

Applikation

# Stromspitzen auf den Zahn geföhlt

## Auswirkungen auf Netzqualität bei dezentraler Einspeisung

Regenerative Energiequellen sind En Vogue. Das stößt aber nicht überall auf uneingeschränkte Freude, denn für Erzeuger wie für Netzbetreiber erhöht die Vielzahl unterschiedlicher Einspeisepunkte die Komplexität des gesamten Energieversorgungssystems. Ein wesentliches Kriterium ist dabei die Netzqualität, denn von ihr hängt die Betriebssicherheit der angeschlossenen Lasten ab.





780 m<sup>2</sup> Photovoltaikzellen sind an der Außenfassade des OMICRON-Gebäudes in Klaus angebracht.

Es ist Mai 2015, der ideale Zeitpunkt, um das Verhalten der OMICRON-eigenen Photovoltaik(PV)-Anlage genauer unter die Lupe zu nehmen. Dabei interessierte Ines Halbritter, Software Project Manager im Bereich Power Utility Communication, weniger die Energieabgabe des Systems als vielmehr, wie sich die Anlage auf das interne und externe Energieverteilungsnetzwerk auswirkt. Je nach gerade vorherrschender Witterungsbedingung und Tageszeit liefern regenerative Erzeugungsanlagen bekanntlich eine sehr variable Energiemenge.

#### **Wieso ist eine hohe Qualität so wichtig?**

Die Folgen niedriger Netzqualität sind vielfältig: erhöhter Energieverbrauch, höhere Netzverluste, Unterbrechung der Stromversorgung und damit Ausfall oder Beschädigung von Betriebsmitteln. Davon sind gerade Einrichtungen der Informationstechnik und sensible Messgeräte betroffen, selbst größere Maschinen sind dagegen nicht immun.

Es gibt zahlreiche Einflüsse, die die Netzqualität beeinflussen. Spannung und Netzfrequenz stehen dabei an oberster

Stelle und wurden bereits hinreichend untersucht. Im störungsfreien Betrieb von PV-Anlagen wirken sie sich jedoch kaum mehr aus.

#### **Stiefkind Stromüberschwingung**

Da es aber weiterhin zu Störfällen kommen kann, hatte Ines einen ganz anderen Verdacht: „Für mich standen die Stromüberschwingungen im Zentrum der Untersuchung. Ihnen wurde in diesem Zusammenhang bislang kaum Beachtung geschenkt.“

Ein verzerrter Sinus ist ein typisches Merkmal für das Vorhandensein von Harmonischen, die oft unerklärliche Phänomene wie Computerabstürze oder Datenverlust auslösen. In Oberschwingungen versteckte Stromspitzen sind dabei besonders perfide, da sie durch ihre konstante Anwesenheit zu einer thermischen Überlastung der angeschlossenen Betriebsmittel führen können. Deshalb untersuchte Ines im Rahmen ihrer Masterarbeit die Stromüberschwingungen in unserem intern betriebenen Netz, das ans Mittelspannungsnetz angeschlossen ist und zusätzlich von unserer PV-Anlage versorgt wird. ▶

»Für mich standen die Stromüberschwingungen im Zentrum der Untersuchung. Ihnen wurde in diesem Zusammenhang bislang kaum Beachtung geschenkt.«



**Ines Halbritter**  
Software Project Manager, OMICRON

Die Anlage liefert eine maximale Leistung von 92 kW und wird im Modus der Überschusseinspeisung betrieben. Das interne Niederspannungsnetz ist über einen Transformator mit einer Nennleistung von 1 MVA direkt an das öffentliche Mittelspannungsnetz (11 kV) angeschlossen.

Ines verwendete für ihren Messaufbau drei DANE0 400, die eine hohe Abtastrate (bis zu 40 kHz) bieten und mit hoher Präzision bei der Aufzeichnung von Spannungen, Strömen und deren Oberschwingungen arbeiten. Damit sie die Aufzeichnungsergebnisse zeitlich korrekt zuordnen konnte, synchronisierte sie alle Geräte über PTP Grandmaster Clocks OTMC 100 per GPS. Zusätzlich zeichnete eine auf dem Dach installierte Wetterstation mit Strahlungssensor die Wetterdaten auf.

#### Für ihre Messungen wählte Ines drei Standorte:

- > Direkt am Einspeisepunkt der PV-Anlage ins interne Netz. Hier protokollierte sie neben den Spannungen auch Leistung und Ströme. Auf diese Weise hatte sie die Wechselrichter im Blick.
- > Innerhalb des nachgelagerten Verteilnetzes, um die Auswirkungen dort zu erfassen.
- > Direkt beim Transformator und der Übergabestelle des Energieversorgers, um Rückwirkungen vom und ins Mittelspannungsnetz zu erkennen.

Alle eingesetzten Systeme steuerte sie mit der Software DANE0 Control von nur einem Laptop aus über das interne Netzwerk. Nach der initialen Konfiguration mussten keine weiteren manuellen Eingriffe für die Messwertaufzeichnung vorgenommen werden.

#### Erste Schritte zur Analyse

Die Geräte erfassten an allen drei Messorten jeweils zur vollen Stunde für eine Minute die erforderlichen Daten – rund 470 Einzelmessungen je Gerät und Erfassungszeitpunkt. Die Ergebnisse wurden anhand generierter Zeitverlaufs-, Phasen-, Balken- und Korrelationsdiagrammen analysiert.

