

## Einführung

### Behandlung des Sternpunktes in Hochspannungsnetzen

In Hochspannungsnetzen fließt bei gesundem Betrieb kein Strom über Erde. Für die Spannungsverhältnisse und Energieübertragung spielt es dabei keine Rolle, ob der Sternpunkt des Systems in irgendeiner Weise mit Erde verbunden ist oder isoliert betrieben wird. Treten jedoch Fehler im Netz auf, so ändern sich die Verhältnisse grundlegend.

In Hochspannungsnetzen beginnen 80 bis 90 % aller Fehler als einpolige Isolationsdurchbrüche oder Überschläge gegen Erde (siehe Bild 1). Der einpolige Isolationsfehler gegen Erde, der Erdschluß, ist der am häufigsten auftretende Fehler. Für den weiteren Ablauf der Störung erhält damit die Art der Verbindung des Sternpunktes mit Erde ausschlaggebende Bedeutung.

#### Freier Sternpunkt

Wird ein Netz mit völlig freiem Sternpunkt betrieben, so fließen über die einpolige Fehlerstelle kapazitive Ströme. Sie bleiben in Mittelspannungsnetzen geringer Ausdehnung meist weit unter den Betriebsströmen, können aber in großen Hochspannungsnetzen erhebliche Werte annehmen.

#### Über Löschdrossel geerdeter Sternpunkt

Ist der Sternpunkt über eine Löschdrossel L (Petersenspule) mit Erde verbunden, so sendet die Löschdrossel unter dem Einfluß der Sternpunkt-Erdspannung einen induktiven Strom über die Fehlerstelle. Die Drossel wird so eingestellt, daß der induktive Strom den kapazitiven Erdstrom gerade aufhebt. Dann fließt in der Erdschlußstelle – bezogen auf den ungelöschten Gesamtterdschlußstrom – nur ein kleiner Reststrom.

Ist der Reststrom nicht groß genug um die Leitfähigkeit der Überschlagstrecke aufrecht zu erhalten, dann erlischt der Lichtbogen.

In gut isolierten, nicht zu großen Freileitungsnetzen mit Löschdrosseln erlöschen 80 bis 90 % aller Überschläge auf diese Weise von selbst. Auch in Kabelnetzen läßt sich auf diese Weise eine Beruhigung des Betriebes erreichen.

#### Über Widerstand geerdeter Sternpunkt

Wird in kleinen Netzen der Sternpunkt über Widerstände mit Erde verbunden, so fließt über die Fehlerstelle nur ein kleiner Dauerstrom mit vorwiegend ohmschen Anteil.

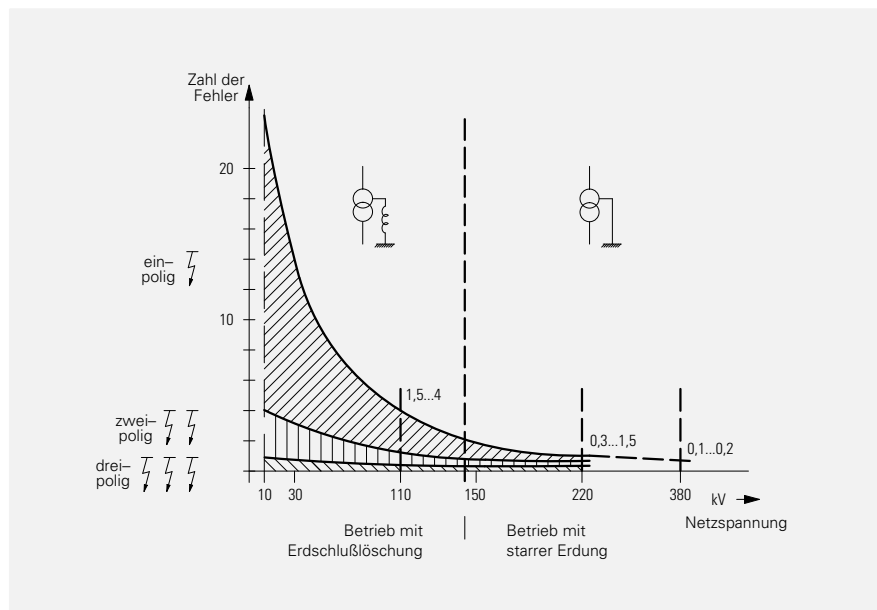


Bild 1  
Zahl der Fehler auf 100 km Freileitung (im Jahresdurchschnitt)

