

GEWUSST WIE

Berechnung des prospektiven Kurzschlussstroms

Wahl des richtigen Leitungsschutzschalters



Von **Clemens Valens** (Elektor-Labor)

Der unbeeinflusste oder prospektive Kurzschlussstrom ist der höchstmögliche Strom, der durch einen kurzgeschlossenen Stromkreis fließen kann. Der Wert wird für die Dimensionierung von Leitungsschutzschaltern und Schmelzsicherungen benötigt, um Schäden an Stromkreisen zu verhindern. Wie funktioniert die Berechnung?

Bevor wir loslegen, wollen wir klarstellen, dass es in diesem Artikel um Elektrotechnik und nicht um Elektronik geht. Wenn also von einem „Stromkreis“ die Rede ist, ist keine Schaltung, sondern ein elektrisches Leitungsnetz gemeint, das Lampen, Schalter, Steckdosen und Maschinen einschließlich aller Verkabelungen miteinander verbindet.

Was ist der prospektive Kurzschlussstrom?

Der prospektive Kurzschlussstrom ist der maximale Strom, der durch einen kurzgeschlossenen Stromkreis fließen kann. Er folgt, wie jeder Strom, dem Ohmschen Gesetz. Daher bestimmen die Spannung des Stromnetzes und seine Impedanz zusammen den prospektiven Kurzschlussstrom.

Warum sollte ich das wissen?

Sie benötigen den Wert des prospektiven Kurzschlussstroms, damit ein von Ihnen gewählter Leitungsschutzschalter die elektrische Installation wirksam schützt. Solche Schutzeinrichtungen müssen in der Lage sein, dem Kurzschlussstrom zu widerstehen. Ist nämlich das Schaltvermögen oder die Abschaltleistung des Schutzschalters zu gering, kann der hohe Strom einen Lichtbogen verursachen und/oder den Schutzschalter beschädigen (**Bild 1**). In beiden Fällen funktioniert die Schutzeinrichtung

nicht mehr richtig, so dass gefährliche Situationen entstehen können.

Was ist mit dem Auslösestrom?

Das Schaltvermögen eines Leitungsschutzschalters ist nicht dasselbe wie sein Auslöse- oder Nennstrom. Letzterer ist der maximale Strom, den ein Leitungsschutzschalter als sicher erachtet. Das Schaltvermögen hingegen ist der Strom, den das Gerät aushalten kann, ohne beschädigt zu werden. So hat zum Beispiel der 1+N-polige Leitungsschutzschalter (LS, englisch Miniatur Circuit Breaker MCB) vom Typ SN201 L C32-L von ABB einen Nennauslösestrom (I_n) von 32 A und einen Nennkurzschlussstrom (I_{kmax}) von 4,5 kA (bei 230/400 V_{AC}). Der Kurzschlussstrom hängt nämlich nur von der Kapazität des Stromnetzes ab und ist unabhängig von der Stromaufnahme der durch den Leitungsschutzschalter geschützten Last.

Messung des maximalen Kurzschlussstroms

Sie können den Kurzschlussstrom einer elektrischen Anlage mit einem so genannten PSC-Tester ermitteln. Dies ist ein einfach zu bedienendes Gerät, das den Kurzschlussstrom eines Stromkreises in Ampere (A) beziehungsweise Kiloampere (kA) anzeigt. Obwohl das Drücken der „Test“-Taste normalerweise

Tabelle 1. Eigenschaften der Schleifenwiderstandsmessung des PeakTech 2715			
Bereich	Auflösung	Prüfdauer	max. Fehler bei Vollausschlag
20 Ω	0,01 Ω	25 A / 20 ms	±2% FS ±5 d
200 Ω	0,1 Ω	2,3 A / 40 ms	±2% FS ±5 d
2000 Ω	1 Ω	15 mA / 280 ms	±2% FS ±5 d

Tabelle 2. Prospektiver Kurzschlussstrom, gemessen vom PeakTech 2715			
Bereich	Auflösung	Prüfdauer	max. Fehler bei Vollausschlag
200 A	0,1 A	2,3 A / 40 ms	±2% FS ±5 d
2 kA	1 A	25 A / 20 ms	±2% FS ±5 d
20 kA	10 A	25 A / 20 ms	±2% FS ±5 d

ausreicht, um einen Wert zu erhalten, erfordert der korrekte Anschluss des Geräts an den Stromkreis Fachwissen darüber, was Sie zu messen versuchen.

Im Schaltschrank oder an der Verteilerschalttafel wird der PSC-Tester normalerweise zwischen Außenleiter (L) und Neutralleiter (N) angeschlossen, bei einer Steckdose zwischen Außenleiter (L) und Schutzleiter (PE). Verwenden Sie auf jeden Fall das sichere vergossene Prüfkabel, das bei solchen Geräten zum Lieferumfang gehört. Vergewissern Sie sich stets, dass der Tester für die richtige Messaufgabe eingestellt ist, bevor Sie die „Test“-Taste drücken!

