

Am Puls der schlauen Netze

Durch volatile Energie aus Wind und Sonne können sich Energieflüsse im Stromnetz innerhalb weniger Sekunden massiv ändern. Um das Risiko eines Stromausfalls zu verringern, muss das Stromnetz überwacht werden. Das geschieht zunehmend mit Phasor Measurement Units (PMUs), die das METAS prüft und kalibriert. Gleichzeitig wird die metrologische Infrastruktur für den Einsatz von Smart Grids weiter ausgebaut.

CHRISTIAN MESTER

Ein funktionierendes Leben ohne Strom aus der Steckdose ist heute praktisch unvorstellbar. Zum Glück ist ein Stromausfall hierzulande ein relativ seltenes Ereignis [1]. Die gesamtwirtschaftlichen Kosten für einen schweizweiten Stromausfall werden auf bis zu 30 Millionen Franken pro Minute geschätzt [2].

Erneuerbar und dezentral

Die Netze für die elektrische Energieversorgung wurden vor Jahrzehnten dafür ausgelegt, Energie von grossen Kraftwerken zu den Verbrauchern zu transportieren. Heutzutage wird aber in zunehmendem Masse elektrische Energie dezentral erzeugt. Dieser Trend hat sich in den letzten Jahren beschleunigt, nachdem beschlossen wurde, die CO₂-Emissionen zu reduzieren und aus der Kernenergie auszusteigen. Während Atomkraftwerke noch konstante Energie liefern, sind Sonne und Wind nicht planbar. Photovoltaik-Anlagen liefern im Sommer zu viel Strom, im Herbst und Winter sind es die Windkraftanlagen, die das europäische Netz an die Leistungsgrenze bringen. Bei einem weiteren Zubau dieser Energien müssen Netzengpässe, auch wenn sie meist punktuell und saisonal auftreten, vermieden werden.

Der Einsatz von Smart Grids

Stromverbrauch senken, Stromnetze ausbauen und Energieforschung verstärken, das sind drei prioritäre Punkte der Energiestrategie 2050 des Bundes [3]. Was einfach tönt, fordert aber ein gesellschaftliches Umdenken und technologische Anpassungen der Industrie. Der Ausbau der Netze beispielsweise schreitet aufgrund zahlreicher Einsprachen sehr viel langsamer voran, als dies aus technischer Sicht erforderlich wäre. Schneller ist die Veränderung zu Smart Grids. Diese sogenannten intelligenten Stromnetze umfassen die kommunikative Vernetzung und Steuerung der Elektrizitätsversorgung. Dazu werden alle Beteiligten miteinbezogen: Stromerzeuger, Speicher, Verbraucher sowie Betreiber der Energieübertragungs- und -verteilnetze. Diese Koordination ermöglicht eine Optimierung der miteinander verbundenen Elemente und einen zuverlässigen Systembetrieb. Um dies sicherzustellen, braucht es somit zunächst einmal mehr und modernere Messgeräte, die in kürzeren Intervallen an mehr Orten mehr Kenngrössen ermitteln.

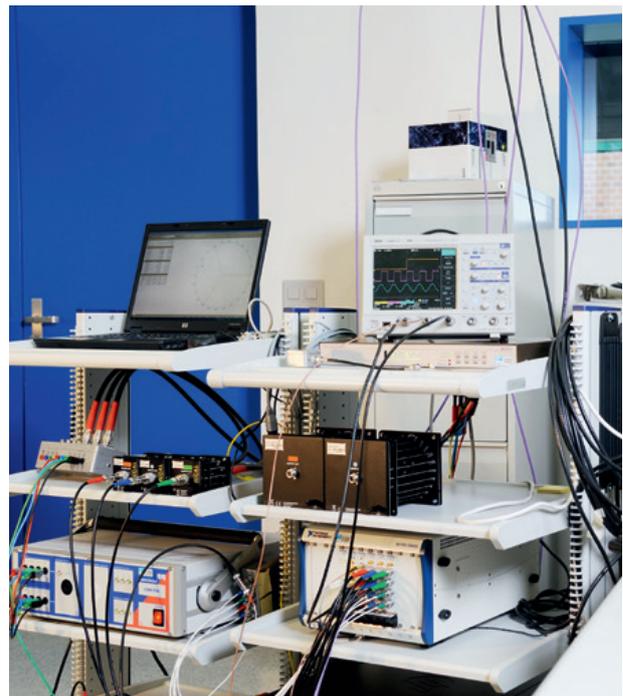
¹ Der vom METAS entwickelte PMU-Kalibrator kalibriert einen PMU in einem halben Tag.

