



## Diagnoseeinrichtung zur Betriebszustandsbewertung von Metalloxid-Ableitern

### 1 Einführung

Mit bisher eingesetzten Kontrollfunkenstrecken oder Ansprechzählern ist eine Betriebszustandsbewertung von Überspannungsableitern nur bedingt möglich. Ausgehend von bekannten und eigenen Untersuchungen zum Betriebsverhalten von Überspannungsableitern wurde eine Diagnoseeinrichtung entwickelt, die folgende Anforderungen erfüllt:

- Die Diagnosedaten können während des laufenden Betriebes aufgenommen werden.
- Änderungen am bestehenden Innenaufbau des Ableiters sowie zusätzliche Durchführungen sind nicht notwendig.
- Die Betriebszustandsbewertung des Ableiters erfolgt ausschließlich durch die Analyse des Leckstromes.

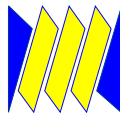
### 2 Kriterien zur Ableiterbewertung

Bei funkenstreckenlosen Überspannungsableitern (Metalloxid-Ableitern) verursacht die ständig anliegende Betriebsspannung einen ununterbrochenen Leckstrom. Während bei anliegender Dauerspannung  $U_c$  die kapazitive Stromkomponente überwiegt (mA-Bereich), ist bei zeitweiligen Spannungsüberhöhungen oder bei Entladungsprozessen die resistive Komponente vorherrschend (A- bis kA-Bereich). Verursacht ein resistiver Leckstrom infolge Überlastung und/oder Alterung der Metalloxidvaristoren eine so große Wärmemenge, dass sie über die Ableiteroberfläche nicht mehr abführbar ist, wird der Ableiter zerstört (*thermal runaway*).

Im Verlauf der Betriebszeit des Ableiters können sich folgende Probleme ergeben:

- Häufige Stoßstrombelastungen mit hoher Amplitude oder energiereiche Entladungsvorgänge führen zu irreversiblen Veränderungen der Varistor-Kennlinie (Degradation). Dadurch steigt der Leckstrom des Ableiters an.
- Eine Veränderung der Spannungsverteilung, die durch äußere Verschmutzung des Ableitergehäuses verursacht wird, kann zu erhöhter Verlustleistung im Metalloxid-Varistorstapel führen.

Eine Konsequenz des erhöhten Leckstromes / der erhöhten Verlustleistung infolge solcher Betriebsbedingungen ist eine Temperaturerhöhung der Varistoren. Der negative Temperaturkoeffizient der Metalloxid-Varistoren verstärkt diesen Vorgang.



# TRIDELTA Überspannungsableiter GmbH

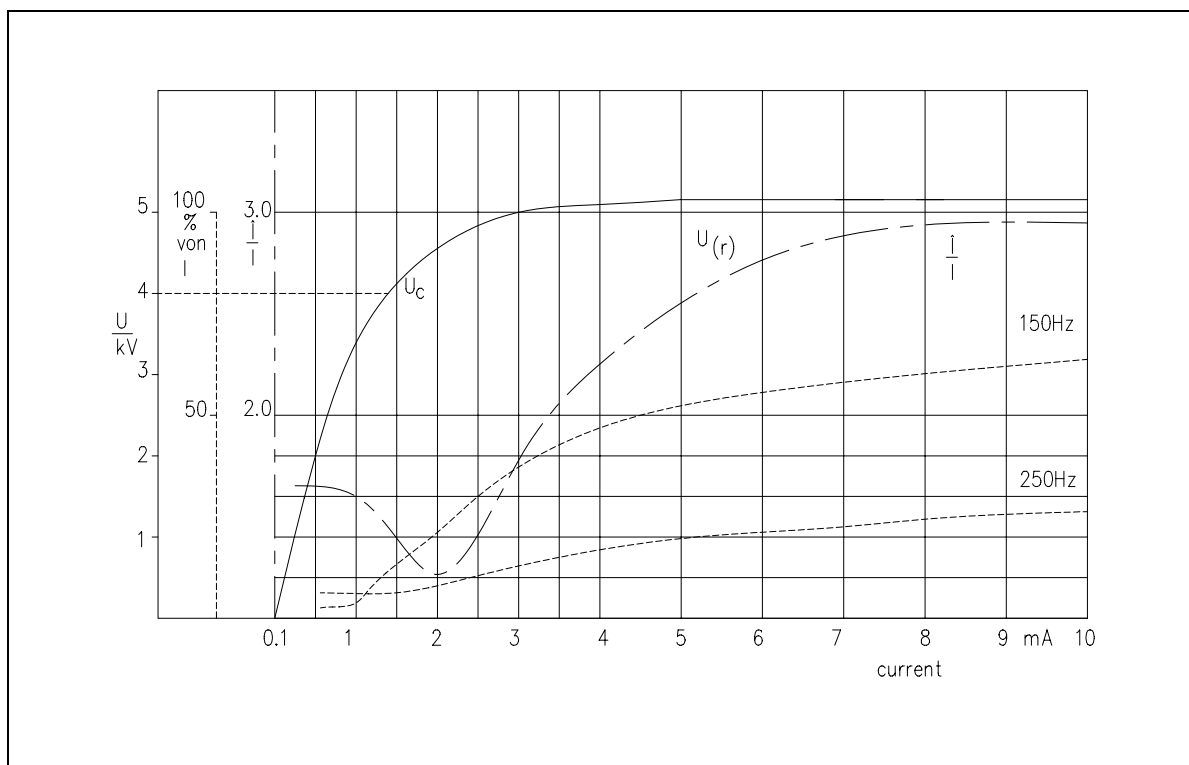
Ein Unternehmen der Tridelta Gruppe

Diagnoseeinrichtung zur Betriebszustandsbewertung von Metalloxid-Ableitern

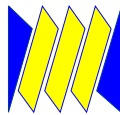
1349.8-01 MI(D)

