

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri
Herausgeber:	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
Band:	25 (1947)
Heft:	2
Artikel:	Die Grundlagen der Trägerstrom-Telephonie
Autor:	Jacot, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-875738

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: 25.01.2026

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

Die Grundlagen der Trägerstrom-Telephonie

Von H. Jacot, Bern

621.395.44

Einleitung¹⁾

Im Laufe der letzten Jahre, besonders vor dem Ausbruch des Weltkrieges, wurden in immer grösserem Masse Ausrüstungen für Trägerstrom-Telephonie entwickelt, um auf wirtschaftliche Weise den stets wachsenden Bedürfnissen des Sprechverkehrs auf langen Fernleitungen zu genügen. Auch in der Schweiz studierte man die Möglichkeit, die Zahl der Verbindungswege zu vermehren, ohne neue Kabel auslegen zu müssen. Ein erster Schritt in dieser Richtung wurde im Jahre 1937 mit der Inbetriebsetzung von sechs Einfach-Trägerstromsystemen zwischen Basel und Zürich getan, bei welchen auf den leicht belasteten Vierdraht-Phantomstromkreisen (H-20) dem Niederfrequenzstromkreis ein Trägerstromkreis überlagert wurde. Während des Krieges wurde infolge der ständigen Verkehrszunahme und der anhaltend wachsenden Knappheit der Rohstoffe logischerweise die Möglichkeit geprüft, die Trägerstrom-Telephonie in vermehrtem Masse auf unserem Kabelnetz anzuwenden, unter der Voraussetzung, dass sie für diesen Zweck besonders den Gegebenheiten angepasst werden könne.

Da mehrere dieser Trägerstrom-Ausrüstungen in der nächsten Zeit in Betrieb gesetzt werden oder bereits in Betrieb stehen, schien es uns nützlich, die Grundbegriffe der Trägerstrom-Telephonie jenen Lesern in Erinnerung zu rufen, die keine Gelegenheit haben, sich in die ziemlich umfangreiche Literatur, die über diese Materie bereits in allen Sprachen erschienen ist, zu vertiefen, die aber durch ihre beruflichen Obliegenheiten direkt oder indirekt damit zu schaffen haben. Da der Leserkreis, wie es in der Natur der Sache liegt, in bezug auf den Bildungsgrad sehr verschieden ist, befleissen wir uns, die Darstellungen so einfach wie möglich zu halten. Den besonders interessierten Lesern wird es ein leichtes sein, sich die einschlägige Literatur zu verschaffen. Anderseits liegt es nicht in unserer Absicht, detaillierte Beschreibungen der Stromkreise der in Frage stehenden Systeme zu geben, sondern nur deren Grundprinzipien zu erläutern, ausgenommen jene Fälle, wo die Systeme allzu sehr voneinander abweichen.

Historisches

Die Telefonströme werden auf den oberirdischen metallischen Leitungen oder in den Kabeladern in ihrer ursprünglichen Frequenz übermittelt. Indessen können oberirdische Leitungen oder nicht pupinierte Kabel viel höhere Frequenzen übertragen, als die für eine gute Verständlichkeit eines Telephon-

gesprächs notwendige höchste Tonfrequenz. Der mit der Anwendung der Trägerstrom-Telephonie verfolgte Zweck ist der, die Sprechströme durch Frequenzen zu übertragen, die von den vom Teilnehmer erzeugten Sprechstromfrequenzen verschiedenen sind, mit andern Worten, letztere in ein höheres Frequenzband zu verschieben und damit einer metallischen Leitung mehrere Sprechkanäle zu überlagern. In kleinerem Ausmaße wurde ein ähnliches Ergebnis schon durch die Ausnutzung der Phantomleitung zweier metallischer Verbindungen erreicht. Durch Anschluss an die Mittelpunkte, Seite Leitung, der Uebertragerspulen der Stammleitungen erhält man eine dritte Verbindung, auf der Telephonsgespräche geführt werden können, die diejenigen der Stammleitungen nicht beeinflussen. In diesem Falle ist jedoch das übermittelte Frequenzband daselbe, wie dasjenige der Stammleitungen.

Schon im Jahre 1900 dachte man daran, die Sprechströme durch Ströme höherer Frequenz, deren Amplitude abhängig war von derjenigen der Mikrophonströme zu übertragen, und dann am andern Ende der Leitung diese Hochfrequenzströme wieder in Hörfrequenzen umzusetzen. Versuche, bei denen ähnliche Grundsätze wie bei der drahtlosen Telegraphie und Telephonie zur Anwendung gelangten, wurden im Jahre 1910 in Europa und in den Vereinigten Staaten von Amerika gemacht.

Der Nutzen, mehr als ein Telephonsgespräch auf ein und demselben metallischen Leiter übertragen zu können, wurde alsbald erkannt, doch erst seit dem Jahre 1918 konnte das System der Trägerstrom-Telephonie auf wirtschaftlicher Grundlage entwickelt werden. Es ist dies hauptsächlich durch die Verwendung neuer einfacher Elemente, zum Beispiel im Modulator, möglich geworden, so dass man an eine Verwendung von Trägerströmen im grossen denken konnte.

Terminologie

Das Verfahren, die Amplitude eines Hochfrequenzstromes durch Sprechströme zu beeinflussen, heisst man «Modulation», den entgegengesetzten Vorgang am andern Ende der Leitung, der darin besteht, den Hochfrequenzströmen die Sprechströme wieder zu entnehmen, nennt man «Demodulation». Das Element, das die Modulation ermöglicht, heisst man «Modulator» und das für die Demodulation dienende «Demodulator». Da gewöhnlich Modulator und Demodulator zu einer Einheit vereinigt sind, dem Modulator-Demodulator, findet man, besonders in der englischen Terminologie, die Abkürzung «Modem» gebräuchlich zur Bezeichnung einer vollständigen Einheit, in der die Modulation und die Demodulation eines Kanals oder einer Gruppe von Kanälen stattfindet. Der Hochfrequenzstrom, mit

¹⁾ Die Originalarbeit, unter dem Titel «Principes de la téléphonie à courantes porteurs», erschien im Jahrgang 1945, Nr. 5, S. 193, und Nr. 6, S. 248. Einer wiederholten Nachfrage nach einer deutschen Uebersetzung geben wir hiermit Folge.

dessen Hilfe die Sprechströme in ein höheres Frequenzband versetzt werden, wird «Trägerstrom» genannt, denn man kann sich vorstellen, dass er die Sprechströme tatsächlich längs der metallischen Leitung trägt, wie dies durch die Hertz'schen Wellen im Raum geschieht. Die «oben und untern Seitenbänder der Modulation» befinden sich am Ausgang des Modulators als Modulationsprodukt, wie wir später sehen werden.

Ein «Filter» ist ein aus Kapazitäten und Selbstinduktionsspulen bestehendes Netzwerk, das gewisse Frequenzen durchlässt und andere unterdrückt, bzw. stark dämpft. Man unterscheidet «Tiefpassfilter», «Hochpassfilter», «Bandpassfilter» und die «Bandsperrre». Wenn gewisse Elemente des Filters durch Quarzkristalle ersetzt werden, so erhält man die sogenannten «Kristallfilter», die in bestimmten Frequenzlagen hinsichtlich der Qualität grosse Vorteile bieten. Diese Kristallfilter wurden für Trägerstromsysteme erstmals in Amerika verwendet.

Wie funktioniert die Trägerstrom-Telephonie?

Modulation

In einem gewöhnlichen niederfrequenten Telefonstromkreis durchfliesst der Strom der Speisebatterie das Kohlenkörnermikrophon und den elektromagnetischen Hörer. Der Gleichstrom der Batterie wird durch den Einfluss des Sprechvorganges auf das Mikrophon moduliert, denn es entstehen zwischen dem Sprechorgan des Teilnehmers und der Mikrophonmembran Luftdruckveränderungen, die sich auf den Widerstand der Kohlenkörner und damit auf die Amplitude des auf die Leitung übermittelten Stromes auswirken. Diese Stromveränderungen sind die Ursache von entsprechenden Veränderungen der Anziehungskraft des Hörermagneten und werden durch die Membrane des Hörers in akustische Schwingungen verwandelt. Es werden sozusagen im Hörer die vom Mikrophon ursprünglich übermittelten Töne wieder hergestellt.

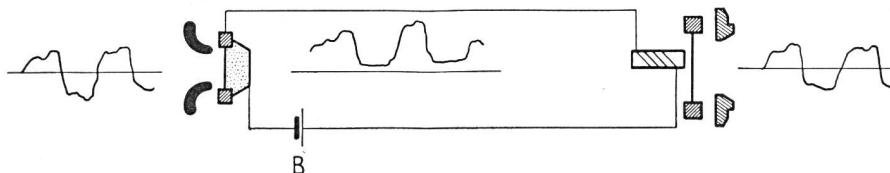


Fig. 1.

