

# Berechnung von Breitbandverstärkern mit Kompensationsgliedern = Calcul des amplificateurs à large bande avec compensation

Autor(en): **Laett, Harry**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **31 (1953)**

Heft 3

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-876342>

## **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.

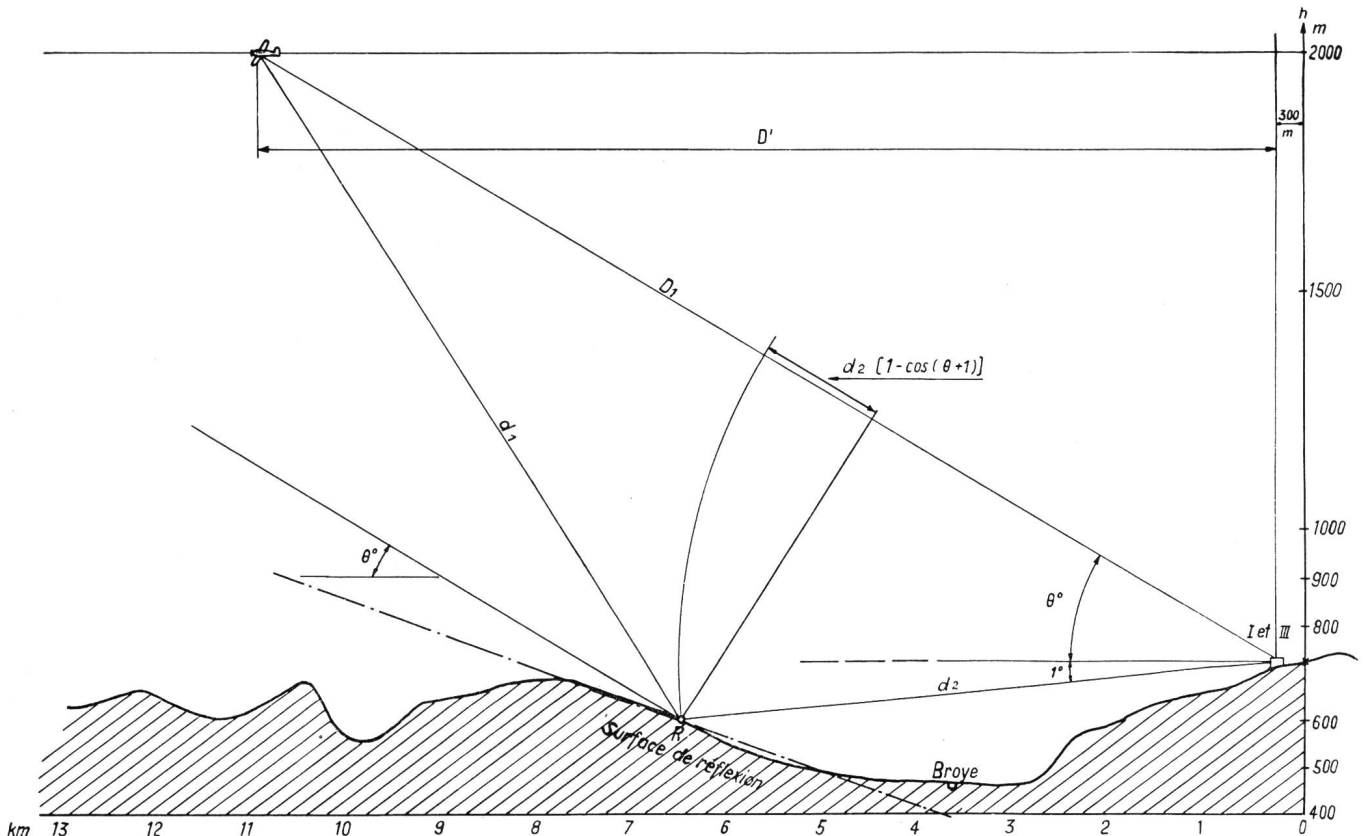


Fig. 10. Profil du terrain de Châttonnaye en direction de New-York. Surélévation 5:1

diagrammes théoriques. Il est toutefois nécessaire de faire l'analyse des enregistrements avec précision, et il faut attacher une grande importance à la détermination du point de l'enregistrement correspondant au passage de l'avion à la verticale de l'antenne.

On ne peut pas déduire des résultats une influence marquée des irrégularités du terrain au voisinage immédiat des antennes.

Les résultats de l'antenne III concordent légèrement mieux que ceux de l'antenne I avec les valeurs théoriques, mais la différence entre ces résultats n'est pas importante.

On constate une réflexion marquée sur le flanc nord-ouest de la vallée de la Broye qui produit de fortes interférences pour les ondes arrivant sous une incidence comprise entre  $4^{\circ}$  et  $8^{\circ}$ .

En terminant, nous tenons à adresser ici un souvenir reconnaissant à l'équipage de l'avion, MM. Schafroth, pilote, Brenneisen, observateur, et Früh, opérateur. C'est grâce à leur collaboration précieuse qu'il a été possible de faire ces mesures sans accroc et avec la précision nécessaire. On sait qu'ils sont tombés ensemble quelques mois plus tard dans un autre vol de service, nous leur disons encore nos remerciements.

Nous remercions également l'Office fédéral de l'air, le Service topographique fédéral et le Service de sécurité aérienne de Radio-Suisse S.A., qui ont mis leur personnel, leur matériel et leur expérience à notre disposition, ainsi que tous ceux qui ont collaboré avec soin et patience au dépouillement des enregistrements.

## Berechnung von Breitbandverstärkern mit Kompensationsgliedern

Von Harry Laett, Bern

621.396.645.018.424

**Zusammenfassung.** Nach einer kurzen Übersicht der zur Verstärkung eines grossen Frequenzbandes verwendeten Methoden werden die Bestimmungsgleichungen zur Berechnung der Elemente von Kompensationsschaltungen entwickelt. Es werden für die drei wichtigsten praktischen Fälle Nomogramme zur graphischen Lösung angegeben.

Die jeder Elektronenröhre eigene Ausgangs-(Anoden-)Kapazität, zu der auch diejenige des Belastungskreises gezählt werden muss, bedingt bei normaler Widerstandskopplung ein monotonen Abfallen der

## Calcul des amplificateurs à large bande avec compensation

Par Harry Laett, Berne

**Résumé.** Après une courte introduction sur les différents amplificateurs permettant d'obtenir une bande passante large, l'auteur s'applique à déterminer une méthode pratique de calculs des amplificateurs à compensation. La solution graphique par nomogrammes est ensuite exposée pour les 3 cas de compensation.