PMUs überwachen Smart Grids

Diese Messgeräte werden Phasor Measurement Units (PMUs) genannt (siehe Kasten). Die PMUs messen in der Regel 50 Mal pro Sekunde synchronisiert die Amplitude von Spannung und Strom. Zentral dabei ist, dass PMUs die Phasenlage bezogen auf eine gemeinsame Referenz, analysieren.

So ermöglichen sie, früher als dies mit bisherigen Mitteln möglich ist, Stabilitätsprobleme und somit Ausfallrisiken zu erkennen. Hierbei sind verschiedene Elemente wesentlich:

Erfolgte der **Energiefluss** in der Vergangenheit noch von den höheren zu den niedrigeren Netzebenen, ist dies heute nicht mehr in jedem Fall zutreffend. Beispielsweise speisen die meisten Photovoltaik-Anlagen Strom in niedrige Netzebenen ein. Mehr Einflussfaktoren als bisher erschweren somit die Vorhersagen; insbesondere die Wetterlage hat über ihren Einfluss auf Wind und Sonnenschein an Bedeutung gewonnen. Traditionelle Methoden zur Netzzustandsschätzung reagieren auf schnelle Zustandsänderungen zu langsam, um Einbrüche bei leistungsstarken Verbrauchern oder Erzeugern erkennen zu können.





2 Intelligente Stromversorgung bedeutet Zustandsanalyse und kommunikative Vernetzung.

Sicherer Betrieb nur mit Messsystem: Vorhandene Leitungen und Kabel müssen mit grösseren Leistungen betrieben werden als ursprünglich geplant. Ein sicherer Betrieb mit geringeren Sicherheitsmargen kann nur mit verbesserten Messsystemen gewährleistet werden.

Der Anteil von **Oberschwingungen** und Zwischenharmonischen (sinusförmige Schwingungen, deren Frequenz kein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz von 50 Hz ist) kann nicht mehr in allen Fällen vernachlässigt werden. Als Erzeuger von Oberschwingungen gelten Stromrichter, die den Wechselstrom zu Gleichstrom umformen und umgekehrt. Fast in allen elektronischen Geräten findet man sie: Computer, Unterhaltungselektronik, Leuchten mit Dimmern sowie Photovoltaik-Anlagen. PMUs dürfen durch Oberschwingungen und Zwischenharmonische nicht beeinflusst werden.

Vorsorgen durch Messen

Die Gleichzeitigkeit von Messwerten kann nur durch Synchronisierung erkannt werden. Nur so können zusammengehörige Messwerte verwendet werden, um den Zustand des Netzes zu ermitteln und Oszillationen zu erkennen.

Eine der Hauptempfehlungen des Ermittlungsberichts zum grossen nordamerikanischen Stromausfall von 2003 ist, das Netz als Ganzes besser zu überwachen. In der Folge wurden in Nordamerika zahlreiche PMUs installiert. In China und Indien ist eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. In naher Zukunft ist auch in Europa mit einem grossflächigen Einsatz von PMUs zu rechnen. Einzelne Übertragungsnetzbetreiber

führen bereits Pilotprojekte durch. Zunehmend verlangen Käufer rückführbar kalibrierte und bauartgeprüfte Messgeräte, weil die Messwerte sonst nicht interpretierbar sind.

