Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 74 (1983)

Heft: 22

Artikel: Die Auswertung von Störschreiberaufzeichnungen

Autor: Gwerder, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904889

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: 09.07.2025

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

Die Auswertung von Störschreiberaufzeichnungen

F. Gwerder

Es wird gezeigt, wie anhand einer Störschreiberaufzeichnung von einer Energieversorgungsleitung mit Kurzschluss die Kurzschlussentfernung und der Sammelschienen-Kurzschlussstrom bestimmt werden.

L'article montre comment il est possible au moyen d'un enregistreur de perturbations d'une ligne d'approvisionnement énergétique avec court-circuit, de déterminer la distance du court-circuit et le courant du court-circuit à la barre collectrice.

1. Einleitung

Störschreiber sind Registrierinstrumente, die während einem schnell ablaufenden Störungsvorgang Spannungen, Phasenströme und Ereignissignale in zeitlich vergrössertem Massstab aufzeichnen.

Die Analyse der Störschreiberaufzeichnung liefert wichtige Daten über
- die Funktionen und Schaltzeiten der Schutzrelais und Leistungsschalter,
- die Grösse und den zeitlichen Verlauf der Kurzschlussströme und der Kurzschlussspannungen.

Bei Leitungsstörungen kann anhand der Kurzschlussströme und -spannungen der Fehlerort berechnet werden. Bei einseitig gespiesenen Leitungen lässt sich zudem die Sammelschienen-Kurzschlussleistung bestimmen. Im vorliegenden Aufsatz wird gezeigt, wie auf Grund einer Störschreiberaufzeichnung der Kurzschlussort und die Sammelschienen-Kurzschlussströme allgemein bestimmt werden. Anschliessend wird eine Störschreiberaufzeichnung vom UW Mettlen mit den aufgestellten allgemeinen Beziehungen ausgewertet.

2. Bestimmung der Kurzschlussentfernung

Das Ersatzschaltbild einer Drehstromsammelschiene nach Figur 1 ermöglicht, Störschreiberaufzeichnungen auszuwerten.

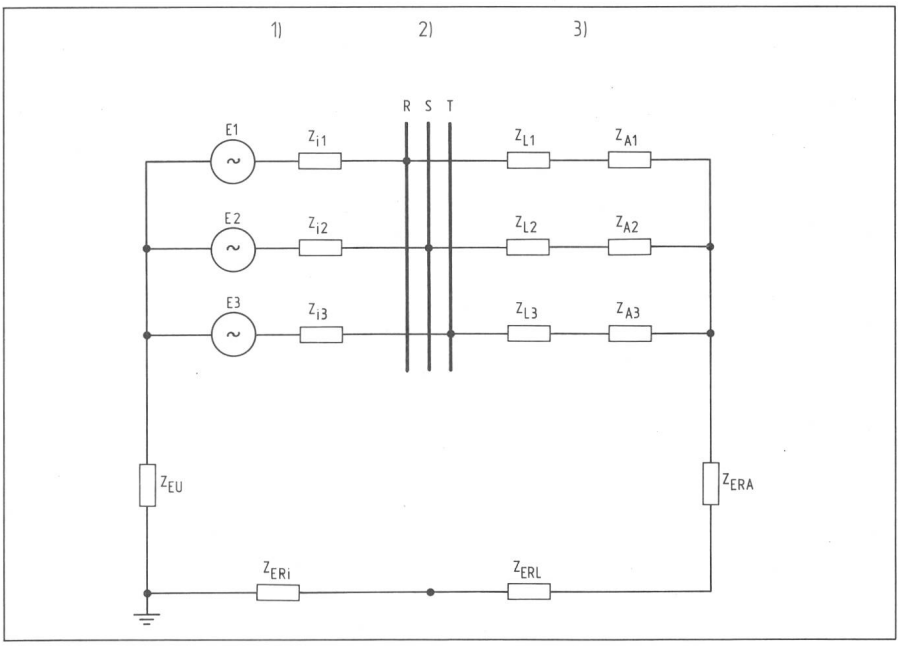

Fig. 1 Ersatzschaltbild einer Dreileiter-Sammelschiene im Originalsystem [1] mit einer einseitig gespeisten Leitung

