

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 39 (1948)
Heft: 11

Artikel: Eine einfache Orts-Fern-Schaltung für Radio-Empfangsgeräte
Autor: Gibas, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059276>

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: 15.01.2026

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

Insgesamt werden für ein voll elektrifiziertes Spital mit 950 Betten ohne Raumheizung 3,2 kWh pro Patient und Tag verbraucht, wobei die Benützungsdauer sogar 5800 h beträgt.

Für die Raumheizung und die Warmwasserzubereitung ist die Brennstoffheizung der elektrischen hinsichtlich Betriebskosten überlegen; daher kommt die elektrische Heizung nur für sogenannte kombinierte Anlagen in Frage, für welche die Energielieferung fakultativ ist.

Im grossen und ganzen stimmen also die in Schweden gemachten Erfahrungen mit den unsrigen überein.

3. Elektrischer Bahnbetrieb

Dugas (F) gibt in seinem Bericht über die Eisenbahn-Elektrifizierung in Frankreich interessante Angaben über die am Zugshaken gemessenen Wirkungsgrade von 3,6 % für ältere und 5,4 % für modernere Dampflokomotiven; 22 % für Diesel-Lokomotiven und 11,8 % für die elektrische Traktion bei ausschliesslicher Energieerzeugung in Dampfkraftwerken, diese eingeschlossen. Damit wird gezeigt, dass auch in Ländern mit thermoelektrischer Erzeugung die Elektrifizierung der Bahnbetriebe nennenswerte Kohleneinsparungen ermöglicht.

Thelander (S) erwähnt, dass auf Grund der von den schwedischen Staatsbahnen durchgeführten Versuchen beim elektrischen Bahnbetrieb 1 kWh rund 1,5 kg Kohlen ersetzt.

Wenn auch kein Bericht über die Eisenbahn-Elektrifizierung aus der Schweiz vorliege, sei es, wie der schweizerische Delegierte bemerkte, nicht auf den Mangel an Interesse für jene Fragen zurückzuführen; denn hinsichtlich Umfang der Eisenbahn-Elektrifikation stehe die Schweiz an der Spitze aller Länder, wurden doch an der Schwelle des zweiten Weltkrieges bereits 98 % des gesamten Schienenverkehrs elektrisch betrieben. Dies sei die

Folge der vollständigen Lahmlegung des Schienenverkehrs wegen der Kohlenknappheit am Ende des ersten Weltkrieges, welche der bereits begonnenen Eisenbahn-Elektrifizierung mächtigen Auftrieb gab. Zweifellos sei die Eisenbahn-Elektrifizierung die lohnendste aller Elektrifizierungen, da hierbei mit einer bestimmten Energiemenge zehnmal mehr Kohle ersetzt werden kann als z. B. bei der Dampferzeugung in Elektrokesseln. Jedoch brauche die Durchführung grosser Elektrifizierungsprogramme Zeit; z. B. wurden in der Schweiz rund 10 Jahre für Studien, 5 Jahre für die erste Teil-Elektrifikation und 25 Jahre für die Durchführung des gesamten Elektrifikationsprogramms beansprucht. Heute werde im allgemeinen der Faktor «Zeit» übersehen.

Im Anschluss an die Tagung und während derselben fanden Exkursionen statt, von denen die Besichtigung der holländischen Staatsminen ganz besonders erwähnt sei. Ferner gab es zahlreiche Gelegenheiten, die berühmten holländischen Kunstwerke zu besichtigen und die malerischen Landschaften zu bewundern. Auch die in grösserem Rahmen durchgeführten Empfänge und gesellschaftlichen Anlässe trugen dazu bei, die Kongressteilnehmer einander näher zu bringen.

Für die mustergültige Organisation der Veranstaltungen, die trotz der gewaltigen Schwierigkeiten des vom Kriege besonders schwer heimgesuchten Landes einen glänzenden Verlauf nahmen, gebührt den Organisatoren und Initianten und besonders dem Vorsitzenden der Tagung, G. J. Th. Bakker, die vollste Anerkennung und der beste Dank der schweizerischen Teilnehmer.

Adresse des Autors:

E. H. Etienne, Sekretär des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, Länggassstrasse 37, Bern.

Eine einfache Orts-Fern-Schaltung für Radio-Empfangsgeräte

Von H. Gibas, Amsterdam

621.396.621

Es wird eine Schaltung besprochen, die besonders für kleine und billige Rundspruchgeräte geeignet ist und die gestattet, den Forderungen, die beim Orts- oder Fernempfang an ein Rundspruchgerät gestellt werden, in einfacher Weise zu entsprechen. Während beim Fernempfang die Empfindlichkeit und Trennschärfe des Gerätes gesteigert wird, kann beim Ortsempfang besonders die Qualität der Wiedergabe erhöht werden. Dann wird die Theorie des rückgekoppelten Bandfilters behandelt, das besonders häufig bei Dreiröhren-Überlagerungsempfängern verwendet wird, und die Punkte zusammenstellt, die bei der Dimensionierung eines solchen Bandfilters zu beachten sind. Zum Schluss werden die Grundlagen der niederfrequenten Gegenkopplung und ihre Wirkung bei der beschriebenen Orts-Fern-Schaltung angegeben.

