

Modalitäten des Anschließens von Blitzstromableitern

E. Hering, Dresden

Blitzstromableiter sind Überspannungsschutzgeräte¹⁾ des Typs 1 (Bezeichnung nach der Europeanorm EN 61 643-11) entsprechend der Anforderungsklasse B (Bezeichnung nach E VDE 0675 Teil 6, ersetzt durch VDE 0675 Teil 6-11 [1]) für Starkstromanlagen. Der Beitrag beschreibt vorrangig, wie sie in die Anlage eingefügt werden müssen.

ratsam, mit diesem schon im Anfangsstadium der Planung in Verbindung zu treten und Einvernehmen herzustellen. Jeder VNB kann Abweichungen von der Richtlinie zulassen.

Im Hauptstromversorgungssystem dürfen nur Blitzstromableiter, die auf Funkenstreckenbasis beruhen, der Norm DIN EN 61 643-11 [1] entsprechen und mit der Stoßstromwelle (10/350 µs) geprüft sind, eingesetzt werden ([4], Abschnitte 3.1, 3.2 und 3.5). Die Geräte müssen bei einem inneren Kurzschluss dauerhaft vom Netz getrennt werden ([4], Abschn. 3.3). Das ist gewährleistet, wenn die Abschaltbedingung (wie bei der Schutzmaßnahme TN-System in Verteilungsstromkreisen) erfüllt wird. Die Geräte müssen in Einklang mit Abschn. 6.2.3 der TAB 2000 für einen Stoßkurzschlussstrom von 25 kA bemessen sein ([4], Abschn. 3.6). Dem wird entsprochen,

¹⁾ Der in neueren Normen verwendete Terminus „Überspannungsschutzgerät“ steht hier an Stelle des bisher allein üblichen Ausdrucks „Überspannungs-Schutzeinrichtung“. Dieser ist auch noch in Gebrauch.

1 Aufgabe und Einsatzbedingungen

1.1 Aufgabe

Blitzstromableiter haben die Aufgabe, die aktiven Leiter (Außenleiter und Neutralleiter) der Starkstromanlage in den Blitzschutz-Potentialausgleich einzubeziehen und damit dem inneren Blitzschutz des Gebäudes zu dienen. Sie sind das erste Glied einer Kette von Überspannungsschutzgeräten nach Bild 1, übernehmen den weitaus größten Teil des die Anlage bedrohenden Stoßstromes und bewirken somit den Grobschutz [2]. Weitere Glieder sind die Überspannungsschutzgeräte des Typs 2 (Anforderungsklasse C, Mittelschutz) und des Typs 3 (Anforderungsklasse D, Feinschutz). All diese Geräte zusammen haben die Aufgabe, die auftretenden transienten Überspannungen (Stoßspannungen) und Impulsströme auf verträgliche Größen herabzusetzen. Ein einziges Glied dieser Kette wäre dazu nicht im Stande, weil die Verhältnisse zwischen den ursprünglichen und den verträglichen Größen zu gewaltig sind. Man nennt die Kette auch „Kaskade“, weil die Überspannung stufenweise abgebaut wird und weil die Darstellung der Schaltung an einen mehrstufigen Wasserfall erinnert.

Der Überspannungsschutz ist eine unentbehrliche Ergänzung des äußeren Blitzschutzes. Dieser allein könnte Brände infolge von Überschlägen, Gefährdungen von Menschen und Nutztieren sowie Überspannungsschäden an elektrischen Anlagen und Geräten nicht verhindern. Auch in Häusern ohne Blitzschutzanlage hat die Überspannungsschutzkaskade nach Bild 1 ihre Daseinsberechtigung, weil bei Blitzeinschlägen in andere Gebäude oder in das Verteilungsnetz schädliche Impulsströme und Überspannungen über den Hausanschluss in die Starkstromanlage eindringen können [3].

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die Blitzstromableiter, also auf den Typ 1 (Grobschutz).

