

SCHUTZTECHNIK

Richtlinie für die
**Automatische
Wiedereinschaltung**
in elektrischen Netzen

3. Auflage 2001



Richtlinie

für die

Automatische Wiedereinschaltung

in elektrischen Netzen

3. Auflage 2001

Herausgegeben von dem
Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW – e.V.
und dem
Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs – VEÖ



VWEW Energieverlag GmbH

Bezugsquelle Deutschland

VWEW Energieverlag GmbH
Buchverlag/Fachinformationen
Rebstöcker Str. 59
D-60396 Frankfurt am Main

Telefon 069 / 6304-318
Telefax 069 / 6304-359
E-Mail vertrieb@vwew.de
Internet <http://www.vwew.de>

Bestell-Nummer 392001

Bezugsquelle Österreich

VEÖ Service Ges.m.b.H.
Druckschriftenverkauf
Brahmsplatz 3
A-1041 Wien

Telefon 01/5051727-275
Telefax 01/5051219
E-Mail gmbh@veoe.at
Internet <http://www.veoe.at>

Bestell-Nummer 207/020

Vorwort

Die vorliegende Richtlinie entspricht im Prinzip den vom VDEW-Arbeitsausschuß „Relais- und Schutztechnik“ 1981 als Broschüre veröffentlichten „Richtlinien für die Kurzunterbrechung in elektrischen Netzen“, die 1987 von einer zweiten, überarbeiteten Fassung abgelöst wurde. Die grundsätzlichen Vorgehensweisen sind auch weiterhin unverändert gültig, jedoch waren einige Modifikationen u.a. wegen der inzwischen allgemein eingeführten Digitaltechnik erforderlich geworden. Weiterhin entschloß man sich, den Sprachgebrauch konsequent von KU in AWE zu ändern, was dem internationalen Sprachgebrauch entspricht und in der ehemaligen DDR schon seit langem gebräuchlich war.

Die Erarbeitung erfolgte wiederum in enger Abstimmung mit dem österreichischen Arbeitskreis „Schutztechnik“, weswegen diese Richtlinie gemeinschaftlich von VDEW und dem Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs – VEÖ herausgegeben wird.

3. Auflage 2001

Herausgeber

Verband der Elektrizitäts-
wirtschaft – VDEW – e.V.,
Frankfurt am Main
Verband der Elektrizitäts-
unternehmen Österreichs – VEÖ

Bearbeitung

VDEW-Arbeitsausschuß „Relais-
und Schutztechnik“ in Zusammen-
arbeit mit dem VEÖ-Arbeitskreis
„Schutztechnik“

copyright

VWEW-Verlag, Frankfurt am Main

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt vor allem für Vervielfältigungen in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren), Übersetzungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

ISBN 3-8022-0617-7

Inhaltsverzeichnis

Einführung	7
1 Allgemeine Begriffe	9
1.1 Automatische Wiedereinschaltung (AWE)	9
1.2 AWE-Einrichtung	9
2 Funktionsablauf und Funktionszeiten	10
2.1 Unterbrechungszeit	10
2.2 Pausenzeit	10
2.3 Resultierende Pausenzeit	10
2.4 Sperrzeit	13
2.5 Wirkzeit	13
2.6 Pausenzeit der AWE-Einrichtung	13
3 Betriebsarten der AWE	14
3.1 Ausführungsformen	14
3.2 Anwendungen der ein- bzw. dreipoligen AWE	14
3.3 Mehrmalige AWE	15
4 AWE-Einrichtung, Netzschutz und Leistungsschalter	16
4.1 AWE-Einrichtung und Netzschutz	16
4.2 AWE-Einrichtung	20
5 Anhang	28
5.1 Beleuchtungsanlagen und Wärmegeräte	28
5.2 Motoren und Generatoren (Eigenerzeugungsanlagen)	28
5.3 Schaltschütze und Relais	29
5.4 Elektronische Geräte einschließlich Datenverarbeitungsanlagen	29
5.5 Rundsteueranlagen	29

Einführung

In Freileitungsnetzen besteht der größte Teil der Kurzschlüsse aus Lichtbogenfehlern, 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 Schutzeinrichtungen mit nachfolgender selbsttätiger Wiedereinschaltung wird als Automatische Wiedereinschaltung (AWE) bezeichnet. Die AWE-Einrichtung kann auch integrierter Bestandteil der Schutzeinrichtung sein.

