



Netzverluste durch Sicherungen und andere Schutzeinrichtungen

Bei dem Thema Energieeffizienz wird in erster Linie an spritsparende Autos, Niedrigenergiehäuser und sparsame Elektrogeräte gedacht. Aber auch bei der Verteilung der Energie sollte auf Effizienz geachtet werden. So entstehen nicht nur in Leitungen und Transformatoren, sondern auch in den Schutzeinrichtungen, beispielsweise den Sicherungen, Verluste.

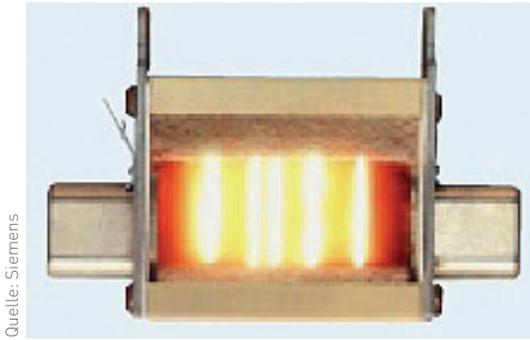
Text: Jörg Lantzsich

Elektrische Anlagen müssen gegenüber Kurzschlüssen und anderen Möglichkeiten für Überströme wirkungsvoll geschützt werden. Dies gilt auch für das Stromverteilungsnetz, das die Verbraucher mit elektrischer Energie beliefert. In der Niederspannungsverteilung sind entweder Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen (NH-Sicherungen) oder Leitungsschutzschalter verbaut, die den Strom begrenzen sollen. Inwieweit NH-Sicherungen zu den Verlusten im Verteilungsnetz beitragen, hat der NH/HH-Recyclingverein [1] vom Institut für Hochspannungstechnik und elektrische

Energieanlagen (Elenia) der Technischen Universität zu Braunschweig [2] untersuchen lassen.

Schutz durch Schmelzen

NH-Sicherungen sind Schmelzsicherungen, die es in verschiedenen Baugrößen und mit Bemessungsströmen von 2 A bis 1600 A gibt. Mit einem Ausschaltvermögen bis 120 kA decken sie praktisch alle Anwendungen ab, die im Niederspannungsbereich der Stromverteilungsnetze relevant sind. Das Prinzip der NH-Sicherung beruht darauf, dass ein



Quelle: Siemens

01 Die Funktion von NH-Sicherungen beruht darauf, dass sich der Leiter bei Überstrom erhitzt und schmilzt



Quelle: Jean Müller

02 NH-Sicherungen kommen häufig in Ortsnetztransformatoren und Verteilern zum Einsatz

Überstrom den in der Sicherung verbauten Schmelzleiter zum Schmelzen bringt und so die elektrische Verbindung unterbricht (**Bild 1**). Dieser Schmelzleiter, dessen genaue Form von der gewünschten Kennlinie des Sicherungseinsatzes abhängt, befindet sich im Innern eines Keramikgehäuses, das mit Quarzsand gefüllt ist. Spezielle Engstellen auf dem Schmelzleiter erwärmen sich bei einem Überstrom, schmelzen und lösen den Abschaltvorgang durch eine Lichtbogenbildung aus. Der Quarzsand dient dazu, den Lichtbogen effizient zu löschen.

Leistungsabgabe der Sicherung

Da das Funktionsprinzip einer NH-Sicherung auf der Erwärmung des Schmelzleiters beruht, ist klar, dass im Betrieb ohmsche Verluste auftreten müssen. Dies führt zu einer Leistungsabgabe, die in Form von Wärme abgeführt werden muss. Je nach Größe der Sicherung und des auftretenden Stroms kann die maximale Verlustleistung pro Sicherung im Bereich von einigen Watt bei kleinen Bauformen bis zu über 100 W bei sehr großen Sicherungen und hohen Strömen liegen. Da es sich um ohmsche Verluste handelt, steigt die Verlustleistung näherungsweise quadratisch mit dem Strom in der Sicherung an. Die Wärmeentwicklung hat unterschiedliche Konsequenzen. Für den Schaltanlagen- und Verteilerbau bedeutet sie vor allem, dass eine Wärmebelastung

entstehen kann, sodass man sich um die Abführung der Wärme Gedanken machen muss. Im Rahmen der Untersuchung an der Universität Braunschweig sollte aber insbesondere die durchschnittliche Verlustleistung in den NH-Sicherungen bestimmt werden. Damit soll ermittelt werden, wie stark die Sicherungen zu den Gesamtverlusten innerhalb des Stromverteilungsnetzes beitragen.

