VdS VERLAG

Richtlinien zur Schadenverhütung

Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln – RCD und FU



Kurzreferat

Die Richtlinien wenden sich an die für die Planung, Errichtung und Prüfung verantwortlichen Elektrofachkräfte. Inhalt der Richtlinien sind

- Maßnahmen zum Vermeiden von Fehlfunktionen bei Fehlerstrom Schutzeinrichtungen (RCD) und Differenzstrom Überwachungseinrichtungen (RCM)
- Einsatz von Isolationsüberwachungssystemen
- Anforderungen für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) bei Oberschwingungsbelastungen
- Anforderungen für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Anlagen in Stromkreisen mit elektronischen Einrichtungen wie z. B. Frequenzumrichtern.

Im Vordergrund dieser Richtlinien steht der Sachschutz. Der Personenschutz muss somit in jedem Fall gesondert betrachtet werden. Anforderungen an den Personenschutz, die in diesen Richtlinien beschrieben werden, entbinden nicht von der Verpflichtung, den Personenschutz separat zu behandeln.

Erläuterungen und Anforderungen dieser Richtlinien verdeutlichen Planern und Errichtern von elektrischen Anlagen, dass Probleme mit elektronisch gesteuerten Antrieben bzw. mit der Anwendung von elektronischen Betriebsmitteln innerhalb der Energietechnik eine fachtechnisch korrekte Planung lange vor der eigentlichen Errichtung der Anlage erforderlich macht und dies nur in Zusammenarbeit mit den Herstellern der genannten Komponenten geleistet werden kann. Die hier aufgezählten Lösungen sollen verhindern, dass in Folge wiederholten Auslösens der Fehlerstrom Schutzeinrichtung, diese oder das EMV-Filter überbrückt werden.

Diese Richtlinien wurden gemeinsam von dem
Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH)
und dem
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)
erarbeitet.

Unverbindliche Bekanntgabe des GDV zur fakultativen Verwendung.

Abweichende Inhalte/Vereinbarungen sind möglich.

Richtlinien zur Schadenverhütung

Isolationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln – RCD und FU

Inhalt

1 Anwendungsbereich ... 4

2 Begriffe ... 4
2.1 Feuergefährdete Betriebsstätten ... 4
2.2 Leicht entzündliche Stoffe ... 4
2.3 Feuergefährdeten Betriebsstätten gleichzustellende Risiken ... 4
2.4 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) ... 4
2.5 Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM) ... 5
2.6 Isolationsüberwachungsgeräte (IMD) ... 5
2.7 EMV-Filter ... 5
2.8 Elektronische Umrichter ... 6
2.9 Ableitstrom ... 6
2.10 Niederimpedante Verbindung ... 7
2.11 Oberschwingungsströme (Harmonische Oberschwingungen) ... 7
2.12 Motorkabel ... 7

3 Einleitung ... 7

4 Anforderungen an Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) ... 8

5 Anforderungen an Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM) ... 9

6 Maßnahmen zur Vermeidungvon Fehlfunktionen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) und Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM) ... 9
6.1 Beurteilung der Ableitströme in der Planungsphase ... 9
6.2 Einsatz von ableitstromarmen Netzfiltern und Netzdrosseln zur Verringerung der Ableitströme ... 9
6.3 Eingangs-Einzelfilter und Eingangs-Sammelfilter ... 10
6.4 Einsatz von Ausgangsfilter zurVerringerung der Ableitströme ... 11
6.5 Aufteilung der Stromkreise mit hohen Ableitströmen ... 11
6.6 Schutz vor transienten Ableitströmen ... 12
6.7 Ausführung von Betriebsmitteln mit integrierter Elektronik in Schutzklasse II ... 12

7 Einsatz von Isolationsüberwachungssystemen ... 13
7.1 Aufbau eines IT-Systems mit Isolationsüberwachung ... 13
7.2 Permanente Isolationsüberwachung in TN-Systemen ... 13

8 Errichtung von Umrichteranlagen ... 14

9 Betrieb ... 15

Anhang A – Ablauf-Entscheidungsdiagramm ... 16

Anhang B – Literatur ... 17
GDV- und VdS-Publikationen ... 17
Normen ... 17
Allgemeine Veröffentlichungen ... 18

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinien gelten für elektrische Anlagen, in denen ein Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) aus Gründen des Brandschutzes gefordert wird und gleichzeitig durch elektrische Betriebsmittel wie frequenzgesteuerte Antriebe oder elektronisch gesteuerte Energieversorgungseinrichtungen (z. B. USV-Anlagen) erhöhte Ableitströme sowie störende Einflüsse durch Oberschwingungen zu erwarten sind.

Die nachstehenden Ausführungen wenden sich an Elektrofachkräfte und geben Anleitung und Anregung für wirksame Schutzmaßnahmen. Diese Hinweise können lediglich unverbindlichen Charakter haben. Ihre Anwendung entbindet nicht von der Notwendigkeit, die einschlägigen Normen oder sonstige technische Regeln, insbesondere des Gesetzes über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) zu beachten.

Die Richtlinien beschreiben Maßnahmen für Planung, Errichtung und Betrieb elektrischer Anlagen.

2 Begriffe

Neben den im Folgenden aufgeführten Begriffen gelten die der DIN VDE 0100-200 und anderer einschlägiger Normen (siehe Anhang B Literatur).

2.1 Feuergefährdete Betriebsstätten

sind nach DIN VDE 0100-482 Räume oder Orte in Räumen oder im Freien, bei denen die Gefahr besteht, dass sich nach den örtlichen und betrieblichen Verhältnissen leicht entzündliche Stoffe in gefahrdrohender Menge den elektrischen Betriebsmitteln so nähern können, dass höhere Temperaturen an diesen Betriebsmitteln oder Lichtbögen eine Brandgefahr bilden.

Hinweis: Informationen hierzu können VdS 2033 „Feuergefährdete Betriebsstätten und gleichzusetzende Risiken“ entnommen werden. Unbedingt berücksichtigt werden müssen aus der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) auf die Betriebsstätte abgeleitete Maßnahmen.

2.2 Leicht entzündliche Stoffe

sind brennbare Stoffe, die der Flamme eines Zündholzes 10 s lang ausgesetzt waren und nach der Entfernung der Zündquelle von selbst weiter brennen oder weiterglimmen.

Hierunter können fallen: Heu, Stroh, Strohstaub, Mehl, Hobelspäne, lose Holzwolle, Magnesiumspäne, Reisig, loses Papier, Baum- und Zellwollfasern, Kunststoffe, Lacke, Lösungsmittel und Öle.

2.3 Feuergefährdeten Betriebsstätten gleichzustellende Risiken

sind Gebäude, Räume, Orte, Stellen in Räumen oder im Freien, in denen eine erhöhte Personengefährdung besteht (z. B. Warenhäuser, Diskotheken, Bahnhöfe und Krankenhäuser) oder in denen hohe Werte bzw. unwiederbringliche Kulturgüter vorhanden sind (z. B. Museen, Galerien, Archive und Baudenkmäler).

Hinweis: Zuordnung gleichzustellende Risiken siehe VdS 2033.

2.4 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD)

sind Schutzeinrichtungen für den Schutz durch automatische Abschaltung. Sie trennen die angeschlossenen Stromkreise vom Netz, wenn über geerdete, nicht zum Betriebsstromkreis gehörende leitfähige Anlagenteile oder über den menschlichen Körper ein Fehlerstrom (Differenzstrom) fließt, der den Ansprechwert (Bemessungsdifferenzstrom) der RCD übersteigt.

Dabei ist zu beachten, dass diese Schutzeinrichtungen nicht zwischen

- durch Isolationsfehler entstandenen Fehlerströmen und
- betriebsbedingten Ableitströmen

unterscheiden können.

Bezüglich der Art des auftretenden Differenzstroms wird zwischen pulsstromsensitiven RCD (Typ A) und allstromsensitiven RCD (Typ B oder Typ B+) unterschieden. Pulsstromsensitive RCD können Wechsel- und pulsierende Gleichfehlerströme erfassen, allstromsensitive RCD zusätzlich auch glatte Gleichfehlerströme.

Abkürzungen:

RCD
(**R**esidual **C**urrent operated protective **D**evice)
Fehlerstrom-Schutzeinrichtung allgemein

RCCB
(**R**esidual **C**urrent operated **C**ircuit **B**reaker without integral overcurrent Protection)
Fehlerstromschutzschalter, auch FI-Schutzschalter genannt,
nach DIN EN 61008-1 VDE 0664-10

RCBO
(**R**esidual **C**urrent operated circuit **B**reaker with integral **O**vercurrent protection)
FI / LS Schalter
nach DIN EN 61009-1 VDE 0664-20

CBR
(**C**ircuit **B**reaker providing **R**esidual current protection)
Leistungsschalter mit Fehlerstromauslöser
nach DIN EN 60947-2 VDE 0660-101 Anhang B

MRCD
(**M**odular **R**esidual **C**urrent protective **D**evice)
Modulare Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
nach DIN EN 60947-2 VDE 0660-101 Anhang M, bei denen die Einheit zur Differenzstromerfassung, Differenzstrombewertung und der Lastschaltteil (z.B. Leistungsschalter) in getrennten Gehäusen untergebracht sind.

