

Monitoramento Inteligente de LT
Catálogo de Sensores

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br – End: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR – CEP 83648-000, Caixa Postal 772 – Tel.+5541-3393-2122

Tradição, Qualidade e Agilidade em Isoladores e Ferragens para Transmissão de Energia

Em 31 de Outubro de 2011 foi assinado o acordo que deu origem à companhia que hoje é a TEXPI Equipamentos Ltda.

Desde sua criação a TEXPI trouxe ao mercado brasileiro e sul-americano o que concluímos como sendo o que há de melhor em isoladores de porcelana, vidro e compostos fabricados na China. Tanto no que se refere à qualidade do produto em si como no bom atendimento na prestação de serviços associados.

No começo tivemos um grande desafio em comprovar ao mercado a qualidade das escolhas que fizemos em isoladores e ferragens para transmissão de energia:

- Dezenas de viagens acompanhadas para auditorias técnicas e de qualidade nas fábricas parceiras na China;
- Centenas de ensaios de tipo e recebimento planejados e executados pela equipe da TEXPI na presença de inspetores dos mais importantes clientes brasileiros.
- Tais ensaios foram executados nos mais renomados laboratórios do Brasil e do mundo:

Tradición, Calidad y Agilidad en Aisladores y Herrajes para Transmisión de Energía

El 31 de octubre de 2011 se firmó el acuerdo que dio origen a la Compañía que hoy es TEXPI Equipamentos Ltda.

Desde su creación, TEXPI ha traído al mercado brasileño y sudamericano lo que consideramos lo major en aisladores de porcelana, vidrio y compuestos fabricados en China. Tanto en lo que se refiere a la calidad del producto en sí como al buen servicio prestado en los servicios asociados.

Al principio, tuvimos un gran desafio en demosntrar al mercado la calidad de la elecciones que hicimos en aisladores y herrajes para transmission de energía:

- *Docenas de viajes acompañados de auditorías técnicas y de calidad en fábricas asociadas en China;*
- *Cientos de Ensayos de Tipo y Muestreo planificados y realizados con el equipo de TEXPI en presencia de los inspectors de los clientes brasileños más importantes.*
- *Tales ensayos se llevaron a cabo en los laboratórios más reconocidos de Brasil y del mundo:*

Tradição, Qualidade e Agilidade em Isoladores e Ferragens para Transmissão de Energia

Após quase dez anos de trabalho cuidadoso, estrito controle de qualidade e agilidade na prestação de serviços a TEXPI tem a honra de ter sido fornecedora de soluções em isoladores e ferragens desde 15 até 800kV para as mais importantes companhias do mercado de transmissão brasileiro:

Tradición, Calidad y Agilidad en Aisladores y Herrajes para Transmisión de Energía

Luego de casi diez años de cuidadoso trabajo, estricto control de calidad y agilidad en la prestación de los servicios, TEXPI tiene el honor de haber sido un proveedor de soluciones en aisladores y herrajes de 15 a 800kV para las empresas más importantes del mercado brasileño de transmisión:

ABB · Alunorte · Alupar · AG Andrade Gutierrez · Cemig · Cesbe S.A. · Chesf · Camargo Corrêa Infra · Copel · Cápua Engenharia · CPFL Energia · Eaton · edp · Elecnor · Eletrobras Eletronorte · Eletrobras Eletronuclear · Eletrobras Eletrosul · Enel · Grupo Equatorial Energia · GE · Engie · Fasttel Engenharia · Furnas · I.G. Transmissão e Distribuição · isa CTEEP · Itaipu Binacional · JPW Engenharia Elétrica Ltda. · State Grid Corporation of China · medral · MEZ Energia · MPE · Neoenergia · Sepco1 · Petrobras · Quebec Engenharia · RGE Uma empresa CPFL Energia · Siemens · SBEI · SK Ingenieria y Construccion Sigdo Koppers · TS Engenharia e Infraestrutura · Sterlite Power · STK Sistemas do Brasil · Sendi · TSEA energia · Licensed by Toshiba · Tabocas Participações Empreendimentos S/A · taesa · Vividense Soluções em linhas de transmissão · weg

Tradição, Qualidade e Agilidade em Isoladores e Ferragens para Transmissão de Energia

Ressaltamos alguns fornecimentos que merecem destaque pelo relevante resultado obtido em favor de nossos clientes:

- Furnas 800kV – Desenvolvimento de solução para a causa do apagão em 2009;
- Teles Pires 500kV– Recorde de antecipação junto à ANEEL (29 meses);
- CNTE 230kV – Segunda maior antecipação de obra ANEEL (22 meses);
- XRTE 800kVdc:
  - Principal fornecedor de ferragens para as cadeias do cabo condutor e dos cabos para raios;
  - Desenvolvimento, testes, produção e fornecimento das ferragens para as linhas dos Eletrodos de aterramento das subestações conversoras;

Tradición, Calidad y Agilidad en Aisladores y Herrajes para Transmisión de Energía

Destacamos algunos suministros que merecen ser destacados por el relevante resultado obtenido a favor de nuestros clientes:

- *Furnas 800kV – Desarrollo de solución para la causa de apagón en el año de 2009;*
- *Teles Pires 500kV– Record de anticipación junta a ANEEL (22 meses);*
- *CNTE 230kV – Segunda mayor anticipación de obra ANEEL (19 meses);*
- *XRTE 800kVdc:*
  - *Proveedor principal de herrajes para cadenas para cables conductors y cables pararayos;*
  - *Desarrollo, pruebas, producción y suministro de herrajes para las Líneas de los electrodos de puesta a tierra de las subestaciones convertidoras;*



COTAÇÕES

State Grid entrega linha de transmissão em MT com 29 meses de antecedência

ESTADÃO conteúdo
Luciana Collet
São Paulo
14/01/2019 14h11

A State Grid Brazil Holding informou ter colocado em operação no domingo, 13, a linha de transmissão de 500kV Paranaíta-Ribeirãozinho, que corta o Estado de Mato Grosso. O empreendimento, que consumiu R$ 1,6 bilhão em investimento, foi entregue com 29 meses e 14 dias frente ao cronograma estabelecido no contrato de concessão com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), informou a companhia, referindo-se ao prazo de 27 de junho de 2021, .

"Com a antecipação, o sistema irá escoar a mais a energia de três períodos de cheia do complexo hidrelétrico Teles Pires, aliviando o problema da oferta e demanda de energia no Brasil", destacou a State Grid.

A empresa explicou que o projeto aumenta a capacidade de escoamento da energia produzida na hidrelétrica, como também a estabilidade e confiabilidade do Sistema Interligado Nacional (SIN).

TECNOLOGIA

Desenvolvimento de isoladores suporte para uso sob chuva intensa

Para aumentar a suportabilidade dos isoladores convencionais, em nível de 800 kV, quando de fortes tempestades, eram usados defletores de chuva, solução cara e inadequada por exigir vistorias frequentes e colocar em risco a eficácia do equipamento. Um isolador suporte foi então desenvolvido para atender todas as exigências das normas técnicas sob condição de chuvas muito intensas, como mostra este artigo.

Roberto Paulo da S. P. Junior (Furnas) e Claudio da Costa Teixeira (Grantel Equipamentos)

TEXPI – Um olhar atento para o Futuro

A TEXPI busca e implementa inovações que se mostrem como soluções eficazes aos problemas de nossos clientes.

Neste sentido, ao longo dos anos, a TEXPI vem investindo em importantes e diversas áreas com o objetivo de atingir a excelência no atendimento aos seus clientes:

- MAIOR ESTOQUE DE ISOLADORES DA AMÉRICA LATINA:



ESTOQUE DE ISOLADORES DE PORCELANA ATÉ 138 kV
Stock de aisladores de Porcelana hasta 138 kV



ESTOQUE DE ISOLADORES DE VIDRO (120 A 240KN)
Stock de aisladores de vidrio (120 hasta 240 kN)



ESTOQUE DE ISOLADORES DE PORCELANA DE 230 A 500 kV
Stock de aisladores de Porcelana desde 230 hasta 500 kV

TEXPI – Una mirada al Futuro

TEXPI busca e implementa innovaciones que demuestren ser soluciones efectivas a los problemas de nuestros clientes.

En este sentido, a lo largo de los años, TEXPI ha estado invirtiendo en áreas importantes y diversas con el fin de lograr la excelencia en el servicio a sus clientes:

- *MAYOR STOCK DE AISLADORES EN AMÉRICA LATINA:*

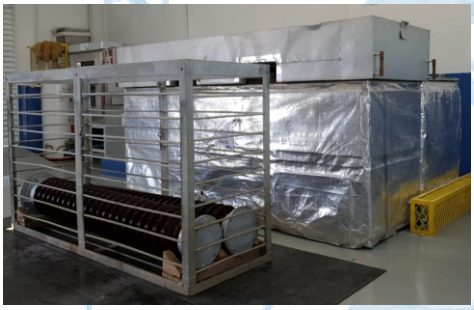


MAIS DE 60 CONTAINERS DE PRODUTOS JÁ TESTADOS PARA ATENDER OS CLIENTES COM AGILIDADE
Más de 60 contenedores de productos ya probados servir a los clientes con agilidad

TEXPI – Um olhar atento para o Futuro

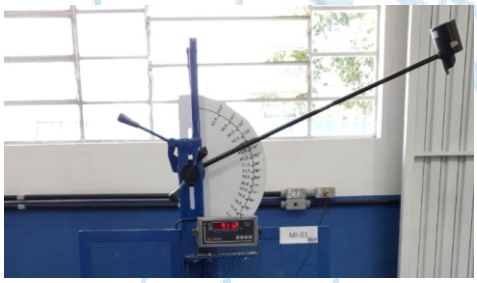
TEXPI – Una mirada al Futuro

- LABORATÓRIOS DE ÚLTIMA GERAÇÃO
- *LABORATORIOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN*



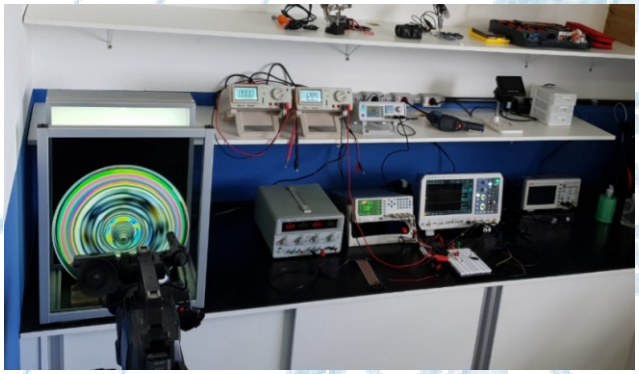








LABORATÓRIO MECÂNICO, FÍSICO E DIMENSIONAL
Laboratorio Mecánico, Físico y Dimensional



LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO
Laboratório de Desarrollo



LABORATÓRIO DE RADIOINTERFERÊNCIA (RIV)
Laboratorio de Radiointerferencia (RIV)



LABORATÓRIO DE TENSÃO APLICADA
Laboratorio de Tensión Aplicada

TEXPI – Um olhar atento para o Futuro

- CADEIAS COMPLETAS (ISOLADORES E FERRAGENS):
  - Em complemento à linha de isoladores de suspensão e ancoragem a TEXPI desenvolveu o fornecimento de ferragens para linhas de transmissão, tendo agora a possibilidade de oferecer a solução de cadeia completa.



CADEIA COMPLETA EM GRAMPEAMENTO
PROJETO PRTE 500 kV
Cadena completa en grapado
Proyecto PRTE 500 kV

TEXPI – Una mirada al Futuro

- *CADENAS COMPLETAS (AISLADORES Y HERRAJES):*
  - *Además de la línea de aisladores de suspension y anclaje, TEXPI desarrolló el suministro de herrajes para las líneas de transmision, teniendo ahora la posibilidad de ofrecer la solución de cadena completa*



FERRAGENS PROJETO XRTE 800 kVDC
Herrajes Proyecto XRTE 800kV DC

TEXPI – Um olhar atento para o Futuro

- NOVOS PRODUTOS
  - BOOSTER SHEDS HTV - Acessório que melhora o desempenho de isoladores elétricos em áreas muito poluídas



BOOSTER SHED HTV INSTALADO EM SE 500 kV
Booster Shed HTV instalado en subestación 500 kV

TEXPI – Una mirada al Futuro

- *NUEVOS PRODUCTOS*
  - *BOOSTER SHEDS HTV - Accesorio que mejora el desempeño de los aisladores eléctricos en áreas en ambientes de alta polución*



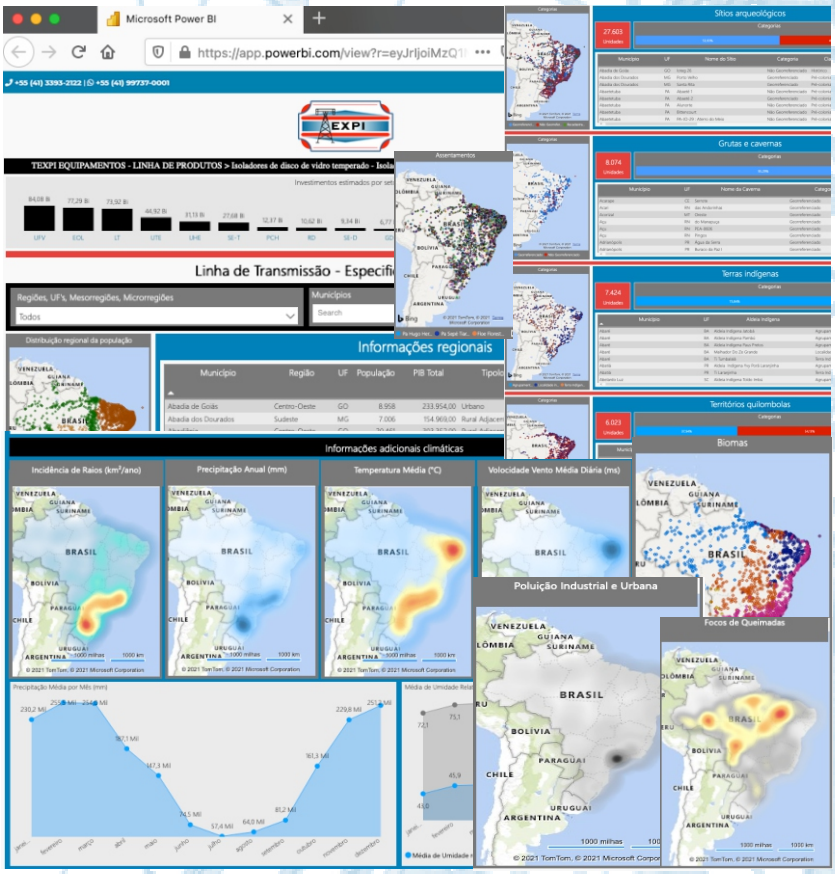
TREINAMENTO SOBRE BOOSTER SHEDS HTV NO CLIENTE
Entrenamiento acerca de Booster Sheds HTV en cliente

TEXPI – Um olhar atento para o Futuro

- INFORMAÇÕES DE ENGENHARIA E PLANEJAMENTO:
  - A TEXPI criou um elaborado banco de dados com varias informações relevantes que foram reunidas para facilitar o trabalho dos projetistas e orçamentistas de linhas de transmissão.
  - Este produto tem por objetivo revolucionar o método de elaboração de propostas para os leilões de linhas de transmissão.
- MAIS SEGURANÇA TÉCNICA PARA O CLIENTE:
  - Garantia 30+ para isoladores compostos.
  - A certeza da qualidade de nossos produtos refletida na estratégia comercial da TEXPI.

TEXPI – Una mirada al Futuro

- *INFORMACIÓN DE INGENIERÍA Y PLANIFICACIÓN:*
  - TEXPI creó una base de datos elaborada con diversas informaciones relevantes que fue recopiladas para facilitar el trabajo de los proyectistas y de los presupuestarios de líneas de transmission.
  - Este producto tiene como objetivo revolucionar el método de preparación de propuestas para subastas de líneas de transmisión.
- MAYOR SEGURIDAD TÉCNICA PARA EL CLIENTE:
  - *Garantía de 30+ para aisladores compuestos.*
  - *La certeza de la calidad de nuestros productos se refleja en la estrategia comercial de TEXPI.*



BANCO DE DADOS DE ESPECIFICIDADES REGIONAIS
Banco de Datos de Especificidades Regionales





ENSAIO DE RODA DE TRILHAMENTO:
UM DOS MAIS SEVEROS TESTES PARA ISOLADORES COMPOSTOS
Teste de Rueda de trilhamento y erosión:
Mientras os mas severos para aisladores compuestos

Indice	Página
Plataforma Integrada de Controle e Monitoramento	10
Concentrador IOT de Borda com Inteligência Artificial	12
Sensor de Temperatura para conexões aparafusadas ou locais de interesse	18
Espaçador Inteligente (flecha do solo / árvores, temperatura do cabo	23
Sensor de Oscilação de Vão	28
Sensor de Vibração Eólica	31
Sensor Micrometereológico	34
Sensor de Inclinação de Torre	37
Sistema de Monitoramento de Imagens Quádruplo	41
Sistema de Monitoramento de Vídeo PTZ Pan-Tilt-Zoom	46
Sensor de Corrente de Fuga de Isoladores	53
Sensoreamento Integrado de Isoladores - Corrente de Fuga e Poluição (ESDD/NSDD)	58
Localizador de Faltas Distribuído	64
Sensor de Resistência de Terra da Estrutura	67
Princípios e Padrões de Monitoramento (SGCC)	70

Plataforma Integrada de Controle e Monitoramento

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

Introdução:

O sistema tem a capacidade de coletar, analisar, processar e visualizar dados. Permite o gerenciamento de dispositivos IOT.

Suporta o acesso de múltiplos protocolos de sistemas de potência como:
- Modelo de objetos da State Grid;
- Protocolo de dados para sistemas de transmissão de energia I1.

Desenvolvido com o uso de tecnologias nativas como a compartimentalização em nuvem, oferece capacidades como rápida instalação, alta escalabilidade e confiabilidade.

O sistema tem incorporado um gerenciador e criador de regras:
Através deste recurso de criação flexível de regras, habilita funções como alarme de dispositivos, interligação de cenários e encaminhamento de dados.

A exibição de dados permite a identificação intuitiva do estado de operação dos dispositivos em grandes telas .

Permite a configuração remota de dispositivos.

Recursos Funcionais:

Permite o gerenciamento em lote de dispositivos.
Suporta a análise completa de informações de dispositivos específicos.
Permite a análise personalizada e exibição de dados por departamento para produtos particulares.

É possível a configuração de notificações para múltiplos canais.
Suporta análise completa, monitoramento e julgamento de vários estados dos dispositivos e dados, com envio de mensagens via WeChat, Email e SMS

Com recurso de criação de interfaces com a técnica “drag-and-drop”, permite a configuração personalizada de processos e telas.
Permite o uso da sincronização de dados em tempo real para atualização das interfaces.
O projeto do layout de tela pode ser concluído apenas com o processo de “drag-and-drop”.

Possibilidade de visualização de relatórios, com configuração flexível de estilos de exibição similar ao Excel. É possível a configurar as fontes de dados para a geração de diferentes relatórios com dados, textos e imagens facilitando a análise.



Concentrador IOT de Borda com Inteligência Artificial

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

PCM-3210-A – Agente IoT de Borda para Linha de Transmissão de Energia Elétrica



Contexto do Projeto

Para sistemas de monitoramento online de linhas de transmissão, as práticas tradicionais da indústria envolvem a implantação de múltiplas unidades terminais independentes na mesma torre, cada uma configurada para funções distintas de monitoramento. Esses terminais apresentam módulos de energia independentes (baterias, painéis fotovoltaicos ou controladores de energia), placas de controle principal e módulos de comunicação.

Entretanto, as interfaces e protocolos de comunicação entre terminais locais carecem de padronização, resultando em incompatibilidades entre dispositivos.

Os terminais de monitoramento em campo realizam principalmente coleta e transmissão de dados, enquanto a análise é tipicamente executada no servidor da plataforma de monitoramento. Para terminais baseados em vídeo/imagem, o aumento do número de dispositivos eleva a demanda de largura de banda da rede e a capacidade de processamento do servidor da plataforma.

Consequentemente, a capacidade de resposta em tempo real dos alertas de monitoramento passa a não atender às exigências operacionais.

Visão Geral do Sistema

O dispositivo proxy IoT de borda para linhas de transmissão é instalado nas torres de transmissão.

Com base nos princípios de projeto de funções de monitoramento integradas e interfaces de comunicação padronizadas, ele possibilita coleta e agregação abrangente de dados, processamento na borda, análise por IA, alarmes coordenados e upload unificado dos dados da linha de transmissão.

O dispositivo utiliza interfaces e protocolos de comunicação padrão para acessar diversos sensores cabeados e sem fio.

O nível superior utiliza comunicação 4G/5G/OPGW por fibra óptica para conectar-se à plataforma de estação mestre de monitoramento do estado da transmissão por meio do protocolo I1, ou à plataforma de gerenciamento IoT por meio do protocolo MQTT.