La capacité de sortie d'un tube électronique fait partie du circuit de charge et produit, pour un amplificateur ordinaire à couplage par résistance-capacité, une chute de l'amplification quand la fré-

Verstärkung mit wachsender Frequenz. Dieser Abfall nähert sich asymptotisch dem Wert  $-6$  dB/Oktave. Die Art des Absinkens der Verstärkung ist mit der Zeitkonstanten des Ausgangskreises verknüpft.

Beim Breitbandverstärker stellt sich nun die Forderung nach möglichst gleichförmiger Verstärkung eines ganzen Bereiches im Frequenzspektrum. Zur Lösung dieses Problems sind bis heute drei Möglichkeiten bekannt:

1. Kompensationsglieder,
2. Gegenkopplung,
3. Kettenverstärker.

Die Möglichkeit 1 versucht, den parasitären Einfluss der Ausgangskapazität durch die Wirkung von entsprechend bemessenen Induktivitäten zu kompensieren, das heisst über ein gewisses Frequenzband aufzuheben. Bei Schaltungen mit Gegenkopplung (Möglichkeit 2) wird diese so dimensioniert, dass die Rückführungsdämpfung mit wachsender Frequenz im selben Masse ansteigt, wie der Abfall der Verstärkung ohne Gegenkopplung vor sich gehen würde. Die unter 3 genannte Möglichkeit verwendet die Elektronenröhre gleichsam als Kopplungselement zweier Leitungsnachbildungen, wobei die Anodenkapazität direkt in die Queradmittanz der Nachbildung mit einbezogen wird.

Welche Lösung man in der Praxis wählt, hängt ganz davon ab, was für Anforderungen an den Verstärker gestellt werden. Im allgemeinen stellt man fest, dass Kettenverstärker erst angewendet werden, wenn es um die Verstärkung eines 100 und mehr MHz umfassenden Bandes geht, während gegengekoppelte Verstärker ganz besonders hinsichtlich Stabilität genauer Untersuchungen und Berechnungen bedürfen. Man erkennt unschwer, dass die kompensierten Breitbandverstärker heute fast durchwegs für normale Anwendungszwecke (z. B. Videoverstärkung) Verwendung finden, besonders dann, wenn es sich nur um einstufige Verstärker handelt (z. B. Fernsehempfänger).

Im folgenden sollen für die drei wichtigsten Fälle von Kompensationsgliedern Nomogramme für deren Berechnung entwickelt werden.

#### 1. Parallelkompensation (siehe Fig. 1a)

Die Verstärkung  $v$  einer Elektronenröhre wird bestimmt – unter der Voraussetzung grossen Innenwiderstandes – nach der Beziehung

$$v = S \cdot |Z|$$

wobei  $S$  die Steilheit,  $|Z|$  den Betrag der Anodenimpedanz bezeichnet. Die Verstärkung bei genügend tiefer Frequenz sei  $V_0$ , so dass wir als Bezugsverstärkung den Ausdruck

$$V = \frac{v}{V_0}$$

betrachten können.

Nach Einführung der reduzierten (dimensionslosen) Grössen

quence augmente. Cet amortissement s'approche asymptotiquement de la valeur de  $-6$  dB/octave. Le début de la chute de l'amplification dépend de la constante de temps du circuit de sortie.

Un amplificateur à large bande doit avoir une amplification aussi constante que possible dans les limites du spectre de fréquences considéré. Trois solutions permettent de remplir cette condition:

1. l'amplificateur à éléments de compensation,
2. l'amplificateur à contre-réaction,
3. l'amplificateur réparti.

La possibilité 1 consiste à compenser l'influence parasite de la capacité de sortie par une inductivité déterminée, c'est-à-dire à relever l'amplification pour une bande de fréquences déterminée. Le montage à contre-réaction (possibilité 2) doit être dimensionné de telle façon que l'amortissement du circuit de contre-réaction augmente en fonction de la fréquence; donc la chute d'amplification due à la contre-réaction diminue lorsque la fréquence augmente. Dans le cas désigné sous 3, les tubes électroniques sont employés pratiquement comme éléments de couplage entre 2 lignes de retard; les capacités anodiques sont à incorporer dans l'admittance parallèle des lignes de retard.

La solution employée en pratique dépend entièrement des conditions de travail de l'amplificateur. En général, les amplificateurs répartis ont une bande passante de quelques centaines de Mc/s, alors que les amplificateurs à contre-réaction doivent être dimensionnés très exactement pour tenir compte des conditions de stabilité.

Les amplificateurs à large bande compensés trouvent aujourd'hui différents emplois (par exemple, amplification vidéo), surtout lorsqu'on a un seul étage amplificateur (récepteur de télévision).

On se propose, dans l'étude suivante, de construire les nomogrammes pour le calcul des 3 cas de compensation.

#### 1. Compensation parallèle (voir fig. 1a)

L'amplification  $v$  d'une lampe à grande résistance interne est donnée par:

$$v = S |Z|$$

où  $S$  représente la pente de la lampe et  $|Z|$  la valeur absolue de l'impédance d'anode. L'amplification pour les basses fréquences étant  $V_0$ , l'amplification relative sera donnée par:

