Hughesübertragung auf langen Leitungen

Autor(en): **Forrer, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri**

Band (Jahr): **1 (1923)**

Heft 1

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-873066

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Doppel-Leitungen beseitigt, welche in der Regel bei den Telephonleitungen in Abständen von ca. 300 m und bei den Telegraphenleitungen in Abständen von ca. 600 m eingebaut wurden. Zur Ableitung hoher Ladungs- und Induktions-Spannungen nach der Erde werden noch Versuche mit Leitungs-Unterteilung und Einschaltung zuverlässig funktionierender Blitzplatten (Funkenstrecken in Vacuum-Röhren) durchgeführt, deren Resultate noch abzuwarten sind. Die Hauptbedingung für einen störungsfreien Betrieb ist, ausser den beschriebenen Massnahmen, eine einwandfreie Symmetrie der Doppelleitungen hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften (Isolation, Kapazität, Selbstinduktion und Leitungswiderstand).

4. Bei der elektrifizierten Gotthardbahn (Luzern-Chiasso) wurden die Freileitungen auf ungefähr $^2/_3$ der Gesamtstrecke in Kabel verlegt, bei der Lötschbergbahn Spiez-Brig auf ungefähr $^1/_4$ und bei der Linie Thun-Interlaken auf ungefähr $^4/_5$ der Gesamtlänge; bei den übrigen, eingangs erwähnten Bahnstrecken erfolgten die Verlegungen vorwiegend auf oberirdischem Wege.

Entscheidend für die Wahl von unterirdischen Kabeln oder Freileitungsbauten waren in erster Linie die topographischen und wirtschaftlichen Verhältnisse; dann aber auch die Rücksicht auf die zukünftige Entwicklung des schweizerischen Fernkabelnetzes.

Beigefügt sei noch, dass die Erdkabel bei Kreuzungen und nahen Parallelführungen mit elektrifizierten Bahnlinien mit einer eisernen Schutzhülle versehen werden, und zwar kommen als Verlegungsarten der Einzug eisenarmierter Kabel in Rohrleitungen, oder die Auslegung unarmierter Bleikabel in einen Schutzkanal aus Zoreseisen in Betracht. In solchen Fällen werden die Unterbrechungsstellen der eisernen Schutzhülle, bei Spleissungen, Schächten etc. durch einen Kupferleiter überbrückt und es wird der so durchverbundene Schutzkanal von Zeit zu Zeit geerdet. Durch diese Durchverbindung und Erdung wird ein Schutz der Kabel gegen die zerstörenden Wirkungen der Bahn-Rückleitungsströme, aber auch eine Verminderung der induktiven Einflüsse der Bahnbetriebsströme auf die Kabeladern bezweckt. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass tatsächlich die beabsichtigte Schutzwirkung in erheblichem Masse erzielt wird.

5. Ausser den sub 1—4 erwähnten Vorkehren wurden bei den Freileitungs- und Kabelanlagen, abgesehen von den gebräuchlichen Sicherungsapparaten, keine weitern, besondern Vorrichtungen zum Schutze der Schwachstromleitungen gegen die Einflüsse des elektrischen Bahnbetriebes angeordnet.

Auf Seite der Bahnanlagen wurden dagegen verschiedene Vorkehren zur Herabminderung der störenden Fernwirkungen getroffen. Bei der elektrifizierten Bahnstrecke Bern-Thun (ca. 30 km) wurde die Fahrleitung im Dreileiter-System mit Auto-Transformatoren angeordnet und probeweise auch mit Saugtransformatoren ausgerüstet. Diese Massnahmen haben jedoch nicht eine genügende Wirkung ergeben, um auf die Wegverlegung der staatlichen Schwachstromleitungen vom Bahnkörper verzichten zu können. Der Vorteil steht somit in keinem Verhältnis zu den ganz erheblichen Kosten, so dass man von der Anwendung dieser Mittel wieder abgekommen ist. Grosser Schutzwert wird jedoch dem Vorhandensein möglichst vieler Speisepunkte auf der Fahrleitung beigemessen. Nach unserer Erfahrung sollten die Speisungen in Abständen von ca. 30—40 km angeordnet werden, damit jedes auf der Strecke befindliche Fahrzeug seinen Betriebsstrom von 2 Seiten erhält, wobei die Ströme im Fahrdraht in entgegengesetzter Richtung zur Lokomotive fliessen und sich in ihrer Fernwirkung auf die Schwachstromleitungen zum Teil kompensieren. Auch ist es von grösster Bedeutung, dass beim Bau der Generatoren und Bahnmotoren auf die möglichste Vermeidung von Oberschwingungen der Spannungs- und Stromkurven Bedacht genommen wird.

6. Wenn sowohl auf Seiten der Schwachstromanlagen als auch bei den Bahnanlagen alle vorhandenen Einrichtungen in normalem Betriebszustande sind, so darf der Schwachstrombetrieb als durchaus befriedigend bezeichnet werden. Es ist allerdings nicht zu vermeiden, dass in den Fernsprechleitungen zeitweise schwache Geräusche auftreten, welche auf das Anfahren der Lokomotiven auf den Stationen oder auf das Befahren starker Steigungen mit ausserordentlich schwer belasteten Zügen zurückzuführen sind. Diese Geräusche sind in der Regel jedoch so schwach, dass sie dem ungeübten Ohr kaum auffallen und auf alle Fälle die Verständigung nicht beeinträchtigen.

7. Vorübergehend auftretende stärkere Störungen kommen vor, bei Kurzschlüssen oder Ueberspannungs-Erscheinungen auf den Fahr- und Speiseleitungen der Bahn, bei Unregelmässigkeiten in der Fahrdrahtspeisung oder bei Unsymmetrie der elektrischen Eigenschaften (hauptsächlich Isolationsfehler) bei den Schwachstromanlagen.

