

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 42 (1951)

Heft: 21

Artikel: Beitrag zur Bestimmung der Berührungsspannung und der Kurzschlussstromstärke in genullten Sekundärnetzen

Autor: Keller, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061027>

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: 21.02.2026

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

ner Zeit in Würdigung der Vorteile einer guten Übertragungstechnik die entsprechenden Konsequenzen ziehen, bevor unser Land mit ausländischen Sendungen überschwemmt wird.

Schon jetzt werden in Zürich, besonders auf dem Zürichberg, dem Hang gegen Gockhausen entlang, besonders günstige Empfangsverhältnisse festgestellt. Tab. I gibt eine Zusammenstellung süddeutscher Sender, die zur Zeit im Betrieb stehen.

Süddeutsche FM-Sender

Tabelle I

	Sender	Leistung kW	Frequenz MHz
Süddeutscher Rundfunk:	Stuttgart	0,25	93,7
	Stuttgart	3	90,1
	Mühlacker	1	87,7
	Ulm	0,25	87,7
	Heidelberg	0,25 (5)	91,3
	Aalen	3	92,1
	Mergentheim	0,25	88,5
	Geislingen	0,25	93,7
Südwestfunk:	Baden-Baden	3	92
	Koblenz	1	90,9
	Raichberg	3	88,9

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass bei uns in der Schweiz in der letzten Zeit die Meinung auftaucht, der Aufbau eines FM-Sendernetzes lohne sich nicht mehr, da es mit dem Fernsehen ohnedies geschaffen werde. Diese Ansicht ist aber falsch. Fernsehen ist eine vollkommen neue Unterhaltungs-

technik, bei welcher sich zufälligerweise die drahtlose, hochfrequente Übertragungsart als die wirtschaftlichste Verteilmethode erwiesen hat. Das Fernsehen an und für sich hat aber sonst keinen Zusammenhang mit dem FM-Rundfunk, und aus diesem Grunde ist die Erwähnung des Fernsehens bei Problemen des FM-Rundfunks falsch.

Der FM-Rundfunk kann im Gegensatz zum Fernsehen sofort aufgenommen werden. Er braucht keine organisatorisch und programmlich kostspieligen Neuinvestitionen; einzig die technischen Studio- und Übertragungseinrichtungen müssen verbessert werden!

Wenn erwähnt wurde, dass die Begleitmusik zum Fernsehen auch mit Frequenzmodulation übertragen werde, so liegt der Grund in der erwähnten technisch einfachen Lösung. Dabei ist aber der Ton lediglich Begleitton zum Bild. Seine Qualität ist unter Umständen schlechter als beim bisherigen AM-Rundfunk; dies stört keineswegs, da es sich ja nur um Begleitmusik handelt.

FM-Rundfunk gestattet dagegen erstklassige Übertragung von Konzertmusik. Das Schweizer Publikum ist in bezug auf die Qualität der Musik sehr anspruchsvoll. Aus diesem Grunde wäre die Einführung des FM-Rundfunkes eine dankbare Aufgabe.

Adresse des Autors:

O. Stirzinger, Dipl. El.-Ing. ETH, Hochstrasse 51, Zürich 44.

Beitrag zur Bestimmung der Berührungsspannung und der Kurzschlußstromstärke in genullten Sekundärnetzen¹⁾

Von W. Keller, Biel

621.316.13.053.24

Es wird ein Messverfahren angegeben, mittels welchem an irgend einem Sekundärstrang ohne Betriebsunterbruch die Impedanz der durch Polleiter und Nulleiter gebildeten Kurzschluß-Schleife und damit der Kurzschlußstrom auf einfache Weise bestimmt werden können. Der Verfasser macht ferner darauf aufmerksam, dass die in Art. 26 der bundesrätlichen Starkstromverordnung verlangte Abschmelzzeit von höchstens 5 s sehr oft mit Sicherungen nicht eingehalten werden kann, dass aber durch Verwendung von automatischen Schaltern mit stromunabhängigen Relais bei richtiger Einstellung diese Forderung erfüllt wird.

