

Trennfunknestrecken

E. Hering, Dresden

Der Beitrag gibt eine Übersicht über die aktuellen Trennfunknestrecken für den Blitzschutz-Potentialausgleich und den Überspannungs-Grobschutz in und an Gebäuden. Zudem werden die Aufgaben, die Ausführungen und die für die Auswahl wichtigen Kenngrößen erläutert.

1 Aufgaben und Erfordernisse

Trennfunknestrecken (nachstehend auch kurz TFS) sind dazu bestimmt,

- Erder,
- sonstige Leiter mit Erderwirkung (so genannte „natürliche Erder“, z. B. erdverlegte metallene Rohrleitungen, Schirme erdverlegter Informationskabel) sowie
- geerdete Leiter (z. B. Erdungsleiter, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter, Ableitungen von Blitzschutzanlagen),

die nicht dauernd zusammengeschlossen sein dürfen, voneinander zu trennen, jedoch beim Auftreten hoher Stoßspannungen (beispielsweise infolge von Blitzeinschlägen) kurzzeitig miteinander zu verbinden. Dazu werden sie in die Verbindungen zwischen den Erden oder in die vorgenannten Leiter eingefügt.

Das kurzzeitige Verbinden beim Auftreten hoher Stoßspannungen dient dem Blitzschutz-Potentialausgleich sowie Überspannungs-Grobschutz und damit der Verhütung schwerer Überspannungsschäden (z. B. Personenschäden, Brände, Explosionen, Zerstörungen von Anlagen und Geräten).

Der Einsatz der TFS kann unter anderem aus folgenden Gründen erforderlich sein:

- Ersatz für die direkte Verbindung zwischen einem Erder und einer erdverlegten metallenen Anlage mit unterschiedlichen Ruhepotentialen¹⁾ – z. B. zwischen einem Fundamenterder und einer erdverlegten metallenen Rohrleitung – zum Vermeiden der Bildung eines Korrosionselements²⁾ und damit einer elektrochemischen Korrosion [1][2][3].
- Ersatz für die direkte Verbindung zwischen dem regulären Gebäudeerder (für Elektro- und Blitzschutz) und einem Funktionserder – z. B. für eine Informationsanlage oder ein Labor – zum Herabsetzen der Beeinflussung einer Anlage durch eine andere.
- Vermeiden einer direkten Verbindung zwischen dem Schutzleiter und dem Hilfserder eines Fehlerspannungs-Schutzschalters und damit Verhindern des Überbrückens der Auslösespule.

d) Vermeiden einer direkten Verbindung mit einem Freileitungs-Dachständer.

e) Maßnahme, die das Auftrennen von Verbindungen zu Mess- und Prüfzwecken erspart.

f) Überbrücken einer unvermeidlichen Näherung mit unzulässig kleinem Trennungsabstand über eine TFS, wenn keine direkte Verbindung hergestellt werden darf ([4], Abschn. 6.2).

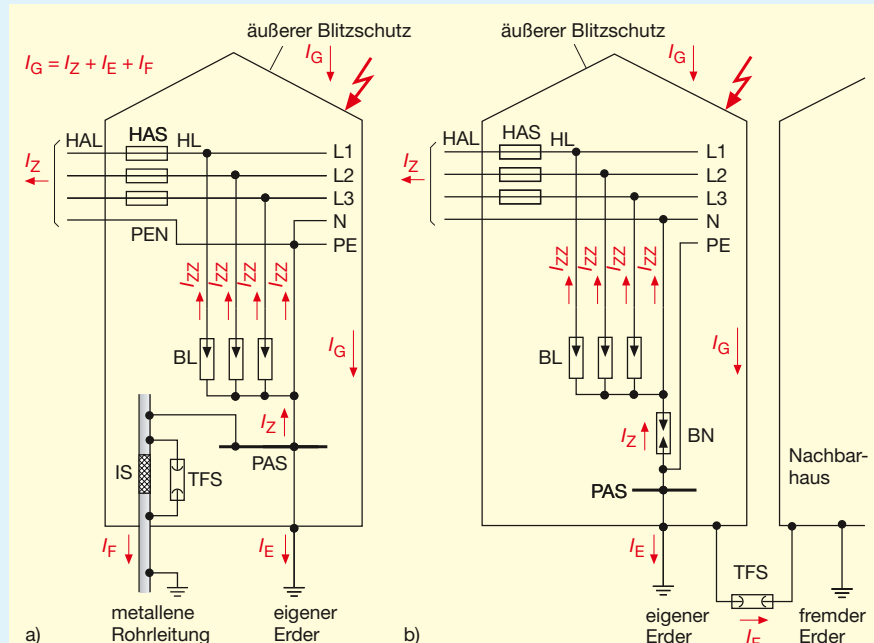
g) Überbrücken eines Isolierstücks – z. B. Isolierflansch, Isoliermuffe – in einer metallenen Rohrleitung für brennbare Gase oder Flüssigkeiten über eine TFS gemäß Bild 1 a) zur Verhütung gefährlicher Überschläge und/oder Ausnutzung der Erderwirkung dieser Rohrleitung für den Blitzschutz (z. B. mit dem Ziel der Reduzierung des über den Hausanschluss fließenden Zweigblitz-

