Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 42 (1951)

Heft: 15

Artikel: Neues Erdungsprüfgerät (EP-Gerät) zum Untersuchen der Erdungsanlagen in Niederspannungsnetzen

Autor: Husi, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056878

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

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

Dieser Hinweis betrifft nicht das Blendungsbewertungssystem von Harrison und Meaker, das sich auf Grund der veröffentlichten Tabellen auf jedes praktisch in Frage kommende Beleuchtungsniveau anwenden lässt. Man kann freilich noch nicht mit Sicherheit übersehen, inwieweit der Bereich der als annehmbar bezeichneten Blendungsfaktoren, wie er durch das Urteil der sieben amerikanischen Lichtingenieure festgelegt worden ist, nicht durch das relativ hohe Niveau der Beleuchtungstechnik in den USA beeinflusst wurde. Hier muss das Urteil von Lichttechnikern aus anderen Ländern abgewartet werden. Auf der Pariser Tagung der Internationalen Beleuchtungs-Kommission im Juli 1948 hörte man verschiedentlich, dass Blendungsfaktoren zwischen 50 und 100 nicht einmal für Bürobeleuchtung als zu hoch angesehen zu werden brauchten. Hierauf lässt auch eine neuere Arbeit von Meaker schliessen [17]).

Adresse des Autors:
Dr.-Ing. *A. Dresler*, 12, Pascoe Avenue, Bentleigh, Melbourne (Australien).

[17]) *Phelps Meaker:* Brightness vs. Area in the Glare Factor Formula. Illum. Engng. Bd. 44(1949), S. 401...404.

Neues Erdungsprüfgerät (EP-Gerät) zum Untersuchen der Erdungsanlagen in Niederspannungsnetzen

Von *J. Husi*, Zürich

621.317.736

Zur Feststellung, ob in Niederspannungsnetzen bei Erdschluss durch Schmelzen der Sicherungen defekte Anlageteile von den Zuleitungen selbsttätig abgeschaltet werden, oder zum Messen der bei Erdschluss im Bereiche der Fehlerstrombahn auftretenden Potentialdifferenzen ist eine neue Messmethode entwickelt worden. Es wird hier die Methode und das von der EMA A.-G., Fabrik für elektrische Messapparate, Meilen (ZH), nach ihr gebaute Erdungsprüfgerät (genannt EP-Gerät) beschrieben. Das EP-Gerät kann in Wechsel- und Mehrphasennetzen bis 290 V Spannung gegen Erde verwendet werden.

Cet article décrit une nouvelle méthode pour vérifier le fonctionnement des fusibles coupe-circuit assurant la coupure entre les lignes d'amenée de courant et les parties d'installation défectueuses en cas de court-circuit accidentel à la terre dans des réseaux à basse tension. Ce procédé permet également de contrôler les différences de potentiels dues aux courants de défaut. La fabrique d'appareils de mesure électriques EMA S. A. à Meilen (ZH) a développé un appareil de contrôle (contrôleur de mise à la terre EP) pouvant être utilisé dans des réseaux mono- ou polyphasés jusqu'à des tensions de 290 V contre la terre.

Einleitung

Die elektrischen Niederspannungsverteilanlagen sind nach Ziff. 4, Art. 26, der bundesrätlichen Starkstromverordnung (StV) so einzurichten, dass bei Erdschluss z. B. an Motoren- oder Apparategehäusen höchstens 50 V Spannung gegenüber Erde auftreten oder der defekte Anlageteil bei höheren Spannungen innert weniger Sekunden (5 s) selbsttätig abgeschaltet wird. Ferner ist vorgeschrieben, dass der Systemnullpunkt betriebsmässig geerdet werden muss. Zum kurzzeitigen Abschalten des defekten Anlageteiles oder zum Tiefhalten der bei Erdschluss an den Objektgehäusen entstehenden Spannungen gegen Erde wird in den Energieverteilanlagen meistens die Nullung oder die Schutzerdung, vereinzelt aber auch die Schutzschaltung angewendet (siehe § 18 der Hausinstallationsvorschriften des SEV).