Alle für die Versetzung der Sprechfrequenzen in ein anderes Frequenzband (und umgekehrt) benötigten Elemente werden in eine «Endausrüstung» zusammengefasst.

Längs der Leitung werden zur gemeinsamen Verstärkung der von den verschiedenen Sprechkanälen erzeugten Ströme in regelmässigen Abständen «Breitband-Linienvstärker» eingebaut. In diesen Verstärkern wird gewöhnlich das Prinzip der «Gegengkopplung» angewendet, das darin besteht, vom Ausgang des Verstärkers einen Teil der verstärkten Spannung dem Eingang wieder zuzuführen, wobei gewisse Phasen- und Amplitudenbedingungen erfüllt werden müssen. Dadurch wird die Charakteristik der Verstärker hinsichtlich der Stabilität der Verstärkung, des Klirrfaktors, der Geräuschspannung usw. verbessert.

Man kann schon in diesem Falle von einer Modulation und einer Demodulation sprechen.

Schaltet man zwischen dem Mikrophon und der Leitung, die den modulierten Strom übermittelt, eine Induktionsspule oder einen Transformator ein, so wird der Gleichstrom unterdrückt und auf der Leitung findet man nur noch die den Sprechströmen entsprechenden Änderungen des Wechselstromes. Beim Hörer kann die Lokalbatterie durch einen permanenten Magneten ersetzt werden.

Ersetzt man in der Figur 1 die Batterie B durch einen Hochfrequenzgenerator, so bewirken die Widerstandsänderungen des Kohlenmikrophons entsprechende Änderungen der Amplitude des Hochfrequenzstromes (Trägerstromes). Die Figur 2 zeigt, schematisch dargestellt, eine solche Vorrichtung.

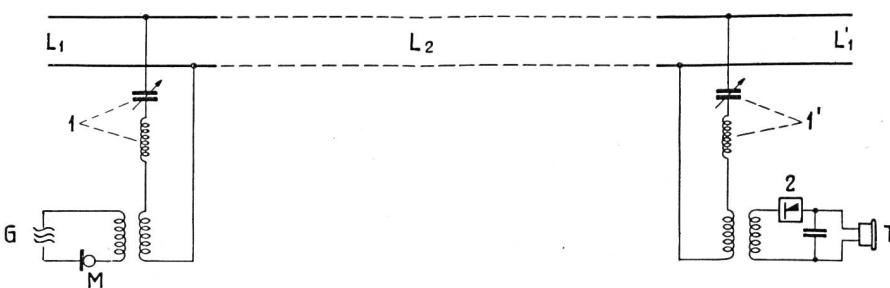


Fig. 2.

L_1, L'_1 = Teilnehmerleitung
 L_2 = Uebertragungsleitung
 G = HF-Generator

M = Mikrophon
 T = Hörer

$1, 1'$ = abgestimmte Kreise
 2 = Detektor

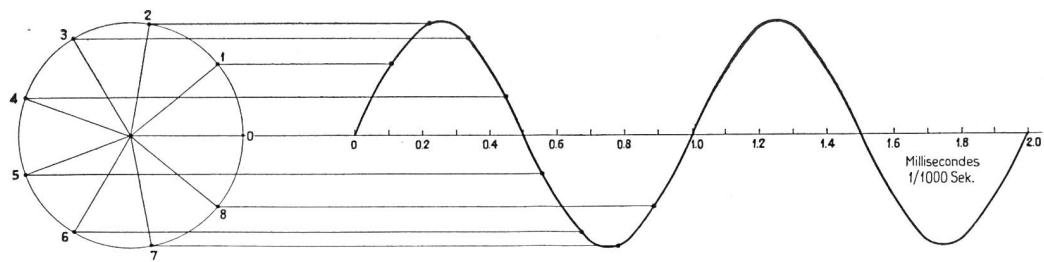


Fig. 3.

Auf der Empfangsseite ist die Batterie durch einen Detektor ersetzt. Die Kondensatoren der abgestimmten Stromkreise verhindern das Entstehen einer Interferenz zwischen den Hochfrequenzstromkreisen und den gewöhnlichen Tonfrequenzstromkreisen. Die Uebertragung, gemäss Fig. 2, kann nur von links nach rechts stattfinden; für eine Uebertragung in entgegengesetzter Richtung müsste man einen Trägerstrom mit anderer Frequenz als die schon benützte einsetzen. Im allgemeinen verwendet man bei den hier beschriebenen Trägerstromsystemen für jede Uebertragungsrichtung eine besondere Leitung, so dass man ohne weiteres die gleichen Trägerfrequenzen für die beiden Richtungen benützen kann. Auf der Niederfrequenzseite geschieht die Steuerung der Sprechströme genau wie für die gewöhnlichen Vierdraht-Stromkreise.

Um das Funktionieren eines Modulators zu verstehen, kann man sich darauf beschränken, den Fall eines sinusförmigen Stromes zu betrachten; der Fall eines Sprechstromes, der sich aus mehreren

sinusförmigen Strömen verschiedener Frequenz und Amplitude zusammensetzt, kann grundsätzlich auf die selbe Weise behandelt werden. Wir erklären nachstehend das Prinzip der Modulation auf weniger abstrakte Art und auf eine jedermann verständlichere Weise, als dies durch eine mathematische Analyse geschehen könnte.

Die Intensitätschwankung eines Wechselstromes, von 1000 Hz zum Beispiel, geht aus der Projektion einer Geraden hervor, die sich mit einer Geschwindigkeit von 1000 Umdrehungen in der Sekunde um eines ihrer Enden dreht. Der Vorgang ist in Figur 3 dargestellt. Die Skala der Zeiten ist auf der Ordinate angegeben; die Frequenz beträgt effektiv 1000 Hz.

Will man nun beispielsweise diesen Strom von 1000 Hz durch einen Strom von 10 000 Hz modulieren, so kann man annehmen, dass sich die Gerade, die den Trägerstrom darstellt, mit einer konstanten Geschwindigkeit von 10 000 Umdrehungen in der Sekunde dreht, dass sich jedoch die Länge dieser Geraden, je nach der Amplitude des modulierten

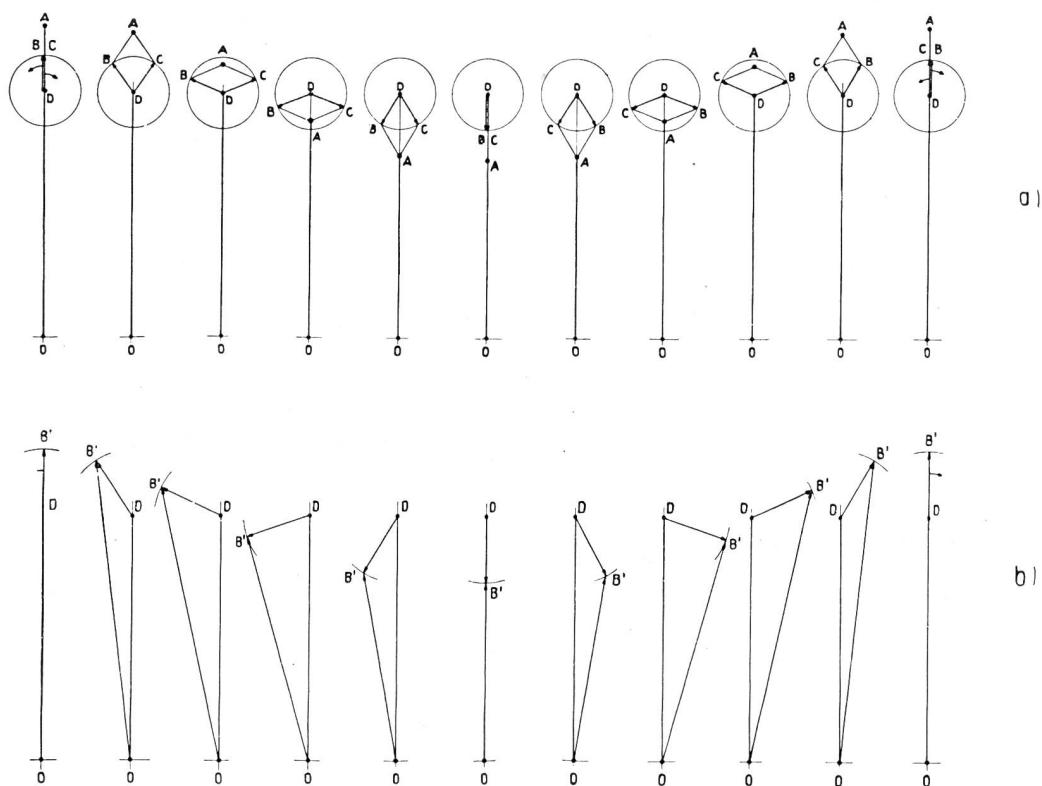


Fig. 4.