Automatisch ablaufende Wiedereinschaltungen, z.B. durch Umschaltautomatik oder Geräte für den Netzwiederaufbau nach Störungen sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

Bisher war für die Automatische Wiedereinschaltung auch der Begriff „Kurzunterbrechung“ (KU) gebräuchlich. Da die international üblichen Begriffe, wie „automatic reclosing“ und „réenclenchement automatique“ besser dem Ausdruck „Automatische Wiedereinschaltung“ (AWE) entsprechen und zwischenzeitlich dieser Begriff auch in Standards Eingang gefunden hat, wird auch in dieser Richtlinie der Begriff „Automatische Wiedereinschaltung“ verwendet.

Da Netzgestaltung, Behandlung des Sternpunktes und Versorgungsaufgaben in den Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetzen unterschiedlich sind, weichen auch Ausführung und Anwendung der Automatischen Wiedereinschaltung voneinander ab.

Die Mittelspannungsnetze mit hohem Freileitungsanteil werden überwiegend mit Erdschlußkompensation oder isoliertem Sternpunkt betrieben. Einpolige Fehler treten nur als Erdschlüsse auf. Bei richtiger Abstimmung der Erdschlußspulen bzw. genügend kleinem Erdschlußstrom werden Erdschlußlichtbögen erlöschen. Bei Dauererdschluß kann ein Netz unter bestimmten Bedingungen einige Zeit im Erdschluß weiter betrieben 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 Automatische Wiedereinschaltung wirksam begegnet werden. In Netzen mit niederohmiger bzw. vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung wird ebenfalls die dreipolige AWE eingesetzt. In diesen Netzen werden auch einpolige Erdkurzschlüsse durch die dreipolige AWE erfaßt.

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. In diesen Netzen wird üblicherweise die dreipolige AWE angewendet.

In Hoch- und Höchstspannungsnetzen mit niederohmiger Sternpunktterdung stellt hingegen jeder einpolige Fehler einen Erdkurzschluß dar, der ohne Automatische Wiedereinschaltung zu einer endgültigen Abschaltung des betroffenen Stromkreises führt. Es ist daher notwendig, diese Netze mit AWE 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 Automatische Wiedereinschaltung angewendet werden, z.B. um Leistungsschalter mit gemeinsamem Antrieb für alle drei Pole verwenden zu können.

In besonderen Fällen ist bei der dreipoligen Automatischen Wiedereinschaltung eine Synchronkontrolle erforderlich, die die Wiedereinschaltung nur freigibt, wenn die Parallelschaltbedingungen erfüllt sind. Dabei kann es zu einer Verzögerung bei der Einschaltung des zweiten Leistungsschalters und somit zu einer Verlängerung seiner Pausenzeiten kommen. Die für die Entionisierung an der Fehlerstelle maßgebende „Resultierende Pausenzeit“ wird dadurch nicht verändert.

Überwiegend wird in Hochspannungsnetzen mit niederohmiger Sternpunktterdung und in Höchstspannungsnetzen die einpolige Automatische Wiedereinschaltung 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 AWE eine weitere automatische Einschaltung – eine sogenannte zweimalige AWE – bewährt.

Die vorliegende Richtlinie gibt Hinweise für die Ausführung der AWE-Einrichtung und für deren betrieblichen Einsatz. Die Synchronkontrolle und Sonderlösungen werden nicht behandelt.

1 Allgemeine Begriffe

1.1 Automatische Wiedereinschaltung (AWE)

ist die automatische Unterbrechung eines gestörten Stromkreises für mindestens die Zeit, die eine sichere Löschung des Kurzschlußlichtbogens ermöglicht.

1.1.1 Erfolgreiche AWE

ist gekennzeichnet durch das Verschwinden eines Lichtbogenüberschlages während der „Resultierenden Pausenzeit“ und die Spannungsfestigkeit des Stromkreises nach der Wiedereinschaltung.

1.1.2 Erfolgreiche AWE

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

1.1.3 Mehrmalige AWE

ist die Automatische Wiedereinschaltung, die (im allgemeinen nicht mehr als zweimal) wiederholt wird, wenn die vorhergegangene erfolglos war.

1.2 AWE-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. Dafür ist die „Resultierende Pausenzeit“ entsprechend zu bemessen. Der Funktionsablauf der Automatischen Wiedereinschaltung ist in Bild 1 unter weitgehender Benutzung von Begriffen dargestellt, die in DIN VDE 0670, Teil 101/12.92 definiert sind.

2.1 Unterbrechungszeit

ist die Zeit von der Kontakttrennung bis zur erneuten Kontaktgabe des Leistungsschalters. Sie ergibt sich aus der Pausenzeit der AWE-Einrichtung (Definition Ziffer 2.6) unter Berücksichtigung der Ausschaltzeit und der Einschaltzeit.