Was macht ein PSC-Tester?

Ein PSC-Tester misst zunächst die Leerlaufspannung an den Klemmen (V_s , siehe **Bild 2**). Dann legt er kurzzeitig eine kleine Last an, um einen Strom mit bekanntem Wert durch den Stromkreis fließen zu lassen (I_T , **Bild 3**). Sobald dieser Prüfstrom fließt, misst das Gerät die Spannung V an den Klemmen. Aufgrund der Impedanz (Z_{LN}) des Stromkreises wird die gemessene Spannung V etwas niedriger als V_s sein. Diese Impedanz wird berechnet aus:

$$Z_{LN} = (V_s - V) / I_T \quad [\Omega]$$

Unter der Annahme, dass Z_{LN} konstant ist, berechnet der Tester den prospektiven Kurzschlussstrom als: V_s / Z_{LN} .

Die Höhe des Prüfstroms hängt vom gewählten Messbereich ab und reicht zum Beispiel von 2 A bis zu 25 A oder mehr. Die Dauer der Messung variiert ebenfalls mit dem Bereich und liegt in der Regel in der Größenordnung von einigen zehn Millisekunden. **Tabelle 1** und **Tabelle 2** zeigen einige „echte“ Messparameter eines realen PSC-Testers.

Was ist der Schleifen-test?

PSC-Prüfgeräte können auch die Erdschlusschleifenimpedanz Z_s oder Z_e oder den prospektiven Fehlerstrom oder Erdschlussstrom messen, der im Falle eines Kurzschlusses vom Außenleiter L zum Schutzleiter PE fließt. Dieser Strom ist von der Impedanz des Stromkreises abhängig (**Bild 4**). Eine niedrige Impedanz führt zu einem hohen Erdschlussstrom, so dass ein Leitungsschutzschalter schnell auslöst. Eine niedrige Impedanz

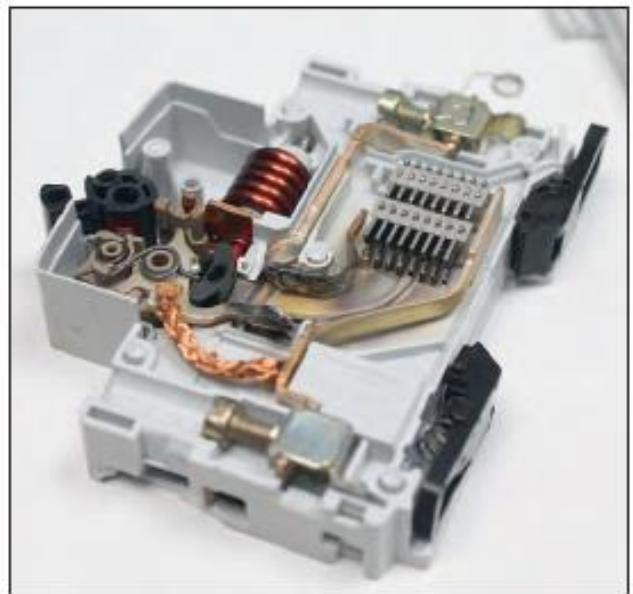


Bild 1. Das kann einem Leitungsschutzschalter (MCB) passieren, wenn er dem Kurzschlussstrom nicht gewachsen ist.

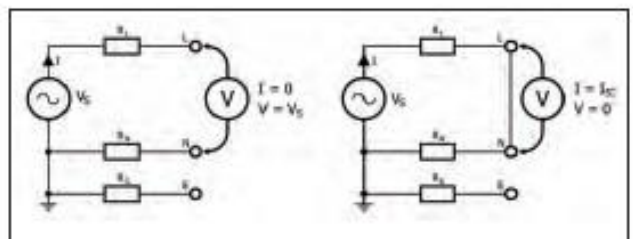


Bild 2. Messung der Leerlaufspannung (links) und des Stroms im kurzgeschlossenen Stromkreis (rechts).

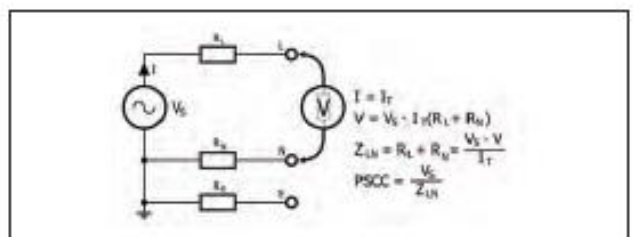


Bild 3. Der PSC-Tester sorgt für einen Prüfstrom in bekannter Höhe, um die Impedanz des Stromkreises zu berechnen.