Typ A
Fehlerstrom-Schutzschalter zur Erfassung von pulsierenden Gleichströmen und Wechselströmen der Netzfrequenz **(pulsstromsensitiv)**
RCCB nach DIN EN 61008-1 VDE 0664 10
DIN EN 61008-2-1 VDE 0664-11
RCBO nach DIN EN 61009-1 VDE 0664 20
DIN EN 61009-2-1 VDE 0664-21
Kennzeichnung mit dem Symbol: 

Typ B
Fehlerstrom-Schutzschalter zur Erfassung von glatten und pulsierenden Gleichströmen sowie Wechselströmen bis 2000 Hz (allstromsensitiv)
RCCB nach E DIN VDE 0664 100
RCBO nach E DIN VDE 0664 200
Kennzeichnung mit den Symbolen:  und .

Typ B+
Fehlerstrom-Schutzschalter zur Erfassung von glatten und pulsierenden Gleichströmen sowie Wechselströmen bis 20 kHz (allstromsensitiv) für den gehobenen vorbeugenden Brandschutz
RCCB nach DIN V VDE V 0664-110
RCBO nach DIN V VDE V 0664-210
Kennzeichnung mit den Symbolen: , 
und

2.5 Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM)

sind Überwachungsgeräte, die wie eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) Differenzströme erfassen und anzeigen können, ohne jedoch eine Abschaltung zu bewirken. Mit diesen Geräten können die angeschlossenen Stromkreise konstant auf Isolationsfehler überwacht werden.

RCM
(**R**esidual **C**urrent **M**onitor)
Differenzstrom Überwachungseinrichtung ohne eigene Abschalteinrichtung
nach DIN EN 62020 VDE 0663

2.6 Isolationsüberwachungsgeräte (IMD)

werden in IT-Systemen (ohne geerdeten Sternpunkt oder Außenleiter des einspeisenden Transformators) eingesetzt und überwachen aktiv (durch Aussendung eines Signals) den Isolationszustand der angeschlossenen Stromkreise. Dabei erfolgt keine Abschaltung im ersten Fehlerfall.

IMD
(**I**nsulation **M**onitoring **D**evice)
Isolationsüberwachungsgerät
nach DIN EN 61557-8 VDE 0413-8

2.7 EMV-Filter

sind Kombinationen von Induktivitäten und Kapazitäten. Sogenannte Y-Kapazitäten leiten Ableitströme gegen PE ab (siehe Bild 1). EMV-Filter werden eingesetzt, um sowohl hochfrequente Störgrößen, die von Umrichtern erzeugt werden, auf ein normativ vorgeschriebenes Maß zu reduzieren als auch die Umrichter vor den Auswirkungen von Störgrößen zu schützen. EMV-Filter vor dem Umrichter werden auch als Netzfilter bezeichnet. Auf der Ausgangsseite der Umrichter werden z.B. Sinusfilter oder du/dt-Filter eingesetzt.

Als ableitstromarm werden Filter bezeichnet, die trotz gleich bleibender EMV- Eigenschaften einen extrem geringen Ableitrom gegen Erde verursachen. Je nach Herstellerangaben können durch Einsatz solcher Filter, die durch die Filter hervorgerufenen Ableitströme pro Filter auf unter 3,5 mA gesenkt werden.

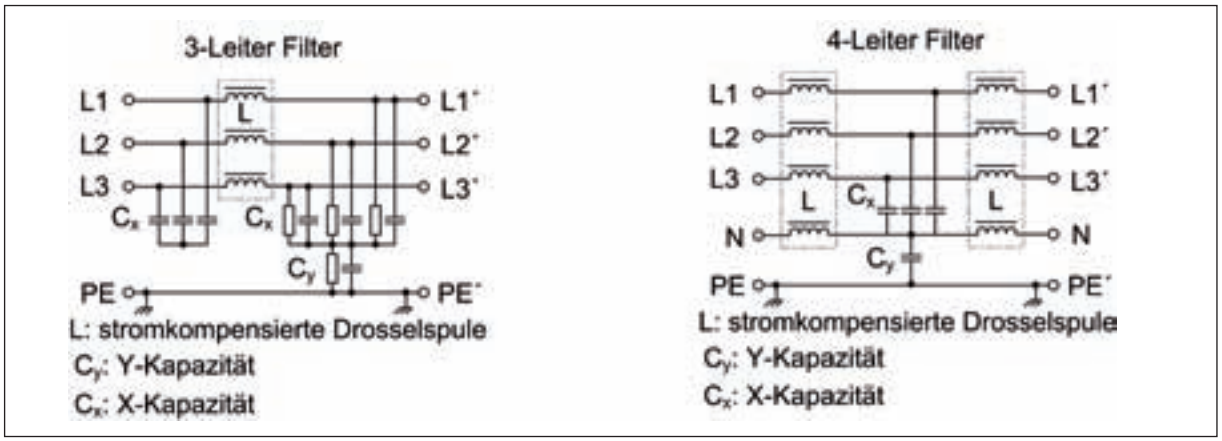


Bild 1: Prinzipieller Aufbau von ableitstromarmen EMV-Filtern

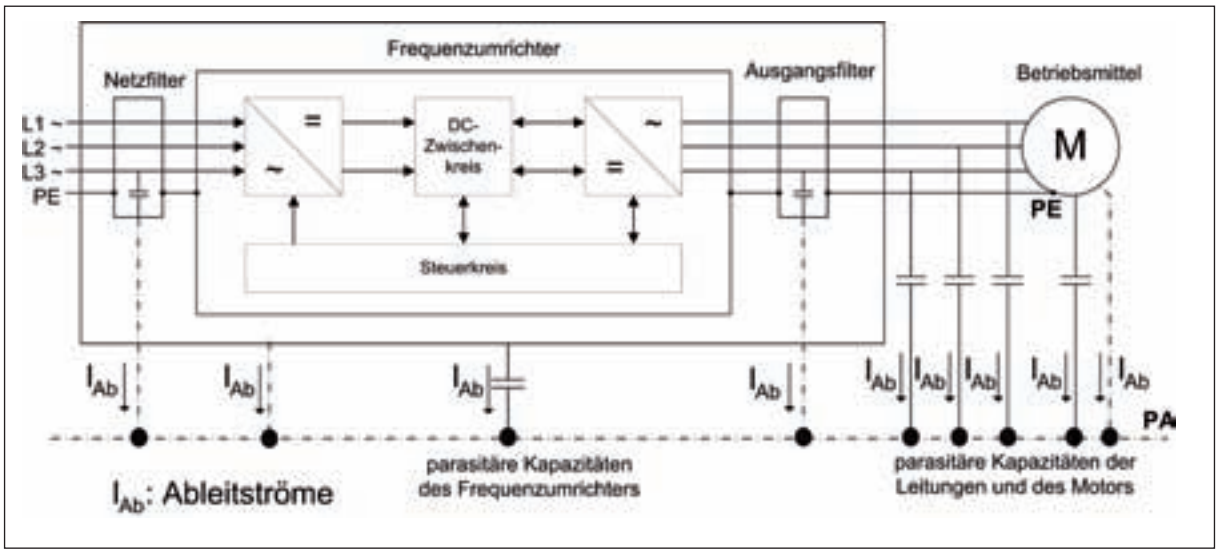


Bild 2: Typische Ableitströme in Stromkreisen mit Umrichtern

2.8 Elektronische Umrichter

im Folgenden kurz Umrichter genannt, sind nichtlineare elektrische Verbraucher. Sie bestehen aus Schaltungen mit elektronischen Bauteilen, die Oberschwingungsströme und erhöhte Ableitströme erzeugen können.

Es handelt sich z. B. um

- Frequenzumrichter (FU)
- USV-Anlagen
- Stromrichter.

2.9 Ableitstrom

im Sinne dieser Richtlinien ist ein Strom, der im wesentlichen über nicht zum Betriebsstromkreis gehörende Strompfade wie

a) Entladewiderstände für Kondensatoren innerhalb der angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel,
b) parasitäre Ableitkapazitäten der Kabel und Leitungen,
c) parasitäre Ableitkapazitäten in den angeschlossenen elektrischen Betriebsmitteln und
d) kapazitive Filter an Ein- und Ausgängen der angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel (z. B. EMV-Filter),
e) physikalisch vorhandene Isolationswiderstände von Kabeln und Leitungen sowie der angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel,

in der Regel zum Erdungs- bzw. Potentialausgleichssystem oder zum Schutzleiter der elektrischen Anlage fließt (siehe Bild 2).