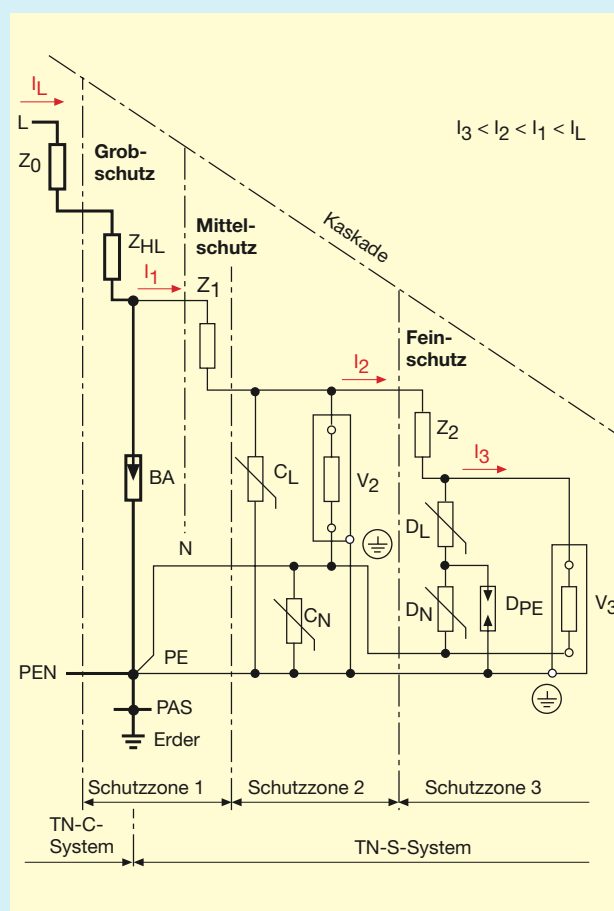
1.2 Einsatzrichtlinie

Die Blitzstromableiter werden zweckmäßigerweise an das Hauptstromversorgungssystem angeschlossen. Das ist der Anlageteil, der vor den Messeinrichtungen liegt und darum vom Verteilungsnetzbetreiber (VNB) plombiert wird. Bedingung für den Einsatz im Hauptstromversorgungssystem ist die Befolgung der entsprechenden Richtlinie [4]. Ferner bedarf dieser Einsatz mit all seinen Einzelheiten der Zustimmung des zuständigen VNB. Es ist

1 Ein Pol des vollständigen Überspannungsschutzes im TN-C-S-System

BA Blitzstromableiter; **C_L** und **C_N** Überspannungsschutzgeräte des Typs 2; **D_L**, **D_N** und **D_{PE}** Überspannungsschutzgeräte des Typs 3; **V₂** und **V₃** Verbraucher; **Z₀** Impedanz vor der Hausanschlusssicherung; **Z_{HL}** Impedanz der Hauptleitung; **Z₁** und **Z₂** Entkopplungsimpedanzen zwischen den Überspannungsschutzgeräten.

Die Widerstände von PEN-, Neutral- und Schutzleiter wurden der Übersichtlichkeit wegen nicht mit dargestellt; sie werden als in den Widerständen der Außenleiter mit enthalten gedacht. Ferner wurde auf die Darstellung der Überstrom-Schutzeinrichtungen verzichtet. Die Richtung der Strompfeile bedeutet nicht die Stromrichtung, sondern die Fortpflanzungsrichtung der Stoßströme und -spannungen.