8. Die Erfahrung hat ergeben, dass die in der Schweiz zum Schutze der Schwachstromanlagen gegen Störungen durch den elektrischen Bahnbetrieb getroffenen Massnahmen im allgemeinen genügen. Die Vervollkommnung und der weitere Ausbau dieser Schutzvorkehren wird indessen aufmerksam im Auge behalten, damit die weitern Fortschritte der Technik nicht unbeachtet bleiben. Wir sind jedoch überzeugt, dass die Elektrifikation der Bahnen kein Hindernis für die Entwicklung des Telegraphen- und Telephonwesens bilden und den zweckmässigen Ausbau des Schwachstromnetzes nicht beeinträchtigen wird.

Hughesübertragung auf langen Leitungen.

Von A. Forrer, Bern.

Es ist eine längst bekannte Tatsache, dass ein auf einer Telegraphenleitung zirkulierender Stromimpuls nicht gleichzeitig und in der gleichen Form auf der Empfangsstation eintrifft, wie er von der Sendestation in die Leitung geschickt wird. Diese Veränderung ist auf den Einfluss der elektrischen Eigenschaften der Leitung selbst zurückzuführen. Es sind hauptsächlich zwei Faktoren, welche den Strom-

verlauf in unerwünschtem Sinne beeinflussen, nämlich die Selbstinduktion und die Kapazität (Ladefähigkeit) der Leitung.

Der namentlich auf Eisenleitungen infolge deren Selbstinduktion auftretende Extrastrom wirkt dem raschen Anwachsen des Telegraphierstromes bei der Zeichenabgabe entgegen. Dieser Vorgang wird noch durch die nicht zu umgehende Selbstinduktion der Empfängerwicklung unterstützt, so dass der ankommende Strom erst allmählich die zur Betätigung des Empfängers erforderliche Stärke erreicht.

Der beim Unterbrechen der Stromsendung neuerdings auftretende Extrastrom ist dem vorausgegangenen Telegraphierstrom gleichgerichtet und verursacht infolgedessen eine Verlängerung und ein langsames Abflauen des Stromimpulses. Die verzögernde Wirkung dieses Extrastromes wird durch den remanenten Magnetismus des Empfangselektromagnets noch verstärkt.

Während die Ladefähigkeit der Eisenleitungen im allgemeinen sehr gering, die Selbstinduktion dagegen sehr gross ist, überwiegt umgekehrt die Kapazität auf den Leitungen, welche aus Kupferdraht bestehen. Solche Leitungen wirken wie Kondensatoren, d. h. sie benötigen einen gewissen Teil des Stromstosses zu ihrer eigenen Ladung. Das Telegraphierzeichen wird also erst nach Beendigung dieser Ladung auf der Empfangsstation eintreffen. Bei Stromunterbrechung auf der Sendestation hat die in der Leitung aufgespeicherte Elektrizitätsmenge das Bestreben, sich von der Leitungsmitte aus über beide Endstationen gegen die Erde auszugleichen, mit andern Worten, die Leitung entladet sich. Der über die Sendestation abfliessende Entladestrom weist entgegengesetzte und derjenige der Empfangsstation gleiche Polarität auf, wie der ursprüngliche Telegraphierstrom (Ladestrom).

In Fig. 1 ist der Verlauf eines Telegraphierimpulses (ausgezogene Pfeile) und des darauffolgenden Entladestromes (gestrichelte Pfeile) auf einer die Stationen A und B miteinander verbindenden Telegraphenleitung angedeutet. In der Empfangsstation übt der Entladestrom die gleiche verzögernde Wirkung auf den Telegraphierstrom aus, wie der Extrastrom auf einer Leitung mit grosser Selbstinduktion.

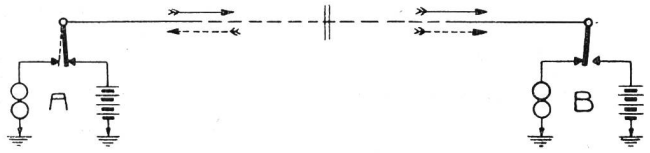


Fig. 1

In der Sendestation dagegen macht sich der Entladestrom als sogenannter Rückstrom (Rückschlag) unangenehm bemerkbar, indem er durch deren Empfängerwicklung in die Erde abfliesst, sobald der Sendehebel nach der Zeichenabgabe in die Ruhelage zurückkehrt. Die Folge davon ist ein unbeabsichtigtes Ansprechen des eigenen Empfängers nach jeder Zeichensendung, wenn der Entladestrom so stark ist, dass er die ihm entgegenwirkende Selbstinduktion der Apparatenwicklung überwinden kann.

Die Wirkungen der Leitungskapazität und der Selbstinduktion auf die Stromsendung sind vollständig entgegengesetzter Natur. Während erstere den von der Sendestation in die Leitung gesandten Stromimpuls gewissermassen aufsaugt, wirkt die Selbstinduktion der gleichen Leitung dem Anwachsen des Stromes entgegen. Wenn diese beiden elektrischen Eigenschaften ein und derselben Leitung in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen, heben sie sich in ihrer Wirkung gegenseitig auf, wodurch ein für das Telegraphieren idealer Leitungszustand geschaffen wird. Diesen Zustand sucht man auf längern, grosse Kapazität aufweisenden Kabelleitungen durch Pupinisierung (Einschalten von Selbstinduktionsspulen in bestimmten Abständen) annähernd zu erreichen.

Die auf einer Telegraphenverbindung zulässige Telegraphiergeschwindigkeit hängt vom Widerstand und vom elektrischen Zustand der Leitung ab. Bei langen, gewöhnlich aus oberirdischen Drahtleitungen und unterirdischen Kabelstrecken zusammengesetzten Verbindungen wird die Schnelligkeit der Zeichengebung in den meisten Fällen durch die Entladeströme stark beeinträchtigt, weil letztere zuerst abfliessen müssen, bevor ein neues Zeichen telegraphiert werden darf.

