

## Supraleitende Strombegrenzer

Der Einsatz supraleitender Technik in Stromnetzen markiert einen Technologiesprung. Das neue Verfahren ist notwendig, weil es gravierende Änderungen in der Art und Weise gibt, wie Strom aus einer Vielzahl verschiedener Energiequellen in die Netze eingespeist wird.

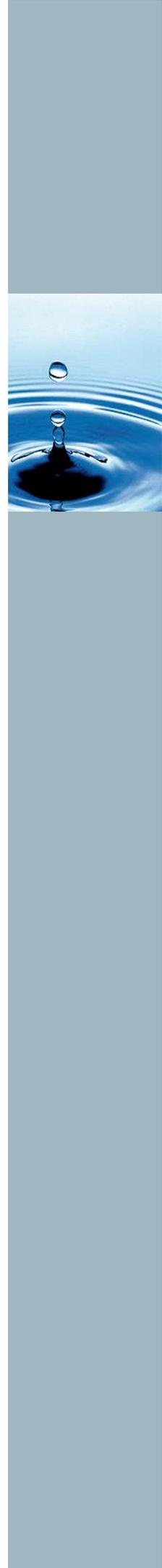
Heute speisen zentrale Großkraftwerke die Energie in ein hierarchisch strukturiertes Netz ein, in dem der Strom über die Höchstspannungsebene zur Mittelspannungsebene und zur Niederspannungsebene und schließlich in die Haushalte und Unternehmen fließt. Diese Spannungsebenen sind durch Netzelemente wie Trafos voneinander getrennt, um die Energie sicher vom Erzeuger zum Verbraucher übertragen und verteilen zu können. Im Zuge der Energiewende werden zunehmend kleine, dezentrale und auch volatile erneuerbare Erzeugungsanlagen von den Verteilungsnetzen aufgenommen werden müssen, ohne dass sich die gewachsene hierarchische Netzstruktur deutlich verändert hat.

Durch die volatile Energieeinspeisung in Verteilungsnetze mit diesen gewachsenen Netzstrukturen kann es jedoch zur Instabilität im Netz bis hin zu großflächigen Stromausfällen kommen. Im Ergebnis sind zu viele Energiequellen im Netz, die zu viel Energie einspeisen und die damit die Belastungsgrenzen des Netzes überschreiten. Eine geeignete Maßnahme ist u.a. eine veränderte Netzstruktur in den Verteilungsnetzen.

So werden künftig (neue) Hochspannungsleitungen Windstrom aus dem Norden nach Süden führen, während ein eng geknüpftes Verteilungsnetz für die gesicherte Verteilung zu den Verbrauchern sorgt. Die neue Struktur der Energieerzeugung führt jedoch dazu, dass höhere Kurzschlussleistungen in den Verteilungsnetzen auftreten können. Dem Netz fehlen geeignete Schutzmechanismen gegen die erhöhten Kurzschlussströme, da bisherige erfolgreiche Maßnahmen für einen sicheren und geschützten Netzbetrieb, wie der Einsatz von Transformatoren zur Trennung von Netzsegmenten oder ähnliches, hier ihre Wirksamkeit verlieren. Damit in der Praxis bei einem Kurzschluss keine dauerhafte Schädigung der Netze auftritt, sind neue Technologien erforderlich.

Der Einsatz der Supraleitungs-Technologie für Kurzschlussstrombegrenzer unterstützt die vorhandene Netzstruktur. In elektrischen Übertragungs- und Verteilnetzen auftretende Kurzschlussströme werden sehr schnell, effektiv, selbsttätig und damit eigensicher begrenzt. Supraleitende Kurzschlussstrombegrenzer sind nach einer kurzen Rückkühlzeit wieder einsatzbereit, ohne dass weitere Maßnahmen erforderlich werden.

Genutzt werden dafür die besonderen Eigenschaften hochtemperatursupraleitender Materialien. Supraleiterbänder der zweiten Generation werden heute von verschiedenen Herstellern kommerziell vertrieben. Sie werden mit flüssigem Stickstoff gekühlt. Im supraleitenden Zustand verlieren sie ihren elektrischen Gleichstromwiderstand vollständig. Bei Wechselstromanwendungen verbleibt ein äußerst geringer Restwiderstand, der den Stromfluss im Normalfall praktisch nicht beeinflusst. Beim Überschreiten eines bestimmten Stromwertes bricht die Supraleitung schlagartig zusammen, innerhalb von Millisekunden entsteht ein elektrischer Widerstand. Dieser Widerstand begrenzt extrem schnell und sehr effektiv den Anstieg eines Kurzschlussstroms und schützt so das Stromnetz. Der Supraleiter erwärmt sich dabei. Nach einer kurzen Regenerationsphase kann der Strombegrenzer wieder in den Nennbetrieb gehen. Die Regeneration erfolgt, wie die Strombegrenzung, voll automatisch ohne einen Eingriff von außen.



