



OMICRON 

Herausforderungen an GIS und Bedeutung von UHF-Teilentladungsmess- und Überwachungssystemen

Mohammed Al-Gunaid & Stefan Hoek

Stuttgarter Hochspannungssymposium 2024, Deutschland

13 June 2024

▶ Teilentladungsmessung – Wann?

- ▶ bei Entwicklungstests
- ▶ bei Typprüfungen und Werksabnahmen
 - ▶ Messung als Abnahmetests an MS- und HV-Anlagen
 - ▶ basierend auf Standards, z.B IEC 62271-200
- ▶ bei der Vor-Ort-Messung
 - ▶ Wird häufig bei Vor-Ort-Abnahmetests oder nach Fehlern verwendet
 - ▶ im Dienst
- ▶ Monitoring



Measurement of PD in indoor GIS



Measurement of PD in outdoor GIS



GIS and test SF6 test transformer

► Motivation

- ▶ Empfindliche TE-Messung an GIS
 - ▷ Qualitätskontrolle
 - ▷ Sicherung des zuverlässigen Betrieb der Knotenpunkte
 - ▷ Alternative zu aufwendigen Tests (Impulstests)

- ▶ Verschiedene UHF-Messmethoden werden angewandt
 - ▷ breitbandige Messmethode
 - ▷ schmalbandige bzw. selektivere Messmethode
 - ▷ ...

- ▶ Optimierung der Messabläufe
 - ▷ Kombination der Vorteile (Einfachheit und Empfindlichkeit)



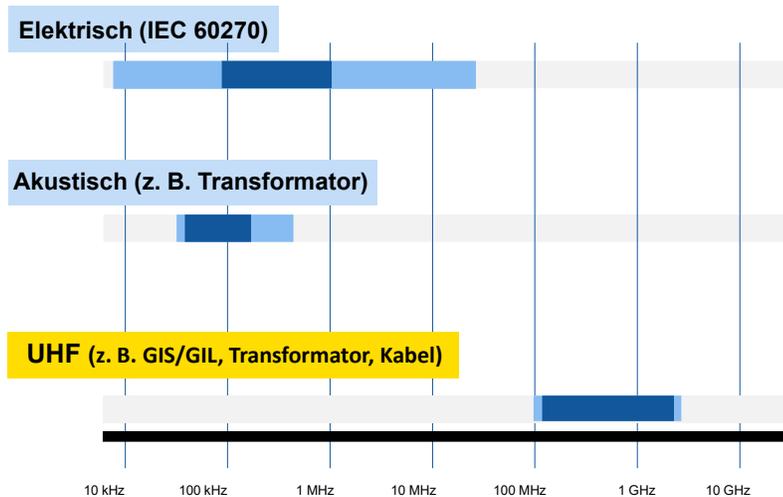
Page 3



© OMICRON



► Verfahren für die Erkennung von Teilentladungen



© OMICRON

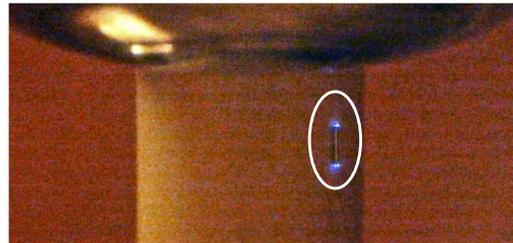
Seite 2



Fehlstellen

5

Beispiele von Fremdpartikel



© OMICRON

Source: „Investigation of the detection of adhesive particles on insulators in gas insulated systems under DC voltage stress“
 Maria Hering, Karsten Backhaus, Phillip Arnold, Uwe Riechert and other, Berlin, ETG 2012