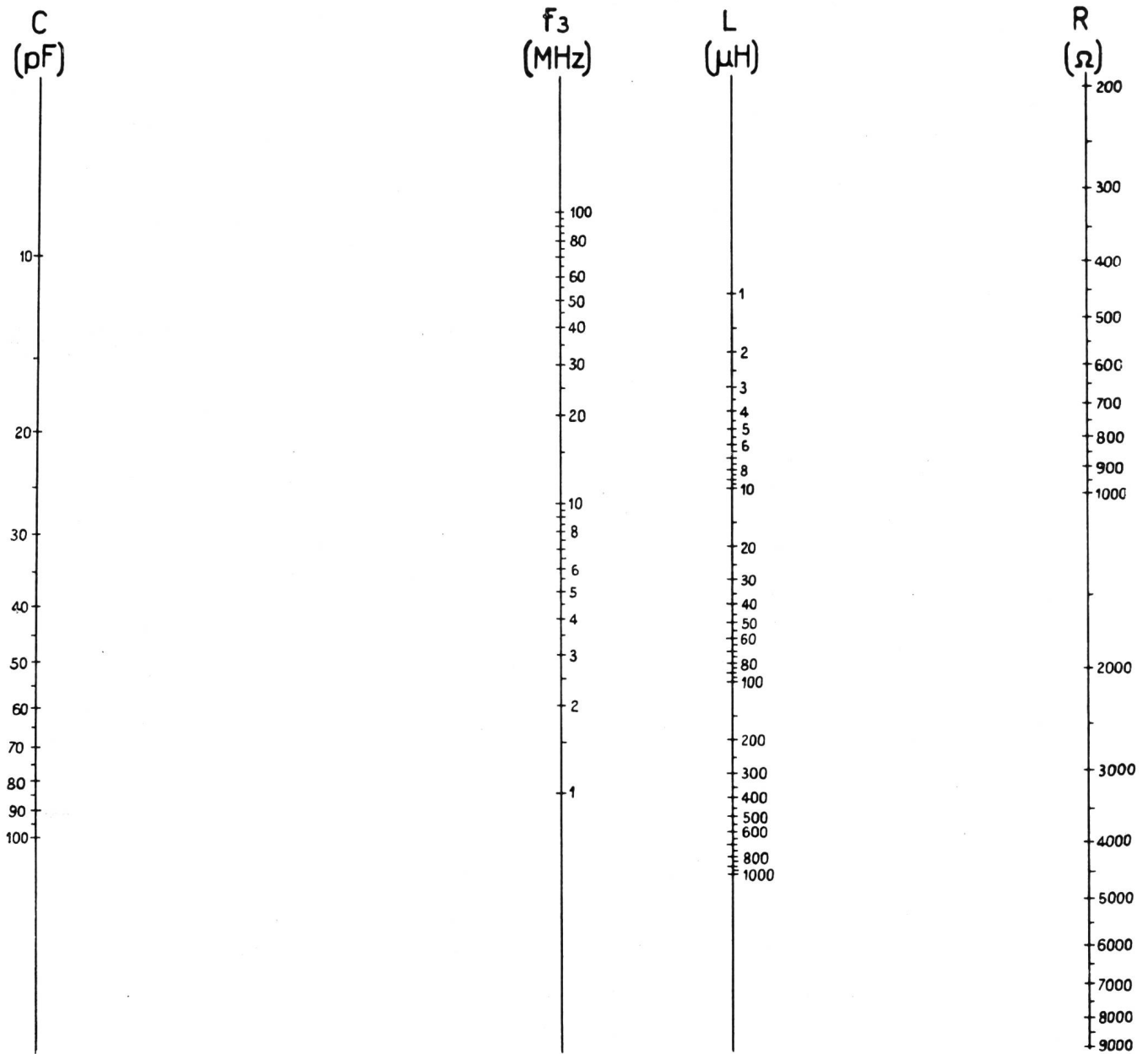
$$V = \frac{v}{V_0}$$

En introduisant les grandeurs réduites (sans dimension),

$$\Omega = \omega RC \text{ et } Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

nous obtenons alors pour l'amplification relative:

$$V = \sqrt{\frac{1 + Q^2 \Omega^2}{1 + \Omega^2 (1 - 2Q^2) + Q^4 \Omega^4}}$$



**Q = 0,6436** Nomogramm für Parallel-Kompensation — Nomogramme pour compensation parallèle

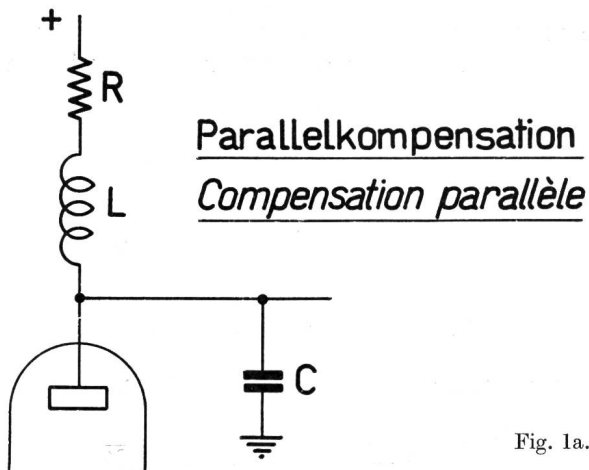


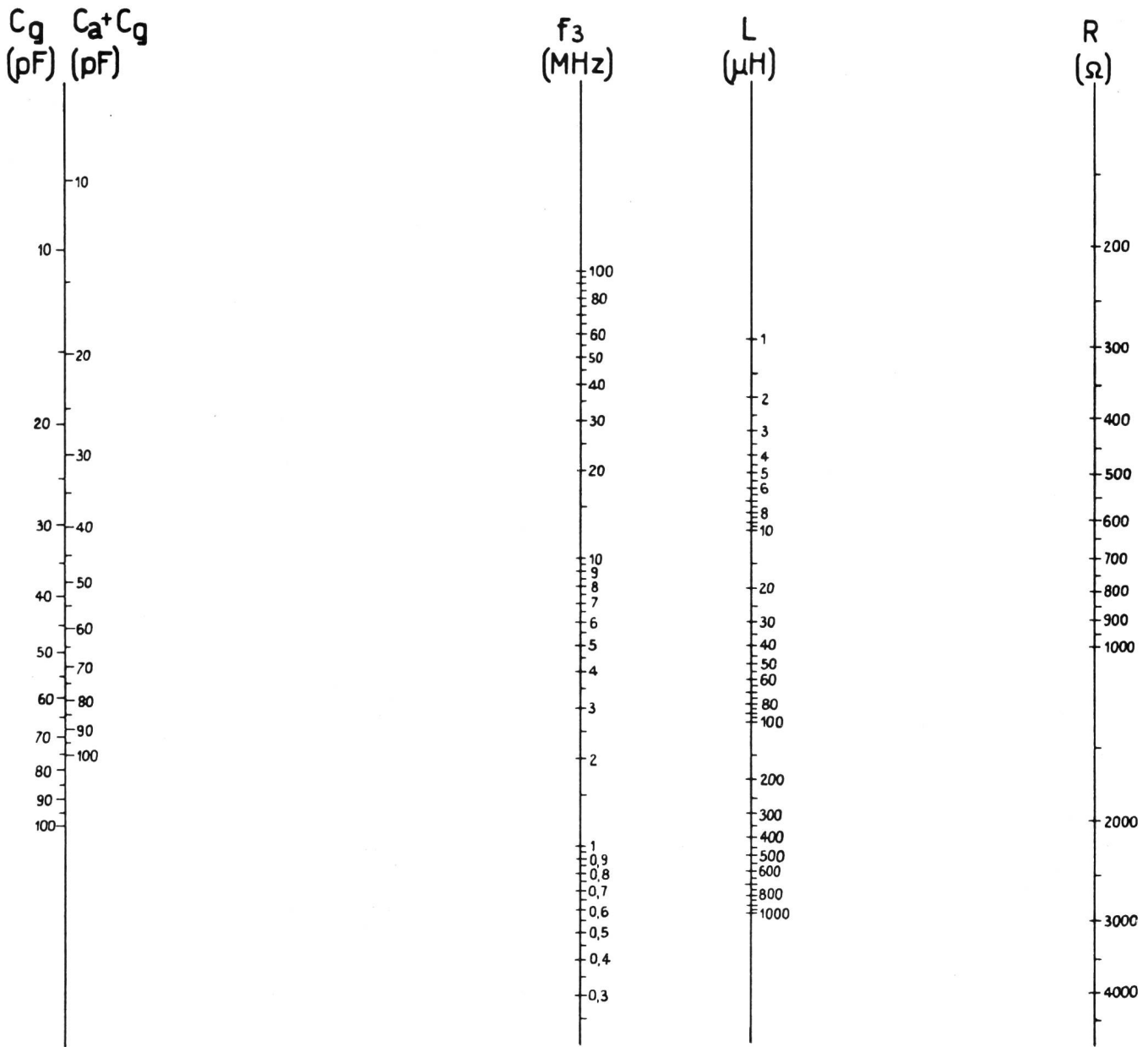
Fig. 1a.