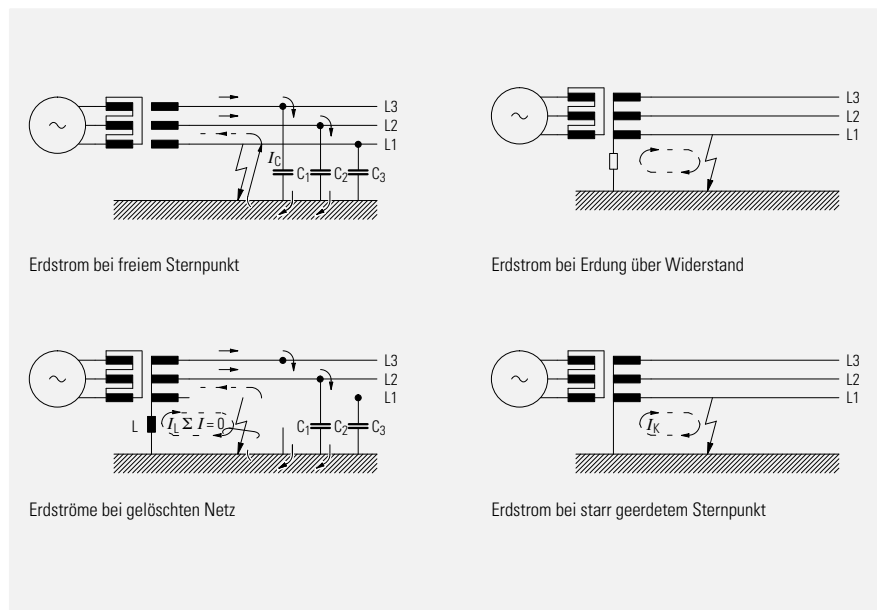


Bild 2  
Erdströme in Abhängigkeit von der Behandlung des Sternpunktes

#### Niederohmig geerdeter Sternpunkt

Ist der Netzsternpunkt unmittelbar oder über niederohmige Widerstände geerdet, so treten bei einpoligen Fehlern kurzschlußartige Ströme auf. Man braucht also für derartige Netze einen Kurzschlußschutz, der auch bei einpoligen Fehlern kurzfristig abschaltet.

## Einführung

### Projektierung

Da der Erdschluß immer eine Angelegenheit des gesamten, metallisch zusammenhängenden Netzes ist, muß der Erdschlußschutz stets für das Gesamtnetz entworfen werden. Die Planung für eine Einzelstation ohne Kenntnis des ganzen Netzes ist nicht möglich.

Als Projektierungsunterlagen sind deshalb in jedem Fall entsprechende Angaben über den Gesamtaufbau des Netzes, die Netzgröße und die Behandlung des Sternpunktanschlusses neben den Angaben über die vorgesehenen Wandler usw. erforderlich.

### Aufgaben der Erdschlußerfassung

Die im folgenden beschriebenen Einrichtungen sind zunächst zur Erfassung und Ortung von Erdschlüssen in Netzen mit isoliertem oder hochohmig geerdetem Sternpunkt oder mit Löschdrossel vorgesehen.

#### Erdschlußmeldung

Ein Erdschluß muß, wenn er als Dauererdschluß bestehen bleibt, gemeldet werden.

Das Netz kann für eine begrenzte Zeitdauer (meist bis zu einigen Stunden) in diesem Zustand weiterbetrieben werden. Infolge der um etwa 73 % (entsprechend dem Faktor  $\sqrt{3}$ ) überhöhten Spannung der zwei nicht vom Erdschluß betroffenen Leiter gegen Erde (siehe Bild 3) wird die Isolation dieser Phasen entsprechend stärker beansprucht. Außerdem sind die in gelöschten Netzen vorhandenen Petersenspulen thermisch nur für eine begrenzte Einschaltdauer bei Erdschluß ausgelegt.