Im Gegensatz dazu fließen die Ströme des Betriebsstromkreises (Betriebsströme) stets über die aktiven Leiter (L1, L2, L3, N) des jeweiligen Stromkreises zum Endverbraucher bzw. von ihm zurück zur Stromquelle.

In elektrischen Anlagen mit Frequenzumrichtern ist die Höhe der betriebsbedingten Ableitströme maßgeblich vom Frequenzumrichter selber sowie vom Motorkabel (siehe Abschnitt 2.12) abhängig.

Einen großen Anteil am Gesamt-Ableitstrom liefert das geschirmte Motorkabel. Ursachen hierfür sind die parasitären Kapazitäten zwischen den Außenleitern und dem Schutzleiter (PE) sowie dem Kabelschirm.

Zusätzlich treten bei Ein- und Ausschaltvorgängen in den Strompfaden Spannungsspitzen auf, die sehr hohe Frequenzanteile enthalten. Dadurch fließen über die beteiligten Kapazitäten (siehe Bild 2) kurzzeitige (transiente) Ströme zur Erde bzw. über den Schutzleiter (PE). Zudem erhöht sich der Ableitstrom über die EMV-Filter mit zunehmenden Oberschwingungsanteilen (Verzerrung) der Netzspannung.

Oftmals wird der Ableitstrom in der Literatur auch als Leckstrom bezeichnet. Der Anteil des Ableitstroms, der über den Schutzleiter (PE) fließt, wird Schutzleiterstrom genannt. Der Anteil des Ableitstroms, der über elektrisch leitfähige Teile, die direkt oder indirekt mit dem Potentialausgleich verbunden sind (wie Wasserrohre, Stahlträger, Kabeltrassen usw.), fließt, wird als vagabundierender Strom bezeichnet.

2.10 Niederimpedante Verbindung

(auch impedanzarme Verbindungen genannt) sind Verbindungen, die möglichst großflächig ausgeführt werden. Ist für eine Verbindung eine entsprechende Verbindungsleitung notwendig, so muss diese so kurz wie möglich gewählt werden. Ein Beispiel für eine niederimpedante Verbindung ist die großflächige Anbindung eines Kabelschirmes an ein Verteiler- oder Betriebsmittel-Gehäuse.

2.11 Oberschwingungsströme (Harmonische Oberschwingungen)

sind von nichtlinearen elektrischen Verbrauchern erzeugte Ströme, deren Frequenz ein Vielfaches der Netzfrequenz (Frequenz der Grundschwingung, 50 Hz) beträgt.

2.12 Motorkabel

sind in diesen Richtlinien die Kabel- bzw. Leitungsverbindungen zwischen Frequenzumrichter und angeschlossenem Verbrauchsmittel (z. B. Motor).

3 Einleitung

In vielen elektrischen Anlagen werden aus Gründen des Sachschutzes Schutzgeräte gefordert, die Fehlerströme bereits weit unterhalb des Bemessungsstroms (Nennstroms) des Verbrauchers, erfassen. Beispielsweise fordert die DIN VDE 0100-482 in feuergefährdeten Betriebsstätten eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 300$mA für den Schutz von Kabeln und Leitungen. Die Richtlinien „Feuergefährdete Betriebsstätten und diesen gleichzustellende Risiken“ (VdS 2033) geben in einer Tabelle Beispiele für feuergefährdete Betriebsstätten an, die bei der Beurteilung vor Ort zu Grunde gelegt werden können.

Eine weitere Möglichkeit, von Kabel und Leitungen ausgehende Brandgefahren zu vermeiden, ist die erdschluss- und kurzschlusssichere Verlegung. Diese Variante ist jedoch nicht Bestandteil dieser Richtlinien.

In zunehmendem Maße werden beim Betrieb von elektrischen Maschinen drehzahlveränderbare elektrische Antriebe, z. B. Frequenzumrichter, eingesetzt. Diese Frequenzumrichter mit den dazugehörigen Filtern und geschirmten Leitungen verursachen betriebsbedingte Ableitströme, die von den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) als Fehlerströme erkannt werden und zu einer Abschaltung führen können. Diese Richtlinien sollen Lösungswege aufzeigen, wie die Störwirkung dieser Ableitströme reduziert werden kann.

Ein weiterer Punkt ist die Tatsache, dass elektronische Betriebsmittel Oberschwingungsströme verursachen, die eine höhere Frequenz als die übliche Netzfrequenz aufweisen. Sie können dazu führen, dass eine notwendige Abschaltung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) verhindert wird. Deshalb werden in diesen Richtlinien auch die besonderen Anforderungen an Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) beschrieben, um einen sicheren Betrieb bei Stromkreisen mit elektronischen Einrichtungen wie z. B. Frequenzumrichtern auch mit vorgeschalteter Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) zu gewährleisten.

Da bei der Planung und Errichtung elektrischer Anlagen mit elektronischen Einrichtungen ein hohes Maß an fachlicher Kompetenz vorhanden sein muss, sollten derartige elektrische Anlagen von Elektrofachkräften mit fundierten Kenntnissen in der EMV geplant und errichtet werden. Solche Fachkräfte sind beispielsweise VdS-anerkannte EMV-Sachkundige (siehe Verzeichnis VdS 2832).

Als Zusammenfassung zu den Ausführungen dieser Richtlinien und als Hilfestellung für eine korrekte Planung und Errichtung ist im Anhang A dieser Richtlinien ein Ablauf- bzw. Entscheidungsdiagramm abgebildet.

4 Anforderungen an Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD)

4.1 Die Anforderungen an Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, die nach diesem Abschnitt berücksichtigt werden müssen, beziehen sich in erster Linie auf den Brandschutz. Der Personenschutz muss separat beurteilt werden.

4.2 Können im Fehlerfall glatte Gleichfehlerströme auftreten, müssen nach DIN EN 61800-5-1 VDE 0160-105-1, DIN EN 50178 VDE 0160 und DIN VDE 0100 530 allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) vom Typ B eingesetzt werden (siehe Abschnitt 4.4 letzter Absatz). Glatte Gleichfehlerströme können in Stromkreisen mit elektronischen Verbrauchsmitteln z. B. Frequenzumrichtern entstehen. Sie werden in der Regel durch eine pulsstromsensitive RCD Typ A nicht erfasst und können sogar deren Funktion derart störend beeinflussen, dass die geforderte Schutzwirkung hinter der RCD vom Typ A nicht mehr sichergestellt wird.

4.3 RCD vom Typ AC können lediglich reine Wechselströme erfassen. Sie sind in Deutschland nach DIN VDE 0100-530 für den geforderten Schutz durch automatische Abschaltung nicht erlaubt.

4.4 In Stromkreisen mit elektronischen Einrichtungen wie z. B. Frequenzumrichtern kommen im Fehlerfall oft gleichzeitig Fehlerströme unterschiedlicher Frequenzen, auch oberhalb von 1000 Hz vor. In den für RCD vom Typ B gültigen Normen E DIN VDE 0664 100/ 200 ist der Auslösestrombereich bis 2000 Hz definiert. Der Anwendungsbereich dieser Normen ist in erster Linie zum Schutz gegen elektrischen Schlag bestimmt. Sie können auch zum Schutz vor Brandgefahren infolge länger andauernder Erdfeldströme verwendet werden.

Aus Gründen des Sachschutzes ist die Brandgefährdung durch Fehlerströme auch bei hohen Frequenzen zu minimieren. RCD des Typs B+ für den gehobenen vorbeugenden Brandschutz erfüllen diese Bedingung. Ihr Frequenzbereich reicht von 0 bis 20 kHz. In seltenen Sonderfällen können Fehlerströme > 20 kHz auftreten. In diesen Fällen sind RCD zu verwenden, die auch Fehlerströme in diesen Frequenzbereich erfassen. Hier sind Angaben der Hersteller von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) zu beachten.

Die Normwerte des Bemessungsdifferenzstroms $I_{\Delta N}$ sind 30 mA, 100 mA und 300 mA.

Für RCD des Typ B+ sind die Vornormen DIN V VDE V 0664-110 und -210 gültig. Sie basieren auf den Normentwürfen für RCD des TYP B und erfüllen deren Eigenschaften mit Ergänzungen (siehe Frequenzbereich). Damit können RCD des Typs B+ ohne Einschränkungen in Anwendungen nach Abschnitt 4.2 eingesetzt werden.