L'auteur décrit un couplage destiné spécialement aux postes récepteurs de modèle réduit et bon marché, permettant néanmoins de satisfaire d'une manière très simple aux exigences posées par la réception des émissions régionales et étrangères. Tandis que la sensibilité et la sélectivité de l'appareil sont augmentées pour la réception des postes émetteurs lointains, la qualité de l'audition du poste émetteur régional est grandement améliorée. L'auteur expose la théorie du filtre de bande avec bobine de réaction, qui est très souvent prévu dans les postes récepteurs hétérodynes à trois lampes, puis il indique quels sont les points à observer pour le dimensionnement des filtres de ce genre. Il termine en indiquant les principes de la contre réaction à basse fréquence et son utilité pour le couplage en question.

1. Einleitung

Der Rundspruchempfänger ist ein Massenartikel; deshalb ist es die Hauptaufgabe der Empfängerentwicklung, ein Gerät zu entwerfen, das bei einem kleinstmöglichen Aufwand ein Höchstmass an Qualität ergibt.

Die elektrischen Forderungen, die ein Rundspruchgerät erfüllen soll, sind neben anderen in erster Linie grosse Empfindlichkeit, ausreichende Trennschärfe und gute Wiedergabequalität. Im praktischen Betrieb kann man zwei Arten des Rundspruchempfanges unterscheiden, nämlich den

Orts- und den Fernempfang. Unter Ortsempfang versteht man den Empfang eines Senders, der nicht zu weit vom Empfangsort entfernt liegt. Der Ortsempfang ist im normalen Rundspruchsenderbereich (200...600 m Wellenlänge) im allgemeinen durch die Schwundzone begrenzt, die nach einem Abstand von etwa 100...200 km vom Sender weg einsetzt. Für den Ortsempfang braucht der Empfänger keine grosse Empfindlichkeit und Trennschärfe, da die Feldstärke am Empfangsort gross genug ist, um Empfangsstörungen aller Art nicht zu sehr in Erscheinung treten zu lassen. Man hat darum die Möglichkeit, mit grösserer Bandbreite zu empfangen, wodurch die Qualität der Wiedergabe günstig beeinflusst wird. Unter Fernempfang versteht man den Empfang von Sendern in grösserer Entfernung. Die Empfängerempfindlichkeit muss hier gross sein. Auch soll die Trennschärfe hoch sein, um das Durchschlagen von Nachbarsendern zu vermeiden. Die Bandbreite kann, oder soll sogar, geringer werden, und damit wird die Wiedergabe der hohen Frequenzen schlechter. Im folgenden wird nun eine Schaltung beschrieben, die auf einfache Weise den Forderungen beim Orts- oder beim Fernempfang gerecht zu werden versucht.

Es ist aber nicht immer der Wunsch nach billigem Preis, der zur Wahl von einfachen, teile-sparenden Schaltungen veranlasst. Oft geht die Forderung, einen Empfänger möglichst klein zu gestalten, noch vor dem Wunsche nach einem möglichst billigen Gerät. Die Forderung nach Kleinheit ergibt sich bei Exportgeräten, die nach dem Gewicht verzollt werden, oder bei Koffer- und transportablen Empfängern, bei denen an Raum und Gewicht gespart werden soll. Auch für diese Geräte bietet die einfache Orts-Fern-Schaltung Vorteile.

2. Beschreibung der Schaltung

Die Schaltung ist in erster Linie für Dreiröhren-Ueberlagerungsempfänger gedacht, also für Super mit einem Mischrohr, einem Audion oder Richtverstärker und einer Endstufe. Die zu beschreibende Schaltung verwendet eine festeingestellte Rückkopplung des Zwischenfrequenzbandfilters. Bei Ortsempfang wird diese Rückkopplung abgeschaltet, bei Fernempfang ist sie eingeschaltet. Bei Fernempfang sind also Empfindlichkeit und Trennschärfe grösser, die Bandbreite geringer. Bei Ortsempfang, mit abgeschalteter Rückkopplung, werden Empfindlichkeit und Trennschärfe schlechter, dagegen wird die Bandbreite grösser.

