

Lastenheft für FNN-Studie zum Thema „Unsymmetrie“

Name der FNN-Studie: „Maximal zulässiger Unsymmetrie-Grenzwert der Bemessungsleistung beim Anschluss und Betrieb von elektrischen Verbrauchsmitteln, Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge, Erzeugungsanlagen und Speichern für Kundenanlagen am öffentlichen Niederspannungsnetz“

Aufgabenstellung

Es ist jeweils ein geeigneter Grenzwert für den Betrieb von elektrischen Verbrauchsmitteln, Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge, Erzeugungsanlagen und Speichern für Kundenanlagen am Niederspannungsnetz, die an ein bis drei Außenleiter gegen den Neutralleiter oder an mehrere Außenleiter ohne Neutralleiter angeschlossen werden können, zu ermitteln.

Zeitabhängige Überlagerungen (Gleichzeitigkeitsfaktoren und weitere Effekte wie z. B. Steuersignale von dritten Marktteilnehmern) sind mit zu berücksichtigen.

Die geforderte Qualität der Versorgungsspannung am Netzanschlusspunkt muss nach DIN EN 50160 zuverlässig in den Niederspannungsnetzen eingehalten werden.

Ausgangssituation

Aktuell sind in NS-Netzen bereits einphasige oder zweiphasige Geräte hoher Leistung (z. B. Durchflusserwärmer) mit geringer Nutzungsdauer und geringer Gleichzeitigkeit im Einsatz. Perspektivisch könnten in NS-Netzen einphasige oder zweiphasige Geräte mit hoher Gleichzeitigkeit aufgrund langer Betriebszyklen unzulässige Auswirkungen auf die Versorgungsqualität, der Belastung des PEN-Leiters und den sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb haben.

Zielsetzung

Die in Deutschland vorkommenden öffentlichen NS-Netze mit ihren unterschiedlichen Strukturen, Versorgungsaufgaben und angeschlossenen Verbrauchsmitteln, Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge, Erzeugungsanlagen und Speichern sollen aus vorhandenen repräsentativen Netzmodellen abgebildet werden. An diesen Netzmodellen sollen in realitätsnahen Szenarien mit relevanten Anwendungsfällen und Konstellationen (z. B. Zusammensetzung der am Netz betriebenen Geräte/Anlagen; Gleichzeitigkeiten bei den möglichen Betriebszuständen) untersucht werden, welche Auswirkungen auf die Spannungsqualität des Netzes zu erwarten sind. Als Ergebnis sind aus netzbetrieblicher Sicht belastbar zulässige Leistungsgrenzwerte für den Anschluss und Betrieb einphasiger oder zweiphasiger Geräte zu ermitteln, damit der sichere und zuverlässige Netzbetrieb heute und in absehbarer Zukunft nicht gefährdet wird. Es ist dabei insbesondere nach einphasigen oder zweiphasigen Geräten mit geringer Gleichzeitigkeit und Nutzungsdauer und denen mit hoher Gleichzeitigkeit und hoher Nutzungsdauer zu differenzieren, um den Netzbetrieb heute und in absehbarer Zukunft nicht zu gefährden.

Zusätzlich sind die Folgen der Belastung des PEN-Leiters, bestehend aus einem 50-Hertz-Strom (resultierend aus der Unsymmetrie) unter Berücksichtigung eines Stromes mit der 3. Ordnungszahl in Niederspannungsnetzen mit geringer Erdfähigkeit (VPE-Kabel mit PVC-Kabelgarnitur, PVC-Wasserrohr, PVC-Gasrohr) zu betrachten.

Dabei ist unter Einhaltung der normativen Vorgaben und unter Berücksichtigung des Aufwand-/Nutzen-Verhältnisses das Optimum für eine systemweite Lösung, also geeignete Gerätegrenzwerte versus Netzausbau, zu ermitteln. Technische Hilfsmittel zur Einhaltung der zulässigen Unsymmetrie-Grenzwerte, wie z. B. elektronische Phasenwähler, sind nicht mit zu betrachten.