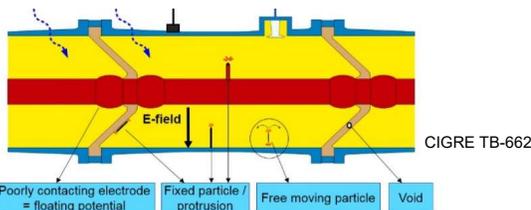


Kritische und nachweisbare Fehlerlänge/größe

6

Type of defect	Critical defect			Detectable length of defect at U_n
	Length	Critical voltage shape	Apparent charge acc.to IEC 60270 (@AC and PD test voltage level)	
Moving particle	3 – 5 mm	power frequency voltage	2 - 10 pC	3 - 5 mm
Protrusion on HV conductor	~ 1 mm	standard lightning voltage (pos. polarity)	1 - 2 pC	3 - 4 mm
Protrusion on enclosure	4 – 6 mm		2 pC	10 - 15 mm
Particle on insulation	1 – 2 mm	standard lightning voltage	about 0.5 pC	3 - 10 mm (location)
Void	3 - 4 mm (Ø)		1 - 2 pC	2 – 3 mm (location)

CIGRE TB-525-2013



© OMICRON



▶ Stör- und TE-Spektrum

- ▶ Schmalbandige und Breitbandige Störspitzen
- ▶ Störungsarme Frequenzbereiche
 - ▶ GIS Außenleiter wirkt als Schirm
- ▶ Frequenzbereiche messbarer TE

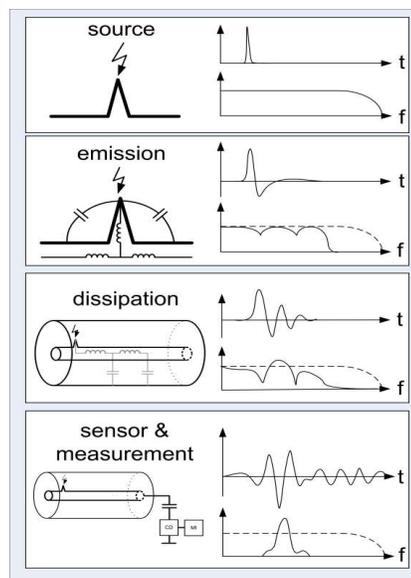


Warum sieht das PD Spektrum so aus?

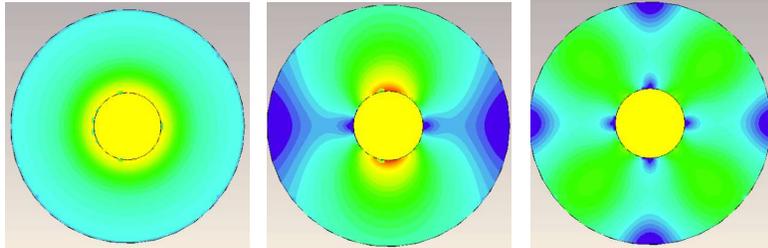
- ▶ Wahl der Messfrequenz mit hohem TE-Signal und geringem Störanteil
 - ▶ Empfindlichkeit Selektive Messung



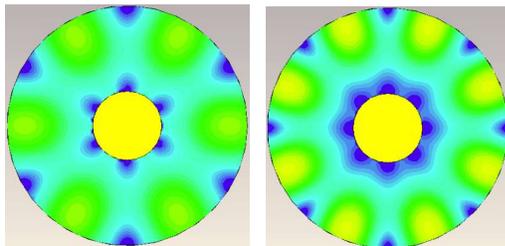
▶ TE Signal Ausbreitung im UHF-Frequenzbereich



TE Ausbreitungsmoden



- TEM
- TE₁₁ 276 MHz
- TE₂₁ 516 MHz



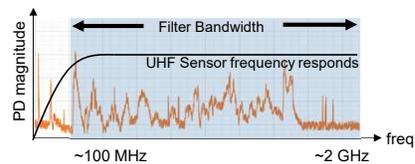
- TE₃₁ 725 MHz
- TE₀₂ 921 MHz

- Feldverteilung über den Querschnitt wird mit zunehmender Frequenz komplexer
- Feldstärke variiert entlang des Außenleiterumfangs

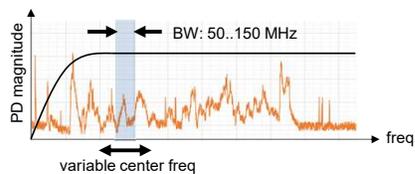


Messmethoden UHF

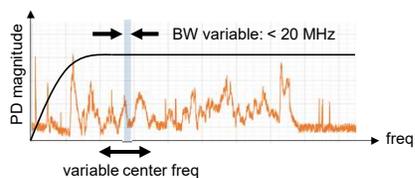
- Breitbandmethode



- Frequenzselektive durch
 - einstellbare Messfrequenz
 - einstellbarer Messbandbreite



• ...



