

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 109 (2018)
Heft: 10

Artikel: Herausforderungen für den Netzbetrieb
Autor: Sattinger, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856995>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Herausforderungen für den Netzbetrieb

Einfluss von erneuerbaren Energien auf das Übertragungsnetz | Durch die Verlagerung der elektrischen Energieerzeugung hin zu neuen regenerativen Energiequellen wie Wind- und Solarenergie findet in der Energiewelt zurzeit weltweit ein gewaltiger Umbauprozess statt. Ein Blick auf einige Herausforderungen, die dadurch im Zusammenhang mit der Netzstabilität entstehen.

TEXT WALTER SATTINGER

Relativ wenige grosse Erzeugungseinheiten werden kontinuierlich durch eine Vielzahl von kleinen Erzeugungseinheiten ersetzt. Beim Anschluss dieser neuen erneuerbaren Erzeugungsanlagen kommen heute noch immer in sehr grossem Umfang Leistungselektronikkomponenten zum Einsatz, die ursprünglich für elektrische Antriebe von Industrieanlagen oder elektrischen Verkehrsfahrzeugen entwickelt wurden. Ihre Schnittstellen zum elektrischen Versorgungsnetz sind so konzi-

piert, dass sie einen Anschluss an ein leistungsfähiges synchrones Netz voraussetzen, in dem Synchronmaschinen als Hauptquelle der Erzeugung für die notwendige Netzstabilität sorgen.

Praxiserfahrung

Wie gut die Netzstabilität erfüllt ist, kann am besten dem Verlauf der Netzfrequenz während transients Vorgänge entnommen werden. So sind in **Bild 1** die Frequenzverläufe an einigen Schaltanlagen des kontinentaleuropäischen Netzes (CE) beim Ausfall eines 1-GW-

Kraftwerkblocks in den Niederlanden dargestellt. Dabei zeigt sich ein resultierender Frequenzeinbruch von rund 55 mHz mit einem mittleren Frequenzgradienten von rund 12 mHz/s. Infolge der Ausdehnung des CE-Netzes von über 4000 km in Ost-West-Richtung, dauert es über 2 s, bis sich der Frequenzeinbruch von West nach Ost «ausbreitet». Sämtliche angeregten systemimmanenten Pendelmodi sind gut gedämpft. Schon nach den ersten 10 s nähern sich alle Frequenzen dem gleichen Mittelwert. Diese Vorgänge ent-

Bild: Radomir Novotny

sprechen dem heutigen Kraftwerkspark mit einem noch recht hohen Anteil an konventionellen Kraftwerken, die über einen entsprechend grossen Anteil an rotierender Reserve verfügen und somit einen schnellen Frequenzeinbruch vermeiden.

Wie sich ein System mit einem Anteil von nur rund 18% an synchronen Generatoren im Störfall verhält, haben die Auswertungen des Netzzusammenbruchs in Südaustralien vom 28. September 2016 gezeigt.[1] Der resultierende Frequenzgradient war nach der störfallbedingten Inselnetzbildung ca. 6,25 Hz/s, bei diesem rasanten Frequenzzfall gab es keine Chance, das Netz noch zu retten! Etwa 50 % der Stromerzeugung Südaustraliens bestand zum Zeitpunkt der Störung aus umrichtergekoppelten Windkraftanlagen.

Aus der Erfahrung der Auswertungen von Störfällen im CE-Netz der letzten Jahre kann abgeleitet werden, dass mit den heutigen Schutzsystemen bei Kraftwerken und Verbrauchern (Über- und Unterfrequenzschutz) nur Gradienten bis zu 1 Hz/s sicher beherrscht werden.

Nicht nur der absolute Anteil an nicht-synchron-gekoppelter Erzeugung stellt für den Netzbetrieb eine gewisse Herausforderung dar, sondern auch die Volatilität infolge des schwankenden Angebots an Primärleistung. Während der Sonnenfinsternis 2015 konnten die europäischen Netzbetreiber diesen Einfluss durch Aktivierung spezieller Regelreserven und Fahrweisen der konventionellen Kraftwerke eindrücklich meistern.[2] Innerhalb von 2,5 h mussten ein Rückgang von 15 GW und ein anschliessender Anstieg von 26 GW im CE-Verbundnetz ausgeglichen werden.

