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: 71 (1980)

Heft: 2

Artikel: Beeinflussung von Rohrleitungen durch Hochspannungsleitungen : Massnahmen und technische Regeln

Autor: Thiem, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905205

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: 14.07.2025

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

3. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Systeme 2.2 und 2.3 bei gleichzeitig günstigen Eigenschaften für den Fahrbetrieb der Bahn Reduktionsfaktoren liefern, die denen der anderen Systeme vergleichbar und auch überlegen sein können. Die Wahl des nach Aufwand und Wirkung günstigsten Systems hängt jedoch von verschiedenen Faktoren (Betriebsbedingungen, Bodenwiderstand, Neubau, Nachrüstung usw.) ab und bedarf von Fall zu Fall einer eingehenden Analyse.

Adresse des Autors
G. Tischer, Dr. phil. nat., Dipl. Phys., Ingenieurbüro, Sprollstrasse 47, D-7000 Stuttgart 70.

Beeinflussung von Rohrleitungen durch Hochspannungsleitungen: Massnahmen und technische Regeln

Von B. Thiem

1. Einführung

Im Jahre 1966 veröffentlichte die Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (SfB) und die Arbeitsgemeinschaft DVGW/VDE für Korrosionsfragen (AfK) die Technische Empfehlung Nr. 7 (wortgleich mit AfK-Empfehlung Nr. 3) [1]. Diese Empfehlung befasst sich mit Massnahmen bei Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungsleitungen. Mehrere Jahre entsprach sie voll den technischen Gegebenheiten.

Verdichtung und gegenseitige Verflechtung der Rohrleitungs- und Hochspannungsnetze nahmen in der Folgezeit jedoch rasch zu. Die Betriebs- und Kurzschlußströme in den Hochspannungsnetzen stiegen weiter an. Bei den Rohrleitungen wurden die Umhüllungen aus Bitumen fast ausschliesslich durch solche aus Polyäthylen abgelöst. Der elektrische Umhüllungswiderstand der mit diesem Werkstoff isolierten Rohre liegt um eine Zehnerpotenz höher als bei bitumenummantelten Rohren. Mit bis zu 3fach höheren Spannungen Rohr–Erde bzw. Berührungsspannungen im Fall einer Beeinflussung ist dabei zu rechnen. Ausserdem ist eine natürliche Spannungsbegrenzung bei etwa 1200...1500 V, wie diese bei Rohrleitungen mit Bitumenumhüllung eintritt [2], nicht mehr gegeben.

Diese Veränderungen sowie neuere Untersuchungen, Erkenntnisse und Erfahrungen machten die Überarbeitung der Technischen Empfehlung aus dem Jahre 1966 durch die SfB/AfK-Arbeitsgemeinschaft «Rohrleitungsbeeinflussung» erforderlich. Diese Überarbeitung steht kurz vor dem Abschluss. Über die wesentlichen neuen Erkenntnisse wird berichtet.

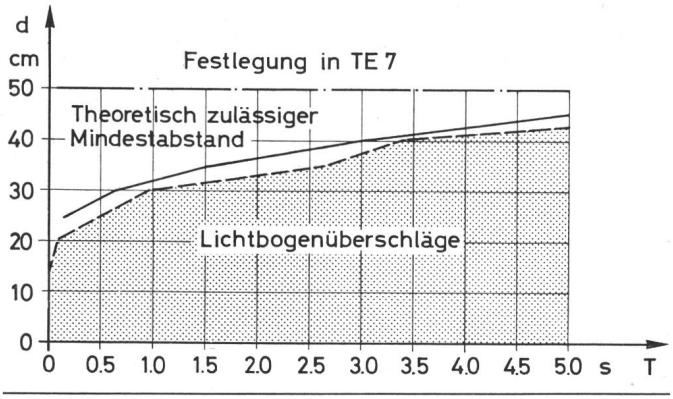

Fig. 1 Mindestabstände zwischen Rohren und Banderdern nach Untersuchungen der Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik
d = Abstand Rohr–Erder
T = Kurzschlussabschaltzeit

2. Grundsätzliches zur Rohrleitungsbeeinflussung

Den in der Technischen Empfehlung Nr. 7 (TE 7) gegebenen Hinweisen und Massnahmen liegen eine Reihe grundsätzlicher Bestimmungen, Ausarbeitungen und Überlegungen zugrunde.

