

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 29 (1938)
Heft: 2

Artikel: Ein Erdungsprüfer für geerdete oder genullte Objekte
Autor: Induni, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059361>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 28.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ein Erdungsprüfer für geerdete oder genullte Objekte.

Von G. Induni, Zürich.

In dieser Mitteilung aus dem Laboratorium der Trüb, Täuber & Cie. A.-G., Zürich, wird ein einfaches Instrument beschrieben, mit dem der bei Erd- oder Masseschluss eines Anschlussobjektes auftretende Strom direkt gemessen werden kann. Nach dieser Messung kann beurteilt werden, ob die vorgeschaltete Sicherung das Anschlussobjekt bei Defekt abschalten und damit die Gefahr beseitigen wird. Das Prinzip des Apparates, ein Spezialfall der Fröhlich'schen Methode zur Bestimmung des Isolationswiderstandes einer Anlage, wird beschrieben, ferner die praktische Ausführung und die Anwendung.

Dans cette communication du laboratoire de la S. A. Trüb, Täuber et Cie. à Zurich, l'auteur décrit un instrument simple qui permet de mesurer directement le courant qui se produirait lors d'un défaut à la terre ou à la masse d'un appareil. Par cette mesure on peut se rendre compte si le coupe-circuit protégeant l'appareil fonctionnera et écartera le danger lors d'un défaut. L'auteur expose le principe de l'instrument, un cas d'espèce de la méthode de Fröhlich pour déterminer la résistance d'isolement d'une installation, et en décrit l'exécution pratique ainsi que les applications.

Zur Vermeidung elektrischer Unfälle in Hausinstallationen wurden von Bundesrat und SEV ausführliche Verordnungen und Vorschriften erlassen¹⁾. Besondere Aufmerksamkeit erfordern die Schmelzsicherungen. Die entsprechenden Vorschriften und Normalien enthalten die Anforderungen, denen die Sicherungen genügen müssen, um wirksamen Schutz zu bieten. Die Forderungen an die Sicherungen genügen aber allein nicht; ihre Schutzwirkung ist durch äussere Faktoren unter Umständen in Frage gestellt, nämlich durch das Netz, das bei einem Masseschluss in einem Verbraucher den Kurzschlussstrom bestimmt. Ist dieser Strom zum sofortigen Ansprechen der Sicherung ungenügend, so bleibt die Gefahr für den Benutzer des defekten Gerätes bestehen. Eine bisher angewandte Methode, um die Schutzvorrichtungen (Sicherungen, Selbstschalter etc.) auf ihre Wirksamkeit zu prüfen, bestand darin, dass man absichtlich einen Kurzschluss zwischen Phasenleiter und Erde oder Nullleiter herbeiführte und feststellte, ob die Schutzvorrichtungen funktionieren. Diese Methode ist an und für sich vorzüglich und eindeutig. Sie ist aber praktisch nicht immer ausführbar, z. B. bei grösseren Sicherungen, abgesehen vom Verschleiss an Sicherungsmaterial.

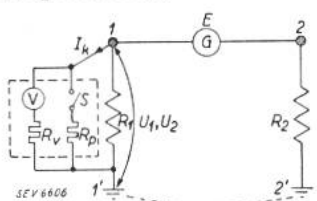


Fig. 1.
Methode von Fröhlich.
1, 2 Leitungen eines Netzes.
E EMK des Stromerzeugers (Stationsspannung). S Schalter. R_1 , R_2 Isolationswiderstände. R_v Voltmeterwiderstand. R_p Mess-Belastungswiderstand.