Die eindeutige Methode zur Prüfung der Erdungssysteme besteht darin, dass bei künstlich erzeugten satten Erdschlüssen das Schmelzen der Objektsicherungen beobachtet wird, oder die im Bereiche der Fehlerstrombahn entstehenden Potentialdifferenzen gemessen werden. Bei dieser Methode können aber die Anlagen Schaden nehmen; auch führt sie oft zu Betriebsunterbrüchen. Daher werden meistens solche Prüfungen mit einem Begrenzungswiderstand, der den Fehlerstrom erheblich verkleinert, durchgeführt. Die so im verkleinerten Maßstab im Bereich der Fehlerstrombahn erzeugten, d. h. gemessenen Potentialdifferenzen müssen aber auf die bei Erdschluss entstehenden umgerechnet werden.

Diese umständlichen Verfahren erweckten den Wunsch nach einem Gerät, mit dem die Prüfungen der Erdungssysteme auf ihre Wirkung bei Erdschluss einfacher möglich sind. Aus einigen mathematischen Überlegungen heraus resultierte eine Lösung, die diese Forderung erfüllt. Die hergeleiteten Beziehungen ermöglichen eine einfache Konstruktion des Gerätes. Mit ihm ist für Erdschlüsse das rechtzeitige Schmelzen der Objektsicherungen bestimmbar. Auch können die im Bereiche der Fehlerstrombahn auftretenden Potentialdifferenzen direkt gemessen werden; lediglich bei fremden Spannungseinflüssen sind sie unter Umständen etwas zu korrigieren. Das Gerät ist auch als Voltmeter für 80 V und 400 V verwendbar. Die mit dem EP-Gerät durchgeführten Messungen und die dabei gesammelten Erfahrungen haben dessen Brauchbarkeit vollauf erwiesen.

Theoretische Grundlagen

In den folgenden Ableitungen und Ersatzschaltbildern bedeuten:

- E EMK im Transformator oder Energieerzeuger (zwischen Polleiter und Systemnullpunkt)
- U Netzspannung am Verbraucher
- U_b Spannung am Begrenzungswiderstand R_b
- U_f Potentialdifferenz in der Fehlerstrombahn
- I_c Fehlerstrom
- I_b begrenzter Fehlerstrom
- I_i Strom im Instrument
- Z_n Summe aller Widerstände in der Fehlerstrombahn
- Z_e Teilwiderstand von Z_n
- R_b Begrenzungswiderstand
- Z_v Verbraucherwiderstand
- R Widerstand des Voltmeters
- R_x Teilwiderstand des Voltmeters

Bei einem Erdschluss zwischen a und b (Fig. 1) entsteht ein Fehlerstrom von

$$I_c = \frac{E}{Z_n}$$

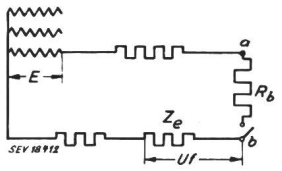

Fig. 1
Prinzipschema der Fehlerstrombahn

Die Potentialdifferenz am Widerstande Z_e ist dabei

$$U_f = I_c \, Z_e$$

Wird die Anlage mit einem Begrenzungswiderstand R_b belastet, so entsteht der Belastungsstrom

$$I_b = \frac{E}{Z_n + R_b} \tag{1}$$

Daraus ergibt sich das Verhältnis

$$\frac{I_b}{I_c} = \frac{Z_n}{Z_n + R_b} \tag{2}$$

Die Schaltanordnung nach Fig. 1 wird nun mit einem Voltmeter V und einem abgreifbaren Vorwiderstand R ergänzt. Damit kann nach Fig. 2 die Spannung E gemessen werden.

