Koordination von Überspannungsschutzgeräten

Typ 1-Ableiter auf Funkenstrecken- oder Varistorbasis?

J. Schimanski, H. Heckler; Blomberg

Untersuchungen zeigten, dass Typ 1-Ableiter auf Varistorbasis oder so genannte „Kombiableiter“ auf Varistorbasis die Anforderungen an einen ausreichenden Schutz elektrischer und elektronischer Einrichtungen bei Blitzentladungen nicht erfüllen. Sie können deshalb die Funkenstreckentechnologie moderner Typ 1-Überspannungsschutzgeräte nicht ersetzen. Die Kombination aus getriggerten Funkenstrecken (Typ 1) und Varistoren (Typ 2) ist jedoch eine sehr effektive Lösung. Es wird ein hohes Ableitvermögen bei niedrigen Restspannungen und sehr schnellem Ansprechverhalten erreicht.

1 Blitzstromableiter auf Varistorbasis

Für den Gebäudeblitzschutz nach DIN VDE 0185-305-1 [1] ist der Einsatz von Blitzstromableitern (Typ 1) auf Funkenstreckenbasis heute eine Selbstverständlichkeit. Wegen des geringen inneren Widerstands, den eine Funkenstrecke nach dem Ansprechen hat, sind diese Ableiter in der Lage,

- die großen Energien einer Blitzentladung vielfach zerstörungsfrei abzuleiten und dabei
- einen ausreichend niedrigen Schutzpegel entsprechend der Isolationskoordination nach EN 60664-1 (VDE 0110-1) [2] zu bieten.

Zusätzlich erfüllen Funkenstrecken die Anforderungen an die Energieabsorbtionsfähigkeit für alle Blitzschutzklassen. Die energetische Koordination zu Überspannungsableitern (Typ 2) kann der Hersteller problemlos erreichen. Seit zwei bis drei Jahren wird für einige Projekte empfohlen, Überspannungsableiter auf Varistorbasis als Typ 1-Ableiter, die gleichzeitig einen ausreichenden Schutzpegel bieten sollen, zum Ableiten von Blitzströmen nach dem (10/350 µs)-Impuls zu verwenden. Entgegen der Realität wird dabei argumentiert, dass leistungsstarke Varistoren wegen ihres Ableitvermögens und einer kürzeren Ansprechzeit gegenüber Funkenstrecken eine ausreichende Lösung für den Schutz von elektrischen und elektronischen Anlagen bieten. Solche Typ 1-Varistoren werden häufig auch als „Kombiableiter“ deklariert, die in einem Produkt sowohl die Aufgabe des Typ 1-Ableiters als auch die des Typ 2-Ableiters erfüllen sollen.

Funkenstrecken haben im Allgemeinen (je nach Typ) Brennspannungen zwischen 100 V und 500 V. Ist eine Blitzschutzklasse I nach VDE 0185-305 gefordert, kann in einem 4-Leitersystem pro Pfad mit 25 kA (10/350 µs) kalkuliert werden. In diesem Fall muss bei nur 0,5 m Anschlussleitung und einer Anstiegszeit von 10 µs zur Restspannung des Typ 1-Ableiters eine Zusatzspannung von 1250 V addiert werden. Mit den Funkenstrecken wird selbst bei hohen Blitzstromamplituden und unter Beachtung der Zusatzspannung, die durch die Impedanzen der Anschlussleitungen entstehen, mindestens die Isolationsfähigkeit der Überspannungskategorie II nach VDE 0110 erreicht – in den meisten Fällen sogar Überspannungskategorie I. Durch die höhere Impedanz eines Typ 1-Ableiters auf Varistorbasis liegt die Restspannung bei gleicher Belastung schon über 2500 V. Bei einer Länge der Anschlussleitungen von nur etwas mehr als 0,5 m wird nicht einmal mehr ein Schutzpegel nach der Überspannungskategorie IV eingehalten.

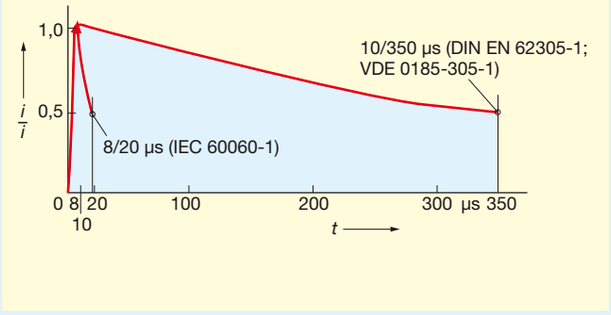
Autoren

Dipl.-Ing. *Joachim Schimanski* Leiter des Geschäftsbereichs Überspannungsschutz TRABTECH, Dipl.-Ing. *Holger Heckler* Technical Support Ingenieur, Phoenix Contact GmbH, Blomberg.

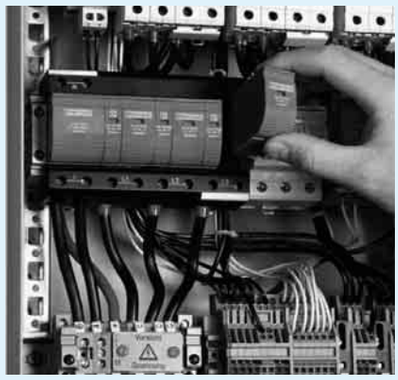
2 Ableitvermögen und Restspannung

Um das Ableitvermögen von Typ 1-Ableitern (Blitzstromableitern) im Labor zu prüfen, werden Impulsströme mit der Kurvenform (10/350 µs) verwendet. Der (10/350 µs)-Impuls bildet reale Blitzstoßströme nach. Die Prüfparameter sind in VDE 0185–305-1, Anhang C, in der Tabelle C.3 beschrieben. Nach DIN VDE 0100-534 [3] muss für den Schutz in NS-Stromversorgungen mindestens mit einem Ableitstrom von 12,5 kA in einem 4-adrigen System gerechnet werden. Dies entspricht dann nur den Blitzschutzklassen III und IV nach VDE 0185-305-1. Im Falle der Blitzschutzklasse I sind im gleichen System 25 kA (10/350 µs) zu erwarten.

