



**LEITFADEN FÜR
DIE CLAMP-ON-
ERDUNGSMESSUNG**

Megger 

WWW.MEGGER.COM

INHALTSVERZEICHNIS

Einführung.....	2
Clamp-on-Messung im Vergleich zu Spannungsabfall-Prüfungen.....	3
Spannungsabfall-Prüfung	3
Clamp-on-Messungen	4
Theorie und Methodik der Clamp-on-Erdungsmessung.....	6
Reihenschaltung	6
Parallelschaltung	7
Parallel-Reihenschaltung	7
Clamp-on-Prüfmethode	8
Zusammenfassung.....	11
Messung des Erdungsableitstroms	11
Anwendungen.....	12
Versorgungsleitungen/Serviceeingang oder Messgerät	12
Straßenbeleuchtung	14
Blitzableitung.....	14
Verteilerkästen	16
Fernmeldesockel	16
Mobilfunkmasten (Anwendungen mit eingegrabenem Erdungsschleifenring)	17
Auf Blöcken montierte Transformatoren	18
An Masten montierte Transformatoren	18
Mögliche Fehlerquellen	19
Faktoren bei der Auswahl eines Clamp-on-Erdungsmessgeräts	20
Backendesign.....	20
Größe und Form des Klemmenkopfs	21
Gerätegröße	23
Messkategorie (CAT)	24
Rauschfilterung	25
Display-Beleuchtung	25
Daten halten.....	25
Ergonomie	26
Alarmgrenzenfunktion	26
Ergebnisspeicher.....	26
Clamp-on-Erdungsmessgeräte von Megger®	27
Modelle DET14C/24C.....	27

Einführung

Die Prüfung der Qualität des Erdungssystems ist seit vielen Jahren ein wichtiger Bestandteil jedes Elektroinstandhaltungsprogramms. Erdungselektroden dienen als sicherer Erdungspfad für die Ableitung von Fehlerströmen, Blitzeinschlägen, statischen Ladungen und EMF/RFI-Signalen. Im Laufe der Zeit verschlechtern sich die Erdungssysteme entweder aufgrund von Umgebungsbedingungen oder katastrophalen Ereignissen (wie Blitzeinschlägen). Alternativ kann die Erweiterung der Anlage die Anforderungen an das installierte Erdungssystem ändern.

Zu den Risiken einer Verschlechterung des Erdungssystems zählen potenziell tödliche elektrische Schläge, Anlagenschäden, Leistungsstörungen empfindlicher elektrischer Geräte, Wärmeentwicklung und schließlich Brände an einem einzigen elektrischen Gerät sowie Unterbrechungen des digitalen Kommunikationsdienstes. Erdungssysteme stellen eine besondere Herausforderung dar, da sie außerhalb des Standorts im Erdboden vergraben sind. Die einzige Möglichkeit sicherzustellen, dass das System in der Lage ist, Fehlerströme abzuleiten, besteht darin, seinen Widerstand regelmäßig zu messen.

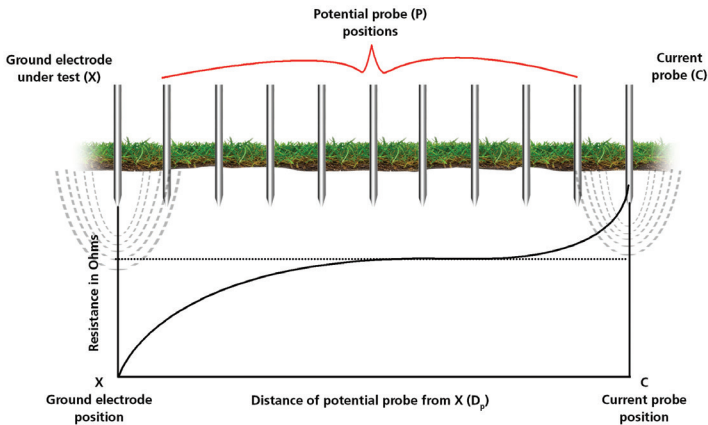
Eine gute Erdung schützt Personen und Geräte und verbessert die Leistung empfindlicher elektronischer Geräte. Die Verbindung mit dem Erdungssystem ist ebenfalls ein wichtiger Teil des Systems. Das Prüfen der Erdungen und Verbindungen sollte ein aktiver Bestandteil jeder elektrischen Instandhaltungsstrategie sein. Die Erdungsmessung wird durchgeführt, um die Effektivität des Erdungssystems und der Anschlüsse zu bestimmen, um Personal und Geräte zu schützen und eine optimale Geräteleistung zu gewährleisten. Spannungsabfall (und seine Varianten) war bis in die 1980er Jahre die einzige Methode zur Prüfung der Integrität des Erdungssystems. Clamp-on- bzw. stablose Erdungsmessung wurde erstmals in den 1980er Jahren eingeführt und hat sich in den Jahren seit ihrer Einführung in Beliebtheit und Akzeptanz durchgesetzt.

Diese Broschüre konzentriert sich auf die Clamp-on-Methode zur Erdungsmessung und soll dem Leser ein besseres Verständnis der Prüfmethode vermitteln, wo sie verwendet werden kann und wo sie nicht verwendet werden kann. Auch Faktoren, die ein Techniker bei der Auswahl eines Erdungsmessgeräts berücksichtigen sollte, werden behandelt. Weitere Informationen zu Spannungsabfall-Prüfungen und Bodenwiderstandsmessungen finden Sie in der Broschüre „Getting Down to Earth“ von Megger.

Clamp-on-Messung im Vergleich zu Spannungsabfall-Prüfungen Spannungsabfall-Prüfung

Wie bereits erwähnt, ist die Clamp-on-Erdungsmessung ohne Stäbe eine relativ neue Methode zur Bestimmung der Qualität eines Erdungssystems. Die Spannungsabfall-Methode geht zurück auf die 1930er Jahre und basiert auf der Forschung von H.B. Dwight. Sie ist die genaueste Methode zur Messung und Bestätigung des Widerstands von Erdungsstäben, hat jedoch einige wesentliche Nachteile. Die grundlegende Methodik folgt. Diese Broschüre geht nicht auf die Theorie oder Mathematik hinter dieser Methode ein.

Bei einer Spannungsabfall-Prüfung muss eine Stromsonde in einem Abstand von der zu prüfenden Erdungselektrode in den Boden gesteckt werden (bitte beachten Sie, dass die Erdungselektrode vom System getrennt werden muss). Der tatsächliche Abstand wird durch die Größe der Erdungselektrode/des Erdungssystems bestimmt. Das Erdungsmessgerät wird dann mit der zu prüfenden Erdungselektrode, der Stromsonde und einem Spannungsmessabgriff verbunden. Der Spannungsmessabgriff wird in Abständen von 10 %, 20 %, 30 % bis zu 90 % des Abstands zwischen der Erdungselektrode und der Stromsonde in den Boden gesteckt, und an jeder Stelle wird ein Messwert gemessen. Die Messwerte werden dann anhand der Abstände dargestellt, und der Punkt, an dem sich die Kurve abflacht, entspricht dem ungefähren Widerstand der Erdungselektrode (siehe Abbildung unten).

