Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 19 (1928)

Heft: 6

Artikel: Auftreten und Bekämpfung der Störungen von Schwachstrom durch Starkstrom in schweizerischen Anlagen

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060549

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: 18.11.2025

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke | REDAKTION Zürich 8, Seefeldstr. 301 | Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration { Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G. Zürich 4, Stauffacherquai 36/38 } Editeur et Administration

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet | Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XIX. Jahrgang XIXe Année | Bulletin No. 6 | März II Mars II 1928

Auftreten und Bekämpfung der Störungen von Schwachstrom durch Starkstrom in schweizerischen Anlagen.

Von Prof. Dr. *W. Kummer*, Ingenieur, Zürich,

Präsident der gemeinsamen Kommission des S.E.V. und V.S.E. für das Studium von Störungen der Schwachstromleitungen durch Starkstromleitungen.

621.319.22:621.38

Ausgehend von einer historischen Uebersicht über die Begegnungen des Schwachstromes mit dem Starkstrom in schweizerischen Anlagen und über die Versuche gesetzlicher Regelung dieser Begegnungen, berichtet der Autor von den grundlegenden Erfahrungen des Störungsproblems, wie solche zurzeit namentlich seitens des «Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance» in mustergültiger Weise gesammelt und erweitert werden, um anschliessend die Grundzüge der von einer Spezialkommission des S.E.V. und V.S.E. in Beratung genommenen Vorlage schweizerischer Leitsätze betreffend Massnahmen an Hochspannungs- und an Schwachstromanlagen zur Vermeidung von Gefährdungen und Störungen der letztern bei gegenseitigen Annäherungen mitzuteilen.

L'auteur donne pour commencer un aperçu historique des rapports entre courant faible et courant fort dans les installations suisses, et des tentatives faites pour régler légalement ces rapports. Il parle ensuite des faits d'expérience fondamentaux à la base du problème des perturbations, tels qu'ils sont rassemblés et mis en valeur de façon exemplaire par le „Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance". Il communique enfin les traits principaux d'un projet de directives suisses relatif aux mesures à prendre dans les installations à haute tension et à faible courant, pour empêcher les effets dangereux ou perturbateurs des premières sur les secondes, en cas de rapprochement des deux types d'installation, directives dont une commission spéciale de l'A.S.E. et de l'U.C.S. a entrepris l'étude.

1. Einleitung.

Das Jahr 1852 brachte der Schweiz die ersten ausgedehnten Schwachstromlinien, nämlich das eidgenössische Telegraphennetz, das am 5. Dezember 1852 mit einem vorläufigen Bestande von 1920 km Leitung und 27 Bureaux dem öffentlichen Verkehr übergeben werden konnte. Im Jahre 1880 entstund das erste Telephon-Ortsnetz, dasjenige von Zürich, das bis 1885 konzessionsweise in den Händen einer privaten Unternehmung war, um hierauf dem 1881 entstandenen eidg. Telephonbetrieb angeschlossen zu werden. Die ältesten, längeren, ungefähr gleichzeitig mit den ersten schweizerischen Telephonleitungen gebauten schweizerischen Starkstromleitungen, die vorwiegend für den Betrieb von Gleichstrom-Bogenlampen erstellt wurden, waren kaum imstande, störend auf den Betrieb der Schwachstromanlagen einzuwirken. Als aber in der zweiten Hälfte der Achtzigerjahre neben weiteren Gleichstromleitungen die ersten Wechselstromanlagen und die erste elektrische

