

	DIN IEC 60269-5 (VDE 0636-5)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 29.120.50		
Einsprüche bis 2009-01-31		
Entwurf		
Niederspannungssicherungen – Teil 5: Leitfaden für die Anwendung von Niederspannungssicherungen (IEC 32B/514/CD:2008)		
Low-voltage fuses – Part 5: Guidance for the application of low-voltage fuses (IEC 32B/514/CD:2008)		
Fusibles basse tension – Partie 5: Guide d'application pour les fusibles basse tension (CEI 32B/514/CD:2008)		
Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-11-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.		
Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.		
Stellungnahmen werden erbeten		
– vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.		
Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.		
Gesamtumfang 93 Seiten		
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe.....	8
4 Nutzen durch Sicherungen	10
5 Aufbau und Funktion von Sicherungen.....	11
5.1 Aufbau einer Sicherung	11
5.1.1 Sicherungseinsatz	11
5.1.2 Sicherungskontakte	12
5.1.3 Anzeiger und Schlagstift	12
5.1.4 Sicherungsunterteil	12
5.1.5 Sicherungshandgriff und Sicherungshalter.....	12
5.2 Die Funktion der Sicherung	13
5.2.1 Kurzschlussabschaltung	13
5.2.2 Abschalten einer Überlast.....	13
6 Schalter-Sicherungs-Einheiten	14
7 Sicherungsauswahl und Kennzeichnung.....	15
8 Leitungsschutz	17
8.1 Typ gG	17
8.2 Typen gN and gD.....	18
8.3 Typen gR and gS.....	18
8.4 Alleiniger Schutz gegen Kurzschlussströme	18
9 Koordination von Schutzeinrichtungen	19
9.1 Allgemeines	19
9.2 Selektivität zwischen Sicherungen	20
9.3 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $\geq 0,1$ s	20
9.4 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $< 0,1$ s	20
9.5 Nachweis der vollen Selektivität	21
9.6 Selektivität bei Leistungsschaltern vor Sicherungen	21
9.6.1 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $\geq 0,1$ s	21
9.6.2 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $< 0,1$ s	21
9.6.3 Nachweis der vollen Selektivität	22
9.7 Selektivität bei Sicherungen vor Leistungsschaltern	22
9.7.1 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $\geq 0,1$ s	22
9.7.2 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $< 0,1$ s	22
9.7.3 Nachweis der vollen Selektivität	22
10 Schutz gegen Kurzschlusschäden.....	23
10.1 Kurzschlussstrompfad.....	23

	Seite
10.2 Strombegrenzung	23
10.3 Bedingter Bemessungskurzschlussstrom, Bemessungs-Ausschaltvermögen	24
11 Schutz von Blindleistungs-Kompensationsanlagen.....	24
12 Transformatorschutz.....	25
12.1 Verteilungstransformatoren mit Hochspannung auf der Primärseite	25
12.2 Verteilungstransformatoren mit Niederspannung auf der Primärseite	26
12.3 Steuerstromkreis-Transformatoren.....	26
13 Schutz von Motorstromkreisen	26
13.1 Motorschutz	26
13.2 Koordination von Sicherungen und Motorstartern.....	27
13.3 Kriterien für die Zuordnung beim Bedingten Bemessungskurzschlussstrom I_q	27
13.4 Kriterien für die Zuordnung beim Schnittpunktstrom I_{co}	28
13.5 Kriterien der Zuordnung beim Prüfstrom „ I^2 “	29
14 Schutz von Leistungsschaltern.....	29
15 Schutz von Halbleiterbauelementen.....	29
16 Sicherungen in Gehäusen	30
16.1 gG Sicherungseinsätze nach IEC 60269-2, System A.....	30
16.2 Andere Sicherungseinsätze.....	31
17 Gleichstromanwendungen.....	31
17.1 Kurzschlusschutz.....	31
17.2 Überlastschutz	31
17.3 Zeit/Strom-Kennlinien	32
18 Automatische Stromabschaltung bei Gebäudeinstallationen	33
18.1 Allgemeines	33
18.2 Das Schutzprinzip.....	33
18.3 Beispiele	34
Anhang A Koordination von Sicherungen und Schützen/Motorstartern	36
A.1 Beispiele geeigneter Sicherungseinsätze für den Motorschutz	38
A.2 $I^2 t$ - und Durchlassstromwerte aus erfolgreichen weltweiten Prüfungen von Sicherungseinsatz/Motorstarter-Kombinationen	39
A.3 Kriterien für die Koordination beim Bedingten Bemessungskurzschlussstrom I_q	41
A.3.1 Höchstwerte für $I^2 t$ und Durchlassstrom.....	41
A.3.2 Leitfaden zur Auswahl des maximalen Bemessungsstroms eines alternativen Sicherungstyps	42
A.3.3 Weitere Leitfäden.....	42
A.4 Kriterien für die Koordination beim Übernahmestrom I_C	43
A.5 Kriterien für die Koordination beim Prüfstrom „ I^2 “.....	43
A.6 Zuordnungsarten	44

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 32B/514/CD:2008 „Low-voltage fuses – Part 5: Guidance for the application of low-voltage fuses“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 32B „Low-voltage fuses“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 541.1 „Sicherungen und Schalter-Sicherungseinheiten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC/TR2 60146-6	–	–
Normen der Reihe EN 60269	Normen der Reihe IEC 60269	Normen der Reihe DIN EN 60269 (VDE 0636)	VDE 0636
EN 60269-1:2007	IEC 60269-1:2006	DIN EN 60269-1 (VDE 0636-1):2008-03	VDE 0636-1
HD 60269-2:2007	IEC 60269-2-1 mod. ersetzt durch IEC 60269-2:2006 mod.	DIN VDE 0636-2 (VDE 0636-2):2008-03	VDE 0636-2
HD 60269-3:2007	IEC 60269-3:2006 mod.	DIN VDE 0636-3 (VDE 0636-3):2008-03	VDE 0636-3
EN 60269-4:2007	IEC 60269-4:2006	DIN EN 60269-4 (VDE 0636-4):2008-03	VDE 0636-4
HD 60364-4-41:2007	IEC 60364-4-41:2005	DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06	VDE 0100-410
–	IEC 60364-4-43:2008	–	–
–	IEC 60364-5-52:2001	–	–
–	IEC/TR 60787:2007	–	–
Normen der Reihe EN 60947	Normen der Reihe IEC 60947	Normen der Reihe DIN EN 60947 (VDE 0660)	VDE 0660
EN 60947-1:2007	IEC 60947-1:2007	DIN EN 60947-1 (VDE 0660-100):2008-04	VDE 0660-100
–	IEC 60947-3	–	–
EN 60947-4-1:2001 + A1:2002 + A2:2005	IEC 60947-4-1:2000 + Corrigendum 2001 + A1:2002 + A2:2005	DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102):2006-04	VDE 0660-102
–	IEC 61912-1	DIN EN 60947-1 Beiblatt 1 (VDE 0660-100 Beiblatt 1)	VDE 0660-100

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

Normen der Reihe

DIN EN 60269 (VDE 0636), *Niederspannungssicherungen*

DIN EN 60269-1 (VDE 0636-1):2008-03, *Niederspannungssicherungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen* (IEC 60269-1:2006); Deutsche Fassung EN 60269-1:2007

DIN EN 60269-4 (VDE 0636-4):2008-03, *Niederspannungssicherungen – Teil 4: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungseinsätze zum Schutz von Halbleiter-Bauelementen* (IEC 60269-4:2006); Deutsche Fassung EN 60269-4:2007

Normen der Reihe

DIN EN 60947 (VDE 0660-100), *Niederspannungsschaltgeräte*

DIN EN 60947-1 (VDE 0660-100):2008-04, *Niederspannungsschaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen* (IEC 60947-1:2007); Deutsche Fassung EN 60947-1:2007

DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102):2006-04, *Niederspannungsschaltgeräte – Teil 4-1: Schütze und Motorstarter – Elektromechanische Schütze und Motorstarter* (IEC 60947-4-1:2000 + Corrigendum:2001 + A1:2002 + A2:2005); Deutsche Fassung EN 60947-4-1:2001 + A1:2002 + A2:2005

DIN EN 60947-1 Beiblatt 1 (VDE 0660-100 Beiblatt 1), *Niederspannungsschaltgeräte – Überstrom-Schutzeinrichtungen – Teil 1: Anwendung der Kurzschlussbemessungswerte*

DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag* (IEC 60364-4-41:2005, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41:2007

DIN VDE 0636-2 (VDE 0636-2):2008-03, *Niederspannungssicherungen – Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungen zum Gebrauch durch Elektrofachkräfte bzw. elektrotechnisch unterwiesene Personen (Sicherungen überwiegend für den industriellen Gebrauch) – Beispiele für genormte Sicherungssysteme A bis I* (IEC 60269-2:2006, modifiziert); Deutsche Fassung HD 60269-2:2007

DIN VDE 0636-3 (VDE 0636-3):2008-03, *Niederspannungssicherungen – Teil 3: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungen zum Gebrauch durch Laien (Sicherungen überwiegend für Hausinstallationen oder ähnliche Anwendungen) – Beispiele für genormte Sicherungssysteme A bis F* (IEC 60269-3:2006, modifiziert); Deutsche Fassung HD 60269-3:2007

Niederspannungssicherungen – Teil 5: Leitfaden für die Anwendung von Niederspannungssicherungen

Einleitung

Die Auswirkungen von Überströmen auf elektrische Anlagen können schwerwiegend sein, wenn kein ausreichender Schutz vorhanden ist, z. B.:

- Schmelzen von Leitern oder Sammelschienen,
- Verdampfen von Metall,
- Ionisierung von Gasen,
- Lichtbögen, Feuer und Explosionen,
- Beschädigung der Isolierung.

Neben der Gefährdung von Personen können auch erhebliche wirtschaftliche Schäden entstehen durch Betriebsunterbrechungen und für die erforderlichen Reparaturen zur Wiederherstellung beschädigter Anlagen.