In der Schweiz ist der Anteil an neuer erneuerbarer Energie bisher noch geringer als in anderen CE-Ländern, aber trotzdem ist die PV-Einspeisung in den letzten 10 Jahren von 35 MW (2007) auf 1,9 GW (2017) gestiegen.[3] Diese beteiligt sich somit bei günstigen Verhältnissen mit einem zweistelligen Prozentanteil an der Versorgung der schweizerischen Netzlast, die in den Sommermonaten bei ca. 5 GW liegt.

Aus der Sicht des Netzbetreibers, der schliesslich für die Netzstabilität verantwortlich ist, birgt ein wechselnder Kraftwerkseinsatz ein gewisses Risiko, da sich dadurch auch die dynamischen

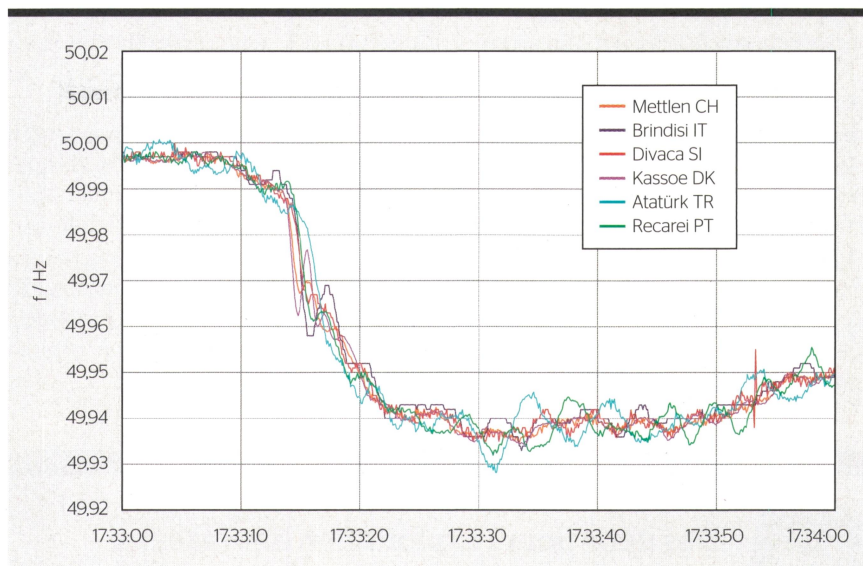


Bild 1 Frequenzverläufe an verschiedenen Orten im CE-Netz am 17. August 2018.

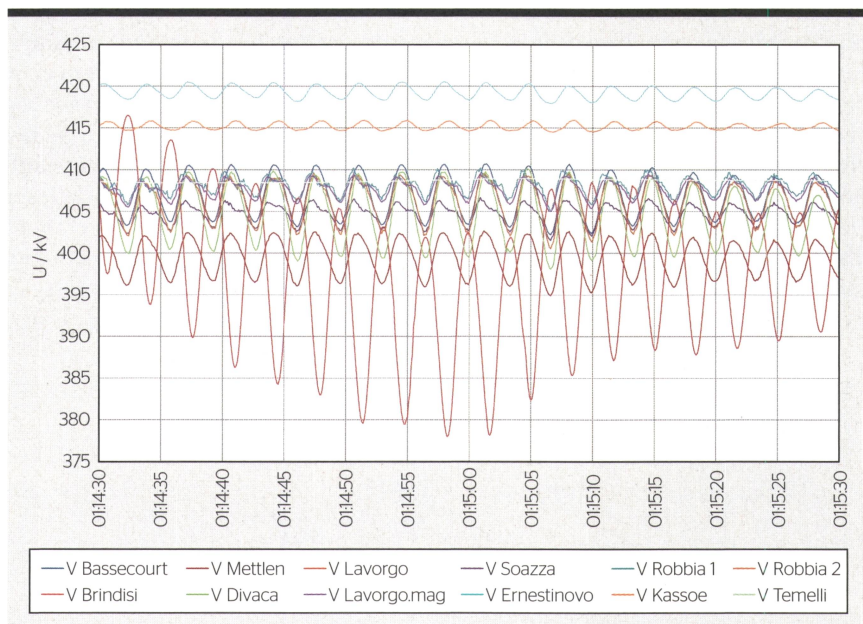


Bild 2 Spannungsschwankungen im Hochspannungsnetz während der Netzpendelung vom 3. Dezember 2017.[4]

Eigenschaften des Netzes ändern. Ein entsprechendes Beispiel liefern die Ergebnisse der Untersuchung der Netzpendelung vom 3. Dezember 2017.[4] Dabei waren Spannungspendelungen im Schweizer Netz auf der Hochspannungsebene von rund $\pm 2,5$ kV aufgetreten (**Bild 2**).