Zu klären und zu beachten:

1. Welche einheitliche Unsymmetrie-Leistung kann pro Kundenanlage zugestanden werden, unter der Berücksichtigung der unterschiedlichen Netztopologien und Betriebsszenarien ohne die Grenzwerte der DIN EN 50160 zu überschreiten?
2. Folgende zu berücksichtigende Parameter sind zu beachten:
 - Spannungsasymmetrie
 - Belastung des PEN-Leiters
 - Belastung der Außenleiter
 - Transformatorbelastung durch Asymmetrie
3. Welche Empfehlung lässt sich aus der ermittelten Unsymmetrie-Leistung für die Festlegung einer zukünftigen maximalen ein- und zweiphasigen Anschluss-Bemessungsscheinleistung von Verbrauchsmitteln, Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge, Erzeugungsanlagen und Speichern daraus ableiten?

Hintergrund / Strukturelle Anforderungen an die Studie „Unsymmetrie“

Aktuell sind in öffentlichen Niederspannungsnetzen bereits einphasige bzw. zweiphasige Geräte hoher Leistung (z. B. Durchlauferhitzer) im Einsatz, jedoch mit geringer Nutzungsdauer und geringer Gleichzeitigkeit. Darüber hinaus ist bereits eine große Zahl einphasiger PV-Wechselrichter mit einer Leistung von 4,6 kVA angeschlossen, welche über lange Nutzungsdauer und hohe Gleichzeitigkeit verfügen. Durch die Einführung von Speichern und Elektrofahrzeugen ist mit einem weiteren signifikanten Anstieg einphasiger bzw. zweiphasiger Geräte mit hoher Gleichzeitigkeit und langer Nutzungsdauer zu rechnen, welche unzulässige Auswirkungen auf die Spannungsunsymmetrie, die Einhaltung des Spannungsbandes und die Belastung des PEN-Leiters haben könnten. Um die Aufnahmekapazität der Niederspannungsnetze möglichst effektiv zu nutzen, wurde im Rahmen der Erarbeitung der VDE-AR-N 4100 „TAR Niederspannung“ und der Überarbeitung der VDE-AR-N 4105 „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ eine Anpassung der maximal anschließbaren einphasigen bzw. zweiphasigen Leistung diskutiert. Die Studie soll mit ihren Ergebnissen eine belastbare Grundlage für die ggf. erforderliche Anpassung des bestehenden Grenzwertes leisten.

Um den Einfluss neuer Gerätetechnologien mit unsymmetrischem Netzanschluss auf die oben erwähnten Aspekte zu untersuchen, ist ein zweiteiliges Projekt durchzuführen, welches aus einer Bestandsaufnahme (Teil 1) und entsprechenden Netzsimulationen (Teil 2) besteht. Die Bestandsaufnahme umfasst dabei repräsentative messtechnische Analysen der Emission neuer Gerätetechnologien (z. B. Feldmessungen bei Häufungen von Elektrofahrzeugen bzw. Speichern) sowie aktueller Größen in typischen Netzen Deutschlands. Darüber hinaus werden bereits existierende Studien zur Unsymmetrie in Niederspannungsnetzen recherchiert und zusammengefasst. Auf Basis der Ergebnisse werden offene Fragen sowie der daraus resultierende Forschungsbedarf (u.a. ergänzende Simulationen) identifiziert. Im zweiten Teil werden die offenen Punkte basierend auf entsprechenden Simulationen durchgeführt.

AP 1: Umfassende Recherche zu existierenden Studien

In den letzten Jahren wurden bereits eine Reihe von deutschen Studien zum Thema „Spannungsunsymmetrie“ durchgeführt. Ziel dieses Arbeitspaketes ist die systematische Zusammenstellung dieser Studien und der darin erzielten Ergebnisse unter Berücksichtigung ihrer Relevanz für Deutschland. Dies umfasst auch die Zusammenstellung der aktuell gültigen Leistungsgrenzwerte in anderen Ländern mit einer Netzstruktur, welche mit Deutschland vergleichbar sind.

