Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 35 (1944)

Heft: 7

Artikel: Über die Störungen des Rundspruchempfanges durch Trolleybusanlagen

Autor: Gerber, W. / Meyer, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056949

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: 23.08.2025

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 5 17 42
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXVe Année | No 7 | Mercredi, 5 Avril 1944

Ueber die Störungen des Rundspruchempfanges durch Trolleybusanlagen

Von *W. Gerber* und *J. Meyer de Stadelhofen*, Bern

621.396.823

Die Trolleybusanlage wird vorerst hochfrequenzmässig analysiert. Dann werden ihre Störbeziehungen zu den benachbarten Empfangsanlagen und die mit den heutigen Mitteln in Frage kommenden Schutzmassnahmen behandelt.

L'installation de trolleybus est tout d'abord analysée du point de vue de la haute fréquence. Les auteurs examinent ensuite les relations perturbatrices avec les récepteurs du voisinage et indiquent quels sont les moyens de protection qui peuvent actuellement entrer en ligne de compte.

Mit der zunehmenden Verbreitung der Trolleybusanlagen kam allmählich das Bedürfnis nach einer grundsätzlichen Prüfung der Störschutzfrage. Die Telegraphen- und Telephonverwaltung hat daher einige statistische Untersuchungen auf Mittel- und Langwellen geführt, über deren Ergebnisse nun im folgenden zusammenfassend berichtet wird.

Darstellung der Trolleybusanlage als Hochfrequenzschaltung

Es handelt sich zunächst darum, zu zeigen, wie die massgebenden Störungsträger der Trolleybusanlage durch die verschiedenen hochfrequenten Urspannungen angeregt werden. Als Störungsträger kommen hierbei in Frage: das Fahrzeuggehäuse und das Fahrleitungssystem, und als Entstehungsorte der Urspannungen sind vorhanden, wenn man von den Speiseanlagen absieht: die Wanderkontakte der Stromabnehmer sowie Schalterkontakte und Kollektoren der elektrischen Wageninstallation. Das hochfrequente

Ersatzschaltbild der Trolleybusse

kann dann gemäss Fig. 1 als aktiver Sechspol aufgefasst werden, bestehend aus dem Erdpol E, der Wagenmasse M, den Stromabnehmerklemmen SS und den Kontaktstellen am Fahrdrahtpaar $F\nu\, F\mu$. Hierin sind R_{SS} und R_{SM} die Ersatzwiderstände der inneren Wageninstallation; C_E bedeutet die Erdkapazität des Fahrzeuges in Serie mit dem Erdwiderstand R_E, und mit C_{SM} sind noch die relativ grossen Dachkapazitäten der Stromabnehmer angedeutet. Weiter sind die Urspannungen $\mathfrak{E}_F$ der Stromabnehmer und $\mathfrak{E}_S$ der Wageninstallation da. Die Beschränkung auf zwei $\mathfrak{E}_S$-Komponenten setzt dabei voraus, dass die innere Potentialverteilung nicht interessiert, was bei modernen Konstruktionen zutreffen dürfte, da die gesamte Installation durch das Wagengehäuse einigermassen abgeschirmt ist, nicht aber bei älteren, wo z. B. grosse Widerstandskörper knapp über dem Erdboden offen installiert waren. Natürlich sind diese beiden Komponenten mehr oder weniger kohärent, wogegen

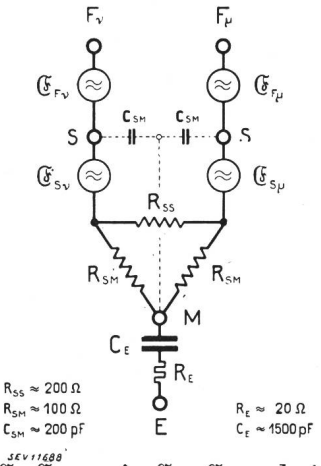

Fig. 1.
Ersatzschaltbild der Trolleybusse

$\mathfrak{E}_F\, \mathfrak{E}_S$ sowie $\mathfrak{E}_{F\nu}\, \mathfrak{E}_{F\mu}$ als inkohärent zu bezeichnen sind. In einem nächsten Schritt soll nun die Belastung dieses Störgenerators, d. h. die

Impedanz der Fahrleitung

betrachtet werden, und zwar ausgehend von den Teilwellenwiderständen der homogenen Leitung. Da die Phasengeschwindigkeiten annähernd Lichtgeschwindigkeit erreichen, kann für diese Teilwellenwiderstände

$$Z_T \approx \frac{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}{C'_T}$$

gesetzt werden, wobei C'_T die Teilkapazitätsbeläge der Fahrdrähte in Gegenwart der quasileitenden Erdoberfläche darstellt. Typische Anlagen, mit

6000 mm Fahrleitungshöhe,
12 mm Drahtdurchmesser,
600 mm Drahtabstand eines Paares,
3600 mm Abstand zweier Paarmitten

ergeben dann die zur Fig. 2 mitgeteilten Werte. Die Fahrzeugbelastung würde also bei zwei parallel geschalteten Drahtrichtungen symmetrisch 275 Ω und asymmetrisch 159 Ω betragen; und wie der Widerstandsansatz implizite besagt, wären diese Werte von der Spurzahl unabhängig. Demgegenüber zeigt Fig. 3 das Verhalten der wirklichen,

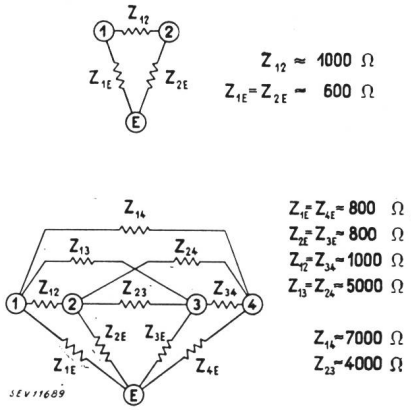

Fig. 2.
Teilwellenwiderstände einer zweidrähtigen und einer vierdrähtigen Fahrleitung

inhomogenen Fahrleitung, und damit die Tatsache, wonach die gemessenen Zentralwerte der Betriebswiderstände von den Halbwerten der errechneten Wellenwiderstände nicht wesentlich verschieden sind — ein Resultat, welches prinzipiell auch schon für Strassenbahnfahrleitungen gefunden wurde [1]).

