



# KURZSCHLUSSTROMBEGRENZER

Lösungen für den sicheren Parallelbetrieb von  
Erzeugungsanlagen am Mittel- und Niederspannungsnetz

Ein Unternehmen der R+S Group

 **Scholl** Energie- und  
Steuerungstechnik  
Wir schaffen Werte

In Kooperation mit:

Power and productivity  
for a better world™ 

**Voss** <sup>®</sup>  
Technische Planung

## LÖSUNGEN FÜR DEN SICHEREN PARALLELBETRIEB VON ERZEUGUNGSANLAGEN AM MITTEL- UND NIEDERSPANNUNGSNETZ

---

Im Zuge der Energiewende hat die Bundesregierung beschlossen, bis zum Jahr 2021 die in Deutschland derzeit noch betriebenen Kernkraftwerke der Reihe nach abzuschalten. Mit der Abschaltung des Atomkraftwerks (AKW) Grafenrheinfeld am 27. Juni 2015 sind in Deutschland nur noch acht AKW am Netz. Gemäß Atomgesetz werden die drei jüngsten Reaktoren spätestens im Jahr 2022 abgeschaltet, die anderen spätestens 2017, 2019 und 2021. Weitere Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.bmub.bund.de](http://www.bmub.bund.de).

Damit verbunden ist eine rasante Erhöhung von Eigenstrom-Erzeugeranlagen, die an deutschen Netzen betrieben werden. Zeitgleich steigt der Bedarf an IT-Infrastrukturen mit hoch verfügbarem Anspruch an die Elektroenergieversorgung.

Dies sind Gründe dafür, dass immer mehr dauerhaft oder zeitweise am Netz parallelbetriebene Ersatzstromaggregate zum Einsatz kommen.

Im Spannungsfeld zwischen der Versorgungssicherheit und der Betriebssicherheit reagieren die Versorgungsnetzbetreiber mit erhöhten Forderungen be-

züglich zulässiger Beiträge an Kurzschlussleistung, welche vom Verbrauchernetz der Kunden an das Versorgungsnetz bei Netzfehler zurückgespeist werden.

Nicht zuletzt die Technische Richtlinie für Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) verpflichtet die Anschlussnehmer, das Gespräch mit dem Versorgungsnetzbetreiber über die zulässige Höhe der Kurzschlussleistung, ausgehend vom Verbrauchernetz des Kunden, zu suchen.

Vorrangig im unteren Spannungsbereich bis 10kV betriebene Versorgungsnetze haben hierzu eine geringe Toleranzgrenze, welche die Anschlussnehmer zur Umsetzung von kurzschlussstrombegrenzenden Maßnahmen bei Betrieb von rotierenden, elektrischen Maschinen direkt gekoppelt am Versorgungsnetz zwingt.

Quellen: [www.bmub.bund.de](http://www.bmub.bund.de)

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.



---

## KURZSCHLUSS IN MITTELSPANNUNGSNETZEN

Als Kurzschluss bezeichnet man eine Fehlerart, bei der ein spannungsführender Leiter mit mindestens einem weiteren Leiter niederohmig verbunden ist. Die dabei auftretenden Ströme sind abhängig von der Anzahl der miteinander verbundenen Leiter und bei Fehlern mit Erdberührung auch von der Sternpunktbehandlung des Netzes. Bei den hier betrachteten Mittelspannungsnetzen treten die höchsten Kurzschlussströme – mit den stärksten mechanischen und thermischen Beanspruchungen der Betriebsmittel – beim dreipoligen „satten“ Kurzschluss auf.

Quelle: Elektrische Energieversorgung, Autoren: Klaus Heueck und Klaus Dieter Dettmann, Ausgabe: 1984

## HÖHE DES KURZSCHLUSSTROMES

Der zeitliche Verlauf des Kurzschlussstromes ist abhängig von der Art der kurzschlussstromerzeugenden Betriebsmittel, der Impedanz zwischen diesen und dem Kurzschlussort sowie vom Zeitpunkt des Kurzschlusseintritts.