2.1 Ohmsche Kopplung

2.1.1 Berührung unter Spannung stehender Leiterseile

In unmittelbarer Nähe unter Spannung stehender Leiter von Hochspannungsfreileitungen und -anlagen besteht für das mit Baumaschinen und -geräten arbeitende Personal die grösste Gefährdung. Hier mussten immer wieder schwere Unfälle beklagt werden.

Besonders wichtig ist daher, einen genügend grossen Sicherheitsabstand zu Hochspannungsleitungen einzuhalten, um ein direktes Berühren mit den Leiterseilen bzw. einen Lichtbogenüberschlag auszuschliessen. Detaillierte Angaben über zulässige Annäherungen bei Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile sind in DIN 57105/VDE 0105, Teil 1 [3], enthalten.

2.1.2 Lichtbogenbeeinflussung durch Erder und Hochspannungskabel

Erdungsanlagen von Kraftwerken, Schalt- und Umspannanlagen sowie metallene Kabelmäntel nehmen je nach Sternpunktbehandlung des Hochspannungsnetzes bei Erdkurzschlüssen, Erdschlüssen bzw. Doppelerdschlüssen gegen ferne Erde eine Spannung an (Erdungsspannung). Sich nähernde Rohrleitungen mit Umhüllungen aus Bitumen oder Polyäthylen führen das Potential der fernen Erde heran. Zwischen Rohrleitung und Erdungsanlage bzw. Kabelmantel liegt dabei maximal die gesamte Erdungsspannung an. Neben den Berührungsspannungen, die im nächsten Abschnitt behandelt werden, ist an Engpässen von besonderem Interesse, welche Mindestabstände eingehalten werden müssen, damit ein Lichtbogenüberschlag zwischen Erder und Rohrleitung bzw. Kabelmantel und Rohrleitung vermieden wird.

Die höchsten Erdungsspannungen sind an den räumlich begrenzten Masterdungen von Hochspannungsfreileitungen zu erwarten. Von der Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik (FGH) wurden hierzu umfangreiche Untersuchungen durchgeführt [4]. Fig. 1 zeigt die ermittelten theoretisch zulässigen Abstände zwischen Rohren und Erdern bei verschiedenen Kurzschlussabschaltzeiten.

Engpässe in den Leitungsstrassen ergeben sich besonders oft in den dicht besiedelten Gebieten der städtischen Verdich-

tungsräume. Hierbei liegen in erster Linie Näherungen zwischen Hochspannungskabeln und Rohrleitungen vor.

Nach den einschlägigen VDE-Bestimmungen für Kabel müssen alle Kabel mit Nennspannungen über 1 kV (Hochspannungskabel) mit einem Metallmantel bzw. -schirm ausgestattet sein. Eine Rohrleitung liegt somit im Nebenschluss zu einem im Fehlerfall schadhaften Kabelhauptleiter. Bei Lichtbogenbeeinflussung ist die maximale Spannung, die der metallene Kabelmantel gegen ferne Erde annimmt, ausschlaggebend. Untersuchungen im Rahmen der SfB/AfK-AG «Rohrleitungsbeeinflussung» [5] ergaben, dass für den gesamten Hochspannungsbereich mit maximalen Spannungen «Kabelmantel gegen ferne Erde» von rund 3 kV gerechnet werden kann.

In Anlehnung an die Untersuchungen bei Erdern wurde die Lichtbogenbeeinflussung durch Hochspannungskabel mit Hilfe mehrerer Versuche unter folgenden Voraussetzungen ermittelt:

– Die Spannung Kabelmantel–Rohr war auf 3 kV und die Fehlerdauer auf maximal 5 s begrenzt;

– der Durchmesser der Isolationsfehlstellen am Rohr mit Polyäthylenumhüllung betrug 3 mm;

– der spezifische Bodenwiderstand war auf 100...150 Ωm bzw. bei Leitungswasser von rund 14 Ωm eingestellt.

