

FKH - / VSE – Fachtagung

5. November 2010

Gekapselte gasisolierte Schaltanlagen

Hochspannungs-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Dr. Stefan Neuhold

Fachkommission für Hochspannungsfragen (FKH)
Voltastrasse 9, 8044 Zürich

1993 Abschluss des Diplomstudiums an der ETH Zürich
1993 – 1998 ABB Hochspannungstechnik AG; GIS
ab 1994 Leiter Hochspannungsprüfungen GIS (Werk und vor Ort)
1998 – 2001 FKH Projektleiter Hochspannungsprüfungen
2001 – 2006 ETH Assistent am Institut für Hochspannungstechnik; Dissertation
Seit 2006 FKH Projektleiter Hochspannungsprüfung; Fachspezialist GIS

Mitglied der CIGRE WG 1.25: Application Guide for PD Detection in GIS using UHF Method

Hochspannungs-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Stefan Neuhold

Fachkommission für Hochspannungsfragen (FKH)
Voltastrasse 9, 8044 Zürich

1. Kurzfassung

Die Hochspannungs-Abnahmeprüfung vor Ort bildet den Abschluss einer konsequenten Qualitätssicherung für eine Anlage mit dem Anspruch auf sehr hohe Zuverlässigkeit und einer Lebensdauer von über 40 Jahren. Durch den Transport und die Montage vor Ort einer GIS besteht die Möglichkeit der Beschädigung sowie des Einbringens von Partikeln, welche die dielektrische Festigkeit der Anlage reduzieren können. Von den durch die IEC empfohlenen Prüfmethoden hat sich die Stehwechselfspannungsprüfung mit begleitender UHF-TE-Messung durchgesetzt. Eine weitere Erhöhung der Prüfqualität lässt sich durch die integrale Prüfung erreichen, welche das Öffnen der GIS nach der Hochspannungsprüfung vermeidet und Spannungswandler sowie nach Möglichkeit Schnittstellen zur GIS miteinbezieht. Bei der TE-Messung gilt es mit einer möglichst hohen Empfindlichkeit zu messen, da es keine direkte Korrelation zwischen TE-Pegel und Durchschlagsspannung beim Defekt für irgendeine Diagnosemethode gibt. Die UHF-Methode zeichnet sich durch eine hohe Störfestigkeit aus sowie eine hohe Empfindlichkeit für freie Partikel – den häufigsten Fehlertyp. Durch die visuelle Selektion von Messfrequenzen lässt sich bei der UHF-Schmalbandmessung mit variabler Messfrequenz in der Regel eine höhere Messempfindlichkeit erreichen als bei breitbandiger bzw. schmalbandiger UHF-Methode mit fixen Messfrequenzen. Da überdies standardisierte Messtechnik und Signalverarbeitung verwendet wird, ist die Reproduzierbarkeit auch in 40 Jahren noch gegeben. Die Erfahrungen aus vor-Ort-Prüfungen von Neu- und Altanlagen führen zur Empfehlung in Neuanlagen UHF-TE-Sensoren konsequent und in genügender Anzahl einzubauen. Die Basis für effiziente Prüfungen mit einem hohen Qualitätsstandard beruht auf der jahrzehntelangen Erfahrung in der Entwicklung von Messtechnik, der Anwendung von Messmethoden sowie auf der systematischen Vorgehensweise bei Ereignissen. Der Trend bei Hochspannungs-Abnahmeprüfungen vor Ort weist in Richtung TE-Messung bei immer tieferen Spannungsebenen. Dies zeigt, dass die Möglichkeit zusätzliche Fehler zu eliminieren sowie der Gewinn an Informationen über die dielektrische Integrität weit höher eingeschätzt werden als die geringen Mehrkosten einer TE-Messung.

Hochspannungs-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Dr. Stefan Neuhold
FKH

FKH- / VSE- Fachtagung 2010, 5. November 2010
„Gekapselte gasisolierte Schaltanlagen“

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Inhalt

- Motivation
- Prüfmethoden
- Integrale Prüfung
- TE-Messung
 - Techniken
 - Messempfindlichkeit
 - Signalausbreitung
 - UHF-Messverfahren
- TE-Messungen an betriebsgealterten Anlagen
- Prüferfahrung
- Zusammenfassung und Ausblick

