



DEHN + SÖHNE

Wirksamkeit von Ableitern für den Blitz- und Überspannungs- schutz

Funkenstrecke

Funkenstrecke

Varistor

Varistor

Wirksamkeit von Ableitern für den Blitz- und Überspannungsschutz

Durch den fortschreitenden Einsatz von elektronischen Baugruppen in allen Bereichen der modernen Elektrotechnik, nimmt auch die Empfindlichkeit gegenüber transienten Überspannungen immer mehr zu. Am Markt bieten verschiedene Hersteller unterschiedliche Ausführungen von Überspannungsschutzgeräten an, die Blitz- und Überspannungsschutzfunktionen kombiniert wahrnehmen sollen. Es gibt sie auf Basis von Funkenstreckentechnologie und auf Basis von Varistortechnologie. Der nachfolgende Beitrag stellt diese beiden technologischen Ansätze gegenüber und bewertet deren Wirksamkeit im Einsatz als Überspannungsschutzgerät Typ 1.

Bernd Leibig
Uwe Strangfeld

Die Produktnorm für Überspannungsschutzgeräte DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11) [1] unterscheidet normativ Überspannungsschutzgeräte (Surge Protective Device; SPD) im Bezug auf deren Ansprechverhalten in spannungsschaltende Überspannungsschutzgeräte zum Beispiel mit Funkenstrecken, Gasentladungsableiter oder Thyristoren und in spannungsbegrenzende Überspannungsschutzgeräte zum Beispiel mit Varistoren oder Begrenzungsdioden.

Ansprechverhalten von Überspannungsschutzgeräten

Als Blitzstrom-Ableiter, nach DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11) SPD Typ 1 genannt, werden in der Praxis vorwie-

gend Funkenstrecken als spannungsschaltende SPD und Varistoren als spannungsbegrenzende SPD eingesetzt. Bild 1 und Bild 2 zeigen den prinzipiellen Spannungsverlauf dieser beiden Ausführ-

ungen von Überspannungsschutzgeräten, bei Beaufschlagung mit einem Stoßstrom nach DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12) [2].

Anhand dieser prinzipiellen Spannungsverläufe lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Bei Funkenstrecken bricht die Spannung nach sehr kurzer Zeit auf die sogenannte Bogenbrennspannung zusammen, die bei einer modernen folgestrombegrenzenden Funkenstrecke typischerweise in der Größenordnung der Versorgungsspannung liegt.
- Die spannungsschaltende Charakteristik der Funkenstrecke entspricht einer

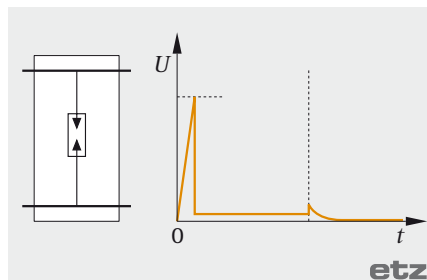


Bild 1. Der Spannungsverlauf an einer Funkenstrecke nach DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12)

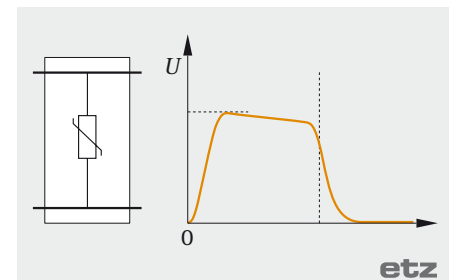


Bild 2. Spannungsverlauf an einem Varistor nach DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12)

Dipl.-Ing. (FH) Bernd Leibig ist Produktmanager Überspannungsschutz Red/Line bei der Dehn + Söhne GmbH + Co. KG in Neumarkt.

E-Mail:
bernd.leibig@dehn.de



Dipl.-Ing. (FH) Uwe Strangfeld ist bei der Dehn + Söhne GmbH + Co. KG in Neumarkt in der Produktentwicklung, tätig.