Stromes (1000 Hz), ändert. Die Figur 4 zeigt die gleiche Darstellung wie Figur 3, jedoch mit Zeitabständen von einer zehntausendstel Sekunde. Die Gerade OA stellt die Amplitude des Trägerstromes dar, die Gerade OD ist fix, während sich die gleich langen Geraden DB und DC in entgegengesetzter Richtung mit einer Geschwindigkeit von 1000 Umdrehungen in der Sekunde um den Punkt D drehen; DB und DC bilden mit OD stets gleiche Winkel. Der Punkt A wird durch die Vervollständigung des Parallelogrammes erhalten. Werden die Geraden DB und DC als Vektoren, das heisst als gerichtete Grössen betrachtet, so ergibt die Gerade AD die Summe der beiden Vektoren. Die Gerade OD dreht sich immer mit einer Geschwindigkeit von 10 000 Umdrehungen in der Sekunde, während sich die beiden Arme DB und DC in bezug auf die Gerade OD weiter mit einer Geschwindigkeit von 1000 Umdrehungen in der Sekunde drehen. Der Arm DB dreht sich in derselben Richtung wie OD mit 1000 Umdrehungen in der Sekunde mehr als OD, also mit 11 000 Umdrehungen. Der Arm DC dreht sich in der entgegengesetzten Richtung von OD mit einer Geschwindigkeit von 1000 Umdrehungen weniger in der Sekunde, also mit 9000 Umdrehungen.

Durch die Projektion der rotierenden Vektoren, wie dies in der Figur 3 geschieht, erhält man die Figur 5. Figur 5a stellt wiederum den zu modulierenden Strom dar, in unserem Beispiel mit einer Frequenz von 1000 Hz. Figur 5b ist das Resultat des durch einen Signalstrom von 1000 Hz modulierten Trägerstromes von 10 000 Hz, das heisst die Projektion des Punktes A der Figur 4. Figur 5c zeigt den Strom mit einer Frequenz von 11 000 Hz, d. h. $f_0 + f$, wenn f_0 die Frequenz des Trägerstromes und f die Frequenz des zu modulierenden Stromes bedeutet. Figur 5d zeigt den Trägerstrom mit einer Frequenz von 10 000 Hz und Figur 5e den Strom mit einer Frequenz von $f_0 - f = 9000$ Hz. Die Skala der Zeiten ist unten in Millisekunden angegeben.

Eine einfachere Darstellung, als die in Figur 4a wiedergegebene, veranschaulicht Figur 4b mit einer einzelnen Geraden DB' , die sich in bezug auf OD dreht. Die Länge OB' verändert sich, ähnlich denjenigen von OA in Figur 4a, mit dem Unterschiede, dass OB' nicht mehr mit OD ausgerichtet ist. Dies bedeutet, dass, wenn OD 10 000 Umdrehungen in der Sekunde ausführt, die Gerade OB' abwechselungsweise vor oder hinter OD steht. Die durch die Projektion des Punktes B' erhaltene Welle schwankt auf die gewollte Art, aber die augenblicklichen Ströme der modulierten Welle gehen infolge der Abweichung von OB' gegenüber OB nicht gleichzeitig mit der Trägerwelle durch Null. Nun kann aber der Umstand, dass ein Strom zum Beispiel durch Sprechströme moduliert wird, den Zeitpunkt, in dem der Strom durch Null geht, im allgemeinen nicht versetzen. Diese Erscheinung wird damit erklärt, dass, wenn irgendein Wechselstrom durch

einen Trägerstrom von beispielsweise 10 000 Hz moduliert wird, die resultierende Welle nicht mehr ein reiner sinusförmiger Strom von 10 000 Hz ist, sondern dass er noch andere Komponenten enthält, die Frequenzen von 11 000 Hz und 9000 Hz aufweisen, wie sie z. B. in den Figuren 5c und 5e dargestellt sind. Die Figuren 5c, 5d und 5e sind Komponenten von unveränderlicher Amplitude, deren Zusammensetzung den in Fig. 5b dargestellten modulierten Strom ergibt.

Das Modulationsprodukt, dessen Frequenzen $f_0 + f$ bzw. $f_0 - f$ betragen, heisst «oberes Seitenband» bzw. «unteres Seitenband». Um am andern Ende der Leitung durch die Demodulation den ursprünglichen Sprechstrom wieder erhalten zu können, genügt es, ein einzelnes Seitenband zu übertragen. Es ist auch nicht nötig, den Trägerstrom auf die Leitung zu senden, da man diesen am andern Ende der Demodulation örtlich zufügen kann; dies unter der Bedingung, dass seine Frequenz die gleiche ist wie diejenige, die für den Modulator verwendet wurde.

Für eine gute Uebertragung der Sprache kann man sich mit einem Frequenzband von 300 bis 2400 Hz begnügen; in modernen Stromkreisen von besserer Qualität mit einem solchen von 200 bis 3600 Hz. Werden diese Frequenzbänder mit einem Trägerstrom von 10 000 Hz moduliert, so erhalten wir im zweiten Falle ein unteres Seitenband von 6400 Hz (10 000—3600) bis 9800 Hz (10 000—200) und ein oberes Seitenband von 10 200 Hz (10 000 + 200) bis 13 600 Hz (10 000 + 3600). Diese Frequenzen würden somit ein Band von 7200 Hz belegen, also das Doppelte der als Höchstes übermittelten Frequenz. Mit elektrischen Filtern wird eines dieser Seitenbänder unterdrückt, so dass das beanspruchte Frequenzband auf die Hälfte reduziert wird. Indem man die Frequenz des Trägerstromes ändert, kann man mehrere Uebermittlungswägen auf ein und denselben Leitung einander überlagern; im Modulator und Demodulator werden sie durch geeignete Filter getrennt.

Die Modulation ermöglicht somit, die Tonfrequenzen in andere Lagen des Frequenzbandes zu versetzen, die noch durch die in Betracht fallenden Uebertragungssysteme übertragen werden können (oberirdische Linien, Kabelleitungen usw.).

Ursprünglich wurde die Modulation und die Demodulation ausschliesslich durch Stromkreise bewerkstelligt, die mit Verstärkerröhren ausgerüstet waren. Eine einfachere Methode ist die Gitterspannungsmodulation (Fig. 6).

Der zu modulierende Strom tritt bei A ein, der Trägerstrom dagegen bei C, wo er direkt an das Gitter der Röhre gelegt ist. Die Gittervorspannung ist grösser als bei einem Verstärker, woraus folgt, dass am Ausgang B nur wenig Trägerstrom vorhanden sein wird, solange der zu modulierende Strom noch fehlt. Man kann annehmen, dass der bei A angelegte Sprechstrom, mit verhältnismässig langsamem

