

Was versteht man unter ...

■ elektrische Stromdichte

Quotient aus elektrischer Stromstärke I und dem Querschnitt S eines Leiters, der vom Strom (senkrecht) durchflossen wird:

$$J = I / S$$

Einheit: A/mm²

Damit ist die Stromdichte J eines homogenen Leiters die Stromstärke je Querschnittseinheit.

Die Stromdichte (engl. current density) nimmt zu, wenn sich bei gleichbleibender Stromstärke der Leiterquerschnitt verringert, s. Bild 1. Außerdem wird mit steigender Frequenz der Stromfluss in einem Leiter von innen nach außen verdrängt. Bei hohen Frequenzen fließt der elektrische Strom praktisch nur noch an der Leiteroberfläche, gewissermaßen auf der Außenhaut (Haut- oder Skineffekt). Folglich ist dort die Stromdichte am größten. Bei Leitern mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt liegt bei höherfrequentem Wechselstrom das Maximum der elektrischen Stromdichte in den Kanten.

■ Leiterisolierung

Fester Werkstoff zur Isolierung elektrischer Leiter.

Allgemeines

Leiterisolierungen (engl. conductor insulations) sichern die Funktionsfähigkeit elektrischer Betriebsmittel und Anlagen; außerdem dienen sie dem Schutz gegen elektrischen Schlag. In ersterem Fall handelt es sich um eine **Funktionsisolierung** (engl. functional insulation), früher auch „Betriebsisolierung“ genannt. Sie wird nach der unter normalen Bedingungen auftretenden maximalen Spannung bemessen.

Neben der Funktionsisolierung zur Sicherung des ordnungsgemäßen elektrischen Betriebs wird zum Zwecke des Personens- und Sachschutzes i. Allg. noch eine **zusätzliche Isolierung** (engl. supplementary insulation) gefordert [1]. Die Realisierung dieser (Schutz-)Isolierung erfolgt entweder als

- **doppelte Isolierung** (engl. double insulation) oder
- **verstärkte Isolierung** (engl. reinforced insulation).

Durchschläge von festen Isolierungen –

auch Überschlüsse entlang der Isolierstoffoberfläche – führen gewöhnlich zu einer irreversiblen Schädigung des Isolierwerkstoffs. Im Gegensatz zu Isolierflüssigkeiten und -gasen regenerieren formbeständige Isolierungen ihr elektrisches Isoliervermögen nach einem Durch- oder Überschlag nicht. Feste Isolierstoffe, mithin auch Isolierpapier und -lack, zählen folglich zu den nicht selbstheilenden Isolierungen (engl. non self-restoring insulations).

Thermoplaste

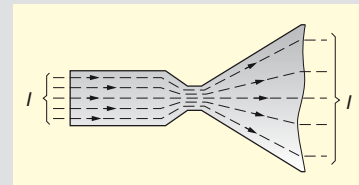
Zum Isolieren der elektrischen Leiter (Adern) von Niederspannungskabeln und -leitungen werden in Deutschland schon seit über 50 Jahren vorwiegend thermoplastische Kunststoffe verwendet. Diese Isolierstoffe, z. B. Polyvinylchlorid (PVC), erhalten durch bestimmte Zusätze ihre guten mechanischen Eigenschaften und eine hohe Elastizität.

PVC ist ein schwer entflammbarer Werkstoff. Deshalb dürfen PVC-isolierte Kabel und Leitungen beispielsweise auch in feuergefährdeten Betriebsstätten verwendet werden. Bei Entzündung dieses thermoplastischen Werkstoffs, z. B. infolge äußerer Einwirkung, ist ein etwaiger Brand allerdings relativ schwer zu löschen. Außerdem erzeugt brennendes PVC giftige und korrosiv wirkende, säurehaltige Gase. Aus den genannten Gründen werden in Deutschland zunehmend elektrische Kabel und Leitungen mit einem verbesserten Verhalten im Brandfall hergestellt und eingesetzt. In diesem Fall bestehen die Isolierhüllen und Mäntel der Kabel und Leitungen aus halogenfreiem Kunststoff, z. B. nach DIN EN 50363-5 (VDE 0207-363-5). Beim Verbrennen dieses Kunststoffes werden keine säurehaltigen Gase freigesetzt und Rauch entwickelt sich nur in geringem Maße.

■ Isolierflüssigkeit

Flüssiger Isolierstoff, meist Isolieröl, selten Wasser.

Die wichtigsten Isolieröle sind Mineralöle, Silikonöle und die Öle aus synthetischen Kohlenwasserstoffen. Hinsichtlich der Anwendung von Isolierölen werden hauptsächlich unterschieden: Transformatorenöle, Schalteröle, Kondensatorenöle, Kabelöle und Imprägnieröle. Letztere dienen z. B. zur Imprägnierung der Papierumhüllung von Hochspannungskabeln. Isolierlack ist ebenfalls ein zunächst flüssiger



1 Unterschiedliche Stromdichte bei Querschnittsveränderung

Isolierstoff, der jedoch – wie Epoxidharz – nach der Verarbeitung fest wird.

