

Messung der Schleifenimpedanz

Ziel der Messung:

Durch die Messung der Schleifenimpedanz soll festgestellt werden, ob die Schutzmaßnahme "Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung" wirksam ist. Die Schleifen- oder Netzschleifenimpedanz ist die Summe der Impedanzen (Scheinwiderstände) durch die im Fehlerfall der Kurzschlussstrom fließt. Dazu zählen die Impedanzen der Stromquelle (z.B. Scheinwiderstand der sekundärseitigen Transformatorspule), des Außenleiters bis zur Messstelle und die Impedanzen der Rückleitung (z.B. Impedanzen von PE und PEN) einschließlich aller Übergangswiderstände an Klemmstellen. Bei den gängigen Messgeräten werden Messverfahren genutzt, die mit hinreichender Genauigkeit nur den ohmschen Anteil der Schleifenimpedanz messen. Durch den bei der Messung zu berücksichtigenden Messfehler werden die induktiven Anteile der Schleifenimpedanz berücksichtigt (Gilt nicht für Messungen in der Nähe von Transformatoren und

Grenz- und erwartete Werte der Schleifenimpedanz bzw. des Kurzschlussstromes:

Die Schleifenimpedanz muss so klein sein, dass im Fehlerfall der Kurzschlussstrom I_K am entferntesten Punkt des Netzes mindestens den erforderlichen Abschaltstrom I_a (plus dem Korrekturfaktor) der vorgeschalteten Überstromschutzeinrichtung erreicht. Dieser Abschaltstrom bewirkt ein Abschalten innerhalb der vorgeschriebenen Abschaltzeiten. Rechnerisch lassen sich die Grenzwerte von Schleifenimpedanz und Kurzschlussstrom nach DIN VDE 0100-600 mit den folgenden Formeln berechnen:

$$Z_s \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a}$$

$$I_K \geq \frac{3}{2} I_a$$

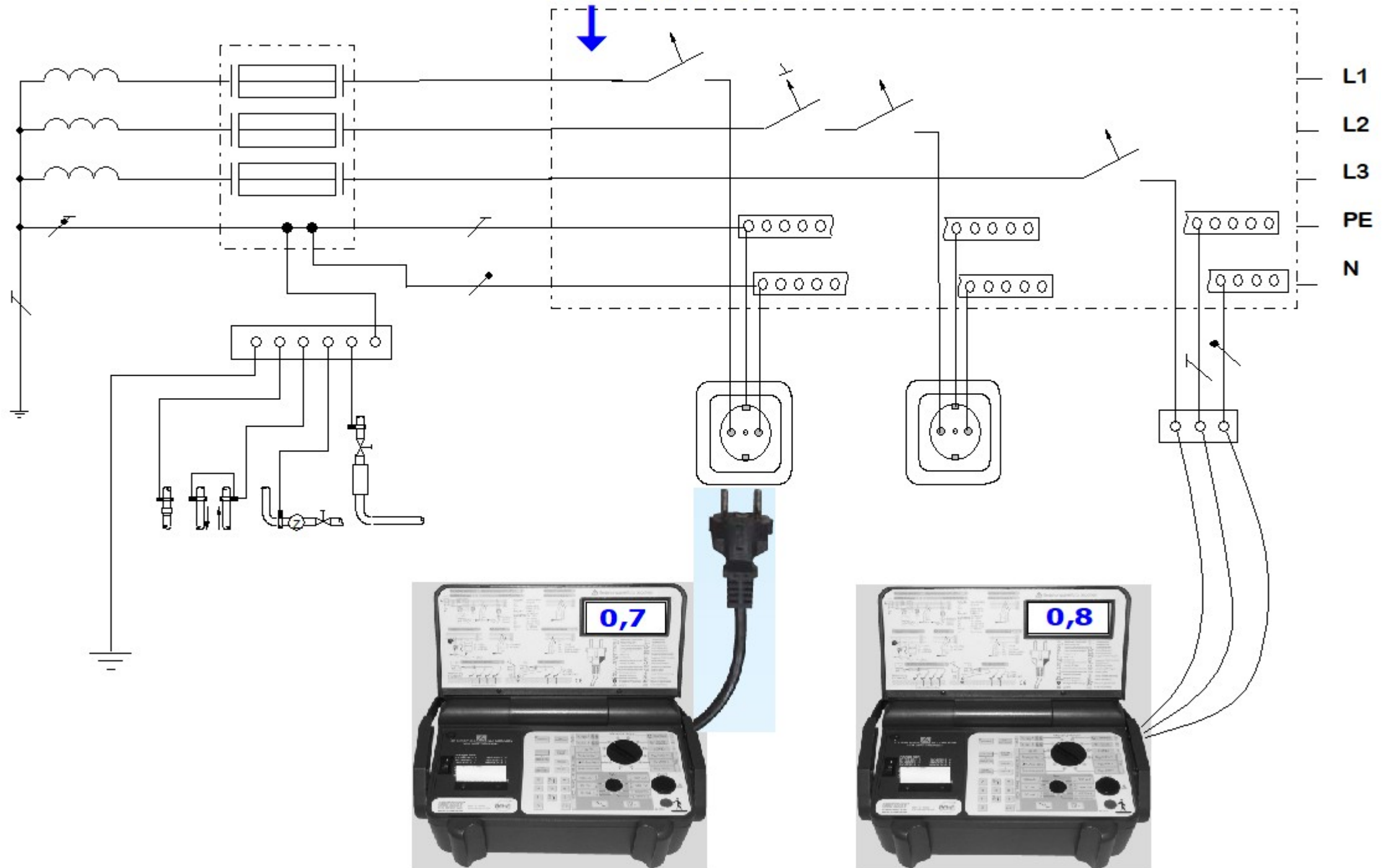
Da der Kurzschlussstrom, die Netzspannung und die Schleifenimpedanz nach dem ohmschen Gesetz miteinander verknüpft sind, kann statt der Schleifenimpedanz auch der Kurzschlussstrom gemessen und im Prüfprotokoll eingetragen werden.

Die realen Werte der Schleifenimpedanz werden im Wesentlichen durch die Kenngrößen der verlegten Leitungen/Kabel (Leitungslänge, Querschnitt und Leitungsmaterial) bestimmt. Der VNB garantiert innerhalb seines Zuständigkeitsbereiches (bis zum HAK) eine Schleifenimpedanz von $0,3 \Omega$. Der größte Anteil der Schleifenimpedanz tritt im Endstromkreis auf, da dort der Querschnitt am geringsten ist. Insgesamt liegt der erwartete Wert von Z_s um 1Ω . Dieser Wert ist nur als Richtwert zu verstehen. In ländlichen Gebieten oder in Anlagen mit Motorschutzeinrichtungen ist der erwartete Wert mitunter größer. Es gilt immer: Konkrete Anlagebedingungen beachten.

Sofern in fehlerfreien Anlagen der Grenzwert von Z_s nicht eingehalten werden kann, sind Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vorzusehen. Das Messen der Schleifenimpedanz in TN-Systemen mit Fehlerstromschutzschaltern ist dann nicht erforderlich. Selbst bei schlechten Widerstandswerten wird der entstehende Abschaltstrom immer größer als der für die Auslösung notwendige Auslösestrom der RCD sein.

