

Messungen von Erdungswiderständen

Teil 3: Messverfahren mit Netzstrom

E. Hering, Dresden

Eine Übersicht und die für alle Erdungsmessverfahren geltenden Aussagen enthält der Teil 1 [1]. Der Teil 2 [2] befasst sich mit den Strom-Spannungs-Messverfahren ohne unmittelbare Stromentnahme aus dem Netz. Der 3. und zugleich letzte Teil des Beitrags behandelt die Strom-Spannungs-Messverfahren mit unmittelbarer Stromentnahme aus dem Netz.

1 Messgeräte

Meistens werden Messgeräte benutzt, die auch oder vorrangig zum Prüfen von Anlagen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen bestimmt sind. Für die möglichst gefahrlose und einfache Verbindung mit dem Netz sind sie üblicherweise mit beweglicher Anschlussleitung und Schukostecker versehen. Darüber hinaus besitzen sie eine Anschlussklemme S für die Sonde, siehe Bilder 1 bis 3. Ferner sind sie mit einer Klemme E für die Verbindung mit dem zu messenden Erder (Messobjekt) ausgestattet, sofern nicht eine Ader (Schutzleiterader) in der beweglichen Anschlussleitung und der Schutzkontakt des Steckers für diese Aufgabe vorgesehen sind. Weil die Messgeräte in der Schutzklasse II ausgeführt sind ([3], Abschn. 4.5), dienen diese Ader und der Schutzkontakt nicht dem Schutz gegen elektrischen Schlag.

Die Messgeräte enthalten keine eigene Energiequelle, es sei denn, dass diese für eine weitere Messaufgabe benötigt wird. Spezielle Geräte können eine zusätzliche Anschlussmöglichkeit für einen Zangenstromwandler aufweisen.

Die Bilder 1 bis 4 zeigen nur die Prinzipien der umfangreichen Innenschaltungen. Die Messvorgänge einschließlich der eventuell angewendeten allmählichen Steigerung des Messstroms laufen bei den meisten Geräten automatisch ab. Statt getrennter Anzeige von Messspannung und -strom erfolgt eine Berechnung und digitale Anzeige des Erdungswiderstands.

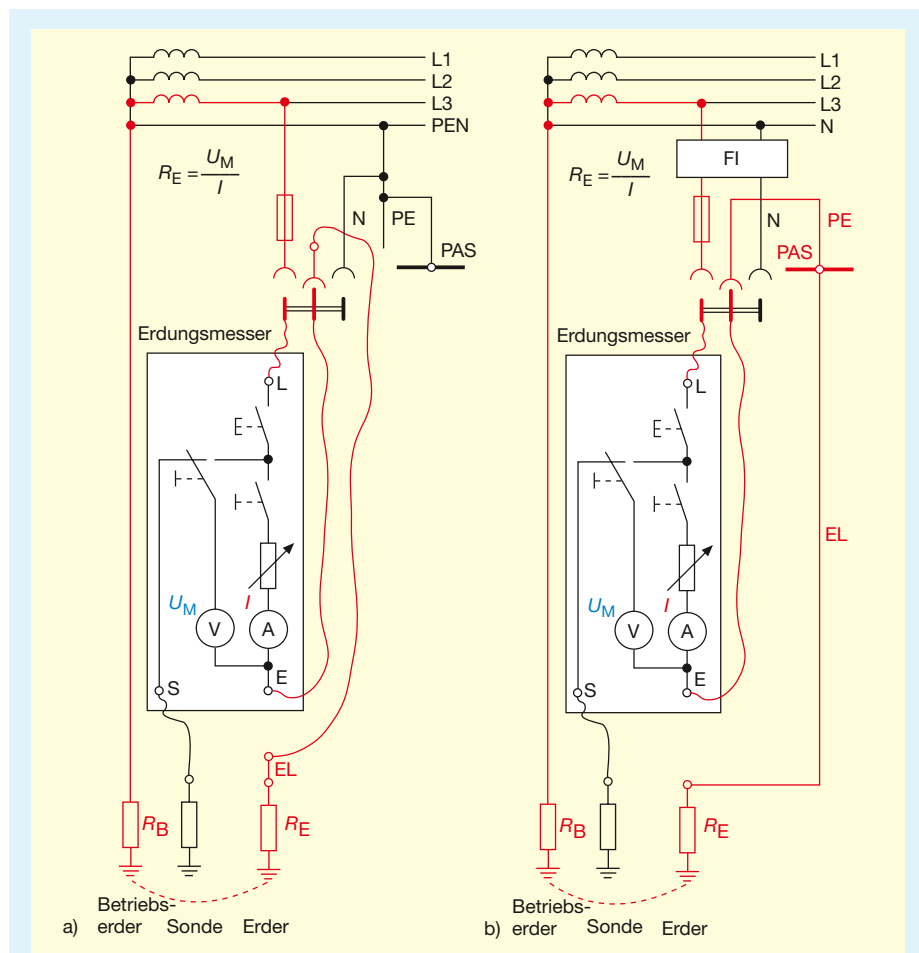
Ein Umschalter ermöglicht die Wahl von Messaufgabe, -verfahren, -schaltung, -bereich und/oder -ablauf. Die meisten Typen sind mit einer Starttaste für den Beginn des Messvorgangs ausgestattet. Komfortable Geräte haben zusätzliche Funktionen wie z. B.