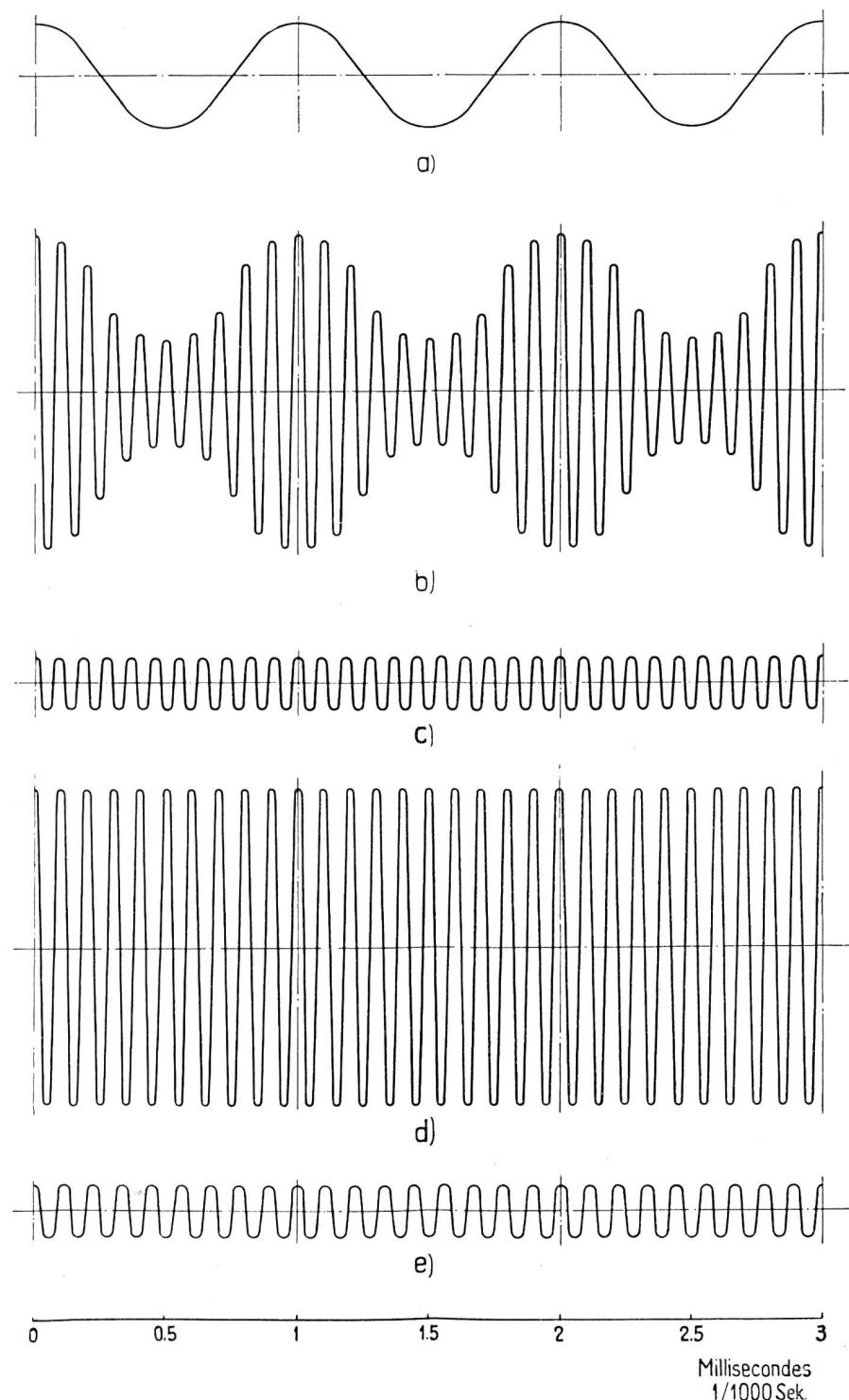


Fig. 5.

Schwankungen, dem Trägerstrom zugefügt wird und die effektive Gittervorspannung verändert. Damit nimmt die Gitterspannung bei der negativen Halbwelle des Sprechstromes zu, wodurch die Grösse des Trägerstromes am Ausgang noch verringert wird, wogegen bei der positiven Halbwelle die Ausgangsspannung des Trägerstromes zunimmt, da sich die Gittervorspannung derjenigen nähert, die in einem normalen Verstärker zur Anwendung kommt. Somit

schwankt der Trägerstrom im Rhythmus des Sprechstromes. Am Ausgang dieses Modulationssystems findet man nicht nur den Trägerstrom und die beiden Seitenbänder, sondern auch unerwünschte Komponenten der Tonfrequenzen, sowie die Oberwellen des Trägerstromes und der Frequenzen der Seitenbänder. Wenn man die Charakteristik einer Verstärkerröhre, z. B. einer Eingitterröhre, betrachtet und den Anodenstrom i_a in Abhängigkeit von der Gittervorspannung

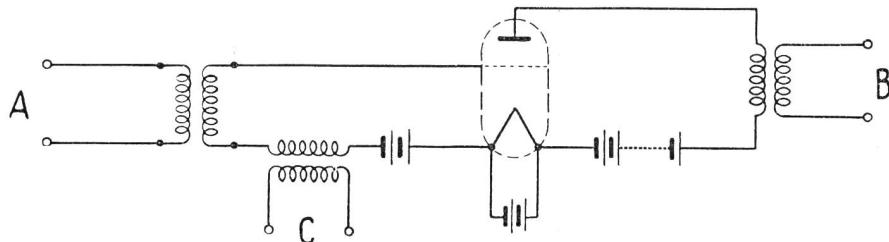


Fig. 6.

U_g des Gitters darstellt, so kann man zwei verschiedene Abschnitte unterscheiden (Fig. 7a): eine gekrümmte Linie AB und eine mehr oder weniger gerade Linie BC in demjenigen Bereich, in dem die Röhre gewöhnlich als Verstärker benutzt wird. Wir haben gesehen, dass die Gittervorspannung beim Modulator grösser ist, als beim Verstärker, so dass wir uns im Wirkungsbereiche des gekrümmten Abschnittes AB befinden. Die Verstärkerröhre wird demnach in diesem Abschnitte nicht mehr dem linearen Gesetze folgen. In einem solchen nichtlinearen Element kann man die Beziehung zwischen Strom und Spannung durch eine Potenzreihe darstellen, in der das Quadrat, der Kubus, usw. der Spannung vorkommen. Sie hat folgende Form: $i = a_0 + a_1 \cdot e + a_2 \cdot e^2 + a_3 \cdot e^3 + \dots$. Wenn sich diese Spannung aus zwei sinusförmigen Teilspannungen der Frequenzen f_0 (Träger) und f (Tonfrequenz) zusammensetzt, und wenn die Regeln der trigonometrischen Rechnung angewendet werden, so können die Ausdrücke, die die Quadrate, die Kuben oder die höheren Werte der Frequenzen enthalten, umgeformt werden; am Ausgang des Modulators findet man, wie wir schon vorher auf einfacher Art erklärt haben, eine Reihe ursprünglich nicht vorhandener Frequenzen. So erhält man eine Gleichstrom-Komponente (die leicht mit Kondensatoren oder Transformatoren unterdrückt werden kann), sowie Komponenten mit den Frequenzen $2f$, $2f_0$, $f_0 - f$, $f_0 + f$, $3f$, $3f_0$, $2f_0 \pm f$, $2f \pm f_0$ usw. Durch die Nichtlinearität des Schaltelementes erhält man, neben den ursprünglichen Frequenzen (f_0 und f), ihre Harmonischen ($2f$, $2f_0$, $3f$, $3f_0$ usw.), sowie eine Reihe von Kombinationstönen ($f_0 \pm f$, $2f_0 \pm f$ usw.). In den meisten Fällen ist die Trägerfrequenz f_0 viel höher als die

Frequenz der Sprechströme f . Durch geeignete Filter lässt man nur ein beschränktes, sich in der Nähe des Trägers befindliches Frequenzband auf die Leitung durchgehen, so dass die Harmonischen der Sprechfrequenzen, die zu tief sind, und die Harmonischen des Trägerstromes, wie auch die Kombinationstöne $2f_0 \pm f$ usw., die zu hoch sind, unterdrückt werden. Man benutzt also nur den Träger der Frequenz f_0 und eines der Seitenbänder der Modulation $f_0 + f$ oder $f_0 - f$.

Der Demodulator-Stromkreis ist identisch, jedoch mit dem Unterschiede, dass am Eingang A das Seitenband ankommt, und am Ausgang B sich wieder das Band der Tonfrequenzen findet.

Es wurden verschiedene Typen von Modulatoren entwickelt; so verwendet man in der Gegentaktschaltung statt einer Röhre deren zwei, mit dem Ergebnis, dass am Ausgang des Modulators der Trägerstrom fast vollständig aufgehoben wird.

Da man bei der Modulation den nichtlinearen Teil der Kennlinie der Röhre benutzt, kann man irgendein anderes Element verwenden, bei dem der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung nicht linear ist. Dies ist der Fall bei den Gleichrichterzellen. Diese bestehen z. B. aus Scheiben, deren eine Seite mit einer dünnen Kupferoxydschicht belegt ist, auf die, durch einen isolierten Gewindebolzen, eine Scheibe aus weichem Metall (Blei) aufgedrückt wird. An der Kontaktfläche der beiden Substanzen bildet sich eine sehr dünne Sperrscheide, die einen verschiedenen Widerstand aufweist, je nach der Richtung des Stromes, von dem sie durchflossen wird. Das Verhältnis zwischen Strom und Spannung eines solchen Elementes ist in der Figur 7b dargestellt.

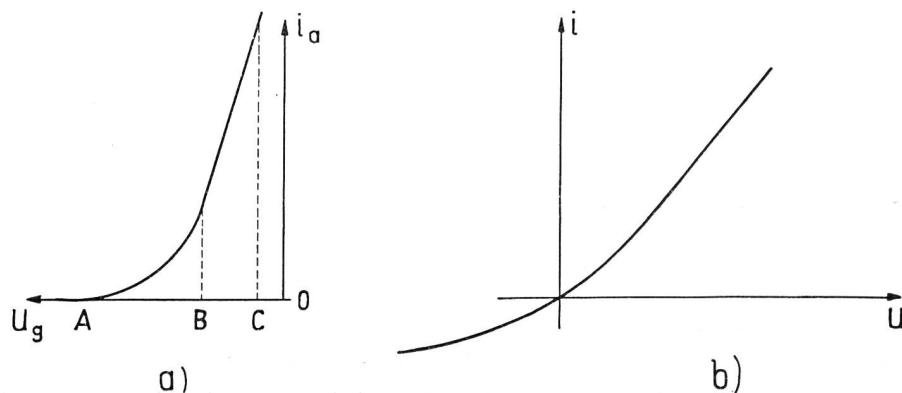


Fig. 7.