Messdurchführung:

Beachte: kein RCD

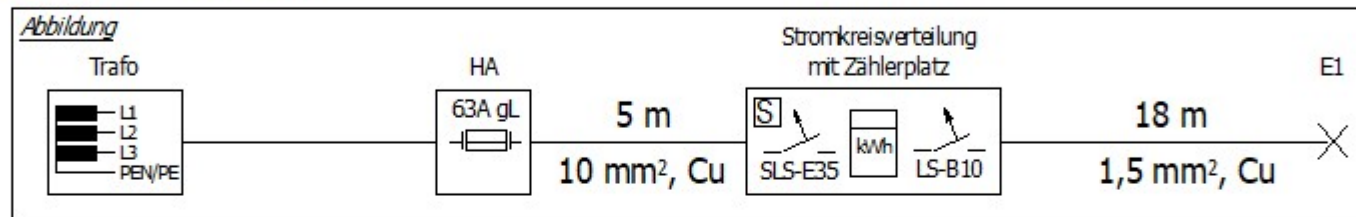


Messung des Netzzinnenwiderstandes:

Die Messung des Netzzinnenwiderstandes wird nicht von der Norm gefordert. Sowohl beim Netzzinnenwiderstand als auch bei der Schleifenimpedanz sind die Transformator- und Außenleiterwiderstände enthalten. Da sich die Widerstände im Rückleiter zum Transformator unterscheiden (entweder N/ PEN oder PE/PEN) lassen sich z.B. schlechte Klemmstellen genau zuordnen. Schleifenimpedanz und Netzzinnenwiderstand müssen etwa den gleichen Wert besitzen.

Arbeitsaufträge:

1. In der dargestellten elektrischen Anlage wurde eine Schleifenimpedanz an der Leuchte E1 von $1,8 \Omega$ gemessen. Der VNB garantiert einen Höchstwert für die Leitung zwischen Transformator und Hausanschlusskasten von $0,3 \Omega$. Die weiteren Leitungslängen und Querschnitte sind in die Darstellung eingetragen.



- a) Weisen Sie rechnerisch nach, wie groß der Abschaltstrom des Leitungsschutzschalters sein .

$$I_a = 5 I_n \quad I_a = 5 \cdot 10 \text{ A} = \underline{50 \text{ A}}$$

- b) Begründen Sie, ob die Abschaltbedingung nach DIN VDE 0100-600 mit der gemessenen Schleifenimpedanz erfüllt ist?

$$Z_s \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a} = \frac{2}{3} \cdot \frac{230 \text{ V}}{50 \text{ A}} = 3,07 \Omega \quad \text{Abschaltbedingung ist rein rechnerisch erfüllt.}$$

- c) Welcher rechnerische Schleifenimpedanzwert ist an der Leuchte E1 zu erwarten?

$$R_{L1} = \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot q} = \frac{2 \cdot 5 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2 \cdot 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}} = 0,0178 \Omega \quad R_{L2} = \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot q} = \frac{2 \cdot 18 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2 \cdot 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}} = 0,428 \Omega$$

