

Prüfungen für den Schutz durch automatische Abschaltung

PRÜFTECHNIK ELEKTRISCHER ANLAGEN NACH DIN VDE 0100-600 (TEIL 13) Nach den Details zu den verschiedenen RCD-Typen A, F und B sowie deren Prüfungen kehren wir zu unserer beispielhaften Anlage, bestehend aus einem Hausanschlusskasten, einer Haupterdungsschiene, einem Schrank mit Zählleinrichtung mit vorgeschaltetem SLS-Schalter sowie nachfolgender Hauptleiterabzweigklemme und einem Stromkreisverteiler, zurück.

Hierbei stehen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen in Form von Leitungsschutzschaltern sowie kombinierte Fehlerstrom-Überstrom-Schutzeinrichtungen (RCD-LS-Kombinationen) im Fokus der Prüfungen.

Ermittlung der Auslösezeit, des Auslöse- und Kurzschlussstroms

Die nachfolgend festgelegte Reihenfolge der Prüfungen auf Basis des TN-Systems orientiert sich entsprechend am Personen- und Anlagenschutz. Somit beginnend mit den Prüfungen zur Wirksamkeit der RCDs, favorisieren wir als erstes die Ermittlung der Auslösezeit, die eine unmittelbare Abschaltung ermöglichen sollte, und danach die Messung zur Höhe des Auslösestroms. Es empfiehlt sich die RCD-Prüfungen an den Endstromkreisen vorzunehmen, damit die Leitungswege in der Messung einbezogen werden und mögliche Störeinflüsse in Form elektrischer und magnetischer Felder erkannt werden. Die Prüfungen der RCDs für die generell zutreffende Wechselstromsensitive und gegebenenfalls ergänzende gleichstromsensitive Prüfung mit Ermittlung der Auslösezeit (t_a), des Auslösestroms ($I_{\Delta n}$) und der Berührungsspannung ($U_{\Delta n}$) brauchen nur einmal pro RCD durchgeführt werden.

Mit den zurückliegenden Messungen zur Durchgängigkeit der Leiter und somit auch der Schutzleiter ist gewährleistet, dass die Schutzfunktionalität an einer Stelle bestätigend auch an alle anderen Stellen

des Stromkreises, bzw. bei einem RCD mit in Folge mehreren Leistungsschutzschaltern, in allen betreffenden Stromkreisen besteht. **Bild 58** zeigt für eine RCD-LS-Kombination (Verteilerposition 37 und 38) mit einem RCD-Anteil vom Typ A mit 10mA und einem LS-Anteil mit B16A die Ermittlung der Auslösezeit und **Bild 59** die Ermittlung des Auslösestromes.

Die Beurteilung der gemessenen Auslöseströme von RCDs erfordern Kenntnisse der Produkte und deren grundlegenden Auslösestrombereiche. Mehrere Messreihen im FBZ-E Fachbereichszentrum Energietechnik GmbH für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vom Typ A mit einem Fehlerstrom von 30mA zeigten bei fünf verschiedenen Herstellern zwei Zuordnungen von Auslösestrombereichen bei wechselstromsensitiven Prüfungen mit einem Mittelwert von einerseits 18,8mA sowie 22,5mA. Bei den Messungen sind die RCDs ohne Vorbelastung durch angeschlossene Endstromkreise geprüft worden. In der Praxis bedingt das angeschlossene Leitungsnetz eine Vorbelastung der RCDs. Diese Vorbelastung lässt sich mit einer Leckstromzange ermitteln. **Bild 60** zeigt bei einer verteilerinternen Steckdose einen zu erwartenden Ableitstrom von 0,000 mA und **Bild 61** das Simulieren eines Leistungsnetzes durch einen Kabelroller und einen zu erwartenden Anstieg des Ableitstroms, in diesem Fall auf 0,111 mA.