Aus den genannten Gründen ist es zweckmäßig, den Zustand des Ableiters während des Betriebes bewerten zu können. Als Bewertungskriterium bietet sich der Leckstrom mit seiner kapazitiven und seiner resistiven Komponente an. Als Ergebnis von Untersuchungen (Abb. 1) können die folgenden Kriterien abgeleitet werden:

- Die 3. Harmonische des Leckstromes ist im interessierenden Bereich zu seiner resistiven Komponente nahezu proportional. Damit ist für Metalloxid-Ableiter (MOA) ein hinreichendes Bewertungskriterium gegeben, da der resistive Anteil des Leckstromes zur Erwärmung des Metalloxids durch Spannungsbeanspruchung führt.
- Unabhängig von der Bewertung der 3. Harmonischen des Leckstromes kann der Ableiter-Zustand auch durch das Verhältnis zwischen Scheitelwert und Effektivwert (Crest-Faktor) des Leckstromes bestimmt werden. Wegen des fallenden Abschnittes im Bereich der Dauerspannung des Ableiter ( $U_c$ ) ist dieses Kriterium nicht so sicher anwendbar. Es ist aber eine gute Ergänzung zum erstgenannten Kriterium.
- Außerdem kann mit einem Oszilloskop die Wellenform des Stromes betrachtet und mit Referenz-Bildern verglichen werden.



**Abb. 1:** Leckstromanalyse an 2 Metalloxid-Varistoren



# TRIDELTA Überspannungsableiter GmbH

Ein Unternehmen der Tridelta Gruppe

Diagnoseeinrichtung zur Betriebszustandsbewertung von Metalloxid-Ableitern

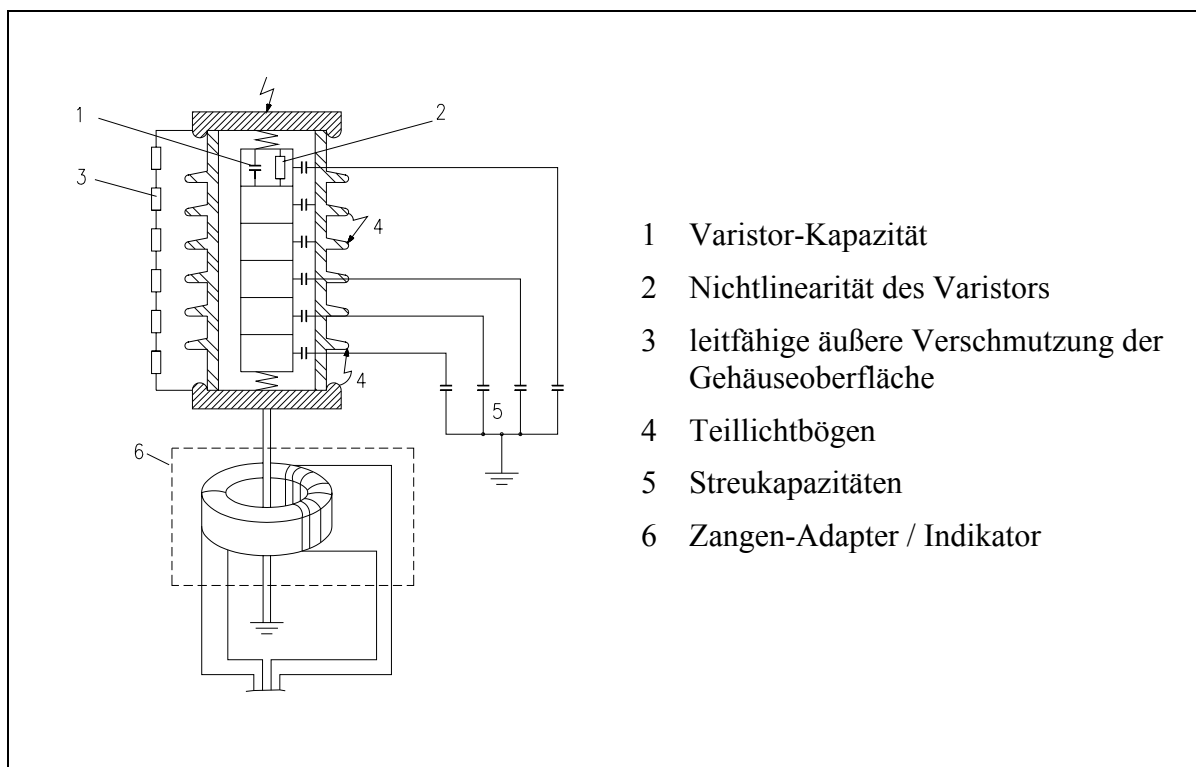
1349.8-01 MI(D)

