliang, Li Jin, Li Ming, Li Dongliang, Lu Jun, Cheng Yongfeng, Luodeta, Liu Bin, Wang Yuan, Li Jian, Shi Yafeng, Liu Quan, Liang Ming, Li Danyu, Xu Zhengtao , Feng Heng, Fang Xiaoming, Li Xianxin, Huang Xing, Yang Jialun, Yi Liming, Lu Jianshuang, Wen Yongqing, Tian Lei, Liu Hanzhu, Zhu Kuanjun, Gao Bin, Zhang Youfu, Zhu Renxiang, Liu Hao, Liu Jiong, Zhao Bin, Li Aosen, Zhu Changqing, Tian Weiguang, Liu Xiangyun.

Esta norma foi lançada pela primeira vez em junho de 2013 e revisada pela primeira vez em 2021.

Envie quaisquer comentários ou sugestões durante a implementação desta norma ao Departamento de Ciência e Tecnologia da State Grid Corporation da China.

especificações de projeto para anti oscilação de linhas de transmissão aéreas

1 Escopo

Esta norma especifica os requisitos para projeto anti oscilação de linhas de transmissão aéreas. Esta norma se aplica ao projeto anti oscilação de linhas de transmissão aéreas (incluindo grandes vãos) desde 110 (66) kV e de outros níveis de tensão superiores

O projeto anti oscilação de circuitos elétricos pode ser implementado como referência.

2 Documentos de referência normativa

Os seguintes documentos são essenciais para a aplicação desta norma. Para referências datadas, apenas a versão datada se aplica a este documento.

Para documentos referenciados sem data, a versão mais recente (incluindo todas as alterações) aplica-se a este documento.

GB/T 3098.2 Propriedades mecânicas de fixadores: Porcas GB 50061 Especificações de projeto para linhas de energia aéreas de 66kV e abaixo GB 50545

Especificações de projeto para linhas de transmissão aéreas de 110kV ~ 750kV GB 50665: Especificações de projeto para linhas de transmissão aéreas de 1000kV GB 50790

Especificações de projeto para linhas de transmissão aérea DC ± 800 kV DL/ T 5440: Especificações Técnicas para Projeto de Linhas de Transmissão Aéreas Cobertas com Gelo Q/GDW 10555

Especificações Técnicas para Dispositivos de Monitoramento de Oscilação e Galope para Linhas de Transmissão Q/GDW 11006

Regras de Projeto e Padrões de Classificação de Área Oscilante/Galopante e Mapa de Distribuição Galopante Q/GDW 11675

Especificações de Projeto para Linhas de transmissão aéreas de ± 1100 kV CC

3 Termos e definições

Os seguintes termos e definições se aplicam a este documento.

3.1 Galope oscilante:

é uma vibração autoexcitada de baixa frequência e grande amplitude, produzida por condutores irregulares revestidos de gelo sob a ação do vento.

3.2 Região de oscilação / galope:

No inverno e na primavera, as linhas tendem a galopar sob a ação do gelo e do vento. O nível da área de oscilação pode ser dividido em quatro níveis, de forte a fraco: nível 3, nível 2, nível 1 e nível 0 de área de oscilação.

3.3 Região de microclima e microterreno oscilante/galopante:

A região de microclima e microterreno oscilante/galopante é uma área especial local propensa a oscilar muito e até galopar devido à topografia, meteorologia e outras razões.

3.4 Dispositivo anti oscilação: Um dispositivo que inibe a oscilação ou galope da linha, como espaçadores rotativos de grampo de linha, espaçadores de interfase, dispositivos anti galope de pêndulo duplo, pêndulos desafinados, pesos excêntricos, etc.

3.5 O dispositivo anti oscilação combinado é um sistema de dispositivos anti oscilação formado pela combinação de vários dispositivos anti oscilação. Ele inclui principalmente hastes isolantes espaçadoras entre fases, espaçadores amortecedores rotativos e espaçadores amortecedores com pêndulo duplo anti oscilação.

Existem três tipos de dispositivos anti oscilação: Hastes isolantes espaçadoras entre fases, espaçadores amortecedores rotativos e espaçadores amortecedores com pêndulo duplo anti oscilação.

3.6 Cruzamento de três vãos - ferroviários de alta velocidade, via expressa e importante linha de transmissão: Seção de linha de transmissão aérea abrangendo ferrovia de alta velocidade, via expressa e importante linha de transmissão.

4 Regulamentos básicos para projeto anti oscilação

4.1 O projeto anti oscilante das linhas de transmissão deve ser baseado no mapa de distribuição da área oscilante, combinado com as características do projeto, e selecionar soluções técnicas anti oscilantes seguras, confiáveis, econômicas e aplicáveis com base nas condições locais. Consulte Q/GDW 11006 para os princípios de classificação de oscilação

4.2 Na área de oscilação, trecho onde o ângulo entre a direção da linha de transmissão e a direção dominante do vento no inverno e na primavera é superior a 45°, o projeto anti oscilação deve ser realizado de acordo com esta norma.

4.3 A obtenção de dados de oscilação e galope nas linhas deve ser executada, os dispositivos de monitoramento online devem ser instalados seletiva e regionalmente e o trabalho de monitoramento da oscilação nas linhas de transmissão deve ser realizado.

4.4 O projeto anti oscilante das linhas de transmissão não deve apenas cumprir as disposições desta norma, mas também cumprir as disposições das normas nacionais atuais relevantes, como GB 50061, GB50545, GB 50665, DL/T 5440 e assim por diante.

4.5 Para áreas de oscilação/galope de nível 1 e superior, o projeto anti oscilação deve ser considerado para trechos com distância superior a 500 m ou trechos de linha que passam por microterrenos, áreas microclimáticas, como vales e passagens, e próximos a corpos d'água, como reservatórios e lagos.

5 Métodos de projeto anti oscilação

5.1 O projeto anti oscilação das linhas de transmissão deve ser considerado de forma abrangente do ponto de vista da seleção racional dos encaminhamentos das linhas, da melhoria da resistência mecânica e elétrica das linhas e da instalação de dispositivos anti oscilação para reduzir as falhas da linha e os danos mecânicos causados pelas oscilações e galope, e melhorar a capacidade das linhas de transmissão de resistir ao galope coberto de gelo.

5.2 Com base no mapa de distribuição da área oscilante/galopante, combinado com a experiência operacional ao longo da linha e no traçado da linha, as áreas de micrometeorologia e microtopografia oscilantes devem ser investigadas, e os níveis de oscilação e eventual galope da linha devem ser divididos.

5.3 Na área de oscilação nível 1, medidas devem ser tomadas em termos de projeto de hardware de jumper, travamento de parafusos e dispositivos anti oscilação devem ser reservados ou instalados.

5.4 Nas áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, medidas abrangentes devem ser tomadas em termos de projeto de cabos, isoladores e hardware, reforço de torres de postes, porcas anti afrouxamento de e instalação de dispositivos anti oscilação.

5.5 O projeto de instalação do dispositivo anti oscilação deve ser projetado e calculado de acordo com seu método de uso e requisitos de instalação. Se necessário, testes de desempenho eletromecânico relevantes devem ser realizados.

6 Traçado de linha

6.1 Seccionar o caminho da linha, o levantamento e investigação da área de oscilação deve ser reforçado, e deve-se evitar que o caminho atravessasse canais de vento, passagens e outras áreas de microclima, microsolo ou zona de formação de situações favoráveis às oscilações e galopes.

6.2 Quando a linha passa por áreas planas e abertas, o ângulo entre a direção da linha e a direção dominante do vento no inverno e na primavera deve ser reduzido, geralmente inferior a 45°.

6.3 Se a linha passar por uma área montanhosa, ela deverá ser traçada ao longo da encosta coberta de gelo a sotavento ou da encosta ensolarada da montanha. Ao passar perto de albufeiras, lagos e outras massas de água, é aconselhável escolher o percurso contra o vento dominante.

6.4 Nas áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, é aconselhável reduzir adequadamente o vão e o comprimento da seção de tensão, e reduzir a altura da torre.

6.5 O ponto de passagem de “três vãos” deve evitar áreas de oscilação de nível 2 e nível 3. Quando for impossível evitá-lo, com base no mapa de distribuição da área de oscilação, deve ser dada a devida consideração ao reforço das medidas anti oscilação.

6.6 Na área oscilante, no trecho onde o ângulo entre a direção da linha de transmissão e a direção do vento predominante no inverno é maior que 45°, quando a linha cruza importantes objetos, como ferrovias e rodovias troncais, torres de ancoragem autoportantes devem ser utilizadas em ambos os lados do objeto de cruzamento.

7 Cabos

7.1 Na área de oscilação, a seleção de condutores de linha deve ser considerada de forma abrangente a partir das propriedades elétricas, como aumento de temperatura permitido, interferência de rádio, ruído corona, propriedades mecânicas como estrutura, resistência, amortecimento e custos do ciclo de vida.

7.2 Na área de oscilação de nível 3, quando condições como capacidade de transmissão e ambiente eletromagnético forem atendidas, um bundle com um pequeno número de cabos divididos ou um tipo de cabo que possa reduzir a cobertura de gelo pode ser selecionado.