Bei Generatoren unterscheidet man zwischen generatorfernen und generatornahen Kurzschluss. Während beim generatorfernen Kurzschluss der Wechselstromanteil des Kurzschlussstromes konstant bleibt, entsteht beim generatornahen Kurzschluss ein abklingender Wechselstromanteil. Diesem Kurzschlussstrom überlagert sich ein Gleichstromanteil, dessen Höhe vom Zeitpunkt des Kurzschlusseintritts abhängt. Der höchste Wert des Kurzschlussstromes, der sogenannte Stoßkurzschlussstrom  $I_p$ , wird erreicht, wenn der Kurzschluss im Nulldurchgang der Spannung auftritt. Neben den Generatoren tragen auch Asynchronmotoren einen Anteil zum Kurzschlussstrom bei.

## MITTELSPANNUNGSNETZE MIT GENERATOREN UND MOTOREN

Die Hauptanteile des Kurzschlussstromes in einem Mittelspannungsnetz werden über den speisenden HS/MS-Transformator geliefert. Dieser Wert ist



abhängig von der Kurzschlussleistung des überlagerten Netzes und der Kurzschlussspannung des Transformators. Bei diesem Kurzschlussstrom handelt es sich um einen generatorfernen Kurzschluss. Befinden sich in diesem Mittelspannungsnetz, beziehungsweise in dem daraus versorgten Niederspannungsnetz, Generatoren und Motoren, dann erhöhen diese im Kurzschlussfall den auftretenden Kurzschlussstrom. Während die Motoren nach einigen Perioden keinen Kurzschlussstrombeitrag mehr liefern, klingt der Generatorstrom auf den Dauerkurzschlussstrom ab. Nach mehreren Hundert Millisekunden besteht der Kurzschlussstrom im Wesentlichen aus dem Anteil über den Transformator. Die höchste Belastung der Betriebsmittel tritt somit zu dem Zeitpunkt auf, an dem die Kurzschlussstromanteile noch nicht deutlich abgeklungen sind. Hinsichtlich der mechanischen Belastung ist dies der Zeitpunkt des Maximalwerts des Kurzschlussstromes, dem sogenannten Stoßkurzschlussstrom  $I_p$  nach 10ms.

## DIMENSIONIERUNG DER BETRIEBSMITTEL EINES EVU

Die Dimensionierung der Betriebsmittel eines Netzbetreibers, zum Beispiel der Mittelspannungs-Schaltanlagen, richtet sich sowohl nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten als auch nach netztechnischen Gegebenheiten. In der Vergangenheit orientierte sich die Auslegung hinsichtlich der Kurzschlussfestigkeit an den Strömen, die stark von dem einspeisenden Transformator beeinflusst waren. Bei steigenden Lasten wurden die Transformatoren ausgetauscht, wobei mit der Nennscheinleistung auch die Kurzschlussspannung erhöht wurde, sodass sich die Kurzschlussströme nicht erhöhten. Kundeneigene Eigenerzeugungsanlagen oder Kunden mit einer Vielzahl an Motoren waren die Ausnahme.

Seit vielen Jahren arbeitet die Scholl Energie- und Steuerungstechnik GmbH mit dem Planungsbüro VOSS On Technische Planung GmbH & Co. KG an Projekten zur Begrenzung von Kurzschlussströmen zusammen.

## LÖSUNGEN ZUR BEGRENZUNG DES KURZSCHLUSSTROMES

Die Implementierung derartiger Maßnahmen in einem Projekt oder in eine in Betrieb befindliche Versorgungsanlage stellt den Anlagenbetreiber vor eine Herausforderung, die in vielen Projekten durch die Scholl Energie- und Steuerungstechnik GmbH im Spannungsfeld zwischen der Versorgungssicherheit für die Kundenanlage und den Forderungen des Netzbetreibers erfolgreich gelöst werden konnten. Um zu einer sicheren Lösung zu gelangen, ist die Erarbeitung einer detaillierten Netzstudie des jeweiligen Kundennetzes unerlässlich.