Autor

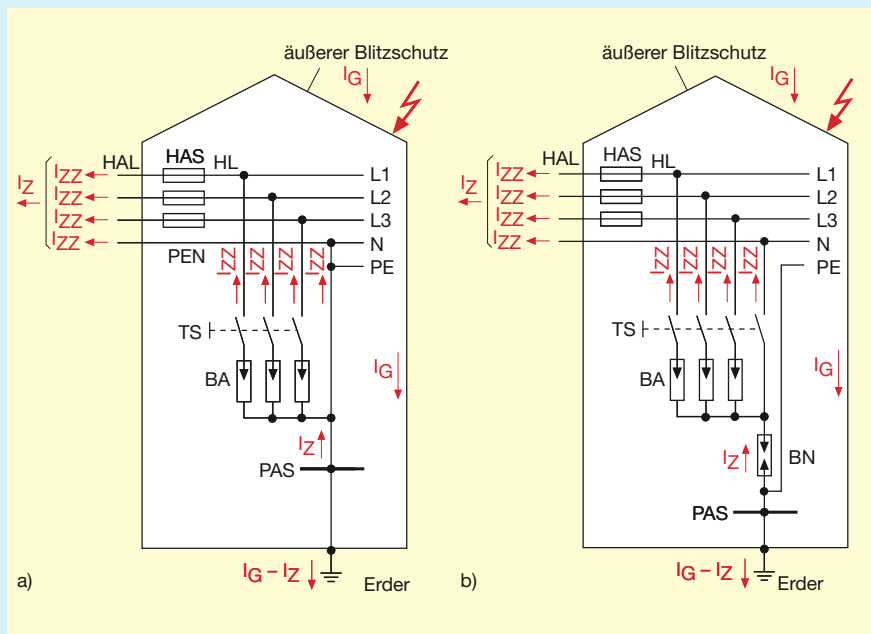
Dipl.-Ing. (FH) Enno Hering ist Mitglied des AK „Starkstromanlagen bis 1 000 V“ des VDE-Bezirksvereins Dresden.

Tafel 1 Blitzstoßströme (10/350 μs) in Abhängigkeit vom Gefährdungspegel nach Tabelle 534.3.1.1 von [6]

Gefährdungspegel / Blitzschutzklasse	I	II	III / IV
I_G in kA	200	150	100
I_Z in kA	$v \cdot 200$	$v \cdot 150$	$v \cdot 100$
I_Z in kA für $v = 0,5$ a)	100	75	50
I_{ZZ} in kA	$\frac{v \cdot 200}{m}$	$\frac{v \cdot 150}{m}$	$\frac{v \cdot 100}{m}$
I_{ZZ} in kA für $v = 0,5$ a)	$\frac{100}{m}$	$\frac{75}{m}$	$\frac{50}{m}$

I_G gesamter Blitzstoßstrom; I_Z Zweigstoßstrom im Hausanschluss; I_{ZZ} Zweigstoßstrom pro Leiter des Hausanschlusses und pro Blitzstromableiter; v Verzweigungsfaktor; m Anzahl der Leiter des Hausanschlusses

a) Diese auf $v = 0,5$ beruhenden Größen sollen lt. [6] der Bemessung der Blitzstromableiter zu Grunde gelegt werden. Alle Blitzstoßströme sind Scheitelwerte. Die Formelzeichen I_Z , I_{ZZ} und v stammen vom Verfasser.



2 Verzweigung des Blitzstoßstroms beim Direkteinschlag in den äußeren Blitzschutz

- a) Haus mit Hauptleitung im TN-C-S-System
- b) Haus mit Starkstromanlage im TT-System

BA Blitzstromableiter; **BN** N-PE-Ableiter; **HAL** Hausanschlussleitung; **HAS** Hausanschlusssicherung; **HL** Hauptleitung; I_G gesamter Blitzstoßstrom; I_Z über die HAL zu fernem Erden fließender Zweig-Stoßstrom; I_{ZZ} pro Ader der HAL und pro BA fließender Zweig-Stoßstrom; **TS** Trennschalter für Prüfzwecke³⁾; **PAS** Potentialausgleichsschiene⁴⁾
 Die HAS dient auch als Vorsicherung für die BA. Die Richtung der Strompfeile entspricht der Fortpflanzungsrichtung der Stoßströme und -spannungen.

wenn der vom Hersteller angegebene max. Sicherungsbemessungsstrom mindestens so groß ist wie der Bemessungsstrom der vorgeordneten Sicherung (s. auch Abschn. 5).