Deshalb können mit der Diagnoseeinrichtung die folgenden Eigenschaften des Ableiter-Leckstromes ermittelt werden:

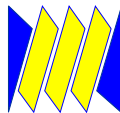
- Effektivwert
- Scheitelwert
- 3. Harmonische
- Wellenform

Zur Sicherstellung repräsentativer Aussagen der Leckstromanalyse ist zu beachten, dass der Leckstrom wesentlich durch folgende Einflüsse bestimmt wird (Abb. 2):

- Ableitertyp (Varistortyp, spezifischer Aufbau)
- Verhältnis von Restspannung (bei Nennableitstoßstrom) zur Dauerspannung  $U_c$
- Streukapazitäten zur Erde und zu benachbarten Bauteilen
- Umgebungstemperatur und direkte Sonneneinstrahlung
- Verschmutzungen der Ableiteroberfläche



**Abb. 2:** Einflussgrößen bei der Leckstromanalyse



### 3 Funktionsprinzip der Diagnoseeinrichtung

Die Diagnoseeinrichtung besteht aus einem flusskompensierten Stromwandler (Abb. 4) und einer Signalverarbeitungseinheit mit Anzeige (Abb. 3).

Wie in der Prinzipschaltung (Abb. 4) zu erkennen ist, verursacht der Strom  $I_p$  durch die Primärwicklung (Erdverbindung mit  $N_p = 1$ ) einen Magnetfluss  $\Phi_p$  im Ringkern. Mit Hilfe des Operationsverstärkers wird der Strom  $I_s$  durch die Kompensationswicklung  $N_s$  getrieben, der im Ringkern den Gegenfluss  $\Phi_s$  verursacht. Die Flussdifferenz induziert in der Indikatorwicklung  $N_i$  eine Spannung  $E_{ii}$ , die den Kompensationsstrom  $I_s$  so steuert, dass die Flussdifferenz minimiert wird.

Der Spannungsabfall  $U_m$  über dem Messwiderstand  $R_m$ , der dem Strom  $I_p$  in Betrag und Phase direkt proportional ist, wird der nachfolgenden Signalverarbeitung (Verstärker, Filter, Gleichrichter) zugeführt.

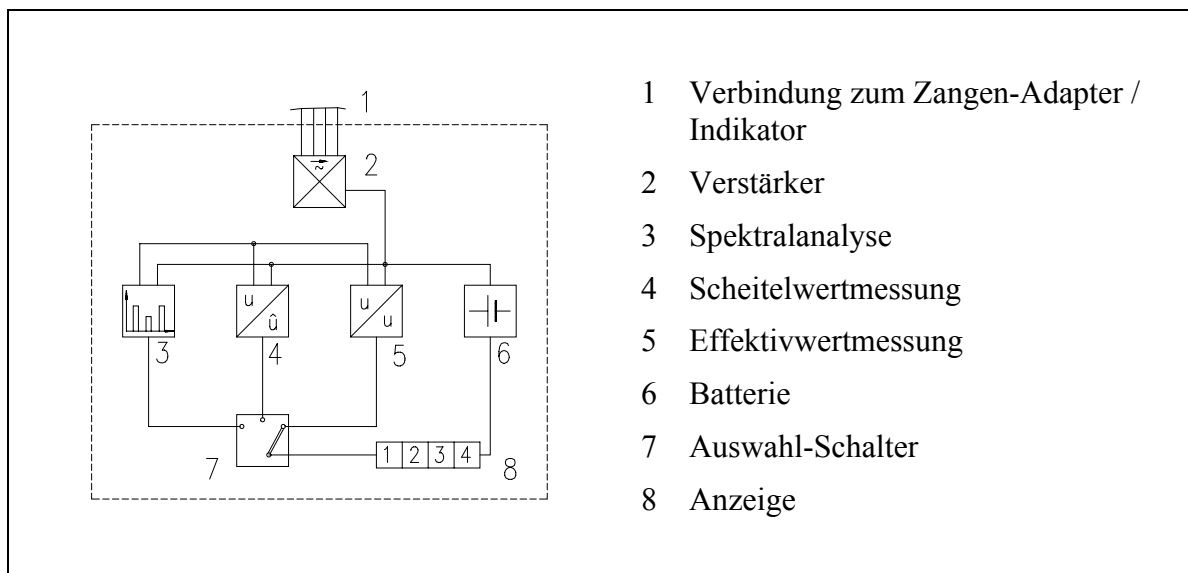
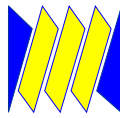


