

VDEW-Ringbuch Schutztechnik

3

Richtlinien für die Kurzunterbrechung in elektrischen Netzen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	5
0 Einführung	7
1 Allgemeine Begriffe	9
1.1 Kurzunterbrechung	9
1.2 KU-Einrichtung	9
2 Funktionsablauf und Funktionszeiten	11
2.1 Unterbrechungszeit	11
2.2 Pausenzeit	11
2.3 Resultierende Pausenzeit	11
2.4 Sperrzeit	12
2.5 Wirkzeit	12
3 Betriebsarten der KU	13
3.1 Ausführungsformen	13
3.2 Anwendungen der ein- bzw. dreipoligen KU	13
4 KU-Einrichtung, Netzschutz und Leistungsschalter	15
4.1 KU-Einrichtung und Netzschutz	15
4.2 KU-Einrichtung	18
A Anhang	25
Verhalten von elektrischen Betriebsmitteln bei einer KU	25
A.1 Beleuchtungsanlagen und Wärmegeräte	25
A.2 Motoren und Generatoren	25
A.3 Schaltschütze und Relais	26
A.4 Elektronische Geräte einschließlich Datenverarbeitungsanlagen	26
A.5 Rundsteueranlagen	26

Herausgegeben von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke – VDEW – e.V.

© 1987 Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke m.b.H
VDEW – Stresemannallee 23, 6000 Frankfurt (Main) 70 ISBN 3-8022-0054-3

Vorwort

Die vorliegenden Richtlinien entsprechen den vom VDEW-Arbeitsausschuß „Relais- und Schutztechnik“ 1981 als Broschüre veröffentlichten „Richtlinien für die Kurzunterbrechung in elektrischen Netzen“. Sie sind abgestimmt mit dem Unterausschuß „Schutztechnik“ des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs – VEÖ.

0 Einführung

In Freileitungsnetzen besteht der größte Teil der Kurzschlüsse aus Lichtbogenüberschlägen, die bei schneller Abschaltung keine den Betrieb gefährdenden Schäden hinterlassen, so daß nach Entionisierung der Lichtbogenstrecke sofort wieder eingeschaltet werden kann. Erfolgt diese Wiedereinschaltung durch automatische Einrichtungen sehr schnell, so kann eine ansonsten unvermeidliche, längerdauernde Unterbrechung der Stromversorgung in vielen Fällen verhindert werden. Die Abschaltung eines Fehlers durch die Schutzeinrichtungen und die anschließende schnelle, selbsttätige Wiedereinschaltung nennt man Kurzunterbrechung (KU). Das Gerät, das im Zusammenwirken mit einer Schutzeinrichtung die selbsttätige Wiedereinschaltung vornimmt, wird als Kurzunterbrechungseinrichtung bezeichnet.

International sind für das schnelle, selbsttätige Wiedereinschalten nach einer Schutzauslösung die Ausdrücke „autoreclosing“ bzw. „refermeture automatique“ gebräuchlich, denen besser der Ausdruck „Automatisches Wiedereinschalten“ entspräche. In DIN VDE 0670, Teil 101/07.78, ist der Ausdruck „Selbsttätiges Wiederschließen“ gewählt. In der vorliegenden Druckschrift werden trotz einiger Bedenken die bisher gebräuchlichen Ausdrücke „Kurzunterbrechung“ und „Kurzunterbrechungseinrichtung“ beibehalten, obwohl die Bezeichnung „Kurzunterbrechungseinrichtung“ sprachlich nicht ganz korrekt ist, da diese Einrichtung nur das Wiedereinschalten nach einer Ausschaltung durch den Netzschutz bewirkt. Die Einführung anderer Bezeichnungen scheint aber aus betrieblicher Sicht im Hinblick auf bestehende Vereinbarungen, Meldeanlagen, Beschriftungen und den gewohnten Sprachgebrauch nicht zweckmäßig. Außerdem ist eine klare Abgrenzung gegen das automatische Wiedereinschalten durch andere Einrichtungen, z. B. Umschaltautomatiken oder Geräte für den automatischen Netzwiederaufbau nach Störungen, die nicht Gegenstand dieser Richtlinien sind, gegeben.

Da der Netzaufbau, die Behandlung des Sternpunktes und die Versorgungsaufgaben in den Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetzen unterschiedlich sind, weichen auch Ausführung und Anwendung der Kurzunterbrechung voneinander ab.

Die Mittelspannungsnetze mit hohem Freileitungsanteil werden üblicherweise mit Erdschlußkompensation oder mit isoliertem Sternpunkt betrieben. Einpolige Fehler treten nur als Erdschlüsse auf. Bei richtiger Abstimmung der Erdschlußspulen bzw. genügend kleinem Erdschlußstrom werden Erdschlußlichtbogen erlöschen. Bei Dauererdschluß kann ein Netz einige Zeit im Erdschluß weiterbetrieben werden. Der Kurzschlußschutz der Leitung greift aufgabengemäß nicht ein. Wegen des niedrigen Nenn-Isolationspegels und der geringen Leiterabstände treten durch atmosphärische Einflüsse häufig auch Kurzschlüsse zwischen den Leitern auf. Ihren Auswirkungen auf den Betrieb und die Versorgung kann mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand in den meisten Fällen durch dreipolige Kurzunterbrechung wirksam begegnet werden.

In Hochspannungsnetzen mit Erdschlußkompensation gilt bei Erdschlüssen das gleiche wie in Mittelspannungsnetzen. Infolge des höheren Nenn-Isolationspegels, der größeren Leiterabstände und der meist vorhandenen Erdseile ist die Fehlerhäufigkeit geringer. Dabei überwiegen bei weitem die Erdschlüsse. Der Ausfall eines Stromkreises wirkt sich im Gegensatz zum Mittelspannungsnetz in weit weniger Fällen auf die Abnehmer aus. Die Kurzunterbrechung wird deshalb in diesen Netzen seltener angewandt, kann aber für einzelne Stromkreise sinnvoll sein, wenn diese besonders anfällig für atmosphärische Einflüsse sind und ihr Ausfall zu Versorgungsunterbrechungen führt.