Im weiteren Sinne ist die Fahrdrahtimpedanz natürlich auch durch die auf der Strecke befindlichen Fahrzeuge beeinflusst, worauf gegebenenfalls Bedacht zu nehmen ist.

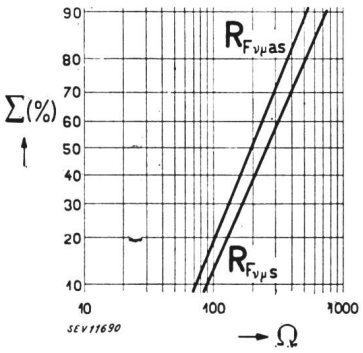

Fig. 3.
Summen-Häufigkeit der symmetrischen und asymmetrischen Widerstandswerte des Fahrdrahtpaares F_ν F_μ

Anregung der Störungsträger

Nun können die elektrischen Störpotentiale ermittelt werden, welche die Wagenmasse M und das Fahrdrahtpaar $F\nu\, F\mu$ am Anregungsort gegen Erde führen. Dazu seien die vier Urspannungen des unbeschalteten Fahrzeuges in eine symmetrische Komponente $\mathfrak{E}_{\nu\mu s}$ und eine asymmetrische Komponente $\mathfrak{E}_{\nu\mu as}$ zusammengefasst, mit den Beziehungen

$$\mathfrak{U}_{F\nu\mu s} = \frac{\mathfrak{E}_{\nu\mu s}}{1 + 2\,\dfrac{R_{SS}\,R_{SM}\,(Z_{\nu\mu} + 2\,Z_{\nu E})}{Z_{\nu\mu}\,Z_{\nu E}\,(R_{SS} + 2\,R_{SM})}}$$

$$\mathfrak{U}_{F\nu\mu as} = \frac{Z_{\nu E}}{Z_{\nu E} + 2\,R_{SM} + 4\left(R_E + \dfrac{1}{j\omega C_E}\right)}\,\mathfrak{E}_{\nu\mu as}$$

und

$$\mathfrak{U}_M = \frac{\mathfrak{E}_{\nu\mu as}}{1 + \dfrac{1}{4}\,\dfrac{Z_{\nu E} + 2\,R_{SM}}{R_E + \dfrac{1}{j\,\omega\,C_E}}}$$

mit $Z\nu\mu$ und $Z_{\nu E}$ als Teilwellenwiderstände zwischen $F\nu$, $F\mu$ und Erde. Mit dem Ansatz

$$E_{\nu\mu s} \approx 2\,E_{\nu\mu as} \approx \frac{\text{konst.}}{\omega}$$

folgen hieraus für die typische Trolleybusanlage die in Fig. 4 gezeigten Kurven, die den beobachteten Tatsachen schon recht nahe kommen.

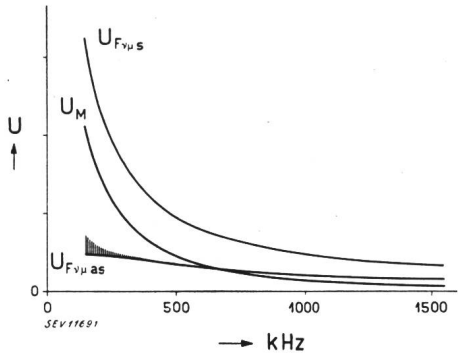

Fig. 4.
Störkennlinien der Trolleybusanlage

Eine weitere Annäherung bringen die der Erdunsymmetrie des Fahrdrahtpaares $F\nu\, F\mu$ zugeordneten Spannungskomponenten zweiter Ordnung. Diese mit $\mathfrak{U}^*$ bezeichneten Komponenten entstehen im vorliegenden Fall nach dem Schema

$$\begin{array}{cc|c} \multicolumn{2}{c|}{\mathfrak{U}_{F\nu\mu s}} & \mathfrak{U}_{F\nu\mu as} \\ \multicolumn{2}{c|}{\downarrow} & \downarrow \\ \mathfrak{U}^*_{F\nu\mu as} & \mathfrak{U}^*_M & \mathfrak{U}^*_{F\nu\mu s} \end{array}$$

Definiert man die Leitungsunsymmetrie

$$u_{F\nu\mu} = \frac{|\mathfrak{R}_{\nu E} - \mathfrak{R}_{\mu E}|}{\left|\dfrac{\mathfrak{R}_{\nu E} + \mathfrak{R}_{\mu E}}{2}\right|}$$

mit $\mathfrak{R}_{\nu E}$ bzw. $\mathfrak{R}_{\mu E}$ als Teilwiderstände zwischen F_ν bzw. F_μ und Erde, so gelten hierbei, mit dem aus Fig. 5 entnommenen Zentralwert, die Beziehungen

