

Messung des Erdungswiderstands

PRÜFTECHNIK ELEKTRISCHER ANLAGEN NACH DIN VDE 0100-600 (TEIL 15) Die Messung des Erdungswiderstandes für unsere beispielhafte elektrische Anlage mit Netzsystem »TN-C-S« ist entsprechend DIN VDE 0100-600 nicht unmittelbar gefordert. Dennoch gehen wir an dieser Stelle auf die Möglichkeiten für den Fachmann ein.

Obwohl die Messung in der Norm für das TN-System nicht unmittelbar gefordert ist, ist sie jedoch für TT- und IT-Systeme auf der Prüfliste für die Wirksamkeit der Maßnahmen für den Fehlerschutz enthalten. Sofern Messungen zum Erdungswiderstand nicht möglich sind, darf alternativ eine zu dokumentierende Berechnung verwendet werden. Es wird auf die Einhaltung der DIN 18014 zur Dokumentation und Prüfung von Fundamentern hingewiesen. Wenn die Messungen zum Erdungswiderstand gefordert sind oder in Ergänzung der Messungen durchgeführt werden, können verschiedene Messverfahren angewendet werden. Im Anhang C der DIN VDE 0100-600 werden drei gängige Verfahren vorgestellt:

- 1. Batteriebasiertes Messverfahren nach der 3- oder 4-Leiter-Messmethode
- 2. Netzbasiertes Messverfahren nach der Erdfehlerschleifenimpedanz-Messmethode
- 3. Stromzangenbasiertes Messverfahren mit Spannungsinduktion und Strommessung



Bild 73: Linearer Aufbau für die 4-Leiter-Messmethode mit Sonde (S) und Hilfserde (H)

1. Batteriebasiertes Messverfahren

Bei diesem Messverfahren nach der 3- oder 4-Leiter-Messmethode werden neben der Kontaktierung des zu messenden Erders ein Hilfserder und eine Sonde in Form von Erdspeießen mit dem Prüfgerät verbunden. Für das Prüfgerät »XTRA« wird am Handhabungsgriff ein »PRO-RE-Adapter« verwendet, der über 4mm-Buchsen die Kontaktierungen des Erders und der Erdspeie vornimmt.

Das Messprinzip basiert auf einem Stromfluss, der seitens des Prüfgerätes in den zu messenden Erder eingebracht und mit Hilfe des Hilfserders zum Prüfgerät zurückgeführt wird. Hierdurch entstehen am zu messenden Erder und dem Hilfserder gegensätzliche Spannungstrichter, die von der Sonde, die den Bezug OV bereitstellt, ferngehalten werden müssen. Sollte sich die Sonde im Spannungstrichter des Erders befinden, wird die Spannungshöhe zwischen Erder und Sonde als zu kleinen Wert gemessen und einen nichtexistierenden kleineren Erdungswiderstand zur Anzeige bringen. Sollte sich die Sonde in dem Spannungstrichter des Hilfserders befinden, wird die Spannungshöhe zwischen Erder und Sonde als zu großen Wert gemessen und einen nichtexistierenden größeren Erdungswiderstand zur Anzeige bringen.

Somit lässt sich das Messprinzip gut erkennen, welches auf eine Stromflusshöhe in Ergänzung der Spannungsfeststellung den Widerstandswert hervorbringt. Um auszuschließen, dass die Sonde in einem der beiden Spannungstrichter einen falschen, von OV abweichenden Wert bereitstellt, gilt es, die Messungen mit mehreren Positionen der Sonde zu wiederholen. Bei annähernd identischen Werten kann von einer Bezugs Erde mit OV und somit einem korrekt ermittelten Wert des Erdungswiderstandes ausgegangen werden. Die notwendigen Abstände zwischen Erder, Sonde und Hilfserder werden üblicherweise mit 20m und 20m angegeben.