7.3 Ao instalar dispositivos anti oscilação, o fator de segurança do condutor e as distâncias de aterramento e vãos transversais devem ser verificados com base no aumento da carga do condutor.

8 Ferragens e cadeias de isoladores

8.1 Na área de oscilação de nível 3, o espaçamento entre as cadeias adjacentes de isoladores de suspensão de porcelana ou vidro deve ser aumentado adequadamente. Para as linhas de 110 (66) ~ 220 kV não devem ser inferiores a 450 mm; para as linhas de 330 kV ~ 750 kV não devem ser inferiores a 500 mm; e para as linhas de ultra alta tensão não devem ser inferiores a 600mm

8.2 Nas áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, quando a cadeia de ancoragem for dupla ou superior, as cadeias de isoladores devem ser dispostas horizontalmente.

8.3 Nas áreas de oscilação de nível 1 e superior, o projeto das cadeias de passagem da torre de ancoragem e dos acessórios dos jumpers deve ser reforçado. Ao usar “hard jumpers”, a força da conexão entre os “soft jumpers” e os “hard jumpers” deve ser aumentada adequadamente. A placa de ajuste do grampo ancoragem do condutor deve adotar uma estrutura de placa dupla, e o espaçador do bundle condutor do jumper deve ser de maior resistência à oscilação.

8.4 Em áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, o fator de segurança dos acessórios de conexão de linha geral não deve ser inferior a 2,75, e o fator de segurança dos acessórios de conexão de linha para grandes vãos não deve ser inferior a 3,3, também aplicável aos acessórios de torre de ancoragem de linhas com níveis de tensão de 330kV e superiores.

8.5 Nas áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, os grampos de suspensão dos condutores devem ser equipados com armaduras preformadas.

8.6 Nas áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, os terminais dos isoladores das cadeias de isoladores em forma de V e as ferragens deve ser do tipo conexão Olhal-Olhal ou Elo-Elo.

8.7 O hardware de conexão na seção de “três vãos” em área de oscilação de nível 1 e superior deve ser feito de materiais resistentes ao desgaste, e um método de conexão com baixa taxa de desgaste deve ser usado.

8.8 Ao instalar dispositivos anti oscilação, como isoladores espaçadores no vão de “três vãos”, a posição de projeção da instalação deve ser controlada 10m fora do subleito da ferrovia de alta velocidade e fora da faixa da rodovia.

8.9 Nas áreas de oscilação de nível 1 e superior, os parafusos de suporte das fixações das ferragens de proteção deverão utilizar porcas com sistema anti afrouxamento certificadas por ensaios de vibração.

9 Torre

9.1 Carregamento:

9.1.1 As áreas de oscilação cobertas de gelo devem ser verificadas: velocidade do vento 15m/s, espessura do gelo 5mm, temperatura do ar -5°C; direção do vento 90°. O coeficiente de combinação deve ser considerado 0,9. A tração longitudinal oscilante deve ser calculada como uma porcentagem da tração máxima de operação do condutor conforme especificada na Tabela 1.

Tabela 1

Valores percentuais entre a diferença de tração oscilante e a tração máxima de operação do condutor (%)

Categoria	Torre de Ancoragem		Torre de Suspensão	
	Vão ≤ 400m	Vão > 400m	Vão ≤ 400m	Vão > 400m
Cabo Singelo	80	100	/	/
Bundles	40	50	12	15

9.1.2 Nas áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, ao verificar a resistência de cisalhamento do suporte que contém o furo do parafuso da cruzeta suporte da torre de ancoragem; para a parede interna do suporte é aconselhável incluir um fator de segurança de 1,15 a 1,25.

9.2 Tipo de torre

9.2.1 Na área de oscilação nível 3, quando as linhas são de circuito simples, não devem ser utilizadas torres com distribuição de fases dispostas horizontalmente nem tipo torre com espaçamento menor (compacta).

9.2.2 Na área de oscilação de nível 3, quando os condutores não estão dispostos horizontalmente, a amplitude de oscilação dos condutores pode ser calculada consultando o Apêndice A, e medidas apropriadas devem ser tomadas com base na amplitude calculada, como o aumento a distância entre as fases.

9.3 Estrutura da torre

9.3.1 Em área de oscilação de nível 1 e superior, medidas estruturais devem ser tomadas na ligação entre a cruzeta suporte da torre de ancoragem e o corpo da torre para aumentar a rigidez do conjunto.

9.3.2 Em áreas de oscilação de nível 1 e acima, as os perfis da cruzeta do condutor da torre de ancoragem e das pernas fixadas à base devem ser projetados para formar um sistema de suporte estável.

9.3.3 Em zonas de oscilação nível 3, o limite de esbeltez de projeto dos elementos de tração na porção transversal da torre não deve ser superior a 320.

9.3.4 Em áreas oscilantes do nível 1 e superior, as emendas de torres tubulares de aço devem ser feitas através de flanges ou placas de inserção em forma de U, C, cruz, ranhura e outras.

9.3.5 Em áreas de oscilação de nível 1 e superior, o diâmetro dos parafusos da torre não deve ser inferior a 16 mm e a classe de resistência dos parafusos não deve ser inferior ao nível 6.8.

9.3.6 Nas áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, o número de parafusos nos suportes da cruzeta de ancoragem da torre não deve ser inferior a 2 nos pontos de suspensão do condutor e nas pernas da torre de ancoragem; nas cruzetas e no corpo da torre o número de parafusos em emendas importantes, como conexões, deve ser incrementado de 1 a 2 parafusos em comparação com o valor normal calculado.

9.4 Medidas para evitar o afrouxamento das torres:

9.4.1 Na área de oscilação de nível 1, a torre de ancoragem e a torre de suspensão adjacente à torre de ancoragem devem usar porcas especiais para evitar o afrouxamento de toda a torre. Torres em áreas de oscilação nível 2 e acima devem utilizar porcas anti afrouxamento em todas as torres da região. As porcas devem atender aos seguintes requisitos:

- a) Para novas torres, as porcas devem conter sistemas anti afrouxamento certificados por ensaios de vibração;
- b) Para torres existentes submetidas a modificações anti oscilação, as porcas devem substituídas por outras que contenham sistemas anti afrouxamento certificados por ensaios de vibração

Os requisitos de torque de aperto e reaperto devem ser claramente definidos durante o projeto. Os parafusos da torre devem ser apertados um a um durante a construção. Um ano após a conclusão do projeto, os parafusos devem ser reapertados.

Após ocorrer o movimento importante, conforme critério, os parafusos da torre podem ser reapertados.

10 Princípios básicos

10.1 Na área de oscilação de nível 3, o projeto da fundação e de sua resistência e estabilidade das torres de ancoragem e de torres de longo vão deve ser ajustado de acordo com as condições de oscilação.

10.2 Na área de oscilação de nível 3, para vãos transversais importantes e seções importantes, a margem de segurança de projeto da fundação da torre de ancoragem deve ser aumentada adequadamente assim como o diâmetro e número de estribos da fundação.

10.3 Em áreas de oscilação de nível 2 e superiores, a ligação entre a torre e a fundação deverá ser em forma de chumbadores.

10.4 Em áreas de oscilação de nível 2 e superior não é adequada a utilização de fundações pré-fabricadas.

10.5 Nas áreas de oscilação do nível 2 e acima, os espaços entre os chumbadores e os orifícios dos parafusos da placa da base da torre devem ser preenchidos hermeticamente com argamassa de cimento.

11 Dispositivos anti oscilação

11.1 Princípios para instalação de dispositivos anti oscilação

A instalação de dispositivos anti oscilação deve atender aos seguintes princípios:

- a) Linhas de transmissão CC de ± 800 kV e superiores e linhas de transmissão CA de 1000 kV e superiores devem usar espaçadores amortecedores com conexão parafusada dos cabos ou uma combinação de espaçadores amortecedores com conexão parafusada dos cabos e espaçadores amortecedores com pêndulo duplo anti oscilação.
- b) Linhas convencionais de circuito duplo (múltiplo) de 330 kV~750 kV no mesmo vão devem usar espaçadores amortecedores com conexão parafusada dos cabos, hastes isoladoras entre fases ou soluções combinadas anti oscilação correspondentes. As linhas convencionais de circuito único devem usar espaçadores amortecedores com conexão parafusada dos cabos ou soluções com hastes isoladoras entre fases. Linhas de transmissão compactas devem utilizar hastes isoladoras entre fases.
- c) Quando os condutores de fase das linhas de transmissão de 110 (66) kV ~ 220 kV estiverem dispostos verticalmente ou em triângulo, é apropriado utilizar hastes isoladoras espaçadoras interfásicas.