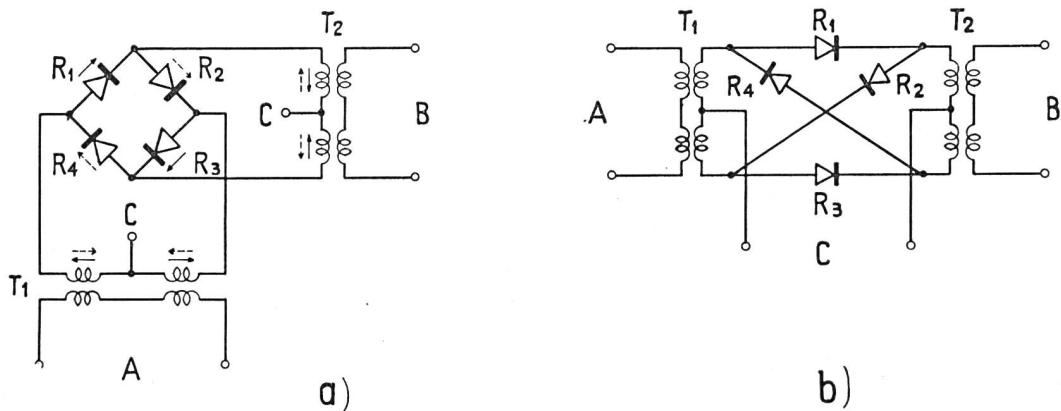


Fig. 8.

Man kann annehmen, dass die Gleichrichterzellen ähnlich einem Umschalter wirken, der den zu modulierenden Strom durchlässt, je nach der Polarität des Trägerstromes. Die Umschaltung erfolgt sehr rasch mit der Frequenz des Trägerstromes, unter der Bedingung, dass die benützte Spannung höher ist als diejenige des Signals, damit der Trägerstrom der wirkende Faktor für die Umschaltung bleibt. Der Modulator dieses am meisten verwendeten Typs kann von der Schaltung der Wheatstone'schen Brücke abgeleitet werden, was erlaubt, den Träger am Ausgang des Modulators fast vollständig zu unterdrücken. Einen solchen Modulator nennt man «Ringmodulator».

In der Figur 8a ist die Wheatstone'sche Schaltung dargestellt, während die Figur 8b den entsprechenden Stromkreis zeigt, wie man ihn in den Schemas

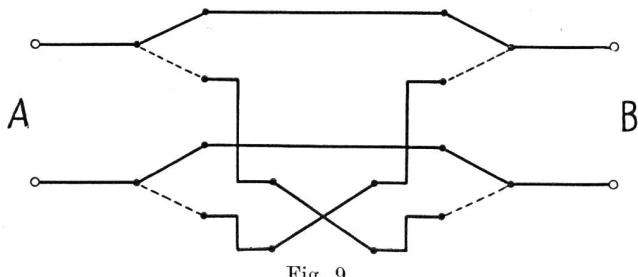


Fig. 9.

findet. Wenn die Windungshälften der Transformatoren T₁ und T₂ identisch sind und auch die Widerstände R₁, R₂, R₃ und R₄ einander gleich sind, so wird der Trägerstrom am Ausgang unterdrückt.

Um den Trägerstrom vollkommen zu unterdrücken, wird ein regulierbares Potentiometer in einen Zweig des Modulators eingebaut. Man kann die Modulation mit Gleichrichtern mit einer im Rhythmus des Trägerstromes betätigten mechanischen Unterbrechung vergleichen; beim Ringmodulator kommt noch eine Phasenumkehrung in dem vom modulierten Strom durchflossenen Stromkreis dazu. Man kann dies so bewerkstelligen, dass man die Drähte mittels eines Umschalters periodisch kreuzt (Fig. 9).

Bei A ist der Eingang des zu modulierenden Stromes, bei B der Ausgang des durch den Träger

modulierten Stromes; es entspricht dies der Unterbrechung und der Umkehrung der Phase mit einem Umschalter (im mechanischen Beispiel der periodischen Kreuzung der Drähte).

Nimmt man nun an, dass die Gleichrichter R₁ und R₃ den Trägerstrom durchlassen, während ihn die Gleichrichter R₂ und R₄ blockieren, so fliesst der Strom in der durch die dick ausgezogene Linie dargestellten Richtung; im nächsten Augenblicke, der einer Unterbrechung und einer Umkehrung der Phase entspricht, fliesst der Strom in der punktiert angegebenen Richtung, mit andern Worten, die Gleichrichter R₂ und R₄ lassen den Trägerstrom durch, während die Gleichrichter R₁ und R₃ ihn blockieren. Wenn man die verschiedenen Zeitabstände durch vertikale Linien darstellt, so erhält man ein Bild, wie es die Figur 10 veranschaulicht. Erfolgt die Modulation durch einen sinusförmigen Strom, so erhält man nicht mehr ausgesprochen scharfe, sondern mehr abgerundete Ecken.

Am Ausgang des so gestalteten Modulators weist der Strom weder den Trägerstrom noch den modulierten Niederfrequenzstrom auf. Man kann auch nachweisen, dass am Ausgang, außer den beiden Seitenbändern, andere Produkte vorhanden sind, die von den Harmonischen sowohl des Trägerstromes als auch des Niederfrequenzstromes und von verschiedenen Kombinationsprodukten herrühren (was dem früher Gesagten entspricht).

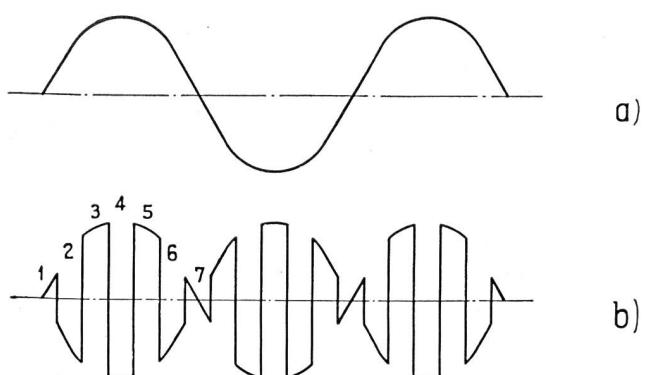


Fig. 10.

Um den Trägerstrom am Ausgang des Modulators nach Möglichkeit zu unterdrücken, wird sehr oft ein Potentiometer hinzugeschaltet, mit dem der Modulatorstromkreis genau abgestimmt werden kann. Eine andere Modulationsschaltung, der man in gewissen Trägerstrom-Systemen begegnet, ist in Figur 11 dargestellt.

Es ist der Einführung der Modulatoren mit Gleichrichtern zu verdanken, dass die Trägerstrom-Telephonie einen solchen Aufschwung erhalten hat, denn diese Elemente sind bedeutend einfacher und auch viel billiger und verlangen sozusagen keinen Unterhalt. Bei den mit Verstärkerröhren ausgerüsteten Modulatoren muss man den Stromverbrauch und die Abnutzung der Röhren mitberücksichtigen, ebenso die grössere Platzbeanspruchung.

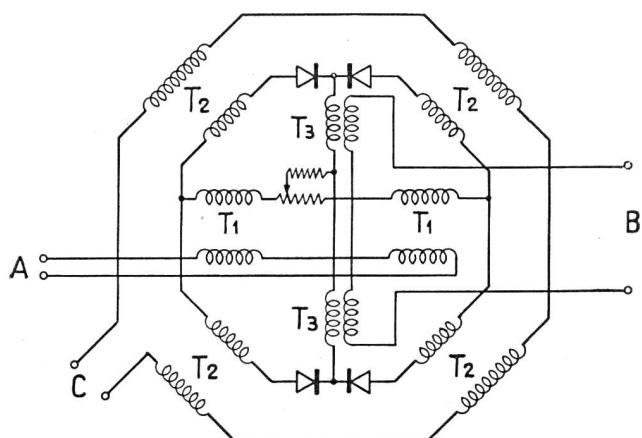


Fig. 11.

Es können Modulatoren mit Trockengleichrichtern gebaut werden, die in befriedigender Weise mit Frequenzen bis zu 100 kHz arbeiten. Für höhere Frequenzen muss die Kapazität der Elemente in Betracht gezogen werden.

Doppelte Modulation

Mit Hilfe der Modulatoren ist es somit möglich, das Tonfrequenzband in das gewünschte Frequenzspektrum zu versetzen. In der Praxis begegnet man jedoch bei den höheren Frequenzen gewissen Schwierigkeiten in der Herstellung der Filter, die für die Unterdrückung eines der Seitenbänder benötigt werden.