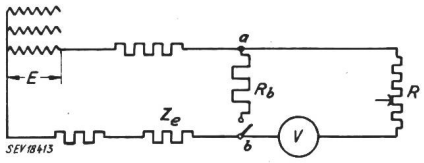

Fig. 2
Prinzipschema mit in der Fehlerstrombahn angeschlossenem EP-Gerät in Schalterstellung 1

Es ist für $R \gg Z_n$: $\quad I_i = \dfrac{E}{R}$

Im Voltmeter V wird der Wert der Spannung E mit einem Stellzeiger markiert. Bei Belastung mit R_b verteilt sich die Spannung E auf die Widerstände R_b und Z_n. Für $R \gg R_b$ gilt:

$$\frac{U_b}{E} = \frac{R_b}{Z_n + R_b} \quad \text{oder} \quad \frac{E - U_b}{E} = \frac{Z_n}{Z_n + R_b} \tag{3}$$

Wird nun die Spannung U_b mit dem Instrument V gemessen und dabei nach Schaltung Fig. 3 der

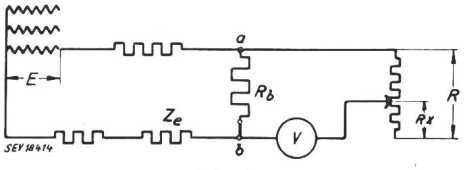

Fig. 3
Prinzipschema mit in der Fehlerstrombahn angeschlossenem EP-Gerät in Schalterstellung 2

Schieber am Vorwiderstand R so verstellt, dass wieder der Instrumentstrom I_i wie bei Leerlaufmessung fliesst, ergibt sich folgende Beziehung:

$$I_i = \frac{E}{R} = \frac{U_b}{R - R_x}$$

und daraus:

$$\frac{U_b}{E} = \frac{R - R_x}{R}$$

Durch Umformung wird dieser Ausdruck zu

$$1 - \frac{U_b}{E} = \frac{E - U_b}{E} = \frac{R_x}{R} \tag{4}$$

Aus dem Vergleich der Gleichungen 2, 3 und 4 ergibt sich:

$$\frac{E - U_b}{E} = \frac{Z_n}{Z_n + R_b} = \frac{R_x}{R} = \frac{I_b}{I_c} = \frac{1}{1 + R_b/Z_n} \tag{5}$$

Wird Gl. (5) oben und unten mit E/R_b multipliziert, so erhält man mit $E/Z_n = I_c$:

$$\frac{R_x}{R} = \frac{E/R_b}{E/R_b + I_c} \tag{6}$$

Wird der Ausdruck E/R_b zu einer Konstanten des Messgerätes gemacht, so ist nach Gl. (6) die Unterteilung des Vorwiderstandes vor dem Voltmeter V ein Mass für den zu erwartenden Fehlerstrom I_c.

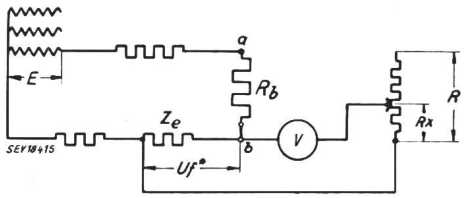

Fig. 4
Prinzipschema mit in der Fehlerstrombahn angeschlossenem EP-Gerät in Schalterstellung 3

Die bei Erdschluss auftretende Potentialdifferenz am Widerstand Z_e in der Fehlerstrombahn ist nach Fig. 4

$$U_f = I_c \, Z_e$$

Bei Belastung mit R_b reduziert sich U_f auf

$$U_f^* = I_b \, Z_e$$

daraus resultiert unter Beiziehung von Gl. (5)

$$\frac{U_f^*}{U_f} = \frac{I_b}{I_c} = \frac{R_x}{R} \tag{7}$$

Wird das Instrument V mit dem totalen Widerstand R in Volt geeicht, so sagt Gl. (7) folgendes aus:

Wird mit dem Instrument V und dem Vorwiderstand R die bei Erdschluss auftretende Potentialdifferenz U_f gemessen, so erhält man dieselbe Anzeige, wenn bei reduzierter Potentialdifferenz U_f^* dem Instrument V nur noch der Vorwiderstand R_x vorgeschaltet ist.

