

■ Ursachen und Auswirkungen von Gleichströmen in Drehstromnetzen

Michael Schühle, M. Sc.

Hauptberichter:

Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

Mitberichterin:

Prof. Dr.-Ing. Nejila Parspour

Tag der mündlichen Prüfung:

01.10.2024

Induktive Betriebsmittel wie Transformatoren, Spulen oder Wandler sind ausschließlich für den Betrieb bei Wechselspannungen geeignet. Durch Störungen oder ungewollte Einflüsse können diese im Netz jedoch mit einem zusätzlichen parasitären Gleichstrom beaufschlagt werden.

Die Arbeit zeigt die Auswirkungen und Folgen, die durch parasitäre Gleichströme in induktiven Betriebsmitteln entstehen. Dabei wird zuerst auf die grundlegende Funktion von induktiven Betriebsmitteln geschaut. Um die Effekte von Gleichstrom in einer Simulation nachbilden zu können, wird in einem ersten Schritt ein Simulationskonzept entwickelt, welches elektrische und magnetische Netzwerke mithilfe des Jiles-Atherton Modells nachbilden kann. Dadurch können alle Effekte des Eisenkerns wie Sättigung und Hysterese, welche für die Auswirkungen von Gleichstrom relevant sind, in der Simulation nachgebildet werden. Das Simulationskonzept ist so flexibel gehalten, dass beliebige induktive Betriebsmittel nachgebildet werden können. Als Simulationsumgebung kommt MATLAB Simulink mit der Simscape-Erweiterung zum Einsatz. Nachdem die prinzipielle Funktionsweise des Simulationskonzeptes anhand eines Laboraufbaus nachgewiesen wurde, wird anschließend der Gleichstromeinfluss auf einen induktiven Stromwandler untersucht. Dieser verfügt über Mess- und Schutzkerne, welche sich hinsichtlich ihrer Gleichstrombeeinflussung deutlich unterscheiden.

Um Gleichströme in Übertragungsnetzen messen und identifizieren zu können, wird ein Messsystem entwickelt, mit dem Gleichströme an geerdeten Sternpunkten von Transformatoren gemessen werden können. Durch die kurzschlussfeste Auslegung bis 15 kA stellt der Einsatz des Messgerätes kein Sicherheitsrisiko für den stabilen Netzbetrieb dar. Das Messsystem kann neben Gleichstrom auch Wechselstromanteile bis 3,75 kHz messen. Der kombinierte Messbereich beträgt 85 A, welche mit einer Diskretisierung von 24 Bit aufgelöst werden.

Die stärkste, jedoch nur kurzzeitig auftretende Gleichstrombeeinflussung wird durch geomagnetisch induzierte Ströme (GIC) hervorgerufen. Die Arbeit zeigt die Weiterentwicklung eines Berechnungsmodells für diese GIC-Ströme. Dabei werden Messdaten von verteilten Erdmagnetfeld Messstationen und ein globales Leitfähigkeitsmodell verwendet, um anhand eines ausgewählten Netzausschnittes die GIC-Ströme zu berechnen. Mit den historischen Daten der Magnetfeld-Messstationen

können besonders starke Ereignisse berechnet werden, um eine Worst-Case Abschätzung für die Gleichstrombelastung durch GIC-Ströme zu erhalten.

■ **Causes and effects of direct current in power grids**

Michael Schühle, M. Sc.

Inductive equipment such as power transformers, shunt reactors or current transformers are only suitable for operation at alternating voltages. Due to disturbances or unwanted influences, they can be subjected to an additional parasitic direct current in the network.

The contribution shows the effects and consequences caused by parasitic direct currents in inductive equipment. First, the basic function of inductive equipment is discussed. To simulate the effects of DC, a simulation concept is developed in a first step, which can simulate electrical and magnetic networks using the Jiles-Atherton model. Thus, all effects of the iron core, such as saturation and hysteresis, which are relevant for the effects of direct current, can be reproduced in the simulation. The simulation concept is kept flexible so that any inductive equipment can be simulated. MATLAB Simulink with the Simscape extension is used as the simulation environment. After the basic functionality of the simulation concept has been demonstrated by means of a laboratory setup, the direct current influence on an inductive current transformer is then investigated. This has measuring and protection cores, which differ significantly in terms of their DC current influence.

To be able to measure and identify DC currents in transmission networks, a measuring system is developed which can be used to measure DC currents at grounded neutral of transformers. Due to the short-circuit-proof design up to 15 kA, the use of the measuring device does not represent a safety risk for stable network operation. In addition to direct current, the measuring system can also measure alternating current components up to 3.75 kHz. The combined measuring range is 85 A which are resolved with a discretization of 24 bit.

The strongest, but only short time occurring direct current influence is caused by geomagnetically induced currents (GIC). The work shows the further development of a computational model for these GIC currents. Here, measured data from distributed geomagnetic field measurement stations and a global conductivity model are used to calculate GIC currents based on a selected network section. Using the historical data from the magnetic field measurement stations, particularly strong events can be calculated to provide a worst-case estimate for DC exposure to GIC currents.