Auf Grund der in der Arbeit Wettstein¹⁾ dargelegten Vorstellungen über Erdung und Nullung entwickelte die Trüb, Täuber & Cie. A.-G. einen kleinen Apparat, der erlaubt, ohne Beschädigung der Sicherung den bei Erd- oder Masseschluss zu erwartenden Strom zu bestimmen. Das Prinzip des Apparates ist ein Spezialfall der Methode von Fröhlich²⁾ zur Bestimmung des Isolationswiderstandes einer Anlage (Fig. 1). Nach der Methode von Fröhlich wird die Spannung mit dem Voltmeter zwischen Leitung und Erde bei offenem Schalter S

(U_1) und bei geschlossenem Schalter S (U_2) gemessen. Dann gilt:

mit Voltmeter allein (Schalter S offen):

$$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_1}{R_v} = \frac{E - U_1}{R_2} \quad (1)$$

mit Parallelwiderstand R_p (Schalter S geschlossen):

$$\frac{U_2}{R_1} + \frac{U_2}{R_v} + \frac{U_2}{R_p} = \frac{E - U_2}{R_2} \quad (2)$$

Die Beziehungen 1) und 2) gelten auch noch, wenn das Voltmeter und der zugehörige Parallelwiderstand an 1 und 2' angeschlossen werden. Die Erde kann in diesem Fall überhaupt weggedacht werden und man hat sich in 2' den (nicht geerdeten) Nulleiter zu denken. R_2 kann als Widerstand des Strompfades von 1 über 2 und 2' bis 1' beziehungsweise 1 über 2 und 2' (Nulleiter-Widerstand) aufgefasst werden. R_1 ist gegenüber R_v und R_p unendlich gross. Kennt man nun R_2 , so kann der Strom I_k bei Erdschluss oder Masseschluss von Leitung 1, oder Schluss zwischen den Leitungen (also zwischen 1 und 2') bestimmt werden, weil $I_k = E : R_2$.

Für $R_1 = \infty$ werden Gl. (1) und (2):

$$\frac{U_1}{R_v} = \frac{E - U_1}{R_2} \quad \text{und} \quad \frac{U_2}{R_v} + \frac{U_2}{R_p} = \frac{E - U_2}{R_2}$$

$$R_v = \frac{R_p \cdot U_1}{E - U_1} \quad \text{in der zweiten Gl. eingesetzt:}$$

$$\frac{(E - U_1) U_2}{R_2 \cdot U_1} + \frac{U_2}{R_p} = \frac{E - U_2}{R_2} \quad \text{mit } U_1 \text{ multipliziert:}$$

$$\frac{(E - U_1) U_2}{R_2} + \frac{U_1 U_2}{R_p} = \frac{(E - U_2) U_1}{R_2} \quad \text{woraus} \quad \frac{E}{R_2} (U_1 - U_2) = \frac{U_1 \cdot U_2}{R_p}$$

$$\text{Da } I_k = \frac{E}{R_2} \text{ wird } I_k = \frac{U_1 \cdot U_2}{R_p (U_1 - U_2)}$$

Man misst also mit einem Voltmeter geringen Eigenverbrauchs an der in Frage kommenden Stelle des Netzes die Spannung U_1 und schaltet hierauf einen im Instrument eingebauten Verbraucher R_p kurzzeitig ein, so dass ein gewisser nennenswerter Strom ihn durchfliesst. Der Kreis dieses Stromes ist, wie Fig. 1 zeigt, der gleiche wie der des Erdschluss-Stromes. Die Spannung ist aber nicht mehr U_1 , sondern U_2 . Aus U_1 und U_2 und dem Widerstand R_p kann dann der zu erwartende Kurzschluss-Strom berechnet werden.

¹⁾ M. Wettstein: Schutzmassnahmen zur Vermeidung elektrischer Unfälle in den Hausinstallationen. Bull. SEV 1934, Nrn. 23, 24, 25, 26. (Sonderdruck beim Generalsekretariat des SEV und VSE deutsch und französisch erhältlich.)

²⁾ Schweizer Kalender für Elektrotechniker 1918, S. 126.

Grundlagen der Messung.

Fig. 2 zeigt das Prinzipschema eines Netzes, an dem ein erdschlussbehaftetes Anschlussprojekt liegt; Fig. 3 ist die Ersatzschaltung der Messung. Daraus können die Beziehungen, die als Spezialfall

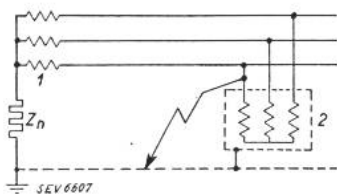


Fig. 2.