In Hoch- und Hochstspannungsnetzen mit niederohmiger Sternpunktterdung stellt hingegen jeder einpolige Fehler einen Erdkurzschluß dar, der ohne Kurzunterbrechung zu einer endgültigen Abschaltung des betroffenen Stromkreises führt. Es ist daher notwendig, diese Netze mit Kurzunterbrechung auszurüsten. Sie erfolgt hier vorteilhaft *einpolig*, wenn die Leistungsschalter dafür geeignet sind. Da die *einpoligen* Lichtbogenfehler von allen Fehlerarten bei weitem überwiegen, wird die Mehrzahl aller Fehler erfaßt. Dabei wird die Netzstabilität nicht gefährdet. In Netzen, in denen wegen ausreichender Vermaschung keine Stabilitätsprobleme bestehen, kann die dreipolige Kurzunterbrechung angewendet werden, z. B. um Leistungsschalter mit gemeinsamem Antrieb für alle drei Pole verwenden zu können.

In besonderen Fällen ist bei der *dreipoligen* Kurzunterbrechung eine Synchronkontrolle erforderlich, die die Wiedereinschaltung nur freigibt, wenn die Parallelschaltbedingungen erfüllt sind. Dabei ergeben sich meist längere Pausenzeiten.

Überwiegend wird nur die *einmalige* Kurzunterbrechung angewandt. Es erfolgt eine endgültige Abschaltung des fehlerhaften Stromkreises, wenn nach der ersten Wiedereinschaltung der Fehler weiterbesteht. In Mittelspannungsnetzen hat sich in vielen Fällen nach einer erfolglosen Kurzunterbrechung eine weitere automatische Einschaltung nach einigen Minuten – eine sogenannte Nachschaltung – bewährt.

Die vorliegende Fassung gibt Hinweise für die Ausführung der Kurzunterbrechungseinrichtungen sowie für ihren betrieblichen Einsatz. Die KU mit Synchronkontrolle und die Nachschaltung werden in diesen Richtlinien nicht näher behandelt. Es wird auch darauf verzichtet, Sonderschaltungen darzustellen.

Die derzeit gültigen IEC-Festlegungen und VDE-Bestimmungen werden berücksichtigt.

1 Allgemeine Begriffe

1.1 Kurzunterbrechung (KU)

ist die automatische Unterbrechung eines gestörten Stromkreises für mindestens die Zeit, die eine sichere Löschung des Kurzschlußlichtbogens ermöglicht (Zeitdauer maximal einige Sekunden).

1.1.1 Erfolgreiche KU

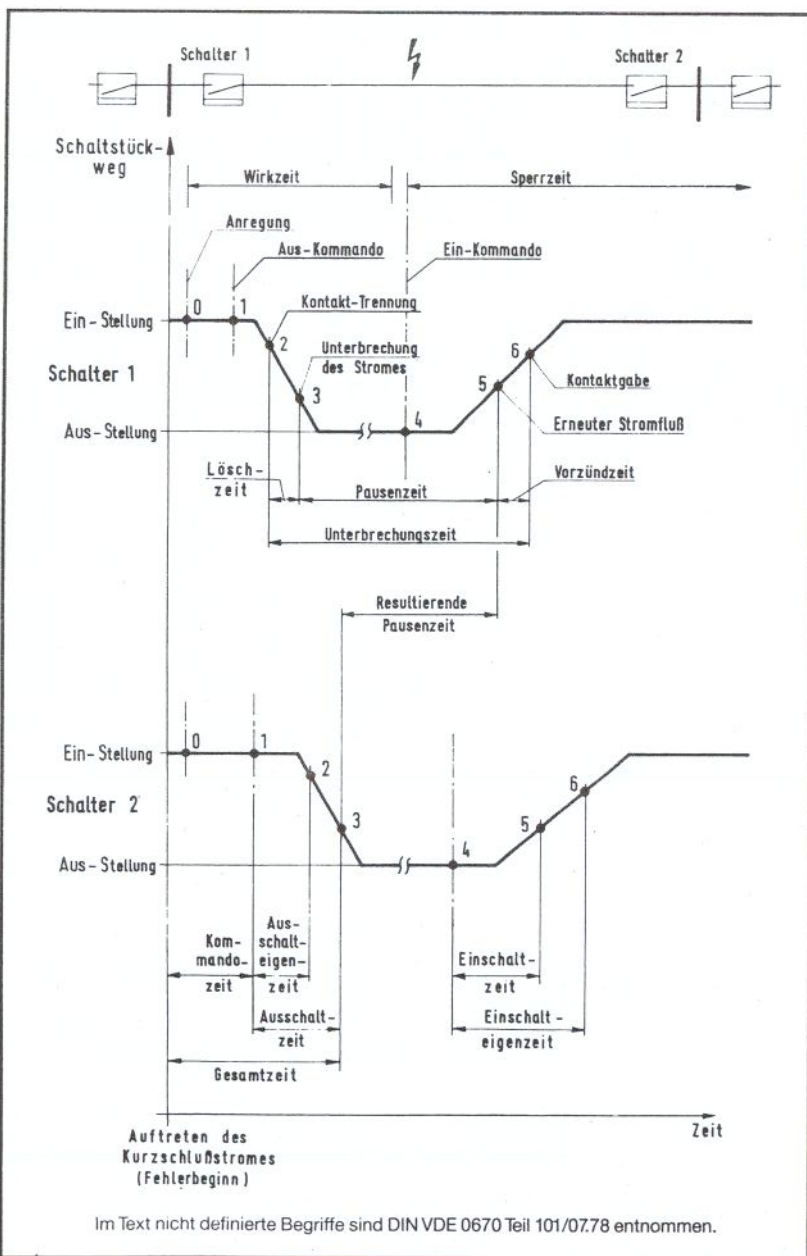
ist gekennzeichnet durch das Verschwinden eines Lichtbogenüberschlages während der KU und der Spannungsfestigkeit des Stromkreises nach der Wiedereinschaltung.