Wo sind Vorteile / Nachteile ?



Monitoring and Diagnostics on GIS

Page 11

The image displays four technical brochures from CIGRE, arranged in a staggered fashion. Each brochure features a green background with a stylized circuit diagram. The brochures are:

- 525:** "Risk Assessment on Defects in GIS based on PD Diagnostics", Working Group D1.03, February 2013.
- 654:** "UHF Partial Discharge Detection System for GIS: Application Guide for Sensitivity Verification", Working Group D1.25, April 2016.
- 662:** "Guidelines for partial discharge detection using conventional (IEC 60270) and unconventional methods", Working Group D1.37, August 2016.
- 933:** "Requirements and application of UHF PD monitoring systems for gas insulated systems", Working Group D1. Material and emerging test techniques.

© OMICRON Page 11

UHF 800 - PD Measurements

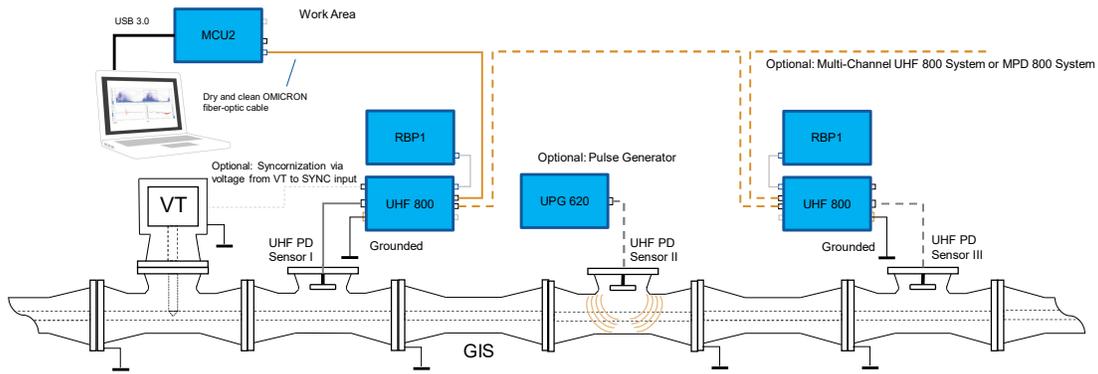


UHF 800

© OMICRON

OMICRON

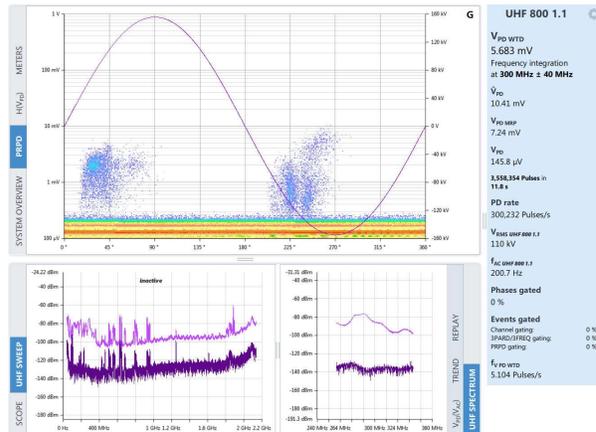
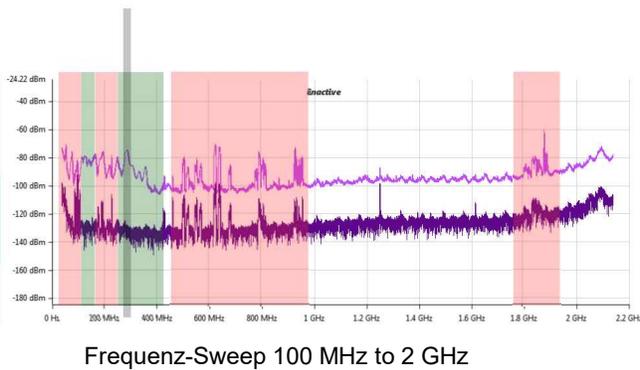
Konfiguration > GIS/GIL



