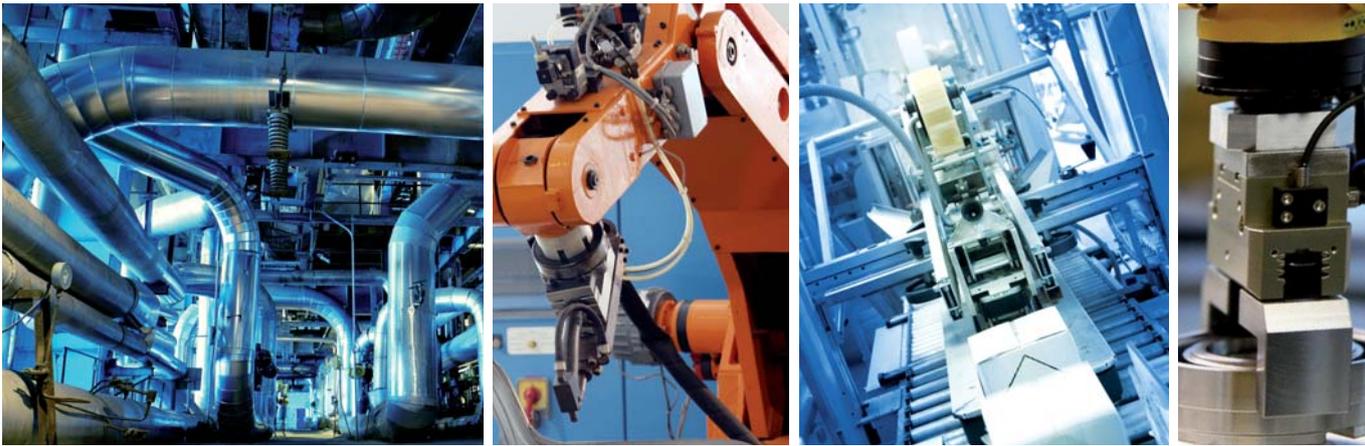


Elektrische Sicherheit in Steuer- und Hilfsstromkreisen



Die steigenden Anforderungen an die Betriebs- und Unfallsicherheit von Maschinen und Anlagen erfordern umfassende Maßnahmen, um Mensch und Maschine vor möglichen Gefährdungen zu schützen. So dürfen beispielsweise Isolationsfehler in einer Steuerung nicht zu gefährbringenden Bewegungen einer Maschine führen. Ebenso ist es bei einem hohen Verfügbarkeitsanspruch sinnvoll, dies bei der Auswahl der Netzform bzw. Schutzmaßnahmen entsprechend zu berücksichtigen. Im nachfolgenden Fachbeitrag werden sowohl die normativen als auch die praktischen Anforderungen dazu erläutert.

Schutzziele

Ein Isolationsfehler kann, unabhängig von der Ursache, eine Gefahr für das Leben von Personen, die Unversehrtheit von Gütern und die Verfügbarkeit der elektrischen Energie darstellen. Daher sollten bei der Auswahl der Netzform (TN-, TT- bzw. IT-Systeme) und der dazugehörigen Schutzmaßnahmen insbesondere folgende Aspekte beachtet werden:

- Wahrscheinlichkeit von Isolationsfehlern
- Notwendiger Basis- und Fehlerschutz
- Kontinuität der Stromversorgung
- Technische und wirtschaftliche Möglichkeiten
- Vorliegende Erfahrungswerte bezüglich Sekundärwirkungen (Brand, Stillstandskosten etc.).

Bei elektrischen Maschinen betrifft dies sowohl die Steuer- und Hilfsstromkreise als auch die Hauptstromkreise. Während es bei den Hauptstromkreisen mehr um den Schutz gegen elektrischen Schlag, Personenschutz sowie Brandvermeidung geht, steht bei Steuer- und Hilfsstromkreisen, insbesondere bei denen mit Spannungen unterhalb der zulässigen Berührungsspannung von AC 50 V / DC 120 V, mehr die Betriebssicherheit im Vordergrund.