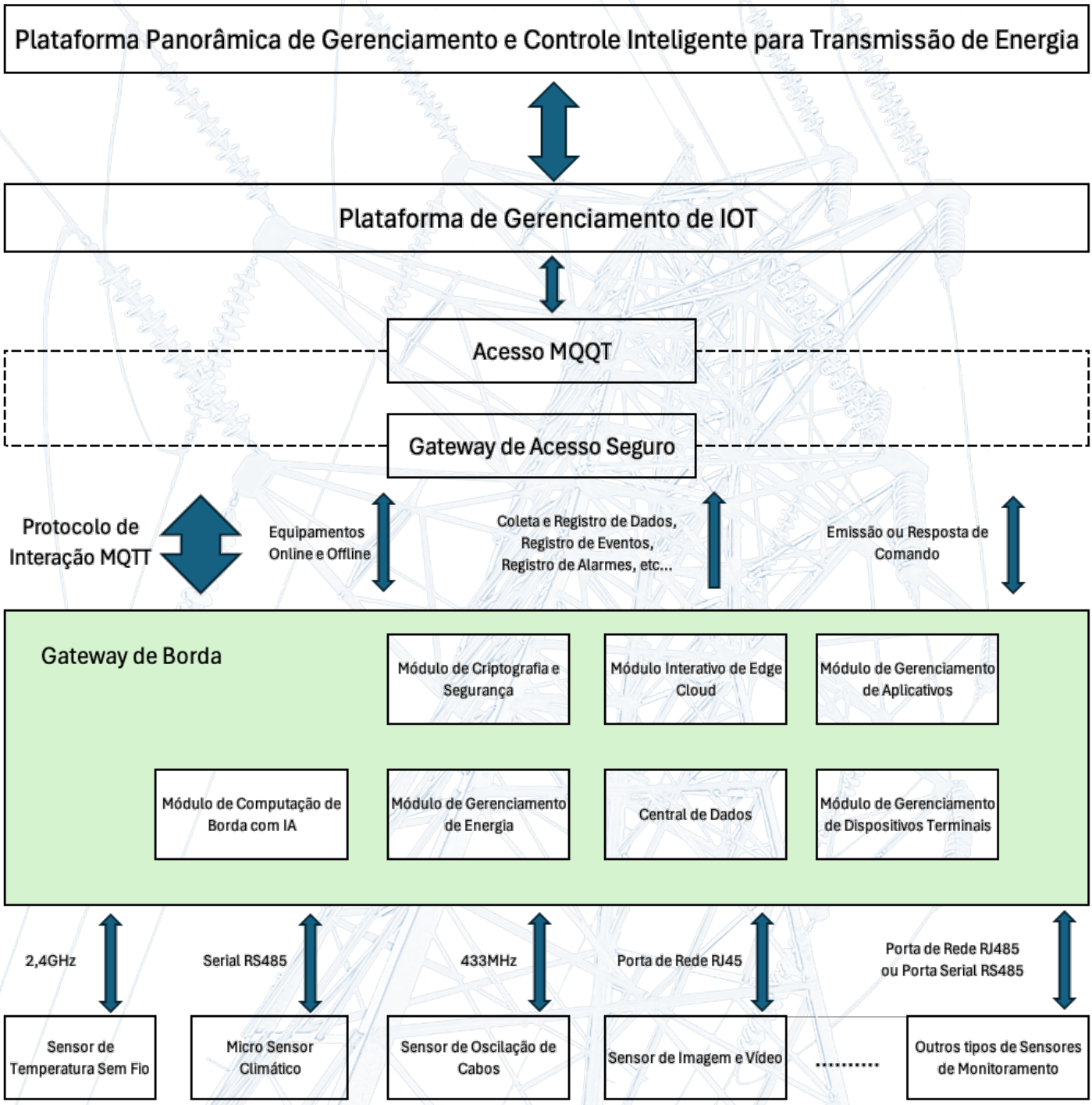
O dispositivo também suporta computação de borda por IA, com capacidades de análise e julgamento inteligente local, tais como reconhecimento de imagem frontal, computação multiestado e análise integrada com funções de alerta antecipado.

O software do dispositivo suporta implantação de aplicativos containerizados e possibilita interação borda-nuvem.

Superioridade do Produto

- O dispositivo apresenta baixo consumo de energia, com potência média inferior a 2W (10 minutos por ciclo para aquisição de sensor/imagem, computação de borda e envio de dados).
- O modo de repouso consome 0,3W e suporta gerenciamento escalonado de energia.
- Sensores multiparâmetro são utilizados para percepção abrangente do estado das linhas e torres.
- Suporta acesso simultâneo a sensores sem fio de banda estreita com mais de três bandas de frequência heterogêneas e padrões sem fio.
- O sistema suporta conectividade Wi-Fi para sensores sem fio de banda larga (ex.: câmeras sem fio, sensores distribuídos de diagnóstico de falhas), enquanto também oferece canais independentes para terminais móveis.
- Suporte padrão a 5 portas seriais RS485 ativas e portas de rede RJ45 para acesso unificado e gerenciamento inteligente de energia de diversos sensores cabeados e módulos periféricos.
- Capacidade de computação de IA de 2 TOPS, suportando processamento paralelo em tempo real de 4 canais de imagem/vídeo HD e análise inteligente na borda.
- A estrutura de computação de borda permite atualização remota de aplicações e modelos de IA, suportando interação contínua borda-nuvem com plataformas de gerenciamento IoT.
- A rede ad-hoc sem fio suporta retransmissão multi-salto entre torres, possibilitando transmissão de dados de longa distância em áreas sem sinal.

Estrutura do Sistema



Características Técnicas

Características da comunicação sem fio de baixa potência (downlink)	★ Suporta o padrão **IEEE 802.15.4e**, **6LoWPAN**, rede **full-mesh** e **ad-hoc**, e tecnologia de **salto automático de frequência (frequency hopping)** anti-interferência/anti-bloqueio (anti-jamming).★ Suporta os protocolos **Q/GDW 12020-2019** "Communication Protocol for Low-Power Wireless Networks in Power Transmission and Transformation Equipment IoT" e **Q/GDW 12021-2019** "Wireless Networking Communication Protocol for IoT Node Devices in Power Transmission and Transformation Equipment".Suporta rede auto-organizável **2,4 GHz** / comunicações **433 MHz / LoRa / ZigBee / Bluetooth** e outras comunicações sem fio.
Interface de comunicação sem fio (downlink)	Suporta múltiplos (≥3) módulos sem fio com diferentes padrões, permitindo acesso simultâneo a sensores sem fio diversos em múltiplos padrões. Suporta ≥1 acesso Wi-Fi.Velocidade da interface Wi-Fi: 150 M; largura de canal 20/40.
Interface de comunicação cabeada (downstream)	**5 portas RS485** (cada porta serial pode controlar independentemente a alimentação externa do periférico conectado).Taxa de transmissão RS485: **9.600 a 115.200 bps**.Suporta protocolo **MODBUS RTU** padrão e protocolo proprietário.**5 portas Ethernet RJ45** (a alimentação externa do dispositivo por porta pode ser controlada independentemente).Velocidade da porta de rede: **RJ45 10M/100M/1000M adaptativo**.Suporta pilha **TCP/IP**.
Tipo de acesso a sensores (Downstream Sensor Access Type)	Sensor de imagem/vídeo padrão. Suporta sensores cabeados/sem fio incluindo: **grampo de acesso/expansão – medição de temperatura do condutor**, **flecha do condutor (wire sagging / sag)**, **espaçador inteligente (smart spacer bar)**, **esfera de monitoramento abrangente do condutor (comprehensive wire monitoring ball)**, **deflexão pelo vento**, **flecha**, **vibração eólica (gentle breeze vibration)**, **corrente de fuga do isolador**, **inclinação de torre**, **micro-meteorologia**, **tensão da cadeia de isoladores**, **ângulo de inclinação da cadeia de isoladores**, **vídeo** e **detecção de incêndio florestal**. O sistema suporta integração de terminais de monitoramento de terceiros, incluindo dispositivos de visualização de imagem/vídeo, outros terminais de monitoramento e diversos sensores cabeados/sem fio. Também possibilita desenvolvimento e integração customizados de protocolo de comunicação de módulos sem fio de baixa potência do lado gateway de terceiros.
Sensor de imagem "microfotográfico"	Resolução de **4 megapixels** com ajustabilidade em múltiplos níveis. Taxa de quadros: **1 fps a 25 fps**. Suporta o padrão **GB/T 28181** e protocolos de transmissão incluindo **HTTP, HTTPS, RTSP e RTMP**. Resolução de snapshot: **2688 × 1520** com ajuste multinível. Iluminação mínima: **0,002 Lux** (modo colorido); **0,0002 Lux** (modo preto e branco); **0 Lux** (backlight ligado); **visão integrada dia/noite**.
Interface de comunicação uplink	★ Possui redes privadas sem fio **4G/5G APN**, com criptografia de hardware/software para acesso seguro à plataforma principal da rede interna. Suporta comunicação por fibra óptica **OPGW** para acesso à rede interna até a plataforma da estação principal e suporta serviço de **mensagem curta BeiDou**. Suporta posicionamento **GPS/BeiDou**. Suporta **Transmission I1 Interface Protocol**, **MQTT protocol** e protocolos privados customizados.
Rede de retransmissão sem fio entre torres	Suporta rede auto-organizável **MESH** sem fio de banda larga, com retransmissão multi-salto entre nós de torre, possibilitando transmissão de longa distância de dados de sensores de banda larga/banda estreita provenientes de áreas sem sinal. Suporta rede auto-organizável de retransmissão multi-salto **banda estreita** entre equipamentos de nós de torre, viabilizando transmissão de longa distância de informações de sensores de banda estreita com **baixo consumo** e **baixo custo** em áreas sem sinal.

Computação de borda (Edge Computing)	Suporta análise e alertas por IA em tempo real para quatro fluxos paralelos de imagem/vídeo, com detecção inteligente de riscos potenciais incluindo **guindastes de torre**, **máquinas de construção** (escavadeiras e caminhões basculantes), riscos de **fogo/fumaça** e **objetos estranhos em estais (guy wires) e cabos de aterramento**. Suporta cálculo de grandezas multi-estado e análise integrada para alerta antecipado, juntamente com funções de análise e julgamento inteligente no local. Suporta cálculo e análise inteligente no front-end de variáveis de estado como **espessura equivalente de gelo**, **inclinação de torre**, **ângulo de deflexão pelo vento** e **flecha**. Suporta alarme inteligente com estratégias e dimensões múltiplas, como **julgamento por limiar**, **comparação horizontal**, **análise de tendência** e **validação cruzada multi-estado**, para reduzir omissões de alarme e falsos alarmes e melhorar desempenho em tempo real. **Análise de fusão inteligente de acúmulo de gelo:** o sistema integra análise meteorológica, algoritmos de **tensão do condutor** e análise de imagem por IA para realizar cálculos no front-end.
Alimentação e gerenciamento de baixa potência	Com base em dados em tempo real e históricos, incluindo potência de carregamento fotovoltaico, capacidade remanescente da bateria, consumo de energia e tráfego de comunicação, juntamente com políticas de prioridade, o dispositivo gerencia de forma inteligente as fontes de energia dos periféricos conectados, os módulos embarcados e seus modos operacionais para aumentar a disponibilidade online e a usabilidade.
Gerenciamento remoto de dispositivo	Suporta atualização remota do software do dispositivo. Suporta atualização remota de modelos de IA. Suporta contêiner **Docker** e gerenciamento de **APP de negócio**. Suporta atualização remota de sensores.
Sistema operacional	Suporta sistemas embarcados **Linux** ou **Android** e linguagens de desenvolvimento como **C/Java**.
Modo de alimentação	Tensão nominal **12 V**; opera normalmente em **8 V a 15 V**.
Dissipação/consumo	Consumo médio ≤ **2,0 W** (10 minutos por ciclo para aquisição de sensor/imagem, computação de borda e reporte); consumo em modo sleep **0,3 W**.
Faixa de operação	Temperatura: **−40 °C a +70 °C**; Umidade relativa: **5%RH a 100%RH**; Pressão atmosférica: **500 hPa a 1060 hPa**.
Compatibilidade eletromagnética e requisitos gerais	Atende aos requisitos de **Q/GDW 1242-2015 – General Technical Specifications for State Monitoring Devices of Transmission Lines**.
Segurança da informação	Suporta padrões criptográficos nacionais **SM1/SM7**, criptografia de hardware em nível de chip e criptografia de software.
Dimensões	Não maior que **300 L × 250 W × 100 mm**.
Forma de instalação	Instalação em painel com montagem traseira (**back-mounted panel installation**).
Invólucro/carcaça	★ A carcaça é feita de **alumínio fundido** ou **aço inoxidável**, com grau de proteção **IP67**.

Fotos de Aplicações Reais



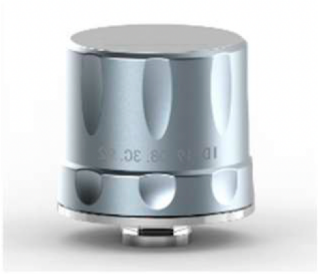
LT UHVDC Gansu-Jiquan ±1100kV

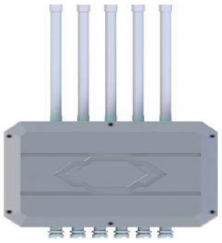
Sensor de Temperatura de conexões aparafusadas ou locais de interesse

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

PCM-3221 – Sensor de Temperatura sem Fio Online





Os acessórios de fixação dos cabos desempenham um papel importante na conexão dos condutores e na sustentação da tensão. A operação prolongada e a sobrecarga podem causar aquecimento anormal, afetando a vida útil da estrutura.

O dispositivo de monitoramento online de temperatura coleta informações da temperatura de operação dos cabos aéreos e dos conectores através de sensores de medição de temperatura de alta precisão. Ele pode detectar, de forma contínua, as variações de temperatura na superfície dos acessórios e conectores das linhas de transmissão. Além disso, permite avaliar a situação atual do aumento dinâmico de capacidade, servindo como base para ajustes, garantindo que os condutores operem dentro de uma faixa segura de temperatura. Com isso, também se torna possível prever e prevenir acidentes, oferecendo uma importante garantia para a segurança do fornecimento de energia da rede elétrica.

Características:

• **Tamanho compacto:** design estrutural reduzido, facilitando a instalação sem interferir na estrutura da linha

• **Baixo consumo:** alimentado por bateria com duração superior a 7 anos

• **Rede autônoma:** pronto para uso, estabelece automaticamente conexão em malha sem fio

• **Alta funcionalidade:** monitoramento em tempo real da temperatura dos componentes, identificação dinâmica de possíveis elevações de temperatura

• **Compatível com os padrões de acesso da State Grid e da Southern Power Grid (China)**

• **Diversidade de instalação:** formato tipo pastilha ou tipo abraçadeira, com métodos flexíveis e opcionais

• **Suporte análises preliminares, com envio de alertas em caso de elevação anormal de temperatura**

Parâmetros de Monitoramento	
Faixa de Medição	－20℃～＋125℃
Precisão	≤2℃
Ciclo de Medição	Menor que 1min
Corrente de Operação em Repouso	≤10μA
Precisão	Erro Relativo de Medição: ±1%
Faixa de Medição de Temperatura	-40°C~150°C
Temperatura Ambiente	-40°C~150°C
Umidade Ambiente	0~100%RH
Comunicação e Rede	
Banda de Comunicação	2,4~2,5GHz
Segurança dos Dados	Chip de encriptação avançada SM1/SM7
Sistema de Alimentação	
Sistema de Alimentação	Alimentado por Bateria
Outras Características	
Dimensões	Diâmetro de 34mm, altura de 35mm
Grau de Proteção	IP67
Invólucro	Plástico de Engenharia
Instalação	Suporte de Inox /
Faixa de Trabalho	Temperatura: -40°C~70°C;
	Umidade 0%~100% RH

Fotos de Aplicações Reais



Fotos de Aplicações Reais



Fotos de Aplicações Reais



Espaçador Inteligente flecha do solo/árvores temperatura do cabo

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

PCM-3223 – Espaçador Inteligente



O **espaçador inteligente** é um sensor sem fio integrado e instalado com base no espaçador convencional, com a finalidade de realizar o monitoramento online das variáveis de estado da linha. As funções de monitoramento realizadas pelo espaçador inteligente incluem:

- Monitoramento de **dancing** (oscilação dos condutores),
- Monitoramento da **temperatura dos cabos**,
- Monitoramento da **flecha dos cabos** (distância ao solo).

Características:

- ✅ Suporte a **rede sem fio ad hoc**, pronto para uso;
- ✅ Projeto de **baixo consumo de energia** e **alta precisão de medição**;
- ✅ Uso de **blindagem em múltiplas camadas**, com **tecnologia anti-interferência e contra descargas atmosféricas**, garantindo operação estável do sistema;
- ✅ **Monitoramento de condições:** permite o monitoramento online das variáveis de estado da linha, incluindo **dancing**, **temperatura dos cabos** e **flecha** (distância ao solo);
- ✅ **Transmissão de dados:** por meio da tecnologia de comunicação sem fio, as informações de monitoramento são enviadas para a **estação base de transmissão de dados**, facilitando o **monitoramento remoto** e a **gestão**;
- ✅ **Gestão inteligente de energia:** conta com sistema inteligente de gerenciamento de energia, que ajusta o fornecimento com base no **nível da bateria** e no **estado de funcionamento do dispositivo**, prolongando sua vida útil;
- ✅ Compatível com os **protocolos padrão da China Southern Power Grid** e da **State Grid**.

Parâmetros de Monitoramento	
Faixa de monitoramento da temperatura do cabo	-50℃ ~ +125℃
Precisão do monitoramento da temperatura do cabo	±2℃
Distância monitorada entre o condutor e o solo	5m ~ 100m
Precisão do monitoramento da distância ao solo	±2m
Faixa de monitoramento do balanço transversal	0,07m ~ 10m
Precisão do monitoramento do balanço do cabo	±10%
Faixa de monitoramento da frequência de balanço do cabo	0,2Hz ~ 5Hz
Precisão do monitoramento da frequência de balanço	±0,2Hz
Rede e Capacidades de Comunicação	
Bandas de frequência de comunicação	2,4GHz ~ 2,5GHz
Segurança da informação	Criptografia por hardware com chip SM1/SM7
Sistema de Alimentação	
Modo de alimentação	Bateria + Fotovoltaico + Bobina de energia
Parâmetros do Sistema	
Grau de proteção (IP)	IP67
Material da carcaça	Alumínio fundido
Instalação	Placa de aço inoxidável / Fixação por anel (opcional)

Fotos de Aplicações Reais



Fotos de Aplicações Reais



Fotos de Aplicações Reais



Sensor de Oscilação de Vão

POSITRON streamer electric Fujian RuiSen EXPI 中国电建 Sichuan Yibin Global Group Suz Insulators CYG高能 CNBM sinoma

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

PCM-3224 - Dispositivo de Monitoramento Online de Oscilação



O dispositivo de monitoramento online de oscilação é um equipamento avançado projetado especificamente para linhas de transmissão de alta tensão, capaz de monitorar em tempo real a oscilação dos condutores sob condições ambientais adversas.

Este dispositivo coleta características da oscilação por meio de sensores de alta precisão, incluindo:
• Amplitude da oscilação,
• Amplitude da oscilação horizontal,
• Amplitude da oscilação vertical,• Frequência da oscilação,
• Ângulo de inclinação da elipse de oscilação.

Além disso, o equipamento integra monitoramento de temperatura dos condutores por contato, bem como monitoramento da temperatura e umidade do ambiente, permitindo avaliar as condições térmicas e ambientais da linha.

Principais Características
✅ Design livre de manutenção
• O dispositivo possui tamanho reduzido, é fácil de instalar e não apresenta riscos de segurança para a estrutura e a operação da linha de transmissão.
✅ Alta precisão
• Sensores de alta precisão garantem medições confiáveis.
✅ Comunicação sem fio, segura e confiável
• Utiliza tecnologia de comunicação sem fio robusta e segura.

Funcionalidades
🔷 Coleta de parâmetros da oscilação
• Amplitude da oscilação,
• Amplitude da oscilação horizontal,
• Amplitude da oscilação vertical,
• Frequência da oscilação,
• Ângulo de inclinação da elipse de oscilação.

🔷 Monitoramento ambiental
• Monitoramento de temperatura dos condutores por contato,
• Monitoramento de temperatura e umidade do ambiente.
🔷 Gerenciamento inteligente de energia
• O sistema inteligente de gerenciamento de energia monitora o nível da bateria, o status de carga e descarga do dispositivo e ajusta automaticamente o modo de operação com base no nível de bateria disponível.
🔷 Fonte de alimentação híbrida
• Alimentação via painéis fotovoltaicos + bateria de lítio, garantindo funcionamento por pelo menos 30 dias, mesmo em condições contínuas de chuva e céu nublado.
🔷 Compatibilidade com protocolos de redes elétricas
• Suporte aos protocolos padrão da State Grid e Southern Grid.
🔷 Posicionamento da instalação
• A instalação deve ser realizada a 2/9 do comprimento do vão medido desde o grampo da torre.

Parâmetro	Especificação
Frequência de coleta da oscilação	≥60Hz
Faixa de medição da amplitude	0,07m a 10m
Precisão da medição da amplitude	±10%
Faixa de medição da frequência	0,2Hz a 5Hz
Precisão da medição da frequência	Erro relativo de medição: ±1%
Trajetória da oscilação	Suporte para submissão de forma de onda
Temperatura do condutor	-40 °C a 150 °C
Temperatura ambiente	-40 °C a 150 °C
Nível de umidade ambiental	0-100% Umidade Relativa
Frequência de comunicação	433MHz
Protocolo de comunicação	IEEE 802.15.4 6LoWPAN
Segurança da informação	Chip de criptografia de hardware SM1/SM7 conforme padrões nacionais de segurança
Modo de alimentação	Sistema de alimentação fotovoltaico + bateria de lítio
Peso do sensor	≤ 1,5 kg, tensão de operação de 4,2V
Consumo de energia	Potência total de operação ≤ 8mW
Autonomia em standby	Funciona sem luz por ≥ 20 dias
Faixa de temperatura	-40 °C a 70 °C
Faixa de umidade	5% a 100% RH
Nível de proteção	IP67, TVS 6000V (proteção contra raios) e padrão GB/T17626.5 Nível 4 (proteção contra descargas eletrostáticas)

Fotos de Aplicações Reais





Sensor de Vibração Eólica

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

Sensor de Vibração Eólica PCM-3227



Introdução

Quando o condutor (ou cabo para-raios) de uma linha de transmissão aérea é atingido por vento uniforme e estável, forma-se um vórtice de fluxo de ar alternado acima e abaixo do cabo a uma determinada frequência.