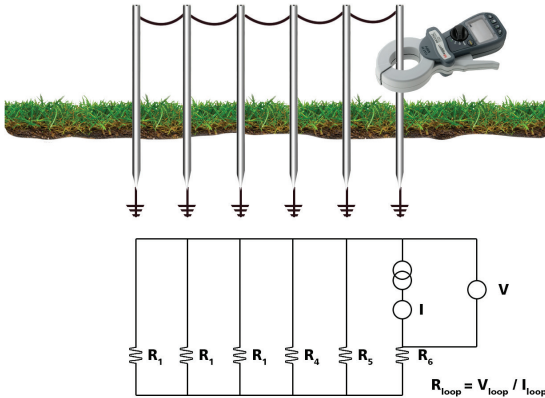


Die Spannungsabfall-Methode ist äußerst zuverlässig, da die Ergebnisse durch Prüfungen mit unterschiedlichen Abständen der Abgriffe geprüft werden können. Diese integrierte Prüffunktion bedeutet, dass Ergebnisse nicht nach Treu und Glauben akzeptiert werden müssen. Der Bediener hat die vollständige Kontrolle über die Prüfungseinrichtung. Diese Methode kann für Erdungssysteme jeder Größe verwendet werden, solange die Stromsonde weit genug vom zu prüfenden Erdungssystem entfernt platziert werden kann. Sie entspricht IEEE 81 und ist IEEE-zugelassen. In einer idealen Welt wäre der Spannungsabfall die einzige verwendete Methode. Leider ist nichts ideal und diese Methode hat drei wichtige Nachteile:

1. Sie ist äußerst zeitaufwändig und arbeitsintensiv. Temporäre Sonden müssen platziert und bewegt werden. Kabel müssen verlegt werden. Die Messwerte müssen erfasst und aufgezeichnet werden.
2. Der Bediener muss die Erdungselektrode trennen, um die Prüfung durchzuführen. Daher ist das System während der Prüfung nicht geschützt. Die Erdungselektrode muss nach der Prüfung wieder angeschlossen werden, was nicht nur zeitaufwändig ist, sondern auch zu Fehlern führt, wenn sie schlecht verbunden ist.
3. In realen Situationen kann es aufgrund von Platzbeschränkungen schwierig sein, die ferneren Sonden zu platzieren.

Clamp-on-Messungen

Die Clamp-on-Erdungsmessung ist eine effektive und zeitsparende Methode, wenn sie korrekt angewendet wird, da der Benutzer das Erdungssystem nicht trennen muss, um eine Messung durchzuführen oder Sonden in den Boden zu stecken. Die Theorie zu dieser Methode und der Methodik selbst wird später in dieser Broschüre ausführlicher behandelt. Die Methode basiert auf dem Ohmschen Gesetz, wobei R (Widerstand) = V (Spannung) / I (Strom) ist. Die Klemme enthält eine Sendespule, die die Spannung anlegt, und eine Empfangsspule, die den Strom misst. Das Gerät wendet eine bekannte Spannung auf einen kompletten Stromkreis an, misst den resultierenden Stromfluss und berechnet den Widerstand (siehe Abbildung auf der nächsten Seite).



Für die Clamp-on-Methode ist ein vollständiger elektrischer Stromkreis erforderlich. Der Bediener hat keine Sonden und kann daher den gewünschten Prüfschaltkreis nicht einrichten. Der Bediener muss sicherstellen, dass Erdung in der Rückleitung vorhanden ist. Das Clamp-on-Messgerät misst den vollständigen Widerstand des Pfads (der Schleife), der das Signal empfängt. Alle Elemente der Schleife werden in Reihe gemessen. Bei dieser Methode wird davon ausgegangen, dass nur der Widerstand der zu prüfenden Erdungselektrode einen erheblich Beitrag leistet. Je mehr Ergebnisse auf der Grundlage der Berechnungen hinter der Methode (wird zu einem späteren Zeitpunkt erläutert) erzielt werden, desto geringer ist der Beitrag externer Elemente zum Messwert und desto genauer ist das Ergebnis.

Der Hauptvorteil der Clamp-on-Methode besteht darin, dass sie schnell und einfach ist. Die Erdungselektrode muss nicht vom System getrennt werden, um die Prüfung durchzuführen, und es müssen keine Sonden platziert oder Kabel angeschlossen werden. Darüber hinaus umfasst sie die Verbindung und den Gesamtwiderstand der Verbindung. Eine gute Erdung muss durch eine „Verbindung“ erreicht werden, die einen kontinuierlichen Pfad mit niedriger Impedanz zur Erde hat. Spannungsabfälle messen nur die Erdungselektrode, nicht die Verbindung (die Leitungen müssen verschoben werden, um eine Verbindungsprüfung durchzuführen). Da die Clamp-on-Methode den Erdungsleiter als Teil der Rückleitung verwendet, wird eine „offene“ oder hochohmige Verbindung im Messwert angezeigt. Mit dem Clamp-

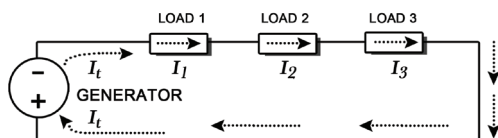
on-Erdungsmessgerät kann der Bediener zudem den Ableitstrom messen, der durch das System fließt. Wenn eine Elektrode getrennt werden muss, zeigt das Gerät an, ob Strom fließt, um anzuzeigen, ob es sicher ist fortzufahren.

Leider wird die Clamp-on-Erdungsmessung häufig in Anwendungen falsch verwendet, in denen sie keine effektive Messung liefert. Die Clamp-on-Methode ist nur in Situationen mit mehreren parallelen Erdungen effektiv. Sie kann nicht isoliert eingesetzt werden, da es keine Rückführung gibt. Daher kann sie nicht für Installationsprüfungen oder die Inbetriebnahme neuer Standorte verwendet werden. Sie kann auch nicht verwendet werden, wenn eine alternative Rückleitung mit niedrigerem Widerstand vorhanden ist, die nicht den Boden berührt (z. B. bei Türmen). Anders als bei der Spannungsabfall-Prüfung gibt es keine Möglichkeit, das Ergebnis zu bestätigen, d. h., die Ergebnisse müssen „in gutem Glauben“ ermittelt werden. Das Clamp-on-Erdungsmessgerät erfüllt eine Rolle als eines der Werkzeuge, die der Techniker in seiner „Tasche“ haben könnte, aber nicht als einziges Werkzeug.

Theorie und Methodik der Clamp-on-Erdungsmessung

Wenn Sie verstehen, wie und warum die Clamp-on-Methode funktioniert, können Sie besser verstehen, wo sie funktioniert und wo nicht und wie Sie ihre Verwendung optimieren können. Wie bereits erwähnt, basiert die Clamp-on-Prüfmethode auf dem Ohmschen Gesetz ($R = V/I$). Das Verständnis des Ohmschen Gesetzes und dessen Anwendung auf Reihen- und Parallelschaltungen ist der erste Schritt zum Verständnis, wie und warum ein Clamp-on-Erdungsmessgerät funktioniert. Die folgende Grafik zeigt eine Reihenschaltung, eine Parallelschaltung und eine Parallel-Reihenschaltung sowie die mathematische Berechnung, die zur Bestimmung des Gesamtstroms und Widerstands verwendet wird.