Daher ist die Meldung des Erdschlußzustandes notwendig, damit rechtzeitig Maßnahmen zur Beseitigung der fehlerhaften Stelle veranlaßt werden können.

Das Kennzeichen für den Erdschlußzustand ist die Spannungsverlagerung ( $U_0$ ) des Systems gegen Erde. Sie besteht für das gesamte galvanisch zusammenhängende Netz; daher genügt zur Erdschlußmeldung der Einbau einer einzigen Einrichtung an einer beliebigen Stelle des Netzes.

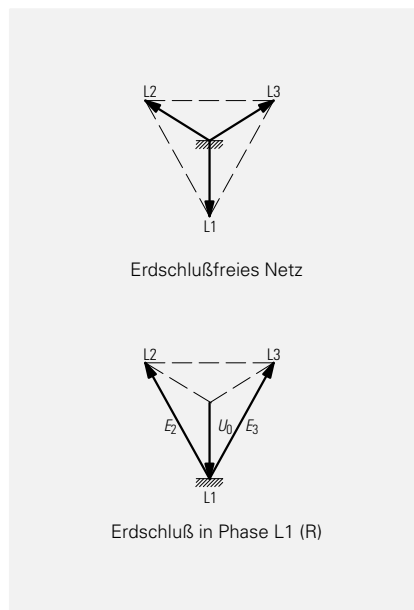


Bild 3  
Spannungsänderungen im erdschlußbehafteten Netz

#### Erdschlußortung

Zur Befreiung des Netzes vom Erdschluß muß die fehlerhafte Leitung oder Anlage aus dem Netz herausgeschaltet, und die Fehlerstelle in Ordnung gebracht werden. Es ist also die Erdschlußstelle ausfindig zu machen.

Durch einfache Schaltmaßnahmen allein läßt sich die erdschlußbehaftete Leitung ohne Beeinträchtigung des Betriebes nur unter günstigen Voraussetzungen feststellen.

Zur schnellen Ermittlung der Fehlerstelle, auch in größeren Netzen, stehen deshalb Geräte zur Verfügung, die die Richtung des Erdstromes an der Einbaustelle anzeigen. Aus der Gesamtheit der verfügbaren Richtungsanzeigen an allen Leitungsenden bzw. anderen geeigneten Stellen des Netzes, kann die erdschlußbehaftete Leitung schnell ermittelt werden.

Die dafür geeigneten Schutzeinrichtungen teilt man in 2 Gruppen ein:

- Geräte, die auf den stationären Erdschlußstrom ansprechen.  
Ihre Anwendung beschränkt sich auf die Ermittlung der fehlerhaften Leitung bei einem Dauererdschluß.
- Geräte, die auf Ströme höherer Frequenzen ansprechen, welche nur zu Beginn des Erdschlusses im Einschwingvorgang fließen.  
Sie zeigen außer Dauererdschlüssen auch kurzfristige Erdschlüsse, sogenannte Erdschlußwischer, an. Dadurch werden schwache Stellen auch in gelöschten Netzen frühzeitig erkannt, so daß schon vor dem Entstehen eines Dauererdschlusses Instandsetzungsarbeiten veranlaßt werden können.