Se a frequência de alternância do vórtice de ar for igual à frequência natural inerente do condutor, ocorre o fenômeno da ressonância no plano vertical, fazendo com que o condutor entre em vibração.

A vibração do condutor provoca uma flexão repetitiva na região dos cabos próximas aos grampos, levando à fadiga do material. Com o tempo, isso pode resultar em ruptura de tentos do cabo ou até mesmo rompimento completo do condutor, o que compromete gravemente a operação segura da linha de transmissão.

Com base nas características da vibração eólica do condutor, o dispositivo de monitoramento online utiliza o método da diferença de aceleração para monitorar, em tempo real, a amplitude de flexão e a frequência na saída do grampo.

Os dados de deslocamento e frequência da vibração eólica são obtidos através de um cálculo embutido de amplitude e frequência, e as características de amplitude-frequência são transmitidas sem fio para o gateway e a plataforma do sistema, garantindo o monitoramento online contínuo da vibração do condutor.

Características:

✅ Monitoramento da vibração eólica
•Mede a amplitude de flexão e a frequência da vibração do condutor.

✅ Monitoramento da temperatura do condutor
•Medição integrada da temperatura do condutor por contato.

✅ Gerenciamento inteligente de energia
•Baseado no nível de carga da bateria e no status de carga e descarga do dispositivo, o sistema ajusta automaticamente o modo de operação para otimizar o consumo de energia.

✅ Monitoramento do status operacional
•Monitoramento em tempo real de:
- •Nível de carga da bateria
- •Tensão do painel solar
- •Temperatura operacional
- •Status de carga e descarga
- •Corrente de carga e descarga

Parâmetro	Especificação
Amplitude de flexão	Escala: 0 a 1,3mm (p-p), Imprecisão: <10%
Faixa de frequência de vibração	Faixa: 0 a 150Hz
Precisão da frequência de vibração	Imprecisão: <10%
Frequência de amostragem dos dados	Não inferior a 1000Hz
Número de pontos amostrados por vez	Não inferior a 1024 pontos
Medição da temperatura do condutor	Faixa de medição: -40°C a +120°C
Precisão da medição da temperatura	Precisão: ±1.0°C
Faixa de frequência de comunicação	433MHz
Protocolos de comunicação	IEEE 802.15.4 6LoWPAN
Segurança da informação	SM1/SM7
Modo de alimentação	Alimentação fotovoltaica
Peso do sensor	≤ 1,5 kg
Tensão de alimentação	4,2V
Consumo de energia	Consumo em modo de espera do gateway: <0,2W; Consumo em modo de espera do sensor: <2mW
Autonomia em standby	≥ 20 dias em operação
Faixa de temperatura operacional	-40°C a 70°C
Faixa de umidade operacional	5% a 100% Umidade Relativa
Nível de proteção	IP67, TVS 6000V (proteção contra raios), nível IV de proteção contra descargas eletrostáticas conforme GB/T17626.5

Fotos de Aplicações Reais





Sensor Micrometereológico

Distribuidor Autorizado no Brasil

Dispositivo de Monitoramento Micrometereológico Online PCM 3231



Introdução

O dispositivo de monitoramento micrometeorológico online é um sistema de monitoramento multifuncional e de alta precisão, especialmente projetado para atender às necessidades de monitoramento meteorológico de linhas de transmissão sujeitas a formação de gelo, ventos fortes, áreas propensas a acidentes e pontos cegos meteorológicos.

O sistema monitora em tempo real e 24 horas por dia o ambiente operacional de torres de alta tensão, abrangendo sete parâmetros-chave:

Velocidade do vento,
Direção do vento,
Temperatura,
Umidade,
Pressão atmosférica,
Precipitação e
Radiação luminosa.

Assim que um sinal meteorológico anormal é detectado, o sistema envia imediatamente uma mensagem de alerta precoce para o responsável pela operação da linha, garantindo a operação segura e estável da linha.

Características:

✅ Design Integrado: Design integrado dos sete parâmetros principais, facilitando a instalação.

✅ Medição de Alta Precisão: Utiliza tecnologia avançada de sensores meteorológicos digitais para fornecer dados meteorológicos de alta precisão, alta resolução e alta confiabilidade.

✅ Alta Aplicabilidade: Possui excelente blindagem eletromagnética, proteção contra gelo e neve, além de proteção contra raios, garantindo operação estável em diversos ambientes adversos.

✅ Coleta de Dados: O sistema monitora em tempo real parâmetros meteorológicos como temperatura ambiente, umidade, velocidade e direção do vento, além de pressão atmosférica, podendo ajustar suas funções conforme a demanda.

✅ Comunicação Remota: Suporta modos de comunicação em redes como CDMA, GPRS, 4G, possibilitando a transmissão de dados para o sistema de retaguarda.

✅ Compatibilidade: Compatível com os protocolos de comunicação da State Grid e da Southern Power Grid.

Parâmetro	Especificação
Funções	Velocidade do vento, direção do vento, temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação e radiação luminosa integrados em um único design, com funções selecionáveis conforme necessidade.
Temperatura Ambiente	Faixa: -40°C a +85°C Precisão: ±0,2°C
Umidade Relativa	Faixa: 0 ~ 100% Precisão: ±2%
Direção do Vento	Faixa: 0° a 360° (sem ponto cego) Precisão: ±1°
Velocidade do Vento	Faixa: 0 a 50 m/s Precisão: ±2% (>10 m/s) Função de aquecimento da sonda
Pressão Atmosférica	Faixa: 200 a 1.200 hPa Precisão: ±0,5 hPa
Precipitação	Faixa: 0 a 24 mm/min Precisão: ±0,5 mm/min
Radiação Luminosa	Faixa: 0 W/m² ~ 1.400 W/m² Resolução: 1 W/m² Precisão: ≤5%
Métodos de Comunicação	Comunicação RS-485
Modo de Alimentação	DC12V

Fotos de Aplicações Reais



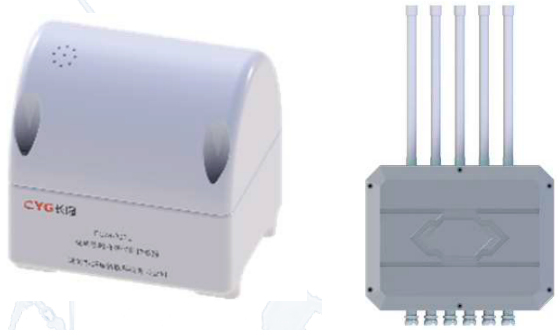


Sensor de Inclinação da Torre

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

PCM-3232 – Sensor de Monitoramento Online de Inclinação de Torres



Dispositivo de Monitoramento Online de Inclinação de Torres

O ambiente geológico e meteorológico da faixa de servidão das linhas de transmissão é complexo, e os acidentes elétricos causados pela inclinação e colapso das torres têm aumentado nos últimos anos. As principais causas da inclinação das torres incluem:

1. **Esforços desiguais** sobre a torre causados por **oscilações direcionais prolongadas pelo vento** (dancing);
2. **Desastres geológicos naturais**;
3. **Obras e construções nas proximidades** da torre;
4. **Anormalidades estruturais**, como corpo da torre comprometido ou rompimento de cabos;
5. **Formação de gelo** nos cabos condutores ou para-raios;
6. **Furto de cabos** ou de **materiais das torres**;
7. **Mineração de carvão**, **afundamentos** ou **escorregamentos** em áreas de mineração.

O **dispositivo de monitoramento online de inclinação de torres** permite o monitoramento eficaz e contínuo da inclinação de torres de alta tensão, 24 horas por dia. O sensor coleta os dados de inclinação da torre e os envia para o centro de monitoramento remoto. O sistema de retaguarda analisa os dados e avalia a tendência de inclinação da torre. Caso seja detectado um ângulo de inclinação anormal, o sistema envia uma **mensagem de alarme** ao responsável pela operação da linha, alertando sobre a condição da torre e recomendando a adoção de medidas corretivas.

Características:

- ✅ **Pequeno porte:** Design compacto, de instalação rápida
- ✅ **Baixo consumo:** Alimentado por bateria com vida útil superior a 7 anos
- ✅ **Rede ad hoc:** Pronto para uso, estabelece automaticamente conexão em malha sem fio (mesh)
- ✅ **Funcionalidade ampla:** Monitoramento em tempo real da **temperatura dos componentes**, com identificação dinâmica de possíveis elevações anormais
- ✅ **Compatível** com diferentes **padrões de sistemas de retaguarda** da State Grid e da China Southern Power Grid
- ✅ **Análise de tendência de inclinação**, com envio de **alertas em caso de anormalidades**
- ✅ Coleta em tempo real dos **ângulos de inclinação longitudinal e transversal** da torre
- ✅ Transmissão dos dados por sensor com **opção sem fio ou cabeada**

Parâmetros de Monitoramento	
Eixos de medição	Eixo XY
Faixa de medição angular	±15°
Precisão da medição	0,05°
Resolução	0,01
Funções de Rede e Comunicação da Estação Base	
Métodos de comunicação	Comunicação sem fio
Frequência de comunicação	2,4GHz ~ 2,5GHz
Segurança da informação	Criptografia por hardware com chip SM1/SM7
Sistema de Alimentação	
Modo de alimentação	Alimentado por baterias de lítio
Vida útil da bateria	Superior a 8 anos
Parâmetros do Sistema	
Grau de proteção (IP)	IP67
Material da carcaça	Liga de alumínio com acabamento em oxidação fosca
Parâmetros Ambientais	
Temperatura ambiente	-55ºC ~ +85ºC
Umidade ambiente	≤95%
Altitude	≤4500m

POSITRON streamer electric Fujian RuiSen EXPI 中国电建 Sichuan Yibin Global Group Suz Insulators CYG高能 CNBM sinoma
Distribuidor Autorizado no Brasil

Fotos de Aplicações Reais



Fotos de Aplicações Reais



Sistema de Monitoramento de Imagens Quádruplo

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

Sistema de Monitoramento Online de Imagens de LT's
PCM 3233-A1



Introdução

Este produto atende às necessidades de monitoramento de canais em ambos os lados das torres de linhas de transmissão, monitoramento "antibreakout" das fundações das torres e acesso IoT a sensores com e sem fio nas torres.
Trata-se de um dispositivo inteligente de monitoramento de imagem "all-in-one" que combina funções avançadas e características como câmeras inteligentes quádruplas, acesso IoT a sensores, computação de ponta com IA e consumo ultrabaixo de energia.

Características:

✅ Design leve: Estrutura simples, instalação rápida por apenas uma pessoa, com ajuste de direção 360°.
✅ Consumo ultrabaixo de energia: Duração em standby por até 40 dias.
✅ Cobertura multiangular: Design integrado de quatro câmeras para monitoramento completo dos lados e do corpo da torre.
✅ Análise inteligente com IA: Análise confiável baseada em inteligência artificial.

Especificações das câmeras:

✅ Visão frontal: 16 M pixel diurno com zoom de 10x + 2 M pixel noturno.
✅ Visão traseira: 16 M pixel.
✅ Visão descendente: 2 M pixel com ângulo amplo de 120°.

✅ Opções adicionais da câmera frontal: Lente de zoom óptico de 10x, aquecimento e limpadores.
✅ Captura de imagens e vídeos: Suporte para captura automática e manual de fotos em intervalos regulares, além de gravação e transmissão de vídeos curtos.
✅ Visão noturna com tecnologia starlight: Captura de imagens coloridas em condições de baixa luminosidade, com iluminação mínima de 0,001 Lux.

Reconhecimento e análise com IA:

✅ Baseado em algoritmos personalizados de análise inteligente do setor.
✅ Suporte para reconhecimento de alvos mecânicos (guindaste, escavadeira, caminhão-bomba etc.), objetos estranhos nos fios, incêndios e outras anomalias.
✅ Capacidade de atualização remota do modelo de IA online.

Comunicação e conectividade:

✅ Suporte para 4G Full e gestão inteligente de tráfego.
✅ Módulo wireless de baixa potência integrado (2.4G/433M) para conexão com sensores wireless de micropotência.
✅ Suporte para depuração via Wi-Fi, dispensando a necessidade de manutenção diretamente na torre.

Dados Técnicos:

Câmera			
1	Tipo de Sensor	1/3.06" Progressive Scan CMOS	1/2.8" Progressive Scan CMOS
2	Resolução	16 MP	2 MP (visão noturna)
3	Iluminação Mínima	Visão noturna colorida :0.001Lux @(F1.0,AGC ON)	
4	Ajuste da Orientação	Quando instalada, pode ser ajustada verticalmente em 45° e horizontalmente em 360°	
Desempenho			
1	CPU	ARM Cortex-A53 8-core 2.3GHz	
2	Memória	4GB+64GB , suporta cartão de expansão TF de até 512GB	
Fotos e Vídeos			
1	Resolução	16MP 4672× 3504 2MP 1920×1080	
2	Ajustes de Imagem	Espelhamento, Anti-Flicker, Ajuste de Exposição (AE), Redução de Ruído 3D, Brilho, Cor, Contraste, Saturação etc.	
3	Melhorias de Imagem	Compensação de luz direta, WDR digital, supressão de ofuscamento e redução de ruído	
4	Formato de Codificação	Video H.264; Fotos JPEG	
Funções			
1	Análise Inteligente	Detecção de intrusão na base da torre, identificação de maquinário (escavadeira, guindaste etc.), objeto estranho nos cabos, fogo nas imediações etc.	
2	Gerenciamento de Energia	Suporta o modo de operação com energia residual, mudança de modos automática	
3	Opcionais	Lentes da câmera frontal com zoom 10x, aquecimento, lavagem de lentes.	
Comunicação			
1	Transmissão em Rede	Acesso a rede móvel 4G, gerenciamento de tráfego, display da força do sinal.	
		Suporta WiFi, módulo de rede sem fio micro-potência	
2	Segurança	Suporta chip de encriptação NARI/Zhixin / Cartão de Memória encriptado TF, encriptação de software JRRI.	
3	Protocolos Suportados	Protocolo padrão State Grid e Southern Power Grid, Protocolo MQTT.	
Fonte de Alimentação			
1	Painel Solar	30W	
2	Bateria	Bateria de Lítio-Ferro Fosfato 20/40Ah opcional, tempo de operação sem sol ≥ 45 dias	
Dados Gerais			
1	Consumo	Média de Consumo ≤ 0,1W online	
2	Grau de Proteção	IP67	
3	Peso	< 4Kg	

Fotos de Aplicações Reais





POSITRON streamer electric Fujian RuiSen EXPI 中国电建 Sichuan Yibin Global Group Suz Insulators CYG高能 CNBM sinoma

Distribuidor Autorizado no Brasil

Exemplo de Imagem obtida da Câmera na Torre



POSITRON
streamer electric
Fujian RuiSen
EXPI
Distribuidor Autorizado no Brasil
中国电建
Sichuan Yibin Global Group
Suz Insulators
CYG高能
CNBM sinoma

Sistema de Monitoramento de Vídeo PTZ Pan-Tilt-Zoom

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

PCM-3233-B – Sistema de Monitoramento por Vídeo Online



Introdução:

Este **Sistema de monitoramento por vídeo para linhas de transmissão** é um sistema integrado de monitoramento de imagem, equipado com lente frontal fixa, além de módulo pan-tilt com lente grande-angular e lente com zoom.

Baseado no conceito de **"Alta Definição + Inteligência + Baixo Consumo de Energia"**, o sistema realiza captura contínua de imagens da linha 24 horas por dia e utiliza Inteligência Artificial para identificar automaticamente riscos como:

- Danos externos (interferência de terceiros)
- Incêndios florestais
- Objetos estranhos nos condutores

Os alertas são enviados em tempo real por meio de notificações automáticas.

O equipamento é alimentado por um sistema híbrido composto por **energia solar e bateria de lítio**, possuindo grau de proteção **IP67**, adequado para ambientes externos severos em campo.

Suporta transmissão sem fio via **4G/5G**, reprodução remota de imagens e armazenamento local de dados.

Ao substituir inspeções manuais periódicas, a solução:

- Aumenta significativamente a eficiência na detecção de riscos ocultos
- Reduz custos de operação e manutenção
- Constrói uma robusta **"linha inteligente de defesa"** para garantir a operação segura e estável do sistema elétrico de potência.

Características Funcionais

Picture-in-Picture (PiP)
Permite exibição simultânea de visão geral e imagem ampliada, equilibrando **detalhamento e visão global** para apresentação abrangente do cenário monitorado.

Monitoramento Omnidirecional
O módulo pan-tilt suporta:

- Rotação horizontal contínua de **360°**
- Rotação vertical de **-90° a +90°**

Garantindo cobertura completa sem pontos cegos.

Imagem HD Dia/Noite
Câmeras frontais fixas duplas compostas por:

- **16 MP de alta definição**
- **2 MP com ultra-baixa luminosidade**

Permitindo captura de imagens durante todo o dia, inclusive em condições de baixa iluminação.

Reconhecimento Inteligente
Suporta:

- Análise de imagens capturadas (snapshot analysis)
- Detecção automática de objetos por IA

Possibilitando identificação de riscos como intrusão, máquinas próximas, objetos no condutor e focos de incêndio.

Rastreamento de Detalhes
Zoom óptico de **30x**, permitindo:

- Inspeção detalhada do corpo da linha
- Monitoramento da faixa de servidão
- Acompanhamento preciso de ocorrências

Inspeção Inteligente de Linha
Realiza patrulhamento automatizado da linha com:

- Monitoramento programado
- Inspeção em pontos fixos predefinidos

Reduzindo a necessidade de inspeções manuais frequentes.

Consumo de Energia Ultra Baixo

- Consumo em modo sleep ≤ **0,2 W**
- Operação contínua por ≥ **30 dias sem incidência solar**

Adequado para aplicações em áreas remotas ou de baixa irradiância.

Interligação Remota
Suporta:

- Alarmes sonoros e visuais
- Transmissão remota de mensagens por alto-falante

Permitindo resposta imediata a eventos detectados.

Características Técnicas

1	**Câmeras**	
1.1	Quantidade de Câmeras	Cada unidade incorpora duas câmeras fixas frontais para monitoramento contínuo, enquanto o módulo PTZ (Pan-Tilt-Zoom) é equipado com duas câmeras para inspeção direcionável e zoom óptico.
1.2	Câmera Frontal (Daylight)	1/2.8" Progressive Scan CMOS 16 MP (4656 × 3496) Lentes: 3.8 mm/F2.2
1.3	Câmera PTZ (Night Vision)	1/2.8" Progressive Scan CMOS Sensores 16 MP (4656 × 3496); Lentes: 2.92 mm/F1.9 Visão Noturna (cor): 0.001 Lux @ (F1.6, AGC ON) Abertura: 100° (wide-angle)
1.4	Câmera PTZ (Zoom)	1/2.8" Progressive Scan CMOS 16 MP (4656 × 3496); ≥ 30× de zoom ótico Visão noturna colorida: 0.001 Lux @ (F1.6, AGC ON)
1.5	Funções PTZ	Permite rotação horizontal contínua de 360° (pan) e inclinação vertical automática de -90° a +90° (tilt), eliminando pontos cegos na área de cobertura. Presets: ≥255 posições Suporta sistema inteligente de limpeza automática da lente (wiper inteligente).
2	**Funções de Imagem e Vídeo**	
2.1	Imagem	It supports automatic cyclic image capture, AI analysis and data uploading, with configurable capture intervals and upload intervals. Manual snapshot capture commands can be issued remotely from the monitoring platform. Intelligent Line Inspection: Supports intelligent line inspection with configurable inspection time and task names. Dual-Lens Coordination: Supports automatic overlay of wide-angle footage onto zoomed footage, enabling detailed monitoring while maintaining full situational awareness of the overall scene.
2.2	Vídeos Curtos	Permite gravação de vídeos curtos em modo cíclico ou acionado por evento (alarme), com upload automático para a plataforma remota de monitoramento.
2.3	Streaming de Video em tempo real	Suporta transmissão de vídeo em tempo real para a plataforma remota de monitoramento, quando necessário e mediante acionamento manual.