Reihenschaltung

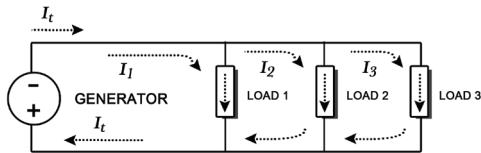


In einer Reihenschaltung werden Gesamtstrom und Gesamtwiderstand wie folgt berechnet:

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3$$

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

Parallelschaltung

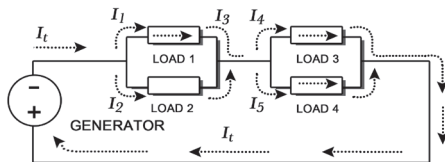


In einer Parallelschaltung werden Gesamtstrom und Gesamtwiderstand wie folgt berechnet:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

$$R_t = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$

Parallel-Reihenschaltung



In einer Parallel-Reihenschaltung werden Gesamtstrom und Gesamtwiderstand wie folgt berechnet:

$$I_t = I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

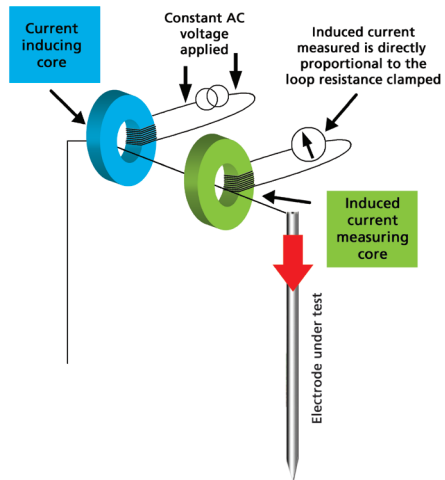
$$R_t = 1 / (1/R_1 + 1/R_2) + 1 / (1/R_3 + 1/R_4)$$

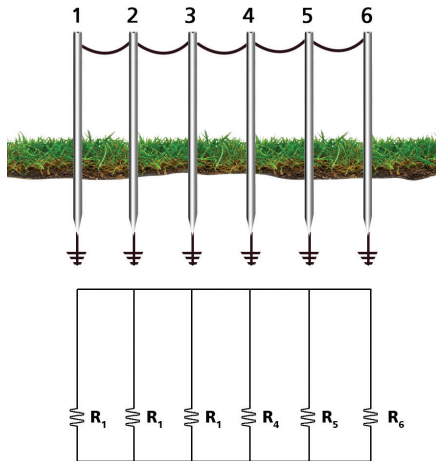
Clamp-on-Prüfmethode

Der Kopf eines Clamp-on-Erdungsmessgeräts enthält zwei Kerne (siehe Abbildung rechts). Ein Kern induziert einen Prüfstrom und der andere misst, wie viel induziert wurde. Die Eingangs- oder Primärspannung des Kerns, der den Prüfstrom induziert, wird konstant gehalten, sodass der tatsächlich in den Prüfstromkreis induzierte Strom direkt proportional zum Schleifenwiderstand ist.

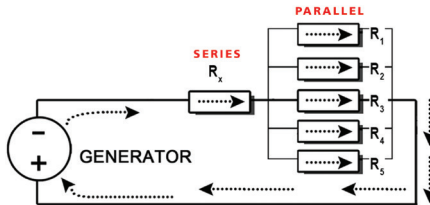
Bei der Clamp-on-Messung ist es wichtig zu beachten, dass Clamp-on-Erdungsmessgeräte effektiv Schleifenwiderstandsmessungen durchführen. Clamp-on-Messungen sind

Schleifenmessungen. Damit die Clamp-on-Methode funktioniert, muss ein parallel geschalteter Widerstandspfad vorhanden sein (je niedriger, desto besser). Je mehr Elektroden oder Erdungspfade im System vorhanden sind, desto näher kommt die Messung an den tatsächlichen Widerstand der zu prüfenden Elektrode heran. Die folgende Abbildung zeigt eine Polderungskonfiguration, eine der wirksamsten Anwendungen des Clamp-on-Erdungsmessgeräts.





Der Schaltplan für diese Konfiguration sieht folgendermaßen aus (basierend auf einem um den 6. Pol geklemmten Erdungsmessgerät):



Das Clamp-on-Erdungsmessgerät wird um eine der Elektroden geklemmt und misst dann den Widerstand der gesamten Schleife. Die restlichen Erdungselektroden sind alle parallel geschaltet und als Gruppe in Reihe mit der gemessenen Erdungselektrode. Wenn das Clamp-on-Messgerät um den 6. Pol geklemmt wird, wird die Widerstandsmessung der gesamten Schleife mit folgender Gleichung berechnet:

$$R_{\text{Schleife}} = R_6 + (1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 + 1/R_5))$$

Bei sechs ähnlichen Erdungselektroden mit einem Widerstand von jeweils 10Ω beträgt die Messung des Gesamtschleifenwiderstands:

$$R_{\text{Schleife}} = 10 + (1 / (1/10 + 1/10 + 1/10 + 1/10 + 1/10))$$

$$R_{\text{Schleife}} = 10 + (1 / (5/10))$$

$$R_{\text{Schleife}} = 10 + 2$$

$$R_{\text{Schleife}} = 12 \Omega$$

Die Messung des Schleifenwiderstands erfolgt relativ nah am Widerstand der zu prüfenden Erdungselektrode. Bei 60 ähnlichen Erdungselektroden mit einem Widerstand von jeweils 10Ω beträgt die Messung des Gesamtschleifenwiderstands:

$$R_{\text{Schleife}} = 10 \Omega + 0,17 \Omega = 10,17 \Omega$$

Je mehr Erdungselektroden parallel geschaltet sind, desto geringer ist die Auswirkung des Widerstands der nicht geprüften Elektroden und desto näher ist der Schleifenwiderstand dem Widerstand der zu prüfenden Elektrode. Wenn die zu messende Elektrode einen hohen Widerstand aufweist, zeigt die Prüfung an, dass ein Problem vorliegt. Wenn in dem Beispiel mit den sechs Elektroden die 6. Elektrode einen Widerstand von 100Ω hat und alle anderen Elektroden einen Widerstand von 10Ω , beträgt die Messung des Schleifenwiderstands:

$$R_{\text{Schleife}} = 100 + (1 / (1/10 + 1/10 + 1/10 + 1/10 + 1/10))$$

$$R_{\text{Schleife}} = 100 + (1 / (5/10))$$

$$R_{\text{Schleife}} = 100 + 2$$

$$R_{\text{Schleife}} = 102 \Omega$$

Im folgenden Beispiel zeigt das Clamp-on-Erdungsgerät an, dass die Erdung fehlerhaft ist. Wenn die $100\text{-}\Omega$ -Elektrode eine der nicht gemessenen Elektroden wäre, wären die Auswirkungen auf die Gesamtmessung minimal:

$$R_{\text{Schleife}} = 10 + (1 / (1/10 + 1/100 + 1/10 + 1/10 + 1/10))$$

$$R_{\text{Schleife}} = 10 + (1 / (41/100))$$

$$R_{\text{Schleife}} = 10 + 2,44$$

$$R_{\text{Schleife}} = 12,44 \Omega$$

Bitte beachten Sie, dass der gemessene Widerstand immer höher ist als der tatsächliche Widerstand der zu prüfenden Erdungselektrode. Eventuelle Fehler liegen auf der sicheren Seite, da die Widerstandsrichtlinien für den maximalen Erdungswiderstand gelten. Das bedeutet, dass der Bediener sicher sein kann, dass der tatsächliche Widerstand auch unterhalb des Sollwerts liegt, wenn der gemessene Widerstand für die Erdungselektrode unter dem Sollwert liegt.