Die Versuche ergaben, dass bei einem lichten Abstand zwischen Kabel und Rohr von 5 cm und grösser keine Lichtbogenüberschläge auftraten. Bei einem lichten Abstand von 3 cm traten vereinzelte Überschläge nach einigen Sekunden auf, während bei einem lichten Abstand von 2 cm und kleiner in jedem Fall Überschläge nach wenigen Millisekunden auftraten. Daraus kann abgeleitet werden, dass der Abstand zwischen Kabel und Rohr 5 cm nicht unterschreiten sollte bzw. zusätzliche Isolation angebracht werden muss, falls mit kleineren Abständen zu rechnen ist.

2.1.3 Ohmsche Beeinflussung durch Erdungsanlagen von Kraftwerken, Schalt- und Umspannanlagen

Im Fehlerfall wird das Potential von Erdungsanlagen sowie das des Erdreichs der näheren Umgebung angehoben. An der Erdungsanlage entsteht – auf ferne Erde bezogen – die Erdungsspannung und im Erdreich der Umgebung das nach aussen abfallende Erdoberflächenpotential (Spannungstrichter).

Eine Rohrleitung in Nähe der Erdungsanlage, die nicht mit der Erdungsanlage verbunden ist, führt das Potential der fernen Erde heran. Das örtliche Erdoberflächenpotential kann an der Rohrleitung als Berührungsspannung auftreten.

In der Praxis kann die Erdungsspannung bzw. das Erdoberflächenpotential durch das Stromversorgungsunternehmen durch Messungen ermittelt werden.

Ist die Rohrleitung in eine Hochspannungsanlage eingeführt, jedoch nicht mit der Erdungsanlage verbunden, muss im Fehlerfall dort mit der vollen Erdungsspannung als Berührungsspannung an der Rohrleitung gerechnet werden. Erfolgt eine dauernde oder nur während des Erdfehlers vorübergehende Verbindung mit der Erdungsanlage, wird die Erdungsspannung über die Rohrleitung nach ausserhalb der Anlage verschleppt. Je nach Kennwerten der Rohrleitung nimmt die Berührungsspannung mit grösser werdendem Abstand mehr oder weniger rasch ab (Fig. 2). Bei einer langen leitend durchverbundenen Rohrleitung (Abschluss mit Wellenwiderstand) gilt für die Berührungsspannung

$$U_{Bx} = U_E \cdot e^{-x/L_K}$$

U_E Erdungsspannung der Erdungsanlage
x Abstand zur Erdungsanlage
L_K Kennlänge der Rohrleitung [6]

2.2 *Induktive Kopplung*

Theorie und mathematische Zusammenhänge der induktiven Beeinflussung von Rohrleitungen wurden anlässlich der letzten Internationalen Tagung der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen im Jahre 1976 ausführlich behandelt [6].

Die Verteilung der Beeinflussungsspannung entlang der Rohrleitung innerhalb und ausserhalb der Beeinflussungsstrecke wird anhand der bekannten Leitungsgleichungen berechnet. Wichtig ist es zu wissen, dass mit grösserem Isolationswiderstand der Rohrumhüllung die Spannung zwischen Rohr und Erde grösser wird und der Bereich der Spannungsanhebung weiter über die Beeinflussungsstrecke hinausreicht. Die bei Rohrumhüllungen aus Bitumen bekannte spannungsbegrenzende Wirkung der Überschläge in den Poren tritt bei Kunststoffumhüllungen offenbar erst bei höheren Werten auf.

2.2.1 Beeinflussung durch Erdkurzschlußströme (Kurzzeitbeeinflussung)

Die Berechnung der induzierten Spannung je Längeneinheit im ideal isolierten Leiter erfolgt nach der Technischen Empfehlung Nr. 1 der SfB [7]. Die Ermittlung der sich daraus ergebenden Berührungsspannung ist in [6] dargestellt.