2.4	Gravação de vídeo silenciosa (sem captação de áudio)	Suporta gravação contínua 24/7 e análise por algoritmo de Inteligência Artificial, com processamento em intervalos de 5 segundos por quadro (frame), aplicada às câmeras Frontal (Night Vision) e Inferior (Night Vision). As gravações são armazenadas localmente com sobrescrita automática em modo cíclico, garantindo continuidade operacional. Os arquivos podem ser visualizados ou baixados remotamente via plataforma de monitoramento.
2.5	Análise por IA na Borda (Edge AI Analytics)	Sistema de detecção de intrusão humana na base da torre, baseado em análise de vídeo por IA (modo silencioso), utilizando a Câmera Inferior. Detecção e classificação automática de equipamentos mecânicos pesados, como guindastes e escavadeiras, por meio de análise inteligente de vídeo (IA embarcada, sem captação de áudio), utilizando a câmera frontal para monitoramento de atividades potencialmente perigosas próximas à faixa de servidão da linha. Reconhecimento automático de equipamentos mecânicos de grande porte (ex.: guindastes, escavadeiras), detecção de objetos estranhos aderidos ao condutor e identificação de focos de incêndio, por meio de análise periódica de imagens baseada em IA, utilizando a Câmera Frontal.
2.6	Processamento de Alarmes	Realiza upload imediato de imagens e vídeos curtos (opcional) quando eventos de alarme são detectados pela análise de IA no dispositivo (Edge AI).
2.7	Armazenamento de Dados Locais	O dispositivo dispõe de armazenamento local com retenção mínima de 15 dias para imagens e gravações de vídeo, garantindo disponibilidade de histórico mesmo em caso de falhas de comunicação. O sistema armazena localmente as imagens capturadas durante falhas ou interrupções de comunicação e realiza o envio automático após o restabelecimento do link, garantindo integridade e continuidade dos registros.
2.8	Formato de Codificação	Vídeo: H.264/ H.265; Imagem: JPEG
2.9	Suporte à integração de dispositivos periféricos de alarme sonoro e luminoso	Equipado com conector aeronáutico independente para conexão de dispositivos periféricos de alarme sonoro e luminoso. Os eventos identificados pela análise de IA embarcada acionam automaticamente o dispositivo de alerta sonoro e luminoso integrado, permitindo resposta imediata no local da ocorrência. O padrão sonoro do alarme é configurável previamente, possibilitando ajuste conforme a aplicação (intrusão, aproximação de máquinas, incêndio, etc.). Permite comunicação de voz bidirecional em tempo real entre a plataforma de monitoramento e o dispositivo em campo.
2.10	Sobreposição OSD (On-Screen Display)	Permite customização dos dados exibidos, incluindo data e hora, informações de monitoramento da fonte de alimentação e identificação da linha e da torre, entre outros parâmetros.
2.11	Configurações de Imagem	Suporta configuração remota de parâmetros de imagem por meio da plataforma de monitoramento, incluindo AE, redução de ruído 3D, balanço de branco, brilho, crominância, contraste, saturação, nitidez, entre outros.
2.12	Aprimoramento de Imagem	Permite compensação de contraluz (BLC), inibição de luz forte (HLC), ampla faixa dinâmica digital (Digital WDR) e redução digital de ruído (DNR).
3	**Outras Funções**	
3.1	Gerenciamento de Energia	Sistema avançado de monitoramento da alimentação elétrica, com alternância automática e inteligente dos modos de funcionamento conforme o SOC (State of Charge) da bateria, assegurando disponibilidade contínua, inclusive em períodos prolongados de baixa geração energética (ex.: dias consecutivos de chuva).
3.2	Gerenciamento de Tráfego de Dados	Permite configuração de limites de tráfego de dados em base mensal e diária, realizando comutação automática dos modos de funcionamento conforme a franquia de dados disponível.
3.3	Gerenciamento Remoto dos Dispositivos	Permite atualização remota (OTA – Over-The-Air) do firmware do dispositivo e dos modelos de Inteligência Artificial embarcados

4	**Comunicação**	
4.1	Rede de Transmissão	Suporte a acesso 4G multioperadora (full-network), com controle de tráfego de dados e monitoramento da intensidade do sinal (RSSI/RSRP).
		O dispositivo incorpora conectividade Wi-Fi e BLE (Bluetooth Low Energy), permitindo configuração, diagnóstico e manutenção local sem necessidade de acesso à rede celular.
4.2	Protocolos Suportados	Compatível com protocolo I1 e protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), permitindo configuração e adaptação personalizada conforme a arquitetura de comunicação do cliente (SCADA, plataforma IoT ou sistema proprietário)
4.3	Manutenção Local On-Site	O dispositivo suporta comunicação sem fio local via Wi-Fi, possibilitando configuração, diagnóstico e manutenção diretamente em campo, sem dependência da rede celular
5	**Fonte de Alimentação**	
5.1	Painel Solar	Painel solar ≥ 360W
5.2	Bateria	Bateria ≥ 200Ah
5.3	Autonomia da bateria na ausência total de radiação solar	≥ 30 dias (Modo de Imagem)
		≥ 10 dias (Modo de Vídeo Silencioso)
6	**Características Gerais**	
6.1	Grau de Proteção	≥ IP67
6.2	Faixa de Trabalho de Temperatura e Umidade	-40 °C to +70 °C;
		0%RH até 100%RH

Fotos de Aplicações Reais







POSITRON streamer electric Fujian RuiSen EXPI 中国电建 Sichuan Yibin Global Group Suz Insulators CYG高能 CNBM sinoma

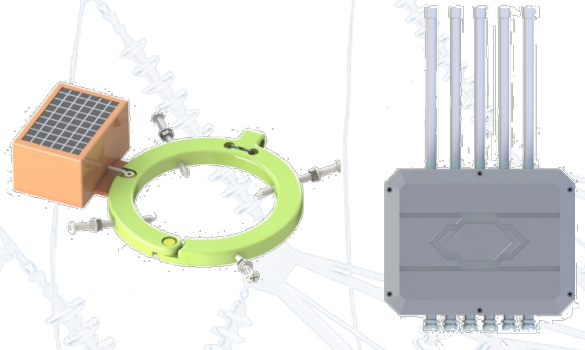
Distribuidor Autorizado no Brasil

Sensor de Corrente de Fuga de Isoladores

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

PCM-3234 – Dispositivo de Monitoramento Online de Corrente de Fuga de Isoladores



Apresentação do produto

Os isoladores, normalmente fabricados em **vidro ou porcelana**, têm a função de **sustentar os condutores** e **impedir a passagem de corrente para a terra** nas linhas aéreas de transmissão.

Variações de umidade ambiental, acúmulo excessivo de poluição na superfície do isolador, formação de gelo, presença de **isoladores de valor zero** e outros fatores podem provocar o **aumento da corrente de fuga**, podendo evoluir para **flashover por poluição**, causando falhas em toda a linha de transmissão e até em redes de distribuição associadas, representando uma **ameaça significativa à operação segura do sistema elétrico**.

O **Sistema de Monitoramento Online da Corrente de Fuga de Isoladores** é composto por:

- **Sensores de aquisição de corrente de fuga**, e
- **Estações base de transmissão de dados**, instaladas diretamente nas torres de transmissão.

A estação de monitoramento inclui:

- Unidade de aquisição de corrente de fuga,
- Módulo de comunicação **GPRS / 4G**,
- Circuito de controle de carga,
- Bateria de armazenamento,
- Opcionalmente, módulos de **temperatura, umidade, pressão atmosférica** e **pluviometria**.

A estação coleta os dados dos sensores e os transmite ao sistema central de supervisão por meio da rede **GPRS / 4G**.

Características

- ✅ Instalação simplificada
- ✅ Medição não invasiva (sem contato direto), permitindo instalação rápida e segura.
- ✅ Consumo de energia ultra baixo
- ✅ Estratégia dinâmica de gerenciamento de energia para máxima eficiência.
- ✅ Alta segurança operacional
- ✅ Comunicação sem fio entre sensor e unidade principal, reduzindo riscos durante a instalação.
- ✅ Monitoramento direto do estado de isolamento
- ✅ O sensor é instalado no lado de potencial de terra da cadeia de isoladores, coletando a corrente de fuga superficial para avaliação do estado da isolação externa.

Comunicação flexível

- ✅ Sensor ↔ terminal inteligente: comunicação sem fio de curto alcance 433 MHz, padronizada e de baixo consumo.
- ✅ Terminal inteligente ↔ plataforma central: comunicação 4G.

Projeto industrial robusto

- ✅ Invólucro metálico à prova d'água, resistência a interferências eletromagnéticas, alta resistência térmica e à oxidação, adequado para ambientes climáticos severos.
- ✅ Modos de aquisição configuráveis

Aquisição controlada

- ✅ Aquisição automática
- ✅ Permite ajuste remoto de intervalos de amostragem (5 minutos a 2 horas) e limites de alarme.

Compatibilidade com sistemas de concessionárias

- ✅ Suporte aos diferentes padrões de integração de plataformas da State Grid e da China Southern Power Grid, bem como de suas unidades regionais.

Cenários de aplicação

- Linhas aéreas de transmissão
- Ambientes com alta poluição
- Regiões de elevada umidade
- Áreas sujeitas a gelo, neblina ou chuva intensa
- Monitoramento preventivo de cadeias de isoladores em EHV/UHV

são enviadas para a **estação base de transmissão de dados**, facilitando o **monitoramento remoto** e a **gestão**;

- ✅ **Gestão inteligente de energia:** conta com sistema inteligente de gerenciamento de energia, que ajusta o fornecimento com base no **nível da bateria** e no **estado de funcionamento do dispositivo**, prolongando sua vida útil;
- ✅ Compatível com os **protocolos padrão da China Southern Power Grid** e da **State Grid**.

Parâmetros de Monitoramento Sensor de Corrente de Fuga de Isoladores	
Faixa de Medição	10 µA até 100 mA
Precisão	100 µA até 100 mA = ±5% 10 µA até 100 µA = ±10%
Resolução	150 nA
Princípio de Medição (*OBS)	Tecnologia magnética combinada TMR + GMR (GMR = Giant Magnetoresistance) (TMR = Tunelling Magnetoresistance)
Número de pontos por amostragem	1024
Grau de Proteção	IP65
Faixa de Tensões para Aplicação	10kV até 1000kV, CA e CC
Rede e Capacidades de Comunicação	
Bandas de Frequência de Comunicação	433 Mhz
Interface de Comunicação Local	RS-485
Distância de Comunicação	500 m
Interface de Comunicação Remota	4G (todas as operadoras)
Sistema de Alimentação	
Modo de alimentação	Fotovoltaico + Bateria de Lítio Recarregável 6600mAh
Consumo de Corrente / Energia	< 6 mA / < 0,5 W
Parâmetros Ambientais	
Faixa de Temperatura de Trabalho	-55 até +85 ºC
Faixa de Umidade Relativa	De 5% até 100 % RH
Segurança da Informação	
Criptografia	Por Hardware com Chips padrão nacional da China modelo SM1 / SM7

* OBSERVAÇÕES A RESPEITO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

GMR – Giant Magnetoresistance
(Magnetorresistência Gigante)

A **GMR** é um efeito físico em materiais multicamadas (ferromagnético / não magnético), no qual a **resistência elétrica do sensor varia fortemente** quando submetida a um **campo magnético externo**.

Campo magnético muda → resistência muda → corrente/ tensão medida muda.

Utilidade:

- Corrente elétrica (mesmo muito pequena) **gera campo magnético**.
- O sensor GMR mede esse campo **sem contato elétrico com o condutor**.
- Extremamente sensível a **campos fracos**, na ordem de µT.

Pontos fortes

- Alta sensibilidade
- Boa resposta dinâmica (AC)
- Muito usado para:
    - medição de corrente não invasiva
    - detecção de sinais muito fracos

Limitações

- Maior deriva térmica
- Sensível a ruído eletromagnético
- Pode saturar em campos mais altos

TMR – Tunneling Magnetoresistance
(Magnetorresistência por Tunelamento)

A **TMR** é uma evolução da GMR.
Ela usa uma **junção túnel magnética (MTJ – Magnetic Tunnel Junction)**, onde elétrons "tunelam" através de uma camada isolante extremamente fina.

A probabilidade de tunelamento (e portanto a resistência) depende do **campo magnético aplicado**.

Por que é superior em certos aspectos:

- Sensibilidade ainda maior que GMR
- Melhor relação sinal/ruído
- Excelente estabilidade em baixíssimos níveis de campo
- Menor consumo de energia

Pontos fortes

- Excelente para **correntes muito baixas** (µA, nA)
- Melhor estabilidade a longo prazo
- Ideal para medições contínuas e alimentadas por bateria/solar

Limitações

- Faixa dinâmica menor
- Pode perder linearidade em correntes mais altas

PORQUE COMBINAR TMR + GMR NO MESMO SENSOR?

Aqui está o **A VANTAGEM** do produto.

A corrente de fuga em isoladores:

- pode variar de **dezenas de µA** (isolador limpo e seco),
- até **dezenas ou centenas de mA** (isolador sujo/molhado, pré-flashover).

Nenhuma tecnologia isolada cobre **bem** essa faixa inteira.

Estratégia híbrida

Faixa de corrente	Tecnologia dominante
µA → dezenas de µA	**TMR** (ultra sensível)
centenas de µA → mA	**GMR** (faixa mais ampla)

O sistema:

- seleciona automaticamente o canal mais adequado, ou
- faz fusão de sinais (signal fusion) para manter linearidade.

Resultado:
alta resolução em correntes baixíssimas + robustez em correntes mais altas.

VANTAGENS DESTA SOLUÇÃO PARA MONITORAMENTO DE ISOLADORES

Em comparação com shunts ou sensores resistivos

- Totalmente **não invasivo**
- Sem risco de aquecimento
- Sem impacto no campo elétrico da cadeia

Em comparação com TC convencional

- Muito mais sensível em correntes muito baixas
- Funciona bem fora de 50/60 Hz (componentes harmônicas)
- Dimensões compactas

Em comparação com sensores Hall simples

- Sensibilidade superior
- Menor ruído em baixas correntes
- Melhor repetibilidade

POR QUE ISSO É ESPECIALMENTE INTERFESSANTE PARA LT'S EHV E UHV?

- **Correntes de fuga** iniciais **são o melhor indicador de:**
  - poluição ativa
  - umedecimento crítico
  - início de envelhecimento superficial
- **TC ou Hall comum não enxergam essa fase.**
- **TMR + GMR permite:**
  - detectar tendência,
  - criar alarmes antecipados,
  - sair do modelo reativo ("falhou") para **preditivo**.

RESUMO

"O sensor utiliza uma combinação de tecnologias de magnetorresistência TMR e GMR para medir correntes de fuga extremamente baixas e elevadas de forma não invasiva, garantindo alta sensibilidade em regime normal e ampla faixa dinâmica em condições críticas."

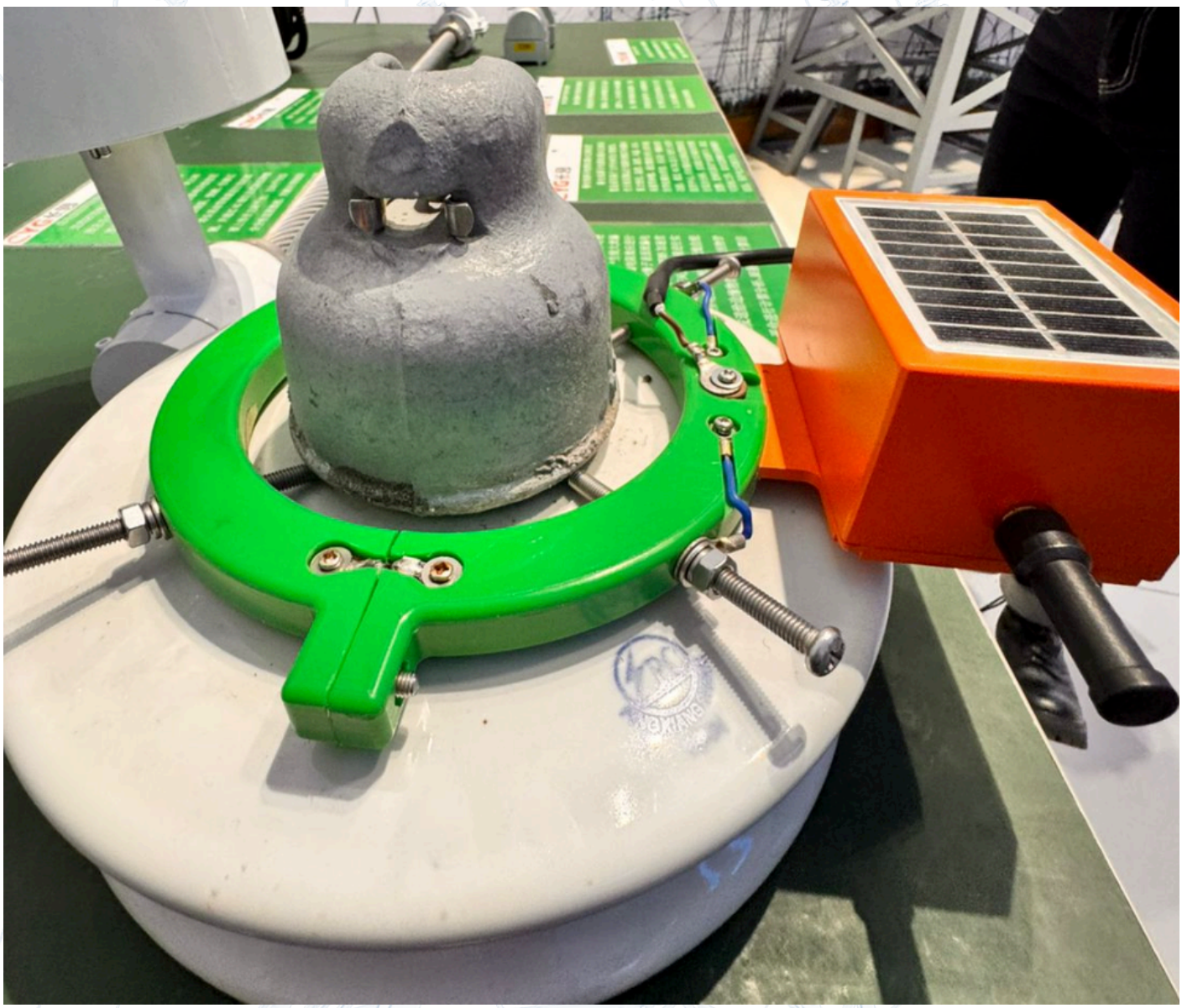
Sensoreamento Integrado de Isoladores
Corrente de Fuga e Poluição (ESDD/NSDD)

POSITRON streamer electric Fujian RuiSen EXPI 中国电建 Sichuan Yibin Global Group Suz Insulators CYG高能 CNBM sinoma

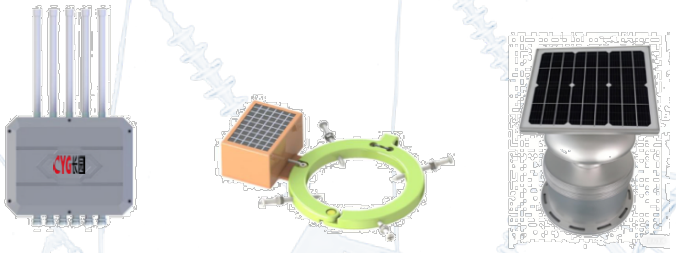
Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

Foto do Produto



PCM-3234-C - Dispositivo Integrado de Monitoramento Online para Isoladores



Apresentação do produto

Como componentes centrais de sustentação e isolação em linhas de transmissão aéreas, os isoladores de vidro, porcelana e material compósito estão sujeitos a riscos como:

- aumento de corrente de fuga;
- desligamentos por flashover devido à poluição;
- e falhas no sistema elétrico causadas por contaminação, formação de gelo e variações de temperatura e umidade ambiente.

O sistema de monitoramento online associado realiza:

- aquisição precisa de correntes de fuga na faixa de microampères;
- cálculo em tempo real da severidade de contaminação ESDD/NSDD;
- transmissão dos dados para a estação mestre de monitoramento via 4G/GPRS;
- e suporte à expansão para monitoramento meteorológico, permitindo alerta antecipado de riscos relacionados à isolação.

Características Funcionais

- ✅ **Monitoramento Preciso da Condição da Isolação:**

O sensor de aquisição de corrente de fuga é instalado no lado de potencial de terra da cadeia de isoladores, realizando a coleta precisa da corrente de fuga para terra e avaliando em tempo real a condição de segurança da isolação externa do isolador.

- ✅ **Fusão de Múltiplas Tecnologias para Detecção de Contaminação:**

Integra tecnologias de sensoriamento por fibra óptica e reconhecimento de imagem, permitindo a detecção precisa da Densidade Equivalente de Deposição Salina (ESDD) e da Densidade de Deposição Não Solúvel (NSDD) dos isoladores, sendo compatível com todos os tipos de isoladores de porcelana, vidro e compósitos.

- ✅ **Monitoramento Completo de Parâmetros e Alerta Inteligente:**

Permite o monitoramento simultâneo de parâmetros ambientais, como temperatura e umidade, acionando automaticamente alarmes graduados quando os limites de contaminação ou anormalidades de isolação são excedidos. Sua faixa de medição atende aos requisitos operacionais da rede elétrica em todos os cenários.

- ✅ **Comunicação Flexível em Duplo Enlace:**

O sensor de aquisição de corrente de fuga e o terminal base utilizam comunicação sem fio de curta distância em 433 MHz e baixo consumo de energia, enquanto o terminal e a plataforma realizam transmissão sem fio de longa distância via 4G, garantindo estabilidade de comunicação e elevada adaptabilidade.

- **Adaptabilidade Industrial para Amplas Condições de Operação:**

✅ Adota invólucro metálico à prova d'água, com características de resistência à interferência eletromagnética, resistência a altas temperaturas e resistência à oxidação. É compatível com toda a faixa de tensão de 10 kV a 1000 kV, podendo operar de forma estável por longos períodos em ambientes climáticos severos.

- ✅ **Ultra Baixo Consumo de Energia e Longa Autonomia:**

Utiliza estratégia dinâmica de gerenciamento de energia para atender rigorosos requisitos de economia de consumo. É equipado com sistema de alimentação solar e pode operar continuamente por mais de 30 dias sem incidência solar.