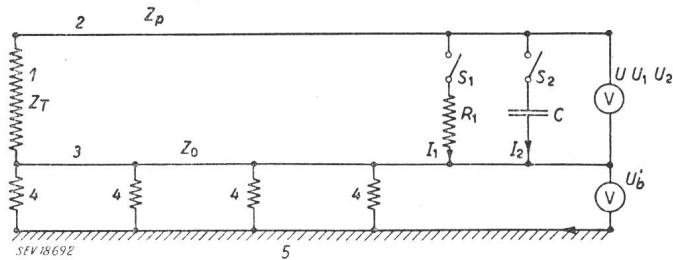
Procédé de mesure permettant de calculer l'impédance et par conséquent l'intensité de courant en cas de court-circuit entre conducteur polaire et conducteur neutre d'une ligne aérienne. Les mesures peuvent être effectuées sans nécessiter l'interruption du courant dans le réseau. En outre, l'auteur estime que le temps maximum de 5 s admis à l'article 26 de l'Ordonnance fédérale sur les installations électriques à fort courant pour la fusion des coupe-circuit est souvent dépassé. Pour répondre à cette prescription, il recommande de remplacer les coupe-circuit par des disjoncteurs à relais indépendants de l'intensité de courant, convenablement réglés.

In den Erläuterungen zu Ziff. 4 des Art. 26 der bundesrätlichen Starkstromverordnung vom 7. Juli 1933 heisst es wörtlich²⁾:

«Die gewöhnlichen Schmelzsicherungen, selbst für kleine Stromstärken, schmelzen nach der Norm beim 2^{3/4}fachen Nennstrom nur innert 10 Sekunden sicher. Da die Abschaltung bei 50 V übersteigenden Spannungen gegen Erde aber möglichst rasch, innert wenigen, allerhöchstens 5 Sekunden erfolgen soll, ist demnach für das sichere Auftreten einer entsprechend höheren Kurzschlußstromstärke zu sorgen; dazu dienen wieder dieselben, soeben zur Verminderung dieser Spannung angegebenen Mittel.»

Es stellt sich deshalb die Frage, ob der Nulleiter eines Leitungsstranges bei einem Kurzschluss zwischen Polleiter und Nulleiter am Ende der Leitung

eine Spannung von über 50 V gegen Erde annimmt und ob, wenn dies zutrifft, die vorgeschaltete Sicherung in höchstens 5 s durchschmilzt.



Schema der Messanordnung

¹⁾ Die Arbeit wurde bei der Redaktion im November 1950 eingereicht.

²⁾ Die kursiven Stellen wurden vom Autor hervorgehoben.

1 Transformator; 2 Polleiter; 3 Nulleiter; 4 Erd-Übergangs-Widerstände; 5 Erde; R_1 Belastungswiderstand; C Kondensator; U Spannung bei geöffneten Schaltern; U_1 Spannung bei Belastung durch R_1 (S_1 geschlossen); U_2 Spannung bei Belastung durch C (S_2 geschlossen); U_b Berührungsspannung bei geschlossenem Schalter S_1 ; Z_p , Z_0 , Z_T Impedanzen

Durch geeignete Messungen an den Leitungen kann diese Frage beantwortet werden, und zwar lassen sich die Messungen ohne Betriebsunterbruch vornehmen. In Fig. 1 ist die entsprechende Messanordnung angedeutet.

Es werden folgende Messungen ausgeführt:

1. Messung der Spannung U bei geöffneten Schaltern S_1 und S_2 .
 2. Messung der Spannung U_1 bei eingeschaltetem Widerstand R_1 .
 3. Messung der Spannung U_2 bei eingeschaltetem Kondensator C .
 4. Messung der Berührungsspannung U_b' bei eingeschaltetem Widerstand R_1 .