stroms bei direkten Blitzeinschlägen, siehe [5], Abschn. 4.4). Gründe für das Einfügen des Isolierstücks in die Rohrleitung können u. a. sein:

- Vermeiden der elektrochemischen Korrosion nach a),
- Trennen von Rohrleitungsabschnitten bei Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes oder einer Maßnahme gegen Auswirkungen von Streugleichströmen,
- Vermeiden eines dauernden Stromflusses, der die Rohre erwärmen und deren Muffen schädigen könnte.

¹⁾ Ruhepotential ist das Elektrodenpotential bei Nichteinwirkung von Strömen. In der Korrosionsschutztechnik wird es meist gegen eine auf die Geländeoberfläche gesetzte Kupfer/Kupfersulfat-Elektrode (unpolarisierbare Bezugselektrode) gemessen [1]. Seine Größen sind z. B. aus [1] bis [3] ersichtlich. Die Elektroden (hier Erder und erdverlegte metallene Anlage) bilden zusammen mit dem oder den Elektrolyten (hier Erdstoff und evtl. zusätzlich Beton) wegen des Unterschieds der Ruhepotentiale ein elektrochemisches Element.

²⁾ Durch den Zusammenschluss der Elektroden (hier Erder und erdverlegte metallene Anlage), der das Schließen des Stromkreises des elektrochemischen Elements bedeutet, entsteht ein Korrosionselement, das die elektrochemische Korrosion der Elektrode mit dem negativeren Ruhepotential („unedlere Elektrode“) bewirkt.



1 Vermeidung des Blitzstoßstroms beim Direkteinschlag in den äußeren Blitzschutz

a) Haus mit Hauptleitung im TN-C-System und mit metallenen Hausanschlussrohr für Gas

b) Haus mit Starkstromanlage im TT-System und mit Verbindung zum Erder des Nachbarhauses

BL Blitzstromableiter; **BN** N-PE-Blitzstromableiter; **HAL** Hausanschlussleitung; **HAS** Hausanschlussleistung; **HL** Hauptleitung; **IS** Isolierstück; **PAS** Potentialausgleichsschiene; **TFS** Trennfunknestrecke; **I_G** gesamter Blitzstoßstrom; **I_E** zum eigenen Erder fließender Zweig-Stoßstrom; **I_F** über die TFS zu einem fremden Erder fließender Zweig-Stoßstrom; **I_Z** über die Hausanschlussleitung zu fremden Erden fließender Zweig-Stoßstrom

Die Richtung der Strompfeile entspricht der Fortpflanzungsrichtung der Stoßströme und Stoßspannungen.

Autor

Dipl.-Ing. (FH) **Enno Hering** ist Mitglied des AK „Blitzschutz“ und des AK „Starkstromanlagen bis 1000 V“ des VDE-Bezirksvereins Dresden.

h) Vermeiden einer direkten Verbindung zwischen den Erden mehrerer Häuser, insbesondere im TT-System, durch Einfügen von TFS gemäß Bild 1b in alle zwischen den Erden verlaufenden Potentialausgleichsleiter, metallenen Rohrleitungen, Kabelschirme und dergleichen. Das absichtliche Herstellen von Verbindungen zwischen den Erden – beim TT-System über TFS – kann folgende Gründe haben:

- Ausnutzen der Erderwirkung auch der anderen Erder für den Blitzschutz wie bei g),
- Verhüten gefährlicher Überschläge zwischen benachbarten Häusern,
- Verhüten der durch Fehlerströme oder Zweigblitzströme verursachten thermischen Überlastung der Schirme von Informationskabeln.