1. Speisung; E1, E2, E3 Quellenspannungen
   Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3} Impedanz der Sammelschienenspeisung
   Z_{EU} Impedanz zwischen dem Sternpunkt und der Erde
   Z_{ERi} Impedanz der Rückführung zur Sternpunkterdung
2. Sammelschiene mit dem Aussenleiter (Phasenleiter) R, S, T
3. Leitung; Z_{L1}, Z_{L2}, Z_{L3} Phasenimpedanzen der Leitung
   Z_{ERL} Impedanz der Rückführung des Erdschlussstromes
   Z_{A1}, Z_{A2}, Z_{A3}, Z_{ERA} Impedanzen des Leitungsabschlusses

Adresse des Autors

Franz Gwerder, El.-Ing. HTL, Centralschweizerische Kraftwerke, 6002 Luzern.

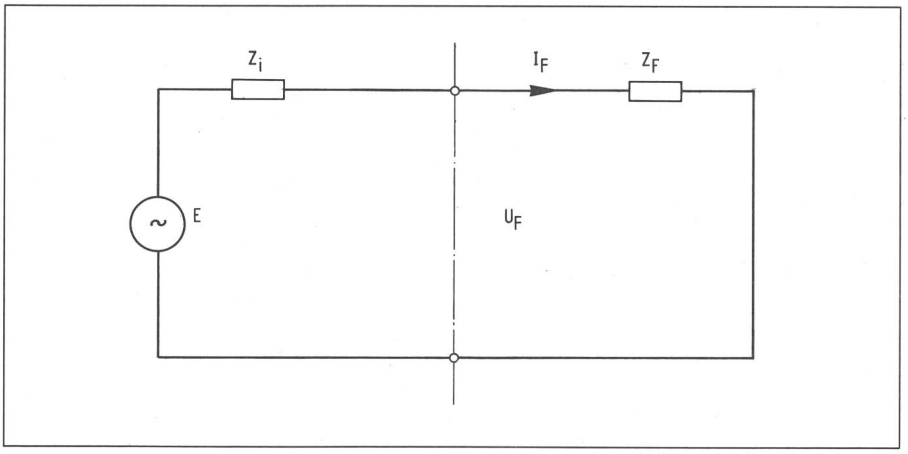

Fig. 2 Vereinfachtes einpoliges Ersatzschaltbild einer Störungsanalyse im Energieversorgungsnetz

1. aktiver Zweipol [2], E Quellenspannung, Z_i Impedanz der Sammelschienenspeisung
2. Sammelschiene, U_F Sammelschienenspannung
3. passiver Zweipol [2], Z_F Impedanz der Kurzschlussbahn zwischen dem Fehlerort und der Sammelschiene, inklusive der Impedanz am Fehlerort, I_F Fehlerstrom

Sofern während einer Störung die Ausgleichströme in den gesunden Aussenleitern vernachlässigbar klein sind, darf der Störungsanalyse ein einpoliges Ersatzschaltbild nach Figur 2 zugrunde gelegt werden.

Im Störungsfall sind die Sammelschienenspannung U_F und der Fehlerstrom I_F aus der Störschreiberaufzeichnung ersichtlich. Die Impedanz der äusseren Kurzschlussbahn Z_F lässt sich relativ einfach bestimmen.

$$|Z_F| = \frac{|U_F|}{|I_F|} \qquad (1)$$

Ist der Phasenwinkel φ zwischen Strom I_F sowie Spannung U_F bekannt und wird die Spannung U_F als Bezugszeiger in die positive reelle Achse der Gaussschen Zahlenebene gelegt, resultiert die Impedanz Z_F als komplexe Grösse.

$$\underline{Z}_F = \frac{|U_F|}{|I_F|\,[\cos - \varphi + j \sin - \varphi]} \qquad (2)$$