Durch mehrere Messreihen im FBZ-E Fachbereichszentrum Energietechnik GmbH lässt sich feststellen, dass diese Abstände bei der Messung eines Kreuzerders auch geringer ausfallen können, während bei ausgedehnten Erdungsanlagen auch größere Abstände notwendig sein können. Die notwendigen Abstände ergeben sich nicht nur durch die jeweilige Ausdehnung der Erdungsanlagen, sondern auch anhand von leitfähigen Strukturen wie metallische Rohre im Erdreich, die eine Ausdehnung der Spannungstrichter bedingen. Neben der »Linienanordnung« kann die Sonde auch aus der Mittelsenkrechten versetzt und somit eine »Dreiecksanordnung« verwendet werden. **Bild 73** zeigt den linearen Aufbau am Beispiel eines zu messenden Kreuzerders mit Position des Kreuzerders linksseitig, mittig angeordneter Sonde und rechts befindlicher Hilfserde. Die Messung des hierbei nur 40cm in der Erde eingetriebenen Kreuzerders ergab einen zu erwartenden Erdungswiderstand von 263Ω (**Bild 74**). Die Messung wurde als 4-Leiter-Messmethode vorgenommen, die gegenüber der 3-Leiter-Messmethode den Vorteil der Kompensation der dem Erder verbindenden Messleitungen aufweist.

Durch den zweifachen Anschluss der Messleitungen kann das eingesetzte Prüfgerät über die Anschlüsse eine Zwischenmessung zur Höhe der Widerstandswerte der Messleitungen durchführen und diese zur Korrektur des Messergebnisses verwenden. Tipp: Nehmen Sie sich die Zeit, diesen Messaufbau zu wiederholen und durch das Versetzen der Erdspieße Kenntnisse über die wirksamen Spannungstrichter und deren Wertebeeinflussung zu gewinnen.

2. Netzbasiertes Messverfahren

Bei diesem Verfahren nach der Erdfehlerschleifenimpedanz-Messmethode, wird neben der Kontaktierung des zu messenden Erders ein Außenleiter mit dem Prüfgerät verbunden. Für das Prüfgerät XTRA wird am Handhabungsgriff der 2-polige Adapter verwendet. Das Messprinzip basiert auf einem Stromfluss, der seitens des Netzes in den zu messenden Erder eingebracht und mit Hilfe der Betriebs-erde des Netzverteiltransformators zum Prüfgerät zurückgeführt wird. Vor der notwendigen Trennung der Erdungsanlage von der elektrischen Anlage ist der spannungsfreie Zustand sicherzustellen.

Der spannungsfreie Zustand ist insbesondere im TT-System mit möglichen Spannungsunterschieden zwischen »N« und »PE« sowie der Aufhebung des Fehlerschutzes (Schutzklasse I) bedeutsam. Der Spannungsabgriff für die Messung muss somit vor der Abschaltstelle oder den Abschaltstellen erfolgen. Bevorzugt an der Stelle, wo eine geringste Absicherungshöhe für den Überstrom existiert. Sofern die Endstromkreise ausgeschaltet worden sind, ist dieses bei unserer beispielhaften Anlage, bestehend aus einem Hausanschlusskasten, einer Haupterdungsschiene, einem Schrank mit Zählerinrichtung mit vorgeschaltetem SLS-Schalter sowie nachfolgender Hauptleiterabzweigklemme und einem Stromkreisverteiler, die Hauptleiterabzweigklemme. Diese Messstelle bietet auch die Notwendigkeit einer RCD-ungeschützten Phase, da bei dieser Messung, entsprechend den Messungen zur Höhe des möglichen Kurzschlussstromes, wiederum ein Strom zwischen 3,7 A und 4,7 A zur Anwendung kommt.