Zum Prinzip des TT-Systems gehören getrennte Erder der Verbrauchsanlagen. Das direkte Verbinden der Erder oder das Herstellen eines gemeinsamen Erders von Doppel- und Reihenhäusern mag noch angehen. Durch das direkte Verbinden der Erder zahlreicher Häuser würde aber ein Gebilde geschaffen, das die Nachteile des TN- und des TT-Systems in sich vereinigt. Im Falle eines Fehlers (z. B. Versagen eines FI-Schutzschalters bei einem Körperschluss, Installationsfehler) würde die Fehlerspannung auf alle anderen Erder verschleppt. Bei den Schirmen der Informationskabel ist das Einfügen der TFS problematisch, weil sie zur vollen Entfaltung ihrer Wirkung an beiden Enden geerdet werden müssen. Darum schließen die Informationsnetze mit geschirmten Kabeln die Verteilungsnetze mit einwandfreiem TT-System aus [6]. Auswege beim TT-System sind Signalübertragungen über Glasfasern und mittels Funk.

Wenn die Blitzschutzanlagen aneinander gebauter Häuser (z. B. in geschlossener Bebauung) voneinander getrennt werden, z. B. aus einem der unter e) und h) genannten Gründe, so müssen die TFS selbstverständlich in alle Verbindungen eingefügt werden, d. h. sowohl im unteren als auch im Dachbereich.

Die Ausdrücke „Blitzschutz-Potentialausgleich“ und „Überspannungs-Grobschutz“ haben annähernd gleiche Bedeutung; sie bezeichnen ein und dieselbe Maßnahme. Sie sind aus unterschiedlichen Betrachtungsweisen entstanden, die jedoch durchaus miteinander im Einklang stehen.

Der Blitzschutz-Potentialausgleich ist ein Teil der Ergänzung der äußeren Blitzschutzanlage, die aus der Fangeinrichtung (Gesamtheit der Fangleitungen, Fangstangen und dgl.), der Ableiteinrichtung (Gesamtheit der Ableitungen) und dem Erder besteht. Die Benutzung dieses Ausdrucks ist darum streng genommen an das Vorhandensein einer äußeren Blitzschutzanlage gebunden. Soweit sich der Blitzschutz-Potentialausgleich innerhalb des Gebäudes befindet, gilt er auch als ein Teil des inneren Blitzschutzes.

Der Überspannungs-Grobschutz ist das erste Glied einer Kette von Überspannungs-Schutzmaßnahmen; er steht sozusagen „in vorderster Front“. Zum vollständigen Überspannungsschutz gehören als weitere Glieder der genannten Kette auch der Mittel- und der Feinschutz. Bei geringen Ansprüchen an den Überspannungsschutz kann es aber unter Umständen ausreichen, dass der Grobschutz für sich allein angewendet wird.

In den Blitzschutz-Potentialausgleich und Überspannungs-Grobschutz müssen auch die Spannung und Strom führenden Leiter der Starkstrom- und Informationsanlagen einbezogen werden. Das ist jedoch nicht Gegenstand dieses Beitrags, weil TFS dafür nicht geeignet sind.

2 Normen und Termini

Trennfunktenstrecken müssen VDE 0185-203 [7] entsprechen. Bis zum 01.03.2009 dürfen sie auch gemäß der vorigen Norm DIN 48810:2001-09 [8] hergestellt und in Verkehr gebracht werden ([7], Beginn der Gültigkeit). Nach früheren Normen hergestellte TFS dürfen für unbegrenzte Zeit in den Anlagen verbleiben, sofern sie noch voll funktionsfähig sind und den durch die Anlage gegebenen Anforderungen entsprechen.

Nachstehend sind die wichtigsten Termini und deren Definitionen aus dem Abschnitt 3 sowie die Klasseneinteilung nach Abschnitt 4 von [7] aufgeführt.

