

Vorwort

In zunehmendem Maße werden Geräte und Einrichtungen mit nichtstationärer Betriebscharakteristik an das Versorgungsnetz angeschlossen. Bedingt durch die endliche Kurzschlussleistung der Netze entstehen Rückwirkungen auf das Versorgungsnetz, welche u. U. zu störenden Beeinflussungen anderer, am selben Netz betriebener Anlagen und Geräte führen können.

Diese Netzurückwirkungen treten u. a. auf als Spannungsschwankungen und Flicker. Spannungsschwankungen und Flicker werden u. a. hervorgerufen durch

- Ein- und Ausschaltvorgänge größerer Lasten
- Motoren größerer Leistung beim Anlauf und bei Laständerungen
- gepulste Leistungen
- Lichtbogenöfen
- Schweißmaschinen
- Walzantriebe
- Windenergieanlagen im Netzparallelbetrieb

Um ein einwandfreies Funktionieren aller Betriebsmittel, einschließlich aller Netzelemente, zu gewährleisten, muss die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) gewährleistet sein, d. h., Störaussendung und Störfestigkeit müssen sinnvoll aufeinander abgestimmt sein.

Die Störfestigkeit ist abhängig vom Gerätetyp und wird in speziellen Produktnormen angegeben. Die zulässige Störaussendung ist von der Geräteart und der Netzebene abhängig; sie wird für Geräte kleiner Leistung zum Anschluss an das Niederspannungsnetz in Fachgrundnormen oder Produktfamiliennormen festgelegt. Geräte großer Leistung zum Anschluss an das Mittel- und Hochspannungsnetz müssen immer individuell unter Berücksichtigung der Netzebene und der aktuellen und der zu erwartenden Netzverhältnisse beurteilt werden. Großgeräte können nicht im Labor geprüft werden. Es ist daher notwendig, bereits im Planungsstadium die zu erwartende Störaussendung zu beurteilen und gegebenenfalls bereits im Vorfeld Abhilfe und Kompensationsmaßnahmen zu konzipieren. Dazu ist es erforderlich, die Betriebsweise und die Flicker bestimmenden Parameter der Anlage einerseits und die komplexe Kurzschlussimpedanz am Verknüpfungspunkt andererseits zu kennen.

Das vorliegende Buch vermittelt ausführlich alle notwendigen Informationen. Ausgehend von grundlegenden Betrachtungen über das Konzept der elektromagnetischen Verträglichkeit werden die Grundlagen der Flickermesstechnik dargestellt

und darauf aufbauend die notwendigen Formeln für die Berechnung der relativen Spannungsänderung unter Einbeziehung der Netztopologie am Verknüpfungspunkt und der Flickerstärke angegeben. Zu jedem Kapitel sind mehrere Übungsaufgaben komplett durchgerechnet. Der Leser wird dadurch in die Lage versetzt, im Voraus den Anschluss einer Kundenanlage an das öffentliche Netz zu beurteilen. Die Darstellung von Summationseffektiven und die Verteilung von Flicker im Netz nehmen dabei einen breiten Raum ein. Besonders wichtig ist auch die Kenntnis der Flicker bestimmenden Eigenschaften von Geräten und Anlagen, wie zum Beispiel von Motoren, Lichtbogenöfen, Schweiß- und Windenergieanlagen. Beispielsweise werden die physikalischen Gesetze der Windenergienutzung, der Aufbau und Betrieb von Windenergieanlagen, die zur Kennzeichnung des Flickerverhaltens notwendigen Kenngrößen wie Flickerbeiwert und Spannungsänderungsfaktor ebenso dargestellt wie die Kenngrößen für die Prüfung nach verschiedenen Normen und Richtlinien. In der Praxis werden unterschiedliche Verfahren zur Flickerreduzierung angewandt. Die Verfahren werden im Einzelnen dargestellt in:

- Kapitel 1 Das Konzept der Elektromagnetischen Verträglichkeit
- Kapitel 2 Spannungsschwankungen und Flicker
- Kapitel 3 IEC-Flickermeter
- Kapitel 4 Summationseffekt
- Kapitel 5 Flickermessungen
- Kapitel 6 A_{st} -Verfahren
- Kapitel 7 Flicker durch Zwischenharmonische
- Kapitel 8 Berechnung der Flickerstärke
- Kapitel 9 Ermittlung des Spannungsänderungsverlaufs zur Beurteilung der Störaussendung einzelner Verbrauchseinrichtungen
- Kapitel 10 Verteilung der Flickerpegel im Netz
- Kapitel 11 Motoren
- Kapitel 12 Flickererzeuger großer Leistung
- Kapitel 13 Flicker-Kompensation
- Kapitel 14 Anschluss von Flicker erzeugenden Anlagen an das öffentliche Mittel- und Hochspannungsnetz
- Kapitel 15 DIN EN 50160:2000-03

Es zu beachten, dass in der Praxis immer alle Normen und Richtlinien eingehalten werden müssen. Das vorliegende Buch möchte nicht den Eindruck erwecken, dass die Einhaltung der Grenzwerte für Spannungsänderungen und Flicker ein hinreichendes Kriterium ist.