1.1.2 Erfolgreiche KU

ist gekennzeichnet durch das Bestehenbleiben oder Wiederauftreten eines Fehlers unmittelbar nach der KU und die endgültige Abschaltung des gestörten Stromkreises durch den Leitungsschutz.

1.2 KU-Einrichtung

ist die Funktionseinheit, die in Verbindung mit der Schutzeinrichtung den Leistungsschalter nach festgelegtem Programm steuert.



2 Funktionsablauf und Funktionszeiten

Die erfolgreiche Beseitigung von Lichtbogen-Kurzschlüssen wird erreicht, indem der fehlerbehaftete Stromkreis ausreichend lange vom einspeisenden Netz getrennt wird. Der Funktionsablauf der KU ist in Bild 1 dargestellt.

2.1 Unterbrechungszeit

ist die Zeit von der Kontakttrennung bis zur erneuten Kontaktgabe des Leistungsschalters. Sie ergibt sich aus der an der KU-Einrichtung eingestellten Zeit unter Berücksichtigung der Schalter-Eigenzeiten. Bei der Festlegung der Unterbrechungszeit sind neben den netztechnischen Forderungen auch die Eigenschaften der Leistungsschalter zu berücksichtigen.

2.2 Pausenzeit

ist die Zeit von der Unterbrechung des Stromes beim Ausschalten bis zum erneuten Fließen eines Stromes (Lade-, Last- oder Kurzschlußstrom) beim Wiedereinschalten des Leistungsschalters. Sie ist durch die Unterbrechungszeit abzüglich der Lösch- und Vorzündzeit des Leistungsschalters bestimmt.

2.3 Resultierende Pausenzeit

ist die Zeit, während der bei allen die KU ausführenden Schalterpolen eines Stromkreises der Stromfluß gleichzeitig unterbrochen ist.

Sie ist maßgebend für die ausreichende Entionisierung an der Fehlerstelle und damit für die Erfolgsaussichten der KU. Die Entionisierungszeit ist abhängig von der Betriebsspannung, der Höhe und Dauer des Kurzschlußstromes, den Kennwerten der Leitung und den atmosphärischen Bedingungen. Der Lichtbogen wird während einer einpoligen KU über die Kapazitäten der gesunden gegen den fehlerhaften Leiter weiter gespeist. Dieser Strom steigt annähernd proportional zur Leitungslänge an und führt im Hoch- und Höchstspannungsnetz bei Stromkreislängen ab etwa 50 km zu einem nicht mehr zu vernachlässigenden Nachbrennen des Lichtbogens – dem sogenannten sekundären Lichtbogen. Ferner wird bei längeren Leitungen, je nach Lage des Fehlerortes, eine lastabhängige Komponente durch die induktive Kopplung der Leiter wirksam. Diese Komponente ist erst bei Stromkreislängen ab etwa 100 km von Bedeutung.

Bei der dreipoligen KU genügt für die Entionisierung eine kleinere resultierende Pausenzeit, da der kapazitive und induktive Einfluß entfällt. Bei Mehrfach-Leitungen haben auch die Kopplungen zwischen den Stromkreisen auf die Löschung des Lichtbogens Einfluß. Dieser kann bei Stromkreislängen bis etwa 30 km unberücksichtigt bleiben.

Da diese verschiedenen Einflußgrößen nicht genau erfaßbar sind, können für die notwendigen resultierenden Pausenzeiten nur Erfahrungswerte angegeben werden:

	einpolige KU	dreipolige KU ohne Synchron- kontrolle	dreipolige KU mit Synchron- kontrolle
Mittelspannung	–	0,3...0,5 s	–
Hochspannung	0,4...1,2 s	0,3...0,5 s	1,0...5,0
Höchstspannung	0,4...1,2 s	–	1,0...5,0

2.4 Sperrzeit

Ist die Zeit, während der nach einer Einschaltung oder nach einer KU eine folgende KU verhindert wird. Wiederholte KU bei rasch aufeinander folgenden Fehlern können Leistungsschalter wegen ihrer konstruktionsbedingten Eigenschaften unter Umständen nicht mitvollziehen und außerdem ungünstige Auswirkungen auf Netze und Abnehmer haben. Aus diesem Grunde wird die KU bei jeder Wiedereinschaltung für einige Zeit gesperrt. Auch bei einer Handeinschaltung wird die KU für eine bestimmte Zeit gesperrt, um bei Vorliegen eines Fehlers eine endgültige Abschaltung zu gewährleisten. Die Sperrzeit ist an der KU-Einrichtung fest vorgegeben. Ein üblicher Wert ist 10 s.

Leistungsschalter, die für die Bereitstellung der Antriebsenergie oder des Löschmittels eine längere Zeit als die in der KU-Einrichtung vorgegebene Sperrzeit benötigen, müssen bis zum Erreichen ihrer vollen KU-Bereitschaft selbsttätig die KU-Einrichtung sperren. Die Sperrzeit von 10 s kann bei intermittierenden Fehlern auf der Leitung eine elektrische Überforderung des Leistungsschalters nicht in jedem Falle verhindern, da der Schalter laut DIN VDE 0670, Teil 102 für eine Regenerationszeit zwischen zwei Kurzunterbrechungen bis zu 180 s ausgelegt ist.

2.5 Wirkzeit

Ist die Zeit, während der eine KU zugelassen wird. Sie beginnt mit der Anregung der zugehörigen Schutzeinrichtungen. Eine KU erfolgt nur dann, wenn die Kommandozeit der Schutzeinrichtungen kürzer ist als die an der KU-Einrichtung eingestellte Wirkzeit. Die KU wird im allgemeinen auf die Schnellzeit, allenfalls die zweite Stufenzeit des Distanzschutzes beschränkt. Läßt man die KU nur in der Schnellzeit zu, so wird die Wirkzeit auf einen Betrag kurz unter der zweiten Stufenzeit eingestellt.