- a) Ansprechspannung ist die maximale Spannung vor dem Überschlag zwischen den Elektroden der TFS.
- b) Bemessungs-Ansprechstoßspannung ist die vom Hersteller angegebene Ansprechspannung der Wellenform (1,2/50 μ s).
- c) Stehspannung ist die Spannung, der die TFS während der Prüfungen bei festgelegten Bedingungen und einer festgelegten Zeit ohne Überschlag standhält.
- d) Bemessungs-Stehwechselspannung ist die vom Hersteller angegebene Stehwechselspannung.
- e) Klassen der Blitzstromtragfähigkeit sind: H (hoch, ≥ 100 kA), N (mäßig, ≥ 50 kA) sowie L1, L2 und L3 (niedrig, < 50 kA).

Für die Auswahl der TFS in Wechselstromanlagen sind vor allem die vorstehend unter b) und d) genannten Spannungen wichtig, ferner die Blitzstromtragfähigkeit sowie die Ausführung des Gehäuses und der Anschlüsse.

3 Ausführungen und Wirkungsweise

TFS sind Geräte mit einem geschlossenen Gehäuse. Im Allgemeinen haben sie Spindel-form. Sie sind überwiegend wasserdicht und wetterfest, also ohne Gehäuse auch im Freien einsetzbar.

Explosionsgeschützte TFS sind auch für nicht explosionsgefährdete Anlagen und Bereiche bestimmt. Manche Firmen stellen zur Beschränkung der Typenvielfalt die TFS ausschließlich mit Ex-Schutz her.

Die laut Herstellerangabe für die unterirdische Verwendung geeigneten TFS dürfen auch unmittelbar in den Erdstoff gelegt werden. Nicht so ausgezeichnete können in einem Unterflur-Trennstellenkasten angeordnet und mit Kabel angeschlossen werden, dessen Leiter aus Kupfer mit einem Querschnitt von mindestens 16 mm² besteht.

TFS enthalten eine von zwei Elektroden gebildete Funkenstrecke. Diese wird vom isolierenden in den stromdurchlässigen Zustand überführt, wenn die TFS anspricht, d. h. durch eine Stoßspannung ein Lichtbogen zwischen den Elektroden gezündet wird. Nach dem Wegfall der Stoßspannung muss durch das Löschen des Lichtbogens der isolierende Zustand wieder eintreten.

Die Ansprechstoßspannung und die Stehwechselspannung sind vom Elektrodenabstand der Funkenstrecke abhängig. Einige Hersteller, z. B. die Firmen Leutron und OBO Bettermann, können bei Abnahme einer größeren Stückzahl diesbezügliche Kundenwünsche durch Variieren des Elektrodenabstands in der Produktion erfüllen.

4 Erforderliche Kenngrößen

4.1 Blitzstromtragfähigkeit

Die Blitzstromtragfähigkeit eines Überspannungsschutzgeräts wird hauptsächlich durch den Blitzstoßstrom (angegeben als Spitzenwert I_{imp} in kA) und dessen Wellenform (zwischen Klammern angegeben als Anstiegszeit und Rückenhalbwertszeit in μ s) bestimmt. Dafür maßgebend ist ferner die spezifische Energie W/R (angegeben in kJ/ Ω = kA²s), die vom Gerät vertragen wird.

Für Blitzstoßströme und deren Zweigströme wird die Wellenform (10/350 μ s) zugrundegelegt ([9], Abschn. 8.1, Tabelle 5). Darum werden die Blitzstoßströme der Blitzstromableiter (Überspannungsschutzgeräte des Typs 1, für den Grobschutz) so angegeben [10]. Diese Wellenform muss auch für die TFS angenommen werden, weil diese ebenfalls derartigen Strömen ausgesetzt sind. Die Angabe der Größe I_{imp} beruht immer auf dieser Wellenform ([7], Tabelle 1, Tabellenfuß; [10]).

