

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

**Herausgeber:** Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung

**Band:** 23 (1945)

**Heft:** 1: Alessandro Volta : zum Gedenken an seinem 200. Geburtstag

**Artikel:** Die Erzeugung sinusförmiger Wechselströme über sehr breite Frequenzbereiche = Nouveau type d'oscillateur à gamme de fréquence variable très étendue

**Autor:** Jacot, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-873174>

### **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:** 28.04.2026

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

Frage, inwieweit das Schwankungsverhältnis von der Senderentfernung abhängig ist, da doch die St. Galler Strecke, obschon sie wesentlich länger ist als die beiden andern, sich in bezug auf die Schwankungen davon kaum unterscheidet. Sie lässt sich beantworten, wenn man das Verhältnis der Dämpfungsbeträge  $f(\varrho)$  mit und ohne vegetabler Absorption in Funktion der Senderentfernung berechnet. Für die St. Galler Strecke gelangt man dann so zu der in Fig. 11 gezeigten

Streckenabhängigkeit, d. h., die Instabilität nähert sich in St. Gallen einem verhältnismässig flachen Maximum und fällt mit zunehmender Entfernung asymptotisch auf den Grenzwert 6,7 db.

Wie schon bei früherer Gelegenheit, so hat auch diesmal das *Forstamt der Burgergemeinde Bern* unsere Untersuchungen in zuvorkommender Weise durch Rat und Tat unterstützt, wofür ihm wiederum allerbestens gedankt sei.

## Die Erzeugung sinusförmiger Wechselströme über sehr breite Frequenzbereiche.

Von H. Jacot, Bern.

621.396.615.1:621.317

### Einleitung.

Um in der Fernsprechtechnik die verschiedenen Messungen ausführen zu können, muss man im besonderen eine Stromquelle zur Verfügung haben, die den nötigen sinusförmigen Wechselstrom liefert; diese Quelle muss, je nach den Bedürfnissen, verschiedene Bedingungen erfüllen. Aus diesen Gründen hat sich die Schwachstromindustrie seit ihren Anfängen mit der Entwicklung und der Herstellung solcher Stromquellen oder Oszillatoren befasst; diese müssen die erforderliche Wechselstromleistung für den gewünschten Frequenzbereich erzeugen.

Vor dem Erscheinen der Elektronenröhre wurden diese Wechselströme mit der gewünschten Frequenz durch kleine Wechselstromgeneratoren oder Quecksilberlampen erzeugt. Die Elektronenröhre gestattete, diese sinusförmigen Ströme für ganze Frequenzbereiche viel wirtschaftlicher zu gewinnen. Tritt zwischen dem Ausgang und dem Eingang eines Verstärkers eine Kopplung auf, d. h. wird ein Teil der Ausgangsenergie zum Eingang zurückgeführt, so entstehen bekanntlich Wechselströme, die anfänglich nicht vorhanden waren. Die auf diese Weise erzeugten Schwingungen müssen aber unterhalten werden, mit andern Worten, ihre Amplitude muss konstant bleiben. Hierfür müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

1. Die absolute Grösse der Spannung durch den Verstärker und den Kopplungskreis muss mindestens ebenso gross sein, wie diejenige am Eingang.
2. Die Spannung muss durch den Verstärker und den Kopplungskreis eine Drehung von  $2n\pi$  erfahren, wobei  $n$  immer eine ganze Zahl bedeutet.

Die Kopplung lässt sich mechanisch oder elektrisch bewerkstelligen. Eine mechanische Kopplung ist z. B. in den Stimmgabelsummern, die in gewissen Trägerstromsystemen Anwendung finden, verwirklicht. Die elektrische Kopplung wird durch parallel- oder in seriegeschaltete Resonanzkreise erreicht. Die Frequenz des erzeugten Wechselstromes ist bestimmt durch die Resonanzfrequenz des Kopplungskreises. Um verschiedene Frequenzen zu erhalten, muss man somit jedesmal den Wert der Kapazität und der Induktivität ändern, was zur Folge hat, dass diese Bauelemente sehr gross werden, sobald man einen etwas weiteren Frequenzbereich haben will. Es ist deshalb unmöglich, mit einem gewöhnlichen verän-

## Nouveau type d'oscillateur à gamme de fréquence variable très étendue.

Par H. Jacot, Berne.

621.396.615.1:621.317

### Introduction.

Pour effectuer les diverses mesures de transmission téléphonique, il faut, en particulier, avoir à disposition une source de courant alternatif sinusoïdal qui, suivant les cas, devra remplir plusieurs conditions. C'est pourquoi le développement et la fabrication de telles sources de courant, c'est-à-dire d'oscillateurs pouvant produire à une puissance convenable toute la gamme des fréquences désirées, a été un des problèmes auquel s'est attachée dès ses débuts l'industrie des courants faibles.

Avant l'apparition de la lampe amplificatrice, les courants alternatifs de la fréquence désirée étaient fournis par des petits alternateurs ou des lampes à mercure. La lampe amplificatrice permet d'obtenir d'une manière plus économique des courants sinusoïdaux pour toute la gamme des fréquences. On sait que si, dans un amplificateur, il y a une réaction entre la sortie et l'entrée, c'est-à-dire qu'une certaine quantité de l'énergie de sortie est ramenée à l'entrée, cela peut faire naître des courants alternatifs qui n'existaient pas à l'origine. Les oscillations ainsi produites doivent encore être entretenues; à cet effet deux conditions doivent être remplies:

1<sup>o</sup> après un tour complet à travers l'amplificateur et le circuit de couplage, le module de la tension doit être au moins égal ou plus grand que celui de la tension de départ.

2<sup>o</sup> la phase de la tension doit être, après un tour complet, la même, à un facteur de  $2n\pi$  près, que la phase initiale.