Wird die KU zusammen mit unverzögertem Überstromschutz betrieben, ist die Wirkzeit ohne Bedeutung.

3 Betriebsarten der KU

3.1 Ausführungsformen

Die KU kann ein- oder dreipolig ausgeführt werden. Maßgebend hierfür sind die Sternpunktbehandlung und die Stabilitätsverhältnisse des Netzes sowie unter Umständen die Eigenschaften der Leistungsschalter.

Die zweipolige KU ist nicht gebräuchlich, da sich für den Netzbetrieb gegenüber der dreipoligen KU keine Vorteile ergeben.

Die einpolige KU gefährdet die Stabilität des Netzes nur gering, weil der Synchronismus durch die zwei gesunden Leiter und Erde aufrechterhalten wird. Sie beseitigt einpolige Lichtbogenkurzschlüsse, die nach statistischen Erhebungen in Hoch- und Höchstspannungsnetzen den weitaus größten Teil aller auftretenden Fehler ausmachen. Voraussetzung für die einpolige KU sind Schalter mit Einzelpoltrieb und Schutzeinrichtungen mit entsprechenden Kriterien für die Einzelpolauflösung.

Die dreipolige KU ist nur dann statthaft, wenn dadurch weder die Stabilität des Netzes noch die einspeisenden Kraftwerke gefährdet werden. Andernfalls ist eine dreipolige KU nur mit Synchronkontrolle zulässig.

3.2 Anwendungen der ein- bzw. dreipoligen KU

3.2.1 Mittelspannungsnetze

In Mittelspannungsnetzen wird unabhängig von der Sternpunktbehandlung ausschließlich die dreipolige KU angewendet.

3.2.2 Hochspannungsnetze

In Netzen mit Erdschlußkompensation ist die dreipolige KU üblich, da einpolige Fehler lediglich Erdschlüsse sind.

In Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung kommt die ein- oder die dreipolige KU zur Anwendung.

3.2.3 Höchstspannungsnetze

In Höchstspannungsnetzen, die im allgemeinen mit niederohmiger Sternpunktterdung betrieben werden, wird meist die einpolige KU angewendet. In Einzelfällen kann die Anwendung der dreipoligen KU mit Synchronkontrolle sinnvoll sein.

4 KU-Einrichtung, Netzschutz und Leistungsschalter

Die KU-Einrichtung, der Netzschutz und der Leistungsschalter müssen untereinander abgestimmt sein. Die Zusammenschaltung ist so auszuführen, daß der Netzschutz bei Außerbetriebnahme der KU-Einrichtung nicht beeinträchtigt wird und bei einer Störung der KU-Einrichtung die Schutzauslösung gewährleistet bleibt. Voraussetzung für eine erfolgreiche KU ist eine schnelle Abschaltung des fehlerhaften Stromkreises, damit der Lichtbogen keine Fehlerausweitung bewirkt und die Schadensauswirkungen so gering bleiben, daß keine wesentliche Isolationsminderung eintritt. Dementsprechend muß der Leitungsschutz ausgelegt werden. Ergeben sich durch unterschiedliche Schutzeinrichtungen größere Abweichungen in der Kommandozeit, so sind längere Unterbrechungszeiten vorzugeben, um die notwendige resultierende Pausenzeit zu erzielen. Es kann auch notwendig werden, unterschiedliche Unterbrechungszeiten einzustellen, wenn

- bei dreipoliger KU die Wiederschaltung mit Synchronkontrolle erfolgt
- sich infolge ungünstiger Impedanzverhältnisse eine Stromaufteilung ergibt, die nur auf einer Seite zur Anregung und Auslösung führt und erst dann den Schutz in der Gegenstation wirksam werden läßt.

Für die Leistungsschalter ergeben sich, abhängig von der Betriebsart der KU, zusätzliche Anforderungen. Sie müssen die in DIN VDE 0670 genannte Nennschaltfolge für Schnellwiedereinschaltung erfüllen und bei einpoliger KU Einzelpolartrieb besitzen.

Die Schaltereigenzeiten und die zulässigen kürzesten Unterbrechungszeiten werden vom Hersteller angegeben. Für jede typische Schutz-Leistungsschalter-Kombination ist eine Messung der Unterbrechungszeit angebracht.

4.1 KU-Einrichtung und Netzschutz

4.1.1 Überstromzeitschutz

In Strahlennetzen wird vorwiegend der unabhängige Überstromzeitschutz eingesetzt. Die Kommandozeiten nach dem Staffelplan liegen in der Regel zwischen 0,1 und 2 s, je nachdem wieviel Leitungsabschnitte oder Abnehmeranlagen überstaffelt werden müssen. Für die KU sind jedoch diese Kommandozeiten zu lang. Deshalb müssen diese Schutzeinrichtungen zusätzlich zur verzögerten Auslösung noch einen unverzögerten Ausgang besitzen.

Im Fehlerfall und bei Bereitschaft zur KU erfolgt die Ausschaltung unverzögert. Mit der Wiedereinschaltung des Leistungsschalters durch die KU-Einrichtung muß die unverzögerte Auslösung unterbrochen werden, damit bei Bestehenbleiben des Fehlers selektiv abgeschaltet wird.

Wird in Ausnahmefällen eine KU-Einrichtung in Verbindung mit abhängigem Überstromzeitschutz angewendet, muß die Schutzeinrichtung wie beim unabhängigen Überstromzeitschutz einen zusätzlichen, unverzögerten Ausgang besitzen.