11.2 Métodos comuns de instalação de dispositivos anti oscilação

11.2.1 A instalação das hastes isoladoras entre fases deve atender aos seguintes requisitos:

- a) As hastes isolantes espaçadoras entre fases adjacentes devem ser instaladas escalonadas.
- b) Para facilitar a instalação, é aconselhado o uso de ferragens de conexão articuladas com espaçamento ajustável.
- c) Os espaçadores amortecedores dentro de ± 10 m da posição de instalação das barras isolantes espaçadoras entre fases devem ser movidas para a mesma posição da barra espaçadora entre fases e instaladas. Para o plano de haste espaçadora entrelaçado consulte o Apêndice B, Tabela B.1, para obter o método de configuração. A linha de transmissão de circuito duplo de 110 kV ~ 500 kV na mesma torre na zona oscilante de nível 3 pode ser usada para linhas de transmissão de grande extensão.
- d) Quando a diferença de altura entre os pontos de suspensão do condutor entre os dois lados do vão for grande, o plano de instalação deve ser ajustado adequadamente de acordo com a mudança na posição do ponto mais baixo da curvatura do condutor.

11.2.2 A instalação dos espaçadores amortecedores deve atender aos seguintes requisitos:

- a) Metade dos grampos do espaçador amortecedor ser do tipo rotativo. Quando instalados, os grampos rotativos devem ficar voltados para o lado de barlavento da direção dominante do vento no inverno e na primavera.
- b) O arranjo do espaçamento secundário do espaçador amortecedor deve seguir os seguintes princípios: o espaçamento secundário final é controlado entre 25m e 35m, e para espaçamento secundário médio a distância é controlada entre 50m e 65m, e é adotado um layout desigual e assimétrico.

11.2.3 A instalação de espaçador amortecedor com pendulo duplo anti oscilação deve atender aos seguintes requisitos:

- a) Quando a distância do vão for inferior a 700m, adote o princípio do arranjo de três pontos, coloque-os em: $2/9 L$, $1/2 L$ e $7/9 L$ e organize-os simetricamente com esses três pontos como centro. Quando a distância do vão é superior a 700m, é adotado o princípio do layout de quatro pontos, que é colocado em: $2/9 L$, $7/16 L$, $9/16 L$, $7/9 L$, e disposto simetricamente com esses quatro pontos como o centro.
- b) A massa total do pêndulo duplo deve ser controlada em cerca de 7% da massa total dos condutores do vão. O layout do dispositivo anti oscilação de duplo balanço é mostrado na Tabela B.2 do Apêndice B.

11.2.4 A instalação do pêndulo assincrono deverá atender aos seguintes requisitos:

- a) A massa total do pêndulo não deve ultrapassar 7% da massa dos cabos do vão, e o comprimento do pêndulo não deve ultrapassar 600mm.
- b) Para local de instalação pode consultar o plano de layout do dispositivo pêndulo duplo anti oscilação.

11.2.5 A instalação do peso excêntrico deverá atender aos seguintes requisitos:

- a) A massa total do peso excêntrico deverá ser cerca de 8% da massa dos condutores do vão.
- b) Os pesos são instalados nas hastes inferiores do espaçador transversalmente. O layout pode seguir o mesmo do dispositivo anti oscilação de pêndulo duplo.

12 Monitoramento on-line

12.1 O dispositivo de monitoramento online oscilante deve ser baseado nas necessidades de construção do centro de monitoramento das condições da linha de transmissão; selecionar linhas típicas em diferentes regiões e focar no monitoramento online da amplitude oscilante, frequência, número de meia onda e parâmetros meteorológicos, como vento velocidade, direção do vento, temperatura e cobertura de gelo.

12.2 Os equipamentos de monitoramento devem ser produtos com tecnologia madura e de alta confiabilidade, e devem atender aos requisitos da Q/GDW 10555.

12.3 Múltiplas linhas no mesmo corredor ou áreas com parâmetros de linha e condições ambientais e meteorológicas semelhantes devem ser consideradas como um todo para evitar instalações repetidas.

Apêndice A

(Apêndice informativo)

Trajetória elíptica de oscilação do cabo (ou bundle)

Em circunstâncias normais, a oscilação dos cabos apresenta uma trajetória elíptica. O formato da trajetória pode ser visto na Figura B.1, onde A_1 é o longo eixo da trajetória elíptica, ou seja, a oscilação.

O valor de pico a pico, A_2 é o eixo menor da trajetória elíptica com a posição inicial do condutor como origem de referência, A_3 é a amplitude máxima de subida do condutor quando ele oscila e A_4 é a amplitude máxima de declínio quando a linha oscila.

O valor de pico A_1 do da oscilação do cabo pode ser calculado conforme Equação B.1:

$$\frac{A_1}{D} = 80 \ln \frac{8f}{50D}, \quad \left(0 < \frac{100D}{8f} < 1.1 \right), \quad \text{Condutor Singelo} \quad (\text{B.1})$$

$$\frac{A_1}{D} = 170 \ln \frac{8f}{500D}, \quad \left(0 < \frac{100D}{8f} < 0.15 \right), \quad \text{Bundle de Cabos}$$

Na fórmula acima A_1 é o valor de pico de oscilação (m), D é o diâmetro do cabo (m), f é a flexa do cabo (m).

Conforme resultados empíricos obtidos estatisticamente, A_2 , A_3 e A_4 podem ser estimados conforme as equações em B.2

$$A_2 = 0,4 \cdot A_1; \quad A_3 = 0,7 \cdot A_1; \quad A_4 = 0,3 \cdot A_1 \quad (\text{B.2})$$

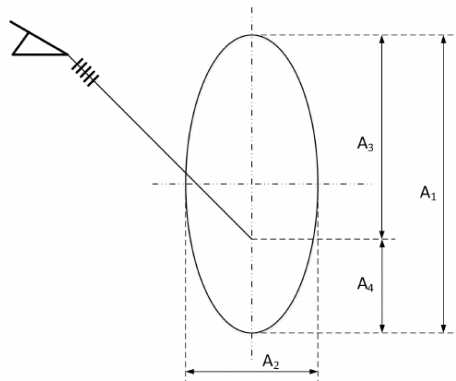


Figura A.1 Diagrama de trajetória elíptica de oscilação do cabo

Apêndice B

(Apêndice normativo)

Requisitos de instalação para dispositivos anti oscilação

O local de instalação das hastes isoladoras espaçadoras entre fases é mostrado na Tabela B.1 ~ B.2 abaixo.

Tabela B.1

Método de disposição das hastes isolantes espaçadoras entre fases para linhas de transmissão de circuito duplo de 500kV:

Vão (m)	Quantidade	Localção (m) (Distância da torre)	
		Fase Superior - Intermediária	Fase Intermediária - Inferior
$L \leq 300$	2	1/3L	2/3L
$300 < L \leq 500$	3	1/4L, 3/4L	1/2L
$500 < L \leq 800$	5	2/9L, 1/2L, 7/9L	2/5L, 3/5L
$L > 800$	7	1/7L, 2/5L, 3/5L, 7/8L	1/4L, 1/2L, 3/4L

Tabela B.2

Método de disposição de hastes espaçadoras interfásicas para linhas de transmissão compactas de 500kV

Vão (m)	Quantidade	De acordo com	Localção (m) (A partir da torre de menor distância entre fases)		
			Fase superior esquerda - Fase inferior	Fase Superior Esquerda - Fase superior direita	Fase superior direita - Fase inferior
$L \leq 300$	2	Situação Geral	1/3L		2/3L
	3	Micro áreas meteorológicas e topográficas	1/4L	1/2L	3/4L
$300 < L \leq 400$	3	Situação Geral	1/4L	1/2L	3/4L
	5	Micro áreas meteorológicas e topográficas	$(L-170)/2, (L-170)/2+160$	$(L-170)/2+80$	$(L-170)/2+10, (L-170)/2+170$
$400 < L \leq 500$	5	Situação Geral	2/9L, 3/5L	1/2L	2/5L, 7/9L
	7	Micro áreas meteorológicas e topográficas	$(L-40-2 \times X)/2, (L-40-2 \times X)/2+10 \times X, (L-40-2 \times X)/2+10+2 \times X+20$ Nota: $X \in [130, 150]$ e satisfazer a condição $(L-40-2 \times X)/2 \in [50, 100]$	$(L-40-2 \times X)/2+10+X+10$	$(L-40-2 \times X)/2+10, (L-40-2 \times X)/2+10+X+20, (L-40-2 \times X)/2+10+2 \times X+30$
$500 < L \leq 700$	5	Situação Geral	2/9L, 3/5L	1/2L	2/5L, 7/9L
	Ver Notas	Micro áreas meteorológicas e topográficas	-	-	-
$700 < L \leq 1000$	6	Situação Geral	1/7L, 4/7L	1/4L, 5/7L	2/5L, 7/8L
	Ver Notas	Micro áreas meteorológicas e topográficas	-	-	-

Nota: Em áreas microtopográficas e micrometeorológicas, deve ser adotado o princípio de arranjo de concentração macroscópica e dispersão microscópica de hastes isolantes espaçadoras:

a) Pelo menos um conjunto entre fase superior esquerda - fase inferior e entre fase superior direita - fase inferior deve ser instalado em cada posição de layout centralizado; o número da fase superior esquerda-fase superior direita é de 1 a 5, especificamente. A quantidade é determinada de acordo com a distância entre as torres, e elas são dispostas simetricamente do meio para ambos os lados, geralmente dispostas no meio do local centralizado.

b) A distância entre as hastes isolantes espaçadoras entre fases mais à esquerda e à direita e a torre é entre 60 e 100m. A distância mínima entre as hastes espaçadoras em dois pontos adjacentes de disposição centralizada é entre 140 e 160m, e a situação específica será determinada de acordo com a distância da torre e requisitos anti oscilação.

c) A tolerância de instalação entre duas hastes isolantes espaçadoras adjacentes é para ser de no máximo de 10m.

