Messpraktikum: Schleifenimpedanz und Netzinnenwiderstand

11.11.2024, 06:00 Uhr
Kommentare: 20
Prüfen

(Bildquelle: kadmy/iStock/Thinkstock)

Mit der Durchführung von Messungen kann die Elektrofachkraft die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen nachweisen. Eine der häufigsten Schutzmaßnahmen von elektrischen Stromkreisen ist der Schutz durch Abschaltung. Eine der wichtigsten Messungen in diesem Zusammenhang ist die Messung der Schleifenimpedanz.

Tipp der Redaktion

Der Prüfmeister für die Elektrosicherheit

über 350 Prüfprotokolle, Formulare und Checklisten in Word

Kommen Sie Ihren Aufgaben als Elektrofachkraft z.B. bei der Organisation und Durchführung von Prüfungen elektrischer Arbeits- und Betriebsmittel ideal nach.

Jetzt besser prüfen!

Was versteht man unter „Impedanz“?

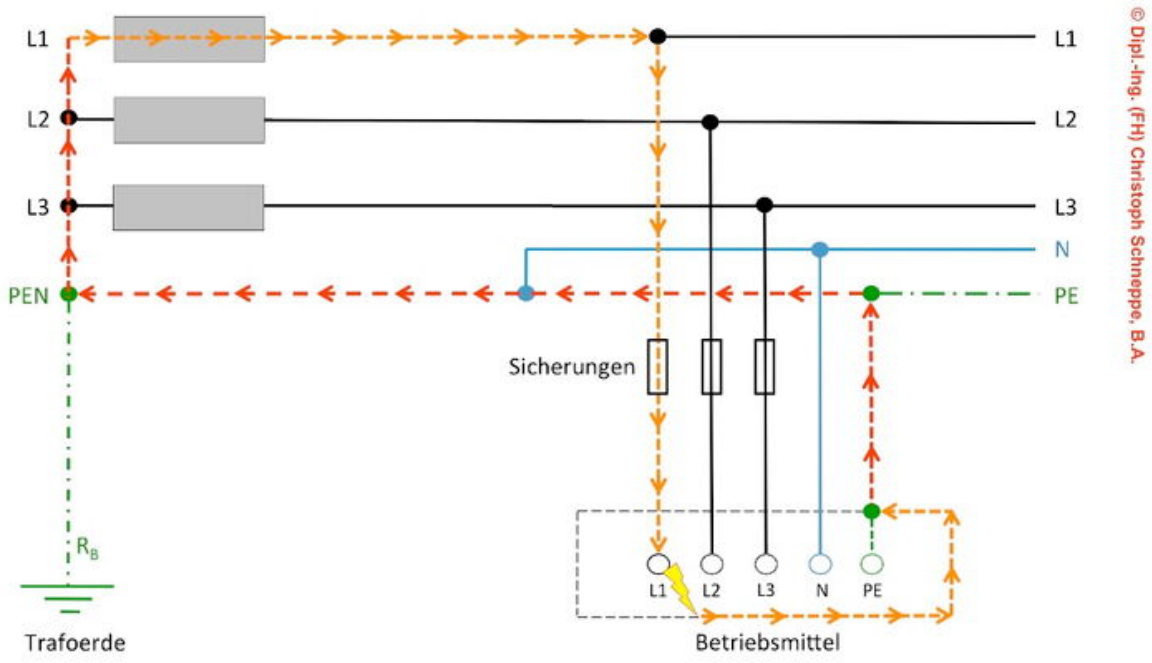
Unter einer Impedanz wird der Wechselstromwiderstand eines Stromkreises verstanden. Diese Impedanz setzt sich z.B. aus allen Leitungs-, Klemmen- und Übergangswiderständen des Stromkreises zusammen. In der Normung (z.B. DIN VDE 0100-600 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen“) wird diese zu messende Impedanz auch Fehlerschleifenimpedanz genannt.

Was bedeutet „Fehlerschleifenimpedanz“?