Isolierflüssigkeiten haben bei Atmosphärendruck eine wesentlich höhere elektrische Überschlagfestigkeit als Isoliergase. Außerdem ist bei flüssigen Isolierstoffen die Masse viel größer als bei Gasen.

Isolierflüssigkeiten benötigen wie Isoliergase ein dichtes Gefäß. Einschlüsse von Luftblasen, chemischen Verunreinigungen oder anderen Inhomogenitäten sind unbedingt zu vermeiden.

Isolierflüssigkeiten regenerieren ihr Isoliervermögen unmittelbar nach einem elektrischen Überschlag völlig. Dieser Isolierstoff zählt mithin zu den selbstheilenden Isolierungen (engl. self-restoring insulations).

■ Isoliergas

Gasförmiger Isolierstoff, z. B. Luft, Stickstoff oder Schwefelhexafluorid SF₆.

Allgemeines

Isoliergase haben gegenüber festen Isolierstoffen den Vorteil der dichten Raumfüllung und großen Beweglichkeit. Außerdem hat Isoliergas, z. B. Luft, von allen Isolierstoffen die kleinste relative Dielektrizitätskonstante ($\epsilon_r \approx 1$, Permittivitätszahl) sowie einen verhältnismäßig kleinen dielektrischen Verlustfaktor $\tan \delta$.

Die elektrische Überschlagfestigkeit von Isoliergas ist relativ niedrig, sie kann jedoch durch erhöhten Druck (Pressgas) vergrößert werden. Eine vergleichsweise hohe Überschlagfestigkeit haben wegen ihres Elektronen fangenden Charakters und der großen Moleküle Halogenverbindungen, z. B. Schwefelhexafluorid SF₆.

Vorteilhaft bei Verwendung von Isoliergasen sind ihre kleine Masse und die sofortige völlige Wiederherstellung des Isoliervermögens nach einem elektrischen Überschlag. Isoliergase zählen folglich zu den selbstheilenden Isolierungen.

Schwefelhexafluorid SF₆

Schwefelhexafluorid SF₆ ist ein synthetisch hergestelltes elektronegatives Gas mit ausgezeichneten Isolier- und Lösch-eigenschaften. Seine dielektrische Festigkeit ist bei Atmosphärendruck etwa drei-

mal so hoch wie die von Luft oder Sauerstoff.

Schwefelhexafluorid SF_6 zur Verwendung in elektrischen Betriebsmitteln nach DIN EN 60 376 (VDE 0373-1), z. B. in gasisolierten Schaltanlagen (GIS), ist geruchlos, nicht brennbar, ungiftig und chemisch inaktiv. Man verwendet es als

- Isoliergas, z. B. in Hochspannungskabeln (SF_6 -Kabel), aber auch als
- Löschgas zur Löschung von Schaltlichtbögen sowie zur raschen elektrischen Wiederverfestigung der Schaltstrecke von Hochspannungsleistungs- und -lastschaltern mit hohem Ausschaltvermögen.

■ Drucktaster

Elektromechanisches Steuergerät mit Kraftspeicherrückstellung mittels einer Feder und einem Bedienteil, das durch Druck mit einem Finger oder der Hand betätigt wird [2].

Allgemeines

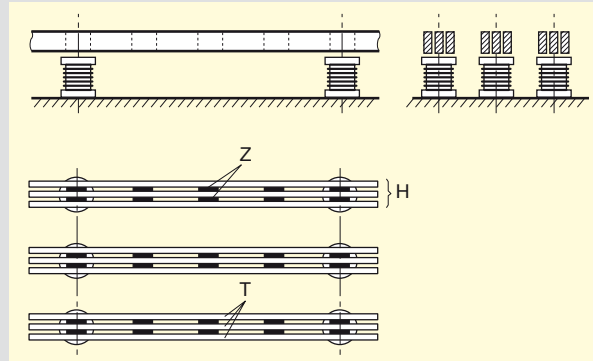
Drucktaster (engl. push-buttons) sind hand- oder fußbetätigte Hilfsstromschalter. Bei diesen Hand- oder Fußschaltern sind die beweglichen Schaltstücke meist unverklinkt. Demnach kehren die Schaltstücke bei Fortfall der Antriebskraft stets in ihre Ausgangsstellung zurück. Diesbezüglich unterscheiden sich Tastschalter (Taster) ganz wesentlich von Rastschaltern, auf deren bewegliche Schaltstücke keine innere Rückzugskraft wirkt. Rastschalter verweilen somit in der jeweiligen Ein- oder Ausschaltstellung.