Le couplage peut se faire mécaniquement ou électriquement. Un couplage mécanique est réalisé par exemple dans les oscillateurs à diapason qu'on utilise dans certains systèmes à courants porteurs. Le couplage électrique est constitué par des circuits résonnants en parallèle ou en série. La fréquence du courant alternatif engendré sera déterminée par la fréquence de résonance du circuit de couplage. Pour obtenir des fréquences différentes, il faut donc changer chaque fois la valeur de la capacité et de la self et, si on désire avoir une gamme de fréquences assez étendue, ces éléments auraient tout de suite des dimensions assez grandes. Il n'est pas possible en effet, avec un condensateur variable ordinaire, de faire varier la fréquence dans une gamme très étendue.

derlichen Kondensator die Frequenz innerhalb eines grossen Bereiches zu verändern.

Aus diesem Grunde hauptsächlich wurde später ein Oszillator entwickelt, der auf dem Prinzip der Ueberlagerung oder Schwebung gebaut und unter dem Namen eines Ueberlagerungs- oder Schwebungssummers bekannt ist. In diesem Oszillatortyp werden die Frequenzen von der Differenz zweier Oszillatoren, die mit hohen Frequenzen schwingen, abgeleitet. Der eine der Oszillatoren hat eine feste Frequenz von z. B. 100 kHz, während die Frequenz des andern mittelst eines Kondensators von 90—100 kHz gleichmässig geändert werden kann. Die Frequenzen der beiden Oszillatoren werden in einem Modulator gemischt und man weiss, dass am Ausgang zwei andere Frequenzen, die gleich der Summe und der Differenz der zwei primären Frequenzen sind, in Erscheinung treten. Die erste dieser Frequenzen wird durch einen Filter unterdrückt, während die zweite als Frequenz des Oszillators benützt wird. Man sieht ohne weiteres ein, dass wenn man die Frequenz des zweiten Oszillators von 90 auf 100 kHz variiert, die resultierende Frequenz zwischen 10 000 und 0 Hz verändert wird. Die Aenderung der Frequenz lässt sich durch die Drehung eines Luftkondensators von gebräuchlicher Bauart erreichen. Durch geeignete Kreise kann die Ausgangsspannung für das ganze Frequenzband konstant gehalten werden. Der Klirrfaktor kann ebenfalls sehr klein gehalten werden und übersteigt 2% nicht. Der Ueberlagerungssummer erlaubt die rasche Ausführung aller Messungen, die in einem ganzen Frequenzband durchgeführt werden müssen und wird deshalb in der Mehrzahl der Verstärkerstationen des schweizerischen Telefonnetzes allgemeiner verwendet. Durch das Anschliessen eines Motors und durch eine besondere Dimensionierung des Kondensators ergibt sich eine genau bestimmbare Frequenzfolge in der Zeit, die erlaubt, dass automatisch für das ganze Frequenzband von 30—10 000 Hz jedes Element eines Fernsprechkreises gemessen werden kann. Solche Oszillatoren sind in den Pegelschreibern der wichtigsten Verstärkerstationen der Schweiz im Betrieb.

Ein Nachteil der Ueberlagerungssummer liegt darin, dass die schwachen Veränderungen der Hochfrequenzstromkreise verhältnismässig grosse Veränderungen der Tonfrequenz bedingen, was sich besonders bei den niedern Frequenzen sehr empfindlich auswirkt. Im weitern ist die Skala für diese Frequenzen nicht sehr genau.

Durch die Anwendung eines neuen Prinzips ist man in den letzten Jahren dazu gekommen, Oszillatoren zu konstruieren, in denen sich die Frequenzen für einen sehr grossen Bereich direkt erzeugen (nicht durch Schwebung). Sie sind gekennzeichnet durch die Stabilität der Frequenz und der Amplitude, durch die Einfachheit des Stromkreises und durch eine bessere Frequenzskala. Diese Oszillatoren haben in Wirklichkeit keinen Resonanzkreis; der Abstimmkreis besteht lediglich aus Widerständen und Kondensatoren, weshalb man sie auch als „R. C. Oszillatoren“ bezeichnet.

#### *Prinzip des neuen Oszillators.*

Der Oszillator besteht aus einem *Widerstand- und Kapazitätgekoppelten Verstärker*, in dem man durch

C'est pour cette raison principalement que fut développé plus tard un oscillateur basé sur le principe des battements, connu sous le nom d'oscillateur hétérodyne. Dans ce type d'oscillateur, les fréquences sont dérivées de la différence des fréquences de deux oscillateurs oscillants à des fréquences assez élevées. L'un de ceux-ci a, par exemple, une fréquence fixe de 100 kc/s, tandis que la fréquence de l'autre peut être variée d'une manière continue au moyen d'un condensateur variable de 90 kc/s à 100 kc/s. Les fréquences des deux oscillateurs sont combinées dans un modulateur et l'on sait qu'à sa sortie on aura en particulier deux autres fréquences égales à la somme et à la différence des deux fréquences primaires. La première de ces fréquences sera éliminée par un filtre, tandis que la deuxième sera utilisée comme fréquence de l'oscillateur. On voit sans autre qu'en faisant varier la fréquence du deuxième oscillateur de 90 kc/s à 100 kc/s, la fréquence résultante variera de 10.000 c/s à 0 c/s. La variation de la fréquence peut s'obtenir par la rotation d'un condensateur à air, de construction courante. Par des circuits appropriés, on peut rendre la tension de sortie constante pour toute la bande des fréquences. Le taux des harmoniques peut être réduit également et ne dépassera pas 2%. L'oscillateur hétérodyne permet l'exécution rapide de toutes les mesures qui doivent se faire pour toute une bande des fréquences, et il est d'un emploi presque général dans la plupart des stations de répéteurs du réseau suisse. Par l'adjonction d'un moteur et par les dimensions spéciales du condensateur donnant une suite des fréquences bien déterminée dans le temps, on peut mesurer automatiquement pour toute la bande des fréquences de 30 c/s à 10.000 c/s tout élément d'un circuit de transmission téléphonique. De tels oscillateurs sont en service dans les hypso-graphes des principales stations de répéteurs suisses.