Apêndice C

(apêndice informativo)

Instruções de disposição para espaçador amortecedor de pêndulo duplo e instruções de instalação para dispositivos anti oscilação combinados

C1 - Instruções para o layout do espaçador amortecedor de pêndulo duplo

O método de layout de espaçador amortecedor de pêndulo duplo adota macroconcentração e microdispersão:

Exemplo: Organize os locais de acordo com três locais centralizados e faça a instalação local.

A distância é de 6m. O plano prevê um layout "2+3+2". Os três números da esquerda para a direita indicam a instalação de espaçadores amortecedores de duplo pêndulo, de pequeno a grande porte.

Quantidade, onde "2" significa que os dois conjuntos de pêndulos duplos estão localizados 3m à esquerda e à direita do centro do ponto de layout, e "3" significa que os três conjuntos de pêndulos duplos estão localizados no centro

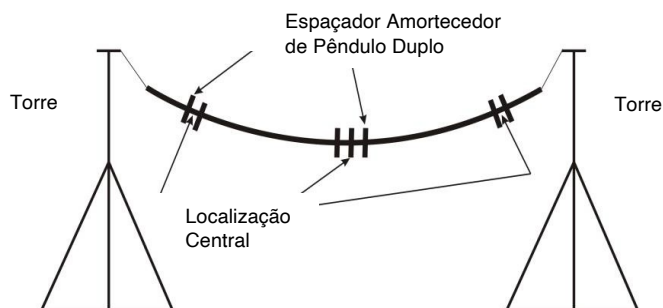


Figura C.1 Exemplo de arranjo de pêndulo duplo de "2+3+2=7"

C2 - Diagramas de instalação de dispositivos anti oscilação combinado

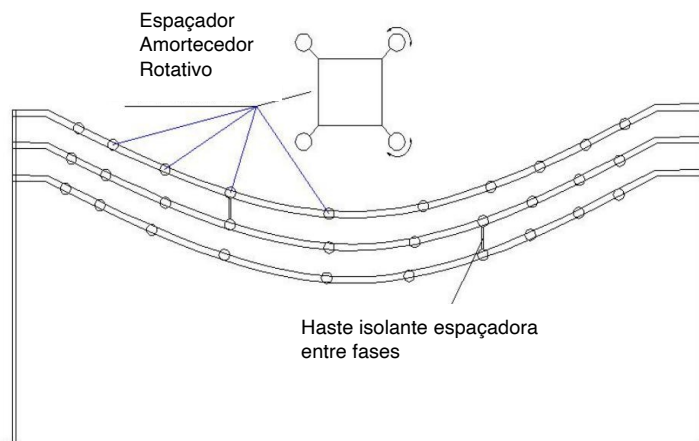


Figura C.2 Diagrama esquemático da combinação de hastes espaçadoras interfásicas e espaçadores amortecedores

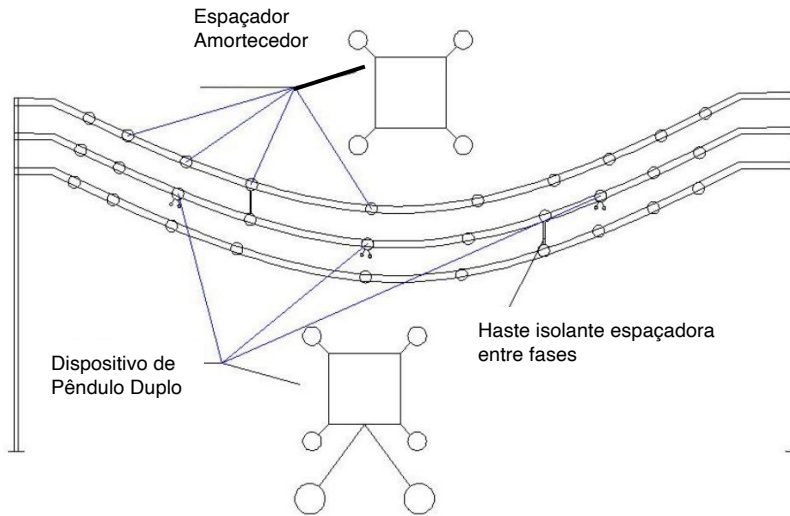


Figura C.3 Diagrama esquemático da combinação de hastes isolantes espaçadoras entre fases e espaçador amortecedor de pêndulo duplo



Exemplos de instalação de haste isolante espaçadora entre fases 500kV



Especificações de projeto para anti oscilação de linhas de transmissão aéreas

Instruções de preparação

Índice

1 Plano de preparação	14
2 Princípios básicos de preparação	14
3 Relacionamento com outros documentos padrão.....	14
4 Principais Processos de Trabalho.....	14
5 Estrutura e conteúdo padrão.....	15
6 Disposições	15

Plano de preparação:

Esta norma é baseada no "Aviso da State Grid Corporation of China sobre a emissão do primeiro lote de desenvolvimento de padrões técnicos e plano de revisão em 2019" (State Grid Corporation of China).

Preparado de acordo com os requisitos da Seção [2019] No. 191).

Desde que o "Código de Projeto Anti oscilação para Linhas de Transmissão Aéreas" foi promulgado em 2012, o projeto anti oscilação de linhas na área de oscilação foi fortalecido.

O desempenho anti oscilação da linha reduz significativamente as perdas de linha causadas por desastres oscilantes e galopantes e tem benefícios econômicos e sociais significativos. No entanto, com o vigoroso desenvolvimento da construção da rede elétrica da China, a direção das linhas, topografia, condições geológicas, etc. estarão inevitavelmente localizadas em algumas áreas especiais com condições micro-meteorológicas distintas, e devido à evolução do clima, condições meteorológicas desastrosas tem ocorrido com maior frequência. Também houve alguns incidentes e desastres oscilantes nas linhas. Ao mesmo tempo, com base na experiência de operação de linha, a empresa emitiu os "Padrões de classificação de áreas oscilantes e regras de projeto de mapa de distribuição oscilante" (Q/GDW 11006-2013); "Especificações técnicas para dispositivos de monitoramento de oscilações de linhas de transmissão" (Q/GDW 10555-2016); "Aviso da State Grid Corporation of China sobre a emissão de dezoito medidas anti acidentes importantes para a rede elétrica (versão revisada)" (State Grid Equipment [2018] No. 979) e outros documentos. A fim de fornecer padrões e bases mais abrangentes para o trabalho de projeto anti oscilação, combinado com a experiência de desastres e gerenciamento de oscilações nos últimos anos, o original "Código para Projeto Anti oscilação de Linhas de Transmissão Aéreas" (Q/GDW 1829- 2012) precisa ser revisado.

Esta revisão combina a experiência de projeto e operação anti oscilação dos últimos anos para complementar e melhorar os mais recentes regulamentos e requisitos anti oscilação da empresa.

Princípios básicos de preparação:

Este padrão é baseado nos princípios básicos do projeto anti oscilação de "proteção, resistência e prevenção". De acordo com diferentes áreas oscilantes, o caminho da linha de transmissão deve ser criteriosamente selecionado para melhorar a resistência mecânica e elétrica dos condutores da linha, acessórios, isoladores, postes e torres, e instalar dispositivos anti oscilação, monitoramento on-line de oscilação e outros. A experiência madura de projeto anti oscilação de linhas de transmissão é classificada de forma abrangente e sistemática, e o resumo é formado referindo-se a uma série de resultados obtidos pela pesquisa de tecnologia anti oscilação da State Grid Corporation da China.

Durante o processo de formulação desta norma, o grupo de trabalho de preparação realizou extensas pesquisas e coletou informações completas sobre padronização, pesquisa e promoção da informação na indústria de energia.

Os resultados da aplicação são baseados em análises e resumos, para que a boa experiência possa ser formulada em regulamentos a serem promovidos.

Relacionamento com outros documentos padrão:

Este padrão é consistente com as leis, regulamentos e políticas nacionais atuais em áreas técnicas relevantes. Este padrão não envolve questões de propriedade intelectual.

Principais processos de trabalho:

Em abril de 2010, o Instituto de Economia e Tecnologia da State Grid Beijing empreendeu a preparação desta norma sob a organização unificada do Departamento de Infraestrutura da State Grid Corporation da China.

Foi criado um grupo de trabalho para elaboração de normas.

