

Netzmodell zur Analyse von Überspannungsschutz-Einrichtungen

Jan Meppelink • Christof Drilling • Markus Droidner • Ernst Jordan

Blitzschutztechnik lässt sich in der Praxis am Besten verstehen, so die Erfahrung aus zahlreichen Seminaren. Durch die direkte Anordnung von handelsüblichen Schutzkomponenten im Maßstab 1:1 und der Möglichkeit einen Blitzstoßstrom einspeisen zu können, lässt sich in Seminaren anschaulich und eindrucksvoll die Funktion der Ableiter darstellen.

Christof Drilling, Markus Droidner und Ernst Jordan sind Mitarbeiter der BET Blitzschutz und EMV Technologiezentrum GmbH in Menden

Dr.-Ing. Jan Meppelink ist Professor für Hochspannungstechnik an der Universität Gesamthochschule Paderborn, Abt. Soest, FB 16, und wissenschaftlicher Berater im BET.

Blitz- und Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen ist technisch auf einem hohen Entwicklungsstand angelangt und wird durch breite Aktivitäten in der Normung begleitet. Die richtige Auswahl und Platzierung von Überspannungsschutzgeräten wie Blitzstrom- und Überspannungsableiter erfordert ein breites Wissen, das über die Kenntnisse der 50-Hz-Wechselstromtechnik hinausgeht.

Hilfreich sind Seminare zahlreicher Hersteller von Geräten der Überspannungsschutztechnik. Planungshilfen auf CD-ROM erleichtern die Projektierung und Auswahl der Geräte [1]. Die in Deutschland übliche Vielfalt von verschiedenen Netzformen erfordert jedoch ein entsprechendes Fachwissen. In diesem Artikel wird ein Netzmodell beschrieben, das den Anwendern gestattet, die Blitzschutz-

komponenten ausgehend von der äußeren Blitzschutzanlage über die Blitzstrom- und Überspannungsableiter bis hin zu Datenleitungsschutzgeräten direkt in der ihnen vertrauten Umgebung – der Niederspannungsinstallation – praktisch zu erproben. Jede Komponente einer Niederspannungsanlage wird als Steckbrett in das Netzmodell eingelegt und dann mit den Blitzstrom- und Überspannungsableitern von Hand verschaltet. Alle Komponenten sind voll funktionsfähige Geräte. In das Netzmodell wird mit einem Stoßstromgenerator [2] ein Blitzstoßstrom eingeprägt. Dabei bleibt das Netzmodell direkt am 50-Hz-Netz. Ströme und Spannungen sind mit Hilfe von batteriebetriebenen Oszilloskopen messbar, so dass die Funktion der Geräte in der Ausbildung direkt erkennbar ist. Alle Blitzschutzkomponenten wurden für die Berechnung mit Micro-Cap 6.0, einem Netzwerkanalyseprogramm (electronic circuit analysis program) [3] modelliert. Damit ist parallel zu den Experimenten im Labor auch die Berechnung der Überspannungen und Stoßströme bei einem Blitzeinschlag für alle Netzformen und Konfigurationen möglich.