4.5 Um Fehlauslösungen zu vermeiden, müssen RCD mit einer Ansprechverzögerung oder einer Mindeststoßstromfestigkeit von 3000 A (Impulsform 8/20 μs) eingesetzt werden. Diese sind, für die selektive Ausführung mit dem Symbol Ⓢ oder bei Kurzzeitverzögerungen mit dem jeweiligen herstellertypischen Symbol bzw. Kurzzeichen gekennzeichnet.

4.6 In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass eine RCD einen kleineren Fehlerstrom erfasst, als an der Isolationsfehlerstelle tatsächlich fließt, da ein Anteil des Fehlerstromes über die Schutzleiterverbindung des Netzfilters oder des Frequenzumrichters zum Zwischenkreis des Umrichters zurück fließt. Um dies auszuschließen, ist nach Errichtung mit einem, speziell für diese Prüfung entwickelten RCD Prüfgerät (welches am Ausgang des eingeschalteten Umrichters funktionstüchtig ist) die Wirksamkeit der Schutzeinrichtung zu prüfen. Die Prüfung muss bei einer Motorfrequenz von 0 Hz bis max. 10 Hz erfolgen. Dabei ist die dem RCD Prüfgerät beiliegende Prüfanleitung genau zu beachten. Der Prüfer muss während der Prüfung gewährleisten, dass es durch eine Motordrehzahl ≠ 0 zu keiner Gefährdung von Mensch oder Maschine kommen kann. Ist die Wirksamkeit der RCD nicht gegeben, müssen Maßnahmen nach Abschnitt 7 (Einsatz von Isolationsüberwachungssystemen) realisiert werden.

5 Anforderungen an Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM)

Kann eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) nicht eingesetzt werden, z.B. weil der Betriebsstrom des zu schützenden Stromkreises größer ist als der größte Bemessungsstrom der RCD, so bildet eine allstromsensitive Differenzstrom-Überwachungseinrichtung (RCM) oder MRCD mit Abschalteinrichtung (z.B. Leistungsschalter) sowie CBR eine Alternative. Die im Abschnitt 4 beschriebenen Anforderungen sind sinngemäß auch auf diese zu übertragen. Bei möglichst konstanten betriebsbedingten Ableitströmen bietet sich der Einsatz einer RCM, CBR oder MRCD an, so dass diese durch Einstellen der Ansprechempfindlichkeit der RCM, CBR oder MRCD berücksichtigt werden.

Zur Realisierung der Schutzmaßnahme „Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall“ nach DIN VDE 0100-410 sind RCM jedoch nicht zulässig.

6 Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlfunktionen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) und Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM)

6.1 Beurteilung der Ableitströme in der Planungsphase

6.1.1 Bei der Planung von Stromkreisen mit elektronischen Einrichtungen wie z. B. Frequenzumrichter, müssen diese Einrichtung selbst, die EMV- Filter (siehe Abschnitt 6.2, 6.3 und 6.4), das Motorkabel und der Motor als Gesamtsystem betrachtet werden, in dem sich diese Komponenten stets gegenseitig beeinflussen. Z. B. hat ein Ausgangsfilter Einfluss auf die maximale Kabellänge bzw. auf den Ableitstrom, der aus dem Motorkabel resultiert (siehe Abschnitt 6.4).

6.1.2 Funkentstörmaßnahmen können die Höhe des Ableitstroms beeinflussen. Um den Ableitstrom möglichst gering zu halten, sind diese Funkentstörmaßnahmen auf das normativ vorgeschriebene Maß zu reduzieren. Basis dafür sind die Emissions-Grenzwerte nach Klasse A (Industriegebiet) und Klasse B (Wohn- und Gewerbebereich).

6.1.3 Die vom Frequenzumrichter erzeugten Ableitströme sind u. a. abhängig von der Taktfrequenz (Chopperfrequenz) des Umrichters. Sie sollte deshalb (sofern möglich) so eingestellt werden, dass der geringste Gesamtableitstrom des Systems erreicht wird.

6.1.4 Bei Ausgangsfiltern ist das von deren Hersteller vorgegebene Frequenzband zu berücksichtigen. Bei einem fest vorgegebenem Frequenzband sind z. B. der Flexibilität in der Taktfrequenz Grenzen gesetzt. Hier muss der Hersteller des Frequenzumrichters befragt werden, mit welchen Filtern und welchen Taktfrequenzen die besten Lösungen möglich sind.

6.1.5 Die über das Motorkabel fließenden Ableitströme sind abhängig von der Länge und vom Aufbau dieses Kabels sowie davon, ob es geschirmt oder ungeschirmt ist. Die Motorkabellänge ist so gering wie möglich zu halten. Empfehlenswert sind Umrichter, die direkt am Motor angebracht sind. Bei langen Motorleitungen sollte ein Sinusfilter verwendet werden (siehe Abschnitt 6.4).

6.1.6 In vielen Fällen ist es hilfreich, eine Ableitstrombilanz bereits in der Planungsphase aufzustellen, um möglichen Problemen frühzeitig entgegenwirken zu können. Tabelle 1[1] soll dazu dienen, eine derartige Bilanz anzufertigen. In ihr sind alle Komponenten enthalten, die Ableitströme verursachen. Sinnvoller Weise ist die Ableitstrombilanz in Zusammenarbeit zwischen Planer und Hersteller des Frequenzumrichters sowie der Filter zu erarbeiten. Bei der Bilanz der Ableitströme sind Frequenzen bis 1 MHz zu berücksichtigen. Es können verschiedene Varianten (z.B. mit unterschiedlichen Taktfrequenzen oder mit und ohne Ausgangsfilter) durchgespielt werden. Ziel ist es, den Ableitstrom unterhalb der Auslöseschwelle der Fehlerstrom Schutzeinrichtung (RCD) zu halten.

6.2 Einsatz von ableitstromarmen Netzfiltern und Netzdrosseln zur Verringerung der Ableitströme

6.2.1 Im Vergleich zu Standardfiltern kann der Ableitstrom durch den Einsatz von ableitstromarmen Filtern stark reduziert werden. Dies gilt gleichermaßen für 3- und 4-Leiter Filter.

6.2.2 Werden ableitstromarme Filter eingesetzt, muss bedacht werden, dass je nach Herstellerangabe die Motorkabellänge stärker als bei Standardfiltern beschränkt sind.

[1] Die Ableitströme können in der Planungsphase nicht genau bestimmt werden. Das Ergebnis in der Tabelle 1 bietet Anhaltspunkte für die zu erwartende Größenordnung der Ableitströme.

Tabelle 1: Ableitstrombilanz	
Angaben vom Planer	
Funkentstörgrad: *Klasse A (Industriegebiet)* *Klasse B (Wohn- und Gewerbebereich)*	
Motorleistung:	
Motorkabellänge:	
Ableitstrom Motorkabel: *Beachte: bei Einsatz von Ausgangsfiltern kann evtl. die Schirmung des Motorkabels entfallen und der Ableitstrom des Motors wird reduziert*	
Angaben vom Hersteller des Frequenzumrichters	
Leistung des FU:	
Nennstrom des FU:	
Ableitstrom des FU (0 - 50Hz:)	
Ableitstrom des FU (bis 1MHz:)	
bei Taktfrequenz:	
Ableitstrom je Meter Leitungslänge (geschirmt):	
Kabeltyp	
bei Taktfrequenz:	
Ableitstrom je Meter Leitungslänge (ungeschirmt):	
Kabeltyp	
bei Taktfrequenz:	
Angaben vom Filterhersteller	
Ableitstrom des Netzfilters:	
Nennstrom Netzfilter	
Ableitstrom des Ausgangsfilters:	
Nennstrom Ausgangsfilter:	
Summe der Ableitströme (ohne Ableitstrom des Motors)	

6.2.3 Wird der frequenzgesteuerte Antrieb im Wohn- und Gewerbebereich aufgestellt, ist besonders bei ableitstromarmen Filtern darauf zu achten, dass die Emissions-Grenzwerte der Klasse B eingehalten werden. Hier sind Absprachen zwischen dem Planer der elektrischen Anlage und dem Hersteller der Filter zwingend erforderlich.

6.3 Eingangs-Einzelfilter und Eingangs-Sammelfilter

6.3.1 In elektrischen Anlagen mit mehreren Umrichtern sollte nach Möglichkeit ein gemeinsames EMV-Filter (Sammelfilter) vorgesehen werden, da der Ableitstrom des Sammelfilters meist kleiner ist, als die Summe der Ableitströme sämtlicher Einzelfilter. In diesem Fall müssen die parallelgeschalteten Umrichter aufeinander abgestimmt sein. Dies ist dann der Fall, wenn Umrichter eines Herstellers ausgewählt wurden und dieser seine Produkte für diesen Anwendungsfall ausgelegt hat. Ein weiterer Vorteil von Sammelfiltern ist die erhebliche Reduzierung des Einschaltableitstromes.

