Megger Grid Analytics

SMART GRID FÓRUM - 17º Fórum Latino-Americano de Smart Grid – 4 e 5 de agosto de 2025 - São Paulo – SP

Monitoramento Inteligente de Linhas de Distribuição até 140kV: Resiliência, Cibersegurança e

Evolução com IA

Megger.

Monitoramento Inteligente de Linhas de Distribuição até 140kV: Resiliência, Cibersegurança e Evolução com IA

Resiliência de Rede

Cibersegurança avançada

Suporte à Transição para Renováveis

Gestão Preditiva da Vegetação

Detecção de Furto de Energia

Localização de Falhas em Condições Extremas

Resultados do Projeto MS5000 no Reino Unido

Evolução com Inteligência Artificial

Megger

Público-alvo

Distribuição elétrica

Subtransmissão (até 140 kV)

Cooperativas de energia elétrica

Petróleo (Upstream)

Mineração

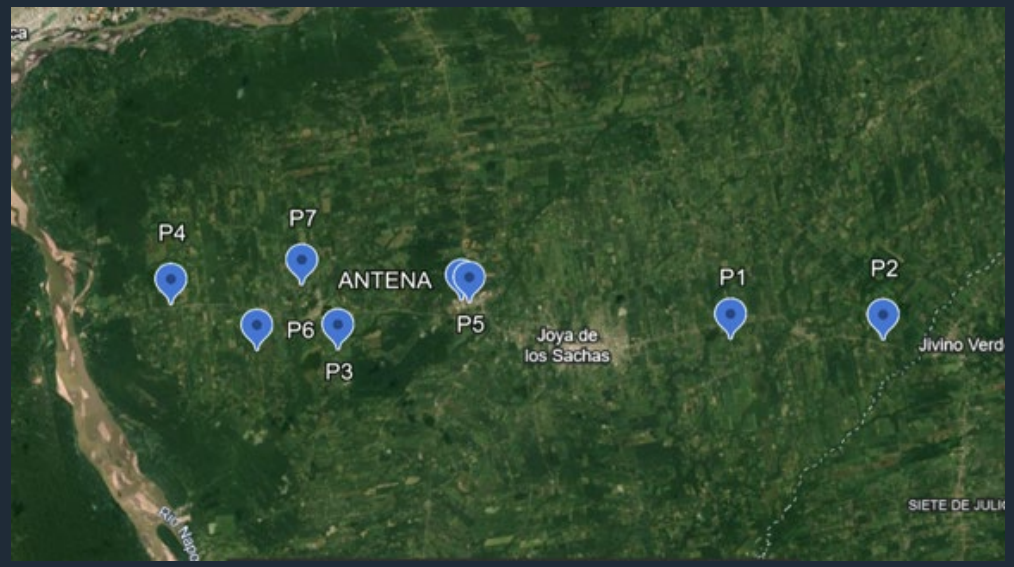
Megger.

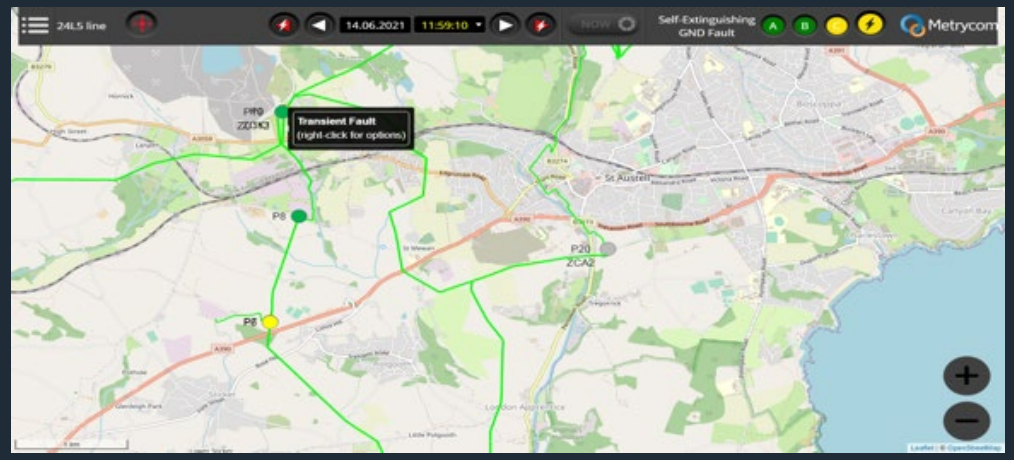
Petrolíferas (Upstream) e Mineração

- Longos trechos de linhas de distribuição com transformadores redutores para baixa tensão, utilizados na alimentação de bombas de extração (Petrolíferas) ou motores de BT ou MT (Mineradoras).
- Geralmente são linhas de difícil acesso em campo.
- Utilizam religadores como proteção e operação em caso de falhas.

Desafio:

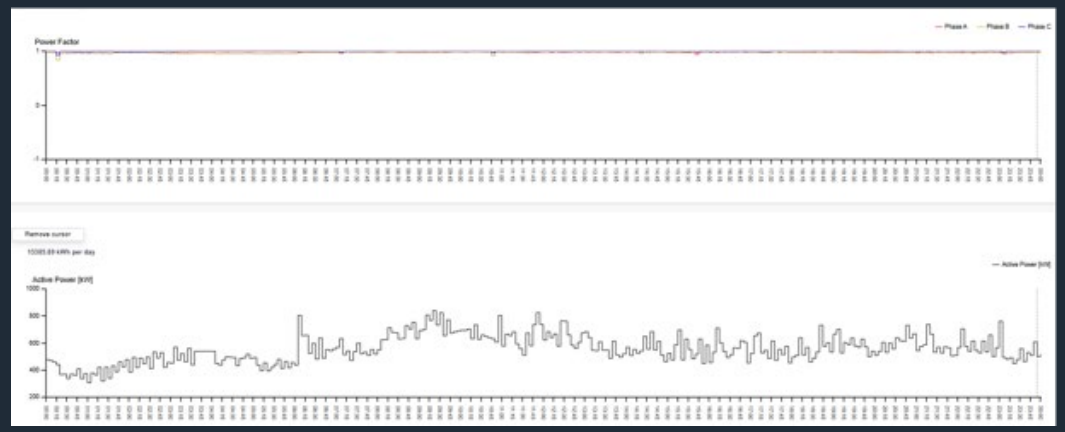
- **Utilizar a geolocalização do Metryview como ferramenta para detecção do ponto de falha, restabelecendo o sistema de forma rápida e eficiente.**

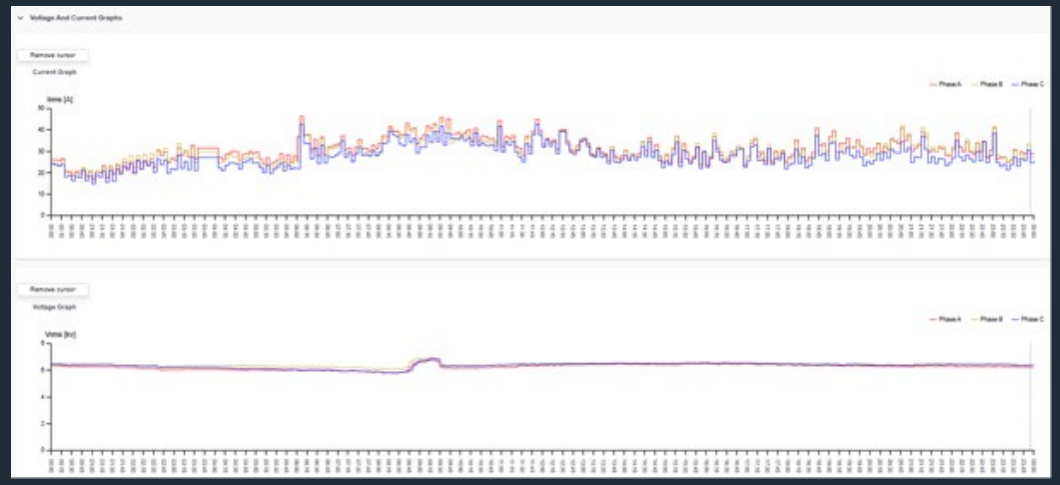




Medição de qualidade de energia em nível primário

- Os equipamentos habituais para qualidade de energia geralmente são voltados para aplicações de baixa tensão.
- Os medidores de potência montados em mastro são aplicáveis para níveis de média tensão.
- Existem diversos medidores secundários de painel, que geralmente são de montagem fixa.





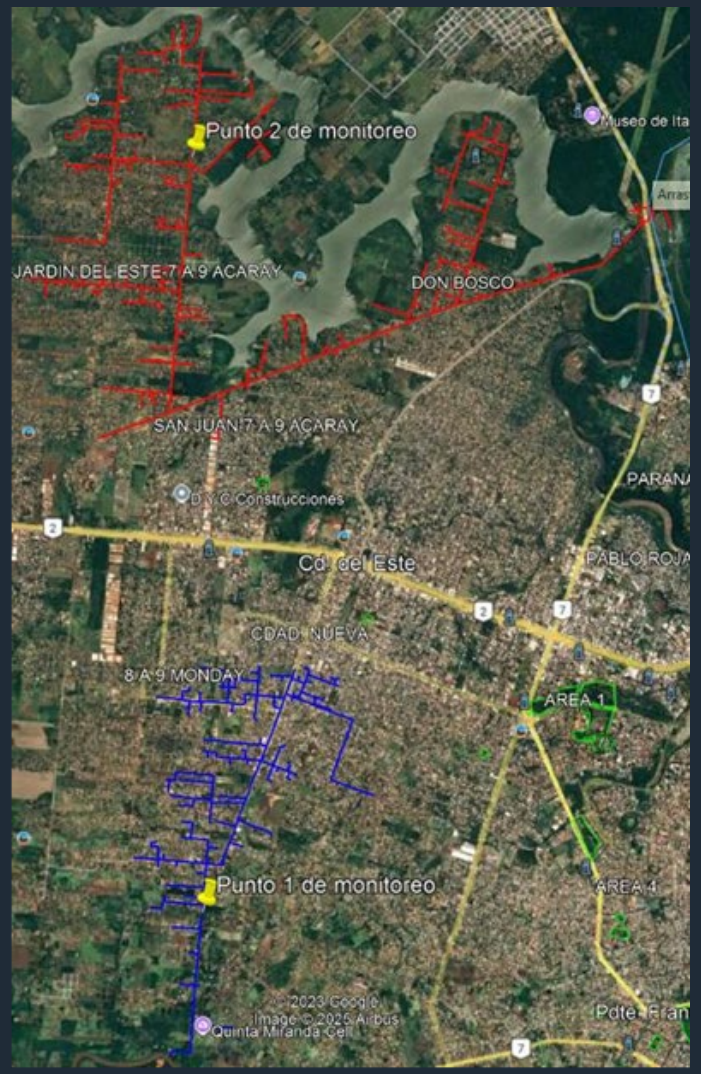
Desafio:

- **Utilizar o MS5000 como medição direta (e portátil) da qualidade de energia em linhas de até 140 kV.**

Megger

Roubo ou furto de energia

- Em muitas das nossas regiões, é comum o furto de energia por meio de conexões ilegais em média e baixa tensão.
- Isso pode ser detectado comparando as variações de carga ou as diferenças entre a energia medida e a energia faturada, em um período de tempo estabelecido, para um nó ou ponto de rede escolhido.
- Esse tipo de conexão pode gerar, além disso, harmônicos na rede (exemplo: servidores informáticos de criptomoedas).