Le paramètre  $Q$  doit être choisi de façon que la première dérivée de l'amplification pour des fréquences positives soit toujours plus petite ou égale à zéro. La plus grande valeur de  $Q$  sera dans ces conditions:

$$Q_0 = \sqrt{\sqrt{2} - 1} = 0,6436$$

La fonction de  $V$  sera représentée par la courbe de la fig. 2.

Nous déterminons la largeur de bande par la fréquence normalisée  $\Omega_3$  pour laquelle nous avons:



$$\frac{C_a}{C_g} = \frac{1}{3}$$

Nomogramm für Serie-Kompensation — Nomogramme pour compensation série

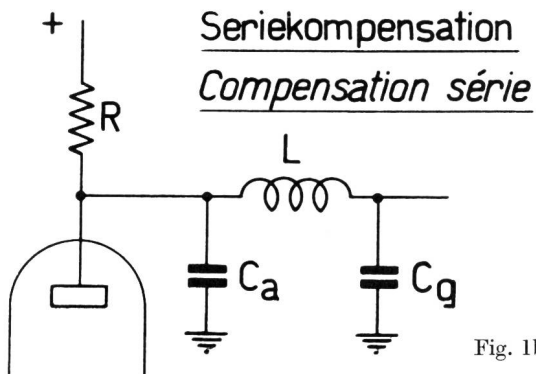


Fig. 1b.

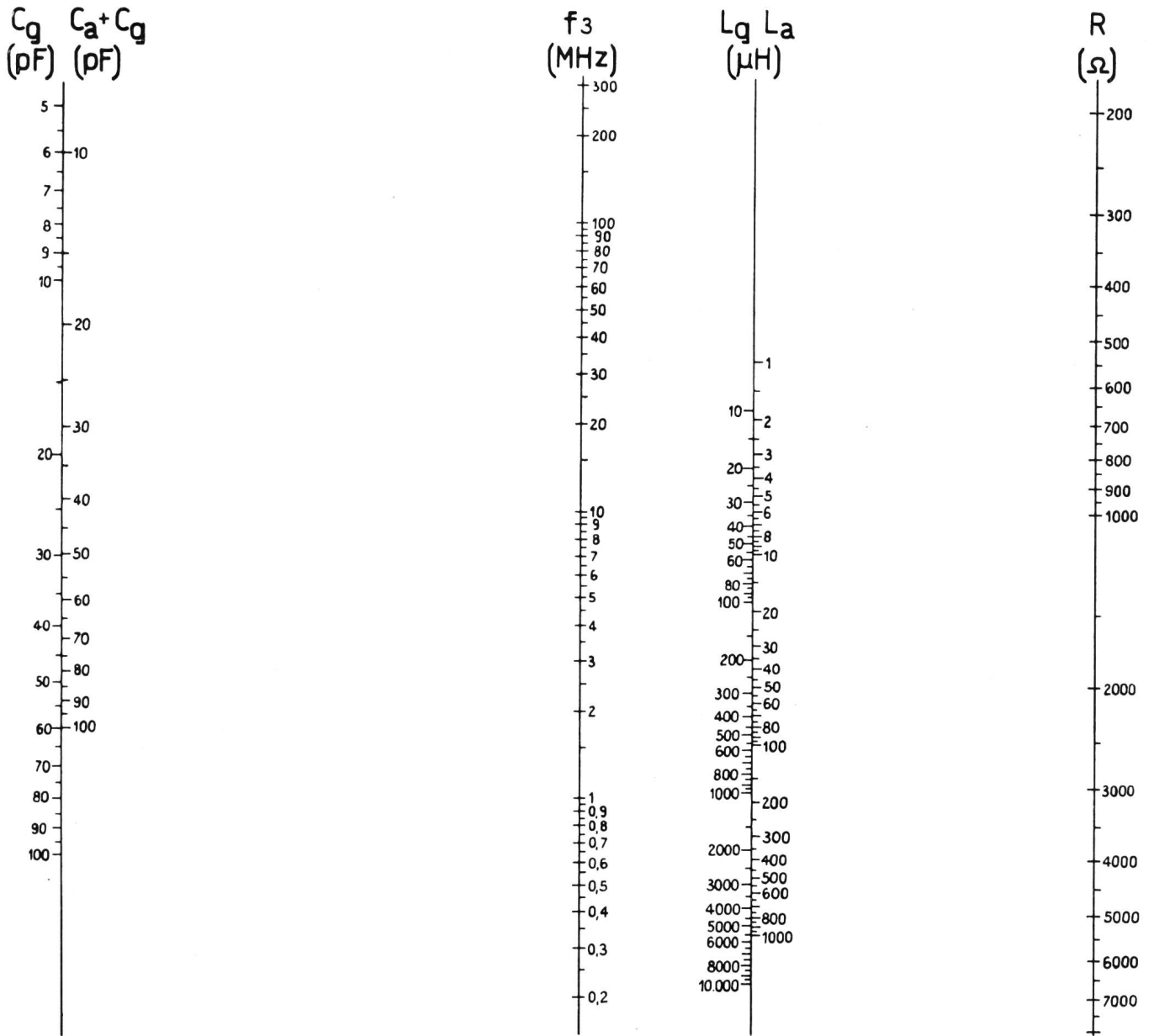
$$V^2(\Omega_3) = \frac{1}{2}$$

c'est-à-dire que, pour cette fréquence normalisée, l'amplification sera de 3 dB plus faible que pour les fréquences très basses ( $\Omega \approx 0$ ).  $\Omega_3$  est donné dans les conditions ci-dessus par:

$$\Omega_3 = 1,76$$

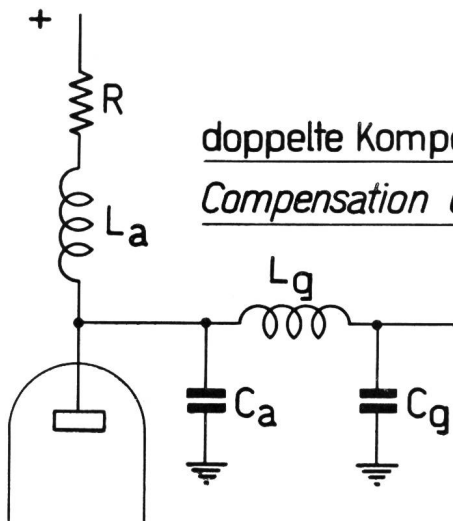
Les formules permettant de déterminer  $R$  et  $L$  s'obtiennent par

$$\Omega_3 = \omega_3 RC = 2\pi f_3 RC$$



$$\frac{C_a}{C_g} = 0,676$$

Nomogramm für doppelte Kompensation — Nomogramme pour compensation double



doppelte Kompensation  
Compensation double

d'où

$$R = \frac{\Omega_3}{\omega_3 C} = \frac{279\,000}{\left[\frac{f_3}{\text{Mc/s}}\right] \cdot \left[\frac{C}{\text{pF}}\right]} \quad (\text{ohms})$$

et

$$L = \frac{Q_0^2 \Omega_3^2}{\omega_3^2 C}$$

d'où

$$L = \frac{32\,200}{\left[\frac{f_3}{\text{Mc/s}}\right]^2 \cdot \left[\frac{C}{\text{pF}}\right]} \quad (\mu H)$$

Fig. 1c.

$$\Omega = \omega RC \text{ und } Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

errechnet sich die Bezugsverstärkung zu

$$V = \sqrt{\frac{1 + Q^2 \Omega^2}{1 + \Omega^2 (1 - 2Q^2) + Q^4 \Omega^4}}$$

Der Parameter Q sei so bestimmt, dass die erste Ableitung der Verstärkung für positive Frequenzen immer kleiner oder gleich Null bleibt. Der dieser Bedingung genügende grösste Wert von Q ergibt sich dann zu

$$Q_0 = \sqrt{\sqrt{2} - 1} = 0,6436$$

Der entsprechende Verlauf von V ergibt sich dann aus der Kurve der Fig. 2.

Zur Kennzeichnung der Bandbreite führen wir noch die Grösse  $\Omega_3$  ein, die durch

$$V^2(\Omega_3) = \frac{1}{2}$$

bestimmt wird, das heisst bei der (normierten) Frequenz  $\Omega_3$  liegt die Verstärkung um 3 dB unter derjenigen für sehr tiefe ( $\Omega \rightarrow 0$ )-Frequenzen.  $\Omega_3$  errechnet sich dann zu

$$\Omega_3 = 1,76$$

Die Bestimmungsgleichungen für R und L ergeben sich dann zu

$$\Omega_3 = \omega_3 RC = 2\pi f_3 RC, \text{ woraus}$$

$$R = \frac{\Omega_3}{\omega_3 C} = \frac{279\,000}{\left[ \frac{f_3}{\text{MHz}} \right] \cdot \left[ \frac{C}{\text{pF}} \right]} \text{ (Ohm)}$$

und

$$L = \frac{Q_0^2 \Omega_3^2}{\omega_3^2 C}, \text{ woraus } L = \frac{32\,000}{\left[ \frac{f_3}{\text{MHz}} \right]^2 \cdot \left[ \frac{C}{\text{pF}} \right]} \text{ (\mu H)}$$

### 2. Seri kompensierung (siehe Fig. 1b)

Bei dieser Anordnung wird die parasitäre Kapazität in zwei Beiträge aufgeteilt, einerseits die Anodenkapazität  $C_a$  und andererseits die Belastungs- (Gitter-)kapazität  $C_g$ . Wir führen wieder reduzierte Grössen ein:

$$\Omega = \omega R (C_a + C_g)$$

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C_g}} \cdot \frac{C_g}{C_a + C_g}$$

$$\lambda = \frac{C_a}{C_a + C_g} (<1)$$

Damit wird

$$V^2 = \frac{1}{1 + \Omega^2 (1 - 2Q^2) + \Omega^4 (Q^4 - 2Q^2\lambda) + \Omega^6 \lambda^2 Q^4}$$

Zur Bestimmung der Parameter fordern wir, dass die Koeffizienten von  $\Omega^2$  und  $\Omega^4$  im Nenner identisch verschwinden, also

$$\left. \begin{aligned} 1 - 2Q_0^2 &= 0 \\ Q^2 - 2\lambda_0 &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \therefore Q_0 &= \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \\ \therefore \lambda_0 &= \frac{1}{4} \end{aligned}$$

### 2. Kompensation série (voir fig. 1b)

Dans cette disposition, la capacité parasite se trouve divisée en deux parties, d'une part la capacité d'anode  $C_a$  et, d'autre part, la capacité de charge (de grille)  $C_g$ . En introduisant les grandeurs réduites, nous avons:

$$\Omega = \omega R (C_a + C_g)$$

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C_g}} \cdot \frac{C_g}{C_a + C_g}$$

$$\lambda = \frac{C_a}{C_a + C_g} (<1)$$

D'où nous aurons:

$$V^2 = \frac{1}{1 + \Omega^2 (1 - 2Q^2) + \Omega^4 (Q^4 - 2Q^2\lambda) + \Omega^6 \lambda^2 Q^4}$$