Abb. 3: Signalverarbeitungseinheit mit Anzeige

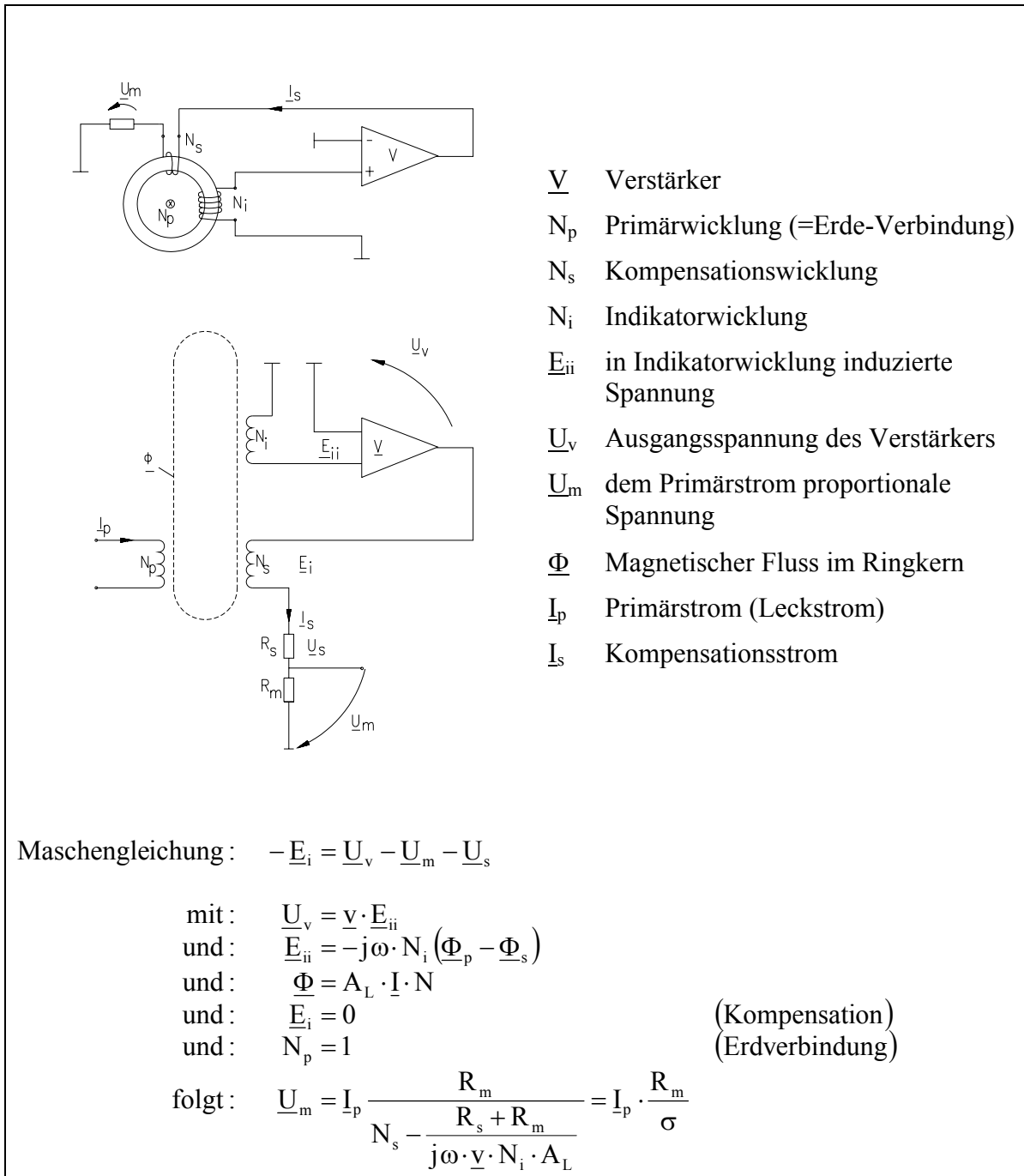


# TRIDELTA Überspannungsableiter GmbH

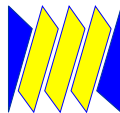
Ein Unternehmen der Tridelta Gruppe

Diagnoseeinrichtung zur Betriebszustandsbewertung von Metalloxid-Ableitern

1349.8-01 MI(D)



**Abb. 4:** Flusskompensierter Stromwandler



#### 4 Technische Umsetzung der Diagnoseeinrichtung

Die Diagnoseeinrichtung umfasst einen Zangen-Adapter (Indikator), ein Verbindungskabel und eine Auswerteinrichtung (ABLEITERDIAG).

Es gibt drei Typen der Diagnoseeinrichtung (für Nennfrequenzen von 50 Hz, 60 Hz und  $16\frac{2}{3}$  Hz).

Für die Leckstrombewertung von  $100 \mu\text{A}$  bis  $20 \text{ mA}$  stehen zwei Messbereiche ( $2 \text{ mA}$ ,  $20 \text{ mA}$ ) zur Verfügung. Über zwei separate Messsignalausgänge (BNC-Buchsen) ist eine oszilloskopische Darstellung des Ableiterstromes vor und nach den Filterstufen möglich. Alle weiteren Funktionen und Einsatzbedingungen sind in Tab. 1 und Abb. 5 am Beispiel einer Diagnoseeinrichtung für eine Nennfrequenz von 50 Hz dargestellt.

Vor der Inbetriebnahme des ABLEITERDIAG ist die Batteriekammer mit 6 Stück 1,5 V Batterien (Größe AA) zu bestücken. Dabei ist die angegebene Polarität zu beachten, da eine falsche Polarität das Gerät zerstören kann.

