

Überblick über Messmethoden rund um die Erdimpedanz für den sicheren Betrieb von großen Anlagen

Ulrich Klapper, OMICRON GmbH

Einleitung

Zur Messung der Erdimpedanz oder des Erdwiderstandes gibt es zahlreiche Methoden. Der Beitrag soll einen kurzen Überblick und auch einen Leitfaden geben, wann welche Methode bei großen Anlagen optimal eingesetzt werden sollte. Die Strom-Spannungs-Methode, die Schleifenimpedanzmessung, Schritt- und Berührspannungsmessung werden beleuchtet.

Motivation

"Das kannst Du erden" heißt unter jungen Leuten soviel wie "Das kannst Du vergessen". Wir gehen in elektrischen Anlagen ebenfalls davon aus, dass ein Fehlerstrom sobald er "geerdet" ist, vergessen werden kann. Allerdings ist es in der Praxis leider nicht damit getan, dass man einen Fehlerstrom in die nächste zur Verfügung stehende Erde ableitet, irgendwie muss der Strom wieder zu seiner Quelle zurückfließen. Spätestens wenn wir einmal Erddrähte finden die 20cm unter der Oberfläche wegkorrodiert sind wird klar, dass auch ein Erdungssystem, obwohl vermeintlich sicher vergraben, doch bisweilen unsere Aufmerksamkeit verdient.

Erdungssysteme von elektrischen Anlagen müssen richtig geplant und dimensioniert, richtig ausgeführt und richtig in Betrieb genommen werden, um ausreichende Personensicherheit zu gewährleisten. Später müssen auch Kontrollen durchgeführt werden, ob das Erdungssystem seinen Zweck noch ausreichend erfüllt.

Einer der zentralen Gründe warum wir all diesen Aufwand auf uns nehmen müssen, ist die Personensicherheit in und rund um elektrische Anlagen. Leider sind Erdungssysteme so komplex, dass wir nie sicher sein können, dass unter keinen Umständen Personen zu Schaden kommen können. Zum einen sind die möglichen Fehlerfälle selbst recht komplex, zum anderen ist eine hundertprozentige Berechnung oder Messung aller Orte bei denen berührgefährliche Spannung auftreten könnten nicht möglich. Aus diesem Grund werden den Betreibern von elektrischen Anlagen Normen an die Hand gegeben, wie die Balance zwischen Aufwand und Risiko gefunden werden kann.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit der Erdwiderstandsmessung von Anlagen mit Nennwechselspannungen über 1000V und der

dazugehörigen Norm DIN VDE 0101:2000-01 die auf dem Harmonisierungsdokument CENELEC HD 637 S1:1999 [1] beruht. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass die Norm ausdrücklich die Messung oder Berechnung von neuen oder veränderten Anlagen zur Sicherstellung des Personenschutzes zulässt, allerdings ist in den letzten Jahren durch neue Messmethoden der Aufwand für Erdimpedanzmessung deutlich gesunken. Dadurch gewinnt die Messung mehr und mehr an Bedeutung.

Vorgangsweise

In der VDE 0101 wird gefordert [2], dass gemäß einem definierten Ablauf mittels Rechnung oder Messung die Sicherheit der Anlage nachgewiesen werden muss.

In einem ersten Schritt muss die Erdimpedanz der gesamten Anlage ermittelt werden. Weiters muss der in der Anlage maximal mögliche Erdfehlerstrom ermittelt werden, dies ist ausschließlich über Berechnung möglich. Die Multiplikation von Erdfehlerstrom mit der Erdimpedanz der Anlage ergibt die maximale Spannungsanhebung des betrachteten Erdungssystems gegenüber allen weit entfernten Erdungssystemen.

Abhängig von der Fehlerdauer sind verschiedene hohe Berührspannungen zulässig. Dabei darf man [3] davon ausgehen, dass die Schutzeinrichtungen ordnungsgemäß arbeiten.

