

3 Entstehung und Ausbreitung von transienten Überspannungen in Niederspannungsinstalltionen sowie deren Messung

3.1 Entstehung von Überspannungen

Die Überspannungen mit der höchsten Amplitude werden in Niederspannungsinstalltionen entweder durch direkten Blitzeinschlag in Freileitungen oder durch Induktionswirkung beim Naheinschlag eines Blitzes hervorgerufen. Der in Niederspannungsinstalltionen sehr unwahrscheinliche Fall des direkten Blitzeinschlags würde eine außerordentlich hohe Beanspruchung darstellen.

Der Blitzstrom muss als eingepprägter Strom angesehen werden und kann Amplituden I_B bis zu 200 kA [1] erreichen. Daraus folgt von der Einschlagstelle ausgehend eine nach beiden Seiten laufende Wanderwelle mit der Amplitude $0,5 \cdot I_B \cdot Z_w$, wobei Z_w der Wellenwiderstand der Freileitung ist. Die damit zustande kommenden Amplituden bis in den MV-Bereich führen auch bei Hochspannungsfreileitungen in der Regel sofort zum Überschlag der Isolatoren, sodass die Überspannungen auf den Stoßspannungspegel des entsprechenden Systems begrenzt bleiben.

Auch in Niederspannungsinstalltionen muss man in ungünstigen Fällen, wie sie zum Beispiel durch die amerikanische Installationspraxis gegeben und in **Bild 3.1** skizziert sind [2], beim direkten Einschlag mit Blitzströmen von einigen 10 kA rechnen. Überspannungsableiter für Ströme dieser Größenordnung sind in der Regel nicht verfügbar. Darüber hinaus ist es fraglich, ob ein genügend niedriger Erdungswiderstand erreicht werden kann. Der Fall des direkten Blitzeinschlags in Niederspannungsinstalltionen soll daher von den weiteren Betrachtungen ausgeklammert bleiben.

In der Nähe eines Blitzeinschlagsorts ist in elektrischen Installtionen, soweit nicht besondere Abschirmmaßnahmen getroffen sind, mit erheblichen induzierten Überspannungen zu rechnen. Diese sollen als indirekte Blitzüberspannungen bezeichnet werden. Dabei kommen Amplituden im Bereich von 10 kV bis zu 50 kV in Betracht. Die Stirnzeit der indirekten Blitzüberspannungen liegt im Bereich von $0,1 \mu\text{s}$ bis $100 \mu\text{s}$, die Impulshalbwertsbreite kann bis zu $200 \mu\text{s}$ betragen. Die genormte Blitzstoßspannung der Form $1,2/50 \mu\text{s}$ [3, 4] deckt diese Spannweite recht gut ab. Die Amplituden der zuvor genannten Größenordnung kommen allerdings auch nicht angenähert in den Niederspannungsinstalltionen tatsächlich zur Auswirkung. Entweder durch das Ansprechen von parallelen Luftstrecken oder durch das Ansprechen der zum Schutz der Betriebsmittel im Netz vorhandenen Überspannungsableiter kommt es zu einer Begrenzung dieser Überspannungswerte auf in der Regel deutlich unter 10 kV.