Darüber hinaus sollen neue technische Maßnahmen identifiziert und skizziert werden, die zukünftig eine unsymmetrische Netzbelastung reduzieren könnten. Dazu gehören sowohl netzseitige Maßnahmen als auch geräteseitige Maßnahmen (z. B. Phasenwähler, Phasenspezifische Einspeisung/Bezug von Erzeugungsanlagen, Speichern und Elektrofahrzeugen).

Eine Abschätzung theoretischer Potenziale soll im Kontext der Ergebnisse der Studie (AP 5) dargestellt und weitere Untersuchungsbedarfe aufgezeigt werden.

AP 2: Einfluss unsymmetrisch betriebener Geräte

Der Einfluss unsymmetrisch betriebener Geräte wird im Hinblick auf Spannungsunsymmetrie, maximale Spannungsdifferenz zwischen den Leitern und die PEN-Leiterbelastung in Abhängigkeit der Anschlussart untersucht. Dafür werden zunächst in AP 2.1 die Emission von Einzelgeräten und in AP 2.2 die resultierende Emission von Gerätekombinationen untersucht.

Die Charakteristiken des verwendeten Anschlusspunktes sind in geeigneter Form zu dokumentieren.

AP 2.1: Charakterisierung unsymmetrisch betriebener Geräte

Ziel ist eine möglichst repräsentative Übersicht aller in Deutschland gebräuchlichen Geräte mit unsymmetrischem Netzanschluss/Netzbetrieb. Die Geräte sind unter Berücksichtigung folgender Einflussfaktoren zu beschreiben:

- Anschlussart/Betriebsart (z. B. einphasig zwischen Außen- und PEN-Leiter sowie zwischen zwei Außenleitern)
- Nutzungsdauer
- Betriebszeiten (Gleichzeitigkeit)
- Häufigkeit
- Gebräuchliche Arbeitspunkte und deren Dauer für Geräte mit veränderlichen Arbeitspunkten
- Relevante Umgebungsbedingungen (z. B. Umgebungstemperatur, Globalstrahlung)

AP 2.2: Typische Kombinationen unsymmetrisch betriebener Geräte

In diesem Arbeitspaket wird, soweit nicht bereits erfolgt, durch Netzmessungen der Betrieb einzelner und mehrerer gleicher bzw. unterschiedlicher unsymmetrisch betriebener Geräte in typischen Szenarien messtechnisch analysiert (z. B. Durchlauferhitzer in einem Haushalt, mehrere Elektrofahrzeuge in verteilten bzw. zentralen Ladeinfrastrukturen, usw.). Dabei ist auf einen angemessen langen Messzeitraum zu achten, der mögliche Gleichzeitigkeiten sowie verschiedene Arbeitspunkte der Einzelgeräte vollständig einschließt. Festlegung der zu untersuchenden Szenarien, die Identifikation geeigneter Messorte sowie Durchführung und Auswertung der Messungen sind Bestandteil dieses Arbeitspaketes.

1. Meilenstein:

Nach Fertigstellung des AP 2 ist das EN „Unsymmetrie“ über die Rahmenbedingungen und Ergebnisse zu informieren.