Sicherungen schützen viele Arten von Betriebsmitteln und Schaltanlagen gegen die Auswirkungen von Überströmen. Sie sind anwenderfreundliche Schutzeinrichtungen, die weltweit verwendet werden.

Sie minimieren

- Wärmeschäden an Leitungen und Sammelschienen,
- Verdampfung von Metall,
- Gasionisierung,
- Lichtbogenentwicklung, Feuer und Explosionen,
- Schäden an Isolierungen.

Moderne Sicherungen sind heute gebräuchliche Überstrom-Schutzeinrichtungen und bieten als solche wirtschaftliche Lösungen zur Vermeidung oder Begrenzung der Auswirkungen von Überströmen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Technische Bericht, der als Anwendungsleitfaden für Niederspannungssicherungen dient, erläutert, wie einfach strombegrenzende Sicherungen für den Schutz von modernen, komplexen und empfindlichen elektronischen Geräten angewandt werden können. Dieser Leitfaden behandelt speziell Niederspannungssicherungen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V, die in Übereinstimmung mit IEC 60269 konstruiert und gefertigt sind. Dieser Leitfaden enthält wichtige Sachverhalte zu Sicherungen als auch Information über deren Anwendung.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC/TR2 60146-6, *Semiconductor convertors – Part 6: Application guide for the protection of semiconductor convertors against overcurrent by fuses*

IEC 60269-1:2006, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60269-2:2006, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application)*

IEC 60269-3:2006, *Low-voltage fuses – Part 3: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons*

IEC 60269-4:2006, *Low-voltage fuses – Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices*

IEC 60364-4-41, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-52, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60947-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-3, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 60947-4-1:2005, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Contactors and motor-starters – Section 1: Electromechanical contactors and motor-starters*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe:

3.1

Lastschalter (mechanisch)

mechanisches Schaltgerät, das Ströme unter Betriebsbedingungen im Stromkreis einschließlich einer festgelegten betriebsmäßigen Überlast einschalten, führen und ausschalten und unter angegebenen außergewöhnlichen Bedingungen, wie Kurzschluss, während einer festgelegten Dauer führen kann

ANMERKUNG Ein Lastschalter darf ein Kurzschlusseinschaltvermögen, muss jedoch kein Kurzschlussausschaltvermögen haben.

[IEV 441-14-10]

3.2

Trennschalter

mechanisches Schaltgerät, das in der offenen Stellung den für die Trennfunktion festgelegten Anforderungen entspricht

ANMERKUNG Es gibt Trennschalter, die kein Lastschaltvermögen haben.

[IEV 441-14-05, modifiziert]

3.3

Schalter-Sicherungs-Einheit

Kombination eines mechanischen Schaltgerätes mit einer oder mehreren Sicherungen zu einer baulichen Einheit, die vom Hersteller oder nach seinen Anweisungen zusammengebaut ist

[IEV 441-14-04, modifiziert]

3.4

Lastschalter mit Sicherung

Lastschalter, bei dem ein oder mehrere Pole eine Sicherung in Reihe haben und eine bauliche Einheit bilden

[IEV 441-14-14]

3.5

Sicherungslastschalter

Lastschalter, bei dem ein Sicherungseinsatz oder eine Einschwenkvorrichtung mit Sicherungseinsatz den sich bewegenden Kontakt bildet

[IEV 441-14-17]

3.6

Schaltgerät

Gerät zum Einschalten oder Ausschalten eines Stromes in einem oder mehreren Stromkreisen

ANMERKUNG Ein Schaltgerät darf eine oder beide Funktionen erfüllen.

[IEV 441-14-01]

3.7

Kurzschlusschutzeinrichtung

SCPD

Gerät, das einen Stromkreis oder Teile eines Stromkreises vor einem Kurzschlussstrom durch Ausschalten des Kurzschlussstromes schützt

[IEV 441-14-01]

3.8

Überlastschutz

Schutz, der beim Auftreten einer Überlast in dem zu schützenden Anlagenteil anspricht

[IEV 448-14-31]

3.9

Überlast

Betriebsbedingungen in einem elektrisch fehlerfreien Stromkreis, die einen Überstrom verursachen

[IEV 441-11-08]

3.10

Überstrom

Strom, der den Bemessungsstrom überschreitet

[IEV 442-01-20]

3.11

Bedingter Bemessungskurzschlussstrom I_q (eines Schaltgerätes)

unbeeinflusster Strom, den ein durch eine Kurzschlusschutzeinrichtung geschütztes Schaltgerät während der Abschaltzeit dieser Einrichtung unter den in der jeweiligen Gerätenorm festgelegten Prüfbedingungen führen kann.

4 Nutzen durch Sicherungen

Die strombegrenzende Sicherung bietet einen umfassenden Schutz vor den Auswirkungen von Überströmen, indem sie beides, den elektrischen Stromkreis und darin enthaltene Geräte schützen. Sicherungen bieten eine Kombination von vorteilhaften Eigenschaften, zum Beispiel:

- a) großes Schaltvermögen;
- b) keine Notwendigkeit komplizierter Kurzschlussberechnungen;
- c) einfache und kostengünstige Systemerweiterung mit größeren Kurzschlussströmen;
- d) hochwirksame Strombegrenzung (niedrige I^2t -Werte);
- e) obligatorische Fehlerbeseitigung vor dem Wiedereinschalten:
Sicherungen können nicht wieder eingeschaltet werden, wodurch der Anwender gezwungen ist, den Fehler zu suchen und zu beseitigen, bevor der Stromkreis wieder eingeschaltet wird;
- f) Zuverlässigkeit:
keine beweglichen Teile, die sich abnutzen oder durch Staub, Öl oder Korrosion verschmutzt werden können. Der Sicherungswechsel stellt sicher, dass der Schutz wieder den ursprünglichen Stand erreicht, wenn die Sicherung ersetzt ist;
- g) wirtschaftlicher Schutz:
kompakte Abmessungen bieten Überstromschutz zu niedrigen Kosten bei großen Kurzschlussleistungen;
- h) keine Schäden an Startern und Schützen (Zuordnungsart 2 nach IEC 60947-4-1):
durch die Begrenzung von Kurzschlussenergie und Durchlassströmen auf extrem kleine Werte sind Sicherungen besonders für die Zuordnungsart 2 geeignet, die keine Schäden an Komponenten in Motorstromkreisen zulässt;
- i) sichere, geräuschlose Funktion:
kein Austritt von Gas, Flammen, Lichtbögen oder anderen Stoffen, auch wenn größte Kurzschlussströme abgeschaltet werden. Zusätzlich wird durch die hohe Schaltgeschwindigkeit bei großen Kurzschlussströmen die Gefährdung durch Lichtbögen am Fehlerort erheblich gemindert.
- j) einfache Zuordnung:
genormte Sicherungskennlinien und hochwirksame Strombegrenzung garantieren eine zuverlässige Abstimmung zwischen Sicherungen und anderen Geräten;
- k) genormte Leistungsdaten:
Sicherungen, die entsprechend IEC 60269 konstruiert und gefertigt sind, garantieren weltweite Verfügbarkeit von Ersatzsicherungen mit genormten Kennlinien;
- l) verbesserte Spannungsqualität:
strombegrenzende Sicherungen unterbrechen Kurzschlussströme in wenigen Millisekunden und minimieren somit Einbrüche in der Versorgungsspannung;
- m) Manipulationssicherheit:
die Eigenschaften installierter Sicherungen können nicht verändert oder verstellt werden, wodurch ihre Leistungsfähigkeit erhalten bleibt und Fehlfunktionen vermieden werden;
- n) keine Instandhaltung:
richtig bemessene Sicherungen benötigen keine Instandhaltung, Anpassung oder Nachkalibrierung. Sie können über Jahrzehnte unter Erhalt der ursprünglich vorgesehenen Überstromschutzfunktion im Einsatz bleiben.

5 Aufbau und Funktion von Sicherungen

Eine Sicherung ist eine Schutzeinrichtung, die sich zusammensetzt aus

- dem Sicherungseinsatz,
- dem Sicherungsunterteil,
- dem Sicherungseinsatzträger oder Sicherungshandgriff.

Diese Komponenten können zu einer Schalter-Sicherungs-Einheit zusammengefasst sein.

5.1 Aufbau einer Sicherung

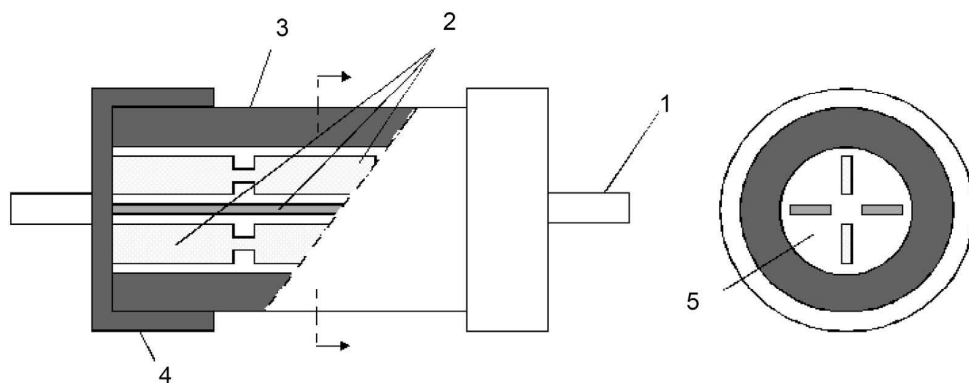
5.1.1 Sicherungseinsatz

Die Bilder 1 und 2 zeigen den Aufbau typischer Niederspannungs-Sicherungseinsätze für den industriellen Gebrauch. Solche Sicherungen werden „strombegrenzende“, oder „Hochleistungs-Sicherungen“ genannt. Sicherungseinsätze entsprechend IEC 60269-2 (Sicherungen überwiegend für den industriellen Gebrauch) gibt es für Bemessungsströme bis 6 000 A.

Sicherungseinsätze entsprechend IEC 60269-3 (Sicherungen zum Gebrauch durch Laien) gibt es für Bemessungsströme bis 100 A.