Neben den netztechnischen Bedingungen sind bei der Unterbrechungszeit die Eigenschaften des konkreten Leistungsschalters zu beachten.

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 Lichtbogen- und Vorzündzeit des Leistungsschalters bestimmt.

Bei der dreipoligen AWE wird zwischen der

„Kurzzeit-AWE“ mit Pausenzeiten bis zu einer Sekunde

und der

„Langzeit-AWE“ mit Pausenzeiten über eine Sekunde

unterschieden.

In Mittelspannungsnetzen wird häufig eine Kombination aus einer „Kurzzeit-AWE“ und einer oder mehreren „Langzeit-AWE“ angewendet. Diese Kombination wird als zweimalige bzw. mehrmalige AWE bezeichnet.

2.3 Resultierende Pausenzeit

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

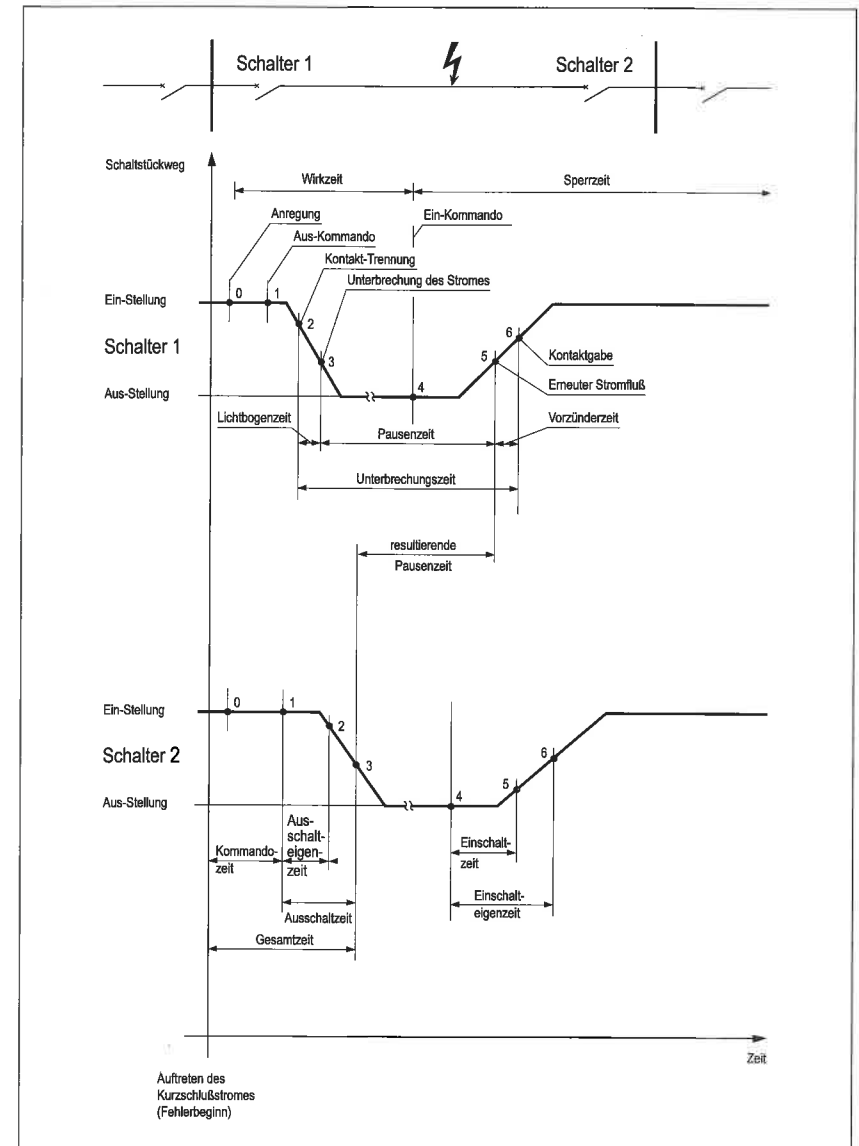


Bild 1: Funktionsablauf der AWE

Sie ist maßgebend für die ausreichende Entionisierung an der Fehlerstelle und damit für die Erfolgsaussichten der AWE. 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 AWE 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 und einpoliger AWE, 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 AWE 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.

