Wirkung der Distanz-Aenderung zwischen den Belastungsspulen eines Stromkreises auf die charakteristische Impendanz desselben

Autor(en): **Collard, J.**

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): **3 (1925)**

Heft 2

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-873896

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

rührend, dass nicht immer die gleichen Schwachstromleitungen zu den Strom- und Spannungsmessungen verwendet wurden. Zudem ist zu bedenken, dass es sich nicht um streng genaue Messungen handelt, weil eine ganze Anzahl von Faktoren nicht wohl berücksichtigt werden konnte (Impedanz der Leitungen, Kapazitätswirkungen, Schirmwirkung der Leitungsdrähte unter sich etc.).

Schliesslich möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass Herr G. Sulzberger, Kontroll-Ingenieur beim eidg. Eisenbahndepartement und Herr H. Haueter, damals Ingenieur bei der Lötschbergbahn, bei der Aufnahme, Ausmittlung und Zusammenstellung der Versuchsresultate in sehr erheblichem Masse beteiligt waren und durch ihre Mitwirkung wertvolle Dienste leisteten.

Wirkung der Distanz-Aenderung zwischen den Belastungsspulen eines Stromkreises auf die charakteristische Impedanz desselben.

Von J. Collard, Ing. d. Western Electric Co.

Für einen erfolgreichen Verstärkerbetrieb im schweizerischen Kabelnetz ist es wichtig, dass die Stromkreise verschiedener Kabelabschnitte dieselben Impedanzverhältnisse aufweisen. Die schweizerische Verwaltung hat daher beschlossen, für sämtliche Kabel mittelschwere Induktanzbelastung anzuwenden, das heisst in die Stammstromkreise Spulen von 0,177 Henry und in die Phantomkreise Spulen von 0,107 Henry, beide in Abständen von 1800 Metern, einzuschalten.

Bei einigen durch Tunnels geführten Kabeln ist es jedoch unmöglich, die normale Distanzierung für die Belastungsspulen einzuhalten, weil man gezwungen ist, die Spulen in den an der Seitenwand des Tunnels angebrachten und in Abständen von 2000 Metern angeordneten Nischen unterzubringen. Zwei Beispiele dieser Art sind der Simplon- und der Gotthard-Tunnel.

Die auf die Längen-Einheit des Kabels entfallende Induktanz der Belastungsspulen ist in diesem Falle annähernd 10 % geringer als bei normaler Spulendistanzierung, und die charakteristische Impedanz, die ungefähr dem Werte $\sqrt{\frac{L}{C}}$ entspricht, wird gegenüber dem normalen Werte um zirka 5 % vermindert. Beim Simplon-Kabel hat man sich dadurch geholfen, dass man die gegenseitige Kapazität der Stromkreise um ungefähr 10 % vermindert hat, mit dem Ergebnis, dass die charakteristische Impedanz auf den normalen Wert zurückging. Gegenstand der vorliegenden Betrachtung ist es nun, zu zeigen, dass diese Methode zur Erzielung eines normalen Impedanzwertes im üblichen Frequenzbereich für Fernsprechkabel mit Erfolg angewandt werden kann.

Vom theoretischen Standpunkte aus betrachtet, scheinen zunächst zwei Gründe gegen diese Methode zu sprechen. Einmal der, dass die auf die Einheitslänge entfallende Induktanz des Stromkreises selbst um ungefähr 10% grösser ist bei 2000 Metern Spulen-