Tramway-Anlage erstellt wurden, änderte sich die Sachlage. Es traten Störungen und Gefährdungen der Telegraphen- und Telephonanlagen auf, die aus der Nachbarschaft und besonders auch aus den Kreuzungen von Starkstrom- und Schwachstromleitungen zu erklären waren. Für das in Vorbereitung befindliche Gesetz über die Erstellung elektrischer Linien wurde denn auch die Sicherstellung der staatlichen Schwachstromanlagen gegen Gefährdung und Betriebsstörung und zur Ermöglichung einer ungehinderten Weiterentwicklung in Betracht gezogen. Die bundesrätliche Botschaft vom 13. November 1888 bemerkt diesbezüglich, dass durch die aus dem bestehenden Telegraphenregal zu motivierende Vorschrift einer bestimmten Minimalentfernung der Starkstromleitungen von den eidg. Telegraphen- und Telephonleitungen dieser Zweck am vollständigsten zu verwirklichen wäre; um aber die Anlage von Starkstromeinrichtungen, bei deren hoher wirtschaftlicher Bedeutung, nicht übermässig zu beeinträchtigen, wurde im Gesetzesentwurf von einer solchen Bestimmung Umgang genommen, jedoch verlangt, dass der Unternehmer von Starkstromanlagen alle störungsverhindernden Massnahmen treffe, die durch Wissenschaft und Erfahrung bekannt seien und dass er überdies eventuell Schadenersatz leiste. Das betreffende, am 26. Juni 1889 erlassene Gesetz über die Erstellung von Telegraphen- und Telephon-Linien wich aber wesentlich vom bundesrätlichen Entwurfe ab, indem insbesondere die Schadenersatzpflicht wegfiel und weiterhin auch die eidg. Verwaltung zur Erfüllung gewisser Bedingungen verhalten wurde, die als Massnahmen der Störungsbekämpfung zu bewerten sind. Eine Reihe von Unglücksfällen, die aus der Berührung von Starkstromleitungen mit zerrissenen Telephondrähten hervorgingen, insbesondere auch der aus dieser Ursache entstandene Brand der Telephonzentrale in Zürich vom 2. April 1898, liessen die Bestimmungen des Gesetzes von 1889, soweit sie die rechtliche Stellung der staatlichen Telegraphen- und Telephonlinien zu den Starkstromanlagen betreffen, als ungenügend erscheinen. Anderseits war aber auch in den Neunzigerjahren eine stürmische Entwicklung der Starkstromanlagen, begleitet von zahlreichen technischen Neuschöpfungen, festzustellen, so dass auch von dieser Seite her eine Neuregelung der Beziehungen des Starkstroms zum Schwachstrom erforderlich wurde. So entstunden zunächst die Bundesratsbeschlüsse über Vorschriften für elektrische Anlagen vom 7. Juli 1899 und dann das heute noch in Kraft befindliche Bundesgesetz über elektrische Anlagen vom 24. Juni 1902. Durch die Art. 3 und 17 dieses Gesetzes sind die beim Zusammentreffen von Starkstromleitungen und Schwachstromleitungen erforderlichen technischen Sicherungsmassnahmen in den Gehalt besonderer Vorschriften verwiesen. Die einschlägigen, vom 14. Februar 1908 datierenden, Vorschriften über Parallelführungen und Kreuzungen elektrischer Leitungen unter sich und mit Eisenbahnen sind auch heute noch in Kraft. Seit dem Jahre 1920 ist aber eine gemeinsame temporäre Kommission des S.E.V. und des V.S.E., unter Mitwirkug von Vertretern des eidg. Eisenbahndepartements und der Obertelegraphendirektion, mit Studien zur Revision dieser und weiterer Vorschriften beschäftigt. In einem im Mai 1927 von einer Sondergruppe dieser „Revisionskommission" aufgestellten Entwurfe neuer Vorschriften über Parallelführungen und Kreuzungen wird bezüglich der Vermeidung von Störungen von Schwachstromleitungen durch Starkstromleitungen auf technische Normen hingewiesen, die seitens einer besonderen temporären Kommission des S.E.V. und V.S.E., unter Mitwirkung der Obertelegraphendirektion, des Schweizerischen Eisenbahndepartements und der Schweizerischen Bundesbahnen, bearbeitet werden. Im folgenden sollen die Grundtendenzen und die Bedeutung dieser neu aufzustellenden technischen Normen einer kurzen Würdigung unterzogen werden, damit die am Bestande dieser Normen interessierten elektrischen Unternehmungen beurteilen können, was man von ihnen zu verlangen beabsichtigt; gleichzeitig soll auch die allgemeine Entwicklung in der Beurteilung und Bekämpfung der Störungserscheinungen kurz skizziert werden, wobei neben Telegraphen- und Telephonleitungen auch noch die Eisenbahn-Blockleitungen als hauptsächlichste Objekte von Störungen in Betracht fallen.