Bezeichnet man das zwischen den benachbarten Randfrequenzen der beiden Seitenbänder liegende Frequenzband mit Δf und mit f die Frequenz des in Betracht fallenden Trägerstromes, so ergibt die Beziehung $\frac{\Delta f}{f}$ ein Mass für die Güte des Filters und im besondern für die Steilheit seines Dämpfungsanstieges. Wenn man für jeden Uebertragungsweg ein Frequenzband von 200 bis 3600 Hz übermitteln will, so ist Δf gleich $2 \times 0,2 \text{ kHz} = 0,4 \text{ kHz}$. Beträgt die Frequenz des Trägerstromes 56 kHz

(oberer Kanal eines Systems von zwölf Kanälen), so erhält man:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{0,4 \text{ k Hz}}{56 \text{ k Hz}} \approx 0,007 = 7\%$$

Für den untern Kanal erhält man mit einem Trägerstrom von 12 kHz einen Wert von 3,3%. Man sieht also, dass dieses Verhältnis sehr stark von der Frequenz des Trägerstromes abhängt, da ja der Abstand zwischen den Kanälen konstant bleiben muss. Der Wert von 7% entspricht einer sehr strengen Bedingung für die Fabrikation der Filter, wenn man die Stabilität der Elemente unter der Wirkung der Temperaturunterschiede, die Alterung der Elemente und die Serienfabrikation in Betracht zieht.

Die Schwierigkeit, eine sehr steile Dämpfungscurve des Filters zu erhalten, ist auf den effektiven Widerstand der für die Filter verwendeten Selbstinduktionsspulen zurückzuführen. Die Beziehung $\frac{\omega L}{R}$ ist somit der Hauptfaktor, der der Anwendung von Spulenfiltern in höheren Frequenzlagen Grenzen setzt.

Man kann dieser Unzulänglichkeit auf zwei Arten begegnen:

1. Man behält die gewöhnliche Fabrikation der Filter mit den bis anhin benützten Elementen bei und reduziert durch eine zusätzliche Modulation die Grösse der Beziehung $\frac{\Delta f}{f}$. Dieses Verfahren wird bereits in der Technik der Rundspruchübertragung angewendet.
2. Durch die Verwendung von Kristallen (z. B. von Quarzkristallen) kann man elektrische Filter zusammenstellen, bei denen die durch die Kristalle gebildeten Elemente einen sehr hohen $\frac{\omega L}{R}$ -Wert haben (bis 20 000), womit man für die Bezeichnung $\frac{\Delta f}{f}$ genügend kleine Werte erhält. Sofern man Quarzfilter verwendet, ist man von der Schwingungsfrequenz der Quarzlamellen abhängig, so dass man auch hier genötigt ist — wenn auch aus einem ganz andern Grunde —, eine zweifache Modulation zu gebrauchen, um sämtliche Kanäle in den Bereich der höheren Frequenzen zu bringen, die man in Gruppen von 12 mittels eines Trägerstromes von beispielsweise 120 kHz moduliert; hierauf wird das untere Seitenband benutzt, womit sämtliche Kanäle in das Frequenzband von 12 bis 60 kHz versetzt werden.

Will man im ersten Falle ein Frequenzband von 200 bis 3600 Hz übertragen, so moduliert man vorerst jeden Kanal mit einem Träger von 8 kHz. Man erhält dadurch einen Wert von ungefähr 5% für den Dämpfungsanstieg der Bandfilter dieser Vormodulation (Beziehung $\frac{\Delta f}{f}$). Das untere Seitenband wird verwendet, das obere unterdrückt. Wenn

man dieses Band durch die 12 Träger mit Frequenzen von 20 bis 64 kHz moduliert und den ungünstigsten Fall annimmt, d. h. denjenigen mit der höchsten Trägerfrequenz, so erhält man für die Beziehung $\frac{\Delta f}{f}$ einen Wert von ungefähr 0,14 oder 14%, d. h. $\frac{8,8}{64}$. Mit der doppelten Modulation ist es also möglich, in allen Kanälen ein gleiches, sehr breites Frequenzband mit einem Minimalabstand zwischen den benachbarten Kanälen zu übertragen.

Filter

Neben den Modulatoren sind die Filter die wichtigsten Elemente der Vielfachtelephonie. Die elektrischen Filter sind Stromkreise, die gewöhnlich aus Induktivitäten und Kapazitäten bestehen, die die sinusförmigen Wechselströme gewisser Frequenzen fast ungeschwächt durchlassen, dagegen die Ströme aller anderen Frequenzen abschwächen. Jedes Filter zeichnet sich somit durch einen «Durchlass-» und einen «Sperrbereich» aus. Die gebräuchlichsten Filter sind:

- Das «Tiefpassfilter», das die Frequenzen unterhalb einer bestimmten Frequenz (Grenzfrequenz) durchlässt und alle darüber befindlichen Frequenzen schwächt.
- Das «Hochpassfilter», das die Frequenzen oberhalb einer bestimmten Frequenz (Grenzfrequenz) durchlässt und alle darunter befindenden Frequenzen schwächt.
- Das «Bandpassfilter», das die zwischen zwei bestimmten Grenzfrequenzen befindlichen Frequenzen durchlässt und die ausserhalb der Grenzfrequenzen befindlichen Frequenzen unterdrückt.
- Die «Bandsperrre», die die ausserhalb der beiden Grenzfrequenzen befindlichen Frequenzen durchlässt und die innerhalb dieser Grenzfrequenz befindlichen abschwächt. Dieses Filter ist in der Vielfachtelephonie nicht gebraucht.

In den Trägerstrom-Systemen benützt man auf der Sendeseite Filter, um die nicht erwünschten Frequenzen zu unterdrücken; dies ist deshalb nötig, damit das für die Uebermittlung aller Kanäle verfügbare Frequenzband möglichst gut ausgenutzt werden kann. Die ausserhalb des nutzbaren Frequenzbandes liegenden Frequenzen können auch Störungen auf den andern Kanälen verursachen. Diese machen sich beim Empfang auf verschiedene Arten bemerkbar: die Tonfrequenzen eines Kanals können im gleichen Frequenzspektrum auf einen andern Kanal übergehen, wo sie als verständliches Uebersprechen wahrgenommen werden, oder die Frequenzen eines Kanals gehen — im Frequenzspektrum versetzt — auf einen andern Kanal über und verursachen hier ein unverständliches Uebersprechen.

Beim Empfang werden die Filter benützt, um die verschiedenen Frequenzbänder von einander zu trennen.

Mit Kapazitäten und Induktivitäten kann man bereits gewisse Frequenzen unterdrücken und so Filter zusammenstellen. Eine parallel geschaltete Kapazität oder eine Induktivität in Serie bilden einen Tiefpassfilter, während eine Kapazität in Serie oder eine parallel geschaltete Induktivität ein Hochpassfilter ergeben. Die Trennung ist jedoch nicht scharf und ein Bandpassfilter kann nicht auf diese einfache Art hergestellt werden. Zu diesem Zwecke muss man parallel oder in Serie geschaltete Resonanzkreise verwenden. Dies ist schon aus der Radiotechnik bekannt, wo man mit Parallel- oder Serieresonanzkreisen die Frequenzen beiderseits der Resonanzfrequenz unterdrücken kann. Je nachdem der betreffende Kreis mehr oder weniger selektiv ist, ist auch die Trennung mehr oder weniger scharf; aber das nichtgedämpfte Band wird nicht sehr breit sein. Für gute Filter muss die Trennung jedoch sehr scharf und die Steilheit des Dämpfungsanstieges so gross wie möglich sein. Dies ist besonders bei den Bandpassfiltern wichtig, damit der Abstand der nichtgedämpften Frequenzen zweier benachbarter Durchlassbereiche nicht zu gross wird, oder damit sie nicht aufeinander übergreifen. Durch Kombinationen von Kapazitäten, Induktivitäten und Resonanzkreisen kann eine Schaltung entwickelt werden, die alle Bedingungen erfüllt, um eine einwandfreie Trennung und eine möglichst geringe Dämpfung im Durchlassbereiche zu erhalten. Von zahlreichen Autoren wurden Methoden zur Berechnung der verschiedenenartigen Filter angegeben, doch haben wir nicht die Absicht, alle diese Methoden hier zu erläutern.

Die Filter bestehen aus einer gewissen Zahl von Gliedern, die man hintereinander schalten kann. Für die gute Anpassung der Scheinwiderstände müssen die Glieder gewisse Bedingungen erfüllen, zur Vermeidung von Reflexionserscheinungen, die in der Dämpfungskurve Unregelmässigkeiten hervorrufen könnten. Die Glieder können aus einem Typ — dem Grundglied — abgeleitet werden, d. h., sie können die T-Form oder die π -Form annehmen. Die Figur 12 veranschaulicht den Aufbau der Tiefpass-, Hochpass- und Bandpassfilter.

Diese Gliedertypen bezeichnet man als «Glieder mit konstantem K», denn man kann nachweisen, dass, wenn Z_1 und Z_2 die Scheinwiderstände der Serien- und Nebenschlusszweige sind, K^2 gleich ist $Z_1 \cdot Z_2$, wobei K einen reellen Wert bedeutet; Z_1 und Z_2 sind somit rein imaginäre Werte und von entgegengesetztem Vorzeichen; das Produkt aus der Serie- und Parallelimpedanz ist für ein gegebenes Glied stets konstant und reell. Von der Grenzfrequenz weg nimmt die Dämpfung nur sehr langsam zu; wenn man in der Nähe dieser Frequenzen sehr hohe Dämpfungen erhalten wollte, so müsste man die Zahl der Glieder stark vermehren, was nicht nur unwirtschaftlich wäre, sondern, wegen der Unvollkommenheit der Elemente, eine merkliche Dämpfung im übertragenen Durchlassbereiche verursachen würde.