In der Formel (2) bedeuten:

- $|U_F|$ Betrag der Sammelschienenspannung während der Fehlerstromzeit
- $|I_F|$ Betrag des Fehlerstromes
- φ Phasenwinkel zwischen der Sammelschienenspannung U_F und dem Fehlerstrom I_F
- Z_F Impedanz (Resistanz R_F plus Reaktanz X_F) der Kurzschlussbahn von der Sammelschiene bis und mit Fehlerstelle

Oftmals weist die Fehlerstelle einen Übergangswiderstand auf. Aus der Reaktanz X_F der äusseren Kurzschlussbahn kann die Kurzschlussentfernung l unabhängig vom Übergangswirkwiderstand an der Fehlerstelle bestimmt werden.

$$l = \frac{X_F}{X_l'} \qquad (3)$$

X_l' Reaktanzbelag der fehlerbehafteten Leitung

3. Berechnung des Sammelschienen-Kurzschlussstromes

Sofern alle physikalischen Grössen in Figur 2 in ihren elektrischen Eigenschaften als konstant angenommen werden können, berechnet sich die Impedanz der Sammelschienenspeisung

$$E = I_B \cdot Z_i + U_B = I_F \cdot Z_i + U_F \qquad (4)$$

$$Z_i = \frac{U_B - U_F}{I_F - I_B} \qquad (5)$$

in Polarform mit dem Bezugszeiger U_B

$$Z_i = \frac{|U_B| - |U_F|\,[\cos - \alpha + j \sin - \alpha]}{|I_F|\,[\cos -(\alpha + \varphi) + j \sin -(\alpha + \varphi)] - |I_B|\,[\cos - \varphi_B + j \sin - \varphi_B]} \qquad (6)$$

Sämtliche Parameter der Formel (6) lassen sich aus einer Störschreiberaufzeichnung herauslesen. Dabei bedeuten

- $|U_B|$ Betrag der Sammelschienen-Betriebsspannung unmittelbar vor dem Störungsbeginn
- $|I_B|$ Betrag des Betriebsstromes auf dem zu untersuchenden Sammelschienenabgang unmittelbar vor dem Störungsbeginn
- α Phasenwinkel zwischen dem Bezugszeiger U_B und der Spannung U_F
- φ Phasenwinkel zwischen der Sammelschienenspannung U_F und dem Fehlerstrom I_F
- φ_B Phasenwinkel zwischen der Spannung U_B und dem Strom I_B

Während einem satten Sammelschienenkurzschluss ist die Sammelschienenspannung U_F vernachlässigbar klein. Aus dieser Überlegung lässt sich der maximale Sammelschienenkurzschlussstrom I_K aus (5) herleiten.

$$Z_i = \frac{U_B}{I_K - I_B} \qquad (7)$$

$$I_K = \frac{U_B}{Z_i} + I_B \qquad (8)$$

In den Formeln (4) bis (8) wurde angenommen, dass der Strom, der durch die Impedanz der Sammelschienenspeisung Z_i fliesst, gleich gross ist wie derjenige, der am Sammelschienenabgang der gestörten Leitung gemessen wird. Diese Bedingung ist nur bei einer einseitig gespiesenen Leitung [3] erfüllt. Zudem wurde vorausgesetzt, dass die physikalischen Grössen der Zweipole in Figur 2 in ihren elektrischen Eigenschaften konstant sind. Bei