Der Schmelzleiter ist üblicherweise aus Silber- oder Kupferbändern mit mehrfachen Einengungen des Querschnitts (englisch „notches“) hergestellt. Das Engstellenmuster ist ein wichtiges Merkmal der Sicherungskonstruktion und wird üblicherweise durch Präzisionsstanzen erzielt.

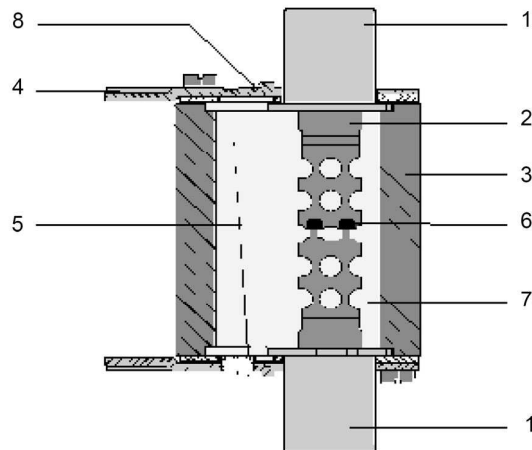
Ein Reaktionslot wird auf dem Schmelzleiter aufgetragen, um ein definiertes Abschalten der Sicherung im Überlastbereich zu erzielen. Die Reinheit des Schmelzleiterwerkstoffes und präzise Abmessungen sind für die zuverlässige Funktion der Sicherungen unabdingbar.



Legende

- 1 Messerkontakt
- 2 Schmelzleiter
- 3 Isolierkörper
- 4 Abdeckkappe
- 5 Löschmittel

Bild 1 – Typischer Sicherungseinsatz nach IEC 60269-2



Legende

- 1 Messerkontakt
- 2 Schmelzleiter
- 3 Isolierkörper
- 4 Abdeckplatte (mit Griffnasen)
- 5 Kennmelderdraht
- 6 Reaktionslot
- 7 Löschmittel
- 8 Anzeiger

Bild 2 – Typischer Sicherungseinsatz nach IEC 60269-2

5.1.2 Sicherungskontakte

Die Kontaktstücke der Sicherungseinsätze stellen die elektrische Verbindung zwischen Sicherungseinsatz und Sicherungsunterteil oder Sicherungseinsatzträger her. Die Kontaktstücke sind aus Kupfer oder Kupferlegierungen hergestellt und in der Regel durch Oberflächenbeschichtung gegen die Bildung von nicht leitenden Belägen geschützt.

5.1.3 Anzeiger und Schlagstift

Einige Sicherungen sind mit Anzeigern oder Schlagstiften ausgestattet für das rasche Erkennen, ob ein Sicherungseinsatz geschaltet hat. Sicherungen mit Schlagstiften bieten zusätzlich zur sichtbaren Anzeige die Möglichkeit einer mechanischen Betätigung.

5.1.4 Sicherungsunterteil

Das Sicherungsunterteil enthält die korrespondierenden Kontakte zur Aufnahme des Sicherungseinsatzes, Anschlüsse für Kabel oder Sammelschienen und den Unterteilisolator.

5.1.5 Sicherungshandgriff und Sicherungshalter

Sicherungshandgriffe oder, soweit vorhanden, Sicherungseinsatzträger ermöglichen das Wechseln von Sicherungseinsätzen unter Spannung unter Beachtung der einschlägigen Sicherheitsbestimmungen. Sie bestehen aus Isolierstoff und werden entsprechend den Regeln für Sicherheitswerkzeuge geprüft. Bei einigen Sicherungssystemen sind Sicherungseinsatzträger integraler Bestandteil des Sicherungshalters, wodurch sich ein separater Sicherungshandgriff erübrigt.

5.2 Die Funktion der Sicherung

Sicherungen sind so konstruiert, dass sie sowohl bei Kurzschlüssen als auch bei Überlasten abschalten. Kennzeichnend für Kurzschlüsse sind Strömstärken vom Zehnfachen des Sicherungs-Bemessungsstromes oder darüber und für Überlasten Stromstärken unterhalb des Zehnfachen des Sicherungs-Bemessungsstromes.

5.2.1 Kurzschlussabschaltung

Unter dem Einfluss eines Kurzschlussstromes schmelzen die Engstellen gleichzeitig, wodurch sich eine Reihe von Lichtbögen entsprechend der Anzahl von Engstellen im Schmelzleiter bildet. Die summierte Lichtbogenspannung bewirkt einen raschen Stromabfall und erzwingt einen Stromnulldurchgang. Dieser Vorgang wird als „Strombegrenzung“ bezeichnet.

Das Abschalten der Sicherung verläuft in zwei Phasen (siehe Bild 3):

- Die Schmelzphase (t_m): Das Erwärmen der Engstellen bis zum Schmelzpunkt und anschließende Verdampfen des Metalls;
- Lichtbogenphase (t_a): Die Lichtbögen entstehen an allen Engstellen und werden dann durch das Löschmittel gelöscht.

Die durch den Strom im zu schützenden Stromkreis während der Schmelzzeit und der Ausschaltzeit umgesetzten Energien, werden als Schmelz- I^2t - bzw. Ausschalt- I^2t -Werte ausgedrückt. Die Diagramme in Bild 3 verdeutlichen die strombegrenzende Wirkung des Sicherungseinsatzes unter Kurzschlussbedingungen.

Merke: Der Durchlassstrom $i_D^{N1)}$ der Sicherung liegt deutlich unter dem unbeeinflussten Strom I_p .

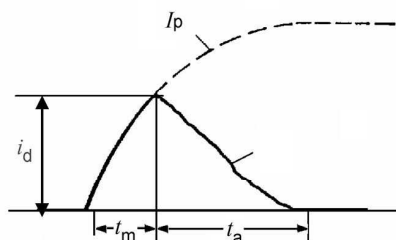


Bild 3a – Gleichstrom

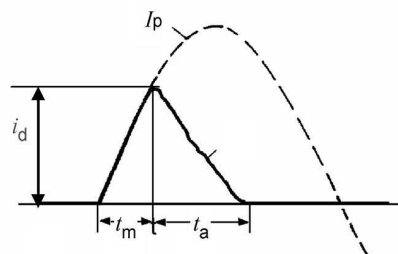


Bild 3b – Wechselstrom

Legende

- t_m Schmelzzeit
- t_a Lichtbogenzeit
- I_p unbeeinflusster Strom
- i_d durch Sicherung begrenzter Strom

Bilder 3a und 3b – Strombegrenzende Abschaltung durch eine Sicherung

5.2.2 Abschalten einer Überlast

Bei einer Überlast werden die Engstellen durch den überhöhten Strom aufgeheizt, bis ihre Temperatur etwa 220 °C erreicht. Zu diesem Zeitpunkt schmilzt die Engstelle, welche das Reaktionslot enthält, und ein Licht-

^{N1)} Nationale Fußnote: Für den Index muss ein kleines „d“ stehen.

bogen bildet sich zwischen beiden Schmelzleiterteilen aus. Das Löschmittel (üblicherweise reiner Quarzsand), welches den Schmelzleiter umgibt, löscht den Lichtbogen rasch und erzwingt einen Stromnulldurchgang. Beim Abkühlen wird das geschmolzene Löschmittel in eine glasartige Substanz umgewandelt, welche die beiden Schmelzleiterhälften gegeneinander isoliert und das Wiederzünden des Lichtbogens und weiteren Stromfluss verhindert. Auch dieser Abschaltvorgang erfolgt in zwei Phasen (siehe Bilder 3c and d):

- Die Schmelzphase (t_m): Das Erwärmen der Engstellen bis zum Schmelzpunkt der Engstelle mit dem Reaktionslot. Diese Zeitspanne ist üblicherweise länger als einige Millisekunden und verhält sich umgekehrt zur Stärke des Überlaststromes. Niedrige Überlastströme ergeben lange Schmelzzeiten von mehreren Sekunden bis zu mehreren Stunden.
- Die Lichtbogenphase (t_a): Der Lichtbogen an der Engstelle mit dem Reaktionslot, der dann durch das Löschmittel gelöscht wird. Diese Zeitspanne hängt von der Betriebsspannung ab und ist üblicherweise bei Überlast- und Kurzschlussbedingungen gleich.

Beide Phasen ergeben zusammen die Ausschaltzeit ($t_m + t_a$). Die im zu schützenden Stromkreis durch den Überlaststrom während der Schmelzzeit und Ausschaltzeit erzeugte Energie kann auch hier durch Schmelz- I^2t bzw. Ausschalt- I^2t Werte ausgedrückt werden. Allerdings ist unter Überlastbedingungen der Schmelzwert so groß, dass er keine nützliche Verwendung bietet und deshalb für Zeiten länger als einige Periodendauern nicht gemessen und registriert wird.

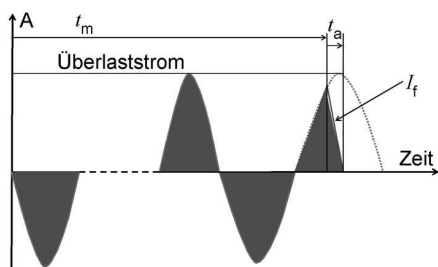


Bild 3c – Wechselstrom

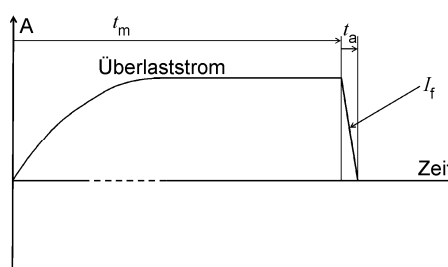


Bild 3d – Gleichstrom

Bilder 3c and 3d – Überlastabschaltungen durch Sicherungen

6 Schalter-Sicherungs-Einheiten

Schalter-Sicherungs-Einheiten vereinen beide Funktionen: Schutz des Stromkreises durch Sicherungseinsätze und Schalten des Stromkreises durch den Lastschalter in einer Baueinheit. Schalter-Sicherungs-Einheiten sind nach IEC 60947-3 genormt (siehe Tabelle 1).

