

## 2 Netzanschluss

### 2.1 Grundsätze für die Ermittlung des Netzanschlusspunktes

Kundenanlagen sind an einem geeigneten Punkt im Netz, dem Netzanschlusspunkt, anzuschließen. Anhand der unter Kapitel 1.3 aufgeführten Unterlagen ermittelt der Netzbetreiber den geeigneten Netzanschlusspunkt, der auch unter Berücksichtigung der Kundenanlage einen sicheren Netzbetrieb gewährleistet. Entscheidend für eine Netzanschlussbeurteilung ist stets das Verhalten der Kundenanlage an dem Netzanschlusspunkt sowie im Netz der allgemeinen Versorgung.

Die Beurteilung der Anschlussmöglichkeit unter dem Gesichtspunkt der Netzurückwirkungen erfolgt anhand der Impedanz des Netzes am Verknüpfungspunkt (Kurzschlussleistung, Resonanzen), der Anschlussleistung sowie der Art und Betriebsweise der Kundenanlage.

### 2.2 Bemessung der Netzbetriebsmittel

Der Betrieb der Kundenanlagen verursacht eine höhere Belastung von Leitungen, Transformatoren und anderen Betriebsmitteln des Netzes. Daher ist eine Überprüfung der Belastungsfähigkeit der Netzbetriebsmittel im Hinblick auf die angeschlossenen Kundenanlagen nach den einschlägigen Bemessungsvorschriften durch den Netzbetreiber erforderlich.

### 2.3 Betriebsspannung am Netzanschlusspunkt

Entsprechend DIN EN 50160 /10/ muss die Betriebsspannung am Netzanschlusspunkt als 10-Minuten-Mittelwert des Spannungs-Effektivwertes jedes Wochenintervalls zu 95 % innerhalb der Toleranz  $U_c \pm 10 \%$  liegen. Die Betriebsfrequenz schwankt in der Regel um wenige mHz. In der DIN EN 50160 /10/ sind weitere Merkmale der Spannung und der Frequenz angegeben.

### 2.4 Netzurückwirkungen

#### 2.4.1 Allgemeines

Die elektrischen Einrichtungen der Kundenanlage sind so zu planen, zu bauen und zu betreiben, dass Rückwirkungen auf das Netz des Netzbetreibers und die Anlagen anderer Kunden auf ein zulässiges Maß dauerhaft begrenzt werden. Treten trotzdem störende Rückwirkungen auf das Netz des Netzbetreibers auf, so hat der Kunde in seiner Anlage Maßnah-

men zu treffen, die mit dem Netzbetreiber abzustimmen sind. Der Netzbetreiber ist berechtigt, die Übergabestation bis zur Behebung der Mängel vom Netz zu trennen.

Für den Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen des Kunden mit dem Netz des Netzbetreibers gelten die Technische Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ des BDEW /54/ und die Vorgaben des Netzbetreibers.

Die nachstehend aufgeführten Netzzrückwirkungs-Grenzwerte sind aus den Richtwerten des Dokumentes „Technische Regeln zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen“ /55/ abgeleitet.

### 2.4.2 Schnelle Spannungsänderungen

Starke oder häufig wiederkehrende Laständerungen, z. B. hervorgerufen durch das Einschalten großer Motoren, durch Schweißanlagen oder Lichtbogenöfen, führen zu Spannungsänderungen, deren Störeinwirkung abhängig ist von ihrer Häufigkeit und Amplitude. Einzelne schnelle Spannungsänderungen dürfen am Verknüpfungspunkt der Kundenanlage mit dem öffentlichen Netz folgenden Wert nicht überschreiten:

$$\Delta u_{\max} \leq 2 \% \text{ (bezogen auf } U_c)$$

Dieser Grenzwert darf zudem nicht häufiger als einmal in 3 Minuten auftreten.

