

Die Auswertung von Störschreiberaufzeichnungen

Autor(en): **Gwerder, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **74 (1983)**

Heft 22

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904889>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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 gespeisten 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.

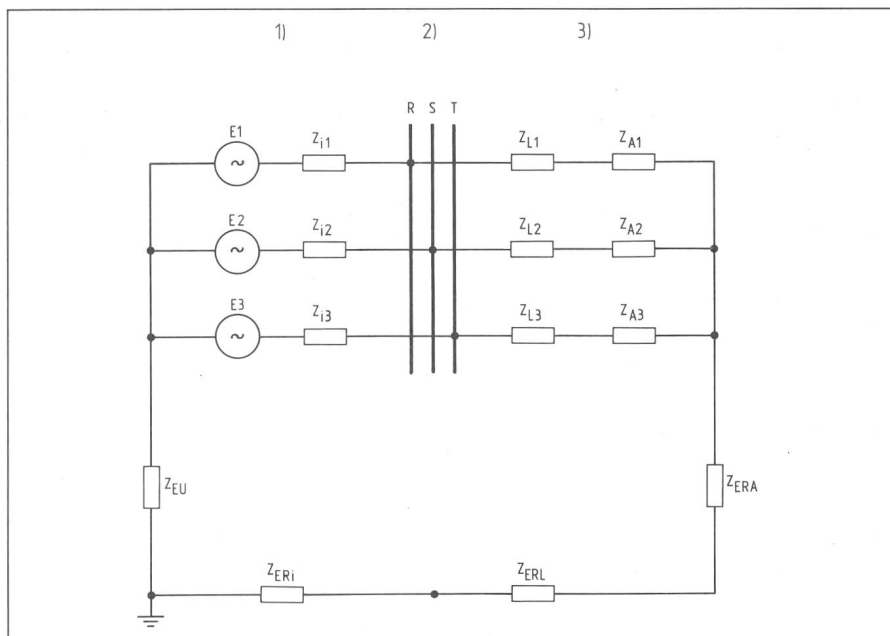


Fig. 1 Ersatzschaltbild einer Dreileiter-Sammelschiene im Originalsystem [1] mit einer einseitig gespeisten Leitung

1. Speisung; E1, E2, E3 Quellenspannungen
 Z_{i1} , Z_{i2} , Z_{i3} Impedanz der Sammelschienen Speisung
 Z_{EU} Impedanz zwischen dem Sternpunkt und der Erde
 Z_{ERi} Impedanz der Rückführung zur Sternpunktterdung
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.

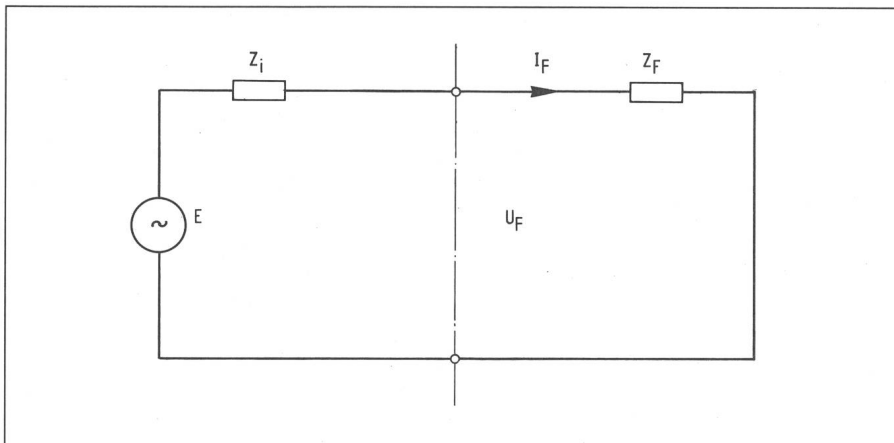


Fig. 2 Vereinfachtes einpoliges Ersatzschaltbild einer Störungsanalyse im Energieversorgungsnetz

1. aktiver Zweipol [2], E Quellenspannung, Zi Impedanz der Sammelschienenanspeisung
2. Sammelschiene, UF Sammelschienenanspannung
3. passiver Zweipol [2], ZF Impedanz der Kurzschlussbahn zwischen dem Fehlerort und der Sammelschiene, inklusive der Impedanz am Fehlerort, IF Fehlerstrom

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

Im Störungsfall sind die Sammelschienenanspannung UF und der Fehlerstrom IF aus der Störungszeichnung ersichtlich. Die Impedanz der äusseren Kurzschlussbahn ZF lässt sich relativ einfach bestimmen.