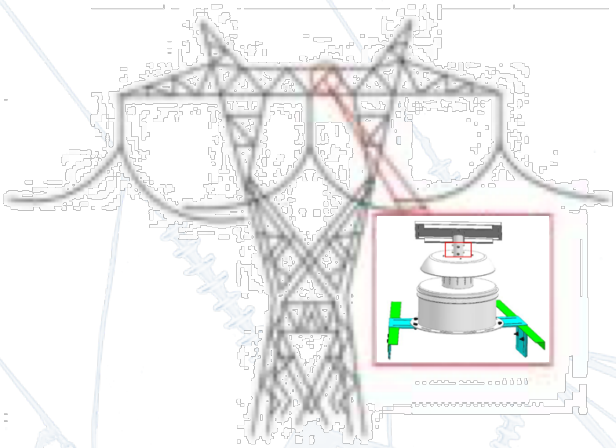
- ✅ **Modos de Aquisição Flexíveis e Configuráveis:**

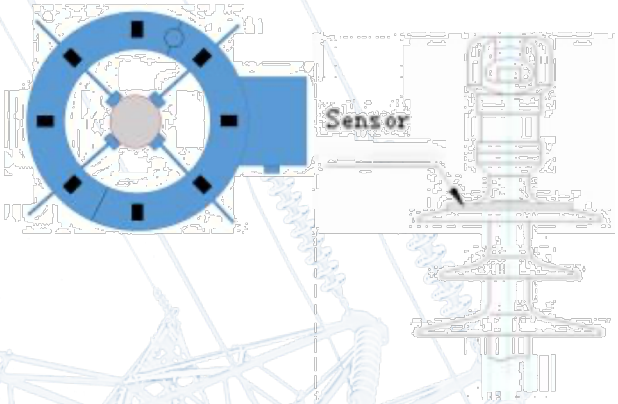
Suporta modos de aquisição automática e controlada, permitindo configuração livre, via software supervisório, de parâmetros principais como:

- ✅ intervalo de amostragem;
- ✅ limites de alarme;
- ✅ e demais parâmetros operacionais críticos.

Cenários de Aplicação

- ✅ Monitoramento online de corrente de fuga em cadeias de isoladores de linhas de transmissão;
- ✅ Monitoramento da severidade de contaminação em isoladores;
- ✅ Monitoramento de condições de formação de gelo e umidade em sistemas de isolação;
- ✅ Aplicações em linhas sujeitas a elevada poluição industrial, maresia, poeira ou ambientes severos;
- ✅ Sistemas de transmissão que exigem alerta antecipado de risco de flashover;
- ✅ Monitoramento inteligente da condição de isoladores em linhas de transmissão CA e CC de 10 kV até 1000 kV.





Sensor de Corrente de Fuga de Isoladores		
Item	**Parâmetro**	**Especificação**
1	Faixa de Corrente	10 μA ~ 100 mA
2	Precisão da Medição de Corrente	＜5% (100 μA ~ 100 mA: ±5%; 10 μA ~ 100 μA: ±10%)
3	Princípio de Medição	Método com chip magnetorresistivo TMR + GMR
4	Quantidade de Pontos por Amostragem	Não inferior a 1024 pontos
5	Grau de Proteção	IP65
6	Classe de Tensão Aplicável	10 kV até 1000 kV, CA/CC
7	Faixa de Frequência da Comunicação Sem Fio	433 MHz
8	Distância de Comunicação Sem Fio	> 500 metros
9	Modo de Alimentação	Sistema fotovoltaico + bateria recarregável de lítio, 6600 mAh
10	Consumo de Energia	Menor que 6 mA
11	Método de Instalação	Instalado no lado de potencial de terra da cadeia de isoladores; anel de drenagem bipartido (“split-type”), permitindo instalação com linha energizada

Sensor de Contaminação		
Item	**Parâmetro**	**Especificação**
1	Faixa de Medição da Densidade Equivalente de Deposição Salina (ESDD)	0 mg/cm² ~ 1,0 mg/cm²
2	Faixa de Medição da Densidade de Deposição Não Solúvel (NSDD)	0 mg/cm² ~ 2,0 mg/cm²
3	Temperatura	Faixa de medição: −40°C ~ +120°C; Precisão: 0,5°C
4	Umidade	Faixa de medição: 0 ~ 100% UR; Precisão: 2% UR
5	Modo de Comunicação	RS485, 4G

Concentrador de Borda Inteligente		
Item	**Parâmetro**	**Especificação**
1	Interface de Comunicação Downlink	RS485 / 433 MHz
2	Interface de Comunicação Uplink	4G com acesso full network
3	Consumo Médio de Energia	< 0,5 W
4	Grau de Proteção	IP68
5	Ambiente de Operação	Temperatura ambiente: −55°C ~ +85°C; Umidade ambiente: ≤95%

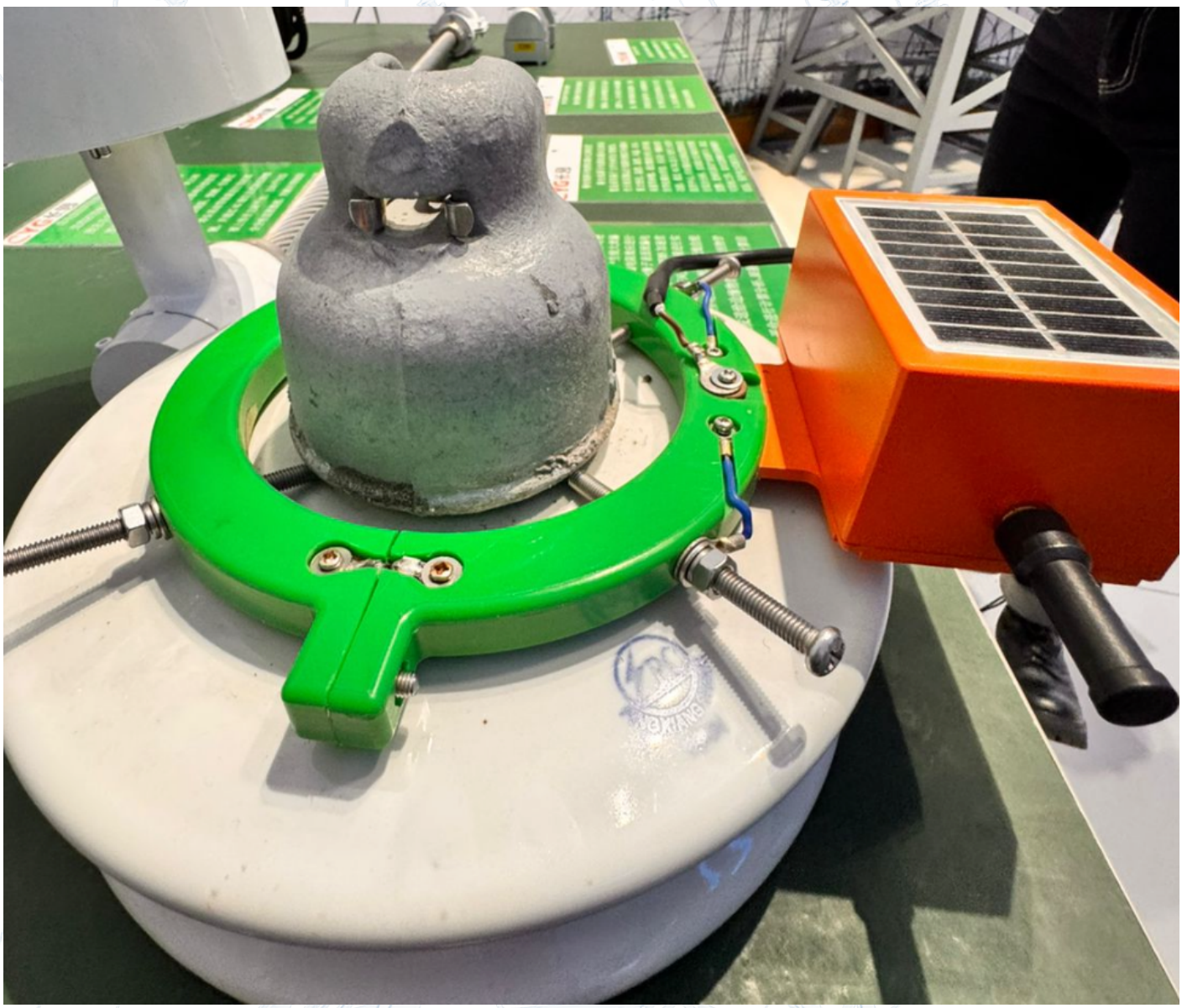
Fotos de Instalações Existentes







Foto do Produto

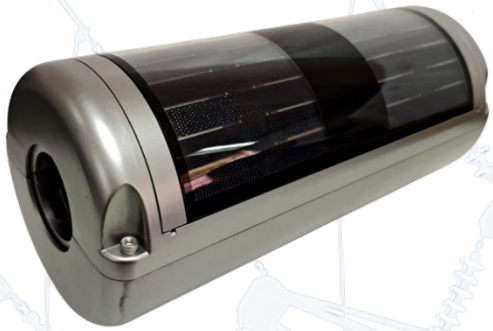


Localizador de Faltas Distribuído

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

PCM-3235-A – Sistema de Diagnose de Falta Distribuído



Introdução:

O **Sistema Distribuído de Diagnóstico de Faltas em Linhas de Transmissão** é aplicado a linhas aéreas com níveis de tensão de **35 kV a 1000 kV**.
O sistema realiza **amostragem em alta frequência** e **registro de ondas viajantes (traveling waves)** associadas às faltas, incluindo a **onda viajante inicial** e as **ondas refletidas**.
Por meio de algoritmos de análise rápida e precisa implementados no **software de retaguarda da estação mestre (master station - background system)**, o sistema possibilita a **localização rápida e o diagnóstico preciso das faltas na linha de transmissão**.

Características Funcionais

■ **Confiabilidade na localização do trecho em falta: ≥ 99%**
Elevada confiabilidade na identificação do **segmento da linha afetado pela falta**, reduzindo o tempo de inspeção em campo e aumentando a eficiência operacional das equipes de manutenção.

■ **Monitoramento online 24/7**
Monitoramento contínuo em tempo real, com:

- Aquisição da **corrente da onda viajante inicial** no instante da ocorrência da falta
- Medição da **corrente de falta em frequência industrial (50/60 Hz)**
- Amostragem de alta precisão das formas de onda de falta

Os dados registrados permitem análise detalhada do evento e suporte à engenharia de proteção e análise pós-falta.

■ **Localização rápida em até 5 minutos**
O sistema utiliza programa de identificação de faltas baseado em **algoritmos de Inteligência Artificial (Deep Learning)**, atingindo:

- **Precisão de identificação superior a 95%**
- Determinação automatizada do tipo de falta (fase-terra, bifásica, trifásica, etc.)
- Redução significativa do tempo de recomposição do sistema

■ **Localização de alta precisão (≤ 300 m)**
Baseada em:

- **Amostragem em alta velocidade das ondas viajantes**
- Sincronização temporal de alta precisão via **Beidou/GPS**
- Tecnologia de **calibração online da velocidade de propagação da onda viajante**

Esse conjunto tecnológico permite reduzir o erro de localização para até **300 metros ou menos**, mesmo em linhas longas de EHV/UHV.

■ **Instalação distribuída a cada 30 km**
Arquitetura distribuída com espaçamento típico de 30 km entre unidades, proporcionando:

- Implantação economicamente viável
- Redundância sistêmica
- Maior robustez operacional

Características do Sistema	
Precisão da localização da falta	≤ ±300m
Taxa de acerto na localização do trecho afetado	≥ 99%
Tempo de resposta do alarme de falta	≤ 5min
Distância entre sensores de monitoramento	30 km
Métido de análise de falta	Algoritmo de Inteligência Artificial (IA) baseado em Aprendizado Profundo
Comunicação	4G + Enlace de rádio digital
Fonte de alimentação	Transformador de corrente + Painel solar
Sincronização de tempo	Sistema de sincronização temporal de alta precisão baseado em dupla constelação GNSS (GPS + BDS), garantindo carimbo de tempo com precisão submicrosegundo para aplicação em localização de faltas por ondas viajantes
Faixa de corrente de carga para alimentação por acoplamento indutivo (por cabo)	20A - 1500A
Faixa de trabalho de temperatura e umidade	-40°C ~ 70°C; ≤ 100% RH

Fotos de Aplicações Reais





Distribuidor Autorizado no Brasil

Sensor de Resistência de Terra da Estrutura

POSITRON streamer electric Fujian RuiSen EXPI 中国电建 Sichuan Yibin Global Group Suz Insulators CYG高能 CNBM sinoma

Distribuidor Autorizado no Brasil

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

Monitoramento de Resistência de Terra





Introdução

Este dispositivo foi especialmente desenvolvido para solucionar os principais desafios da medição tradicional de aterramento de torres, tais como:

- ✅ elevados custos de mão de obra;
- ✅ aquisição tardia de dados;
- ✅ dificuldade na identificação de perigos ocultos;
- ✅ e altos riscos operacionais e de manutenção.

A configuração padrão é composta por:

- ✅ um terminal inteligente de borda (Edge Intelligent Terminal);
- ✅ e quatro sensores de medição de resistência de aterramento.

Todo o sistema é alimentado por um conjunto fotovoltaico e utiliza comunicação sem fio 4G para transmitir os dados de monitoramento à plataforma central de monitoramento de linhas de transmissão.

O equipamento realiza o monitoramento online contínuo e quantitativo da condição do sistema de aterramento das torres de transmissão, garantindo:

- ✅ a segurança e eficácia da proteção contra descargas atmosféricas;
- ✅ e a operação segura e estável das linhas de transmissão.

Características Funcionais

- ✅ Fácil Instalação:

O sensor de detecção do tipo bipartido (“split-type”) não requer a desconexão do cabo de descida do aterramento durante a instalação, permitindo montagem rápida e conveniente.

- ✅ Medição Rápida:

Elimina etapas complexas, como a instalação de eletrodos auxiliares. Os resultados de medição são obtidos instantaneamente, aumentando significativamente a eficiência operacional.

- ✅ Alta Segurança:

Não é necessário contato direto com o objeto medido, reduzindo efetivamente os riscos de segurança para os operadores.

- ✅ Ampla Aplicabilidade:

Compatível com diversos sistemas de aterramento, adequado para ambientes complexos, incluindo aplicações em alta tensão e locais com forte interferência eletromagnética.

- ✅ Monitoramento em Tempo Real:

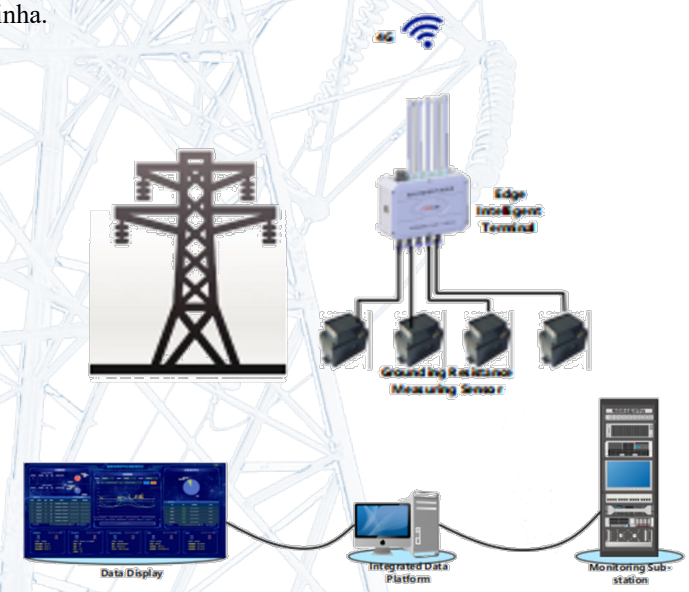
Realiza acompanhamento contínuo das variações da resistência de aterramento, permitindo identificação rápida de anomalias e manutenção ágil.

- ✅ Projeto Não Intrusivo:

A medição não interrompe a operação do equipamento nem causa impacto ao sistema elétrico, sendo especialmente adequada para aplicações com elevada exigência de continuidade operacional.

Cenários de Aplicação

- ✅ Monitoramento online da resistência de aterramento de torres de linhas de transmissão;
- ✅ Monitoramento da integridade do sistema de aterramento de torres expostas a elevada incidência de descargas atmosféricas;
- ✅ Supervisão contínua da condição do aterramento em regiões montanhosas, áreas de alta resistividade do solo e corredores críticos de transmissão;
- ✅ Aplicações em ambientes com forte interferência eletromagnética;
- ✅ Sistemas de aterramento que exigem alta confiabilidade operacional e monitoramento contínuo sem desligamento da linha.



Sensor de Medição da Resistência de Aterramento		
Item	**Parâmetro**	**Especificação**
1	Medição da Resistência de Aterramento	Faixa: 0,01 Ω ~ 200 Ω; Resolução: 0,001 Ω; Precisão: ±2% da leitura ±3 dígitos
2	Medição de Corrente de Terra	Faixa: CA 0 mA ~ 20 A; Resolução: 0,1 mA; Precisão: ±2% da leitura ±5 dígitos
3	Dimensão da Abertura para Cabo de Descida de Aterramento	56 mm × 27 mm
4	Alimentação Nominal	DC 12 V
5	Consumo de Energia em Operação	Máx. 50 mA em 12 VDC
6	Modo de Comunicação	RS485, protocolo Modbus
7	Grau de Proteção do Invólucro	≥ IP65
Concentrador Inteligente de Borda com IA		
Item	**Parâmetro**	**Especificação**
1	Quantidade de Sensores de Resistência de Aterramento Conectáveis	≥ 4 unidades; os sensores são alimentados pelo terminal inteligente de borda
2	Comunicação Downlink	Barramento serial RS485, protocolo Modbus
3	Comunicação Uplink	4G
4	Alimentação	Alimentação por sistema fotovoltaico + bateria de lítio; Autonomia da bateria ≥ 30 dias sem incidência solar
5	Consumo de Energia do Dispositivo	≤ 0,5 W
6	Grau de Proteção do Invólucro	≥ IP65
7	Ambiente de Operação	Faixa de temperatura: -40°C ~ +70°C; Faixa de umidade: 0% ~ 100% UR

Princípios e Padrões de Monitoramento de LT's (SGCC)

POSITRON
streamer electric
Fujian RuiSen
EXPI
Distribuidor Autorizado no Brasil
中国电建
Sichuan Yibin Global Group
Suz Insulators
CYG高能
CNBM sinoma

www.texpi.com.br end: Rod. Raul de Azevedo Macedo, 10.002; Estrada de Bateias, Campo Largo, PR - CEP 83648-000,Caixa Postal 772 - Tel. +5541-3393-2122

State Grid Corporation of China

Projeto Típico Padronizado de Engenharia de Transmissão e Subestação

Subvolume de Soluções Típicas de Monitoramento Online de Linhas de Transmissão

(Edição 2024)

Emitido pela: State Grid Corporation of China

Projeto do texto: **Zhang Junxia**

Número do projeto: **XM102915**

Editor Responsável: **Luo Yan**

Texpi Equipamentos

Campo Largo, Paraná.

Matriz

Rod. Raul de Azevedo Macedo,

10.002; Estrada de Bateias

09.635.060/0001-55

www.texpi.com.br

+55 41 3393-2122

Nota Editorial e Publicação

O **Projeto Típico Padronizado de Engenharia de Transmissão e Subestações** é um componente fundamental dos resultados de padronização da construção de redes da **State Grid Corporation of China**

Com o objetivo de aprofundar a implementação dos requisitos do **novo sistema elétrico,** melhorar ainda mais a **qualidade, eficiência e benefícios globais** da construção da rede elétrica, a empresa realiza atualizações contínuas e iterativas de seus projetos e equipamentos padronizados.

Nesta revisão, foi elaborado o **Subvolume de Soluções Típicas de Monitoramento Online de Linhas de Transmissão (Edição 2024).**

Este documento é parte integrante da série:

Projeto Típico Padronizado de Engenharia de Transmissão e Subestação da State Grid Corporation of China – Subvolume de Monitoramento Online de Linhas de Transmissão (Edição 2024)

O material destina-se a:

- Institutos de projeto do setor elétrico.
- Profissionais de planejamento, gestão, construção, instalação, operação e manutenção.
- Fabricantes de equipamentos para sistemas elétricos

Dados Catalográficos (CIP)

Editoria: **China Electric Power Press**

ISBN: **978-7-5198-8820-6**

Ano de publicação: **2024**

Direitos autorais exclusivos. Reprodução não autorizada é proibida.

Comissão Editorial

Comissão Editorial

- **Diretor:** Pan Jingdong
- **Vice-diretor:** Zhang Ning

Grupo de Trabalho

- Unidade líder: **Departamento de Infraestrutura da State Grid Corporation of China**
- Unidades participantes:
  - **China Electric Power Research Institute Co., Ltd.**
  - **State Grid Economic and Technical Research Institute Co., Ltd.**

Comissão de Especialistas

Grupo de Especialistas

- Li Yongshuang
- Song Lijun
- Wang Jingchao
- Xu Liang
- Wang Wei
- Zhang Tong
- Wen Zuoming

Equipe de Redação

- Li Minghua
- Nie Qiong
- Su Zhaohui
- Guo Yanxia
- Xu Jin
- Zhu Kuanjun
- Han Junke
- Fang Zhenggang
- Si Jiajun
- Fan Baozhen
- Liu Rui
- Liu Peng
- Gao Jie

Prefácio

O **Projeto Típico Padronizado de Engenharia de Transmissão e Subestações** constitui um dos principais resultados do processo de padronização da construção da rede elétrica da State Grid Corporation of China.

Com o objetivo de aprofundar continuamente a padronização e elevar a **qualidade, eficiência e eficácia** dos empreendimentos de transmissão, no período de **2022 a 2024**, o Departamento de Infraestrutura da State Grid organizou o **China Electric Power Research Institute**, empresas provinciais e diversas unidades de projeto para:

- Sistematizar e consolidar os resultados existentes de projetos padronizados
- Realizar pesquisas amplas e estudos temáticos
- Desenvolver projetos detalhados
- Submeter os conteúdos a avaliações técnicas especializadas
- Aperfeiçoar e otimizar as soluções

Como resultado, foi concluída a **revisão e otimização abrangente das soluções típicas de linhas de transmissão**, promovendo uma **evolução iterativa** dos resultados de padronização da empresa.