2. Die grundlegenden Erfahrungen.

Eine Starkstromleitung kann störungsfähige Energiemengen auf drei Arten in eine Schwachstromleitung übertragen: auf Grund des elektrischen Feldes, auf Grund des magnetischen Feldes und durch unmittelbaren Stromübertritt. Indem allgemein ein bestimmter Minimalabstand zwischen den Starkstrom- und den Schwachstrom-Leitungen vorgeschrieben wird, indem weiter die Schwachstromanlagen auf die Erdrückleitung verzichten und gleichzeitig die Möglichkeit der Schleifenkreuzung ausnützen, können alle drei Arten störender Energieübertragung vom Starkstrom auf den Schwachstrom, sowie auch die eigentliche Gefährdung der Schwachstromanlagen, wirksam bekämpft werden. Im Falle oberirdischer Leitungen haben sich die Vorschriften natürlich auch noch besonders mit der Bekämpfung derjenigen Gefahren zu befassen, welche aus dem Stromübertritt zufolge des Leitungsdurchhangs oder zufolge eines Leitungsbruchs entstehen könnten. Die geltenden schweizerischen Vorschriften müssen im Hinblick auf die Störungsbekämpfung insofern als unvollständig bezeichnet werden, als sie, in ihrer systematischen Unkenntnis der im konkreten Fall zu erwartenden Reichweite der Störungen, den beteiligten Schwachstrom- und Starkstrom-Unternehmungen die Verständigung vorschreiben, ohne aber für eine solche Verständigung objektive, d. h. technische Normen namhaft machen zu können. Bei der jüngsten Entwicklung der Starkstromtechnik, die durch die wesentliche Erhöhung der Uebertragungs-Spannungen und durch die vermehrte Benutzung der Erde für den elektrischen Bahnbetrieb und für die Mehrphasen-Nullpunktserdung gekennzeichnet ist, sind nun Normen zur genauen oder wenigstens näherungsweisen Vorausberechnung der zu erwartenden Störungs-Reichweite zur Notwendigkeit geworden; gleichzeitig muss aber eine quantitative Beurteilung der Störungen an sich gegeben werden können. Dazu haben in den letzten Jahren durchgeführte Forschungsarbeiten und praktische Versuche wertvolles bezügliches Material geliefert. Es ist deshalb, und im Hinblick auf die Internationalität, sowohl der Telephonie und Telegraphie, als auch des Starkstromaustausches, verständlich, dass Normen über die Bekämpfung der durch Starkstrom in Schwachstromanlagen hervorgerufenen Störungen auf dem Wege internationaler Zusammenarbeit im Entstehen begriffen sind. Ein „Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance" hat im Jahre 1926 einen Entwurf solcher Leitsätze, unter der Mitarbeit der „Conférence internationale des grands réseaux d'énergie électrique" und der „Union internationale des chemins de fer", bereinigt, wobei zur quantitativen Kennzeichnung der in Betracht fallenden, bisher noch nicht allgemein angewandten Massgrössen und ihrer rechnerischen und experimentellen Bestimmung konkrete Vorschläge formuliert wurden. In bezug auf eine Anzahl solcher Massgrössen, wie z. B. die zulässige Höhe von Fremdstrom und Fremdspannung in Schwachstromleitungen, besteht allgemeines Einverständnis, während andere Massgrössen, wie namentlich der Störfaktor, durch den die relative Störwirkung einer Oberschwingung gekennzeichnet werden soll, noch weiter abgeklärt werden müssen. Auf alle Fälle ist schon die bis anhin vom Comité consultatif geleistete Vorarbeit als äusserst wertvoll zu bezeichnen. Die internationale Weiterverfolgung der noch nicht endgültig abgeklärten Einzelfragen wurde einer, auch Starkstrom-Interessen berücksichtigenden Spezialkommission, d. h. der „Commission mixte internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes téléphoniques", übertragen, in der auch Beamte der Eidg. Obertelegraphendirektion und der Schweiz. Bundesbahnen mitwirken; die erwähnten schweizerischen Vertreter sind Mitarbeiter in Subkommissionen der „Commission mixte", die die Fragen des Störfaktors, der Leitfähigkeit von Bahnschienen, der Unsymmetrie von Telephonlinien und der gegenseitigen Induktion abzuklären haben.

3. Die geplanten schweizerischen Leitsätze für die Störungsbekämpfung.

Die folgende Orientierung über seitens der „Störungskommission" des S.E.V. und V.S.E. in Beratung genommene „Leitsätze betreffend Massnahmen an Hochspannungs- und Schwachstromanlagen zur Vermeidung von Gefährdungen und

Störungen der letztern bei gegenseitigen Annäherungen" bedeutet kein Präjudiz für die endgültige Fassung und Tragweite der Leitsätze; sie soll lediglich die Interessenten über den Stand der Kommissionsarbeit aufklären und der Kommission eventuelle Anregungen von dritter Seite zuführen. Voraussichtlich wird der Stoff der Leitsätze in sieben Hauptabschnitten behandelt werden, die die folgenden Ueberschriften tragen: Einleitung, Gefahr- und Störungsgrenzen, Definitionen und Erläuterungen, Massnahmen an den Schwachstromanlagen, Massnahmen an den Starkstromanlagen, Berechnung der Influenz- und Induktionsspannungen und der Gefahr- und Störungsgrenzen, Uebergangsbestimmungen.