Die Fehlerschleifenimpedanz setzt sich zusammen aus den gesamten Wechselstromwiderständen von der Stromquelle (z.B. Transformator) über den aktiven Leiter (Außenleiter) als Hinweg und den Rückleitern zur Stromquelle (z.B. Schutz- bzw. PEN-Leiter) des im Fehlerfall wirkenden Kreises.

Was ist eine Schleifenimpedanzmessung?

Unter Schleifenimpedanzmessung versteht man also die Messung der Widerstände des gesamten Hin- und Rückwegs einer Stromschleife innerhalb eines Wechselstromkreises, die im Fehlerfall (z.B. Gehäuseschluss eines Betriebsmittels) entsteht.



Die Abbildung zeigt eine solche Fehlerschleife für ein TN-C-S-System bei einem Fehlerfall. (Bildquelle: Dipl.-Ing. (FH) Christoph Schneppe, B.A.)

In der Praxis einer Elektrofachkraft ist das TN-C-S-System wohl die am häufigsten angewendete Netzform. Dabei kommen fast immer Spannungen zwischen 230 V und 400 V zur Anwendung. Typische Anwendungsbereiche für die Schleifenimpedanzmessung sind Steckdosenstromkreise und Verbraucherstromkreise mit Nennströmen bis 32 A.

Downloadtipps der Redaktion

E-Book Prüfprotokolle für die Elektrofachkraft

Hier gelangen Sie zum Download.

E-Book zu den Normen VDE 0701 und VDE 0702 - Fachwissen für den Prüfer

Hier gelangen Sie zum Download.

Downloadpaket für ortsveränderliche elektrische Arbeitsmittel

Hier gelangen Sie zum Download.

Abschaltzeiten müssen beachtet werden

Laut DIN VDE 0100-410 („Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag“), Tabelle 41.1, muss in einem TN-System zur Realisierung der Schutzmaßnahme „Schutz durch Abschaltung“ für Stromkreise bis max. 32 A innerhalb von 0,4 Sekunden durch die Schutzeinrichtung eine Abschaltung des fehlerbehafteten Stromkreises erfolgen.

Die Abschaltzeit der Schutzeinrichtung hängt dabei von der Charakteristik des Schutzorgans und des Nennstroms ab. So schaltet z.B. ein Leitungsschutzschalter mit einem Nennstrom von 16 A und einer Charakteristik vom Typ B innerhalb von 0,4 Sekunden ab, wenn mindestens das Fünffache des Nennstroms fließt. Ein LS-Schalter ist so gebaut, das dieser bei mindestens dem fünffachen des Nennstromes sicher abschaltet. Die Auslöszeit ist dabei kleiner als die in der VDE 0100-410 normativ geforderten 0,4 Sekunden. Bei Strömen kleiner als das fünffache des Nennstromes ist dies nicht in jedem Fall sichergestellt. In der Praxis bedeutet das, dass bei einem Fehlerstrom von 5 x I_{Nenn} (5 x 16 A = 80 A) die Abschaltzeit normativ durch den beschriebenen Leitungsschutzschalter sichergestellt ist.

Angemerkt sei hier noch, dass Leitungsschutzschalter mit einer Charakteristik vom Typ C das Zehnfache und solche mit der Charakteristik vom Typ D das Zwanzigfache des Nennstroms benötigen, um innerhalb der gleichen Zeit eine Abschaltung herbeizuführen. Bei dem Austausch von Leitungsschutzschaltern (z.B. aufgrund von Anlaufströmen an CEE-Steckdosen) ist deshalb auch immer die Schutzmaßnahme zu überprüfen.

Leitungs- und Übergangswiderstände begrenzen den Fehlerstrom

Damit die Schutzmaßnahme „Schutz durch Abschaltung“ im Fehlerfall funktioniert, ist es erforderlich, dass ein möglichst großer Fehlerstrom innerhalb der Fehlerschleife fließen kann. Der Fehlerstrom wird jedoch maßgeblich durch den Leitungswiderstand (z.B. aufgrund von Leitungslänge und -querschnitt) bestimmt. Je größer die Leitungslänge und je kleiner der Leitungsquerschnitt, desto größer der Leitungswiderstand.