- Mehrfachmessung und Anzeige des Durchschnitts,
 - Glätten der Messung („Smooth“),
 - Bestehenbleiben der Anzeige („Hold“),
 - Datenspeicherung für das Übertragen oder Drucken der Messergebnisse.
- Zum Schutz gegen elektrischen Schlag muss das Messgerät automatisch abschalten, wenn

es in der Anlage eine größere Fehlerspannung als 50 V hervorruft. Bei der Verwendung eines veränderbaren Widerstands für die Steigerung des Messstroms darf dieser am Anfang höchstens 3,5 mA betragen ([4], Abschn. 4.7). Üblich sind sowohl Messungen mit allmählicher Steigerung des Messstroms als auch solche, die diesen nur kurzzeitig in voller Größe fließen lassen.

Weil mit unmittelbarer Stromentnahme aus dem Netz und infolgedessen mit Netzfrequenz gemessen wird, können Störströme, die aus dem Netz stammen oder über Erde fließen, sehr leicht das Messergebnis verfälschen. Je größer der Messstrom ist, umso weniger können sich diese störenden Einflüsse auswirken. Ein großer Messstrom ist insofern vorteilhaft. Er ist jedoch problematisch, wenn das Messgerät hinter einem FI-Schutzschalter angeschlossen ist, weil er zu dessen Auslösung führen kann. Es gibt folgende Auswege:

- Der Prüfstrom beträgt nur die Hälfte des Bemessungsdifferenzstroms $I_{\Delta N}$ des FI-Schutzschalters.
- Das Messgerät wird vor dem FI-Schutzschal-



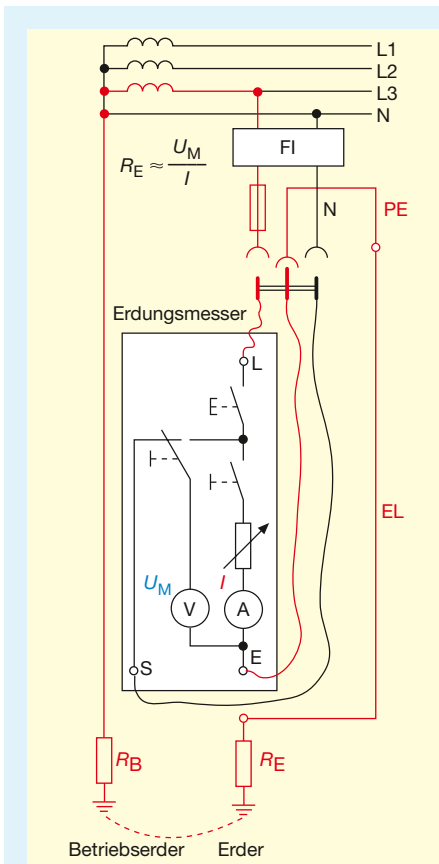
1 Strom-Spannungs-Messverfahren mit unmittelbarer Stromentnahme aus dem Netz, mit Sonde