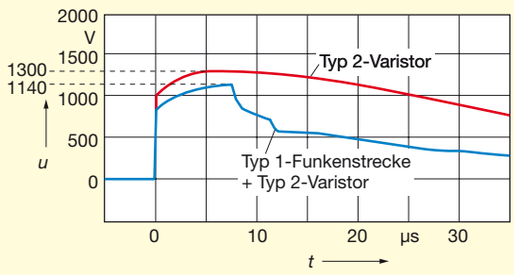
Typ 2-Überspannungsschutzgeräte werden mit Stoßströmen der Kurvenform (8/20 µs) getestet. Dieser Impuls ist in DIN IEC 60060-1 [4] definiert. Der Vergleich der elektrischen Ladung zwischen einem (10/350 µs)-Stoßstrom und einem (8/20 µs)-Stoßstrom zeigt, dass eine wesentlich größere Energie in dem (10/350 µs)-Impuls vorhanden ist. Die elektrische Ladung eines (10/350 µs)-Impulses ist unter der Bedingung, dass die Stoßströme die gleiche Amplitude haben, etwa 20-mal höher als die eines (8/20 µs)-Impulses. Für einen Vergleich müssen die Flächen unter den Kurven betrachtet werden, siehe Bild ❶. Ein Typ 1-Ableiter auf Funkenstreckenbasis kann sehr große Energien nach dem (10/350 µs)-Impuls tragen. Das



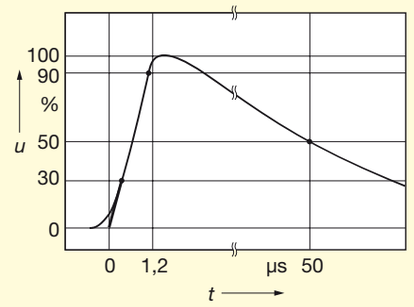
◀ ❶ **Stoßstrom-Prüfimpuls**



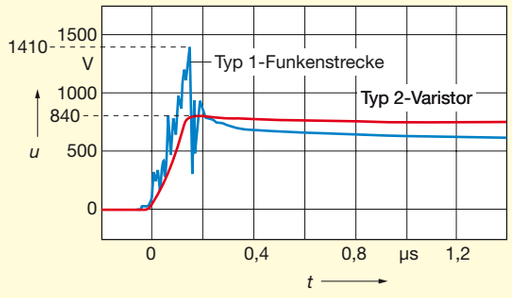
❷ **Ableiter-Kombination Typ 1 und Typ 2**



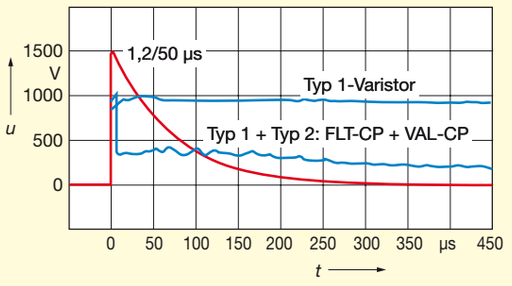
❸ **Restspannungen eines Varistorableiters im Singlebetrieb und bei einer Kombination aus Funkenstrecke und Varistorableiter bei 25 kA (8/20 µs)**



❹ **Stoßspannungs-Prüfimpuls (1,2/50 µs)**



❺ **Vergleich des Ansprechverhaltens der Typ 1-Funkenstrecke FLT-CP mit einem Typ 2-Varistorableiter**



❻ **Verlauf der Restspannungen mit 0,0 m Zuleitungen im Vergleich zum (1,2/50 µs)-Impuls**

Ableitvermögen eines Ableiters auf Varistorbasis ist wesentlich geringer.

Moderne Typ 1-Ableiter mit getriggerten Funkenstrecken haben auch im Falle des Ableitens von Blitzströmen mit hohen Amplituden einen Schutzpegel, der deutlich unter 1,5 kV liegt. Somit ergibt sich ein guter Schutzpegel für die elektrischen Geräte und Anlagen, die in einem Stromversorgungssystem 230/400 V installiert sind. Der Schutzpegel lässt sich jedoch noch durch die Parallelschaltung mit einem Typ 2-Ableiter verbessern. Eine derartige Ableiter-Kombination zeigt Bild ❷. Die Restspannungskurven einer getriggerten Funkenstrecke im Singlebetrieb und einer getriggerten Funkenstrecke mit parallel geschaltetem Varistor sind im Bild ❸ dargestellt. Für die Messungen wurden Stromverläufe nach dem (8/20 µs)-Impuls herangezogen, da diese Stoßströme wegen ihrer kürzeren Anstiegszeit höhere Restspannungen als Stromverläufe nach dem (10/350 µs)-Impuls hervorrufen. Wie Bild ❸ zeigt, entsteht bei der Entladung eines 25 kA-Stoßstroms (8/20 µs) an einem Typ 2-Ableiter auf Varistorbasis [U_C = 350 V AC, I_{max} = 40 kA (8/20 µs)] eine Restspannung von max. 1300 V (obere Kurve). Bemerkenswert für das Verhalten des Varistors ist, dass eine hohe Restspannung für die gesamte Zeit der Stoßstromentladung erhalten bleibt. Dies erzeugt eine erhebliche Belastung der Isolation der angeschlossenen Geräte.