E-Mail:
uwe.strangfeld@technik.dehn.de

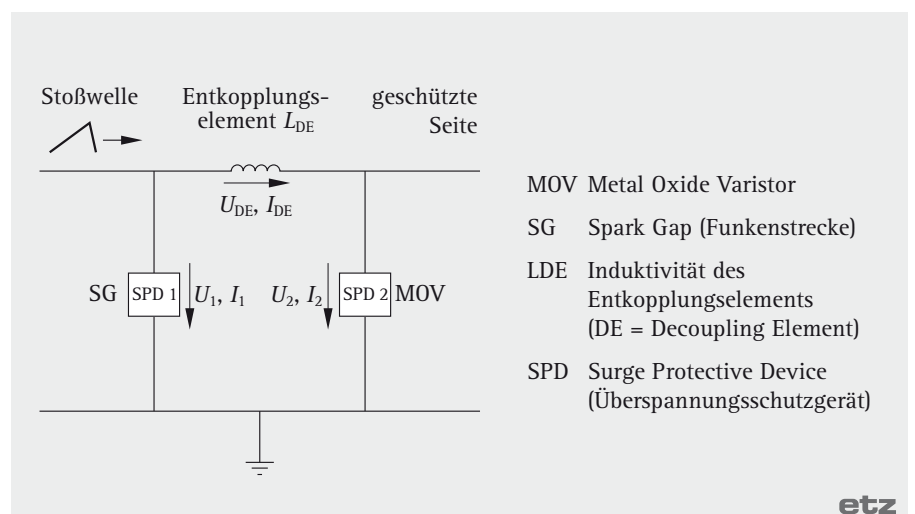


Bild 3. Das Schaltbild der Koordination von spannungsschaltendem (SG) und spannungsbegrenzendem (MOV) SPD nach DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)

- MOV Metal Oxide Varistor
- SG Spark Gap (Funkenstrecke)
- LDE Induktivität des Entkopplungselements (DE = Decoupling Element)
- SPD Surge Protective Device (Überspannungsschutzgerät)

etz

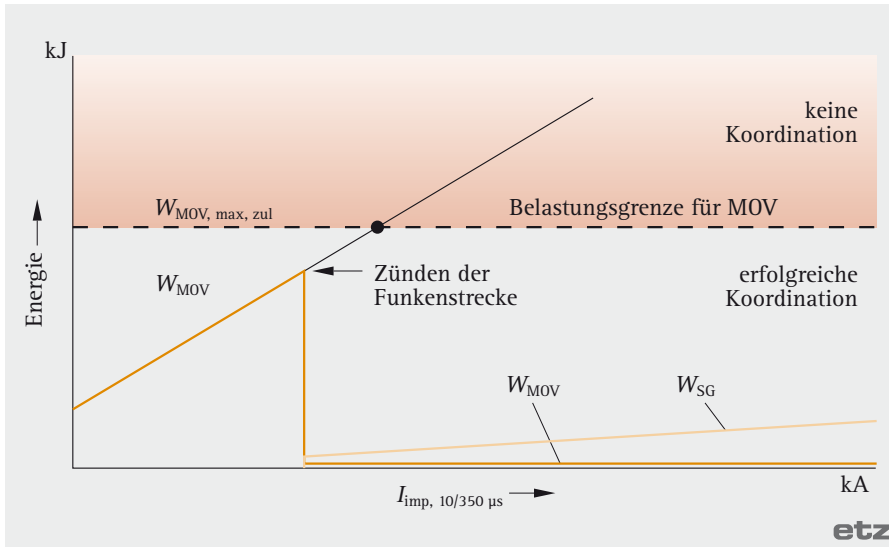


Bild 4. Die Energieverläufe bei der Koordination einer Funkenstrecke mit nachgelagertem Varistor in Abhängigkeit des Stoßstroms