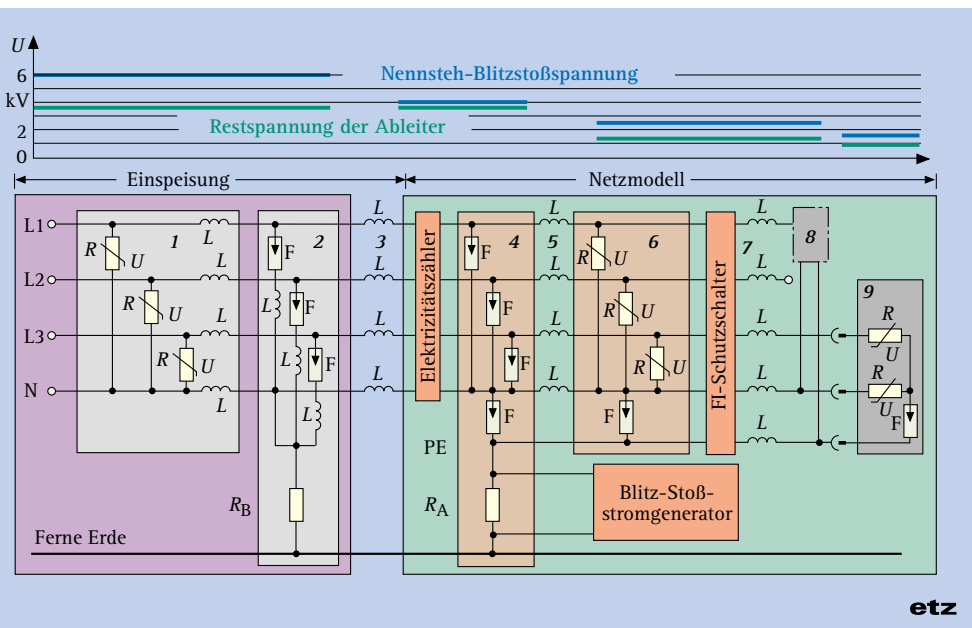


Bild 1. Schaltung des Netzmodells als Variante TT-Netz

- 1 Entkopplungsteil
 - 2 Nachbildung 630-kVA-Transformator
 - 3 Impedanz Zuleitung Transformator -> Einspeisung NS-Verteilung
 - 4 B-Schutz als Blitzstromableiter im TT-Netz
 - 5 Impedanz Leitung zwischen Einspeisung und C-Schutz bzw. eingebauter Entkopplungsspule
 - 6 C-Schutz als Überspannungsableiter
 - 7 Impedanz der Leitungslänge zwischen C- und D-Schutz
 - 8 Betriebsmittel zum Anschluss an feste Installation
 - 9 D-Schutz für besonders geschützte Betriebsmittel
- R_A : Anlagenerder R_B : Betriebserder PE: Potenzialausgleichsschiene im TT-Netz
 Ferne Erde: Äquipotenzialfläche des Labors

Konzept und Aufbau

Die Motivation für die Anlage lag in der Erkenntnis, dass in vielen Seminaren und Vorträgen über Blitzschutz die Nachvollziehbarkeit für Meister, Installateure und auch Planer bei der rein theoretischen Darstellung der Materie nicht immer gegeben war. Das BET Blitzschutz und EMV Technologiezentrum hat daher im Rahmen einer Diplomarbeit [4] ein „Blitzhaus“ mit allen Installationen erstellen lassen. Bild 2 zeigt den Aufbau dieses Netzmodells. Aus Bild 1 geht die Schaltungsanordnung hervor. Bei der Konzeption wurden folgende Anforderungen gestellt:

- Direkte Ankopplung an das Energieversorgungsnetz.
- Nachbildung eines typischen Versorgungstransformators mit 630 kVA Nennleistung.
- Nachbildung der Zuleitung von einer Transformatorstation zur Einspeisung in ein Gebäude.

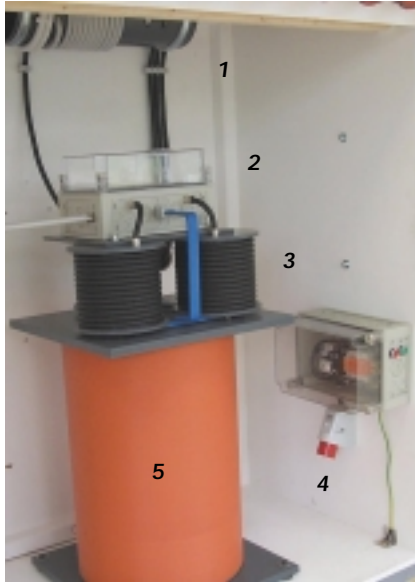


Bild 3. Transformatornachbildung mit Entkopplungsspulen und Nachbildung der Zuleitung Transformator – Einspeisung

- 1 Nachbildung Impedanz der Zuleitung Transformator -> Einspeisung NS-Verteilung
- 2 Trennfunktenstrecken und Sternpunktbildung der Transformatornachbildung
- 3 Spulen zur Nachbildung der Streuinduktivität der Transformatornachbildung
- 4 Netzinspeisung
- 5 Zylindrische und ineinander verschachtelte stromkompensierte Entkopplungsspulen

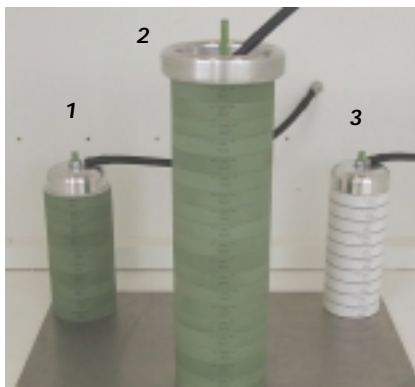


Bild 4. Anordnung der Erder mit Aquipotenzialfläche

- 1 Anlagenerder 5Ω
- 2 Betriebserder 2Ω
- 3 Anlagenerder 450Ω

- Nachbildung der Betriebs- und Anlagenerder für alle Netzformen.
- Direkte Einkopplung von Blitzströmen.
- Blitzstromtragfähige Steckverbindungen zwischen den Panels.
- Messung der Ströme und Spannungen.
- Personensicherheit.

Im vorliegenden Netzmodell konnte aus Platz- und Gewichtsgründen kein realer 630-kVA-Transformator angeordnet werden. Stattdessen ist der Transformator durch seine Streuimpedanz nachgebildet. Da diese Impedanz nur im Falle einer Blitzstromeinkopplung für das Netzmodell relevant ist, erfolgt eine Ankopplung über Trennfunktenstrecken. Die Impedanz der Kabelverbindung vom Transformator zur Einspeisung eines realen Gebäudes wird durch eine Luftspule nachgebildet, wobei der ohmsche Anteil der Spule so gewählt wird, dass er dem Wirkwiderstand der Kabelstrecke entspricht.