Dieser Störfall war dadurch gekennzeichnet, dass sich nach einem Fahrplanwechsel und bereits ungünstigen Lastflussverhältnissen im Netz der Anteil von Kraftwerken mit geringeren Dämpfungseigenschaften an der Stromerzeugung erhöht hatte.

Ausblick

Der Einfluss der sich abzeichnenden Änderungen im Netzbetrieb aufgrund des steigenden Anteils an neuen regenerativen Energien ist schon heute erkennbar. Er ist durch den Betrieb eines immer geringeren Anteils an Synchronmaschinen gekennzeichnet.

Um die Netzstabilität auch unter diesen veränderten Rahmenbedingungen zu sichern, müssen auch die neuen Anlagen einen entsprechenden Beitrag liefern können. Zunächst sollen sie mittels spannungseinprägender

Regelung fähig sein, ein Inselnetz zu versorgen. Auch Teilnetze mit weitgehend umrichtergekoppelter Erzeugung sollten autark betrieben werden können und bei Netzstörungen und Netzwiederaufbau einen positiven Beitrag liefern können.

Zudem sollten sie systemstützende Eigenschaften aufweisen. Dies geschieht durch eine stromeinprägende Regelung (Lieferung von Kurzschlussleistung), Beteiligung an der Netzregelung (Frequenz/Spannung), Lieferung

von schneller Reserve/Trägheit. Auch dezentrale Erzeugungseinheiten müssen in der Zukunft einen Beitrag zur Netzstabilisierung liefern.

Die weitere Entwicklung muss durch den Einsatz von geeigneten Simulationsmodellen und begleitenden Messungen im Netz laufend begleitet werden, um so rechtzeitig alle notwendigen Werkzeuge und Informationen zur allfälligen Anpassung des Netzschutzes und der Netzregelung umsetzen zu können.

Referenzen

- [1] Integrated Final Report «Black System South Australia 28 September 2016», AEMO, März 2017.
- [2] Walter Sattinger, Jeanine Glarner, «Stresstest bestanden, Sonnenfinsternis als neue Herausforderung für das europäische Übertragungsnetz», Bulletin SEV/VSE 6, 2015, S. 51 - 52.
- [3] Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2017, BFE, Juli 2018.
- [4] System Protection and Dynamics WG, «Oscillation Event 03.12.2017», ENTSO-E, März 2018.

Autor

Dr. **Walter Sattinger** ist Principal Grid Studies Engineer bei Swissgrid.
→ Swissgrid AG, 5001 Aarau
→ walter.sattinger@swissgrid.ch

RÉSUMÉ

Des défis pour l'exploitation des réseaux

Influence des énergies renouvelables sur le réseau de transport

L'influence des changements qui se profilent dans la gestion des réseaux en raison de la part croissante en énergies renouvelables est déjà perceptible. Elle est marquée par l'exploitation d'une part de plus en plus faible de machines synchrones. Pour assurer la stabilité du réseau dans le contexte de ces changements, les nouvelles installations doivent également pouvoir apporter leur contribution. Dans un premier temps, elles devraient être en mesure d'alimenter un réseau en îlot grâce à une régulation injectant de la tension. En outre, elles devraient présenter des

propriétés capables de soutenir le système. Cela est réalisable avec une régulation injectant du courant (approvisionnement en puissance de court-circuit) et avec une participation à la régulation du réseau.

La suite du développement doit être accompagnée continuellement par l'utilisation de modèles de simulation et de mesures de réseau afin de pouvoir appliquer à temps tous les outils et toutes les informations pour l'ajustement de la protection et de la régulation du réseau.

NO



Ihr unabhängiger Energiedienstleister

Wir unterstützen Sie kompetent in folgenden Bereichen:

- Zählerfernauslesung
- Energiedatenmanagement
- Smart Metering
- Energieprognosenerstellung
- Support und Reporting

Sysdex AG

Usterstrasse 111
CH-8600 Dübendorf

Telefon +41 44 801 68 88
www.sysdex.ch

NEUTRAL ■ SICHER ■ ZUVERLÄSSIG