▶▶▶ Hilfs- und Steuerstromkreise

In der DIN VDE 0100-557 (VDE 0100-557) wird zwischen Steuer- und Hilfsstromkreisen unterschieden. Danach ist diese Norm immer dann anzuwenden, wenn es anderweitig keine eigenständige Norm gibt. Somit ist die DIN VDE 0100-557 (VDE 0100-557) beispielsweise nicht anzuwenden für

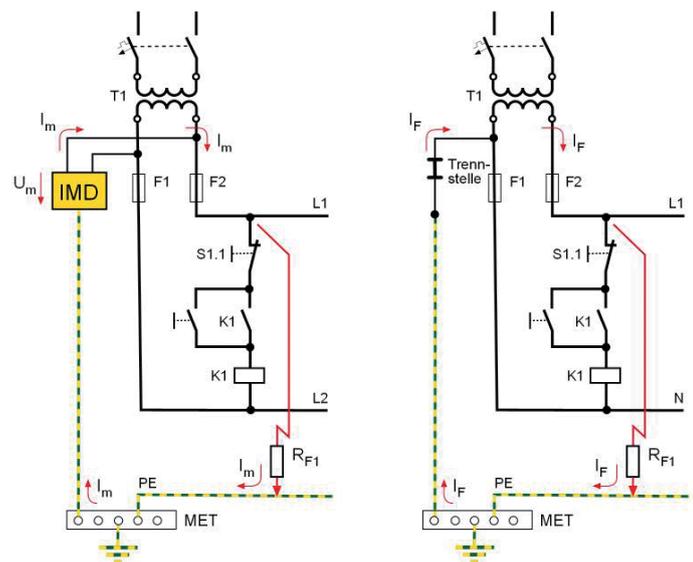
- Elektrische Ausrüstung von Maschinen: Normenreihe DIN EN 60204 (VDE 0113);
- Anlagen und Betriebsmittel der Informationsübertragung und -verarbeitung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung: DIN VDE 0800-1 (VDE 0800-1) und DIN VDE 0804 (VDE 0804);
- Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen: DIN EN 50156-1 (VDE 0116-1);
- Hilfseinrichtungen und Steuerungssysteme in Starkstromanlagen mit Nennwechselspannung über 1 kV: DIN VDE 0101 (VDE 0101);
- Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall: Normenreihe DIN VDE 0833 (VDE 0833).

In der DIN VDE 0100-557 (VDE 0100-557):2007-06 und der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2007-06 werden sowohl geerdete als auch ungeerdete Steuerstromkreise behandelt. Nachfolgend daher die wesentlichen Unterschiede.

Steuerstromkreise geerdet oder ungeerdet?

Beim Auftreten eines Isolationsfehlers R_F fließt im geerdeten System (TN-System) ein Fehlerstrom I_F , der bei einem sehr niederohmigen Isolationsfehler dem Kurzschlussstrom I_K entspricht. Dieser löst dann die Überstrom-Schutzeinrichtung aus und es kommt zu einer Unterbrechung der Stromversorgung. Ebenso schalten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) ab.

BILD 1:
Ungeerdeter (IT-System) und geerdeter
Steuerstromkreis (TN-System) ($I_m \ll I_F!$)
(Anmerkung: Trennstelle für Isolationsprüfung)



Im Gegensatz dazu sind im IT-System die aktiven Leiter nicht mit Erde verbunden und bei einem ersten Isolationsfehler fließt ein so kleiner Fehlerstrom, dass ein Abschalten nicht erforderlich ist (DIN VDE 0100-410 Absatz 411.6). Um zu verhindern, dass durch einen zweiten Fehler an einem anderen Leiter ein Auslösen der Überstrom-Schutzeinrichtung erfolgt, wird der erste Fehler durch die Isolationsüberwachungseinrichtung (IMD) erfasst und gemeldet. Der Betreiber ist damit informiert und kann zu einem gewünschten Zeitpunkt die Instandhaltungsmaßnahme durchführen. Der weitere wesentliche Vorteil: Die Spannungsversorgung bleibt erhalten und der Betrieb wird nicht unterbrochen. Gerade bei Industrieanlagen, die auf eine hohe Kontinuität angewiesen sind (z. B. Automobil, Glasproduktion etc.), ist dies ein deutlicher Vorteil und vermeidet hohe Ausfallkosten.



