

Ansprechverhalten von Klasse-B-Blitzstromableitern bei Burstimpulsen

Jan Meppelink • Johannes Mehl • Jürgen Trinkwald

Blitzstromableiter sind neben der Blitzüberspannung auch transienten Überspannungen durch Schaltvorgänge im Netz ausgesetzt. Ein Blitzstromableiter mit einer gesteuerten Mehrfachfunkenstrecke wirkt bei Beanspruchung mit einem Burstimpuls dabei wie ein parametrischer, kapazitiver Netzfilter. Durch diese Eigenschaft lassen sich transiente Überspannungen wegfiltern, ohne dass der gesamte Ableiter durchzündet.

Blitzstromableiter werden zum Blitzschutzpotenzialausgleich eingesetzt. In Niederspannungsnetzen werden sie durch die Blitzüberspannungen der Kurvenform $1,2/50 \mu\text{s}$ beansprucht und erfüllen hier die Aufgabe des Potenzialausgleichs und der Begrenzung von Überspannungen [1]. In einem Niederspannungsnetz treten bei Schalthandlungen auch Burstimpulse auf, die Werte von 4 kV und höher erreichen können und durch einen Impuls der Kur-

venform $5/50 \text{ ns}$ [2] nachzubilden sind. Die Anstiegszeit eines Burstimpulses ist mit 5 ns etwa 240-mal kleiner als die Stirnzeit der Blitzstoßspannung $1,2/50 \mu\text{s}$ mit $1,2 \mu\text{s}$. Wanderwellen in elektrischen Installationen von Niederspannungsanlagen breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus. Für einen Abstand von 1 m benötigt eine Wanderwelle gerade $3,33 \text{ ns}$. Die Spannung am Blitzstromableiter ist daher getrennt von benachbarten Überspannungsableitern zu betrachten, die im Allgemeinen weiter entfernt in Unterverteilungen angeordnet oder über Entkoppelspulen verbunden sind und für Burstimpulse eine Sperre darstellen. Die folgenden Ausführungen zeigen, wie Blitzstromableiter unterschiedlicher Technologien auf solche Burstimpulse reagieren und wie sie die transienten Überspannungen somit begrenzen können.

Computersimulation von Blitzstromableitern

Blitzstromableiter in Grafittechnologie [3] mit Mehrfachfunkenstrecken verhalten sich bei Burstimpulsen wie ein parametrischer C-Filter. In Bild 1 ist die Schaltung eines Blitzstromableiters [3] dargestellt. Wird nun aus dem angeschlossenen Burstimpuls-Generator ein Spannungsimpuls $5/50 \text{ ns}$ aufgeschaltet, reagiert der Blitzstromableiter zunächst mit dem Zünden der ersten Teilfunkenstrecke. Dabei wird aber der Ausgang des Burstimpuls-Generators mit dem ersten Steuerkondensator C_e verbunden. Durch diese kapazitive Belastung verändert sich die Spannungsform des aufgeschalteten Impulses. Als nächstes zündet die zweite Teilfunkenstrecke und es wird ein weiterer Steuerkondensator wirksam, der wiederum die Spannungsform verändert. Dieser Vorgang setzt sich solange fort, bis entweder der Spannungsimpuls des Burst-

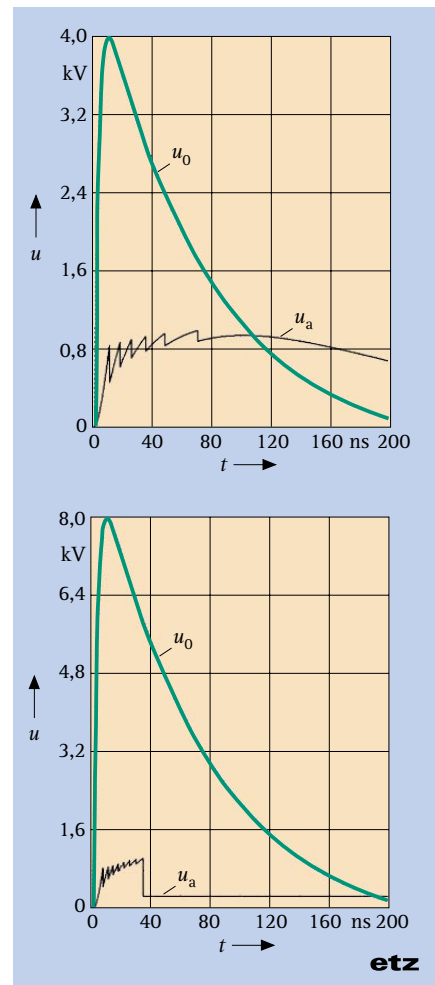


Bild 2. Computersimulation eines Blitzstromableiters MC 50-B VDE bei Beanspruchung durch einen Burstimpuls $5/50 \text{ ns}$. Ansprechspannung jeder Teilfunkenstrecke: 800 V ; Steuerkapazität: 1 nF
a) bei einer Leerlaufspannung des Prüfgenerators von 4 kV
b) bei einer Leerlaufspannung des Prüfgenerators von 8 kV