Em abril de 2010, a fim de tomar medidas anti oscilação o mais rápido possível para projetos em construção que passam por áreas oscilantes, o grupo de trabalho cooperou com o departamento de infraestrutura da empresa para completar os "Pontos-chave para projeto anti oscilação de projetos de linhas de transmissão sob Construction of State Grid Corporation of China" (State Grid Infrastructure [2010] 536), e com base neste documento, o projeto, verificação e melhoria de 198 projetos de linhas de 110-500kV em construção foram efetivamente melhorados, melhorando efetivamente as capacidades anti oscilação dos projetos em construção.

Em julho de 2010, o Ministério da Infraestrutura organizou um grupo de trabalho para preparar e propor os "Requisitos de projeto anti falhas para novas linhas de transmissão da State Grid Corporation of China" (State Grid Corporation of China Infraestrutura [2010] No. 755), que fornece uma base técnica para o projeto de prevenção de oscilação de novas linhas de transmissão.

De agosto de 2010 a agosto de 2012, com base nos trabalhos preliminares, o grupo de trabalho realizou diversas reuniões de revisão de especialistas. Com base nas opiniões, muitas revisões foram feitas.

Em setembro de 2012, o grupo de trabalho de elaboração de normas formou as "Especificações de Projeto para Anti oscilação de Linhas Aéreas de Transmissão" (projeto para revisão).

Em junho de 2013, este padrão foi lançado pela primeira vez. Em fevereiro de 2019 foi lançado o projeto de formulação e revisão do plano de acordo com as normas técnicas da empresa. Em fevereiro de 2019, uma equipe de redatores foi criada. Em fevereiro de 2019, o plano de estudos padrão foi concluído e um seminário sobre o plano de estudos foi organizado. Em Outubro de 2019, o projeto de solicitação de norma foi concluído e foi amplamente utilizado em institutos de projeto e empresas provinciais de energia elétrica através de e-mails e procura e aconselhamento entre outros métodos.

Em novembro de 2019, a norma foi revisada e submetida para aprovação. Em novembro de 2019, o Grupo de Trabalho Profissional de Normalização do Ministério da Ciência e Tecnologia da State Grid Corporation da China organizou uma reunião de revisão de padrões e a conclusão da revisão foi: Aprovado com comentários.

Enviar para aprovação após modificação.

Em dezembro de 2019, a revisão foi feita para formar o primeiro rascunho revisado da norma para aprovação. A fim de facilitar ao pessoal relevante de projeto, construção, pesquisa científica, escolas e outras unidades a compreensão e implementação corretas das disposições desta norma durante seu uso, a equipe de preparação do "Código para Projeto de Fortificações de Linhas Aéreas de Transmissão" preparou as disposições desta norma na ordem de capítulos, seções e artigos. O texto explica o propósito e a base das disposições, bem como os assuntos relevantes que precisam de atenção na implementação. No entanto, a explicação desta disposição não tem o mesmo efeito jurídico que o corpo principal da norma e é usada apenas como referência para os usuários compreenderem as disposições da norma.

Estrutura e conteúdo padrão:

Esta norma substitui Q/GDW 1829-2012. Em comparação com Q/GDW 1829-2012, esta revisão fez os seguintes ajustes estruturais e editoriais importantes: - Os princípios de divisão de zonas de oscilação no Apêndice B são eliminados. Os níveis de oscilação são mostrados em Q. /GDW11006. O apêndice trajetória elíptica da oscilação do fio foi adicionado.

Consulte este apêndice para calcular a amplitude da oscilação do cabo e ajustar razoavelmente a distância entre as fases. Adicionada a definição de "três vãos" e os princípios de projeto anti oscilação de "três vãos". Esta norma foi preparada de acordo com os requisitos das "Medidas de gerenciamento de padrões técnicos da State Grid Corporation of China" (State Grid Enterprise Management [2018] No. 222). A estrutura principal e o conteúdo desta norma são os seguintes: O capítulo temático desta norma é dividido em 9 capítulos: Disposições básicas para projeto anti oscilação, métodos de projeto anti oscilação, traçado de linha, condutores, acessórios, cadeias de isoladores, postes e torres, fundações, dispositivos anti oscilação e monitoramento online. Entre eles, o Capítulo 4 contém as disposições básicas para o projeto anti oscilação, que alinha os princípios do zoneamento de oscilação com os "Padrões de classificação de áreas de oscilação e regras de desenho de mapas de distribuição de oscilação" (Q/GDW 11006-2013); as cadeias são indicadas no "Aviso Nacional da Power Grid Co., Ltd. sobre a emissão de dezoito medidas anti acidentes importantes para a rede elétrica (versão revisada) (State Grid Equipment [2018] No. 979), os requisitos de projeto anti oscilação e os requisitos anti oscilação para hardware na seção "três vãos" são complementados. Requisitos relevantes para o local de instalação do dispositivo.

Capítulo 9 Fases da Torre, de acordo com o "Estado da arte" do CIGRE; do condutor oscilante", introduz o conceito de trajetória elíptica do condutor oscilante e propõe uma fórmula de cálculo para o pico do condutor oscilante, a fim de calcular com mais precisão a distância entre as fases; o Capítulo 12, Monitoramento Online, alinha os aspectos técnicos e de desempenho relevantes requisitos de equipamentos de monitoramento com as "Especificações técnicas para dispositivos de monitoramento de oscilação em linhas de transmissão" (Q GDW 10555-2016). As unidades de desenho padrão originais incluem State Grid Beijing Research Institute of Economics and Technology, China Electric Power Research Institute, China Electric Power Engineering Consulting Group Corporation, Henan Electric Power Survey and Projeto Institute, Liaoning Electric Power Survey and Projeto Institute, Hubei Electric Power Survey e Projeto Institute; o padrão original é principalmente Os redatores incluem Wen Weibing, Qi Lizhong, Zhang Ziyin, Li Ming, Li Benliang, Lu Jun, Liu Bin, Chen Dabin, Meng Huawei, Zhu Kuanjun, Hou Zhongwei, Guo Yonghua, Huang Liazhuang , Tang Yan, Song Zhiang, Zhang Shijie, Tan Rong, Lu Ming, Tian Lei, Li Xianxin, Lu Fei.

Escopo de aplicação desta norma. É adequado para novas linhas de transmissão aéreas CA e CC de circuito único, duplo e multicircuito de 110 (66) kV e superiores.

Projetos de revisão e atualização técnica de linhas de tensão nominal e linhas de transmissão aéreas existentes podem ser implementados com referência a esta norma. As linhas de longo vão são mais complexas que as linhas comuns, com alturas de torre mais altas, formação de gelo mais comum e velocidades de vento mais altas. Portanto, além de seguir os princípios desta norma, demonstrações especiais devem ser feitas para a anti oscilação de linhas longas. No Capítulo 2 desta norma, o nome e o número padrão do documento padrão citado por referência nesta norma.

No Capítulo 3 desta norma, para compreender corretamente o significado de termos específicos ao implementar as disposições desta norma, são incluídos alguns termos específicos relacionados.

A terminologia relevante é fácil de encontrar e usar na implementação das disposições.

No Artigo 3.2 desta norma, a zona oscilante é dividida em quatro níveis, o que é consistente com o princípio de desenho do mapa da zona oscilante da State Grid Corporation da China. De acordo com o Artigo 4.1 desta norma, a probabilidade e a intensidade da oscilação nas linhas nas áreas de oscilação em cada nível são diferentes e as medidas devem ser tomadas respectivamente. As características das áreas de oscilação em todos os níveis são as seguintes: a) Área de nível 3 (forte), áreas onde a oscilação é extremamente provável de ocorrer com base em fatores meteorológicos e geográficos, como áreas abertas com alta frequência de chuvas congelantes. b) Área de nível 2 (médio), áreas propensas a turbulência com base em fatores meteorológicos e geográficos, como áreas abertas com alta frequência de chuvas congelantes. c) Área de nível 1 (fraca), uma área onde é improvável que ocorra oscilação com base em fatores meteorológicos e geográficos. d) Área nível 0 (não), área onde não ocorrerá oscilação com base em fatores meteorológicos e geográficos. No Artigo 4.2 desta norma, as estatísticas mostram que as linhas com um ângulo superior a 45° em relação à direção dominante do vento na estação de oscilação serão mais fortemente estimuladas pelo vento após serem cobertas com gelo, e a probabilidade de galopar também será maior. Linhas com ângulo menor que 45° terão oscilação. Também há casos, mas a frequência de ocorrência é muito pequena, principalmente em áreas montanhosas, que pertencem a áreas microtopográficas e micrometeorológicas. De acordo com estatísticas do Departamento de Manutenção e Operação da State Grid Corporation of China, em março de 2011, um total de 1.299 eventos de oscilação e galope ocorreram em toda a rede. Entre eles, apenas 81 linhas onde se presenciou oscilações tiveram um ângulo inferior a 45 graus na direção do vento, responsável por 6%, e para ângulo superior a 45 graus 94%.

No Artigo 4.3 desta norma, o dispositivo de monitoramento online de oscilação pode registrar as condições meteorológicas durante a oscilação e dados como amplitude e tração da oscilação. A instalação de dispositivos de monitoramento online é benéfica para o acúmulo de dados de oscilação e monitoramento on-line. Os equipamentos devem ser divididos em regiões e projetos representativos devem ser selecionados para instalação.

