

LICHTWELLENLEITER ZUR STROMMESSUNG IN HOCHSPANNUNGSSYSTEMEN - SCHNELL, SÄTTIGUNGSFREI UND ISOLIERT

Reinhard KLAMBAUER¹, Werner Schöffner², Philipp TRAMPITSCH¹, Johannes
MANDL¹, Jürgen PLESH²

Einleitung

Der immer komplexer werdende Verbund aus Stromerzeugern und -abnehmern stellt die aktuelle Energieübertragungsinfrastruktur vor große Herausforderungen. Dies gilt aber nicht nur für die Übertragungsinfrastruktur an sich, sondern auch die im Feld eingesetzten Messwandler zur Strommessung in Hochspannungssystemen. Beispielsweise treten durch den Einsatz von immer leistungstärkeren Wechsel- und Gleichrichtern im Übertragungsnetz Quasi DC Ströme, Ströme mit einer sehr geringen Frequenz, auf. [1] Solche Quasi DC Ströme werden messtechnisch derzeit meist im Sternpunkt als Verschiebestrom erfasst, um die Messung mit konventionellen Wandlern abseits des Hochspannungspotential und ohne überlagertem AC Anteil durchzuführen. Jedoch geht damit die Information über die Aufteilung des Stromes in den Phasen verloren. Eine weitere Herausforderung ist die Detektion von immer hochfrequenten Stromkomponenten im Bereich von hundert Kilo- bis hin zu Megahertz, welche als Störungen in der Netzinfrastruktur auch bei Spannungen von 110 kV und höher auftreten. Beispiel hierfür können Rückzündungen beim Öffnen von Leistungsschaltern sein. Neue Leistungsschalbertechnologien werden aufgrund der „European F-gas Regulation (EU) 2024/573“ einen signifikanten Teil der SF6 Schaltanlagen ersetzen. Die Kombination von solchen Messaufgaben stellt hohe Anforderungen im Bereich Bandbreite, Störfestigkeit und Isolationsfestigkeit. Diese Anforderungen können mit herkömmlichen Strommessmethoden nur teilweise und nicht gesamt abgedeckt werden. Die bemerkenswerten Vorteile einer Lichtwellenleiter basierten Strommessung (fiber optical current sensor, FOCS) gegenüber herkömmlichen Induktiven- oder Halleffektwandlern sind eine Bandbreite die theoretisch nur durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht beschränkt ist („SCHNELL“), das Fehlen von Sättigungseffekten aufgrund der Frequenz und Amplitude des Magnetfelds („SÄTTIGUNGSFREI“), die intrinsische, galvanische Trennung und ihre Anpassungsfähigkeit für Anwendungen wie Gleichstrommessungen auf hohen Potenzialen („ISOLIERT“). Dieser Beitrag beschäftigt sich mit dem Einsatz von Lichtwellenleitern zur Strommessung in Hochspannungssystemen zur Lösung messtechnischer Aufgaben welche konventionell so nicht durchführbar sind.

„SCHNELL“

Im Gegensatz zu herkömmlichen induktiven Wandlern gibt es bei FOCS keine induktive Kopplung zwischen der zu messenden Leitung und der Messeinrichtung. Damit wird die Bandbreite der Messung nicht durch das Frequenzverhalten der Induktivität der Messeinrichtung selbst beschränkt. Je nach Auswertemethode können FOCS Bandbreiten im Megahertzbereich realisieren. Als Beispiel wird eine Messung während Tests an Leistungsschaltern in einem österreichischen Umspannwerk gezeigt. Im Zuge dieser konnten Rückzündungen der Trennschalter mit Hilfe von einem FOCS System aufgezeichnet werden dabei handelt es sich um Events mit einer Bandbreite größer 100 kHz. [2] Solche Tests dienen dazu, die Leitungsunterbrechungsfähigkeit der installierten Leistungsschalter bei Erdschlussereignissen zu überprüfen. Die Ergebnisse dieser Messung konnten zur Beschreibung des Schalterverhaltens herangezogen werden. [3]

¹ Technische Universität Graz – Institut für Elektrische Messtechnik und Sensorik,
Inffeldgasse 33 8010 Graz, +43 (0)316 873 30571, ems@tugraz.at, <https://ems.tugraz.at>

² ARTEMES GmbH,
Eibiswald 105 Eibiswald 8552, +43 3466 42071, sales@artemes.org, <https://www.artemes.org>

„SÄTTIGUNGSFREI“

Das rein optische Messprinzip von FOCS besitzt keine Hysterese Effekte auf Grund von Übersteuerung. Selbst nach einer Aussteuerung weit über den dimensionierten Messbereich hinaus kehren diese Systeme sofort zu ihrem Nullpunkt zurück. Bei Kurzschluss tests in einem 110-kV-Stromnetzsegment wurde ein FOCS-System an einer Phase installiert. Abbildung 1 (li.) zeigt ein Ergebnis und den Vergleich mit einem induktiven Wandler, der schattierte Bereich zeigt die Zeit des aktiven Kurzschlusses an. [5] Wie in Abbildung 1 dargestellt, kann das Kurzschlussmodell problemlos an die gemessenen FOCS-Daten angepasst werden. Im Vergleich zum Ergebnis des induktiven Wandlers würde eine Schätzung mit dem gleichen Modell zu unrealistischen Ergebnissen führen, einschließlich einer Überschneidung der Gleichstromkomponente mit der Nulllinie. Dies ist auf die Kernsättigung des induktiven Wandlers zurückzuführen und führt zu einer Verschiebung des Nullpunkts während sowie nach dem Ereignis.