Beim Hughesapparat wird durch eine sehr sinnreiche Konstruktion die Entladung wesentlich erleichtert. Wenn bei diesem Apparatensystem der Telegraphierstrom den in der Ruhelage an den Magnetpolen haftenden Anker abgeworfen und die mechanische Auslösung der Druckvorgänge bewirkt hat, wird die Leitung über den Anker und den Auslösehebel direkt mit dem Apparatenmassiv verbunden. Im Empfangsapparat können somit die Entladeströme ohne weiteres direkt in die Erde abfliessen, und zwar unter Umgehung der Elektromagnetwicklung. Auch im Sendeapparat kann sich die Leitung nach der Zeichenabgabe noch direkt gegen Erde entladen, weil der Kontakthebel in die Ruhelage zurückkehrt, bevor die Verbindung zwischen Anker und Auslösehebel (Massiv) aufgehoben wird.

Wenn es sich jedoch um eine lange Leitung handelt, wird die Entladung durch den grossen Widerstand und durch die Selbstinduktion (Extrastrom) des Leiters derart verzögert, dass ein Teil des Entladestromes seinen Weg zur Erde durch die Wicklung des Hughesapparates nehmen muss. In diesen Fällen wird die Hugheskorrespondenz zur Unmöglichkeit, da die Apparate durch die Entladeströme unbeabsichtigt zum Ansprechen gebracht werden.

Es ergibt sich die Notwendigkeit, eine lange Hughesleitung in zwei oder mehr Stromkreise zu unterteilen und an jeder Trennstelle eine Relaisübertragung einzuschalten. Dadurch wird erstens die Einwirkung der den Telegraphenbetrieb störenden Kapazität der Leitung vermindert und zweitens kann mit einer kleineren Batteriespannung gearbeitet werden.

In Fig. 2 ist eine gewöhnliche, durch neutrale Relais gebildete Uebertragung (Translation) mit den beiden Endstationen A und B schematisch dargestellt. Der Stromverlauf der Zeichenübermittlung ergibt sich aus der Zeichnung von selbst und soll hier nicht weiter erörtert werden. Die in der Schweiz verwendeten Uebertragerrelais (O.T.D.-Modell 1913

und 1919) arbeiten auch bei schnellstem Hughestempo einwandfrei, solange die Intensität der auf den einzelnen Leitungsstrecken auftretenden Entladeströme eine bestimmte, der Empfindlichkeit der Relaisanker entsprechende Grenze nicht überschreitet.

Bei Leitungen, die ganz oder teilweise aus unterirdischen Kabeln bestehen, ist die Ladung schon auf verhältnismässig kurzen Strecken sehr stark, so dass die daraus resultierenden Rückströme die Wirkungsweise der Uebertragerrelais störend beeinflussen. Wenn beispielsweise in Fig. 2 der Anker des Relais R II nach der Uebertragung eines auf der Leitung 1

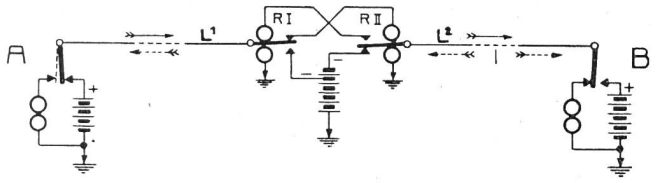


Fig. 2.

über den Anker des Relais R I eingegangenen Zeichens in die Ruhelage zurückkehrt, wird ein Teil des auf der Leitung 2 auftretenden Entladestromes durch die Wicklung des Relais R I in die Erde abfliessen. Der Anker dieses Relais wird dadurch einen kurzen Moment angezogen und schickt einen Stromstoss nach der Sendestation A.

Es ist klar, dass unter diesen Umständen kein guter Hughesbetrieb zu erzielen ist, weil der Stromkreis der einen durch die Entladeströme der andern Leitung beständig unterbrochen wird. Aus diesem Grunde ist es unbedingt nötig, vermittels besondern Einrichtungen und Zusatzschaltungen die störende Wirkung der Entladeströme vom Relaisanker fernzuhalten. Dabei kann es sich in keinem Falle darum handeln, die Entladung der Leitung zu unterdrücken. Das auf die Pause zwischen zwei Telegraphierzeichen fallende Abfliessen der Entladeströme soll im Gegenteil möglichst beschleunigt und erleichtert werden; denn jedes neue Zeichen muss eine entladene Leitung vorfinden, wenn es in der richtigen Form auf der Empfangsstation eintreffen soll.

Die für eine fehlerfreie Uebermittlung noch zulässige Telegraphiergeschwindigkeit wird ganz erheblich erhöht, sobald sich eine Leitung nach jeder Stromsendung sofort vor der Wicklung des Translationsrelais direkt gegen Erde entladen kann.

Unter den bisher auf langen Leitungen mit grosser Kapazität zur Verwendung gelangten Translationssystemen sind hauptsächlich zu nennen:

1. Translation mit polarisierten Relais,
2. Translation mit polarisierten Relais u. Induktanzrollen,
3. Translation d'Arlincourt,
4. Translation Willot.

Die Tatsache, dass der gegen die Sendestation abfliessende Entladestrom dem eigentlichen Telegraphierstrom entgegengesetzt gerichtet ist, kann vorteilhaft ausgenutzt werden, wenn bei Translationen gemäss Fig. 2 polarisierte Relais an Stelle der neutralen verwendet werden. Der schon früher erwähnte, durch die Relaiswicklung R I zur Erde abfliessende Entladestrom der Leitung 2 wird, vorausgesetzt, dass er dem Telegraphierstrom der Station B entgegengesetzt gerichtet ist, den Anker des Relais R I nicht umlegen, sondern denselben im Gegenteil noch fester in der Ruhelage behalten.

Eine solche Translation erfordert eine der Stromrichtung der ankommenden Zeichen entsprechende einseitige Einstellung der polarisierten Relais; im weitern müssen die Batterien der Endstationen und diejenige der Uebertragerstation mit entgegengesetzten Polen an der Leitung liegen (vide Anordnung der Fig. 2).