Für die aus Sicht der Lichtbogenlöschung notwendigen „Resultierenden Pausenzeiten“ können folgende Erfahrungswerte angegeben werden:

	einpolige AWE	dreipolige AWE
Mittelspannung	–	0,3 ... 0,5 s
Hochspannung	0,4 ... 1,2 s	0,3 ... 0,5 s
Höchstspannung	0,4 ... 2,0 s	0,3 ... 0,5 s

Dabei gelten die längeren Zeiten bei einpoliger AWE für größere Leitungslängen. Als Anhaltspunkt zur Bestimmung der „Resultierenden Pausenzeit“ t_B in s bei größeren Leitungslängen kann die von H. Haubrich im Beitrag „Einpolige Kurzunterbrechung in Höchstspannungsnetzen über 500 kV“, ETZ-A Bd. 91 (1970), S. 453–458 angegebene Beziehung

$$I_B = 43 (t_B - 0,2)$$

mit I_B -kapazitiver Strom in A genutzt werden.

Die im Hoch- und Höchstspannungsnetz unter bestimmten Bedingungen angewendete dreipolige AWE mit Synchronkontrolle kann bei gleicher „Resultierender Pausenzeit“ zu einer wesentlich längeren Lastflußunterbrechung führen.

2.4 Sperrzeit

ist die Zeit, während der nach einer Einschaltung oder nach einer AWE eine folgende AWE verhindert wird. Wiederholte Automatische Wiedereinschaltungen 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 AWE bei jeder Wiedereinschaltung für einige Zeit gesperrt. Auch bei einer Handeinschaltung wird die AWE für eine bestimmte Zeit gesperrt, um bei Vorliegen eines Fehlers eine endgültige Abschaltung zu gewährleisten.

Die Sperrzeit ist an älteren AWE-Einrichtungen fest vorgegeben. Ein üblicher Wert ist dann 10 s. Die AWE-Einrichtungen insbesondere der digitalen Schutzeinrichtungen lassen eine Einstellung der Sperrzeit in weitem Bereich zu. Die Sperrzeit von 10 s kann bei in kurzen Abständen auftretenden Fehlern auf der Leitung eine elektrische Überforderung des Leistungsschalters nicht in jedem Fall verhindern, da der Schalter lt. DIN VDE 0670, Teil 102 üblicherweise für eine Regenerationszeit zwischen zwei AWE-Vorgängen von 15 s bzw. 180 s ausgelegt ist. Im Bedarfsfall muß dafür in der Steuerung des Leistungsschalters selbst eine Sperrzeit realisiert werden.

2.5 Wirkzeit

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

Wird die AWE zusammen mit unverzögertem Überstromzeitschutz betrieben, ist die Wirkzeit ohne Bedeutung.

2.6 Pausenzeit der AWE-Einrichtung

ist die Zeit zwischen dem Aus-Kommando des Schutzes und dem Ein-Kommando der AWE-Einrichtung.

3 Betriebsarten der AWE

3.1 Ausführungsformen

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

Die einpolige AWE beeinträchtigt 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 AWE sind Schalter mit Einzelpolantrieb und Schutz-einrichtungen mit entsprechenden Kriterien für die Einzelpolauslösung.

Die dreipolige AWE ohne Synchronkontrolle ist nur dann statthaft, wenn dadurch weder die Stabilität des Netzes noch die einspeisenden Kraftwerke gefährdet werden. Anderenfalls ist die dreipolige AWE mit einer Synchronkontrolle zu koppeln.

3.2 Anwendungen der ein- bzw. dreipoligen AWE

3.2.1 Mittelspannungsnetze

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

3.2.2 Hochspannungsnetze

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

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

3.2.3 Höchstspannungsnetze

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

3.3 Mehrmalige AWE

In Mittelspannungsnetzen kann eine mehrmalige (in der Regel zweimalige) AWE sinnvoll sein. Der erste AWE-Zyklus unterscheidet sich nicht von der beschriebenen dreipoligen AWE. Er kann sowohl anrege- als auch auslöseabhängig gestartet werden.

Der zweite AWE-Zyklus wird auslöseabhängig gestartet, wobei die Übergreifstufe des Distanzschutzes unwirksam ist. In Verbindung mit einem UMZ-Schutz kann der zweite Zyklus auch anregeabhängig erfolgen. Eine Abstimmung über die gerichtete Endzeit (t_4) ist sinnvoll. Die zweite Pausenzeit ist so zu bemessen, daß innerhalb dieser Zeit der Leistungsschalter aufziehen kann und schaltbereit ist. Bewährt haben sich Pausenzeiten von 20 s bis 40 s.