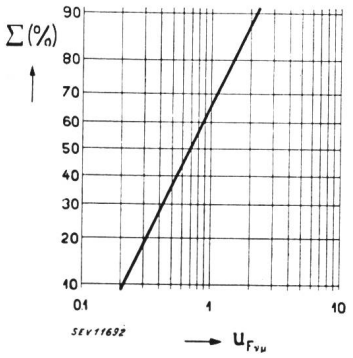

Fig. 5.
Summen-Häufigkeit der Unsymmetriewerte des Fahrdrahtpaares $F_\nu F_\mu$

$$|\mathfrak{U}^*_{F\nu\mu s}| \lesssim |u_{F\nu\mu}\,\mathfrak{U}_{F\nu\mu as}| = \left|\frac{2}{3}\,\mathfrak{U}_{F\nu\mu as}\right|$$

$$|\mathfrak{U}^*_M| \lesssim |\mathfrak{U}^*_{F\nu\mu as}| \lesssim \left|\frac{u_{F\nu\mu}}{4}\,\mathfrak{U}_{F\nu\mu s}\right| = \left|\frac{1}{6}\,\mathfrak{U}_{F\nu\mu s}\right|$$

[1]) *W. Gerber* und *H. Kölliker*. Messungen der hochfrequenten Fahrdrahtimpedanz von Strassenbahnen. Bull. SEV 1937, Nr. 25, S. 655.

wobei das ≈ Zeichen den Langwellen und das < Zeichen den Mittelwellen zukommt, und es folgt daraus die in Fig. 4 schraffiert aufgetragene statistische Korrektur.

Im Fall der homogenen vierdrähtigen Fahrleitung würde dann das benachbarte Drahtpaar einfach das örtliche Feldpotential des angeregten Paares annehmen, d. h. es würde die Querspannung zwischen den beiden Drahtpaaren, verglichen mit der Längsspannung der beiden Paare

$$\frac{U_{F_{1',34}s}}{U_{F_{12,34}as}} \approx 1{,}2$$

Vom Anregungsort ausgehend interessieren jetzt noch einige Angaben über die leitungsgerichtete Ausbreitung der Störwellen, d. h. über die

Dämpfung der Fahrleitung

Diese beträgt für nicht allzu grosse Entfernungen vom Anregungsort und unter üblichen Anregungsbedingungen für die asymmetrische Störkomponente durchschnittlich 2...5 db/km auf Langwellen und 6...15 db/km auf Mittelwellen. Und endlich interessiert noch — z. B. zur Berechnung der Spannungsüberhöhung zwischen zwei niederohmig beschalteten Fahrzeugen — die Dämpfung der symmetrischen Welle auf dem homogenen Drahtpaar $F_\nu F_\mu$

$$\beta \approx 0{,}1 \sqrt{f_{[\mathrm{MHz}]}} \quad [\mathrm{db/km}]$$

Störbeziehungen

Es soll nunmehr die Beeinflussung der kritisch gelegenen Empfangsanlagen, das sind diejenigen der Fahrbahnanwohner, näher betrachtet werden. Verglichen mit der Wellenlänge ist da der massgebende Abstand zwischen den interferierenden Anlagen klein, und da vorwiegend relativ kurze offene Antennen verwendet werden, ist in erster Linie das elektrische

Nahfeld der Störungsträger

von Bedeutung. Dieses sei gekennzeichnet durch das Störpotential φ im Punkt P, mit den Abständen r bzw. r' vom Störungsträger bzw. dessen Erdspiegelbild. Für die typische zweidrähtige Fahrleitung wird dann

$$\varphi_{Ps} = 0{,}11 \ln \frac{r_1' \, r_2}{r_1 \, r_2'} \cdot U_{F_{12}s}$$

$$\varphi_{Pas} = 0{,}09 \ln \frac{r_1' \, r_2'}{r_1 \, r_2} \cdot U_{F_{12}as}$$

Und da nach statistischen Messungen an unbeschalteten Anlagen

$$\frac{U_{F_{12}s}}{U_{F_{12}as}} = \begin{cases} 3{,}3 \text{ für } 150 \text{ kHz} \\ 2{,}0 \text{ für } 1500 \text{ kHz} \end{cases}$$

so folgt aus Fig. 6, dass lediglich φ_{Pas} interessiert. Analog wird für die typische vierdrähtige Fahrleitung

$$\varphi_{Ps} \approx 0{,}06 \ln \frac{r_1' \, r_2' \, r_3 \, r_4}{r_1 \, r_2 \, r_3' \, r_4'} \cdot U_{F_{12,34}s}$$

$$\varphi_{Pas} \approx 0{,}08 \ln \frac{r_1' \, r_2' \, r_3' \, r_4'}{r_1 \, r_2 \, r_3 \, r_4} \cdot U_{F_{12,34}as}$$

Hier ist im Anwohnerbereich

$$\frac{\varphi_{Pas}}{U_{F_{12,34}as}} \Big/ \frac{\varphi_{Ps}}{U_{F_{12,34}s}} \approx 10$$

und da nach statistischen Messungen

$$\frac{U_{F_{12,34}s}}{U_{F_{12,34}as}} = \begin{cases} 1{,}5 \text{ für } 150 \text{ kHz} \\ 1{,}4 \text{ für } 1500 \text{ kHz} \end{cases}$$

so ist also wiederum die asymmetrische Komponente massgebend, die von nun an kurz mit U_F bezeichnet sei.