Zusammenfassend ergeben die theoretischen Grundlagen folgenden Schluss:

Mit einem Voltmeter, dessen Vorwiderstand als Potentiometer ausgebildet ist, können aus relativ schwachen Belastungen des Netzes die satten Erd-

schlußströme (Fehlerströme) und die daraus resultierenden Potentialdifferenzen im Bereiche der Fehlerstrombahn bestimmt werden. *Dabei ist der geometrische Ort des Potentiometerabgriffes sowohl ein Mass für die eine als auch für die andere Grösse.*

Am Voltmeter können die bei Erdschluss zu erwartenden Potentialdifferenzen im Bereiche der Fehlerstrombahn direkt in Volt, und bei geeigneter Eichung der Potentiometerstellung R_x/R können auch die zu erwartenden Fehlerstromstärken oder die Nennströme der gerade noch rechtzeitig schmelzenden Sicherungen in Ampère abgelesen werden.

Die Bezeichnungen der Messwerte

Für die mit dem EP-Gerät messbaren Werte sind die noch wenig oder nicht bekannten Bezeichnungen *Sicherungsnennstrom* und *Fehlerspannung* gewählt worden. Ferner werden Fehlerspannungen bei Polleitererdschluss, d. h. bei sattem Erdschluss vor Motoren oder Apparatewicklungen und Fehlerspannungen im Grenzfall, d. h. bei einem Erdschluss, bei dem die Objektsicherung gerade vorschriftsgemäss schmelzen wird, auseinander gehalten.

Sicherungsnennstrom (bei Polleitererdschluss) ist der Wert des Nennstroms der durch satten Erdschluss kurzzeitig (in 5 s) schmelzenden Sicherung. Nach schweizerischen Vorschriften sollen «gewöhnliche» (flinke) Sicherungen etwa beim 2,75fachen Nennstrom in 5 s schmelzen. Dagegen benötigen träge Sicherungen etwas grössere Schmelzströme (siehe Bemerkungen im Anhang).

Fehlerspannungen sind die bei Erdschluss im Bereiche der Fehlerstrombahn entstehenden Potentialdifferenzen (Spannungsabfälle). Demnach können auch Berührungsspannungen, wenn sie durch einem Menschen überbrückbar sind, oder Schrittspannungen als Fehlerspannungen bezeichnet werden. Nach der Auslegung von Ziff. 4, Art. 26, der StV spielt die Grösse von Fehlerspannungen solange keine Rolle, als die Objektsicherungen bei einem Erdschluss innert 5 s schmelzen.

Die Messwerte *Fehlerspannung im Grenzfall* sind die Potentialdifferenzen im Bereiche der Fehlerstrombahn bei bestimmten im folgenden beschriebenen Erdschlüssen. Die in den Niederspannungsnetzen angewandten Erdungssysteme werden meistens so eingerichtet, dass sie bei Polleitererdschluss, d. h. bei Erdschluss vor Motoren- oder Apparatewicklungen, den Vorschriften entsprechen, da so die grössten Fehlerspannungen entstehen. Nun kann durch Erdschluss in Motoren- oder Apparatewicklungen der Widerstand in der Fehlerstrombahn mit restlichen Wicklungswiderständen so gross werden, dass die den defekten Teilen vorgeschalteten Sicherungen nicht mehr oder nicht kurzzeitig schmelzen. Vom bestimmten Verhältnis der Summe aller Netzwiderstände zum Wicklungswiderstand an können so im Bereiche der Fehlerstrombahn auch gefährliche, dem Art. 26 der StV widersprechende Fehlerspannungen von mehr als 50 V entstehen. Mit dem EP-Gerät kann die Wirkung solcher Wicklungserdschlüsse in Netzen, wo durch Polleitererdschlüsse grössere als die Objektsicherungen in 5 s schmelzen, für den «Grenzfall» bestimmt werden. Als Grenzfall ist jeweils der Wicklungserdschluss zu verstehen, bei welchem der Fehlerstrom die dem Objekte vorgeschaltete Sicherung gerade in 5 s zu schmelzen vermag. Die dabei gemessenen Spannungen sind mit *Fehlerspannungen* im *Grenzfall* bezeichnet; das EP-Gerät misst sie je nach der Grösse des Netzwiderstandes und des restlichen Wicklungswiderstandes immer um einige, aber in der Toleranz liegende Prozente zu gross.