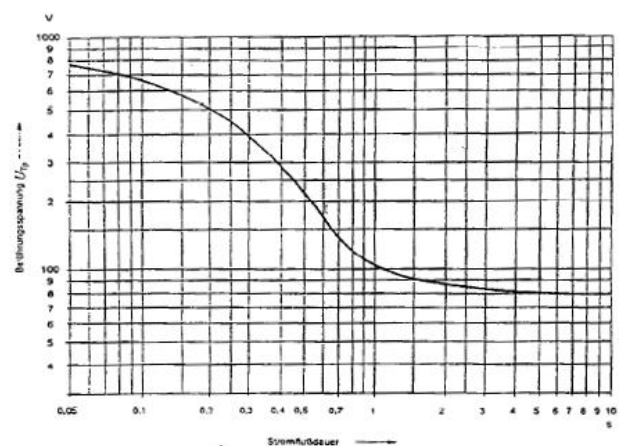


Bild 1: Zulässige Berührungsspannung in Abhängigkeit der maximalen Fehlerdauer (aus DIN VDE 0101)

Wenn nun die maximale Spannungsanhebung des betrachteten Erdungssystems kleiner ist als das Doppelte der zulässigen Berührungsspannung, so darf dessen Ausführung betreffend Berührungsspannungen als richtig angesehen werden. Der Gedanke hinter dieser

Grenze ist wohl, dass bei einer Anhebung der gesamten Anlage um das Doppelte der erlaubten Berührungsspannung wohl kaum an einer realen Stelle der Anlage mehr als die einfache erlaubte Berührungsspannung auftreten wird, da ein Mensch ja nur ein bis zwei Meter Distanz überbrücken kann.

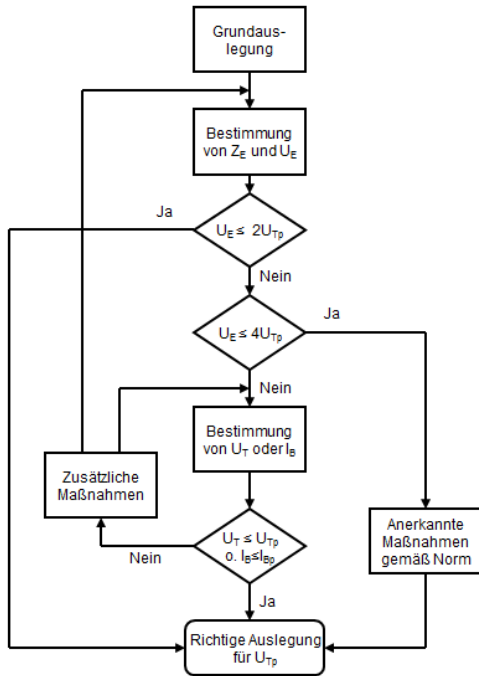


Bild 2: Ablauf bei der Auslegung eines Erdungssystems (aus DIN VDE 0101)

Wird der Grenzwert überschritten, kann man zusätzliche Maßnahmen die in den Normen festgelegt sind durchführen, und/oder Berührungsspannungsmessungen durchführen.

Grenzwerte für Schrittspannungen werden in der Norm VDE 0101 nicht festgelegt, mit der Begründung dass bei eingehaltener Berührungsspannung auch die Schrittspannung eingehalten werde und die Grenzwerte ohnehin höher wären.

Dies wird zwar in der Praxis meist der Fall sein, es sind jedoch Fälle denkbar wo durch eine Potentialsteuerung [Bild 3] die Berührungsspannung auf Kosten der Schrittspannung verbessert wird, dann wäre auch eine Messung der Schrittspannung angebracht. Weiters gibt es Fälle wo z.B. die Gefahr bei Berührung des Zaunes durch Isolierung des Standortes davor entschärft wird, dann wäre allerdings eine Überprüfung der Schrittspannung am ersten Meter nach Ende der Standortisolierung sinnvoll.