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

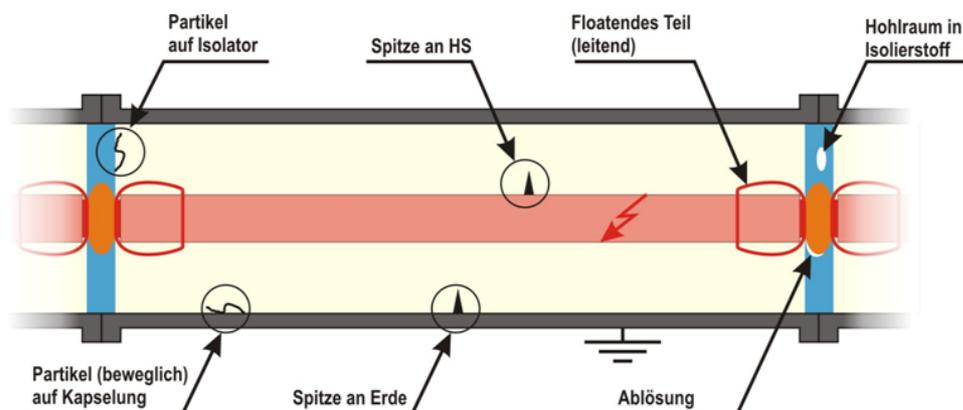
Motivation

- GIS bildet Netzknoten (hohe Verfügbarkeit notwendig)
- Geplante Nutzungsdauer > 40 Jahre
- GIS aufgebaut aus Transporteinheiten
- Mögliche Beschädigung / Einbringen von Schmutz bei
 - Transport
 - Montage

➔ HS-Abnahmeprüfung bildet den Abschluss einer konsequenten Qualitätssicherung

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Fehlertypen



HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Prüfmethoden – IEC 62271-203 (2003)

- Alle Teile einer Anlage sollen geprüft werden (Komponenten, Transporteinheiten, ganze Anlage)
- Werk:
 - Stehwechselfspannungsprüfung (AC) (1min.) gefolgt von TE-Messung (keine Angabe über Dauer der Beanspruchung)
 - Anforderung: TE < 5pC (je nach Norm < 10pC für einzelne Komponenten)
- Vor Ort:
 - Jeder neu installierte Teil einer GIS soll geprüft werden
 - Prozedur **A** (empfohlen für ≤ 170 kV): Nur AC-Prüfung
 - Prozedur **B** (empfohlen für ≥ 245 kV): AC-Prüfung und TE-Messung
 - Prozedur **C** (Alternative zu B): AC-Prüfung und Stossspannungsprüfung

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

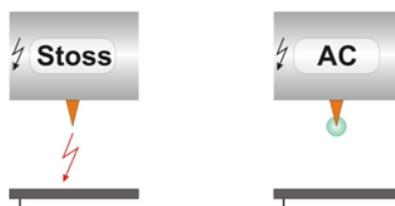
Prüfmethoden vor Ort



HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

AC / Stoss / TE-Messung vor Ort

Mit der Wechsellspannungsprüfung allein ist es nicht möglich alle kritischen Defekte durch einen Durchschlag zu detektieren.
(z.B. Spitzen an Elektroden, Partikel auf Isolierstoff)



Diese Defekte werden durch eine Blitzstoss-Prüfung detektiert.

- Soll die Blitzstoss-Prüfung durch eine TE-Messung ersetzt werden so muss diese eine sehr hohe Empfindlichkeit aufweisen.

Heutige Praxis: Stehwechsellspannungsprüfung mit begleitender UHF-TE-Messung (vereinzelt auch konventionelle TE-Messung nach IEC).

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Schnittstellen - Integrale Prüfung

- **Nicht ideale Situation (nicht alle Teile der GIS geprüft):**
 - Spannungswandler werden nicht mitgeprüft ($f < 80\text{Hz} / 50\text{Hz}$ Testset)
 - Öffnen von Gasräumen nach HS-Prüfung:
 - GIS Kabelendverschluss (konventionell); Prüfung bis Link / Trenner
 - Sammelschiene (Prüfadapter)
 - Spannungswandler (nach HS-Prüfung aufgesetzt)
- **Ideale Situation (Integrale Prüfung – alle Teile der GIS geprüft):**
 - Spannungswandler werden mitgeprüft ($f > 80\text{Hz}$ (RTS) bzw. spezifisch für tiefere Frequenzen ausgelegt)
 - Kein Öffnen der GIS nach der HS-Prüfung:
 - Steckbare Kabelendverschlüsse; Verwendung von Blindstopfen
 - Einspeisung HS via Freiluft-Abgang / steckbares Prüfkabel
 - Prüfung der Kabel (- Schnittstellen) im eingesteckten Zustand (lange Kabel / tiefe Frequenzen => Wandler auslegen / abtrennen)

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Schnittstellen - Integrale Prüfung (II)



Vorhandener Freiluftabgang



Prüfadapter (Kabelstecker)

Kabelprüfung via Prüfmuffe
(Kabelstecker)