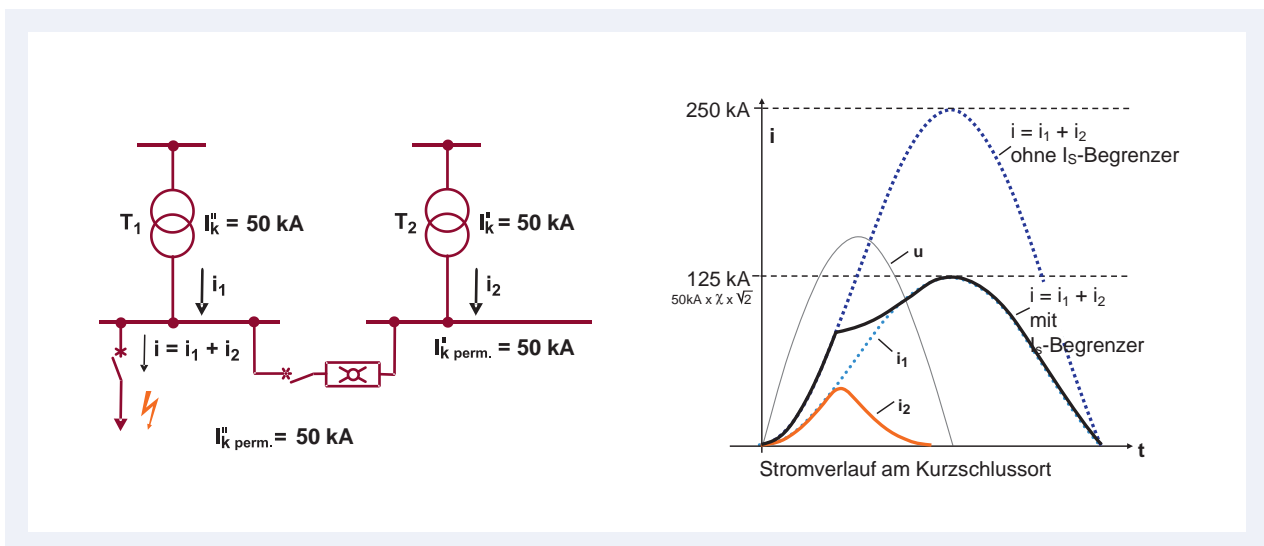
Aufbauend auf den dort gewonnenen Erkenntnissen, kann dann eine technische Lösung abgebildet werden, die den sicheren Betrieb der Anlage sowohl unter Maßgabe der Versorgungssicherheit als auch unter der Maßgabe zur Begrenzung der Kurzschlussströme gewährleistet werden kann.

Wenn der vom Kunden ausgehende Kurzschlussanteil zum Versorgungsnetz nicht durch Maßnahmen wie

dem Einsatz einer Lastbank für den monatlichen Lasttest der Generatoren oder dem Betrieb der rotierenden Maschinen über Wechselrichter gewährleistet werden kann, ist im Regelfall der Einsatz eines Is-Begrenzers des Herstellers ABB AG erforderlich.

Die herausragende Technologie der Firma ABB AG gewährleistet zum einen die rasche Unterbrechung des Fehlerstromes und damit die Begrenzung des Kurzschlussstromes vor Erreichen des Scheitelwertes, und zum anderen gewährleistet diese durch hohe Qualität die Betriebssicherheit des Systems. Das nachfolgende Diagramm zeigt die rasche Begrenzung des Kurzschlussstromes anhand der orangefarbenen Kurve durch den Is-Begrenzer.