- a) Anlage mit TN-System;
- b) Anlage mit TT-System

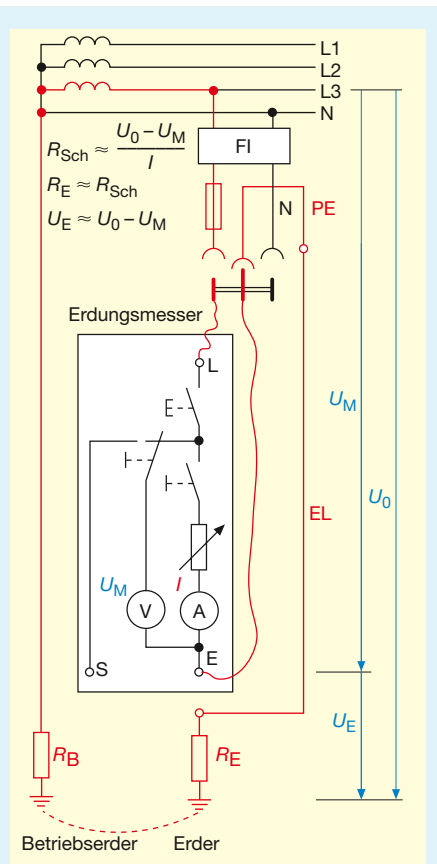
EL Erdungsleiter; FI FI-Schutzschalter; I Messstrom; PAS Potentialausgleichsschiene; R_B Widerstand des Betriebserders; R_E zu messender Erdungswiderstand; U_M Messspannung

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Enno Hering ist Mitglied des AK „Blitzschutz“ und des AK „Starkstromanlagen bis 1000 V“ des VDE-Bezirksvereins Dresden.



2 Strom-Spannungsmessverfahren mit unmittelbarer Stromentnahme aus dem Netz, mit Benutzung des PEN-Leiters oder Neutralleiters statt Sonde



3 Strom-Spannungsmessverfahren mit unmittelbarer Stromentnahme aus dem Netz, ohne Sonde

R_{Sch} Schleifenwiderstand; U_0 Leiter-Erde-Spannung; U_E Erderspannung am Messobjekt

ter oder an einen Stromkreis ohne einen solchen angeschlossen.

- Der Hersteller Chauvin Arnoux gibt beispielsweise für seine Typen C.A 6115 N und C.A 6456 an, dass durch ein so genanntes „ALT-System“ die Erdungsmessung mit größerem Strom auch hinter 30-mA-FI-Schutzschaltern erfolgen kann, ohne dass diese auslösen.

Wegen der störenden Einflüsse sollten immer mehrere Messungen durchgeführt und deren Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Vor dem Kauf eines Messgerätes ist es ratsam, sich durch Studium der Beschreibungen und Bedienungsanleitungen ein Urteil über die zur Auswahl stehenden Typen zu bilden.

2 Verbindungen mit Netz und Erder

Das Messgerät wird üblicherweise mit seinem Schukostecker an das Netz angeschlossen. Falsche Einstecklage verhindert die Messung, verursacht jedoch keine Gefahr. In Abweichung von den Bildern erfordern die meisten Geräte für die Funktion ihrer elektronischen Innenschaltung die Verbindung auch mit dem Neutralleiter.

Der Messstrom kann die unerwünschte Auslösung eines vorgeschalteten FI-Schutzschalters bewirken. Das muss unter Beachtung der diesbezüglichen Angaben im Abschnitt 2 gegebenenfalls beim Anschluss berücksichtigt werden.

Der zu messende Erder (Messobjekt) wird je nach Ausführung des Messgeräts

- direkt an die Klemme E angeschlossen (s. auch Bild 3 im Teil 1)
- oder (vorwiegend) nach den Bildern 1 bis 4 über den Schutzkontakt des Steckers mit dem Messgerät verbunden.

