

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 108 (2017)
Heft: 5

Artikel: Leistungsfähige Tests für smarte Verteilnetze
Autor: Fischer Celanovic, Nikola / Classe, Aiko
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-791313>

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: 27.04.2026

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

Leistungsfähige Tests für smarte Verteilnetze

Verteilnetze der Zukunft | Neue Anforderungen und Digitalisierung sorgen dafür, dass die Verteilnetze in Zukunft viel dynamischer und «smarter» sein werden als heute. Diese höhere Komplexität der Netze bedingt auch effizientere Test-Tools.

TEXT NIKOLA FISCHER CELANOVIC, AIKO CLASSE

Die Verteilnetze der Zukunft werden viel dynamischer sein als heute. Die treibenden Kräfte hierbei sind sowohl die dezentrale und wechselhafte, von Sonne und Wind abhängige Stromerzeugung, als auch die dezentralen Batteriespeicher, die alle über hochdynamische Wechselrichter mit dem Netz verbunden sind. Dazu kommen auch Smart Relais mit komplexen Kommunikationsnetzwerken. Zusätzlich verlangen Überlegungen zur Ausfallsicherheit gegen Cyber-Attacken und Naturereignisse nach einer zellulären Gestaltung der Verteilnetze, und zwar so, dass die verschiedenen Teile des Netzes als unabhängige Inseln funktionieren und ihre eigene Spannung und Frequenz steuern können.

Unabhängig davon, wohin diese Evolution der Verteilnetze führt – netzförmig oder radial, AC oder DC –, ist absehbar, dass die Netze «smarter» sein und immer mehr IKT-Komponenten und Subsysteme beinhalten werden. Mit den durch IKT-Technologien geschaffenen Möglichkeiten wird auch die Komplexität innerhalb der Netze steigen, was wiederum effizientere Test-Tools bedingt.

Ein gutes Test-Tool, das die Eindämmung der wachsenden Kosten für Engineering und Tests zukünftiger Verteilnetzkonfigurationen unterstützen soll, muss ein breites Spektrum relevanter Zeitkonstanten abdecken: von Sub-Mikrosekunden bis zu Minuten und sogar noch länger (**Bild 1**). Entscheidend ist bei einem solchen Test-Tool, dass damit sowohl die Steuerungs- und Kommunikations-Software als auch die entsprechende Hardware ohne jegliche Modifikationen getestet werden kann.

Hardware-in-the-Loop für Umrichter

Fast jede dezentrale Energiequelle ist über einen hochdynamischen Wechselrichter mit dem Netz verbunden, was vollkommen neue Möglichkeiten der digitalen Steuerung und Kommunikation ermöglicht. Zusätzlich besitzen solche Geräte immer ausgefeiltere

netzunterstützende Funktionen. Zum Beispiel spezifizieren die deutsche BDEW-FGW-TR3-Richtlinie oder die Richtlinie UL 1741 SA in den USA detailliert die Voraussetzungen, die Solarwandler für den Betrieb im Netz erfüllen müssen. Die Überprüfung dieser Funktionalität ist kostspielig und sehr zeitintensiv, was wiederum die

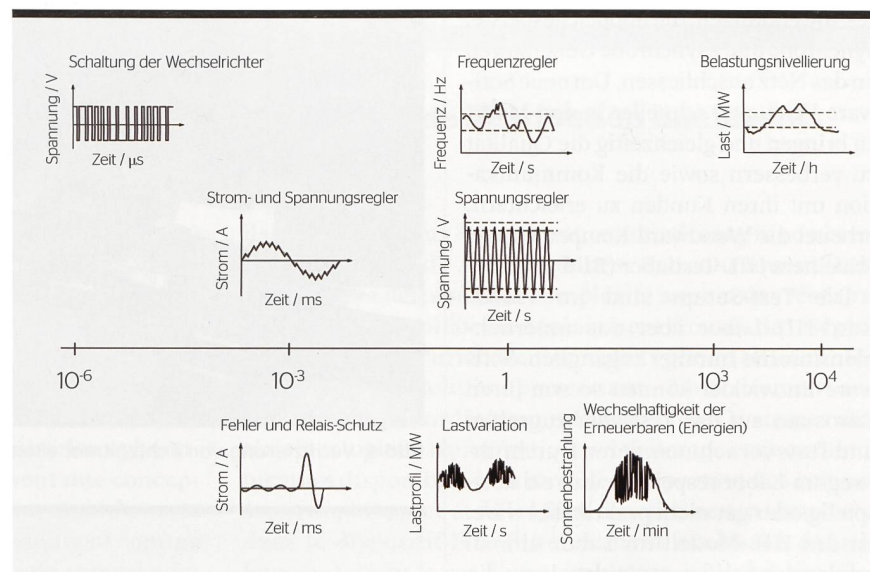


Bild 1 Relevante Zeitkonstanten im Verteilnetz.