1.3 Normen

Die Blitzstoßstromtragfähigkeit I_{imp} der Blitzstromableiter muss der Beanspruchung an ihrem Einbauort entsprechen ([4], Abschn. 3.4). Dazu ist folgendes zu sagen:
 Die größte Stoßstrombeanspruchung der Blitzstromableiter tritt bei einem Direkteinschlag in den äußeren Blitzschutz des Hauses auf (Bild 2). Der gesamte Blitzstoßstrom ist in Abhängigkeit vom Gefährdungspegel²⁾ in der Tabelle 4 der Vornorm VDE V 0185 Teil 1 [5] angegeben sowie als Größe I_G in der Tafel 1 wiedergegeben und im Bild 2 dargestellt. In der Tabelle 534.3.1.1 der Vornorm VDE V 0100 Teil 534 [6] ist die erforderliche Blitzstoßstromtragfähigkeit der Blitzstromableiter festgelegt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass das 0,5-fache des gesamten Blitzstoßstromes I_G über die Hausanschlussleitung HAL fließt. Diese Größe ist als I_Z in der Tafel 1 wiedergegeben und im Bild 2 dargestellt. Ferner ist die Blitzstoßstromfestigkeit eines Pols der Blitzstromableiter wie folgt festgelegt:

$$I_{ZZ} = I_Z / m \tag{1}$$

I_Z über die HAL fließender Zweigstoßstrom I_{ZZ} pro Pol der Blitzstromableiter und pro Leiter der HAL fließender Zweigstoßstrom m Anzahl der Leiter der HAL

Wenn der Gefährdungspegel (die Blitzschutzklasse) nicht bekannt ist, muss er mit I angenommen werden ([4], Abschn. 3.4). Unabhängig von dieser Forderung wird der Auswahl der Blitzstromableiter meistens der Gefährdungspegel I zugrundegelegt. Das bedeutet:

- $I_G = 200$ kA
 - $I_Z = 100$ kA
 - $I_{ZZ} = 25$ kA beim Vierleiter-Hausanschluss und $I_{ZZ} = 50$ kA beim Zweileiter-Hausanschluss.
- Bei der Auswahl sind noch weitere Kriterien zu beachten, u. a. Folgestromlöschvermögen I_f je nach prospektivem (unbeeinflusstem) Kurzschlussstrom an der Einbaustelle, höchste Dauerspannung U_c , Schutzpegel U_p , max. Anschlussleiterquerschnitt, ausblasend oder nicht ausblasend. In [7] sind die verfügbaren Blitzstromableiter aufgestellt. Die Angaben entsprechen jedoch dem Stand vom Januar 2001 und sind insofern überholt, als inzwischen einige Neuentwicklungen erschienen sind.

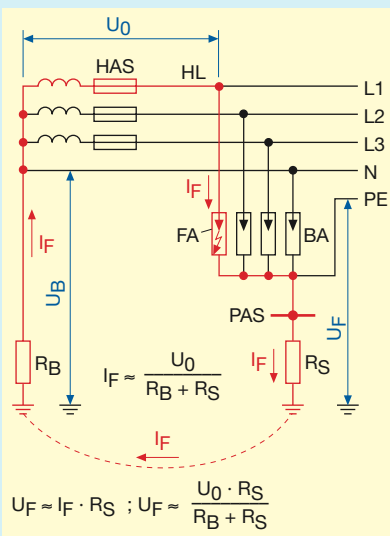
2 Anordnung

Die Gehäuse für den Einbau der Blitzstromableiter müssen schutzisoliert und plombierbar sein ([4], Abschn. 3.8). Im Zusammenhang mit den Blitzstromableitern eingesetzte weitere Geräte, z. B. Trennschalter³⁾, sind im gleichen Gehäuse anzuordnen ([4], Abschn. 3.7). Für ausblasende Geräte dürfen nur die vom Hersteller dafür vorgesehenen Gehäuse verwendet werden ([4], Abschnitt 5). Nicht ausbla-

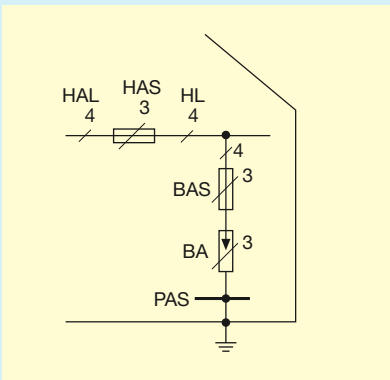
sende dürfen auch im unteren Anschlussraum des Zählerschranks oder im Hauptverteiler angeordnet werden ([4], Abschnitt 5). Die Unterbringung der Blitzstromableiter im Hausanschlusskasten ist nicht möglich, weil dieser dafür nicht gestaltet ist und sich in der Rechtsträgerschaft des VNB befindet.