Im Falle der Kombination eines Typ 1-Ableiters auf Funkenstreckenbasis [U_C = 350 V AC, I_{imp} = 25 kA (10/350 µs)] mit einem Typ 2-Ableiter auf Varistorbasis [U_C = 350 V AC, I_{max} = 40 kA (8/20 µs)] erreicht die Restspannung einen Maximalwert von 1140 V (untere Kurve). Die Restspannung des Typ 1-Ableiters in Kombination mit dem Typ 2-Ableiter bleibt über den gesamten Verlauf signifikant unter der Kurve der Restspannung des alleine arbeitenden Typ 2-Ableiters. Besonders bemerkenswert ist, dass die Kurve der Restspannung nach dem Ansprechen der Funkenstrecke sehr schnell unter den Wert von 500 V fällt. Dies bedeutet, dass die Kombination eines Typ 1-Ableiters auf Funkenstreckenbasis mit einem Typ 2-Ableiter auf Varistorbasis in einer Einheit ein effektiver Schutz ist – sowohl für den 1. Stoßstrom als auch für den Folgestoßstrom und den Langzeitstrom des Blitzes, wie sie in Tabelle 5 der VDE 0185-305-1 definiert sind.

Anzeige

megacom

ist ein deutscher Hersteller für

Dementen-Schutz-Systeme

kompatibel mit allen gängigen Schwesternrufanlagen, fertig programmiert, zu einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.

Nähere Infos unter Telefon 04191 90850 oder www.megacom-gmbh.de

3 Spannungsfestigkeit und Schutzpegel

3.1 Prüfbedingungen

Die Spannungsfestigkeit (Isolation) wird nach dem Impuls (1,2/50 µs) geprüft – dargestellt ist dieser im Bild ❹. Für Geräte und Anlagen in Niederspannungs-Verbraucheranlagen sind die Werte der Spannungsfestigkeit (Isolationskoordination) in VDE 0110 [2] und auch in IEC 60364-4-44 [5] festgeschrieben. So müssen nach diesen Normen Stromversorgungssysteme mit Nennspannungen von 230/400 V AC – je nach Installationsbereich – Spannungsfestigkeiten von 1,5 kV, 2,5 kV, 4 kV bzw. 6 kV besitzen.

Die Spannungsfestigkeit der Isolation von Geräten und Anlagen hängt nicht nur von der Amplitude des Stoßspannungsimpulses, sondern auch von dessen zeitlichem Verlauf ab. So besteht die Gefahr der Zerstörung der Isolation nicht nur durch die Amplitude der Stoßspannung, sondern häufig auch durch die relativ lange Zeit, in der eine höhere Spannung als die Nennspannung des Geräts ansteht. Der Vergleich des Ansprechverhaltens von Typ 1-Ableitern auf Funkenstreckenbasis und Typ 2-Ableitern auf Varistorbasis bei schnellen Spannungsimpulsen ist im Bild ❶ dargestellt.

3.2 Ableiter auf Funkenstrecken- und Varistorbasis

Während der Messungen wurden (1,2/50 µs)-Spannungsimpulse aus einem Hybridgenerator verwendet. Dieser ist geeignet für Prüfungen an Geräten mit hohen Impedanzen. In

dem Moment, in dem das zu prüfende Gerät niederimpedant wird, erzeugt der Hybridgenerator einen Stoßstrom nach dem (8/20 µs)-Impuls. Wie im Bild ❺ zu sehen ist, begrenzt der Typ 2-Ableiter VALVETRAB compact [U_C = 350 V AC, I_{max} = 40 kA (8/20 µs)] einen 6 kV-Spannungsimpuls [(1,2/50 µs)-Hybridgenerator] auf eine Restspannung von 840 V. Dies bedeutet, dass Spannungsimpulse mit hohen Amplituden und kurzen Anstiegszeiten sehr schnell auf eine Restspannung reduziert werden, die in diesem Zeitbereich ausreichend für den sicheren Betrieb der angeschlossenen elektrischen und elektronischen Geräte ist.

Im Gegensatz zum genannten Typ 2-Ableiter auf Varistorbasis begrenzt der Typ 1-Ableiter auf Funkenstreckenbasis mit getriggerter Funkenstrecke einen 6 kV-Spannungsimpuls [(1,2/50 µs)-Hybridgenerator] zunächst auf eine Restspannung von 1410 V. Nach dem Ansprechen der getriggerten Funkenstrecke fällt die Restspannung in sehr kurzer Zeit auf ungefähr 650 V. Der Triggerstromkreis ermöglicht ein nahezu verzögerungsfreies Ansprechverhalten der Funkenstrecke. Bereits während der sehr kurzen Anstiegszeit des (1,2/50 µs)-Impulses wird der Triggerstromkreis aktiv und begrenzt den Spannungsimpuls über eine Hilfselektrode in der gekapselten Typ 1-Funkenstrecke. So ist auf Grund des Aufbaues der Triggerelektronik und der Hilfselektrode ein effektiver Schutz in dem Stromversorgungssystem vor schnell ansteigenden Spannungsimpulsen auch dann gegeben, wenn die Hauptfunkenstrecke noch nicht vollständig aktiv ist. Sind keine energiereichen Stoßströme vorhanden, zeigt ein zusätzlicher Test des Typ 1-Ableiters auf Basis von getriggerter Funkenstrecke und des Typ 2-Ableiters auf Varistorbasis in einem Gerät, dass der Typ 2-Varistor die angeschlossene Installation allein schützt. Der Test erfolgte wie zuvor mit einem 6 kV-Spannungsimpuls (1,2/50 µs) mit einem Hybridgenerator. Die Spannung wurde ebenfalls auf 840 V begrenzt und es floss kein messbarer Strom durch die Hauptfunkenstrecke des Typ 1-Ableiters.