Beispiel 1

14

Gleitentladung



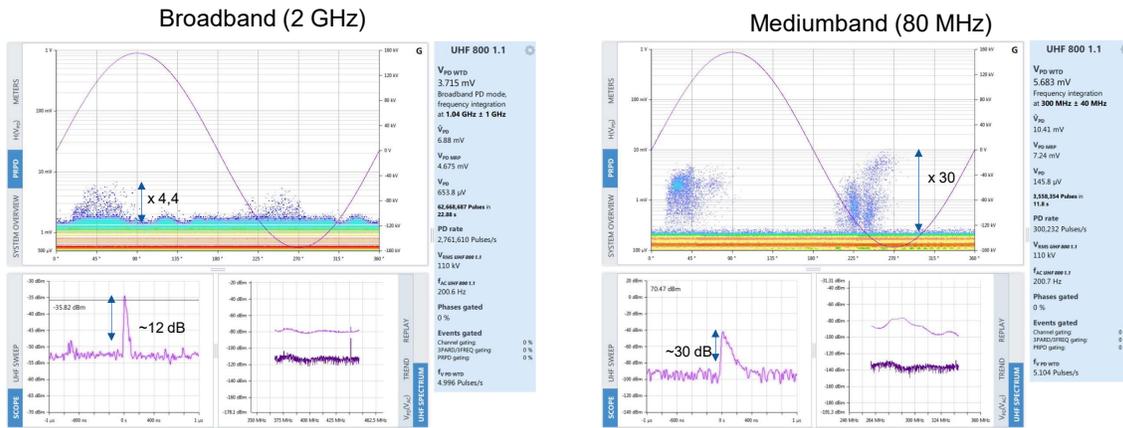
Gleitentladung bei 300 MHz +/- 40MHz



Beispiel 1

15

Gleitentladung



Gleitentladung bei 300 MHz +/- 40MHz

©OMICRON



Zusammenfassung

Warum Schmalband / Medium-Band-Messung?

- ▶ Frei einstellbare Messfrequenz führt zu
 - ▶ Selektivität
 - ▶ Robustheit gegen Störer
 - ▶ hohe Empfindlichkeit
- ▶ Große Bandbreite führt zu
 - ▶ Einfacheres Einstellen
 - ▶ kaum Nachjustieren

Zeitersparnis
Hohe Empfindlichkeit
Hohe Selektivität



TE Frequenzbereich: 100 MHz...2 GHz
 Filter: 2 GHz, 80 MHz, 40 MHz, 20 MHz...
 Empfindlichkeit: < -86 dBm for Medium Mode (80 MHz)
 < -78 dBm for Wideband Mode
 PRPD Sync Frequenzbereich: 10 mHz ... 10 kHz



▶ PARADIMO 100

▶ UHF-Monitoring von Teilentladungen (TE) bei:

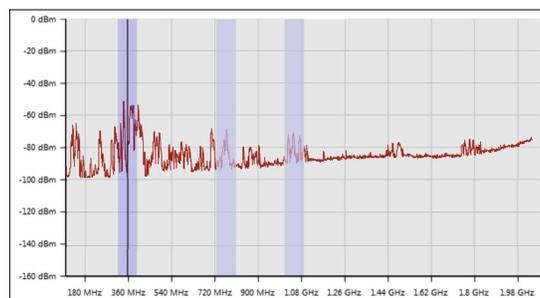
- ▶ gasisolierten Schaltanlagen* (GIS)
 - ▶ gasisolierten Übertragungsleitungen* (GIL)
- mit werkseitig installierten UHF-Kopplern



* vorzugsweise einphasig gekapselt

▶ Empfindlichkeit durch Trennschärfe

- ▶ PARADIMO 100 unterstützt verschiedene Bandbreiten mit verschiedenen **UHF-Monitoringmodi**.
- ▶ **Breitband-Modus**: Sehr einfach zu nutzen, vorhandene Störungen können aber kaum unterdrückt werden.
- ▶ **Mittelband-Modus**: Selektiver und gewährleistet einen hohen Signal-Störabstand, was ein äußerst empfindliches TE-Monitoring ermöglicht.