Mit den eingangs erwähnten Gehäusen können die Blitzstromableiter an beliebiger Stelle der Hauptleitung angeordnet werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Länge der Stichleitung von der Hauptleitung zu den Geräten und des Leiters von diesen zur Potentialausgleichsschiene⁴⁾ (PAS) nach Möglichkeit jeweils nicht mehr als 0,5 m beträgt, damit die Wirksamkeit nicht beeinträchtigt wird. Daraus ergibt sich, dass die PAS immer bei den Blitzschutzableitern angeordnet werden muss. Auch der Leiter von der PAS zum Erden soll so kurz wie möglich sein.

2) „Gefährdungspegel“ ist ein mit [5] eingeführter neuer Ausdruck für „Blitzschutzklasse“
 3) Im Gegensatz zur vorigen Auflage fordert die Richtlinie [4] keine regelmäßige Überprüfung der Blitzstromableiter mehr. Infolge dessen sind die Trennschalter nur noch für freiwillige Überprüfungen und für Auswechslungen ohne Abschaltung der gesamten Anlage erforderlich.
 4) In neueren Normen steht für „Potentialausgleichsschiene“ der Terminus „Haupterdungsklemme“.



3 Gefährliche Fehlerspannung U_F auf dem Schutzleiter eines TT-Systems infolge der Durchgängigkeit des fehlerhaften Blitzstromableiters FA in einer unzulässigen Schaltung BA Blitzstromableiter; I_F Fehlerstrom; R_B Erdungswiderstand des Betriebsers; R_S Erdungswiderstand des Schutzers; U_B Erdungsspannung am Betriebsers; U_0 Spannung zwischen Außenleiter und Neutralleiter, im Allgemeinen 230 V



4 Verworfenne Schaltung mit Vor-sicherung BAS in der Zuleitung zu den Blitzstromableitern BA

3 Einfluss des Systems nach der Erdverbindung

Unabhängig vom System nach Art der Erdverbindung müssen die Anschlüsse so ausgeführt werden, dass durch den Ausbau von Blitzstromableitern der Schutzleiter nicht unterbrochen wird.

3.1 TN-System

Die Hausanschlussleitungen werden im Allgemeinen als TN-C-System ausgeführt. Die Verbraucheranlagen sind zumindest in ihren Endstromkreisen TN-S-Systeme. Sie werden zur Er-

zielung der EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) zunehmend auch in den Verteilungsstromkreisen als TN-S-System ausgeführt. Die Gesamtanlage ist also fast immer ein TN-C-S-System. Im Sinne eines geringen Aufwands und einer hohen Wirksamkeit des Überspannungs-Grobschutzes ist es zweckmäßig, dass die Nahtstelle zwischen dem TN-C-Teil und dem TN-S-Teil des TN-C-S-Systems, d. h. die Stelle der Aufteilung des PEN-Leiters in den Neutralleiter und den Schutzleiter wie im Bild 2 a) mit der Stelle des Abzweigs zu den Blitzstromableitern übereinstimmt ([2], Abschn. 7.4). Dann genügen drei einpolige Blitzstromableiter oder ein dreipoliger. Bei Ausführung nach Bild 2 a) kann der Abschnitt der Hauptleitung zwischen der Hausanschluss-sicherung und dem Abzweig zu den Blitzstromableitern hinsichtlich seiner Wirkung wie eine Verlängerung der Hausanschlussleitung betrachtet werden.