Der Umstand, dass der Entladestrom seinen Weg zur Erde durch die Wicklung des Uebertragerrelais nehmen muss, übt auch hier einen ungünstigen Einfluss auf die Zeichensendung aus. Die Selbstinduktion des Elektromagnets eines polarisierten Relais ist infolge der Nähe des Dauermagnets bedeutend höher als bei den neutralen Relais. Dies hat zur Folge, dass die Entladung der Leitung entsprechend verzögert wird. Wenn nun ein Telegraphierimpuls durch das polarisierte Uebertragerrelais geschickt wird, bevor sich die Leitung entladen hat, wird der in der Ruhelage festgehaltene Relaisanker überhaupt nicht umgelegt, weil der in umgekehrter Richtung durch die Wicklung fliessende Entladestrom die beabsichtigte Wirkung des Telegraphierstromes annulliert. Die praktisch erreichbare Telegraphiergeschwindigkeit wird deshalb auch bei Verwendung von polarisierten Relais verhältnismässig gering sein, solange die Relaiswicklungen im Bereiche der Entladeströme liegen. Der Vorzug der grössern Empfindlichkeit und leichteren Regulierbarkeit, den die polarisierten Uebertragerrelais im Vergleich zu den neutralen besitzen, kommt erst dann zur Auswirkung, wenn sich der Entladevorgang ausserhalb der Relaiswicklungen abspielen kann.

Dies wird namentlich in Deutschland bei den Hughesübertragungen dadurch erreicht, dass auf den End- und Uebertragerstationen sogenannte Induktanzrollen als dauernder Nebenschluss zwischen Erde und Leitung eingeschaltet werden. Die bedeutende Selbstinduktion dieser Induktanzrollen ist regulierbar und kann deshalb auf den Zustand der Leitung abgeglichen werden. Die Wirkungsweise ist folgende:

Bei jeder Stromsendung fliesst ein Zweigstrom durch die Induktanzrolle und erzeugt darin ein starkes magnetisches Kraftfeld. Nach der Stromunterbrechung wird durch das Verschwinden dieses Kraftfeldes in der Wicklung der Induktanzrolle ein Extrastrom induziert, welcher dem gleichzeitig aus der Leitung abfliessenden Entladestrom entgegengesetzt gerichtet ist und denselben bei richtiger Abgleichung aufhebt.

Die Anwendung der Induktanzrollen gestattet auch auf langen Leitungen ein verhältnismässig rasches Arbeiten, solange sich der Leitungszustand innert gewissen normalen Grenzen bewegt. Bei grössern Aenderungen der Kapazität oder der Selbstinduktion müssen die Induktanzrollen in jedem einzelnen Falle wieder neu einreguliert werden, damit ein guter Betrieb aufrechterhalten werden kann.

Wie schon früher angedeutet, geht die Entladung am schnellsten und sichersten vor sich, wenn die Leitung unmittelbar nach jeder Zeichenübermittlung

einen Moment ohne Widerstand direkt an die Erde gelegt wird. Dieses Entladesystem hat der Franzose d'Arlincourt in seiner nach ihm benannten Translation verwirklicht. Die Translation d'Arlincourt besteht im wesentlichen aus sechs polarisierten Relais, wovon je ein Paar als Uebertrager-, Entlade- und Kontrollrelais dienen. Das bei jeder Zeichenabgabe von einem Lokalstrom durchflossene Entladerrelais hat den Zweck, die Leitung nach der Stromsendung einen kurzen Moment an die Erde zu legen, damit die Entladeströme unter Umgehung der Relaiswicklung abfliessen können. Der Lokalstromkreis selbst wird durch den Anker des vom abgehenden Linienstrome durchflossenen Kontrollrelais geschlossen. Infolge der besondern Konstruktion des Dauermagnets und des Ankers spricht das Entladerelais auf den eigentlichen Lokalstrom nicht an, sondern nur auf den nach dessen Verschwinden im Magnet auftretenden remanenten Magnetismus. Es würde hier zu weit führen, die Relaiskonstruktion und die elektromagnetischen Vorgänge in allen Einzelheiten zu erklären; ausführliche Beschreibungen dieses Translationssystems finden sich im „Cours sur l'appareil Hughes et les lignes souterraines" von E. Montoriol und im Band I „Der Hughesapparat der österreichischen Telegraphenverwaltung" von A. Gruber & R. Glaser.

Die Wirkung des remanenten Magnetismus äussert sich in einer sehr kurzen, aber scharfen Bewegung des Entladerelaisankers nach dem Arbeitskontakt und zurück in die Ruhelage. Die Leitung wird sich in diesem Moment direkt gegen Erde entladen, vorausgesetzt, dass die Entladung nicht schon vorher durch die Wicklung des Uebertragerrelais stattgefunden hat, oder die Entladeströme nicht zu spät eintreffen. Da die Zeitdauer, während welcher die Leitung direkt mit der Erde verbunden wird, ausserordentlich kurz ist, müssen die Relais der d'Arlincourt-Translation so eingestellt werden, dass das Entladerelais im gleichen Moment in Tätigkeit tritt, wo der Entladevorgang seine grösste Intensität zu entwickeln beginnt, mit andern Worten, Entladung und Erdverbindung müssen in die gleiche Phase fallen. Trifft dies nicht zu, so wird gleichwohl ein gewisser Teil der Entladeströme durch die Relaiswicklungen in die Erde abfliessen und den Betrieb stören. Aus dem Gesagten geht hervor, dass auch die Translation d'Arlincourt noch keine ideale Lösung darstellt, weil die Relais nach jeder wesentlichen Aenderung des Leitungszustandes wieder neu eingestellt werden müssen.

Die direkte Ablenkung der Entladeströme von der Leitung zur Erde nach der Stromsendung wurde erstmals beim Betriebe von langen Morseleitungen in Britisch Indien nach dem System Schwendler mit vollem Erfolge angewendet.