Os Editores

Outubro de 2024

Sumário

Nota Editorial e Publicação 2
Comissão Editorial 3
Comissão Editorial 3
Grupo de Trabalho 3
Comissão de Especialistas 4
Grupo de Especialistas 4
Equipe de Redação 4
Prefácio 5

Capítulo 1 – Visão Geral 9
1.1 Objetivo da elaboração 9
1.2 Princípios de elaboração 10
1.3 Arquitetura do projeto padronizado integrado de linhas de transmissão 12
1.4 Resultados do trabalho 12

Capítulo 2 – Bases de Elaboração 13
2.1 Principais normas e padrões de projeto 13
2.2 Documentos e regulamentos corporativos aplicáveis 14

Capítulo 3 – Instruções de uso 14
3.1 Escopo de aplicação 14
3.2 Numeração das soluções típicas 15
3.2.1 Regra de numeração 15
3.2.2 Exemplo de numeração 16
3.3 Planejamento das soluções típicas 16
3.4 Aplicação em projetos 17

Capítulo 4 – Princípios de projeto (Início) 17
4.1 Arquitetura do sistema 17
4.1.1 Percepção em campo 18
4.1.2 Transmissão em rede 18

4.1.3 Aplicações inteligentes 19
4.1.4 Formas físicas dos dispositivos e requisitos gerais 20
4.2 Princípios de configuração 21
4.2.1 Trechos importantes de linhas de transmissão 21
4.2.2 Trechos especiais 22
4.2.3 Trechos influenciados por condições meteorológicas 22
4.3 Soluções típicas 23
4.3.1 Requisitos gerais 23
4.4 Funções e requisitos técnicos dos dispositivos de monitoramento online (Início) 24
4.4.1 Dispositivos de monitoramento por imagem 24
4.4.2 Dispositivos de monitoramento por vídeo 26
4.4.3 Dispositivos de monitoramento meteorológico 27
4.4.4 Dispositivos de monitoramento de desastres geológicos 28
4.4.5 Dispositivos de monitoramento de inclinação de torres 29
4.5 Funções e requisitos técnicos dos dispositivos de monitoramento online (Continuação) 29
4.5.1 Dispositivos de monitoramento de gelo 29
4.5.2 Dispositivos de monitoramento de vibração eólica 31
4.5.3 Dispositivos de monitoramento de dança de condutores 32
4.5.4 Dispositivos de monitoramento de flecha (sag) 33
4.5.5 Dispositivos de monitoramento de desvio por vento 34
4.5.6 Dispositivos de monitoramento de poluição 35
4.5.7 Dispositivos de monitoramento de incêndios florestais por infravermelho 36
4.5.8 Dispositivos de monitoramento visual contra interferências externas 37
4.5.9 Dispositivos de monitoramento distribuído de falhas 38
4.5.10 Requisitos técnicos de alimentação elétrica (Início) 39
4.5.11 Requisitos técnicos de comunicação (Início) 43

Capítulo 5 – Soluções típicas por cenário (Início) 47
5.1 Trechos de três travessias 47
5.1.1 Travessia de ferrovia em alta velocidade 47
5.1.2 Travessia de rodovias de alta capacidade e corredores importantes de transmissão 48

5.2 Grandes travessias 48
5.3 Regiões de poluição severa 50
5.4 Regiões geologicamente desfavoráveis 51
5.4.1 Áreas afetadas por mineração ativa ou antiga 51
5.4.2 Pontos de risco geológico elevado 52
5.5 Regiões suscetíveis a incêndios florestais 53
5.6 Regiões de gelo pesado 54
5.7 Regiões de microtopografia e microclima 55
5.8 Regiões de dança dos condutores (Galloping) 56
5.9 Regiões de alta incidência de raios 57
5.10 Regiões de ventos especiais 59
5.10.1 Regiões costeiras com tufões e áreas de ventos fortes 59
5.10.2 Regiões sem dados confiáveis de vento 60
5.11 Regiões suscetíveis a interferências externas 61

Encerramento do documento 62

Capítulo 1 – Visão Geral

1.1 Objetivo da elaboração

Desde 2005, a **State Grid Corporation of China** vem implementando de forma contínua o conceito de **padronização da construção de redes elétricas**, estabelecendo um sistema estruturado de resultados padronizados para projetos de **engenharia de transmissão e subestações**.

Ao longo de mais de uma década, esse sistema foi continuamente aprofundado e atualizado, passando a cobrir:

- diversos **níveis de tensão**,
- diferentes **tipos de empreendimentos**,
- múltiplos **cenários ambientais e operacionais**.

Os resultados atuais de projeto padronizado para linhas de transmissão de **35 kV a 750 kV** concentram-se principalmente em três grandes blocos:

- projetos padronizados de **estruturas (torres e postes)** – edição 2022;
- projetos padronizados de **ferragens e acessórios** – edições 2010 e 2011;
- projetos padronizados de **fundações** (incluindo fundações escavadas, estacas escavadas e fundações com tirantes em rocha) – edição 2017.

Com a aceleração da construção do **novo sistema elétrico**, o setor passou a enfrentar mudanças profundas em:

- estrutura das fontes de geração,
- forma da rede elétrica,
- características das cargas,
- base tecnológica,
- modelos de negócio.

Além disso, surgem novos requisitos associados a:

- integração em larga escala de fontes renováveis,
- transmissão de energia limpa a longas distâncias,
- redução adicional das emissões de carbono.

Como os projetos padronizados existentes **não foram atualizados de forma sincronizada**, passaram a apresentar:

- lacunas na cobertura de todas as partes do empreendimento,
- baixa compatibilidade entre os diferentes resultados padronizados.

Diante disso, tornou-se necessário, com base nos resultados já existentes, **tomar o projeto padronizado de estruturas como ponto de partida** e desenvolver um **projeto padronizado integrado de linhas de transmissão de 35 a 750 kV**, elevando o desempenho global das linhas e fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de alta qualidade da rede elétrica.

Os objetivos centrais dessa iniciativa são:

1. **Garantir a segurança e confiabilidade da rede**, aumentando adequadamente a durabilidade dos componentes críticos e a capacidade de resistir a desastres naturais.
2. **Promover a transição para uma rede elétrica verde e de baixo carbono**, adotando projetos ambientalmente responsáveis e materiais eficientes.
3. **Atender às necessidades do novo sistema elétrico**, especialmente em regiões desérticas, de Gobi e áreas remotas, otimizando o escoamento de energia renovável.
4. **Transformar o modelo de construção**, incentivando a mecanização e reduzindo riscos de segurança no canteiro de obras.
5. **Apoiar a modernização da operação e manutenção**, elevando o nível de percepção inteligente da rede e reduzindo a carga de trabalho em campo.

1.2 Princípios de elaboração

A elaboração do projeto padronizado integrado segue os seguintes princípios:

1. **Atender à maioria das aplicações práticas**

Com base no planejamento da rede elétrica até 2030, são definidos módulos e soluções capazes de atender a **mais de 80%** dos novos empreendimentos.

2. **Cobrir os elementos centrais da engenharia de linhas de transmissão**

Inclui os principais fatores que impactam o desempenho do empreendimento, tais como:

- condutores e cabos para-raios,
- isoladores e ferragens,
- estruturas,
- fundações,
- sistemas de aterramento,
- monitoramento online,
- medidas de conservação ambiental e controle de erosão.

3. **Aderir às normas técnicas mais recentes**

O projeto observa integralmente:

- normas nacionais,
- normas setoriais,
- normas corporativas da State Grid,

garantindo conformidade com os requisitos técnicos vigentes.

4. **Integrar tecnologias avançadas e comprovadas**

São incorporados resultados recentes de pesquisa científica e experiências práticas consolidadas, promovendo a aplicação segura de tecnologias maduras.

5. **Considerar plenamente as necessidades de operação e manutenção**

As soluções são otimizadas para facilitar atividades futuras de inspeção, manutenção e operação.

6. **Buscar o menor custo ao longo do ciclo de vida**

O projeto equilibra custos de construção, operação e manutenção, buscando uma solução globalmente ótima.

7. **Combinar padronização com diferenciação**

Para linhas e trechos importantes ou especiais, são estabelecidos princípios e medidas diferenciadas conforme as características ambientais específicas.

1.3 Arquitetura do projeto padronizado integrado de linhas de transmissão

O projeto padronizado integrado de linhas de transmissão é estruturado a partir dos **conteúdos centrais da engenharia de linhas**, dividindo-se em:

- **Elementos básicos**
    - condutores,
    - isoladores e ferragens,
    - estruturas,
    - fundações.
- **Elementos complementares**
    - sistemas de aterramento,
    - sistemas de monitoramento online,
    - medidas de proteção ambiental e controle de erosão.

Os elementos básicos são consolidados em projetos padronizados, enquanto os elementos complementares são organizados sob a forma de **soluções típicas**, garantindo compatibilidade e integração entre todas as partes do empreendimento.

1.4 Resultados do trabalho

Os principais resultados desta elaboração incluem:

1. **Diretrizes técnicas para soluções típicas de monitoramento online de linhas de transmissão**

Com base nas normas mais recentes e nos documentos técnicos corporativos, foram otimizadas as soluções de monitoramento para **11 tipos de cenários típicos**, definindo:

- princípios de projeto unificados,
- padrões técnicos unificados,
- arquitetura de dados e comunicação padronizada,
- parâmetros técnicos, critérios de seleção e diretrizes de posicionamento dos dispositivos.

2. **Conjunto de desenhos típicos das soluções de monitoramento online**

Para diferentes cenários de linha, foram desenvolvidos projetos típicos de seleção de equipamentos e posicionamento, formando um conjunto completo de soluções gráficas padronizadas.

Capítulo 2 – Bases de Elaboração

2.1 Principais normas e padrões de projeto

Este documento foi elaborado com base, entre outras, nas seguintes normas técnicas:

- **GB/T 35697** – Requisitos técnicos gerais para dispositivos de monitoramento online de linhas aéreas de transmissão
- **GB/T 35721** – Sistema distribuído de diagnóstico de falhas em linhas de transmissão
- **LY/T 2581** – Especificação técnica para sistemas de monitoramento por vídeo de incêndios florestais
- **Q/GDW 11526** – Diretrizes técnicas de projeto para monitoramento online de linhas aéreas de transmissão
- **Q/GDW 1242** – Requisitos técnicos gerais para dispositivos de monitoramento de estado de linhas de transmissão
- **Q/GDW 1243** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento meteorológico de linhas de transmissão
- **Q/GDW 1244** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento de temperatura de condutores
- **Q/GDW 1554** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento de gelo em linhas de transmissão
- **Q/GDW 1560 (Partes 1 e 2)** – Especificações técnicas para dispositivos de monitoramento por imagem e vídeo
- **Q/GDW 10245** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento de vibração eólica
- **Q/GDW 10555** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento de dança de condutores
- **Q/GDW 10556** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento de flecha (sag)
- **Q/GDW 10557** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento de desvio por vento

- **Q/GDW 10558** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento de poluição
- **Q/GDW 10559** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento de inclinação de torres
- **Q/GDW 11660** – Especificação técnica para dispositivos de monitoramento distribuído de falhas
- **T/CSEE 0125.1** – Especificação de monitoramento baseada no sistema de navegação Beidou – Parte 1

2.2 Documentos e regulamentos corporativos aplicáveis

Além das normas técnicas nacionais e setoriais, este documento foi elaborado em conformidade com os seguintes documentos e regulamentos corporativos da **State Grid Corporation of China**:

- **"Aviso da State Grid Corporation of China sobre a emissão das Dezoito Medidas Principais de Prevenção de Acidentes Graves na Rede Elétrica (versão revisada)"**

(Documento nº 979 – State Grid Equipment, 2018)

Esses documentos estabelecem requisitos obrigatórios relacionados à **segurança operacional**, **prevenção de falhas**, **gestão de riscos** e **controle de acidentes graves**, devendo ser observados de forma integrada no projeto e aplicação dos sistemas de monitoramento online.

Capítulo 3 – Instruções de uso

3.1 Escopo de aplicação

Este subvolume aplica-se ao **projeto de sistemas de monitoramento online** para **linhas aéreas de transmissão em corrente alternada**, com níveis de tensão de:

- **110 kV (66 kV) a 750 kV**

Abrange tanto linhas novas quanto adequações ou ampliações em linhas existentes, desde que atendidas as condições técnicas e operacionais estabelecidas neste documento.

3.2 Numeração das soluções típicas

3.2.1 Regra de numeração

A numeração das soluções típicas de monitoramento online é composta por dois campos:

- **Primeiro campo – Setor de primeiro nível**
- **Segundo campo – Setor de segundo nível**

A regra de numeração das soluções típicas é ilustrada na Figura correspondente do documento original.

Setor de primeiro nível

Representado por duas letras, correspondendo ao tipo principal de cenário da linha. Os códigos são os seguintes:

Descrição	Código
Trechos de três travessias	SK
Grandes travessias	DK
Região de poluição severa	ZW
Região geologicamente desfavorável	BD
Região suscetível a incêndios florestais	HS
Região com risco elevado de interferência externa	PW
Microtopografia / microclima	WQ
Região de gelo pesado	FZ
Região de dança de condutores	GD
Região de alta incidência de raios	LQ
Região de ventos especiais	TF

Setor de segundo nível

Representado por uma letra seguida de um número, identificando subcenários específicos, conforme a tabela do documento original, tais como:

- travessias de ferrovias de alta velocidade,
- travessias de rodovias ou corredores elétricos importantes,
- áreas de mineração ativa ou antiga,
- zonas costeiras sujeitas a tufões,
- regiões sem dados confiáveis de vento.

3.2.2 Exemplo de numeração

- **SK–S1:** solução típica de monitoramento online aplicada a **trecho de três travessias**, especificamente **travessia de ferrovia de alta velocidade**.

3.3 Planejamento das soluções típicas

Para linhas de transmissão de **110 kV (66 kV) a 750 kV**, foram planejadas **14 soluções típicas de monitoramento online**, cada uma correspondente a um cenário operacional específico.

Essas soluções cobrem, entre outros, os seguintes contextos:

- travessias críticas,
- grandes vãos,
- regiões de poluição severa,
- áreas geologicamente instáveis,
- regiões sujeitas a incêndios florestais,
- regiões com gelo pesado,
- regiões de microclima,
- regiões com dança de condutores,
- regiões com alta incidência de raios,
- regiões de ventos especiais,
- regiões com risco de interferência externa.

Cada solução típica define:

- tipos de dispositivos de monitoramento,
- quantidade e pontos de instalação,
- forma de comunicação,
- finalidade operacional.

3.4 Aplicação em projetos

Durante o desenvolvimento de projetos de engenharia, o projeto de monitoramento online deve:

- Referenciar as **soluções típicas** deste documento;
- Atender simultaneamente às **condições e requisitos aprovados** no escopo do empreendimento;
- Ajustar-se às características específicas da linha e do ambiente, quando necessário.

Capítulo 4 – Princípios de projeto (Início)

4.1 Arquitetura do sistema

O sistema de monitoramento online de linhas de transmissão adota uma **arquitetura integrada em três camadas**, composta por:

1. **Percepção em campo** (Field Sensing)
2. **Transmissão em rede** (Network Transmission)
3. **Aplicações inteligentes** (Intelligent Applications)

Essa arquitetura segue o conceito de **Internet das Coisas Inteligente** e tem como objetivo apoiar a construção de uma **rede elétrica digitalizada, inteligente e resiliente**, com foco em:

- percepção em tempo real do estado da linha,
- alerta automático de falhas,
- suporte à tomada de decisão em emergências.

4.1.1 Percepção em campo

Os dispositivos de percepção em campo incluem principalmente:

- **Unidades de aquisição de dados**, responsáveis pela coleta de dados estruturados (estado da linha, parâmetros mecânicos e elétricos) e não estruturados (imagens e vídeos do corredor e da linha);
- **Terminais inteligentes de borda**, responsáveis pelo processamento local, comunicação e gestão dos dispositivos;
- **Fontes de alimentação**, responsáveis por suprir energia aos dispositivos de campo.

As unidades de aquisição de dados podem ser classificadas conforme o tipo de informação monitorada:

- monitoramento do estado físico da linha,
- monitoramento do ambiente do corredor de passagem.

Os terminais inteligentes de borda integram funções de:

- comunicação local,
- comunicação remota,
- processamento e armazenamento de dados,
- padronização e modelagem dos dados.

4.1.2 Transmissão em rede

A transmissão em rede do sistema de monitoramento online divide-se em:

- **Rede de comunicação local**, utilizada para a comunicação entre as unidades de aquisição de dados e os terminais inteligentes de borda;
- **Rede de comunicação remota**, utilizada para a comunicação entre os terminais inteligentes de borda e as plataformas corporativas de gestão e monitoramento.

A comunicação local é normalmente realizada por meio de:

- interfaces com fio

- redes sem fio de curto alcance, organizadas em topologia estrela ou em redes auto-organizadas (*mesh*).

Os terminais inteligentes de borda são responsáveis por:

- acessar e gerenciar os dispositivos de aquisição de dados;
- realizar a análise preliminar e o armazenamento local das informações;
- padronizar e modelar os dados conforme os requisitos do sistema corporativo;
- transmitir os dados processados para as plataformas centrais.

A comunicação remota constitui o **elo de dados** entre os dispositivos de campo e as plataformas corporativas, devendo garantir **confiabilidade, segurança e continuidade do serviço**.

4.1.3 Aplicações inteligentes

As aplicações inteligentes compreendem a **camada de plataforma e a camada de aplicação**, sendo responsáveis por:

- acesso seguro aos dados;
- agregação e armazenamento centralizado;
- visualização integrada das informações;
- análise e correlação de dados provenientes de múltiplos tipos de dispositivos.

Por meio da fusão de dados multiorigem, o sistema possibilita:

- avaliação do estado da linha;
- identificação ativa de falhas, defeitos e riscos;
- emissão de alertas e suporte à tomada de decisão operacional.

O sistema de monitoramento online deve apoiar a construção de uma linha de transmissão com as seguintes características:

- **segurança intrínseca**,
- **percepção em tempo real**,

- **interconexão total**,
- **capacidade de alerta autônomo**.

4.1.4 Formas físicas dos dispositivos e requisitos gerais

Os dispositivos de monitoramento online são classificados, quanto à sua forma física, em três categorias:

1. **Tipo separado**

A unidade de aquisição de dados e o terminal inteligente de borda são instalados separadamente

(ex.: monitoramento de vibração eólica, monitoramento de dança de condutores).

2. **Tipo integrado**

A unidade de aquisição de dados e o terminal inteligente de borda são totalmente integrados em um único dispositivo

(ex.: monitoramento de inclinação de torres, monitoramento meteorológico).

3. **Tipo híbrido**

Parte das unidades de aquisição é integrada ao terminal inteligente de borda, enquanto outras permanecem separadas

(ex.: sistemas de monitoramento por imagem/vídeo com múltiplos sensores).

Requisitos gerais das unidades de aquisição de dados

- capacidade de aquisição automática e controlada;
- verificação de plausibilidade e pré-processamento dos dados;
- comunicação estável com o terminal inteligente de borda.

Requisitos gerais dos terminais inteligentes de borda

- agregação de dados de múltiplos sensores;
- capacidade de computação de borda (*edge computing*);
- comunicação remota segura;
- gestão da rede local;
- gestão dos dispositivos conectados, com suporte a **plug-and-play**.

4.2 Princípios de configuração

4.2.1 Trechos importantes de linhas de transmissão

4.2.1.1 Trechos de três travessias

- **Travessia de ferrovia de alta velocidade**

Deve ser instalado:

  - monitoramento por vídeo, e
  - sistema de diagnóstico distribuído de falhas.

O sistema de diagnóstico distribuído deve cobrir integralmente o trecho de travessia, permitindo:

  - monitoramento em tempo real,
  - localização do ponto de falha,
  - identificação da causa da falha.

- **Travessia de rodovias e corredores elétricos importantes**

Deve ser instalado monitoramento por imagem;

quando houver requisitos especiais, pode-se adotar monitoramento por vídeo.

4.2.1.2 Grandes travessias

Nos grandes vãos, deve-se monitorar:

- o estado do condutor e do cabo para-raios, ou
- riscos no corredor de passagem.

As configurações recomendadas incluem:

- monitoramento por imagem ou vídeo;
- monitoramento de vibração eólica;
- monitoramento meteorológico;
- monitoramento de flecha (quando houver risco de redução de distâncias de segurança).

4.2.2 Trechos especiais

4.2.2.1 Regiões de poluição severa

Em regiões com nível elevado de poluição, especialmente aquelas com histórico de **descargas superficiais (poluição/flashover)**, recomenda-se:

- monitoramento da poluição dos isoladores,
- monitoramento de temperatura e umidade ambiental.

4.2.2.2 Regiões geologicamente desfavoráveis

Em áreas afetadas por:

- mineração ativa,
- antigas áreas mineradas instáveis,
- zonas de alto risco geológico,

devem ser configurados:

- dispositivos de monitoramento de inclinação de torres, e/ou
- dispositivos de monitoramento geotécnico.

4.2.2.3 Regiões suscetíveis a incêndios florestais

Em áreas classificadas com **risco médio ou alto de incêndio florestal**, recomenda-se:

- monitoramento por imagem visível e infravermelha,
- identificação automática de focos de calor e fumaça.

4.2.3 Trechos influenciados por condições meteorológicas

Incluem:

- microtopografia e microclima,
- regiões de gelo pesado,
- regiões com dança de condutores,
- regiões com alta incidência de raios,
- regiões de ventos especiais (ex.: áreas costeiras com tufões).

A configuração dos dispositivos deve ser definida com base em:

- dados históricos,
- experiências operacionais,
- análise de risco específica do trecho.