Zur Durchführung der Messung ist das ABLEITERDIAG mittels des Verbindungskabels mit dem Zangen-Adapter (Indikator) zu verbinden. Der Zangen-Adapter ist um die Erdleitung des Überspannungsableiters zu schließen.

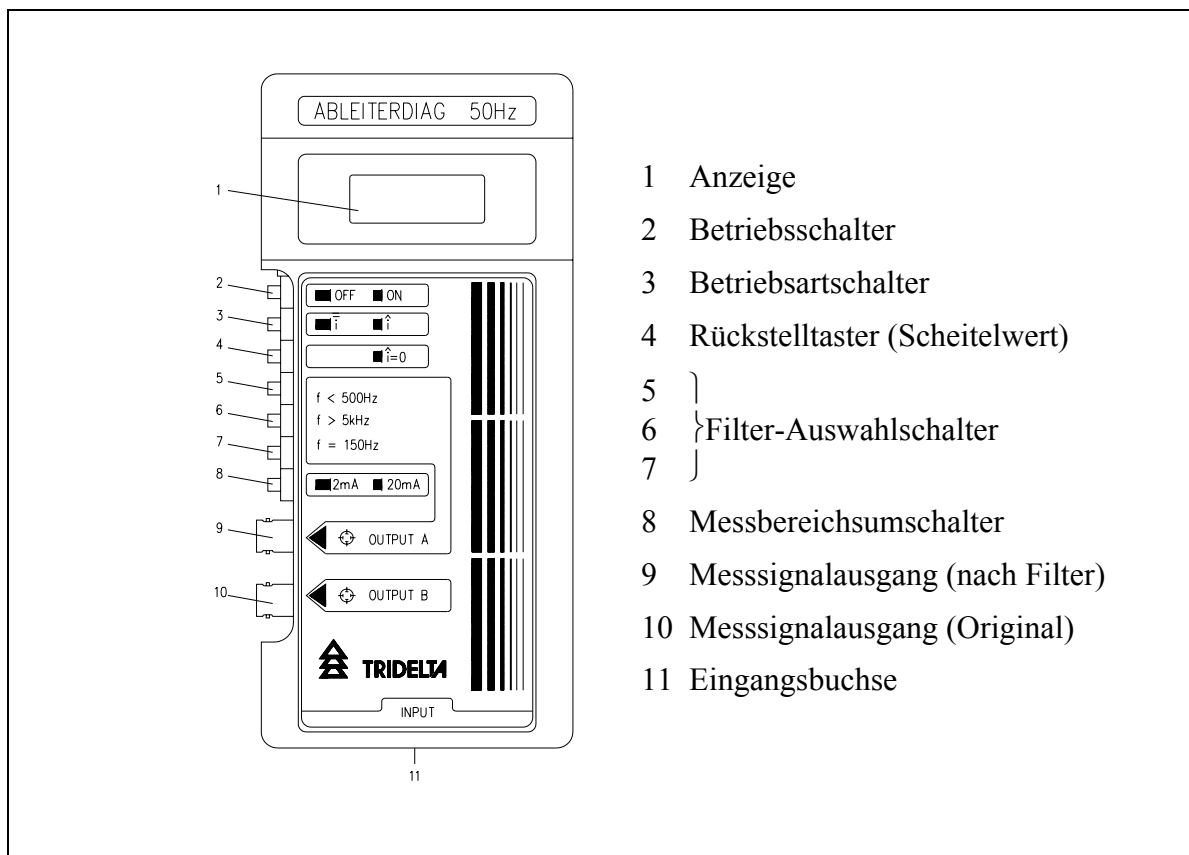
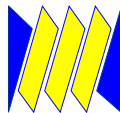


Abb. 5: Frontplatte und Bedienelemente für Nennfrequenz von 50 Hz



# TRIDELTA Überspannungsableiter GmbH

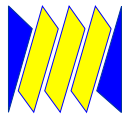
Ein Unternehmen der Tridelta Gruppe

Diagnoseeinrichtung zur Betriebszustandsbewertung von Metalloxid-Ableitern

1349.8-01 MI(D)