6.3.2 Auch wenn Einzelfilter schon vorhanden sind, kann durch den Einsatz eines gemeinsamen 4-Leiter Filters die Summe der Ableitströme noch erheblich reduziert werden. Allerdings setzt diese Möglichkeit eine detaillierte Betrachtung zur Abstimmung der Filter untereinander voraus. Hier sind Absprachen zwischen dem Planer

der elektrischen Anlage und dem Hersteller der Filter zwingend erforderlich.

6.3.3 Einphasig betriebene Umrichter sollten gleichmäßig auf alle drei Außenleiter aufgeteilt werden, um Unsymmetrien zu minimieren.

6.3.4 Der Einsatz von Netzdrosseln ist empfehlenswert, weil dadurch die Stromwelligkeit einschließlich der Oberschwingungen sowie die Wirkung des Einschaltableitstroms zusätzlich reduziert wird. Auf diese Weise tragen sie indirekt zur Begrenzung der Ableitströme bei. Die Netzdrosseln sollten immer vor den EMV-Filtern gesetzt werden.

6.4 Einsatz von Ausgangsfilter zur Verringerung der Ableitströme

Die durch das Motorkabel bedingten Ableitströme können durch kürzere Leitungslängen und/oder den Einsatz eines Sinusfilters reduziert werden. Liegt die Störabstrahlung unterhalb der normativen Grenzwerte, kann auf den Leitungsschirm verzichtet werden. Damit verbunden ist eine Reduzierung der parasitären Leitungskapazitäten und auch der Ableitströme, da bei geschirmten Leitungen die Parasitärkapazität und damit der Ableitstrom gegenüber Leitungen ohne Schirm um den Faktor 2 bis 3 erhöht ist.

Bei Einsatz eines Sinusfilters mit Rückführung zum Zwischenkreis (Sinusfilter mit DC Link) wird die Störabstrahlung noch stärker reduziert (siehe Bild 3).

Weiter werden die angeschlossenen Motoren bei dem Einsatz von Sinusfiltern und die daraus resultierende annähernde Sinusform von Strom und Spannung, weder elektrisch noch mechanisch überproportional beansprucht.

Durch die Induktivitäten des Filters wird ein hoher Spannungsfall verursacht, dieser Spannungsfall sollte durch den Umrichter ausgeglichen werden können. Bei hochdynamischen Antrieben, z.B. Werkzeugmaschinen mit hoher Beschleunigung können Sinusfilter, Aufgrund der Speicherfunktion der im Filter vorhandenen Induktivitäten und Kapazitäten, nicht eingesetzt werden. Alternativ können Ausgangsdrosseln oder du/dt-Filter verwendet werden. Diese besitzen allerdings nicht die gleiche Effektivität bezüglich der Reduzierung der Ableitströme wie ein Sinusfilter.

Darüber hinaus trägt der Einsatz von Ferrit-Kernen in der Motorzuleitung zu einer weiteren Reduzierung von Ableitströmen bei. Hier sind bei der Montage die Herstellerangaben zu berücksichtigen.

6.5 Aufteilung der Stromkreise mit hohen Ableitströmen

Eine weitere Möglichkeit, den Ableitstrom für eine vorgeschaltete Fehlerstrom-Schutzeinrichtung

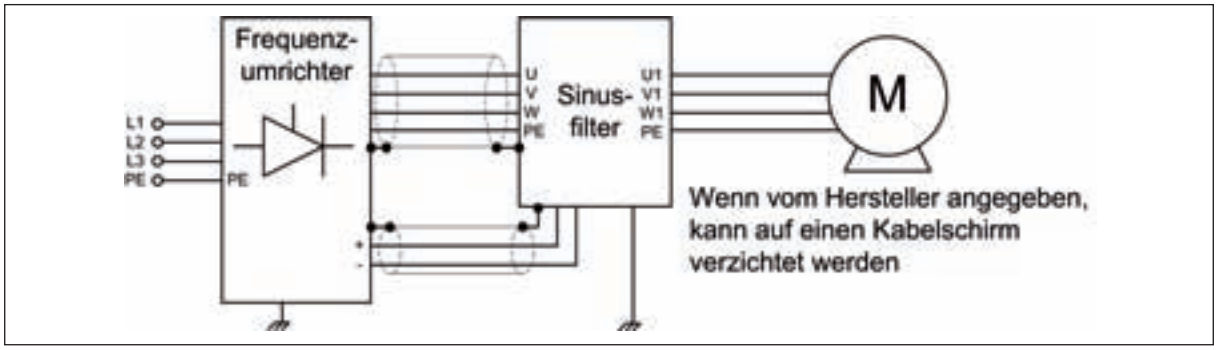


Bild 3: Sinusfilter mit Rückführung zum Zwischenkreis

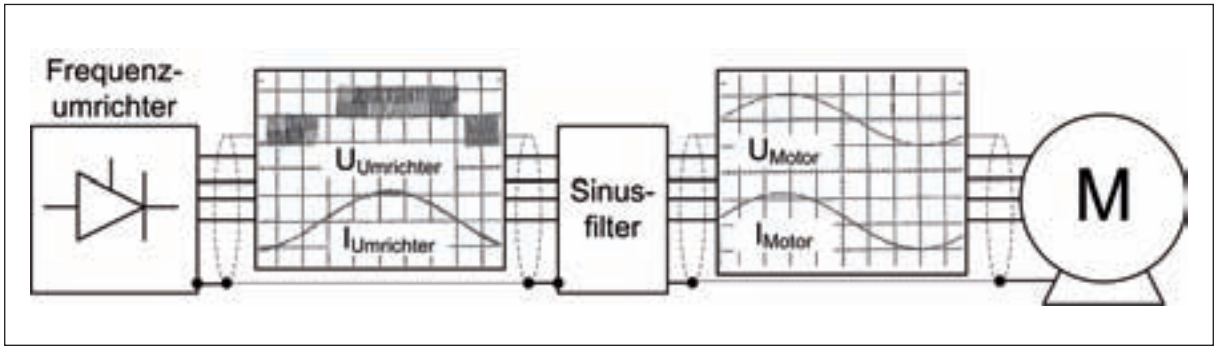


Bild 4: Typische Verläufe von Spannung und Strom vor und hinter einem Sinusfilter

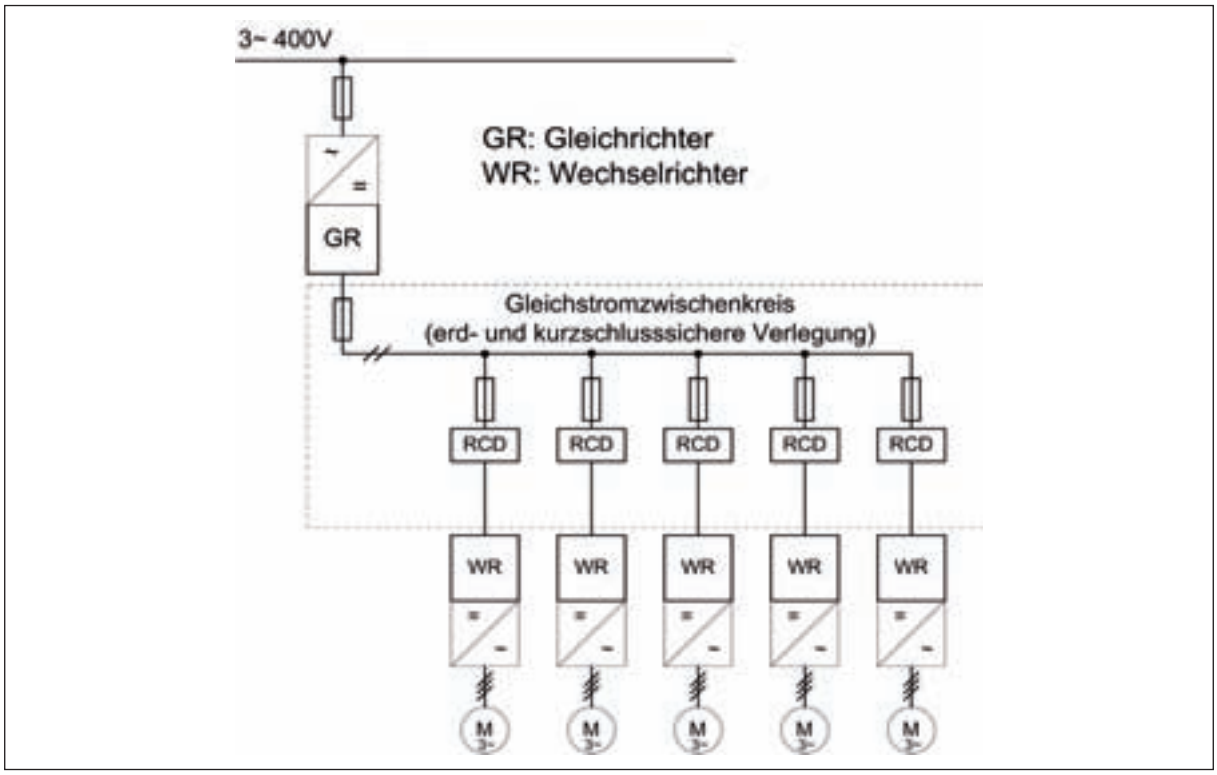


Bild 5: Installation von RCD oder RCM im Gleichstromzwischenkreis

(RCD) zu verringern ist, die Stromkreise von mehreren Umrichtern, sofern möglich, auf verschiedene durch RCD überwachte Stromkreise so aufzuteilen, dass der Ableitstrom pro RCD kleiner ist als deren 0,4-facher Bemessungsdifferenzstrom. Dadurch ergibt sich gleichzeitig eine selektive Abschaltung der einzelnen Umrichter.

