



02/2014

## Frage eines Elektrotechnikers zum Eintrag Kurzschlussstrom auf SINA und Mess- und Prüfprotokoll bezogen auf $I_{K \text{ Anfang}}$ und $I_{K \text{ Ende}}$

### Frage eines Elektrotechnikers ans ESTI:

Die Beurteilung der Schutzmassnahmen und Schutzorgane ist zu prüfen: Dies bedeutet, dass der Anschlussüberstromunterbrecher, Bezügerüberstromunterbrecher oder der Anschlusspunkt der ausgeführten Installation bezeichnet werden muss. Oft werden die Werte der Bezüger- oder Endstromkreise und nicht die Anschlussüberstromunterbrecher eingetragen. Muss ein Netzbetreiber das korrigieren? Wenn ein Installateur eine Erweiterung oder Änderungen an Teilen der Installation ausführt, muss er die Werte am Anfang und am Ende messen und auf dem Protokoll die Messungen des Anschlusspunktes eintragen – oder darf er auf den Anschlusspunkt verzichten?

Ein Beispiel SINA, wie es immer wieder vorkommt:

<b>Technische Angaben</b>		Schutz-System:	<input checked="" type="checkbox"/> TN-S	<input type="checkbox"/> TN-C	<input type="checkbox"/> TN-C-S	<input type="checkbox"/>	
Anschlussüberstromunterbrecher $I_N$			100	A			
<b>Anlage / Stromkreis:</b> Anschlussüberstromunterbrecher			Überstrom-Schutzorgan am Anschlusspunkt der Installation		$I_{K \text{ Anfang L-PE}}$ [A]	$I_{K \text{ Ende L-PE}}$ [A]	$R_{ISO}$ [M Ohm]
Zähler Nr.	Stromkunde / Nutzung:			$I_N$ [A]			
<b>511007</b>	Bezügersicherung			63		1200	5

## Kurzschlussstrom, Fehlerschleife und Messung der Fehlerschleifenimpedanz Was finden wir in der Norm?

### 4.1.1.4.4

Die Kennwerte der Schutzeinrichtungen (2 4.1.1.4.5) und die Stromkreisimpedanzen müssen die folgende Anforderung erfüllen:

$$Z_S \leq \frac{U_0}{I_a}$$

Dabei ist

$Z_S$  = die Impedanz der Fehlerschleife bestehend aus

- der Stromquelle;
- dem Aussenleiter bis zum Fehlerort;
- dem Schutzleiter zwischen dem Fehlerort und der Stromquelle;

$I_a$  = der Strom, der das automatische Abschalten der Abschalteinrichtung innerhalb der in 2 4.1.1.3.2.2 oder 4.1.1.3.2.3 angegebenen Zeit bewirkt. Wenn eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) verwendet wird, ist dieser Strom der Fehlerstrom, der die Abschaltung innerhalb der in 2 4.1.1.3.2.2 oder der in 4.1.1.3.2.3 angegebenen Zeit bewirkt;

$U_0$  = die Bemessungswechselspannung oder Bemessungsgleichspannung Aussenleiter gegen Erde.



**Anmerkung:**

Wenn zur Erfüllung dieser Anforderungen eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) verwendet wird, stehen die Abschaltzeiten nach 2 Tabelle 4.1.1.3.2.2.1 in Beziehung zu im Fehlerfall erwarteten Fehlerströmen, die bedeutend höher als der Bemessungsdifferenzstrom der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) sind (typisch  $5 I_{Dn}$ ). Im System TN sind die Fehlerströme wesentlich höher als  $5 I_{Dn}$  und die Abschaltzeiten nach 2 Tabelle 4.1.1.3.2.2.1 werden somit bei Verwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) immer eingehalten. Die geforderten Abschaltzeiten werden für  $U_0$  400 V auch mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) Typ S erreicht, da bei diesen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) schon ein Fehlerstrom  $2 I_{Dn}$  ausreichend wäre.