AP 3: Aufnahme und Analyse des aktuellen Standes der Unsymmetrie in öffentlichen Niederspannungsnetzen

Analog zu AP 2 sollten die in AP 3.1 und AP 3.2 geplanten Messungen neben den für die Unsymmetrie relevanten Kenngrößen ebenfalls weitere wichtige Parameter der Strom- und Spannungsqualität berücksichtigen. Auf Basis der aktuellen Erkenntnisse zu unsymmetrischen Strömen und Spannungen in öffentlichen Niederspannungsnetzen sowie der analysierten Ergebnisse der Messungen sind Simulationen der allgemein bekannten Cluster von öffentlichen Niederspannungsnetzen (Stadt/Land, hohe/geringe Einspeisung, Niedrig-/Hochlast) unter Berücksichtigung eines mittelfristig zu erwartenden Anteils an Speichern und Ladeeinrichtungen von Elektrofahrzeugen im Abgleich mit Netzsimulationen zu verifizieren.

AP 3.1: Messungen

Um den Einfluss existierender unsymmetrisch betriebener Geräte sowie die vorhandene Aufnahmekapazität der öffentlichen Niederspannungsnetze abzuschätzen, ist ein repräsentatives Messprogramm in deutschen Niederspannungsnetzen durchzuführen. Dazu werden auf Basis einer strukturierten Messortauswahl Messungen in öffentlichen Niederspannungsnetzen durchgeführt und hinsichtlich der Spannungsunsymmetrie, der maximalen Spannungsdifferenz zwischen den Leitern sowie der PEN-Leiterbelastung ausgewertet. Die Messungen erfolgen jeweils gleichzeitig am Ende eines Abgangs (ausschlaggebend für Spannungsunsymmetrie, Spannungsband und maximale Spannungsdifferenz) sowie an der Transformatorsammelschiene (ausschlaggebend für PEN-Leiterbelastung) für einen Zeitraum von mindestens zwei Wochen je Niederspannungsnetz.

Ergänzend zu den Messungen werden Erfahrungen der Netzbetreiber bei dem Betrieb von Netzen mit einer besonders hohen Anzahl unsymmetrisch betriebener Geräte dokumentiert und bewertet. Bei den Messprogrammen sind daher bereits bestehende, geeignete Messergebnisse mit zu berücksichtigen.

AP 3.2: Einfluss typischer Kombinationen unsymmetrisch betriebener Geräte

Die in AP 2.2 ausgewählten und gemessenen Szenarien werden hinsichtlich des Einflusses auf die Spannungsunsymmetrie, der maximalen Spannungsdifferenz und der PEN-Leiterbelastung ausgewertet. Soweit möglich (und sinnvoll) werden Messungen mit und ohne die unsymmetrisch betriebenen Geräte durchgeführt (z. B. Niederspannungsnetz mit/ohne angeschlossene Elektrofahrzeuge) und die Differenz in den spezifizierten Parametern bewertet.

2. Meilenstein:

Nach Fertigstellung des AP 3 ist das EN „Unsymmetrie“ über die Rahmenbedingungen und Ergebnisse zu informieren.

AP 4: Abschätzung des Beeinflussungspotentials

Aufbauend auf den in AP 1, AP 2 und AP 3 durchgeführten Untersuchungen werden die verschiedenen Geräte bzw. Gerätekombinationen hinsichtlich ihres Beeinflussungspotentials in den Modellnetzen berechnet. Dabei werden Gleichzeitigkeit (Gleichzeitigkeitsfaktor) und Gleichphasigkeit (Summationsexponent) berücksichtigt. Ziel ist es, ggfs. vorhandene qualitative Unterschiede hinsichtlich der Signifikanz bestimmter Gerätegruppen zu identifizieren und die Abhängigkeit der Netzbelastung von den Grenzwerten der Gerätekombinationen festzustellen.

AP 5: Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Arbeitspakete AP 1 bis AP 4 werden zusammengefasst. Sie bilden die Basis für eine ggfs. erforderliche Anpassung des Unsymmetrie-Grenzwertes von derzeit 4,6 kVA und damit der maximal zulässigen Anschluss-Bemessungsscheinleistung der betreffenden einphasigen bzw. zweiphasigen Geräte.

3. Meilenstein:

Nach Fertigstellung der Studie ist das EN „Unsymmetrie“ über die Studienergebnisse zu informieren.