Es gibt zwei verschiedene Typen von Schalter-Sicherungs-Einheiten:

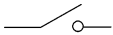
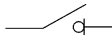
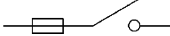
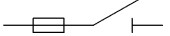
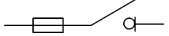
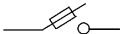
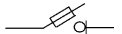
- Lastschalter mit Sicherungen, Lasttrennschalter mit Sicherungen sind in Serie zu den Sicherungseinsätzen geschaltete Lastschalter und schalten handunabhängig bei manueller Betätigung (Sprungantrieb).
- Sicherungstrennschalter und Sicherungslasttrennschalter, bei denen die Sicherungseinsätze die sich bewegenden Kontakte bilden sind handabhängig schaltende Geräte für manuelle Betätigung.

Die Begriffe finden sich in IEC 60947-3 oder in IEC 60050-441. Die Wichtigsten sind hier der Einfachheit halber aufgelistet und die komplette Beschreibung kann in Abschnitt 3 nachgelesen werden:

- 1) Lastschalter (mechanisch) (siehe 3.1);
- 2) Trennschalter (siehe 3.2);
- 3) Schalter-Sicherungs-Einheit (siehe 3.3);
- 4) Lastschalter mit Sicherungen (siehe 3.4);
- 5) Sicherungslastschalter (siehe 3.5).

Abgeleitet von diesen Grunddefinitionen gibt es viele Varianten solcher Geräte, wie aus Tabelle 1 hervorgeht.

Tabelle 1 – Begriffe und Symbole für Schalter-Sicherungs-Einheiten

Funktion		
Ein- und Ausschalten	Trennen	Einschalten, ausschalten und trennen
Lastschalter 2.1 nach IEC 60947-3 	Trennschalter 2.2 nach IEC 60947-3 	Lasttrennschalter 2.3 nach IEC 60947-3 
Schalter-Sicherungs-Einheit, IEC 60947-3, 2.4		
Lastschalter mit Sicherungen 2.5 nach IEC 60947-3 	Trennschalter mit Sicherungen 2.7 nach IEC 60947-3 	Lasttrennschalter mit Sicherungen 2.9 nach IEC 60947-3 
Sicherungslastschalter 2.6 nach IEC 60947-3 	Sicherungstrennschalter 2.8 nach IEC 60947-3 	Sicherungslasttrennschalter 2.10 nach IEC 60947-3 

ANMERKUNG: Die Abschnittnummern in Tabelle 1 beziehen sich auf IEC 60947-3.

Die Anmerkung zum Begriff des Lastschalters, die feststellt, dass ein Lastschalter ein Kurzschluss-Einschaltvermögen haben kann aber kein Kurzschluss-Ausschaltvermögen haben muss, zeigt ganz klar, dass der Lastschalter kein Kurzschlussschaltvermögen hat. Bei einer Schalter-Sicherungs-Einheit übernimmt die Sicherung diese Schalt Aufgabe.

Da die meisten Schalter-Sicherungs-Einheiten mit der Sicherung als integralem Bestandteil als Sicherungslasttrennschalter oder Lasttrennschalter mit Sicherungen konstruiert sind, können sie benutzt werden zum

- Schalten von Lastströmen,
- Trennen,
- Kurzschlussschutz.

7 Sicherungsauswahl und Kennzeichnung

Die Sicherungsauswahl muss die Art der zu schützenden Einrichtungen und die Stromversorgung, die unterbrochen werden soll, berücksichtigen. Hinsichtlich der Stromversorgung müssen die folgenden Parameter bestimmt werden:

- Netzspannung (Betriebsspannung);
- Frequenz (bei Gleichstrom siehe Abschnitt 17);
- Unbeeinflusster Kurzschlussstrom;
- Volllaststrom (Betriebsstrom).

Strombegrenzende Sicherungseinsätze haben ein sehr hohes Schaltvermögen ausgelegt. Dieses ist gewöhnlich viel größer als die in IEC 60269-2 und -3 festgelegten Mindestwerte. Es gibt Sicherungseinsätze mit Schaltvermögen, welche die größten im Betrieb auftretenden unbeeinflussten Kurzschlussströme abdecken (z. B. bis 200 kA).

ANMERKUNG Sicherungseinsätze können auch bei Werten unterhalb ihres Schaltvermögens sicher verwendet werden.

E DIN IEC 60269-5 (VDE 0636-5):2008-11

Die Sicherungsauswahl für eine bestimmte Anwendung erfolgt anhand der Zeit/Strom-Kennlinien und des Ausschaltbereichs. Die Zeit/Strom-Kennlinien bestimmen das Anwendungsgebiet, während der Ausschaltbereich angibt, ob die Sicherungen mit zusätzlichen Überstromschutzeinrichtungen betrieben werden müssen.

„Ganzbereich“ bedeutet, dass die Sicherung alle Überströme ausschalten kann, die den Schmelzleiter zum Schmelzen bringen, bis zum Bemessungsausschaltvermögen. Ganzbereichssicherungen können als Einzel-Schutzeinrichtungen eingesetzt werden.

„Teilbereichssicherungen“ oder Backup-Sicherungen sind nur für die Unterbrechung von Kurzschlussströmen ausgelegt. Sie werden im Allgemeinen eingesetzt, um das Ausschaltvermögen anderer Überstrom-Schutzeinrichtungen zu erhöhen, z. B. elektronische Überwachungen oder Leistungsschalter.

IEC 60269-1 und IEC 60269-4 definieren die Tore der Zeit/Strom-Kennlinien und die Ausschaltbereiche der folgenden Sicherungen:

Tabelle 2 – Sicherungsanwendungen

Typ	Anwendung (Kennlinie)	Ausschaltbereich
gG	Allgemeine Anwendungen	Ganzbereich
gM	Schutz von Motorstromkreisen	Ganzbereich
aM	Kurzschlusschutz von Motorstromkreisen	Teilbereich (Backup)
gN	Nordamerikanische Sicherung für allgemeine Anwendungen und Leitungsschutz	Ganzbereich
gD	Nordamerikanische verzögerte Sicherung für allgemeine Anwendungen	Ganzbereich
aR	Schutz von Halbleiterbauelementen	Teilbereich (Backup)
gR, gS	Schutz von Halbleiterbauelementen und Leitungen	Ganzbereich
gU	Ganzbereichssicherungen für den Leitungsschutz	Ganzbereich
gL, gF, gI, gII	Frühere Leitungsschutzsicherungen (ersetzt durch gG)	Ganzbereich

Sicherungen zum Gebrauch durch ermächtigte Personen (für industrielle Anwendungen) sind im Allgemeinen verwechselbar. Alle Sicherungseinsätze, Sicherungsunterteile oder Sicherungshalter sind deshalb gut lesbar und dauerhaft mit den folgenden Angaben gekennzeichnet:

- Name des Herstellers oder Markenzeichen;
- Produktidentifikation des Herstellers, anhand der weitere Information gefunden werden kann;
- Bemessungsspannung (siehe Tabelle 3);
- Bemessungsstrom;
- Stromart (Wechselstrom, Gleichstrom);
- Bemessungsfrequenz, sofern < 45 Hz oder > 62 Hz;
- Baugröße oder Bauform.

Zusätzlich ist jeder Sicherungseinsatz gekennzeichnet mit:

- Buchstabencode zur Kennzeichnung von Ausschaltbereich und Gebrauchskategorie (soweit zutreffend, siehe Tabelle 2)
- Bemessungsausschaltvermögen

Sicherungsunterteile und Sicherungshalter, die mit a.c.-Werten gekennzeichnet sind, können auch für d.c. verwendet werden.

Sicherungseinsätze werden getrennt gekennzeichnet, wenn sie für a.c.- und d.c.-Anwendungen vorgesehen sind.

Sicherungen können bis zu einer maximalen Betriebsspannung entsprechend Tabelle 3 betrieben werden.

Tabelle 3 – Höchstzulässige Betriebsspannungen von Sicherungseinsätzen

Typ	Bemessungsspannung V	Höchste Betriebsspannung V
gG, gM, aR ^{1), 2)} , aM, gR ^{1), 2)} , gS ^{1), 2)} gU,	230	253
	400	440
	500	550
	690	725
gN, gD	600	600

ANMERKUNG 1 Bei Nordamerikanischen Systemen von Sicherungseinsätzen ist die höchste Betriebsspannung gleich der Bemessungsspannung.

ANMERKUNG 2 Andere Bemessungsspannungen sind anwendungsbezogen verfügbar.

8 Leitungsschutz

Sicherungseinsätze werden sehr häufig für den Leitungsschutz nach IEC 60364-4-43 eingesetzt.

Sicherungseinsätze können verwendet werden, um den Schutz sowohl gegen Überlastströme als auch gegen Kurzschlussströme sicherzustellen, eine einfache und nützliche Anleitung für die Sicherungsauswahl wird nachfolgend gegeben:

- Typ gG siehe 8.1
- Typen gN and gD (nordamerikanisch) siehe 8.2
- Typen gR and gS (Halbleiterschutz) siehe 8.3

Es wird betont, dass IEC 60364-4-43 verlangt, dass jeder Stromkreis so auszulegen ist, dass niedrige Überlasten von langer Dauer unwahrscheinlich sind. Bei kleinen Überlasten zwischen dem einfachen und 1,45-fachen Bemessungsstrom der Überstromschutzeinrichtung sollte der Schutz nicht innerhalb der konventionellen Zeit ansprechen. Alterung und Verschlechterung von Verbindungen schreiten schnell voran, wenn die Betriebstemperaturen die Bemessungswerte überschreiten.

Achtung: Es ist nie zulässig, die Überlastschutzeinrichtung zur Lastbegrenzung zu verwenden! Dauernder Betrieb eines Sicherungseinsatzes oberhalb des Bemessungsstromes kann zu Überhitzung und unerwünschtem Abschalten führen.

In manchen Anwendungen stellen Sicherungseinsätze nur den Schutz gegen Kurzschlüsse sicher. In solchen Fällen muss der Überlastschutz auf andere Weise vorgesehen werden.

Anleitungen für den reinen Kurzschlusschutz enthalten Abschnitte 8.4. und 13.