Die Bemessung muss nach der höchsten zu erwartenden Beanspruchung erfolgen. Diese tritt beim direkten Blitzzeinschlag nach Bild 1 auf. Der gesamte Blitzstoßstrom (Scheitelwert) I_G kann

- 200 kA bei der Blitz-Schutzklasse I,
- 150 kA bei II und
- 100 kA bei III und IV

betragen ([9], Abschn. 8.1, Tabelle 5). Die für ein Gebäude maßgebende Blitz-Schutzklasse („Gefährdungspegel“) wird auf der Basis einer

Risikoabschätzung unter Berücksichtigung der Bedrohungsgrößen (z. B. örtliches Blitzgeschehen, Lage und Abmessungen der Gebäude) und der Schutzbedürftigkeit (z. B. Empfindlichkeit, Wert und Bedeutung der Anlagen, Geräte und sonstigen Gebäudeinhalte) ermittelt ([9], Abschnitte 7.4 und 8.1). Unabhängig davon ist es aber ratsam, für die Auswahl der TFS immer von der Schutzklasse I auszugehen, denn ein Blitz mit entsprechend hohem Stoßstrom kann auch in ein niedriger eingestuftes Gebäude einschlagen. Selbst dabei sollen die TFS intakt bleiben; denn ein Ausfall macht sich nicht deutlich bemerkbar, sondern ist im Allgemeinen nur durch eine Prüfung feststellbar.

Eine TFS wird immer nur von einem Zweig-Stoßstrom, also von einem Teil des gesamten Blitzstoßstroms I_G durchflossen. In den Beispielen des Bildes 1 ist das der Zweig-Stoßstrom I_F . Die Aufteilung des gesamten Blitzstoßstroms I_G richtet sich u. a. nach der Anzahl, den Eigenschaften und den Entfernungen der beteiligten Erder sowie nach den Eigenschaften und Längen der zu diesen führenden Leitungen ([5], Abschn. 4.4). Regeln für die Ermittlung der Aufteilung enthält der informative Anhang E von [9]. Sie sind jedoch wenig anwenderfreundlich und können keine genauen Ergebnisse liefern, zumal die Eingabegrößen für die Berechnung oftmals nur ungenügend bekannt sind.

Wegen der Unsicherheit bezüglich der Aufteilung ist es zweckmäßig, unter Zugrundelegung der Blitz-Schutzklasse I für I_F einen Blitzstoßstrom (10/350 μ s) von $0,375 \cdot 200 \text{ kA} = 75 \text{ kA}$ oder größer anzunehmen. Eine Bemessung mit 100 kA reicht immer.

Werden zwischen benachbarten Erdern zwei parallele Verbindungen mit je einer TFS hergestellt, so kann unter Berücksichtigung einer ungleichmäßigen Aufteilung angenommen werden, dass der größte der beiden Zweig-Stoßströme maximal 50 kA beträgt. Voraussetzung dafür ist allerdings die Anordnung der beiden Verbindungen mit großem Abstand, z. B. an zwei Ecken, damit beide TFS ansprechen können.

4.2 Bemessungs-Ansprechstoßspannung

Damit die TFS keiner zu starken Abnutzung ausgesetzt werden, sollen sie nur bei hohen Stoßspannungen ansprechen, wie sie bei direkten und nahen Blitzeinschlägen auftreten. Darum ist es ratsam, für normale Anwendungsfälle die Bemessungs-Ansprechstoßspannung (Scheitelwert) nicht kleiner als 2 kV zu wählen. Bei TFS zum Überbrücken der Isolierstücke zwischen zwei erdverlegten Abschnitten metallener Rohrleitungen, z. B. Ferngasleitungen, können ausnahmsweise auch kleinere Bemessungs-Ansprechstoßspannungen zweckmäßig sein. Die Anschlussleitungen der TFS zum Überbrücken des Isolierstücks müssen sehr kurz gehalten werden, damit die Schutzwirkung nicht beeinträchtigt wird.