►► Mehr Betriebssicherheit, auch bei symmetrischen Isolationsfehlern

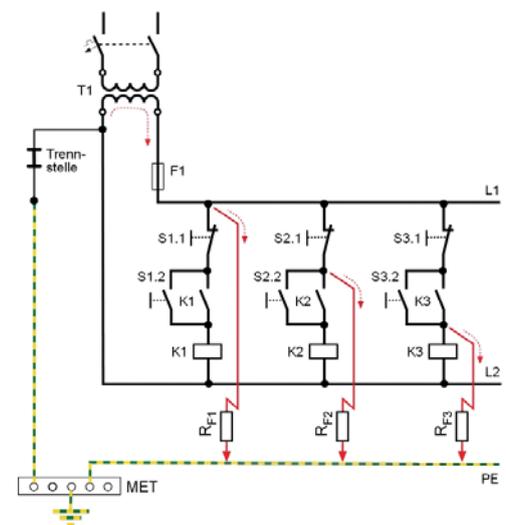
Nach E DIN EN 60204-1(VDE 0113-1) Abschnitt 9.4.3.1 müssen in Maschinen Verfahren vorgesehen werden, die die Wahrscheinlichkeit eines Isolationsfehlers in einem Steuerkreis reduzieren, der zu einer Fehlfunktion führen kann – wie unbeabsichtigter Anlauf, potenziell gefährbringende Bewegungen oder das Stillsetzen der Maschine. Hierbei steht der Einsatz von IT-Systemen mit Isolationsüberwachung an oberster Stelle.

In Steuerstromkreisen können durch Schmutz, Staub oder Feuchtigkeit z. B. an Endschaltern auch symmetrische Isolationsfehler auftreten, die dann ein Stillsetzen verhindern oder ein unkontrolliertes Einschalten der Anlage verursachen. Unter symmetrischen Isolationsfehlern versteht man widerstandsbehaftete Fehler in der Isolation einer elektrischen Installation oder eines Gerätes gegen Erde mit annähernd dem gleichen Widerstand von allen Außenleitern zur Erde.

Bei empfindlichen Steuereingängen reichen dann schon zwei hochohmige Isolationsfehler, um den Eingang zu „setzen“. Diese Fehler führen dann nicht zum Auslösen der Überstrom-Schutzeinrichtung, da der Fehlerstrom deutlich unter dem notwendigen Kurzschlussstrom liegt. Auch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen können nicht helfen, da der Hin- und Rückstrom identisch ist und so kein Differenzstrom entsteht, der die RCD auslösen könnte. Bei der Auswahl des entsprechenden Isolationsüberwachungsgerätes ist darauf zu achten, dass es symmetrische Isolationsfehler erkennt. Erdschlussrelais, die als Auswertekriterium die Verlagerungsspannung gegen Erde messen, erfüllen diese Bedingung vom Messprinzip her nicht. Isolationsüberwachungsgeräte müssen entsprechend E DIN EN 60204-1(VDE 0113-1) Abschnitt 9.4.3.1 bzw. DIN VDE 0100-557 (VDE 0100-557) Abschnitt 557.3.4.3 den Anforderungen von DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8) genügen.

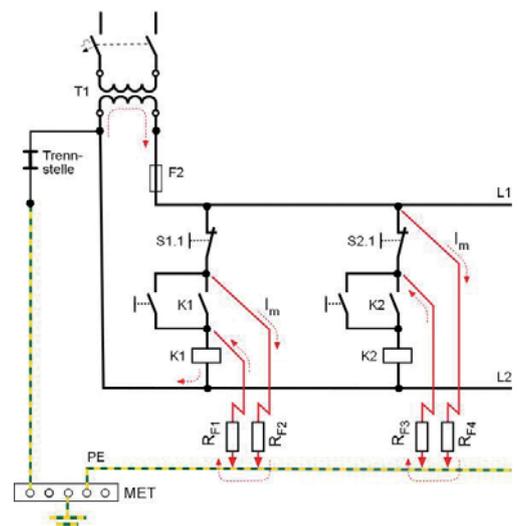


BILD 2:
Erster Fehler in einem geerdeten Steuerstromkreis (TN-System)



	K1	K2	K3
Vor Einschalten	F1 spricht an	F1 spricht an	Keine Wirkung
Eingeschaltet	-	-	F1 spricht an

BILD 3:
Symmetrischer Isolationsfehler in einem geerdeten Steuerstromkreis (TN-System)