Ist ausnahmsweise schon der Hausanschluss als TN-S-System ausgeführt – was nur bei den Industrienetzen vorkommt – oder liegt der Abzweig zu den Blitzstromableitern fernab vom TN-C-Teil im TN-S-Teil eines TN-C-S-Systems – wofür nur selten ein zwingender Grund vorliegen dürfte –, so werden vier einpolige oder ein vierpoliger Blitzstromableiter benötigt. Ihr Anschluss, der hier nicht dargestellt ist, erfolgt dann einerseits an die drei Außenleiter und den Neutralleiter und andererseits an den Schutzleiter.

3.2 TT-System

Im TT-System müssen die Blitzstromableiter nach Bild 2 b) angeschlossen werden, wofür als „BN“ ein N-PE-Ableiter benötigt wird. Diese Anschlussweise wird mitunter als „3+1-Schaltung“ bezeichnet. Eine andere Anschlussweise – z. B. wie im Abschn. 3.1 für das TN-S-System beschrieben – ist unzulässig, denn bei ihr könnte der Durchgang eines Blitzstromableiters gemäß Bild 3 den Schutzleiter unter Spannung setzen und damit die Gefahr eines Elektronfalls hervorrufen [8][9].

3.3 IT-System

Die Blitzstromableiter werden einerseits an die aktiven Leiter und andererseits an den Schutzleiter angeschlossen. Ihre höchste Dauerspannung U_C muss gemäß Gleichung (2) an die Nennbetriebsspannung U zwischen den Außenleitern angemessen sein, weil bei Erdschluss oder Körperschluss eines Außenleiters die nicht betroffenen die volle Spannung U gegen den Schutzleiter annehmen.

$$U_C \geq 1,1 \cdot U \quad (2)$$

4 Mehrpolige Blitzstromableiter

Sie bieten Vorteile bei der Installation, weil die Verbindungen zwischen den einzelnen Polen schon vorhanden sind. Das kommt besonders

bei der 3+1-Schaltung zur Geltung. Zudem entfallen die zwischen den einpoligen Geräten auftretenden Kräfte, die durch die Stoßströme erzeugt werden, weil solche Kräfte dann hauptsächlich intern auftreten.

5 Überstromschutz

5.1 Kurzschlusschutz von Stickleitungen

Der Überstromschutz umfasst im Allgemeinen den Überlastschutz und den Kurzschlusschutz. Die Blitzstromableiter sind keine Verbrauchsgüter und können keine Überlastung bewirken. Darum bedürfen die Zuleitungen, wenn sie als Stickleitungen ausgeführt sind, nur des Kurzschlusschutzes. Sie können infolgedessen u. U. mit kleinerem Querschnitt ausgeführt werden als die Hauptleitungen, von denen sie abzweigen.

5.2 Grundforderungen an die Blitzstromableiter und deren Schaltung

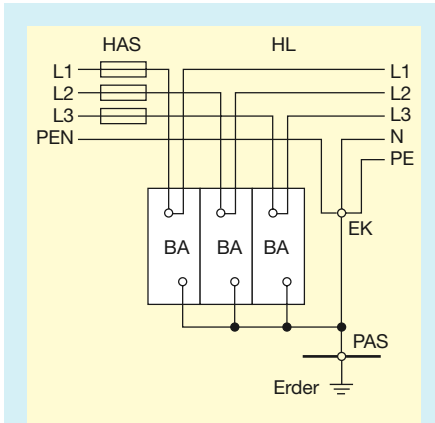
Im Hinblick auf das Auftreten von Zweig-Blitzströmen, siehe I_{ZZ} im Bild 2, sind an die Blitzstromableiter und deren Schaltung sowie an die Gestaltung der übrigen Anlage folgende Forderungen zu stellen:

- Explosionen von NH-Sicherungen und Zerstörungen von Schaltern müssen verhütet werden. Diese könnten zu Beschädigungen von Gehäusen, Verletzungen von Personen, Fehlerlichtbögen mit Brandfolge sowie längeren Versorgungsunterbrechungen führen.
- Blitzstromableiter dürfen nicht dadurch unwirksam werden, dass Überstrom-Schutzeinrichtungen sie von der zu schützenden Anlage trennen.
- Die Stromversorgung soll nach Möglichkeit nicht dadurch unterbrochen werden, dass Überstrom-Schutzeinrichtungen abschalten.