Gleichzeitig mit der Rückkopplungsspule des Zwischenfrequenzbandfilters wird eine niederfrequente Gegenkopplung der Endstufe ein- bzw. abgeschaltet. Bei Ortsempfang wird die Endstufe gegengekoppelt und man hat auf diese Weise noch eine weitere Möglichkeit, die Wiedergabequalität des Empfängers zu verbessern. Dass mit der Gegenkopplung ein weiterer Rückgang der Empfindlichkeit gepaart ist, fällt beim Ortsempfang nicht ins Gewicht.

Fig. 1 zeigt das Prinzip der Orts-Fern-Schaltung. Den Gitterkreis der Gleichrichterstufe *a* bildet das

Zwischenfrequenzbandfilter *b* mit der Rückkopplungsspule *c*. Der Kondensator *d* ist der Rückkopplungskondensator. Die Endstufe *e* ist über den Widerstand *f* und die Kondensatoren *g* und *d* gegengekoppelt. Der Schalter *h* schaltet die Zwischen-

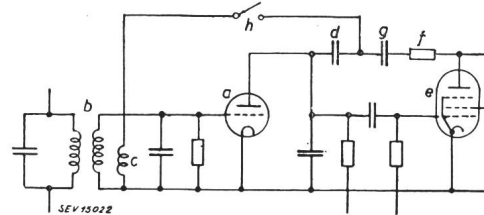


Fig. 1
Prinzipschaltbild der Orts-Fern-Schaltung

frequenzrückkopplung ein bzw. ab und gleichzeitig die niederfrequente Gegenkopplung ab bzw. ein. Wenn der Schalter *h* geöffnet wird, trennt er den Rückkopplungsweg, wenn er geschlossen wird, dann wird niederfrequenzmässig der Punkt zwischen den Kondensatoren *d* und *g* mit Masse verbunden und damit die Gegenkopplung ausser Funktion gesetzt.

3. Das rückgekoppelte Bandfilter

Das Prinzipschaltbild eines rückgekoppelten Bandfilters zeigt Fig. 2. Der Primärkreis ist mit der Anode des Mischrohrs und der Sekundärkreis mit dem Gitter des Demodulators verbunden. Der im Sekundärkreis fliessende Strom i_3 ist vom Primärstrom i_2 und vom Rückkopplungsstrom i_5 abhängig. Der Strom i_3 erzeugt am Kondensator C_2 die hochfrequente Spannung u_2 , die ihrerseits wieder den Anodenwechselstrom i_4 erzeugt. Der Kondensator

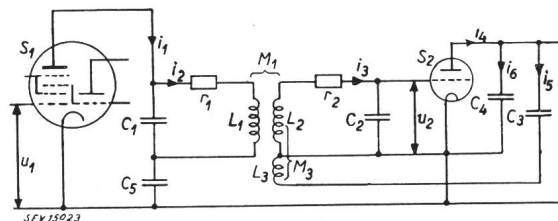


Fig. 2
Schaltbild eines rückgekoppelten Bandfilters

C_4 ist so gross, dass die Anodenwechselspannung sehr klein und ihre steuernde Wirkung auf den Anodenstrom vernachlässigbar ist. Durch entsprechende Dimensionierung der Kondensatoren C_3 und C_4 und der Rückkopplungsspule L_3 kann der Rückkopplungsgrad beliebig festgelegt werden. Vorteilhafterweise macht man den Kondensator C_3 regelbar, damit man nach einem Röhrenwechsel den Rückkopplungsgrad nachregeln kann. Wie später gezeigt werden wird, soll die Kopplung zwischen den beiden Bandfilterspulen von der Grössenordnung der Kreisdämpfungen sein. Die Kopplung zwischen der Gitterkreis- und Rückkopplungsspule soll möglichst fest gemacht werden.

Für die Ströme in den Bandfilterkreisen gelten folgende zwei Gleichungen:

$$i_2 (r_1 + j \omega L_1) + i_3 j \omega M_1 - (i_1 - i_2) \frac{1}{j \omega C_1} = 0 \quad (1)$$

$$i_3 \left(r_2 + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} \right) + i_2 j\omega M_1 - i_5 j\omega M_3 = 0 \quad (2)$$