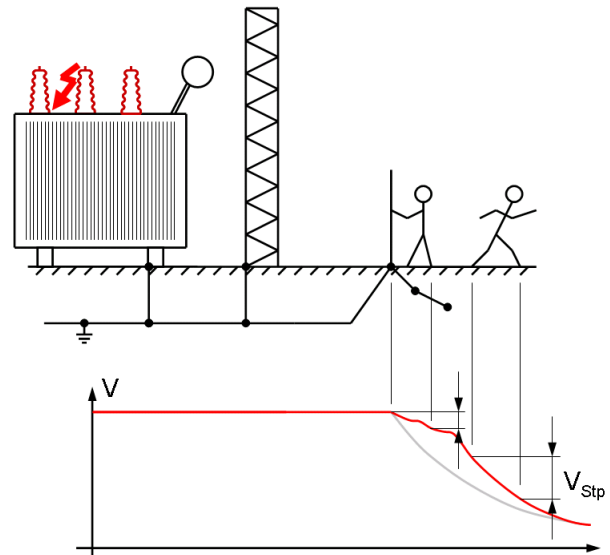


Bild 3: Erhöhte Schrittspannung durch Potentialsteuerung

Bei all diesen Messungen wurde bisher davon ausgegangen, dass die Anbindung der Objekte innerhalb der Anlage außer Frage steht. Die Überprüfung dieser Anbindung kann, wenn mehrere Erdverbindungen bestehen, über Schleifenimpedanzmessungen durchgeführt werden, oder wenn nur eine Erdverbindung besteht, durch Einspeisung eines Stromes gegenüber anderen Erdungspunkten der Anlage und Messen der auftretenden Spannung.

Messung der Erdimpedanz einer großen Anlage

Die Messung der Erdimpedanz einer großen Anlage ist nicht allzu kompliziert.

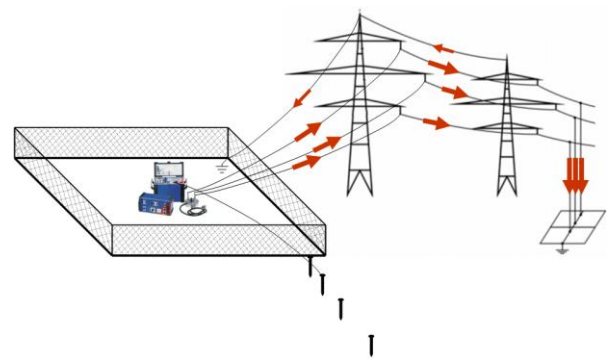


Bild 4: Erdimpedanzmessung an einer großen Anlage

Mit z.B. einem CPC 100 und einem CP CU1 von OMICRON wird von dem zu prüfenden Erdungssystem aus ein Strom in eine Freileitung eingespeist, diese ist am anderen Ende geerdet. Der eingespeiste Strom muss weitgehend über das Erdreich in das Erdungssystem zurückfließen. Der Teil des Stromes der über das Erdseil zurückkommt wird gemessen und bei der Rechnung vom eingespeisten Strom subtrahiert.

Dann wird mittels Erdspießen der entstehende Spannungstrichter ausgemessen bis eine Stabilisierung der Ergebnisse beobachtet werden kann. Die Spannung eines fernen Punktes wird dann durch den um den Erseilstrom verminderten Teststrom dividiert, das Ergebnis wird als Erdimpedanz betrachtet.

Leider muss in realen Systemen mit erheblicher Beeinflussung des Messergebnisses durch andere Erdströme gerechnet werden. Dem kann man sehr leicht begegnen, indem man den Prüfstrom z.B. auf 30 oder 70 Hz legt, und mittels frequenzselektiver Messung jegliche Beeinflussung von netzfrequenten Störern unterdrückt.

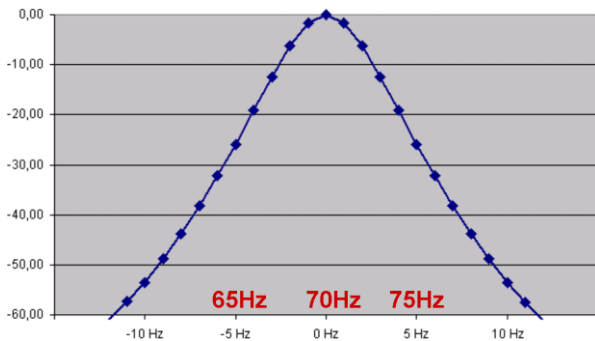


Bild 5: Frequenzselektive Strom- und Spannungsmessung

Schritt- und Berührungsspannungen werden ähnlich ermittelt. Wieder wird ein Strom über eine existierende Leitung in ein fernes Erdungssystem eingespeist, allerdings wird jetzt kein Trichter ermittelt sondern es werden punktuell in der Anlage Schritt- und/oder Berührungsspannungen ermittelt.