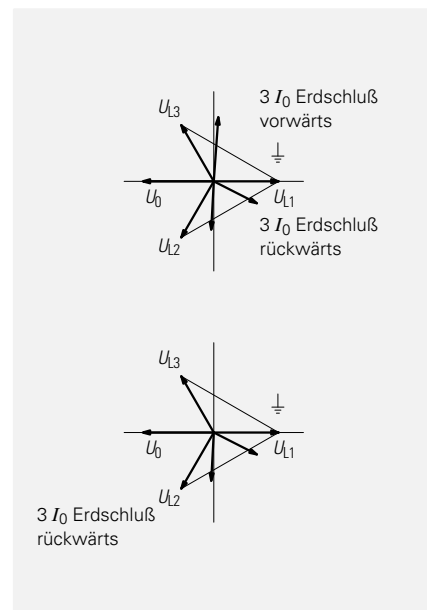


Bild 4  
Richtungsbestimmung mit Nullspannung und Nullstrom

#### Auswertung des stationären Erdschlußstromes

In Netzen mit Resonanzsternpunktterdung (gelöschte Netze) erfolgt die Richtungsbestimmung mit der Nullspannung und der Wirkkomponente des Nullstromes. In Netzen mit isoliertem Sternpunkt wird die Richtung mit der Nullspannung und der Blindkomponente des Nullstromes bestimmt (siehe Bild 4). Beide Verfahren erlauben eindeutige Aussagen nur in Stichnetzen oder in Netzen mit offenen Ringen. In vermaschten Netzen ist der Einsatz von Geräten, die auf den stationären Erdschlußstrom ansprechen, im Normalfall nicht möglich. Beim Einsatz in gelöschten Netzen muß beachtet werden, daß die Wirkrestströme normalerweise in der Größenordnung von 2 bis 6 % des Spulenstromes liegen. Daher sind abhängig von der Netzgröße Einstellungen im Bereich von 10 bis 50 mA erforderlich. Zur sicheren Erfassung von Strömen in dieser Größenordnung werden Kabelumbauwandler empfohlen. Beim Anschluß der Geräte in Holmgreenschaltung ohne Verwendung von Kabelumbauwandler entstehen durch Betrags- und Winkelfehler der Wandler Meßungenauigkeiten, die die Zuverlässigkeit der Messungen erheblich stören können.

Da bei diesem Verfahren die stationären Erdschlußgrößen ausgewertet werden, ist eine Erdschlußsuche möglich. Das heißt, es können Schaltheandlungen zur Eingrenzung des Fehlers durchgeführt und anschließend die nach der Schaltheandlung entstehende Richtungsinformationen der Geräte ausgewertet werden (Fortsetzung Seite 3/4).

## Einführung

### Auswertung des stationären Erdschlußstromes (Fortsetzung)

Eine Erdschlußrichtungsbestimmung mit stationären Erdschlußgrößen ist in den folgenden digitalen Schutzgeräten enthalten: 7SJ512 und 7SA511. Beim 7SJ512 mit Richtungszusatz sowie beim 7SA511 wird neben der Erdschlußrichtung auch die erdschlußbehaftete Phase gemeldet.

### Richtungsbestimmung auf der Basis des transienten Einschwingvorgangs (Wischerrelais)

Eine Anwendung ist in isolierten Netzen und in gelöschten Netzen möglich. Die Richtung wird durch Auswertung der Einschwingvorgänge in Nullspannung und Nullstrom nach dem Erdschlußeintritt bestimmt (siehe Bild 5). Dieses Verfahren ist auch in vermaschten Netzen einsetzbar. Da die hier auszuwertenden Ströme deutlich höher sind als bei der wattmetrischen Erdschlußrichtungsbestimmung, können die Relais auch an Wandler in Holmgreenschaltung angeschlossen werden. Eine Erdschlußsuche durch Schaltaktionen wie bei wattmetrischen Erdschlußrichtungsbestimmungen ist beim Einsatz von Wischerrelais nicht möglich, da die Richtungsinformation nur bei Erdschlußeintritt bestimmt werden kann. Eine einmal getroffene Richtungsentscheidung bleibt bis zum Quittieren bestehen. Die Ermittlung der fehlerbehafteten Leitung in einem Netz setzt deshalb die Analyse des Richtungsentscheides mehrerer Wischerrelais voraus. Zum Einsatz in Verbindung mit digitalen Schutzgeräten wurde das bewerte Erdschlußwischerrelais 7TG23 zusammen mit einem Umrichter in ein Gehäuse 7XP20 integriert. Dieses Gerät ist unter Bezeichnung 7SN71 verfügbar.