Die Gitterwechselspannung am Demodulator ist

$$u_2 = i_3 \frac{1}{j\omega C_2} \quad (3)$$

und der durch sie erzeugte Anodenstrom

$$i_4 = u_2 S_2 = i_3 \frac{S_2}{j\omega C_2} \quad (4)$$

da, wie schon oben erwähnt, die Anodenwechselspannung einen vernachlässigbar kleinen Wert besitzt. S_2 ist die Steilheit der Demodulatorröhre. Aus Gleichung (4) ergibt sich der Rückkopplungsstrom

$$i_5 = i_3 \frac{S_2 C_3}{j\omega C_2 (C_3 + C_4)} \quad (5)$$

wobei vorausgesetzt ist, dass

$$|\omega L_3| \ll \left| \frac{1}{\omega C_3} \right|$$

ist. Wenn man den Wert i_5 aus Gleichung (5) in die Gleichung (2) einsetzt, erhält man

$$i_3 \left(r_2' + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} \right) + i_2 j\omega M_1 = 0 \quad (6)$$

In dieser Gleichung ist $r_2' = r_2 - r'$ (7)

und für den Wert r' gilt

$$r' = \frac{M_3 S_2 C_3}{C_2 (C_3 + C_4)} \quad (8)$$

Gleichung (6) hat die für den Sekundärkreis eines Bandfilters bekannte Form. Darin ist r_2' der durch die Rückkopplung reduzierte Verlustwiderstand des Kreises; r' ist der negative Widerstand, der durch die Rückkopplung in den Kreis hineintransformiert wird. Man sieht aus Gleichung (8), dass dieser Widerstand mit der Gegeninduktivität der Spulen L_2 und L_3 , mit der Steilheit des Rohres und bis zu einem gewissen Grade mit der Kapazität des Rückkopplungskondensators wächst. Um einen stabilen Empfangszustand zu gewährleisten, muss r_2' positiv bleiben, d. h. r' muss kleiner als r_2 bleiben.

a) Empfindlichkeit

Aus den Gleichungen (1), (3) und (6) kann man $u_2 = f(i_1)$ berechnen. Wenn man ausserdem $i_1 = S_1 u_1$ setzt, worin S_1 die Mischsteilheit des Mischrohres ist, erhält man für die Verstärkung der Mischstufe, welche das Verhältnis der Gitterspannung am Demodulator zur Gitterspannung am Mischrohr darstellt, den Wert

$$v_1 = \frac{|u_2|}{|u_1|} = \frac{S_1 K_1 \omega_0 L}{K_1^2 + d_1 d_2'} \quad (9)$$

In dieser Gleichung ist ω_0 die Resonanzfrequenz der Bandfilterkreise, L das geometrische Mittel aus

den beiden Selbstinduktivitäten L_1 und L_2 , d_1 die Dämpfung des ersten und d_2' die Dämpfung des zweiten Bandfilterkreises. Es ist also

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}$$

$$L = \sqrt{L_1 L_2}$$

$$d_1 = \frac{r_1}{\omega_0 L_1}$$

$$d_2' = \frac{r_2'}{\omega_0 L_2}$$

1. *Einfluss der Kopplung.* Der Einfluss des Kopplungsfaktors K_1 auf die Empfindlichkeit soll untersucht werden. Zur Vereinfachung wird die Grösse n eingeführt:

$$n = \frac{\sqrt{d_1 d_2'}}{K_1} \quad (10)$$

Ersetzt man in Gleichung (9) die Kopplung K_1 durch den Ausdruck

$$K_1 = \frac{\sqrt{d_1 d_2'}}{n} \quad (10a)$$

so erhält man $v_1 = A \frac{n}{1 + n^2}$ (11)

In dieser Gleichung ist A eine Konstante, und zwar ist

$$A = \frac{S_1 \omega_0 L}{\sqrt{d_1 d_2'}} \quad (12)$$

In Fig. 3 ist der Faktor $\frac{n}{1 + n^2}$ als Funktion von n

aufgetragen. Man sieht, dass dieser Faktor und damit nach Gleichung (11) auch die Verstärkung v_1

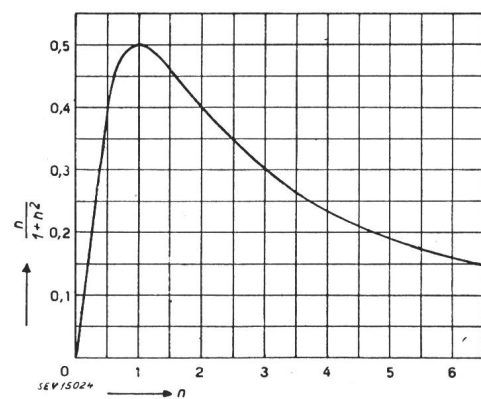


Fig. 3

Kurve der Gleichung $\frac{n}{1 + n^2} = f(n)$

bei $n = 1$ ein Maximum wird. Das bedeutet, dass die Verstärkung ein Maximum wird, wenn die Kopplung gleich dem geometrischen Mittel der Kreisdämpfungen ist:

$$K_1 = \sqrt{d_1 d_2'}$$

Man wählt also, um die Verstärkung optimal zu machen, den Kopplungsfaktor von der Grössenordnung der Kreisdämpfungen.