Das **Bild 75** zeigt den Messaufbau mit Abgriff an der Hauptleiterabzweigklemme und einem Erder, der zu Messzwecken in den FBZ-E-Seminaren eine Speisung von außerhalb des Gebäudes installierten Erdungsanlagen mit unterschiedlichen Erdungswiderständen erhält. Das Messergebnis im **Bild 76** mit 731Ω entspricht der zugeschalteten Erdungsanlage. In dem Messwert sind die Leitungswiderstände, der Transformatorinnenwiderstand und die Betriebs-erde enthalten, so dass von einem ungefähren Messwert gesprochen werden muss, der laut Norm als »vernünftige Näherung« beschrieben wird. Durch ergänzende Messungen zur Netzimpedanz kann der gemessene Wert mathematisch korrigiert werden. Weiterhin bietet die Messoption »15mA« die Speisung durch einen RCD-geschützten Stromkreis. Hierzu wird eine eigens abgesicherte Schutzkontaktsteckdose im Stromkreisverteiler verwendet, damit äußere Stromkreise weiterhin spannungsfrei bleiben. **Bild 77** zeigt das Messergebnis mit 741Ω bei identisch verwendeter Erdungsanlage, welches gegenüber den Messungen mit 3,7 A bis 4,7 A, eine geringere Genauigkeit aufweist. Der Arbeitsschutz ist für die prüfende Elektrofachkraft durch den RCD-geschützten Stromkreis größer.

3. Stromzangenbasiertes Messverfahren

Bei diesem Verfahren lässt sich mittels einer Kombination von Spannungsinduktionszange und Strommesszange in einer Messzange der



Bild 74: Messergebnis des Erdungswiderstandes mit einem zu erwartenden Wert von 263Ω



Bild 75: Messaufbau für die Erdfehlerschleifenimpedanz-Messmethode



Bild 76: Messergebnis des Erdungswiderstandes mit einem zu erwartenden Wert von 731Ω



Bild 77: Messergebnis des Erdungswiderstandes bei Verwendung der Position »15 mA« mit 741Ω



Bild 78: Einsatz einer kombinierten Messzange mit einem zu erwartenden Messwert von 729,9Ω

Erdungswiderstand bestimmen. Hierzu wird der zu messende Erder an seinem Anschluss umschlossen und mit dem Fließen des Stromes, der über parallele Erden im TN-System seine Rückführung zur Messstelle findet, die Möglichkeit zur unmittelbaren Anzeige des Widerstandswertes ermöglicht. Der Widerstandsanteil mit etwa 0,2Ω,

der sich durch die parallelen Erden des TN-Systems im Messwert befindet, ist von der Höhe des Wertes her vernachlässigbar.

Sofern dieses Messverfahren im TT-System zur Anwendung kommt, bedarf es der Beurteilung der anlagenbezogenen Parallelerden, damit deren Widerstandswerte, die gegenüber dem TN-System einen höheren Wert aufweisen können, berücksichtigt wird. Alternativ kann durch eine vorübergehende Verbindung zwischen dem Erder und dem »N« des speisenden Netzes kurzzeitig ein »Quasi-TN-System« hergestellt werden. Zu Vermeidung von Gefahren aufgrund möglicher Spannungsunterschiede zwischen N-Leiter und PE-Leiter ist für die Herstellung und Aufhebung der Verbindung die Anlage spannungsfrei zuschalten. **Bild 78** zeigt den Einsatz einer kombinierten Messzange von Fluke vom Typ 1630 bei der Messung eines Erdungswiderstandes im TN-System.

Dokumentation

Das angewandte Messverfahren zur Ermittlung des Erdungswiderstandes ist zu dokumentieren, dieses auch vor dem Hintergrund einer einheitlichen Beurteilungsbasis für wiederkehrende Messungen mit Wertevergleich. Die drei beschriebenen Messverfahren, bezogen auf jeweils die selbe Erdungsanlage, zeigen mit den Werten für Messverfahren 1 (731Ω), Messverfahren 2 (741Ω) und Messverfahren 3 (729,9Ω) nur geringe Abweichungen zueinander.

Abschließend noch ein Hinweis: Erdungsanlagen entsprechend Fundamenterder oder vollständig in den Boden eingebrachte Kreuzerder weisen gegenüber der verwendeten Übungserdungsanlage üblicherweise wesentlich kleinere Werte von etwa 2Ω bis 20Ω auf. Die Beurteilung gemessener Erdungswiderstände ist im Abgleich der zu berücksichtigen Normen, zum Beispiel der DIN VDE 0100-410 Schutz gegen elektrischen Schlag oder der VDE-0185-Normenreihe für den Blitzschutz, vorzunehmen.

(Fortsetzung folgt)



AUTOR

E. Josef Pott

Geschäftsführer FBZ-E Fachbereichszentrum
Energietechnik GmbH, Leer