Tritt in einem IT-System ein erster Fehler auf, weisen die beiden Normen eine unterschiedliche Behandlung aus. Während die DIN VDE 0100-557 (VDE 0100-557) in Abschnitt 557.6.3.2 fordert, dass ein Isolationsfehler gemeldet werden muss (Mindest-Isolationswiderstand $100 \Omega / V$), verlangt die DIN EN 60204 (VDE 113-1) in Abschnitt 9.4.3.1 eine automatische Abschaltung des Steuerstromkreises. Diese Forderung steht jedoch etwas im Gegensatz zum eigentlichen Sinn eines IT-Systems, nämlich den Weiterbetrieb trotz eines ersten Fehlers zu ermöglichen. Auch die DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410) weist im Abschnitt 411.6.1 darauf hin, dass der Fehlerstrom bei Auftreten eines Einzelfehlers gegen einen Körper oder gegen Erde niedrig und die automatische Abschaltung nicht erforderlich ist – wobei jedoch vorausgesetzt wird, dass die Körper einzeln, gruppenweise oder gemeinsam geerdet sind und die Bedingung $R_A \times I_d = \leq 50 \text{ V}$ (für AC-Systeme) bzw. $\leq 120 \text{ V}$ (für DC-Systeme) erfüllt ist. Der 2014 veröffentlichte Normentwurf E DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) geht jedoch auch dahin, dass in Steuerstromkreisen eine Meldung erfolgen kann, wenn eine Abschaltung ein Risiko für den Betrieb der Maschine bzw. Anlage darstellt. Insofern ist also hier der Planer gehalten, dies in einer Risikoanalyse abzuschätzen.

BILD 4:
Symmetrischer Isolationsfehler an einem Schaltglied in einem ungeerdeten Steuerstromkreis (IT-System) mit Erkennung durch das IMD

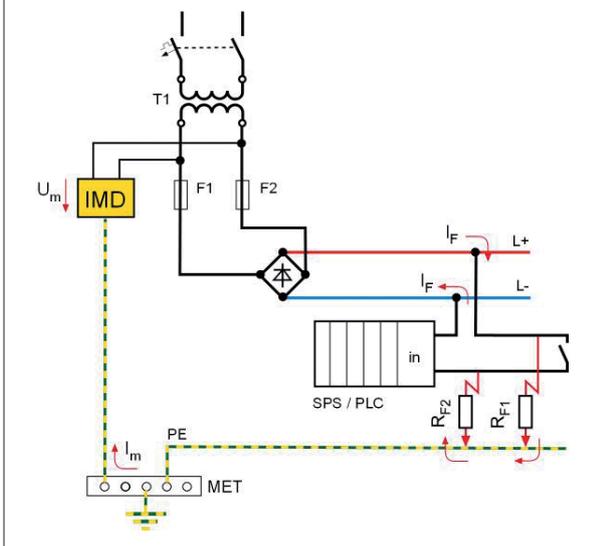
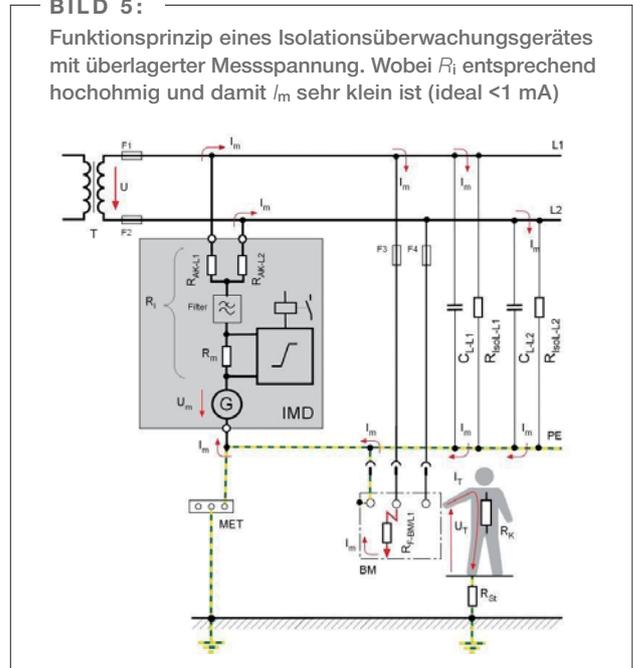