impuls-Generators vollständig durch die Steuerkondensatoren aufgebraucht ist oder bis alle Teilfunkenstrecken durchschalten. Es hängt daher von der Höhe des Burstimpulses ab, ob der Blitzstromableiter den Burstimpuls als kapazitiven Filter absorbiert ohne durchzuzünden oder ob er bei höherer Spannung vollständig durchzündet. Diese Vorgänge zeigt Bild 2.

In Bild 2a ist dargestellt, wie der angelegte Burstimpuls $5/50 \text{ ns}$ mit 4 kV Schei-

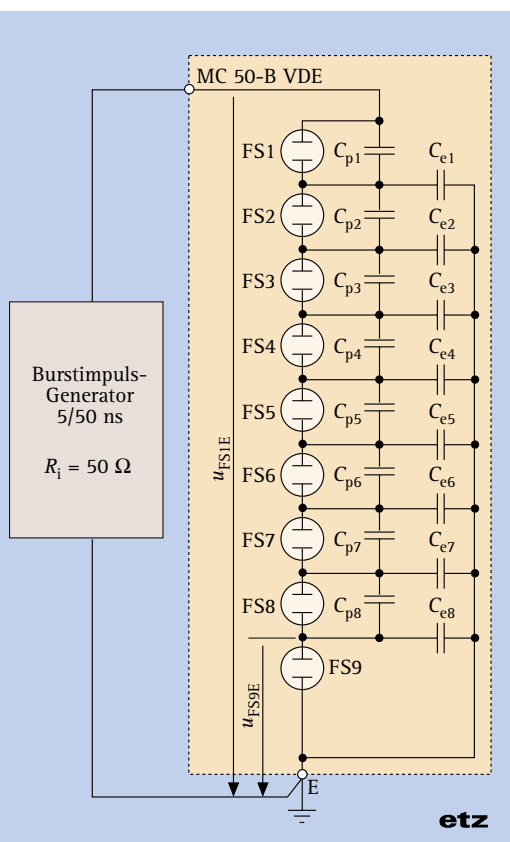


Bild 1. Blitzstromableiter MC 50-B VDE an einem Burstimpuls-Generator $5/50 \text{ ns}$
 C_p : Parallelkapazität der Funkenstrecke
 C_e : Steuerkapazität der Funkenstrecke

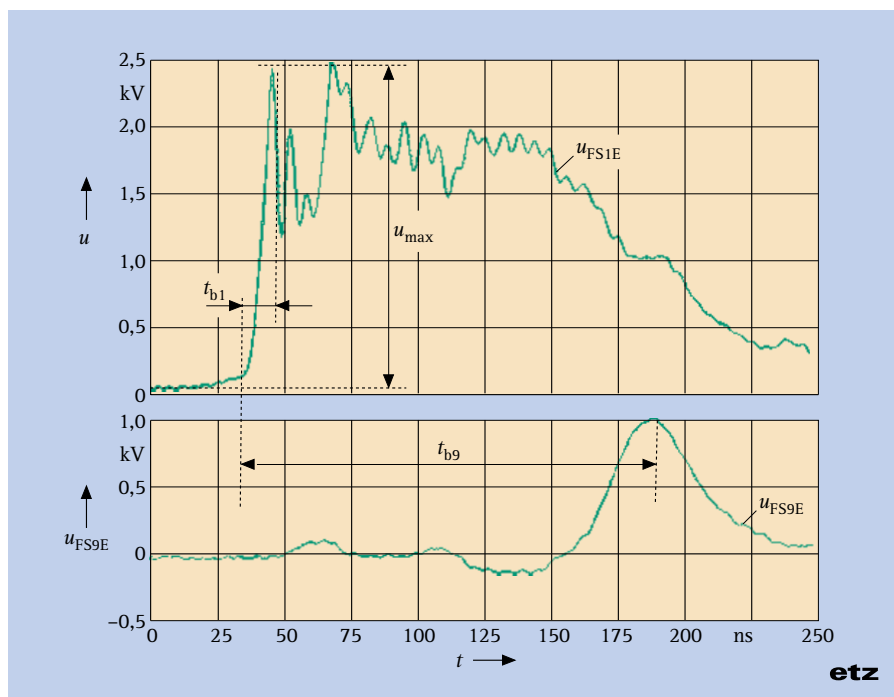


Bild 3. Spannungverlauf bei Beanspruchung eines Blitzstromableiters mit Mehrfachfunkenstrecke MC 50-B VDE bei einem Burstimpuls 5/50 ns. Leerlaufspannung 6,5 kV; $U_{\max} = 2,5$ kV