2.2.2 Beeinflussung durch Betriebsströme (Langzeitbeeinflussung)

In neuerer Zeit spielen mit grösseren elektrischen Übertragungsleistungen der Hochspannungsleitungen (Bündelleiter), langen Parallelführungen (Energietrassen) und höherwertigen Rohrumhüllungen (Polyäthylen) die durch den Betriebsstrom induzierten Spannungen eine Rolle.

Auch bei symmetrischer Belastung eines Drehstromsystems ist das durch die Betriebsströme verursachte Magnetfeld im Nahbereich einer Hochspannungsleitung wegen der geometrischen Unsymmetrie nicht gleich Null [8]. In ideal isolierten Leitern je Längeneinheit induzierte Spannungen lassen sich mit Hilfe eines Rechenprogrammes ermitteln [6].

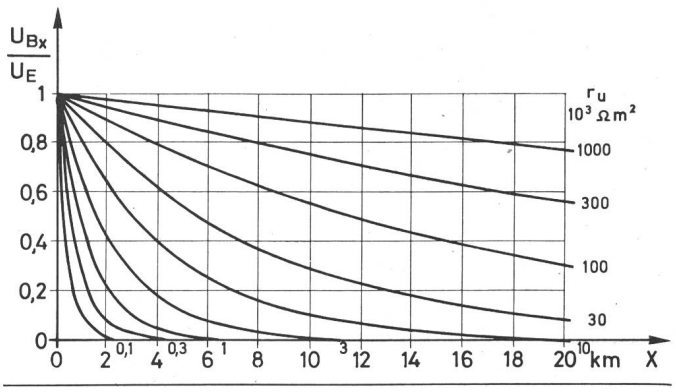

Fig. 2 Verlauf der Berührungsspannung an einer mit der Erdungsanlage verbundenen Rohrleitung
X = Abstand von der Erdungsanlage
Spez. Bodenwiderstand φ_E = 100 Ω · m
Rohrdurchmesser: D = 500 mm
Frequenz: f = 50 Hz

Der Betreiber der Hochspannungsfreileitung hat die Grösse des Betriebsstromes anzugeben, der einer Beeinflussungsberechnung zugrunde zu legen ist. In der Regel wird der Betriebsstrom bei Normalschaltung des Hochspannungsnetzes angegeben, gelegentlich ist aber auch eine störungsbedingte Schaltungsänderung zu berücksichtigen. In besonders gelagerten Fällen kann es z.B. bei vermaschten Netzen oder besonders hoch belasteten Kraftwerksleitungen auch erforderlich sein, den thermischen Grenzstrom entsprechend dem Seilquerschnitt auf der Hochspannungsleitung anzugeben.

3. Technische Regeln und Massnahmen

Bei Überarbeitung der TE7 aus dem Jahre 1966 ist auch ein internationaler Vergleich, wie er im Rahmen der CIGRE im Jahre 1977 durchgeführt wurde [9], von Interesse. Dieser zeigt neben einer teilweisen Anlehnung an die TE7 gerade bei Abständen zu anderen Leitungen recht unterschiedliche Auffassungen.

3.1 Prüfung der Beeinflussung

Eine Beeinflussung, die eine Prüfung der zu erwartenden Beeinflussungsspannungen erforderlich macht, ist in aller Regel nur bei elektrischen Anlagen und Hochspannungsfreileitungen mit Betriebsspannungen von 110 kV und darüber in Netzen mit niederohmiger Sternpunkterdung sowie bei Fahrleitungen von Wechselstrombahnen zu erwarten.