BILD 5:
Funktionsprinzip eines Isolationsüberwachungsgerätes mit überlagerter Messspannung. Wobei R_i entsprechend hochohmig und damit I_m sehr klein ist (ideal $< 1 \text{ mA}$)



Richtige Auswahl eines Isolationsüberwachungsgerätes (IMD)

Isolationsüberwachungsgeräte sind in der Produktnorm DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8) beschrieben. Um auch symmetrische Isolationsfehler zu erkennen, muss das Isolationsüberwachungsgerät über ein geeignetes Messverfahren verfügen. Isolationsüberwachungsgeräte, die mit der Auswertung der Verlagerungsspannung arbeiten (sogenannte Erdschlussrelais), können diesen Fehlerzustand nicht erkennen und sind daher auch nach DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8) als Isolationsüberwachungsgeräte nicht zulässig.

IMDs können grundsätzlich mit unterschiedlichen Messverfahren ausgestattet sein. Bei der Auswahl ist darauf zu achten, dass sie auch für Wechselstromkreise geeignet sind, bei denen z. B. Gleichrichter vorhanden sind, die galvanisch mit dem Wechselstromkreis verbunden sind. Durch einen Isolationsfehler in dem Gleichstromkreis werden IMDs, die mit dem Messprinzip einer Gleichspannungsüberlagerung arbeiten, negativ beeinflusst und es kann zu Fehlermeldungen kommen.



▶▶ ZUSAMMENFASSUNG

Für die normgerechte Ausführung von Steuerstromkreisen ist die Verwendung von geerdeten Steuerstromkreisen nicht vorgeschrieben. Die Anwendung von ungeerdeten Steuerstromkreisen mit Isolationsüberwachung ist insbesondere unter den Aspekten Betriebssicherheit, Ausfallvermeidung und Kostenreduzierung häufig die bessere Wahl. Systeme zur Isolationsfehlerlokalisierung etwa nach DIN EN 61557-9 (VDE 0413-9) können ergänzend verwendet werden, um im Live-Betrieb anzuzeigen, wo sich der Isolationsfehler befindet. Welche der Maßnahmen letztlich ergriffen wird, ist im Rahmen einer Risikoanalyse zu ermitteln. ■

AUTOREN:

Dipl.-Ing. Harald Sellner

Bereichsleiter Normung

Bender GmbH & Co.KG

35305 Grünberg

E-Mail: Harald.Sellner@bender-de.com

Dipl.-Ing. Holger Potdevin

Leiter Normung

Bender GmbH & Co.KG

35305 Grünberg

E-Mail: Holger.Potdevin@bender-de.com

LITERATURHINWEISE:

Wolfgang Hofheinz:

Schutztechnik mit Isolationsüberwachung, 3. Auflage, VDE-Schriftenreihe Band 114, VDE Verlag Berlin

Heyder, Lenzkes, Rudnik

Elektrische Ausrüstung von Maschinen und maschinellen Anlagen; VDE-Schriftenreihe Band 26, 6. Auflage 2009, VDE-Verlag Berlin

DIN VDE 0100-557 (VDE 0100-557):2007-06

Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kapitel 557: Hilfsstromkreise

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 EN 60204-1 (VDE 0113-1):2007-06

Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2005, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60204-1:2006

E DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2014-10

Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 44/709/CDV:2014); Deutsche Fassung FprEN 60204-1:2014

DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8):2014-10

Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen; Teil 8: Isolationsüberwachungsgeräte für IT-Systeme (IEC 61557-8:2014-12); Deutsche Fassung EN 61557-8:2015

DIN EN 61557-9 (VDE 0413-9):2014-10

Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen; Teil 9: Einrichtungen zur Isolationsfehlersuche in IT-Systemen (IEC 61557-9:2014); Deutsche Fassung EN 61557-9:2015

DIN EN 62020 (VDE 0663):2005-11

Elektrisches Installationsmaterial; Differenzstrom-Überwachungsgeräte für Hausinstallationen und ähnliche Verwendungen (RCMs) (IEC 62020:1998 + A1:2003, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62020:1998 + A1:2005

ANMERKUNG: Die Normen sind über VDE (www.vde.com) bzw. über Beuth (www.beuth.de) zu beziehen.

Weiterführende Informationen: <http://www.bender-de.com/de/produkte/c/isolationsueberwachung/steuer-hilfsstromkreise.html>