### IS-BEGRENZER-FUNKTION: KURZSCHLUSSAUSSCHALTUNG



Wenn der Strom über den Is-Begrenzer voreingestellte Einstellwerte (für Augenblickswert und Steilheit) erreicht, so wird mittels eines pyrotechnischen Momentzünders der Hauptstrompfad im Is-Begrenzer-Einsatz geöffnet. Der Strom kommutiert auf eine parallele Sicherung, die dann den Kurzschlussstrom vor Erreichen des ersten Peak-Wertes begrenzt. Somit ist gewährleistet, dass der Scheitelwert des Stromes auf ein Minimum in weniger als 10 ms begrenzt wird.

Die sichere analoge Auswerte-Elektronik der Firma ABB AG gewährleistet dabei nur eine Stromkreisunterbrechung bei einem Fehler im ausgewählten Schutzbereich.

Die Scholl Energie- und Steuerungstechnik GmbH ist in der Lage, diese herausragende Technologie mit den dafür notwendigen Konzepten zur Implementierung in neue Projekte oder bestehende Infrastrukturen sicher anzuwenden.

## LÖSUNGEN ZUR BEGRENZUNG DES KURZSCHLUSSTROMES

Mit wachsender Anzahl an Betriebsmitteln in Kundenanlagen, die im Kurzschlussfall Kurzschlussströme einspeisen, musste eine Lösung gefunden werden, um das Problem in den Griff zu bekommen. Da praktisch alle Kunden einen generatornahen (abklingenden) Kurzschlussstrom einspeisen, soll der kritische Wert, sprich der Stoßkurzschlussstrom, begrenzt werden.

Würde ein Kunde mehr Kurzschlussleistung einspeisen als ihm zugestanden wird, muss er kurzschlussstrombegrenzende Maßnahmen durchführen. Besonders kritisch im Hinblick auf zulässige Kurzschlussströme aus Kundenanlagen sind 10kV-Mittelspannungsnetze, die direkt aus der 110kV-Ebene gespeist werden.

### DIE VORGABEN AN DIE KUNDEN SOLLEN NACHVOLLZIEHBAR UND DISKRIMINIERUNGSFREI SEIN:

- Die Summe der Kurzschlussleistung aus Kundenanlagen und HS/MS-Transformator muss kleiner sein als der zulässige Wert der Betriebsmittel.
- Jeder Kunde darf einen bestimmten Anteil einspeisen ( $S_{Kunde}$ ). Dieser Anteil ist proportional zu seiner bestellten Leistung ( $S_{Kunde}$ ).
- Die Summe aller Leistungen entspricht der Nennscheinleistung des einspeisenden HS/MS-Transformators ( $S_{Trafo}$ ).

### ÄLTERE SCHALTANLAGEN BESITZEN FOLGENDE KURZSCHLUSSTROM- FESTIGKEITEN:

- $I_k=17,3kA$ ,  $I_p=45kA$
- $I_k=17,3kA$  entspricht 300MVA  
Kurzschlussleistung  
 $S_{KAnlage} = I_k \times 10kV \times \sqrt{3}$
- Das Verhältnis von  $I_k$  zu  $I_p$   
ist ungefähr 2,5:  
 $I_p=I_k \times 1,8 \times \sqrt{2} \approx 2,5 \times I_k$
- Wegen des linearen Zusammenhangs von  $I_p$  und  $S_k$  wird der Einfachheit halber nur noch mit Leistungen (MVA) gearbeitet.
- $S_{Kunde} \leq (S_{KAnlage} - S_{KTrafo}) \times S_{Kunde}/S_{Trafo}$

Die Differenz zwischen dem zulässigen Kurzschlusswert der Schaltanlage (300MVA) und der Kurzschlussleistung über den HS/MS-Trafo (250MVA) beträgt nur etwa 50MVA. Bei einem Standardtransformator mit einer Nennscheinleistung von 40MVA ist die zulässige Kurzschlussleistung  $(300MVA - 250MVA)/40MVA = 1,25MVA$  pro 1MVA bestellter Leistung.