Prinzipschema des Netzes
mit Verbraucher.

1 Stationstransformator.
2 Anschlussobjekt.

der Fröhlich'schen Methode gefunden wurden, direkt abgeleitet werden.

Die Netzimpedanz A-O-B sei Z_n . Dann ist

$$I = U_1 / (Z_n + Z_m) \quad (3)$$

Für $Z_m = 0$ (Kurzschluss) ist $I_k = U_1 / Z_n$ (4)

Ferner gilt $U_2 = I \cdot Z_m$ (5)

$$\text{Daraus wird } I_k = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_m (U_1 - U_2)} \quad (4')$$

also die gleiche Beziehung wie Gl. 4.

Da darin alle Grössen bekannt sind, kann das Instrument direkt in Sicherungs-Nennstrom geeicht werden, wobei nach den Sicherungsnormen

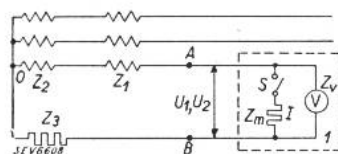


Fig. 3.

Ersatzbild der Messung.
 $Z_1 + Z_2 + Z_3 = Z_n = \text{Netz-impedanz.}$
1 Messinstrument.

des SEV³⁾ die Eichung zweckmässig in 2,75fachen Werten des Nennstromes erfolgt. (Durchschmelzen innerhalb 10 Sekunden).

Setzt man in 4' für I_k nach Gl. (4) U_1 / Z_n , so ergibt sich durch einfache Umformung

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_n + Z_m}{Z_m} \quad (6)$$

Das Verhältnis der Spannungen U_1 / U_2 ist also bei ein und derselben Messung konstant; d. h. die Bestimmung von Z_n kann mit einem konstanten Messwiderstand Z_m ohne Kenntnis der Spannung erfolgen, was auch, konstantes Z_m und Z_n (keine Sättigungserscheinungen im Netz) vorausgesetzt, selbstverständlich ist. Das Voltmeter braucht also nicht geeicht zu sein: Bei Leerlauf (Schalter S offen) ergibt sich ein Ausschlag x_1 , bei Belastung (Schalter S geschlossen) fällt der Zeiger auf x_2 und entsprechend gilt

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_n + Z_m}{Z_m}$$

Daraus ergeben sich folgende Schlüsse:

1. Die Messung der für das Auftreten des Kurzschlussstromes massgebenden Kurzschlussimpedanz Z_n kann unabhängig von der Spannung direkt erfolgen.

2. Aus einer bestimmten Nennspannung und der gemessenen Impedanz kann der Kurzschluss-Strom berechnet werden. Ist das Instrument in Sicherungs-Nennstrom geeicht, so

³⁾ SEV-Publikation Nr. 121, § 17.

ist die Messung mit einem der Abweichung der jeweiligen Spannung von der Nennspannung proportionalen Fehler behaftet. Da die wirklich vorhandenen Spannungen nur um etwa 5 % von den Nennspannungen abweichen, so ist die Messung auch mit diesem Fehler zu bewerten. Andererseits ist aber der Schmelzstrom der Sicherungen mindestens mit solchen Toleranzen bestimmt, dass eine grössere Genauigkeit wenig Sinn hätte.

Der Einfluss von Anschlussobjekten, die bei der Messung in Betrieb sind.