Em relação aos requisitos para fortalecer o desenho anti oscilação, o projeto pode ser aumentado em 1 nível de acordo com a área de oscilação, e um estudo especial pode ser realizado para a área de oscilação de nível 3. De acordo com o Artigo 5.1 desta norma, a oscilação do condutor causa grandes danos à operação segura das linhas. Portanto, em áreas propensas a oscilação, devem ser tomadas medidas razoáveis de reforço para melhorar as capacidades mecânicas e anti oscilação da linha.

No Artigo 5.2 desta norma, a divisão das áreas oscilantes das linhas de transmissão deverá ser determinada com base no mapa de distribuição das áreas oscilantes combinada com a investigação do microclima e da microtopografia. Para áreas onde o mapa de distribuição da área oscilante ainda não foi divulgado, os níveis de oscilação devem ser razoavelmente divididos com base nos princípios de projeto do mapa de zoneamento oscilante e na experiência de operação da linha através da investigação da ocorrência de oscilação nas áreas onde a linha passa ao longo dos anos.

Nos artigos 5.3 e 5.4 desta norma, de acordo com estatísticas relacionadas à oscilação, versa sobre métodos de evitar danos às ferragens do jumper e perda dos parafusos da torre que são relativamente comuns. Na área de oscilação de nível 1, devem ser consideradas medidas para fortalecer as ferragens do jumper e evitar que as torres se soltem; nos níveis 2 e 3, mais medidas de reforço em isoladores, ferragens e torres devem ser consideradas em áreas de forte oscilação. Nas áreas de oscilação de nível 1, a análise deve ser realizada para determinar se devem ser instalados ou reservados dispositivos anti oscilação com base em fatores como experiência operacional local e importância da linha.

No Artigo 5.5 desta norma, os dados estatísticos mostram que em algumas linhas onde são instalados dispositivos anti-oscilação, devido ao projeto de instalação inadequado, os dispositivos anti oscilação não desempenham o seu devido papel. Científico ou não, não é tão bom quanto o que se pode atingir com o desempenho ideal. O efeito anti oscilação tem muito a ver com isso, e os cálculos necessários devem ser feitos durante o projeto. No artigo 6.1 desta norma, com base na análise de acidentes de oscilação anteriores, é mais provável que a oscilação ocorra quando a linha cruza a saída ou passagem do vento, por isso deve ser evitado tanto quanto possível. Por exemplo, a linha compacta Gutai Line 1 53#~54# e Gutai Line 2 56#~57# da North China Power Grid são paralelas com grandes vãos. Duas montanhas impressadas por um terreno de vala e afetadas pelo microclima. Após a entrada em operação do projeto, linhas cobertas de gelo ocorriam nesses dois estágios quase todos os anos, causando muitas falhas elétricas e mecânicas, como disparo de flashover entre fases, quebra do hardware de conexão do espaçador amortecedor, quebra do corpo do espaçador do condutor e tentos do condutor quebrados, afetando seriamente a operação da linha com segurança.

De acordo com o Artigo 6.2 desta norma, em áreas abertas e planas, a redução do ângulo entre a linha e a direção predominante do vento quando coberta com gelo pode efetivamente reduzir o efeito de excitação do vento no condutor, reduzindo assim a probabilidade de oscilação. Como a direção do vento no inverno e na primavera na China é principalmente norte ou norte, as linhas norte-sul raramente oscilam. Porém, devido à influência da microtopografia e do microclima, as linhas norte-sul também podem oscilar.

De acordo com o artigo 6.3 desta norma, ao selecionar percursos em zonas montanhosas, a probabilidade de oscilação pode ser reduzida passando o percurso por zonas que não são facilmente cobertas por gelo. A formação de gelo está intimamente relacionada com a umidade do ar. Nas zonas montanhosas, os traçados devem ser escolhidos o mais longe possível de rios, lagos, pântanos, zonas úmidas e outros locais similares. Se for impossível evitá-lo, deve-se escolher a zona barlavento da água para traçado.

De acordo com o artigo 6.4 desta norma, em áreas planas, quanto maior o vão e mais alta a torre, mais fácil é a formação de um campo de vento contínuo ao redor do condutor. O vento e o gelo têm maior impacto na linha, e mais fácil é a formação de um campo de vento contínuo ao redor do condutor. A probabilidade de oscilação da linha aumenta proporcionalmente. À medida que a distância do vão aumenta, a probabilidade ocorrência da oscilação aumenta proporcionalmente, o que tornará a situação da oscilação mais complexa e o gerenciamento mais difícil. Em áreas com forte oscilação, reduzir a distância do vão e o comprimento da seção entre torres de ancoragem junto com a diminuição da altura das torres desempenharão um excelente papel na supressão das oscilações.

A experiência prática mostra que mantendo a distância de vão inferior a 500 m e o comprimento da seção entre torres de ancoragem inferior a 5 km (zona de oscilação de nível 2) e inferior a 3 km (zona de oscilação de nível 3), se consegue um efeito significativo na melhoria da capacidade da linha de resistir ao dano por oscilação.

No Artigo 6.5 desta norma, o atual mapa de distribuição oscilante reflete principalmente a intensidade média das oscilações das linhas de transmissão na área. No entanto, algumas seções de "três vãos" têm características micro-topográficas e micrometeorológicas óbvias, e a intensidade oscilante é superior à média. Com base na importância dos "três vãos" se exige que seja dada a devida atenção ao fortalecimento das medidas anti oscilação em relação às práticas originais. No artigo 6.6 desta norma, como a torre de ancoragem suporta diretamente a carga gerada pelo condutor, quando ocorre a oscilação, a torre tem maior probabilidade de quebrar, e falhas como queda de peças da torre e danos aos isoladores e ferragens. Portanto, torres autoportantes devem ser utilizadas em ambos os lados de vãos importantes.

No artigo 7.1 desta norma, a seleção dos cabos na área de oscilação considera principalmente dois aspectos: técnicos e econômicos. Além das propriedades elétricas e mecânicas convencionais, a seleção dos cabos na área de oscilação também deve levar em consideração o impacto nas propriedades mecânicas dos condutores quando ocorrem as oscilações. Ao calcular o custo do ciclo de vida, o custo do dispositivo anti oscilação também deve ser levado em consideração. No Artigo desta norma, a análise de acidentes domésticos de oscilação nos últimos anos prova que os condutores "multi-split" têm grande rigidez torsional e são mais propensos a produzir tombamento excêntrico.

No Artigo 7.3 desta norma, após a instalação de dispositivos anti oscilação comuns, como dispositivos anti oscilação de duplo balanço e hastes isolantes espaçadoras entre fases, a carga concentrada nos condutores aumenta, o que afeta os condutores.

A curvatura e a tração da linha terão um impacto, e o fator de segurança do condutor e as distâncias à terra de entre vãos transversais precisam ser verificados.

No Artigo 8.1 desta norma, devido ao balanço irregular de cadeias de isoladores duplas ou múltiplas causadas pela oscilação, é provável que ocorram colisões entre os isoladores, resultando em danos aos isoladores de porcelana ou vidro.

Portanto, a distância entre cadeias de isoladores de ancoragem dupla deve ser aumentada adequadamente. Dependendo do comprimento da coluna de isoladores, o espaçamento entre as cadeias é geralmente aumentado em 50-100 mm em comparação com as cadeias convencionais para reduzir a probabilidade de colisão entre as cadeias.

De acordo com o Artigo 8.2 desta norma, quando a cadeia de isoladores de ancoragem oscila com uma grande amplitude, a amplitude da direção vertical da cadeia de isoladores ancoragem é maior do que a da direção horizontal. As cadeias de isoladores de ancoragem dispostas verticalmente colidirão para cima e para baixo, causando danos. Além disso, embora os isoladores compostos tenham menos quebra de cadeias devidas às oscilações quando usados como ancoragem, considerando que os núcleos dos isoladores compósitos têm resistência à flexão relativamente baixa, as cadeias de isoladores compostos de ancoragem nas zonas de oscilação de nível 2 e nível 3 devem ser usados com cautela. De acordo com o Artigo 8.3 desta norma, danos aos jumpers e à ferragem dos jumpers são responsáveis por uma proporção considerável de falhas por causas oscilantes. Os cabos oscilantes causarão a ressonância da estrutura do jumper e a vibração da cadeia isoladora. Como o sistema de jumper é relativamente leve, as cadeias de ancoragem em ambos os lados oscilarão de forma assíncrona à oscilação do jumper. Segundo as estatísticas, durante a temporada de 2009-2010, foram causados um total de 69 danos a acessórios, cabos de passagem, isoladores, etc., representando um terço de todos os danos mecânicos. Durante o início da temporada de 2018, foram causados um total de 42 danos, como danos a ferragens e isoladores, representando cerca de um quarto de todos os danos mecânicos. No processo de prevenção de oscilação de linhas de transmissão de 500kV, espaçadores de amortecimento de placa dupla de alta resistência são geralmente usados para substituir os espaçadores de jumper.