Pour la détermination des paramètres, nous admettons que les coefficients de  $\Omega^2$  et  $\Omega^4$  sont égaux à zéro, donc

$$\left. \begin{aligned} 1 - 2Q_0^2 &= 0 \\ Q^2 - 2\lambda_0 &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \therefore Q_0 &= \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \\ \therefore \lambda_0 &= \frac{1}{4} \end{aligned}$$

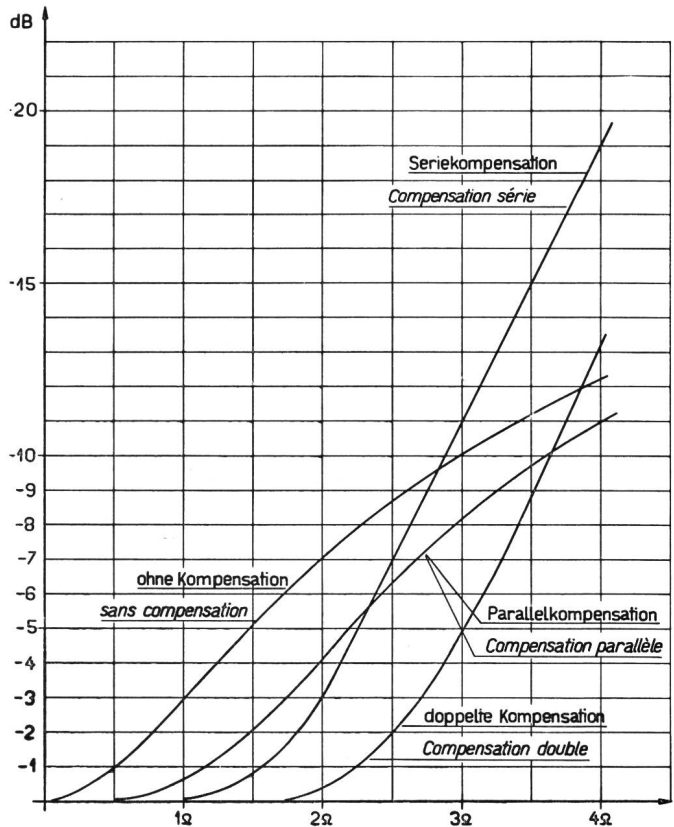


Fig. 2. Verlauf der Bezugsverstärkung Amplification relative

Dazu gehört dann eine Bezugsverstärkung

$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\Omega^6}{64}}} \quad (\text{Siehe Fig. 2})$$

Für die Grössen  $R$  und  $L$  ergeben sich mit den vorstehend bestimmten Parametern die Werte

$$R = \frac{\Omega^3}{\omega_3 (C_a + C_g)} = \frac{3}{2\omega_3 C_g} = \frac{239\,000}{\left[ \frac{f_3}{\text{MHz}} \right] \cdot \left[ \frac{C_g}{\text{pF}} \right]} \quad (\text{Ohm})$$

$$L = \frac{4 Q_0^2}{\omega_3^2 C_g} = \frac{50\,500}{\left[ \frac{f_3}{\text{MHz}} \right]^2 \cdot \left[ \frac{C_g}{\text{pF}} \right]} \quad (\mu\text{H})$$

wobei wiederum  $V^2(\Omega_3) = \frac{1}{2}$  gesetzt ist und

$$\frac{C_a}{C_g} = \frac{\lambda}{1 - \lambda} = \frac{1}{3} \quad \text{wird.}$$

### 3. Doppelte Kompensation

Wiederum, wie bei der letzten Lösung, wird von einer Aufteilung der Kapazitäten Gebrauch gemacht (siehe Fig. 1c), nur dass hier sowohl eine Serie- als auch eine Parallelkompensation angewendet wird.

Die reduzierten Grössen seien

$$\Omega = \omega R (C_a + C_g)$$

$$\varrho = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L_a}{C_a + C_g}}$$

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L_g}{C_g}} \cdot \frac{C_g}{C_a + C_g}$$

$$\lambda = \frac{C_a}{C_a + C_g} \quad (< 1)$$

Damit wird die Bezugsverstärkung

$$V^2 = \frac{1 + \Omega^2 \varrho^4}{1 + \Omega^2 \{1 - 2(\varrho^2 + Q^2)\} + \Omega^4 \{(\varrho^2 + Q^2) + 2\lambda Q^2 (\varrho^2 - 1)\} + \Omega^6 \{\lambda^2 Q^4 - 2\lambda \varrho^2 Q^2 (\varrho^2 + Q^2)\} + \Omega^8 \varrho^4 Q^4 \lambda^2}$$

Damit dieser Bruch möglichst den Wert 1 behält, fordern wir hier, dass

1. die Koeffizienten von  $\Omega^2$  in Zähler und Nenner gleich sind, und
2. diejenigen von  $\Omega^4$  und  $\Omega^6$  identisch verschwinden.

Für die Parameter erhält man somit das Gleichungssystem

$$\left. \begin{aligned} \varrho^4 &= 1 - 2(\varrho^2 + Q^2) \\ \varrho^2 + Q^2 + 2\lambda Q^2 (\varrho^2 - 1) &= 0 \\ \lambda Q^2 - 2\varrho^2 (\varrho^2 + Q^2) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

mit den Lösungen

$$\varrho_0^2 = \frac{1}{7}$$

D'où nous aurons une amplification relative:

$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\Omega^6}{64}}} \quad (\text{voir fig. 2})$$

En introduisant les paramètres ci-dessus, nous aurons les valeurs de  $R$  et  $L$  par:

$$R = \frac{\Omega^3}{\omega_3 (C_a + C_g)} = \frac{3}{2\omega_3 C_g} = \frac{239\,000}{\left[ \frac{f_3}{\text{Mc/s}} \right] \cdot \left[ \frac{C_g}{\text{pF}} \right]} \quad (\text{ohms})$$

$$L = \frac{4 Q_0^2}{\omega_3^2 C_g} = \frac{50\,500}{\left[ \frac{f_3}{\text{Mc/s}} \right]^2 \cdot \left[ \frac{C_g}{\text{pF}} \right]} \quad (\mu\text{H})$$

et de nouveau pour

$$V^2(\Omega_3) = \frac{1}{2}$$

nous aurons

$$\frac{C_a}{C_g} = \frac{\lambda}{1 - \lambda} = \frac{1}{3}$$

### 3. Compensation double

Comme dans le cas précédent, on se base sur la séparation des capacités, mais cette fois on utilise simultanément une compensation série et une compensation parallèle (voir fig. 1c).