„ISOLIERT“

Zur Messung der beschriebenen Beispiele konnten die Lichtwellenleiter basierten Messköpfe direkt auf Hochspannungspotential ohne die Verwendung von Isolatoren installiert werden. Die zum Einsatz kommenden Fasern wurden bereits auf eine Spannungsfestigkeit von 150 kV getestet. Dies erlaubt es Messungen Ziel gerichtet und ohne großen baulichen Aufwand auf Leitern in verschiedenen Spannungsebenen durchzuführen. Abbildung 1 (re.) zeigt als weiteres Beispiel einer Messung aus dem Projekt FORESEEN. Damit konnte in Österreich erstmals ein geomagnetisch induzierter quasi DC Strom während des Betriebs auf einer Phase bei 220 kV gemessen werden. [4]

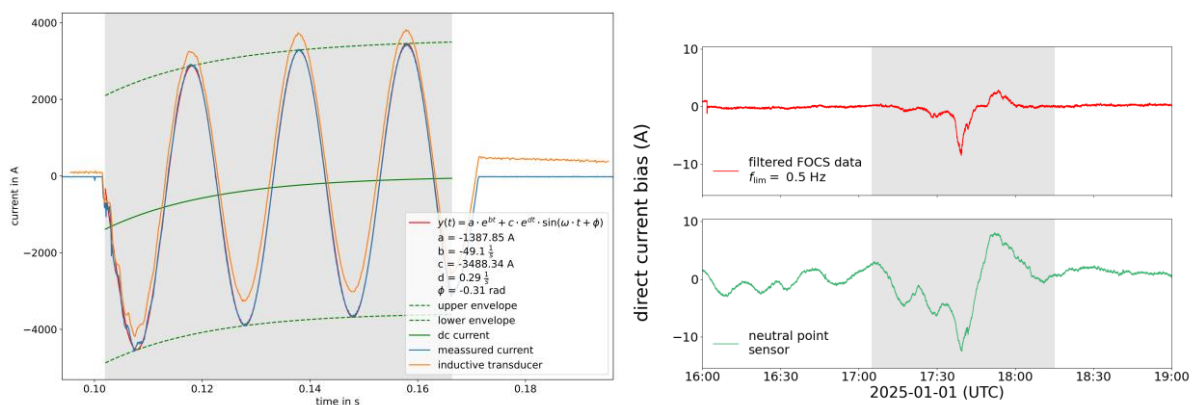


Abbildung 1: (li.) Vergleich Kurzschlussstrommessung FOCS, (re.) geomagnetisch induzierter quasi DC Strom auf einer Phase bei 220 kV

Referenzen

- [1] Drees, T., Medert, H., Meinecke, M., & Halici, C. (2021). Netzentwicklungsplan Strom 2035.
- [2] Trampitsch, P. P., Klambauer, R., Mandl, J. M., Plesch, J., Schöffner, W., & Bergmann, A. (2025). Improvements for high bandwidth non-modulated FOCS measurement setups. *Journal of Lightwave Technology*, 2025(1558-2213). Advance online publication. <https://doi.org/10.1109/JLT.2025.3636740>
- [3] Hackl, P., Schwalt, L., Brestan, M. H., Schuerhuber, R., Belavic, F., Schöffner, W., & Klambauer, R. (2025). First Operational Experience with Vacuum Circuit-Breakers in Austria - Measurements and Tests on the 110 kV Voltage Level. Paper presented at CIGRE Symposium 2025, Trondheim, Norway.
- [4] Mandl, J. M., Trampitsch, P. P., Fröhlich, A., Klambauer, R., & Bergmann, A. (2025). Detection of Geomagnetically Induced Currents on Single Phases in Power Grids using a Fiber Optic Current Sensor System. In *Journal of Sensors and Sensor Systems* 2025-26. (pre-print)
- [5] Klambauer, R., Trampitsch, P. P., Mandl, J. M., Bergmann, A., Schöffner, W., & Plesch, J. (2025). Fiber optical current sensor for quasi-DC currents during high-voltage short-circuit tests. In J. L. Santos, M. L.-A. Sainz, & T. Sun (Eds.), 29th International Conference on Optical Fiber Sensors Article 13639AS (Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering; Vol. 13639). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.3062967>