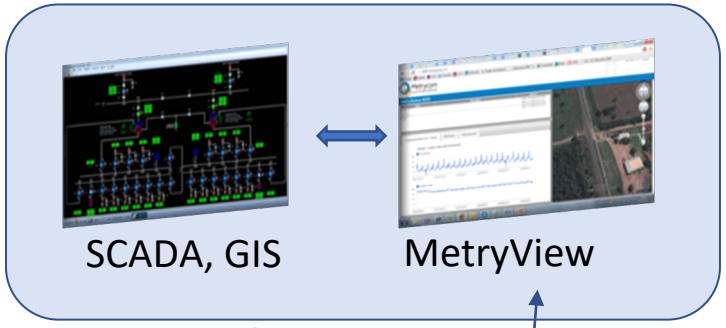


Desafio:

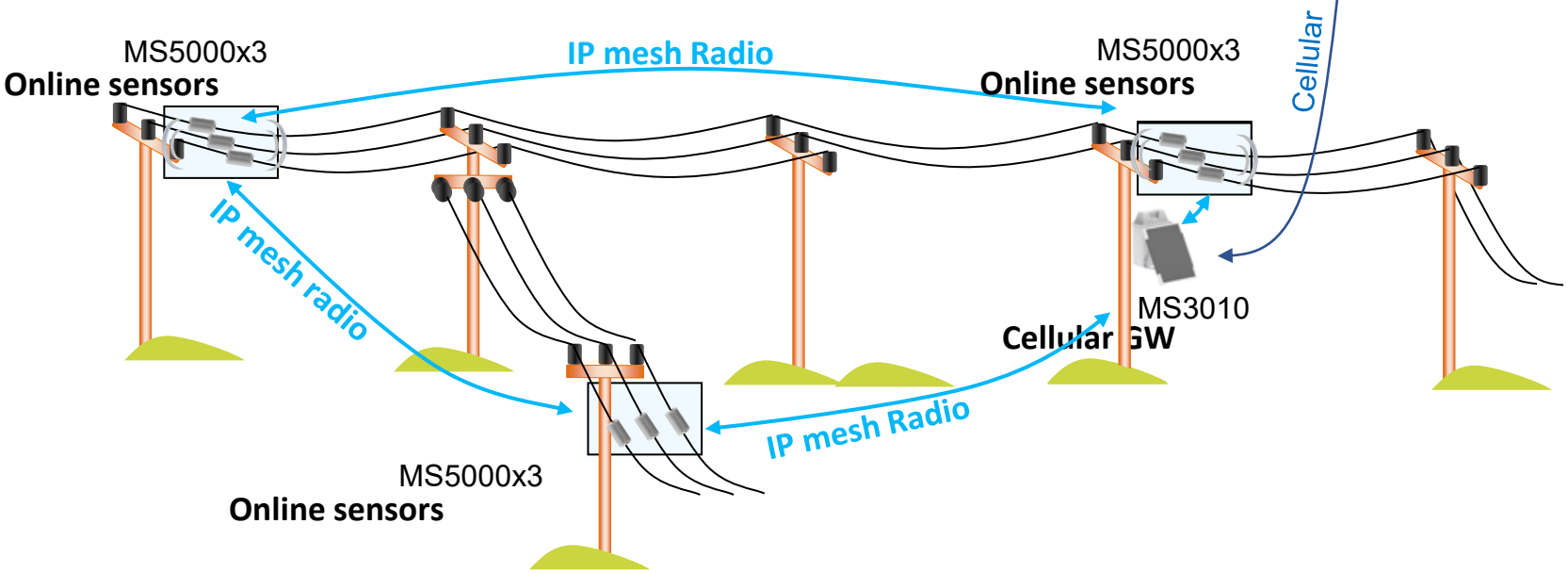
- **Utilizar o MS5000 como medição direta (e portátil) do consumo de energia em linhas de até 140 kV.**

Princípio de Operação

- Os sensores registram constantemente correntes e tensões.
- Quando ocorre uma falha, os sensores enviam a informação para o centro de controle.
- O software MetryView analisa a falha e indica o local físico onde aconteceu



Control center



Megger

Algoritmos avançados para a detecção de falhas

- Algoritmo único para detecção de falhas desde 2014.
- Experiência comprovada em todos os sistemas de aterramento.
  - Terra sólida.
  - SWER (Simple Wire Earth Return – Retorno por fio único à terra).
  - Compensado (com bobina Petersen).
  - Flutuante.
- Detecta o tipo de falha.
- Confiável mesmo em falhas de alta impedância.

Exemplo de arco autoextinguível em alimentador compensado

MS3010 – Router ou Gateway

- Modelo RU: Apenas comunicação sem fio (Radio Mesh).
- Modelo GU: Radio Mesh e comunicação celular.
- Suportam até 120 MS5000 ou 15 MS3010.
- Alcance da antena: 10 km.
- Admite antenas omnidirecionais e direcionais.
- Inclui baterias, porta serial e painel solar.

MS3010-XX-XXX - XXX

Unit Type

SU	Sensor unit
GS	Sensor with Radio a cellular gateway

Radio Frequency option

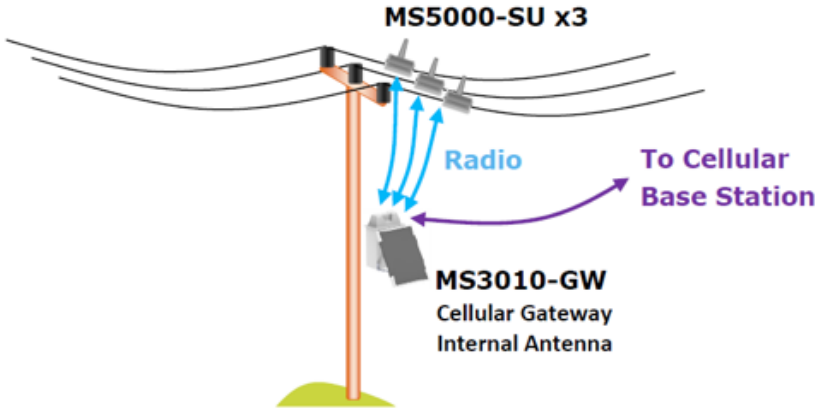
433	433 MHz (EMEA, Asia, China)
915	915 MHz (Americas, Australia)

Optional configuration

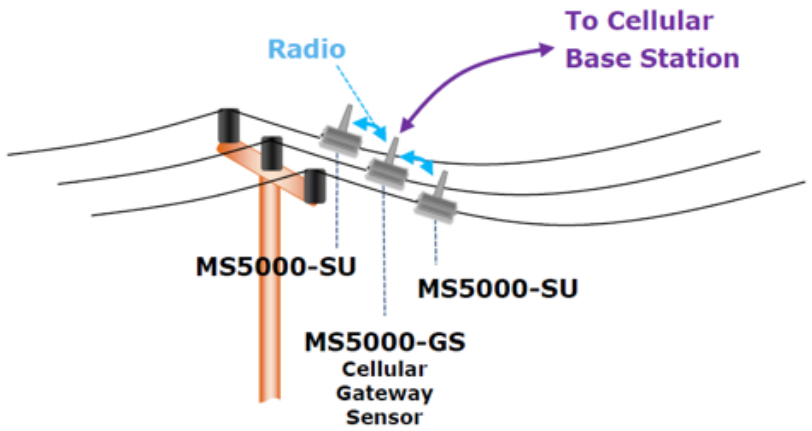
X	External 18VDC power supply terminal instead of solar panel
A	Connector for external high gain Antenna included
E	Ethernet interface

