

2 Schutz gegen Überspannungen

Die Autoren danken Herrn Ing. *Hubert Bachl* für die Durchsicht und Überarbeitung des Manuskriptes.

2.1 Überspannungen bei atmosphärischen Entladungen und bei Schaltvorgängen – Transiente Überspannungen

2.1.1 Physikalisch technische Grundlagen

2.1.1.1 Ursachen und Formen von Stoßspannungen und Stoßströmen

Die Ursachen der Überspannungen, die während Gewittern in Niederspannungsverteilungsnetzen und damit auch in Verbraucheranlagen auftreten, sind:

- a) direkte Blitzeinschläge in das Mittel- oder Niederspannungsnetz, die durch hohe Stromstärken und Spannungen gekennzeichnet sind. Die Stoßspannungen entstehen dabei durch das Abfließen der Blitzströme über die Netzerdungen oder die Leitungen mit gegebenen Wellenwiderständen.
- b) Blitzeinschläge in der Umgebung der Leitungen, die durch elektromagnetische Felder Überspannungen im Netzsystem induzieren oder infolge plötzlicher Feldstärkeänderungen durch Abfließen der Influenzladungen Wanderwellen verursachen.
- c) Schnelle Spannungsänderungen infolge des Ansprechens von Ableitern im Mittelspannungsnetz, die über die Transformatoren in das Niederspannungsnetz eingekoppelt werden.
- d) Blitzeinschläge in leitfähige Teile, die mit dem Erdungssystem des Niederspannungsnetzes verbunden sind (z. B. Blitzschutzanlagen) und die dadurch verursachten Ausgleichsströme im Erdreich. Dies dürfte die Überspannungen in verkabelten Netzen verursachen.

Die meisten Schäden an elektrischen Betriebsmitteln und in elektrischen Anlagen entstehen durch Überspannungen bei atmosphärischen Entladungen, wobei zwischen direkten Blitzeinwirkungen und indirekten Blitzeinwirkungen unterschieden wird.

Unter direkten Blitzeinwirkungen werden die thermischen, magnetischen und mechanischen Wirkungen des Blitzstroms sowie die durch den Spannungsfall verursachten Überspannungen verstanden.

Indirekte Blitzeinwirkungen treten in Form von transienten Überspannungen auf, die leitungsgebunden, z. B. über das Niederspannungs-Verteilungsnetz, in die Verbraucheranlage gelangen.

Direkte oder indirekte Blitzeinwirkungen auf Hochspannungsnetze oder Hochspannungsanlagen werden im Rahmen dieses Fachbuchs nicht behandelt.

Überspannungen durch Blitzeinwirkungen infolge atmosphärischer Entladungen werden als „transiente“ Überspannungen bezeichnet, weil sie rasch abklingen und nur Einwirkungsauern von einigen zehn bis einigen hundert Mikrosekunden haben ($1 \mu\text{s}$ = eine Millionstel Sekunde).

Näheres über die Entstehung atmosphärischer Entladungen und ihre Physik findet sich in den Fachbüchern von *Hasse* und *Schimansky*. Die zum Verständnis erforderlichen Begriffsbestimmungen und Definitionen sind in Abschnitt 2.5 enthalten.

Stoßströme, wie sie als Folge von den durch atmosphärische Entladungen verursachten Überspannungen infolge der Aufladung von Leitungskapazitäten oder bei Überschlägen entstehen, sind ebenfalls sehr kurze Vorgänge im Mikrosekundenbereich. Auf Grund der Stromanstiegssteilheit können sie in den Leitungen, die von ihnen durchflossen werden, relativ hohe Spannungen induzieren.

Vorweg werden in **Bild 2.1**, **Bild 2.2** und **Bild 2.3** vereinfacht die wichtigsten Stoßspannungs- und Stoßstromformen dargestellt, die bei atmosphärischen Entladungen auftreten können, und zwar in der Nachbildung, wie sie in verschiedenen internationalen und nationalen Normen beschrieben sind.