Tafel 1 Trennfunkkenstrecken für den Überspannungsgrobschutz in und an Gebäuden (ohne Gewähr)

Firma, Typ	Norm	Klasse der Blitzstrom-Tragfähigkeit a)	Blitzstoßstrom I_{imp} in kA b)	Bemessungs-Ansprechstoß-Spannung in V c)	Bemessungs-Stehwechsel-Spannung in V d)	Gehäuseausführung	Form der Anschlüsse	Metall der Anschlüsse
Dehn, TFS	VE	H	100	< 4000	(500)	T	11	Edelstahl
Dehn, EXFS 100	A	H	100	≤ 1250	250	X	3	Messing
Dehn, EXFS 100 KU	A	H	100	≤ 1250	250	Y	8	Kupfer
Dehn, EXFS L	VE	N	50	< 2500	(300)	K	10	Kupfer
Dehn, EXFS KU	VE	N	50	< 2500	(300)	Y	9	Kupfer
Leutron, TSF 500	VE	N	75	≤ 1300	(280)	S	1	Edelstahl
Leutron, TA 500 C	VE	N	75	≤ 1300	(280)	T	4	Edelstahl
Leutron, SGO 350	VE	N	75	≤ 1300	(280)	T	6	Kupfer
Leutron, SGO 350 QA	VE	N	75	≤ 1300	(280)	U	8	Kupfer
Leutron, TC 500 A	VE	N	75	≤ 1300	(280)	X	5	Edelstahl
Leutron, TC 100 A	VE	N	75	≤ 950	(50)	X	5	Edelstahl
OBO, 480	VE	H	100	≤ 4500	(250)	X	7	Kupfer
OBO, 481	VE	N	50	≤ 5000	(500)	T	2	Edelstahl
Pröpster, 111 065	E	H	100	< 5000	(250)	T	1	Edelstahl

a) Klasse H oder N nach DIN EN 50164-3 (VDE 0185-203).

b) Mindestwert mit der Wellenform (10/350 μ s).

c) Für eine Stoßspannung mit der Wellenform (1,2/50 μ s).

d) Eingeklammerte Größe noch nicht geprüft, jedoch mindestens wie angegeben.

Kurzzeichen für die Norm: A Nach aktueller Norm DIN EN 50164-3 (VDE 0185-203):2007-03 geprüft; E Prüfung nach A eingeleitet; V Nach voriger Norm DIN 48810:2001-09 geprüft.

Kurzzeichen für die Gehäuseausführung: S spindelförmig, für Innenraum; T spindelförmig und wetterfest; U spindelförmig, wetterfest, auch für unterirdischen Einsatz direkt im Erdstoff geeignet; X spindelförmig, wetterfest und mit Ex-Schutz; Y spindelförmig, wetterfest, auch für unterirdischen Einsatz direkt im Erdstoff geeignet und mit Ex-Schutz; K kappenförmig, wetterfest und mit Ex-Schutz.

Kurzzeichen für Form der Anschlüsse: 1 Beiderseits Bolzen M8; 2 Beiderseits Bolzen M10; 3 Beiderseits Buchse M10; 4 Auf einer Seite Bolzen M8, auf der anderen Buchse M8; 5 Auf einer Seite Bolzen M10, auf der anderen Buchse M10; 6 Beiderseits Lasche mit Bohrung ohne Gewinde für Schraube M8; 7 Auf einer Seite Lasche mit Schraube und Mutter M10, auf der anderen flexible Leitung NSLFF 25 mm², wahlweise 180 mm, 250 mm oder 350 mm lang, mit Schraube und Mutter M10; 8 Beiderseits Kabel NYY-J 1 $\times$ 25 mm², je 2 m lang; 9 Beiderseits Kabel NYY-J 1 $\times$ 25 mm², je 1,5 m lang; 10 Seitlich Buchse M10, unten flexible Leitung H01N2-D 25 mm² mit Kabelschuh, Schraube und Mutter M10, wahlweise 100 mm, 200 mm oder 300 mm lang; 11 Beiderseits Bolzen $\varnothing$ 10 mm.

4.3 Bemessungs-Stehwechselspannung

TFS sollen nicht durch Fehlerspannungen der Starkstromanlagen ansprechen. Darum sollte ihre Bemessungs-Stehwechselspannung bei Anlagen mit der Betriebsspannung 230/400 V nicht unter

- 140 V im TN-System und
- 240 V im TT-System

liegen. Bei Anlagen 400/690 V mit dem TN-System sollte sie mindestens 220 V betragen. Die Empfehlung der hohen Bemessungs-

Tafel 2 Firmen und Firmensitze

Kurzname	Vollständiger Name und Sitz
Dehn	Dehn + Söhne GmbH + Co. KG, 92318 Neumarkt (OPf.)
Leutron	Leutron GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen
OBO	OBO Bettermann GmbH + Co., 58710 Menden
Pröpster	J. Pröpster GmbH, 92318 Neumarkt (OPf.)