▶ PARADIMO im Überblick

- ▶ Ein intelligentes Edge-Computing-Gerät für das kontinuierliche Monitoring und Erfassung des Zustands von TE-Aktivitäten und die Ermittlung entsprechender Trends in gasisolierten Schaltanlagen (GIS) und gasisolierten Übertragungsleitungen (GIL)
- ▶ Erkennt und klassifiziert die Art von Isolationsdefekten automatisch und sendet entsprechende Alarme, um eine zuverlässige Risikobewertung zu ermöglichen
- ▶ Ein Alarm wird ausgegeben, wenn der gemessene TE-Pegel in einem bestimmten Zeitraum dauerhaft über dem konfigurierten Alarmschwellwert liegt und das PRPD-Muster als Defekt klassifiziert wurde
- ▶ Über einen Umsetzer/Switch für Glasfasernetzwerke können mehrere PARADIMO 100-Geräte in Reihe geschaltet und mit einem PC oder einem Tablet verbunden werden; der Remotezugriff auf die Geräte erfolgt dann per Webbrowser
 - ▶ Die Verwendung mehrerer Monitoringpunkte ermöglicht das Erkennen von Trends und Defekten sowie die Klassifizierung dieser Defekte für eine zuverlässige Bewertung der Risiken bei GIS und GIL.



▶ PARADIMO 100-Hardware

Verarbeitung,
Speicherung und
Kommunikation – alles
in einem Gerät

Robustes Gehäuse,
für Innen- und
Außeneinsatz geeignet

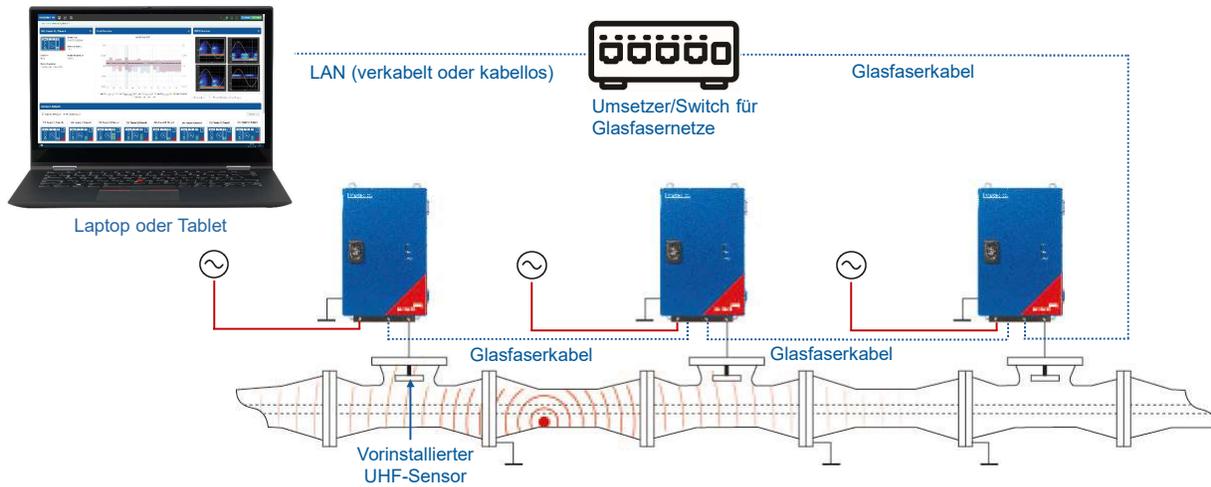


Status-LEDs

Plug-and-Play-
Anschlüsse:

Netz-
anschluss UHF-Sensor
Ethernet
(Glasfaser)

PARADIMO 100-Konfiguration



Über einen Umsetzer/Switch für Glasfasernetze können mehrere PARADIMO 100-Geräte mit einem PC oder einem Tablet verbunden werden. Der Remotezugriff auf die Geräte erfolgt dann per Webbrowser.