Zusammenfassung

Denken Sie also daran, dass eine Clamp-on-Erdungsmessung eine Messung des Widerstands der gesamten Schleife ist. Zum Messen muss ein Schleifenwiderstand vorhanden sein. Wenn keine Schleife zur Messung vorhanden ist, kann der Bediener eine Schleife mit einem temporären Überbrückungskabel erstellen. Je größer die Anzahl der parallelen Pfade ist, desto näher ist der Messwert dem tatsächlichen Erdungswiderstand der zu prüfenden Elektrode. Die Clamp-on-Erdungsmessung kann ganz einfach auf eine schlechte Elektrode hinweisen, unabhängig davon, ob einige parallele Pfade in Reihe mit dem Messwert oder viele parallele Pfade vorhanden sind.

Zur Messung des Erdungswiderstands muss sich der Erdungspfad im Stromkreis befinden. Dieser Vorbehalt klingt offensichtlich, aber wenn Sie Metallstrukturen verwenden, kann dies eine Verbindung zwischen diesen Strukturen und nicht die Masse der Erde darstellen.

Messung des Erdungsableitstroms

Zusätzlich zur Messung des Schleifenwiderstands sollte ein Clamp-on-Erdungsmessgerät auch in der Lage sein, Erdungsableitströme zu messen. Die Sicherheit des Bedieners ist der wichtigste Grund für die Messung des Ableitstroms. Wenn das Prüfgerät einen Ableitstrom anzeigt, weiß der Bediener, dass der Stromkreis unter Spannung steht und dass er den Stromkreis nicht ohne die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen berühren darf.

Über den Sicherheitsaspekt hinaus kann die Ableitstrommessung anzeigen, ob ein Ungleichgewicht der Last im System vorliegt. Wenn die Lasten ausgeglichen

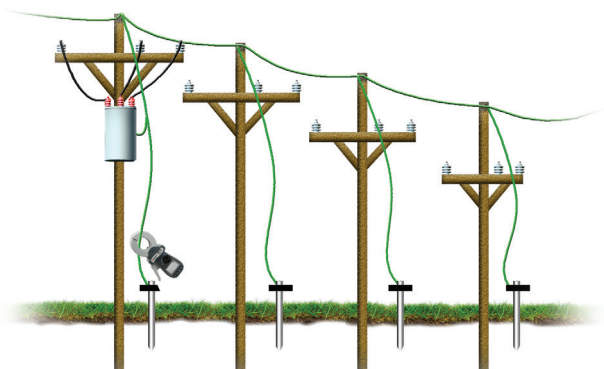
sind, fließt kein Strom. Wenn ein 3-Phasen-System aufgeteilt wurde und verschiedene Anlagenteile von verschiedenen Phasen abgekoppelt werden, besteht die Gefahr eines Ungleichgewichts. Das System versucht, das Ungleichgewicht im Erdungssystem auszugleichen und abzulassen. Diese Situation führt zu Energieverschwendung (und Geldverschwendung) und einer Belastung des Erdungssystems. Ableitstrom kann auch durch eine allmähliche Verschlechterung der Isolierung entstehen, die nicht schlecht genug ist, um den Leistungsschalter auszulösen. Unabhängig von der Ursache weist das Vorhandensein von Ableitstrom darauf hin, dass weitere Maßnahmen ergriffen werden sollten.

Anwendungen

Wie bei jeder Art von Prüfung ist es wichtig, dass der Bediener das zu prüfende Betriebsmittel (in diesem Fall das Erdungssystem) versteht. Die Clamp-on-Messung funktioniert in vielen Situationen, ist jedoch in bestimmten Konfigurationen nicht anwendbar. In diesem Abschnitt beschäftigen wir uns mit verschiedenen Anwendungsarten und zeigen auf, ob die Clamp-on-Methode praktikabel ist oder nicht.

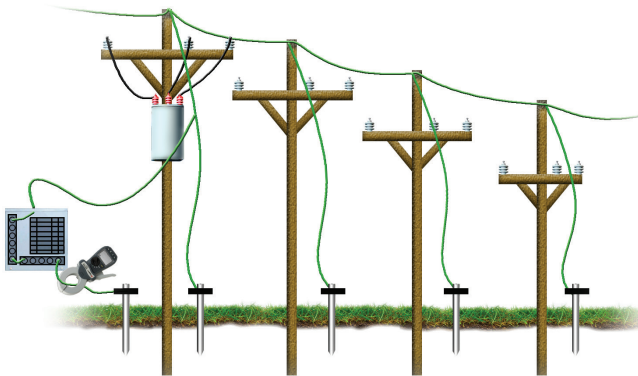
Versorgungsleitungen/Serviceeingang oder Messgerät

Je mehr parallele Erden in Reihe mit der zu prüfenden Elektrode liegen, desto näher ist die Messung am tatsächlichen Erdungswiderstandswert. Versorgungsleitungen (siehe unten) sind eine ideale Anwendung für die Clamp-on-Methode.



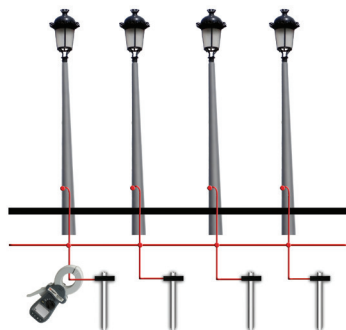
Die Erdungssysteme an den Versorgungsleitungen verfügen über viele parallele Masseverbindungen, wodurch dieser Standort ideal für die Verwendung der Clamp-on-Methode ist. Jede Leitung verfügt über eine Erdungselektrode zur Aufrechterhaltung des Fehler- und Blitzschutzes, und an Polen montierte Transformatoren verfügen über zwei Elektroden für Sternschaltungssysteme. Es ist wichtig, dass diese Elektroden überprüft werden. Der Gesamterdungswert solcher Systeme muss normalerweise unter $0,3 - 0,5 \Omega$ liegen, während jede Elektrode normalerweise unter $10 - 20 \Omega$ liegen muss, um effektiv zu sein.