Aus den Messungen 1 und 2 ergibt sich die Impedanz der Serieschaltung des Polleiters, der Transformatorwicklung, des geerdeten Nulleiters und des Belastungswiderstandes zu

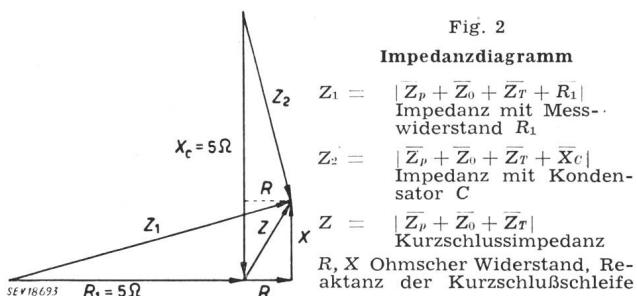
$$Z_1 = |\bar{Z}_p + \bar{Z}_0 + \bar{Z}_T + \bar{R}_1| = \frac{U}{L_1} = \frac{UR_1}{U_1} \quad (1)$$

Aus den Messungen 1 und 3 findet man die Impedanz der Serieschaltung, wenn statt des Belastungswiderstandes der Kondensator C angeschlossen ist, zu

$$Z_2 = | \bar{Z}_p + \bar{Z}_0 + \bar{Z}_T + \bar{X}_C | = \frac{U}{I_s} = \frac{UX_C}{U_s} \quad (2)$$

Die Messungen 1 und 2, bzw. 1 und 3, müssen abwechselungsweise mehrmals nacheinander gemacht werden, da sich die Netzspannung während der Messungen ändern kann.

Wenn das Messinstrument mit entsprechenden Skalen versehen wird, können Z_1 und Z_2 direkt abgelesen werden. Weil sich die Netzspannung ändern kann, muss dem Voltmeter ein regulierbarer Widerstand vorgeschaltet und der Zeiger des Voltmeters bei geöffneten Schaltern S_1 und S_2 auf $Z_1 = R_1$ bzw. $Z_2 = X_C$ einreguliert werden. Die Messung von Z_1 und Z_2 ist auch dann richtig, wenn



durch eingeschaltete Verbraucher ein Spannungsabfall auf der Leitung besteht, da für die Messung nicht der Wert der Spannung sondern das Verhältnis U/U_1 bzw. U/U_0 massgebend ist.

Nachdem nun Z_1 und Z_2 bekannt sind, kann die Kurzschlussimpedanz $\bar{Z}_p + \bar{Z}_0 + \bar{Z}_T$ ermittelt werden. Wenn man beispielsweise $R_1 = X_C = 5 \Omega$ annimmt, ergibt sich nach Fig. 2:

$$25 + R^2 + 10 R + X^2 = Z_1^2 \quad (3)$$

$$25 + X^2 - 10 X + R^2 = Z_2^2 \quad (4)$$

$$10R + 10X = Z_1^2 - Z_2^2$$

Daraus ergeben sich die folgenden Gleichungen für R und für X^2 , woraus sich $Z = |Z_p + Z_0 + Z_T|$ errechnen lässt:

$$R = \frac{Z_1^2 - Z_2^2}{10} - X \quad (5)$$

$$X^2 = Z_1^2 - R^2 - 10 R - 25 \quad (6)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (7)$$

Wenn die Fig. 2 maßstäblich gezeichnet wird, kann Z abgemessen werden und die Rechnung erübrigts sich.

Auf diese Weise lässt sich die Impedanz Z der Kurzschlußschleife sehr genau ermitteln. Leider wird der benötigte Kondensator ziemlich gross und auch bei der in der Folge beschriebenen Messung mit Hilfe einer Drosselspule ist eine Drosselspule von unhandlicher Grösse nötig. Falls bei der Messung mit Kondensator für den Widerstand und für die Reaktanz höhere Werte gewählt werden (z. B. $10\ \Omega$ statt $5\ \Omega$), so wird der Kondensator etwas handlicher, dagegen ist die Messung nicht mehr von derselben Genauigkeit. Auch bei der Verwendung einer Drosselspule ist zwischen Handlichkeit der Ausrüstung und Genauigkeit der Messung abzuwägen (schleifender Schnitt im Diagramm).