Aufbau des EP-Gerätes

Das nach diesem Messprinzip gebaute Erdungsprüfgerät, Typ EP, kann in Wechsel- und Drehstromnetzen mit betriebsmässig geerdeten Systemnullpunkten bis zu 290 V Spannung gegen Erde

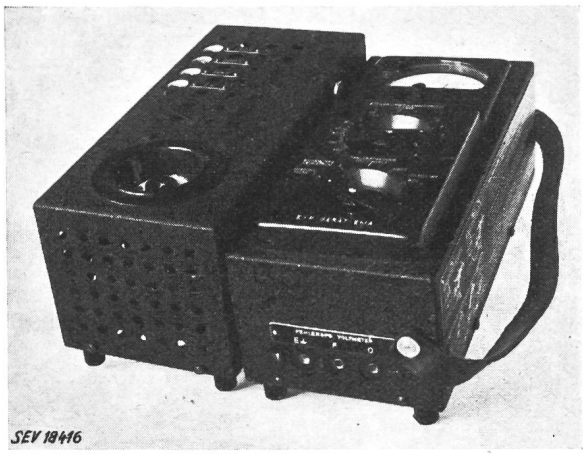

Fig. 5
EP-Gerät

verwendet werden. Das Gerät besteht nach Fig. 5 und dem Schaltschema Fig. 6 aus zwei Kasten *A* und *B*, die mit einem Kupplungshebel auf dem Kasten *B* leicht getrennt und ebenso leicht wieder zusammengesteckt werden können.

Der Kasten *A* enthält den Begrenzungswiderstand R_b mit zwei Anzapfungen, so dass für die drei wichtigsten Phasenspannungen 145, 220 und 290 V die Gerätekonstante U/R_b [siehe Gl. (9)] gegeben ist. Mit einer Drucktaste *T* kann der Belastungswiderstand kurzzeitig eingeschaltet werden.

Im Kasten *B* ist ein mit rotem Markierzeiger und Doppelskala (für 80 und 400 V) versehenes Voltmeter *V* eingebaut. Ferner enthält er das Potentiometer *P* mit einer Skala, geeicht in Sicherungsnennstrom von 6...400 A (siehe Fig. 10), drei dem Potentiometer vor- oder nachgeschaltete feste Widerstände *R*1...*R*3, einen Umschalter *S* mit Schaltstellungszeichen nach Fig. 10, drei Anschlussbüchsen zum Messen der Spannungen in der Fehlerstrombahn oder zum Gebrauche des EP-Gerätes als Voltmeter sowie drei Steckerstifte (diese zum Verbinden der elektrischen Teile mit dem Kasten *A*).

Ferner gehören zum EP-Gerät vier einadrige Leitungsschnüre, eine blanke und zwei isolierte Griffzangen sowie eine in zwei Teile zerlegbare Hilfssonde. Ein Schnurstecker enthält einen Schmelz-

einsatz, 10 A, 250 V, damit das EP-Gerät immer gegen Überstrom geschützt mit den Objekten (Polleitern) verbunden werden kann.