4 AWE-Einrichtung, Netzschutz und Leistungsschalter

Die AWE-Einrichtung, der Netzschutz und der Leistungsschalter müssen aufeinander abgestimmt sein. Die Zusammenschaltung bzw. das programmgesteuerte Zusammenwirken ist so auszuführen, daß der Netzschutz bei einer Außerbetriebnahme der AWE-Einrichtung unabhängig von deren Ursache so arbeitet, als würde der Betrieb ohne AWE erfolgen. Störungen der AWE-Einrichtung während eines AWE-Vorganges dürfen Schutz-auslösungen nicht verhindern.

Voraussetzung für eine erfolgreiche AWE 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 Pausenzeiten der AWE-Einrichtung einzustellen, um die notwendige Resultierende Pausenzeit zu erzielen. Es kann auch notwendig werden, längere Pausenzeiten der AWE-Einrichtung einzustellen, wenn 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 Ausführungsform der AWE, zusätzliche Anforderungen. Sie müssen die in DIN VDE 0670 genannte Nennschaltfolge für Schnellwiedereinschaltung erfüllen und bei einpoliger AWE Einzelpolantrieb besitzen.

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

4.1 AWE-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 AWE sind jedoch diese Kommandozeiten zu lang. Deshalb müssen diese Schutzeinrichtungen zusätzlich zur verzögerten Auslösung noch einen unverzögerten Ausgang besitzen, falls die AWE-Einrichtung nicht integrierter Bestandteil des Schutzes ist.

Im Fehlerfall und bei Bereitschaft zur AWE erfolgt die Ausschaltung im allgemeinen unverzögert. Damit ist der Einsatz einer AWE-Einrichtung im Strahlennetz nur im speisenden UW erforderlich.

Unter besonderen Umständen, z.B. im Netz mit stromstarken Erdschlußwischern, ist eine geringfügige Verzögerung empfehlenswert.

Mit der Wiedereinschaltung des Leistungsschalters durch die AWE-Einrichtung muß die unverzögerte Auslösung unterbrochen werden, damit bei Bestehenbleiben des Fehlers selektiv abgeschaltet wird.

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 ohne Wirkverbindungen werden Fehler in Schnellzeit nur bis ca. 85% der zu schützenden Leitungslängen erfaßt. Damit werden nur auf 60 ... 70% der Leitungslänge Fehler beidseits in Schnellzeit ausgeschaltet. 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.

Die Angabe von 85% und 115% stellt eine Orientierung dar. Abhängig von den Gegebenheiten der betreffenden Leitung und der angrenzenden Umspannwerke können Schnellzeitstufen unter 80% und Übergreifstufen über 120% erforderlich sein.

Nach Erteilung des ersten Aus-Kommandos muß bei annähernd gleichen Pausenzeiten der AWE-Einrichtungen der betreffenden Leitung für die Dauer der Sperrzeit sofort von der Übergreifstufe auf die erste Stufe zurückgestellt werden, damit bei Folgefehlern und bei erfolgloser AWE selektiv nach dem Staffelplan abgeschaltet wird. Bei angemessener Stufung der Pausenzeit der beteiligten AWE-Einrichtungen besteht diese Forderung für das zuerst einschaltende Leitungsende nicht.

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

Bei Sammelschieneffehlern erfolgt als Konsequenz der wirksamen Übergreifstufe in den Gegenstationen ebenfalls eine AWE, allerdings meist ohne Erfolg, wenn 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 AWE nicht zugelassen ist,
- bei Sperrung oder Abschaltung der AWE.

Die Hinabschaltung muß mit Rücksicht auf Fehlerarten, für die eine AWE 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 Automatischen Wiedereinschaltung 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

4.1.2.2.1 Elektromechanische und analogelektronische Schutzeinrichtungen

Charakteristisch ist, daß ein Meßgrößenvergleich mit einem eingestellten Wert stattfindet, der nur nacheinander mit den einzelnen Impedanzstufen möglich ist.

Unter den vielen Netzschutzschaltungen mit Informationsaustausch zwischen den Stationen werden hier im Zusammenhang mit AWE 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:

4.1.2.2.1.1 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.

4.1.2.2.1.2 Indirekte Fernauslösung (Mitnahmeschaltung)

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

4.1.2.2.2 Digitale Schutzeinrichtungen

Die Ermittlung eines Impedanzwertes ermöglicht jederzeit eine Zuordnung der gemessenen Impedanz zu den eingestellten Impedanzstufen. Damit kann entweder das unter 4.1.2.2.1 beschriebene Verfahren ebenfalls verwendet werden oder es kann nach folgendem Algorithmus verfahren werden:

- Unverzögerte unabhängige Ausschaltung auf jeder Seite bei Fehlererfassung in der Schnellzeit,
- Signalisierung bei Fehlererfassung in Übergreifstufe und Freigabe des Aus-Kommandos der Übergreifstufe nur bei Signalempfang,
- Betrieb mit Echo-Funktion, wenn eine schnelle Ausschaltung auch bei einseitig ausgeschalteter Leitung erreicht werden soll.