Bedienelement	Funktion
Betriebsschalter (2)	Dieser Schalter schaltet das Gerät ein oder aus.
Betriebsartschalter (3)	Dieser Schalter wählt die Betriebsart (Effektivwert- oder Scheitelwertmessung) aus.  Scheitelwertmessungen sind nur möglich im Frequenzbereich " $f < 500\text{Hz}$ ".
Rückstelltaster (4)	Die Scheitelwertmessung erfolgt durch Aufladung eines Kondensators. Durch transiente Netzvorgänge bzw. extrem starke äußere Feldstörungen kann eine Verfälschung des tatsächlichen Scheitelwertes verursacht werden. Zur Überprüfung kann mit diesem Taster der Scheitelwert zurückgesetzt werden.
Filter-Auswahlschalter (5), (6), (7)	Die drei Schalter dienen der Auswahl der einzelnen Frequenzbereiche.  Schalter (5) aktiviert den Bereich " $f < 500\text{Hz}$ ". Ein Tiefpass mindert netzbedingte hochfrequente Störungen. In diesem Bereich werden Effektivwert und Scheitelwert des Leckstromes gemessen.  Schalter (6) aktiviert den Bereich " $f > 5\text{kHz}$ ". In diesem Bereich kann der Effektivwert von hochfrequenten Störungen (Teilentladungs-Phänomen) bestimmt werden.  Schalter (7) " $f = 150\text{Hz}$ " aktiviert die (Effektivwert) Messung der 3. Harmonischen des Leckstromes.
Messbereichsumschalter (8)	Dieser Schalter wählt den Messbereich (2 mA/20 mA) aus.
Messsignalausgänge (9), (10)  (1 M $\Omega$ , < 50 pF)  2 mA-Bereich: 100 mV = 1 mA 20 mA-Bereich: 1 V = 1 mA	An diesen Ausgängen kann ein Oszilloskop angeschlossen werden. Dadurch ist eine optische Kontrolle der Kurvenform des Leckstromes möglich. Ausgang "B" (10) zeigt den ungefilterten Leckstrom. Ausgang "A" (9) zeigt das Signal am Ausgang des jeweils aktivierten Filters.
Eingangsbuchse (11)	Hier wird das Verbindungskabel zum Zangen-Adapter angeschlossen.

**Tab. 1:** Bedienelemente und Funktionen für Nennfrequenz von 50 Hz



# TRIDELTA Überspannungsableiter GmbH

Ein Unternehmen der Tridelta Gruppe

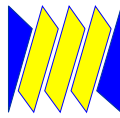
Diagnoseeinrichtung zur Betriebszustandsbewertung von Metalloxid-Ableitern

1349.8-01 MI(D)

## 5 Hinweise zur Messung

- Beachten Sie beim Messen die DIN VDE 0101 "Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV" oder die entsprechenden nationalen Vorschriften.
- Messen Sie nicht während eines Gewitters oder während laufender Schaltheilungen.
  
- Speisen Sie keine Fremdsignale in die Messsignal-Ausgänge (9) und (10) ein. Dies kann das "ABLEITERDIAG" zerstören.
  
- Stellen Sie sicher, dass nur der Strom durch den Ableiter bewertet wird. Alle Messungen sollen nur bei trockener Ableiteroberfläche durchgeführt werden, um Leckströme auf der Gehäuseoberfläche und Hochfrequenzstörungen durch feuchte Fremdschichten auszuschließen.
- Positionieren Sie den Zangen-Adapter möglichst bei jeder Messung am selben Ort um die Erdleitung. Halten Sie den Zangen-Adapter so, dass die Erdleitung möglichst senkrecht durch den Adapter führt.
  
- Korrigieren Sie die Messwerte entsprechend Abb. 6 und Abb. 7 auf Standard-Betriebsbedingungen.
  
- Führen Sie eine Erstmessung (Initialmessung) unmittelbar nach Inbetriebnahme des Ableiters durch.
- Dokumentieren Sie die Messwerte in einer Tabelle entsprechend Tab. 2.
- Wiederholen Sie die Messung bei großen Abweichungen gegenüber der Erstmessung. Dadurch vermeiden Sie Messwertverfälschungen durch Ableitvorgänge, die unmittelbar vor der Messung stattgefunden haben.
- Drücken Sie vor dem Messen des Scheitelwertes den Rückstelltaster (4). So vermeiden Sie Fehler durch transiente Netzvorgänge bzw. extrem starke äußere Feldstörungen.
- Kontrollieren Sie im Zweifelsfalle die Kurvenform des Leckstromes am Signalausgang "B" (10) und vergleichen Sie mit den Referenzkurven in Abb. 8.
  
- Eine Messbereichsüberschreitung wird durch eine "1" in der linken Anzeigestelle signalisiert, wobei die anderen Ziffern ausgeblendet werden.
- Verbrauchte Batterien werden durch ein "B" in der Anzeige signalisiert.





# TRIDELTA Überspannungsableiter GmbH

Ein Unternehmen der Tridelta Gruppe

Diagnoseeinrichtung zur Betriebszustandsbewertung von Metalloxid-Ableitern

1349.8-01 MI(D)

