

Metrologische Infrastruktur für die HGÜ Energiemesstechnik

Johann Meisner

Tag der mündlichen Prüfung: 27.06.2014

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Leibfried, KIT

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Infrastruktur für die HGÜ-Energiemesstechnik an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt aufgebaut. Im Fokus stehen hier die für die Hochspannungs-Gleichstromübertragung notwendigen Möglichkeiten zur Rückführung von Sensoren und Messgeräten auf nationale Normale, um das gesetzliche Messwesen sowie die korrekte Messung und Abrechnung der transportierten elektrischen Energie im Bereich der HGÜ sicherzustellen. Dies beinhaltet Messeinrichtungen für hohe Gleichstromwandler bis ± 2.000 ADC und Gleichspannungsteiler bis ± 300.000 VDC. Die verwendeten Signalformen für die Hochspannungs- und Hochstrommessungen beinhalten dabei neben den grundlegenden DC-Komponenten auch überlagerte Wechselanteile im Frequenzbereich bis 20 kHz, welche als Nachbildung der realen Signalverzerrungen in der HGÜ aufgrund von Umrichtern dienen. Die überlagerte Erzeugung und korrekte Erfassung solcher Mischsignale bilden den Kern dieser Arbeit. Die durch die gezielten Verzerrungen hervorgerufenen Störungen der DC-Sensoren sind Mittelpunkt der wissenschaftlichen Untersuchungen mit Hilfe der aufgebauten Messeinrichtungen. Desweiteren wird die Kalibrierung von DC-Leistungsmessgeräten und DC-Energiezählern auf Kleinsignalebene mit Mischströmen und -spannungen in dieser Arbeit behandelt. Dabei werden sowohl herkömmliche analoge Messgeräte als auch neuartige digitale Ausführungen dieser berücksichtigt. Abschließend werden die erreichten Messunsicherheiten der aufgebauten Messeinrichtungen unter Verwendung der geltenden Richtlinien präsentiert.

Die Grundzüge einer metrologischen Infrastruktur für die HGÜ-Metrologie an der PTB sind im Rahmen dieser Arbeit und des Forschungsprogramms *European Metrology Research Programme* (EMRP) geschaffen worden. In Zusammenarbeit mit dem *Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen der Technischen Universität Braunschweig* wurde diese Arbeit gezielt auf die Problematik der fehlenden metrologischen Infrastruktur auf dem Gebiet der HGÜ-Messtechnik ausgelegt.

Infrastructure for the metrology for HVDC energy supply

Within the scope of this work, the infrastructure of "Metrology for HVDC energy supply" has been set up at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Hereby, the activities are focused on the capacities which are necessary in the field of high-voltage direct current (HVDC) transmission to enable the traceability of sensors and measuring devices to national standards for the purposes of legal metrology and in order to ensure the correct measurement and billing of the electric energy transported within the HVDC. This includes measuring equipment for DC current transducers up to $\pm 2,000$ ADC and DC voltage dividers up to $\pm 300,000$ VDC. The signal forms used for high-voltage and high-current measurements thereby contain – apart from the basic DC components – also superposed AC components in the frequency range up to 20 kHz which serve as an emulation of the real signal distortions in the HVDC due to converters. The superposed generation and correct acquisition of such mixed signals represent the core of this work. The disturbances of the DC sensors caused by the targeted distortions are the focus of the scientific investigations carried out with the aid of the measuring facilities set up. Furthermore, the calibration of DC power measuring instruments and of DC energy meters at the low-signal level with mixed currents and mixed voltages is dealt with in this work. Hereby, both conventional, analogue and novel, digital measuring instruments will be considered. In conclusion, the measurement uncertainties attained with the measuring facilities set up will be presented using the directives currently valid.

The main features of a metrological infrastructure for HVDC metrology at PTB have been provided within the scope of this work and of the European Metrology Research Programme (EMRP). In cooperation with the Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen (Institute of High-voltage Technology and Electric Power Systems) of the Technische Universität Braunschweig, this work was specially designed to solve the issue of the lack of a metrological infrastructure in the field of HVDC metrology.