In der 20kV-Ebene ist die Differenz zwischen dem zulässigen Kurzschlusswert der Schaltanlage (500MVA) und der Kurzschlussleistung über den HS/MS-Trafo (250MVA) etwa 250MVA. Bei einem Standardtransformator mit einer Nennscheinleistung von 40MVA ist die zulässige Kurzschlussleistung jetzt schon bei deutlich höheren  $(500MVA - 250MVA)/40MVA = 6,25MVA$  pro 1MVA bestellter Leistung.

## ENERGIE- UND STEUERUNGSTECHNIK: VERSCHIEDENSTE KOMPETENZEN IN EINEM BEREICH VEREINT

---



*Vielfältige Ausführungsmöglichkeiten des Is-Begrenzers für die individuelle Auslegung.*

Auf dem Gebiet der Niederspannungs-, Automatisierungs- und Antriebstechnik sowie der Wasser- und Abwassertechnik werden im Unternehmensbereich Energie- und Steuerungstechnik elektrotechnische Problemstellungen jeder Art bedarfs- und kundengerecht gelöst.

Den Anfang aller Projekte bilden stets Beratung und Planung. Im Einzelnen werden CAD-Konstruktionen, Kurzschluss- und Selektivitätsbetrachtungen sowie daraus resultierende Auswertungen ausgeführt. Außerdem beinhaltet das Portfolio Softwareentwicklungen im Bereich Steuerung und Visualisierung der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, der Niederspannungstechnik und Gebäudeautomatisierung sowie der Automation im Schiffbau. Hier werden unter anderem Antriebsmaschinen überwacht. Die Niederspannungsanlagenfertigung vom Woh-

nungsverteiler bis zu Großanlagen mit einem Nennstrom von 7010A – bauartgeprüft für Projekte in der Industrie und der Infrastruktur – sowie MCC-Anlagenfertigung bis 6300A – bauartgeprüft für Industrieprojekte – stehen ebenso auf dem Programm.

Ebenfalls fertigt dieser R+S-Bereich die kompletten Schaltanlagen für den Schiffbau.

Als erster deutschlandweiter Partner der Siemens SIVACON Technology verfügt die Scholl Energie- und Steuerungstechnik GmbH über eine entsprechende Schiffslicenz, die jährlich überprüft wird. Die bauartgeprüfte Schaltanlage SIVACON S8 ist zertifiziert für den Einsatz auf Schiffen bis zu einem Bemessungsstrom von 7000A. Am Standort Lübeck werden beispielsweise Flusskreuzfahrtschiffe mit aktuellster Elektro- und Schaltanlagentechnik ausgestattet.

# STANDORTE DER SCHOLL ENERGIE- UND STEUERUNGSTECHNIK GMBH

---



---

## Fulda

Flemingstraße 20-22  
36041 Fulda  
Tel. 0661/500 80-403  
fulda@schollgroup.de

## Lübeck

Schwertfegerstraße 12  
23556 Lübeck  
Tel. 0451/89 002-165  
luebeck@schollgroup.de

## Mannheim

Spreewaldallee 45  
68309 Mannheim  
Tel. 0621/84 25 07-42  
mannheim@schollgroup.de

## Erfurt

Am Pulverschuppen 18  
99085 Erfurt  
Tel. 0361/60 179-888  
erfurt@schollgroup.de

## Remscheid

An der Hasenjagd 10  
42897 Remscheid  
Tel. 02191/93 75-0  
remscheid@schollgroup.de



Ein Unternehmen der R+S Group

 **Scholl** Energie- und  
Steuerungstechnik

Wir schaffen Werte

Unsere Experten beraten Sie umfassend und individuell.  
Sprechen Sie uns gerne an.

**Scholl Energie- und  
Steuerungstechnik GmbH**

Flemingstraße 20-22  
36041 Fulda

Telefon: 0661/500 80-400

E-Mail: [kurzschlussstrombegrenzer@schollgroup.de](mailto:kurzschlussstrombegrenzer@schollgroup.de)

Autor: Scholl Energie- und Steuerungstechnik GmbH

Co-Autoren: ABB AG, Voss On Technische Planung