Alle technischen Produkte werden ständig weiterentwickelt. Dies gilt auch für den Bereich der Netzzrückwirkungen. Sofern in diesem Buch bestimmte Verfahren ange-

sprochen sind, so stellen diese lediglich Beispiele technischer Ausführungen dar. Es ist daher auch nicht möglich, bestimmte Verfahren abschließend zu beurteilen und miteinander zu vergleichen. Maßgeblich sind immer die technischen Ausführungen zum Zeitpunkt des Erwerbs.

Messungen sind immer bezogen dargestellt, meist auf den Maximalwert. Dies war notwendig, da die absoluten Größen einer Messung für das prinzipielle Verhalten einer Anlage unwichtig sind.

Der vorliegende Band ist Teil einer Buchreihe zum Thema Spannungsschwankungen und Flicker mit unterschiedlichen Schwerpunkten, die sich insgesamt ergänzen:

W. Mombauer

VDE-Schriftenreihe Normen verständlich Band 109

Messung von Spannungsschwankungen und Flicker mit dem IEC-Flickermeter

Theorie, Simulation, Normung nach

DIN EN 61000-4-15 (VDE 0847-4-15):2003-10 und

DIN EN 61000-4-30 (VDE 0847-4-30):2004-01

2., überarbeitete und aktualisierte Auflage 2005

VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach

W. Mombauer

VDE-Schriftenreihe Normen verständlich Band 110

Flicker in Stromversorgungsnetzen

Messung, Berechnung, Kompensation

Erläuterungen zu den Europäischen Normen und VDEW-Richtlinien

sowie DIN EN 50160:2000-03

1. Auflage 2005

VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach

W. Mombauer

VDE-Schriftenreihe Normen verständlich Band 111

Netzrückwirkungen von Niederspannungsgeräten

Spannungsschwankungen und Flicker

Theorie, Normung nach

DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3):2002-05 und

DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11):2001-04

1. Auflage 2005

VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach

Mit diesen drei Büchern wird das Thema Flicker erstmalig umfassend auf etwa 800 Buchseiten dargestellt.

Der Autor ist durch seine jahrelange Mitarbeit in der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) und der Internationalen Union für Elektrowärme (UIE) maßgeblich an der Erarbeitung der Normen beteiligt. Das bedeutet Informationen aus erster Hand.

Das Buch wendet sich an Ingenieure und Techniker der Elektrizitätsversorgungsunternehmen und der Elektroindustrie, die sich mit der Planung, dem Anschluss, der Entwicklung und dem Betrieb von Flicker erzeugenden Geräten und Einrichtungen befassen und durch Messung, Rechnung oder Simulation die Übereinstimmung mit den gültigen Normen oder Richtlinien feststellen wollen.

Alle Normen und Richtlinien unterliegen der Überarbeitung. Maßgeblich sind die zum Zeitpunkt der Anwendung gültigen Normen und Richtlinien. Die in diesem Buch gegebenen Interpretationen und Auslegungen stellen die persönlichen Ansichten des Autors dar. In Zweifelsfällen sind immer die zuständigen Stellen der DKE bzw. der Netzbetreiber zu konsultieren.

Im Rahmen dieses Buchs wurden weitgehend die Begriffe und Definitionen aus dem IEV (Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch) verwendet, das auch in zunehmendem Maße die Grundlage für die Begriffsdefinitionen in den internationalen Normen ist. So ist in IEV 151-15-08 der Begriff *Spannungsfall* als die „*elektrische Spannung zwischen den Anschlüssen eines Widerstandselements innerhalb eines Stromkreises infolge eines elektrischen Stroms durch das Element*“ bzw. in IEV 604-01-18 als „*Differenz zwischen den zu einem bestimmten Zeitpunkt an zwei Punkten einer Leitung gemessenen Spannungen*“ definiert. In einigen Normen, beispielsweise in DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3):2002-05, wird anstelle von *Spannungsfall* weiterhin der Begriff *Spannungsabfall* verwendet, wo hingegen in der neuen VDEW(VDN)-Richtlinie „Technische Regeln zur Beurteilung von Netzrückwirkungen“ von *Spannungsfall* gesprochen wird.

Aktuelle Informationen sind im Internet zu finden unter:

www.power-quality-net.de

Allgemeiner Hinweis

In diesem Buch werden Definitionen und Begriffe verwendet, die mit denen in der entsprechenden DIN-VDE-Norm identisch sind.

Sofern international vereinbarte Pegel angesprochen werden, sind diese den in der Literaturliste der entsprechenden Kapitel angegebenen Normen entnommen (siehe dortige Bilder bzw. Tabellen).

Der Leser wird aufgefordert, sich in eigenen Veröffentlichungen, Berichten, Gutachten usw. ausschließlich auf die Tabellenangaben in der entsprechenden Norm neuester Ausgabe zu beziehen.