An Stelle des Kondensators kann, wie erwähnt, auch eine Drosselpule mit Eisenkern verwendet werden. Für die Berechnung von Z ist es auch in diesem Fall vorteilhaft, wenn die Reaktanz X_L gleich R_1 gewählt wird. Es versteht sich von selbst, dass auch der Ohmsche Widerstand R_L der Spule bekannt sein muss (Fig. 3).

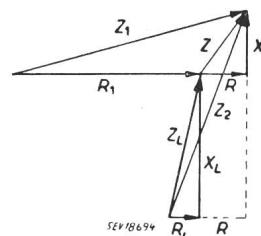


Fig. 3

Impedanzdiagramm bei Verwendung einer Drosselpule an Stelle eines Kondensators

R, X, Z Ohmscher Widerstand, Reaktanz und Impedanz der Kurzschlußschleife; Z_1 Impedanz mit Messwiderstand R_1 ; Z_2 Impedanz mit Drosselpulse Z_L

Im Prinzip könnten statt der Kombination R_1 mit X_C bzw. R_1 mit X_L auch zwei verschiedene Widerstände verwendet werden. Weil aber die Vektoren Z_1 und Z_2 einen sehr spitzen Winkel einschliessen würden, ergäben sich schon bei geringen Messfehlern sehr grosse Fehler für Z , so dass auf diese Messanordnung verzichtet werden muss (Fig. 4).

Nachdem Z bekannt ist, wird der Kurzschlussstrom

$$I = \frac{U}{Z} \quad (8)$$

Die Berührungsspannung ist der Stromstärke proportional und beträgt deshalb

$$\frac{U_b}{I_1} = \frac{U_b' I}{Z} = \frac{U_b' Z_1}{Z} \quad (9)$$

In dieser Gleichung ist U_b' die Berührungsspannung, die bei geschlossenem Schalter S_1 , also beim Strom I_1 auftritt.

Ist $U_b < 50$ V, so kann nach Art. 26 der Starkstromverordnung darauf verzichtet werden, Vorkehrungen zur Abschaltung des betreffenden Leitungsstranges innert höchstens 5 s zu treffen.

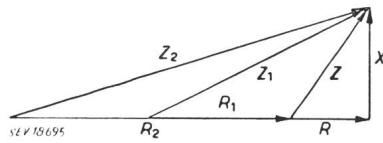


Fig. 4

Impedanzdiagramm bei Verwendung von zwei Ohmschen Widerständen

R , X , Z Ohmscher Widerstand, Reaktanz und Impedanz der Kurzschlußschleife; Z_1 Impedanz mit Messwiderstand R_1 ; Z_2 Impedanz mit Messwiderstand R_2

Übersteigt jedoch die Berührungsspannung 50 V, so muss die dem Leitungsstrang vorgeschaltete Sicherung dem Kurzschlußstrom so angepasst sein, dass sie innert 5 s durchschmilzt. Die Erfahrungen der Praxis zeigen nun, dass die Nennstromstärken der Sicherungen in sehr vielen Fällen so klein gewählt werden müssen, dass die Leiterquerschnitte nur ganz ungenügend ausgenutzt werden können.

Beispielsweise wird die Kurzschlussimpedanz Polleiter-Nulleiter eines mit Cu-Draht von 8 mm Durchmesser ausgerüsteten Leitungsstranges von etwa 1 km Länge mindestens 0,7 Ω betragen. Der Kurzschlußstrom beträgt dann

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{0,7} = 315 \text{ A}$$

Ein Hochleistungssicherungseinsatz 125 A, Trägheitsgrad 1, schmilzt nach der Norm bei einem Strom von 315 A erst nach 10 s sicher, während ein 100-A-Einsatz bei dieser Stromstärke in 3 s sicher unterbricht. Man darf deshalb den betrachteten Strang nach den gesetzlichen Bestimmungen nur mit 100 A sichern, was eine ganz ungenügende Ausnutzung des Leiterquerschnittes ergibt.