Megger

Tipo de instalação 1: Apenas cobertura celular



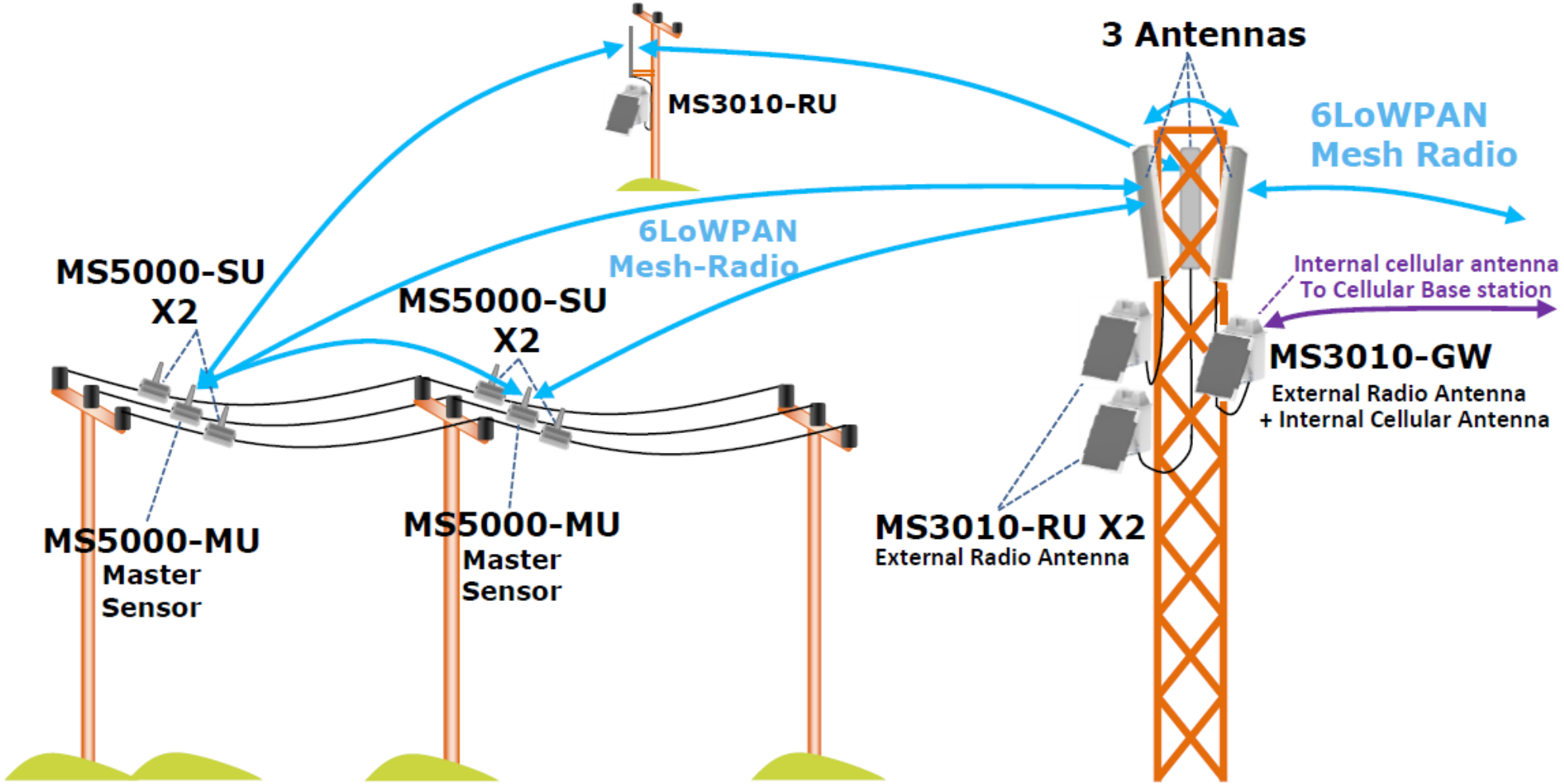
With Gateway



With Gateway-Sensor (new)

Megger

Tipo de instalação 2: Rádio Mesh (ambientes rurais)

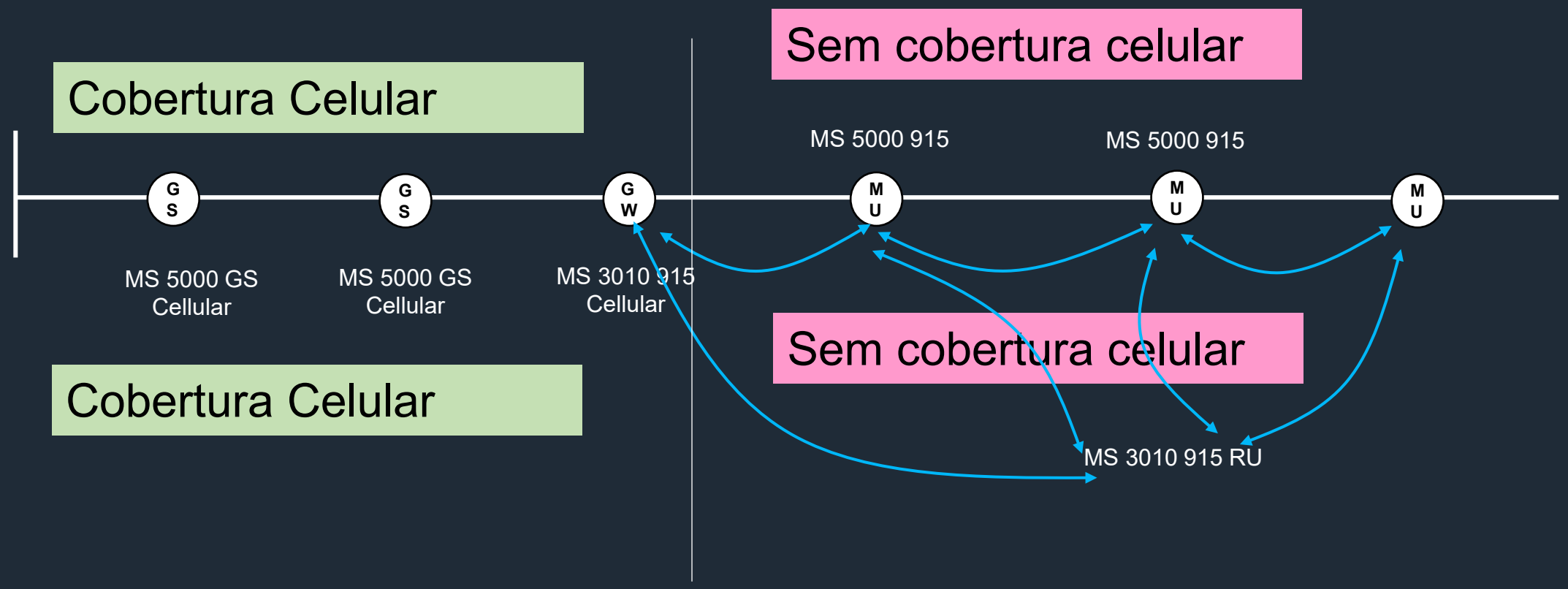


Esclarecimento: MS5000-MU (sensor master) e MS5000-SU (unidade escrava) possuem o mesmo sensor.

Megger.

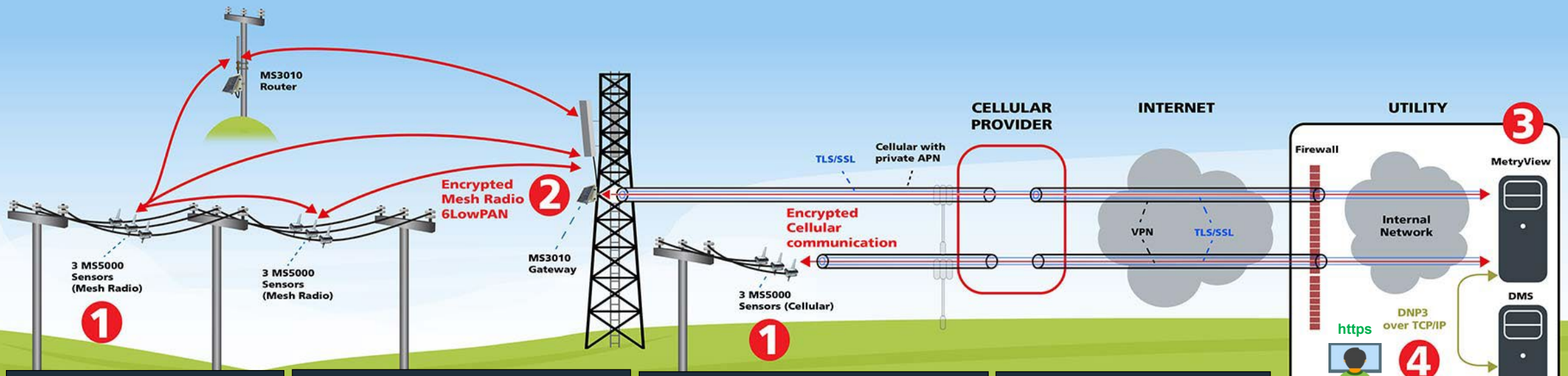
Tipo de instalação 3: Rádio Mesh e cobertura celular

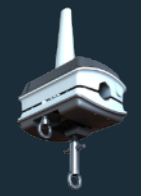
Alimentadores entrando na cidade



Solução Megger Grid Analytics

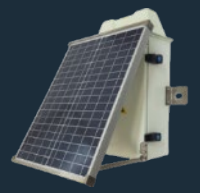
Contém os sensores de rede inteligente MS5000, o gateway/roteador MS3010 e o servidor e software MGA Software para coleta e análise de dados.





