

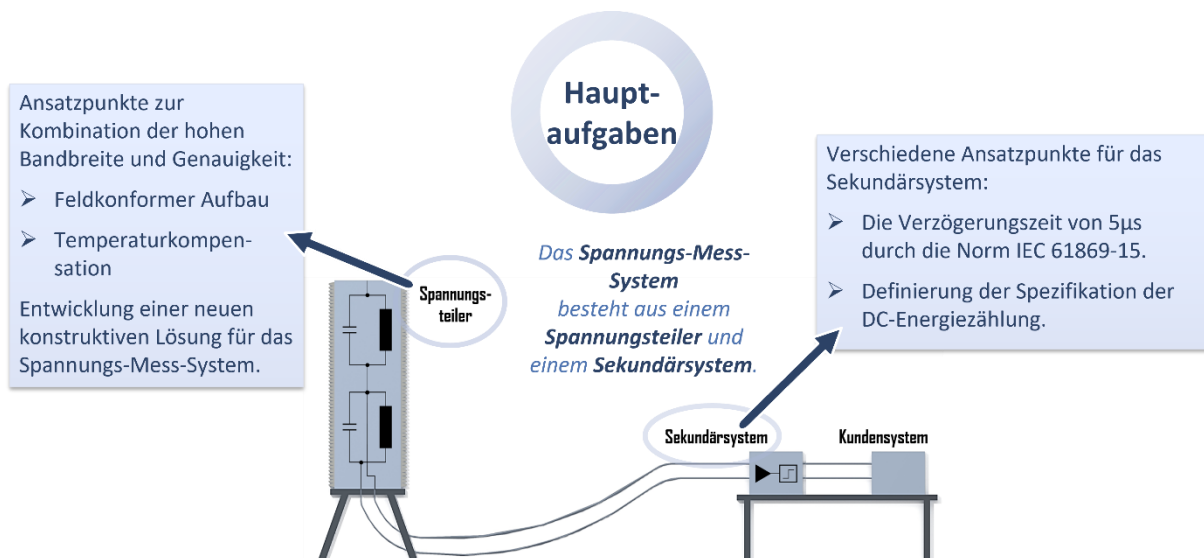
## Kurzbeschreibung für das Verbundprojekt

# SMS4HGÜ

## Spannungs-Mess-System für HGÜ 4.0

Verbundpartner: *Schniewindt GmbH & Co. KG, Schöntaler Weg 46, 58809 Neuenrade*

Bei immer größeren Anteilen erneuerbarer Energien wird es zunehmend schwieriger, das Stromnetz stabil zu halten und die gewonnene Energie verlustarm von weit entfernten Erzeugern zu den Verbrauchern zu leiten. Situationen mit hoher Last im Süden und der starken Winderzeugung im Norden sind problematisch für das Netz. Die räumliche Verlagerung der Erzeugung ist der Faktor, der das Stromnetz herausfordert. Die Zukunftsszenarien für 2035 gehen davon aus, dass in Deutschland die konventionelle Erzeugerkapazität im ambitioniertesten Szenario bei 75 GW liegt, während insgesamt 170 GW Leistung aus regenerativen Energien installiert sind. Ohne Netzausbaumaßnahmen wächst die Gefahr von Blackouts. Die wirtschaftlichen Schäden eines Produktionsausfalls aufgrund der Unterbrechung in der Energieversorgung wären für den Produktionsstandort Deutschland immens. Die aktuellen Entwicklungen der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs(HGÜ)-Technologie ermöglichen auch in der Zukunft eine hohe Versorgungssicherheit. Und ganz wichtig: Auch wenn die Entwicklung von Speichern mit nennenswertem Speichervermögen erfolgreich ist, lässt sich der Netzausbau nicht vermeiden.



Mit dem vorliegenden Projekt wird ein Spannungs-Mess-System entwickelt, mit dem zum ersten Mal eine schnelle und effiziente Messung von der Gleichspannung überlagerten, hochfrequenten Spannungsanteilen in der neuesten Generation von HGÜ-Anlagen ermöglicht wird. Auf der Grundlage der Spannungsmessung soll der Schutz der modernen HGÜ-Energieanlagen vor Ausfällen gewährleistet und die Erfassung der Spannungsqualität (Power Quality) in Wechselspannungsnetzen verbessert werden. Das sichert die Netzstabilität sowie

die Spannungsqualität und somit die Versorgungssicherheit. Die technische Herausforderung des Projektes besteht in der Lösung der Anforderungen an die Messung von Gleichspannungen und Wechselspannungen bis 550 kV mit einer sehr hohen Bandbreite von mind. 150 kHz (im  $\pm 3$  dB Bereich) für die überlagerten, hochfrequenten Spannungsanteile (AC) und gleichzeitig an eine sehr hohe Genauigkeit der Messung im Bereich der Gleichspannung (DC) von  $\pm 0,1$  %, um dadurch eine präzise Energieabrechnung in vermaschten DC-Netzen möglich zu machen.