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

TE Messung

- Es gibt keine direkte Korrelation zwischen TE-Pegel und der Durchschlagsspannung des Defekts bei irgendeiner Diagnosemethode
- Charakterisierung der TE:
 - TE mit möglichst hoher Empfindlichkeit zu messen (klare Darstellung)
 - Identifizieren (Zuordnung zu einem Fehlertyp)
 - Ausschluss einer externen Quelle
 - Ein- und Aussetzspannungen bestimmen
 - Zeitliches Verhalten bestimmen (kontinuierlich, sporadisch, ...)
 - Lokalisieren der TE-Quelle
- Beurteilung und Massnahmen:
 - In Neuanlagen wird die TE-Quelle üblicherweise entfernt
 - In Altanlagen wird eine Risikoabschätzung gemacht und je nach Ergebnis Massnahmen getroffen

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Empfindlichkeit TE-Messung

- 3 hauptsächliche Methoden für GIS:
 - Konventionelle Methode (IEC 60270); 50 – 500 kHz ... 1 MHz
 - Akustische Methode 10 kHz ... > 100 kHz
 - UHF-Methode 0.1 ... 2 GHz (3m .. 0.15m Wellenlänge)
- Messempfindlichkeit:
 - Optimale Bedingungen: < 1pC (alle 3 Methoden)
 - Abhängig von:
 - Umgebungsstörpegel
 - Fehlertyp
 - Signalpfad zwischen Fehler und TE-Signalauskopplung
 - Konventionell: Stark abhängig vom Umgebungsstörpegel / Schirmung
 - Akustisch: Stark abhängig von Signalpfad, kurze Reichweite
 - UHF: Unempfindlich gegen externe Störungen
Detektiert mit hoher Empfindlichkeit freie Partikel
(häufigster Fehlertyp)

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Eignung der 3 häufigsten Techniken

- Konventionelle Methode
 - (+) Gekapselter Aufbau inkl. Testset => zumeist hohe Empfindlichkeit
 - (+) Kalibration möglich
 - (-) Offener Aufbau => in der Regel ungenügende Empfindlichkeit
 - (-) GIS muss nach der Prüfung wieder geöffnet werden
 - (-) wird nach der Prüfung wieder abgebaut (Msg. Im Betrieb / Schnittstellen)
 - (-) Ortung schwieriger als bei UHF-Methode
- UHF-Methode
 - (+) Robust gegen Störungen, da selektiv zwischen den Störfrequenzen gemessen werden kann
 - (+) Hohe Messempfindlichkeit (für die häufigsten Fehler)
 - (+) Standard-Methode für TE-Messungen vor Ort an GIS**
 - (-) Nicht kalibrierbar
 - (-) Misst bestimmte Defekte mit geringer Empfindlichkeit

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

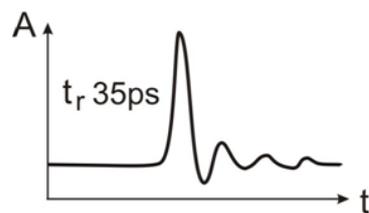
Eignung der 3 häufigsten Techniken II

- Akustische Methode

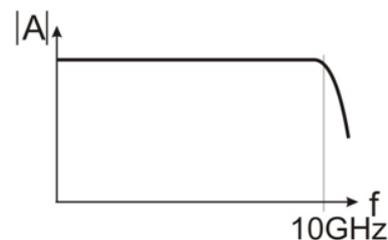
- (+) Wird im allgemeinen begleitend verwendet zur Lokalisierung
- (-) Nur sehr lokaler Messbereich (ca. 1/- 1m) für ganz bestimmte Defekte
- (-) Wird sehr selten für Abnahmeprüfungen als Kriterium verwendet

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Elektrische TE-Signale in GIS



