

# POWER HARDWARE-IN-THE-LOOP TESTMETHODE FÜR HVDC KOMPONENTEN UND SYSTEME

Dennis ALBERT<sup>1</sup>, Uwe SCHICHLER<sup>1</sup>

## Herausforderungen

Die ehemalige hierarchische Übertragungs- und Verteilnetzstruktur des Elektrizitätsnetzes befindet sich in einer Umstrukturierung. Seit ca. 20 Jahren findet verstärkt ein Wandel hin zur dezentralen und verteilten Erzeugung statt. Dies ist vor allem der Verfügbarkeit leistungsfähiger und kostengünstiger Leistungselektronik zuzuschreiben.

Durch die Erzeugung elektrischer Energie fernab der Lastzentren ist eine wirtschaftliche Übertragung der Elektrizität Voraussetzung für einen sicheren und stabilen Betrieb des elektrischen Netzes. Für große Übertragungsstrecken von mehreren hundert Kilometern eignet sich die Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ). Diese Technik, wie auch die Einspeisung elektrischer Energie im Verteilnetz z. B. durch Photovoltaik (PV)-Anlagen, erfordert den Einsatz von Leistungselektronik samt Steuerungselektronik und Software. Um im Vorfeld des Betriebs dieser Systeme Fehlfunktionen und unsichere Zustände zu vermeiden, werden die Geräte typgeprüft. Einen sicheren Betrieb mehrerer Systeme zusammen können die aktuellen Testverfahren bisher nicht gewährleisten. Zur Untersuchung des realen Betriebsverhaltens einzelner Systeme in einer übergeordneten Netzstruktur sollte in Tests tatsächlich Energie zwischen den Systemen ausgetauscht werden und zwar in den Größenordnungen, wie sie im Betrieb auftreten können. Dies wird als Power Hardware-in-the-Loop (PHIL) bezeichnet. Dadurch kann z. B. der Einfluss erwärmter Bauteile auf die Funktionsfähigkeit im Betrieb untersucht werden.

Der Vorteil der PHIL-Testmethode ist, dass nur das zu prüfende Gerät als reale Hardware zur Verfügung stehen muss. Die umgebende Netzstruktur wird in Echtzeit simuliert. Die Leistung an den Verbindungspunkten zwischen Testobjekt und übergeordneter Netzstruktur wird durch regelbare Verstärker bereitgestellt. Die sich dort einstellenden Spannungen und Ströme liefert die Echtzeitsimulation an die gesteuerten Verstärker.

Um im Bereich der HGÜ-Technik Komponenten und Systeme zu testen, ist eine Leistung im Bereich von Mega- (MW) bis Gigawatt (GW) nötig. Dies ist mit aktuell verfügbarer Technologie nur bedingt umsetzbar. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Austrian DC-Laboratories“ werden sowohl Testmethoden, als auch die nötige Infrastruktur für zukünftige Testprozeduren, untersucht. Dabei werden Methoden für Nieder- (LV), Mittel- (MV) als auch Hochspannung (HV) untersucht und zugleich die Komplexität (Komponenten bis hin zu vermaschten Systemen) erhöht.

## Aktueller Stand der Technik

Die Leistung verfügbarer DC-Leistungsverstärker liegt im einstelligen MW-Bereich. Dabei bewegen sich die Spannung und der Strom im einstelligen kV- bzw. kA-Bereich [1]. Um Leistungen in der Größenordnung mehrerer MW bereit zu stellen, bestehen die Leistungsverstärker meist aus einer Parallel- und Reihenschaltung einzelner Verstärker. Größere Leistungen können bisher nur über Leistungstransformatoren realisiert werden, welche hohe Anschaffungskosten haben und in der zeitlichen Änderung von Strom und Spannung eingeschränkt sind. In [2] werden Modulare Multilevel Converter (MMC) verwendet, um eine Gleichspannung bis 24 kV zur Verfügung zu stellen. Diese Prüfeinrichtung eignet sich zur Validierung von MVDC-Schiffsystemen und Offshore-Windenergieanlagen. Die MMC sind als Vollbrücke ausgeführt, weswegen keine Gleichstromleistungsschalter benötigt werden. Diese Konfiguration eignet sich daher zur Untersuchung des Fehlermanagements bei DC-Systemen ohne Leistungsschalter.

---

<sup>1</sup> Technische Universität Graz, Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement, Inffeldgasse 18, 8010 Graz, Tel.: +43 316 873-7419, dennis.albert@tugraz.at, www.ihs.tugraz.at

## Entwicklungsprojekt „Austrian DC-Laboratories“

Im Bereich der Hochspannung liegt der Fokus auf der Untersuchung geeigneter Schnittstellen zwischen Simulation und realer Testumgebung. Dabei sollen hohe Leistungen verfügbar sein und zugleich Strom und Spannung schnell veränderlich sein [3].