2. *Einfluss der Dämpfung.* Es soll untersucht werden, welchen Einfluss die Dämpfungsänderung des rückgekoppelten Kreises auf die Empfindlichkeit hat. Dabei werde die Kopplung so gewählt, dass sie gleich der Dämpfung des ersten Kreises ist:

$$K_1 = d_1$$

Für d_2' wird nach Gleichung (10)

$$d_2' = n^2 K_1 \quad (10b)$$

gesetzt, so dass Gleichung (9) übergeht in

$$v_1 = B \frac{1}{1+n^2} \quad (13)$$

In dieser Gleichung ist

$$B = \frac{S_1 \omega_0 L}{K_1} \quad (14)$$

Fig. 4 zeigt den Faktor $\frac{1}{1+n^2}$ in Abhängigkeit von n . Man sieht, dass die Verstärkung bei $n = 0$ ein Maximum wird. Dies ist leicht einzusehen, denn bei $n = 0$ ist $d_2' = 0$, d. h. der Sekundärkreis ist

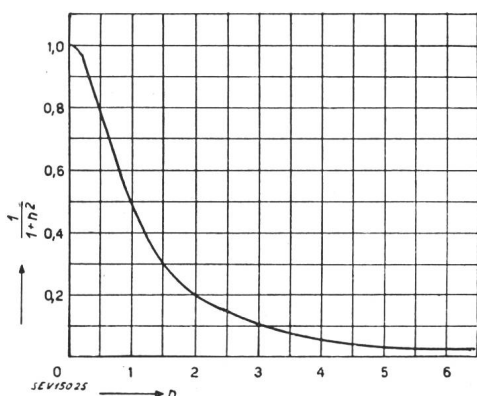


Fig. 4

Kurve der Gleichung $\frac{1}{1+n^2} = f(n)$

völlig entdämpft. Das bestätigt auch die erste Ableitung der Gleichung (13)

$$\frac{dv_1}{dn} = -B \frac{2n}{(1+n^2)^2} \quad (15)$$

die null wird, wenn n gleich null oder unendlich ist. Bei $n = \infty$ (unendlich grosse Dämpfung des Sekundärkreises) ist die Verstärkung ein Minimum, nämlich gleich null.

Man wird also bei der Dimensionierung der Bandfilterkopplung folgendermassen vorgehen: Im nichtrückgekoppelten Zustand sind die Dämpfungen des ersten und zweiten Kreises etwa gleich gross. Im rückgekoppelten Zustand ist d_2' um rund eine Grössenordnung kleiner als d_1 . Man wird nun die Kopplung so wählen, dass sie zwischen dem Mittelwert der Dämpfungen im nichtrückgekoppelten Zustand und dem Dämpfungsmittelwert im

rückgekoppelten Zustand liegt. Das heisst also, dass das Bandfilter im nichtrückgekoppelten Zustand unterkritisch und im rückgekoppelten Zustand überkritisch gekoppelt ist.

b) Trennschärfe

Um den Einfluss der Rückkopplung auf die Trennschärfe zu untersuchen, soll die bekannte Gleichung für die Selektivität eines Bandfilters verwendet werden.

$$\alpha = \frac{\sqrt{(K_1^2 + d_1 d_2')^2 - \eta^2 (2K_1^2 - d_1^2 - d_2'^2) + \eta^4}}{K_1^2 + d_1 d_2'} \quad (16)$$

In dieser Gleichung ist α der Empfindlichkeitsabfall bei einer Verstimmung η der Frequenz f von der Resonanzfrequenz f_0 . Für die Verstimmung η gilt folgende Gleichung:

$$\eta = \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} = \frac{2 \Delta f}{f_0} \quad (17)$$

$$\Delta f = f - f_0$$

Es soll die Empfindlichkeitseinbusse bei einer Verstimmung $\eta = 10 K_1$ betrachtet werden. Diese Verstimmung ist genügend weit von der Resonanzstelle des Bandfilters entfernt, wo die Form der Selektionskurve zu sehr vom Kopplungsgrad abhängt und wo zum Beispiel die Trennschärfe im überkritisch gekoppelten Zustand bei geringer Verstimmung kleiner als eins sein kann. Die Betrachtung werde bei drei verschiedenen Dämpfungen des Primärkreises angestellt, bei $d_1 = 0,5 K_1$, bei $d_1 = K_1$ und bei $d_1 = 2 K_1$. Für d_2' setzt man den Ausdruck nach Gleichung (10b). Die Trennschärfe bei der Verstimmung $\eta = 10 K_1$ sei α' und die genannten drei Fälle sollen durch die entsprechenden Indizes bezeichnet werden, d. h. $\alpha'_{0,5}$, α'_1 und α'_2 .