In der *Einleitung* wird vor allem darauf hingewiesen werden, dass einerseits im ausreichenden Abstand von Schwachstrom- und Starkstromleitungen, anderseits in der Verkabelung der erstern die zweckmässigen Lösungen liegen, zwischen denen die jeweiligen wirtschaftlichen Erwägungen zu entscheiden haben[1]); weiter wird der Geltungsbereich der Leitsätze festgestellt werden, wobei auf der Seite der Starkstromanlagen Hochspannungs-Freileitungen, Bahn-Fahrleitungen und Hochspannungskabel mit Nullpunktserdung in Betracht fallen.

Bei der Festsetzung der *Gefahr- und Störungsgrenzen* dürfte der erwähnte internationale Leitsätze-Entwurf tonangebend werden. Durch diesen werden eine Grenzspannung des Gefährdungsbeginns von 300 Volt Momentanwert, infolge von Schaltervorgängen usw., im Starkstrom bei gleichzeitiger Uebertragung von 0,02 Joule in eine Telephonlinie, bezw. 300 Volt Längsspannung bei Kurzschlußströmen, oder 60 Volt (ausnahmsweise 100 Volt) bei Betriebsströmen von Wechselstrombahnen genannt; die Störgrenzen des Telephonbetriebs bilden z. B. sowohl für die elektrische als auch für die magnetische Feldübertragung 5 Millivolt bei Voraussetzung von 2 % des Grundstroms bei 800 Perioden als störenden Oberschwingungsstrom.

In den *Definitionen und Erläuterungen* werden Begriffe, deren Bedeutung missverstanden werden könnte, wie namentlich der Begriff der „Näherung" selbst, in angemessen scharfer Formulierung gebracht werden.

Die *für die Schwachstromanlagen zu empfehlenden Massnahmen* sind die aus der bisherigen Praxis wohlbekannten Anwendungen von Doppelleitungen, von Kreuzungen der Schleifen, von Uebertragern, von Spannungssicherungen usw.

Massnahmen an den Starkstromanlagen werden gewünscht, sowohl in bezug auf Maschinen, Gleichrichter, Transformatoren, als auch in bezug auf die Leitungen. Sinusförmige Generatorenspannungen, Vermeidung von Oberschwingungen an Motoren, Gleichrichtern, Transformatoren, und funkenfreie Kommutation sind Postulate nicht nur der Bekämpfung der Schwachstromstörung, sondern auch des Elektromaschinenbaus an sich; die an Uebertragungsleitungen und Bahn-Fahrleitungen empfohlenen Massnahmen sind auch ihrerseits die durch die eigene gute Praxis geforderten, mit Ausnahme etwa der übrigens auch nur in Notfällen von den Leitsätzen geforderten Verdrillung von Hochspannungsleitungen.

Die Anleitung zur *Berechnung* der Influenz- und Induktionsspannungen und der Gefahr- und Störungsgrenzen bildet den für ihren Wert entscheidenden Inhalt der geplanten Wegleitung. Bekanntlich scheiterte die rechnerische Erfassung der durch das elektromagnetische Feld übertragenen Störspannungen und Ströme in den Fällen der Praxis bisher meistens an der Unmöglichkeit, die massgebenden Grundformeln auf einfache, den Fällen angepasste, auch empirisch leicht kontrollierbare Schemata zu bringen, die man mit dem Rechenschieber oder auch zeichnerisch auswerten könnte; nun sind in den letzten Jahren zahlreiche „Faustformeln" erdacht und ausprobiert worden, durch die man wenigstens näherungsweise mit den gewöhnlichen

[1]) Anlässlich der seit 1916 unternommenen Elektrifizierung der Schweiz. Bundesbahnen mit Einphasenwechselstrom von 15000 Volt Fahrspannung bei $16^2/_3$ Perioden sind bekanntlich zahlreiche Linien des eidgen. Telegraphen- und Telephonnetzes, sowie zahlreiche Block- und Fernmeldeleitungen der Bahnverwaltung selbst verkabelt worden, nachdem schon der von 1904 bis 1909 durch die Maschinenfabrik Oerlikon durchgeführte Traktionsversuch auf der S.B.B.-Linie „Seebach-Wettingen" entscheidende Erfahrungen gebracht hatte.