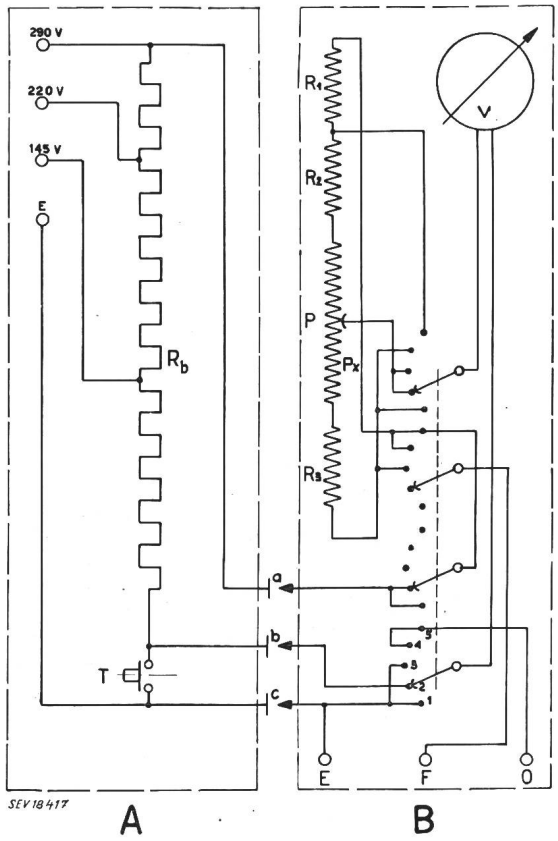

Fig. 6
Schema des EP-Gerätes

Messprogramm

Bei allen Untersuchungen mit dem EP-Gerät ist jedesmal zuerst der Sicherungsnennstrom zu bestimmen, da nach Gl. (6) zuerst das Widerstandverhältnis R_x/R am Potentiometer P festzulegen ist. Die Messungen haben also folgende Reihenfolge:

I. Sicherungsnennstrom bei Polleitererdschluss

a) Gerät nach Fig. 7 anschliessen; S auf Stellung *1* schalten; Ausschlag des Zeigers im Voltmeter mit dem Stellzeiger markieren.

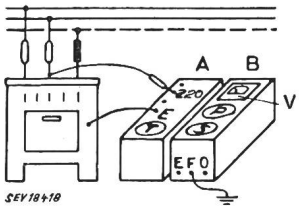

Fig. 7
Messung des Sicherungsnennstromes und der Fehlerspannung an einem Kochherd

b) S auf Stellung *2* schalten; T drücken und den Griff P so weit verstellen, bis sich der Voltmeterzeiger wieder mit dem Stellzeiger deckt; Sicherungsnennstrom auf der Skala P ablesen.

II. Fehlerspannungen für Polleitererdschluss

a) Sicherungsnennstrom nach Abschnitt *I* bestimmen; gefundene Einstellung an P nicht mehr ändern.

b) Gerät entweder nach Fig. 7 oder bei Messungen in der weiteren Umgebung nach Fig. 8 anschliessen; S auf Stellung *3* schalten; T drücken und in V (auf der 400-V-Skala) die Fehlerspannung ablesen.

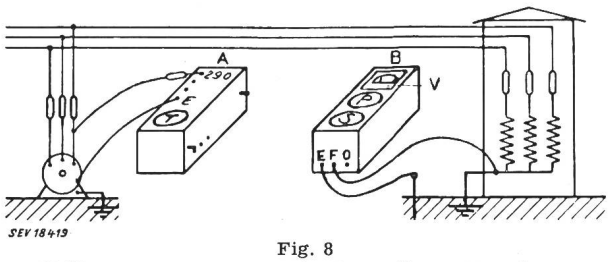

Fig. 8
Fehlerspannungsmessung in der weiteren Umgebung des Prüfobjektes

Direkte Messung

Für Anlagen, die weniger als 6 A Sicherungsnennstrom ergeben, ist das Gerät nach Fig. 9 anzuschliessen; mit einem Messkabel ist ein direkter Erdschluss herzustellen und gleichzeitig an V bei S auf 400 V oder 80 V die Fehlerspannung abzulesen.