### **Zusatz-Info:**

Vor dem Hintergrund des dargestellten Standes der Technik soll im Rahmen des geplanten F&E-Vorhabens ein neuartiges Spannungsmesssystem entwickelt werden, das erstmals in der Lage ist, Gleichspannungen bis 550 kV mit einer Bandbreite von mindestens 100 kHz (in  $\pm 3$  dB) für die überlagerten hochfrequenten Spannungsanteile zu messen. Gleichzeitig soll das neue System eine hohe Genauigkeit der Spannungsmessung im Bereich von  $\pm 0,1$  % gewährleisten, um eine genaue Energieabrechnung in vermaschten Gleichstromnetzen zu ermöglichen.

Ebenso soll das Mess-System dazu dienen, die in Verteilnetzen zu ermittelnde und einzuhaltende Power Quality (PQ) durch Messung der Oberschwingungsanteile und der höherfrequenten Anteile zu ermöglichen und nachzuweisen.

Das neue Spannungsmesssystem besteht aus einem Spannungsteiler und einem Sekundärsystem. Der Spannungsteiler ist eine Reihenschaltung von passiven elektrischen Zweipolen, durch die die Gesamtspannung geteilt wird. Das Sekundärsystem nimmt die am untersten Zweipol anliegende Spannung auf und stellt das Messsignal zur Weiterverarbeitung in der Leitwarte einer HGÜ-Anlage zur Verfügung.

Die Herausforderung des F&E-Projekts besteht in der Lösung der Anforderungen nach hoher Bandbreite und Genauigkeit. hoher Bandbreite und Genauigkeit.

Hinsichtlich der Bandbreite ergibt sich dies aus der Beeinflussung des Messsignals durch elektrische und magnetische Felder. Diese Einflüsse nehmen mit steigender Frequenz und Spannung deutlich zu und können durch die auftretenden „parasitären“ Elemente wie Erdkapazitäten und Induktivitäten der Widerstände und Kondensatoren modelliert werden. Diese parasitären Elemente schränken zusammen mit den eingebauten Komponenten die Bandbreite eines realen Spannungsteilers erheblich ein. Die großen geometrischen Abmessungen eines Hochspannungsteilers (mehrere Meter Höhe) führen zu verteilten Erdkapazitäten, über die Ströme unter Umgehung des Niederspannungsteils zur Erde abgeleitet werden. Dadurch ändert sich das Übersetzungsverhältnis ortsabhängig in undefinierter Weise und wird im allgemeinen Fall zusätzlich frequenzabhängig. Die Erdkapazitäten entstehen durch das unvermeidliche elektrische Feld zwischen jedem Element des Spannungsteilers und der auf Erdpotential liegenden Umgebung (Wände, benachbarte Geräte usw.). Dabei werden die Beträge der Erdkapazitäten zum Teilerfuß hin immer größer. Sie bewirken eine nichtlineare, frequenzabhängige Spannungsverteilung entlang des Spannungsteilers (größter Spannungsabfall im Bereich des Teilerkopfes).

Bedingt durch den inneren Aufbau der Widerstände und Kondensatoren besitzen diese zusätzlich eine unvermeidbare parasitäre Induktivität. Diese wirkt schnellen Stromänderungen entgegen, so dass es zu einem Tiefpassverhalten und damit zu einer Reduzierung der Bandbreite kommt. der Bandbreite ergibt.

Die Messleitungen und die Eingangsimpedanz des Sekundärteilers belasten den Ausgang des Spannungsteilers und tragen ebenfalls zur Bandbreitenbegrenzung bei.

Die Genauigkeit der Gleichspannungsmessung hängt stark vom Temperaturverhalten des aktiven Teils des Spannungsteilers ab.

Die Bauteiltemperaturen haben aufgrund ihrer Temperaturkoeffizienten einen signifikanten Einfluss auf den Bauteilwiderstand und damit auf die Genauigkeit der Spannungsmessung. Eine Temperaturänderung von  $-25\text{ °C}$  auf  $+90\text{ °C}$  führt bei der derzeitigen Auslegung des Spannungsteilers zu einer Abweichung des Widerstandswertes von  $0,3\%$ . Zusätzlich verursacht der unterschiedliche Ausdehnungskoeffizient des Einbettungsmaterials eine mechanische Spannung auf das Widerstandsmaterial. Dies verändert ebenfalls den Widerstandswert und damit die Genauigkeit der Messung.

Bei einer gleichmäßigen Temperaturverteilung im Spannungsteiler würden sich die Messabweichungen durch eine identische Temperaturänderung im oberen und unteren Widerstand des Teilers aufheben. Da der Spannungsteiler jedoch mehrere Meter hoch ist, kommt es zu einer Temperaturschichtung, die der oben beschriebenen vollständigen Kompensation entgegenwirkt.

Aufgrund der beschriebenen Einflüsse kann bei den heute in HGÜ-Anlagen eingesetzten Spannungsteilern mit Nennspannungen bis  $550\text{ kV}$  nur eine Bandbreite von ca.  $3\text{ kHz}$  (in  $\pm 3\text{ dB}$ ) erreicht werden. Die Messgenauigkeit liegt bei etwa  $\pm 0,2\%$ . Das angestrebte Ziel einer Bandbreite von mindestens  $100\text{ kHz}$  (in  $\pm 3\text{ dB}$ ) und einer Genauigkeit der Spannungsmessung von  $\pm 0,1\%$  (DC) stellt einen erheblichen Innovationssprung dar. Innovationssprung, der nur mit völlig neuen Konzepten bewältigt werden kann.