4.1.2.3 Signalvergleich

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

4.1.3 Meßwertvergleichsschutz

Diese drahtgebundenen, betriebsfrequenten Stromvergleichsschutz-Systeme, für kurze Leitungen eingesetzt, sind zum Teil einsystemig und haben keine leiterbezogenen Anreglieder. Der als Reserveschutz dienende Distanzschutz ermöglicht mit seiner leiterbezogenen Anregung auch die einpolige AWE.

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 AWE und Steuerung erforderlich.

4.2 AWE-Einrichtung

4.2.1 Aufgaben

Die Hauptaufgabe der AWE-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 AWE-Bereitschaft und gegebenenfalls die AUS-Stellung des Leistungsschalters. Ferner werden eingegeben die Hand-Ein- und Hand-Aus-Schaltbefehle und Blockierbefehle.

Die AWE-Einrichtung muß überprüfen, ob

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

Die AWE-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 Überstromzeitschutz nach der ersten Auslösung,
- die Sperrung der AWE für die Dauer der Sperrzeit bei der Handeinschaltung,
- die Sperrung der AWE für die Dauer der Sperrzeit nach erfolgter Wiedereinschaltung,
- die Sperrung der AWE, wenn der Leistungsschalter nicht AWE-bereit ist,
- die Sperrung der AWE durch externe Blockierbefehle (z.B. bei Auslösung des Sammelschienen-schutzes),
- die Meßbereichserweiterung während des Hand-Einschaltbefehls,
- die Unterbrechung der Schalterfallmeldung bei erfolgreicher AWE,
- die Kopplung der AUS-Kommandos bei einpoliger AWE für den Fall einer endgültigen Abschaltung,
- die endgültige Abschaltung bei einpoliger AWE und einem Folgefehler im betreffenden Stromkreis während der Unterbrechungszeit,
- die Polauswahl bei einpoliger AWE und einsystemigem Schutz mit nur einem gemeinsamen Auslösebefehl mittels leiterbezogener Anregung,
- den Informationsaustausch zwischen parallel arbeitenden AWE-Einrichtungen des gleichen Schaltfeldes zur Vermeidung unzulässiger Abläufe.

Die Gleichlauf-Überwachung der Schalterpole, die bei einpoliger AWE länger als die Unterbrechungszeit zu verzögern ist, sowie die Unterbrechung des Einschaltbefehls bei anstehendem Ausschaltbefehl (Pumpverhinderung) gehören nicht zu den Aufgaben der AWE-Einrichtung. Es muß aber bei einpoliger AWE 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 AWE-Einrichtung gesorgt werden.

Für Sonderfunktionen, z. B. bei der Erdschlußsuche in Netzen mit Erdschlußkompensation, kann die Möglichkeit, einen AWE-Vorgang unabhängig von wirkenden Schutzeinrichtungen zu starten (AWE von Hand), nützlich sein.

4.2.2 Ausführungsformen

Bei den AWE-Einrichtungen sind zwei Ausführungsformen zweckmäßig:

- dreipolige AWE
- ein- und dreipolige AWE

Die elektromechanische Bauart ermöglicht eine Zusammenschaltung von Schutz- und AWE-Einrichtung verschiedener Fabrikate.

Bei der analog-elektronischen Bauart ist die Zusammenschaltung von Schutz- und AWE-Einrichtung verschiedener Fabrikate im allgemeinen wegen unterschiedlicher Signalpegel, Schaltkreise und Verbindungstechnik nur über Kontakte möglich.

Digital arbeitende AWE-Einrichtungen sind häufig getrennt aktivierbare Programmteile, die gemeinsam mit dem digitalen Schutz auf der gleichen Hardware realisiert sind.

Die einpolige AWE kann anrege- oder auslöseabhängig betrieben werden.

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

Bei der auslöseabhängigen AWE wird durch die Auslösebefehle bestimmt, ob eine AWE erfolgt. Sie ist vorteilhaft, wenn bei Erdkurzschlüssen Anregungen in den gesunden Leitern zu erwarten sind. Außerdem besteht die Möglichkeit einer einpoligen AWE bei zweipoligen Kurzschlüssen ohne Erdberührung. Dies setzt voraus, daß die Schutzeinrichtungen bei einem zweipoligen Kurzschluß ohne Summenanregung nur für einen aber auf beiden Leitungsenden für den gleichen Leiter ein Aus-Kommando erteilen.