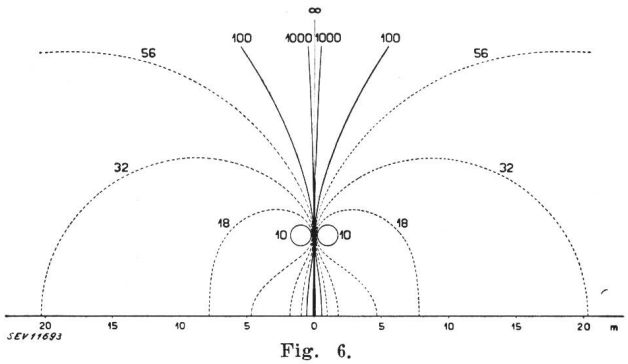

Fig. 6.
Verhältnis der relativen Potentialbeiträge in der Nahzone der zweidrähtigen Fahrleitung

$$\frac{\varphi_{Pas}}{U_{F_{12}as}} \Big/ \frac{\varphi_{Ps}}{U_{F_{12}s}}$$

Sie bildet daher auch die Grundlage der messtechnischen Beurteilung des Störvermögens, wozu eine Anordnung nach Fig. 7 verwendet wird. Damit wird U_F über Schutzkondensatoren abgetastet

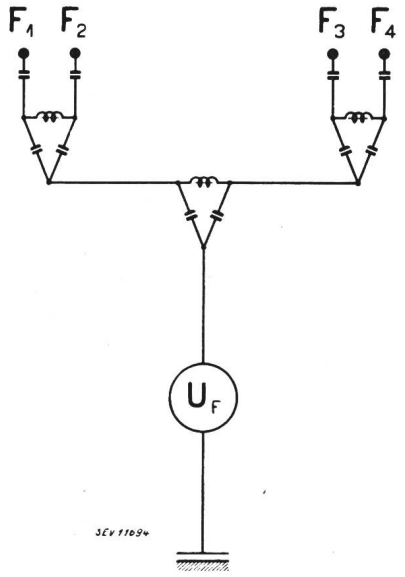

Fig. 7.
Messung der mittleren Erdspannung der vierdrähtigen Fahrleitung

und dann über drei Resonanzkreise, mit relativ gross gewählter Kapazität, einem hochohmigen CISPR-Störspannungsmesser zugeführt. Als «Erde» genügt hierbei das Fahrgestell des Messautos.

Wesentlich komplizierter werden die Funktionen, sobald noch das Fahrzeug als Störungsträger anwesend ist. Die räumliche Verteilung des Störpotentials wurde deshalb durch Messungen am

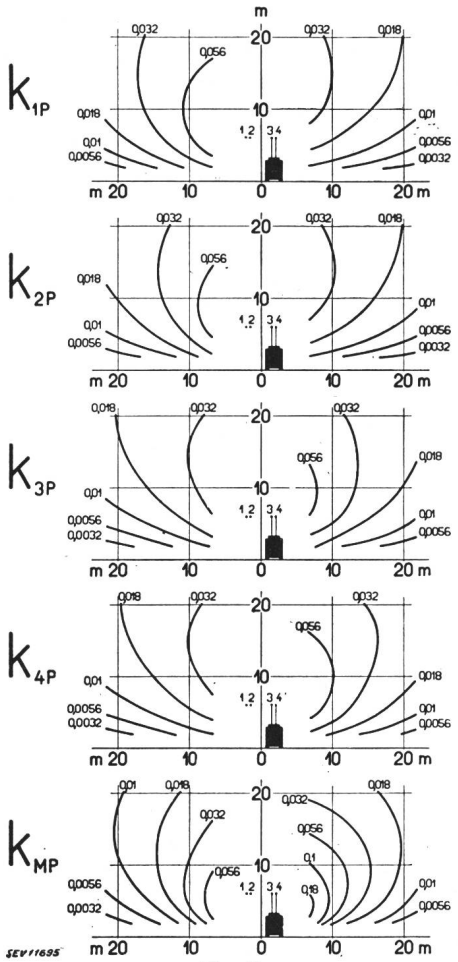

Fig. 8.
Potentialbeiträge in der Querschnittsebene durch eine zweispurige Anlage mit Fahrzeug

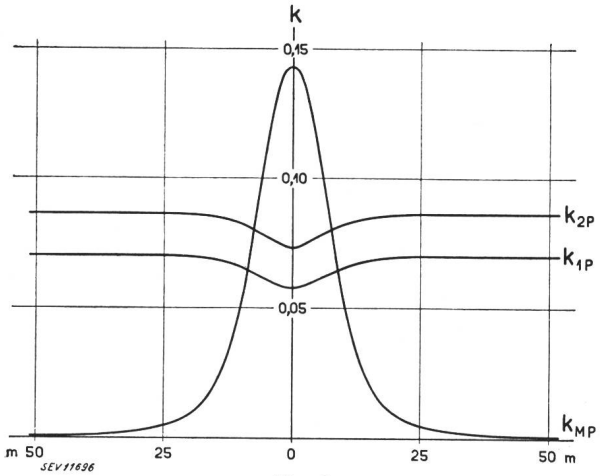

Fig. 9.
Potentialbeiträge in einem Fixpunkt P auf Fahrdrahthöhe bei ca. 6 m Abstand, in Funktion des Fahrzeugstandortes auf einer einspurigen Anlage