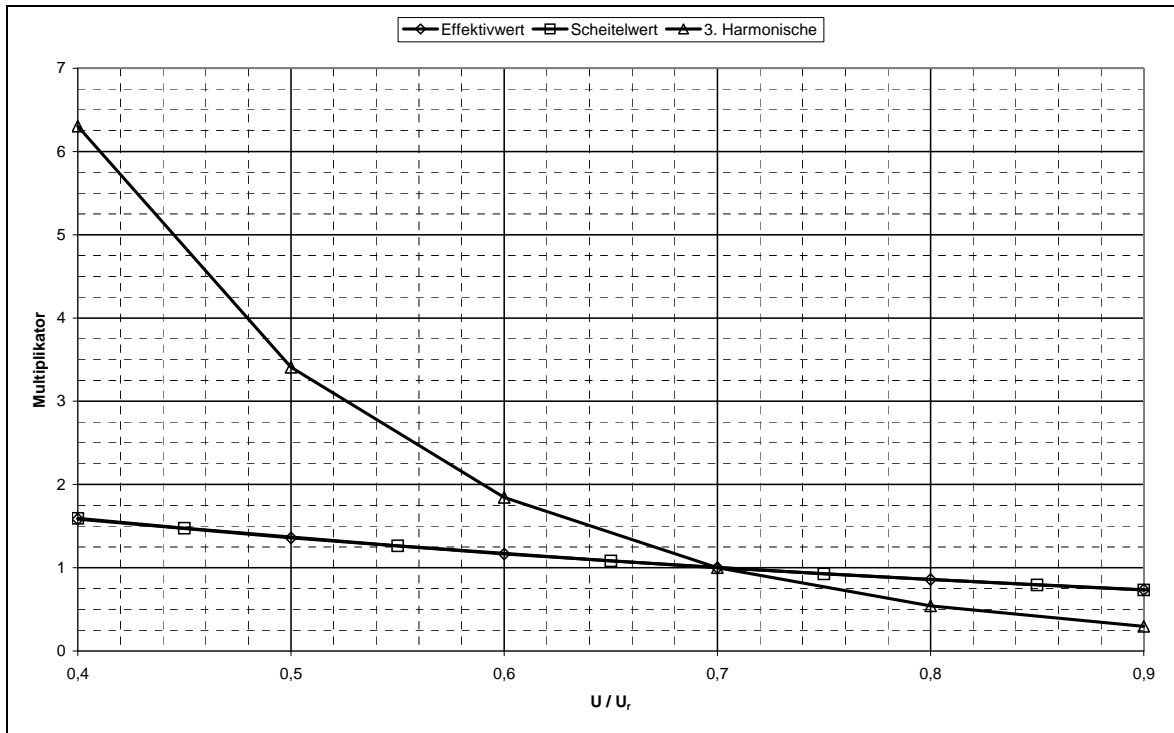


Abb. 6: Umrechnung auf Standard-Betriebsbedingungen (Spannung)

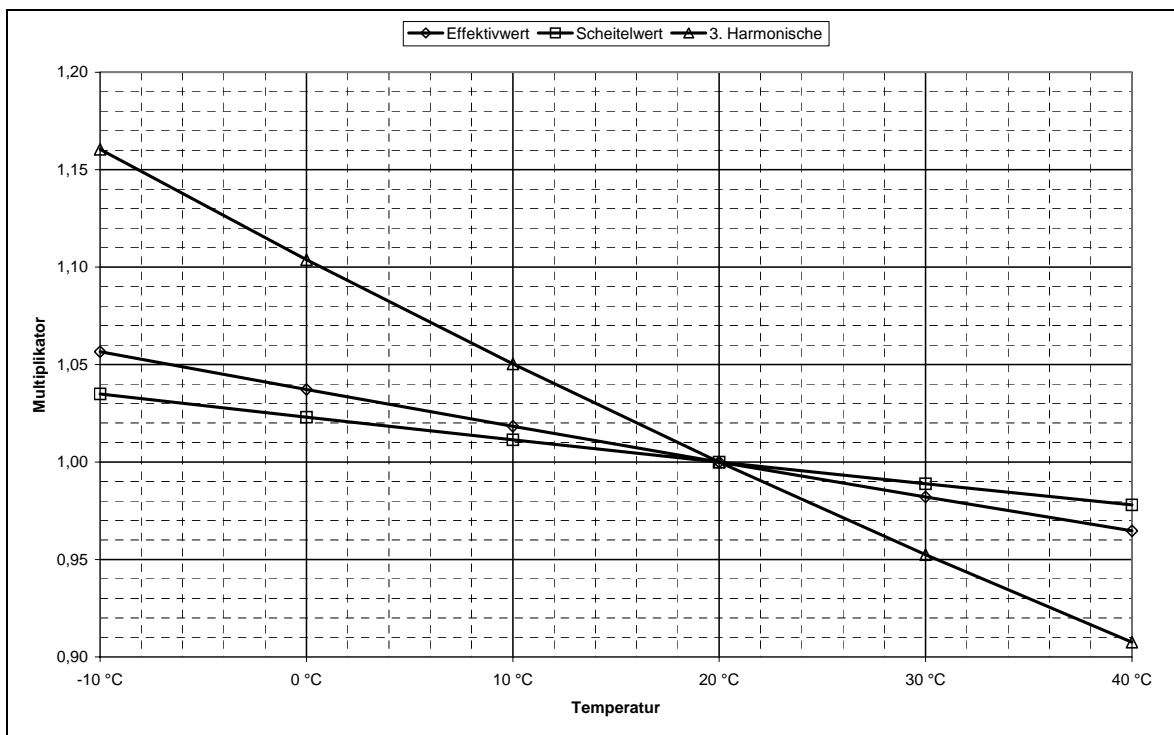
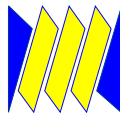


Abb. 7: Umrechnung auf Standard-Betriebsbedingungen (Temperatur)



# TRIDELTA Überspannungsableiter GmbH

Ein Unternehmen der Tridelta Gruppe

Diagnoseeinrichtung zur Betriebszustandsbewertung von Metalloxid-Ableitern

1349.8-01 MI(D)