$$Z_s = R_G = 0,3 \Omega + 0,017 \Omega + 0,428 \Omega = 0,745 \Omega$$

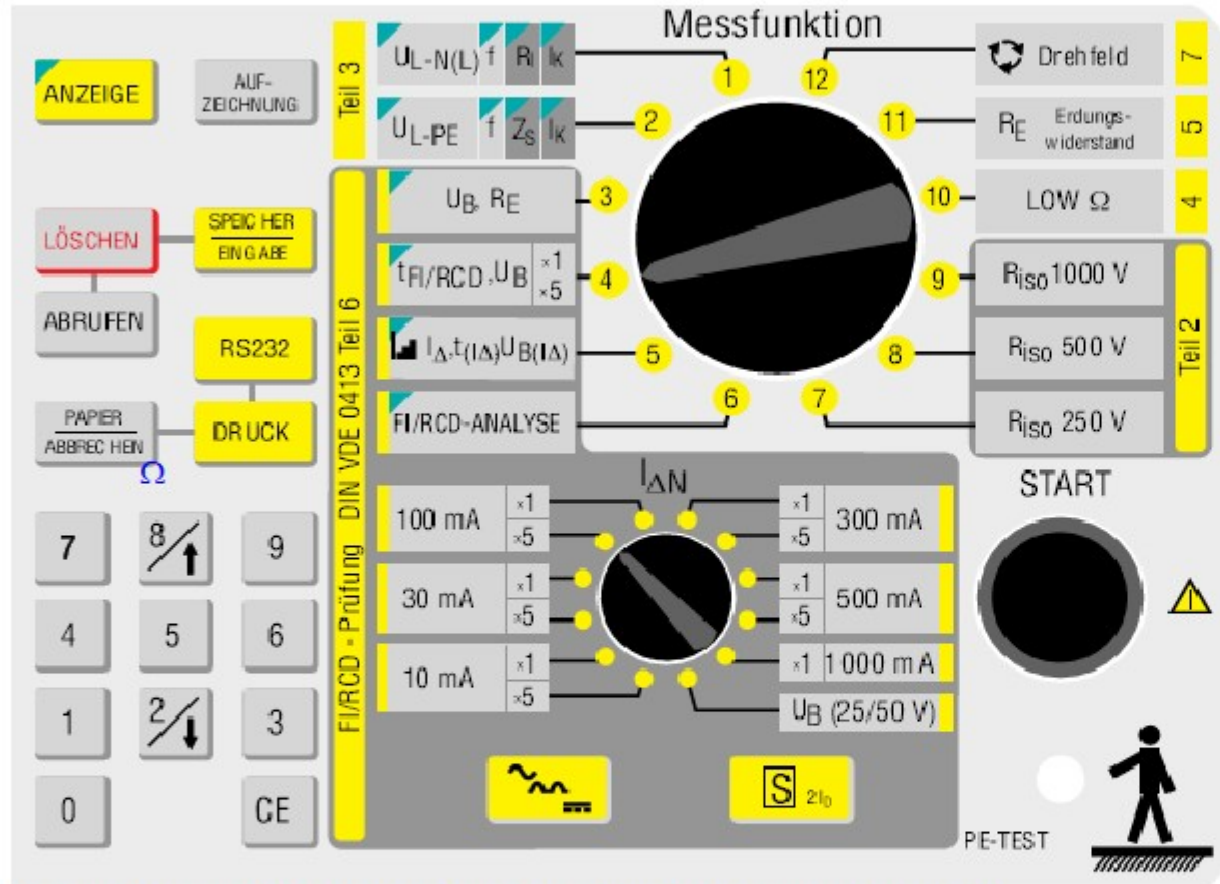
- d) Begründen Sie, ob Sie die Anlage dem Kunden übergeben!

Obwohl die Abschaltbedingung ist rein rechnerisch erfüllt ist, liegt der erwartete Wert der Schleifenimpedanz erheblich niedriger. Deshalb ist in der Anlage ein Fehler zu vermuten. Die Anlage darf somit nicht übergeben werden

2. Wo könnte der Fehler liegen, wenn der Innenwiderstand aus der Aufgabe 1 mit $0,6 \Omega$ gemessen wird ($Z_s = 1,8 \Omega$)?

Der Fehler liegt im Schutz- oder PEN-Leiter.

3. Geben Sie an, in welchen Positionen des Messbereichsschalters die Schleifenimpedanz und der Netzzinnenwiderstand gemessen werden.



Position ①: Messung der Schleifenimpedanz

Position ②: Messung des Innenwiderstandes

4. Warum löst die RCD bei der Messung der Schleifenimpedanz aus?

Weil der Strom über den Schutzleiter zurückfließt und deshalb ein "Stromungleichgewicht" entsteht.

5. Begründen Sie, ob es nicht gefährlich ist, dass in Stromkreisen mit RCD in TN-Systemen die Schleifenimpedanz nicht gemessen wird.

Nein, da RCDs bei sehr geringen Differenzströmen ausschalten und die Niederohmigkeit des PE überprüft wurde.

6. Welchen Einfluss hat der Potentialausgleich im TN-System auf die Schleifenimpedanz?

PA-Leiter sind parallel zum PEN-Leiter, so dass der Schleifenwiderstand dadurch verringert wird.