Modell bestimmt. Davon zeigen Fig. 8 und 9 einige Ergebnisse in parametrischer Darstellung. Der Parameter k ist dabei definiert als

$$\varphi_P\,(k_{1P}\,\mathfrak{U}_{F_1},\ k_{2P}\,\mathfrak{U}_{F_2},\ \ldots k_{MP}\,\mathfrak{U}_M)$$

so dass also für quasikohärente Potentialbeiträge der einzelnen Störungsträger

$$\varphi_P = k_{1P}\,\mathfrak{U}_{F_1} + k_{2P}\,\mathfrak{U}_{F_2} + \ldots k_{MP}\,\mathfrak{U}_M$$

Störanfälligkeit der Empfangsanlagen

Nun kommen noch die Gegebenheiten der Empfangsseite hinzu. Die Beziehungen zu der meist interessierenden Trolleybusgrösse U_F folgen da direkt aus früheren Messungen an Trambahnen [2]), wenn man berücksichtigt, dass die Beiträge der Trolleybusfahrdrähte wegen der paarigen Anordnung um ca. 40 % höher liegen. Dabei wählt man — wie das heute so üblich ist— das kritische Verhältnis von Störspannung zu Nutzspannung am Empfänger zu 1 % und bekommt so schliesslich die in Fig. 10

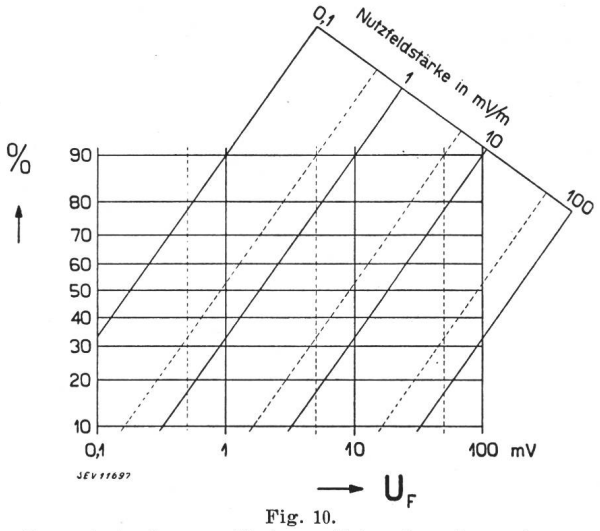

Fig. 10.
Prozentsatz der unzulässig gestörten Anwohneranlagen

gezeigten Beziehungen. Eine Fahrdrahtspannung von beispielsweise 10 mV würde also den Empfang der grundsätzlich geschützten Mindestfeldstärke von 1 mV/m bei 90 % aller Anwohneranlagen unzulässig stören. In Wirklichkeit liegen die

Störwerte unbeschalteter Trolleybusanlagen

etwas höher. Man kann jedoch sagen, sie sind durchschnittlich auf die 10-mV-Grössenordnung begrenzt, sofern Stromabnehmer mit Kohleschleifstücken verwendet werden. Die Kontaktgebung am Fahrdraht und die Wageninstallation sind dann ungefähr gleich störend, wobei streckenweise die eine oder andere Komponente in den Vordergrund treten kann.

Schutzmassnahmen

Es ist heute bald eine Erfahrungstatsache, dass überall da, wo hochfrequente Abfallenergien auftreten, ein technisch unvollkommener Zustand vorliegt. Die planmässige Störbekämpfung erstrebt daher, als erstes und vornehmstes Ziel ihrer Aufgabe, die

[2]) *W. Gerber* und *H. Kölliker*. Störanfälligkeit der Rundspruch-Empfangsanlagen im Nahbereich von Trambahnen. Bull. SEV 1938, Nr. 17, S. 454.

Reduktion der hochfrequenten Urspannungen

In diesem Sinne bedeutet das vor einigen Jahren als Wanderkontakt der Stromabnehmer eingeführte *Kohleschleifstück* einen grundlegenden Fortschritt. Damit wird nämlich ein nahezu idealer Kontakt erreicht, wenn man im wesentlichen dafür sorgt, dass die Schwankungen des Kontaktdruckes vernachlässigbar klein bleiben. Die Fahrleitung soll also möglichst frei von Schlagstellen, d. h. durchgehend homogen, und vollelastisch aufgebaut werden. Besonders schlimm sind die zwischen Gleitschuh und Fahrdraht hauptsächlich als Folge von Fahrdrahtvibrationen auftretenden Flatterkontakte. Zudem dürfte der Stromabnehmerkopf noch etwas schneller werden, wobei der Dämpfung im Hinblick auf die einer Gleitfrequenz entsprechenden Stossfolgen der Flatterkontakte besondere Beachtung zukommt. Dafür sprechen übrigens auch die zahlreichen Rissbildungen, die an den Kohleschleifstücken im Betrieb auftreten. Wie die Verhältnisse bei den heutigen Stromabnehmern etwa liegen, zeigt Fig. 11. Es ist darin der in bezug auf Abheben kritische Vertikalhub aufgetragen, gemessen bei zeitlich sinusförmiger Anregung des Stromabnehmerkopfes. Neben dem allgemeinen Beschleunigungsvermögen kommen so die einzelnen Resonanzlagen deutlich zum Ausdruck, wobei die Minima mit den geraden und die Maxima mit den ungera-