Dieses Entladesystem ist in Fig. 3 (Morse-Endstation) dargestellt. Zwischen dem Arbeitskontakt des Tasters T und der Linienbatterie B ist ein Entladerelais R mit einem verhältnismässig schweren und trägen Anker eingeschaltet. Der Arbeitskontakt dieses Relais ist mit der Erde und das Ankermassiv mit dem Ruhekontakt des Tasters verbunden. Bei Tasterdruck wird das Entladerelais R vom abgehenden Linienstrom durchflossen, und der Anker bewegt sich infolgedessen gegen den mit der Erde verbundenen Arbeitskontakt. Nach beendigter Stromsendung wird die Batterie wieder unterbrochen und

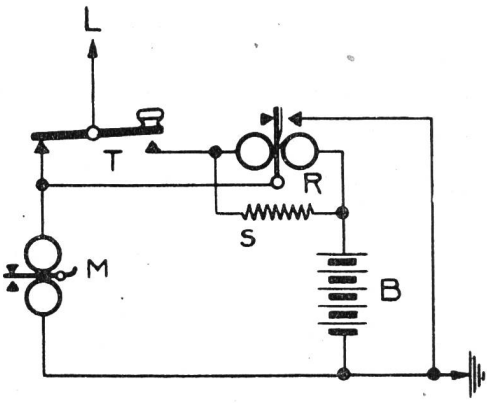


Fig. 3.

der Taster kehrt mit einer gewissen Schnelligkeit in die Ruhelage zurück. Der Anker des Entladerelais bleibt aber infolge seiner mechanischen Trägheit (Inertie) und wegen der Einwirkung der Selbstinduktion der Wicklung etwas länger in der Arbeitslage stehen. Die Leitung kann sich nun über den mittlerweile in die Ruhelage zurückgekehrten Taster — vor dem Morseempfänger M — über den noch in der Arbeitslage befindlichen Relaisanker direkt gegen die Erde entladen. Zur Sicherstellung der Erdverbindung ist der Anker auf der Seite gegen den Erdkontakt noch mit einer beweglichen Feder versehen, welche den Kontakt mit der Erde noch eine kurze Zeit aufrechterhält, wenn sich der Ankerhebel schon in der Rückbewegung gegen den Ruhekontakt befindet. Der parallel zur Wicklung geschaltete Shunt S vergrössert erstens das zur vollständigen Entladung der Leitung nötige Nachhinken des Entladerelais und verhindert zweitens die Funkenbildung beim Loslassen des Tasters.

Die erwähnte Translation Willot ist nichts anderes als eine Anwendung des Systems Schwendler bei den Relaisübertragungen. Diese Uebertragereinrichtung besteht im Gegensatz zur d'Arlincourt-Translation lediglich aus zwei polarisierten Uebertrager- und zwei Entladerelais. Letztere sind nach Art der Klopferrelais konstruiert und besitzen, analog der Anordnung Schwendler, ebenfalls einen schweren, mit Kontaktverlängerungsfeder ausgerüsteten Anker. Der Verlauf der Verbindungen der auf beiden Leitungsseiten angebrachten Entladeschaltung ist der gleiche, wie in Fig. 3 dargestellt, mit dem Unterschiede, dass an Stelle des Tasters T der Uebertragerrelaisanker und an Stelle des Morseapparates M die Wicklung des andern Relais treten.

Bei diesem System kann sich die Leitung auch bei grössern Verschiebungen der Ladevorgänge ohne Nachregulierung der Relais noch unmittelbar gegen Erde entladen, weil infolge der grossen mechanischen Trägheit des Entladerelaisankers die direkte Verbindung zwischen Leitung und Erde um ein Mehrfaches länger andauert als bei der d'Arlincourt-Translation. Die Hauptbedingung für ein einwandfreies Arbeiten der Translation Willot liegt darin, dass das Entladerelais auf sämtliche abgehenden

Telegraphierzeichen genau anspricht und dass dessen Anker während der Pause zwischen zwei Stromimpulsen in die Ruhelage zurückkehrt. Infolge der natürlichen Trägheit des Ankers wird aber auch bei diesem Uebertragersystem nur mit einer mässigen Telegraphiergeschwindigkeit gearbeitet werden können. Bei einem schnellen Hughestempo dagegen wird das Entladerelais den raschen Kombinationen nicht mehr zu folgen vermögen.

Dieser Nachteil wird solange bestehen, als die zur Entladung der Leitung erforderliche Verzögerung der Ankerbewegung von der Inertie des Ankers selbst abhängig ist. Beim Hughesbetrieb wird eine solche Uebertragung erst dann den Anforderungen einer raschen Verkehrsabwicklung gewachsen sein, wenn das Entladerelais die gleiche Empfindlichkeit und eine ebenso leichte Ankerkonstruktion besitzt, wie die eigentlichen Uebertragerrelais. Das Problem der Phasenverschiebung zwischen Uebertrager- und Entladerelais muss daher statt auf mechanischem, auf rein elektrischem Wege gelöst werden.

Von dieser Erwägung ausgehend, hat nun der Verfasser dieser Abhandlung vor einiger Zeit bei der im Telegraphenbureau Basel auf der Hughesverbindung Berlin-Mailand eingeschalteten Translation versuchsweise eine auf elektrischen Vorgängen beruhende Entladeschaltung eingerichtet. Die auf der zum Teil aus unterirdischen Kabeln bestehenden, doppeldrähtigen Teilstrecke Basel-Mailand auftretenden Entladeströme hatten früher die Hugheskorrespondenz zwischen Mailand und Berlin stark behindert und zeitweise sogar unmöglich gemacht.

Seit der Einführung dieser Entladeschaltung arbeitet die genannte Translation sehr zuverlässig und ohne Funkenbildung. Die Relais müssen nicht mehr so häufig wie früher neu eingestellt werden und gestatten auch, mit erheblich schnellerem Hughestempo zu arbeiten, weil durch die neue Anordnung die Entladung der Schleifenleitung beschleunigt wird. In Fig. 4 ist die aus neutralen Relais bestehende Translationseinrichtung mit einseitiger Entladeschaltung schematisch dargestellt.

Als Entladerelais R III wird das sehr empfindliche, neutrale Uebertragerrelais (Modell O.T.D. 1919) verwendet, welches wie bei der Translation Willot zwischen dem Arbeitskontakt des Uebertragerrelais R I und der Uebertragerbatterie B eingeschaltet ist.