Un des désavantages des oscillateurs hétérodynes provient du fait que des faibles variations des circuits à haute fréquence produisent des variations relativement importantes des fréquences vocales, ce qui est particulièrement sensible aux toutes basses fréquences. De plus, pour ces fréquences-là, l'échelle n'est pas très précise.

En appliquant un nouveau principe, on est arrivé ces dernières années à construire des oscillateurs dans lesquels les fréquences sont produites directement (donc pas par battement) pour une gamme très étendue. Ils sont caractérisés par la stabilité de la fréquence et de l'amplitude, la simplicité du circuit, une meilleure échelle des fréquences. Ces oscillateurs n'ont effectivement pas de circuit résonnant; le circuit d'accord se compose uniquement de résistances et de capacités, et c'est pourquoi on les désigne aussi par le nom de „oscillateur R. C.“

#### *Principe du circuit du nouvel oscillateur.*

L'oscillateur consiste en lui-même en un *amplificateur à liaison par résistance et capacité* dans lequel on applique une contre réaction, réalisée au moyen d'un pont composé de résistances et de capacités, analogue à un pont de Wien tel qu'on s'en sert pour mesurer les pertes dans les condensateurs.

das Mittel einer Brücke, bestehend aus Widerständen und Kondensatoren — ähnlich derjenigen von Wien, die man zu Verlustmessungen bei Kondensatoren verwendet —, eine Rückkopplung erzeugt.

Das Prinzip veranschaulicht die Fig. 1. Die Ausgangsspannung wirkt zwischen b und d. Die Spannung zwischen c und a verursacht eine Rückkopplung oder eine Gegenkopplung, je nach dem Scheinwiderstand der vier Brückenarme. Man kann es so einrichten, dass die Kopplung für die Frequenz, auf die die Brücke ausgeglichen ist, positiv wird (Rückkopplung), d. h., dass für alle übrigen Frequenzen die Kopplung negativ wird (Gegenkopplung) und somit keine Schwingungen auftreten.

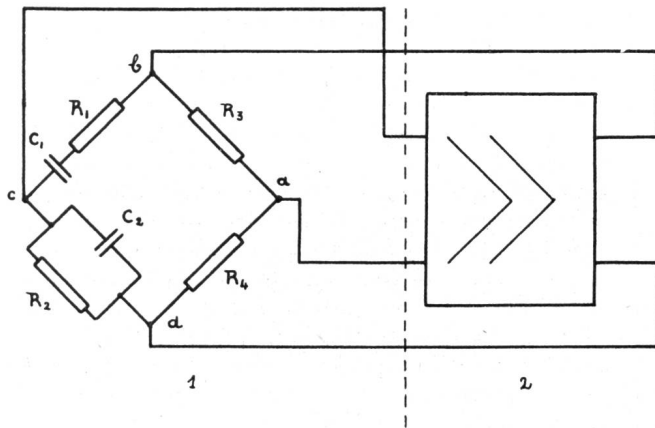


Fig. 1. Prinzipschema  
 1 Wien-Brücke; Pont de Wien.  
 2 R.C.-Verstärker; amplificateur R.C.

Andererseits ist es notwendig, dass die Phase der Spannung nach einem vollen Durchgang durch den Oszillator um  $2n\pi$  gedreht wird. Durch die zwei Stufen des Widerstand- und Kapazitätgekoppelten Verstärkers erfährt die Spannung eine Drehung von  $360^\circ$ , d. h. von  $2\pi$ . Damit eine andauernde Schwingung erhalten bleibt, ist es deshalb notwendig, dass die Phasendifferenz, die durch die Zweige b-c und c-d hervorgerufen wird, gleich Null ist. Die Tangente des Phasenwinkels des Zweiges b-c ist für jede Frequenz  $f = \frac{\omega}{2\pi}$  gleich  $\frac{1}{\omega C_1 R_1}$ . Die Tangente des korrespondierenden Phasenwinkels des Zweiges c-d ist gleich  $\omega C_2 R_2$ . Damit der resultierende Winkel gleich Null ist, muss

$$\frac{1}{\omega C_1 R_1} = \omega C_2 R_2 \text{ woraus } \frac{1}{\omega^2 C_1 R_1 \cdot C_2 R_2} = 1$$

Im allgemeinen setzt man  $C_1 = C_2$  und  $R_1 = R_2$ , woraus zum Schluss folgt

$$\frac{1}{\omega^2 C^2 R^2} = 1 \text{ oder } \omega = \frac{1}{R \cdot C}$$

Die Frequenz, mit der der Oszillator schwingt, ist somit gleich

$$f = \frac{1}{2\pi R \cdot C}$$

Für diese Frequenz muss nun auch die Amplitudenbedingung erfüllt sein, mit andern Worten, es muss eine leichte positive Kopplung vorhanden sein, damit

Le principe en est donné à la figure 1. La tension de sortie est appliquée entre les points b et d. La tension entre c et a produit une réaction positive ou négative suivant la valeur des impédances des quatre bras du pont. On peut s'arranger de manière que la réaction soit positive pour la fréquence à laquelle le pont est équilibré, et que pour toute autre fréquence la réaction soit négative et qu'il n'y ait pas d'oscillation.