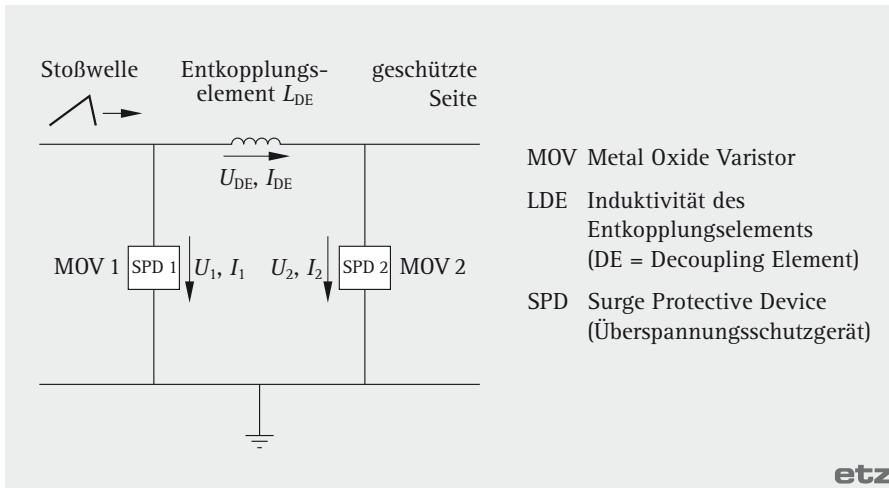


Bild 5. Das Schaltbild der Koordination von zwei spannungsbegrenzenden (MOV) SPD nach DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)

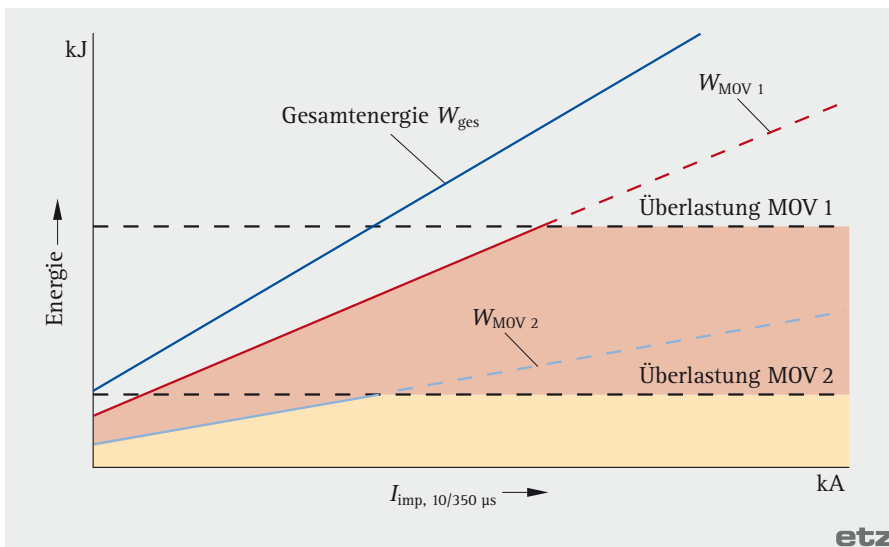


Bild 6. Die Energieverläufe bei der Koordination zweier Varistoren in Abhängigkeit des Stoßstroms

Wellenbrecher-Funktion. Die Blitzstoßstrom-Welle wird „geschaltet“ und damit die Impulsdauer verkürzt. Das reduziert die verbleibende Spannungs-Zeit-Fläche, welche für die Belastung der nachfolgenden Schutzstufen und Endgeräte ausschlaggebend ist, auf sehr kleine Werte.

- Ein Varistor begrenzt die Spannung länger andauernd auf ein Niveau, welches üblicherweise deutlich höher ist als die Bogenbrennspannung einer Funkenstrecke und als die Nennspannung des Versorgungssystems.
- Die Spannungs-Zeit-Fläche ist daher bei einem Varistor deutlich größer als bei einer Funkenstrecke. Deshalb wird die Isolation der nachfolgenden Geräte und Installationen bei einem Varistor deutlich stärker belastet als bei einer Funkenstrecke, was sich dann auch in einer reduzierten Lebensdauer dieser Geräte niederschlägt.

In dem Beitrag „Koordination von Überspannungsschutzgeräten“ [3] wird dieser Sachverhalt zusammengefasst und bewertet. Die Energie, welche die elektrische Installation und die Endgeräte belastet, hängt nicht nur von der Amplitude des Stoßspannungsimpulses ab. Auch der zeitliche Verlauf der Stoßspannung ist zu berücksichtigen. Mit einem SPD Typ 1 auf Funkenstreckenbasis lässt sich eine wesentlich bessere Schutzwirkung für die Elektroinstallation und die Endgeräte erreichen, als dies mit einem Varistor-Ableiter möglich ist.