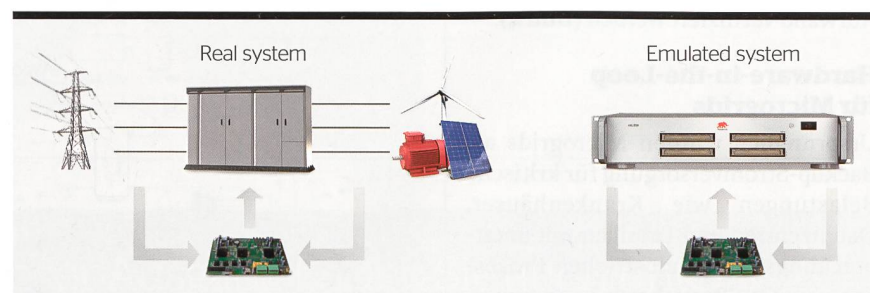


Bild 2 Die HiL-Technologie ermöglicht das Testen fortschrittlicher digitaler Steuerungs- und Kommunikationssysteme ohne jegliche Modifikation der vorhandenen Controller Hardware oder Software. Links befindet sich das reale System, rechts das HiL-Modell. Der Controller ist in beiden Fällen identisch.

Markteinführung verzögern kann. Zum Testen von leistungselektronischen Systemen hat Typhoon HIL daher einen anderen Ansatz gewählt.

Der Unterschied der HIL-Technologie im Vergleich zu einer Computersimulation ist ihre Fähigkeit, die vorhandene Steuerungs- und Kommunikations-Hardware und -Software mit einem Modell der Leistungskomponenten zu verknüpfen und innerhalb des HIL-Gerätes in Echtzeit laufen zu lassen. In einer Simulation könnten lediglich vereinfachte Leistungs- und Steuerungsmodelle betrachtet werden (Bild 2).

Ein Beispiel aus der Windindustrie

Die Woodward Kempen GmbH in Kempen, Deutschland, ist der grösste unabhängige Hersteller von Frequenzumrichtern für Windkraftanlagen zur regenerativen Energieerzeugung. Das Unternehmen unterhält über 16000 Umrichter in Onshore- und Offshore-Anwendungen, die doppelt gespeiste, synchrone und asynchrone Generatoren an das Netz anschliessen. Um neue Software-Versionen schneller in den Markt zu bringen und gleichzeitig die Qualität zu verbessern sowie die Kommunikation mit ihren Kunden zu erleichtern, arbeitet die Woodward Kempen GmbH mit einem HIL-Testlabor (Bild 3).

Die Test-Setups sind im Woodward-HIL-Labor über das unternehmensinterne Intranet zugänglich. Software-Entwickler können so von ihren Büros aus auf das Testlabor zugreifen und Tests vornehmen, deren Durchführung im Labor respektive im Feld kostspielig oder gar nicht praktikabel wäre. Ist das HIL-Modell im Labor einmal erfolgreich verifiziert worden, kann die Steuerungs-Software ohne Labor durch das HIL-Modell mit einem geringeren Aufwand verifiziert werden (Bild 4).

Hardware-in-the-Loop für Microgrids

Ursprünglich wurden Microgrids als Backup-Stromversorgung für kritische Belastungen wie Krankenhäuser, Datenzentren und Fabriken mit unterbrechungsfreien industriellen Prozessen genutzt. Typischerweise beinhalten sie einen oder mehrere interne Verbrennungsmotoren mit eingekoppelten elektrischen Generatoren, die kritische Lasten einspeisen.



Bild 3 Hardware-in-the-Loop-Testlabor in der Woodward Kempen GmbH für unabhängiges (automatisiertes) Testen von Wandler-, Generatoren- und Netzkonfigurationen.