D'autre part, il faut que la phase de la tension, après un tour complet dans l'oscillateur, soit la même à un facteur de  $2n\pi$  près. La tension à travers les deux étages de l'amplificateur à liaison par capacité et résistance subira une rotation de  $360^\circ$ , soit de  $2\pi$ . Il faut donc, pour qu'il y ait une oscillation entretenue, que la différence de phase provoquée par les bras b-c et c-d soit nulle. La tangente de l'angle de décalage de phase du bras b-c sera pour une fréquence quelconque  $f = \frac{\omega}{2\pi}$  égale à  $\frac{1}{\omega C_1 R_1}$ . La tangente de l'angle de décalage correspondant du bras c-d est égale à  $\omega C_2 R_2$ . Pour que l'angle résultant soit égal à zéro, il faut que

$$\frac{1}{\omega C_1 R_1} = \omega C_2 R_2 \text{ soit}$$

$$\frac{1}{\omega^2 C_1 R_1 \cdot C_2 R_2} = 1$$

En général on fait  $C_1 = C_2$  et  $R_1 = R_2$  et on aura en définitive

$$\frac{1}{\omega^2 C^2 R^2} = 1 \text{ d'où } \omega = \frac{1}{R \cdot C}$$

La fréquence à laquelle l'oscillateur oscillera sera égale à

$$f = \frac{1}{2\pi R \cdot C}$$

Pour cette fréquence-là, il faut que la condition d'amplitude soit également remplie, autrement dit, il faut qu'il y ait une légère réaction positive pour que les oscillations soient entretenues. Ceci est réalisé quand on se trouve tout près de la condition d'équilibre du pont a-b-c-d donnée par la relation

$$\frac{Z_{b-c}}{Z_{c-d}} = \frac{R_3}{R_4}$$

Le module  $Z_{b-c}$  est égal à

$$\sqrt{R_1^2 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2}}$$

et celui de  $\frac{1}{Z_{c-d}}$  à  $\sqrt{\frac{1}{R_2^2} + \omega^2 C_2^2}$

$$\text{d'où } \frac{Z_{b-c}}{Z_{c-d}} = \sqrt{R_1^2 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_2^2} + \omega^2 C_2^2}$$

$$\text{soit } \sqrt{\frac{R_1^2}{R_2^2} + \frac{\omega^2 C_2^2}{\omega^2 C_1^2} + \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R_2^2} + R_1^2 \omega^2 C_2^2}$$

puisque  $R_1 = R_2 = R$  et  $C_1 = C_2 = C$

die Schwingungen unterhalten werden. Dies wird erreicht, wenn man sich in der Nähe des Gleichgewichts der Brücke a-b-c-d befindet, was durch folgendes Verhältnis gegeben ist

$$\frac{\mathfrak{Z}_{b-c}}{\mathfrak{Z}_{c-d}} = \frac{R_3}{R_4}$$

Der absolute Wert  $|\mathfrak{Z}_{b-c}|$  ist gleich  $\sqrt{R_1^2 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2}}$

und derjenige von  $|\mathfrak{Z}_{c-d}|$  gleich  $\sqrt{\frac{1}{R_2^2} + \omega^2 C_2^2}$ ,

woraus sich ergibt

$$\frac{|\mathfrak{Z}_{b-c}|}{|\mathfrak{Z}_{c-d}|} = \sqrt{R_1^2 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_2^2} + \omega^2 C_2^2}$$

$$\text{gleich } \sqrt{\frac{R_1^2}{R_2^2} + \frac{\omega^2 C_2^2}{\omega^2 C_1^2} + \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R_2^2} + R_1^2 \omega^2 C_2^2}$$

$$\text{da } R_1 = R_2 = R \text{ und } C_1 = C_2 = C$$

reduziert sich die Formel auf

$$\sqrt{1 + 1 + \frac{1}{\omega^2 C^2 R^2} + \omega^2 R^2 \cdot C^2}$$

Für die Schwingungsfrequenz ergibt sich  $\omega = \frac{1}{R C}$

$$\text{oder } \frac{|\mathfrak{Z}_{b-c}|}{|\mathfrak{Z}_{c-d}|} = \sqrt{4} = 2 = \frac{R_3}{R_4} \text{ gleich } R_3 = 2 R_4.$$

Die Schwingungsfrequenz ist somit umgekehrt proportional zu der Kapazität oder zum Widerstand. In den Oszillatoren mit Schwingungskreisen, bestehend aus Drosseln und Kondensatoren, ist die Frequenz im Gegenteil im umgekehrten Verhältnis proportional zu der Quadratwurzel der Kapazität oder der Induktivität. Um einen genügend grossen Frequenzbereich zu erhalten, genügt, die Werte der Widerstände  $R_1$ ,  $R_2$  dekadenweise zu variieren, wodurch man Frequenzen von 10-, 100- oder 1000facher Grösse erhält, ohne den Wert der Kapazität ändern zu müssen. Die veränderlichen Kondensatoren sind in der Weise konstruiert, dass ihre Kapazität im Verhältnis 1:10 variiert werden kann, so dass man durch das Mittel des Kondensators eine vollständige Dekade von Frequenzen erhält.