8.1 Typ gG

gG Sicherungseinsätze sind geeignet, Überströme in Leitern abzuschalten, bevor solche Ströme einen für die Isolierung schädlichen Temperaturanstieg verursachen können.

Die Auswahl von Sicherungseinsätzen erfolgt einfach in den folgenden Schritten:

- Die höchstzulässige Betriebsspannung (siehe Tabelle 3) des Sicherungseinsatzes muss so ausgewählt werden, dass sie größer oder gleich der maximalen Betriebsspannung ist.

E DIN IEC 60269-5 (VDE 0636-5):2008-11

- Der Betriebsstrom I_B des Stromkreises wird bestimmt.
- Die Strombelastbarkeit des Leiters I_z wird entsprechend IEC 60364-5-52 ermittelt.
- Der Bemessungsstrom des Sicherungseinsatzes I_n wird so gewählt, dass er gleich oder größer als der Betriebsstrom des Stromkreises und oder kleiner als die Dauerbelastbarkeit des Leiters ist:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

Dabei ist

I_B der Betriebsstrom des Stromkreises ist;

I_z die Dauerbelastbarkeit des Leiters (siehe IEC 60364-5-52);

I_n der Bemessungsstrom des Sicherungseinsatzes ist.

Wenn die Sicherungseinsätze auf dieser Grundlage ausgewählt werden, stellt der Verlauf der Zeit/Strom-Kennlinien sicher, dass die Leitungen bei hohen Überströmen ausreichend geschützt werden.

8.2 Typen gN and gD

Die Kriterien für die Sicherungsauswahl für den Leitungsschutz sind in den nordamerikanischen Installationsvorschriften enthalten.

- a) Die Bemessungsspannung der Sicherung wird so ausgewählt, dass sie gleich oder größer als die maximale Betriebsspannung ist.
- b) Der Laststrom wird ermittelt und für Dauerlasten mit 1,25 multipliziert (Dauerlasten sind Lasten, die für 2 h oder länger anstehen).
- c) Der Leiterquerschnitt wird aus einer Strombelastbarkeitstabelle ausgewählt, die in den Installationsvorschriften enthalten ist.
- d) Als allgemeine Regel für die Auswahl der Sicherung gilt, einen genormten Bemessungsstrom auszuwählen, der mit der Strombelastbarkeit der Leitung übereinstimmt. Wenn bei einer Leiterbelastbarkeit unter 800 A die Leiterbelastbarkeit zwischen zwei Normwerten des Sicherungsbemessungsstromes liegt, wird der größere Sicherungsbemessungsstrom gewählt. Wenn bei Leiterbelastbarkeiten von 800 A und darüber die Leiterbelastbarkeit zwischen zwei Normwerten des Sicherungsbemessungsstromes liegt, wird der kleinere Sicherungsbemessungsstrom gewählt.
- e) Die Sicherung wird so ausgewählt, dass die Leitung unter Kurzschlussbedingungen geschützt wird. In der Praxis wurden die nordamerikanischen Kabelnormen mit den Sicherungsnormen so koordiniert, dass der Kurzschlusschutz sichergestellt ist. Die Sicherung wird so ausgewählt, dass die Leitung unter Überlastbedingungen geschützt wird. Für andere Leitungsarten werden die Kurzschlussfestigkeitswerte mit den Sicherungskennlinien verglichen, um sicher zu gehen, dass die Leitung nicht beschädigt wird.

8.3 Typen gR and gS

Sicherungseinsätze für den Schutz von Halbleiterbauelementen werden in IEC 60269-4 beschrieben, siehe 15. Die meisten dieser Sicherungseinsätze dienen dem Kurzschlusschutz, Typ aR. Manche Anwendungen erfordern einen Überlastschutz für die Anschlussleitungen des Halbleiterstromrichters und diese Anwendungen werden abgedeckt durch den Typ gR, optimiert für niedrige I^2t -Werte und Typ gS, optimiert für niedrige Werte der Leistungsabgabe.

Für den Leitungsschutz gilt derselbe Auswahlprozess wie in 8.1.

8.4 Alleiniger Schutz gegen Kurzschlussströme

In den Anwendungen, in denen die Sicherungseinsätze dem Back-up- oder Kurzschlusschutz von Leitungen dienen, wird die Koordination sichergestellt, indem Sicherungen verwendet werden, deren Durchlass- I^2t -Werte kleiner sind als die zulässigen Werte der Leitungen. Bei Fehlerdauern von 5 s oder kleiner können die zulässigen I^2t -Werte für Leitungen nach folgender Formel ermittelt werden:

$$I^2 t = K^2 a^2$$

Wobei „a“ der Leiterquerschnitt in mm² ist und K ein Faktor, der vom Leiterwerkstoff und der höchstzulässigen Temperatur der Isolierung abhängt.

Werte für K für verschiedene Kombinationen von Leitern und Isolierungen enthält IEC 60364-4-43. Die Werte liegen zwischen 68 °C für Aluminiumleiter isoliert mit 700 °C Isoliermaterial bis 143 °C für Kupferleiter mit 900 °C thermisch vernetzter Isolierung.

9 Koordination von Schutzeinrichtungen

9.1 Allgemeines

Die Selektivität zwischen Schutzeinrichtungen ist ein wesentlicher Punkt, der bei der Auslegung von Niederspannungsinstallationen berücksichtigt werden muss. Ziel der Selektivität ist es, Fehlerfolgen zu minimieren. Nur der fehlerhafte Stromkreis soll abgeschaltet werden, während die übrigen in Betrieb bleiben. Selektivität ist gegeben, wenn ein Fehler durch die Schutzeinrichtung abgeschaltet wird, die in Einspeiserichtung unmittelbar vor dem Fehler liegt, ohne dass andere Schutzeinrichtungen auslösen.

Die folgende Erläuterung betrifft die gebräuchlichste Anwendung, nämlich das Strahlennetz.

Anhand des Schaltplanes in Bild 4 soll die Selektivität erklärt werden. Entsprechend diesem Schaltbild können mehrere Selektivitätsfälle betrachtet werden:

- zwischen F_2 und F_4 ⇒ siehe 9.2
- zwischen F_1 und F_3 ⇒ siehe 9.2
- zwischen C_1 und F_3 ⇒ siehe 9.3
- zwischen C_2 und F_5, F_6 ⇒ siehe 9.3
- zwischen F_2 und C_3 ⇒ siehe 9.4
- zwischen F_1 und C_1 ⇒ siehe 14

Die wichtigsten Hilfsmittel zur Bestimmung der Selektivität zwischen Schutzeinrichtungen sind die Zeit/Strom-Kennlinien und die $I^2 t$ -Werte. IEC 60269-2-1 enthält nur Zeit/Strom-Kennlinien für den Zeitbereich $\geq 0,1$ s.

Die $I^2 t$ -Werte für den Zeitbereich $< 0,1$ s müssen vom Hersteller geliefert werden.

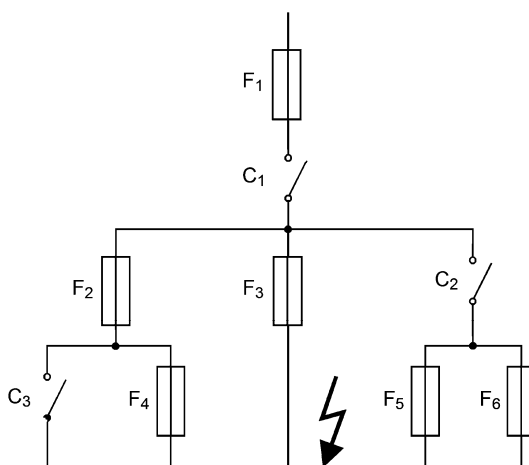


Bild 4 – Selektivität – Schaltbild allgemein

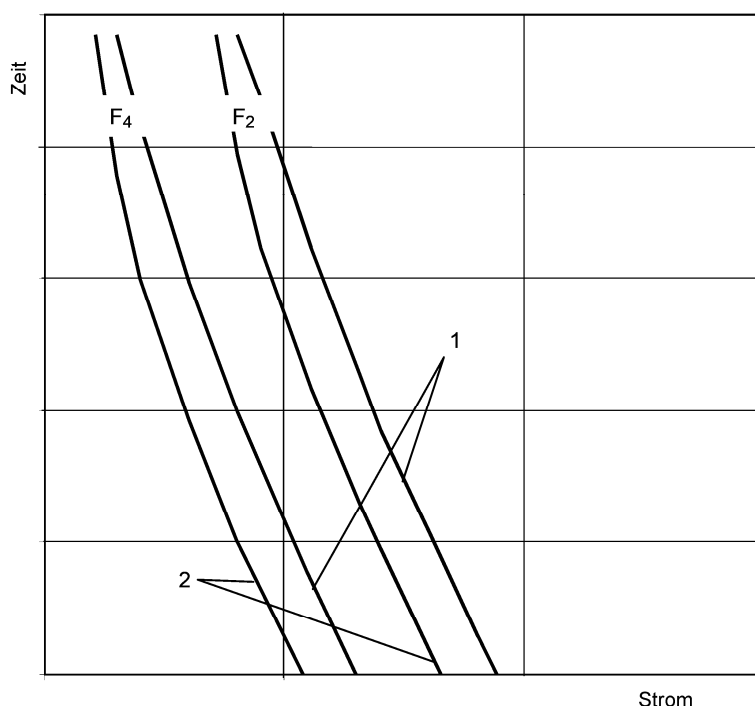
9.2 Selektivität zwischen Sicherungen

Die Selektivität zwischen Sicherungseinsätzen wird für Ausschaltzeiten $\geq 0,1$ s anhand der Zeit/Strom-Kennlinien nachgewiesen und für Ausschaltzeiten $< 0,1$ s anhand der Schmelz- und Ausschalt- I^2t -Werte (siehe Bilder 4 und 5).

ANMERKUNG Der Ausschalt- I^2t -Wert ist von der Betriebsspannung abhängig, der Schmelz- I^2t -Wert nicht. Der Ausschalt- I^2t -Wert wird in der Regel kleiner sein als der veröffentlichte Wert, der bei Sicherungsbemessungsspannung gilt.