3.3 Einfluss der Anschlussleitung

Um die Restspannung eines Überspannungsschutzgeräts zu bestimmen, erfolgt die Messung direkt an den Klemmen für die Anschlussleitungen. Bei der Installation von Überspannungsschutzgeräten und Blitzstromableitern ist es unbedingt erforderlich, die Kabelinduktivität der Leitungen vom und zum Ableiter zu berücksichtigen. Vielfach wird diese Betrachtung bei der Planung und der Installation vernachlässigt, weil die Induktivität des stromdurchflossenen Leiters bei Gleichströmen und im 50/60 Hz-Bereich keine entscheidende Rolle spielt. Anders sieht es bei Stromimpulsen aus, wie sie bei der Blitzentladung entstehen. Die Frequenz dieser Impulse geht in den MHz-Bereich hinein, was zur Folge hat, dass beim Ableiten dieser Ströme nach $U = -L \cdot di/dt$ hohe Spannungsfälle über die betreffenden Leitungen entstehen. Diese Spannungsfälle erreichen je nach Länge der Leitungen durchaus einige 10 000 V. Für die Restspannung, die in der Installation entsteht, sind deshalb die Spannungsfälle über die Leitungen hinzuzurechnen.

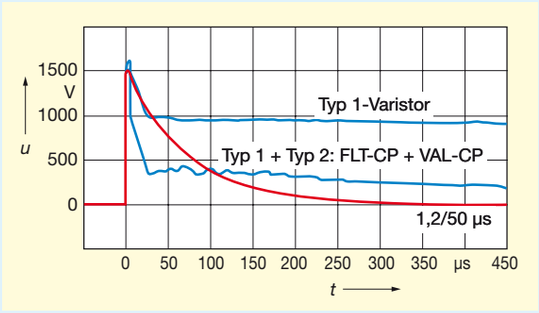
3.4 Ergebnisse von Messungen

Durchgeführt wurden folgende Messungen zu Restspannungen bei Blitzimpulsen mit 25 kA (10/350 µs) unter Verwendung von unterschiedlichen Überspannungsschutzgeräten mit und ohne Anschlussleitungen:

1. **Typ 1-Varistor-Ableiter**
   [I_{imp} = 25 kA (10/350 µs), U_C = 320 V AC]
   – Ableiter ohne Anschlussleitung
   – Ableiter mit 0,5 m Anschlussleitung
2. **Typ 1-Funkenstrecke in Kombination mit Typ 2-Varistorableiter**
   [I_{imp} = 25 kA (10/350 µs), U_C = 350 V AC]
   – Ableiter ohne Anschlussleitungen
   – Ableiter mit 0,5 m Anschlussleitung

Die Ergebnisse der Messungen sind in den Bildern ❻ und ❼ dargestellt.

In vielen Installationen wird heute bereits im Bereich der Hauptverteilung empfindliche Elektronik verwendet. Häufig befinden sich auch elektronische Einrichtungen – beispielsweise in Mobilfunkbasisstationen – in unmittelbarer Nähe der Einspeisung. In diesem Fall ist es erforderlich, in geringer Entfernung zum Installationsort des Blitzstromableiters eine niedrige Restspannung zu erzielen. Um zu ermitteln, ob die erreichte Restspannung einen ausreichenden Schutzpegel für die elektri-



❼ Verlauf der Restspannungen mit 0,5 m Zuleitungen im Vergleich zum (1,2/50 µs)-Impuls

Zuverlässig und immer griffbereit!



2000 Fachwörter: von Ableiter bis Zwickel

■ **Dieses Nachschlagewerk** informiert Sie kurz und präzise über die gesuchten Fachausdrücke und Wortkürzungen. Das vierfarbige Lexikon ist so aufbereitet, dass die Erklärungen schnell erfasst werden.

■ **Zusätzlich** berücksichtigt es Hinweise auf aktuelle Normen und weiterführende Fachliteratur. Wichtige Stichwörter und Abkürzungen sind auch in Englisch angegeben.

■ **Ein zuverlässiges Arbeitsmittel** für Praktiker, Planer, Ausbilder und Auszubildende

Müller, **Elektrotechnik** – Lexikon für die Praxis, 2. stark bearb. Aufl., 528 S., 270 Abb., 30 Tabellen, Hardcover, Bestell-Nr. 3-341-01466-7, **€ 54,00**

huss shop
HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin
Direkt-Bestell-Service:
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandspesen zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim **huss-shop, HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin**

KUNDEN-NR. (siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr.	Autor/Titel	€/Stück
	3-341-01466-7	Müller, Elektrotechnik, Lexikon	54,00

Firma/Name, Vorname

Branche/Position/z. Hd.

Telefon/Fax

E-Mail

Straße, Nr./Postfach

Land/PLZ/Ort

Datum/Unterschrift EP0906

schen bzw. elektronischen Anlagen darstellt, ist die Restspannung mit dem maximal zulässigen (1,2/50 µs)-Stoßstromimpuls des zu schützenden Volumens zu vergleichen. Dieser Impuls ist bei der Herstellung von Geräten und Anlagen bereits verwendet worden, um die Isolationsfestigkeit nachzuweisen. Liegt die Restspannung des Überspannungsschutzgeräts im Kurvenverlauf in allen Bereichen unter der maximal zulässigen Stoßspannungskurve des zu schützenden Volumens, so ist davon auszugehen, dass ein ausreichender Schutzpegel erreicht wurde. Für diesen Vergleich ist in die Bilder ❻ und ❼ der Stoßspannungsimpuls 1500 V nach dem (1,2/50 µs)-Impuls eingefügt worden.