Diese Lösung ist ebenso in Anlagen möglich in denen Gleichrichter und Wechselrichter räumlich getrennt sind (z. B. jeweils in verschiedenen Schaltschränken). An diesem Gleichrichter werden dann mehrere Wechselrichter betrieben. In diesem Fall werden die RCD oder RCM in den Gleichstromzwischenkreisen (DC-Kreise) installiert. Dadurch werden die einzelnen RCD/RCM nicht durch den gesamte Ableitstrom der Anlage beeinflusst, weil dieser sich auf mehrere (DC-) Stromkreise verteilt. Die Leitungen im jeweiligen DC-Zwischenkreis (vor der RCD/RCM) müssen erdschluss- und kurzschlusssicher verlegt werden. Die RCD müssen für den Einsatz in reinen Gleichstromkreisen geeignet sein, d.h. sie müssen z. B. Gleichströme sicher schalten können und der elektronische Teil der RCD muss mit Gleichspannung betrieben werden können. Für diese Anwendung muss vom Hersteller der Schutzeinrichtung sowie des Frequenzumrichters eine Freigabe eingeholt werden.

6.6 Schutz vor transienten Ableitströmen

Bei einem Schaltvorgang, z. B. eines dreipoligen Schalters, schließen oder öffnen die Pole des Schalters nicht immer absolut gleichzeitig. Dadurch entstehen kurzzeitige (transiente) Ableitströme, die eine unerwünschte Auslösung der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) bewirken können. Durch schnelle und auf allen Polen gleichzeitig wirkende Schaltorgane, z. B. Schalter mit Sprungschaltfunktion oder allpolig schaltende Schütze, können diese transienten Ableitströme in ihrer Dauer kurz gehalten werden, so dass sie innerhalb der Ansprechverzögerungsdauer der RCD abklingen und eine unerwünschte Abschaltung vermieden wird.

Bei leistungsstarken Motoren sind höhere Ableitströme während des Anlaufs zu beachten.

6.7 Ausführung von Betriebsmitteln mit integrierter Elektronik in Schutzklasse II

Zur Vermeidung von Ableitströmen sollten Betriebsmittel, z. B. Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) in Schutzklasse II ausgeführt sein. Bei fest installierten Betriebsmitteln der Schutzklasse II ist in der Zuleitung ein Schutzleiter mitzuführen.

7 Einsatz von Isolationsüberwachungssystemen

7.1 Aufbau eines IT-Systems mit Isolationsüberwachung

7.1.1 Die derzeit beste Lösung zur Isolationsüberwachung in Stromkreisen mit elektronischen Einrichtungen wie z. B. Frequenzumrichtern ist der Aufbau eines IT-Systems mit Isolationsüberwachung, da Isolationsüberwachungseinrichtungen von betriebsbedingten Ableitströmen nicht beeinflusst werden.

7.1.2 Damit die Isolationsüberwachungseinrichtung nicht durch Fremdgleichspannung außer Funktion gesetzt werden kann, müssen bei geregelten Antrieben Isolationsüberwachungseinrichtungen mit geeigneter Messspannung eingesetzt werden.

7.1.3 Nach DIN EN 61800-3 VDE 0160-103 gibt es bei IT-Systemen keine einzuhaltenden EMV-Grenzwerte. Dafür müssen diese Anlagen eingemessen und die Messungen im EMV-Plan dokumentiert werden. Um die EMV Anforderungen zu erfüllen, werden in diesem EMV-Plan zwischen Anwender und Hersteller entsprechende Kennwerte vereinbart.

7.1.4 Bei Umrichtern in IT-Systemen müssen spezielle Filter eingesetzt werden (Filter ohne oder mit sehr hochohmiger Erdverbindung).

7.1.5 Der Aufbau des IT-Systems mit den dazu gehörigen Schutzvorkehrungen sollte der GDV Publikation „Störungsarme Elektroinstallationen“ (VdS 2349) entsprechen.

7.1.6 In jedem Fall sind bei der Planung die Hersteller der Frequenzumrichter, der Filter sowie der Isolationsüberwachungseinrichtung zu befragen und deren Angaben zu berücksichtigen.

7.2 Permanente Isolationsüberwachung in TN-Systemen

Kommt in einem TN-System die Errichtung eines IT-Systems nicht in Betracht, ist die bevorzugte Lösung zur sicheren Überwachung von Isolationsfehlern eine konstante Isolationsüberwachung für TN-Systeme. Diese Lösung ist mit der zuvor (siehe Abschnitt 7.1) beschriebenen Lösung im IT-System vergleichbar. Allerdings benötigt man hier keinen separaten Transformator für den Aufbau eines IT-Systems. Die Funktionsweise des TN-Systems bleibt erhalten.

Für den Aufbau der Isolationsüberwachung in TN-Systemen wird ein Generator zur Einspeisung des induktiven Messstroms benötigt. Dieser Generator muss nur einmal am Einspeisepunkt vorhanden sein. Empfohlen wird die Einbindung des Generators in den Sternpunkt der Anlage (im Bild 6 mit Punkt-Strich-Linie gekennzeichnete Möglichkeit). Wenn kein Sternpunkt vorhanden ist, wird er, wie im Bild 6 mit durchgehender Linie dargestellt, eingebunden. Hinter dem Generator können mehrere Auswerteeinheiten angeordnet werden. Mit den vorhandenen Kontaktausgängen können z. B. Leistungsschalter selektiv abgeschaltet werden.

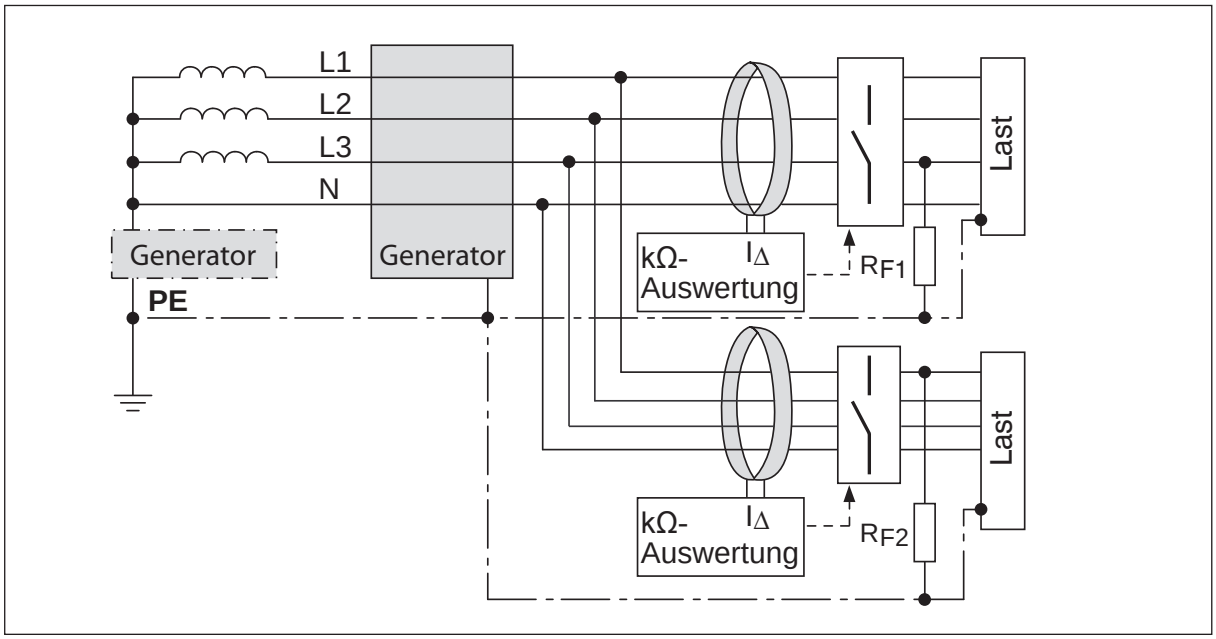


Bild 6: Aufbau der Isolationsüberwachungseinrichtung für geerdete Netze

8 Errichtung von Umrichteranlagen

8.1 Ziel muss es sein, eine möglichst niederimpedante Potentialausgleichsverbindung zwischen dem umrichtergesteuerten Verbrauchsmittel und dem Schutzleiteranschluss des Gleichstrom-Zwischenkreis des Umrichters herzustellen. Grundsätzliche Anforderungen in Bezug auf diese Zielsetzung werden in den Abschnitten 8.3 bis 8.10 beschriebenen.