Eine weitere verwandte Anwendung ist die Prüfung des Erdungswiderstands an einem Serviceeingang oder einem Messgerät (siehe Grafik unten). Hier besteht die Möglichkeit, dass mehrere Erdpfade, zwei Elektroden oder möglicherweise eine Verbindung mit einer Wasserleitung besteht. Achten Sie daher darauf, die besten Positionen für eine Messung zu ermitteln. Manchmal ist es am besten, die Elektrode selbst unterhalb der Stelle zu klemmen, an der die Erdungsverbindungen hergestellt werden.



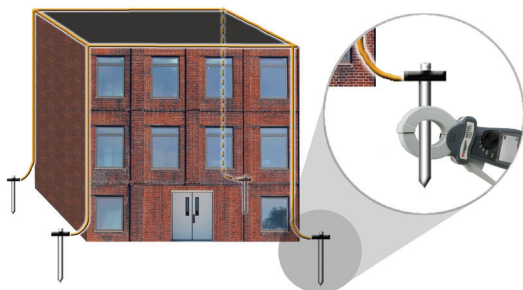
Straßenbeleuchtung

Eine ähnliche Anwendung wie die Versorgungsleitungselektroden ist die Straßenbeleuchtung. Das Kabel, das zu den Elektroden der Straßenbeleuchtung führt, kann festgeklemmt werden, aber denken Sie daran, die richtige Seite des Erdungsleiters wie unten gezeigt zu klemmen.



Blitzableitung

Eine weitere ideale Anwendung für die Clamp-on-Prüfmethode ist die Prüfung von Erdungselektroden am Blitzschutz. Der Blitzschutz in jedem Gebäude ist nur so effektiv wie die Qualität seiner Erdung. In der Regel werden die Elektroden an jeder Ecke eines Gebäudes platziert, wobei an größeren Gebäuden weitere Elektroden dazwischen angebracht werden. Bei den verwendeten Leitern handelt es sich in der Regel um Kupferbänder mit einer Breite von bis zu 50 mm. Die folgende Abbildung zeigt eine typische Blitzschutzschaltung, bei der ein Clamp-on-Erdungsmessgerät um die Elektrode geklemmt wird.



Megger.

In vielen Fällen ist dies schwierig, da die Elektrode in einer kleinen Grube vergraben ist. Darüber hinaus sind viele Blitzschutzbänder mit abnehmbaren Verbindungen ausgestattet, um die Anwendung einer Zweidraht-Durchgangsprüfung zu ermöglichen. Diese abnehmbaren Verbindungen, im Englischen auch als „Jug Handle“ (Teekannengriff) bezeichnet, sind zeitaufwändig zu entfernen, eignen sich aber ideal für die Verwendung eines Clamp-on-Prüfgeräts. Das Clamp-on-Prüfgerät misst die gesamte Schleife, einschließlich aller Verbindungen und Klebebandverbindungen, genauso wie bei einer Zweidrahtprüfung.

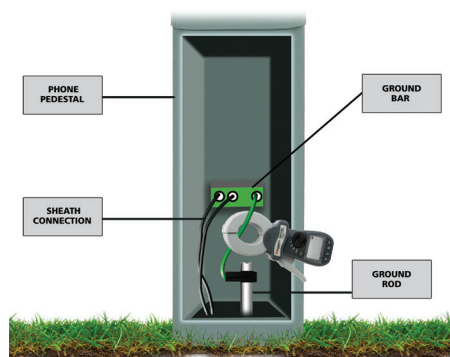
Viele Blitzschutzanlagen in Werksgebäuden, insbesondere in europäischen Ländern, verwenden Blitzrezeptoren, die in regelmäßigen Abständen auf dem Dach montiert sind. Diese Rezeptoren sind alle miteinander verbunden, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Durch diesen Ansatz wird der Reihenwiderstand des parallelen Erdungspfads weiter verringert, was bedeutet, dass der Messwert noch näher am tatsächlichen Erdungswiderstand einer zu prüfenden Elektrode liegt.



Denken Sie daran, dass es andere Verbindungen zum Blitzschutzsystem geben kann. Der Benutzer muss daran denken, unter allen Verbindungen um das Band herum zu klemmen. Andernfalls wird die Erdungselektrode parallel zu allen anderen Erdungspfaden geprüft. Es können Verbindungen zu externen Metallteilen wie Metallbalkonen und Handläufen vorhanden sein. Auch diese müssen über dem Punkt liegen, an dem das Clamp-on-Prüfgerät gespannt ist. Denken Sie auch an die Bedeutung einer Sichtprüfung. Aufgrund des Kupferpreises kann es vorkommen, dass Erdungsbänder durchtrennt und gestohlen werden. Je nachdem, wo das Band geschnitten wird und wie das System verbunden ist, kann das Gerät einen guten, aber falschen Messwert ausgeben.

Verteilerkästen

Eine weitere Anwendung ist das Prüfen der Erdungselektrode, die in den primären Kreuzverbindungspunkten installiert ist, die manchmal als Verteilerkasten bezeichnet werden (siehe Abbildung unten). Diese Elektroden müssen in der Regel unter 25Ω liegen, um die Zuverlässigkeit aufrechtzuerhalten. In dieser Anwendung dürfen nicht mehr als zwei parallele Erdungspfade in Reihe mit der Elektrode vorhanden sein. Wenn jedoch das Clamp-on-Erdungsmessgerät eine Messung unter 25Ω durchführt, muss die Elektrode auf jeden Fall unter 25Ω liegen.

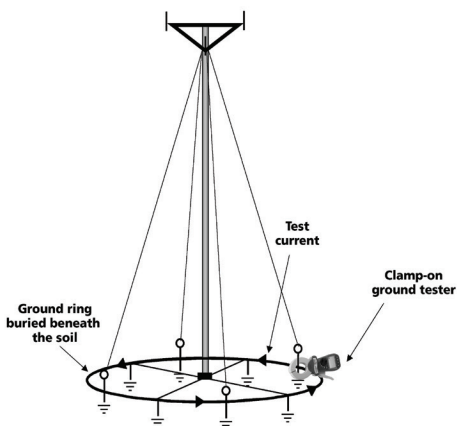


Fernmeldesockel

Die Erdungselektroden von Fernmeldesockeln können mit der Clamp-on-Methode geprüft werden. Kabelummantelungen sind alle mit einer Erdungsschiene verbunden, die wiederum mit der Erdungselektrode verbunden ist. Die Klemme kann um das Kabel gelegt werden, das die Erdungsschiene mit der Elektrode verbindet, um eine Prüfung durchzuführen. Wenn der Zugang schwierig ist, kann ein vorübergehendes Verlängerungskabel montiert werden, um die Montage am Clamp-on-Prüfgerät zu erleichtern.