Die Messungen zeigen, dass die Restspannung eines Typ 1-Ableiters auf Varistorbasis bei einem 25 kA (10/350 µs)-Blitzimpuls für lange Zeit im Bereich von 1000 V liegt. Damit ergibt sich für einen Zeitverlauf von wesentlich mehr als 350 µs eine Überbelastung – sowohl des Stromversorgungssystems als auch der angeschlossenen elektrischen und elektronischen Geräte. Die unterschiedlichen Kurven in den Bildern ❻ und ❼ zeigen, dass sich die kalkulierbare Belastung noch verstärkt, wenn die Anschlussleitungen zum Überspannungsschutzgerät und von dort zum Potentialausgleichssystem mit berücksichtigt werden. Aus der Messung im Bild ❼ lässt sich entnehmen, dass der Stoßstrom, der durch eine 0,5 m lange Anschlussleitung fließt, einen zusätzlichen Spannungsfall von 620 V in der Stirnzeit des Impulses hervorruft. Der Kurvenverlauf der Restspannung bleibt auch in diesem Fall für weit mehr als 350 µs über dem Kurvenverlauf des (1,2/50 µs)-Prüfimpulses der zu schützenden Geräte.

Dies bedeutet, Blitzstromableiter auf Varistorbasis allein oder so genannte „Kombiableiter“ auf Varistorbasis sind nicht in der Lage, empfindliche Elektronik wirkungsvoll zu schützen. Eine Kombination auf Basis

- eines Typ 1-Ableiters in Funkenstreckentechnologie mit
- einem Typ 2-Ableiter auf Varistorbasis

erzeugt einen Schutzpegel, bei dem der Kurvenverlauf deutlich unter dem 1,5 kV-Stoßspannungsimpuls eines (1,2/50 µs)-Impulses liegt. Dies bedeutet einen effektiven Schutz für die Stromversorgung und die angeschlossene empfindliche Elektronik.

Anzeige

megacom

ist ein deutscher Hersteller für

Personennot-signalanlagen

zur Absicherung von Einzelarbeitsplätzen, zu einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.

Nähere Infos unter Telefon 04191 90850 oder www.megacom-gmbh.de

4 Energetische Koordination in der Normung

Die richtige energetische Koordination zwischen verschiedenen Überspannungsschutzgeräten eines internen Blitzschutzsystems ist seit mehreren Jahrzehnten ein viel diskutiertes Thema. Mittlerweile ist der Themenbereich „energetische Koordination“ auch in die nationale und die internationale Normung eingeflossen.

Die energetische Koordination von Überspannungsschutzgeräten wird in DIN VDE 0185-305-4:2006-10 [6], Anhang C, beschrieben. Der „Anhang C“ ist nur ein informativer Anhang und nicht verpflichtender Teil der DIN VDE 0185-305-4. Dieser Anhang bietet jedoch eine gute Richtschnur für die richtige Auswahl und Installation von mehrstufigen Überspannungsschutzsystemen.

Um eine energetische Koordination zwischen verschiedenen Überspannungsschutzgeräten eines mehrstufigen Überspannungsschutzsystems sicherzustellen, muss der Großteil eines Blitzstroms durch das erste Überspannungsschutzgerät (erste Schutzstufe) abgeleitet werden. Das zweite Überspannungsschutzgerät (zweite Schutzstufe) muss so dimensioniert werden, dass der verbleibende Teil des Blitzstroms zerstörungsfrei abgeleitet wird. In DIN VDE 0185-305-4, Anhang C.2.1, wird darauf hingewiesen, dass eine Koordination auch durch getriggerte Überspannungsschutzgeräte (ohne Entkopplungselemente) erfolgen kann. Durch eine geeignete Zündelektronik muss sichergestellt werden, dass die Energiefestigkeit von nachgeschalteten Überspannungsschutzgeräten nicht überschritten wird. Die energetische Koordination von zwei Überspannungsschutzgeräten, zwischen denen sich keine Entkopplungselemente befinden, muss deshalb durch eine Koordination der Strom- und Spannungskennlinien über den relevanten Bereich der Stoßströme erfolgen.

Bei Koordination von Typ 1-Funkenstrecken und Typ 2-Varistoren wird zwischen folgenden Fällen unterschieden:

- **Keine Zündung der Funkenstrecke:**
  Wenn die Typ 1-Funkenstrecke nicht zündet, dann wird der gesamte Stoßstrom durch den Typ 2-Varistor geleitet. Energiereiche und lang andauernde Blitzströme der Kurvenform 10/350 µs können Typ 2-Varistoren überlasten. Typ 2-Varistoren sind nicht dafür ausgelegt, energiereiche Blitzströme der Kurvenform 10/350 µs durchzuleiten.
- **Zündung der Funkenstrecke:**
  Wenn die Typ 1-Funkenstrecke zündet und leitfähig wird, so verringert sich der Stromfluss durch den Typ 2-Varistor sofort und hört vollständig auf, sobald die Lichtbogenbrennspannung der Funkenstrecke niedriger ist als die Durchlassspannung des Typ 2-Varistors.