Verbindungen des Messobjekts mit anderen Erden würden das Messergebnis verfälschen. Darum muss in Verbraucheranlagen mit dem **TN-System** der Erdungsleiter EL während der Messung von der Potentialausgleichsschiene PAS getrennt sein, die über den PEN-Leiter der Hausanschlussleitung und des Verteilungsnetzes mit anderen Erden verbunden ist. Beim **TT-System** ist diese Trennung nicht erforderlich, weil bei ihm die PAS nicht mit dem Neutralleiter des Verteilungsnetzes verbunden ist. Im Bild 1 ist dieser Unterschied zwischen TN- und TT-System hinsichtlich der Verbindungen mit dem Messobjekt und der PAS dargestellt. Die Bilder 2 bis 4 sind aus Platzgründen diesbezüglich vereinfacht darge-

stellt. Praktisch müssen diese Einzelheiten immer wie im Bild 1 ausgeführt werden.

3 Messverfahren mit Sonde

Hierbei handelt es sich um dasjenige der Messverfahren mit unmittelbarer Stromentnahme aus dem Netz, das die genauesten Ergebnisse erwarten lässt, sofern eine Sonde an einem geeigneten Ort in den Erdstoff eingebracht werden kann. Die Messung erfolgt nach Bild 1. Die Sonde muss außerhalb des Potentialtrichters des Erders eingebracht werden. Zwischen den Klemmen E und S liegt die Spannung U_M , die der Messstrom I am Erder hervorruft.

4 Messung mit PEN- oder Neutralleiter statt Sonde

Dieses Messverfahren kann angewendet werden, wenn das Einbringen der Sonde nicht möglich ist. Diese ist gemäß Bild 2 durch den Anschluss der Klemme S an den PEN- oder Schutzleiter im TN-System oder an den Neutralleiter im TT-System ersetzt.

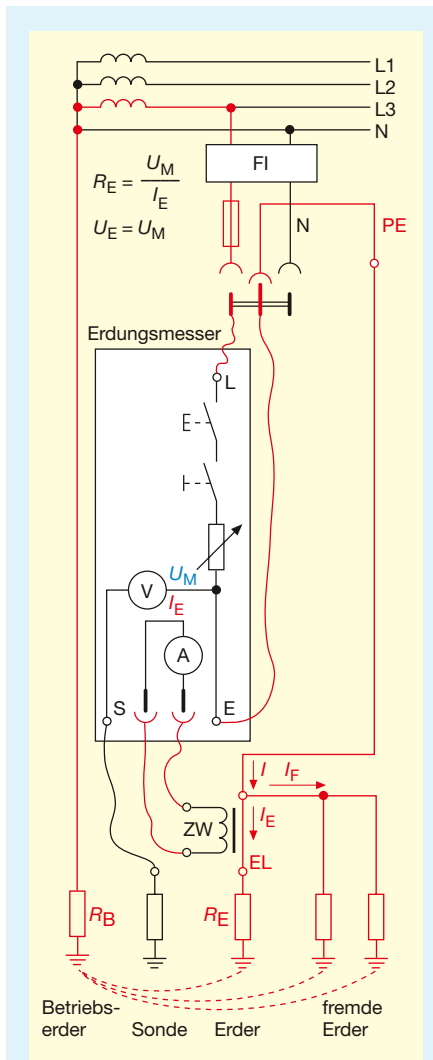
Achtung! Der Neutralleiter muss als unter Spannung stehend behandelt werden, obwohl er geerdet ist.

Der Erdungswiderstand des Betriebserders wird mitgemessen. Mit dem dadurch entstehenden Fehler liegt man auf der sicheren Seite.

Die von Betriebsströmen und Fehlerströmen am Betriebserder und am PEN-Leiter oder Neutralleiter des Verteilungsnetzes hervorgerufenen Spannungen können das Messergebnis verfälschen. Darum müssen größere Ungenauigkeiten als beim Messverfahren nach Abschnitt 3 erwartet werden.