1. Trennschärfe bei $d_1 = 0,5 K_1$. Wenn man in Gleichung (16) die entsprechenden Werte für d_1 , d_2' und η einsetzt, fällt der Kopplungsfaktor K_1 heraus und es ergibt sich:

$$\alpha'_{0,5} = \frac{\sqrt{(1 + 0,5 n^2)^2 - 10^2 (1,75 - n^4) + 10^4}}{1 + 0,5 n^2} \quad (18)$$

2. Trennschärfe bei $d_1 = K_1$.

$$\alpha'_1 = \frac{\sqrt{(1 + n^2)^2 - 10^2 (1 - n^4) + 10^4}}{1 + n^2} \quad (19)$$

3. Trennschärfe bei $d_1 = 2 K_1$.

$$\alpha'_2 = \frac{\sqrt{(1 + 2 n^2)^2 + 10^2 (2 + n^4) + 10^4}}{1 + 2 n^2} \quad (20)$$

In Fig. 5 sind die Werte für $\alpha'_{0,5}$, α'_1 und α'_2 in Abhängigkeit vom Verhältnis n (Dämpfung/Kopplung) aufgetragen. Man sieht, dass die Trennschärfen bei $n = 0$ angenähert gleich sind. In diesem Falle beeinflusst die Dämpfung des ersten Kreises die Selektivität nur wenig. Wenn dagegen n wesentlich grösser als eins wird, d. h. wenn die Dämpfung des zweiten Kreises wesentlich grösser

als die Dämpfung des ersten Kreises ist, dann nähert sich die Trennschärfe asymptotisch dem Werte der Selektivität eines einfachen Kreises mit der Dämpfung d_1 . Ausserdem kann man den Kurven

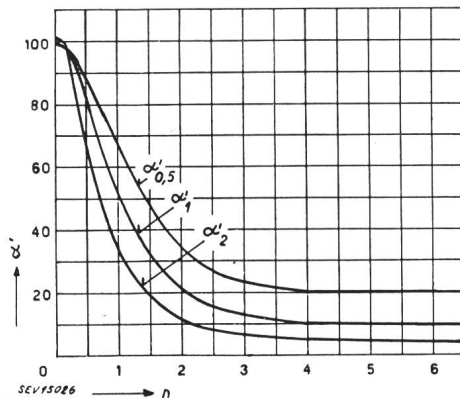


Fig. 5
Abhängigkeit der Selektivität vom Verhältnis Dämpfung/Kopplung bei verschiedenen Primärdämpfungen

entnehmen, dass sich bei dem Werte $n=1$ (auf diesen Wert etwa ist unser Bandfilter dimensioniert) die Selektivität sehr stark mit der Dämpfung d_2' ändert.

c) Bandbreite

Unter Bandbreite versteht man diejenige Verstärkung, bei der die Empfindlichkeitseinbusse $\alpha = \sqrt{2}$ ist. Diese Bandbreite soll bei den folgenden Ausführungen η_B genannt werden. Die Grösse der Bandbreite zu kennen, ist deshalb interessant, weil sie ein Mass für die Wiedergabegüte darstellt. Für eine gute Wiedergabe ist es erwünscht, dass die Bandbreite möglichst gross ist. Wenn man in Gleichung (16) $\alpha = \sqrt{2}$ setzt, erhält man für η_B eine Gleichung vierten Grades:

$$\eta_B^4 - \eta_B^2 (2K_1^2 - d_1^2 - d_2'^2) - (K_1^2 + d_1 d_2')^2 = 0 \quad (21)$$

Nach η_B aufgelöst ergibt sich:

$$\eta_B = \sqrt{\frac{1}{2} (2K_1^2 - d_1^2 - d_2'^2) \pm \sqrt{\frac{1}{4} (2K_1^2 - d_1^2 - d_2'^2)^2 + (K_1^2 + d_1 d_2')^2}} \quad (22)$$

In den Fällen, in denen die Dämpfungen der beiden Kreise etwa die gleiche Grösse haben und man $d_1 = d_2' = d$ setzen kann, lässt sich Gleichung (22) in folgende Form vereinfachen:

$$\eta_B = \sqrt{K_1^2 - d^2 \pm \sqrt{2(K_1^4 + d^4)}} \quad (23)$$

Beim rückgekoppelten Bandfilter sind jedoch die Dämpfungen der beiden Kreise stark unterschiedlich. Wird die Dämpfung d_1 in Beziehung zur Kopplung K_1 gebracht und setzt man für d_2' die Gleichung (10 b) ein, so dass die Bandbreite in Abhängigkeit vom Verhältnis Dämpfung/Kopplung kommt, so ergibt sich für die Bandbreite eine sehr einfache Beziehung.

$$\eta_B = K_1 E \quad (24)$$

E ist eine Funktion von n und von der Dämpfung d_1 . Es sollen vier Fälle betrachtet werden, nämlich für d_1 soll $0,5 K_1$, K_1 , $1,5 K_1$ und $2 K_1$ gesetzt werden.