Die Schleifenimpedanz (Z_s) muss laut DIN VDE 0100-410, Abs. 411.4.4, in einem TN-System dabei so bemessen sein, dass diese zur Einhaltung der Schutzmaßnahme nicht größer wird als der Quotient aus Nennspannung ($U_{Nennspannung}$) des Außenleiters gegen Erde (z.B. 230 V für eine Steckdose) und erforderlichem Abschaltstrom ($I_{Abschalt}$) der Fehlerstrom-

Schutzeinrichtung (z.B. 80 A für einen LS-Schalter vom Typ B 16 A). In einer Formel ausgedrückt bedeutet das:

$Z_S \leq U_{Nennspannung}/I_{Abschalt}$

Als Rechen- und Messbeispiel für die maximale Schleifenimpedanz soll hier noch einmal die Steckdose mit 230 V dienen, die über einen LS-Schalter vom Typ B 16 A abgesichert ist:

$Z_s \leq 230\ V/80\ A$

$Z_s \leq 2{,}88\ \Omega$

Messwert mit Sicherheitsfaktor beaufschlagen

Die maximale Schleifenimpedanz dürfte somit theoretisch 2,88 Ω betragen. Dabei handelt es sich jedoch um einen rein akademischen Wert. Messgeräte nach DIN EN 61557-10 VDE 0413-10 „Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1.000 V und DC 1.500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen“ dürfen, auch wenn sie kalibriert sind, einen Messfehler (sog. Betriebsmessabweichung) von 30 % besitzen. D.h. die Elektrofachkraft sollte hier einen Sicherheitsaufschlag von mind. 30 % (Faktor 0,7) beachten:

$Z_s \leq 0{,}7 \times (230\ V/80\ A)$

$Z_s \leq 2{,}0\ \Omega$

Für die Praxis bedeutet das, dass Schleifenimpedanz-Messwerte von deutlich unter 2,0 Ω erreicht werden sollten. Messwerte um die 2,0 Ω sollten immer Grund für eine erhöhte Aufmerksamkeit bzw. Korrektur sein.

Tipps für wiederkehrende Messungen

Für die regelmäßigen wiederkehrenden Prüfungen muss die Schleifenimpedanz nicht zwingend für alle Steckdosen eines Bereichs (z.B. eines Flures) gemessen werden. In der Praxis reicht es vielmehr aus, die Schleifenimpedanzmessung an der entferntesten Steckdose eines Stromkreises durchzuführen (z.B. letzte Steckdose des Flurs). Diese Steckdose besitzt den längsten Leitungsweg. Demzufolge muss sie auch die höchste Impedanz und somit letztendlich auch den schlechtesten Messwert des gesamten Steckdosenstromkreises im Flur aufweisen.

Was ist der Unterschied zwischen Schleifenimpedanz und Netzinnenwiderstand?

Oft kommt es in der Praxis zu Verwechslungen zwischen den Begriffen „Schleifenimpedanz“ und „Netzinnenwiderstand“.

- Die Schleifenimpedanz wird zwischen Außen- und Schutzleiter gemessen.
- Der Netzinnenwiderstand hingegen zwischen Außen- und Neutralleiter.
  Die Messung des Netzinnenwiderstands ist also keine Ersatzmessung für die Schleifenimpedanz. Die Messung gibt keine direkte Auskunft über den Schutzleiter. Bei dieser Messung wird vielmehr unterstellt, dass die Impedanz von Neutral- und

Schutzleiter annähernd gleich ist.

Messungen in der Praxis

In der Praxis wird die Schleifenimpedanzmessung z.B. an Steckdosen durchgeführt, indem das Messgerät mit entsprechendem Adapter (z.B. Steckdosenadapter) in die unter Spannung stehende Steckdose eingesteckt wird. Je nach Messgerät gibt es eine entsprechende Auswahltaste für die Schleifenimpedanz (z.B. „Z_s“ oder „$Z_{Schl.}$“).

Nach der automatischen Messung können am Messgerät meist sowohl der Impedanzwert ($Z_{Schl.}$) als auch der aufgrund der gleichzeitig erfolgten Spannungsmessung (U_N) vom Messgerät berechnete theoretische Kurzschlussstrom ($I_{Auslöse}$ oder I_k) abgelesen werden.