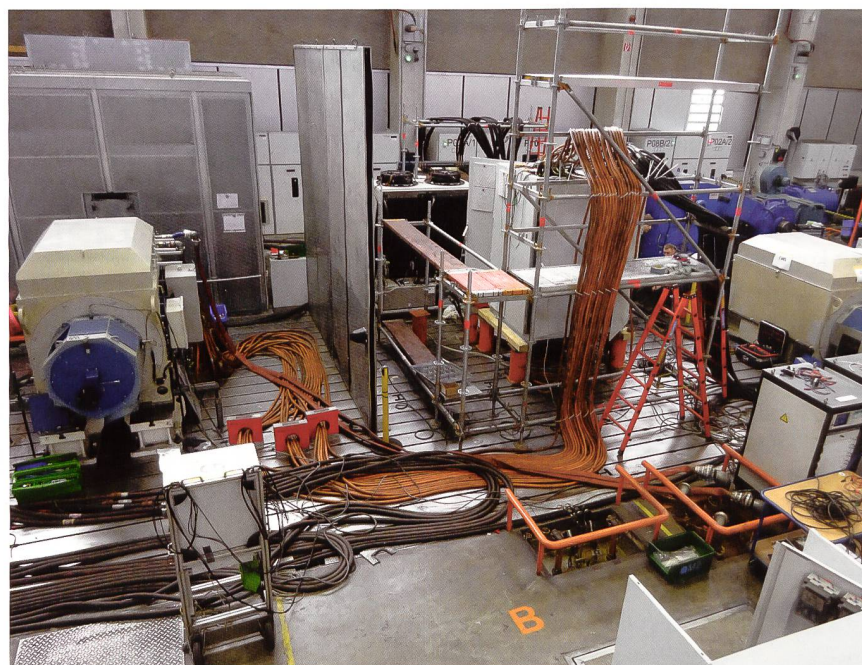


Bild 4 Verifizierung von Echtzeitmodellen durch Labortests.

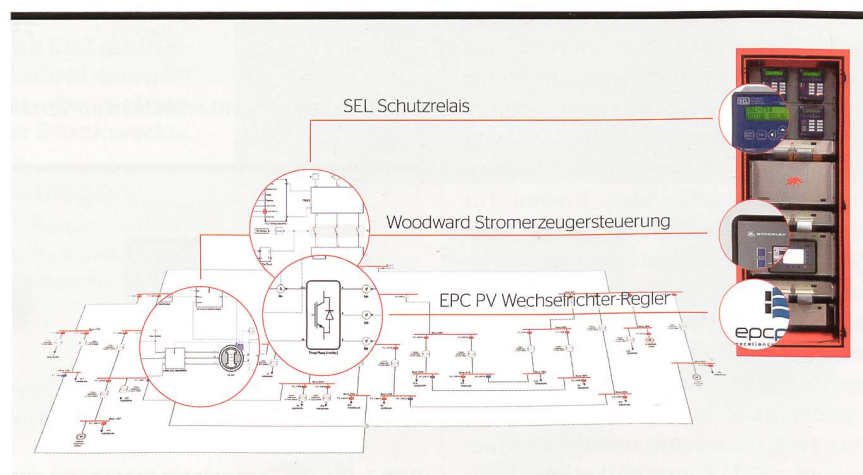


Bild 5 Ein Microgrid Testbed beinhaltet ein Echtzeitmodell des Microgrids. Es wird unter anderem von einem Microgrid Controller, einem Wechselrichter-Controller, von einer Stromerzeugersteuerung und Schutz-Relais gesteuert.

Heutzutage werden Microgrids auch mit Solar- und Windenergie sowie Energie aus Batteriespeichern gespeist. Dadurch weisen solche Microgrids nur geringe oder gar keine Trägheit auf, was sie wesentlich dynamischer macht. Zusammen mit den entsprechenden Schutz-Relais, Kommunikationsnetzwerken und Microgrid Controllern bilden sie komplexe Energiesysteme (**Bild 5**), die allerdings gründlich getestet werden müssen, bevor ihre sichere und verlässliche Anwendung unter allen Betriebsbedingungen garantiert werden kann.