Die direkte Ankopplung an das Energieversorgungsnetz erfordert eine Entkopplung, um einen Stromfluss in das speisende Netz bzw. das Auftreten einer Überspannung zu vermeiden. Diese Entkopplung geschieht mittels stromkompensierter Spulen. Bild 3 zeigt den Aufbau dieser Komponenten.

Die Erder des Netzmodells (Bild 4) sind so ausgelegt, dass sowohl die Grenzwerte für TT-Netze als auch für die gewöhnlichen Netze gewählt werden können.

Funktion des Netzmodells bei einer Blitzstromeinkopplung

Der größte anzunehmende Belastungsfall eines Niederspannungsnetzes ist der direkte Blitzschlag in die Fangeinrichtung der äußeren Blitzschutzanlage. Dabei fließt der Blitzstrom über die Potenzialausgleichsschiene direkt in den Anlagenerder. Zur Nachbildung dieses Falles wird der Stoßstromgenerator [2] zum Anlagenerder des Netzmodells parallel geschaltet, so dass ein Teilstrom direkt in den Erdungswiderstand des Anlagenerders fließt und dadurch zur Potenzialanhebung der PE-Schiene führt. Die Folge ist das Ansprechen der Schutzelemente. Die Entkopplungsimpedanzen (vgl. Bild 1) dienen dazu, dass eine energetische Koordination der Blitzstrom- und Überspannungsableiter gewährleistet ist. Der D-Schutz (Überspannungsschutz in der ortsveränderlichen Anlage) spricht zuerst an, gefolgt vom C- (Überspannungsschutz im festen Anlagenteil) und B-Schutz (Blitzschutzpotenzialausgleich). Die Stromaufteilung erfolgt so, dass der überwiegende Stromanteil durch den Blitzstromableiter im B-Schutz und die Transformatornachbildung zum Stoßstromgenerator zurückfließt.

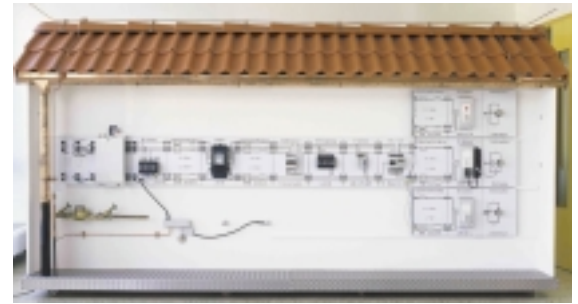


Bild 2. Aufbau Netzmodell

Blitzschutz im TT-Netz

Für die Dimensionierung der Bauelemente und zur Analyse der Funktion des Netzmodells wurden für alle Blitzstrom- und Überspannungsableiter Netzwerkmodelle erstellt. Mit Hilfe des Netzwerkanalyseprogramms Micro-Cap [3] wurden dann alle relevanten Strom- und Spannungsverläufe berechnet. Für alle Netzformen gilt nach der Isolationskoordination in 230/400 V-Drehstrom-Niederspannungsnetzen eine Nennsteh-Blitzstoßspannung, wie im oberen Teil von Bild 1 dargestellt.

Mit Micro-Cap [3] ließ sich der Verlauf der Kommutierung vom D-Schutz-Überspannungsableiter über den C-Schutz-Überspannungsableiter auf den B-Schutz-Blitzstromableiter für den Fall einer direkten Blitzstromeinkopplung in den Anlagenerder gut simulieren. Die Berechnung in Micro-Cap berücksichtigte dabei die Funktion der N-PE Funkenstrecken, Blitzstrom- und Überspannungsableiter bei einem direkten Blitzschlag in die äußere Blitzschutzanlage, wobei ein Blitzstrom der Form $10/350 \mu s$ mit einem Scheitelwert $\hat{i} = 200 \text{ kA}$ in den Anlagenerder eines TT-Netzes mit einem Erdungswiderstand $R = 100 \Omega$ gewählt wurde. So konnte gut nachvollzogen werden, dass durch den dreistufigen Schutz die Einhaltung der in DIN VDE 0110-1 (VDE 0110 Teil 1):1997-04 [5] vorgeschriebenen Pegel gewährleistet wird.

Literatur

- [1] OBO Construct ÜSS Planungshilfe zum Erstellen einer Blitzstrom- und Überspannungs-schutzanlage für das TN-, TT- und IT-Netz. CD-ROM. Menden: OBO Bettermann
- [2] Drilling, C.; Droidner, M.; Jordan, E. G.; Meppelink, J.: Blitzschutzeinrichtungen auf dem Prüfstand. etz Elektrotech. + Autom. 119 (1998) H. 3-4, S. 68-69
- [3] www.spectrum-soft.com
- [4] Barton, H.; Jaspert, A.: Planung, Berechnung, Konstruktion und Inbetriebnahme einer Niederspannungsverteilung für Blitzstromversuche. Nicht veröffentlichte Diplomarbeit der Blitzschutz- und EMV Technologiezentrum Menden
- [5] DIN VDE 0110-1 (VDE 0110 Teil 1):1997-04 Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen; Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG

etz finden Sie im Internet unter <http://www.etz.de>