Sind die Schwingungen einmal erzeugt, d. h. sobald eine geringe positive Kopplung besteht, muss, um einen gleichbleibenden Zustand zu erhalten, die Amplitude der Schwingung begrenzt werden, um zu verhindern, dass sie weiter anwächst. Der Verstärkungsgrad des Verstärkers hängt vom Verhältnis der Widerstände  $R_4$  und  $R_3$  ab. Es genügt somit, den Widerstand  $R_4$  mit der Wechselstromspannungsamplitude am Ausgang zu verändern. Die positive Kopplung nimmt proportional dem Widerstand ab und bewirkt eine sofortige Reduktion der Verstärkung. Man kann z. B. parallel zu  $R_4$  eine Verstärkerröhre schalten, deren Gitterspannung mit der Ausgangswechselstromspannung grösser wird und somit die Steilheit verkleinert und als Folge den innern Widerstand erhöht. Man kann ebenfalls eine ähnliche Schaltung, wie sie in den Radioempfängern für die automatische Amplitudenregulierung verwendet

l'expression se réduit à

$$\sqrt{1 + 1 + \frac{1}{\omega^2 C^2 R^2} + \omega^2 R^2 \cdot C^2}$$

Pour la fréquence d'oscillation nous aurons  $\omega = \frac{1}{RC}$

$$\text{d'où } \frac{Z_{b-c}}{Z_{c-d}} = \sqrt{4} = 2 = \frac{R_3}{R_4} \text{ soit } R_3 = 2 R_4.$$

La fréquence des oscillations est donc inversement proportionnelle à la capacité ou à la résistance. Dans les oscillateurs ayant des circuits résonnants composés de selfs et de capacités, la fréquence est au contraire inversement proportionnelle à la racine carrée de la capacité ou de la self. Pour obtenir une gamme de fréquences suffisamment étendue, il suffit de faire varier les valeurs des résistances  $R_1$ ,  $R_2$  par décades, de sorte que l'on obtiendra des fréquences 10 fois, 100 fois ou 1000 fois plus élevées sans avoir à changer la valeur de la capacité. Les condensateurs variables sont construits de manière que leur capacité puisse être variée dans le rapport de 1 à 10, de sorte qu'on obtiendra une décade complète des fréquences au moyen du condensateur.

Une fois que les oscillations se sont amorcées, c'est-à-dire lorsqu'il y a une légère réaction positive, il faut, pour un état stationnaire, limiter l'amplitude de l'oscillation et l'empêcher de croître indéfiniment. Le gain de l'amplificateur dépend du rapport des résistances  $R_4$  et  $R_3$ . Il suffit donc de rendre la résistance  $R_4$  variable en fonction de l'amplitude de la tension alternative à la sortie. La réaction positive diminuera proportionnellement à la résistance et aura pour effet immédiat une réduction du gain. On peut, par exemple, brancher en parallèle à  $R_4$  le circuit d'une lampe amplificatrice dont la tension de grille augmentant avec la tension alternative de sortie en diminuera la pente et par conséquent augmentera la résistance intérieure. On peut aussi appliquer un des circuits utilisés dans les récepteurs radiophoniques pour le réglage automatique de l'amplitude. Une méthode meilleure et plus simple consiste à utiliser comme résistance un élément non linéaire dont la résistance augmentera avec la tension. Des petites lampes d'éclairage remplissent tout à fait ces conditions et pour obtenir la résistance nécessaire il suffit d'en connecter un nombre suffisant en série. La résistance de ces lampes ne variera pas d'une manière appréciable durant une période, même pour des fréquences très basses (20 c/s par exemple), de sorte qu'elle ne sera pas une source d'harmoniques; elle fournit un moyen très pratique d'avoir un courant absolument sinusoïdal en limitant l'amplitude de la tension de sortie avant que la lampe ne travaille dans la partie incurvée de sa caractéristique.

Les condensateurs variables ont leurs deux rotors couplés mécaniquement et électriquement alors que leurs stators sont isolés l'un de l'autre. L'échelle des fréquences dépendra évidemment de la forme des plaques, et il est possible de l'étaler suffisamment pour toute la décade des fréquences parcourue par le condensateur variable pour avoir une grande exactitude de lecture.

Les limites inférieures et supérieures des fréquences sont déterminées principalement par les conditions

wird, benützen. Eine bessere und zugleich einfachere Methode besteht darin, dass man ein nichtlineares Element verwendet, dessen Widerstand sich mit der Spannung erhöht. Kleine Beleuchtungslampen erfüllen die Bedingungen, und um den benötigten Widerstand zu erhalten genügt es, deren mehrere in Serie zu schalten. Der Widerstand einer Lampe ändert sich während einer Periode, selbst für sehr niedere Frequenzen (z. B. 20 Hz), nicht wesentlich, so dass er nicht als Ursache von Oberschwingungen in Betracht fällt. Indem die Amplitude der Ausgangsspannung begrenzt wird, bevor die Röhre im gekrümmten Teil ihrer Kennlinie arbeitet, kann man einen absolut sinusförmigen Ausgangsstrom erhalten.

Die veränderlichen Kondensatoren haben ihre zwei Rotoren mechanisch und elektrisch zusammengekoppelt, während ihre Statoren voneinander isoliert sind. Die Frequenzskala hängt natürlich von der Form der Platten ab und es ist möglich, sie so auseinander zu ziehen, dass für die ganze durchlaufene Frequenzdekade eine grosse Genauigkeit der Ablesung möglich wird.

Die untern und oberen Grenzen der Frequenzen sind hauptsächlich durch die Phasenverhältnisse im gegengekoppelten Verstärker festgelegt, sowie durch die Nebenschlusserscheinungen der Fluchtkapazitäten der Elemente der Brücke und der Verstärkerrohren selbst.

Die Konstanz der Ausgangsspannung über das ganze Frequenzband hängt von der Verstärkung des gegengekoppelten Verstärkers für diese Frequenzen ab, weshalb im besondern die Kapazität der beiden Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  für jede Skalastellung genau die gleiche sein muss.

Die Stabilität der Frequenz ist weitgehend bestimmt durch die Temperaturkoeffizienten und die Wertveränderungen der verwendeten Widerstände und Kondensatoren. Durch eine sorgfältige Auswahl der Elemente gelingt es, die Frequenzen für lange Zeit konstant zu behalten.