Systemüberblick

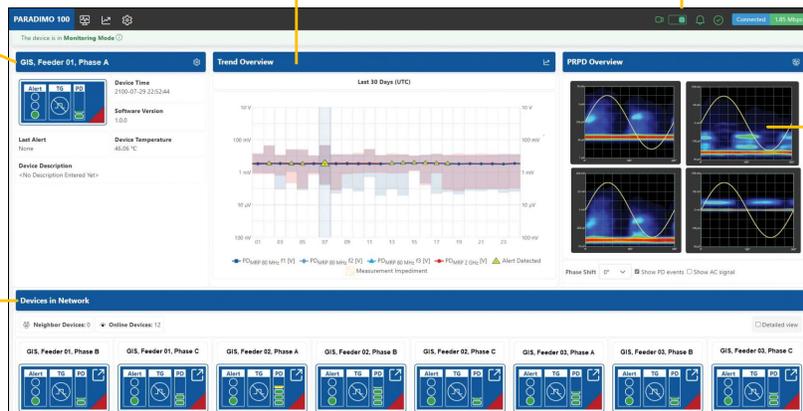
Informationen zum aktuell ausgewählten PARADIMO 100-Gerät im Netzwerk

Trend-Übersicht über die TE-Aktivität

Symbol für Alarmstatusinformationen, wenn das System ein als kritisch klassifiziertes TE-Ereignis findet

Übersicht der Echtzeit-PRPD-Diagramme für einen erkannten Defekt

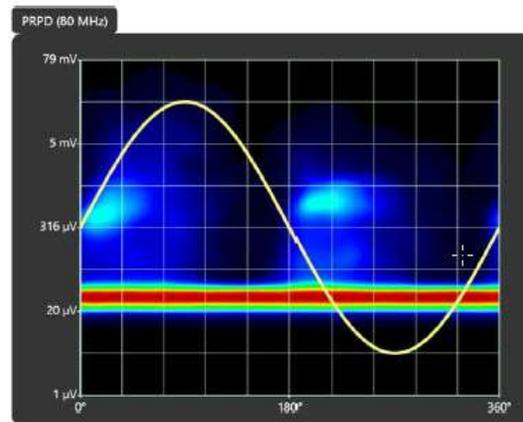
Übersicht über alle Geräte im Netzwerk und deren Status



Dank der praktischen Weboberfläche können Sie sich aus der Ferne einen Überblick über das System verschaffen. Für den Zugriff auf das System benötigen Sie keine zusätzliche Software auf Ihrem PC.

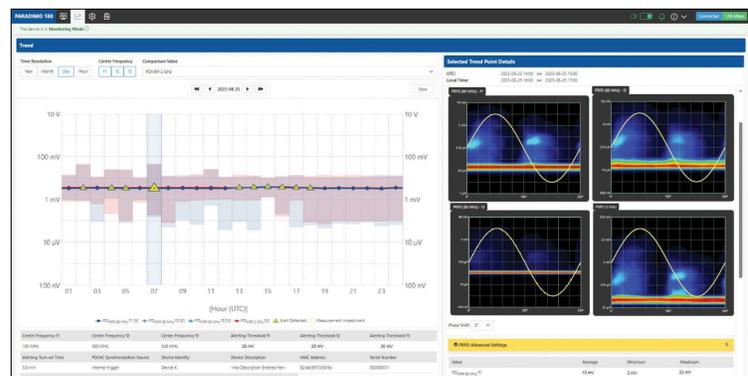
▶ PRPD-Diagramm

- ▶ PRPD steht für „Phase-Resolved Partial Discharge“ und ist ein bewährtes Werkzeug zum Analysieren von TE-Aktivität in Bezug auf den Phasenwinkel der angelegten Spannung
- ▶ Charakteristische PRPD-Muster geben Hinweis auf bestimmte Defekttypen
- ▶ Das PRPD-Diagramm hilft, die Art der TE-Aktivität zu identifizieren