Normative Betrachtung der energetischen Koordination

Ein weiterer wichtiger Aspekt in diesem Zusammenhang ist die energetische Koordination von Überspannungsschutzgeräten, welche mittlerweile auch Einzug in die nationale und internationale Normung gefunden hat. Unter energetischer Koordination versteht man das selektive und aufeinander abgestimmte Wirken der hintereinandergeschalteten Schutzstufen einer Überspannungsschutzbeschaltung. Die betreffenden Anforderungen und Grundprinzipien sind im Anhang C der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) [4] detailliert beschrieben. Der Anhang C bietet eine gute Orientierung bezüglich der Auswahl und des Einsatzes von mehrstufigen Überspannungsschutzbeschaltungen.

Die DIN VDE 0100-534 [5] fordert, dass innerhalb einer elektrischen Anlage die notwendige Koordination von Überspannungsschutzeinrichtungen zu berücksichtigen ist. Nachfolgend sind die



beiden prinzipiellen Konfigurationen für zweistufige Schutzkonzepte beschrieben.

Die eine ist die Koordination von spannungsschaltenden und spannungsbegrenzenden SPD (Bild 3). Die sich dabei ergebenden Energieverläufe sind im Bild 4 dargestellt. Hierbei werden die Schutzbeschaltungen mit einem Stoßstrom I_{imp} der Kurvenform 10/350 μ s beaufschlagt, welcher normativ zur Prüfung von SPD Typ 1 herangezogen werden muss. Die Stirnanstiegszeit beträgt hier 10 μ s und die Rückenhalbwertszeit 350 μ s.

Die Koordinationsbedingung ($U_2 + U_{DE} \geq U_{SG}$ bevor $W_{MOV} > W_{MOV, max. zul.}$) ist erfüllt, wenn die Funkenstrecke ihre Ansprechspannung U_{SG} erreicht und zündet, bevor der Varistor überlastet wird. Diese Bedingung wird bei modernen Funkenstrecken in der Regel durch den Einsatz von speziellen Triggerschaltungen erreicht. Ein zusätzliches Bauteil als Entkopplungselement zwischen SPD 1 und SPD 2 ist hierzu nicht mehr nötig.

Ist diese Grundbedingung erfüllt, dann wird durch die spannungsschaltende Charakteristik und der damit verbundenen Wellenbrecher-Funktion [6] der Funkenstrecke sichergestellt, dass:

- der nachgeschaltete Varistor nach dem Ansprechen der Funkenstrecke nahezu nicht mehr belastet [7] und
- nahezu die gesamte Energie in der Funkenstrecke umgesetzt wird.

Die zweite Konfiguration für zweistufige Schutzkonzepte ist die Koordination von zwei spannungsbegrenzenden SPD (Bild 5). Dabei ergeben sich die in Bild 6 dargestellten Energieverläufe, bei denen die Energie für beide Varistoren mit dem Stoßstrom ansteigt. Die Koordinationsbedingung ist nur zu erfüllen, wenn die Stoßstromamplitude auf Werte begrenzt wird, die eine Überlastung beider Varistoren verhindert. Dies wiederum bedeutet aber, dass:

- sich die Gesamtenergie in konstantem Verhältnis immer auf beide Varistoren verteilt (im Beispiel von Bild 6 70 % an MOV1 und 30 % an MOV2) und
- mit steigendem Stoßstrom immer ein Wert erreichbar ist, ab dem der nachgelagerte Varistor überlastet wird (nur abhängig von der maximalen Energieaufnahme des Varistors, welche wiederum von der Größe der Varistor-scheibe abzuleiten ist).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine Koordination über den gesamten Amplitudenbereich der spezifizierten Stoßströme (0 kA bis 12,5 kA 10/350 μ s) nur bei einem SPD Typ 1 mit einer Fun-