Mobilfunkmasten (Anwendungen mit eingegrabenem Erdungsschleifenring)

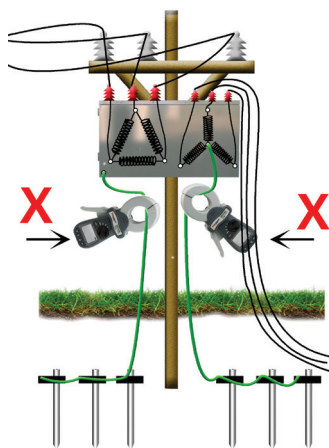
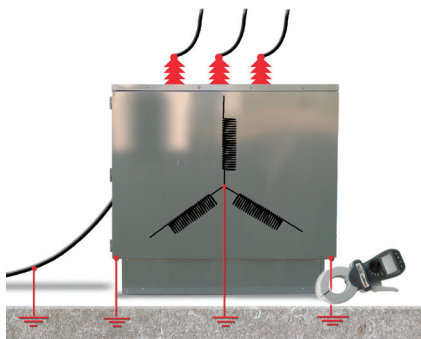
Eine Erdungswiderstandsmessung kann nicht durchgeführt werden, wenn die Stäbe durch einen Ring miteinander verbunden sind, der unter der Erde vergraben ist. Diese Art von Konfiguration, wie sie bei Mobilfunkmasten üblich ist, ermöglicht den Zugang an einer beliebigen Stelle über dem Ring. Mobilfunkmasten sind an der Basis geerdet, wobei jeder Abspanndraht geerdet ist und alle in einem Erdungsring miteinander verbunden sind.



Wenn der Bediener die Klemme um den oberen Teil einer der Abspanndrahterdungen legt, schließt der Prüfstrom einfach den Stromkreis im Erdungsring und nicht den durch die Erde. Der Prüfstrom fließt durch den Leiter, der die einzelnen Elemente (Erdungsstäbe), die den Ring bilden, verbindet. Daher misst der Clamp-on-Erdungsprüfer nicht die Qualität des Erdungssystems. Der Messwert entspricht in Wahrheit dem „Schleifen“widerstand. Mit dieser Messung kann der Bediener die Verbindungen unter dem Boden überprüfen.

Auf Blöcken montierte Transformatoren

Die Erdungselektroden von auf Blöcken montierten Transformatoren können mit der Clamp-on-Methode geprüft werden. Manchmal gibt es jedoch eine Reihe von Anschlüssen an derselben Elektrode, sodass der Benutzer möglicherweise unter den Anschlüssen um die Elektrode selbst klemmen muss. Wenn alle diese Verbindungen mit einer großen Erdmatte verbunden sind, wäre diese Messung dann eine Durchgangsmessung, da die Prüfungsschleife keinen Erdungspfad enthält.



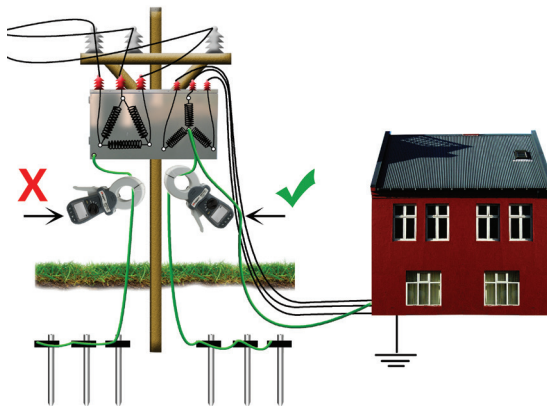
An Masten montierte Transformatoren

Denken Sie an die erste der beiden goldenen Regeln der Clamp-on-Messung: „Es muss ein Schleifenwiderstand vorhanden sein, damit gemessen werden kann.“ Es gibt einige Fälle mit Strommasten, bei denen diese Schleife nicht vorhanden ist, zumindest nicht an der Stelle, an der Sie sie benötigen. Die Abbildung unten zeigt ein System mit einem Stern-Dreieck-Transformator, der an einem Mast mit zwei Elektrodenansätzen montiert ist.

Megger.

Keiner der Elektrodensätze ist mit einem darüber verlaufenden Erdungskabel verbunden. Einer ist mit dem Metallgehäuse des Transformators verbunden, der andere mit dem Sternpunkt der Niederspannungs-Sekundärwicklung. Hier besteht die Gefahr, dass die gemessene Schleife zwischen den beiden Elektrodensätzen liegen könnte, wobei ein Teil der Schleife den Widerstand des Holzmasts darstellt, was zu einer hohen Messung führt. Dies könnte dazu führen, dass der Benutzer fälschlicherweise glaubt, dass es ein Problem gibt, obwohl es tatsächlich kein Problem gibt.

Im Gegensatz dazu gibt es in der Abbildung unten eine Verbindung zur lokalen Verteilung und ihrem lokalen Erdungssystem. Das bedeutet, dass wir jetzt über eine Erdungsschleife verfügen, die gemessen werden kann, und eine Messung durchgeführt werden kann. Denken Sie jedoch daran, dass die Widerstandsmessung eine Kombination der beiden Erdungseinheiten in Reihe ist. Eine Messung von $40\ \Omega$ bedeutet nicht, dass jedes Elektrodensystem unter $25\ \Omega$ liegt, eines davon könnte $10\ \Omega$ und das andere $30\ \Omega$ haben. Wenn die Messung beispielsweise $10\ \Omega$ beträgt, dann wissen wir, dass alles in Ordnung ist.



Mögliche Fehlerquellen

Bei korrekter Verwendung liefert die Clampon-Prüfung zuverlässige Messungen, solange der Bediener ein Instrument guter Qualität verwendet. Hier finden Sie einige mögliche Fehlerquellen, die Sie für Benutzer hervorheben und sie darüber informieren können:

Wir haben bereits eine mögliche Fehlerquelle angesprochen: Der Benutzer versteht möglicherweise nicht den zu prüfenden Stromkreis. Denken Sie daran, dass ein Schleifenwiderstand gemessen werden muss und dass sich der Erdungspfad im Stromkreis befinden muss, um den Erdungswiderstand zu messen. Das oben besprochene Beispiel für einen an einem Pol montierten Transformator ist ein hervorragendes Beispiel für eine Anwendung, bei der sich der Erdungspfad nicht im Stromkreis befindet.

Es gibt zwei weitere wichtige Fehlerquellen, die der Benutzer verstehen muss:

1. **Schmutz im Klemmkopf:** Schmutz, der zwischen dem Schließspalt im Kopf eingeklemmt wird, verändert den Magnetkreis. Der magnetische Fluss wird zwischen dem induzierenden Kern und dem Messkern abgeleitet. Das Ergebnis ist ein falscher niedriger Messwert, der in einigen Fällen dazu führen kann, dass eine schlechte Elektrode als gut gemessen wird. Viele Instrumente verwenden ineinandergreifende Laminierungen oder Zähne, wie sie manchmal auch bezeichnet werden. Diese können den Schmutz aufnehmen und sind schwer zu reinigen. Sie können auch leicht beschädigt werden. Beschädigte Zähne führen entweder zu schlechten, ungenauen Messungen oder machen das Gerät unbrauchbar.
2. **Rauschstrom, der die Messung beeinflusst:** Prüfungen in Umgebungen mit Störungen können zu einem hohen Rauschstrom führen, der durch die zu prüfende Elektrode fließt. Dies kann dazu führen, dass die Messwerte variieren, was die Interpretation erschwert oder die Messung unmöglich macht, wenn der Strom zu hoch ist.