Der Prüfung liegen dabei folgende rechnerisch bzw. messtechnisch ermittelten Grenzwerte für die Berührungsspannung am Rohr zugrunde:

– 1000 V bei Kurzzeitbeeinflussung (Ausnahme: Innerhalb von Kraftwerken, Schalt- und Umspannanlagen sind an oberirdischen Rohrleitungen die Grenzwerte nach DIN 57141/VDE 0141 [10] als Funktion der Abschaltzeit zu beachten)

– 65 V bei Langzeitbeeinflussung

Über zulässige Berührungsspannungen an Rohrleitungen liegen im Ausland vielfach noch keine offiziellen Werte vor. Die Diskussionen hierüber sind noch nicht abgeschlossen.

Bei einer sich nähernden Rohrleitung kann auf eine weitere Untersuchung der Beeinflussung im allgemeinen verzichtet werden, wenn nachfolgende Grenzen eingehalten sind:

– Näherung an eine Hochspannungsleitung mit Abständen grösser als 1000 m bei Beeinflussung durch Kurzschlußströme bzw. grösser als 400 m bei Beeinflussung durch Betriebsströme (für Betriebsströme von Wechselstrombahnen gilt die Grenze 1000 m)

– Kreuzung einer Hochspannungsleitung im Winkel grösser als 55^0

– Abstand von Kraftwerken, Schalt- und Umspannanlagen grösser als 300 m

Ist dies nicht der Fall, so muss für die Näherung die Beeinflussung genauer untersucht werden. Die Überarbeitung der TE7 enthält hierzu ausführliche Hinweise.

3.2 Massnahmen

3.2.1 Abstände

Mindestabstände zu Hochspannungsfreileitungen werden gefordert, damit ein sicheres Arbeiten bei der Errichtung und Wartung der Rohrleitung sowie die Standsicherheit der Maste gewährleistet ist.

Mindestabstände zu Erdern und Hochspannungskabeln sind erforderlich, damit Lichtbogenüberschläge zwischen Rohrleitung und Erder bzw. Kabel im Fall einer Störung vermieden werden.

Neben den bereits bestehenden Abstandsangaben für Hochspannungsleitungen von 110...380 kV werden in die TE7 künftig auch entsprechend reduzierte Abstände für Mittelspannungsleitungen aufgenommen.

Der in Ausnahmefällen mögliche Mindestabstand von 0,5 m zwischen Masterder und Rohrleitung wurde durch die Untersuchungen der FGH erhärtet (siehe Fig. 1).

Neu aufgenommen werden auch Mindestabstände zwischen Hochspannungskabeln und Rohrleitungen. Hier ist an Kreuzungen und an Engpässen von Parallelführungen ein Mindestabstand von 0,2 m eine sichere und praxisgerechte Lösung. Ist eine weitere Reduzierung des lichten Abstandes erforderlich, so muss eine Berührung zwischen beiden Objekten, z.B. durch Zwischenlegen isolierender Platten oder Schalen, verhindert werden.

Der internationale Vergleich zeigt hier, dass im Ausland teilweise grosse Abstände genannt werden, die sich speziell innerhalb von Großstädten mit ihrer Vielzahl von unterirdischen Rohren, Starkstrom- und Nachrichtenleitungen oft nicht einhalten lassen.

3.2.2 Schutzmassnahmen bei Überschreiten der zulässigen Berührungsspannungen

Überschreitet die Berührungsspannung bei Langzeitbeeinflussung den zulässigen Wert von 65 V bzw. bei Kurzzeitbeeinflussung den Wert von 2000 V, sind zusätzlich feuerverzinkte Band- oder Staberder an der Rohrleitung anzubringen. Dadurch erreicht man eine Verringerung des «Umhüllungswiderstandes», und es können die zulässigen Spannungen eingehalten werden. Im Fall der Kurzzeitbeeinflussung ist diese Massnahme nur bei Rohren mit Polyäthylenumhüllung erforderlich.

Zweckmässig ist die Verteilung einer grösseren Zahl von Erdern entlang der Rohrleitung. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Erder zusätzlich über die Näherungsstrecke hinaus beiderseits auf einer bestimmten Länge (Kennlänge) anzubringen sind.