Das METAS kalibriert PMUs

Das METAS arbeitet daher, auch im Rahmen der EMRP-Projekte Smart Grid I [4] und II [5], am Aufbau eines Messplatzes zur Kalibrierung von PMUs. Heute können bereits alle statischen Prüfungen der IEEE-Norm C37.118.1 von 2005 durchgeführt werden. Diese haben sich in der Praxis als wichtig, aber nicht ausreichend herausgestellt. Im Jahr 2011 wurde daher eine um dynamische Prüfungen ergänzte Norm verabschiedet, die aber noch umgesetzt werden muss. Das METAS wird als einziges nicht-amerikanisches nationales Metrologieinstitut an einem nordamerikanischen PMU-Ringvergleich teilnehmen und seine Dienstleistungen in diesem Bereich kontinuierlich auf- und ausbauen.

Referenzen

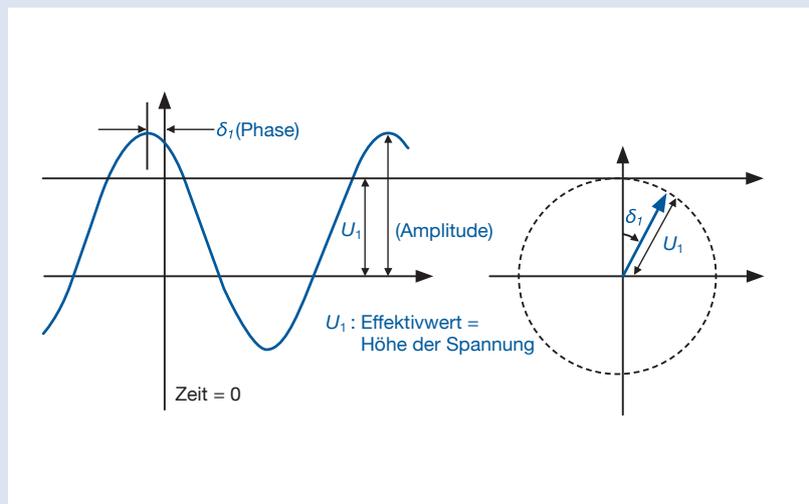
- [1] Eidgenössische Elektrizitätskommission, Medienmitteilung vom 12. Juni 2014
- [2] Zukunft Stromversorgung Schweiz, Akademien der Wissenschaften Schweiz, 2012
- [3] Bundesamt für Energie, www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/
- [4] Metrology for Smart Electrical Grids, www.smartgrid-metrology.eu/, www.euramet.org/fileadmin/docs/EMRP/JRP/JRP_Summaries_2009/ENGo4_Publishable_JRP_Summary.pdf
- [5] Measurement tools for Smart Grid stability and quality, www.euramet.org/fileadmin/docs/EMRP/JRP/JRP_Summaries_2013/Energy_JRPs/ENG52_Publishable_JRP_Summary.pdf

Wie ein PMU zur Netzzustandsermittlung beiträgt

Traditionelle Messgeräte messen den Effektivwert der Spannung U_1 . Die Phase kann nur auf die Phasenlage eines am selben Ort vorhandenen Signals bezogen werden. Beispielsweise kann die Phase einer Spannung als Referenz verwendet werden, um die Phase eines am selben Ort gemessenen Stroms auszudrücken.

PMUs hingegen können neben dem Effektivwert auch die absolute Phase, bezogen auf die koordinierte Weltzeit (UTC), messen. Dadurch werden gemessene Phasenlagen an verschiedenen Orten vergleichbar.

Zudem ist es möglich, typischerweise 50 Messwerte pro Sekunden zu ermitteln und zeitlich zuzuordnen. So können



nen schnelle Veränderungen der Signale, beispielsweise Oszillationen, erkannt werden. Analog werden die entspre-

chenden Grössen für Stromstärken gemessen.

Kontakt:

Dr. Christian Mester

Laborleiter elektrische Energie und Leistung

E-Mail: christian.mester@metas.ch

Telefon: +41 58 387 03 06