$U_1 \dots U_9$: Spannung gemessen an allen Funkenstrecken
 U_9 : Spannung gemessen an der letzten Teilfunkenstrecke
 t_{b1} : Durchschlagszeit der ersten Teilfunkenstrecke
 t_{b9} : Durchschlagszeit aller Funkenstrecken

telwert durch die Steuerkondensatoren aufgezehrt wird. Es kommt nicht zum Durchzünden aller Funkenstrecken. Dieses Verhalten kann nun durch geeignete Wahl der Steuerkondensatoren beeinflusst werden, so dass auch Spannungsformen mit längeren Rückenhalbwertzeiten beeinflusst werden können. In Bild 2b ist gezeigt, dass bei einem Burstimpuls mit höherer Spannung die gesamte Funkenstrecke durchzündet.

Messungen an Blitzstromableitern mit Mehrfachfunkenstrecke

Bild 3 zeigt als Beispiel die Spannung an einem Blitzstromableiter MC 50-B VDE bei einem einzelnen Burstimpuls mit einer Leerlaufspannung von 6,5 kV. Zusätzlich wurde die Spannung an der letzten Teilfunkenstrecke gemessen, damit der Durchschlag der gesamten Funkenstrecke besser sichtbar wird. In Bild 3 kam es zum vollständigen Durchschlag aller Funkenstrecken. Bemerkenswert ist dabei der geringe Spannungswert von 2,5 kV, der sich über dem gesamten Blitzstromableiter einstellt. Dieser Effekt basiert auf der Wirkung der Steuerkondensatoren. Auch wenn die Mehrfachfunkenstrecke vollständig durchzündet kommt es wegen der geringen Energie des Spannungsimpulses nicht zu einem leitenden Plasma in der Funkenstrecke

und daher wird auch kein Netzfolgestrom ausgelöst.

Messungen an Blitzstromableitern mit Einfachfunkenstrecke

Bild 4 zeigt als Beispiel die Spannung an einem Blitzstromableiter mit einer Funkenstrecke bei einem einzelnen Burstimpuls 5/50 ns mit einer Leerlaufspannung von 8,5 kV. Die Funkenstrecke dieses Blitzstromableiters zeigt einen deut-

lich höheren Ansprechwert gegenüber der Mehrfachfunkenstrecke in Bild 3. Auch bei diesen Ableitern wird wegen der geringen Energie des Spannungsimpulses kein hochleitendes Plasma erzeugt, so dass auch diese Funkenstrecken keinen Netzfolgestrom auslösen.

Stoßkennlinien von Blitzstromableitern für Burstimpulse 5/50 ns

Nach den in Bild 3 u. 4 gezeigten Beispielen wird in Bild 6 die Stoßkennlinie von Blitzstromableitern unterschiedlicher Technologien für einen einzelnen Burstimpuls 5/50 ns dargestellt.

Die Stoßkennlinie gibt die Abhängigkeit der Ansprechspannung von der Ansprechzeit an und liefert eine Aussage über die gesamte Dynamik des Ansprechens von Blitzstromableitern bei einem einzelnen Burstimpuls. Die Spannungsteilheit des angelegten Burstimpulses reicht bis zu Werten von 400 kV/μs. Die Mehrfachfunkenstrecke zeigt hier ein sehr gutes Verhalten. Die erste Teilfunkenstrecke der Mehrfachfunkenstrecke spricht

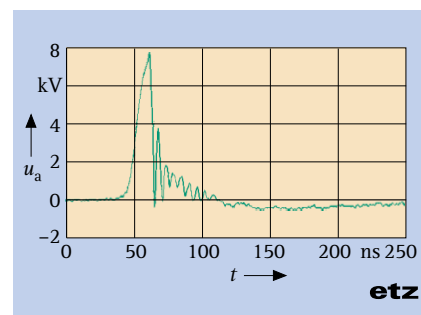


Bild 4. Spannungverlauf bei Beanspruchung eines Blitzstromableiters mit Einfachfunkenstrecke bei einem Burstimpuls 5/50 ns; Leerlaufspannung: 8,5 kV; $U_{\max} = 7,9$ kV