Berührungsspannungen im Bereich von 1000...2000 V bei Kurzzeitbeeinflussung machen konstruktive Massnahmen bzw. persönliche Schutzmassnahmen des Personals erforderlich, wie z.B.:

– Elektrische Trennung frei zugänglicher Rohrleitungsteile
– Isolieren freiliegender blanker Rohrleitungsteile
– Potentialsteuerung bzw. Standortisolierung
– Trenntransformatoren an elektrischen Schieberantrieben
– Hochspannungsfeste Gleichrichter für kathodische Korrosionsschutzanlagen
– Tragen von Gummistiefeln
– Benutzen isolierender Werkzeuge
– Unterlegen von Gummi- oder Kunststoffmatten als Standortisolierung

Auch im Ausland wird eine Reihe der oben aufgeführten Schutzmassnahmen verlangt, wogegen bei Langzeitbeeinflussung in einigen Ländern bislang keine besonderen Massnahmen gefordert wurden.

4. Schlussbemerkung

Bei Überarbeitung der TE7 ist der aktuelle Stand auf dem Gebiet der Rohrleitungsbeeinflussung berücksichtigt worden. Dem Anwender wird damit sowohl für die Planung als auch für den Bau und Betrieb eine fundierte und umfassende Richtlinie an die Hand gegeben.

Literatur

[1] Technische Empfehlung Nr. 7: Massnahmen bei Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungsleitungen. Hrsg. von der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen. Ausgabe Januar 1966.

[2] *Pohl, J.:* Beeinflussung von umhüllten Rohrleitungen durch Hochspannungsfreileitungen. Cigre-Conference 1966, Bericht Nr. 326.

[3] DIN 57105/VDE 0105, Teil 1: VDE-Bestimmung für den Betrieb von Starkstromanlagen – Allgemeine Bestimmungen. Hrsg. vom Verband Deutscher Elektrotechniker. Ausgabe Mai 1975.

[4] *Sowade, H.-J.:* Untersuchung der Gefährdung von Rohrleitungen durch Erder von Hochspannungsfreileitungen und -anlagen. Elektrizitätswirtschaft Jg. 75 (1966), Heft 19, S. 603...610.

[5] *Feist, K.-H.* und *Thiem, B.:* Abschätzung der im Fehlerfall auftretenden Spannung zwischen Kabelmantel und Erde bzw. benachbarten Rohrleitungen. Bericht für die SfB/AfK-AG «Rohrleitungsbeeinflussung» vom 6. Oktober 1976.

[6] *Pohl, J.:* Induktive Beeinflussung von Rohrleitungen durch Erdkurzschluss- und Betriebsströme in 50-Hz-Hochspannungsfreileitungen. Elektrizitätswirtschaft Jg. 75(1966), Heft 19, S. 593...599.

[7] Technische Empfehlung Nr. 1: Anleitung zur Berechnung der in Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen induzierten Spannungen. Hrsg. von der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen. Ausg. November 1971.

[8] *Haubrich, H.-J.:* Das Magnetfeld im Nahbereich von Drehstrom-Freileitungen. Elektrizitätswirtschaft Jg. 73(1974), Heft 18, S. 511...517.

[9] *Kohlmeyer, A.:* Beeinflussung von Rohrleitungen durch Hochspannungsanlagen – Massnahmen und Technische Regeln. Cigre Study Committee No. 36, Toronto Juni 1977, Schriftstück 36–77 (SC) 50.

[10] DIN 57141/VDE 0141: VDE-Bestimmung für Erdungen in Wechselstromanlagen für Nennspannungen über 1 kV. Hrsg. vom Verband Deutscher Elektrotechniker. Ausgabe Juli 1976.