Ist das Abschalten von Überstrom-Schutzeinrichtungen mit tragbarem Aufwand nicht absolut vermeidbar und können die Forderungen nach b) und c) nicht miteinander in Einklang gebracht werden, muss man sich für b) entscheiden. Die Aufrechterhaltung des Überspannungsschutzes hat unbedingten Vorrang vor der Versorgungszuverlässigkeit. Zudem kann bei Gewitter die Versorgung schon vom Mittel- oder Niederspannungsnetz her ausfallen. Dort, wo keine Unterbrechungen tragbar sind, müssen Notversorgungsanlagen oder USV-Anlagen vorgesehen werden.

5.3 Aufrechterhaltung der Schutzwirkung der Blitzstromableiter

Je nach Angabe des Herstellers sind Vorsicherungen der Blitzstromableiter erforderlich. Ihre Anordnung wie die BAS im Bild 4 ist falsch und wird entschieden verworfen! Ihr Abschmelzen würde den Grobschutz und damit den gesamten Überspannungsschutz unwirksam machen [10][11]. Das wäre ein Ver-



5 V-Anschluss von drei einpoligen Blitzstromableitern oder eines dreipoligen an der Nahtstelle zwischen TN-C-System und TN-S-System
EK externe Klemme

stoß gegen die Anforderung b) vom Abschn. 5.2.

Die Vorsicherungen dürfen bei ihrem Abschalten die Blitzstromableiter nicht von der zu schützenden Anlage trennen. Diese Forderung wird z. B. dann erfüllt, wenn wie im Bild 2 die HAS als Vorsicherung dient. Als Voraussetzung dafür müssen Blitzstromableiter eingesetzt werden, deren maximal zulässiger Sicherungs-bemessungsstrom mindestens so groß wie der Bemessungsstrom der HAS ist.

5.4 Aufrechterhaltung der Versorgungszuverlässigkeit

Wenn eine hohe Versorgungszuverlässigkeit erwünscht ist, soll nach Möglichkeit der Blitzeinschlag nicht bewirken, dass die HAS, siehe Bild 2, abschaltet. Diese wird zunächst durch den Zweigstoßstrom I_{ZZ} und dann durch den Netzfolgestrom, der über den vom Blitz an der Funkenstrecke gezündeten Lichtbogen fließt, thermisch beansprucht. Die von diesen beiden Strömen erzeugten Wärmemengen addieren sich, weil in der kurzen Gesamtzeit der Stromflüsse keine erhebliche Wärmeableitung erfolgen kann [10]. Wenn gemäß Bild 2 die HAS als Vorsicherung dient, spielt zusätzlich deren Vorerwärmung durch den Betriebsstrom der Verbraucheranlage eine Rolle.

Als Gegenmaßnahmen kommen hauptsächlich in Betracht:

- Möglichst große erdseitige Verzweigung des

⁵⁾ SHU-Schalter nach Entwurf zu VDE 0645 sind die „Hauptsicherungsautomaten Baureihe S 700“ der Fa. ABB Stotz-Kontakt, die „Hauptsicherungsautomaten Baureihe HA“ der Fa. ABL Sursum, die „Hauptsicherungsautomaten Baureihe EY“ der Fa. Geyer, die „Hauptsicherungsautomaten Baureihe S 700“ der Fa. Elektroinstallation Annaberg und die „SHU-Schalter Baureihe 5SP3“ der Fa. Siemens. Den dafür geeigneten Hausanschlusskasten (gemäß Bild 3 in [10]) stellt die Fa. Geyer her.

Blitzstoßstroms, so dass der über die HAS fließende Zweigstoßstrom klein ist.

- Verwendung von Blitzstromableitern mit starker Folgestrombegrenzung.
- Große Bemessungsstromstärke der HAS oder Verwendung von spannungsunabhängigen selektiven Haupt-Leitungsschutzschaltern (SHU-Schalter)⁵⁾ anstelle von NH-Sicherungen.

Weitergehende Erläuterungen siehe [10][11].