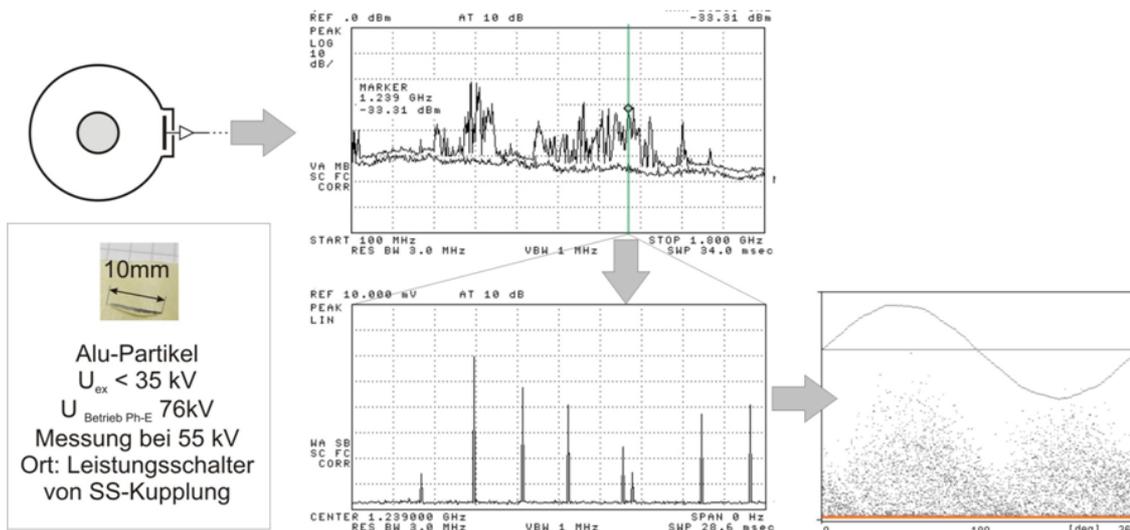
Zeitsignal



Amplitudendichte-Spektrum

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

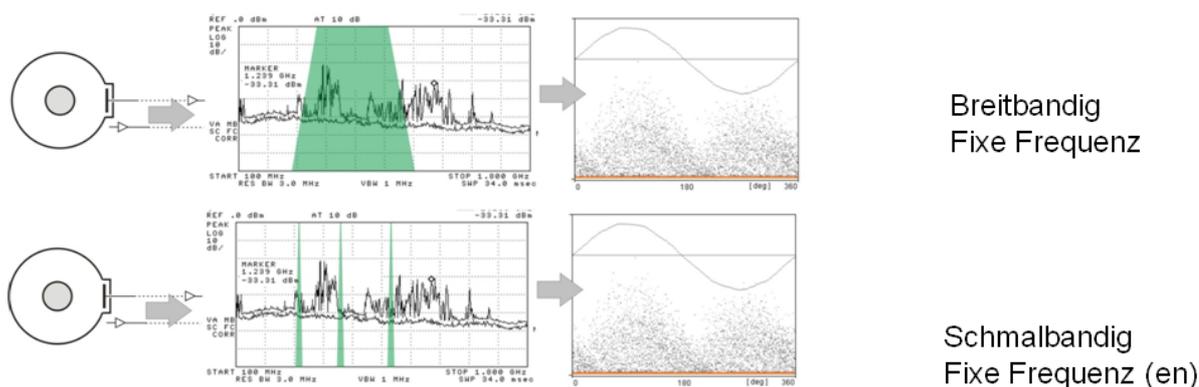
UHF-TE-Messung Schmalband (variabel)



Standardisierte Messtechnik & Signalverarbeitung => reproduzierbar (auch in 40 Jahren)

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Weitere UHF-Messverfahren



Vorteil:
 Nachteile

- Parallele Messung von mehreren Sensoren
- Unempfindlicher, da Störfrequenzen (EMV, Radar, Handy, etc.) nicht mehr selektiv ausgewichen werden kann
- Spezifische Informationen aus dem Spektrum nicht zugänglich (für Eingrenzung der TE)

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

TE-Messungen von Altanlagen



Anlass:

- Fehler im Betrieb aufgetreten => Check der ganzen Anlage
- Qualitätsproblem nachträglich bekannt geworden
- Verlängerung des geplanten Betriebes einer Altanlage
=> Bestimmung des Isolationszustandes
- Anbau weiterer Felder – (Mit-) Überprüfung alte Sammelschiene



Durchführung:

- Ideale Voraussetzung: UHF-TE-Sensoren sind eingebaut
- Je nach Anlagen-Design: Externe UHF-Sensoren verwendbar

FKH hat zu jedem Anlass mindestens eine Altanlage geprüft

Empfehlung: Konsequenter Einbau von UHF-Sensoren

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

GIS-Prüferfahrung der FKH

Seit 1986 Über 80 Anlagen geprüft

Seit 1986 mit konventioneller TE-Messung

Seit 1991 VHF/UHF TE-Messung mit Feldsonden

Seit 1993 Integralprüfungen (d.h. mit Kabel und Spannungswandlern)

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort

Zusammenfassung

- Von den 3 Prüfverfahren die die IEC vorschlägt wird hauptsächlich die Stehwechselspannungsprüfung mit UHF-TE-Messung angewandt
- Der Einbau von genügend UHF-TE-Sensoren bietet Vorteile:
 - Hohe Messempfindlichkeit trotz externen Störungen
 - Nachmessungen im Betrieb / bei Erweiterungen möglich
 - Schnelle Ortung
- Integrale Prüfung: Kein nachträgliches Öffnen der GIS; Schnittstellen geprüft

Die protokollierten Messresultate sind nur die „Spitze des Eisberges“.
Die jahrzehntelange Erfahrung in der Entwicklung von Messtechnik, der Anwendung von Messmethoden sowie in der systematischen Vorgehensweise bei Ereignissen bildet die Basis für effiziente Prüfungen mit einem hohen Qualitätsstandart.

HS-Abnahmeprüfungen an GIS vor Ort