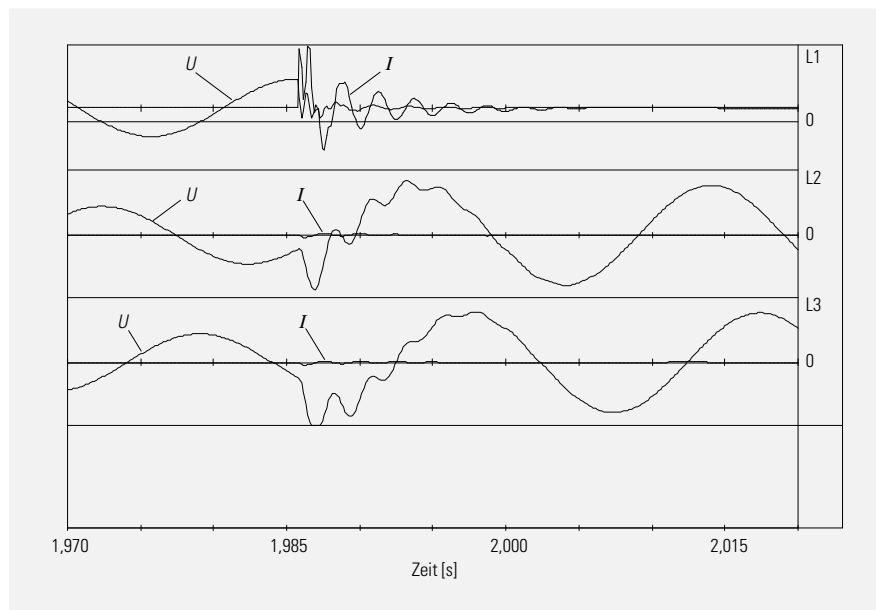


Bild 5  
Einschwingvorgänge in Nullspannung und Nullstrom nach dem Erdschlußeintritt

### **Verkaufs- und Lieferbedingungen**

#### **Im Inlandsgeschäft:**

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen sowie die Allgemeinen Lieferbedingungen für Erzeugnisse und Leistungen der Elektroindustrie.

Die Preise gelten in DM ab Werk, ausschließlich Verpackung; diese wird zum Selbstkostenpreis verrechnet.

Die Umsatzsteuer (Mehrwertsteuer) ist in den Preisen nicht enthalten. Sie wird nach den gesetzlichen Vorschriften zum jeweils gültigen Satz gesondert berechnet.

#### **Im Exportgeschäft:**

Es gelten die Allgemeinen Lieferbedingungen für Erzeugnisse und Leistungen der Elektroindustrie sowie alle mit den Preislistenempfängern vereinbarten sonstigen Bedingungen.



Soweit auf den einzelnen Seiten dieses Kataloges nichts anderes vermerkt ist, bleiben Änderungen, insbesondere der angegebenen Werte, Maße und Gewichte, vorbehalten.

Die Abbildungen sind unverbindlich.

Wir behalten uns Preisänderungen vor und werden die jeweils bei Lieferung gültigen Preise verrechnen.

A 9.91 a

### **Exportvorschriften**

Die in diesem Katalog aufgeführten Erzeugnisse benötigen nach den derzeitigen Bestimmungen (Stand 06.95) der deutschen und der US-Exportvorschriften keine Ausfuhrgenehmigung.

Ausfuhr bzw. Reexport ist daher ohne Genehmigung der zuständigen Behörden zulässig, sofern die Außenwirtschaftsverordnung nicht länderspezifische Restriktionen vorsieht.

Ausgenommen:  
PC-Leitplatz 6MB201-1  
AG 1, AL 4A003, EC D und ECCN 4A03A  
serielle Koppelbaugruppe 6MA5510-1AA11  
AG N, EC D und ECCN 4A96G.

Änderungen vorbehalten. Maßgebend sind die auf Lieferschein und Rechnung angegebenen Kennzeichnungen. Eine Ausfuhrgenehmigungspflicht kann sich durch den Verwendungszweck der Erzeugnisse länderspezifisch ergeben.

### **Produktbezeichnungen**

Alle verwendeten Produktbezeichnungen sind Warenzeichen oder Produktnamen der Siemens AG oder anderer Unternehmen.

Verantwortlich für

Technischen Inhalt: Norbert Schuster,  
Siemens AG, EV S T11, Nürnberg

Redaktion: Helmut Belzer,  
Siemens AG, EV MK 2, Erlangen

Bereich  
Energieübertragung und -verteilung  
Geschäftsgebiet  
Zähler, Sekundär- und Netzleittechnik  
Postfach 48 06  
D-90026 Nürnberg



Wir bringen  
Energie  
ans Ziel