Erkenntnisse vom Microgrid & DER Controller Symposium

Auch auf dem diesjährigen Microgrid & DER Controller Symposium, welches vom Massachusetts Clean Energy Center und den MIT Lincoln Laboratories organisiert wird, standen reale, unveränderte industrielle Microgrid Controller im Fokus. Dabei wurde die Leis-

tungsfähigkeit solcher Controller demonstriert. So steuerten sie beispielsweise drei Einspeiser mit 24 Bussen, einem Dieselgenerator, einem Naturgasgenerator mit Wärme-Kraft-Kopplung, einem Batteriespeicher, einem PV-Wechselrichter und zahlreichen Lasten, die im Rahmen einer Microgrid-Testumgebung liefen. Dabei wurde gezeigt, dass Microgrid Controller mit einem breiten Spektrum an Störungen und Einflüssen, wie Sonnenstrahlungsprofile, Belastungsprofile oder Anfragen des Distribution-Management-Systems (DMS) an den Microgrid Controller, beispielsweise zum Export der aktiven respektive reaktiven Leistung, zur Inselbildung, zurechtkommen.

Als Erkenntnis lässt sich festhalten, dass sowohl die Konstruktion als auch das Testen von Microgrid-Steuerungssystemen mit der heutigen Technologie schwierig und kostspielig sind. Konstruktion und Testen ist ohne die richtigen Tools aber nicht praktikabel.

Verteilnetze durchlaufen rasante Veränderungen, die durch die Einführung von dezentralen und wechselhaften Energiequellen und durch die weitreichende Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien angetrieben werden. Solche Veränderungen bieten Möglichkeiten, ein Verteilnetz sicherer und flexibler zu machen. Gleichzeitig werden aber auch fortschrittliche Testwerkzeuge benötigt, um das Verhältnis von Kosten zu Qualität in einem vernünftigen Rahmen zu halten.

Links

www.typhoon-hil.com
www.woodward.com/WindConverters.aspx

Autoren

Dr. Nikola Fischer Celanovic ist CEO der Typhoon HIL GmbH.
 → Typhoon HIL GmbH, 8005 Zürich
 → nfc@typhoon-hil.com

Aiko Classe ist Software-Ingenieur bei der Woodward Kempen GmbH
 → Woodward Kempen GmbH, D-47906 Kempen
 → aiko.classe@woodward.com

RÉSUMÉ

Procédures de test performantes pour réseaux de distribution intelligents

Les réseaux de distribution de l'avenir

Les réseaux de distribution de demain seront bien plus dynamiques que ceux d'aujourd'hui. En la matière, les forces motrices résident aussi bien dans la production d'électricité décentralisée et stochastique, dépendante du soleil et du vent, que dans les accumulateurs à batterie décentralisés, tous reliés au réseau via des onduleurs ultraperformants. De plus, les réflexions relatives à la sécurité en cas de défaillance visant à se prémunir contre les cyberattaques et les événements naturels imposent une conception cellulaire des réseaux de distribution, mais de sorte que les différentes parties du réseau fonctionnent comme des îlots indépendants et soient capables de commander leurs propres tensions et fréquences. Quelle que soit la forme que prendront les réseaux de distribution du futur,

ils seront tous plus « smart » et contiendront plus de composants TIC et de sous-systèmes. Par conséquent, cela augmentera nettement la complexité au sein des réseaux, avec comme corollaire le déploiement d'outils de test plus efficaces. Sise à Zurich, l'entreprise Typhoon HIL GmbH a développé une solution permettant – contrairement aux simulations par ordinateur – d'associer des systèmes matériels et logiciels informatiques de pilotage et de communication disponibles à un modèle comportant des composants de puissance et de les faire fonctionner en temps réel dans le dispositif HIL (littéralement « matériel dans la boucle »). Dans le cas d'une simulation, seuls les modèles de puissance et de pilotage simplifiés peuvent être pris en considération.

MR

Die Beiträge dieser Ausgabe finden Sie auch unter

www.bulletin.ch

**Kabelfehlerortung, Prüfung
und Diagnose – erleben Sie
Mess- und Prüfmethoden
live in ihrer Anwendung.**

**Info-Tagung
am Dienstag
den 27.06.**

**JETZT
schnell
anmelden!**



**Einladung zur ganztägigen und kostenlosen
Informationstagung in Schinznach-Dorf**

Weitere Informationen sowie Agenda und Anmeldung
finden Sie auf www.megger-swiss.ch.

INTERSTAR

Megger[®]
Power on