1

Sensores MS5000
Sistema de monitoramento sem fio on-line



2

MS3010
Gateway/roteador que se integra ao MS5000

3

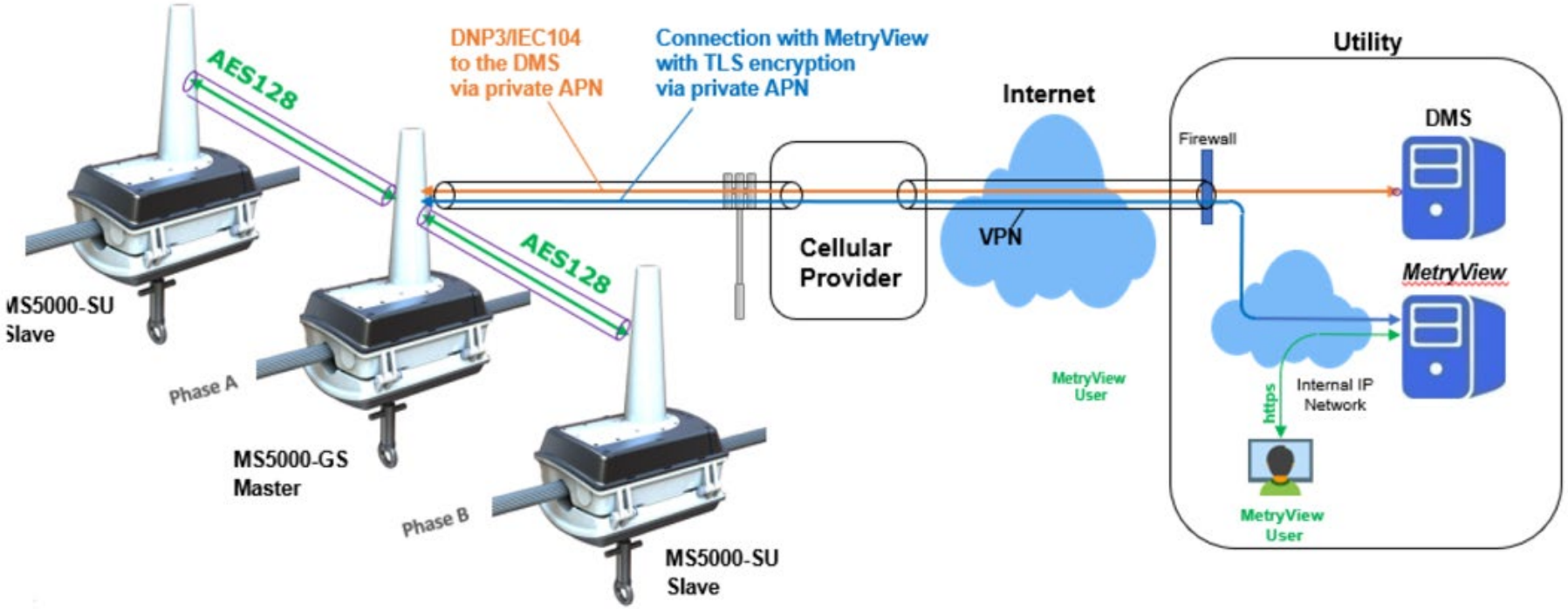
MGA Software
Combinação de servidor e software para coleta e análise de dados

4

Serviço e suporte
Suporte técnico e treinamento

Comunicação 4: Direta ao SCADA (Modelo D ou V12)

- Os sensores MS5000-GS enviam informações diretamente ao DMS usando DNP3/IEC104 via APN privada.
- O MetryView roda no servidor do cliente e é usado para gestão e análise da rede por meio de comunicação segura via APN privada.
- Há conexão local por rádio entre sensores com criptografia de dados AES128.
- Os usuários podem acessar o MetryView através de um navegador web (browser).



Megger

Cibersegurança avançada

🔐 Redes elétricas digitais estão cada vez mais expostas a **ameaças cibernéticas** sofisticadas.

⚠️ Tipos de ataques frequentes:

- Man-in-the-Middle (MitM)
- Spoofing de dispositivos
- Ataques de Denial of Service (DoS)
- Modificação de pacotes em protocolos industriais

📊 Plataformas como SCADA, ADMS e OMS requerem **comunicação segura, autenticação e integridade dos dados**.

Cibersegurança avançada

- Projetado conforme os requisitos mais rigorosos das principais companhias elétricas do mundo em cibersegurança.
- Segurança “End-to-End” SSL/TLS desde o sensor celular (MS5000-GS) até o servidor.
- Compatível com APN e RADIUS privados.
- Certificado padrão armazenado no sensor MS5000-GS.
- Autenticação avançada mediante identidade e senha únicas para cada dispositivo.
- Comunicação por rádio segura entre sensores de um conjunto via AES128.

Proteções Existentes nas Soluções MGA / MS5000:

- Transmissão criptografada (TLS/HTTPS): Protege os dados entre sensores e o servidor contra interceptações (MitM).
- Autenticação de dispositivos no gateway: Apenas sensores válidos e autorizados são aceitos na rede.
- MetryView com análise de anomalias: Detecta padrões irregulares nas formas de onda que podem indicar falhas ou comportamentos incomuns.
- Arquitetura compatível com segmentação OT/IT: Suporte à implantação segura via DMZ, firewalls e VPNs industriais.

📌 Suporte à Transição para Energias Renováveis

🌍 Adoção global das renováveis: impacto direto na estabilidade das redes
⚡ Mudança no fluxo de potência: bidirecional, mais instável
🚗 Estações de carga rápida (DC): mais harmônicos e sobrecarga
📊 Necessidade de análises em tempo real

Exemplo prático: Em redes urbanas com penetração solar elevada, picos de geração durante o dia e consumo noturno com veículos elétricos causam instabilidades. Soluções como sensores MS5000 ajudam a visualizar esses fluxos e agir preventivamente.

📌 Identificação Inteligente de Riscos com Vegetação

📡 Detecção de falhas causadas por galhos e árvores com sensores
🔥 Prevenção de incêndios: identificação de arcos de alta impedância
👷♂️ Redução de riscos e custos com inspeções desnecessárias
🧠 Sensores com análises de forma de onda (MS5000 + MetryView)

Exemplo prático: Um sensor MS5000 detecta distúrbio causado por galho encostando na linha. A equipe é enviada diretamente ao local com coordenadas GPS, evitando inspeção por todo o trecho.

📌 Rede Inteligente no Círculo Polar Ártico (Noruega)

❄️ Kjøllefjord & Mehamn: sem luz solar no inverno, nevascas e gelo
🌬️ Linhas sob tensão e vibração – falhas frequentes
⛰️ Acesso difícil e perigoso por motos de neve
📡 Sensores MS5000 operando a -55°C e localizando falhas em tempo real

Exemplo prático: Falha transitória fase-terra causada por galho ou ave foi detectada entre sensores. Local exato identificado. Equipe foi direto ao ponto, sem varrer todo o trecho montanhoso, reduzindo tempo e aumentando segurança.

📌 Furto de Energia e Suas Consequências

Monitoramento Inteligente Contra Perdas Não-Técnicas

- Prejuízo global: ~89 bilhões USD por ano
- Métodos de furto: adulteração de medidores, ligações ilegais
- Riscos à segurança pública
- Sensores inteligentes como solução complementar aos medidores

Exemplo prático: Em uma área com perdas elevadas, sensores MS5200 instalados antes do transformador detectam consumo não condizente com os dados dos medidores. Resultado: localização precisa do ponto de furto com base na diferença de potência.

Projeto em destaque

Ajudamos a UK Power Networks a localizar falhas em sua complexa estrutura de "terra compensada", rede de 11kV. Levando a um investimento de £ 4,3 milhões na Megger MGA.

Especificação do projeto

Cliente
Redes de energia do Reino Unido - UKPN

Localização
Londres e Sudeste do Reino Unido

Soluções instaladas
Sistema MS5000 na rede de distribuição de 11kV

📌 Objetivos do Projeto – Projeto MS5000 com a National Grid (Reino Unido)

🎯 Determinar se os sensores MS5000 poderiam oferecer uma solução precisa e econômica para localização de faltas à terra em redes ASC, com o objetivo de:

- Reduzir o número de interrupções de clientes.
- Diminuir os minutos de energia perdida (CML).
- Ajudar as equipes de patrulha a localizar e resolver falhas de forma mais ágil.
- Monitorar faltas transitórias e identificar pontos fracos da rede.

Descrição do Projeto

- O projeto foi realizado com sensores MS5000 da Megger, com duração de 2 anos e 7 meses.
- Área de teste: Rede em malha alimentada pela subestação St. Austell 132/33 kV, com alta penetração de recursos energéticos distribuídos (eólica, solar, CHP (Combined Heat and Power) – Cogeração).
- Foram instalados 20 conjuntos de sensores MS5000 (trifásicos + gateway).
- Comunicação via rede celular (16 unidades) e rádio malha para avaliação comparativa.

Sensores instalados na rede St Austell (foto cortesia da National Grid)

Megger

📌 Funcionamento Técnico

⚙️ Monitoramento contínuo de corrente e tensão por fase.

📡 Gateway realiza análise local e envia dados via rede celular ou SCADA.

🔄 Localização otimizada dos sensores para máxima cobertura da rede de 33 kV.

📉 Também foram testados sensores na rede de 11 kV com mais eventos de falta.

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

1️⃣ **Blackpool 2L5 (14/06/2021)**

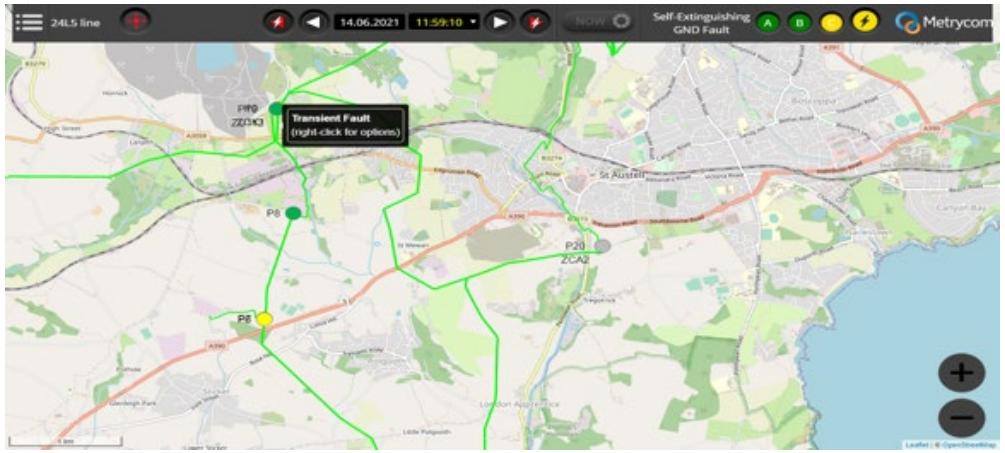
🔍 Falta transitória identificada entre sensores P7 e P9.