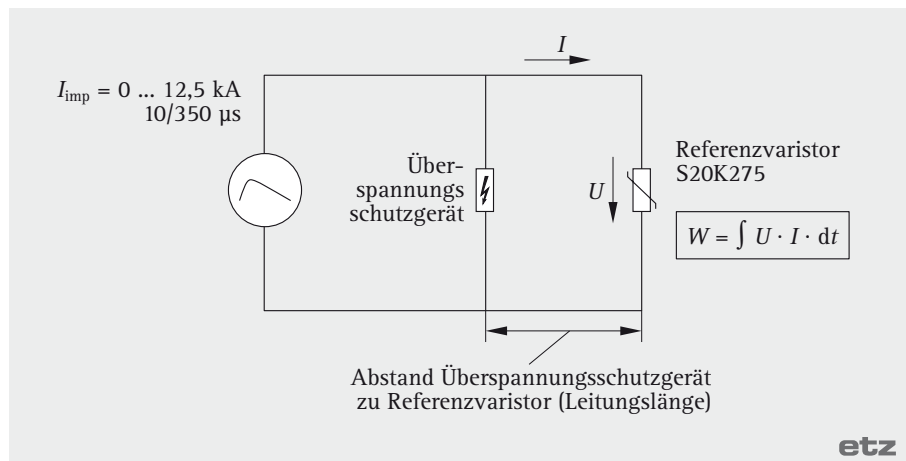


Bild 7. Schaltungsaufbau zur Ermittlung der Durchlassenergie am Referenzvaristor

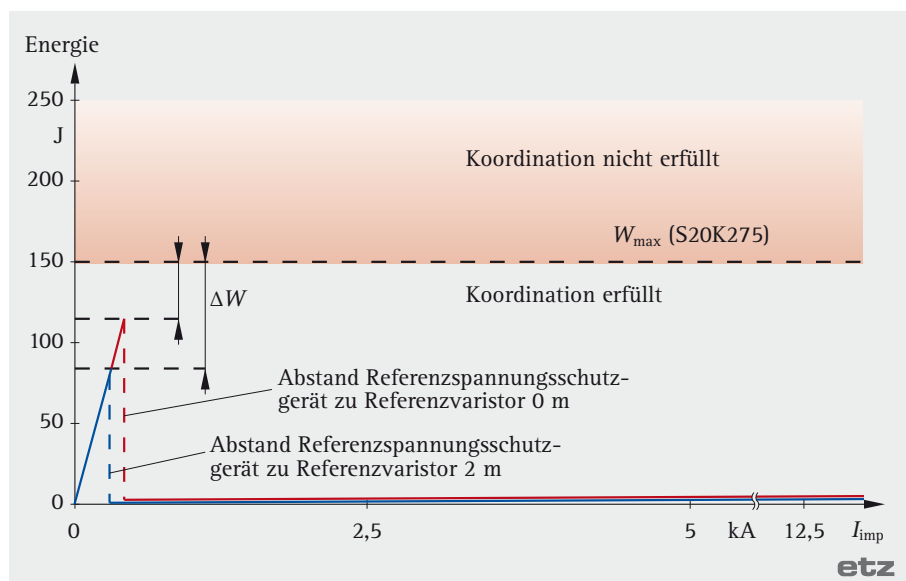


Bild 8. Der Verlauf der Durchlassenergie am Referenzvaristor mit vorgeschaltetem SPD Typ 1 auf Funkenstreckenbasis

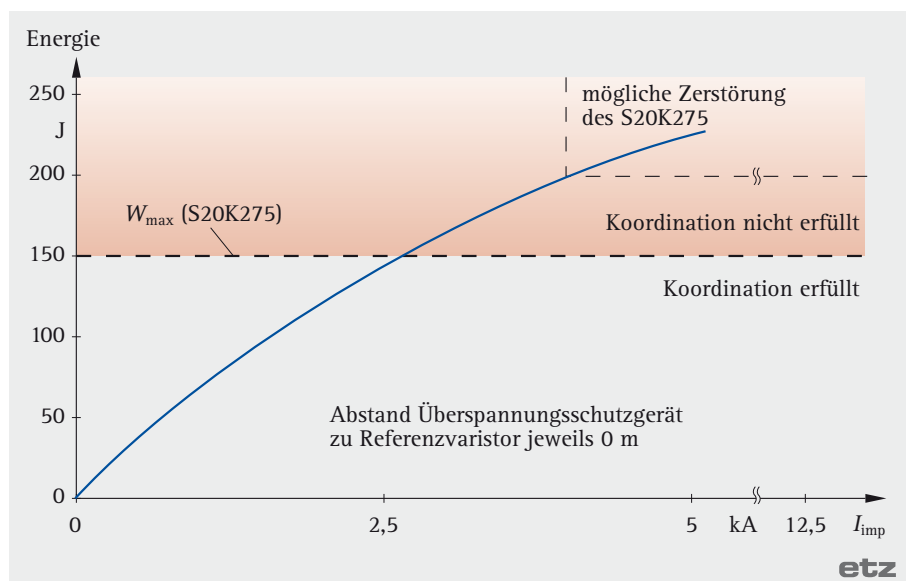


Bild 9. Der Verlauf der Durchlassenergie am Referenzvaristor mit vorgeschaltetem SPD Typ 1 auf Varistorbasis