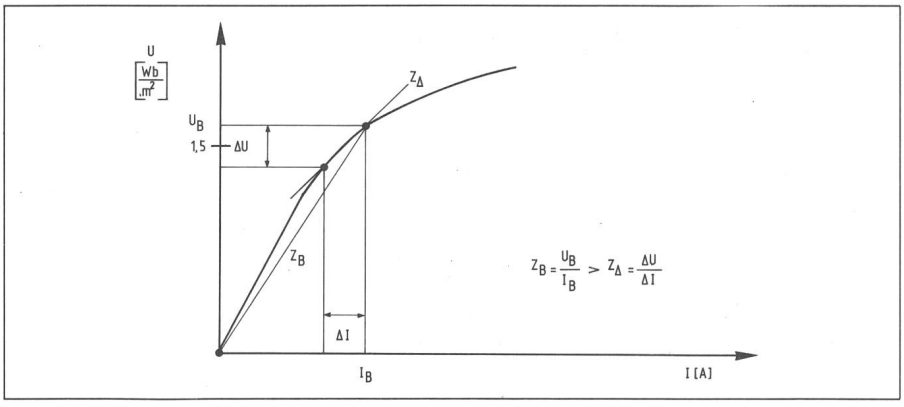

Fig. 3 Impedanz Z_B aus Betriebsspannung U_B und Betriebsstrom I_B, sowie Impedanz Z_Δ aus einer Spannungs- und Stromschwankung ΔU und ΔI einer Induktivität mit Eisensättigungserscheinungen

nichtlinearen Widerständen (Varistoren, Halbleiter), bei Induktivitäten mit Eisensättigungserscheinungen (Generatoren, Transformatoren, Motoren, Wandler) [4], bei Schaltvorgängen [2] (Übergangsverhalten) können die Formeln (4) bis (8) falsche Resultate liefern. Die Figur 3 veranschaulicht, dass die Fehlermöglichkeit durch Nichtlinearitäten besonders gross sein kann, wenn Messungen mit einem relativ kleinen ΔU beziehungsweise kleinem $[|U_B| - |U_F|]$ ausgewertet werden.

4. Auswertung einer Störschreiberaufzeichnung UW Mettlen

Am 1. August 1983 registrierten die Störschreiber im UW Mettlen (Siemens-Oscillostore-Anlage) einen Erdschluss auf der 220-kV-Leitung Mettlen–Ingenbohl–Göschenen (Fig. 4). Diese Leitung stellt im 220-kV-Netzwerk eine einseitig gespeiste Leitung dar.

Folgende Daten sind aus den Störschreiberaufzeichnungen zu entnehmen.

$|U_B| = 140 \pm 7\,\text{kV}$

$|U_F| = 106 \pm 5\,\text{kV} \quad \alpha = 4° \pm 4°$

$|U_B| - |U_F| = 34 \pm 2\,\text{kV}$

$|I_B| < 0{,}1\,\text{kA}$

$|I_F| = 7{,}5 \pm 0{,}4\,\text{kA} \quad \varphi = 72° \pm 9°$

Die Impedanz Z_F nach (2) wird

$$Z_F = 4{,}38 \begin{smallmatrix}+2{,}73\\-2{,}38\end{smallmatrix} + j\,13{,}47 \begin{smallmatrix}+1{,}99\\-2{,}06\end{smallmatrix}\ \Omega$$

$$|Z_F| = 14{,}16 \pm 1{,}42\,\Omega$$

Die elektrischen Leitungskenndaten der 220-kV-Leitung Mettlen–Ingenbohl lauten

Leitungslänge

$$l_l = 27{,}08 \pm 0{,}54\,\text{km}$$

Leiterimpedanz

$$Z_l = 0{,}80 \begin{smallmatrix}+0{,}53\\-0{,}22\end{smallmatrix} + j\,8{,}88 \begin{smallmatrix}+4{,}79\\-2{,}00\end{smallmatrix}\ \Omega$$

Nullimpedanz

$$Z_0 = 8{,}13 \begin{smallmatrix}+1{,}99\\-1{,}33\end{smallmatrix} + j\,31{,}53 \pm 8{,}66\,\Omega$$

Der Reaktanzbelag im Originalsystem bei Erdschluss wird

$$X_l' = \frac{2X_l + X_0}{3l_l} = 0{,}61 \begin{smallmatrix}+0{,}24\\-0{,}17\end{smallmatrix}\ \Omega/\text{km}$$

Die Entfernung l zwischen dem UW Mettlen und dem Fehlerort ist nach (3)

$$l = 22{,}08 \begin{smallmatrix}+13{,}06\\-8{,}66\end{smallmatrix}\ \text{km}.$$

Der Fehlerort war in Wirklichkeit 28 ± 1 km vom UW Mettlen entfernt auf der 220-kV-Leitung Ingenbohl–Göschenen.