4.3 Soluções típicas

4.3.1 Requisitos gerais

Ao definir soluções típicas de monitoramento online, devem ser observados os seguintes princípios:

1. As soluções devem atender aos requisitos de:
    - distâncias elétricas,
    - resistência mecânica,
    - segurança estrutural da linha.
2. A instalação e o posicionamento dos dispositivos devem ser:
    - planejados de forma integrada,
    - livres de interferência com outros equipamentos da torre.
3. A seleção dos dispositivos deve seguir os princípios de:
    - necessidade,
    - aplicabilidade,
    - eficiência técnico-econômica.

Sempre que possível:

- devem ser evitadas instalações redundantes;
- devem ser priorizados dispositivos multifuncionais;
- deve-se utilizar um único terminal inteligente de borda para múltiplos sensores no mesmo local.

4.4 Funções e requisitos técnicos dos dispositivos de monitoramento online (Início)

4.4.1 Dispositivos de monitoramento por imagem

Os dispositivos de monitoramento por imagem devem adotar **arquitetura integrada**, na qual a unidade de aquisição de dados e o terminal inteligente de borda estão integrados.

4.4.1.1 Funções principais

- aquisição de imagens do estado da linha e do corredor de passagem;
- ajuste automático de foco, zoom e posicionamento;
- modos de aquisição automática e controlada;
- sincronização de tempo pela rede;
- captura contínua, captura por evento e gravação de vídeos curtos;
- capacidade de operação noturna.

4.4.1.2 Armazenamento de imagens

Em condições de operação contínua, com:

- modo de trabalho de referência (intervalo de captura não superior a 30 minutos),
- operação ininterrupta 24 horas por dia,

e considerando requisitos de qualidade de imagem **nível B ou superior**, o dispositivo deve ser capaz de armazenar **no mínimo 30 dias** de dados de forma cíclica.

A capacidade mínima de armazenamento local não deve ser inferior a **8 GB**.

Os critérios de qualidade de imagem são classificados em três níveis (A, B e C), conforme parâmetros como:

- nitidez,
- fidelidade de cores,
- relação sinal-ruído,
- faixa dinâmica,

- uniformidade de luminância e cor,
- distorção geométrica.

Nível A: qualidade excelente, adequada para análise avançada de imagens e reconhecimento automático.

Nível B: qualidade boa, adequada para monitoramento geral.

Nível C: qualidade limitada, não recomendada para análise automática.

4.4.1.3 Gestão de estado do dispositivo

O dispositivo de monitoramento por imagem deve possuir:

- monitoramento contínuo do estado operacional;
- funções de autodiagnóstico e diagnóstico de falhas;
- envio automático de informações de falha para o sistema central;
- capacidade de reinicialização remota.

4.4.1.4 Gestão de energia

O sistema de alimentação deve dispor de:

- controle automático de carga flutuante da bateria;
- proteção contra sobretensão, subtensão e sobrecorrente;
- compensação automática da tensão de carga em função da temperatura;
- monitoramento de parâmetros como:
    - tensão da bateria,
    - corrente de carga e descarga,
    - temperatura de operação.

Deve ainda possuir **gestão hierárquica de cargas**, permitindo:

- desligamento seletivo de funções não críticas,
- ajuste do modo de operação conforme o nível de energia disponível.

4.4.1.5 Reconhecimento inteligente

Os dispositivos de monitoramento por imagem devem possuir capacidade de **reconhecimento automático no próprio terminal de borda**, incluindo:

- identificação de equipamentos de construção (guindastes, escavadeiras, caminhões, bombas de concreto etc.);
- identificação de objetos estranhos (pipás, balões, plásticos, telas, filmes refletivos);
- identificação de incêndios florestais e fumaça;
- filtragem de alarmes repetidos;
- classificação automática dos tipos de risco;
- rastreamento automático do alvo mais próximo da linha;
- suporte à atualização remota dos algoritmos.

As informações enviadas ao sistema central devem incluir:

- tipo do risco,
- grau de confiança,
- distância mínima estimada até a linha.

4.4.2 Dispositivos de monitoramento por vídeo

Os dispositivos de monitoramento por vídeo devem adotar **arquitetura integrada**, com unidade de aquisição e terminal inteligente de borda em um único conjunto.

4.4.2.1 Funções principais

- aquisição contínua ou sob demanda de vídeo da linha e do corredor;
- resposta a comandos remotos para início de gravação;
- sincronização de tempo de alta precisão;
- monitoramento do estado operacional;
- funções de autodiagnóstico, recuperação automática e reinicialização remota;
- gestão avançada de energia, semelhante à dos dispositivos de imagem.

4.4.2.2 Requisitos principais de desempenho

- resolução mínima do sensor: **≥ 1,3 megapixels**;
- iluminância mínima: **≤ 0,01 lux (F1.2)**;
- zoom óptico: **≥ 18×** (ou câmera fixa conforme aplicação);
- suporte a unidades de movimentação (pan/tilt) com posições pré-definidas.

4.4.3 Dispositivos de monitoramento meteorológico

Os dispositivos de monitoramento meteorológico podem adotar:

- configuração integrada, ou
- configuração separada (sensor + terminal de borda).

4.4.3.1 Funções principais

- aquisição e armazenamento de dados meteorológicos;
- coleta automática com período padrão de **10 minutos**;
- monitoramento do estado da alimentação elétrica e temperatura interna;
- verificação de plausibilidade e pré-processamento dos dados;
- armazenamento cíclico de dados por, no mínimo, **90 dias**.

4.4.3.2 Parâmetros meteorológicos monitorados

O sistema deve monitorar, conforme a necessidade do projeto:

- velocidade e direção do vento,
- temperatura,
- umidade relativa,
- pressão atmosférica,
- precipitação,
- radiação solar.

Os requisitos de faixa de medição e precisão seguem as tabelas técnicas do documento original.

4.4.4 Dispositivos de monitoramento de desastres geológicos

Os dispositivos de monitoramento geológico devem adotar **configuração integrada**, com unidade de aquisição e terminal de borda no mesmo equipamento.

4.4.4.1 Funções principais

- recepção de sinais dos sistemas de navegação por satélite (BDS/Beidou, GPS, GLONASS);
- aquisição de dados brutos de posicionamento;
- armazenamento local de dados;
- suporte a diferentes modos de amostragem;
- atualização remota de parâmetros e firmware.

4.4.4.2 Requisitos de desempenho

- operação baseada prioritariamente no sistema **Beidou**;
- alta precisão para:
    - deslocamento horizontal,
    - deslocamento vertical,
    - inclinação,
    - aceleração;
- tempos máximos definidos para:
    - inicialização a frio,
    - inicialização morna,
    - inicialização quente,
    - convergência RTK.

Esses dispositivos são utilizados principalmente para:

- monitoramento de escorregamentos,
- subsidência,
- instabilidade de fundações de torres.

4.4.5 Dispositivos de monitoramento de inclinação de torres

Os dispositivos de monitoramento de inclinação podem adotar:

- configuração integrada, ou
- configuração separada.

Funções principais

- aquisição de dados de inclinação da torre;
- armazenamento local e coleta automática (período típico: **1 hora**);
- modo de coleta controlada;
- verificação de plausibilidade dos dados;
- cálculo de:
    - inclinação global,
    - inclinação longitudinal,
    - inclinação transversal;
- envio dos dados ao sistema central.

Requisitos de desempenho

- faixa de medição típica: **–10° a +10°**;
- precisão: **±0,05°**;
- apresentação dos resultados em:
    - milímetros por metro (mm/m),
    - graus (°), conforme o parâmetro.

4.5 Funções e requisitos técnicos dos dispositivos de monitoramento online (Continuação)

4.5.1 Dispositivos de monitoramento de gelo

4.5.1.1 Dispositivo de monitoramento de gelo equivalente

Os dispositivos de monitoramento de gelo equivalente podem adotar configuração:

- integrada

- separada.

Funções principais

- aquisição de dados de carga total no condutor;
- aquisição de ângulos de inclinação longitudinal e transversal da cadeia de isoladores;
- aquisição de dados meteorológicos associados (vento, temperatura, umidade);
- armazenamento local dos dados;
- coleta automática (período típico: **30 minutos** durante a estação de gelo);
- modo de coleta controlada;
- sincronização temporal dos dados;
- monitoramento do estado da alimentação elétrica.

Processamento e saída de dados

O dispositivo deve:

- verificar a plausibilidade dos dados coletados;
- calcular a **espessura equivalente de gelo** por meio de modelo matemático baseado em:
    - carga total,
    - ângulos de inclinação,
    - velocidade e direção do vento;
- gerar e transmitir ao sistema central parâmetros como:
    - carga total,
    - ângulo de inclinação,
    - velocidade e direção do vento,
    - temperatura e umidade,
    - espessura equivalente de gelo.

Requisitos de desempenho

- sensores de tração devem atender aos requisitos mecânicos do componente substituído;
- faixa de medição: **0% a 100% da carga nominal**;
- classe de precisão: **0,2 ou superior**;
- estabilidade e repetibilidade conforme tabelas normativas do documento original.

4.5.1.2 Dispositivos de monitoramento de gelo por condutor simulado

O dispositivo de monitoramento por condutor simulado pode adotar configuração integrada ou separada.

Requisitos principais

- a precisão de medição da espessura de gelo não deve ser inferior à do monitoramento de gelo equivalente;
- o condutor simulado deve:
    - possuir o mesmo diâmetro externo do condutor real,
    - ser fabricado com material equivalente,
    - ter comprimento típico de **1 m**;
- o posicionamento deve garantir escoamento de ar adequado e mínima interferência da estrutura da torre;
- quando equipado com monitoramento por imagem, o conjunto óptico deve possuir:
    - sistema interno de desumidificação,
    - vidro aquecido para evitar condensação e congelamento.

4.5.2 Dispositivos de monitoramento de vibração eólica

Os dispositivos de monitoramento de vibração eólica devem adotar **configuração separada**, com unidade de aquisição e terminal inteligente de borda instalados de forma independente.

Funções principais

- aquisição de:

- forma de onda da vibração,
- amplitude de flexão,
- deformação dinâmica,
- frequência de vibração;

- modo de coleta automática e controlada;
- verificação de plausibilidade e pré-processamento dos dados;
- cálculo de parâmetros característicos da vibração;
- envio dos dados ao sistema central.

Requisitos de desempenho

- faixa de amplitude típica: **0 a 1,3 mm (pico a pico)**;
- faixa de frequência: **3 a 120 Hz**;
- erro de não linearidade da amplitude: **±10%**;
- erro de medição de frequência:
  - ≤ 0,5 Hz (≤ 50 Hz),
  - ≤ 1 Hz (50 a 150 Hz);
- taxa de amostragem: **≥ 1024 Hz**;
- período típico de coleta automática: **10 minutos**.

Os pontos de instalação devem ser selecionados preferencialmente em:

- regiões críticas de fadiga dos condutores e cabos para-raios.

4.5.3 Dispositivos de monitoramento de dança de condutores

Os dispositivos de monitoramento de dança (*galloping*) devem adotar **configuração separada**.

Funções principais

- monitoramento de:
  - amplitude da dança,

- frequência,
- ângulo de inclinação da elipse de movimento;

- armazenamento local dos dados;
- coleta automática e controlada;
- processamento dos dados para extração dos parâmetros característicos;
- envio dos resultados ao sistema central.

Requisitos de desempenho

- faixa de amplitude: **0 a 10 m (pico a pico)**;
- faixa de frequência: **0,1 a 2 Hz**;
- sensores admissíveis:
  - acelerômetros triaxiais,
  - unidades inerciais de seis eixos,
  - dispositivos de posicionamento por satélite (Beidou);
- erro relativo de medição de amplitude e frequência conforme limites normativos;
- sincronização temporal entre múltiplos sensores com erro ≤ **33 ms**.

4.5.4 Dispositivos de monitoramento de flecha (sag)

Os dispositivos de monitoramento de flecha devem adotar **configuração separada**.

Funções principais

- aquisição de parâmetros necessários ao cálculo da flecha, tais como:
  - ângulo,
  - temperatura,
  - tração;
- coleta automática (período típico: **30 minutos**);
- coleta intensificada quando a flecha ultrapassar valores de alarme;
- verificação de plausibilidade e pré-processamento dos dados;
- cálculo da flecha e/ou da distância ao solo ou a obstáculos;

- envio dos dados ao sistema central.

Requisitos de desempenho

- métodos admissíveis:
    - método do ângulo,
    - método radar/laser,
    - método por imagem,
    - método baseado em posicionamento por satélite;
- faixa típica de medição de flecha: **0 a 500 m**;
- precisão: **±0,2%**;
- dispositivos instalados diretamente no condutor devem ter massa ≤ **2,5 kg**.

4.5.5 Dispositivos de monitoramento de desvio por vento

Os dispositivos de monitoramento de desvio por vento devem adotar **configuração separada**.

Funções principais

- aquisição de:
    - ângulo de desvio,
    - ângulo de inclinação;
- coleta automática (período típico: **5 minutos**);
- coleta intensificada em condições de vento forte;
- cálculo da distância elétrica de segurança até a torre ou estruturas adjacentes;
- envio dos dados ao sistema central.

Requisitos de desempenho

- método recomendado: **sensor de inclinação biaxial**;
- faixa de medição: **−90° a +90°**;
- precisão:

- ±0,14° (–60° a +60°),
- ±1° (demais faixas);

- massa máxima do dispositivo:
  - **≤ 1,0 kg** quando instalado em jumpers,
  - **≤ 2,5 kg** quando instalado em condutores.

4.5.6 Dispositivos de monitoramento de poluição

Os dispositivos de monitoramento de poluição em campo podem adotar **configuração separada ou integrada**, conforme o cenário de aplicação.

Funções principais

- aquisição de:
  - taxa de espalhamento óptico,
  - atenuação óptica,
  - temperatura ambiente,
  - umidade relativa;
- coleta automática (período típico: **1 hora**);
- modo de coleta controlada;
- verificação de plausibilidade e pré-processamento dos dados;
- cálculo automático de:
  - **densidade equivalente de sal** (ESDD),
  - **densidade equivalente de poeira** (NSDD);
- envio dos dados ao sistema central.

Requisitos de desempenho

- faixa de medição de ESDD: **0 a 1,0 mg/cm²**, precisão **±10%**;
- faixa de medição de NSDD: **0 a 2,0 mg/cm²**, precisão **±10%**;
- armazenamento cíclico de dados por, no mínimo, **90 dias**;
- conformidade com **Q/GDW 10558** e **Q/GDW 1242**.

4.5.7 Dispositivos de monitoramento de incêndios florestais por infravermelho

Os dispositivos de monitoramento de incêndios florestais devem adotar **configuração integrada**, com unidade de aquisição e terminal inteligente de borda no mesmo conjunto.

Funções principais

- reconhecimento automático de:
    - chamas,
    - fumaça,
    - fontes térmicas anômalas;
- filtragem de interferências como:
    - neblina,
    - poeira,
    - nuvens,
    - sombras,
    - reflexos,
    - movimento de vegetação,
    - edificações,
    - corpos d'água e veículos;
- posicionamento automático do foco de incêndio;
- registro e envio de eventos de alarme;
- integração com estratégias de resposta emergencial.

Requisitos de desempenho

- raio mínimo de monitoramento: **≥ 2,5 km**;
- erro máximo de localização do foco: **≤ 100 m**;
- capacidade mínima de detecção: **≥ 1,5 m × 1,5 m** de área em chamas;
- câmera visível:
    - resolução mínima: **1280 × 720**,

- suporte a visão em baixa luminosidade,
- sistema óptico com função antiembaçamento;

- câmera infravermelha:
  - NETD ≤ **60 mK**,
  - resolução mínima **320 × 240**,
  - suporte a correção automática de fundo e obturador.

4.5.8 Dispositivos de monitoramento visual contra interferências externas

Os dispositivos de monitoramento visual contra interferências externas devem adotar **configuração integrada**.

Funções principais

- aquisição de imagem e/ou vídeo do corredor de passagem;
- reconhecimento automático de:
  - guindastes,
  - torres de construção,
  - escavadeiras,
  - caminhões,
  - bombas de concreto,
  - outras máquinas que possam invadir a zona de segurança;
- medição da distância entre o objeto detectado e a linha;
- emissão de alarmes graduados conforme o nível de risco;
- envio das informações ao sistema central para suporte à decisão.

Requisitos de desempenho

- alcance de detecção por radar: **10 a 700 m**;
- precisão de medição de distância: **≤ 1 m**;
- cobertura típica:
  - largura: ≈ **80 m**,

- altura: ≈ 40 m;

- integração com monitoramento por imagem e/ou vídeo.

4.5.9 Dispositivos de monitoramento distribuído de falhas

Os dispositivos de monitoramento distribuído de falhas podem operar **de forma independente**, com comunicação direta ao sistema central.

Funções principais

- aquisição automática de:
  - ondas viajantes de corrente,
  - ondas viajantes de tensão (para dispositivos não intrusivos),
  - formas de onda de corrente e tensão durante falhas;
- armazenamento local das formas de onda;
- sincronização temporal de alta precisão via satélite (Beidou);
- diagnóstico automático do tipo de falha;
- localização do ponto de falha ao longo da linha.

Requisitos de desempenho

- erro médio de localização da falha: ≤ 300 m;
- taxa de acerto na identificação do tipo de falha:
  - falhas por raio / não raio: ≥ 95%,
  - falhas por descargas diretas / indiretas: ≥ 90%;
- tempo máximo de emissão de alarme:
  - alarme de disparo: ≤ 5 min,
  - diagnóstico completo: ≤ 30 min;
- precisão de sincronização temporal: ≤ 0,1 μs.

Os dispositivos podem ser:

- **intrusivos (de contato)**, instalados diretamente nos condutores, ou
- **não intrusivos (sem contato)**, instalados na estrutura da torre.

4.5.10 Requisitos técnicos de alimentação elétrica (Início)

4.5.10.1 Requisitos básicos

A alimentação elétrica dos dispositivos de monitoramento online deve adotar soluções **autônomas e confiáveis**, conforme a localização de instalação:

- **Em condutores e cabos para-raios**:
  - captação indutiva de energia,
  - painéis solares,
  - baterias de alta densidade energética.
- **Em torres de transmissão**:
  - painéis solares associados a bancos de baterias,
  - controladores de carga dedicados.

Requisitos gerais

- tempo mínimo de operação sem recarga:
  - **≥ 30 dias** para dispositivos de dados,
  - **≥ 20 dias** para dispositivos de vídeo (considerando 1 h/dia de operação em plena carga);
- massa máxima do conjunto de alimentação:
  - **≤ 35 kg** (dispositivos comuns),
  - **≤ 50 kg** (sistemas de vídeo).

4.5.10.2 Requisitos para painéis solares

Os painéis solares utilizados como fonte de alimentação para dispositivos de monitoramento online devem atender aos seguintes requisitos técnicos:

1. **Conformidade normativa**

Os módulos fotovoltaicos devem estar em conformidade com a norma **GB/T 9535**, possuir proteção contra poeira e, em regiões com elevada poluição ou ambientes severos (chuva, neve, areia, salinidade), recomenda-se a utilização de módulos com **função de autolimpeza**.

2. **Eficiência de conversão**
    - Eficiência mínima da célula solar: **≥ 17%**
    - Eficiência mínima do módulo fotovoltaico: **≥ 13,5%**
3. **Potência de pico**

A potência de pico efetiva do módulo deve apresentar desvio em relação ao valor nominal limitado ao intervalo de **0 a +3%**.

4. **Critérios de configuração**

O dimensionamento dos painéis solares deve considerar:

- latitude, longitude e altitude do local;
- intensidade de radiação solar, temperatura e velocidade do vento;
- características da carga (potência média e máxima, regime de operação);
- capacidade e estratégia de carregamento das baterias;
- condições de instalação na torre.

4.5.10.3 Cálculo da capacidade dos painéis solares

O documento apresenta um método de cálculo de referência para o dimensionamento da potência total do arranjo fotovoltaico

$$P = \frac{\{V_P . I . (1 + \alpha . (T_2 - T_1)) . F_c\}}{\{\eta_b . \eta\}}$$

onde, de forma resumida:

- P: potência total do arranjo fotovoltaico (W);
- V_P: tensão de operação do módulo em condições padrão (V);
- I: corrente média da carga (A);
- η_b: eficiência de carga da bateria (valor típico: **0,84**);

- η: coeficiente de correção de irradiância, definido conforme a radiação solar anual local;
- F_c: fator global de correção (típico: **1,2 a 1,5**);
- α: coeficiente de temperatura do módulo;
- T_2, T_1: temperatura de operação e temperatura padrão, respectivamente.

Este método é fornecido **como referência**, devendo o projeto final considerar as condições específicas de cada local.

4.5.10.4 Ângulo de inclinação dos painéis solares

O ângulo de inclinação dos painéis solares deve ser definido em função da **latitude local**, conforme a tabela orientativa do documento original:

- Latitudes baixas: inclinação mínima fixa
- Latitudes médias: inclinação próxima à latitude local
- Latitudes elevadas: inclinação superior à latitude local, visando maximizar a captação anual

A inclinação pode ser ajustada conforme restrições construtivas e condições ambientais.

4.5.10.5 Requisitos para baterias

As baterias utilizadas nos sistemas de monitoramento online devem atender aos seguintes requisitos:

1. **Autonomia mínima**
    - Dispositivos de dados: **≥ 30 dias** sem recarga
    - Dispositivos de vídeo: **≥ 20 dias** (considerando 1 hora/dia de operação em carga máxima)
2. **Tensão nominal**
    - **12 Vcc**
3. **Faixa de temperatura de operação**

    As baterias devem manter capacidade adequada em:
    - temperaturas elevadas (≥ +40 °C),

- temperaturas baixas (até −40 °C),

conforme as classes de ambiente definidas no documento.