Zur Erläuterung der elektrischen Kenngrössen und Anforderungen der Schutzeinrichtungen für die automatische Abschaltung der Stromversorgung in Wechselspannungssystemen 230/400 V siehe Übersicht in (B+E).

**6.1.3.6.3 Messung der Fehlerschleifenimpedanz**

.1 Vor der Durchführung der Messung der Fehlerschleifenimpedanz ist durch Prüfung die durchgehende elektrische Verbindung der Schutzleiter festzustellen. (2 6.1.3.2)

Wenn die Anforderungen dieses Unterabschnittes nicht erfüllt sind oder wenn Zweifel bestehen und deshalb ein zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich gemäss 2 4.1.5.2 erstellt wurde, muss die Wirksamkeit dieses Schutzpotenzialausgleichs gemäss 2 4.1.5.2.2 überprüft werden.

**6.B.2 Verfahren B2 – Messung der Fehlerschleifenimpedanz**

Die Messung der Fehlerschleifenimpedanz ist entsprechend den Anforderungen von 2 6.1.3.6.3 durchzuführen.

Das folgende Verfahren durch Messung des Spannungsfalls darf z. B. verwendet werden, wenn

**Anmerkung 1:**

Das Verfahren in diesem Abschnitt liefert nur Näherungswerte für die Fehlerschleifenimpedanz und berücksichtigt nicht die Phasenverschiebung der Spannung, die während eines tatsächlichen Fehlers gegen Erde auftreten kann. Der Näherungswert wird jedoch akzeptiert, wenn die Reaktanz des betreffenden Stromkreises vernachlässigbar ist.

**Anmerkung 2:**

Es empfiehlt sich, eine elektrische Durchgängigkeitsprüfung zwischen dem Neutralpunkt und den Körpern vor der Messung der Fehlerschleifenimpedanz durchzuführen.

**6.C.4 Messung der Fehlerschleifenimpedanz**

Der Anstieg der Leiterwiderstände bei steigender Temperatur ist zu berücksichtigen. Siehe auch Info 2075.

Da die Messungen mit kleinen Strömen bei Raumtemperatur durchgeführt werden, eignet sich das nachfolgend beschriebene Verfahren, um den Anstieg der Leiterwiderstände



de mit steigender Temperatur aufgrund von Fehlern zu berücksichtigen und für TN-Systeme nachzuweisen, dass der gemessene Wert der Fehlerschleifenimpedanz die Anforderungen von 2 4.1.1.4 erfüllt.

Die Anforderungen von 2 4.1.1.4 werden als erfüllt angesehen, wenn der gemessene Wert der Fehlerschleifenimpedanz die folgenden Bedingungen erfüllt:

Legende:

$Z_{S(m)}$  = gemessene Impedanz der Fehlerstromschleife, beginnend und endend an der Fehlerstelle

$U_0$  = Spannung zwischen Aussenleiter und geerdetem Neutralleiter

$I_a$  = Strom, der die automatische Auslösung der Schutzeinrichtung innerhalb der in 2 Tabelle 4.1.1.3.2.2.1 angegebenen Zeit oder innerhalb von 5 s nach den in 2 4.1.1.4 festgelegten Bedingungen bewirkt

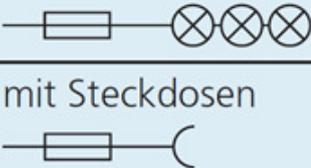
Stromkreis		Abschaltzeit/ Bedingungen
Bemessungs- strom	Art	
≤32 A	 alle Endstromkreise	0,4 s
	mit Steckdosen 	zusätzlich RCD
>32 A	und Verteilerstromkreise ≤32 A 	5 s



Tabelle der max. Leitungslängen für 4 % **Spannungsfall** mit Kurzschlussströmen und Abschaltzeit nach Sicherungsnennstrom