Abschließend ist für Bestätigung der Wirksamkeit des Schutzes durch automatische Abschaltung bei der RCD-LS-Kombination noch die Höhe des möglichen Kurzschlussstromes zu messen. Hierbei liegt der Fokus auf der Kurzschlussauslösung, also der unverzögerten Ab-



Bild 58: Wechselstromsensitive Messung mit einem zu erwartenden Messwert für t_a von 8 ms



Bild 59: Wechselstromsensitive Messung mit einem zu erwartenden Messwert für I_{Δ} von 7,8 mA



Bild 60: Ableitstrom der verteilerinternen Steckdose mit 0,000 mA

schaltung durch den Kurzschlussauslöser. Entsprechend Tabelle NB.1 in der DIN VDE 0100-600 liegt dieser bei Leitungsschutzschaltern des Charakters »B« bei $\gg 5 \times I_{\text{Nenn}} \ll$. Dieses entspricht einer Abschaltung $< 0,1 \text{ s}$. Mit Beachtung des Faktors $\gg 1,5 \times \ll$ entsprechend Anhang D der DIN VDE 0100-600 für die Erwärmung des Leiters im Fehlerfall und die dadurch sich reduzierende Höhe des möglichen Kurzschlussstromes, ist bei Anwendung einer LS-B 16 A eine Mindestkurzschlussstromhöhe von

$$16 \text{ A} \cdot 5 \cdot 1,5 = 120 \text{ A}$$

erforderlich.

Eine Kurzschlussstromhöhe von 120 A führt somit bei dem LS-Anteil B 16 A der RCD-LS-Kombination zu einer unverzögerten Auslösung mit einer Abschaltzeit von $< 0,1 \text{ s}$. Sollte der gemessene Kurzschlussstrom kleiner sein, wäre die unverzögerte Auslösung durch den Kurzschlussauslöser nicht gewährleistet und eine rechtzeitige Abschaltung des betroffenen Stromkreises würde nicht erfolgen. **Bild 62** zeigt die Messung zur möglichen Höhe des Kurzschlussstroms an der RCD-LS Kombination.

Messung der möglichen Kurzschlussstromhöhe bei Stromkreisen mit RCDs

Die Messungen zur möglichen Kurzschlussstromhöhe erfolgen bei Stromkreisen mit RCDs, die bereits durch zu erwartende Werte für Auslösezeit, Auslösestrom und Berührungsspannung den Schutz gegen elektrischen Schlag (DIN VDE 0100-410) gewährleisten, als Netzimpedanzmessung zwischen Außen- und Neutralleiter (L-N). Hierdurch erfolgt die Bestätigung zum Schutz bei Überstrom (DIN VDE 0100-430).



Bild 62: Messung zur Höhe des möglichen Kurzschlussstromes mit einem ausreichenden Messwert für I_k von 273 A



Bild 61: Ableitstrom bei Simulation eines Leitungsnetzes mit 0,111 mA

Messung der möglichen Kurzschlussstromhöhe bei Stromkreisen ohne RCDs

Die Messungen zur möglichen Kurzschlussstromhöhe erfolgen bei Stromkreisen ohne RCDs als Schleifenimpedanzmessung zwischen Außen- und Schutzleiter. Hierdurch erfolgt die Bestätigung zum Schutz gegen elektrischen Schlag (DIN VDE 0100-410) und in Verbindung der Durchgängigkeitsmessungen zum Neutralleiter die Bestätigung zum Schutz bei Überstrom (DIN VDE 0100-430). Unabhängig der Stromkreisausführungen in Wechsel- oder Drehstrom wird für die Fehlerannahme die Spannung U_0 mit 230V zugrunde gelegt.

Messoptionen seitens Prüfgerät

Das verwendete Prüfgerät XTRA bietet für die Messungen zur Höhe des möglichen Kurzschlussstromes mehrere Optionen. Das Messprinzip basiert auf der Spannungsdifferenz eines nicht belasteten und eines belasteten Stromkreises. Hierzu ermittelt das Prüfgerät die Leerlaufspannung an der Messstelle, schaltet danach einen Belastungswiderstand ein, der einen Strom zwischen 3,7 A und 4,7 A bedingt und wiederholt die Spannungsmessung. Der Spannungsunterschied er-



Bild 63: Meldung des Prüfgerätes bei der Messung Z_{L-PE} bei Auslösung des RCDs



Bild 64: Meldung seitens des Prüfgerätes, dass der Wert >10Ω beträgt



Bild 65: Ermittlung des möglichen Kurzschlussstromes eingangsseitig am LSS mit 170A



