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 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

unter Spannung stehenden Kopfhöhrer angezogen hatte, mit der einen Hand den geerdeten Mikrophonständer 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 Schutzerdung und der Blitzableiteranlage nahe beieinander lagen, übertrug sich von der Schutzelektrode 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

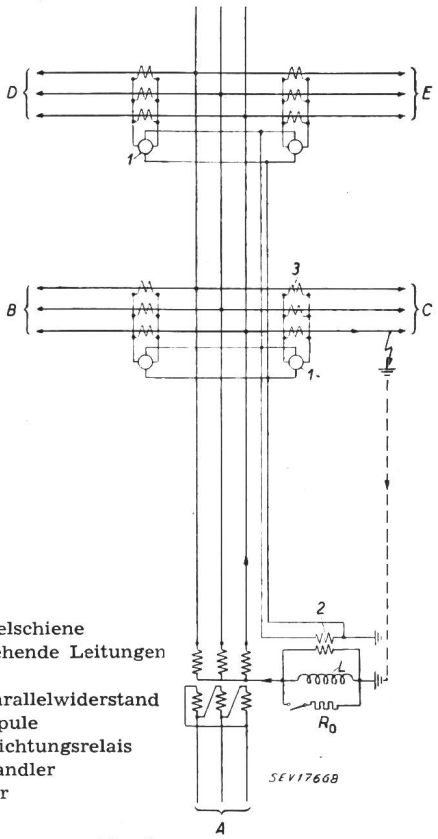
Es wird kurz das Prinzip der Erdschlussrichtungsanzeige besprochen und die Berechnung des günstigsten Nullpunktwiderstandes parallel zur Löschspule für die Speisung von Erdschlussrichtungsrelais gezeigt. Ein Zahlenbeispiel lässt die Grössenordnung der erfassbaren Erdübergangswiderstände erkennen.

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 Anlageteil 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-



A 50-kV-Sammelschiene
B, C, D, E abgehende Leitungen
L Löschspule
R_0 Ohmscher Parallelwiderstand zur Löschspule
1 Erdschluss-Richtungsrelais
2 Spannungswandler
3 Stromwandler

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 gespiesen. 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.

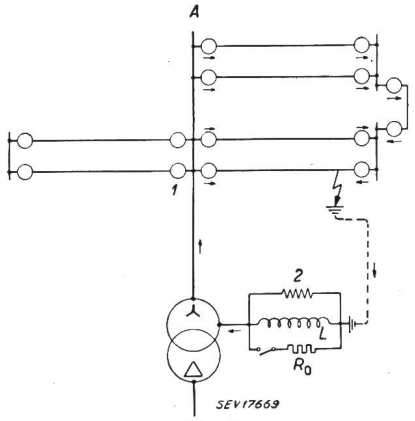


Fig. 2
Einpoliges Prinzipschema der Erdschluss-Richtungsanzeige für ein vermaschtes Netz
Der sekundärseitige Nullspannungskreis ist der Einfachheit halber weggelassen
A Sammelschiene
Weitere Legenden siehe Fig. 1

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 Parallelleitungen 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.

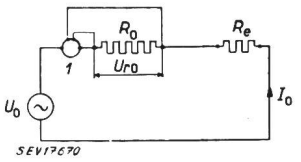


Fig. 3
Ersatzschaltbild für den Nullstromkreis in einem Strahlennetz
U_{r0} Spannungsabfall am Parallelwiderstand
R_0 Parallelwiderstand zur Löschspule
R_e Erd-Übergangswiderstand
I_0 Wirkkomponente des Fehlerstromes
U_0 Leerlaufspannung
1 Erdschluss-Richtungsrelais

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

$$P_0 = I_0 \, U_{r0} \tag{1}$$

ein Maximum wird. Nun ist die Nullspannung an R_0

$$U_{r0} = I_0 \, R_0 \tag{2}$$

und der Restwirkstrom

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0 + R_e} \tag{3}$$

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

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

Betrachtet man R_e als unabhängig 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.

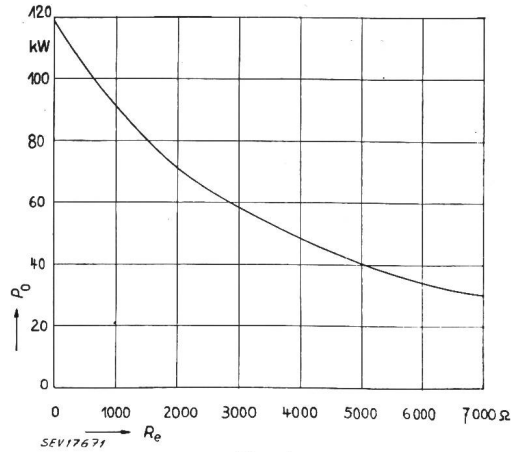


Fig. 4
Leistung P_0 in Funktion des Erdübergangswiderstandes R_e in einem Strahlennetz
Der Kurve ist ein Widerstand von $R_0 = 7000$ Ω zu Grunde gelegt

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

$$\frac{\mathrm{d}P_0}{\mathrm{d}R_0} = {U_0}^2 \frac{(R_0 + R_e) - 2\,R_0}{(R_0 + R_e)^3} = 0$$

Diese Gleichung ist nur erfüllt bei:

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

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:

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

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:

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

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

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

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

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 Ω 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 [1])

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 dienten 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 [2]), die mit Kurzwellengeräten arbeitet. Zwei weitere Diensttelephone 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.

[1]) siehe auch Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 19, S. 724...725.

[2]) siehe Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 6, S. 222...224.