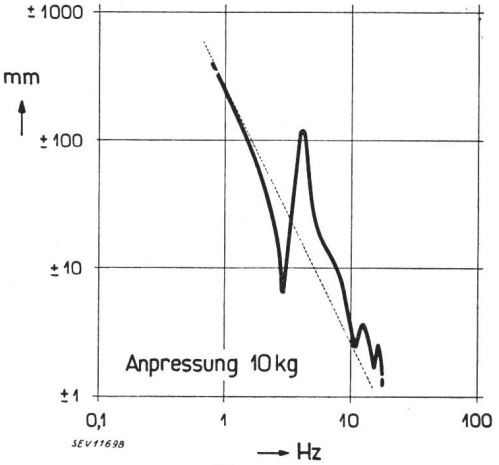

Fig. 11.
Frequenzgang eines üblichen Stromabnehmers

den Viertelwellenzahlen korrespondieren. Damit vergleicht die gestrichelte Linie das Verhalten des starren Stromabnehmers gleicher Massenverteilung, dessen kritischer Vertikalhub

$$\pm \frac{F \cos^2 \alpha}{M_{red}\, \omega^2}$$

mit

F mittlerer statischer Anpressungsdruck,
α Elevationswinkel des Stromabnehmers,
M_{red} reduzierte Masse, bezogen auf den Stromabnehmerkopf,
ω Kreisfrequenz der sinusförmigen Anregung.

Nach dem Gesagten besteht also heute das Ziel, den Frequenzgang, besonders im Bereich höherer Frequenzen, noch etwas anzuheben und auszugleichen. Der Stromabnehmer würde dann im Prinzip einige Aehnlichkeit mit dem für Schallplatten verwendeten Tonabnehmer erhalten, welcher bekanntlich in ein relativ schnelles Aufnahmeorgan und in ein langsames Organ zur Ausführung der grossen Bewegungen gegliedert ist. Eine Versuchsausführung der A.-G. Brown, Boveri & Cie. zeigt Fig. 12. Natürlich wird der Stromabnehmer in Wirk-

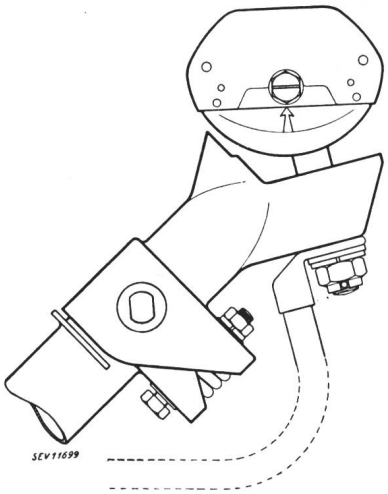

Fig. 12.
Federnder Gleitschuhträger

lichkeit nicht nur von der Fahrdrahtseite aus angeregt. Beinahe ebenso wichtig ist die vom Fahrzeug ausgehende Basisanregung und somit auch der Fahrbahnzustand. Man wird da, neben möglichst guten Fahreigenschaften, vor allem auf die gegenseitigen Beziehungen zwischen den Fahrzeug- und Stromabnehmerresonanzen achten müssen.

Zu diesen vorwiegend dynamischen Problemen, von denen man sagen darf, dass sie für die Kontaktgebung von ausschlaggebender Bedeutung sind, gesellen sich noch einige andere Gesichtspunkte. So sollte die einmal erreichte Fahrdrahtpolitur vor Frostschäden einigermassen geschützt werden. Seitliche metallische Berührungen zwischen Gleitschuh und Fahrdraht, die gelegentlich in Kurven beobachtet werden, sind unerwünscht. Ferner sollte mindestens im Bereich der einzelnen Trolleybusanlagen ein einheitliches Kontaktprofil durchgehend respektiert werden. Vermehrte Aufmerksamkeit gebührt auch der Kohlenhalterung im Gleitschuh, und nicht zuletzt bedarf das dortige Lager inklusive dem Kontaktdocht einiger Wartung, damit es nicht nennenswert stört.

Das wären also Mittel und Wege, um die Ueberspannungen $\mathfrak{E}_F$ auf ein erträgliches Mass zu reduzieren. Wie bereits angedeutet, sind daran der Trolleybusbetrieb und die Störbekämpfung gleichermassen interessiert. Dazu kommt nun aber noch die Tatsache, dass es heute mit rein hochfrequenten Schutzmitteln praktisch unmöglich ist, den Urspannungen $\mathfrak{E}_F$ durchgehend auf Mittel- und Langwellen wirksam zu begegnen. Eine konsequente Beschaltung der Fahrleitung dürfte doch kaum in Frage kommen, und was die Erhöhung des Fahrzeugwiderstandes in bezug auf die Fahrleitung anbelangt, so sind ihr praktisch ziemlich enge Grenzen gezogen, wenn man von den rein selektiven Schutzmitteln absieht.

Anders liegen die Verhältnisse bei den der Wageninstallation zugeordneten Störkomponenten. Obschon auch hier im Lauf der Jahre gewisse Fortschritte erreicht worden sind — so z. B. im Aufbau der Schalter —, sind die praktischen Möglichkeiten zur weiteren Herabsetzung dieser Urspannungen beim heutigen Stand der Technik ungenügend. Dagegen ist eine wirksame

Beschaltung der Fahrzeuge

grundsätzlich möglich. Sie begrenzt die von der Wageninstallation erzeugten HF-Schwingungen auf das Wageninnere und beruhigt so die eigentlichen Störungsträger. Mit Rücksicht auf restliche $\mathfrak{E}_F$-Komponenten soll sie gleichzeitig aber auch die Fahrzeugimpedanzen in bezug auf die Fahrleitung möglichst erhöhen und symmetrieren. Ferner sind mit der Beschaltung des Fahrzeuges noch zu beachten: Sicherheit, Gleichstromverluste, Gewicht, Installationsmöglichkeiten und Kostenaufwand.