Operationen des Rechenschiebers die Zulässigkeit von Näherungen, sowie die für Gefahren oder Störungen massgebenden Grenzspannungen zum voraus berechnen kann. Wer die bezügliche Literatur der letzten Jahre, insbesondere die mit der 1925 in Danzig abgehaltenen Versammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker zusammenhängenden Artikel in der „E. T. Z.", zu Rate zieht, lernt die betreffenden, grundsätzlich auch für die geplante schweizerische Wegleitung in Betracht fallenden Faustformeln kennen. Durch eine von der schweiz. „Störungskommission" gebildete Subkommission müssen nun die verschiedenen Faustformeln noch näher auf ihre Bewährung für schweizerische Verhältnisse geprüft werden. Es ist nämlich zu beachten, dass die Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes über dem Erdboden mit dessen geologischer Struktur, sowie auch mit der Besetzung des Bodens mit Pflanzen, Gewässern und Bauwerken in ziemlich weiten Grenzen variiert; nach neueren Forschungen hat sich insbesondere auch die Ausbreitung der Erdströme in viel stärkerem Masse als frequenzabhängig erwiesen, als man früher erwartete. Wir erachten es als unmöglich, über diesen Abschnitt heute schon eingehendere Informationen zu geben.

In den *Uebergangsbestimmungen* der geplanten Leitsätze dürfte vor allem der Grundsatz Aufnahme finden, dass für Neuanlagen die Leitsätze in vollem Masse verbindlich seien, während sie für bestehende Anlagen nur bezüglich der Gefährdungen gelten, ausser wenn die Spannung erhöht wird und die Näherung nicht von vornherein der erhöhten Spannung gemäss beurteilt wurde.

In der mit der Bearbeitung dieser Leitsätze beauftragten temporären Kommission des S. E. V. und des V. S. E. arbeiten neben neutralen Persönlichkeiten Vertreter der Interessen des Schwachstroms und Vertreter der Interessen des Starkstromes einträchtig zusammen und bestreben sich, nur solche Empfehlungen in die Leitsätze aufzunehmen, die mit den Interessen der Allgemeinheit im Einklang stehen.

Angaben über ein neuartiges Isoliermaterial für die Hochspannungstechnik.

Von *Walter Meyer,* Ingenieur, Oerlikon.

621.319.37 (005)

Der Autor macht Angaben über die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des neuen künstlichen Isoliermaterials „Di-El" homogener Struktur und hebt insbesondere dessen gute Eignung für den Transformatoren- und Schalterbau, wie auch für Schaltanlagen und elektrischen Fahrleitungsbau hervor.

L'auteur donne des indications sur les propriétés électriques et mécaniques d'un nouveau matériel isolant artificiel „Di-El", de structure très homogène, lequel s'adopte spécialement bien à la construction des transformateurs et des interrupteurs, ainsi qu'à celle des installations de distribution et des lignes de contact des chemins de fer.

Die Fesselung der elektrischen Energie erheischt verschiedenartige Massnahmen je nachdem es sich um einen elektrischen Spannungszustand handelt in einer Energie erzeugenden Maschine oder in einer die Energie umgestaltenden Vorrichtung. Wieder anders sind die Verhältnisse, wenn Einrichtungen für den Transport, oder für die Ab- und Zuschaltung oder für den Verbrauch der elektrischen Kraft in Frage kommen. Mit „Hochspannungstechnik" im Sinne dieser Mitteilungen, sind gemeint die Transformatoren, die Oelschalter und Apparate, sowie die Uebertragungsvorrichtungen. In diesem Bereiche zerfällt die Aufgabe der Isolierung in zwei getrennte Funktionen.

Es handelt sich in erster Linie darum, dasBestehenbleiben des elektrischen Potentiales generell zu ermöglichen, d. h. einen, gegenüber der Erde als Basis abweichenden Spannungszustand aufrecht zu erhalten. Die Natur hat mit der Luft als Gas dem Techniker das bedeutendste Hilfsmittel geschenkt. Dieser schuf jedoch in den Transformatoren und Schaltern Vorrichtungen, welche eine Isolation verlangen,