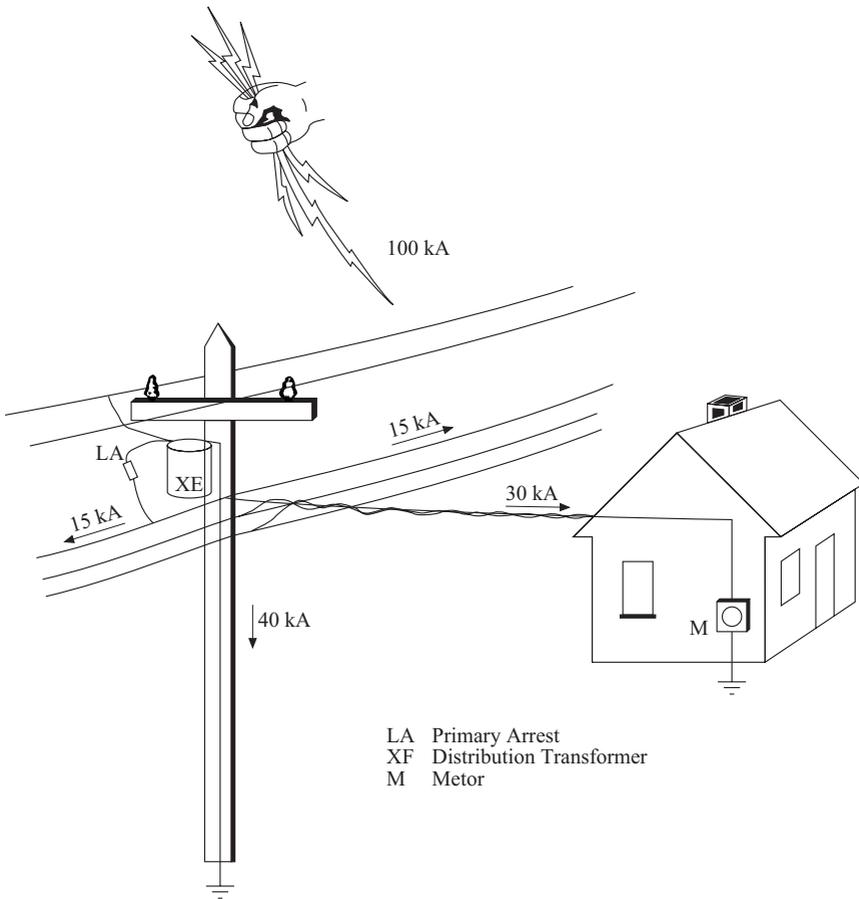


Bild 3.1 Aufteilung eines angenommenen Blitzstroms von 100 kA [2]

Im Falle der Begrenzung indirekter Blitzüberspannungen durch die parallelen Luftstrecken besteht das Problem allerdings darin, ob der nach dem durch die Blitzüberspannung verursachten Überschlag fließende Netzfolgestrom im Stromnulldurchgang wieder verlöschen kann [5]. Ohne weitere Schutzmaßnahmen beinhaltet eine solche Begrenzung allein daher ein nicht unerhebliches Gefährdungspotential. In der Regel sind bei Freileitungseinspeisung zum Schutz gegen indirekte Blitzüberspannungen also Überspannungsableiter notwendig.

Genauere Angaben über die Höhe der tatsächlich in der Niederspannungsinstallation zu erwartenden indirekten Blitzüberspannungen sind allerdings sehr schwer zu

machen. Hierbei gehen eine Vielzahl von Parametern sowie der genaue Aufbau der Installation ein. Geht man einmal davon aus, dass der Mechanismus der Begrenzung der Überspannungen in Falle des Einbaus von Überspannungsableitern hinreichend genau bekannt ist, so verbleibt, wie das folgende Beispiel zeigt [6], doch noch eine erhebliche Spannweite für die zu erwartenden Überspannungen. Unter der Annahme einer Ableiteransprechspannung von 2 kV und eines Erdungswiderstands der Ableiter von höchstens 20 Ω ergibt sich für den ungünstigsten Ort genau in der Mitte zwischen zwei Ableitern im Abstand d die in der folgenden **Tabelle 3.1** aufgeführte Anzahl von jährlichen Überschreitungen eines gegebenen Überspannungswertes ΔU .

ΔU in kV	$d = 100$ m	$d = 200$ m	$d = 400$ m	$d = 600$ m	$d = 800$ m
5	0,13	0,52	2,08	4,69	8,32
6	0,08	0,30	1,20	2,70	4,80
8	0,04	0,17	0,68	1,53	2,72
10	0,03	0,12	0,46	1,04	1,86
12	0,02	0,09	0,34	0,77	1,38

Tabelle 3.1 Überspannungsbegrenzung durch Ableiter; Anzahl der jährlichen Überschreitungen des Überspannungswertes ΔU in Abhängigkeit vom Abstand d der Ableiter [6]

Dieses Beispiel bezieht sich auf den Fall einer Niederspannungsinstallation mit Einspeisung über eine Freileitung, wo unter Berücksichtigung des keramischen Pegels ein systematischer Schutz durch Ableiter notwendig ist [7]. Geht man davon aus, dass der Abstand zwischen zwei Ableitern in der Regel kaum mehr als 200 m beträgt, muss man nach diesen Überlegungen statistisch gesehen etwa alle drei Jahre mit einer Überspannung von 6 kV rechnen. In Wirklichkeit dürften, wie auch neuere Überspannungsmessungen zeigen, die tatsächlich zu erwartenden Überspannungswerte noch geringer sein. Dies liegt vor allem an dem hohen, hier zugrunde gelegten Wert des Erdungswiderstands, der nur in Ausnahmefällen erreicht werden dürfte. Darüber hinaus erhebt sich die Frage, inwieweit in der Niederspannungsinstallation noch eine Abschwächung dieser Überspannungen auftritt [8, 9], was im folgenden Abschnitt näher betrachtet werden soll.

Erfolgt die Einspeisung in die Niederspannungsinstallation aus dem Kabelnetz, dann muss in der Regel nicht mehr mit Blitzüberspannungen nennenswerter Amplitude gerechnet werden. Dies liegt einerseits an der starken Brechung der Stoßspannungswelle beim Übergang von der Freileitung ins Kabel [10] und andererseits an der Abschirmwirkung gegenüber induzierten Überspannungen [11]. Dafür gewinnen in diesen Fällen die bisher nicht betrachteten, durch Schaltvorgänge in der Installation bzw. in angeschlossenen Geräten erzeugten Schaltüberspannungen die entscheidende Bedeutung. In diesem Zusammenhang sind jetzt die wirksame