4.1.2 Distanzschutz

In Ring- und Maschennetzen wird im allgemeinen der Distanzschutz eingesetzt. Zur Erzielung kurzer Abschaltzeiten findet er auch in Strahlennetzen Anwendung. Vom Distanzschutz werden Fehler in Schnellzeit nur bis etwa 85 % der zu schützenden Leitungslänge erfaßt. Es sind daher besondere Schaltungen notwendig, um Fehler auf der gesamten Leitungslänge in Schnellzeit zu erkennen.

4.1.2.1 Übergreifschaltung

Bei der Übergreifschaltung wird der Meßbereich der ersten Stufe von etwa 85 % der Leitungslänge so erweitert, daß er über die Gegenstation hinweggreift. Es sind Einstellungen für diese „Übergreifstufe“ von mindestens 115 % der Länge der zu schützenden Leitung notwendig.

Nach Erteilung des ersten AUS-Kommandos muß für die Dauer der Sperrzeit sofort von der Übergreifstufe auf die erste Stufe zurückgestellt werden, damit bei Folgefehlern und bei erfolgloser KU selektiv nach dem Staffelplan abgeschaltet wird.

Die Übergreifschaltung hat zur Folge, daß bei stationsnahen Fehlern auch andere zu dieser Station führende Stromkreise in den Gegenstationen mit kurzunterbrochen werden. Durch den Einfluß der Mehrfacheinspeisung wird die Übergreifreichweite reduziert.

Bei Sammelschientenfehlern erfolgt in den Gegenstationen ebenfalls eine KU, allerdings meist ohne Erfolg, da durch Trafoeinspeisungen sowie kapazitive und induktive Kopplung der an der Sammelschiene angeschlossenen Leiter der Fehler während der Pausenzeit weiter gespeist wird.

Die Übergreifschaltung benötigt keine Signalübertragung zur Gegenstation.

Für die Umschaltung des ersten Kippwertes unterscheidet man „Hinabschaltung“ und „Hinaufschaltung“.

4.1.2.1.1 Hinabschaltung

In der Ausgangsstellung ist die Übergreifstufe wirksam. Die Hinabschaltung auf die erste Stufe erfolgt:

- nach der Erteilung des ersten AUS-Kommandos,
- bei Fehlerarten, für die eine KU nicht zugelassen ist,
- bei Sperrung oder Abschaltung der KU.

Die Hinabschaltung muß mit Rücksicht auf Fehlerarten, für die eine KU nicht zugelassen ist, sehr schnell, d.h. vor der Entscheidung der Distanzmessung, durchgeführt sein, um unselektive Auslösungen zu vermeiden.

4.1.2.1.2 Hinaufschaltung

In der Ausgangsstellung ist die erste Stufe wirksam. Die Hinaufschaltung auf die Übergreifstufe erfolgt nur bei Fehlern, die zur Kurzunterbrechung zugelassen sind, und dann nur für die Dauer bis zur Erteilung des ersten AUS-Kommandos. Durch die Hinaufschaltung soll keine nennenswerte Verzögerung des AUS-Kommandos bei Fehlern in der Nähe der Gegenstation entstehen.

4.1.2.2 Signalübertragung

Unter den vielen Netzschutzschaltungen mit Informationsaustausch zwischen den Stationen werden hier im Zusammenhang mit KU und Distanzschutz nur die vorwiegend angewandten genannt, welche nach folgendem Prinzip arbeiten:

Jeder Fehler auf einer Leitungsstrecke wird mindestens an einem Ende vom Distanzschutz mit der ersten Stufe eingemessen. In die Gegenstation wird ein Signal gesendet und dort entsprechend verarbeitet.

Je nach der angewandten Verknüpfung unterscheidet man:

4.1.2.2.1 Meßbereich-Umschaltung

Durch das Empfangssignal wird der Meßbereich wie bei der Übergreifschaltung erweitert. Die lediglich um die Signalübertragungszeit verzögerte Auslösung erfolgt hierbei selektiv für alle Fehlerfälle, auch für die endgültige Abschaltung.

4.1.2.2.2 Indirekte Fernauslösung (Mitnahmeschaltung)

Das Empfangssignal bewirkt unter Abfrage der Anregung die Schalterauslösung. Da im allgemeinen je Stromkreis nur ein Signal übertragen wird, muß bei einpoliger KU die Polauswahl auch bei mehrsystemigem Schutz durch die Anregung erfolgen.

4.1.2.3 Signalvergleich

Durch gegenseitige Abfrage der Richtungsmessung oder Richtungs- und Distanzmessung wird eine allseitige rasche Kurzschlußabschaltung erreicht, die eine Anwendung der KU auch unter schwierigen meßtechnischen Bedingungen ermöglicht.

4.1.3 Meßwertvergleichsschutz

Diese drahtgebundenen, betriebsfrequenten Stromvergleichsschutz-Systeme, für kurze Leitungen eingesetzt, sind in der Regel einsystemig und haben keine leiterbezogenen Anreeglieder. Der als Reserveschutz dienende Distanzschutz ermöglicht mit seiner leiterbezogenen Anregung auch die einpolige KU.

4.1.4 Phasenvergleichsschutz

Beim Phasenvergleichsschutz wird im allgemeinen zur Einsparung von Übertragungskanälen die Messung auf ein System reduziert, so daß für die Polauswahl stets eine leiterbezogene Anregung erforderlich ist.

In den Fällen 4.1.2.2 bis 4.1.4 ist es zweckmäßig, bei Ausfall der Übertragungseinrichtungen selbständig die Übergreifschaltung nach 4.1.2.1 zu aktivieren.

4.1.5 Redundante Schutzeinrichtungen

Werden in einem Leitungsschaltfeld zwei voneinander unabhängige Schutzeinrichtungen eingesetzt, sind besondere Maßnahmen bei KU und Steuerung erforderlich.