9.3 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $\geq 0,1$ s

Die maximale Ausschaltzeit oder Auslösecharakteristik von F_4 soll für alle Werte des unbeeinflussten Stromes kleiner sein als die minimale Schmelzzeit von F_2 (siehe Bild 5).



Legende

- 1 Maximale Ausschaltzeit
- 2 Minimale Schmelzzeit

Bild 5 – Nachweis der Selektivität zwischen den Sicherungen F_2 und F_4 für Ausschaltzeiten $t \geq 0,1$ s

9.4 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $< 0,1$ s

Für diese Ausschaltzeiten müssen die I^2t -Werte herangezogen werden. Der maximale Ausschalt- I^2t -Wert von F_4 muss kleiner sein als der minimale Schmelz- I^2t -Wert von F_2 .

9.5 Nachweis der vollen Selektivität

Beide der o. g. Anforderungen aus 9.3 und 9.4 müssen erfüllt sein, um volle Selektivität zwischen F_2 und F_4 zu erhalten. Dieser Nachweis kann durch Betrachtung der Zeit/Strom-Kennlinien und I^2t -Werte des Herstellers erbracht werden.

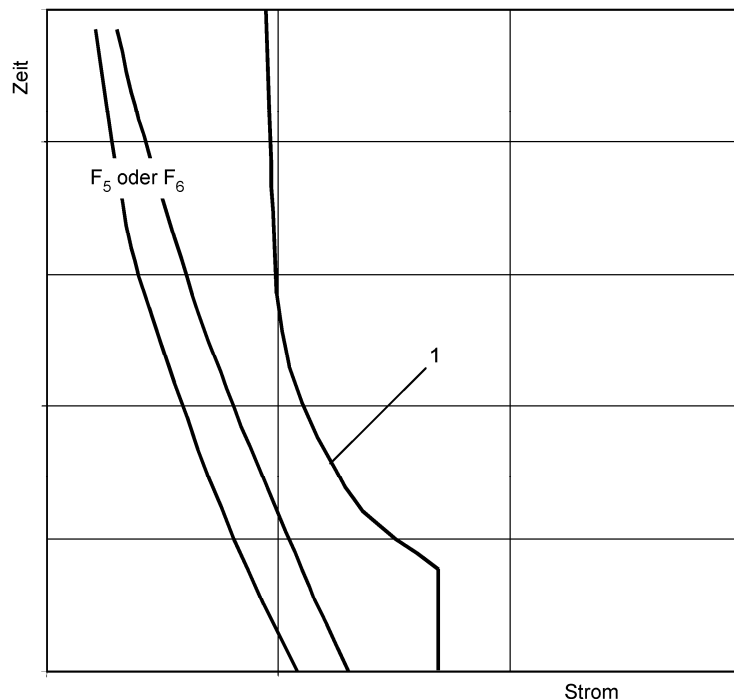
In der Praxis erfüllen Sicherungen nach IEC 60269-2 desselben Typs, z. B. gG, mit Bemessungsströmen ≥ 16 A definitionsgemäß die Anforderungen an volle Selektivität, wenn das Verhältnis der Bemessung 1,6:1 oder größer ist. Ein weiterer Nachweis durch den Anwender ist deshalb nicht erforderlich.

9.6 Selektivität bei Leistungsschaltern vor Sicherungen

Der Nachweis wird anhand der Zeit/Strom-Kennlinien, I^2t -Werte oder durch Prüfungen erbracht.

9.6.1 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $\geq 0,1$ s

Die maximale Ausschaltzeit von F_5 und F_6 soll kleiner sein, als die minimale Auslösezeit von C_2 (siehe Bild 6).



Legende

- 1 Minimale Auslösekennlinie von C_2

Bild 6 – Nachweis der Selektivität zwischen Leistungsschalter C_2 und Sicherungen F_5 und F_6

9.6.2 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $< 0,1$ s

Die Selektivität kann anhand der I^2t -Werte oder durch Prüfung der Sicherung in Verbindung mit dem Leistungsschalter ermittelt werden.

9.6.3 Nachweis der vollen Selektivität

Beide der o. g. Anforderungen 0 und 9.6.2 müssen erfüllt sein, um volle Selektivität zwischen C_2 und F_5 oder F_6 zu erhalten.

In der Praxis liefern die Hersteller von Leistungsschaltern Selektivitätstafeln für Leistungsschalter und ausgewählte Sicherungen. Diese Auswahl gilt auch für gleichwertige Sicherungen oder solche mit kleinerem Bemessungsstrom.

9.7 Selektivität bei Sicherungen vor Leistungsschaltern

Der Nachweis wird anhand der Zeit/Strom-Kennlinien und I^2t -Werte oder durch Prüfungen erbracht.

9.7.1 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $\geq 0,1$ s

Die maximale Ausschaltzeit des Leistungsschalters C_3 soll kleiner sein, als die minimale Schmelzzeit der Sicherung F_2 (siehe Bild 7).

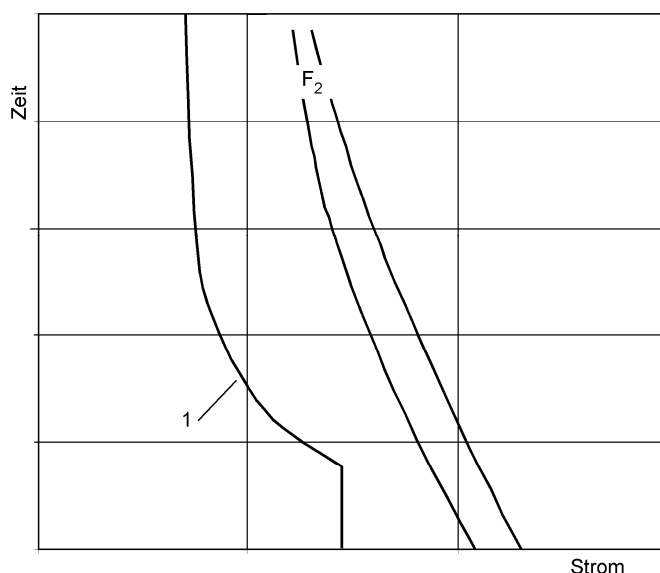
9.7.2 Nachweis der Selektivität für Ausschaltzeiten $< 0,1$ s

Für diese Ausschaltzeiten müssen die I^2t -Kennlinien verwendet werden (siehe Bild 8).

Die maximalen Ausschalt- I^2t -Werte des Leistungsschalters C_3 müssen kleiner sein als die minimalen Schmelz- I^2t -Werte der Sicherung F_2 .

9.7.3 Nachweis der vollen Selektivität

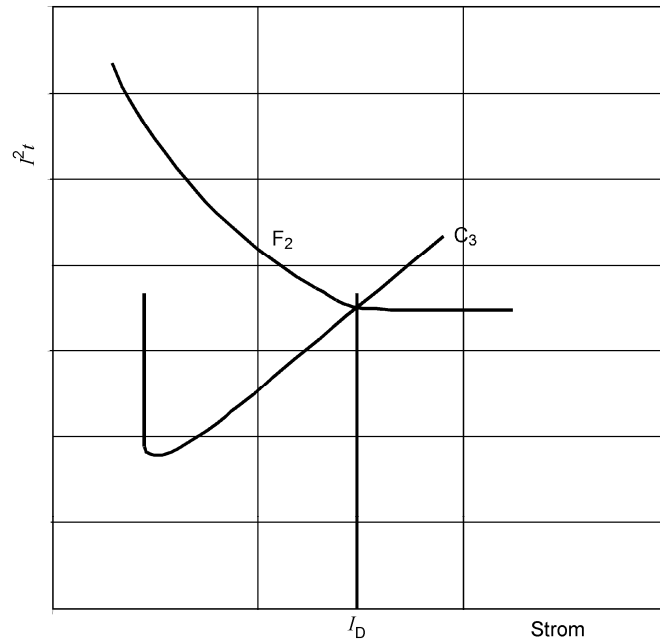
Beide der o. g. Anforderungen 9.7.1 und 9.7.2 müssen erfüllt sein, um volle Selektivität zwischen C_3 und F_2 zu erhalten. Für unbeeinflusste Ströme unterhalb I_D (siehe Bild 8) ist die volle Selektivität vorhanden. Für unbeeinflusste Ströme oberhalb I_D wird keine Selektivität erreicht.



Legende

1 Auslösekennlinie von C_3

**Bild 7 – Nachweis der Selektivität zwischen Sicherung F_2 und Leistungsschalter C_3
für Ausschaltzeiten $t \geq 0,1$ s**



ANMERKUNG I_D ist der Selektivitätsgrenzstrom.

Bild 8 – Nachweis der Selektivität zwischen Sicherung F_2 und Leistungsschalter C_3 für Ausschaltzeiten $t < 0,1$ s

10 Schutz gegen Kurzschlusschäden

Ein Kurzschluss oder Fehler entsteht, wenn ein Strompfad mit niedriger Impedanz zwischen zwei spannungsführenden Teilen oder einem spannungsführenden Teil und Erde auftritt, gewöhnlich infolge eines Isolierungsdurchschlags, einer mechanischen Beschädigung, eines Verdrahtungsfehlers oder Unfalls.

10.1 Kurzschlussstrompfad

Wenn der Strompfad eine feste Verbindung ist, steigt der Strom auf einen Wert, der von der Spannung und den Impedanzen der durchflossenen Leitungen abhängt. Kennzeichnend hierfür ist eine sehr niedrige Impedanz und ein ziemlich großer Strom, so dass mechanische und thermische Schäden an Leitungen Isolierungssystem entstehen. Mechanische Schäden an Leitungen entstehen durch magnetische Kräfte, welche die Leitungen im Stromkreis anziehen oder abstoßen und auf diese Art verbiegen und die Isolierung zerstören. Thermische Schäden entstehen an Leitungen durch Überhitzung und beeinträchtigte Isolierung, gefolgt von schmelzenden Leitungen und Lichtbogenbildung.