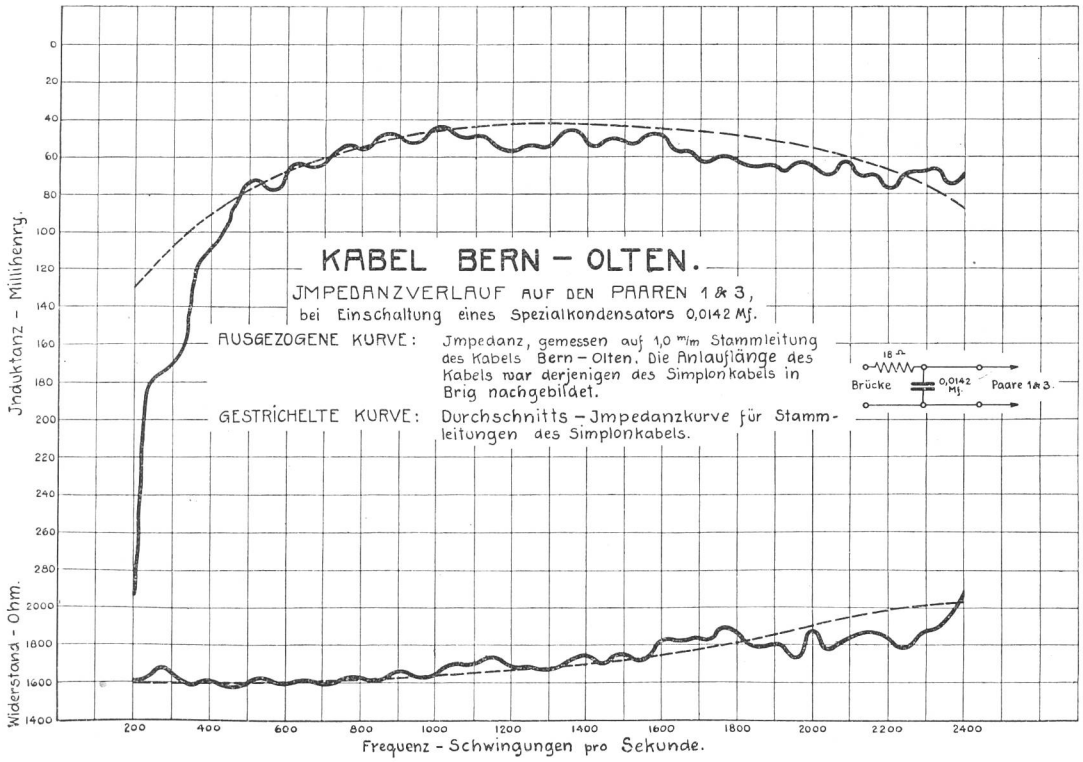

Fig. 1.

distanz als beim normalen Falle von 1800 Metern, und zum andern, dass der Widerstand des Stromkreises ebenfalls um 10 % grösser ist als bei normaler Spulendistanz.

Die Induktanz des Stromkreises selbst ist jedoch so klein im Vergleiche zu der durch die Belastungsspulen hinzugefügten Induktanz, dass die Vermehrung von 10 % nicht genügt, um einen merklichen Unterschied in der charakteristischen Impedanz zu verursachen; zudem kann durch geeignete Wahl der gegenseitigen Kapazität die Wirkung jeder Induktanzänderung kompensiert werden.

Ebenso ist die Widerstandszunahme des Stromkreises von geringer Bedeutung, weil im Ausdrucke $R + jwL$ die Widerstandskomponente (mit Ausnahme von Frequenzen, die ausserhalb des für die Uebertragung in Frage kommenden Frequenzbereiches liegen) vernachlässigt werden kann.

jedoch beträchtlich länger als ein halbes Spulenintervall ist, konnte ein direkter Vergleich nicht angestellt werden, weil die Impedanz eines Stromkreises von der Länge des Endabschnittes abhängt.

Um die an einem solchen Kabel gewonnenen Messungen in direkten Vergleich bringen zu können mit den Impedanzwerten eines auf ein halbes Spulenintervall endigenden Kabels mit normaler Spulen-Distanz, können entweder die gemessenen Impedanzen des anormalen Kabels durch Subtrahierung der auf das über ein halbes Intervall hinausgehende Endstück entfallenden Impedanzen rechnerisch auf normale Verhältnisse transformiert werden, oder ein Stromkreis mit normaler Spulendistanz und auf ein halbes Intervall endigend, kann durch Hinzufügen eines zu den Klemmen parallel geschalteten passenden Kondensators den in Vergleich zu ziehenden abnormen Verhältnissen angepasst werden.