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

Ist der Phasenwinkel φ zwischen Strom IF sowie Spannung UF bekannt und wird die Spannung UF als Bezugszeiger in die positive reelle Achse der Gaußschen Zahlenebene gelegt, resultiert die Impedanz ZF als komplexe Grösse.

$$Z_F = \frac{|U_F|}{|I_F| [\cos - \varphi + j \sin - \varphi]} \quad (2)$$

In der Formel (2) bedeuten:

- |UF| Betrag der Sammelschienenanspannung während der Fehlerstromzeit
- |IF| Betrag des Fehlerstromes
- φ Phasenwinkel zwischen der Sammelschienenanspannung UF und dem Fehlerstrom IF
- ZF Impedanz (Resistenz RF plus Reaktanz XF) der Kurzschlussbahn von der Sammelschiene bis und mit Fehlerstelle

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

$$I = \frac{X_F}{X_I} \quad (3)$$

XI 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 Sammelschienenanspeisung

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

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

in Polarform mit dem Bezugszeiger UB

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

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

- |UB| Betrag der Sammelschienen-Betriebsspannung unmittelbar vor dem Störungsbeginn
- |IB| Betrag des Betriebsstromes auf dem zu untersuchenden Sammelschienenabgang unmittelbar vor dem Störungsbeginn
- α Phasenwinkel zwischen dem Bezugszeiger UB und der Spannung UF
- φ Phasenwinkel zwischen der Sammelschienenanspannung UF und dem Fehlerstrom IF
- φ_B Phasenwinkel zwischen der Spannung UB und dem Strom IB

Während einem satten Sammelschienenkurzschluss ist die Sammelschienenanspannung UF vernachlässigbar klein. Aus dieser Überlegung lässt sich der maximale Sammelschienenkurzschlussstrom IK aus (5) herleiten.

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

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

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

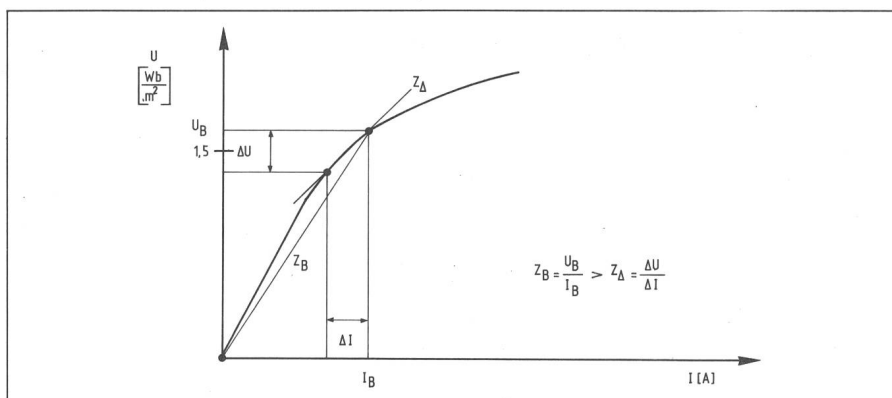


Fig. 3 Impedanz ZB aus Betriebsspannung UB und Betriebsstrom IB, sowie Impedanz ZA aus einer Spannungs- und Stromschwankung ΔU und ΔI einer Induktivität mit Eisensättigungserscheinungen

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.

$$\begin{aligned} |U_B| &= 140 \pm 7 \text{ kV} \\ |U_F| &= 106 \pm 5 \text{ kV} \quad \alpha = 4^\circ \pm 4^\circ \\ |U_B| - |U_F| &= 34 \pm 2 \text{ kV} \\ |I_B| &< 0,1 \text{ kA} \\ |I_F| &= 7,5 \pm 0,4 \text{ kA} \quad \varphi = 72^\circ \pm 9^\circ \end{aligned}$$

Die Impedanz Z_F nach (2) wird

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

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

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

Leitungslänge

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

Leiterimpedanz

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

Nullimpedanz

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

Der Reaktanzbelag im Originalsystem bei Erdschluss wird

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

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

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

Der Fehlerort war in Wirklichkeit $28 \pm 1 \text{ km}$ vom UW Mettlen entfernt auf der 220-kV-Leitung Ingenbohl-Göschenen.

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

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

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

Der einsträngige Kurzschlussstrom bei satten Sammelschienschluss im UW Mettlen ergibt sich aus Formel (8)

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

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

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

Literatur

- [1] Von Koeltz 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 UCPTÉ-Länder für den vorausgeschätzten Stand am 21. Januar 1981, UCPTÉ-Quartalsbericht 1-1981.

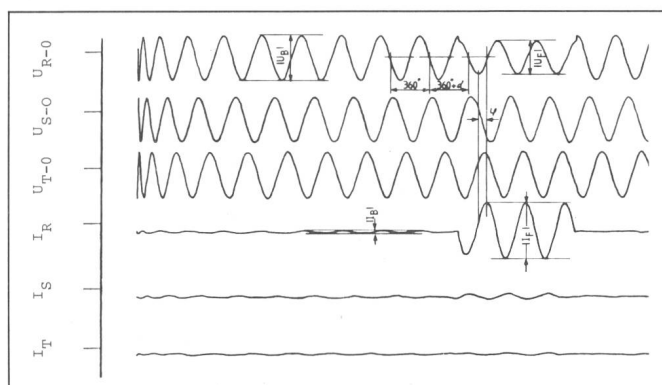


Fig. 4
Störschreiberaufzeichnung im UW Mettlen; 220-kV-Leitung Ingenbohl vom 1. August 1983