kenstrecke anwendungsgerecht umsetzbar ist. Durch die Wellenbrecher-Funktion der Funkenstrecke und der damit verbundenen Impulszeit-Verkürzung reduziert sich der einlaufende 10/350- μ s-Blitzstrom auf eine Restgröße, die die nachgelagerten Schutzstufen und Endgeräten sicher beherrschen können.

Bei einem SPD Typ 1 auf Varistorbasis ist eine funktionierende Koordination insbesondere zu Varistorscheiben mit geringem Ableitvermögen, zum Beispiel S20K275, kaum möglich. Der Varistor, der zum Beispiel in einem Endgerät eingesetzt ist, wird bei üblicher Bemessungsspannung deutlich stärker beansprucht als mit vorgelagerter Funkenstrecke. Am Varistor des Endgeräts wird somit die Kurvenform und die Impulsdauer nicht signifikant verändert. Es bleibt bei einem 10/350- μ s-Impulsverlauf, der sich zwar durch die Stromaufteilung vom Amplitudenwert reduziert, aber der Energieinhalt bleibt in den meisten Fällen noch zu groß um eine Überlastung ausschließen zu können.

Messtechnische Betrachtung an praktischen Einsatzfällen

Zur Verifizierung dieser theoretischen Betrachtungen wurden Messungen mit Typ 1-Ableitern auf Funkenstreckenbasis und auf Varistorbasis durchgeführt, welche nach Herstellerangaben zum Schutz von Endgeräten geeignet sind (Bild 7). Dabei wurde jeweils die Koordination zu einem Referenzvaristor der Ausführung S20K275 geprüft, welcher eine typische Schutzbeschaltung in einem Endgerät bei einer Versorgungsspannung von 230 V darstellt. Als Koordinationskriterium gilt die Durchlassenergie, die ein SPD Typ 1 durchlässt und die beim Referenzvaristor ankommt. Diese wurde bei verschiedenen Amplitudenwerten des 10/350- μ s-Stoßstroms bis hin zum maximal in den Herstellerangaben ausgewiesenen Wert (12,5 kA) gemessen. Die Amplitudenwerte werden startend von 0 kA in kleinen Schritten gesteigert, um bei spannungsschaltenden SPD auch den sogenannten „Blind-Spot“ abzudecken. Hierbei handelt es sich um den Amplitudenwert des Stoßstroms, bei dem das spannungsschaltende SPD gerade noch nicht anspricht, und damit die energetische Belastung des Referenzvaristors am größten ist.

Der Verlauf der Durchlassenergie in Abhängigkeit vom Stoßstrom 10/350 μ s bei einem SPD Typ 1 auf Funkenstreckenbasis ist Bild 8 zu entnehmen. Aus diesem Diagramm lässt sich Folgendes ableiten:

- Der maximal zulässige Energieeintrag von 150 J für den S20K275-Varistor [7] wird bei keinem der beaufschlagten Stoßströme überschritten.
- Selbst bei einem Abstand von 0 m zwischen Überspannungsschutzgerät und Referenzvaristor (direkte Koordination) ist dort ausreichend „energetische Reserve“ ΔW zur maximal zulässigen Energie im Referenzvaristor gegeben.
- Bei zusätzlichen Leitungslängen (exemplarisch 2 m) zwischen Überspannungsschutzgerät und Referenzvaristor lässt sich diese „energetische Reserve“ ΔW sogar noch deutlich erhöhen.

Somit ist die Koordination zum Referenzvaristor über den gesamten Verlauf des betrachteten 10/350- μ s-Stoßstroms (Herstellerangabe: $I_{imp} = 12,5$ kA) uneingeschränkt sichergestellt.