Gegenmaßnahmen sind z. B. die Verwendung von Motoren mit höherer Anlaufreaktanz, Änderungen der Taktfolge, Verwendung von Sanftanlaufeinrichtungen und gegenseitige Verriegelungen zwischen mehreren Geräten oder deren gestaffelte Anläufe, dynamische Blindstromkompensationsanlagen oder der Anschluss an Netzpunkte mit höherer Kurzschlussleistung.

### 2.4.3 Flicker

Mit Flicker wird ein Phänomen bezeichnet, das durch Spannungsschwankungen gekennzeichnet ist, deren Frequenz und Amplitude eine derartige Höhe besitzen, dass die von dieser Spannung gespeisten Lampen störende Helligkeitsschwankungen aufweisen.

Die zulässigen Flickerstärken, die eine Kundenanlage im Mittelspannungsnetz maximal bewirken darf, betragen für die

- Langzeit-Flickerstärke:  $P_{lt\ i} = 0,5$
- Kurzzeit-Flickerstärke:  $P_{st\ i} = 0,8$

### 2.4.4 Oberschwingungen und Zwischenharmonische

Oberschwingungserzeuger sind vor allem Betriebsmittel der Leistungselektronik (Stromrichter, Netzteile für elektronische Geräte, Beleuchtungssteller) sowie Entladungslampen. Diese Geräte prägen dem Netz Oberschwingungsströme ein, die an den vorgeschalteten Netzm-

pedanzen Oberschwingungsspannungen hervorrufen. Diese Oberschwingungsspannungen sind an den Anschlusspunkten aller am Netz betriebenen Geräte vorhanden und dürfen bestimmte Werte nicht überschreiten.

Um störende Rückwirkungen durch die Summenwirkung der Oberschwingungseinspeisungen in den öffentlichen Netzen zu vermeiden, werden vom Netzbetreiber – abhängig vom Leistungsbezug der Kundenanlage – Obergrenzen für die Einspeisung von Oberschwingungsströmen vorgegeben, die sich an den Richtwerten der Richtlinie „Technische Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen“ /55/ orientieren.

Für die wichtigsten stromrichtertypischen Ordnungszahlen  $v$  gelten folgende auf den Strom  $I_A$  bezogenen Oberschwingungsströme  $I_v$ , die von der gesamten Kundenanlage maximal in das Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers eingespeist werden dürfen:

$$\frac{I_v}{I_A} \leq \frac{p_v}{1000} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \quad 1$$

- $I_A$       *Strom der gesamten Kundenanlage ( $I_A = S_A / (\sqrt{3} \cdot U_c)$ )*  
 $S_{kV}$      *Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt*  
 $S_A$       *Anschlussleistung der Kundenanlage*  
 $p_v$       *Proportionalitätsfaktor für ausgewählte Oberschwingungen*

$v$	3	5	7	11	13	17	19	> 19
$p_v$	6	15	10	5	4	2	1,5	1

Tabelle: Proportionalitätsfaktor  $p_v$  in Abhängigkeit der Harmonischen  $v$

Die in das Netz eingespeisten Oberschwingungsströme lassen sich z. B. durch höherpulsige Stromrichterschaltungen, zeitliche Verriegelung verschiedener Oberschwingungserzeuger gegeneinander und/oder durch Filter herabsetzen. Derartige Maßnahmen – insbesondere der Einbau von Filterkreisen – müssen in Absprache mit dem Netzbetreiber erfolgen.

Besonders beachtet werden müssen Zwischenkreis- und Direktumrichter, da diese nicht nur Harmonische, sondern auch Zwischenharmonische erzeugen. Fallen diese Frequenzen mit der Steuerfrequenz der vom Netzbetreiber verwendeten Tonfrequenz-Rundsteuerung zusammen, sind die in Kapitel 2.4.7 aufgeführten Grenzwerte zu beachten.

---

<sup>1</sup> Besondere Situationen, wie z. B. die Berücksichtigung von Resonanzen, sollten einer speziellen Untersuchung zugeführt werden.