Wenn man erreichen will, dass die Ausgangsspannung und die Frequenz konstant bleiben, müssen die Speisespannungen genügend stabilisiert sein.

Da der direkte Ausgangsstromkreis des Oszillators nicht für alle Zwecke dienlich ist, schaltet man eine Verstärkerstufe zu.

#### *Der Oszillator in der Praxis.*

Die Standard Telephon und Radio AG. in Zürich hat zwei Oszillatormodelle nach diesen Prinzipien gebaut. Das Modell Z-6101-A, das ein Frequenzband von 20 Hz bis 200 kHz in vier Dekaden hat, und das Modell Z-6101-B mit einem Frequenzband von 50 Hz bis 500 kHz, ebenfalls in vier Dekaden. Die Charakteristiken des ersten Modelles, das in den Laboratorien der Abteilung für Versuche und Forschung der Generaldirektion PTT verwendet wird, werden im nachstehenden dargestellt.

Es sind drei Ausgangsstromkreise vorgesehen, die durch verschiedene Klemmen und einen Schalter ausgewählt werden können. Der erste Ausgangsstromkreis hat einen inneren Widerstand von 600 Ohm, mit einer maximalen Spannung von 32,2 Volt an den Klemmen; der zweite hat einen inneren Widerstand von 150 Ohm, mit einer maximalen Spannung von

de phase dans l'amplificateur à réaction ainsi que par les effets de shunt des capacités de fuite des éléments du pont et des lampes amplificatrices elles-mêmes.

La constance de la tension de sortie pour toute la gamme des fréquences dépendra du gain de l'amplificateur à réaction à ces fréquences-là, et pour cela il faut en particulier que les capacités des deux condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  soient les mêmes avec une très grande exactitude pour chaque position de l'échelle.

La stabilité de la fréquence est déterminée largement par les coefficients de température et les variations des valeurs des résistances et des condensateurs utilisés. Par un choix judicieux de ces éléments on peut rendre la fréquence tout à fait constante pour une période très longue.

Les tensions d'alimentation doivent être suffisamment stabilisées si l'on veut que la tension de sortie et la fréquence demeurent constantes.

Comme le circuit de sortie directe de l'oscillateur n'est pas favorable à tous les usages, on ajoute un étage d'amplification.

#### *Oscillateurs réalisés.*

La Standard Téléphone et Radio S. A. à Zurich a construit deux modèles d'oscillateurs d'après ce principe: le modèle Z-6101-A ayant une échelle de fréquences de 20 c/s à 200 kc/s en 4 décades et le modèle Z-6101-B avec une échelle de fréquences de 50 c/s à 500 kc/s en 4 décades également. Les caractéristiques du premier modèle utilisé dans les laboratoires de la division des essais et recherches de la direction générale des P.T.T. sont données ci-après.

Trois circuits de sortie sont prévus qui peuvent être choisis au moyen de bornes différentes et d'un commutateur. Le premier a une résistance intérieure de 600 ohms avec une tension maximum aux bornes de 32,2 volts; le deuxième a une résistance intérieure de 150 ohms et une tension maximum aux bornes de 16,1 volts; le troisième circuit de sortie a une résistance intérieure très petite, soit 18 ohms, lorsque le commutateur se trouve sur la position 600 ohms et 5 ohms pour la position 150 ohms. Les tensions correspondant aux deux positions du commutateur sont de nouveau 32,2 volts et 16,1 volts. Ces sorties sont tout à fait symétriques. Une sortie asymétrique à haute impédance est également à disposition: la tension maximum en est de 40 volts. La variation relative du courant de sortie pour toute la bande des fréquences et pour les sorties sur 600 et 150 ohms est donnée à la figure 2. La valeur garantie d'une variation maximum de  $\pm 0,02$  nép. est entièrement remplie. Le courant de sortie ne varie pas de plus de 0,005 nép. pour des variations du réseau de  $\pm 10\%$ , ce qui est dû à la bonne stabilisation des circuits d'alimentation.

L'exactitude de l'échelle des fréquences a été déterminée en particulier au moyen de l'étalon de fréquences des laboratoires H. F. de la division des essais et recherches. Un certain temps est nécessaire jusqu'à ce que l'oscillateur ait atteint son régime normal et, au moment de la mise en service, l'erreur