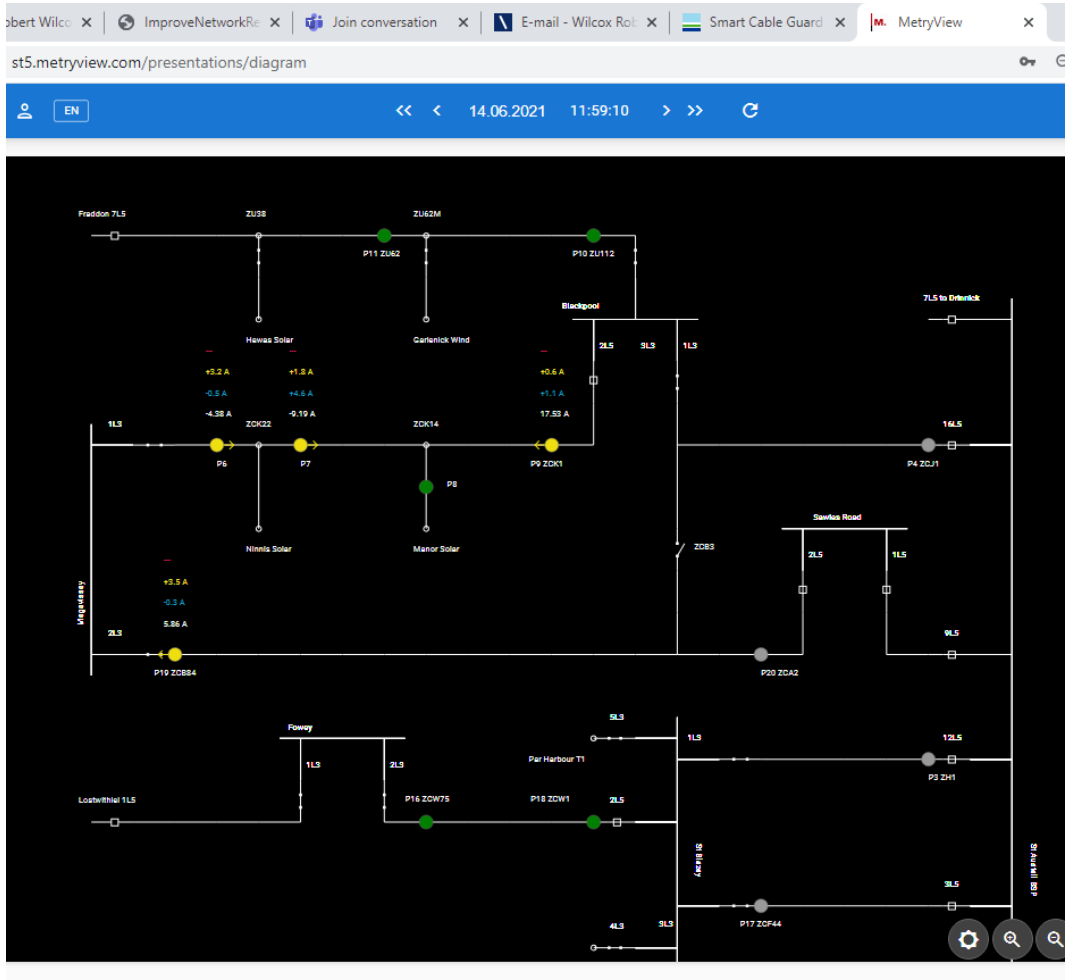
📊 Detecção precisa da fase afetada (fase C).

🧭 Corrente de sequência zero 180° fora de fase confirmou localização.

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

- 1 **Blackpool 2L5 (14/06/2021)**
- 🔍 Falta transitória identificada entre sensores P7 e P9.

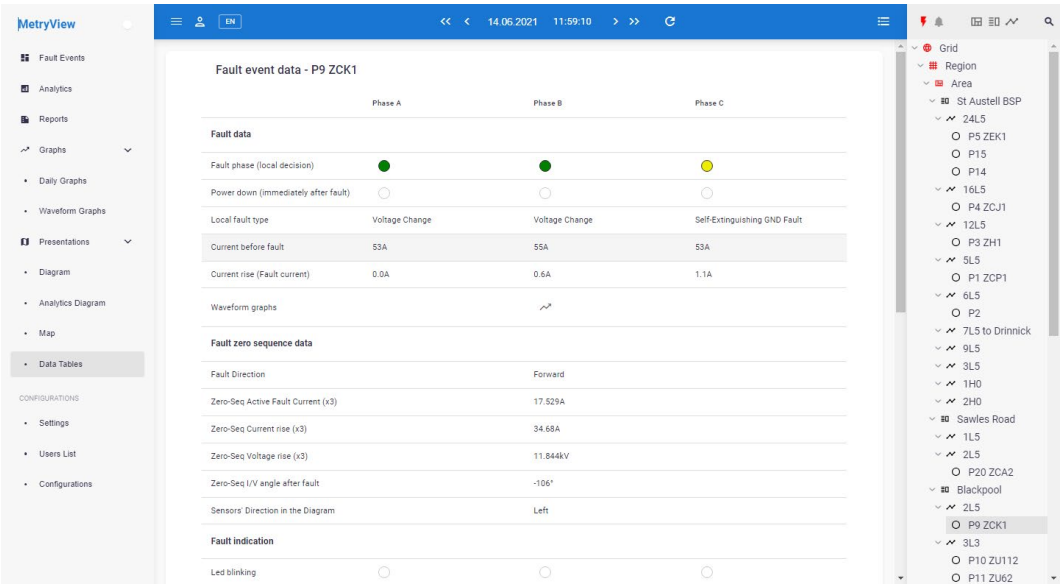




Megger

Exemplos de Faltas Identificadas

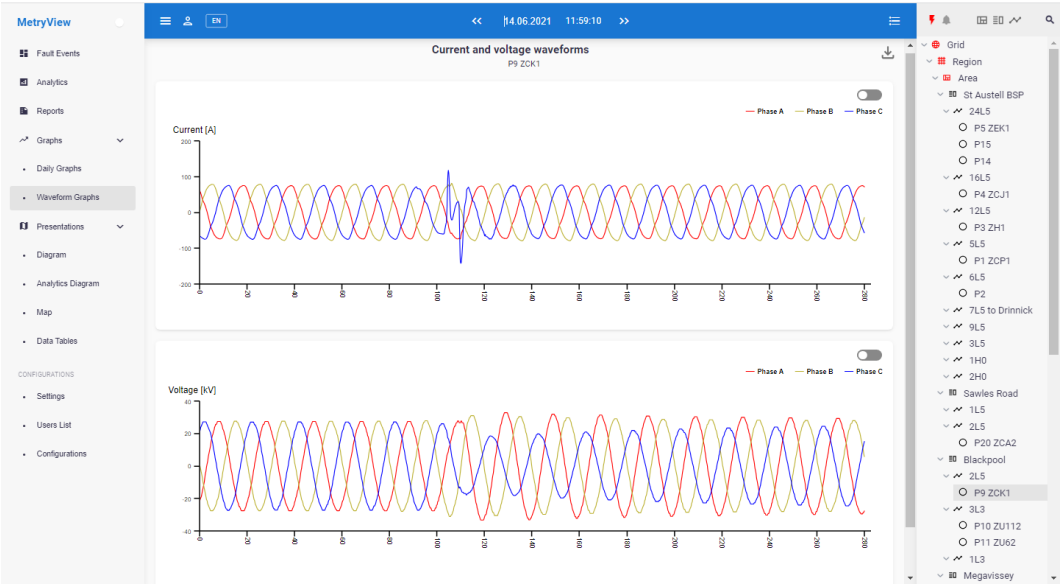
- 1 **Blackpool 2L5 (14/06/2021)**
- Detecção precisa da fase afetada (fase C).



Megger

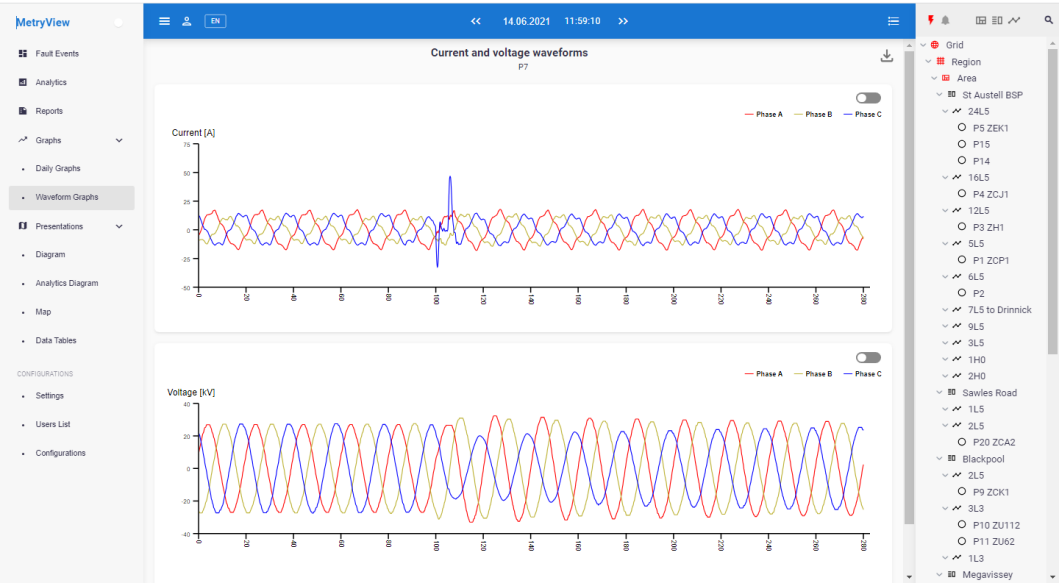
Exemplos de Faltas Identificadas

- 1 **Blackpool 2L5 (14/06/2021)**
- Corrente de sequência zero 180° fora de fase confirmou localização.