Die Meßbereichsumschaltung durch die AWE-Einrichtung muß dabei sowohl bei einpoligen Erdkurzschlüssen als auch bei zweipoligen Kurzschlüssen ohne Erdbeteiligung wirken, ohne in anderen Fehlerfällen zu Unselektivitäten zu führen.

Wird die Meßbereichsumschaltung nicht im Spannungspfad, sondern im Summenstrompfad ausgeführt, so ist sie nur bei einpoligen Fehlern wirksam.

Bei Doppel-Erdkurzschlüssen mit Fußpunkten auf verschiedenen Stromkreisen wird bei der auslöseabhängigen Ausführung in beiden Stromkreisen eine AWE durchgeführt; dagegen führt die anregeabhängige Ausführung zu sofortiger, allpoliger Abschaltung.

Die vorliegenden Richtlinien sind bis auf die oben genannten Unterschiede für beide Ausführungsarten gültig. Die AWE-Einrichtungen werden sowohl für die anregeabhängige als auch für die auslöseabhängige AWE geliefert.

4.2.3 Grundsätzliche Programmforderungen

4.2.3.1 Die Wirkzeit, Definition Ziffer 2.5

ist mit der Anregung in den Leitern der Schutzeinrichtung zu **starten**. Wird die **Generalanregung** verwendet, ist insbesondere bei digitalen Schutzeinrichtungen darauf zu achten, daß die erforderlichen und keine unerwünschten Anregungen in der Generalanregung erfaßt sind. 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 Pausenzeit der AWE-Einrichtung, Definition Ziffer 2.6

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 des AUS-Kommandos keine ungewollte Einschaltung des Leistungsschalters durch die AWE-Einrichtung erfolgen. Die AWE-Einrichtung muß in diesem Falle das EIN-Kommando selbsttätig sperren.
- Vorhandene AWE-Einrichtungen für Mittelspannungsnetze starten teilweise entsprechend einer früheren VDEW-Empfehlung ihre Pausenzeit, in der VDEW-Empfehlung Unterbrechungszeit genannt, mit der AUS-Meldung des Leistungsschalters.

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 AWE das Signal „Schalter nicht AWE-bereit“ nicht mehr bewertet werden. Die AWE soll vollzogen werden, wenn vor Beginn des Schaltspiels die AWE-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 AWE-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 AWE-Einrichtung mindestens so kurze AUS-Impulse wie der Leistungsschalter verarbeiten können.

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

4.2.5 Zeitbereiche

Wirkzeit:	0,1 ... 1,0 s in Stufen von $\leq 0,1$ s einstellbar
Pausenzeit der AWE-Einrichtung:	0,2 ... 3,0 s in Stufen von $\leq 0,1$ s für die einpolige AWE einstellbar
	0,2 ... 1,0 s in Stufen von $\leq 0,1$ s für die dreipolige AWE einstellbar
Sperrzeit:	z. B. 10 s bei älteren AWE-Einrichtungen mit fester Einstellung
	2,0 ... 10 s in Stufen von $\leq 0,5$ s bei Einstellbarkeit

Größere Bereiche und engere Stufen sind zulässig.

Bei Neuentwicklungen insbesondere digitaler AWE-Einrichtungen sind in der Gerätebeschreibung die Zeitbereiche wie angegeben zu benennen.

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 des Schutzes *)
- AUS-Kommando vom Schutz *)
- EIN-Befehl von der Steuerung
- AWE-Bereitschaft vom Leistungsschalter, wahlweise Ruhe- oder Arbeitsstromschaltung
- AWE Ein- und Ausschaltung
- Externe Blockierung der AWE

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 Schalterfallmeldung bei erfolgreicher AWE (1 Öffner)
- Meldung „AWE gesperrt“ – Leistungsschalter nicht AWE-bereit (1 Schließer)
- Meldung „AWE ausgeführt“ (1 Schließer)
- Rückmeldung „AWE eingeschaltet“ (1 Schließer)
- Rückmeldung „AWE ausgeschaltet“ (1 Schließer)

*) Werden Funktionen von Informationsein- bzw. Kontaktausgängen, die vorstehend mit *) gekennzeichnet sind, durch direkte Kopplung zwischen Schutz- und AWE-Einrichtung realisiert, so können sie als gesonderte Ein- bzw. Ausgänge entfallen.