Wenn an der Mess-Stelle ein Anschlussobjekt (Scheinwiderstand Z_v , Strom I_v) angeschlossen ist, so ist die gemessene Spannung U_1 nicht mehr praktisch gleich der Transformatorspannung. Sie ist dann

$$U'_1 = U_1 - I_v \cdot Z_n. \text{ Da } I_v = \frac{U_1}{Z_n + Z_v} \text{ wird}$$

$$U'_1 = U_1 \left(1 - \frac{Z_n}{Z_n + Z_v} \right) \quad (7)$$

Wird nun Z_m dazu geschaltet (Messung), so sind Z_m und Z_v parallel geschaltet; es ist

$$U'_2 = U_1 - I \cdot Z_n \text{ wo } I = \frac{U_1}{Z_n + \frac{Z_m \cdot Z_n}{Z_m + Z_v}}; \text{ daraus}$$

$$U'_1 = U_1 \left(1 - \frac{Z_m \cdot Z_n + Z_v \cdot Z_n}{Z_n \cdot Z_m + Z_n \cdot Z_v + Z_m \cdot Z_v} \right) \quad (8)$$

$$q = \frac{U'_1}{U'_2} = \frac{Z_n}{Z_m (a + 1)} + 1, \text{ wo } a = Z_n / Z_v \quad (9)$$

Vergleicht man q mit

$$p = \frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_n}{Z_m} + 1 \quad (6)$$

so sieht man, dass der Messfehler, der von parallelgeschalteten Anschlussobjekten herrührt, klein ist, wenn $a = Z_n / Z_v$ klein ist. Ist a z. B. $1/10$, entsprechend dem praktisch sehr grossen Spannungsabfall von 10 %, so ist

$$q = \frac{Z_n}{1,1 Z_m} + 1$$

Da $Z_m > 10 Z_n$, so ist der Fehler praktisch zu vernachlässigen. Ist das Objekt dreiphasig angeschlossen, so wird der Null-Leiter für die Rückleitung des Arbeitsstromes nicht benützt, so dass der geringe Fehler nur halb so gross ist, wenn z. B. Nulleiter und Phasenleiter gleiche Scheinwiderstände haben.

Praktische Ausführung und Gebrauch des Apparates.

Die ganze Apparatur ist in einem handlichen und leichten Metallkasten eingebaut (Fig. 5); sie besteht aus einem Voltmeter mit geringem Eigenverbrauch und weit regulierbarem Messbereich, ferner aus zwei Belastungswiderständen und den Regulierwiderständen. Die Voltmeterskala trägt eine rote Einstellmarke und ist in Nennstrom der

Sicherungen geeicht. Für Spannungen, die sich wie 1 : 2 verhalten, gilt dieselbe Skala; es werden entsprechend 1 oder 2 Belastungswiderstände verwendet. Für stark abliegende Spannungsbereiche ist eine zweite Skala angebracht. So kann z. B. der nach Schema 4 gebaute Apparat mit einem Belastungswiderstand für Netze von 145 V Phasen-

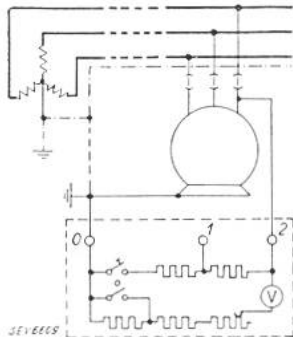


Fig. 4.
Schema zum normalen
Erdungsprüfer.

spannung, mit zwei Belastungswiderständen für Netze von 290 V Phasen-spannung verwendet werden. Durch Anbringen einer anderen Skala kann der Bereich 290 V ausserdem für 220 V Phasen-spannung verwendet werden. Für 200 V kann der Bereich von 220 V dienen, wobei der Fehler weniger als 10 % beträgt, was innerhalb der Toleranz der Sicherung liegt.

Der Gebrauch des Apparates ist sehr einfach. Die Umschaltung des Voltmetermessbereiches erfolgt zwangsläufig mit der Umschaltung der Belastungswiderstände. Der Apparat wird mit den mitgelieferten Kabeln zwischen Phase und geerdetem, bzw. genulltem Gehäuse des Anschlussobjektes geschaltet; der Voltmeter wird mit dem ein-