Arten

Drucktaster werden hinsichtlich ihrer Funktionsweise hauptsächlich wie folgt unterschieden:

- **Verklinkte Drucktaster**
Diese Taster verbleiben trotz eines Kraftspeicherrückzugs (Feder) in der betätigten Stellung, bis eine Klinke durch separate Betätigung gelöst wird.
- **Verriegelte Drucktaster**
Die Verriegelung dieser Taster in einer oder mehreren Stellungen wird durch die separate Betätigung, z. B. durch Drehen der Taste oder eines Schlüssels, erreicht.
- **Schlüsseltaster**
Diese Taster können nur betätigt werden, solange der Schlüssel (ein-)gesteckt ist. Der Schlüssel kann in einer oder mehreren Schaltstellungen herausziehbar sein.
- **Drucktaster mit verzögerter Befehls-gabe**
Diese Taster schalten erst, nachdem die Betätigungskraft eine bestimmte

② Stromschieneanordnung mit drei Teileleitern (T) je Hauptleiterstrang (H) Z Zwischenstück



Zeit lang gewirkt hat. Die Zeitdauer von der Befehlsgabe bis zum Beginn der Schließbewegung wird „Schließverzug“ genannt.

- **Drucktaster mit verzögerter Rückstellung**

Bei diesen Tastern werden die beweglichen Schaltstücke erst nach einer vorher bestimmten Zeitdauer in die unbetätigte Stellung zurückgeführt. Die Zeitdauer von der Befehlsgabe bis zum Beginn der Öffnungsbewegung wird „Öffnungsverzug“ genannt.

- **Leuchttaster**

Diese Taster verfügen jeweils über eine Signallampe im Bedienteil. Der Ausfall der Lampe darf nicht zu Rückschlüssen führen, die Fehlbedienungen mit Gefahrenausslösung herbeiführen können.

Drucktaster werden bei pilzförmig und besonders großflächig gestalteten Druckknöpfen auch **Pilztaster** genannt. Diese Taster dienen gewöhnlich als Betätigungseinrichtung für Notsituationen, z. B. für NOT-AUS. Besonders kleine Taster heißen **Mikrotaster**.

■ Zwischenstück

Leitfähiges Distanz- und Versteifungsstück zwischen den Teileleitern einer Stromschieneanordnung, Beispiel s. Bild ②.

(Stromschiene-)Zwischenstücke bestehen gewöhnlich aus zwei oder mehr metallenen Platten mit Schrauben und Zubehör. Sie fixieren und versteifen die starren Teileleiter an den jeweiligen Einbaustellen; dadurch erhöht sich die mechanische Biegefestigkeit der betreffenden Stromschieneanordnung. Darüber hinaus verhindern Zwischenstücke, dass sich die Teileleiter bei einem Kurzschluss infolge der magnetischen Kraftwirkung des Kurzschlussstroms gegenseitig verschieben können.

Anmerkung

Zwischenstücke in metallenen Rohrleitungen oder in anderen leitfähigen Teilen zur

Vermeidung von Potentialverschleppungen oder elektrochemischer Korrosion werden **Isolierz Zwischenstücke**, in Wasser- und Gasleitungen auch **Isoliermuffen** genannt.

■ CE-Kennzeichnung

Kennzeichnung von Erzeugnissen mit dem **CE**-Zeichen als sichtbarer Ausdruck für die legale Vermarktung eines Produkts innerhalb der Europäischen Union (EU). Die CE-Kennzeichnung erfolgt in der Verantwortung des jeweiligen Herstellers. Sie ist nur statthaft, wenn die Anforderungen der einschlägigen europäischen Richtlinien für die betreffende Erzeugnisart erfüllt und die dazu notwendigen Konformitätsbewertungen mit positivem Ergebnis durchgeführt worden sind. Im Schadensfall obliegt dem Hersteller die Beweis-pflicht. Damit ist den Marktüberwachungsbehörden eines jeden EU-Mitgliedsstaates bewusst, dass sie die Einfuhr und das Inverkehrbringen dieser Erzeugnisse nicht behindern oder womöglich gar unterbinden dürfen.

Das Zeichen **CE** ist ein bislang leider ungeschütztes Verwaltungszeichen¹⁾ für den europäischen Wirtschaftsraum, gewissermaßen ein „Reisepass“, jedoch kein Prüf- oder Qualitätszeichen. Es richtet sich in erster Linie an die Überwachungs- und Vollzugsbehörden in den einzelnen EU-Mitgliedsstaaten, nicht an den Endverbraucher.

R. Müller

Literatur

- [1] DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2007-03 Schutz gegen elektrischen Schlag; Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel.
[2] DIN EN 60947-5-1 (VDE 0660-200):2005-02 Niederspannungsschaltgeräte; Steuergeräte und Schaltelemente; Elektromechanische Steuergeräte.

¹⁾ Die CE-Kennzeichnung für Produkte aus Fernost bedeutet mitunter (irritierend) „China-Export“.