Stehwechselspannung im TT-System ist dadurch begründet, dass bei diesem die Anforderungen an die Betriebserdung des Verteilungsnetzes geringer sind als beim TN-System. Ferner tritt im TT-System bei einem Körperschluss während der kurzen Zeit bis zum Abschalten am Schutzleiter und am Schutzleiter die Außenleiter-Erde-Spannung U_0 auf, während der zweite an die TFS angeschlossene Leiter u. U. das Erdpotential beibehält. Bei TFS zum Überbrücken von Isolierstücken zwischen zwei erdverlegten Abschnitten metallener Rohrleitungen, z. B. Ferngasleitungen, können u. U. kleinere Bemessungs-Stehwechselspannungen ausreichen.

5 Verfügbare Geräte

Eine Übersicht über die verfügbaren TFS gibt die Tafel 1. Im Hinblick auf den Überspannungs-Grobschutz wurden nur solche TFS in die Tafel aufgenommen, für die ihr Hersteller den Blitzstoßstrom mit der Wellenform (10/350 μ s) angeben konnte. Ferner wurden Geräte mit Blitzstoßströmen unter 50 kA sowie mit sehr kleinen Bemessungs-Ansprechstoßspannungen und Bemessungs-Stehwechselspannungen nicht berücksichtigt. Die Werte beruhen auf Angaben der jeweiligen Firmen. Es empfiehlt sich, nach Auswahl eines Gerätes von dort ausführliche technische Unterlagen (Datenblatt, Angaben über bestandene Prüfungen und erteilte Prüfzeichen, Einbauanleitung) anzufordern. Die vollständigen Namen und Sitze der Firmen enthält die Tafel 2. Die Tafel 1 entspricht dem Stand vom Dezember 2007. Es können jederzeit Änderungen der Kenngrößen eintreten, zusätzliche Ausführungen erscheinen und/oder Lieferprogramme geändert werden.

Literatur

- [1] Hering, E.: Fundamente der. Berlin: Verlag Technik 1996. Wird nicht mehr vom Verlag vertrieben.
- [2] Hering, E.: Zusammenschluss erdgebetteter metallener Anlagen mit Fundamentern. Elektropraktiker, Berlin 51 (1997) 1, S. 38-41.
- [3] Kiefer, G.: VDE 0100 und die Praxis. 12. Auflage. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag 2006.
- [4] DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):2006-10 Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen.
- [5] Hering, E.: Blitzstromableiter und Überstrom-Schutzeinrichtungen. Elektropraktiker, Berlin 53 (1999) 7, S. 630-634.
- [6] Weber, A.: Potentialausgleich für Breitbandkabel. Elektropraktiker, Berlin 60 (2006) 12, S. 994-995.
- [7] DIN EN 50164-3 (VDE 0185-203):2007-03 Blitzschutzbauteile – Teil 3: Anforderungen an Trennfunkstrecken. Dazu Berichtigung 1:2007-08.
- [8] DIN 48810:2001-09 Blitzschutzanlage; Verbindungsbauteile und Trennfunkstrecke; Anforderungen, Prüfungen.
- [9] DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2006-10 Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze.
- [10] DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11):2002-12 Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Anforderungen und Prüfungen. ■

Verschattungen von Photovoltaikanlagen minimieren

H. Buers, Berlin

Verschattungen von Photovoltaikanlagen führen zu Ertragseinbußen und können schlimmstenfalls einzelne Solarzellen zerstören und ein ganzes Modul unbrauchbar werden lassen. Sowohl den Herstellern als auch den Planern und Betreibern bieten sich eine Reihe von Möglichkeiten, die negativen Auswirkungen zu minimieren.

