

Astrose

Innovatives Freileitungsmonitoring zur Optimierung der Betriebsführung

Das Freileitungsmonitoring ist eine geeignete Maßnahme zur Steigerung der Transportkapazitäten von Hochspannungsleitungen. Bei den bisher eingesetzten Methoden ist jedoch eine spannfeldgenaue Zustandsbewertung der Transportreserven aufgrund unterschiedlicher Geländetopologien oft nur schwer möglich. Anders ist dies bei dem Freileitungsmonitoringsystem Astrose, das auf einem auf dem Leiterseil fixierten, verteilten Sensornetzwerk basiert. Das System wird seit 2014 in verschiedenen Pilotanwendungen erfolgreich eingesetzt.

Für die Bundesnetzagentur ist das Freileitungsmonitoring (FLM) ein wichtiges Element im Szenarioahmen des Netzentwicklungsplans 2030 [1]. Durch den Einsatz innovativer Technologien soll der Netzausbaubedarf reduziert und die volatile Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien besser in das vorhandene Stromübertragungsnetz integriert werden.

Für eine Optimierung der Übertragungsleistung von Freileitungen müssen die witterungsbedingten Kapazitätsreserven für die Betriebsführung verfügbar gemacht werden. Das Freileitungsmonitoring kann an dieser Stelle eine geeignete Maßnahme zur Steigerung der Transportkapazitäten sein. Ferner lassen sich damit auch gefährliche Betriebszustände wie hohe zusätzliche Eislasten oder im Einzelfall zerstörte Armaturen und Seile detektieren.

Haupteinflüsse auf die den Energietransport limitierende Leiterseiltemperatur sind außer dem Strom auch die Witterungsbedingungen wie Wind, Sonneneinstrahlung und Niederschlag. Zur Erfassung dieser Einflussgrößen werden bislang hauptsächlich Wetterstationen genutzt, die im Abstand von einigen Kilometern am Boden oder direkt an den Masten entlang der Stromtrasse platziert sein können. Separate Wetterstationen sind im Allgemeinen sehr teuer, erfordern in der Regel eine dauerhafte Energieversorgung und stellen zusätzliche Anforderungen an die Struktur des Mastes – unter anderem an die Statik, die Korrosionsanfälligkeit, die Erfordernisse der Wartung und die Zugänglichkeit. Den Erfordernissen nach einer im Idealfall spannfeldgenauen Zustandsbewertung der Transportreserven kann mit dieser Methode aufgrund der zum Teil deutlichen Unter-

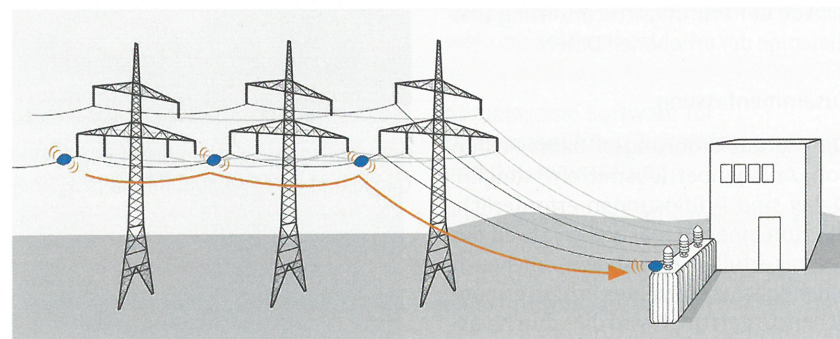


Bild 1. Das Astrose-Freileitungsmonitoringsystem besteht aus einem auf dem Leiterseil fixierten, verteilten Sensornetzwerk. Damit ist ein spannfeldgenaues Monitoring von Hochspannungsfreileitungen möglich.

schiede in der Geländetopologie nur sehr schwer Rechnung getragen werden. Daher verfolgt das im Folgenden vorgestellte Astrose-Freileitungsmonitoringsystem ein spannfeldgenaues Monitoring von Hochspannungsfreileitungen mit einem auf dem Leiterseil fixierten, verteilten Sensornetzwerk (**Bild 1**). Es ermöglicht folgende Anwendungen:

- Eislastmonitoring
- Erhöhung der Transportkapazität (Ampacity)
- Gefahrendetektion – zum Beispiel Seilriss.

Das System Astrose wurde durch das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) und das Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme (ENAS) in Zusammenarbeit mit Industriepartnern entwickelt und durch langjährige Pilotanwendungen optimiert.

Systemarchitektur

Das System besteht aus autarken Sensorknoten, die direkt auf dem Leiter-

seil mittels Seilklemme installiert werden (**Bild 2**). Der Betrieb der Messeinrichtung wird durch einen kapazitiven Harvester bei spannungsführendem Seil unabhängig vom Stromfluss sichergestellt. Diese Art der autarken Energieversorgung unterscheidet das System von allen anderen FLM-Systemen. Diese benötigen eine Mindeststromstärke in den Leitern für den kontinuierlichen Betrieb. Die unterste mögliche Nennspannungsebene für Astrose liegt bei 110 kV.