Wie erwartet folgten Leistung und Strom der Sonneneinstrahlung. Der Leistungsfaktor zeigte, dass die PV-Anlage während der Stromerzeugung stets um Lieferung reiner Wirkleistung bemüht ist.

„An Tagen mit wenig Einstrahlung bezog das Netz mehr Blindleistung aus der

PV-Anlage“, stellte Ines bei ihrer Auswertung fest. „Das bedeutet, die PV-Anlage wirkt sich positiv auf die Blindleistung aus.“

#### Sinusströme mit Flachdach

Es gab jedoch auch Tage, an denen die Stromkurvenform stärker verzerrt war. Selbst bei hoher Einstrahlung und einer Gesamtleistung von rund 40 kW, also knapp der halben Nennleistung, waren die Störungen deutlich sichtbar (Bild 1). Bei geringerer Leistungsabgabe wich die Kurvenform noch gravierender vom idealen Sinus ab, am stärksten beim Betrieb im unteren Teillastbereich. Dies zeigten auch die Werte des Gesamtoberschwingungsgehalt  $THD_1$  (THD: Total Harmonic Distorsion).

#### Stromüberschwingungen als Täter

Der  $THD_1$  verzeichnete generell morgens und abends bzw. bei einer Gesamtleistung von weniger als 5 kW einen exponentiellen Anstieg und verhielt sich indirekt proportional zur Leistung (Bild 2). Ines identifizierte die Harmonischen der Ordnung 5, 7, 11 und 13 als verantwortliche Stromüberschwingungen.

Bei der 5. Harmonischen war ein signifikanter Einfluss sowohl der PV-Anlage (bis zu 25 %) als auch der angeschlossenen Last



**Prüfen mit DANEO 400:**  
 Einer der Messpunkte befand sich direkt beim Transformator und der Übergabestelle des Energieversorgers, um Rückwirkungen vom und ins Mittelspannungsnetz zu erkennen.

zu erkennen, abhängig von der Sonneneinstrahlung. An Tagen mit nur geringen industriellen Netzeinflüssen gingen diese Werte aber erheblich zurück. Daraus konnte Ines schließen, dass die PV-Anlage Störungen im Netz verstärkt.

Ähnlich verhielt sich die 7. Harmonische, die jedoch an arbeitsfreien Tagen weniger einbrach. Die Harmonischen höherer Ordnung zeigten nur noch wenig Abhängigkeit von der Einstrahlung. Ursache dieser Harmonischen sind die Wechselrichter, die zwar eine ausgezeichnete Spannungskurve liefern, die Ströme aber verzerren, sobald der Arbeitspunkt aus dem optimalen Betriebsbereich wandert.

### Eine Frage des Standorts

In unserem Verteilnetz und dem Mittelspannungsnetz wirkten sich diese Störungen aufgrund des idealen Einspeisepunkts nahe des Transformators und der damit niederohmigen Impedanz sowie starren Kopplung kaum aus. Allerdings gibt Ines abschließend zu bedenken: „In einem Ortsnetz mit vielen verteilten PV-Anlagen ist die Lage anders. Hier kann eine permanente Netzüberwachung und flexible Kompensation mögliche negative Einflüsse für Verbraucher und Lasten verhindern.“

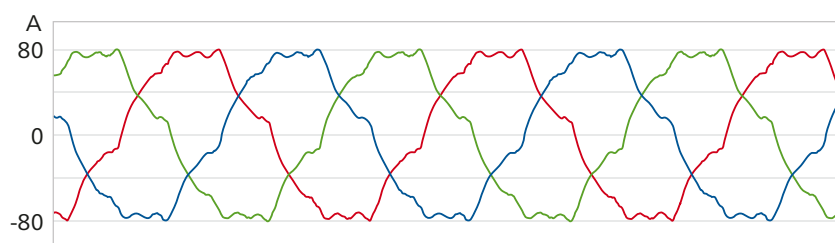


Bild 1: Die erfassten Kurvenformen für die Ströme zeigten selbst bei üblicher Sonneneinstrahlung eine signifikante Verzerrung.

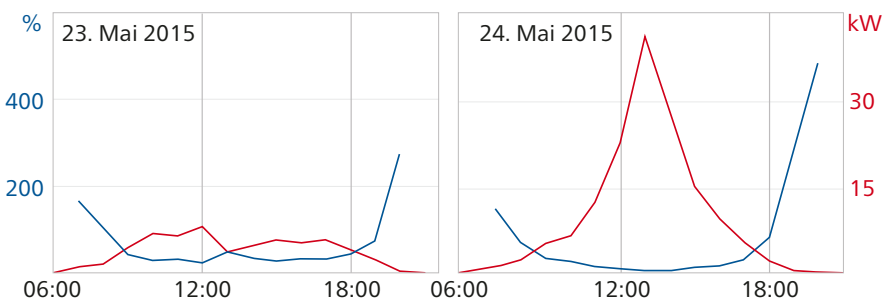


Bild 2: Der THD<sub>r</sub> verhält sich indirekt proportional zur Leistung.

### DANEO 400

DANEO 400 ist ein hybrides Messsystem zum Aufzeichnen und Analysieren der konventionellen Signale (Spannungen, Ströme, fest verdrahtete binäre Statussignale), sowie der Nachrichten im Kommunikationsnetzwerk einer Anlage. Es verarbeitet sowohl digitale als auch analoge Signale und bietet Informationen zur Beurteilung ihrer korrekten Koordination.