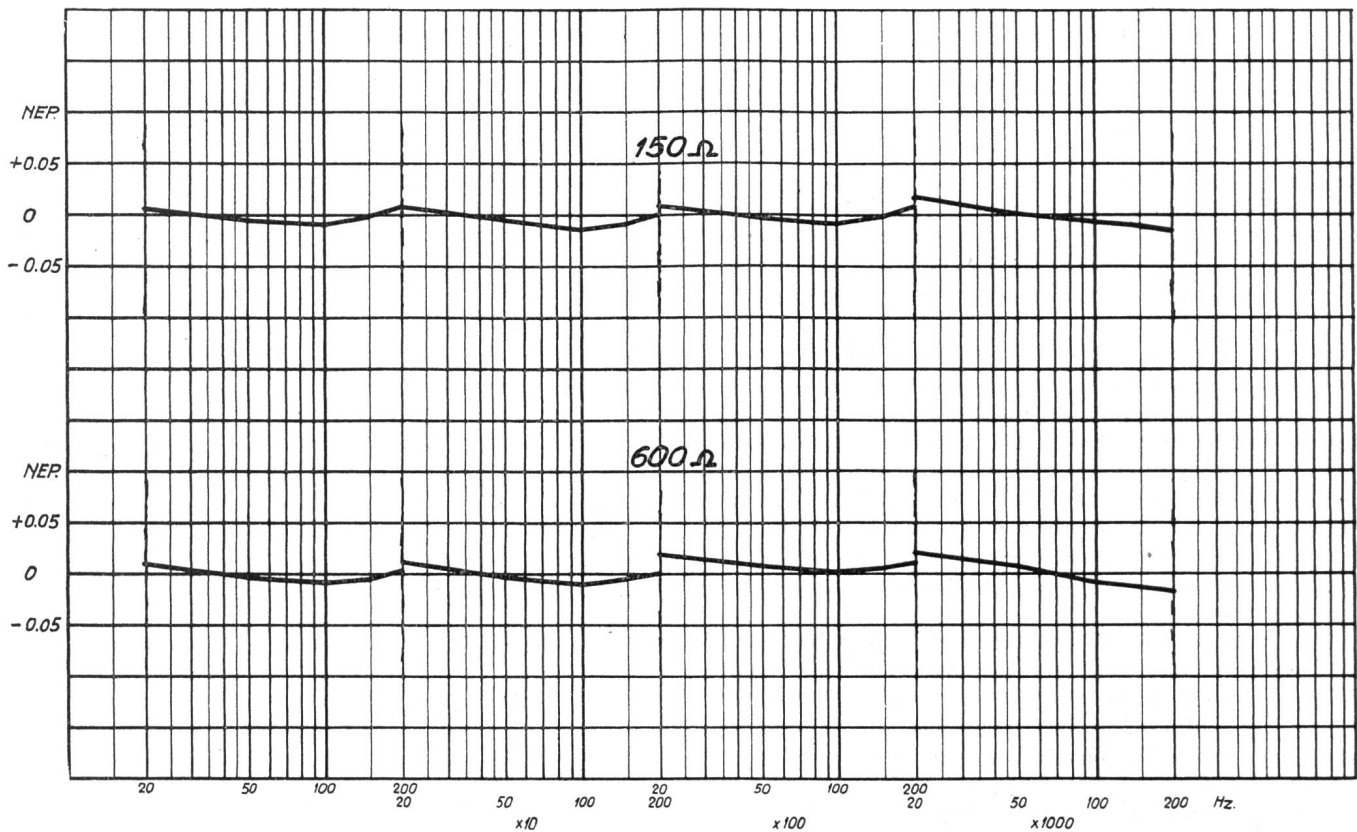


Fig. 2. Aenderung des Ausgangspegels. — Variation du niveau de sortie.

16,1 Volt; der dritte Ausgangsstromkreis hat einen sehr kleinen Widerstand von nur 18 Ohm während sich der Schalter auf der Stellung 600 Ohm befindet, und 5 Ohm auf der Stellung 150 Ohm.

Die den beiden Stellungen des Schalters entsprechenden Spannungen betragen wieder 32,2 und 16,1 Volt. Die Ausgänge sind vollständig symmetrisch. Ein unsymmetrischer Ausgang mit hohem Scheinwiderstand, dessen maximale Spannung 40 Volt beträgt, steht ebenfalls zur Verfügung. Die relative Veränderung des Ausgangsstromes für das ganze Frequenzband, sowie für die Ausgänge auf 600 und 150 Ohm, wird durch die Fig. 2 dargestellt.

Der garantierte Wert einer maximalen Aenderung von  $\pm 0,02$  Neper ist vollständig erfüllt. Der Ausgangsstrom variiert nicht mehr als 0,005 Neper für Aenderungen im Netz von  $\pm 10\%$ , was auf eine gute Stabilisierung der Speisestromkreise zurückzuführen ist.

Die Genauigkeit der Frequenzskala wurde mit Hilfe des Frequenznormals der Hochfrequenzlaboratorien der Abteilung für Versuche und Forschung speziell festgestellt. Es ist eine gewisse Zeit notwendig, bis der Oszillator seinen stabilen Zustand erlangt hat, und bei der Inbetriebnahme ist der Fehler für 1000 Hz höher als 1%; sobald aber der stabile Arbeitszustand erreicht ist, ist der Fehler für 1000 Hz kleiner als 0,1%. Für das ganze Frequenzband von 20 Hz bis 200 kHz bleibt der Fehler innerhalb der Grenzen von  $\pm 1\%$ . Diese äussersten Werte werden nur bei vier Frequenzen erreicht; für den Rest der Frequenzskala ist die Genauigkeit grösser.

à 1000 c/s est supérieure à 1%. Dès que le régime normal est atteint, l'erreur à 1000 c/s est inférieure à 0,1%. Pour toute la gamme des fréquences de 20 c/s à 200 kc/s, l'erreur reste dans les limites de  $\pm 1\%$ . Ces valeurs extrêmes ne sont atteintes que pour 4 fréquences; pour le reste de l'échelle l'exactitude est meilleure.

Des variations de la tension du réseau de  $\pm 10\%$  ne font varier la fréquence que de  $\pm 0,2\%$ , ce qui est tout à fait négligeable.

L'échelle logarithmique des fréquences est directement calibrée en périodes par seconde et a une longueur totale de 280 mm par décade, ce qui permet une grande précision de lecture. La même échelle est utilisée pour les 4 décades.

Une attention toute particulière a été apportée au circuit de l'oscillateur lui-même, afin de réduire les harmoniques à un taux très bas. Pour une puissance de sortie de 1 Watt (pour les deux sorties de 600 et de 150 ohms), le total des harmoniques est inférieur à 1‰ pour la gamme des fréquences vocales. Pour les fréquences supérieures, cette valeur ne sera pas dépassée. Pour une puissance de sortie de 1,73 Watt, qui correspond à la tension maximum de sortie dans 600 ohms, le total des harmoniques pour une fréquence de 5 kc/s ne dépasse pas 1,15‰.

L'oscillateur peut être utilisé directement sans filtre supplémentaire dans la plupart des mesures de taux d'harmoniques, ce qui présente évidemment un très grand avantage.