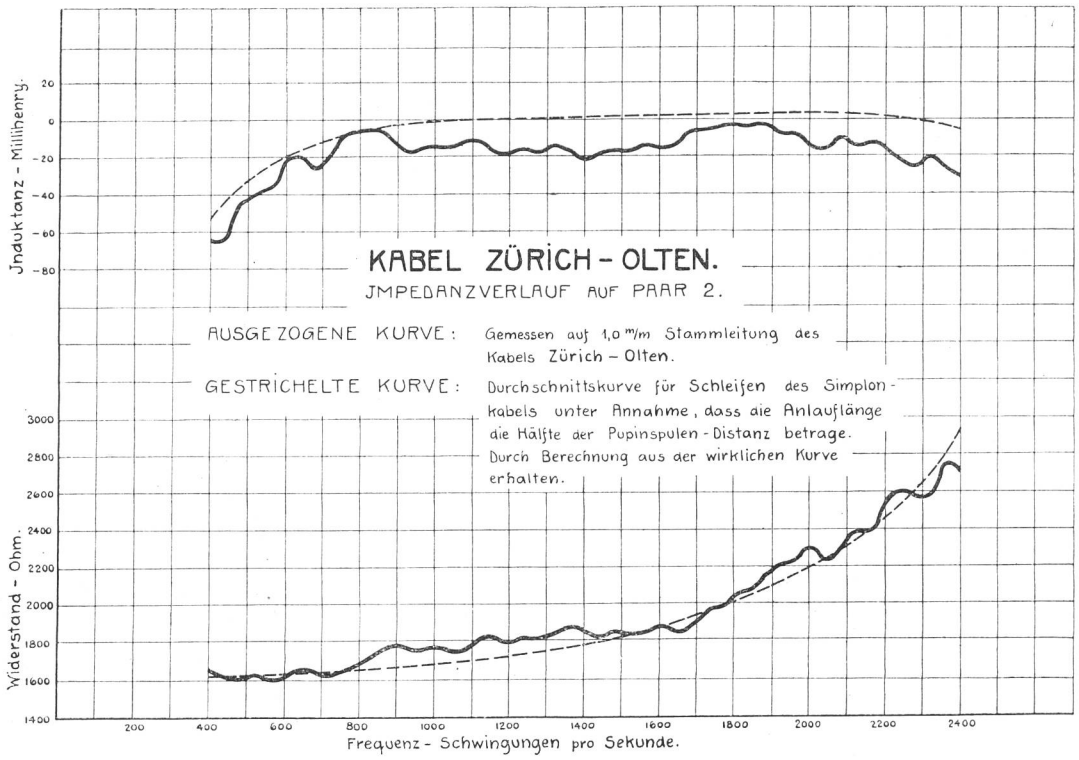

Fig. 2.

Es ergibt sich daher, dass die durch die Erweiterung der Spulendistanz hervorgerufene Aenderung der charakteristischen Impedanz durch das einfache Mittel der entsprechenden Verminderung der gegenseitigen Kapazität kompensiert werden kann.

Um auch experimentell einen Einblick in diese Verhältnisse zu verschaffen, wurden die folgenden Messungen und Berechnungen ausgeführt.

Wie oben erwähnt, beträgt im Falle des Simplonkabels die Spulendistanz 2000 Meter, wobei die gegenseitige Kapazität um den entsprechenden Wert vermindert wurde. Ein Vergleich der Impedanzkurven dieses Kabels mit solchen, die an einem Kabel mit normalen Spulen-Intervallen gewonnen wurden, sollte nun auf den ersten Blick zeigen, ob die charakteristische Impedanz für beide Fälle dieselbe ist. Da der Endabschnitt des Simplonkabels

Im Falle des Simplonkabels wurden beide Methoden angewandt; deren Ergebnisse sind aus den Figuren 1 und 2 ersichtlich.

In Fig. 1 sind die an einem 1,0 mm-Stromkreis des Bern-Olten-Kabels gemessenen Induktanz- und Widerstandswerte kurvenmässig dargestellt. Der zur Messung herangezogene Stromkreis wurde durch Hinzufügen eines passenden Serie-Widerstandes und einer Parallel-Kapazität dem in Brig auslaufenden Ende des Simplonkabels angeglichen. Die Messungen wurden alsdann in der üblichen Weise unter Verwendung einer 1 B-Impedanz-Brücke und eines 4 A-Oszillators ausgeführt. Gemessen wurde in Bern, wobei die beiden Kabel-Adern in Olten zu einer Schleife geschlossen wurden und das Kabelende in Bern auf eine übliche für 1,0 mm-Kabel bestimmte Kunstleitung geschaltet wurde.

Die sich aus den Messungen ergebenden Kurven sind in Fig. 1 in voll ausgezogener Linie dargestellt. Die überlagerten punktierten Kurven entsprechen den mittleren Induktanz- respektive Widerstandskurven einer 1,0 mm-Schleife des Simplonkabels.

Wie ersichtlich, besteht eine auffallende Uebereinstimmung sowohl zwischen den beiden Induktanz- als auch zwischen den Widerstandskurven, woraus sich eine ebensolche Uebereinstimmung der Impedanzwerte ergibt.

Es folgt daraus, dass der beobachtete Unterschied zwischen den Impedanzen des Simplonkabels und denjenigen eines mit normalen Spulenabständen gebauten Kabels einzig auf den Längenunterschied der Endabschnitte zurückzuführen ist und keineswegs auf die in Spulenabständen und gegenseitiger Kapazität bestehenden Verschiedenheiten.

In Fig. 2 ist eine an einer 1,0 mm-Schleife des Zürich-Olten Kabels aufgenommene Impedanzkurve dargestellt. Die gemessene Schleife besass normale Spulendistanzen von ungefähr 1800 Metern und endigte in einem halben Spulenintervall.

Die auf demselben Kurvenblatt gezeichneten punktierten Linien zeigen den Verlauf der Widerstands- und Induktanzkomponenten einer in folgender Weise erhaltenen Impedanzkurve.