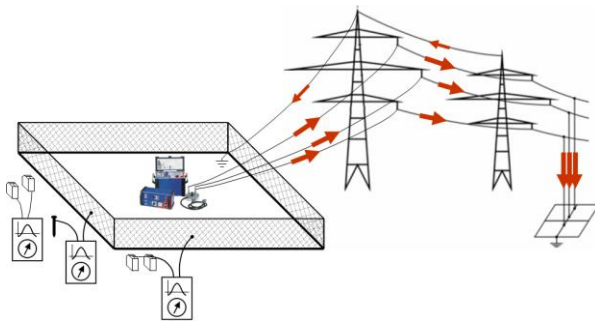


Bild 6: Schritt- und Berührungsspannungsmessung an einer großen Anlage

Um die netzfrequenten Anteile bei der Spannungsmessung gut unterdrücken zu können, muss wieder frequenzselektiv gemessen werden. Da bei diesem Ergebnis die Phaseninformation keinen zusätzlichen Nutzen bietet, kann ein FFT Voltmeter wie das das FLUKE Scopemeter 196C oder das CP AL1 von OMICRON verwendet werden. Beim CP AL1 lassen sich auch Vorwiderstände zur Berücksichtigung des Körperwiderstandes oder von Schuhwerk zuschalten.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Strom-Spannungs-Methode zur Bestimmung der Erdimpedanz von großen Anlagen lässt sich ermitteln, ob weitere Maßnahmen und/oder Schritt- und Berührungsspannungsmessungen notwendig sind. Alle drei Messungen lassen sich mit dem CPC 100 und dem CP CU1 von OMICRON durchführen. In Zukunft werden vielleicht auch Schleifenimpedanzmessungen zur Beurteilung von Erdverbindungen innerhalb eines Systems mit dem CPC 100 möglich sein, derzeit müssen dazu aber noch separate Geräte verwendet werden.

Literatur

- [1] CENELEC HD 637 S1:1999 – Power installations exceeding 1kV a.c.
- [2] DIN VDE 0101:2000-01 – Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1kV - Kapitel 9.8.2 und Bild 9.2
- [3] DIN VDE 0101:2000-01 – Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1kV - Kapitel 9.2.4.1

OMICRON ist ein weltweit tätiges Unternehmen, das innovative Prüf- und Diagnoselösungen für die elektrische Energieversorgung entwickelt und vertreibt. Der Einsatz von OMICRON-Produkten bietet höchste Zuverlässigkeit bei der Zustandsbeurteilung von primär- und sekundärtechnischen Betriebsmitteln. Umfassende Dienstleistungen in den Bereichen Beratung, Inbetriebnahme, Prüfung, Diagnose und Schulung runden das Leistungsangebot ab.

Kunden in mehr als 140 Ländern profitieren von der Fähigkeit des Unternehmens, neueste Technologien in Produkte mit überragender Qualität umzusetzen. Niederlassungen in Europa, Nordamerika, Südostasien, Australien und im Nahen Osten, ein weltumspannendes Netz von Vertriebspartnern sowie etablierte Plattformen für den internationalen Erfahrungsaustausch stellen sicher, dass das breite und tiefe Anwendungswissen und der erstklassige Kundenservice allen Anwendern zur Verfügung steht.

Europa, Naher Osten, Afrika
OMICRON electronics GmbH
Oberes Ried 1
6833 Klaus, Austria
Tel.: +43 5523 507-0
Fax: +43 5523 507-999
info@omicron.at

Nord- und Lateinamerika
OMICRON electronics Corp. USA
12 Greenway Plaza, Suite 1510
Houston, TX 77046, USA
Tel.: +1 713 830-4660
+1 800-OMICRON
Fax: +1 713 830-4661
info@omicronusa.com

Asien, Pazifischer Raum
OMICRON electronics Asia Limited
Suite 2006, 20/F, Tower 2
The Gateway, Harbour City
Kowloon, Hong Kong S.A.R.
Tel.: +852 3767 5500
Fax: +852 3767 5400
info@asia.omicron.at