

Untersuchungen über den Einsatz von Hochtemperatur-Supraleitern zur Kurzschluß-strombegrenzung

Michael Schubert

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Salge

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer

Ist derzeit der Einsatz von strombegrenzenden Schaltgeräten im Bereich der elektrischen Energieversorgung nur in speziellen Ausnahmefällen notwendig, so zeigen bereits erste Untersuchungen zum Einsatz supraleitender Betriebsmittel, wie z.B. Kabel und Generatoren, daß mit Einführung supraleitender Komponenten ein schnell wirkender Kurzschlußschutz für diese neue Technologie unverzichtbar wird.

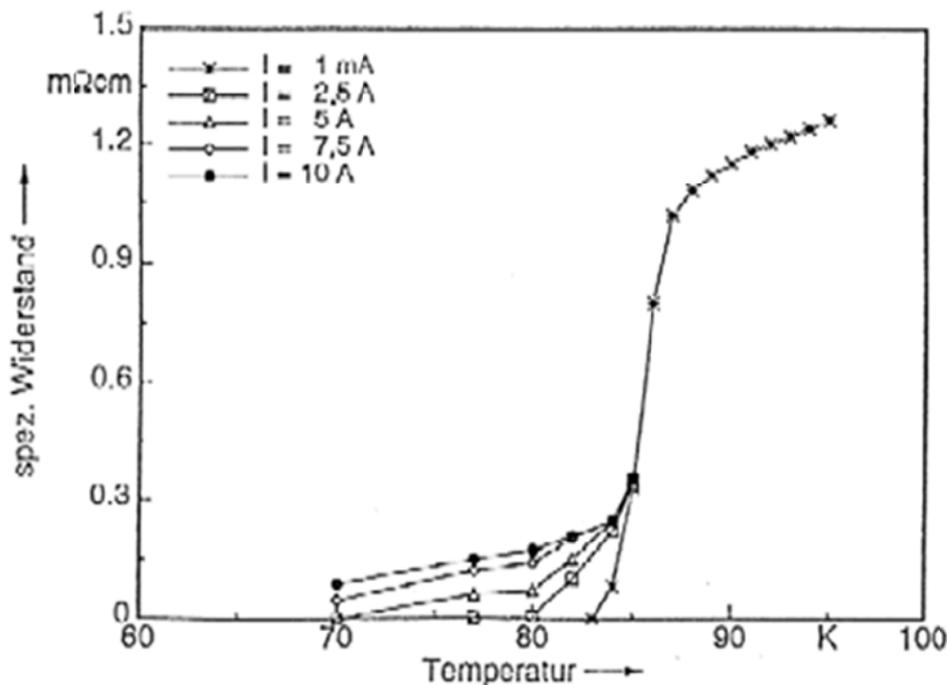


Bild 1: Statisch aufgenommenes $\rho_{oh} = f(I, T)$ -Kennlinienfeld

Die Kurzschlußstrombegrenzung durch Ausnutzung des Widerstandsanstieges beim Übergang von der Supra- in die Normalleitung (Bild 1) ist eine der zukünftigen Anwendungsmöglichkeiten von Hochtemperatur-Supraleitern. Ein supraleitender Strombegrenzer bewirkt durch eine Erhöhung der Kurzschlußkreisimpedanz eine Begrenzung des Kurzschlußstromes vor Erreichen des prospektiven Maximums. Es werden zwei Funktionsprinzipien, das induktive und das resistive, vorgestellt. Die Arbeit konzentriert sich auf den resistiven Begrenzer. Um die Wirkungsweise eines mit Hochtemperatur-Supraleitern arbeitenden Strombegrenzers in Netzen der elektrischen Energieversorgung abschätzen zu können, ist die genaue Kenntnis des Übergangsverhaltens von der Supra- in die Normalleitung wichtig. Dies wird an unterschiedlichen Supraleitermaterialien experimentell untersucht. Die Experimente werden in einem rechnergesteuerten

Versuchsstand durchgeführt. Anhand der aus diesen Messungen gewonnenen Daten wird in Simulationsrechnungen die Einsatzfähigkeit fiktiver Strombegrenzer geprüft und deren Verhalten bestimmt.

Als wichtigste Ergebnisse der Arbeit sind folgende Erkenntnisse zu nennen:

- Nach Überschreiten des kritischen Stromes eines Hochtemperatur-Supraleiters wird zu-nächst ein nur kleiner Widerstandswert erreicht. Um den vollen möglichen Widerstandshub nutzen zu können, ist eine Überschreitung der kritischen Temperatur des Supraleiters notwendig.
- Soll die Strombegrenzung durch Überschreiten der kritischen Temperatur erreicht werden, sind kritische Supraleiter-Stromdichten von mindestens 10^4 A/cm^2 notwendig, da andernfalls die thermische Trägheit des Materials zu groß ist, um strombegrenzend zu schalten.
- Materialinhomogenitäten über die Leiterlänge bezüglich des stromtragenden Querschnittes, der kritischen Stromdichte und der kritischen Temperatur können zu einem ungleichmäßigen Übergang des Supraleiters in die Normalleitung mit Zerstörung schwächerer Abschnitte führen. Eine Möglichkeit zur Lösung dieses Problems ist das gezielte Einleiten des Überganges durch einen zusätzlichen Strompuls, z.B. aus einer geladenen Kondensatorbatterie.
- Bei Verwendung von Materialien mit hohen kritischen Stromdichten treten infolge des hier sehr schnell ablaufenden Überganges nicht zu vernachlässigende Überspannungen auf. Die entstehenden Überspannungen sowie lokale Überhitzungen infolge von Materialinhomogenitäten können durch den Einsatz von Parallelementen vermindert werden. Diese können auch direkt auf den Supraleiter aufgebracht werden oder als Trägermaterial für supraleitende Schichten dienen.
- Probleme bei der elektrischen Stabilität wie ein spontaner Quench, wie er teilweise von Niedertemperatursupraleitern bekannt ist, treten den durchgeführten Untersuchungen zufolge bei Hochtemperatursupraleitern nicht auf.
- Ein längeres Verweilen des Supraleitermaterials in feuchter Luft führt bei bestimmten Materialien zur Degradation der elektrischen Eigenschaften. Gleiches gilt für den Kontakt mit stark sauerstoffreaktiven Stoffen.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen insgesamt, daß eine Realisierung von resistiv arbeitenden strombegrenzenden Schaltgeräten unter Einsatz von Hochtemperatur-Supraleitern möglich ist. Die einzusetzenden Materialien müssen jedoch wichtige Anforderungen bezüglich der Homogenität der Eigenschaften über größere Längen sowie der technischen Handhabbarkeit erfüllen. Die kritischen Stromdichten sollten mindestens 10^4 A/cm^2 betragen.