Faktoren bei der Auswahl eines Clamp-on-Erdungsmessgeräts

Der häufigste Grund für Benutzer, die das Clamp-on-Erdungsmessgerät nicht verwenden können, ist ein schlechter Zugang. Oft sind Kabel oder Bänder zu groß für die Klemme, oder es ist aufgrund des Designs und der Größe des Geräts schwierig, es in engen Räumen anzubringen. In diesem Abschnitt werden die Faktoren behandelt, die ein Benutzer vor dem Kauf eines Clamp-on-Erdungsmessgeräts beachten sollte. Neben dem Zugriff werden wir uns auch mit Sicherheits- und Leistungsfaktoren befassen.

Backendesign

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Klemmbacken der Klemme an einem Clamp-on-Erdungsmessgerät zu konstruieren. Der einfachere Weg, passgenaue

Megger.

Backen zu erzielen, ist die Verwendung von ineinandergreifenden Zähnen an den Kernenden. Die komplexere Art, besteht aus technischer Sicht in der Verwendung flacher Kernenden. Dieser letztere Ansatz bietet bei Implementierung eine höhere Messintegrität und Gerätezuverlässigkeit.



Wie im Abschnitt über mögliche Fehlerquellen auf der vorherigen Seite erwähnt, kann Schmutz, der sich zwischen dem Schließspalt im Klemmenkopf festgesetzt hat, zu fehlerhaften Messwerten führen. Clamp-on-Erdungsmessgeräte werden im Freien in oftmals staubigen und schmutzigen Umgebungen eingesetzt. Sie sind Materialien ausgesetzt, die an die Kernenden der Backen gelangen können. Mit flachen Kernenden können die Oberflächen einfach gereinigt werden. Dasselbe Material verklemmt sich meist in den ineinandergreifenden Zähnen und lässt sich nur sehr schwer entfernen.

Die ineinandergreifenden Zähne sind zudem empfindlich und relativ leicht zu beschädigen oder zu verschieben. Beschädigte Zähne können dazu führen, dass das Gerät ungenaue Messwerte liefert oder überhaupt nicht funktioniert. Häufig muss ein Gerät mit beschädigten Zähnen verschrottet werden.

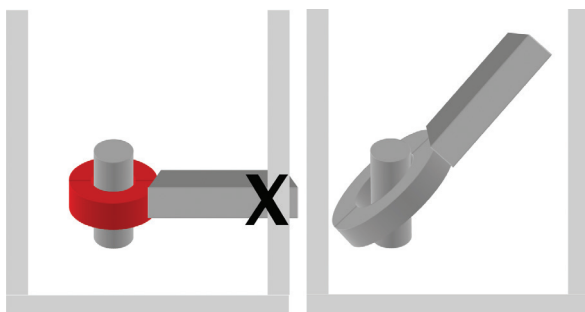
Wenn Sie ein Clamp-on-Erdungsmessgerät in Betracht ziehen, achten Sie auf den Klemmkopf und die Passgenauigkeit der Klemmbacken.

Größe und Form des Klemmenkopfs

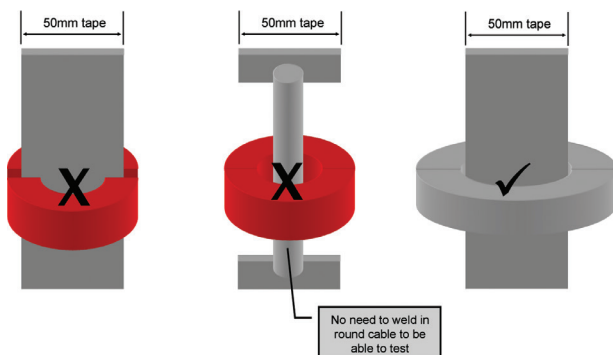
Erdungselektroden sind in verschiedenen Formen und Größen erhältlich und können an schwer zugänglichen Stellen platziert werden. Größe und Form des Klemmenkopfs sollten bei der Auswahl eines Geräts berücksichtigt werden. Clamp-on-Erdungsmessgeräte haben unterschiedliche Kopfformen (rund, oval oder elliptisch), Öffnungsgrößen und Dicken.



Ein elliptisch geformter Kopf ermöglicht einen wesentlich einfacheren Zugang zu Erdungselektroden in vertieften Bohrungen.



Ein größerer innerer Bereich ermöglicht das Klemmen um größere Erdungsstäbe oder Erdungsbänder (von denen einige eine Breite von 50 mm haben können). Bei einer kleineren Innenöffnung des Geräts muss das größere Erdungsband geschnitten und eine dünnere Kupferstange dazwischen geschweißt werden, damit das Gerät eine Messung durchführen kann.



Einige Erdungselektroden werden in der Nähe der Gebäudewand oder der Verbindungsleitung befestigt, so dass es schwierig ist, den Kopf um den Stab zu klemmen. Je dicker der Kopf, desto schwieriger ist dieser Vorgang. Ein dünnerer Kopf ist vorzuziehen, wenn die Leistung nicht beeinträchtigt wird.

Vor der Auswahl eines Geräts sollte der Benutzer die Größe und Position der zu prüfenden Erdungselektroden berücksichtigen und diese Informationen mit den Spezifikationen der in Betracht gezogenen Instrumente vergleichen. Wenn der Benutzer sich nicht sicher ist, welche zukünftigen Anforderungen er erfüllen muss, kann er insofern eine irrtümliche Entscheidung treffen, als zukünftig größere Erdungsstäbe/-bänder zu prüfen sind.

Gerätegröße

Die ersten Clamp-on-Erdungsmesser-Modelle waren recht lang. In den letzten Jahren hat es die Technologie den Herstellern ermöglicht, diese Instrumente zu verkürzen. Warum ist kürzer besser? Ein kürzeres Gerät ermöglicht einen besseren Zugang zu schwer zugänglichen Stellen, insbesondere in vertieften Bohrungen.



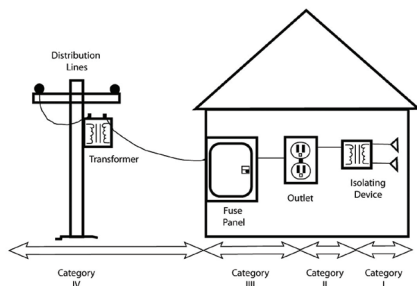
Messkategorie (CAT)

Die Messkategorie (CAT) eines Messgeräts legt fest, wo in der elektrischen Versorgungskette das Gerät sicher verwendet werden kann. Dies ist in der Regel über die Prüfungsverbindungen auf dem Gerät gedruckt und wird als CATII, CATIII oder CATIV angezeigt. CATI wird in der Regel nicht mehr verwendet, da es keine praktische Anwendung hat.

Die Messkategorie (CAT) definiert den Transientenpegel (Spike oder Surge), für den das Gerät ausgelegt ist. Diese Transienten variieren in Größe und Dauer je nach ihrer Quelle. Die Transiente, die bei einer Hochenergieversorgung auftritt, ist gefährlicher als eine Transiente in einem isolierten Kabel, da sie größere Ströme liefern kann, wenn ein Fehler auftritt (z. B. ein Spitzenwert auf Steroiden).