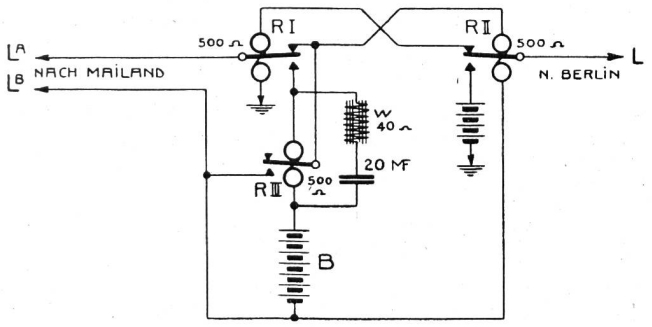


Fig. 4.

Parallel zum Relais RIII ist ein induktiver Widerstand W, sowie eine durch Kondensatoren gebildete künstliche Kapazität angeschlossen (Widerstand W und Kondensatoren unter sich hintereinander geschaltet). Die verhältnismässig grosse Kapazität von 20 Mf und der Widerstand W haben den Zweck, die zum richtigen Funktionieren der Entladevorrichtung nötige Verzögerung (Phasenverschiebung) des Relais RIII gegenüber dem Relais RI herzustellen.

Mit dieser Schaltung wird tatsächlich erreicht, dass auch bei schnellstem Hughestempo der Anker des Entladerelais noch den mit der Rückleitung LB verbundenen Arbeitskontakt berührt, wenn der Anker des Relais RI nach der Zeichenübertragung wieder in die Ruhelage zurückgekehrt ist. Da das empfindliche Relais RIII auf sämtliche Stromimpulse der Batterie B genau anspricht, kann die Entladung der Schleifenleitung nach jeder Zeichenabgabe in der Richtung Mailand direkt und ungehindert von der Leitung LA zur Leitung LB stattfinden.

Die Verzögerungswirkung lässt sich wie folgt erklären: Sobald ein in der Richtung von Berlin eintreffender Stromimpuls das Uebertragerrelais RI betätigt, wird der Stromkreis der Schleife gegen Mailand geschlossen. Da die ziemlich bedeutende Selbstinduktion des in diesem Stromkreise eingeschalteten Relais RIII dem Anwachsen des neuen Stromes (Batterie B) entgegenwirkt, fliesst derselbe vorerst über den der Relaiswicklung beigegebenen Nebenschluss, und zwar solange, bis die Kondensatoren geladen sind. Der induktive Widerstand von 40 Ohm wirkt ebenfalls, ähnlich wie die Selbstinduktion des Entladerelais, dem Strome entgegen. Er kann aber gegen die kräftige Wirkung der grossen künstlichen Kapazität von 20 Mf, welche von der Leitungskapazität noch unterstützt wird, nicht aufkommen, sondern wird höchstens die Dauer der Ladung etwas in die Länge ziehen. Die Ladespitze des abgehenden Stromes wird also zum grossen Teil durch den Nebenschluss und nicht durch das Relais RIII gehen. Letzteres tritt infolgedessen erst in Funktion, wenn der abgehende Strom seinen Dauerwert erreicht hat. Damit wird schon eine gewisse Verzögerung der Ankerbewegung des Entladerelais gegenüber dem Uebertragerrelais RI erzielt.

Nach Beendigung des von Berlin eingetroffenen Stromimpulses kehrt der Relaisanker RI rasch in die Ruhelage zurück und unterbricht den von der Batterie B in die Schleifenleitung fliessenden Strom. Der Anker des Entladerelais dagegen wird durch die im gleichen Augenblicke über den Widerstand W und die Relaiswicklung stattfindende Entladung der Nebenschlusskondensatoren noch etwas länger in der Arbeitslage festgehalten, weil der Entladestrom in der gleichen Richtung durch das Relais fliesst wie der Telegraphierstrom.

Die dem allzuschnellen Entladen der Nebenschlusskondensatoren entgegenwirkende Selbstinduktion des Widerstandes W und der Relaiswicklung verhindert unter allen Umständen, dass der Anker des Entladerelais den Arbeitskontakt verlässt, bevor der Anker des Uebertragerrelais RI in die Ruhelage zurückgekehrt ist. Vermittels dieser Schaltung wird eine genügende Phasenverschiebung der Ankerbewegung bei den Relais RI und RIII erreicht, selbst dann, wenn die Entladung der Telegraphenleitung, wie es bei langen Schleifenverbindungen gewöhnlich der Fall ist, verhältnismässig langsam vor sich geht. Die Entladung der Leitung LA erfolgt daher nach

jeder Zeichenabgabe direkt über den Relaisanker RIII analog dem System Schwendler und unter Umgehung der Wicklung des zweiten Uebertragerrelais.

Bei eindrähtigen Leitungen, wo die Entladung infolge der widerstandslosen Erdrückleitung bedeutend schneller vor sich geht als bei längern Schleifenleitungen, wird mit einem gewöhnlichen, induktionslosen Widerstand im Nebenschluss oder sogar mit blosser Kapazität auszukommen sein, weil die Selbstinduktion der Relaiswicklung allein schon die Entladung der Nebenschlusskondensatoren genügend verzögert. In denjenigen Fällen, wo die angegebenen Werte zur Beseitigung des Rückschlages nicht ausreichen, müssen die künstliche Kapazität und der induktive Widerstand auf empirischem Wege auf die in Betracht kommende Leitungsstrecke abgestimmt werden.

Dieses Entladesystem übt in keiner Weise einen nachteiligen Einfluss auf die Zeichenbildung aus; der Telegraphierstrom fliesst, wie oscillographisch nachgewiesen worden ist, vollständig ungeschwächt in die Leitung. Da die Entladung der Schleife in der Richtung gegen die Uebertragerstation dank der Tätigkeit des Entladerrelais begünstigt und beschleunigt wird, kann bei normaler Einstellung der verschiedenen Relais auf der genannten Hughesverbindung mit einer verhältnismässig grossen Telegraphiergeschwindigkeit gearbeitet werden.