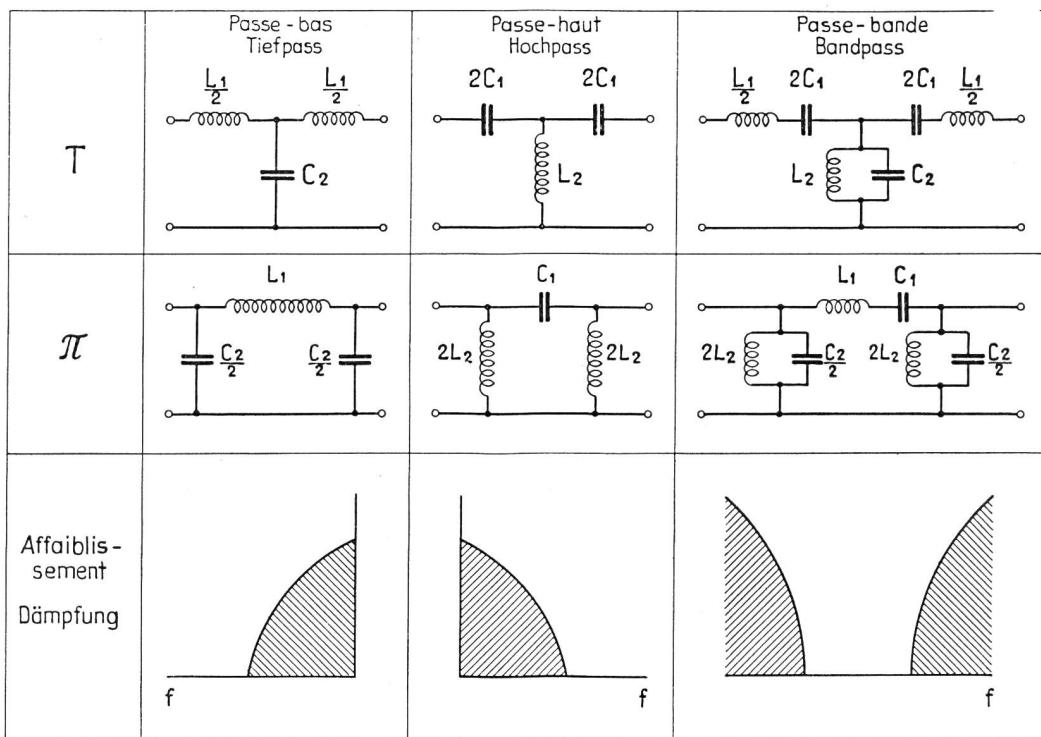


Fig. 12.

Der Amerikaner Zobel hat eine sehr einfache Methode angegeben, um von diesen Gliedern mit konstantem K andere Glieder abzuleiten, die für gewisse Frequenzen Dämpfungsspitzen aufweisen, welche erlauben — sofern man sie richtig einfügt — die Zahl der Glieder bedeutend herabzusetzen. Zu diesem Zwecke führt er eine Konstante «m» ein,

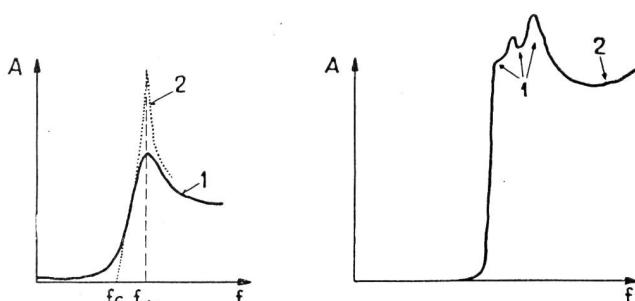


Fig. 13.

- 1 = Glied mit verlustbehafteten Elementen
- 2 = Glied mit verlustlosen Elementen

- 1 = abgeleitete Glieder
- 2 = Grundglieder

deren Wert zwischen 0 und 1 liegt. Er erhält so nach «m» abgeleitete Glieder, die man für den gewünschten Verlauf der Dämpfungskurve kombinieren kann.

Man hat bis jetzt angenommen, dass die das Filter bildenden Elemente verlustfrei seien; im allgemeinen weisen jedoch die Induktivitäten und die Kondensatoren Verluste auf. Daraus resultiert, dass die Dämpfung im Durchlass der Filter nicht Null ist und dass in den von «m» abgeleiteten Filtern die

Dämpfungsspitzen nicht unendlich sind, wie sie es theoretisch sein sollten. Dieser Umstand stellt gewisse Probleme für die Konstruktion der Filter, denen man durch die Anwendung der doppelten Modulation begegnen kann. Die Figur 13 zeigt die theoretische Dämpfungskurve eines Tiefpassfilters, diejenige eines aus verlustbehafteten Elementen bestehenden Gliedes, sowie die Wirkung einer Reihe von «m» Gliedern.

Im Vorstehenden haben wir nur einen Begriff über die Prinzipien, die die Eigenschaften der Filter bestimmen, zu geben versucht, sowie die verschiedenen Probleme gestreift, die zur praktischen Verwirklichung noch zu lösen sind. Als Beispiel geben wir in Figur 14 das Schema eines Bandpassfilters, wie es in einem Trägerstrom-System verwendet wird. Man ersieht daraus, dass die verschiedenen Glieder ziemlich stark von den Grundgliedern abweichen.

Kristallfilter

Elektrische Filter mit sehr grosser Trennschärfe können konstruiert werden, wenn man hierzu Kristalle, z. B. Quarzkristalle, verwendet. Solche Kristalle sind tatsächlich einer Kombination aus einem

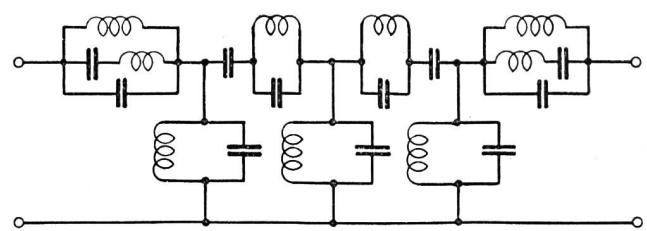


Fig. 14.

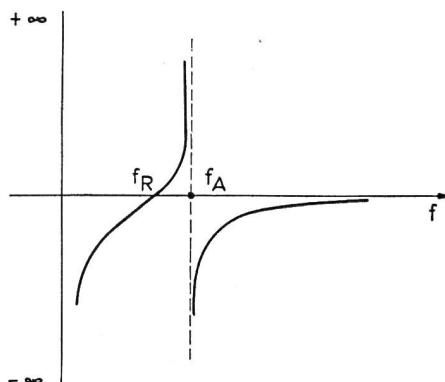
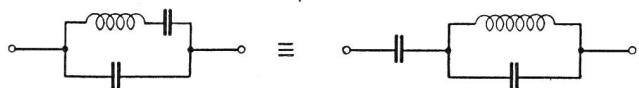


Fig. 15.

Serie- und einem Parallelresonanzkreis ebenbürtig, denn mit diesen erhält man eine sehr grosse Dämpfung in einem schmalen Band. Bei den gewöhnlichen Filtern mit Selbstinduktionsspulen ist der Verlustwiderstand der verwendeten Spulen, also die Beziehung $\frac{\omega L}{R}$, die Ursache des langsamen Anwachsens der Dämpfung. Mit Quarzkristallen kann der Wert $\frac{\omega L}{R}$ des entsprechenden Stromkreises bis 20 000 Ohm erreichen, während bei den besten Selbstinduktionsspulen die Zahl von 200 bis 300 kaum überschritten wird.