Messprotokoll					
Ableiterstandort: _____					
Ableitertyp: _____		Ableiter-Nr.: _____		Herstellungsjahr: _____	
Datum					
Temperatur (°C)					
Netzspannung (kV)					
Luftfeuchtigkeit (%)					
Effektivwert (mA)					
Scheitelwert (mA)					
3. Harmonische (mA)					
Effektivwert (korr.) (mA)					
Scheitelwert (korr.) (mA)					
3. Harmonische (korr.) (mA)					

**Tab. 2:** Beispiel für die Erfassung der Messwerte

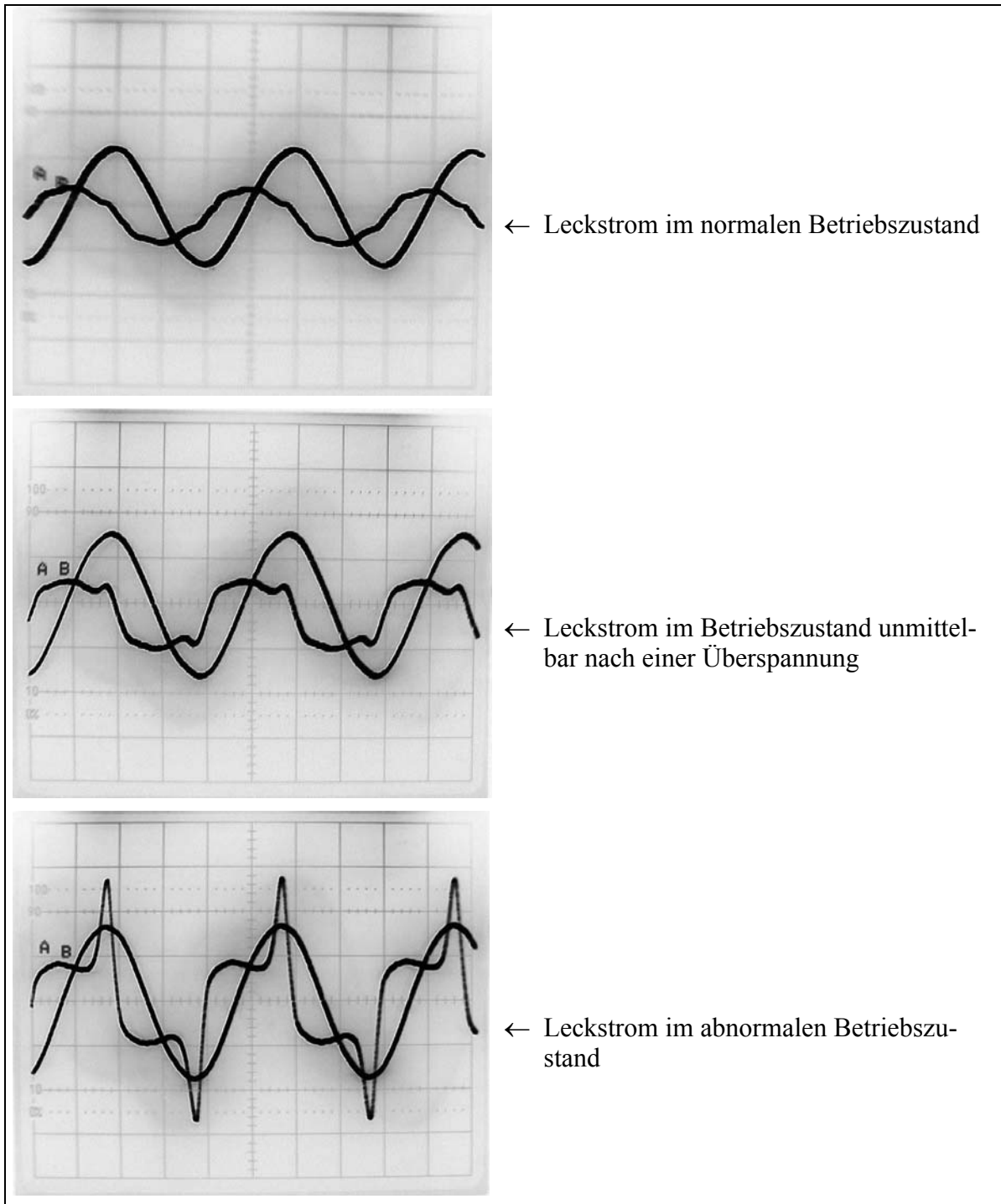
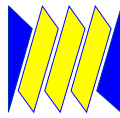
## 6 Bewertung der Ergebnisse

Der Ableiter ist in Ordnung, wenn für die korrigierten Messwerte in Tab. 2 folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- der Scheitelwert überschreitet nicht 4 mA,
- der Effektivwert überschreitet nicht 2 mA und
- die 3. Harmonische überschreitet nicht 0,1 mA.

Ist eine der Bedingungen nicht erfüllt, sind die Messungen in kurzen Abständen zu wiederholen. Dadurch können Messfehler ausgeschlossen und Tendenzen festgestellt werden.

Bestätigt sich die Überschreitung der genannten Obergrenzen, sollte mittels Oszilloscop am Signalausgang "B" (10) die Kurvenform des Leckstromes erfasst und an TRIDELTA übermittelt werden.



**Abb. 8:** Oszillogramme des Leckstromes