Tipp der Redaktion

Der Prüfmeister für die Elektrosicherheit

über 350 Prüfprotokolle, Formulare und Checklisten in Word

Kommen Sie Ihren Aufgaben als Elektrofachkraft z.B. bei der Organisation und Durchführung von Prüfungen elektrischer Arbeits- und Betriebsmittel ideal nach.

Jetzt besser prüfen!

Die folgende Abbildung zeigt einen unzureichenden Schleifenimpedanz-Messwert für einen Steckdosenstromkreis ($I_k \approx U_{Nennspannung}/Z_s$ = 230 V / 3,2 Ω = 71,9 A).

Unzureichender Schleifenimpedanz-Messwert an einem Steckdosenstromkreis (Bildquelle: Dipl.-Ing. (FH) Christoph Schneppe, B.A.)

Fazit

- Die Messung der Schleifenimpedanz ist wichtig zur Überprüfung der Einhaltung von Schutzmaßnahmen.
- Durch den ermittelten Messwert kann die Elektrofachkraft den Nachweis führen, dass ein Stromkreis die normativ geforderten Abschaltbedingungen einhält. Dabei sind die Nennspannungen gegen Erde und der Abschaltstrom der Schutzeinrichtung zur Einhaltung der Abschaltzeiten laut DIN VDE 0100-410 für die verschiedenen Netzformen von der Elektrofachkraft zu berücksichtigen.
- Sollte die Schleifenimpedanz zu hoch sein, so können zur Korrektur die Leitungslänge verringert, der Leitungsquerschnitt vergrößert oder die Schutzeinrichtung mit ihrer Charakteristik empfindlicher gestaltet werden.

Unser Tipp: Hier finden Sie einen kurzen und knappen Überblick zum Thema: „Schleifenimpedanz: Das Wichtigste in 90 Sekunden“

Beitrag aktualisiert im November 2024

Quellenangaben:

Beuth Verlag GmbH; DIN VDE 0100-600 VDE 0100-600:2017-06; Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen

Beuth Verlag GmbH; DIN VDE 0100-410 VDE 0100-410:2018-10; Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag

Weitere Beiträge zum Thema

- Wie sind die Verantwortlichkeiten bei Prüfungen aufgeteilt?
- Einsatz von Augmented Reality bei Wartung und Prüfung von Schaltanlagen
- Die elektrotechnische Prüfung im Überblick
- Die elektrotechnische Instandhaltung ist Pflicht
- VDE 0701 und VDE 0702 richtig anwenden
- Wiederholungsprüfung ohne alte Prüfberichte?

Autor:

Dipl.-Ing. (FH) Christoph Schneppe, B.A.

geschäftsführender Gesellschafter im Sachverständigenbüro Bluhm + Schneppe

Christoph Schneppe betreut als freiberuflicher Sachverständiger für Elektrotechnik den Schwerpunkt baurechtliche Prüfungen. Er ist VdS-anerkannter Sachverständiger zum Prüfen elektrischer Anlagen und staatlich anerkannter Sachverständiger (Prüfsachverständiger) für Sicherheitsbeleuchtungs-, Sicherheitsstromversorgungs-, Brandmelde- und Alarmierungsanlagen.

elektrofachkraft.de empfiehlt:

Elektrosicherheit in der Praxis

Das Nachschlagewerk für die Elektrofachkraft

Von den Anforderungen an eine Elektrofachkraft über elektrotechnische Prüfungen bis hin zum sicheren Arbeiten an elektrischen Anlagen: „Elektrosicherheit in der Praxis“ ist ein Muss für jede Elektrofachkraft.

- Elektrosicherheit im Betrieb organisieren
- Fachkenntnisse zu Normen und Vorschriften vertiefen
- Sicher arbeiten an elektrischen Anlagen und Maschinen

Bestellen Sie jetzt Ihre Online-Version
Best.-Nr. OL1066J
unter **weka.de/efk1161**
oder telefonisch unter **0 82 33.23-40 00**

WEKA Media GmbH & Co. KG | Römerstraße 4 | 86438 Kissing | www.weka.de