Wird eine Kristall-Lamelle in ein veränderliches elektrisches Feld gebracht, so verursachen Schwingungen dieses Feldes Änderungen in den Dimensionen des Kristalles. Wenn man umgekehrt die Dimensionen des Kristalles ändert, so erzeugt man damit eine elektrische Ladung. Der Schwingkristall ist aber ein mechanisches System, das mehrere Resonanzfrequenzen aufweist. Dank der piezo-elektrischen Eigenschaften, die wir soeben erwähnten, hat man die Möglichkeit, dieses mechanische System mit einem elektrischen Stromkreis zu koppeln. Wenn man die Kristall-Lamelle nach genau bestimmten Achsen schleift und sie richtig dimensioniert, so erhält man nur eine ganz bestimmte Resonanzfrequenz. Wird ein mit einer Quarzlamelle ausgerüstet-

ter Stromkreis von einem Wechselstrom durchflossen, dessen Frequenz nahe der Resonanzfrequenz des Quarzes liegt, so kann die Quarzlamelle als den nachfolgenden Stromkreisen aequivalent angesehen werden (Fig. 15), deren Reaktanz unten in der Figur graphisch dargestellt ist. Ein positiver Wert der Reaktanz entspricht einer reinen Induktivität, während einem negativen Wert eine Kapazität gegenübersteht. Der Punkt f_R , bei dem die Reaktanz die Achse der Frequenzen schneidet, entspricht der Serieresonanzfrequenz, während die Frequenz, für

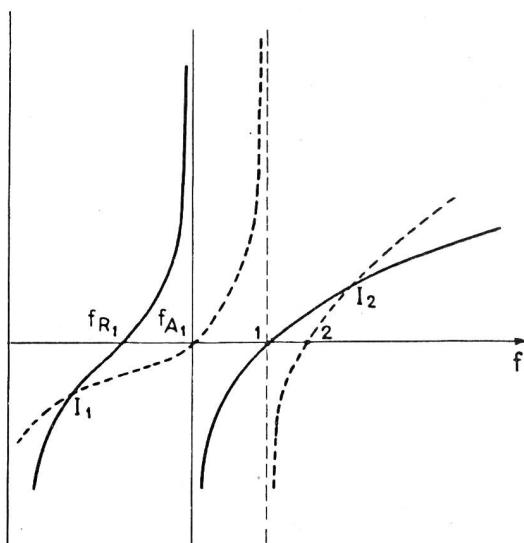


Fig. 17.

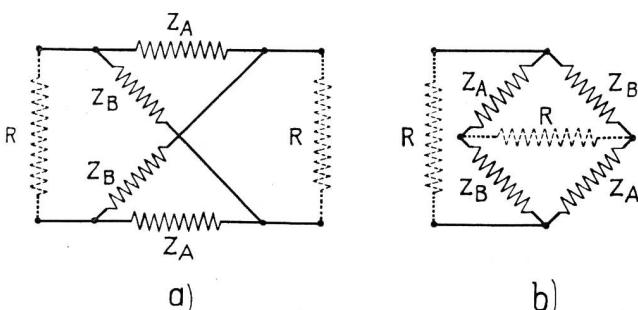
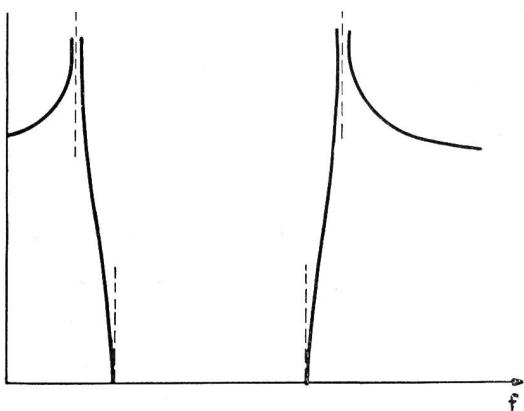


Fig. 16.

die sie unendlich wird, der Parallelresonanzfrequenz (oder Antiresonanz) f_A entspricht. Solche Schwingquarzelemente werden gewöhnlich in Kreuzgliedern verwendet, wie in Figur 16a dargestellt. Figur 16b veranschaulicht den Stromkreis in der aequivalenten Brückenschaltung.

In einem solchen Filterstromkreis ist die Vierpol-dämpfung Null, wenn Z_A und Z_B entgegengesetzte Vorzeichen haben, d. h. wenn ein Zweig eine reine Induktivität und der andere eine reine Kapazität ist. Um im Gegenteil eine grosse Dämpfung zu er-

halten, müssen Z_A und Z_B gleiche Vorzeichen aufweisen. Die Dämpfung wird unendlich, wenn $Z_A = Z_B$ ist. Diese Bedingung kann erfüllt werden, wenn die beiden Zweige Z_A und Z_B aus Quarzkristallen bestehen, unter der Voraussetzung, dass die Serienresonanzfrequenz des einen Zweiges mit der Parallel-

resonanzfrequenz des andern Zweiges übereinstimmt, d. h. wenn der Punkt f_A des einen Zweiges mit dem Punkt f_B des andern Zweiges zusammenfällt. Es ist dies in Figur 17 dargestellt, wo ebenfalls die daraus resultierende Dämpfungskurve angegeben ist.

(*Fortsetzung folgt.*)

Beitrag zur Frage der Frequenzbanderweiterung

Von H. Weber, Bern

621.395.44

Vor Jahren wurde der Auftrag erteilt, eine neue Teilnehmerstation mit Mikrophon und Hörer zu entwickeln, die in der Lage ist, ein breiteres Frequenzband als die bisherige zu übertragen. Diese Entwicklung ist heute sozusagen abgeschlossen. Daraus geht deutlich hervor, dass man schon lange willens war, eine solche Verbesserung jedem Teilnehmer zugute kommen zu lassen. Dies kann aber nur der Fall sein, wenn auch die Verbindungswege ein breiteres Frequenzband zu übertragen vermögen. Bis jetzt befürchtete man eine wesentliche Versteuerung der Kabelanlagen infolge Wahl dickerer Adern, die notwendig gewesen wäre, um den Dämpfungszuwachs bei leichterer Pupinisierung zu kompensieren.

Worin besteht nun eigentlich die Verbesserung bei Verwendung eines breiteren Frequenzbandes? Die Teilnehmer sind mit dem heutigen System im allgemeinen zufrieden und würden nicht verstehen, wenn aus diesem Grunde die Anlagen verteuert würden.

Dazu ist zu sagen, dass etwa 90% der Verbindungen Gespräche unter Gleichsprachigen vermitteln. Gelegentlich muss ein Wort, etwa die Bezeichnung eines neuen Begriffes oder ein Name, mittels der Buchstabiertabelle buchstabiert werden. Die übrigen Verbindungen beziehen sich auf Gespräche zwischen Ungleichsprachigen. Hier wirkt sich nun die heute relativ kleine Silbenverständlichkeit von 70% direkt verkehrshemmend aus. Unser Ziel muss sein, die Laut- und Silbenverständlichkeit soweit zu steigern, dass auch die Verständigung zwischen Fremdsprachigen erleichtert wird. Dies wird weitgehend erreicht, wenn die obere Frequenzbandgrenze von jetzt 2200 Hz auf 3400 Hz verlegt wird. Es kommt also nicht von ungefähr, dass gerade das Comité consultatif international téléphonique (CCIF) auf eine solche Verbesserung drängt, da das Telefon weltumspannend die Verständigung und den Verkehr fördern soll. Kann da die Schweiz als vielsprachiges Land zurückstehen?

Zwei glückliche Umstände erlauben uns heute, sofort an die Verwirklichung der Frequenzbanderweiterung heranzutreten. Einmal ist es die Errich-

Contribution à l'étude de la question de l'extension de la bande de fréquences

Par H. Weber, Berne

621.395.44

L'ordre d'étudier la construction d'une nouvelle station d'abonné avec microphone et récepteur capables de transmettre une plus large bande de fréquences que jusqu'ici date de plusieurs années. Aujourd'hui, le développement de cette station est pour ainsi dire achevé et l'on est fermement décidé depuis longtemps à faire bénéficier chaque abonné de cette amélioration. Mais pour y arriver il faut que les voies de communication soient capables, elles aussi, de transmettre une plus large bande de fréquences. Jusqu'à présent, on craignait un renchérissement considérable des câbles provoqué par le choix de conducteurs de plus forts diamètres, indispensables pour compenser l'augmentation de l'affaiblissement résultant de la charge plus légère.

En quoi consiste en fin de compte l'amélioration que doit nous apporter l'emploi d'une plus large bande de fréquences? D'une manière générale, les abonnés sont satisfaits de l'état actuel des choses et ne comprendraient pas que sous le seul prétexte de les améliorer on augmentât le coût des installations.

En réalité, on doit constater que le 90% environ des conversations s'échangent entre gens de même langue qui ne se servent du tableau d'épellation qu'occasionnellement pour épeler un mot, le nom d'une chose nouvelle ou un nom propre. Par contre, pour les autres conversations qui s'échangent entre gens de langues différentes, la netteté pour les logatomes est aujourd'hui de 70 %, netteté relativement faible qui entrave directement l'écoulement du trafic. Notre but doit être d'augmenter suffisamment l'audibilité et la netteté pour les logatomes et de faciliter ainsi la compréhension entre gens de langues différentes. On y arrivera dans une large mesure en portant la limite supérieure de la bande de fréquences de 2200 c/s qu'elle est actuellement à 3400 c/s. Ce n'est donc pas simplement un effet du hasard si le Comité consultatif international téléphonique (CCIF) pousse précisément à une amélioration de ce genre qui, le téléphone intéressant maintenant le monde entier, doit augmenter l'audibilité et accélérer le trafic. La Suisse, pays aux langues multiples, peut-elle rester en arrière?