### 2.4.5 Spannungsunsymmetrien

Spannungsunsymmetrien werden durch Einphasenlasten oder unsymmetrische Dreiphasenlasten hervorgerufen. Solche unsymmetrischen Lasten sind z.B. Induktionsöfen, Lichtbogenöfen oder Schweißmaschinen.

Als Gegenmaßnahme kommt neben einer symmetrischen Verteilung der Einphasenlasten auf die drei Außenleiter des Drehstromnetzes der Einbau von Symmetrierungseinrichtungen in Frage.

Die Kundenanlage darf einen resultierenden Unsymmetriegrad von

$$k_{U,i} = 0,7 \%$$

nicht übersteigen, wobei zeitlich über 10 Minuten zu mitteln ist.

### 2.4.6 Kommutierungseinbrüche

Die relative Tiefe von Kommutierungseinbrüchen  $d_{\text{kom}}$  durch netzgeführte Umrichter darf am Verknüpfungspunkt im ungünstigsten Betriebszustand den Wert von

$$d_{\text{kom}} = 5 \%$$

nicht überschreiten ( $d_{\text{kom}} = \Delta U_{\text{kom}} / \hat{U}_c$  mit  $\hat{U}_c$  = Scheitelwert der vereinbarten Versorgungsspannung  $U_c$ ).

### 2.4.7 Tonfrequenz-Rundsteuerung

Breibt der Netzbetreiber eine Rundsteueranlage, so kann er Maßnahmen zur Vermeidung einer unzulässigen Beeinträchtigung der Rundsteuerung durch Betriebsmittel der Kundenanlage verlangen.

Unzweckmäßig ausgelegte Filterkreise können einen übermäßig hohen Anteil der Tonfrequenzenergie von Rundsteueranlagen absaugen. Darauf ist bei der Auslegung und Abstimmung der Filterkreise Rücksicht zu nehmen /57/.

Der Betrieb der Kundenanlage darf zu einer Reduzierung des Tonfrequenz-Pegels  $U_f$  im Mittelspannungsnetz von maximal 2 %  $U_f$  führen. Die Kundenanlage darf zudem nicht mehr als 0,1 %  $U_c$  bei der verwendeten Tonfrequenz und nicht mehr als 0,3 %  $U_c$  bei Frequenzen einspeisen, die einen Abstand von  $\pm 100$  Hz zur verwendeten Tonfrequenz haben.

Verwendet der Kunde elektrische Betriebsmittel, deren Funktion durch Rundsteuersendungen beeinträchtigt werden kann, so hat er selbst dafür zu sorgen, dass durch den Einbau geeigneter technischer Mittel oder durch Wahl entsprechender Geräte eine Beeinträchtigung vermieden wird /57/.

Die Rundsteuerfrequenz ist beim Netzbetreiber zu erfragen.

### **2.4.8 Trägerfrequente Nutzung des Kundennetzes**

Betreibt der Kunde eine Anlage mit trägerfrequenter Nutzung seines Netzes, so ist durch geeignete Einrichtungen (z. B. Trägerfrequenzsperre) sicherzustellen, dass störende Beeinflussungen anderer Kundenanlagen sowie der Anlagen des Netzbetreibers vermieden werden.

Das Netz des Netzbetreibers darf vom Kunden nur mit Genehmigung des Netzbetreibers zur trägerfrequenten Übertragung von Signalen mitbenutzt werden.

### **2.4.9 Vorkehrungen gegen Spannungsabsenkungen und Versorgungsunterbrechungen**

Sind Verbrauchseinrichtungen des Kunden gegen kurzzeitige Spannungsabsenkungen oder Versorgungsunterbrechungen empfindlich, sind vom Kunden geeignete Vorkehrungen zu treffen.

Der Einsatz von Anlagen zur Ersatzstromerzeugung (Notstromaggregate) ist mit dem Netzbetreiber abzustimmen. Einzelheiten für den Anschluss und den Betrieb sind in der VDN-Richtlinie „Notstromaggregate“ /56/ enthalten.