Die verteilt auf den Spannfeldern installierten Sensorknoten bilden ein Multi-Hop-Netzwerk entlang der Leitungstrasse. Dadurch wird automatisch eine Datenübermittlung auch vom letzten Sensorknoten ohne zusätzliche Infrastruktur über große Strecken erreicht. Die Nutzung einer proprietären Funktechnologie ermöglicht eine lizenzfreie und sichere Übertragung der Daten bis in die Sekundärtechnik. Dort werden die Sensordaten gespeichert und weiterverarbeitet. Durch die Verwendung etablierter Fernwirkprotokolle, wie IEC 60870-5-101/104, ist mit dem Sys-

tem die Übertragung sowohl der Messdaten als auch aggregierter Informationen in die Leittechnik möglich.

Messverfahren

Die erfassten Messgrößen des Systems ermöglichen die spannfeldgenaue Berechnung der beschriebenen Optimierungsgrößen. Dazu werden im Sensorknoten die folgenden Parameter gemessen:

- Neigung des Seils
- Torsion des Seils
- Stromstärke.

Im Gegensatz zu anderen punktuell messenden Systemen ist die Bestimmung der Neigung eine integrale Methodik, die bereits etwaige Schwankungen über das Spannfeld mittelt. Damit auf Basis der gemessenen Neigungswinkel die Führungsgrößen – aktuelle Seiltemperatur oder Durchhang – abgeleitet und berechnet werden können, wird im Vorfeld für jeden Sensorknoten eine Matrix mit Werten zur Verfügung gestellt, die diesen Zusammenhang widerspiegelt. Diese Matrix wird für jeden Sensorknoten unter Berücksichtigung der aktuellen Trassierungsdaten der jeweiligen Installationsorte durch das Seilmechanik-Modul »Georg FLP« des Partners LTB Leitungsbau GmbH einmalig berechnet.

In Echtzeit können dann die Viertelstundenwerte im Leitsystem verfügbar gemacht werden. Die Auswertung ist dabei modular aufgebaut. Ein industrietauglicher Server, der in der Installation der Sekundärtechnik untergebracht werden kann, verarbeitet und speichert die Daten in einer Datenbank. Darauf können verschiedene Module zugreifen, die Daten weiterverarbeiten und so Seiltemperatur und Durchhang auswerten, kritische Eislasten und Zustände detektieren oder die Kommunikation mit der Leittechnik übernehmen. Hier stehen die etablierten Fernwirkprotokolle IEC 60870-5-101/104 ebenso wie individuelle Lösungen zur Verfügung.

Praxiserprobung

Das Astrose-System wird seit dem Jahr 2014 in Zusammenarbeit mit dem Partner Mitnetz Strom in mehreren Pilotanwendungen erfolgreich getestet und optimiert (**Bild 3**). So wurden zum Beispiel für ein Pilotensystem 59 Sensorknoten auf einer Leitung im Harz installiert, die seitdem kontinuierlich Daten liefern. Diese Stromleitung ist dabei be-



Bild 2. Direkt auf dem Leiterseil mit Seilklemmen befestigte autarke Sensorknoten erfassen die Parameter Neigung des Seils, Torsion des Seils und Stromstärke.



Bild 3. Das Astrose-Freileitungsmonitoringsystem wird seit 2014 in verschiedenen Pilotanwendungen getestet und hat dort seine Einsatzfähigkeit auch unter verschiedenen Betriebsbedingungen unter Beweis gestellt.

sonders interessant, da sie in verschiedenen Geländetopologien verläuft: von städtischer Bebauungsstruktur, über Ackerflächen und Waldschneisen bis zu großen Talquerungen. Bei diesen Einsatzbedingungen würden punktuell entfernte gemessene Witterungsbedingungen nicht zu einer hinreichend genauen Kapazitätsprognose führen können. Über die spannfeldgenaue Ermittlung der tatsächlichen Leiterseiltemperatur lassen sich dagegen selbst tageszeitliche und örtliche, witterungsbedingt auftretende Engpassabschnitte identifizieren, sodass eine Überbeanspruchung trotz Kapazitätssteigerung vermieden werden kann.

Das System stellt seine Einsatzfähigkeit auch unter verschiedenen Betriebsbedingungen, wie Erdschlüsse, Ausschalten der Freileitung zu Wartungszwecken und diversen Schalthandlungen sowie Transformatorstufungen zuverlässig unter Beweis. Für die im Vorfeld stattgefundenen Bewertung der Zuverlässigkeit wurden unter anderem auch Blitzstoß- und Hochstromversuche erfolgreich durchgeführt.

Zusammenfassung

Das vorgestellte System zum Freileitungsmonitoring ermöglicht eine zuverlässige und sichere Erhebung betriebsrelevanter Messdaten sowie deren Kommunikation – und zwar lediglich bei anliegender Spannung und unabhängig vom Leitungstrom. Der praxistaugliche Einsatz konnte im Rahmen von Pilotanwendungen seit dem Jahr 2014 nachgewiesen werden. Weitere Pilotanwendungen mit verschiedenen Verteil- und Übertragungsnetzbetreibern stehen vor der Vollendung oder befinden sich in der Planungsphase.

Literatur

- [1] Netzentwicklungsplan 2030. Version 2019. www.netzentwicklungsplan.de

Dipl.-Ing. **Carsten Brockmann**, Group Manager Sensor Nodes and Embedded Microsystems, Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, Berlin

>> carsten.brockmann@izm.fraunhofer.de

>> www.izm.fraunhofer.de
www.astrose.de