8.2 Als Motorkabel dürfen ausschließlich geeignete Kabel und Leitungen verwendet werden (z. B. 2YSLCY-J).

8.3 Bei fest installierten Umrichteranlagen muss ein möglichst umfassender zusätzlicher Potentialausgleich errichtet werden, der sämtliche leitfähigen Teile im Umfeld der Umrichteranlage sowie den Schutzleiter der Einspeisung miteinander verbindet. Der Querschnitt des Potentialausgleichsleiters muss nach DIN VDE 0100-540 mindestens 4 mm² Cu und bei Berücksichtigung von Maßnahmen des Blitz- und Überspannungsschutzes nach DIN EN 62305-3 VDE 0185-305-3 mindestens 6 mm² Cu betragen.

8.4 Das Motorkabel muss so kurz wie möglich sein und über den gesamten Verlauf möglichst dicht an den Potentialausgleich des Gebäudes herangeführt werden. Dies kann erreicht werden, indem es auf metallene Tragesysteme oder in metallene Kanäle bzw. Rohre verlegt wird.

8.5 Für einen ausreichenden zusätzlichen Potentialausgleich sind folgende Teile (soweit praktikabel bzw. vorhanden) miteinander sowie mit dem Schutzleiter (PE) im Gebäude zu verbinden:

- Metallene Leitungstrassen und einzelne metallene Leitungen sämtlicher Gewerke (Elektro, Heizung, Lüftung, Sanitär),
- PE-Schiene sämtlicher Verteiler,
- Zwischenbodenkonstruktionen (wobei die gesamte Konstruktion des Zwischenbodens leitfähig untereinander verbunden sein muss),
- Metallene Deckenkonstruktionen (durchverbunden wie zuvor beim Zwischenboden)
- Metallene Gebäudekonstruktionen wie Stützen oder Träger usw.

8.6 Im gesamten Raum, in dem sich die Umrichteranlage befindet, sollte ein möglichst engmaschiges (Maschenweite maximal 5 x 5 m) Fundamenterder-Netzwerk errichtet werden. Der Fundamenterder muss so häufig wie möglich mit der Armierung des Gebäudes verrödelt werden.

8.7 An einer Wand ist an geeigneter Stelle eine Anschlussfahne (gegebenenfalls mehrere – je nach Größe der Anlage), die mit dem Fundamenterder verbunden ist, vorzusehen. An diese Anschlussfahne wird eine Potentialausgleichsschiene, die in ca. 30 – 50 cm über dem Fußboden montiert wird, angeschlossen. An dieser Potentialausgleichsschiene werden auch die Verbindungen der übrigen Teile des zusätzlichen Potentialausgleichs durchgeführt.

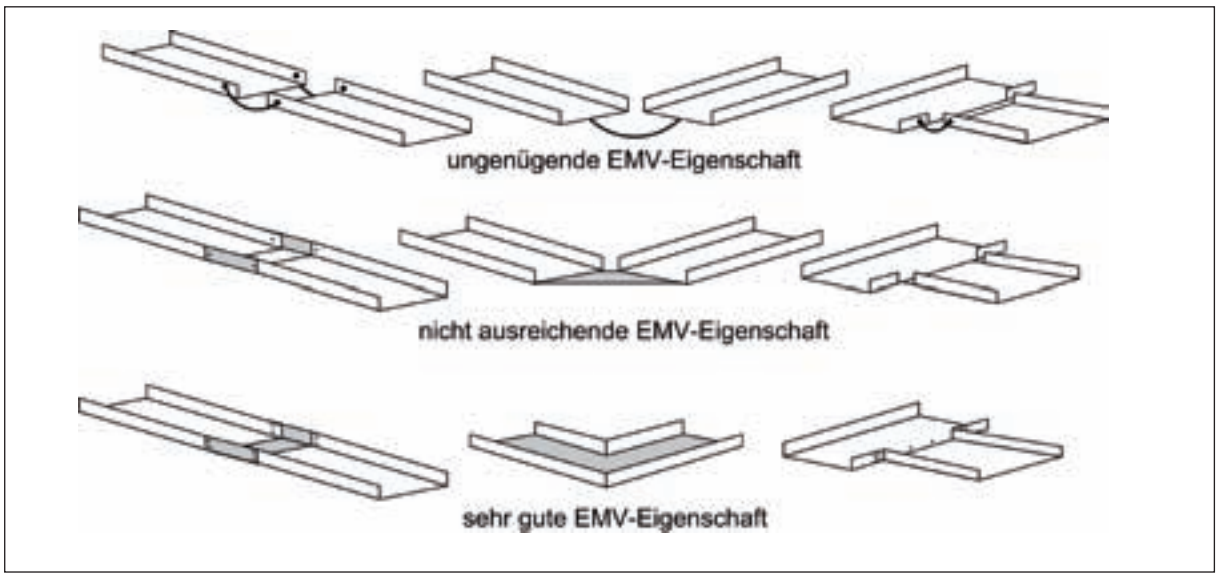


Bild 7: Potentialausgleich nach DIN VDE 0100-444

8.8 Sämtliche Tragesysteme (Kanäle oder Rohre) müssen aus leitfähigem Material bestehen und mindestens beidseitig in den Potentialausgleich einbezogen und niederimpedant (nach DIN VDE 0100-444, Abschnitt 444.5.8.2) durchverbunden werden (siehe Bild 7).

Parallele Tragesysteme müssen in Abständen von ca. 20 m miteinander verbunden werden. Dabei gelten metallene und leitfähig verbundene Aufhänge- und Auslegekonstruktionen als ausreichende Verbindung.

8.9 Der Umrichter und die zugehörigen Filter müssen möglichst großflächig (z. B. auf einer gemeinsamen metallenen Grundplatte) miteinander und mit dem vorgenannten Trassensystem der Motorzuleitung verbunden sein.

8.10 Sämtliche Schirmanschlüsse müssen direkt und großflächig an beiden Enden des Schirms ausgeführt werden. Der Anschluss darf auch nicht über Schleifen (sogenannte „Schwalbenschwänze“ oder „Pigtails“) des Schirms vorgenommen werden.

8.11 Der Errichter hat bei der Errichtung von Stromkreisen mit elektronischen Einrichtungen wie z. B. Frequenzumrichten sowie bei der Errichtung von Frequenzumrichteranlagen die Montageanleitungen des Herstellers der Umrichteranlage, der Filter sowie der zugehörigen Schutzeinrichtungen genau zu beachten. Gegebenenfalls sind Absprachen mit dem Hersteller zu treffen.

8.12 Von Stromkreisen, die durch eine RCD Typ A geschützt sind, dürfen keine Stromkreise abzweigen, die durch eine RCD Typ B geschützt werden sollen.

8.13 Auf keinen Fall dürfen bei dreiphasigen Stromkreisen zwischen dem Frequenzumrichter und dem angeschlossenen Verbrauchsmittel einphasige Stromkreise abgezweigt werden. Eine unsymmetrische Belastung dieses dreiphasigen Stromkreises muss unter allen Umständen vermieden werden.