Wenn der Strompfad keine feste Verbindung ist, entsteht ein Lichtbogen an der schwächsten Verbindungsstelle. Diese Erscheinung nennt man „Störlichtbogen“. Der Strom steigt auf einen Wert, der von der Leitungsimpedanz plus der Lichtbogenimpedanz abhängt. Kennzeichnend sind mechanische und thermische Schäden an den Leitungen, in Verbindung mit stellenweise schmelzenden der Leitungen und Metallverdampfung an den Lichtbogenfußpunkten. Metallverdampfung in Luft in Anwesenheit eines elektrischen Lichtbogens stellt eine gefährliche Situation dar und führt zu einer Explosion (arc blast). Deren Ausmaß hängt von zahlreichen Stromkreisparametern ab, aber in erster Linie davon, wie viel elektrische Energie und wie viel geschmolzenes Material zum Verdampfen verfügbar ist.

10.2 Strombegrenzung

Sicherungen bieten eine der wirksamsten Methoden, Einrichtungen, Personal und Einzelteile gegen Schäden durch Kurzschlüsse, Fehler und Lichtbogenfehler zu schützen. Der Grund dafür ist das den Sicherungseinsätzen eigene Merkmal der Strombegrenzung. Wie bereits erwähnt, schmelzen Sicherungseinsätze und

unterbrechen den Strom sehr schnell, wenn sie von großen Strömen durchflossen werden (siehe 5.1.2). Der Scheitelwert des Stromes I_p , der kurz nach dem Schmelzen des Sicherungseinsatzes auftritt, liegt deutlich unterhalb dem unbeeinflussten Strom und der Ausschalt- I^2t -Wert bleibt klein, da das Löschmittel im Sicherungskörper die Lichtbögen zwischen den Teilen des Sicherungseinsatzes auslöscht (typische Sicherungs-Ausschaltzeiten sind kürzer als eine Halbwelle). Diese niedrigen I_p , Halbwellen-Ausschaltzeiten und niedrigen Ausschalt- I^2t -Werte bieten die folgenden Nutzen im Falle eines Kurzschlusses oder Fehlers:

- Geringer oder kein mechanischer Schaden an Leitungen oder Isolierungssystemen.
- Wenig oder kein Schmelzen oder Lichtbogenbildung.
- Starke Verminderung der Lichtbogenenergie mit wirksamer Abmilderung von Lichtbogenexplosionen.

10.3 Bedingter Bemessungskurzschlussstrom, Bemessungs-Ausschaltvermögen

Kombinationen von und Bauteile in elektrischen Systemen erhalten von den Herstellern eine Angabe zur Kurzschlussfestigkeit, welche den maximal zulässigen unbeeinflussten Kurzschlussstrom in seiner Höhe und Dauer bezeichnet, den das Gerät an den Anschlussklemmen übersteht. Dieser Bemessungswert wird durch Prüfungen ermittelt. Wenn solch ein Gerät einen Sicherungseinsatz als integralen Bestandteil enthält oder einschließt, wird der Bemessungswert als I_{cc} , Bedingter Bemessungs-Kurzschlussstrom bezeichnet (siehe IEC 61912-1, Abschnitt 5).

Strombegrenzende Sicherungen werden üblicherweise für den Einsatz in Stromkreisen mit hohen unbeeinflussten Strömen ausgelegt. Wenn sie in Kombinationen oder Lastschaltern eingesetzt werden ermöglichen sie hohe I_{cc} -Werte für diese Kombination oder den Lastschalter. Hierdurch wird das Anwendungsgebiet für dieses Gerät oder die Kombination erweitert, da die Sicherheitsregeln gebieten, dass der I_{cc} -Wert des Gerätes oder der Kombination gleich oder größer sein muss als der unbeeinflusste Kurzschlussstrom des Systems.

11 Schutz von Blindleistungs-Kompensationsanlagen

IEC 60269-1 und 60269-2 enthalten keine Anforderungen oder Nachweisprüfungen für Sicherungen in Stromkreisen, die überwiegend Kondensatoren enthalten. Die Anwendung von Sicherungen der Gebrauchskategorien gG und gN nach IEC 60269-2 als Kurzschlusschutz für Kondensatoren in Blindleistungs-Kompensationsanlagen ist schon seit vielen Jahren anerkannte Technik.

Die zuverlässige Funktion von gG- und gN-Sicherungen für diese Anwendung erfordert eine Auswahl der Sicherungseinsätze unter Berücksichtigung der folgenden Punkte:

- Hohe Einschaltstromspitzen bis zum 100-Fachen des Kondensatornennstroms;
- Dauerbetriebsstrom bis zum 1,5-Fachen des Kondensatornennstromes (einschließlich harmonischer Oberschwingungen);
- Spannungserhöhungen bis zum 1,2-Fachen während Schwachlastzeiten bis 5 min;
- Kapazitäts-(und folglich Betriebsstrom-)Toleranzen von +15 %;
- Normale Betriebsspannungsschwankungen bis zum 1,1-Fachen während 8 h.

Der Bemessungsstrom der Sicherungseinsätze wird so gewählt, dass

- die Einschaltstromspitzen den Schmelzleiter weder schmelzen noch vorschädigen,
- mögliche Überströme nicht zum vorzeitigen Abschalten der Sicherungen führen.

Der Bemessungsstrom von gG- und gN-Sicherungseinsätzen soll daher das 1,6-Fache bis 1,8-Fache des Bemessungsstromes der Kondensatoreinheit oder Kondensatorenbatterie betragen. Unter dieser Bedingung bieten die Sicherungen einen zuverlässigen Kurzschlusschutz der Kondensatoren. Überstromschutz, soweit erforderlich, erfordert zusätzliche geeignete Maßnahmen. Generell sollen Sicherungen für Blindleistungs-Kompensationsanlagen sowohl hinsichtlich des Bemessungsstromes als auch der Bemessungsspannung überdimensioniert sein. Dies gilt besonders bei kleinen Kondensatoreinheiten, die bezogen auf ihren Nennstrom höhere Einschaltstromspitzen haben.

ANMERKUNG Leiterquerschnitte der Anschlusskabel werden entsprechend dem Sicherungsbemessungsstrom ausgewählt (siehe 8.1).

Für die gängigen Kondensatorgrößen und Betriebsspannungen von Blindleistungs-Kompensationsanlagen sind in Tabelle 5 die empfohlenen Sicherungen angegeben.

**Tabelle 5 – Sicherungsauswahl für Blindleistungs-Kompensationsanlagen
(Sicherungen nach IEC 60269-2, System A)**

	Bemessungsspannung (dreiphasiges 50 Hz System)		
Kompensationsanlage	400 V $k = 2,5$	525 V $k = 2$	690 V $k = 1,5$
Sicherung	500 V	690 V	1 000 V ^a
Kondensatorgröße Q_N	Bemessungsstrom I_N der Sicherung		
bis 5 kVAr	16 A		
bis 7,5 kVAr	20 A		
bis 12,5 kVAr	32 A (35 A)	32 A (35 A)	
bis 20 kVAr	50 A		32 A (35 A)
bis 25 kVAr	63 A	50 A	
bis 30 kVAr	80 A	63 A	50 A
bis 40 kVAr	100 A	80 A	63 A
bis 50 kVAr	125 A	100 A	80 A
bis 60 kVAr	160 A	125 A	100 A
bis 80 kVAr	200 A	160 A	125 A
bis 100 kVAr	250 A	200 A	160 A
bis 125 kVAr	315 A	250 A	200 A
bis 160 kVAr	400 A	315 A	250 A
bis 200 kVAr	500 A	400 A	315 A
bis 250 kVAr	630 A	500 A	400 A
^a 690 V unter bestimmten Bedingungen verwendbar, Hersteller befragen			

Der Bemessungsstrom der Sicherung kann nach der folgenden Faustformel ermittelt werden:

$$I_N/A = k Q_N/kVAr$$

12 Transformatorschutz

12.1 Verteilungstransformatoren mit Hochspannung auf der Primärseite

Transformatoren speisen die meisten Niederspannungs-Verteilungssysteme aus einer primärseitigen Hochspannung über AC 1 000 V. Der Kurzschlusschutz dieser Transformatoren erfolgt im Allgemeinen durch Hochspannungssicherungseinsätze auf der Primärseite, wobei diese Sicherungseinsätze so ausgewählt werden, dass sie den Einschalt-Magnetisierungsstrom des Transformators beherrschen.

Niederspannungssicherungen auf der Sekundärseite solcher Verteilungstransformatoren schützen die zugehörigen Hauptstromkreise. Diese Sicherungseinsätze müssen unter Berücksichtigung des Übersetzungsverhältnisses selektiv zu den Sicherungseinsätzen auf der Primärseite des Transformators sein.

Einen Anwendungsleitfaden für Hochspannungssicherungseinsätze für Transformatorstromkreise enthält IEC 60787.

12.2 Verteilungstransformatoren mit Niederspannung auf der Primärseite

Niederspannungsverteilungssystem nach nordamerikanischer Technik haben oft Transformatoren mit Niederspannung auf der Primär- und Sekundärseite, z. B. 480/277 V zu 208/120 V. Solche Transformatoren sind üblicherweise bis zu einigen tausend kVA bemessen.

Auf der Primärseite werden Sicherungseinsätze für den Kurzschlusschutz verwendet und auf der Sekundärseite können Sicherungseinsätze für den Überlastschutz des Transformators verwendet werden. Teilweise werden nur im Primärkreis Sicherungseinsätze verwendet während in anderen Fällen zusätzliche Hauptleistungs-Sicherungseinsätze auf der Sekundärseite eingesetzt werden wie in 12.1.

Die Sicherungseinsätze auf der Primärseite müssen so ausgewählt werden, dass sie den Magnetisierungsstoßstrom beherrschen und als Leitaden dafür gilt:

- 20-facher primärseitiger Transformator-Volllaststrom während 0,01 s und
- 12-facher primärseitiger Transformator-Volllaststrom während 0,1 s
- Selektivität zwischen den Sicherungseinsätzen auf der Primärseite und allen sekundärseitigen Sicherungseinsätzen und allen anderen Überstromschutzeinrichtungen muss unter Berücksichtigung des Transformator-Übersetzungsverhältnisses hergestellt werden.
- In manchen Anwendungsfällen werden Transformatoren mit Niederspannung auf der Primär- und Sekundärseite aus Sicherheitsgründen benutzt, wenn z. B. für Batterieladegeräte oder Werkzeuge, die mit Spannungen bis 110 V betrieben werden.
- Die Auswahl der Sicherungen auf der Primärseite soll sich am Beherrschen des Magnetisierungsstromimpulses des Transformators orientieren, wie oben in diesem Abschnitt beschrieben.

