

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 41 (1950)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Die Bestimmung des günstigsten Widerstandes parallel zur Löschspule für die Speisung von Erdschluss-Richtungsrelais  
**Autor:** Schär, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061288>

### **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:** 15.05.2025

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

unter Spannung stehenden Kopfhörer angezogen hatte, mit der einen Hand den geerdeten Mikrofonständer ergriff, setzte er sich zwischen Kopf und Hand einem tödlich wirkenden Stromdurchgang unter 220 oder 110 V aus.

Ein Spengler wurde elektrisiert, als er die Blitzableiteranlage eines Kirchturmes instandstellte. Es ergab sich, dass der Motor des Turmuhraufzuges einen Isolationsfehler aufwies, ohne dass der Erdschlußstrom die vorgeschalteten Sicherungen zum Schmelzen brachte. Da die Erdelektroden der Schutzterdung und der Blitzableiteranlage nahe beieinander lagen, übertrug sich von der Schutzterdelektrode eine gewisse Spannung auf den Blitzableiter. Der betroffene Spengler erlitt indessen keine Verletzungen.

Zum Schluss sei noch das unglückliche Unterfangen einer 17jährigen, an Schwermut leidenden

Schülerin erwähnt, die in selbstmörderischer Absicht einen Hochspannungsgittermast bestieg und einen Draht der 11-kV-Leitung ergriff. Sie wurde nach rückwärts in die Tiefe geworfen; ein in unmittelbarer Nähe des Mastes stehender Baum schwächte aber ihren Sturz stark ab. Die Unglückliche erlitt ausser Sturzverletzungen schwere Verbrennungen am linken Arm, der ihr amputiert werden musste.

Wir schliessen diesen Bericht mit dem Wunsch, dass die Ergebnisse unserer Unfallstatistik für das Jahr 1949 den Leser, sei er Betriebsleiter, Monteur oder Nichtfachmann, zu vermehrter Vorsicht anregen sowie besonders die Elektrizitätswerke zu einer möglichst sorgfältigen und lückenlosen Überwachung ihrer elektrischen Anlagen und Installationen veranlassen mögen.

## Die Bestimmung des günstigsten Widerstandes parallel zur Löschspule für die Speisung von Erdschluss-Richtungsrelais

Von F. Schär, Olten

621.316.925.45

*Es wird kurz das Prinzip der Erdschlussrichtungsanzeige besprochen und die Berechnung des günstigsten Nullpunkt-widerstandes parallel zur Löschspule für die Speisung von Erdschlussrichtungsrelais gezeigt. Ein Zahlenbeispiel lässt die Größenordnung der erfassbaren Erdübergangswiderstände erkennen.*

*Après un bref exposé du principe de l'indication de la direction dans laquelle une mise accidentelle à la terre s'est produite et du calcul de la résistance la plus favorable du point neutre, en parallèle avec une bobine d'extinction pour l'alimentation de relais indicateurs de direction des mises accidentelles à la terre, l'auteur présente un exemple numérique, qui permet de se rendre compte de l'ordre de grandeur des résistances de passage à la terre qui interviennent.*

### 1. Allgemeines über die Erdschluss-Richtungsanzeige

In gelöschten Netzen übernimmt die Löschspule den Erdschlußschutz. Von den in Freileitungsnetzen auftretenden Störungen sind bis zu ca. 80 % Erdschlüsse. In der Regel werden von diesen über 90 % gelöscht, da die Ursachen vorübergehender Natur sind. Nur ein kleiner Prozentsatz der Erdschlüsse bleibt stehen. Da in gelöschten Netzen der Fehlerstrom an der Erdschlußstelle relativ klein ist, so kann der Betrieb der defekten Leitung in den allermeisten Fällen trotz des Erdschlusses weiter geführt werden. Der Betriebsleiter hat jedoch ein Interesse daran, den Fehler bald zu kennen und schnell zu beheben. Bei kleiner Netzausdehnung, insbesondere bei Freileitungen in besiedelten Gebieten, ist es wesentlich leichter, den Ort der Störung ausfindig zu machen, als bei grosser Netzausdehnung und dünn oder gar nicht besiedelten Gebieten. In grossen Netzen kann der Fehler meistens nur durch sukzessives Abschalten einer Leitung nach der andern ermittelt werden. Oft will es die Tücke des Zufalls, dass der Fehler erst an der zuletzt abgeschalteten Leitung gefunden wird. Es ist daher wünschenswert, auch bei gelöschten Netzen die defekte Leitung oder den erdschlussbehafteten Anlagenteil zu kennen.