Megger

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

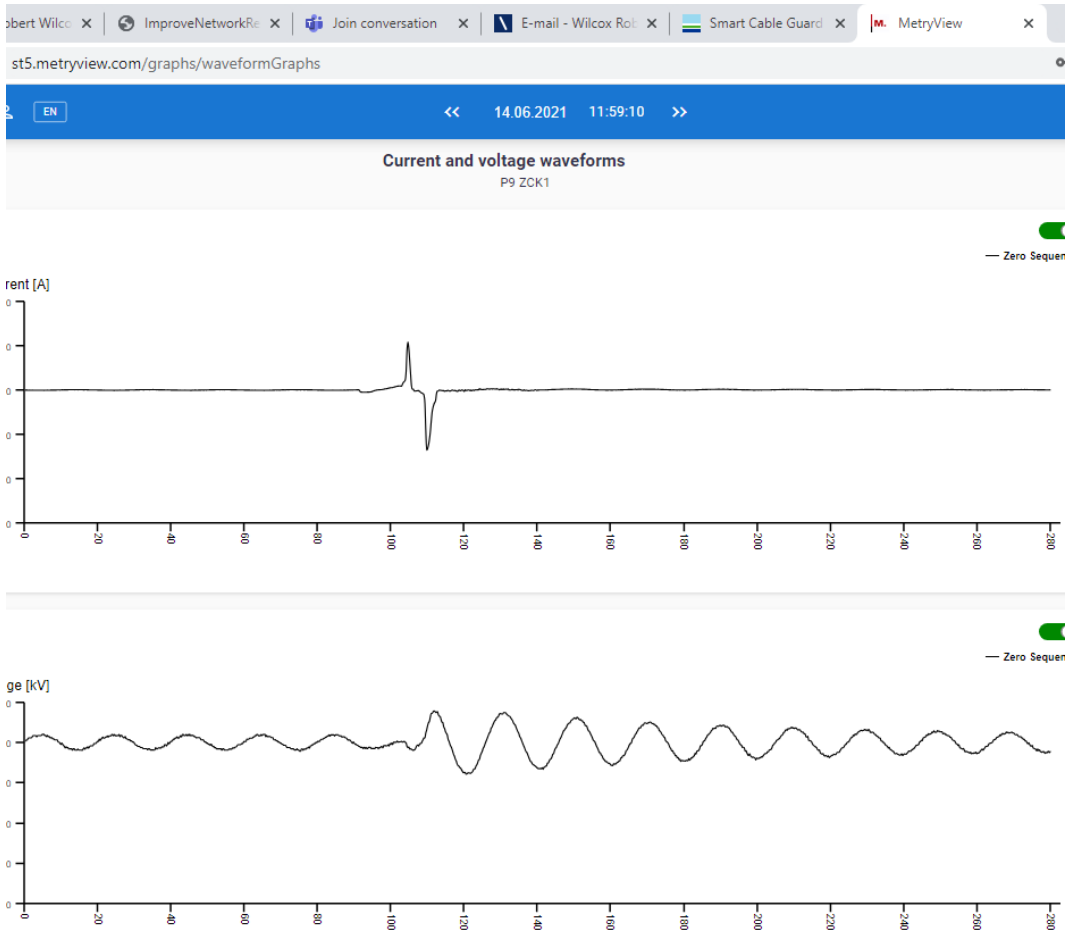


- 1️⃣ **Blackpool 2L5 (14/06/2021)**
- 🔍 Falta transitória identificada entre sensores P7 e P9.
- 📊 Detecção precisa da fase afetada (fase C).
- 🧭 Corrente de sequência zero 180° fora de fase confirmou localização.

Megger

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

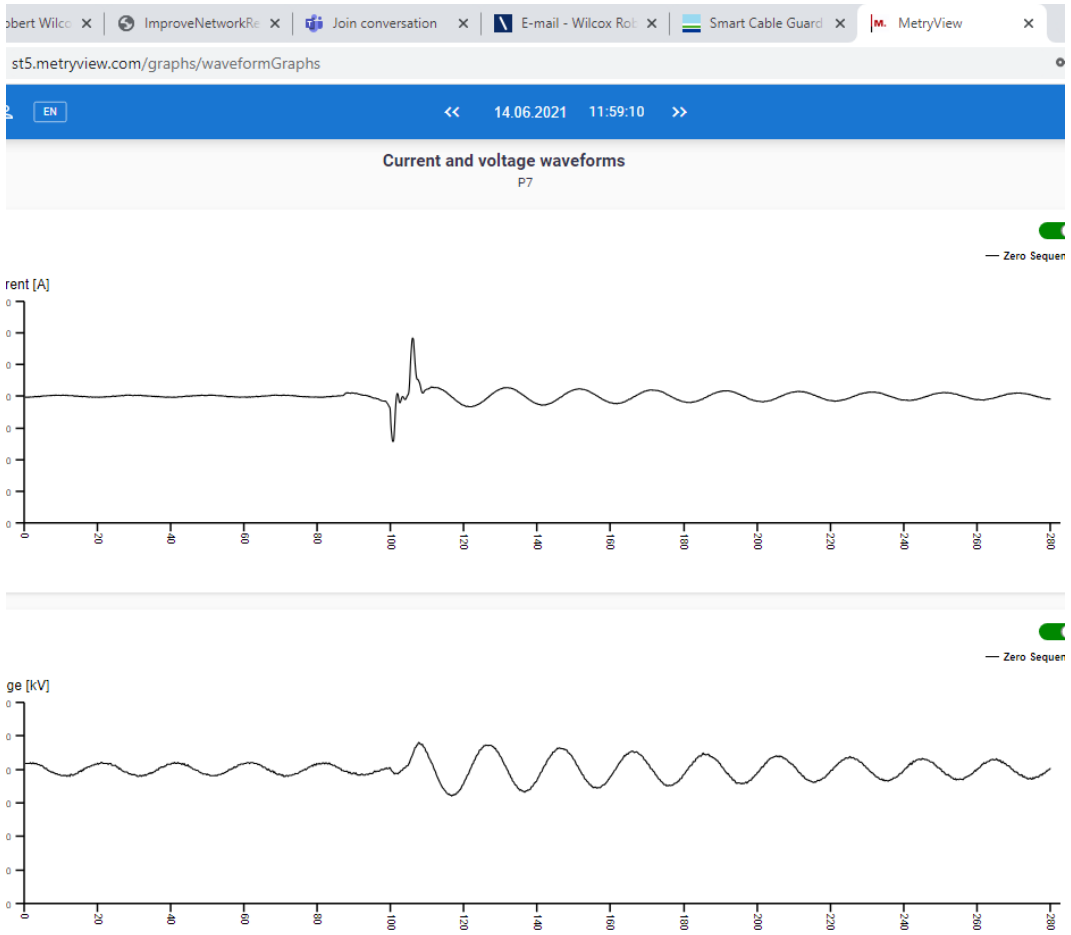
- 1️⃣ **Blackpool 2L5 (14/06/2021)**
- 🔍 Falta transitória identificada entre sensores P7 e P9.
- 📊 Detecção precisa da fase afetada (fase C).
- 🧭 Corrente de sequência zero 180° fora de fase confirmou localização.



Megger

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

- 1️⃣ **Blackpool 2L5 (14/06/2021)**
- 🔍 Falta transitória identificada entre sensores P7 e P9.
- 📊 Detecção precisa da fase afetada (fase C).
- 🧭 Corrente de sequência zero 180° fora de fase confirmou localização.



Megger

Exemplos de Faltas Identificadas

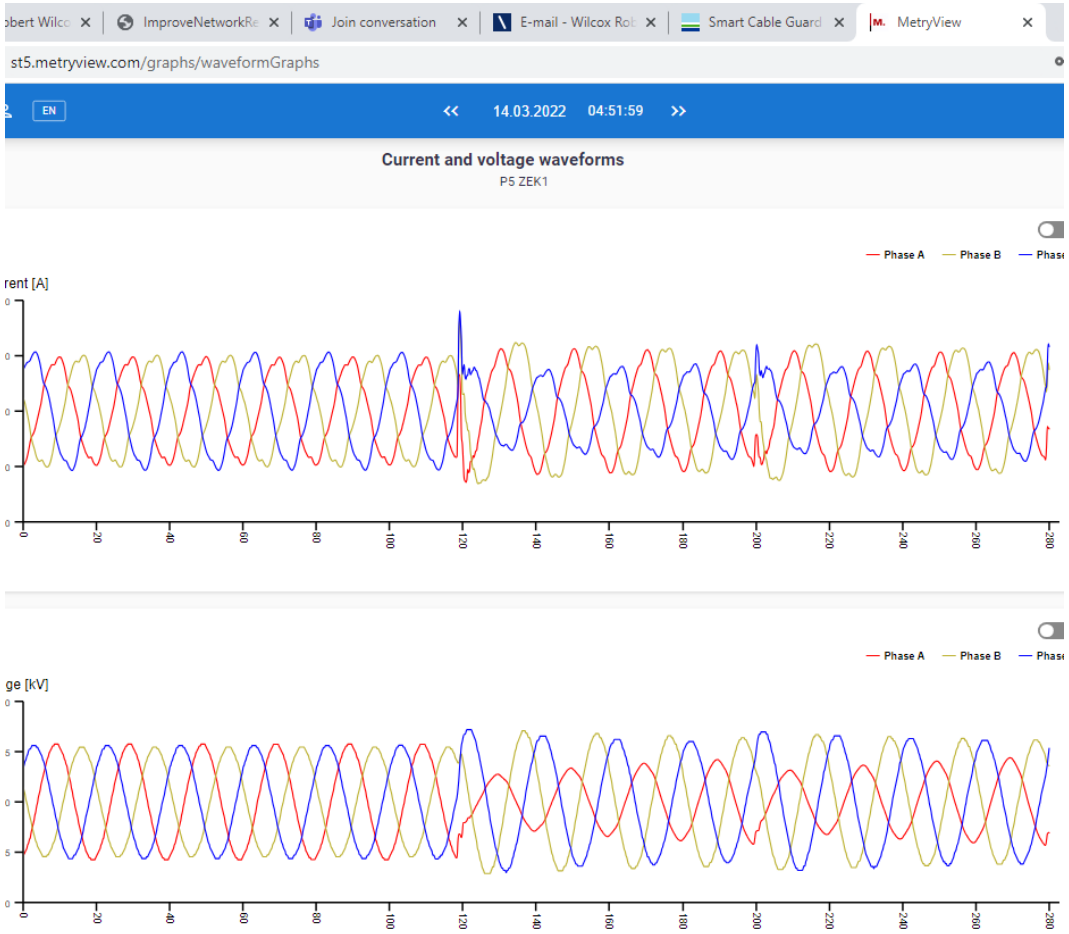
2 **West Carclaze 6L5 (14/03/2022)**

Grande falta fase-terra ligada a defeito em junta de cabo.

Falta não se tornou permanente, isolada por disjuntor da planta solar.

Sensor P5 indicou falha na fase A (tracejado vermelho).