12.3 Steuerstromkreis-Transformatoren

Bei diesen Transformatoren mit niedriger Leistung kann der Magnetisierungs-Einschaltstoßstrom in der ersten Halbwelle den 100-fachen Volllaststrom erreichen. Viele Steuerkreistransformatoren haben einen internen thermischen Schutz, da der Überstromschutz auf der Primärseite wegen des extrem hohen Inrush-Stroms stark überdimensioniert sein muss.

13 Schutz von Motorstromkreisen

13.1 Motorschutz

Sicherungen sind sehr gebräuchlich für den Schutz von Motoren und Motorstartern. Zu diesem Zweck können Sicherungen für allgemeine Anwendungen (Gebrauchskategorien gG und gN) verwendet werden. Deren Bemessungsströme sollen so gewählt werden, dass sie dem Anlaufstrom des Motors standhalten, der wiederum von der Anlaufmethode abhängt, z. B.

- 6- bis 8-facher Motorbemessungsstrom bei Direktanlauf,
- 3- bis 4-facher Motorbemessungsstrom bei Stern-Dreieck-Anlauf oder Spartransformator-Schaltung.

Der Bemessungsstrom der Sicherung kann deshalb wesentlich größer sein als der Bemessungsstrom des Motors.

Es gibt auch spezielle Sicherungstypen für diese Anwendung z. B. gD- und gM-Ganzbereichssicherungen und aM-Teilbereichssicherungen, die nur für den Kurzschlusschutz vorgesehen sind. Diese Spezialsicherungen sind so ausgelegt, dass sie dem Anlaufstrom des Motors standhalten können, ohne dass hierzu ein größerer Sicherungsbemessungsstrom gewählt werden muss, wie das bei Sicherungen für allgemeine Anwendungen erforderlich ist. Kennlinien für diese Sicherungen sind in IEC 60269-1 und IEC 60269-2 enthalten.

Anwendungsdaten für Sicherungen für den Motorschutz stellen die Sicherungshersteller zu Verfügung. Sicherungen für den Schutz von Motorstromkreisen werden auch so ausgewählt, dass sie selektiv zum Motorschutz in Form des zum Motoranlasser gehörenden Überlastrelais sind.

13.2 Koordination von Sicherungen und Motorstartern

Die Koordination von Motorstartern und den Sicherungen, die sie schützen erfolgt in IEC-Normen durch Anforderungen und Prüfungen wie diejenigen in IEC 60947, speziell in den Teilen 1 und 4, in denen zwei Zuordnungsarten, Typ 1 und Typ 2, definiert sind (siehe auch Tabelle A.2 im Anhang A).

Zielsetzung einer erfolgreichen Koordination ist ein ausreichender Schutz gegen Kurzschlussströme sowie Selektivität zwischen Motorstarter und Sicherung. Hinreichende Selektivität vermeidet Beschädigung des Schützes und unerwartete Unterbrechungen des Motorstromkreises.

Empfehlungen für geeignete Sicherungseinsätze zur Verwendung in Kombination mit einem Schütz/Motorstarter enthalten die Kataloge der Hersteller.

Dieser Abschnitt soll ein Leitfaden für den Anwender bei der Suche nach alternativen Ersatzsicherungen für die vom Hersteller des Starters spezifizierten Sicherungen sein.

Der Anhang A enthält genauere Information zu Vorgaben für die notwendigen Prüfungen und Berechnungen zur Koordination zwischen einem Motorstarter und der ihn schützenden Sicherung.

Es sind Prüfungen bei drei Werten des unbeeinflussten Stromes nach IEC 60947-4-1 vorgegeben:

- a) Im Bereich des Schnittpunktstroms I_{co} , definiert als die Koordination beim Schnittpunktstrom (siehe 13.4). Geprüft wird bei $0,75 I_{co}$, wobei der Starter den Strom unterbrechen muss ohne Schaden zu nehmen und die Sicherungen nicht ansprechen dürfen, und bei $1,25 I_{co}$ wobei die Sicherungen vor dem Starter schalten müssen (siehe Bild 9). Der Nachweis der Koordination beim Schnittpunktstrom kann auch auf indirekte Methode erfolgen (siehe B.4.5 in IEC 60947-4-1).
- b) Beim maßgeblichen Wert des unbeeinflussten Stroms „r“ entsprechend IEC 60947-4-1, Tabelle 12 (siehe Tabelle A.1 im Anhang A).

ANMERKUNG Zur Zeit ist die Prüfung mit dem Strom „r“ für beide Zuordnungsarten (Typen 1 und 2) vorgeschrieben. Es gibt jedoch Überlegungen, diese Prüfung nur für den Typ 2 verbindlich beizubehalten (siehe 17B/1565/CD).

- c) Beim bedingten Bemessungskurzschlussstrom I_q entsprechend den Herstellerangaben des Schaltgeräts, wenn dieser größer als der Prüfstrom „r“ ist.

ANMERKUNG Eine neue Tabelle mit Mindestwerten ist SC 17B in Vorbereitung.

Die ausgewählte Sicherung muss den Stoßstrom beim Anlassen des Motors unbeschadet durchlassen und wird üblicherweise nach den Empfehlungen des Herstellers und in Übereinstimmung mit den nationalen Installationsvorschriften und Regeln des Leitungsschutzes ausgewählt.

Beispiele geeigneter Sicherungseinsätze für den Motorschutz sind in Tabelle A.3 aufgeführt.

Der Schnittpunkt der Kennlinien von Sicherung und Starter muss unterhalb des Ausschaltvermögens des Schützes liegen, und die Sicherung muss so ausgewählt werden, dass sie unter Einfluss des Motoranlaufstroms nicht auslöst. (siehe Bild 9).

13.3 Kriterien für die Zuordnung beim Bedingten Bemessungskurzschlussstrom I_q

Leitfaden für die Auswahl des größten Bemessungsstroms eines alternativen Sicherungstyps. Anhang A in IEC 61912-1 enthält detaillierte Angaben zum anzuwendenden Verfahren. Im Grunde müssen die folgenden Punkte erfüllt werden:

Die Werte für Spannung, Strom und bedingten Kurzschlussstrom (I_q) des Stromkreises dürfen nicht größer sein als die Referenzprüfwerte.

In Hinsicht auf die Kenndaten der Ersatzsicherung müssen die I_p - und I^2t -Werte für den Bedingten Bemessungskurzschlussstrom I_q bei einer Spannung von $U \sqrt{3}/2$ bestimmt werden.

Die so bestimmten Werte von I_p und I^2t dürfen nicht größer sein als die Referenzprüfwerte.

Erfüllung dieser Bedingungen bedeutet, dass der Ersatz der Sicherung zulässig und keine weiteren Prüfnachweise erforderlich sind.

13.4 Kriterien für die Zuordnung beim Schnittpunktstrom I_{co}

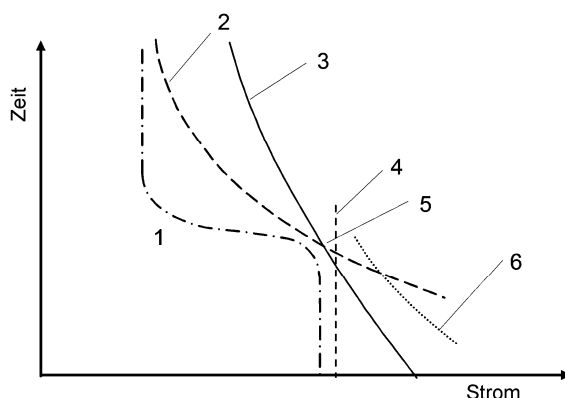
I_{co} ist der Strom, der dem Schnittpunkt der mittleren Zeit/Strom-Kennlinien der Sicherung und des Überlastrelais des Starters entspricht (siehe Bild 9). Um die richtige Zuordnung bei I_{co} sicherzustellen, sind in IEC 60947-4-1, Anhang B, Abschnitt B.4 Prüfungen vorgeschrieben.

Wichtige Faktoren sind

- die Schadenfrei-Charakteristik des Überlastrelais;
- I_{co} darf das Schaltvermögen des Schützes nicht überschreiten;
- die Ausschaltzeit/Strom-Charakteristik der zugeordneten Sicherung oberhalb I_c , die besonders bei größeren Bemessungsströmen die Schadenfrei-Charakteristik sowohl des Überlastrelais als auch des Schützes in diesem Bereich nicht überschreiten darf, in dem die Sicherung die Schutzfunktion übernommen hat.

Folglich darf bei Verwendung einer alternativen Ersatzsicherung ohne weitere Prüfungen der Schnittpunktstrom den Wert I_{co} aus der Typprüfung nicht überschreiten, und ihre Zeit/Strom-Charakteristik darf bei Strömen oberhalb I_{co} keine größeren Zeiten aufweisen als die in der geprüften Kombination verwendete Sicherung. Andernfalls kann der Starter beschädigt werden.

Eine nach diesen Kriterien und in Übereinstimmung mit IEC 60947-4-1 ausgewählte Sicherung schützt den Starter und zugehörige Einrichtungen bei Überströmen, welche das Schaltvermögen des Starters überschreiten, bis zum Bemessungsschaltvermögen der Sicherung.



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Motorstrom | 4 Schaltvermögen des Schützes |
| 2 Zeit/Strom-Charakteristik des Überlastrelais | 5 Schnittpunktstrom I_{co} |
| 3 Zeit/Strom-Charakteristik des Sicherungseinsatzes | 6 Thermische Grenze des Überlastrelais |

Bild 9 – Zuordnung von Sicherungen und Motorstartern