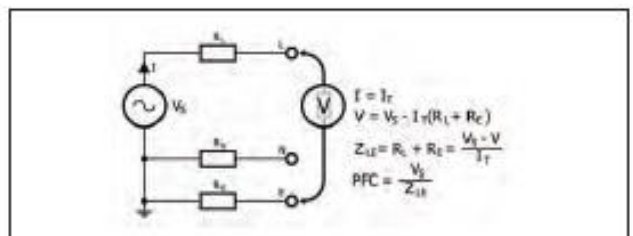


Bild 4. Berechnung der prospektiven Erdschlussimpedanz Z_s (oder Z_e) beziehungsweise des Erdschlussstroms P(E)FC.

sorgt auch dafür, dass der Potentialunterschied zwischen dem PE-Leiter an der Steckdose und der Erde (auf PEN-Potential) besonders klein ist.

Bei der Messung an einer Steckdose wird die Erdschlusschleifenimpedanz als Z_s bezeichnet, bei der Messung an der Einspeisung der Versorgung wird sie Z_e genannt. So ist:

$$Z_s = Z_e + R_L + R_E \text{ [\Omega]}$$

mit R_L und R_E als die jeweiligen Impedanzen der L- und PE-Leiter zwischen dem Einspeisepunkt und der Steckdose.

Beachten Sie, dass selbst bei einem geringen Prüfstrom ein Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter) auslösen kann, wenn er empfindlich ist oder wenn ein Leck im zu prüfenden Stromkreis vorhanden ist. Um dies zu vermeiden, können Sie den FI-Schutzschalter vorübergehend überbrücken (aber vergessen Sie nicht, seine Anschlüsse wieder herzustellen, wenn Ihre Messungen beendet sind!).

Wie verläuft ein P(E)FC-Test?

Die Erdschleifenimpedanz wird auf die gleiche Weise wie die PSCC gemessen, aber der Prüfstrom ist, wiederum abhängig vom gewählten Bereich, viel kleiner, im zweistelligen Milliampere-Bereich. Außerdem wird die Messung zwischen dem Außenleiter L und dem Schutzleiter PE statt zwischen Außenleiter L und dem Neutralleiter N durchgeführt. Den PEFC erhält man durch Berechnung von V_d/Z_{LE} .



IM ELEKTOR-STORE

→ Peaktech 2715 Digital Loop / PSC Tester

www.elektor.de/peaktech-2715-digital-loop-psc-tester

Anmerkungen

Je nach Verdrahtung kann es vorkommen, dass sich die Messwerte von PSCC und P(E)FC unterscheiden. Ist dies der Fall, verwenden Sie den höheren Wert bei der Auswahl eines Leitungsschutzschalters.

Hinweis: Das Arbeiten an elektrischen Anlagen, die unter Spannung stehen, ist (lebens-)gefährlich! Trennen Sie die elektrische Anlage stets vom Leitungsnetz, bevor Sie daran arbeiten!

191160-03

Weblink

[1] Video: Ausgepackt - PeakTech 2715 Loop & PSC Tester: <https://youtu.be/9dBhz3acowc>

Netze und Leitungen

Bei der Bezeichnung elektrischer Leiter in Haushalt und Industriellen Anlagen hat man es mit einer verwirrenden Vielzahl von (aus dem Französischen und Englisch stammenden) Begriffen und Abkürzungen zu tun, die selbst vielen gestandenen Elektrikern nicht geläufig sind und dennoch korrekt angewendet werden sollten.

- TN terre neutre Erde neutral
- -S séparé getrennt
- -C combiné kombiniert
- IT isolé terre Erde isoliert
- TT terre terre Erde Erde
- L ligne Leitung, Linie
- N neutre neutral
- PE protective earth Schutzerde

In Europa sind in privaten und industriellen Niederspannungsanlagen TN-Netze üblich. Ein solches Netz besitzt immer drei Außenleiter (L1, L2, L3) und einen Neutralleiter N, der in Deutschland niederohmig mit der Erde verbunden sein muss. (Nur) in solchen Fällen kann das Netz als **TN-C-Netz** ausgeführt werden, bei dem Neutralleiter N und Schutzleiter PE in einem einzigen Leiter PEN kombiniert sind. Sicherer als diese „Billiglösung“ ist ein **TN-S-Netz** mit getrennten Neutralleiter

N und Schutzleiter PE. Die Verbindung der beiden Leiter erfolgt üblicherweise auf der Generatorseite des Sicherungskastens in Form eines speziellen Erdspießes, der für die Anbindung ans Erdreich sorgt. Zur „Verkomplizierung“ der Sachlage können TN-S- und TN-C-Netze zu einem **TN-C-S-Netz** zusammengefasst werden. Diese werden auch als PME- (Pro-

tektive Multiple Grounding), MEN- (Multiple Grounded Neutral) oder MGN-Netze (Multi Grounded Neutral) bezeichnet.

In einem **TT-Netz** verfügen sowohl der Generator als auch der Verbraucher über eigene Schutzleiteranschlüsse (Erdungsstäbe); ein PE-Leiter ist nicht vorgesehen. Schließlich hat ein **IT-Netz** überhaupt keinen Erdungsanschluss.