Im konkreten Fall des zu entwickelnden supraleitenden Strombegrenzers für die Stadtwerke Augsburg wird eine Kurzschlussstrombegrenzung-Drosselspule oder „Drosselspule“ durch einen supraleitenden Strombegrenzer und einen nachgeschalteten Leistungsschalter überbrückt. Im Normalbetrieb fließt der Strom durch den verlustlosen Supraleiter. Beim Auftreten eines Kurzschlussstromes wird dieser durch den Supraleiter extrem schnell begrenzt und in die Drosselspule verdrängt. Nun wird der Strom durch den Supraleiter abgeschaltet, damit sich dieser wieder regeneriert. Die Verluste der Drosselspule kommen also nur während eines Störfalls im Stromnetz zum Tragen. Im Normalbetrieb ist die Drosselspule „unsichtbar“ und der Strom fließt durch den supraleitenden Strombegrenzer.

### **Interessante Daten & Fakten zum Supraleitenden Strombegrenzer und dem Feldversuch:**

- Supraleitende resistive Strombegrenzer (SFCL = Superconducting Fault Current Limiter) weisen im Gegensatz zu den üblicherweise verwendeten Drosseln im Normalbetrieb keinen elektrischen Widerstand auf und beeinflussen die Stabilität des Stromnetzes nicht negativ. Damit bieten SFCL eine Schutzwirkung im Falle von Kurzschlüssen im Netz, während sie bei normalem Betrieb für das Netz „unsichtbar“ sind.
- Drosselspulen sind eine konventionelle Alternative für einen supraleitenden Strombegrenzer. Drosselspulen werden, wenn überhaupt, in Verteilnetzen (bis 30 kV) vorwiegend im Industriebereich angewendet, in den Übertragungsnetzen (110 kV und höher) werden Drosselspulen nur in Ausnahmefällen eingesetzt.
- Der supraleitende Strombegrenzer besteht nach Konzeption von Siemens aus dem SFCL-Element, welches im Normalbetrieb eine parallel geschaltete Drosselspule überbrückt. Die Drosselspule ist daher im Normalbetrieb stromlos und erzeugt keine Verluste. Der SFCL selbst jedoch benötigt Energie für die Kühlung. Nach einer groben Abschätzung kann die Verlustleistung des SFCL ca. mit 50 % des Energieverbrauchs einer vergleichbaren Drosselspule angenommen werden.
- In den Stromnetzen sind zahlreiche Drosselspulen installiert; Schätzungen gehen davon aus, dass weltweit bis zu 44.000 Drosseln installiert sind. Eine Drosselspule hat auch im Normalbetrieb immer einen Widerstand, der typischerweise einer Verlustleistung von 25 kW entspricht. Dies würde zu einer globalen Verlustleistung von bis zu 1.100 Megawatt (MW) führen, also der Leistung eines Großkraftwerks.
- Siemens-Forscher versuchen, den Verlust durch den Einsatz supraleitender resistiver Strombegrenzer - der SFCL selbst benötigt Energie für die Kühlung - auf die Hälfte oder weniger zu reduzieren.
- Der supraleitende Kurzschlussstrombegrenzer mit einem Nennstrom von 817 Ampere wird die Verbindung zwischen dem Netz der Stadtwerke Augsburg und einem Industrieunternehmen absichern. Im Betrieb wird elektrische Energie mit einer maximalen Einspeiseleistung von 15 Megawatt (MW) vom Netz des Unternehmens in das Netz der Stadtwerke gespeist. Ohne geeignete Maßnahmen würde dadurch die zulässige Kurzschlussleistung überschritten. Während des Feldtests wird eine als Backup-Lösung eingesetzte Drosselspule durch den supraleitenden Kurzschlussstrombegrenzer überbrückt. Im Normalbetrieb werden so die negativen Einflüsse und Verluste der Drosselspule vermieden. Erst bei einem Kurzschluss begrenzt der SFCL den Kurzschlussstrom und die

Drosselspule wird wirksam. Diese spezielle Anordnung erlaubt auch einen direkten Vergleich zwischen Betrieb mit konventioneller Lösung (Drosselspule) und mit supraleitendem Strombegrenzer (SFCL).

- Ein umfassendes Patentportfolio zu supraleitenden resistiven Kurzschlussstrombegrenzern wurde bei Siemens erarbeitet. Beispielsweise wurde bereits 2000 an das US-Amerikanische Patentamt eine Erfindung gemeldet, die 2003 zur Erteilung des Patents an Siemens führte.  
<http://www.freepatentsonline.com/6522236.pdf>