DIN VDE 0185-305-4, Anhang C (Auszüge)

Überall dort, wo zwei oder mehr Blitzstromableiter (SPDs – Surge Protective Devices) in demselben Stromkreis hintereinander geschaltet sind, müssen sie energetisch koordiniert sein, um die Beanspruchung zwischen ihnen entsprechend ihrer Energietragfähigkeit aufzuteilen. Für eine wirksame Koordination müssen die Kennwerte der einzelnen SPDs (wie vom Hersteller angegeben), die Bedrohungswerte an ihrem Einbauort und die Kennwerte der zu schützenden Betriebsmittel berücksichtigt werden.

Die primäre Blitzbedrohung ist durch die drei Blitzstrom-Komponenten gegeben: erster Stoßstrom, Folgestoßströme, Langzeitstrom.

Alle drei Komponenten sind eingeprägte Ströme. Für die Koordination von nachgeschalteten SPDs ist der erste Stoßstrom der entscheidende Faktor für die Aufteilung der Energie. Folgestoßströme haben eine kleinere spezifische Energie, aber eine höhere Stromsteilheit. Der Langzeitstrom ist eine zusätzliche Beanspruchung, die aber für die Koordination nicht berücksichtigt werden muss.

...

... Sobald der wesentliche Teil der Energie des anteiligen Blitzstroms durch das erste SPD abgeleitet ist, brauchen die nachfolgenden SPDs nur noch für die hinter der Schnittstelle von LPZ 0_A zu LPZ 1 verbleibende Belastung zuzüglich der Induktionswirkungen des elektromagnetischen Feldes innerhalb von LPZ 1 ausgelegt werden (besonders dann, wenn LPZ 1 keinen elektromagnetischen Schirm hat). ...

Nach DIN VDE 0185-305-4 (Anhang C.2.3, Bild C.6) ist die richtige energetische Koordination erreicht, wenn die Funkenstrecke zündet, bevor die Energiefestigkeit des Varistors überschritten wird.

5 Energetische Koordination in der Praxis

Die Messungen für den Nachweis der richtigen energetischen Koordination einer elektronisch getriggerten Typ 1-Funkenstrecke und eines Typ 2-Varistors wurden mit dem Überspannungsschutzgerät FLASHTRAB compact (FLT-CP-3S-350) durchgeführt (Bild ❷). Der Typ 2-Varistor in diesem kombinierten Überspannungsschutzgerät hat ein Ableitvermögen von I_{max} = 40 kA (8/20 µs) und wurde zusammen mit der elektronisch getriggerten Typ 1-Funkenstrecke getestet. Die maximale elektrische Ladung, die durch den Typ 2-Varistor fließen darf, beträgt ungefähr 1000 mAs. Das Ableitvermögen des Typ 2-Varistors für lang andauernde Blitzströme der Kurvenform 10/350 µs ist ungefähr I_{imp} = 3,0 kA (10/350 µs). Wenn lang andauernde Blitzströme

mit einer höheren Amplitude als 3,0 kA (10/350 µs) durch den Typ 2-Varistor fließen oder wenn die Ladung des Stoßstroms durch den Varistor höher ist als 1000 mAs, kann der Typ 2-Varistor beschädigt oder zerstört werden.

Für den Nachweis der energetischen Koordination wurde die Kombination aus getriggerter Typ 1-Funkenstrecke und Typ 2-Varistor mit folgenden Stoßströmen getestet:

- 8/20 µs-Stoßströme mit Amplituden bis zu 25 kA
- 10/350 µs-Blitzströme mit Amplituden bis zu 25 kA.

Während der Stoßstromprüfungen wurden folgende Oszillogramme aufgenommen:

- Verlauf des Summen-Stoßstroms durch die getriggerte Typ 1-Funkenstrecke und den Typ 2-Varistor
- Verlauf des Stromflusses durch den Typ 2-Varistor
- Verlauf der Restspannung.

Um zu belegen, dass es stets eine energetische Koordination zwischen der getriggerten Typ 1-Funkenstrecke und dem Typ 2-Varistor gibt, müssen folgende Kriterien erfüllt sein:

- **Kriterium 1:** Die Typ 1-Funkenstrecke soll durch langsam ansteigende und lang andauernde Blitzströme der Kurvenform 10/350 µs zum Zünden gebracht werden.
- **Kriterium 2:** Der Typ 2-Varistor soll energetisch nicht überlastet werden, wenn die Kombination aus Typ 1-Funkenstrecke und Typ 2-Varistor von einem 25 kA (10/350 µs)-Blitzstrom durchflossen wird.
- **Kriterium 3:** Die Ladung, die unter Worst-Case-Bedingungen durch den Typ 2-Varistor fließt, soll deutlich niedriger sein als 1000 mAs.

  Hinweis: Auf eine exakte Ermittlung des Energieumsatzes im Varistor kann aus Gründen der Vereinfachung verzichtet werden, wenn der Ladungsfluss durch den Varistor erheblich niedriger ist als 1000 mAs.
- **Kriterium 4:** Wenn die Typ 1-Funkenstrecke während der Prüfungen leitfähig wird, dann soll der Verlauf des Stroms durch den Typ 2-Varistor unterhalb des Verlaufs eines 40 kA (8/20 µs)-Stoßstroms bleiben.
- **Kriterium 5:** Wenn die Typ 1-Funkenstrecke während der Prüfungen nicht leitfähig wird, dann soll der Verlauf des Stroms durch den Typ 2-Varistor unterhalb des Verlaufs eines 3,0 kA (10/350 µs)-Blitzstroms bleiben.