4. **Desempenho elétrico**
    - alta capacidade de recuperação após descarga profunda;
    - vida útil adequada ao regime de operação contínua;
    - eficiência de carga compatível com sistemas solares.
5. **Segurança**
    - não emissão de gases corrosivos durante operação normal;
    - resistência à chama e à propagação de incêndio;
    - ausência de necessidade de manutenção em campo ao longo da vida útil.

4.5.10.6 Controladores de carga e descarga

Os controladores de carga devem atender aos seguintes requisitos técnicos:

- tensão nominal: **12 Vcc**;
- faixa de tensão de entrada: **8 a 26 Vcc**;
- eficiência de conversão: **≥ 90%**;
- proteção contra:
    - sobrecorrente,
    - curto-circuito,
    - sobretensão e subtensão,
    - inversão de polaridade;
- compensação automática da tensão de carga em função da temperatura;
- capacidade de monitoramento em tempo real de:
    - tensão da bateria,
    - corrente de carga e descarga,
    - estado de funcionamento do sistema.

4.5.11 Requisitos técnicos de comunicação (Início)

4.5.11.1 Requisitos da rede de comunicação local

A rede de comunicação local conecta:

- unidades de aquisição de dados, e
- terminais inteligentes de borda.

Arquitetura

A topologia básica da rede local deve adotar:

- modelo em estrela, ou
- modelo em rede auto-organizada (*mesh*).

A comunicação pode ser:

- unidirecional (sensor → terminal), ou
- bidirecional (sensor ↔ terminal).

Protocolos suportados

O documento recomenda o uso de protocolos padronizados, incluindo:

- IEEE 802.15.4
- LoRaWAN
- BLE 5.0
- Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax)
- protocolos de baixa potência específicos da State Grid

Os requisitos de potência, sensibilidade, largura de banda e alcance seguem tabelas técnicas específicas do documento original.

4.5.11.2 Rede de comunicação remota

1) Arquitetura geral

A rede de comunicação remota é responsável por conectar os **terminais inteligentes de borda** às **plataformas corporativas** (plataforma de gestão de ativos, plataforma de monitoramento de transmissão, plataforma de vídeo, entre outras).

A arquitetura de comunicação remota compreende:

- **Rede de acesso** (do campo ao backbone);
- **Rede de backbone** (provincial, regional e nacional);
- **Sistemas centrais (estações mestre)**, incluindo zonas de acesso seguro.

A comunicação remota deve garantir:

- **alta confiabilidade**,
- **baixa latência adequada ao serviço**,
- **continuidade operacional**,
- **segurança de dados ponta a ponta**.

2) Tecnologias de comunicação remota

As tecnologias de comunicação remota devem ser selecionadas de forma **diferenciada**, considerando:

- condições locais,
- requisitos de segurança,
- desempenho técnico,
- viabilidade econômica.

As principais opções incluem:

a) Redes celulares públicas / redes privadas virtuais

- 4G com APN/VPN dedicado;
- 5G com *network slicing* (soft slicing e hard slicing).
    - *Hard slicing* oferece isolamento próximo ao físico, maior confiabilidade e previsibilidade.

b) Redes sem fio de banda larga

- LTE auto-organizado (*LTE-MESH*);
- micro-ondas ponto-a-multiponto (P2MP);
- enlaces por rádio (*wireless bridge*).

c) Comunicação via satélite

- satélites geoestacionários de feixe amplo;
- satélites de alta capacidade (HTS);
- **mensagens curtas Beidou**, para áreas sem cobertura terrestre.

d) Redes ópticas dedicadas

- xPON (EPON / GPON);
- Ethernet industrial.

A seleção deve priorizar, sempre que possível:

1. fibra óptica dedicada de monitoramento;
2. redes celulares privadas/virtuais;
3. enlaces sem fio dedicados;
4. comunicação via satélite (como última alternativa).

3) Indicadores técnicos da comunicação

Os principais parâmetros técnicos estabelecidos incluem:

- **Largura de banda**:
  - 4G: 10 a 100 Mbit/s;
  - 5G: até Gbit/s (dependendo do *slice*);
  - enlaces rádio/micro-ondas: até centenas de Mbit/s;
  - satélite: tipicamente até dezenas de Mbit/s.
- **Cobertura**:

- 4G: raio típico ~1 km por estação;
- 5G: 300 a 800 m;
- rádio ponto a ponto: até 15 km (linha de visada);
- satélite: cobertura ampla, independente de geografia.

- **Latência**:
  - 5G: < 50 ms;
  - rádio/micro-ondas: dezenas de ms por salto;
  - satélite: latência elevada (segundos).
- **Confiabilidade**:
  - enlaces ópticos e redes dedicadas apresentam maior robustez;
  - redes públicas estão sujeitas a congestionamento e interferências.

4.5.11.3 Segurança da informação

Os terminais inteligentes de borda e os sistemas de comunicação devem implementar **medidas obrigatórias de segurança da informação**, incluindo:

- criptografia por hardware ou software;
- autenticação de dispositivos;
- controle de acesso;
- isolamento lógico ou físico das redes;
- integração com as **zonas de acesso seguro** corporativas.

A segurança deve abranger:

- dados em trânsito,
- dados armazenados,
- comandos de controle remoto,
- atualizações de firmware e algoritmos.

Capítulo 5 – Soluções típicas por cenário (Início)

5.1 Trechos de três travessias

As soluções típicas para trechos de três travessias abrangem, principalmente:

- travessias de **ferrovias de alta velocidade**,
- travessias de **rodovias de alta capacidade**,
- travessias de **corredores de transmissão importantes**.

5.1.1 Travessia de ferrovia em alta velocidade

Configuração obrigatória

- **Monitoramento por vídeo**: 1 conjunto

(1 ponto de instalação; unidade de aquisição e terminal de borda integrados).

- **Monitoramento distribuído de falhas**:
    - por contato: 2 conjuntos por circuito

(6 unidades de aquisição; 6 pontos de instalação), **ou**

    - sem contato: 2 conjuntos por circuito

(2 unidades de aquisição; 2 pontos de instalação).

O monitoramento distribuído de falhas deve:

- cobrir integralmente o trecho de travessia;
- permitir a localização do ponto de falha;
- apoiar a identificação da causa da falha.

Requisitos de instalação – vídeo

- instalação no corpo da torre do vão de travessia;
- altura acima da primeira travessa e a **≥ 8 m** do condutor mais baixo;
- ângulo de câmera ajustado para evitar incidência direta do sol;

- uma única câmera pode atender múltiplos circuitos na mesma torre.

5.1.2 Travessia de rodovias de alta capacidade e corredores importantes de transmissão

Configuração típica

- **Monitoramento por imagem**: 1 conjunto

(1 ponto de instalação; unidade de aquisição e terminal inteligente de borda integrados).

Em situações especiais, quando houver necessidade de observação contínua ou resposta em tempo real, pode-se adotar **monitoramento por vídeo**.

Requisitos de instalação

- o dispositivo deve ser instalado na torre do vão de travessia;
- a altura de instalação deve ser:
    - acima da primeira travessa da torre, e
    - a pelo menos **8 m** do condutor mais baixo;
- o ângulo de captura deve garantir cobertura completa do corredor monitorado;
- o posicionamento deve evitar incidência direta de luz solar no sensor.

O sistema deve ser capaz de:

- identificar automaticamente riscos no corredor,
- gerar alertas,
- apoiar decisões operacionais preventivas.

5.2 Grandes travessias

As soluções típicas para **grandes travessias** devem ser definidas considerando:

- número de torres principais do vão,
- comprimento do vão,
- condições ambientais e operacionais.

Configuração típica – travessia com duas torres principais

Devem ser instalados:

1. **Monitoramento por imagem ou vídeo**
    - 2 conjuntos (2 pontos de instalação);
    - unidades integradas.
2. **Monitoramento de vibração eólica**
    - 1 conjunto
    - mínimo de:
        - 4 unidades de aquisição nos condutores,
        - 3 unidades de aquisição nos cabos para-raios ou OPGW.
3. **Monitoramento meteorológico**
    - 1 conjunto
    - 1 ponto de instalação.
4. **Monitoramento de flecha (sag)**
    - 1 conjunto
    - 1 ponto de instalação.

Requisitos de instalação

- **Imagem / vídeo**:
    - instalado no corpo da torre,
    - acima da primeira travessa,
    - a pelo menos **8 m** do condutor mais baixo.
- **Vibração eólica**:
    - sensores instalados preferencialmente:
        - no condutor da fase superior,
        - no cabo para-raios;

- para condutores multifilares, instalar no subcondutor voltado para o vento predominante;
- os pontos devem coincidir com regiões críticas de fadiga.

- **Meteorológico**:
  - instalado no corpo da torre,
  - altura típica de **10 m** ou com correção para essa referência.
- **Flecha (sag)**:
  - métodos admissíveis:
    - inclinação,
    - radar/laser,
    - imagem;
  - instalação conforme o método adotado, garantindo visada desobstruída do ponto de flecha mínima.

Observação

Quando o número de torres principais for **três ou mais**, a quantidade de dispositivos pode ser aumentada proporcionalmente, conforme a distribuição dos vãos.

5.3 Regiões de poluição severa

As soluções típicas para regiões de **poluição severa** aplicam-se a:

- áreas classificadas como **nível e de poluição**,
- regiões próximas a fontes de poluição industrial,
- locais com dificuldade de inspeção manual,
- trechos com histórico de **descargas superficiais (poluição)**.

Configuração típica

- **Monitoramento de poluição**: 1 conjunto

(1 ponto de instalação; unidade de aquisição e terminal inteligente de borda separados).

Requisitos de instalação

- o sensor de poluição deve ser instalado:
    - no braço da torre,
    - preferencialmente próximo ao topo da cadeia de isoladores,
    - no lado voltado para a torre;
- a instalação deve permitir:
    - exposição representativa às condições ambientais,
    - facilidade de manutenção.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- avaliação contínua do grau de poluição;
- definição de estratégias de lavagem de isoladores;
- prevenção de falhas por poluição;
- suporte à manutenção baseada em condição.

5.4 Regiões geologicamente desfavoráveis

As regiões geologicamente desfavoráveis incluem:

- áreas com **mineração ativa**,
- áreas com **mineração antiga ainda instável**,
- locais com **riscos geológicos identificados**,
- zonas classificadas como de **alta suscetibilidade a deslizamentos, colapsos ou subsidência**.

5.4.1 Áreas afetadas por mineração ativa ou antiga

Configuração típica

- **Monitoramento de inclinação de torres**:
    - 1 conjunto para cada **3 torres**
    - inclui **2 unidades de aquisição** por torre monitorada

- **2 pontos de instalação** (base e topo da torre)

Requisitos de instalação

- os sensores devem ser instalados:
  - no primeiro plano transversal acima da base da torre, e
  - no topo da torre;
- os sensores devem ser fixados preferencialmente em **perfis horizontais** da estrutura;
- a orientação inicial do sensor deve garantir que:
  - os valores iniciais de inclinação longitudinal e transversal sejam inferiores a **5 minutos de arco (5′)**;
- após a instalação, os valores iniciais devem ser **zerados/calibrados** no sistema.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- monitoramento contínuo da estabilidade da torre,
- avaliação de deslocamentos progressivos,
- acionamento antecipado de medidas corretivas.

5.4.2 Pontos de risco geológico elevado

Configuração típica

- **Monitoramento geológico**: 1 conjunto

(1 ponto de instalação; unidade de aquisição e terminal inteligente de borda integrados).

Requisitos de instalação

- o dispositivo deve ser instalado:
  - próximo ao pé da torre, ou
  - na massa de solo/rocha suscetível a deslocamento;

- deve ser realizada verificação prévia da **recepção de sinal satelital**;
- quando necessário, devem ser implantados:
    - sistemas auxiliares de reforço da base,
    - ou sistemas complementares de comunicação.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- monitoramento de deslocamentos do terreno,
- avaliação de riscos de deslizamento, colapso ou fluxo de detritos,
- suporte à tomada de decisão preventiva.

5.5 Regiões suscetíveis a incêndios florestais

As regiões suscetíveis a incêndios florestais incluem:

- áreas classificadas como **nível 3 ou 4 de risco de incêndio**.

Configuração típica

- **Monitoramento de incêndios florestais por infravermelho**: 1 conjunto

(1 ponto de instalação; sensores visíveis e infravermelhos + terminal inteligente de borda).

Requisitos de instalação

- o conjunto de sensores deve ser instalado:
    - no corpo da torre,
    - acima da primeira travessa,
    - a pelo menos **8 m** do condutor mais baixo;
- o ângulo de visão deve cobrir integralmente:
    - a faixa de vegetação sob a linha,
    - áreas adjacentes críticas;
- para torres com múltiplos circuitos, um único conjunto pode ser compartilhado.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- detecção precoce de focos de incêndio,
- localização precisa da origem do fogo,
- suporte à resposta rápida de equipes de operação e órgãos ambientais.

5.6 Regiões de gelo pesado

As regiões de gelo pesado incluem:

- áreas com histórico de **eventos severos de acúmulo de gelo**,
- regiões sem dados históricos completos, mas com **potencial elevado de formação de gelo**.

Configuração típica

Deve ser instalado **1 conjunto** de monitoramento de gelo, podendo ser adotada uma das seguintes soluções:

1. **Monitoramento de gelo equivalente**, ou
2. **Monitoramento por condutor simulado**, ou
3. **Monitoramento de gelo por imagem/vídeo**.

Requisitos de instalação

- os dispositivos devem ser instalados:
    - preferencialmente próximos às torres,
    - em locais com boa representatividade das condições climáticas;
- no caso de condutor simulado:
    - o comprimento típico do condutor é de **1 m**,
    - o material e o diâmetro devem ser equivalentes ao condutor real;
- dispositivos por imagem devem garantir:
    - visada desobstruída do condutor monitorado,

- proteção contra embaçamento e congelamento do sistema óptico.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- acompanhamento da evolução do acúmulo de gelo,
- emissão de alertas antecipados,
- suporte à tomada de decisão para medidas de mitigação (ex.: redução de carga, inspeções especiais).

5.7 Regiões de microtopografia e microclima

As regiões de microtopografia e microclima incluem, entre outras:

- gargantas e passagens estreitas (*wind corridors*),
- vales profundos,
- cristas de montanhas,
- áreas com aceleração local de vento,
- áreas com intensificação local de formação de gelo.

Configuração típica

A configuração dos dispositivos deve ser definida com base em **estudos específicos do local** e na experiência operacional, podendo incluir, isolada ou conjuntamente:

- **Monitoramento meteorológico**;
- **Monitoramento de vibração eólica**;
- **Monitoramento de desvio por vento**;
- **Monitoramento de gelo**.

Requisitos de instalação

- Todos os sensores devem operar em **configuração separada**, compartilhando **um único terminal inteligente de borda** para comunicação remota.
- As unidades de aquisição instaladas nos condutores devem utilizar **comunicação sem fio** com o terminal de borda.
- Os pontos de instalação devem ser selecionados de forma a:
    - representar adequadamente as condições microclimáticas locais,
    - evitar sombreamento excessivo ou interferências estruturais.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- avaliação contínua de condições meteorológicas locais extremas,
- identificação de efeitos amplificados de vento e gelo,
- suporte a decisões preventivas de operação e manutenção.

5.8 Regiões de dança dos condutores (Galloping)

As regiões de dança de condutores incluem:

- áreas classificadas como **nível 2 ou superior** de risco de dança,
- trechos onde o **alinhamento da linha forma ângulo superior a 45°** em relação à direção predominante do vento no inverno/primavera,
- regiões com histórico de ocorrência de eventos de dança.

Configuração típica

Para cada **trecho de ancoragem (trecho entre torres de ancoragem)**, deve ser instalado:

- **Monitoramento de dança de condutores**: 1 conjunto
    - inclui **3 unidades de aquisição de dados**,
    - **3 pontos de instalação**.

Requisitos de instalação

- As três unidades de aquisição devem ser instaladas:

- nas fases **A, B e C**,
- a aproximadamente **2/9 do comprimento do vão** a partir da torre de referência;

- Para condutores multifilares:
  - instalar no subcondutor superior externo;
- Em torres com múltiplos circuitos:
  - priorizar a instalação no circuito superior.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- monitoramento da trajetória da dança,
- medição da amplitude vertical e horizontal,
- identificação de frequência e duração do evento,
- emissão de alertas para riscos de contato entre fases ou com a estrutura.

5.9 Regiões de alta incidência de raios

As regiões de alta incidência de raios incluem:

- **regiões com alta densidade de descargas atmosféricas**, e
- áreas classificadas como **regiões de raios fortes**.

Configuração típica

Deve ser instalado **monitoramento distribuído de falhas**, com a quantidade definida conforme o comprimento do trecho:

- Para trechos de até **30 km**:
  - **2 conjuntos** por circuito;
- Para trechos superiores a **30 km**:
  - adicionar **1 conjunto adicional** a cada 30 km (frações consideradas como 30 km).

Os dispositivos podem ser:

- **de contato** (instalados diretamente nos condutores), ou
- **sem contato** (instalados na torre).

Em regiões com vibração severa ou manutenção difícil, recomenda-se o uso de **dispositivos sem contato**.

Requisitos de instalação

- **Dispositivos de contato**:
  - instalar nos condutores das fases A, B e C;
  - em torres de suspensão: a **1,5 a 2,5 m** da saída do grampo de suspensão;
  - quando houver amortecedores de vibração: instalar entre a torre e o primeiro amortecedor, mantendo distância de cerca de **0,5 m**;
  - em torres de ancoragem: instalar entre o grampo de ancoragem e o amortecedor.
- **Dispositivos sem contato**:
  - instalar no corpo da torre;
  - altura acima da primeira travessa;
  - distância mínima de **8 m** em relação ao condutor mais próximo;
  - porta do equipamento voltada para o lado de menor numeração da linha;
  - orientação perpendicular ao condutor.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- localização precisa de falhas causadas por descargas atmosféricas,
- diferenciação entre falhas por **descarga direta** e **descarga indireta**,
- suporte rápido à inspeção e recomposição da linha.

5.10 Regiões de ventos especiais

As regiões de ventos especiais incluem, principalmente:

- **regiões costeiras sujeitas a tufões**,
- **regiões com ventos fortes persistentes**,
- áreas onde faltam dados históricos confiáveis de velocidade do vento.

5.10.1 Regiões costeiras com tufões e áreas de ventos fortes

Configuração típica

Deve ser instalado **monitoramento distribuído de falhas**, com a quantidade definida conforme o comprimento do trecho monitorado:

- Para trechos de até **30 km**:
  - **2 conjuntos** por circuito;
- Para trechos superiores a **30 km**:
  - adicionar **1 conjunto adicional** a cada 30 km (frações consideradas como 30 km).

Os dispositivos podem ser:

- **de contato**, ou
- **sem contato**.

Em regiões com vibração severa ou acesso difícil para manutenção, recomenda-se a adoção de **dispositivos sem contato**.

Requisitos de instalação

Os requisitos de instalação seguem os mesmos critérios estabelecidos para regiões de alta incidência de raios, incluindo:

- posicionamento relativo aos grampos e amortecedores,
- distância mínima de **8 m** em relação aos condutores (para dispositivos sem contato),
- orientação padronizada do equipamento.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- rápida localização de falhas provocadas por ventos extremos,
- apoio à recomposição ágil da linha,
- redução do tempo de indisponibilidade após eventos severos.

5.10.2 Regiões sem dados confiáveis de vento

Em regiões onde não existam dados históricos adequados de velocidade e direção do vento, recomenda-se a instalação de:

- **Monitoramento meteorológico**.

Configuração típica

A densidade mínima recomendada é:

- **1 conjunto a cada 9 km** em regiões planas;
- **1 conjunto a cada 3 km** em regiões de microtopografia/microclima;
- **1 conjunto a cada 1 km** em trechos com grande variação de relevo ou grandes vãos sem dados históricos.

Requisitos de instalação

- os sensores meteorológicos devem ser instalados:
    - no corpo da torre,
    - preferencialmente a **10 m de altura**, ou
    - com correção dos valores para essa referência;
- torres com múltiplos circuitos podem compartilhar o mesmo conjunto de sensores.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- obtenção contínua de dados meteorológicos reais,
- suporte ao projeto de novas linhas,

- apoio à operação segura em condições de vento extremo.

5.11 Regiões suscetíveis a interferências externas

As regiões suscetíveis a interferências externas incluem:

- áreas com **obras de infraestrutura em andamento** (rodovias, ferrovias, empreendimentos urbanos),
- regiões com histórico de **acidentes por interferência externa** (*external damage*).

Configuração típica

Deve ser instalado:

- **Monitoramento visual contra interferências externas**: 1 conjunto

(1 ponto de instalação; unidade de aquisição e terminal inteligente de borda integrados).

Requisitos de instalação

- o dispositivo deve ser instalado:
  - no corpo da torre,
  - acima da primeira travessa,
  - a pelo menos **8 m** do condutor mais baixo;
- o campo de visão deve cobrir:
  - no mínimo **um vão completo**;
- o ângulo de instalação deve permitir:
  - medição precisa da distância entre máquinas e a linha,
  - identificação antecipada de riscos.

Finalidade operacional

O sistema deve permitir:

- identificação precoce de máquinas e equipamentos invasivos,
- avaliação automática do nível de risco,
- emissão de alertas graduados,

- suporte à atuação preventiva das equipes de operação.

Encerramento do documento

Este subvolume consolida as **soluções típicas de monitoramento online de linhas de transmissão** da **State Grid Corporation of China**, estabelecendo:

- critérios técnicos padronizados,
- soluções orientadas por cenários de risco,
- integração entre projeto, construção, operação e manutenção.

O documento constitui uma **referência técnica estratégica** para:

- digitalização de linhas de transmissão,
- implantação de manutenção baseada em condição,
- aumento da confiabilidade e resiliência da rede elétrica.