Bei der Erdschluss-Richtungsanzeige von Brown Boveri wird nun dieser Zweck in einfacher Weise dadurch erreicht, dass in jede Leitung ein empfindliches wattmetrisches Energierichtungsrelais ein-

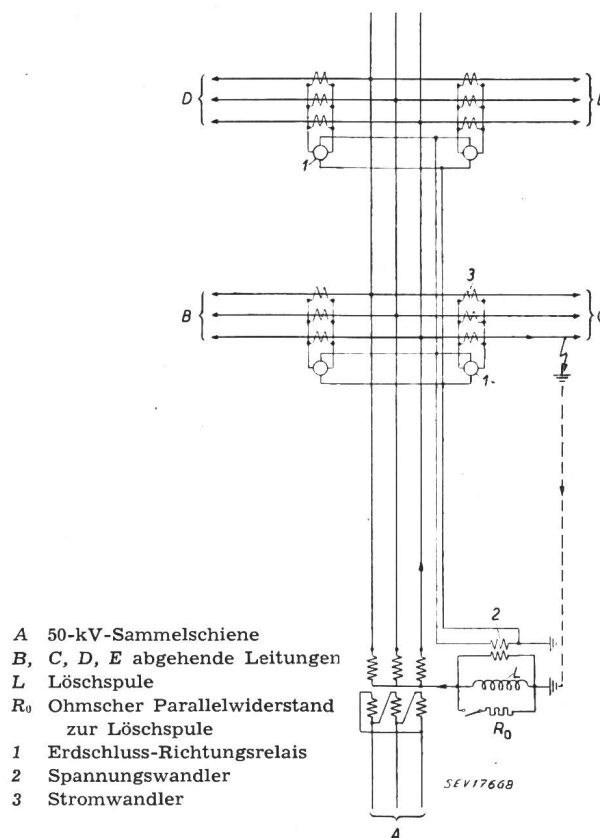


Fig. 1  
Prinzipschema einer Erdschluss-Richtungsanzeige in einem Strahlen-Netz

gebaut wird. Dieses braucht nur einphasig zu sein. Es wird mit dem Summenstrom und mit der Nullspannung gespeisen. Da die an der Erdschlußstelle fließende Wirkkomponente des Reststromes meistens zu klein ist, so wird der Löschspule während kurzer Zeit, das heisst so lange, bis die Richtungsrelais angesprochen haben, ein Ohmscher Widerstand parallel geschaltet.

Fig. 1 zeigt das Prinzipschema eines Strahlennetzes, in welchem der Stromlauf bei Erdschluss eines Poles der Leitung C durch Bezugspfeile angegeben ist. Wie ohne weiteres daraus hervorgeht, bekommt nur das Energierichtungsrelais der Leitung C Strom. Leitung C ist also die gesuchte, mit Erdschluss behaftete Leitung.

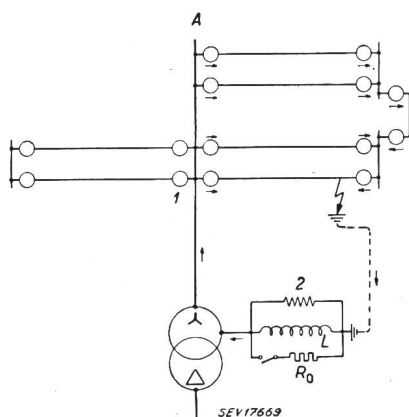


Fig. 2

Einpoliges Prinzipschema der Erdschluss-Richtungsanzeige für ein vermaschtes Netz

Der sekundärseitige Nullspannungskreis ist der Einfachheit halber weggelassen

A Sammelschiene  
Weitere Legenden siehe Fig. 1

Fig. 2 zeigt in einpoliger Schaltung den Stromlauf am Beispiel eines vermaschten Netzes. Bei einem solchen können im Gegensatz zum Strahlennetz auch Richtungsrelais nicht erdschlussbehafteter Parallellleitungen ansprechen. Die defekte Leitung ist dann jene, bei welcher die Erdschlussrelais an beiden Leitungsenden abfließende Energie anzeigen.

## 2. Bestimmung des Ohmschen Parallelwiderstandes zur Löschspule

Sieht man von den praktisch vernachlässigbaren Nullreaktanzen des Transformators und der Freileitung ab, dann gilt das in Fig. 3 dargestellte Ersatzschaltschema.