Si les grandeurs réduites sont:

$$\Omega = \omega R (C_a + C_g)$$

$$\varrho = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L_a}{C_a + C_g}}$$

$$Q^2 = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L_g}{C_g}} \cdot \frac{C_g}{C_a + C_g}$$

$$\lambda = \frac{C_a}{C_a + C_g} \quad (< 1)$$

l'amplification relative devient

$$V^2 = \frac{1 + \Omega^2 \varrho^4}{1 + \Omega^2 \{1 - 2(\varrho^2 + Q^2)\} + \Omega^4 \{(\varrho^2 + Q^2) + 2\lambda Q^2 (\varrho^2 - 1)\} + \Omega^6 \{\lambda^2 Q^4 - 2\lambda \varrho^2 Q^2 (\varrho^2 + Q^2)\} + \Omega^8 \varrho^4 Q^4 \lambda^2}$$

Afin que la valeur de cette fraction reste proche de 1, nous posons:

1. les coefficients de  $\Omega^2$  égaux au numérateur et au dénominateur,
2. les coefficients de  $\Omega^4$  et  $\Omega^6$  nuls.

Nous obtenons alors pour les paramètres, le système d'équation suivant:

$$\left. \begin{aligned} \varrho^4 &= 1 - 2(\varrho^2 + Q^2) \\ \varrho^2 + Q^2 + 2\lambda Q^2 (\varrho^2 - 1) &= 0 \\ \lambda Q^2 - 2\varrho^2 (\varrho^2 + Q^2) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

avec les solutions:

$$\varrho_0^2 = \frac{1}{7}$$



$$Q_o^2 = \frac{17}{49}$$

$$\lambda_o = \frac{48}{119}$$

Diesem Wert von  $\lambda_o$  entspricht ein Verhältnis

$$\frac{C_a}{C_g} = \frac{48}{71} = 0,676.$$

Der Ausdruck für die Bezugsverstärkung wird dann

$$V^2 = \frac{1 + \frac{\Omega^2}{49}}{1 + \frac{\Omega^2}{49} + \frac{4\Omega^8}{10\,000}}$$

wodurch für  $V^2(\Omega_3) = \frac{1}{2}$

$$\Omega_3 = 2,67$$

wird.

Die Bestimmungsgleichungen für die gesuchten Grössen werden dann

$$R = \frac{\Omega_3}{\omega_3(C_a + C_g)} = \frac{2,67}{\omega_3 \cdot C_g \cdot 1,676} = \frac{253\,000}{\left[ \frac{f_3}{\text{MHz}} \right] \cdot \left[ \frac{C_g}{\text{pF}} \right]} \quad (\text{Ohm})$$

$$L_a = \varrho_o^2 R^2 (C_a + C_g) = \varrho_o^2 \frac{\Omega_3^2}{\omega_3^2 (C_a + C_g)} = \frac{15\,320}{\left[ \frac{f_3}{\text{MHz}} \right]^2 \cdot \left[ \frac{C_g}{\text{pF}} \right]} \quad (\mu\text{H})$$

$$L_g = \frac{Q_o^2}{C_g} R^2 (C_a + C_g)^2 = \frac{Q_o^2 \Omega_3^2}{\omega_3^2 C_g} = 5,72 L_a (\mu\text{H})$$

*Konstruktion der Nomogramme*

Wir gehen aus von einer Anordnung dreier paralleler Achsen, mit der Annahme, dass x und y die gegebenen, z die gesuchte Grösse sei. Die Abstände der Achsen unter sich seien a und b. Die Bestimmung des gesuchten Wertes ergibt sich durch Ziehen einer Geraden zwischen den durch die Werte von x und y gegebenen Punkten als Schnitt mit der z-Achse. z als Funktion von x und y ergibt sich dann unschwer zu

$$z = \frac{b}{a+b} x + \frac{a}{a+b} y = mx + ny$$

$z = z(x, y)$  soll nun der darzustellenden Funktion entsprechen, so dass die Aufgabe sich nun stellt, die Belegung der Achsen so zu finden, dass die Funktion eindeutig bestimmt wird. Dies gelingt, wenn die Belegung der Achsen so vorgenommen wird, dass die durch das Nomogramm interpretierte Funktion in zwei Summanden sich zerlegt, welche nur noch Funktionen einer Variablen sind. Da unsere sämtlichen Bestimmungsgleichungen Proportionen sind, so erfüllt die logarithmische Belegung die geometrische Forderung. Die Wahl des Maßstabes und die Grösse der Exponenten in der Proportion bestimmen die Abstände a und b, während die Proportionalitäts-

$$Q_o^2 = \frac{17}{49}$$

$$\lambda_o = \frac{48}{119}$$

A cette valeur de  $\lambda_o$  correspond le rapport

$$\frac{C_a}{C_g} = \frac{48}{71} = 0,676$$

L'expression de l'amplification relative sera alors:

$$V^2 = \frac{1 + \frac{\Omega^2}{49}}{1 + \frac{\Omega^2}{49} + \frac{4\Omega^8}{10\,000}}$$

d'où pour  $V^2(\Omega_3) = \frac{1}{2}$  nous aurons:

$$\Omega_3 = 2,67$$

Les grandeurs recherchées nous seront données par:

$$R = \frac{\Omega_3}{\omega_3(C_a + C_g)} = \frac{2,67}{\omega_3 \cdot C_g \cdot 1,676} = \frac{253\,000}{\left[ \frac{f_3}{\text{MHz}} \right] \cdot \left[ \frac{C_g}{\text{pF}} \right]} \quad (\text{Ohm})$$

$$L_a = \varrho_o^2 R^2 (C_a + C_g) = \varrho_o^2 \frac{\Omega_3^2}{\omega_3^2 (C_a + C_g)} = \frac{15\,320}{\left[ \frac{f_3}{\text{MHz}} \right]^2 \cdot \left[ \frac{C_g}{\text{pF}} \right]} \quad (\mu\text{H})$$

$$L_g = \frac{Q_o^2}{C_g} R^2 (C_a + C_g)^2 = \frac{Q_o^2 \Omega_3^2}{\omega_3^2 C_g} = 5,72 L_a (\mu\text{H})$$

*Construction des nomogrammes*

Nous disposons trois axes parallèles, en supposant que x et y soient les données et z l'inconnue, cette dernière est déterminée par l'intersection de la droite tirée entre les 2 points donnés sur les axes x et y avec l'axe z. La fonction de z par rapport à x et y nous est donnée par

$$z = \frac{b}{a+b} x + \frac{a}{a+b} y = mx + ny$$

$z = z(x, y)$  doit donc correspondre à la fonction à représenter; le problème consiste ainsi à déterminer l'échelle des axes de façon que la fonction soit représentée pour toutes les valeurs intéressantes. Cette condition est remplie si l'on choisit l'échelle des axes de manière que la fonction puisse être représentée par une somme dont les éléments sont fonction d'une seule variable.