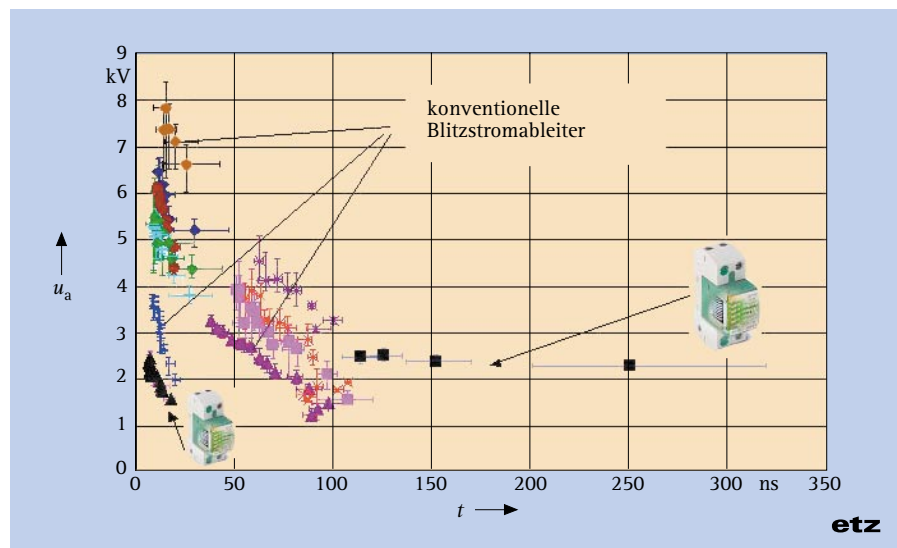


Bild 5. Stoßkennlinie eines Blitzstromableiters MC 50-B VDE (siehe abgebildeter Ableiter) im Vergleich mit anderen Technologien bei einem einzelnen Burstimpuls 5/50 ns

am schnellsten von allen verglichenen Funkenstrecken an. Bedingt durch die Wirkung der Steuerkondensatoren geschieht der gesamte Durchschlag erst bei längeren Zeiten gegenüber allen anderen Funkenstrecken mit nur einer Funkenstrecke. Die Ansprechspannung liegt dabei jedoch bei einem sehr vorteilhaften Wert von 2,5 kV.

Alle anderen Funkenstrecken mit nur einer Funkenstrecke zeigen ein Verhalten mit zum Teil sehr großen Ansprechspannungen von bis zu 8 kV.

Ausblick

Ein Blitzstromableiter mit einer gesteuerten Mehrfachfunkenstrecke wirkt bei Beanspruchung mit einem Burstpuls wie ein parametrisches, kapazitives Netzfilter. Durch diese Eigenschaft lassen sich transiente Überspannungen wegfiltern, ohne dass der gesamte Ableiter durchzündet. Bedingt

*Dr.-Ing. Jan Meppelink (52), VDE, ist Professor für Hochspannungstechnik an der Universität Gesamthochschule Paderborn, Abt. Soest, FB 16 und wissenschaftlicher Berater im BET – Blitzschutz und EMV-Technologiezentrum GmbH – in Menden (Sauerland).
E-Mail: meppelink@t-online.de*

*Dipl.-Ing. Jürgen Trinkwald (43), VDE, ist Leiter der Entwicklung ESV EI.-Schutz- und Verbindungssysteme der OBO Bettermann GmbH & Co. in Menden (Sauerland).
E-Mail: trinkwald.esv@obo.de*

Dipl.-Ing. Johannes Mehl (??),

durch den Aufbau der Funkenstrecke MC 50-B VDE als Plattenfunkenstrecke aus Grafit lässt sich eine extrem kurze Ansprechzeit der ersten Teilfunkenstrecke erreichen. Der Schutzpegel dieser Mehrfachfunkenstrecke bleibt selbst bei einer Spannungsteilheit von 400 kV/μs noch bei etwa 2,5 kV. Durch geeignete Wahl der Steuerkondensatoren kann die Filterwirkung des Ableiters gezielt eingestellt werden.

Im Vergleich zur Mehrfachfunkenstrecke mit kapazitiver Steuerung zeigen alle Blitzstromableiter mit nur einer Funkenstrecke einen deutlich höheren Schutzpegel. Netzfolgeströme werden beim Ansprechen von Blitzstromableitern bei Burstpulsen nicht ausgelöst.

Literatur

- [1] Meppelink, J.; Trinkwald, J.; Jordan, E. G.: Schutzpegel von Blitzstromableitern in TT-Netzen. *etZ Elektrotech. + Autom.* 122 (2001) H.5, S. 22–25
- [2] DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847 Teil 4-4):2001-12 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Prüf- und Messverfahren – Prüfung und Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG (zu beziehen über www.vde-verlag.de)
- [3] Drilling, C.; Doldner, M.; Jordan, E.; Meppelink, J.; Trinkwald, J.: Geschlossene Blitzstromableiter mit erweitertem Betriebsbereich. *etZ Elektrotech. + Autom.* 121 (2000) H. 7–8, S. 32–34