No Artigo 8.4 desta norma, quando a linha oscila, a grande amplitude faz com que a tensão dinâmica máxima do condutor aumente significativamente em comparação com as condições normais. O aumento da carga e a fadiga da ferragem causada pela oscilação podem facilmente fazer com que as peças de conexão se deformem ou quebrem. A versão 2012 do "Código de Projeto Anti oscilação para Linhas de Transmissão Aéreas" melhorou o fator de segurança de projeto de ferragens de conexão em áreas de oscilação de nível 2 e nível 3, evitando efetivamente a ocorrência de acidentes semelhantes.

No Artigo 8.5 desta norma, a tensão está concentrada nas bordas do grampo de suspensão do condutor, que também é o nó onde o condutor vibra, a vibração e o desgaste por fadiga de longo prazo causarão a ruptura do condutor. Portanto é considerada a necessidade de armadura preformada no grampo de suspensão do condutor que pode efetivamente reduzir o desgaste do grampo e do condutor.

No Artigo 8.6 desta norma, quando isoladores compostos com conexões de concha-bola são usados em cadeias em forma de V, é provável que ocorra falha do isolador quando os condutores forem submetidos a grandes forças horizontais.

Quando um dos isoladores da cadeia está sob pressão, a bola pressiona a concha e pode deformar a cupilha, levando à desconexão do conjunto. Atualmente, no projeto de circuitos, a extremidade dos isoladores são em Olhal-Olhal ou Elo-Elo, e uma boa experiência operacional foi alcançada.

No Artigo 9.1.1 desta norma, com base na oscilação observada na linha de teste Ouriko Te do Japão de dezembro de 1979 a maio de 1981, a tração máxima do condutor durante a oscilação do cabo de alumínio com núcleo de aço ACSR-810 foi de 1,66 vezes a tração normal. No artigo 9.1.2 desta norma, no acidente de oscilação em Liaoning, constatou-se que as vigas diagonais dos braços transversais da torre foram danificadas pela deformação das paredes dos orifícios dos parafusos de ataque.

Portanto, para a zona de oscilação de níveis 2-3, uma margem adicional deve ser aplicada para a resistência mecânica da parede do orifício do parafuso de ataque, aumentando a espessura dos perfis angulares de aço ou aumentando o número de parafusos.

No Artigo 9.2 desta norma, como o deslocamento longitudinal dos condutores é maior que o deslocamento lateral durante o processo de oscilação, é mais provável que a descarga entre fases ocorra em linhas onde os condutores não estão dispostos horizontalmente. Para linhas com condutores dispostos não horizontalmente, aumentar a distância entre as fases pode reduzir a probabilidade de falha na descarga interfase devido ao galope. O artigo 9.3.1 desta norma é uma medida de reforço tomada para evitar danos à ligação entre a cruzeta e o corpo da torre quando da ocorrência de oscilações.

No Artigo 9.3.2 desta norma, quando ocorre oscilação, considera-se que estrutura do plano superior da cruzeta da torre de ancoragem e a estrutura suporte às fundações se tornarão membros de compressão, portanto devem ser dispostos como um sistema de suporte estável. De acordo com o artigo 9.3.5 desta norma, os principais materiais do corpo da torre de tubos de aço são geralmente conectados por flanges. Os materiais principais da cruzeta, os materiais diagonais e os materiais auxiliares podem ser conectados inserindo conexões de placa, conexões de intersecção, juntas esféricas, etc. Levando em consideração as características dinâmicas da carga oscilante e a situação real da torre de tubos de aço doméstico. De acordo com o Artigo 9.3.7 desta norma, acidentes de oscilação em linha nas áreas de Henan e Liaoning, foram causados por parafusos afrouxados e faltantes perto dos pontos de fixação do condutor e em nós principais, especialmente em alguns componentes finais de parafuso único, acarretando danos nos braços transversais da torre. Portanto, conexões de parafuso único devem ser evitadas para os itens de suporte de carga das torres nas áreas de oscilação de nível 2 e nível 3.

No Artigo 9.4.1 desta norma, considerando que a torre de ancoragem é um nó portante que suporta cargas alternadas longitudinais quando ocorre a oscilação, e as torres de suspensão próximas às torres de ancoragem também estão sujeitas a cargas maiores e a cargas alternadas durante a oscilação, facilitando o afrouxamento dos parafusos. Portanto todos os parafusos dessas torres devem ter projeto anti afrouxamento. De acordo com os resultados da investigação no local de um grande número de danos causados pela oscilação na província de Henan, o efeito anti afrouxamento dos parafusos é importante. Portanto, recomenda-se a utilização de porcas anti afrouxamento. Para torres que foram construídas e requerem modificações anti oscilação, as porcas simples devem ser substituídas por porcas anti afrouxamento. Neste momento, as porcas anti afrouxamento funcionam de forma eficaz e o efeito é o melhor.

No Artigo 10.1 desta norma, em condições de oscilação, as torres de ancoragem e as torres de suspensão vão suportar cargas dinâmicas maiores, fazendo com que a fundação suporte esforço alternada superiores. Na zona de oscilação de nível 3, aumentar o diâmetro ou o número de estribos pode melhorar a fundação e sua capacidade de resistir a cargas dinâmicas cíclicas. A investigação e pesquisas relacionadas sobre oscilações de torres de transmissão na província de Hubei mostram que a frequência oscilante das linhas de transmissão aéreas está geralmente entre 0,1 e 3 Hz, e o período está entre 0,3s e 10s. Uma vez que a oscilação ocorre, ela dura um longo tempo, e o número de ciclos de carga dinâmica pode atingir de 500 a 50.000 vezes (relacionado a vários fatores, como meteorologia, topografia, parâmetros do condutor e configuração espacial). É necessário verificar a resistência e estabilidade das torres de ancoragem, fundações de torres de longo vão e fundações em locais com condições de oscilação.

No Artigo 10.3 desta norma, os resultados da investigação dos danos oscilantes das torres de transmissão na província de Henan mostram que o parafuso de porca comum da torre de tensão sob condições de oscilação contínua. Existem muitos fenômenos de afrouxamento e remoção de porcas, resultando no dano de muitas cruzetas e até mesmo no dano geral de torres individuais. Para facilitar reparos de emergência após danos gerais, devem ser utilizadas fundações com chumbadores.

No Artigo 10.4 desta norma, de acordo com os dados de operação da linha na província de Hubei, os acidentes de torre causados pela oscilação nas áreas de oscilação não se limitam às áreas de oscilação de nível 3, mas também ocorrem nas áreas de oscilação de nível 2. As fundações profundas têm maior resistência a cargas cíclicas do que as fundações rasas, as fundações expandidas têm maior resistência a cargas cíclicas do que as fundações mais estreitas, e as fundações integrais moldadas no local têm maior resistência a cargas cíclicas do que as fundações pré-fabricadas.

No Artigo 10.5 desta norma, o preenchimento das lacunas entre os chumbadores e os orifícios dos parafusos fixação da placa de base da torre ajudará a melhorar a resistência da conexão entre os parafusos e a fundação.

No artigo 11.1 desta norma, tendo em conta a importância das linhas UHV, recomenda-se a utilização de dispositivos anti oscilação amplamente utilizados e tecnologicamente avançados.



Teste de haste isoladora espaçadora entre fases

O uso de dispositivos anti oscilação combinados pode ter um impacto maior na linha e deve ser usado com cautela antes de realizar estudos de aplicação aprofundados.

Os dispositivos anti oscilação usados nas linhas de 330-750kV da China incluem principalmente dispositivos anti oscilação de duplo balanço, espaçadores rotativos de pinça de linha e espaçadores interfases. Entre eles, os espaçadores interfases são usados principalmente em circuitos duplos (múltiplos), mesma torre, linhas convencionais e linha compacta. Para circuitos duplos e dois circuitos simples na mesma torre da área de oscilação, poderão ser adotadas medidas anti oscilação diferenciadas conforme condições específicas.

A amplitude de vibração na direção vertical é maior que a direção horizontal durante a oscilação, de modo que o arranjo vertical ou triangular tem maior probabilidade de causar descarga interfásica do que o arranjo horizontal. Para linhas de 110 (66) e 220kV, como a distância entre fases é relativamente pequena, é tecnicamente mais fácil implementar espaçadores interfases com melhor efeito anti oscilação em arranjos verticais ou triangulares. Quando dispostos horizontalmente, é mais adequado instalar dispositivos anti oscilação em condutores monofásicos. Para circuitos duplos e dois circuitos simples na mesma torre da área de oscilação, poderão ser adotadas medidas anti oscilação diferenciadas conforme condições específicas. No Artigo 11.2 desta norma, o método de instalação do dispositivo anti oscilação é obtido pelo Instituto de Pesquisa de Energia Elétrica da China com base no projeto, experiência de operação e resultados de pesquisas relacionadas.

a) Haste isolante espaçadora entre fases. A haste isolante espaçadora entre fases (pode ser usado condutor único ou condutor dividido) é uma haste espaçadora com propriedades isolantes e resistência mecânica usada entre fases ou loops. Ela conecta mecanicamente os condutores para que os movimentos dos condutores se restrinjam, atingir o objetivo de inibir a oscilação. A haste isolante espaçadora entre fases é uma estrutura de isolamento composta por uma haste central de fibra de vidro e um invólucro de borracha de silicone vulcanizada a quente. Possui características de alta resistência à tração, peso leve e certa flexibilidade, boa resistência ao impacto, não frágil e alta resistência à poluição e condições atmosféricas;

As hastes espaçadoras inibem a oscilação, evitam galopes no gelo e evitam a deflexão por vento até certo ponto. Sua função anti oscilação é a melhor entre todos os dispositivos anti oscilação existentes. As hastes isolantes espaçadoras entre fases têm sido as mais utilizadas no trabalho anti oscilação de linhas de transmissão com níveis de tensão de 220 kV e superiores. As hastes isolantes espaçadoras entre fases também têm sido cada vez mais utilizadas para linhas de transmissão compactas com níveis de tensão acima de 220 kV. É a mais adequada para anti oscilação de linhas multicircuitos na mesma torre onde os condutores de fase estão dispostos verticalmente. É claro que existem itens a serem acompanhados como deterioração e baixa rigidez à flexão das hastes isolantes espaçadoras entre fases, e sua vida útil está sendo testada.