Der Mittelwertskurve einer Schleife des Simplonkabels wurde für eine gegebene Frequenz, zum Beispiel 800 P/sec., die Widerstands- und Induktanzkomponente der betreffenden Impedanz entnommen; sie heissen R und L. Unter Zuhilfenahme folgender Formel wurden sodann die Werte R und L in die entsprechenden Werte R^1 und L^1 eines gleichen, aber auf ein halbes Spulenintervall endigenden Stromkreises transformiert.

$$Z^1 = \frac{Z}{1 - jwCZ} \quad \text{wobei} \quad \begin{array}{l} Z = R + jwL \text{ und} \\ Z^1 = R^1 + jwL^1 \end{array}$$

Dasselbe wurde nun für verschiedene Frequenzen wiederholt und die jeweils erhaltenen Werte R^1 und L^1 in Kurven aufgetragen, wie sie die punktierten Kurven der Fig. 2 darstellen. Wie ersichtlich, stimmen die punktierten Kurven mit den vollausgezogenen überein, woraus sich ebenfalls ergibt, dass, wenn das Simplonkabel in einem halben Spulenintervall endigen würde, die Impedanzkurven genau dieselben wären, wie diejenigen irgend eines Kabels mit normalen Spulenabständen.

Die theoretische und praktische Bestätigung ist so stichhaltig, dass bewiesen sein dürfte, dass die Impedanz einer Kabelschleife mit anormalen Spulenabschnitten durch geeignete Aenderung der gegenseitigen Kapazität der Stromkreise auf denselben Wert gebracht werden kann wie die an einem normal gebauten Kabel zu messende Impedanz, und dass diese Tatsache für den ganzen, für pupinisierte Fernsprechkabel in Frage kommenden Frequenzbereich zutrifft.

Es besteht daher kein Zweifel, dass ein erfolgreicher Verstärker-Betrieb auch dann durchgeführt werden kann, wenn einzelne Kabelabschnitte nicht die normale Spulendistanz aufweisen, vorausgesetzt, dass die gegenseitige Kapazität der in diesem Abschnitte verlaufenden Stromkreise passend einreguliert wird.

Instrument universel avec galvanomètre à bobine mobile S. et H. Les Mesures les plus courantes

par H. Fellrath.

La figure 1 donne une vue d'ensemble de l'instrument. Un de ses avantages principaux consiste en la possibilité d'effectuer des mesures très rapides, le galvanomètre possédant un très grand amortissement et les déviations de la bobine mobile étant directement proportionnelles au courant (voir H. Dreisbach, édition 1908).

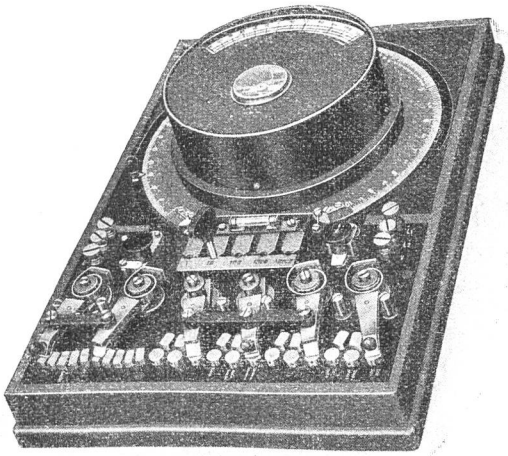

Fig. 1.

Cet instrument permet d'exécuter:

1° Mesures de résistance de 1 à 100,000 ohms avec le pont à fil.
   a) d'un fil simple avec terre de retour;
   b) d'un lacet avec et sans terre;
   c) détermination du lieu d'un défaut d'un lacet à terre.

2° Mesures d'isolement jusqu'à environ 3 mégohms avec une batterie de 16 volts et environ 50 mégohms avec une batterie de 200 volts.
   a) d'un fil ou d'un lacet contre la terre;
   b) d'un fil, d'un lacet par rapport à l'autre.

3° Mesure du courant passant d'un fil ou d'un lacet sur un autre.

4° Mesure de courant dans les limites de 0,03 à 0,3 ampères et de tension jusqu'à 120 volts.

Les cas indiqués sous 3 et 4 ne seront pas relevés; ces mesures ont lieu, si nécessaire, par des instruments spéciaux.

Le galvanomètre a une résistance de 25 ohms; il est monté sur un plateau rond en ardoise, dont le bord supporte un fil de mesure en constantan. Ce fil a les caractéristiques suivantes: diamètre 0,25 mm, longueur 66 cm, résistance entre les extrémités fixées sur le plateau d'ardoise env. 7 ohms et