Bild 66: Ermittlung des möglichen Kurzschlussstromes ausgangsseitig am LSS mit 2,81 A

möglicht dem Prüfgerät die Berechnung der Schleifenimpedanz (L-PE) oder der Netzimpedanz (L-N). Folgender Ansatz, inkl. einem Beispiel, kann für eine mathematische Betrachtung verwendet werden:

$$Z_s = \frac{R_{\text{Bel.}} \cdot U_{\Delta}}{U_{\text{Leer}}} = \frac{60\Omega \cdot 5V}{230V}$$

$$Z_s = 1,30\Omega$$

Hierbei wurde seitens des Prüfgerätes ein Belastungsstrom von beispielhaften 3,83A zugrunde gelegt. Die ermittelte Impedanz Z_s dient in Verbindung mit 230V dem Prüfgerät zur Darstellung des möglichen Kurzschlussstromes:

$$I_k = \frac{U_{\text{Leer}}}{Z_s} = \frac{230V}{1,30\Omega}$$

$$I_k = 176,92A$$

Dieses Messverfahren entspricht beim Prüfgerät der Position » $U_L < 50V AC$ « und würde bei der Ermittlung der Schleifenimpedanz bei einem Stromkreis mit RCD eine sofortige Auslösung des RCDs bedeuten. **Bild 63** zeigt die hiermit verbundene Meldung des Prüfgerätes. Es gibt ein Messverfahren entsprechend Position »15mA«, welches bei einem RCD mit minimal 30mA Bemessungsdifferenzstrom eine Auslösung, sofern keine übermäßige Vorbelastung des RCDs vorliegt, ausschließen würde.

Mit der Strategie:

- Stromkreise mit RCDs und mit LS: Messungen zwischen Außen- und Neutralleiter
- Stromkreise ohne RCD und mit LS: Messungen zwischen Außen- und Schutzleiter

ist aber die Verwendung der Position »15mA« für diese Messungen nicht erforderlich und auch nicht empfehlenswert, da die mit mehreren Ampere (3,7A bis 4,7A) ermittelten Messwerte eine höhere Genauigkeit aufweisen.

Die Position »15mA« bekommt ihre Bedeutung bei Überstrom-Schutzeinrichtungen mit kleinen Nennströmen im mA-Bereich. Denn bei einer Schleifenimpedanz (L-PE) oder Netzimpedanz (L-N) über 10Ω endet der Messbereich und folgende Meldung entsprechend **Bild 64** erscheint. Rechts im Bild ist die betreffende Schutzeinrichtung in Form eines Leistungsschalters (LSS) mit 160mA zu sehen. Diese werden meist als Motorschutzschalter eingesetzt, dienen bei dem vorliegenden Aufbau zur experimentellen Erprobung. Denn eine Schutzkontaktsteckdose mit einer Überstromabsicherung von 160mA ist nicht wirklich praxistauglich. Jetzt ist die Position »15mA« gefordert, die hier Werte generieren kann.

Die Einbringung hoher Widerstandswerte durch Schutzeinrichtungen mit kleinen Nennströmen verdeutlicht sich durch eingangs- und ausgangsseitige Messungen. **Bild 65** zeigt die Ermittlung des möglichen Kurzschlussstromes eingangsseitig des Leistungsschalters mit einem Wert von 170A. **Bild 66** zeigt die Ermittlung des möglichen Kurzschlussstromes ausgangsseitig des Leistungsschalters mit einem Wert von 2,81A. Für die Beurteilung ausreichenden Kurzschlussstromhöhe für die unverzügerte Abschaltung auf Grundlage vom Faktor 13 ($0,16A \cdot 13 \cdot 1,5 > 3,12A$) ist der Schutz bei Überstrom in diesem Fall nicht gewährleistet.

Im nächsten Beitrag werden für Beleuchtungsanlagen und Motorstromkreise, die keine unmittelbare elektrische Kontaktierung über Steckvorrichtungen oder Anschlussdosen ermöglichen, passende Prüfabläufe vorgestellt.

(Fortsetzung folgt)



AUTOR

E. Josef Pott
Geschäftsführer FBZ-E Fachbereichszentrum
Energietechnik GmbH, Leer