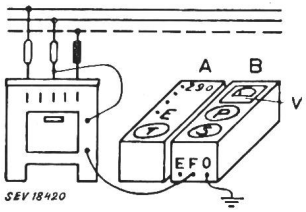

Fig. 9
Fehlerspannungsmessung bei direktem Erdschluss

III. Fehlerspannungen unter der Annahme, dass bei Erdschluss die Objektsicherung gerade vorschriftsgemäss schmelzen wird (Fehlerspannungen im Grenzfall)

a) Gerät entweder nach Fig. 7 oder nach Fig. 8 anschliessen; Nennstrom der Objektsicherung mit dem Griff auf der P-Skala einstellen.

b) T drücken und in V auf der 400-V-Skala die Fehlerspannung (im Grenzfall) ablesen.

Das soeben erklärte Messprogramm und die Fig. 7...9 sind am EP-Gerät angeschlagen.

Messfehlerquellen

a) Liegt an den Klemmen *a...b* (Fig. 1...4) ein Widerstand Z_v, d. h. ein Verbraucher (in genullten Netzen) oder ein mit Erdschluss behaftetes Objekt (in schutzgeerdeten Netzen), so erhält die Gl. (6) die folgende Form:

$$\frac{R_x}{R} = \frac{E/R_b}{E/R_b + I_c\,(1 + Z_n/Z_v)} \tag{8}$$

Die am Verbraucher Z_v herrschende Spannung ist:

$$U = E\,\frac{Z_v}{Z_n + Z_v} = \frac{E}{1 + Z_n/Z_v}$$

so dass Gl. (8) umgeschrieben lautet:

$$\frac{R_x}{R} = \frac{U/R_b}{U/R_b + I_c} \tag{9}$$

Daraus ist ersichtlich, dass eine Vorbelastung des Netzes keinen Einfluss auf einen Ablesefehler für

R_x/R haben kann, sondern einzig und allein die Abweichung der herrschenden Netzspannung U von ihrem Nennwert (145 V, 220 V, 290 V). Ist die Netzspannung um $x\%$ zu tief, so wird der Kurzschluss bzw. der Sicherungsnennstrom um rund $x\%$ zu hoch angezeigt, und umgekehrt.

b) Bei den theoretischen Betrachtungen wurde stillschweigend vorausgesetzt, dass der resultierende Netzwiderstand (Freileitung, Kabel), ebenso der Verbraucher rein ohmisch seien. In Wirklichkeit sind sie aber meistens mit einer Blindkomponente behaftet, so dass zwischen den Stromvektoren U/R_b und I_c ein Phasenwinkel φ herrscht. Nun ist aber U praktisch phasengleich mit E ($Z_n/Z_v \ll 1$), so dass der Phasenwinkel im wesentlichen durch das Netz bedingt ist und ein tragbares Mass nicht überschreitet. Da I_c um ein Vielfaches grösser als U/R_b ($U/R_b = 8$ A; $I_c > 2{,}75 \cdot 6$ A) ist, weicht R_x/R höchstens um wenige Prozent vom Eichwert ab.

c) Beim Messprogramm *II b* und *III* können durch Störspannungen, ohne dass die Taste T gedrückt wird, erhebliche Zeigerausschläge in V auftreten; solche entstehen durch mit Belastungen hervorgerufene Systemnullpunktverlagerungen (z. B. in genullten Netzen) oder durch Dauererdschlüsse (z. B. in schutzgeerdeten Netzen). Ist der Vorwiderstand am Instrument V klein (z. B. in der Gegend von 200...400 A Sicherungsnennstrom), können Störspannungen von wenigen Volt bereits grosse Zeigerausschläge verursachen. Die Fehlerspannung ist in solchen Fällen jeweils ausreichend genau die Differenz der Zeigerausschläge ohne und bei niedergedrückter Taste T; in Mehrphasennetzen ist jener Polleiter auszusuchen, bei welchem die grösste derartige Differenz entsteht.