4.2 KU-Einrichtung

4.2.1 Aufgaben

Die Hauptaufgabe der KU-Einrichtung ist nach einer Schutzauslösung die schnelle Wiedereinschaltung nach vorgegebenen Bedingungen. Vom Netzschutz erhält sie die Anrege- und Auslösesignale, vom Leistungsschalter die Information über seine KU-Bereitschaft und gegebenenfalls die AUS-Stellung des Leistungsschalters. Ferner werden eingegeben die Hand-Ein- und Hand-Ausschaltbefehle und Blockierbefehle.

Die KU-Einrichtung muß überprüfen, ob

- das Schutz-AUS-Kommando vor Ablauf der Wirkzeit erteilt wurde,
- der Leistungsschalter zur KU bereit ist,
- keine Blockierung vorhanden ist,
- bei der einpoligen, anregeabhängigen KU (siehe 4.2.2) die Anregung nur in einem Leiter erfolgt ist,
- bei der einpoligen, auslöseabhängigen KU (siehe 4.2.2) die Auslösung nur in einem Leiter erfolgt ist.

Die KU-Einrichtung muß folgende Funktionen ausführen:

- die Erteilung eines gemeinsamen Einschaltbefehls an alle drei Schalterpole,
- die Hinauf-/Hinabschaltung der Übergreifstufe beim Distanzschutz,
- /// die Unterbrechung der unverzögerten Auslösung beim Überstromzeit-schutz nach der ersten Auslösung,
- //// die Sperrung der KU für die Dauer der Sperrzeit bei der Handeinschaltung,
- die Sperrung der KU für die Dauer der Sperrzeit nach erfolgreicher KU,
- die Sperrung der KU, wenn der Leistungsschalter nicht KU-bereit ist,
- die Sperrung der KU durch externe Blockierbefehle (z.B. bei Auslösung des Sammelschienenschutzes),
- //// die Meßbereichserweiterung während des Hand-Einschaltbefehls,
- die Unterbrechung der Schalterfallmeldung bei erfolgreicher KU,
- /// die Kopplung der AUS-Kommandos bei einpoliger KU für den Fall einer endgültigen Abschaltung,
- die endgültige Abschaltung bei einpoliger KU und einem Folgefehler im betreffenden Stromkreis während der Unterbrechungszeit,
- die Polauswahl bei einpoliger KU und einsystemigem Schutz mit nur einem gemeinsamen Auslösebefehl mittels leiterbezogener Anregung,
- //// die gegenseitige Sperrung bei zwei parallel arbeitenden KU-Einrichtungen.

Die Gleichlauf-Überwachung der Schalterpole, die bei einpoliger KU länger als die Unterbrechungszeit zu verzögern ist, sowie die Unterbrechung des Einschaltbefehls bei anstehendem Ausschaltbefehl (Pumpverhinderung) gehören nicht zu den Aufgaben der KU-Einrichtung. Es muß aber bei einpoliger KU schaltungstechnisch verhindert werden, daß bei allpoligen Auslösungen durch den Zwangsgleichlauf oder andere Einrichtungen eine automatische Wiedereinschaltung erfolgt.

Bei hoher Leistungsaufnahme der Betätigungsstromkreise des Leistungsschalters muß durch eine geeignete Außenschaltung für die Entlastung der Schaltkontakte in der KU-Einrichtung gesorgt werden.

4.2.2 Ausführungsformen

Bei den KU-Einrichtungen sind zwei Ausführungsformen zweckmäßig:

- dreipolige KU
- einpolige KU.

Bei der elektromechanischen Bauart ist die Zusammenschaltung von Schutz- und KU-Einrichtung verschiedener Fabrikate möglich.

Bei der statischen Bauart ist die Zusammenschaltung von Schutz- und KU-Einrichtung verschiedener Fabrikate im allgemeinen wegen unterschiedlicher Signalpegel, Schaltkreise und Verbindungstechnik nicht möglich.

Die einpolige KU kann anrege- oder auslöseabhängig betrieben werden.

Bei der anregeabhängigen KU wird mittels der Anregung entschieden, ob eine KU ausgeführt wird und die Meßbereichserweiterung beim Distanzschutz wirksam ist.

Bei der auslöseabhängigen KU wird durch die Auslösebefehle bestimmt, ob eine KU erfolgt. Sie ist vorteilhaft, wenn bei Erdkurzschlüssen Anregungen in den gesunden Leitern zu erwarten sind. Außerdem besteht die Möglichkeit einer einpoligen KU bei zweipoligen Kurzschlüssen ohne Erdberührung. Dies setzt voraus, daß die Schutzeinrichtungen bei einem zweipoligen Kurzschluß ohne Summenstromanregung nur für einen Leiter ein AUS-Kommando erteilen. Eine Meßbereichsumschaltung durch die KU-Einrichtung muß dabei als Hinabschaltung ausgeführt werden. Um unselektive Auslösungen bei mehrpoligen Fehlern zu vermeiden, darf die Umschaltung nicht im Spannungspfad erfolgen, sondern muß im Summenstrompfad vorgenommen werden. Sie ist daher nur bei einpoligen Fehlern wirksam. Bei Doppel-Erdkurzschlüssen mit Fußpunkten auf verschiedenen Stromkreisen wird bei der auslöseabhängigen Ausführung in beiden Stromkreisen eine KU durchgeführt; dagegen führt die anregeabhängige Ausführung zu sofortiger, allpoliger Abschaltung.

Diese Richtlinien sind bis auf die obengenannten Unterschiede für beide Ausführungsarten gültig. Die KU-Einrichtungen werden im allgemeinen für die anregeabhängige KU angeboten. Neue KU-Einrichtungen sollen aber z.B. durch einen geänderten Außenanschluß eine auslöseabhängige KU ermöglichen.

4.2.3 Grundsätzliche Programmforderungen

4.2.3.1 Die Wirkzeit (Definition Ziffer 2.5)

ist mit der Anregung in den Leitern oder der Generalanregung der Schutzeinrichtung zu starten. Nach Ablauf der eingestellten Zeit muß die Wiedereinschaltung gesperrt und gegebenenfalls die Übergreifschaltung unwirksam gemacht werden. Bei Einzelpolsteuerung muß die allpolige Kopplung der Auslösekreise erfolgen.