5 Messverfahren ohne Sonde

Dieses im Bild 3 dargestellte Messverfahren ist eine Schleifenwiderstandsmessung über Erde. Die Spannungsmessung erfasst nicht



4 Selektive Erdungsmessung mit unmittelbarer Stromentnahme aus dem Netz, mit Sonde und Zangenstrommesser

I_E zum Messobjekt fließender Anteil des Messstroms; I_F zu den fremden Erden fließender Anteil des Messstroms; ZW Zangenstromwandler

die am Messobjekt liegende Spannung U_E , sondern zunächst bei ausgeschaltetem Messwiderstand die Außenleiter-Erde-Spannung U_0 und dann bei fließendem Messstrom I die am Messwiderstand liegende Spannung U_M . Hierbei werden die Widerstände des Betriebserders, des Transformators und des Außenleiters mitgemessen. Mit dem daraus resultierenden Messfehler liegt man auf der sicheren Seite.

Dieses Messverfahren ist sehr verlockend, weil es mit minimalem Arbeitsaufwand durchgeführt werden kann, insbesondere im TT-System. Es hat aber die Schwäche, dass Belastungsschwankungen im Netz, die zufällig gleichzeitig mit der Messung auftreten, große zusätzliche Messfehler verursachen. Zu deren Beschränkung ist ein großer Messstrom vorteilhaft. Zudem ist es angebracht, zahl-

reiche Messungen durchzuführen, die extremen Ergebnisse auszusondern und von den verbleibenden den Mittelwert zu bilden.

6 Selektive Erdungsmessung

Die selektive Erdungsmessung¹⁾ mit Sonde und Zangenstrommesser wird angewendet, wenn das Messobjekt nicht zum Zweck der Messung von anderen Erden (hier „fremde Erden“ genannt) getrennt werden kann oder soll. Sie beruht auf dem Messverfahren mit Sonde nach Abschnitt 3, arbeitet jedoch gemäß Bild 4 mit einem speziellen Erdungsmesser (Typ „C.A 6115N“ oder „C.A 6456“, Hersteller: Chauvin Arnoux) und einem zusätzlich eingesetzten Zangenstromwandler ZW. Dieser ist an eine mehrpolige Buchse des Messgeräts angeschlossen und umfasst den Erdungsleiter EL des Messobjekts.

Durch eine mit dem Umschalter eingestellte besondere Schaltung des Messgeräts hat der zu den fremden Erden fließende Anteil I_F des Messstroms I keinen Einfluss auf das Messergebnis, so dass der vom Zangenstromwandler ZW erfasste Zweigstrom I_E allein für die Anzeige des Erdungswiderstands R_E maßgebend ist.

Literatur

- [1] Hering, E.: Messungen von Erdungswiderständen – Teil 1: Übersicht und Allgemeines. Elektropraktiker, Berlin 60 (2006) 9, S. 732-735
- [2] Hering, E.: – ; Teil 2: Messverfahren ohne Netzstrom. Elektropraktiker, Berlin 60 (2006) 10, S. 822-826
- [3] DIN EN 61557-1/VDE 0413-1:1998-05 Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen (entspricht IEC 61557-1).
- [4] DIN EN 61557-6/VDE 0413-6:1999-05 – ; Teil 6: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) in TT-, TN- und IT-Netzen (entspricht IEC 61557-6). ■

¹⁾ Der Ausdruck „selektive Erdungsmessung“ für sich allein ist nicht eindeutig, weil auch die Erdungsmessverfahren nach Teil 2, Abschnitte 5 bis 7 selektiv sind.

INFO & KONTAKT

Hersteller von Geräten und Zubehör für Erdungsmessungen (Auswahl)

Amprobe Europe, 41065 Mönchengladbach
Chauvin Arnoux, 77694 Kehl am Rhein
Ch. Beha (Tochter von Fluke), 79286 Glottertal

Fluke Deutschland, 34123 Kassel
GMC-Instruments Deutschland (Vertriebsgesellschaft der Gossen-Metrawatt), 90471 Nürnberg

LEM Norma (Tochter von Fluke), A-2345 Brunn am Gebirge