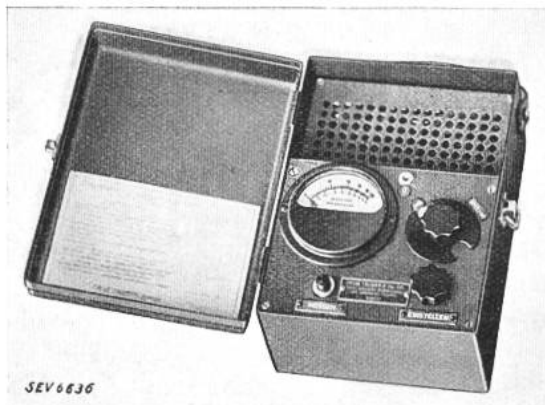


Fig. 5.
Erdungsprüfer für 145, 220 und 290 V Netzspannung.

gebauten Regulierwiderstand auf die rote Marke eingestellt. Durch Drücken auf den Knopf werden einer oder je nach Anschluss an Klemme 1 oder 2 beide Belastungswiderstände eingeschaltet. Der Zeiger stellt sich nun entsprechend der Spannungsenkung auf der nach Sicherungsstrom geeichten Skala ein. Der angezeigte Wert, der, wie erwähnt, den Faktor 2,75 enthält, gibt an, ob die gemessene Netzkombination inklusive Erdung, bzw. Nullung genügt, um eine bestimmte Sicherung am Messpunkt innerhalb 10 s zum Durchschmelzen zu brin-

gen. Wie das Skalabild Fig. 6 zeigt, genügt der normale Apparat für alle normalen Installationen mit Sicherungen bis etwa 120 A.

Es ist aber manchmal erwünscht, auch zu wissen, ob von einem gewissen Netzknoten aus durch Erdschluss einer Phase, bzw. Schluss zwischen Phase und Nulleiter die Stationssicherungen durch-

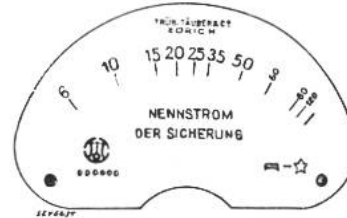


Fig. 6.
Skalenbild.

schmelzen werden oder nicht. Die Beziehung (6)

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_n + Z_m}{Z_m}$$

gibt sofort an, was zur Messung nötig ist. Um nämlich bei kleinem Z_n , also grossen Sicherungswerten,

von 1 nennenswert verschiedene Werte $\frac{U_1}{U_2}$ zu erreichen, genügt es, Z_m (Messgerät) dem kleinen Z_n anzupassen. Zu diesem Zweck kann an dem normalen Apparat ein zusätzlicher Belastungswiderstand angeschlossen werden. Dieser ist so dimensioniert, dass die Skalawerte mit einem Faktor 10 multipliziert werden müssen. Somit können auch

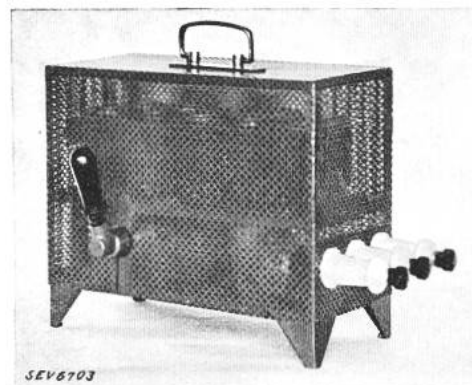


Fig. 7.
Belastungswiderstand für höhere Ströme in Zusatzkasten zum
Erdungsprüfer.

Sicherungswerte von 500 A und mehr auf der gleichen Skala abgelesen werden. Beziehung (4') zeigt z. B., dass, wenn Z_m 10mal kleiner wird, I_k 10mal grösser wird, für gleiche Werte von U_1 und U_2 . Einem normalen Apparat mit 5 A Stromentnahme, dessen Skala bis Sicherungs-Nennströme von 125 A zeigt, kann also einfach ein Zusatzwiderstand für 50 A Stromentnahme parallelgeschaltet werden, damit er für Messungen bis 1200 A Sicherungs-Nennstrom brauchbar ist. Fig. 7 zeigt den Zusatzwiderstand.