4.2.3.2 Die Unterbrechungszeit (Definition Ziffer 2.1)

kann mit dem Auftreten oder Verschwinden des ersten Schutz-AUS-Kommandos gestartet werden. Nach Ablauf der eingestellten Zeit wird das für alle Pole gemeinsame EIN-Kommando erteilt.

Anmerkungen:

- Falls ein Dauer-AUS-Kommando von den Schutzeinrichtungen ansteht, darf beim späteren Verschwinden dieses AUS-Kommandos keine ungewollte Einschaltung des Leistungsschalters durch die KU-Einrichtung erfolgen. Die KU-Einrichtung muß sich in diesem Falle selbsttätig sperren.
- Vorhandene KU-Einrichtungen für Mittelspannungsnetze starten teilweise die Unterbrechungszeit entsprechend der früheren VDEW-Empfehlung mit der AUS-Meldung des Leistungsschalters. Bei Neuentwicklungen soll die obengenannte Methode angewendet werden, um eine einheitliche Ausführung der KU-Einrichtung für dreipolige KU für alle Spannungsebenen zu erreichen.

4.2.3.3 Die Sperrzeit (Definition Ziffer 2.4)

ist mit dem Hand-Einschaltbefehl oder dem automatischen Einschaltbefehl zu starten.

Ein AUS-Kommando, das während der Sperrzeit auftritt, muß die endgültige, allpolige Abschaltung bewirken.

4.2.3.4 Bewertung der Schalter-Bereitschafts-Information

Da die Überwachungsglieder der Leistungsschalter nach der ersten Ausschaltung häufig ansprechen, soll nach einer eingeleiteten KU das Signal „Schalter nicht KU-bereit“ nicht mehr bewertet werden. Die KU soll vollzogen werden, wenn vor Beginn des Schaltspieles die KU-Bereitschaft gegeben ist.

4.2.3.5 Bewertung des Hand-Ausschaltbefehles

Bei einem Hand-Ausschaltbefehl muß eine automatische Einschaltung verhindert werden.

4.2.4 Anforderungen an die Arbeitsgeschwindigkeit

Die KU-Einrichtung muß Ausschaltbefehle von mehr als 5 ms Dauer verarbeiten können.

Bei einem Fehler in der Nähe einer Station wird der Fehler sowohl vom örtlichen Schutz als auch vom vorgeordneten Schutz im Übergreifbereich in Schnellzeit erfaßt. Welcher Leistungsschalter zuerst abschaltet, hängt von der Schnelligkeit der jeweiligen Schutzeinrichtung und des Leistungsschalters ab. Bei gleichen Typen der Schutzeinrichtungen wird im allgemeinen der Leistungsschalter, der dem Fehler am nächsten liegt, zuerst abgeschaltet. Beim übergreifenden Schutz können sich dadurch, je nach Rückfallzeit des Schutzes, sehr kurze

Schutz-AUS-Kommandos ergeben. Um die Einschaltung stets sicherzustellen, muß die KU-Einrichtung mindestens so kurze AUS-Impulse wie der Leistungsschalter verarbeiten können.

Erfolgt die Polauswahl durch die KU-Einrichtung, darf durch diese das Schutz-AUS-Kommando nicht verzögert werden.

4.2.5 Zeitbereiche

Wirkzeit (tw): 0,1 ... 0,9 s in Stufen von 0,1 s einstellbar

Unterbrechungszeit (tu): 0,2 ... 2,0 s in Stufen von 0,1 s für die einpolige KU einstellbar
0,2 ... 1,0 s in Stufen von 0,1 s für die dreipolige KU einstellbar.

Die an der KU-Einrichtung eingestellte Unterbrechungszeit weicht wegen der nicht berücksichtigten Schaltereigenzeiten von der unter 2.1 definierten tatsächlichen Unterbrechungszeit ab.

Sperrzeit (ts): 10 s

Größere Bereiche und engere Stufungen sind zulässig. Bei Neuentwicklungen sind für die Beschriftung der Geräte die obengenannten Kurzzeichen zu verwenden; eine Änderung der Zeitbereiche muß leicht möglich sein.

Für die Zeitglieder ist eine Toleranz von $\pm 5\%$ des Einstellwertes zulässig.

4.2.6 Anschlüsse, Anzeige, Registrierung

4.2.6.1 Anschlüsse

Die Informationseingänge sind für Dauererregung zu bemessen; die Kontaktausgänge müssen frei beschaltbar sein.

Informationseingänge: Generalanregung
AUS-Kommando vom Schutz
EIN-Befehl von der Steuerung
KU-Bereitschaft vom Leistungsschalter, wahlweise Ruhe- oder Arbeitsstromschaltung

Kontaktausgänge: EIN-Kommando an den Leistungsschalter (2 Schließer frei beschaltbar)
 messbereichsumschaltung bzw. Unterbrechung der unverzögerten Auslösung mit Umschaltung für Hinauf-/Hinabschaltung (1 Wechsler*)
 Unterbrechung der Schalterarremeidung bei erfolgreicher KU (1 Öffner)
 Meldung „KU gesperrt“ (Leistungsschalter nicht KU-bereit) (1 Schließer)
 Meldung „KU“ (KU durchgezogen) (1 Schließer)

Zusätzlich bei Einrichtungen für einpolige KU:

Informationseingänge: Anregung pro Leiter
 AUS-Kommando vom Schutz pro Schalterpol
 Sperrung der KU durch sonstigen Befehl

Kontaktausgänge: AUS-Kommando an den Schalter pro Pol (2 Schließer)
 Meldung „KU blockiert“ (1 Schließer)

Kontaktausgänge:

Schaltleistung beim Öffnen $\geq 30 \text{ W}$ bzw. VA bei $\frac{L}{R} = 40 \text{ ms}$

Kurzzeitstrom $\geq 30 \text{ A}$, 0,5 s

Schaltspannung 24 ... 250 V

Hilfskontakte zur Steuerung externer Schutzfunktionen und Meldekontakte für Informationsverarbeitung:

Schaltleistung beim Öffnen $\geq 20 \text{ W}$ bzw. VA bei $\frac{L}{R} = 40 \text{ ms}$

Schaltspannung 24 ... 250 V

4.2.6.2 Anzeige

An der KU-Einrichtung soll die Anzeige „KU gesperrt“ vorgesehen werden, die durch folgende Kriterien ausgelöst wird:

- Leistungsschalter nicht KU-bereit,
- Sperrzeit läuft,
- Sperrung durch externen oder internen Blockierbefehl.