1 Die Sonne als Energiequelle

Im Inneren der Sonne entsteht durch die Verschmelzung von zwei Wasserstoff- zu einem Heliumatom eine unvorstellbare Menge Energie. In Zahlen ausgedrückt: Die Sonne strahlt mit einer Leistung von etwa $3,85 \times 10^{20}$ MW. Dazu würden auf der Erde etwa 3×10^{17} Atomreaktoren mit einer thermischen Leistung von 1200 MW benötigt. Diese Zahlenspielerlei ließ sich noch eine Weile fortsetzen und würde doch nur eines deutlich machen: Für menschliche Begriffe ist die Energie der Sonne unendlich – ein guter Grund, sie nutzbar zu machen. Allerdings geht auf dem Weg zur Erde fast alles wieder verloren: nur der etwa zweimillionste Teil der Sonnenstrahlung schafft es bis auf die Erdoberfläche. Und dennoch: Das entspricht immerhin noch einer Energiemenge von 1×10^{18} kWh/a und damit etwa dem 10000-fachen des weltweiten Bedarfs.

Solartechniker haben bei ihrem Bemühen, diese im Überfluss vorhandene Energie zu nutzen, einige Hürden zu überwinden. Sie müssen sie mit Modulen einfangen, deren Absorptionsfläche aus Kostengründen so klein wie möglich sein soll und deren Wirkungsgrad nicht einmal bei 20 % liegt. Das kann ihnen nur gelingen, wenn sie alle Daten zur Sonneneinstrahlung vorab in ihre Planungen und Berechnungen einfließen lassen und alle negativen Einflüsse von der Photovoltaikanlage fern halten. Zu den negativen Einflüssen, die die solaren Erträge erheblich mindern können, zählen Schattenwürfe auf die Modulflächen.

Die Solarbranche hat dem Einfluss von Verschattungen in den vergangenen Jahren oft nur eine untergeordnete Bedeutung zugemessen und meistens nur lapidar empfohlen, verschattete oder teilverschattete Standorte zu vermeiden. Doch in der Praxis lässt sich dies nicht immer realisieren, wie unter anderem die Erfahrungen beim deutschen 1000-Dächer-Programm gezeigt haben: Nach einer

Auswertung der Betriebsergebnisse waren bei mehr als 50 % der Anlagen Verluste durch Teilverschattungen zu beobachten. Die jährlichen Leistungseinbußen betrugen bis zu 10 %. Es lohnt sich also, diesem Problem zu Leibe zu rücken.

Der Beitrag beschreibt verschiedene Aspekte des Problems. Da wären zunächst die Verschattungen selbst, von denen einige vermeidbar, andere unvermeidbar sind. Zudem hängen sie meistens vom Standort der Photovoltaikanlage ab. Verschattungen nehmen Einfluss auf die Zellkennlinien und -parameter und senken damit die Leistung der Module oder beschädigen sogar die Zelle. Mit Verschattungsanalysen und -simulationen lassen sich mögliche Beeinträchtigungen bereits im Vorfeld erkennen. Die Abschätzung von Ertragseinbußen machen den Umfang des Problems deutlich und helfen bei der Entscheidung, ob und welche Maßnahmen zu ergreifen sind. Möglichkeiten, Verschattungen zu vermeiden oder deren Auswirkungen zumindest zu minimieren, gibt es einige, wie die Ausführungen zeigen werden.

2 Verschattungsarten

Verschattungen lassen sich unterschiedlichen Kategorien zuordnen. Eine in der Fachliteratur gängige Einteilung unterscheidet zwischen zufälligen, vermeidbaren und unvermeidbaren sowie anlagenbedingten Verschattungen. Für alle gilt gleichzeitig, dass die mit ihnen einhergehenden Energieverluste umso höher sind, je näher sich die Schatten werfenden Objekte an der Photovoltaikanlage befinden.

2.1 Zufällige Verschattungen

Typische Verursacher von temporären Verschattungen sind Schnee, Laub und Verschmutzungen. Sie hängen zum Teil stark von der geografischen Lage des Standorts ab. Selbstverständlich treten Schneebedeckungen in ganz Deutschland auf, es ist aber leicht nachzuvollziehen, dass ein Standort im Hochgebirge, in den Alpen beispielsweise, anders zu beurteilen ist als ein Standort im durchschnittlich wärmeren Ruhrgebiet. Ein Beispiel:

Autor

Hermann Buers ist freier Fachjournalist, Berlin.