Anhang

Bei den Messungen mit dem EP-Gerät sind ausserdem auch folgende Bemerkungen zu beachten:

Die Skala Sicherungsnennstrom am Potentiometer P (siehe Fig. 10) ist für flinke Sicherungen geeicht. Für Anlagen mit trägen Sicherungen sollen die gemessenen Sicherungsnennströme je um einen Skalateilstrich verkleinert verwendet werden, da für solche Sicherungen zum Schmelzen in 5 s etwas grössere Stromstärken notwendig sind.

Das Widerstandverhältnis R_x/R in Gl. (6) kann für Sicherungsnennströme von weniger als 6 A mit dem EP-Gerät nicht mehr bestimmt werden, da der Griff des Potentiometers P am Ende (bei 6 A) ansteht und nach Messprogramm Pos. I *b* der Zeiger in V so nicht unter die markierte Stelle gebracht werden kann. In solchen Fällen sind die Fehlerspannungen mit direkten Erdschlüssen (siehe Messprogramm Pos. *III* «Direkte Messung») zu bestimmen.

Normalerweise werden mit dem EP-Gerät Fehlerspannungen am Prüfobjekt bei zusammengesteckten Kasten A und B, nach den Fig. 7 und 9, gemessen. Ist am Ort, von wo aus die Wirksamkeit der Erdanlagen für Erdschluss untersucht werden soll, der Sicherungsnennstrom bestimmt, so können mit dem abgetrennten Kasten B an den Anschlussbüchsen E...F (Fig. 6 und 8) an beliebigen Stellen im Bereiche der Fehlerstrombahn die Fehlerspannungen bestimmt werden. Der Prüfbeamte benötigt hier ausnahmsweise eine Hilfsperson, die z. B. zu abgemachter Zeit am Kasten A auf die Taste T drückt, währenddem er am Kasten B im Instrument V die Zeigerausschläge beobachtet.

Fig. 10
Skala für Sicherungsnennstrom (Griff P) und Bezeichnungen der Schalterstellungen (Griff S)

Zum Messen von Fehlerspannungen wird die Anschlussbüchse F am Kasten B z. B. mit Wasserleitungen, Metallkonstruktionen von Gebäuden oder mit einer Hilfssonde verbunden. Bei Verwendung von Hilfssonden ist immer darauf zu achten, dass sie in Erdreich mit erwartbar kleinem Übergangswiderstand gesteckt werden (der innere Widerstand des Messkreises variiert bei 6...400 A Sicherungsnennstrom zwischen 40 000...1 000 Ω).

Für Messbereicherweiterungen über 400 A Sicherungsnennstrom und für die Bestimmung der Fehlerspannungen in solchen Fällen kann zum EP-Gerät ein Zusatzwiderstand geliefert werden.

Adresse des Autors:
J. Husi, dipl. Elektrotechniker, Akazienstrasse 6, Zürich 8.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Die Wahrnehmung des elektrischen Stromes im menschlichen Körper

612.014.42

[Nach: *C. F. Dalziel* und *T. H. Mansfield:* Perception of Electric Currents. Electr. Engng. Bd. 69(1950), Nr. 9, S. 794...800.]

Um die Benützer von elektrischen Apparaten und Maschinen vor unerwarteten elektrischen Schlägen schützen zu können, ist die Kenntnis der Grössen von gerade noch wahrnehmbaren Strömen im menschlichen Körper von entscheidender Wichtigkeit. Schläge, die durch sehr kleine Ströme hervorgerufen werden, sind eher unangenehm als gefährlich, wenn aber solche Schläge unerwartet auftreten, können schwere Unfälle die sekundären Folgen solcher Überraschungen sein. Z. B. kann ein im übrigen ungefährlicher, aber unerwarteter elektrischer Schlag eine plötzliche Bewegung auslösen und damit die Berührung gefährlicher Trieb-