Exemplos de Faltas Identificadas

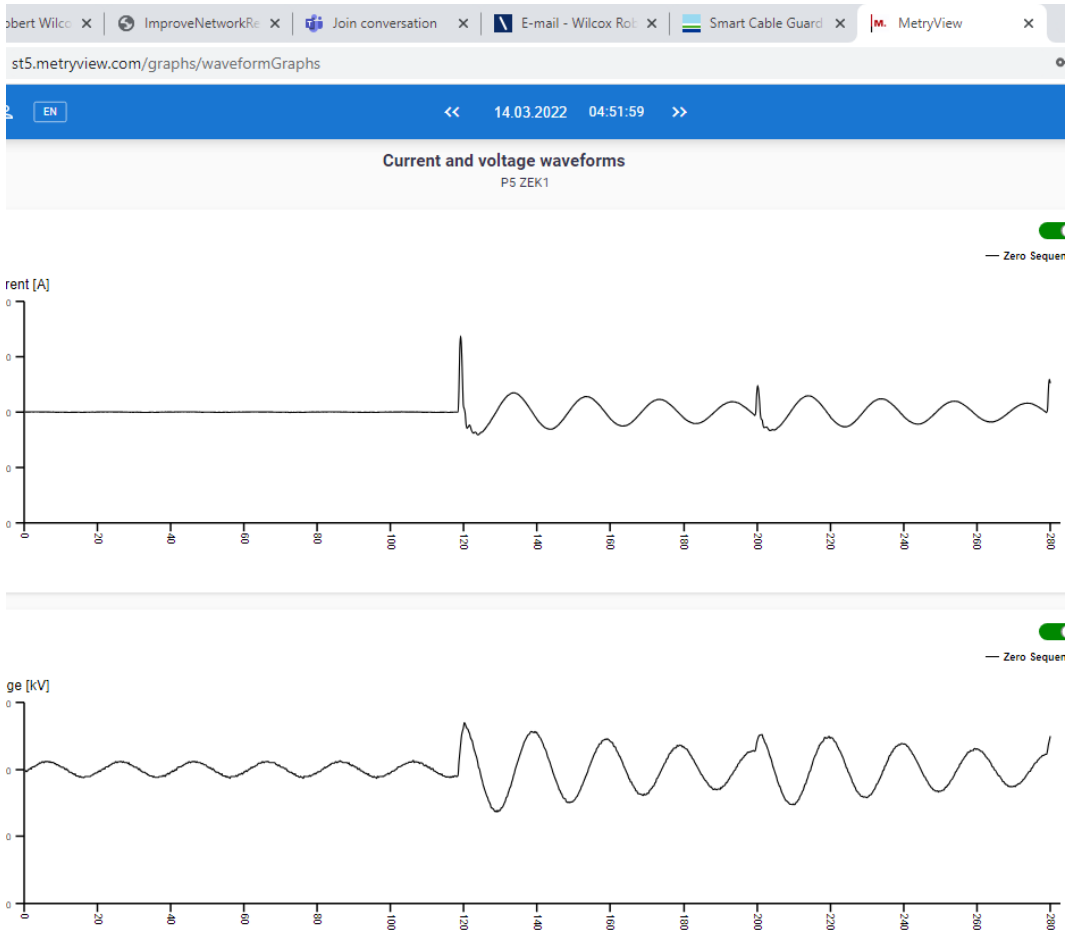


- 2 **West Carclaze 6L5 (14/03/2022)**
- 💥 Grande falta fase-terra ligada a defeito em junta de cabo.
- 🚫 Falta não se tornou permanente, isolada por disjuntor da planta solar.
- 📈 Sensor P5 indicou falha na fase A (tracejado vermelho).

Megger

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

- 2️⃣ **West Carclaze 6L5 (14/03/2022)**
- 💥 Grande falta fase-terra ligada a defeito em junta de cabo.
- 🚫 Falta não se tornou permanente, isolada por disjuntor da planta solar.
- 📈 Sensor P5 indicou falha na fase A (tracejado vermelho).



Megger

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

3 Davidstow CB45 (27/11/2021)

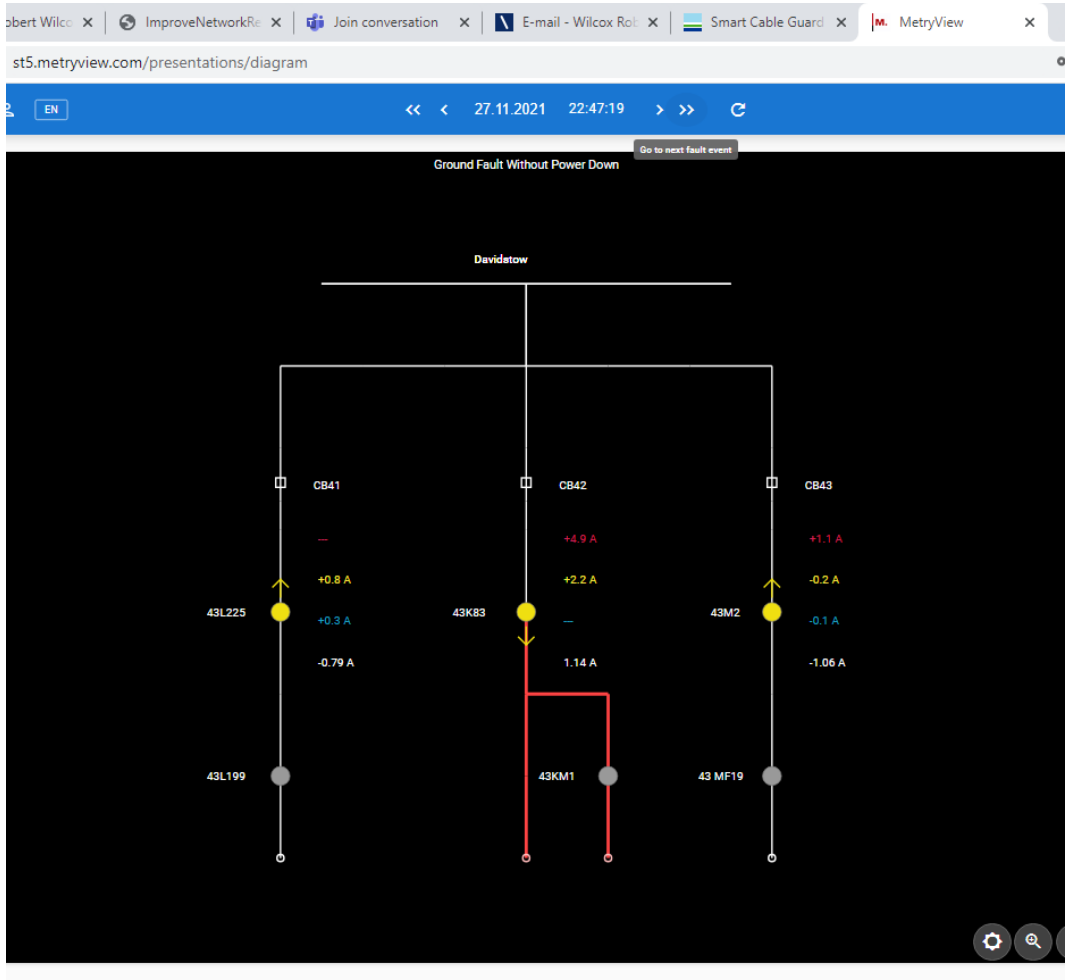
🕵️♂️ Falta transitória que evoluiu para permanente.

📍 Sensor 43K83 detectou corrente de falha ativa (1,14 A) e 5º harmônico.

🧭 Direção da corrente de falha indicada corretamente pela análise harmônica.

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

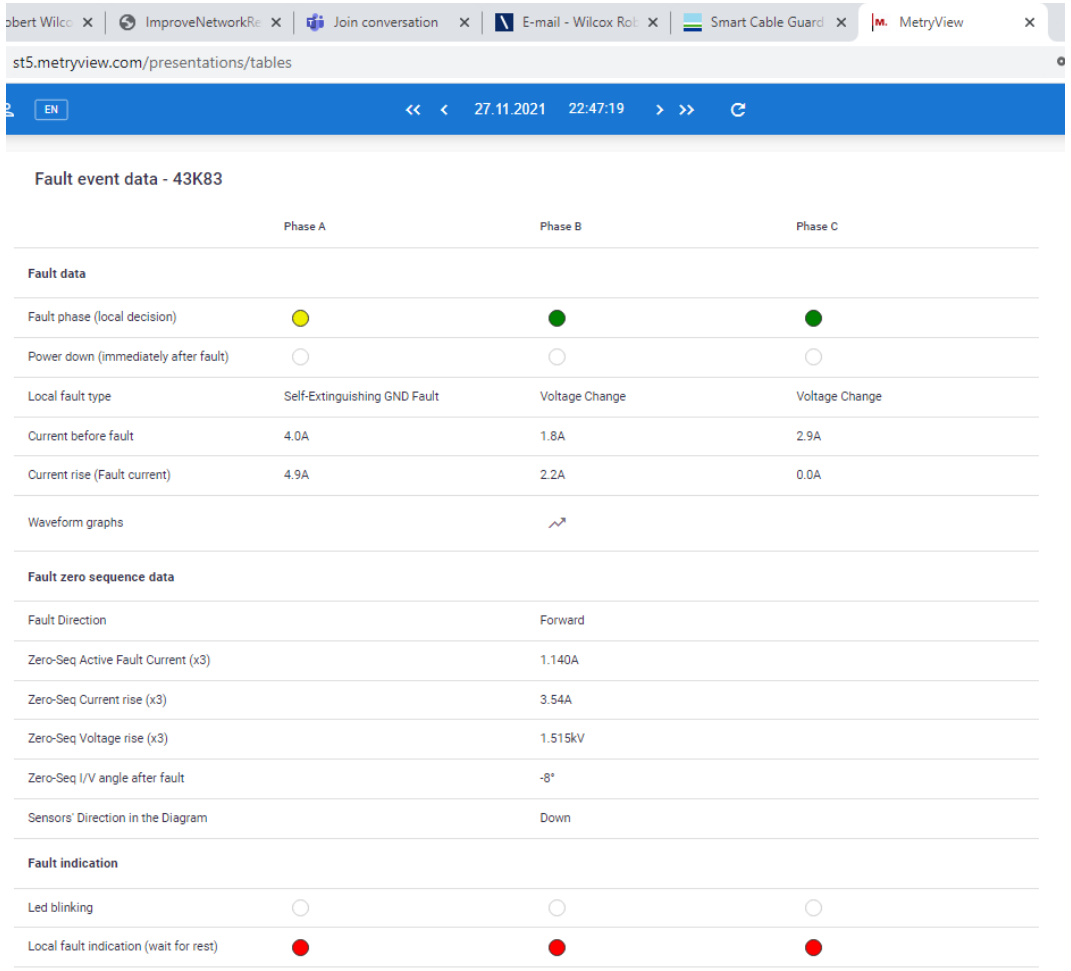
- 3 **Davidstow CB45 (27/11/2021)**
- 🕵️♂️ Falta transitória que evoluiu para permanente.