(Die E -Werte erhalten den entsprechenden Index.)

$$1. d_1 = 0,5 K_1$$

$$E_{0,5} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1,75 - n^4 \pm \sqrt{(1,75 - n^4)^2 + (2 + n^2)^2}} \quad (25)$$

$$2. d_1 = K_1$$

$$E_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - n^4 \pm \sqrt{(1 - n^4)^2 + (2 + 2n^2)^2}} \quad (26)$$

$$3. d_1 = 1,5 K_1$$

$$E_{1,5} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-(0,25 + n^4) + \sqrt{(0,25 + n^4)^2 + (2 + 3n^2)^2}} \quad (27)$$

$$4. d_1 = 2 K_1$$

$$E_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-(2 + n^4) + \sqrt{(2 + n^4)^2 + (2 + 4n^2)^2}} \quad (28)$$

In Fig. 6 sind die vier Kurven der E -Werte in Abhängigkeit von n aufgetragen. Das Bandfilter sollte so dimensioniert werden, dass etwa die Kurven $E_{1,5}$ oder E_2 gelten; das entspricht einer Dämpfung d von etwa 1,5- bis 2-facher Grösse der Kopp-

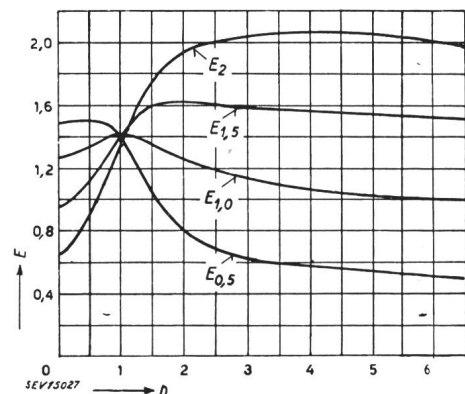


Fig. 6
Abhängigkeit der Bandbreite vom Verhältnis Dämpfung/Kopplung bei verschiedenen Primärdämpfungen

lung K_1 . Da ausserdem n etwa die Grössenordnung eins hat, ist sofort zu erkennen, dass in diesem Gebiete die Bandbreite η_B mit zunehmendem n , d. h. mit grösser werdender Dämpfung d_2' wächst. Im rückgekoppelten Zustand ist die Bandbreite demnach klein, im nichtrückgekoppelten Zustand gross.

4. Die niederfrequente Gegenkopplung

Die niederfrequente Gegenkopplung bildet einen Teil der Orts-Fern-Schaltung. Fig. 7 zeigt das Prin-

zipschaltbild einer gegengekoppelten Verstärkerstufe. u_e ist die der Stufe zugeführte Eingangsspannung, u_g die Gitterwechselspannung, u_a die Anodenwechselspannung und u_r derjenige Teil der

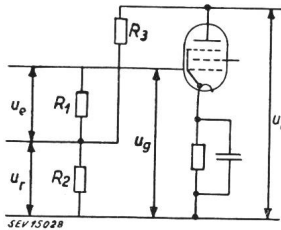


Fig. 7
Prinzipschaltbild einer gegengekoppelten Endstufe

Anodenwechselspannung, der dem Gitter zurückgeführt wird. Nimmt man an, dass die Schaltung nur mit rein ohmschen Widerständen arbeitet, so ist die Anodenspannung zur Gitterspannung um 180° in der Phase verschoben. Dann wird

$$u_g = u_e - u_r \quad (29)$$

Darin ist
$$u_r = \gamma u_a \quad (30)$$

wobei γ der Gegenkopplungsfaktor ist. Im vorliegenden Falle ist

$$\gamma = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \quad (31)$$

Die Verstärkung der Stufe ist:

$$v_2 = \frac{u_a}{u_g} = \frac{u_a}{u_e - \gamma u_a} \quad (32)$$

Daraus ergibt sich für die Anodenspannung

$$u_a = u_e \frac{v_2}{1 + \gamma v_2} \quad (33)$$

woraus sich die tatsächliche Verstärkung der gegengekoppelten Verstärkerstufe als Verhältnis der Anoden- zur Eingangsspannung ergibt:

$$v' = \frac{u_a}{u_e} = \frac{v_2}{1 + \gamma v_2} \quad (34)$$

Für den Grad der Gegenkopplung, der das Verhältnis der Verstärkungen mit und ohne Gegenkopplung darstellt, erhält man

$$g = \frac{v'}{v_2} = \frac{1}{1 + \gamma v_2} \quad (35)$$

Wenn der Gegenkopplungsgrad für alle in Betracht kommenden Frequenzen gleich gross ist, dann hat

die Gegenkopplung nur den einen Vorteil der Verzerrungsverminderung. Der grösste Vorteil der Gegenkopplung liegt jedoch darin, dass man den Grad der Gegenkopplung für verschiedene Frequenzen verschieden gross wählt, so dass man die Frequenzkurve des Empfängers und damit die Qualität der Wiedergabe nach Belieben ändern und günstig gestalten kann. Wenn man zum Beispiel in Reihe mit dem Gegenkopplungskanal einen Kondensator schaltet, wie die Serienkapazität der Kondensatoren

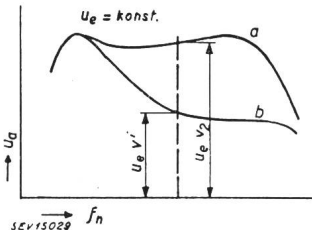


Fig. 8
Frequenzgang einer Endstufe ohne und mit Gegenkopplung

g und d in Fig. 1, so wird der Grad der Gegenkopplung für die tiefen Frequenzen kleiner gemacht. Auf diese Weise ist es möglich, die Wiedergabe der tiefen Frequenzen im Verhältnis zu den hohen Frequenzen zu verbessern. In Fig. 8 stellt die Kurve a den Frequenzgang der Endstufe ohne Gegenkopplung, Kurve b denjenigen mit Gegenkopplung dar.

Literatur

- [1] DRP 706 536 vom 19. April 1943.
- [2] Feldtkeller, R., u. W. Kautter: Zur Theorie der Rückkopplung bei Hochfrequenzempfängern. Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 8(1931), Nr. 3, S. 93...103.
- [3] Kautter, W.: Die Herstellung von negativen Leitwerten mit Hilfe von Rückkopplungsschaltungen. Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 10(1933), Nr. 5, S. 199...214.
- [4] Kautter, W.: Über die Wirkung der Entdämpfung in Rundfunkempfängern. Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 10(1933), Nr. 7, S. 287...302.
- [5] Kautter, W.: Theorie der unerwünschten Schwingung in rückgekoppelten Audion-Schaltungen mit Gitterkreisanzapfung. Telefunken-Ztg. Bd. 17(1936), Nr. 73, S. 52...57.
- [6] Berechnungsgrundlagen. Die B' für Hoch- und Zwischenfrequenz-Bandfilter. Philips Mh. App.-Fabr". Bd. —(1934), Nr. 19, S. 1...8; Nr. 20, S. 1...8, u. Nr. 21, S. 1...5.
- [7] Bandbreite. Regelbare B'. Philips Mh. App.-Fabr". Bd. —(1938), Nr. 54, S. 9...20; Nr. 58, S. 65...76, u. Nr. 59, S. 81...89.
- [8] Brück, L.: Gegenkopplungsschaltungen unter besonderer Berücksichtigung der Rundfunkempfänger. Telefunken-Röhre Bd. —(1937), Nr. 11, S. 244...277.
- [9] Brück, L.: Frequenzgang und Schwingneigung gegengekoppelter Verstärker für Rundfunkempfänger. Telefunken-Röhre Bd. —(1938), Nr. 14, S. 237...253.

Adresse des Autors:

Hubert Gibas, Churchill Laan 57 II, Amsterdam-Z, Holland.

Die Ausnützung der Adhäsion neuerer schweizerischer Elektrolokomotiven grosser Leistung

Von W. Kummer, Zürich

621.335.11

Anschliessend an seine Arbeit von 1938, in der die Überlegenheit der elektrischen über die nichtelektrische Zugförderung im Schwerlastverkehr nachgewiesen wurde, betrachtet der Verfasser, an Hand bekannt gewordener Daten über die Ausnützung der Adhäsion neuerer schweizerischer Elektrolokomotiven grosser Leistung, die für den heutigen Schwerlastverkehr massgebenden Zahlenwerte.

Donnant suite à son étude de 1938 sur la supériorité de la traction électrique sur la traction non électrique dans le trafic lourd avec locomotives, et tenant compte des plus récents résultats sur l'utilisation de l'adhésion dans les modernes grandes locomotives électriques suisses, l'auteur analyse les chiffres déterminant le trafic lourd actuel.