Toutes les relations que nous avons obtenues ci-dessus sont des rapports, de telle sorte que l'échelle logarithmique remplit la condition géométrique mentionnée. Le choix de l'échelle et la grandeur des exposants dans ces rapports déterminent les espaces a et b, alors que les facteurs de proportionnalité fixent la position du point de référence sur l'axe z.

faktoren die Lage des Messbezugspunktes auf der z-Achse festlegt. Das Verhältnis der Masseinheiten auf den Achsen wird durch die Summe der Exponenten beeinflusst.

Für die Bestimmung der Grösse der Elemente von Kompensationsgliedern ist also lediglich eine Gerade zwischen den den Ausgangswerten (wohl meistens  $C$  und  $f_3$ ) entsprechenden Punkten zu ziehen, wobei dann die Schnitte mit den übrigen Achsen die gesuchten Grössen festlegen.

Bei den Schaltungen mit Seri kompensierung ist darauf zu achten, dass das Verhältnis  $C_a/C_g$  einen festen Wert besitzt, der möglichst genau eingehalten werden muss. Durch eine entsprechende Leitungsführung (z. B. Schaltkapazität des Kopplungskondensators) ist dies in den meisten Fällen zu erreichen. Nur in besondern Fällen wird eine Umpolung der Serie-Vierpole nötig sein, dann nämlich, wenn die Anodenkapazität grösser als diejenige des Ausgangskreises ist.

Le rapport des échelles des axes est influencé par la somme des exposants.

Pour la détermination des éléments des circuits de compensation, il suffira de tirer une droite entre les 2 points sur les axes  $x$  et  $y$  fixés par les grandeurs connues du circuit (soit en général  $C$  et  $f_3$ ) et le point d'intersection de cette droite avec l'axe  $z$  donnera la grandeur recherchée.

Pour le montage à compensation série il faut noter que le rapport  $C_a/C_g$  est une valeur fixe qui doit être maintenue aussi rigoureusement que possible. Cette condition sera remplie dans la plupart des montages par un câblage approprié. Dans un cas particulier, une inversion du quadripôle-série est nécessaire, soit lorsque la capacité anodique est plus grande que celle du circuit de sortie.

## Materialeinkauf und Lagerverwaltung\*

Von Gottfried Denzler, Bern

621.39.002.5

Der Baumaterial- und Werkstättendienst der Generaldirektion PTT, bestehend aus drei Sektionen (Kommerzielle Sektion, Sektion Lagerverwaltung und Sektion Werkstätte und Transporte), ist Einkaufs- und Verrechnungsstelle für alle technischen Materialien, die für den Telegraphen-, Telefon- und Rundspruchbau und -betrieb verwendet werden. Es handelt sich dabei um 1300 Artikel Linien- und Kabelmaterial, 3500 Apparate und Apparatenbestandteile sowie 1200 Werkzeuge, zusammen rund 6000 gangbare Artikel.

### 1. Materialeinkauf

Die Beschaffung des Materials ist Aufgabe der Kommerziellen Sektion, die gegenwärtig aus einem Sektionschef, sieben Beamten und sieben Gehilfinnen besteht. Analog der fachlichen Unterteilung des Materials ist die Sektion in drei Bestellbureaux unterteilt:

- I. für Linien- und Kabelmaterial (vier Personen),
- II. für Apparate und Zentralen (acht Personen),
- III. für Werkzeuge, Diverses und Reparaturen (zwei Personen).

Die Bestellbureaux erhalten von den Magazinen in Bern und Ostermündigen die Bedarfsmeldungen für die neu zu bestellenden Materialien. Die Meldungen, die über die Vorräte an neuem und reparaturbedürftigem Material im betreffenden Artikel, über den bisherigen Verbrauch sowie den mutmasslichen Bedarf Auskunft geben, laufen alle beim Sektionschef durch und werden von diesem der zuständigen technischen Sektion zum Mitvisum zugewiesen.

\* Auszug aus einem Vortrag, gehalten am 20. Mai 1952 anlässlich einer Konferenz der Leiter des Baumaterial- und Transportdienstes.

Normalerweise wird der Bedarf für weitere sechs Monate eingedeckt, so dass jeder Artikel praktisch jährlich zweimal zur Anschaffung gelangt. Dieses Beschaffungssystem ermöglicht es, konstruktive und schaltungstechnische Änderungen und Verbesserungen möglichst rasch zu berücksichtigen und allfälligen Preiskorrekturen nach unten aufgeschlossen zu folgen. Bei steigenden Preisen ist es gewöhnlich so, dass sich der Lieferant in seinem Angebot mit einer Preisklausel vor Überraschungen schützt. Gegen eine allfällige Mehrforderung ist dann nichts einzuwenden, wenn die zwischen der Auftragserteilung und der Ablieferung eingetretene Verteuerung der Rohmaterialien dem Lieferanten nicht mehr zu tragen zugemutet werden darf. Es kommt dies hin und wieder vor bei materialintensiven Artikeln und bei sehr langen Lieferfristen, in Fällen also, in denen das für einen bestimmten Auftrag nötige Material erst beschafft werden muss und eine sichere Preisberechnung auf lange Sicht nicht möglich ist. Normalerweise werden die Bestellungen zu festen Preisen vergeben.

Ist die vorerwähnte Bedarfsmeldung von allen interessierten Dienststellen visiert und die zu beschaffende Menge festgesetzt, so wird eine Reihe von bekannten und bewährten Lieferanten, die für die Herstellung des Artikels in Frage kommen, zur Offertstellung eingeladen. Die Firmen werden schriftlich und unter Beilage eines Pflichtenheftes oder von Zeichnungen über die Lieferbedingungen und die Beschaffenheit der zu liefernden Materialien unterrichtet. In anderen Fällen haben die Lieferanten mit der Offerte ein Muster einzureichen. Im Falle einer Bestellung dient dann dieses Muster zur Beurteilung