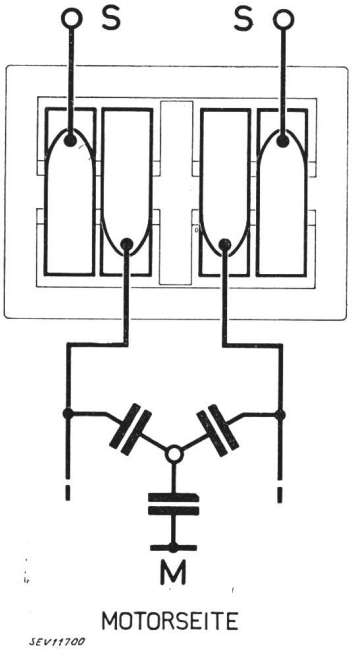

Fig. 13.

Störschutzfilter

Auf Grund solcher Gesichtspunkte ist in Zusammenarbeit mit der A.-G. Brown, Boveri & Cie. ein Filter nach Fig. 13 entstanden. Es wird auf dem Wagendach am Fusspunkt der Stromabnehmer zwischengeschaltet und es ist folgendermassen ausgeführt: 4 Aluminium-Bandspiralen von insgesamt 2·0,0025 Ω Gleichstromwiderstand bilden zusammen eine Doppeldrosselspule in Längsschaltung — die magnetischen Gleichstromflüsse sind also in der gemeinsamen Spulenachse gegensinnig geschaltet. Mit diesen Wicklungen wird ein Eisen-Blechkörper verwendet, dem zunächst die Aufgabe zukommt, den asymmetrischen Wirkwiderstand der Drosselspule möglichst anzuheben. Wegen der in Serie liegenden Erdkapazität des Fahrzeuges muss nämlich in erster Linie die Wirkkomponente hochgezüchtet werden. Zudem soll die Doppeldrosselspule im Langwellenbereich, mit Rücksicht auf die Erdunsymmetrie der Fahrleitung, einen möglichst hohen Querwiderstand aufweisen. Dazu dient ein magnetischer Shunt mit einem Luftspalt in Serie, wobei der Luftspalt so dimensioniert ist, dass die Gleichstromvormagnetisierung im Bereich der kritischen Kontaktstromstärken — d. h. bis etwa 50 A — keine nennenswerten Sättigungserscheinungen hervorbringt. Während so das Drosselspulenpaar hauptsächlich dazu da ist, die Fahrzeugimpedanz

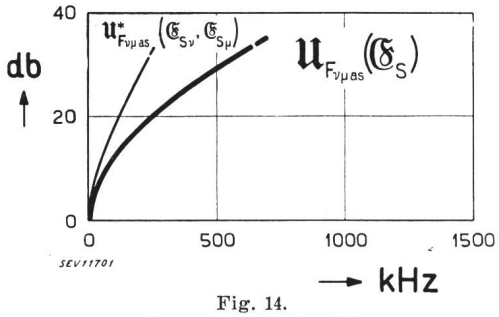

Fig. 14.
Einfügungsverlust des Filters

in bezug auf die Fahrleitung möglichst hoch zu halten, soll anderseits das selbstinduktionsarm gebaute Kondensatorglied einen HF-Kurzschluss zwischen den Wagenklemmen und dem Wagengehäuse schaffen. Hierbei ist zu beachten, dass die Berührungskapazität des Fahrzeuges, die im unbeschalteten Zustand etwa 0,04 μF erreicht, nicht unbegrenzt erhöht werden kann. Ebensowenig darf ein allfälliger Kondensatordefekt das Fahrzeuggehäuse unter Spannung setzen. Von solchen Erwägungen ausgehend und gestützt auf bereits vorliegende Erfahrungen, hat deshalb die Bahngruppe der *Radiostörschutzkommission des SEV und VSE* letzthin

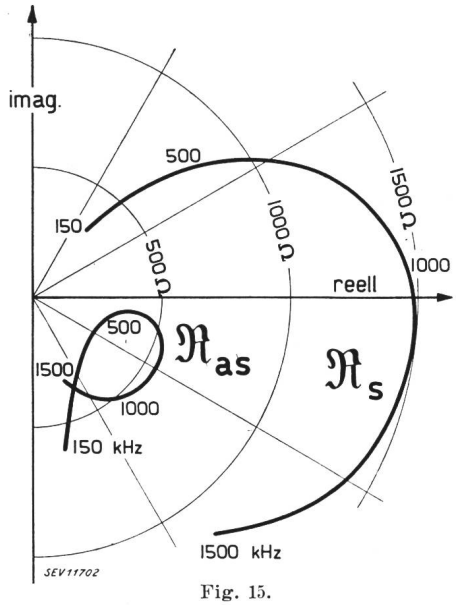

Fig. 15.
Widerstand des beschalteten Fahrzeuges, von der Fahrleitung aus gesehen

die folgende Regelung empfohlen: Das Kondensatorglied soll aus 3 getrennten Einzelwickeln zu je 0,2 μF in Sternschaltung aufgebaut werden, wobei der Sternpunkt als Prüfklemme dient; zudem wird verlangt, dass die Kondensatorelemente schüttelfest

und feuchtigkeitsdicht sind, und einer Gleichstrom-Prüfspannung von 7 kV während 1 min genügen [3]). Anderseits ist anzunehmen, dass das Filter die Fahrzeuginstallation gegenüber Wanderwellen schützen kann.