Die oszillographischen Aufnahmen der Stromkurven wurden an einer künstlichen Schleifenleitung von 5500 Ohm Widerstand und 12 Mf Kapazität aufgenommen. Am einen Ende dieser Schleife war ein Hughesapparat angeschlossen, welcher über einen am andern Leitungsende befindlichen Translationssatz mit einem zweiten Hughesapparat in Verbindung stand. Die Entladeströme waren so stark, dass auch bei langsamstem Tempo eine Verständigung zwischen den beiden Apparaten absolut nicht zu erzielen war, sobald das Entladerelais abgeschaltet wurde. Bei eingeschalteter Entladevorrichtung dagegen wurden die engsten Hugheskombinationen bei schnellstem Apparatentempo anhaltend fehlerfrei übertragen.

In Fig. 5 sind die mit dem Oscillographen aufgenommenen Stromkurven eines Hugheszeichens am Anfang (Kurve I) und am Ende der Schleifenleitung (Kurve II) dargestellt. Da mit den beiden Kurven gleichzeitig der Lichtnetzstrom (40 Perioden) photographiert wurde, konnte auch die Zeitdauer der verschiedenen elektrischen Vorgänge und die zeitliche Länge eines Hugheszeichens überhaupt genau ermittelt und durch die Zeitskala in der Fig. 5 zum Ausdruck gebracht werden.

Die Kurve I (abgehender Strom) beginnt mit einer plötzlich ansteigenden Ladespitze, deren Intensität das Mehrfache des nach erfolgter Ladung beim Punkte A einsetzenden Dauerwertes des eigentlichen Hugheszeichens ausmacht. Beim Punkte B, d. h., wenn der Uebertragerrelaisanker I (Fig. 4) den Arbeitskontakt verlässt, fällt die Kurve des abgehenden Stromes infolge Unterbrechung des Stromkreises auf Null zurück. In der stromlosen Strecke C—D kommt die Zeit zum Ausdruck, welche der Relaisanker benötigt, um von der Arbeits- in die Ruhelage zurückzukehren. Sobald er den Ruhekontakt berührt (Punkt D), tritt die Entladevorrichtung in Funktion. Der in umgekehrter Richtung ebenfalls sehr kräftig einsetzende Entladestrom weist

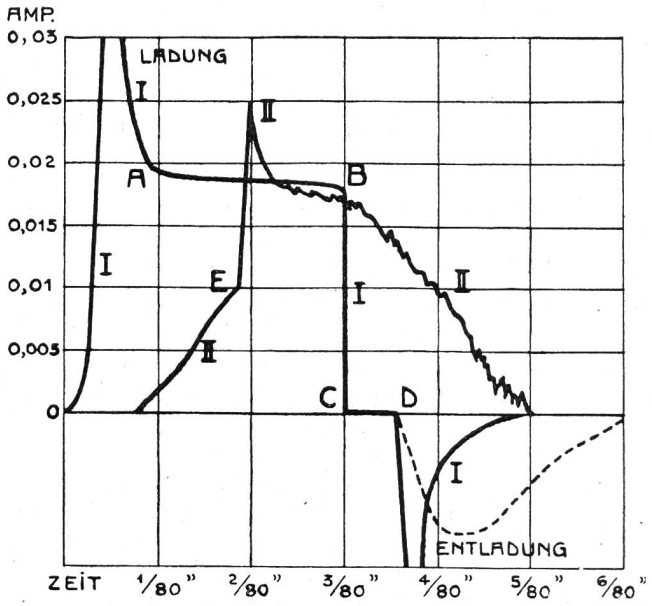


Fig. 5.

ungefähr die gleiche steil ansteigende Form auf, wie die Ladespitze. Ohne Entladevorrichtung würde die Entladekurve durch die Selbstinduktion der Wicklung des Relais RII stark abgeflacht und in die Länge gezogen (punktierte Kurve).

Die Kurve II (ankommender Strom) beginnt erst, nachdem die Leitung geladen ist. Sie steigt infolge der Selbstinduktion der polarisierten Empfängerwicklung langsam an bis zum Punkte E. Letzterer stellt den Moment dar, wo der Anker des Empfangsapparates abgeworfen wird und die Leitung A direkt mit dem Apparatenmassiv bezw. mit der Rückleitung in Verbindung kommt. Die plötzliche Ausschaltung der grossen Selbstinduktion und des Widerstandes von 1200 Ohm der Empfängerwicklung äussert sich in einer ziemlich rasch ansteigenden Kurvenspitze, bevor der ankommende Strom seinen Dauerwert annimmt.

Nach dem Unterbrechen des Stromkreises fliesst ein Teil des Entladestromes der Schleife über den Empfänger ab. Dies bewirkt, dass die Empfangsstromkurve etwas länger andauert und erst allmählich den Nullwert erreicht. Die zackige Form der Kurve II rührt davon her, dass der Kontakt zwischen Anker und Auslösehebel (Massiv) nicht absolut stabil ist, sondern infolge der mechanischen Arbeit der zahlreichen beweglichen Apparatenteile (Kupplung, Druckpartie etc.) in Schwingungen versetzt wird.

Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, beträgt die Länge eines abgehenden Hughesimpulses 5/80 = 0,0625 Sekunden (Ladung und Entladung der Schleifenleitung inbegriffen), während der auf der Empfangsstation aufgenommene Strom noch ca. 4/80 = 0,05 Sekunden umfasst. Diese Zahlen entsprechen einer Umlaufgeschwindigkeit der Hughesapparate von 130 Touren pro Minute.