Werden an Stelle der Schmelzsicherungen automatische Schalter (Steckautomaten) mit stromunabhängigen Relais verwendet, so kann die Belastung der Leitung um ein Vielfaches erhöht werden, sofern dadurch nicht ein unzulässiger Spannungsabfall entsteht; d. h. man kann den Leiterquerschnitt voll ausnützen. Die Auslösestromstärke der Automaten kann im betrachteten Fall nahezu auf die Kurzschlußstromstärke von

315 A eingestellt werden, wenn die Auslösezeit auf höchstens 5 s eingestellt ist. Damit wird den Vorschriften genüge getan, indem eine allenfalls durch den Kurzschlußstrom hervorgerufene Berührungsspannung von über 50 V in der vorgeschriebenen Zeit verschwindet.

Die Kosten für den Einbau von Automaten werden meistens geringer sein als jene für die Verstärkung des Nulleiters und die Verbesserung seiner Erdung, wenn es überhaupt möglich ist, durch diese Massnahmen das Auftreten einer Berührungsspannung von über 50 V zu verhindern. Dies wird bekanntlich dadurch erschwert, dass sich der induktive Widerstand X kaum verkleinern lässt, so dass sich die Impedanz Z nur wenig ändert und deshalb auch der zulässige Kurzschlußstrom nur wenig grösser wird.

Es muss noch bemerkt werden, dass nicht immer die Kurzschluss-Stromstärke für die Bestimmung des Sicherungsnennstromes oder die Einstellung der Auslösestromstärke der Automaten massgebend ist. Wenn die Messungen ergeben, dass der Kurzschluss-Strom eine Berührungsspannung von über 50 V erzeugen würde, muss auch die Stromstärke ermittelt werden, welche zu einer, wenn auch nur kleinen Überschreitung von 50 V führt. Diese Stromstärke kann auftreten, wenn der Kurzschluss nicht vollständig ist, d. h. wenn an der Kurzschluss-Stelle ein Widerstand besteht, welcher die Stromstärke auf dieses Mass beschränkt.

Wenn also bei einer gemessenen Stromstärke I_1 , eine ebenfalls gemessene Berührungsspannung U_b' entsteht, beträgt die Stromstärke, bei welcher der Strom unterbrochen werden muss

$$I = \frac{50 I_1}{U_b'}$$

denn nach der Starkstromverordnung darf eine Berührungsspannung von mehr als 50 V allerhöchstens während 5 s bestehen bleiben, was natürlich auch dann gilt, wenn die Spannung von 50 V nur um weniges überschritten wird.

Die angegebene Messmethode ermöglicht es natürlich auch, in Hausinstallationen festzustellen, ob die einem Anschlussobjekt vorgeschaltete Sicherung im Falle eines Polschlusses auf ein genulltes Apparategehäuse innert den vorgeschriebenen 5 s durchschmelzen würde.

Adresse des Autors:

W. Keller, Elektrotechniker, Höheweg 3, Biel.

Die Abschreibungen bei der Wehrsteuer und bei den kantonalen Steuern

Von H. Seiler, Bern

657.372.3:336.2

Im Bulletin SEV 1951, Nr. 16, S. 599, sind die Normalansätze über die zulässigen Abschreibungen für die Wehrsteuer 1951/52 abgedruckt, die durch Kreisschreiben Nr. 2 der Eidg. Steuerverwaltung vom 3. Januar 1951 den kantonalen Wehrsteuerverwaltungen mitgeteilt wurden. Die Wehrsteuer

wird durch die Kantone verlangt; die durch die Eidg. Steuerverwaltung aufgestellten Abschreibungsätze werden aber für die kantonalen Wehrsteuerverwaltungen massgebend sein, so dass bezüglich der Abschreibungen mit einer einheitlichen Praxis auf dem ganzen Gebiet der Eidgenossenschaft ge-