Megger

Exemplos de Faltas Identificadas

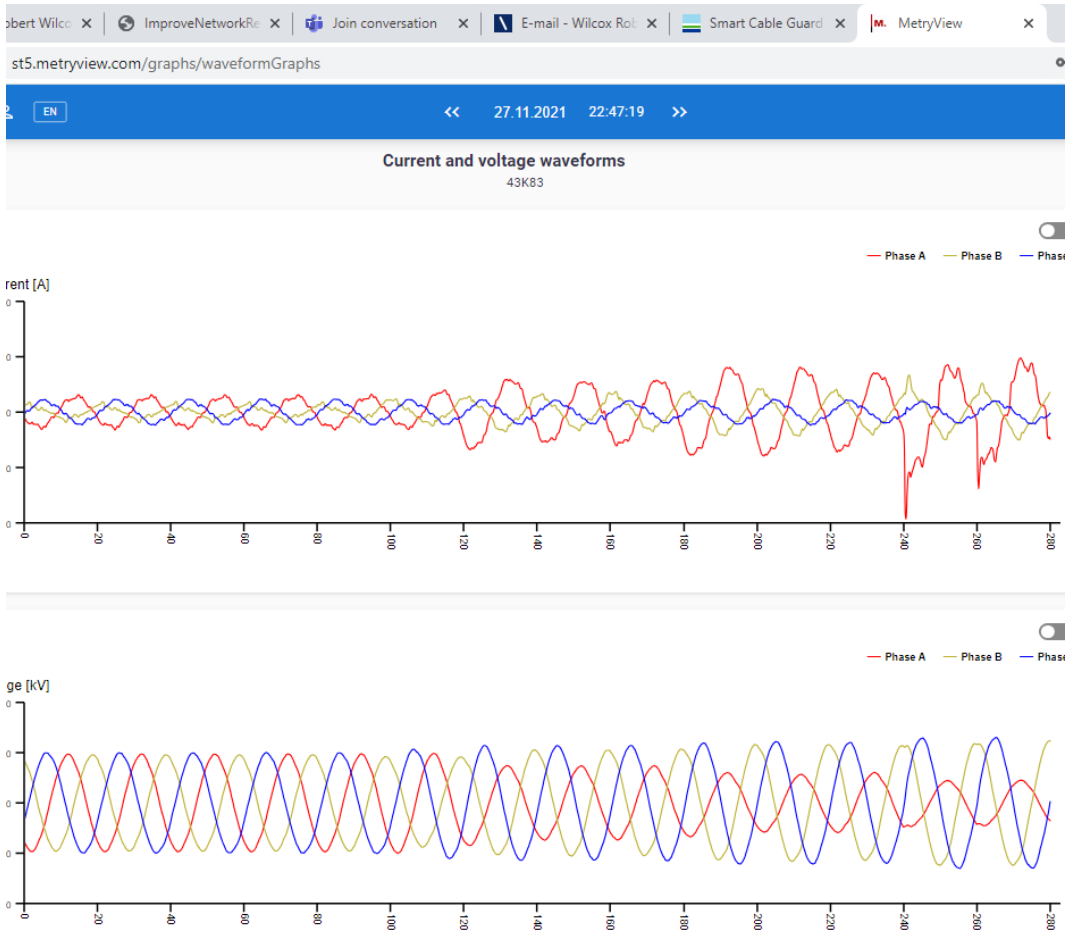
- **3 Davidstow CB45 (27/11/2021)**
- Sensor 43K83 detectou corrente de falha ativa (1,14 A) e 5º harmônico.



	Phase A	Phase B	Phase C
Fault data			
Fault phase (local decision)			
Power down (immediately after fault)			
Local fault type	Self-Extinguishing GND Fault	Voltage Change	Voltage Change
Current before fault	4.0A	1.8A	2.9A
Current rise (Fault current)	4.9A	2.2A	0.0A
Waveform graphs			
Fault zero sequence data			
Fault Direction		Forward	
Zero-Seq Active Fault Current (x3)		1.140A	
Zero-Seq Current rise (x3)		3.54A	
Zero-Seq Voltage rise (x3)		1.515kV	
Zero-Seq I/V angle after fault		-8°	
Sensors' Direction in the Diagram		Down	
Fault indication			
Led blinking			
Local fault indication (wait for rest)			

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

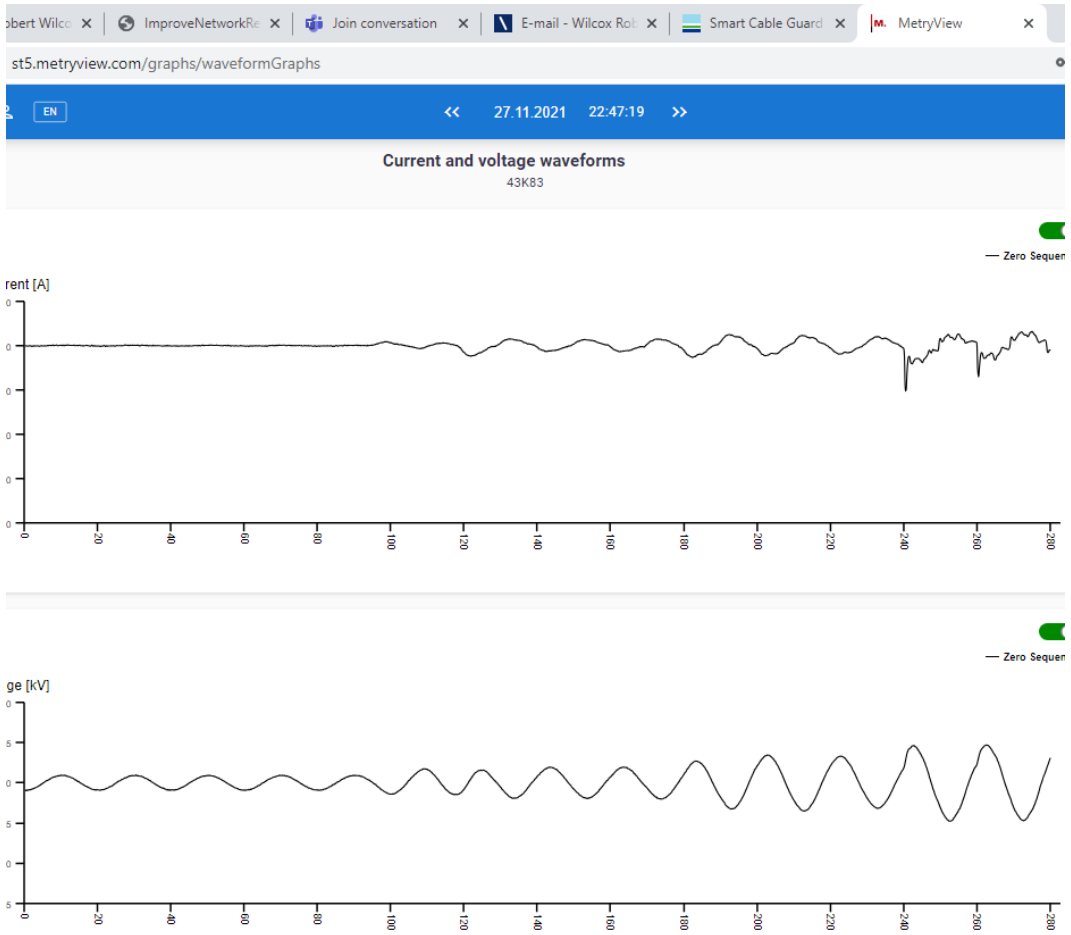
- 3 **Davidstow CB45 (27/11/2021)**
- 🧭 Direção da corrente de falha indicada corretamente pela análise harmônica.



Megger

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

- 3 **Davidstow CB45 (27/11/2021)**
- 🕵️♂️ Falta transitória que evoluiu para permanente.
- 📍 Sensor 43K83 detectou corrente de falha ativa (1,14 A) e 5º harmônico.
- 🧭 Direção da corrente de falha indicada corretamente pela análise harmônica.



Megger

📌 Exemplos de Faltas Identificadas

- 3️⃣ **Davidstow CB45 (27/11/2021)**
- 🕵️♂️ Falta transitória que evoluiu para permanente.
- 📍 Sensor 43K83 detectou corrente de falha ativa (1,14 A) e 5º harmônico.
- 🧭 Direção da corrente de falha indicada corretamente pela análise harmônica.

Megger

Conclusões

Os sensores MS5000, aliados à plataforma MetryView, demonstram capacidade única de transformar a forma como operamos, monitoramos e protegemos as redes elétricas, desde áreas remotas até grandes centros urbanos.

📌 Conclusões

Benefícios-chave:

🔍 Diagnóstico preciso de falhas e fraudes

🚨 Detecção preventiva de eventos críticos

🌿 Suporte à integração de renováveis

🔧 Redução de OPEX e aumento da segurança operacional

Conclusões

Os sensores MS5000 atenderam aos objetivos:

- Alta taxa de amostragem (4,096 ksps) e precisão de CT (0,5%).
- Captação de eventos transitórios e indicadores pré-falha.
- Identificação de pontos fracos para manutenção preditiva.

Alimentação com corrente mínima de 3 A – ideal para redes de 11 kV.

Instalação rápida e segura em linhas aéreas.

Obrigado!

Fale com a gente!

@MeggerLATAM

Megger