Die mit dem beschriebenen Filter erzielten Ergebnisse sind aus Fig. 14 und 15 ersichtlich; sein Gesamtgewicht beträgt ca. 20 kg. Würde unter ungünstigen Umständen, z. B. in den eigentlichen Gebirgszonen, ein noch weitergehender Schutz erwünscht, so ist es dann zweckmässig, die Schutzwirkung auf einen bestimmten Sender zu konzentrieren. Hierzu wird die Doppeldrosselspule durch zwei einzelne Luftdrosselspulen ersetzt, die mitsamt dem Stromabnehmerpaar längs und quer auf den bevorzugten Sender abgestimmt werden. Zudem bestehen nach wie vor und ganz allgemein die bekannten empfangsseitigen Schutzmöglichkeiten.

Zum Schluss möchten die Verfasser noch besonders der *Trolleybusbetriebe* in *Bern*, *Winterthur* und *Zürich* gedenken, deren zuvorkommende Mitarbeit an den vorliegenden Ergebnissen wesentlich beteiligt ist.

[3]) Vgl. auch: British Standard Specification for radio-interference suppression for trolley-buses and tramways. Nr. 827, 1939.

Un nouveau dispositif de mise en parallèle automatique: Le synchronisateur ultrarapide

Par *A. Gantenbein* et *J. Jäckle*, Zurich-Oerlikon

621.316.729

Les auteurs étudient d'abord les conditions qu'impliquent la synchronisation et la mise en parallèle rapides de deux réseaux, et concluent qu'il est possible d'effectuer le couplage avec une différence de fréquence relativement grande, à condition que l'ordre d'enclenchement soit donné avec une avance et une précision telles, que la fermeture du disjoncteur s'effectue exactement dans le très court instant de la concordance des phases. Les auteurs décrivent ensuite le nouvel appareil automatique qu'ils ont créé, et dont la simplicité et les possibilités d'adaptation aur exigences de l'exploitation sont remarquables. Les oscillogrammes relevés dans des conditions les plus variables témoignent de l'extrême précision de ce dispositif.

Die Autoren untersuchen, welchen Bedingungen ein rasches Parallelschalten von zwei Netzen unterworfen ist, und zeigen, dass es gelingt, mit einer relativ grossen Frequenzdifferenz zu schalten. Dies ist nur möglich, wenn der Einschaltbefehl früh genug und mit einer solchen Präzision gegeben wird, dass die Schaltung innert der sehr kurzen Zeit der Phasenübereinstimmung erfolgt. Es wird dann die von den Autoren neu entwickelte automatische Parallelschalteinrichtung beschrieben, die durch Einfachheit und weitgehende Anpassung an die Forderungen des Betriebes gekennzeichnet ist. Oszillogramme, die bei verschiedenen Betriebsbedingungen aufgenommen wurden, zeugen von der ausserordentlichen Genauigkeit dieser Apparatur.

I. Généralités

Le souci primordial de chaque chef d'exploitation est d'éviter autant que possible les perturbations et fausses manœuvres dans les réseaux et les installations. De ce fait, il est conduit à verrouiller, à surveiller ou à rendre automatiques les opérations de couplage présentant un danger particulier en cas de fausse manœuvre, de façon à supprimer la possibilité de telles fautes. La mise en parallèle est justement une opération qui, si elle est mal exécutée, peut avoir les plus graves conséquences, en soumettant les installations, disjoncteurs, génératrices, à des sollicitations encore beaucoup plus grandes que lors d'un court-circuit direct.

Si l'on fait un tour d'horizon dans les usines et centrales électriques, on constate que la plupart des mises en parallèle sont exécutées à la main par le personnel de service. En général prévaut l'avis que le surveillant exercé exécute la mise en parallèle mieux et plus vite qu'un dispositif automatique, ce dernier en cas d'urgence ne parvenant pas à exécuter le couplage dans le temps nécessaire. On doit donc en déduire que les anciens dispositifs de mise en parallèle comportent une faute de principe, faute que l'homme de service parvient à éviter lorsqu'il effectue le couplage à la main. Il est bien connu que pour obtenir la fermeture des contacts du disjoncteur à l'instant précis de la concordance des phases, l'ordre d'enclenchement doit être donné avec un temps d'avance égal au temps nécessaire à la fermeture du disjoncteur. A ce temps d'avance correspond, suivant la différence de fréquence, un angle de déphasage plus ou moins grand entre les tensions des deux réseaux. Or l'homme préposé aux couplages sait, de par sa pratique, adapter l'angle d'avance suivant la vitesse de rotation du synchronoscope, et parvient ainsi à effectuer avec succès des mises en parallèle surpassant souvent en rapidité les dispositifs automatiques utilisés jusqu'à ce jour. Or le nouvel appareil que nous avons créé est justement caractérisé en ce qu'il ajuste automatiquement et avec une précision absolue, cet angle en fonction de la différence de fréquence et du temps propre du disjoncteur, au moyen d'un dispositif simple et robuste, de façon que l'ordre d'enclenchement soit donné à un instant tel que la fermeture des contacts du disjoncteur ait lieu à l'instant précis de la concordance des phases. Il devient ainsi possible d'effectuer des mises en parallèle avec des différences de fréquence telles, que même le chef de service le plus expérimenté les considère comme impossibles. Pour la mise en parallèle de machines, le couplage devient encore admissible avec une différence de fréquence pouvant atteindre 2 %, ce qui correspond à une durée de battement de 1 seconde. On peut le mieux se faire une idée de la grandeur d'une différence de fréquence de 2 % quand on pense que l'aiguille du synchronoscope effectue alors un tour par seconde. C'est surtout dans des cas de perturbation, lorsqu'une perte de temps doit être à tout prix évitée, que le nouveau dispositif automatique atteint sa pleine valeur.