6

V-Anschluss

Blitzstromableiter, die so ausgeführt sind, dass netzseitig zwei Leiter pro Pol angeschlossen werden können, ermöglichen den V-Anschluss, z. B. nach Bild 5. Dieser hat folgende Vorteile:

- a) Der die Wirksamkeit der Blitzstromableiter beeinträchtigende Widerstand der Stichleitung entfällt.
- b) Das Gehäuse mit den Blitzstromableitern kann an beliebiger Stelle der Hauptleitung angeordnet werden, wobei an dieser Stelle allerdings die Leiterzahl von vier auf fünf übergeht, denn

- im TN-C-S-System soll dort die Aufteilung des PEN-Leiters in Neutralleiter und Schutzleiter erfolgen und
- im TT-System kommt dort der Schutzleiter hinzu.

- c) Die im Abschn. 5.3 verworfene Vorsicherung (BAS im Bild 4) ist ausgeschlossen.

Die im Abschn. 5.1 erwähnte Erleichterung kann für die Hauptleitung nicht in Anspruch genommen werden, weil diese auch vor Überlast geschützt werden muss. Darum kommt es besonders beim V-Anschluss darauf an, dass die Blitzstromableiter genügend große Anschlussklemmen haben, sowohl für die von der HAS kommenden als auch für die zur Verbraucheranlage weiter gehenden Leiter.

Die Ausführbarkeit des V-Anschlusses ist auch bei großen Leiterquerschnitten (über 50 mm²) und Sicherungs-bemessungsstromstärken (über 125 A) erwünscht, wofür die Anschlussklemmen der Blitzstromableiter nicht ausreichen. Dafür wird eine zum festen Einbau geeignete Vorbau-Klemmenleiste benötigt,

- die entsprechend große Anschlussklemmen (für Leiterquerschnitte bis 120 mm² und Sicherungs-bemessungsstromstärken bis 250 A) aufweist und
- an die unten die Blitzstromableiter angeschlossen werden können bzw. der mehrpolige angeschlossen werden kann.

Im Interesse der Planer, Errichter, Betreiber und Nutzer der Starkstromanlagen appelliert der Autor an die Hersteller, für ihre Blitzstromableiter mit hohen Kennwerten passende Vorbau-Klemmenleisten auf den Markt zu bringen.

Literatur

- [1] DIN EN 61643-11/VDE 0675 Teil 6-11:2002-12 Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen; Anforderungen und Prüfungen.

- [2] Hering, E.: Blitzschutz-Potentialausgleich, Trennfunktenstrecken und Blitzstromableiter. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)2, S. 122-126.
- [3] Hasse, P.: Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen. 4. Auflage. Köln: TÜV-Verlag 1998.
- [4] Verband der Netzbetreiber (VDN) e. V. beim VDEW, Berlin (Herausgeber): Technische Richtlinie – Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (ÜSE) Typ 1 (bisher Anforderungsklasse B) in Hauptstromversorgungssystemen. 2. Auflage. 2004.
- [5] DIN V VDE V 0185-1/VDE V 0185 Teil 1:2002-11 Blitzschutz; Teil 1: Allgemeine Grundsätze.
- [6] DIN V VDE V 0100-534/VDE V 0100 Teil 534-1999-04 Elektrische Anlagen von Gebäuden; Teil 534: Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln; Überspannungs-Schutzeinrichtungen.
- [7] Hering, E.: Verfügbare Blitzstromableiter für Hauptstromversorgungssysteme. Elektropraktiker, Berlin 55(2001)2, S. 140-143.
- [8] Raab, V.: Überspannungsschutz in Verbraucheranlagen. 2. Auflage. Berlin: Verlag Technik 2003.
- [9] Hering, E.: 3+1-Schaltung und N-PE-Ableiter. Elektropraktiker, Berlin 54(2000)10, S. 834-836.
- [10] Hering, E.: Blitzstromableiter und Überstrom-Schutzeinrichtungen. Elektropraktiker, Berlin 53 (1999)7, S. 630-634.
- [11] Hering, E.: Versicherungen von Blitzstromableitern. Elektropraktiker, Berlin 54(2000)1, S. 18.