Die beschriebenen Versuche sind auf der gleichen künstlichen Leitung auch bei Anwendung einer

Induktanzrolle an Stelle des Entladerelais ausgeführt worden. Die oscillographischen Aufnahmen ergaben folgendes Bild:

Der abgehende Strom wies bei gleicher Spannung ungefähr die dreifache Intensität auf als beim andern Entladesystem. Der ankommende Strom dagegen war trotz der stärkern Stromabgabe um 25% schwächer, weil ein erheblicher Teil des in die Leitung gesandten Stromes vom Induktanz-Nebenschluss absorbiert wurde. — Die Verwendung von Induktanzrollen zur Kompensierung der Entladeströme übt demnach einen ungünstigen Einfluss auf die Zeichenbildung aus. Damit der ankommende Strom die zum Betriebe erforderliche Stärke erreicht, ist es nötig, mit einer wesentlich höheren Spannung zu arbeiten, trotzdem die Stromentnahme aus der Linienbatterie dreimal so gross ist als bei der Verwendung von Entladerelais.

Einfluss der Kabelkapazitäten auf die Fortpflanzung der Telephonströme.

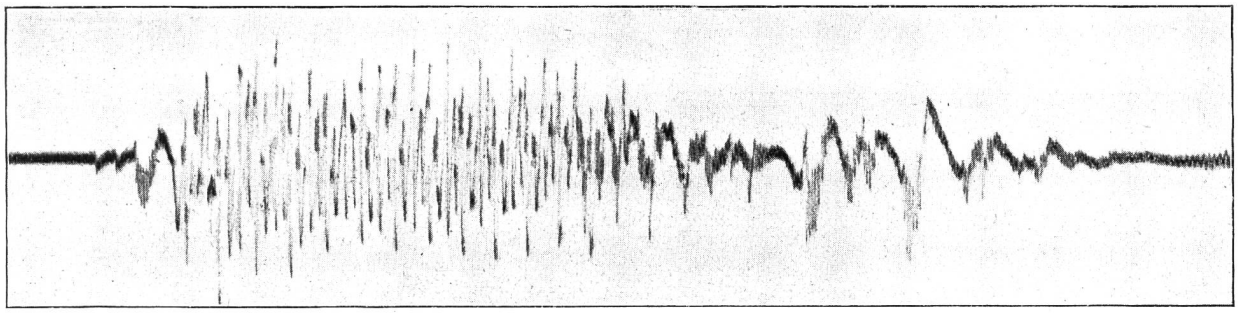
Von Dr. H. Keller, Bern.

Telephonströme sind komplizierte Wechselstromvorgänge, welche sich wellenartig über die Leitungen fortpflanzen. Da das Mikrophon die Sprache nur wenig verzerrt, stellen die hervorgebrachten Stromschwankungen ein ziemlich genaues Bild der Schallschwingungen dar. Je nach Tonhöhe und Klangfarbe der Sprache zeigen diese Telephonströme bestimmte Formen und Periodenzahlen. Sie können mit Oszillographen sichtbar gemacht und photographiert werden. Da in allen Fällen verschiedenartige Wechselströme sich übereinander lagern, zeigen die erhaltenen Oszillogramme einen sehr verwickelten Aufbau. Die wichtigsten dabei auftretenden Periodenzahlen liegen innerhalb der Grenzen 300 und 3000 Perioden pro Sek. Bei Kenntnis der Dauer der gesprochenen Worte können an Hand der Kurvenbilder alle darin vorkommenden Periodenzahlen herausgelesen werden. Die mittlere Periodenzahl liegt ungefähr bei 800. Abb. 1 zeigt eine photographische Aufnahme des Telephonstromes der übermittelten Worte: „Technische Mitteilungen". Für deren Aussprache waren $1\frac{1}{2}$ Sekunden erforderlich.

Abbildung 1:

Tech-

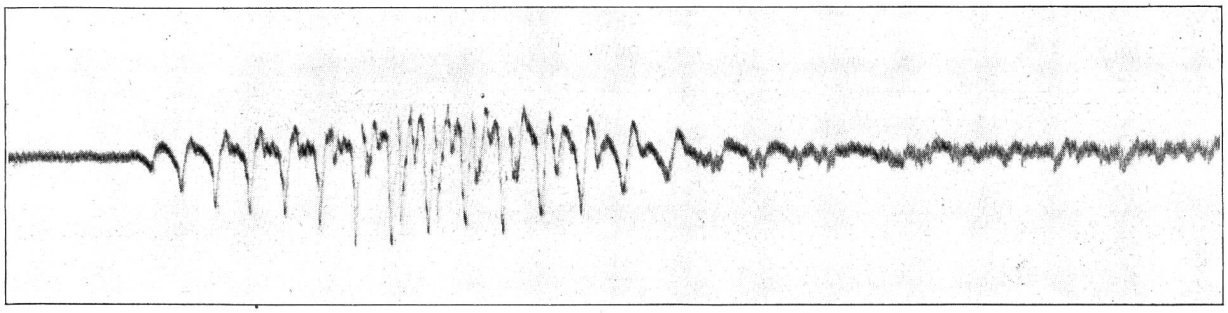
a



b

-nisch-

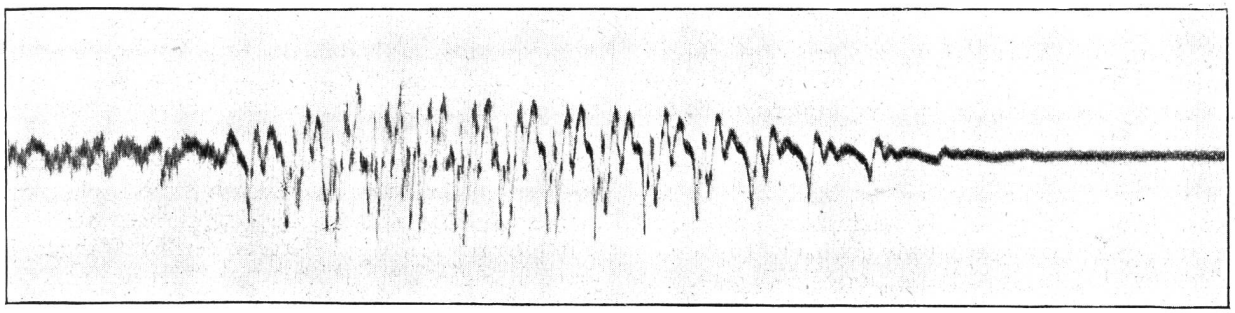
b



c

-sche

c



d