In [4] wird eine Methode zur Injektion von Strom auf Hochspannungspotential beschrieben. Über Schubkondensatoren wird dabei ein auf Hochspannungspotential befindlicher Gleichrichter gespeist. Die Schubkondensatoren isolieren gleichzeitig das Hochspannungspotential von der Hochstromquelle. In wie weit diese Methode geeignet ist, um schnelle Spannungs- und Stromänderungen nachzubilden ist unklar. Konzipiert ist dieses Modell für Langzeittests.

Aktuell wird ein Demonstrator für PHIL im Labormaßstab aufgebaut, um verschiedene Testsznarien zu untersuchen und das Thema PHIL für Studierende sichtbar zu demonstrieren (Abbildung 1).

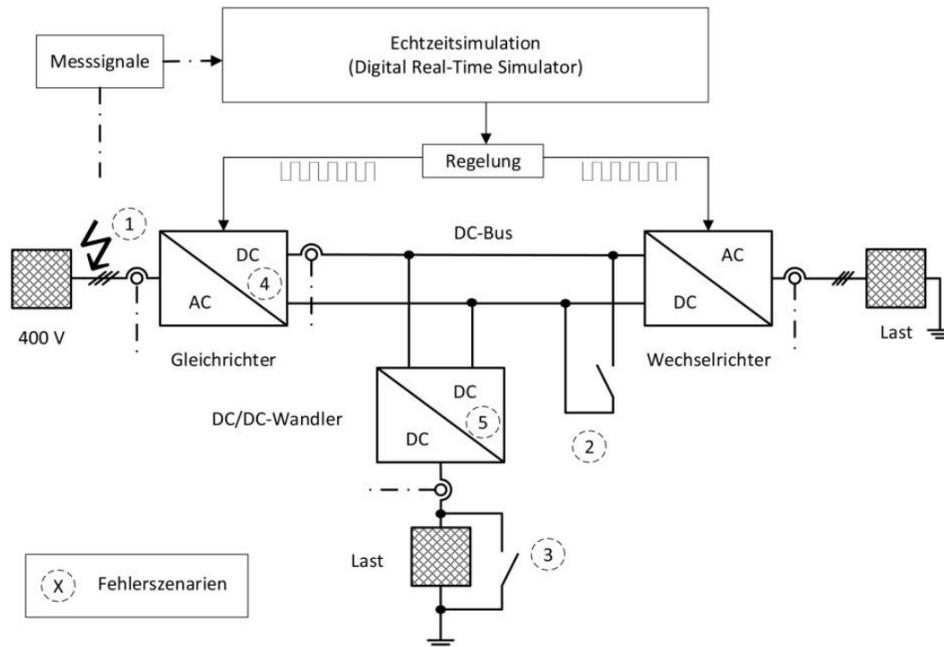


Abbildung 1: Prinzipschaltbild des PHIL-Demonstrators

## Ausblick

Im Rahmen des Projekts „Austrian DC-Laboratories“ wird durch den Kooperationspartner Austrian Institute of Technology (AIT) ein LV-Multiterminal-DC-Netz mit einer Vielzahl an Quellen und Lasten in einem Echtzeitsimulator implementiert werden. Im Bereich der MV soll eine Testumgebung geplant und erste Demonstrationen möglich sein. Mit Hilfe der ermittelten Erkenntnisse aus den Bereichen LV und MV wird am Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement der TU Graz ein Konzept für eine Testinfrastruktur im HVDC-Bereich erstellt.

## Literatur

- [1] ETPS: "High Power DC Sources", URL: <http://www.etps.co.uk/products/high-power-dc/default.aspx> - Überprüfungsdatum 29.11.2017
- [2] STEURER, SCHODER, FARUQUE, SOTO, BOSWORTH, SLODERBECK, BOGDAN, HAUER, WINKELNKEMPER, SCHWAGER, BLASZCZYK: "Multifunctional Megawatt-Scale Medium Voltage DC Test Bed Based on Modular Multilevel Converter Technology", IEEE Transactions on Transportation Electrification Vol. 2, No. 4, pp. 597–606, 2016
- [3] KLIMA- UND ENERGIEFONDS: Forschungsprojekt "Austrian DC-Laboratories", Projekt-Nr. 858986
- [4] HALLAS, WIETOSKA, HINRICHSEN: "Generator for Current Injection on High DC Potential to test HVDC Equipment", 20th International Symposium on High Voltage Engineering, Buenos Aires, Argentina, 2017