9 Betrieb

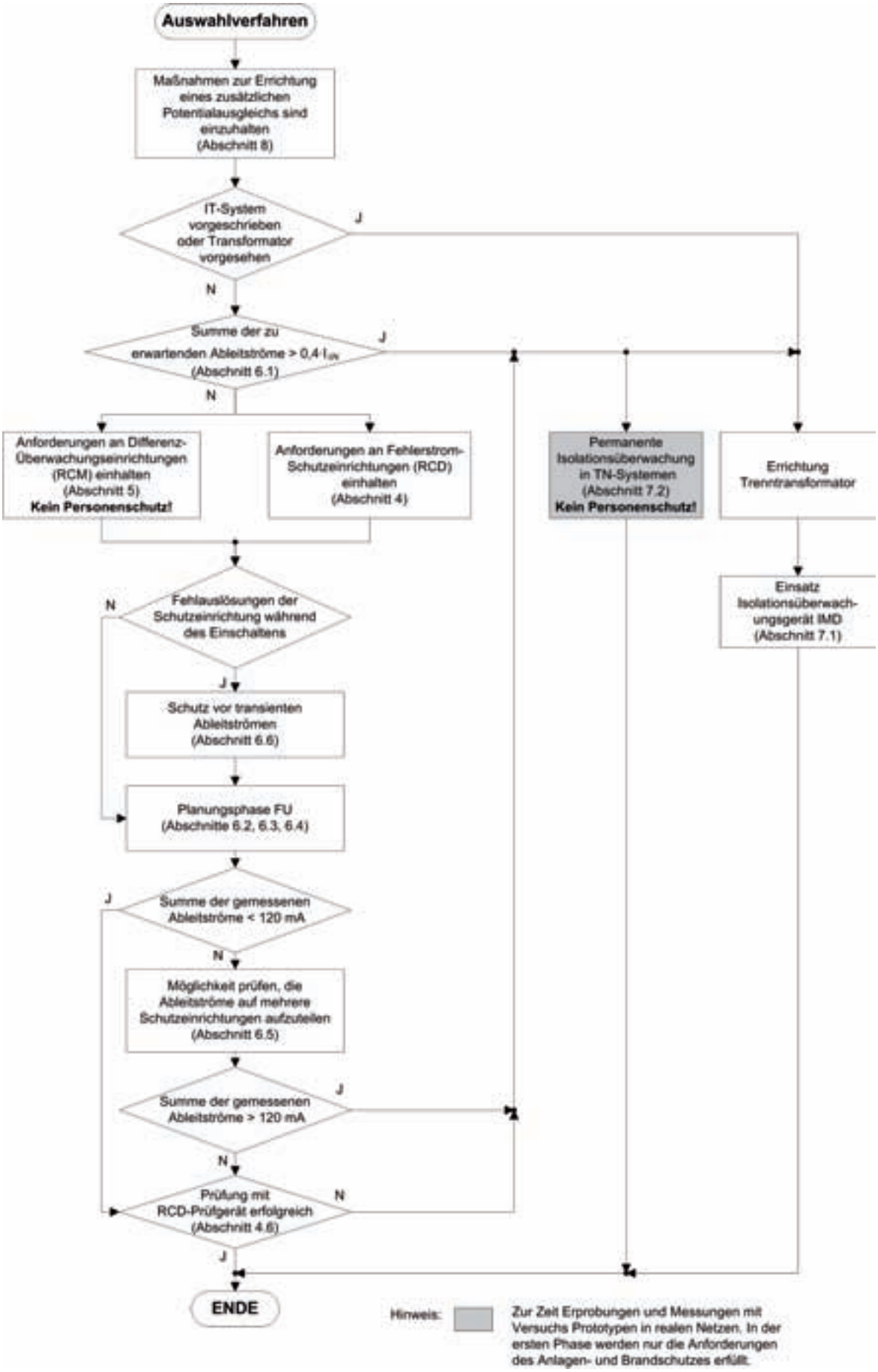
Die Funktion der RCD, MRCD, CBR oder RCM sollte durch Messung wiederkehrend geprüft werden. Es empfiehlt sich hierfür ein Prüfzyklus von 4 Jahren[2]. Löst eine RCD wiederholt aus, muss eine Überprüfung und evtl. Instandsetzung der betroffenen Stromkreise durch eine Elektrofachkraft erfolgen. Um eine Fehlerdiagnose und –beseitigung sicherzustellen, werden zur genauen Untersuchung Elektrofachkräfte mit einer Zusatzqualifikation, z. B. VdS anerkannte EMV-Sachkundige, empfohlen.

Bei einem CBR, MRCD oder RCM mit einstellbaren Werten sind zusätzlich die vorgenommenen Einstellungen zu überprüfen. Die CBR, MRCD oder RCM sollten in einem separaten, verschließbaren Gerätekasten untergebracht oder ihre Einstellelemente plombierbar sein.

Der Betreiber hat bei Umrichteranlagen mit konstanter Überwachung des Isolationszustands nach Abschnitt 7 dafür zu sorgen, dass der erste vom Gerät angezeigte Fehler so schnell wie möglich beseitigt wird.

[2] Kürzere Prüfzyklen aufgrund Berufsgenossenschaftlicher Vorschriften oder der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) sind möglich!

Anhang A – Ablauf-Entscheidungsdiagramm



Anhang B – Literatur

GDV- und VdS-Publikationen

VdS 2033 Elektrische Anlagen in feuergefährdeten Betriebsstätten und diesen gleichzustellende Risiken

VdS 2046 Sicherheitsvorschriften für Starkstromanlagen bis 1000V

VdS 2349 Störungsarme Elektroinstallation

VdS 2832 VdS-anerkannte EMV-Sachkundige, Verzeichnis

VdS Schadenverhütung Verlag
Amsterdamer Straße 174, 50735 Köln
Internet: www.vds.de

Normen

DIN VDE 0100 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt

- **Teil 444** Schutz bei Überspannungen - Schutz gegen elektromagnetische Störungen.
- **Teil 482** Brandschutz bei besonderen Risiken oder Gefahren.
- **Teil 530** Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte
- **Teil 540** Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter

DIN EN 62020 VDE 0663 Differenzstrom-Überwachungsgeräte für Hausinstallationen und ähnliche Verwendung (RCM)

DIN EN 61008-1 VDE 0664-10 Fehlerstrom-/ Differenzstrom-Schutzschalter ohne eingebauten Überstromschutz (RCCB) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen

DIN EN 61008 2-1 VDE 0664-11 Fehlerstrom-/ Differenzstrom-Schutzschalter ohne eingebauten Überstromschutz (RCCBS) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen - Anwendung der allgemeinen Anforderungen auf netzspannungsunabhängige RCCBs

DIN EN 61009-1 VDE 0664-20 Fehlerstrom/ Differenzstrom-Schutzschalter mit eingebauten Überstromschutz (RCBO) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen

DIN EN 61009 2-1 VDE 0664-21 Fehlerstrom-/ Differenzstrom-Schutzschalter mit eingebautem Überstromschutz (RCBOs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen - Anwendung der allgemeinen Anforderungen auf netzspannungsunabhängige RCBOs

E DIN VDE 0664-100 Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen - RCCB

DIN V VDE V 0664-110 Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B+ zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen für den gehobenen vorbeugenden Brandschutz - RCCB

E DIN VDE 0664-200 Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen – RCBO

DIN V VDE V 0664-210 Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B+ zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen für den gehobenen vorbeugenden Brandschutz – RCBO

DIN EN 60947-2 VDE 0660-101 Niederspannungsschaltgeräte, Leistungsschalter

- Anhang B: Leistungsschalter mit Fehlerstromschutz (CBR)
- Anhang M: Modulare Fehlerstromgeräte (ohne integrierte Abschaltvorrichtung) (MRCD)

DIN EN 50178 VDE 0160 Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln

DIN EN 61800-5-1 VDE 0160-105-1 Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl - Anforderungen an die Sicherheit -Elektrische, thermische und energetische Anforderungen

DIN EN 62305-3 VDE 0185-305-3 Blitzschutz: Schutz von baulichen Anlagen und Personen

DIN EN 61800-3 VDE 0160-103 Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe, EMV-Produktnorm einschließlich spezieller Prüfverfahren

DIN EN 61000-3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Grenzwerte

DIN EN 55011 Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM-Geräte), Funkstörungen, Grenzwerte und Messverfahren

DIN EN 61204-3 Stromversorgungsgeräte für Niederspannung mit Gleichstromausgang: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

VDE-Verlag GmbH, Berlin-Offenbach
Bismarckstr. 33, 10625 BerlinI
nternet: www.vde-verlag.de/

Allgemeine Veröffentlichungen

Gregor Schenke, Thomas Dunz, Uwe Schüler
Institut für Informatik, Automatisierungstechnik und Robotik (FH OOW)
Manfred Schmidt, Günter Grünebast
Doepke Schaltgeräte GmbH & Co. KG:
Personenschutz in Netzen mit Frequenzumrichtern,
in Zeitschrift „etz“ Heft S2/2004

Karl-Hans Kaul
Dipl.-Ing. W. Bender GmbH & Co.KG:
Methoden der konstanten Isolationsüberwachung,
in Zeitschrift „Elektropraktiker“ 2/2005

Herausgeber: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)

Verlag: VdS Schadenverhütung GmbH • Amsterdamer Str. 174 • D-50735 Köln
Telefon: (0221) 77 66 - 0 • Fax: (0221) 77 66 - 341
Copyright by VdS Schadenverhütung GmbH. Alle Rechte vorbehalten.