Mithilfe von Szenarien untersuchten die Forscher des Elenia-Instituts der Technischen Universität zu Braunschweig die Merkmale der zukünftigen Energieversorgung. Die Arbeitsgruppe von Prof. Michael Kurrat sah sich dabei mit verschiedenen Schwierigkeiten konfrontiert. So sind die Verluste in den NH-Sicherungen messtechnisch nur sehr aufwendig zu erfassen, weswegen Daten hierzu in der Regel nicht verfügbar sind.

Unsymmetrische Lastverteilung

Bekannt sind dagegen die Verbrauchsdaten, die für Abrechnungszwecke an den Übergabestellen zu den Stromabnehmern erfasst werden. Daraus lassen sich die Verluste abschätzen. Da die Verluste in den NH-Sicherungen allerdings proportional zum Quadrat der Stromstärke sind, hängt diese Schätzung stark von dem zeitlichen Verlauf des Stroms ab. Die Extremfälle sind ein zeitlich konstanter Strom, bei dem die Verluste minimal wären, sowie ein Strom in der Höhe der maximalen Belastbarkeit der jeweiligen Sicherung für die entsprechende Zeit, was zu einer maximalen Verlustleistung führen würde. Der tatsächliche Wert der Verlustleistung liegt zwischen diesen beiden Extremen. Erschwerend kommt noch hinzu, dass die Belastung der drei Phasen nicht immer absolut symmetrisch erfolgt. Tritt eine sogenannte Schiefast auf, bei der beispielsweise 50 % des Stroms an eine Phase anfallen, wirkt sich dies ebenfalls auf die Verlustleistung aus.

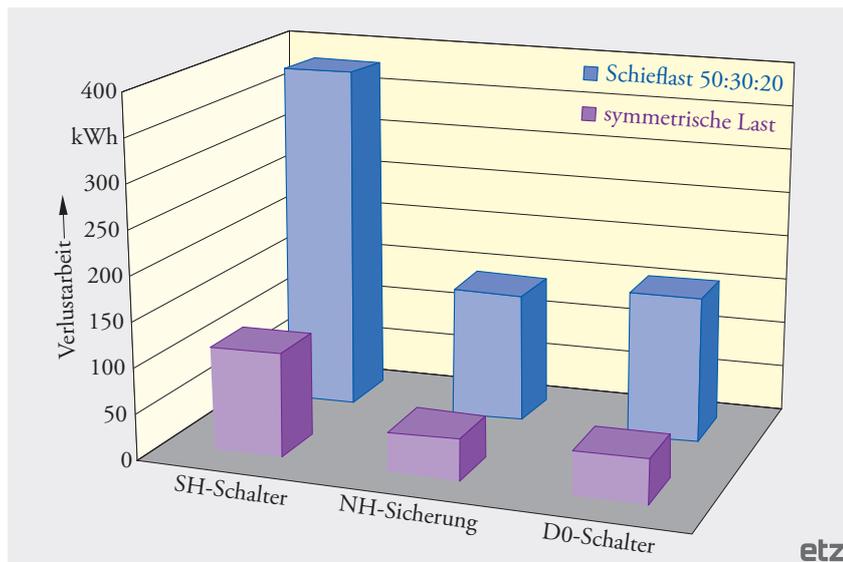
Exemplarischer Netzbezirk

Die Berechnungen der Netzverluste führte die Arbeitsgruppe in Braunschweig an einem exemplarisch ausgewählten Netzbezirk durch, der 120 Einfamilien- und Reihenhäuser sowie 14 Mehrfamilienhäuser versorgt. Außerdem befinden sich drei Gewerbebetriebe in dem Bezirk, der über zwei Ortsnetztransformatoren (ONT) aus dem 20-kV-Mittelspannungsnetz gespeist wird. Sowohl in den ONT und den Kabelverteilerschränken als auch in den 137 Hausanschlüssen sowie den 292 Zählerstellen sind überwiegend NH-Sicherungen verbaut (**Bild 2**).