Eine Transiente kann eine Amplitude von mehreren kV haben, aber ihre Dauer ist in der Regel sehr kurz, möglicherweise nur 50 Mikrosekunden. Allein die Transiente verursacht nur geringe Schäden. Wenn sie jedoch zusätzlich zu der normalen sinusförmigen Netzspannung auftritt, kann sie einen Lichtbogen verursachen, der bis zum Ende des Zyklus anhält. Bei einem CAT IV-System kann der verfügbare Kurzschlussstrom über 1.000 A liegen. Dadurch entstehen in einem kleinen Bereich einige Millisekunden lang Hunderte Kilowatt Wärme, was zu einem großen Knall und möglicherweise zu Verbrennungen, Feuer oder Explosionen führen kann.

Geräte, die für die richtige Kategorie ausgelegt sind, haben einen ausreichenden Abstand zwischen den kritischen Teilen, um zu verhindern, dass ein Lichtbogen beim Auftreten einer Transiente den anfänglichen Ausfall verursacht. Die Stromversorgung kann wie unten gezeigt in Kategorien von CATI bis CATIV unterteilt werden:



Da die meisten Erdungselektrodenprüfungen im Freien durchgeführt werden, sollte der Benutzer in Betracht ziehen, ein CAT IV-Gerät mit einer Nennspannung von 600 V zu kaufen.

Rauschfilterung

Wie bereits erwähnt, können Prüfungen in Umgebungen mit elektromagnetischen Störungen dazu führen, dass ein hoher elektrischer Rauschstrom durch die zu prüfende Elektrode fließt. Diese Situation kann dazu führen, dass die Messwerte variieren und schwer abzulesen sind. Wenn der Strom zu hoch ist, kann eine Messung unmöglich werden. Wenn der Benutzer den Erdungswiderstand in einer Umgebung messen möchte, in der elektrische Störungen auftreten, wie z. B. in einem Schalthof, sollte er Clamp-on-Erdungsmessgeräte mit Rauschfilterfunktionen verwenden. Das Gerät sollte das Vorhandensein von Rauschen erkennen und dem Benutzer anzeigen. Die Rauschfilterung erhöht die Störfestigkeit (in der Regel mit einem leichten Anstieg der Messzeit).

Display-Beleuchtung

Erdungsprüfungen werden nicht immer bei Sonnenlicht oder klarem Wetter durchgeführt. Beispielsweise werden Messungen häufig in Umgebungen mit schlechten Lichtverhältnissen, wie z. B. Kabelkellern, durchgeführt. Wenn der Benutzer zuweilen in einer solchen Umgebung arbeitet, sollte er ein Gerät mit Hintergrundbeleuchtung in Betracht ziehen.

Daten halten

Je nach Position der Erdungselektrode ist der Bildschirm des Geräts bei der Messung möglicherweise nicht immer sichtbar. In diesem Fall kann der Benutzer den vom Gerät erfassten Messwert nicht sehen. Mit einer Haltefunktion am Gerät kann der Benutzer den Messwert einfrieren und anzeigen, wenn der Bildschirm wieder sichtbar ist. Der Zugriff auf eine „Daten halten“-Taste kann während einer Prüfung schwierig sein, und die Aktivierung zu dem Zeitpunkt, an dem der Messwert angezeigt wird, ist mit Mutmaßungen verbunden. Geräte mit intelligenter Datenhaltefunktion ermöglichen dem Benutzer, die Datenhaltefunktion zu aktivieren, bevor sie um die Erdungselektrode geklemmt werden. Das Gerät erfasst dann den Messwert automatisch, sobald er sich eingestellt hat, und gibt mit einem hörbaren Ton an, dass die Messung erfolgt ist.

Ergonomie

Clamp-on-Erdungsmessgeräte können für viele Messungen an einem Tag verwendet werden (denken Sie an die Polerdungsanwendung). Es ist wichtig, die ergonomischen Merkmale des Geräts zu berücksichtigen, insbesondere in Bezug auf das Öffnen der Backe. Das Auslösedesign sollte einfach und bequem zu bedienen sein. Wenn die Backe zu klein ist, ist mehr Kraft zum Öffnen erforderlich (da sie weniger Kraft hat), und es besteht eine größere Wahrscheinlichkeit, dass die Finger abrutschen, wodurch die Backe einrastet.



Alarmgrenzenfunktion

Die Möglichkeit, akustische und visuelle Alarmgrenzen einzustellen, kann insbesondere für unerfahrene Benutzer sehr nützlich sein. Die Grenzwertalarmlen sollten sowohl für den Widerstand als auch für den Strom eingestellt werden können. Ein Stromalarm ist eine Sicherheitsfunktion für den Bediener.

Ergebnisspeicher

Ergebnisspeicherung ist eine weitere Funktion, die der Benutzer vor dem Kauf eines Geräts beachten sollte. Normalerweise werden die Ergebnisse des Erdungsmessgeräts manuell notiert. Der Kauf eines Geräts, das die Ergebnisse speichert, kann Zeit sparen und Aufzeichnungsfehler vermeiden. Die Genauigkeit wird verbessert, wenn die Ergebnisse mit einem Zeit- und Datumsstempel versehen sind.

Clamp-on-Erdungsmessgeräte von Megger®

Modelle DET14C/24C

Die DET14C und DET24C sind fortschrittliche Clamp-on-Erdungswiderstandsmessgeräte, die neue Standards in Bezug auf Zugang, Leistung, Merkmale, Einfachheit der Bedienung und Sicherheit setzen. Sie sind mit flachen Zangenbacken versehen und verhindern Schmutzablagerungen, wodurch die Messintegrität und Zuverlässigkeit gegenüber Produkten mit ineinandergreifenden Zähnen erhöht wird. Weitere Verbesserungen betreffen die Sicherheit gemäß CAT IV (600 V), eine integrierte Filterfunktion für elektrisch verrauschte Umgebungen, die Speicherung von Prüfergebnissen mit Zeit- und Datumstempel und eine extrem lange Akkulaufzeit.

Die DET24C wird mit Bluetooth® und PowerDB Lite-Software auf CD geliefert.



Megger stellt hochwertige Geräte für die folgenden elektrischen Prüfanwendungen her:

- Isolationsprüfung
- Relaisprüfung
- Ölprüfung
- Leistungsschalterprüfung
- Stromqualitätsanalyse
- Niederohmmessungen
- Batterieprüfung
- Wattstundenzählerprüfung
- Prüfung von Transformatoren
- Kabelfehlerortung
- Leistungsfaktorprüfung
- Hochspannungsprüfung

Megger fertigt elektrische Prüf- und Wartungsgeräte für elektrischen Strom, Prozessfertigung, Gebäudeverkabelung, Ingenieursdienstleistungen und Kommunikation.

Besuchen Sie unsere Website für weltweite lokale Unterstützung unter www.megger.com.

Megger GmbH
Obere Zeil 2
61440 Oberusel
T +49 (0) 6171 929 87 0
F +49 (0) 6171 929 87 19
info@megger.de

CLAMPON_GUIDE_de_V02

Megger[®]