Querschnitt	Max. Leitungslänge in Metern	Max. Widerstands-länge x 2	Min. Kurzschlussstrom für 4 % Spannungsfall	Sicherungsnennstrom	0,4 s LS C Ohne Messunsicherheit	5 s LS C
1,5	54	1,26	182	13	170	115
2,5	70	0,98	234	16	210	130
4	85	0,72	319	20	260	195
6	103	0,6	383	25	325	220
10	108	0,387	605	40	520	325
16	110	0,24	958	63	820	650
25	131	0,183	1256	80	1040	710
35	145	0,145	1586	100	1300	780
50	160	0,112	2053	125	1625	975
70	180	0,09	2555	160	2080	1600
95	190	0,07	3285	200	2600	2080
120	195	0,056	4100	250	3250	2600

Diese Tabelle begründet folgenden **Profitipp**:

Wenn man den  $I_K$ -Wert für 0,4 s erreicht, so sind der **Spannungsfall und die Netzqualität sowie der Personenschutz in Ordnung!**

(Faktor  $10 \times I_{\text{nenn}} \times$  Korrekturfaktor 1,24) EN 60364-6 ohne Messunsicherheit

**Moderne Messgeräte bestimmen:**

- Kurzschlussstrom
- Schleifenwiderstand
- Impedanz
- Spannungsfall
- Sicherungsnennstrom abhängig
- Winkelbildung bis  $0,5 \cos$
- Spannungsanpassung
- 0 = Abgleich





## Lösungen zum Thema Mess- und Prüfprotokoll oder SINA

### 1. Frage: Einzutragende Werte

- Der  $I_{K \text{ Anfang}}$  wird am Eingang der Hauptverteilung gemessen.
- Der  $I_{K \text{ Ende}}$  wird am Ende der Leitung gemessen.
- Es ist der effektiv gemessene Wert einzutragen.

Die restlichen Faktoren müssen durch den Elektrotechniker selber beurteilt werden.

### 2. Frage: EN 61557 3, EN 60364-6

Anmerkung:

Es ist ausreichend, die Messung der Fehlerschleifenimpedanz an der entferntesten Stelle eines Stromkreises durchzuführen. Darüber hinaus genügt es für diesen Stromkreis, die durchgehende elektrische Schutzleiterverbindung nachzuweisen.

Für die überschlägige Prüfung dürfen mit hinreichender Genauigkeit verwendet werden:

- $I_a = 5 I_n$  für LS-Schalter nach Normen der Reihe DIN EN 60898 (VDE 0641) mit Charakteristik B;
- $I_a = 10 I_n$  für LS-Schalter nach Normen der Reihe DIN EN 60898 (VDE 0641) mit Charakteristik C und Leistungsschalter nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101) bei entsprechender Einstellung;
- $I_a = 12 I_n$  für Leistungsschalter nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101) bei entsprechender Einstellung und LS-Schalter mit Charakteristik K bis 63 A.

### Minimale Angaben bei einer Wohnung im Mess- und Prüfprotokoll:

Stromkreis	Ort / Anlageteil Schaltg. Kombination	Leitung/Kabel		Überstromschutz- einrichtungen		Messungen				Fehlerstromschutz- einrichtung		
		Art Typ	Leiteranzahl/ Querschnitt [mm <sup>2</sup> ]	Art Charakt.	$I_n$ [A]	$I_{K \text{ Anfang}}$ [A] L – PE	$I_{K \text{ Ende}}$ [A] L – PE	$R_{iso}$ [M $\Omega$ ] $I_{Leak}$ [mA]	Leitfähig- keit des Schutzlei- ters[ $\Omega$ ]	$I_n$ /Art [A]	$I_{\Delta n}$ [mA]	Auslöse- zeit [ms]
1	Anschlussicherung	Tdc	5x 16	GG	63	1500	1200	5	ok	-	-	-
2	Bezügersicherung	Tdc	5x 6	T/ VS	25	1200	800	5	ok	-	-	-
3	Rechaud / Küche	T	5x 2,5	C	16	800	480	7	0.5	-	-	-
4	Licht/ Wohnzimmer/ Balkon	T	3x 1,5	C	13	800	350	6	0,4	25	30	25



## Spezifikation eines typischen Messgerätes 5 %, 10 %, 17 %

Daten im 3-Leiter-Messmodus mit Auslösung:

Messbereich	0,10 - 0,50 $\Omega$	0,51 - 19,99 $\Omega$	20,0 - 39,99 $\Omega$	40,0 - 399,9 $\Omega$
Auflösung	0,01 $\Omega$			0,1 $\Omega$
Scheitel Messstrom 90 bis 280 V	1,50 bis 4,77 A	1,23 bis 4,66 A	1,03 bis 3,84 A	0,26 bis 3,21 A
Scheitel Messstrom 280 bis 550 V	2,59 bis 5,15 A	2,31 bis 5,08 A	2,07 bis 4,55 A	0,72 bis 4,07 A
Eigenunsicherheit bei Impedanzmessung	$\pm (10\% + 2 D)$	$\pm (5\% + 2 D)$		
Eigenunsicherheit ohmscher Anteil	$\pm (10\% + 2 D)$	$\pm (5\% + 2 D)$		
Eigenunsicherheit induktiver Anteil <sup>3</sup>	$\pm (10\% + 2 D)$	$\pm (5\% + 2 D)$		-
Betriebsunsicherheit bei Impedanzmessung	$\pm (17\% + 2 D)$	$\pm (12\% + 2 D)$		
Betriebsbereich	15,3 ... 70 Hz			

Moderne Messgeräte messen sehr genau zwischen 5 und ca. 17 %, bei höheren Werten gemäss Spezifikationen des Herstellers.

Die Messwerte müssen um den Wert der Betriebsunsicherheit höher sein.

Alternativ kann man zur Berechnung den Faktor 0,666 dividieren oder mit dessen Kehrwert multiplizieren. (1.5 Korrekturfaktor, Fehler berücksichtigt gemäss 60364-6 mit Leiter-temperaturanstieg und Messunsicherheit)

### Resümee:

#### Antwort des ESTI

Der  $I_{K \text{ Anfang}}$  wird am Eingang der Hauptverteilung gemessen. Der  $I_{K \text{ Ende}}$  wird am Ende der Leitung gemessen. Es ist der effektiv gemessene Wert einzutragen, nur dann kann das Resultat beurteilt werden.

- Der Wert  $I_{K \text{ Anfang}}$  ist für die Beurteilung der Anschlusssicherung.
- Wenn aber der Wert  $I_{K \text{ Ende}}$  so gross ist, dass es für den Wert am Anfang reicht, so ist es genügend nur den Wert am Ende einzutragen.
- Das ist eine fachliche Beurteilung der Stichprobe!
- Zum erwähnten Beispiel: 63 A Nennstrom braucht Faktor 8 (504 A); rapportiert wurde  $I_{K \text{ Ende}}$ : 1200 A – Analogieschluss: Es reicht also mit Reserve.
- Wenn  $I_{K \text{ Ende}}$  nicht reicht, **muss** der Wert  $I_{K \text{ Anfang}}$  ausgefüllt werden.

Die eingangs gestellte Frage lässt sich daher nicht einfach mit Ja/Nein beantworten, sondern muss jeweils situationsbezogen beurteilt werden.

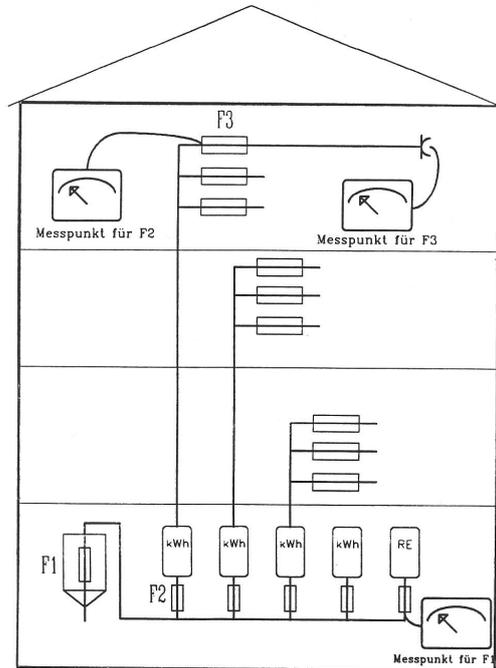
Elektrische Niederspannungsinstallationen. V-UVEK SR **734.272.3 Art. 10**