Da die genauen Ströme nicht gemessen werden können, verwendeten die Wissenschaftler ein Standardlastprofil des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. [3], das neben den tageszeitlichen Schwankungen des Verbrauchs auch Wochenend- und Feiertage berücksichtigt. Dieses Standardlastprofil liegt in Form von Viertelstundenwerten vor. Auch dabei müssen bei der Berechnung noch Annahmen gemacht werden, da die Last auch über eine Viertelstunde nur selten konstant sein dürfte.

Simulationen der Netzbelastung

Um die Verluste in den NH-Sicherungen zu berechnen, wurde am Institut das Netzsimulationstool Neplan verwen-



03 Die Verluste in den Sicherungen hängen stark davon ab, wie symmetrisch bzw. unsymmetrisch die Verteilung auf die drei Phasen ist

det. Dieses musste durch ein Excel-Makro ergänzt werden, da sich die quadratische Abhängigkeit der Verluste mit der Stromstärke nicht in Neplan simulieren ließ. Um eine mögliche unsymmetrische Belastung der drei Phasen des Drehstromnetzes in dem exemplarischen Netzbezirk zu simulieren, wurden zusätzlich drei verschiedene Szenarien berücksichtigt:

- Die gleichmäßige symmetrische Verteilung des Stroms auf alle drei Phasen,
- die Belastung von nur einer Phase und
- eine Verteilung auf die drei Phasen im Verhältnis 50/30/20.

Solche Asymmetrien sind am ehesten im Hausanschlussbereich und im Vorzählerbereich zu erwarten. Im gesamten Netzbezirk sollten sich durch die Mittelung über viele Verbraucher die Lasten in etwa symmetrisch auf alle drei Phasen verteilen.

NH/HH-Recycling

Der gemeinnützige Verein zur Förderung des umweltgerechten Recycling von abgeschalteten NH/HH-Sicherungseinheiten e. V. wurde 1995 gegründet. Als freiwillige Initiative der deutschen Sicherungshersteller widmet sich der Verein dem Recycling von ausgedienten Schmelzsicherungen als Beitrag für einen nachhaltigen Wirtschaftskreislauf. Energieversorger, Industrieunternehmen, mittelständische Betriebe und das Elektrohandwerk beteiligen sich in ganz Deutschland über ein vom Verein finanziertes flächendeckendes Sammelsystem. Die Überschüsse verwendet der Verein hauptsächlich in Form von Spenden zur Finanzierung von Forschung, Lehre, Aus- und Weiterbildung. Mitglieder des Vereins sind die deutschen Sicherungshersteller Driescher Wegberg, Efen, Hager, Jean Müller, Mersen, Siba und Siemens.

Ergebnisse

Um eine Einordnung der ermittelten Verluste in den NH-Sicherungen machen zu können, wurden auch die Verluste in den Ortsnetztransformatoren und den Kabeln ermittelt. Aus den Berechnungen ergibt sich, dass die Verlustleistungen der NH-Sicherungen in dem exemplarischen Netzbezirk nur zu etwa 3 % zu den gesamten Verlusten beitragen. Die Höhe der Verluste hängt dabei stark von der symmetrischen bzw. asymmetrischen Belastung ab (**Bild 3**). Im ungünstigsten Fall – wenn die gesamte Last über eine Phase läuft – sind die Verluste in den NH-Sicherungen sechsmal höher als im symmetrischen Fall. Der weitaus größte Anteil der Verluste entsteht aber auf jeden Fall in den Kabeln (73 %) und den Ortsnetztransformatoren (24 %).

Zusätzlich wurde untersucht, inwieweit eine Reduzierung der Verluste zu erzielen wäre, wenn statt der üblicherweise verwendeten NH-Sicherungen mit 500 V Bemessungsspannung verlustärmere 400-V-Sicherungen eingesetzt würden. Die Untersuchung kommt zu dem Schluss, dass der Effekt nur sehr gering wäre, sodass sich eine Umrüstung bestehender Netze nicht lohnt. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die NH-Sicherungen deutscher Hersteller zum Teil deutlich geringere Verlustleistungen aufweisen als die in der Norm festgelegten Maximalwerte. (no)

Literatur

- [1] NH/HH-Recycling e. V., Stamsried: www.nh-hh-recycling.de
- [2] Technische Universität Braunschweig, Braunschweig: www.tu-braunschweig.de
- [3] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Bdew), Berlin: www.bdew.de

Autor



Dr. Jörg Lantzsch ist freier Fachjournalist und Inhaber der Agentur Dr. Lantzsch in Wiesbaden.
j.lantzsch@drlantzsch.de