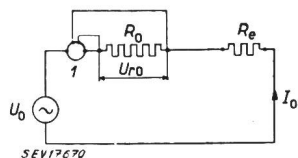


Fig. 3

Ersatzschaltschema für den Nullstromkreis in einem Strahlennetz

- $U_{r0}$  Spannungsabfall am Parallelwiderstand
- $R_0$  Parallelwiderstand zur Löschspule
- $R_e$  Erd-Übergangswiderstand
- $I_0$  Wirkkomponente des Fehlerstromes
- $U_0$  Leerlaufspannung
- 1 Erdschluss-Richtungsrelais

Da mit den Richtungsrelais nicht nur satte Erdschlüsse erfasst werden sollen, sondern auch solche mit Erdübergangswiderständen, so ist ein möglichst empfindliches Ansprechen derselben anzustreben. Bei kleinem Widerstand  $R_0$  entsteht wohl ein grosser Restwirkstrom, sofern  $R_e$  ebenfalls klein ist, dafür ist jedoch bei grossem Erdübergangswiderstand  $R_e$  sowohl die Nullspannung  $U_{r0}$  als auch die Wirkkomponente des Fehlerstromes klein. Umgekehrt tritt bei grossem  $R_0$  stets eine verhältnismässig grosse Nullspannung auf, dafür ist der Nullstrom stets klein. Es muss demnach einen optimalen Wert  $R_0$  geben, bei welchem das am Erdschlussrichtungsrelais wirkende Produkt, die Wirkleistung des Nullsystems

$$P_0 = I_0 U_{r0} \quad (1)$$

ein Maximum wird. Nun ist die Nullspannung an  $R_0$

$$U_{r0} = I_0 R_0 \quad (2)$$

und der Restwirkstrom

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0 + R_e} \quad (3)$$

Setzt man die Werte aus Gl. 2 und 3 in Gleichung 1 ein, so ergibt sich:

$$P_0 = \frac{U_0^2}{(R_0 + R_e)^2} R_0 \quad (4)$$

Betrachtet man  $R_e$  als unabhängige Variable, dann stellt die Gleichung eine Kurve gemäss Fig. 4 dar. Aus dieser ist klar ersichtlich, dass für den Erdübergangswiderstand  $R_e = 0$   $P_0$  am grössten ist und dass  $P_0$  mit wachsendem  $R_e$  abnimmt.

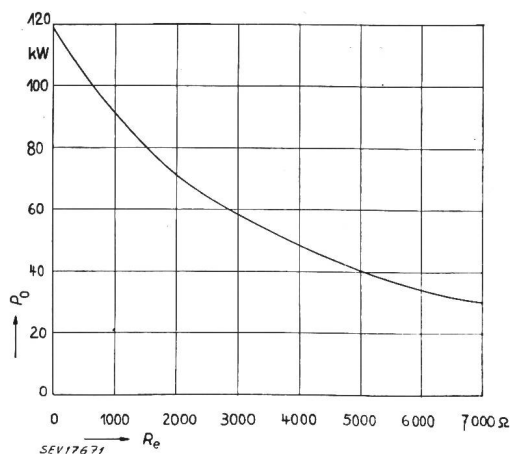


Fig. 4

Leistung  $P_0$  in Funktion des Erdübergangswiderstandes  $R_e$  in einem Strahlennetz

Der Kurve ist ein Widerstand von  $R_e = 7000 \Omega$  zu Grunde gelegt

Betrachten wir nun umgekehrt  $R_0$  als unabhängige Variable bei konstantem  $R_e$ , dann finden wir die maximale Leistung  $P_0$  durch Differenzieren nach  $R_0$  und Nullsetzen des Differentialquotienten. Es ist:

$$\frac{dP_0}{dR_0} = U_0^2 \frac{(R_0 + R_e) - 2R_0}{(R_0 + R_e)^3} = 0$$

Diese Gleichung ist nur erfüllt bei:

$$R_0 = R_e \quad (5)$$

Eine hier nicht dargestellte Rechnung zeigt, dass es sich tatsächlich um ein Maximum handelt. Für eine optimale Leistung am Energierichtungsrelais muss also der Parallelwiderstand  $R_0$  gleich dem Erdübergangswiderstand  $R_e$  sein.

Damit scheint auf den ersten Blick nicht viel gewonnen, denn der Erdübergangswiderstand kann ja alle möglichen Werte annehmen. Beachtet man aber, dass nach Gl. (4) für kleines  $R_e$   $P_0$  ohnehin grosse Werte annimmt, also schon günstige Bedingungen vorliegen, dann braucht auf den Fall  $R_e$  klein keine Rücksicht genommen zu werden. Es ist also danach zu trachten,  $R_0$  dann gleich  $R_e$  zu machen, wenn wegen grossen Erdübergangswiderstandes  $R_e$  nur noch eine kleine Leistung  $P_0$  zur Verfügung steht. Das heisst,  $R_0$  ist dann gleich  $R_e$  zu machen, wenn die Ansprechleistung  $P_a$  vom Erdschlussrichtungsrelais gerade noch erreicht wird. Es gilt dann:

$$P_a = U_0^2 \frac{R_0}{(R_0 + R_e)^2}$$

und da  $R_0 = R_e$  zu setzen ist, wird

$$P_a = U_0^2 \frac{R_0}{4 R_0^2} = \frac{U_0^2}{4 R_0}$$

Der günstigste Wert für den Ohmschen Widerstand  $R_0$  beim Strahlennetz ergibt sich dann zu:

$$R_0 = \frac{U_0^2}{4 P_a} \quad (6)$$

### 3. Bestimmung des Ohmschen Widerstandes $R_0$ beim vermaschten Netz

Hier gelten grundsätzlich die gleichen Überlegungen, nur ist nach Fig. 2 zu beachten, dass die der defekten Leitung zugeordneten zwei Relais sicher ansprechen müssen. Jedes Richtungsrelais erhält jetzt nur noch den halben Strom, so dass gilt:

$$P_0 = \frac{I_0}{2} U_{r0} \quad \text{oder}$$

$$P_0 = \frac{R_0 U_0^2}{2 (R_0 + R_e)^2} \quad (7)$$

Man findet leicht, dass auch hier  $P_0$  stets ein Maximum wird für

$$R_0 = R_e$$

Setzt man auch wieder die minimale Ansprechleistung  $P_a$  bei  $R_0 = R_e$  ein, so erhält man aber jetzt für

$$R_0 = \frac{U_0^2}{8 P_a} \quad (8)$$

Das heisst,  $R_0$  darf nur noch halb so gross sein wie beim Strahlennetz. Es folgt daraus weiter, dass damit nur noch halb so grosse Erdschluss-Übergangswiderstände erfasst werden können.

### Beispiel

Der Parallelwiderstand zur Löschspule in einem 50-kV-Maschennetz ist zu bestimmen. Die sekundärseitig anzuschliessenden wattmetrischen Erdschluss-Richtungsrelais sind für eine Nennspannung von 110 V und 5 A dimensioniert. Sie sprechen bei 1 % der Nennleistung an und sind an Spannungswandler  $\frac{50\,000}{\sqrt{3}} / 110$  V und an Stromwandler 100/5A angeschlossen. Die minimale Ansprechleistung  $P_a$ , auf die Primärseite bezogen, beträgt also:

$$P_a = \frac{50\,000}{\sqrt{3}} \cdot 100 \cdot \frac{1}{100} = 28\,900 \text{ W}$$

Der Parallelwiderstand wird daher:

$$R_0 = \frac{U_0^2}{8 P_a} = \frac{28\,900^2}{8 \cdot 28\,900} = 3\,600 \, \Omega$$

Mit der Erdschluss-Richtungsanzeige im soeben behandelten Beispiel könnten also Erdschlüsse mit Übergangswiderständen bis 3600  $\Omega$  erfasst werden.

Adresse des Autors:

F. Schär, Elektrotechniker, Schöngrundstrasse 63, Olten (SO).

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Ein neues Hochfrequenz-Telephon-System für elektrische Bahnen <sup>1)</sup>

621.395.44:625.2

Die telephonische Verbindung vom fahrenden Zug aus ist ein Problem, mit dem sich Nachrichtentechniker und Bahngesellschaften seit vielen Jahren beschäftigen. Es dürfte wenig bekannt sein, dass schon um 1880 Versuche mit Niederfrequenzübertragung, allerdings ohne Erfolg, gemacht wurden. 1925 wurde in Deutschland unseres Wissens erstmals eine Hochfrequenz-Anlage in Schnellzügen auf der Strecke Hamburg—Berlin installiert, wobei auf den Wagen Antennen gespannt wurden, welche die Kopplung mit den die Bahnlinie begleitenden Telephonleitungen herstellten. Darüber, wie sich diese Anlage bewährte, ist uns nichts bekannt. Das

gleiche System wurde später auch in den USA mehrfach verwendet. In den letzten Jahren wurden, ebenfalls in den USA, verschiedene Kurzwellengeräte entwickelt, welche die Verbindung zwischen Luxusschnellzügen und dem öffentlichen Telephonnetz ermöglichen.

Alle diese Versuche und die im Dienst stehenden Anlagen dienen dem privaten Verkehr. Dagegen sind die drei z. Z. in der Schweiz installierten Anlagen für die Bedürfnisse des Bahndienstes reserviert. Die eine ist die im letzten Winter durch die Presse bekannt gewordene Rangierfunkanlage im Bahnhof Luzern <sup>2)</sup>, die mit Kurzwellengeräten arbeitet. Zwei weitere Diensttelefone wurden in diesem Sommer durch die Hasler A.-G. auf den Strecken La Chaux-de-Fonds—Les Ponts-de-Martel und Le Locle—Les Brenets dem Betrieb übergeben.

<sup>1)</sup> siehe auch Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 19, S. 724...725.

<sup>2)</sup> siehe Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 6, S. 222...224.