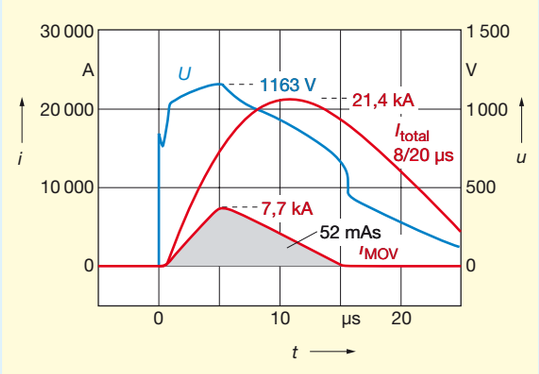
5.1 Prüfungen mit 8/20 µs-Stoßströmen

Die 8/20 µs-Stoßstrom-Prüfungen von Typ 1-Funkenstrecken und Typ 2-Varistoren wurden mit mehr als zwanzig verschiedenen Stoßströmen unterschiedlicher Amplituden von 310 A bis 21,4 kA durchgeführt. Prüfungen mit 8/20 µs-Stoßströmen hatten folgende Ergebnisse:

- Die höchste Belastung für den Typ 2-Varistor wurde durch einen 21,4 kA (8/20 µs)-Stoßstrom verursacht (Bild ❽). Während dieser Prüfung betrug die Amplitude des Stroms durch den Varistor 7,7 kA. Die Ladung, die dabei durch den Varistor floss, betrug 52 mAs. Eine elektrische Ladung von 52 mAs ist viel niedriger als die maximal zulässige elektrische Ladung für den Typ 2-Varistor – in diesem Fall ungefähr 1000 mAs.
- Die maximal gemessene Spannung bei der Durchleitung eines 21,4 kA (8/20 µs)-Stoßstroms betrug 1163 V DC.
- Der Verlauf des Stroms, der durch den Typ 2-Varistor floss, blieb stets unter dem Verlauf eines 40 kA (8/20 µs)-Stoßstroms.

Während der Entladung der 8/20 µs-Stoßströme in allen Versuchen bleibt die Lichtbogenbrennspannung der getriggerten Typ 1-Funkenstrecke auf einem Niveau, das nahezu so hoch wie die maximale Spannung des versorgenden Netzes oder höher ist (Bild ❾). Aufgrund der hohen Lichtbogenbrennspannung ist die FLASHTRAB compact-Funkenstrecke in der Lage, prospektive Netzfolgeströme bis 25 kA selbstständig zu löschen.

Die bei den 8/20 µs-Stoßstrom-Prüfungen maximal gemessenen Schutzpegel für die Kombination von getriggerter Typ 1-Funkenstrecke und Typ 2-Varistor blieben stets unter 1200 V – und das auch bei 8/20 µs-Stoßströmen mit hohen Amplituden.



❽ Prüfung einer getriggerten Typ 1-Funkenstrecke und eines Typ 2-Varistors mit einem 21,4 kA (8/20 µs)-Stoßstrom

Schutzanlagen fachgerecht errichten und betreiben



Das Standardwerk zur Schutztechnik

- Geräte zur Messwerterfassung (Wandler)
- Messgrößenverarbeitung (analoge und digitale Schutzsysteme)
- Steuer- und Meldestromkreise
- Schutzsysteme für Motoren, Transformatoren, Leitungen und Generatoren
- Schutzsysteme für weitere Betriebsmittel
- Arbeitssicherheit, Unfallverhütung, Brandschutz
- Messen und Prüfen, Nachweis der Prüfungen
- Statistik in der Schutztechnik und Tendenzen

Doemeland, **Handbuch Schutztechnik,** 8., überarb. Aufl. 2007, 440 S., 300 Abb., Hardcover, Bestell-Nr. 3-341-01520-9, **€ 58,00**

huss shop
HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin
Direkt-Bestell-Service:
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandspesen zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim **huss-shop, HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin**

KUNDEN-NR.
(siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr.	Autor/Titel	€/Stück
	3-341-01520-9	Doemeland, Handbuch Schutztechnik	58,00

Firma/Name, Vorname

Branche/Position/z. Hd.

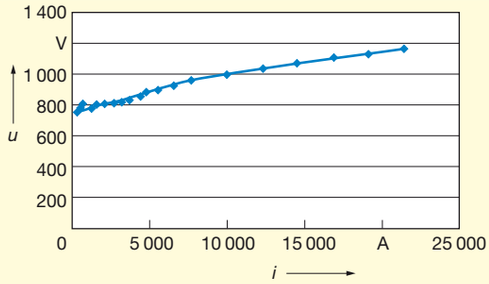
Telefon/Fax

E-Mail

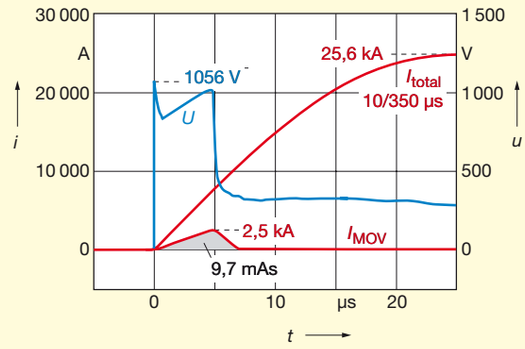
Straße, Nr./Postfach

Land/PLZ/Ort

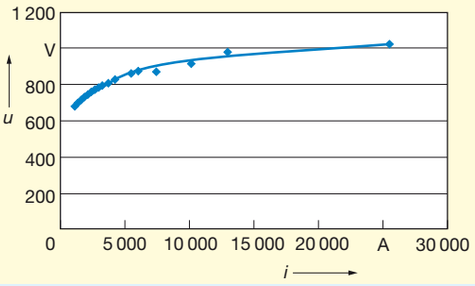
Datum/Unterschrift ep 0906



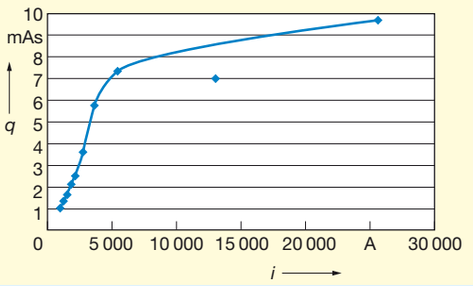
⑨ Gemessene Schutzpegel während der Prüfungen mit 8/20 µs-Stoßströmen