* In Verbindung mit statischem Distanzschutz kann der Ausgang statisch ausgeführt werden.

4.2.6.3 Registrierung

Die von der KU-Einrichtung abgegebenen Wiedereinschaltbefehle sind mittels Zählwerk (mindestens zweistellig) zu registrieren. Das Zählwerk muß rückstellbar sein. Bei Ausfall der Hilfsspannung darf die Anzeige nicht gelöscht werden.

4.2.7 Besonderheiten statischer KU-Einrichtungen

4.2.7.1 Mechanischer Aufbau

Die KU-Einrichtung in statischer Ausführung ist als Funktionseinheit vorzugsweise im 19" – System gemäß DIN 41 494 „Bauweise für elektronische Einrichtungen“ unter Berücksichtigung der einschlägigen Normen für den mechanischen Aufbau und das Verbindungsmaterial auszuführen.

Siehe auch Kapitel 2 „Richtlinien für Statische Schutzeinrichtungen“.

4.2.7.2 Anschlüsse

Die Anschlüsse für die Verbindung zur Schutzeinrichtung und zu den externen Anlageteilen sind auf getrennte Übergabestecker zu führen.

4.2.7.3 Hilfsstromversorgung

Die KU-Einrichtung wird im allgemeinen an die Stromversorgung der zugehörigen Schutzeinrichtungen angeschlossen. Bei Zu- oder Abschaltung der Versorgungsspannung darf es zu keiner unerwünschten Funktion der KU-Einrichtung kommen.

4.2.7.4 Zusatzausrüstung

Die Zusatzausrüstungen können außerhalb des Einschubes angebracht werden.

- Ein Prüfwzusatz soll eine Funktionsprüfung der KU-Einrichtung mit erfolgreicher KU einschließlich Leistungsschalterbetätigung ermöglichen.
- Werden Schutzeinrichtungen bei abgeschaltetem Leistungsschalter geprüft, so muß das von der KU-Einrichtung erteilte EIN-Kommando unwirksam gemacht werden können, z.B. durch einen Prüfschalter, damit der Leistungsschalter nicht unbeabsichtigt eingeschaltet wird.
- Eine Fern-Ein- und -Ausschaltung der KU mit Befehlsspeicherung und Rückmeldung soll möglich sein.

4.2.8 Bestimmungen und Normen

Die KU-Einrichtung ist nach DIN VDE 0435 auszuführen. Die „VDEW-Richtlinien für Statische Schutzeinrichtungen“ (siehe Kapitel 2 dieses Ringbuches) sind zu beachten.

Für die zusätzlichen Anforderungen an die Leistungsschalter gilt DIN VDE 0670.

A Anhang

Verhalten von elektrischen Betriebsmitteln bei einer KU

Die KU hat im allgemeinen keine störenden Auswirkungen auf die Abnehmer. Bei der dreipoligen KU sollten nachfolgende Empfehlungen beachtet werden.

A.1 Beleuchtungsanlagen und Wärmegeräte

Die kurze spannungslose Pause hat keine störenden Rückwirkungen auf Glühlampenbeleuchtungen und Elektrowärmegeräte. Leuchtstofflampen verlöschen zwar, zünden aber in der Regel sofort wieder.

Gasgefüllte Hochdrucklampen verlöschen und zünden erst wieder, wenn die Lampe abgekühlt und damit der Gasdruck zurückgegangen ist. Dieser Umstand ist bei der Planung von Straßenbeleuchtungen zu berücksichtigen.

A.2 Motoren und Generatoren

Bei Motoren entsteht durch die spannungslose Pause ein entsprechend der Schwungmasse mehr oder minder großer Drehzahlabfall. Die Motoren laufen kurzzeitig als Generatoren mit stetig kleiner werdender Drehzahl und Spannung weiter. Kehrt die Netzspannung wieder, bevor diese Restspannung ganz verschwunden ist, so können sich diese beiden ungünstigstenfalls, wenn Restspannung und Netzspannung in Phasenopposition stehen, addieren. Diese Beanspruchung müssen die Motoren aushalten, insbesondere dürfen an den Wickelköpfen keine unzulässigen Verformungen auftreten, die eventuell zu Zerstörungen führen können. Im allgemeinen ist die Restspannung bei kleinen Motoren bis zur Wiederkehr der Netzspannung auf ungefährliche Werte abgeklungen, so daß keine besonderen Beanspruchungen der Wickelköpfe und Kupplungen entstehen. Bei großen Asynchronmotoren oder Asynchrongeneratoren über 100 kW sollte jedoch beim Hersteller der Maschine Auskunft über die zulässige Beanspruchung eingeholt werden.

Synchronmotoren müssen ebenso wie Synchrongeneratoren unverzüglich vom Netz getrennt werden. Bei der Wiedereinschaltung der Leitung könnten sich durch zu große Polradwinkel sehr hohe, oft unzulässige elektrische und mechanische Beanspruchungen der Maschinen ergeben.

Die unverzügerte Abschaltung ist auch zur Vermeidung von Rückspeisungen auf den Fehler notwendig, durch die eine erfolgreiche KU verhindert werden kann.