Adresse des Autors

B. Thiem, Ing. grad., Stadtwerke München, Blumenstrasse 28, D-8000 München 2.

Die induktive Beeinflussung durch Starkstromleitungen im Nahbereich des Fehlerortes

Von R. Muckenhuber

1. Einleitung

In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, in welcher Weise der sogenannte «Endeneffekt» bei der induktiven Beeinflussung einer Fernmeldeleitung durch Starkstromfreileitungen oder Starkstromkabel auf eine für praktische Bedürfnisse einfache Weise behandelt werden kann. Als «Endeneffekt» wird dabei jener Umstand bezeichnet, der bei Erdseilen einer Starkstromfreileitung oder erdfühlig verlegten Kabelmänteln bei Starkstromkabeln im Fehlerfall eine etwas günstigere Erdrückstromaufteilung im Bereich des Fehlerortes ergibt, als sie sich rechnerisch bei ausschliesslicher Berücksichtigung des Erdseilreduktionsfaktors bzw. Kabelmantelreduktionsfaktors ergeben würde. Bei der induktiven Beeinflussung ergeben sich durch diesen Effekt daher etwas kleinere Beeinflussungsspannungen. Zur Berücksichtigung des «Endeneffektes» sind bei der Beeinflussungsberechnung allerdings ausser den sonst erforderlichen Grössen noch weitere Parameter, die sich im wesentlichen auf das Erdungssystem beziehen, notwendig.

Zur Präzisierung sei noch festgehalten, dass sich die folgenden Ausführungen auf die Gefährdung durch induktive Beeinflussung beziehen und in erster Linie für Erdkurzschlüsse in Netzen mit niederohmiger Sternpunkterdung gelten. Prinzipiell können die Formelzusammenhänge auch auf Bahnübertragungsleitungen bzw. Bahnfahrleitungssysteme angewendet werden.

2. Erdkurzschlußstrom

Soll die induktive Beeinflussung einer Fernmeldeleitung durch Starkstromleitungen berechnet werden, so muss bekanntlich zunächst der wirksame Strom aus einem Erdkurzschlußstromdiagramm bestimmt werden. Der Fehlerort ist stets an jenem Ende der Näherung anzunehmen, an dem sich der grössere Erdkurzschlußstromanteil (3facher Nullstromanteil) ergibt.

Neben der eigentlichen Fehlerstromkomponente $3I^0$, welche für die induktive Beeinflussung der betreffenden Näherung massgebend ist, haben für die vorliegende Problemstellung aber auch alle anderen Fehlerstromkomponenten, die an der Fehlerstelle in das Erdungssystem eintreten, Bedeutung. Die einzelnen Fehlerstromkomponenten treten an der Fehlerstelle in das Erdungssystem ein und fliessen wieder in gleicher Grösse zu den Speisestellen zurück. Bei Vorhandensein eines Erdseiles bzw. erdfühlig verlegten Kabelmantels kann davon ausgegangen werden, dass der Rückstrom nicht zur Gänze in Erde fliesst, sondern dass ein erheblicher Anteil auch im Erdseil bzw. Kabelmantel zurückfliesst und sich so die magnetische Fernwirkung des Fehlerstromes vermindert.

Die Situation ist in Fig. 1 für eine Freileitung mit Erdseil dargestellt. Wie sich zeigen lässt, kann der Erdrückstromverlauf vereinfacht nach der Beziehung (1) dargestellt werden.

$$I_E(x) = k \cdot 3I^0 \left[1 - \frac{\beta}{i} e^{-x/L}\right] \qquad (1)$$

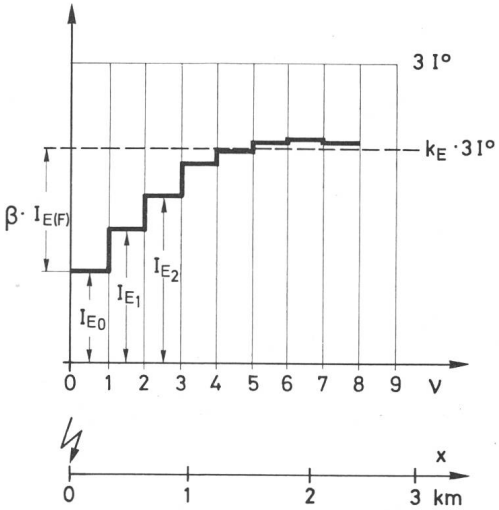

Fig. 1 Erdrückstrom im Bereich der Fehlerstelle