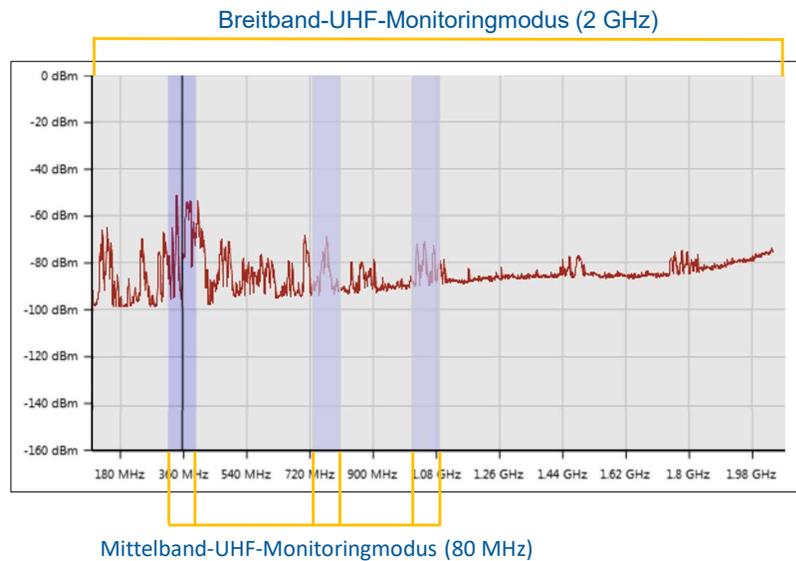
▶ Seite „Trend“

- ▶ Ermöglicht die Beobachtung des Trendverhaltens der TE-Aktivität
- ▶ Zeigt TE-Trenddaten nach Jahr, Monat, Tag und Stunde an
- ▶ Zeigt den Zeitpunkt der Auslösung von Alarmen wegen hoher TE-Aktivitätspegel und TE-bedingten Defekten an
- ▶ Enthält ein PRPD-Diagramm für den ausgewählten Trend-Punkt und den Monitoringbereich
- ▶ Tabellen ermöglichen die Auswertung des PRPD-Diagramms in verschiedenen UHF-Monitoringmodi und die Inspektion numerischer TE-Pegel und Defektklassifizierungen

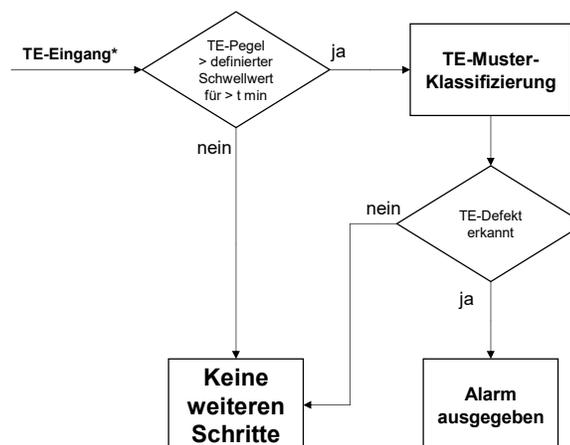


UHF-Monitoringmodi

- Die TE-Aktivität wird mit Breitband- und Mittelband-Messmodi in vier verschiedenen Frequenzbereichen gleichzeitig überwacht.
- Dadurch lässt sich selbst in Umgebungen mit starkem Rauschen ein hoher Signal-Störabstand erzielen.