Zusätzlich bei Einrichtungen für einpolige AWE:

Informationseingänge:

- Anregung des Schutzes pro Leiter *)
- AUS-Kommando vom Schutz pro Schalterpol *)
- Sperrung der AWE durch sonstigen Befehl

Kontaktausgänge:

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

4.2.6.2 Bemessung der Kontaktausgänge

Schaltleistung beim Öffnen ≥ 30 W bzw. VA bei L/R = 40 ms

Kurzzeitstrom ≥ 30 A, 0,5 s

Schaltspannung 24...250 V

Hilfskontakte zur Steuerung externer Schutzfunktionen und Meldekontakte für Informationsverarbeitung:

Schaltleistung beim Öffnen ≥ 20 W bzw. VA bei L/R = 40 ms

Schaltspannung 24...250 V

4.2.6.3 Anzeige

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

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

Darüber hinaus sind die Betriebszustände „AWE eingeschaltet“ und „AWE ausgeschaltet“ anzuzeigen.

4.2.6.4 Registrierung

Die von der AWE-Einrichtung abgegebenen Wiedereinschaltbefehle sind mittels Zählwerk (mindestens zweistellig) zu registrieren. Für mehrmalige AWE ist je AWE-Zyklus ein Zählwerk erforderlich. Das Zählwerk muß rückstellbar sein. Bei Ausfall der Hilfsspannung darf die Anzeige nicht gelöscht werden.

Diese Forderung ist für digitale AWE-Einrichtungen in geeigneter Form programmtechnisch zu lösen. Eine ständige Anzeige am Display sollte parametrierbar sein.

4.2.7 Besonderheiten statischer AWE-Einrichtungen

Siehe „Richtlinien für Statische Schutzeinrichtungen“, herausgegeben vom VDEW.

4.2.8 Bestimmungen und Normen

Die AWE-Einrichtung ist nach EN 60255-6 auszuführen.

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

*) Werden Funktionen von Informationsein- bzw. Kontaktausgängen, die vorstehend mit *) gekennzeichnet sind, durch direkte Kopplung zwischen Schutz- und AWE-Einrichtung realisiert, so können sie als gesonderte Ein- bzw. Ausgänge entfallen.

5 Anhang

Verhalten von elektrischen Betriebsmitteln bei einer AWE

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

5.1 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.

5.2 Motoren und Generatoren (Eigenerzeugungsanlagen)

Bei Motoren entsteht durch die spannungslose Pause ein entsprechend der Schwungmasse mehr oder weniger 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 unverzögert vom Netz getrennt werden. Bei der Wiedereinschaltung der Leitung könnten sich durch zu große Polradwinkel sehr hohe, oft unzulässige elektrische und mechanische Beanspruchungen der Maschine ergeben.

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

5.3 Schaltschütze und Relais

Unverklinte Schaltschütze und unverzögerte Unterspannungsrelais fallen im allgemeinen bei Spannungen unter 70% der Nennspannung in Zeiten zwischen 20 und 30 ms ab.

Werden Schaltschütze in Selbsthaltung über AUS- EIN-Taster betrieben, so schalten sie bei Spannungswiederkehr nicht mehr selbständig ein. Die von ihnen geschalteten Maschinen oder Geräte bleiben spannungslos und müssen von Hand neu geschaltet werden.

Wenn der Drehzahlabfall der Maschine ohne Nachteil für das Verfahren ist, können abfallverzögerte Schaltschütze verwendet werden.

5.4 Elektronische Geräte einschließlich Datenverarbeitungsanlagen

Die Netzgeräte elektronischer Einrichtungen überbrücken im allgemeinen kurzzeitige Spannungseinbrüche bis 70% der Nennspannung zwischen 5 und 50 ms. Längere Spannungsunterbrechungen, wie sie durch die AWE verursacht werden, können somit einen Einfluß auf die Geräte haben. Stationäre Anlagen der Digitaltechnik (Datenerfassungsanlagen, Stations- und Netzleittechnik) verfügen in aller Regel über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV-Anlage). Damit werden auch durch die AWE hervorgerufene Spannungsunterbrechungen beherrscht.

5.5 Rundsteueranlagen

Tritt eine AWE während des Programmablaufes einer Rundsteuersendung auf, muß damit gerechnet werden, daß der Impulsblock – durch Verstümmelung eines Impulses oder Asynchronismus zwischen Sender und Empfänger – verfälscht wird und dadurch die gewünschten Schaltungen nicht ausgeführt werden.