**Minimale Angaben, die bei einer Wohnung in die Protokolle einzutragen sind:**

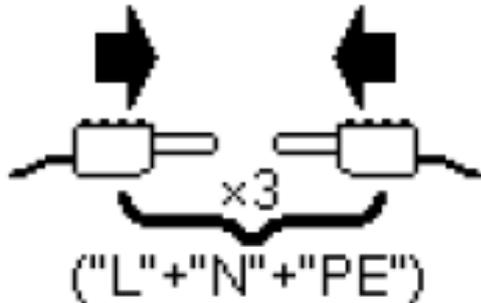
- $I_K$  der Zuleitung oder Anschluss-sicherung F1
- $I_K$  der Bezüger Sicherung F2
- $I_K$  des grössten Endstromkreises
- $I_K$  des weitestentfernten Endstromkreises  $I_K$  am Ende F3

**Der Netzbetreiber kann auf Verlangen das Mess- und Prüfprotokoll einfordern. Art. 38 NIV**



**Aus Erfahrung lernen:**

**Schleifenwiderstand messen: Worauf ist zu achten? EN 61557 3**

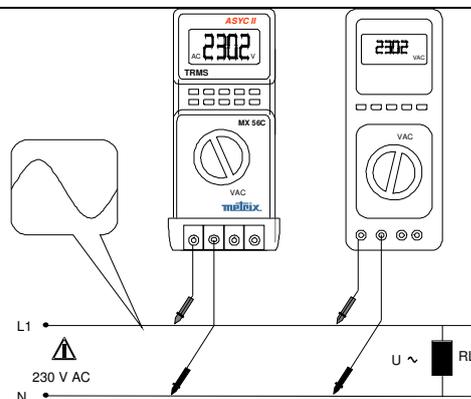


**Nullabgleich**

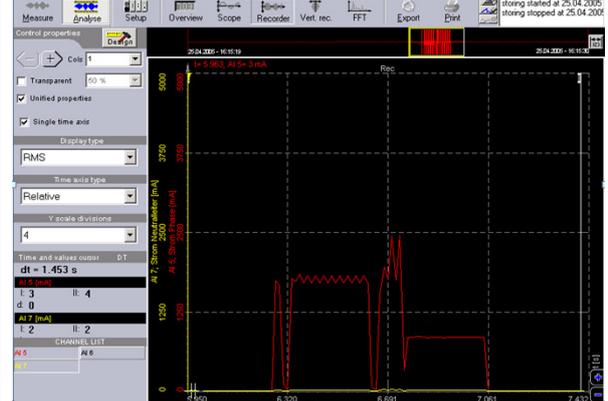
- Nullabgleich mit Krokodil und Sammelschiene ausführen
- Alle Niederohm-Messungen immer mit Abgleichen ausführen

**Gute Messgeräte sind in der Lage, mit**

- 220 V;
- 230 V;
- $U_{eff}$  oder der zum Messzeitpunkt herrschenden Spannung zu messen und rechnen von **15,3 bis 70 Hz**





<p></p> <p>• Messen mit Referenzspannung</p>	
	<p><b>Schleifenmessung <math>R_S / Z_S / U_F / U_B</math></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Abgleichen inkl. Zubehör</li><li>• <math>U_{eff}</math> Spannung</li><li>• 10-fach-Messung</li><li>• Mittelwertbildung</li><li>• Impedanz <math>Z</math></li><li>• bis Winkel 0,5</li><li>• <math>U_B / U_F</math> messen von Impedanz <math>Z</math></li></ul>

André Moser, Leiter Inspektionen Fehraltorf

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI  
Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf  
Tel. +41 44 956 12 12  
Fax +41 44 956 12 22  
info@esti.admin.ch  
www.esti.admin.ch