Das varistorbasierende SPD Typ 1 ist vom Hersteller mit einer höchsten Dauerspannung U_c von 280 V spezifiziert. Dies ist eine Bemessung, wie sie in 230/400-V-Niederspannungssystemen üblicherweise vorgenommen wird. Das Diagramm im Bild 9 zeigt den Verlauf der Durchlassenergie am Referenzvaristor bei dieser Geräteausführung. Daraus ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Es ist zu erkennen, dass der nachfolgende Referenzvaristor ab einem 10/350- μ s-Stoßstrom von ca. 2,5 kA über seine maximal zulässige Energie belastet wird. Ab einem ca. 4 kA großen 10/350- μ s-Stoßstrom kann es bereits zu einer Zerstörung des Varistors S20K275 kommen.
- Bei Geräten mit höherer Bemessungsspannung (zum Beispiel 335 V) kann die energetische Überlastung und die Zerstörung, durch die noch ungünstigere Stoßstromaufteilung zwischen SPD und Referenzvaristor, bereits bei noch kleineren Stoßstromwerten erfolgen.
- Im Vergleich zum maximal ausgewiesenen Stoßstrom von 12,5 kA, führen bereits kleine Stoßströme zur energetischen Überlastung der nachfolgenden Schutzstufen oder Endgeräte. Dies entspricht in der Praxis einer Vorschädigung oder sogar einer möglichen Zerstörung dieser Baugruppen.

Die Betrachtung bei einer zusätzlichen Leitungslänge (2 m) zwischen Überspannungsschutzgerät und Referenzvaristor ist im Bild 9 nicht dargestellt, da technologiebedingt hier kaum ein Unterschied zu den dargestellten Werten vorhanden ist.

Resümee

Die Ergebnisse zeigen klar, dass sich eine funktionierende energetische Koordination zu nachgelagerten Schutzgeräten (Typ 2 und/oder Typ 3) und Endgeräten, ohne detaillierte Kenntnis von deren internem Aufbau, nur mit kombinierten Geräten für Blitz- und Überspannungsschutz (SPD Typ 1), die auf Funkenstreckentechnologie basieren, erreichen lässt. Durch die spannungsschaltende Charakteristik der Funkenstrecke, wird die einlaufende Energie des 10/350- μ s-Blitzstroms aufgrund des Wellenbrecher-Prinzips auf ein ausreichend niedriges Niveau heruntergebrochen. Die Funkenstrecke übernimmt nahezu die gesamte Energie, was die nachfolgenden Schutzstufen nur minimal energetisch belastet.

Bei einem SPD Typ 1 auf Varistorbasis ist dies nicht der Fall. Da die Energie hier nicht „geschaltet“, sondern nur begrenzt wird, ergibt sich auch nur eine bestimmte feste Verteilung der Energie zwischen den verschiedenen Schutzstufen und Endgeräten. Da in einem 230/400-V-Niederspannungssystem im Zweifelsfall immer davon auszugehen ist, dass Schutzstufen und Endgeräte mit 275 V bemessen sind, werden diese deutlich höher energetisch belastet. Das kann bereits bei kleinen Blitzströmen zu einer Schädigung und Zerstörung von Komponenten oder Geräten innerhalb der Elektroinstallation führen.

Literatur

- [1] DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11):2007-08 Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [2] DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12): 2007-10 Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 12: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Auswahl und Anwendungsgrundsätze. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [3] Schimanski, J.; Heckler, H.: Koordination von Überspannungsschutzgeräten. EP Elektropraktiker 63 (2009) H. 6, S. 479-484
- [4] DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2006-10 Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [5] DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-53 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern – Abschnitt 534: Überspannung-Schutzeinrichtungen (ÜSE). Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [6] Ehrler, J.; Gmelch, L.: Technologiekonflikt? Kombi-Ableiter für den Blitz- und Überspannungsschutz, G&H Gebäude & Handwerk 7 (2004) H. 4 u. 5
- [7] Datenbuch SIOV Metal Oxide Varistors, Ausgabe 11/2007, München: Epcos AG (Bestell-Nr: EPC:62006-7600)



DEHN + SÖHNE

**Blitzschutz
Überspannungsschutz
Arbeitsschutz**

DEHN + SÖHNE
GmbH + Co.KG.
Hans-Dehn-Str. 1
Postfach 1640
92306 Neumarkt
Germany

Tel. +49 9181 906-0
Fax +49 9181 906-100
www.dehn.de
info@dehn.de