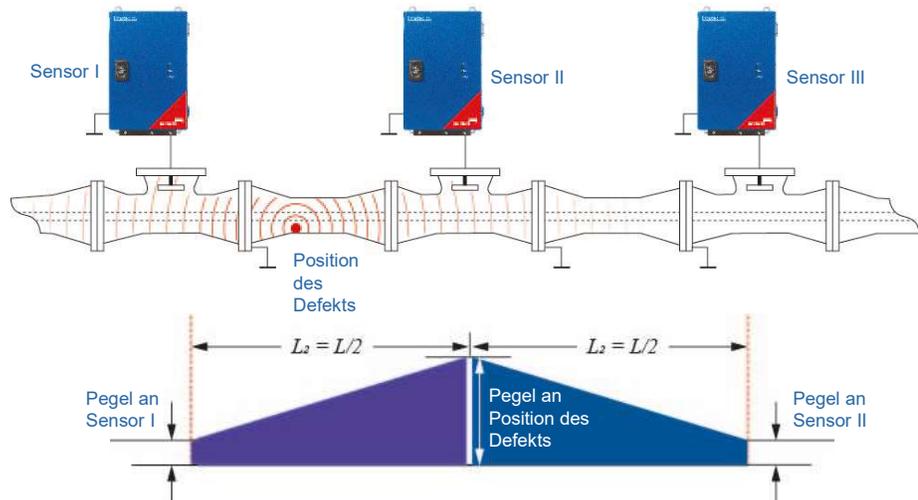
Intelligenter Alarmalgorithmus



* TE-Eingang benachbarter Sensoren wird ebenfalls berücksichtigt

Intelligenter Alarmalgorithmus

- Der Alarmalgorithmus berücksichtigt bei der kontinuierlichen Bewertung der überwachten TE-Pegel auch die Dämpfung zwischen benachbarten Sensoren.
- So können kritische TE-Ereignisse erkannt werden, die andernfalls möglicherweise übersehen worden wären.
- Zur Ermittlung der Dämpfung zwischen benachbarten Sensoren kann jedes PARADIMO 100-Gerät optional über den eingebauten Testgenerator Prüfpulse senden.



Dämpfungsprofil – Lineare Näherung des Dämpfungsprofils bei einem TE-Defekt zwischen zwei Sensoren (CIGRE TB 654)

Technische Daten: PARADIMO 100

Monitoring von Teilentladungen	PARADIMO 100
Anzahl der UHF-Eingangskanäle	1
Anzahl der UHF-Eingangskanäle	N-Buchse
Frequenzbereich	TE: 100 MHz ... 2 GHz AC Sync: 50 Hz ... 60 Hz
Messgenauigkeit für AC-Systemfrequenz	$\pm 0,01 \%$
Max. Doppelimpuls-Auflösung	typisch < 80 ns
Zeitauflösung TE-Ereignis	< 8 ns
TE-Impulsrate	> 63.000 Impulse/s
TE-Messmodi	Breitband: 2 GHz Mittelband: 80 MHz
Empfindlichkeit	2-GHz-Bereich: < -78 dBm 80-MHz-Bereich: < -86 dBm

▶ PARADIMO 100

- ▶ Ein intelligentes Edge-Computing-Gerät für das kontinuierliche Monitoring und Erfassung des Zustands von TE-Aktivitäten und die Ermittlung entsprechender Trends in gasisolierten Schaltanlagen (GIS) und gasisolierten Übertragungsleitungen (GIL)
- ▶ Erkennt und klassifiziert die Art von Isolationsdefekten automatisch und sendet entsprechende Alarme, um eine zuverlässige Risikobewertung zu ermöglichen
- ▶ Ein Alarm wird ausgegeben, wenn der gemessene TE-Pegel in einem bestimmten Zeitraum dauerhaft über dem konfigurierten Alarmschwellwert liegt und das PRPD-Muster als Defekt klassifiziert wurde
- ▶ Über einen Umsetzer/Switch für Glasfasernetzwerke können mehrere PARADIMO 100-Geräte in Reihe geschaltet und mit einem PC oder einem Tablet verbunden werden; der Remotezugriff auf die Geräte erfolgt dann per Webbrowser
 - ▶ Die Verwendung mehrerer Monitoringpunkte ermöglicht das Erkennen von Trends und Defekten sowie die Klassifizierung dieser Defekte für eine zuverlässige Bewertung der Risiken bei GIS und GIL.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Emotions are energy. Our energy moves.



Vielen Dank

stefan.hoek@omicronenergy.com
www.omicronenergy.com