Os métodos de conexão das ferragens das hastes isolantes espaçadoras entre fases incluem conexão de dois pontos e conexão de quatro pontos. De acordo com a experiência operacional, o método de conexão de quatro pontos tem estabilidade relativamente boa.

b) Espaçador Amortecedor rotativo: O espaçador amortecedor rotativo (adequada para bundles) é um dispositivo anti oscilação desenvolvido recentemente na China nos últimos anos. Sua característica é que alguns dos grampos no espaçador podem girar livremente (ou dentro de uma determinada faixa de ângulo), enquanto alguns dos grampos são iguais aos grampos comuns e não podem girar livremente. A parte móvel do mandril pode quebrar o recobrimento de gelo do condutor, alterando assim o coeficiente aerodinâmico do condutor recoberto de gelo. Como este dispositivo anti oscilação tem a função dupla de espaçador e dispositivo anti oscilação, ele não aumenta a carga na linha de transmissão e basicamente não tem impacto na tração operacional dos cabos da linha. Seu layout considera principalmente os efeitos da oscilação de segunda ordem, da autorrecuperação da inversão, etc. O custo dos espaçadores rotativos com junta preformada é ligeiramente superior ao dos espaçadores comuns. Os espaçadores rotativos têm sido amplamente utilizados no trabalho anti oscilação de linhas de transmissão aéreas em meu país.

c) Espaçador Amortecedor de duplo pêndulo O Espaçador amortecedor de duplo pêndulo é um dispositivo anti oscilação com bom desempenho anti oscilação desenvolvido com base no mecanismo de estabilidade. Ele é projetado para melhorar o desempenho do sistema condutor. Poderoso e estável, também tem a função de suportar peso e anti galope. Atualmente, os espaçadores amortecedores de duplo pêndulo anti oscilação têm sido amplamente utilizados em muitas linhas de bundles de condutores na China, alcançando bons efeitos anti galope e acumulando uma rica experiência. Eles estão entre os dispositivos anti galope mais amplamente utilizados para linhas de transmissão aéreas na China. O espaçador amortecedor de duplo pêndulo é um dispositivo anti galope rígido, a julgar pela experiência de aplicação, se o projeto for razoável, ele pode efetivamente impedir o galope. Se o projeto não for razoável (se as condições reais de gelo e vento excederem a faixa de proteção), a oscilação ainda pode ocorrer na linha, mas no geral, o espaçador amortecedor de pêndulo duplo pode basicamente prevenir ou inibir o galope até certo ponto. O espaçador amortecedor de pêndulo duplo possui um conjunto completo de métodos de cálculo de projeto, que devem ser analisados detalhadamente. A aplicação cega ou cópia sem cálculo de projeto reduzirá muito seu efeito anti oscilação e até mesmo terá um impacto negativo na operação segura do. linha.

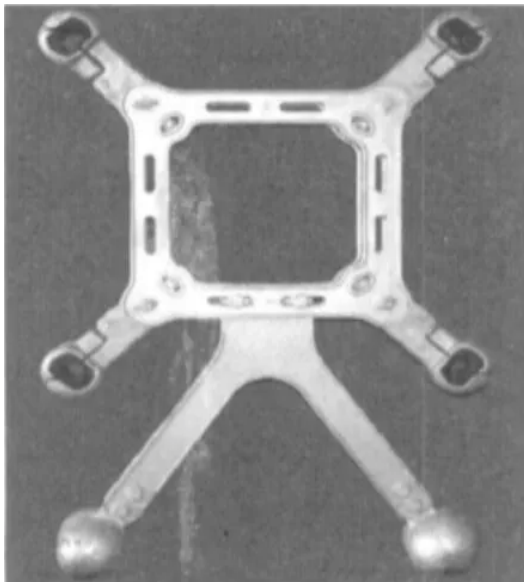
d) Pêndulo assíncrono: O pêndulo assíncrono (aplicável a um único condutor) é um dispositivo mecânico com peso de massa M e comprimento de braço R instalado sob o condutor. O pêndulo assíncrono é baseado no mecanismo de excitação de vibração torsional. O pêndulo assíncrono é usado para ajustar a frequência natural da vibração torsional para separá-la da frequência natural de alta ordem da vibração transversal, evitando assim seu acoplamento e induzindo a oscilação. Os pêndulos assíncronos são controversos na prevenção da oscilação, sendo eficazes em algumas áreas e não em outras. É usado na China, mas o escopo de aplicação é pequeno.

e) O dispositivo anti oscilação de peso excêntrico integrado possui funções anti oscilação abrangentes, como melhorar a estabilidade dinâmica, fornecer controle de feedback de torção e interromper a distribuição do fluxo de ar ao longo do vão. O preço é relativamente baixo e é um dispositivo anti oscilação econômico e relativamente eficaz.

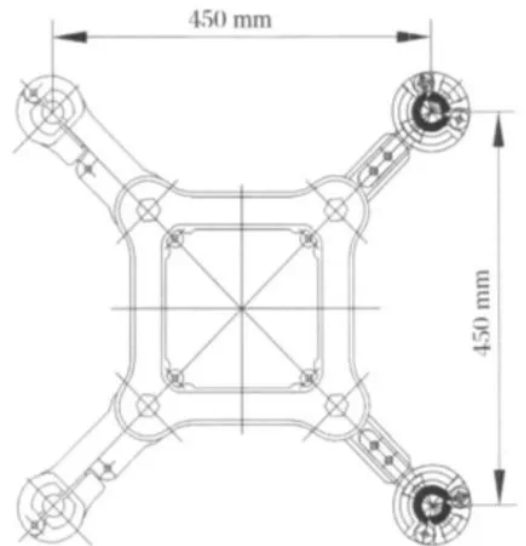
O peso excêntrico integral tem sido utilizado na prática de prevenção de oscilação em linhas de transmissão na China. No projeto anti oscilação, deve-se prestar atenção ao projeto do peso para evitar massa muito grande, fazendo com que a vibração de vento na linha exceda o padrão.

No Capítulo 12 desta norma, os dispositivos de monitoramento online devem ser instalados de acordo com as necessidades reais, de acordo com princípios econômicos e razoáveis. O dispositivo de monitoramento de oscilação instalado e o dispositivo de monitoramento meteorológico devem atender aos requisitos dos padrões da série de monitoramento de condições da linha de transmissão e passar no teste de tipo do departamento competente com qualificações de inspeção.

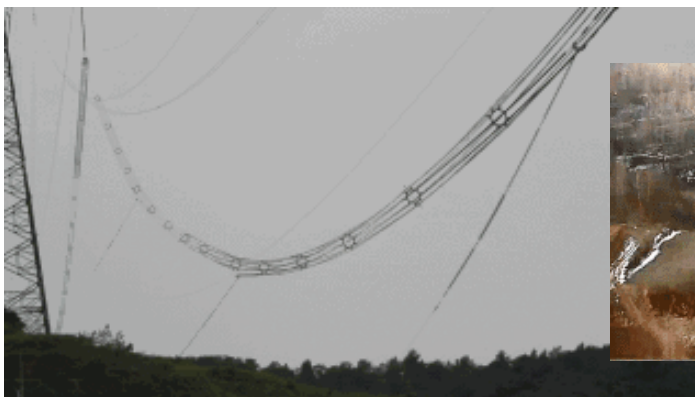
No Capítulo 12 desta norma, ao determinar o local de instalação de dispositivos de monitoramento on-line, múltiplas linhas no mesmo corredor ou áreas com parâmetros de linha e condições ambientais e meteorológicas semelhantes devem ser consideradas em geral para evitar desperdícios desnecessários. A fim de garantir a precisão e confiabilidade dos dados de monitoramento, os equipamentos de monitoramento devem escolher produtos com tecnologia madura e alta confiabilidade.



Espaçador de Pêndulo Duplo



Espaçador Amortecedor Rotativo



Exemplo de oscilação de bundle de 8 e 6 cabos