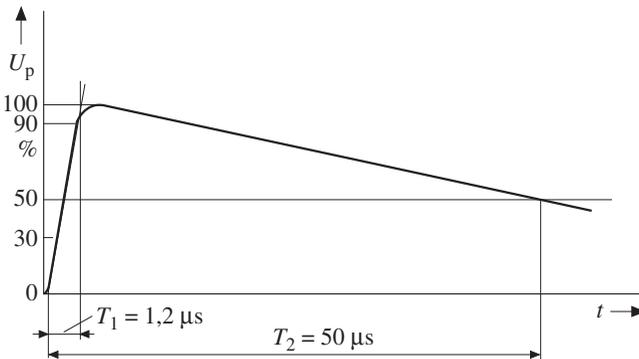


Bild 2.1 Genormte Stoßspannungswelle nach IEC 60060

T_1 Stirnzeit; $T_1 = 1,2 \mu\text{s}$

T_2 Rückenhalbzeit; $T_2 = 50 \mu\text{s}$

Schaltüberspannungen, wie sie von Schaltvorgängen hervorgerufen werden, sind auf Grund ihres Frequenzspektrums meist nur in nächster Nähe des sie verursachenden Betriebsmittels wirksam. Daher sind die in Niederspannungsverteilungsnetzen erzeugten Schaltüberspannungen, im Vergleich zu den Überspannungen durch Blitzeinwirkungen, für Verbraucheranlagen von untergeordneter Bedeutung.

Auch sie werden als transiente Überspannungen bezeichnet und haben meist Einwirkungsauern von einigen zehn Mikrosekunden bis zu einigen Zehntelsekunden. Sie werden unter anderem mathematisch von *Rüdenberg* und *Küpfmüller* beschrieben.

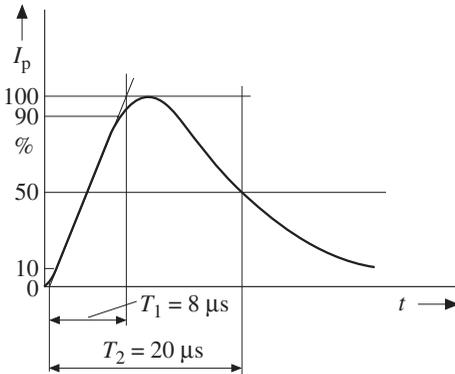


Bild 2.2 Genormte Stoßstromwelle nach IEC 60060

T_1 Stirnzeit; $T_1 = 8 \mu\text{s}$

T_2 Rückenhalbzeit; $T_2 = 20 \mu\text{s}$

Zwei Beispiele für transiente Überspannungen, die durch Schaltvorgänge verursacht wurden, zeigen Bild 2.4 und Bild 2.5.

Bild 2.4 gibt die Überspannung wieder, die durch Schalten eines induktiven Stromkreises, und zwar durch Schalten eines Motors, entstanden ist. Derartige Überspannungen liegen meist unter 1000 V und treten in Form von gedämpften Schwingungen

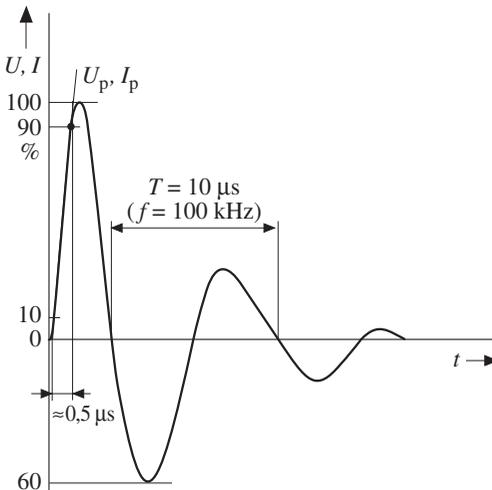


Bild 2.3 Genormte Ringwelle, Stoßstrom und Stoßspannung, nach IEEE C62.41

Stirnzeit $0,5 \mu\text{s}$

T Periodendauer der gedämpften Schwingung; $T = 10 \mu\text{s}$, $f = 100 \text{ kHz}$

U_p, I_p Scheitelwerte (peak values)