⑩ Prüfung einer getriggerten Typ 1-Funkenstrecke und eines Typ 2-Varistors mit einem 25,6 kA (10/350 µs)-Blitzstrom ▶



⑪ Gemessene Schutzpegel während der Prüfungen mit 10/350 µs-Blitzströmen



⑫ Ladungsfluss durch einen Typ 2-Varistor während der Prüfung mit 10/350 µs-Blitzströmen

5.2 Prüfungen mit 10/350 µs-Blitzströmen

Die 10/350 µs-Blitzstrom-Prüfungen von Typ 1-Funkenstrecken und Typ 2-Varistoren wurden mit mehr als fünfzehn verschiedenen Blitzströmen unterschiedlicher Amplituden von 944 A bis 25,6 kA durchgeführt. Prüfungen mit 10/350 µs-Blitzströmen brachten folgende Ergebnisse:

- Die höchste Belastung für den Typ 2-Varistor wurde durch einen 25,6 kA (10/350 µs)-Blitzstrom hervorgerufen (Bild ⑩). Während dieser Prüfung betrug die Amplitude des Stroms durch den Varistor 2,5 kA. Die Ladung, die dabei durch den Varistor floss, betrug 9,7 mAs. Eine elektrische Ladung von 9,7 mAs ist viel niedriger als die maximal zulässige elektrische Ladung für den Typ 2-Varistor – etwa 1 000 mAs.
- Die maximal gemessene Spannung bei der Durchleitung eines 25,6 kA (10/350 µs)-Blitzstroms betrug 1056 V.
- Der Verlauf des Stroms, der durch den Typ 2-Varistor floss, blieb stets unter dem Verlauf eines 40 kA (8/20 µs)-Stoßstroms.

Während der Entladung von 10/350 µs-Blitzströmen bleibt die Lichtbogenbrennspannung der getriggerten Funkenstrecke auf einem Niveau, das nahezu so hoch wie die maximale Spannung des versorgenden Netzes oder höher ist (Bild ⑪). Das bedeutet, dass die Funkenstrecke auch bei 10/350 µs-Blitzströmen ein gutes Netzfolgestrom-Löschvermögen aufweist.

Die bei den 10/350 µs-Blitzstrom-Prüfungen maximal gemessenen Schutzpegel für die Kombination von getriggerter Typ 1-Funkenstrecke und Typ 2-Varistor blieben stets unter 1100 V – und das auch bei 10/350 µs-Blitzströmen mit hoher Amplitude.

Während der Prüfungen mit den 10/350 µs-Blitzströmen blieb die elektrische Ladung, die durch den Typ 2-Varistor floss, stets unter 10,0 mAs (Bild ⑫).

6 Fazit

- Die Restspannung eines Typ 1-Ableiters auf Funkenstreckenbasis bietet einen wesentlich besseren und damit tatsächlich ausreichenden Schutz für die Geräte in der Elektroinstallation als die mit einem Varistorableiter erreichbare.
- Die Ansprechzeit moderner Funkenstreckenableiter ist durchaus mit der Ansprechzeit von Ableitern auf Varistorbasis vergleichbar.
- Der Schutzpegel lässt sich durch eine koordinierte Installation einer Funkenstrecke mit einem Typ 2-Varistorableiter noch verbessern.
- Die energetische Koordination von Überspannungsableitern wird in DIN VDE 0185-305-4:2006-10, Anhang C, beschrieben. Der Inhalt des Anhangs wird zukünftig ein Teil der IEC 61643 [7].

Literatur

[1] DIN VDE 0185-305-1:2006-10 Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze.

[2] DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01 Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen.

[3] DIN VDE 0100-534:2009-02 Elektrische Anlagen von Gebäuden – Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln – Überspannungs-Schutzeinrichtungen.

[4] DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1):2005-09 Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Begriffe und Prüfbedingungen.

[5] IEC 60364-4-44:2001-08 Low voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and measures against electromagnetic influences.

[6] DIN VDE 0185-305-4:2006-10 Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen.

[7] IEC 61643-1:2005-03 Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – requirements and tests.

[8] *Schimanski, J.; Scheibe, K.; Wetter, M.:* Coordination of varistors; International Conference on Lightning Protection (September 2000, Rhodes, Greece).

[9] *Wetter, M.; Wosgien, J.; Durth, R.:* A new technology of triggered lightning current arresters. International Conference on Lightning Protection (September 2002, Cracow, Poland).

[10] *Wetter, M.; Schimanski, J.; Scheibe, K.:* High performance triggered lightning current arresters. International Conference on Lightning Protection (September 2004, Avignon, France).

[11] *Heckler, H.; Schimanski, J.; Wetter, M.:* Ableitvermögen und Ansprechzeit von Blitzstromableitern. etz (2005) 8.

[12] *Schimanski, J.:* Überspannungsschutz – Theorie und Praxis. 2., neu bearbeitete und erweitere Auflage. Heidelberg: Hüthig Verlag 2003.

[14] *Schimanski, J.; Heckler, H.; Scheibe, K.; Wetter, M.:* Discharge capability and residual voltage of class I and class II SPD´s – 28th International Conference on Lightning Protection – September 2006.