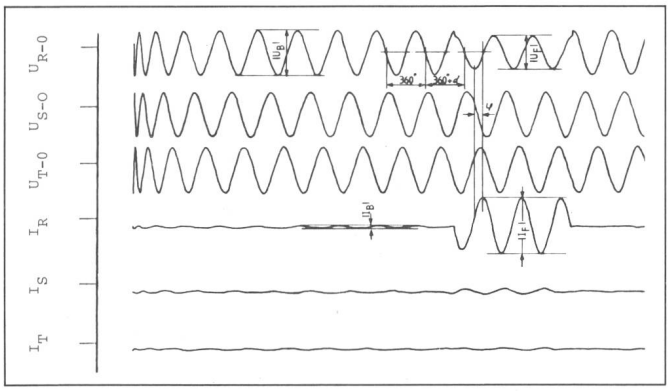

Fig. 4 Störschreiberaufzeichnung im UW Mettlen; 220-kV-Leitung Ingenbohl vom 1. August 1983

Die Impedanz Z_i der Sammelschienenspeisung bei Erdschluss ist nach (6)

$$Z_i = 2{,}07 \begin{smallmatrix}+0{,}90\\-1{,}43\end{smallmatrix} + j\,4{,}20 \begin{smallmatrix}+0{,}75\\-0{,}73\end{smallmatrix}\ \Omega$$

$$|Z_i| = 4{,}68 \begin{smallmatrix}+0{,}93\\-0{,}57\end{smallmatrix}\ \Omega$$

Der einsträngige Kurzschlussstrom bei sattem Sammelschienenkurzschluss im UW Mettlen ergibt sich aus Formel (8)

$$I_{K1} = 30 \begin{smallmatrix}+5{,}8\\-6{,}2\end{smallmatrix}\ \text{kA}$$

Nach den Ergebnissen von Kurzschlussberechnungen im Höchstspannungsnetz der UCPTE-Länder [5] sind die einpoligen Sammelschienenkurzschlussströme um 90% der dreipoligen Kurzschlussströme. Die 220-kV-Sammelschiene des UW Mettlen ist fern von jeder grösseren Kraftwerkeinspeisung. Am nächsten liegt das Kernkraftwerk Gösgen mit zwei parallelen 220-kV-Leitungen von 43 km Länge. Der Sammelschienen-Kurzschlussstrom im UW Mettlen wird daher vorwiegend durch die Impedanz der 220-kV-Leitungen bestimmt. Dieses Verhältnis der Impedanzbeläge bei dreipoligem Sammelschienenkurzschluss zu jenem bei Erdschluss liegt bei 0,65. Somit hat der dreipolige Sammelschienen-Kurzschlussstrom im UW Mettlen nach dieser Auswertung am 1. August 1983

$39 \pm \begin{smallmatrix}16\\13\end{smallmatrix}$ kA betragen.

Literatur

[1] *Von Koeltnitz* und *Pundt:* Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze Band I. Mathematische Grundlagen und Netzparameter, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 2. Aufl., 1973.

[2] *Möller, Fricke, Frohne, Vaske:* Grundlagen der Elektrotechnik, Teubner-Verlag, Stuttgart, 16. Aufl., 1976.

[3] *Flosdorff* und *Hilgarth:* Elektrische Energieverteilung, Teubner-Verlag, Stuttgart, 4. Aufl., 1982.

[4] *Möller* und *Vaske:* Elektrische Maschinen und Umformer, Teil 1. Aufbau, Wirkungsweise und Betriebsverhalten, Teubner-Verlag, Stuttgart, 12. Aufl., 1976.

[5] Berechnungen der Kurzschlussströme an den Grenzknoten der UCPTE-Länder für den vorausgeschätzten Stand am 21. Januar 1981, UCPTE-Quartalsbericht I-1981.