Le ronflement résiduel est inférieur à 9,0 nép. dans le cas le plus défavorable.

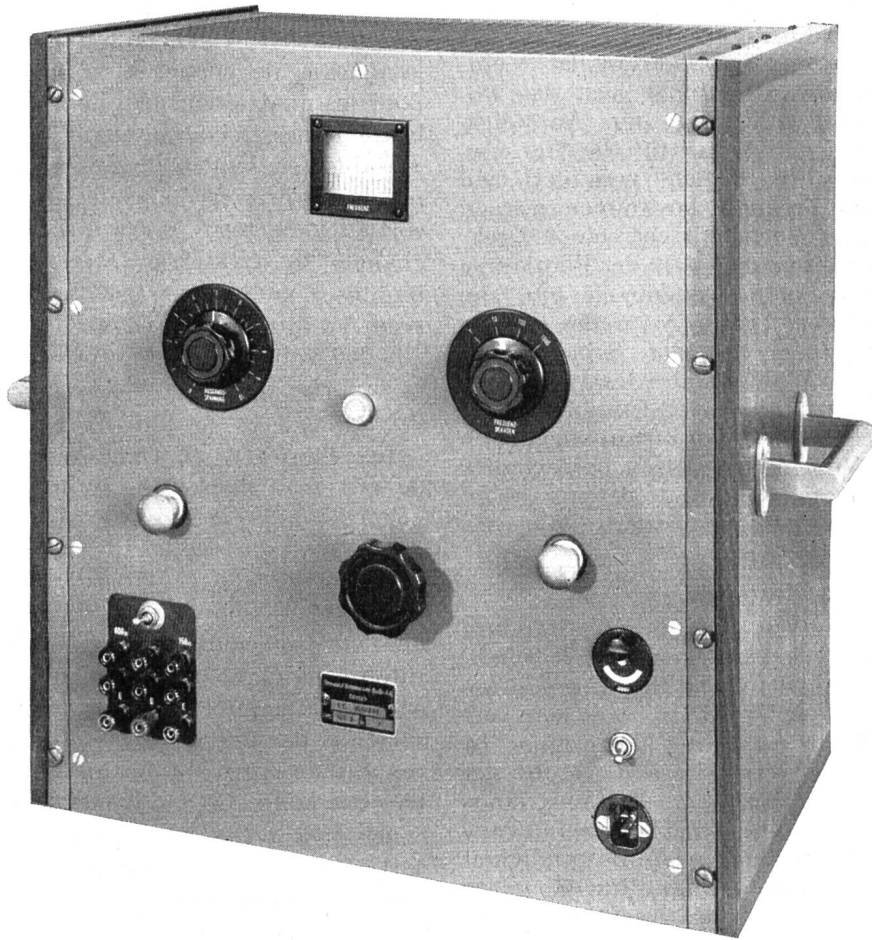


Fig. 3. Frontansicht. — Vue extérieure.

Veränderungen der Netzspannung von  $\pm 10\%$  haben Frequenzänderungen von nur  $\pm 0,2\%$  zur Folge, die nicht in Betracht fallen.

Die logarithmische Frequenzskala ist direkt in Hertz geeicht und hat eine Länge von insgesamt 280 mm für jede Dekade, was eine grosse Genauigkeit in der Ablesung erlaubt. Die gleiche Skala wird für alle vier Dekaden verwendet.

Ganz besondere Aufmerksamkeit wurde dem Oszillatorenkreis selbst geschenkt, um den Klirrfaktor auf ein sehr niedriges Mass zu reduzieren. Für eine Ausgangsleistung von 1 Watt (für die beiden Ausgänge von 600 und 150 Ohm) ist der totale Klirrfaktor für das ganze Tonfrequenzband kleiner als  $1\%$ . Für die höheren Frequenzen wird dieser Wert nicht überschritten. Für eine Ausgangsleistung von 1,73 Watt, die der maximalen Ausgangsspannung in 600 Ohm entspricht, ist das Total der Oberschwingungen für eine Frequenz von 5 kHz nicht grösser als  $1,15\%$ .

Der Oszillator kann direkt, ohne zusätzlichen Filter, in den meisten Klirrfaktormessungen verwendet werden, was tatsächlich ein grosser Vorteil ist.

Der Netzbrumm ist im ungünstigsten Falle kleiner als 9,0 Neper.

Das aus Leichtmetall bestehende Gehäuse des Oszillators umfasst im oberen Teile den eigentlichen Oszillator mit seinem Verstärker, wogegen der untere Teil die stabilisierten Speisekreise enthält.

Le châssis de l'oscillateur est fait en métal léger; la partie supérieure comprend l'oscillateur proprement dit avec son amplificateur, la partie inférieure les circuits d'alimentation stabilisés.

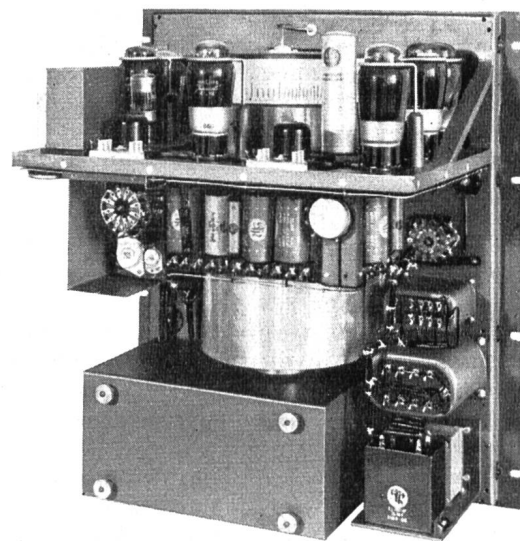


Fig. 4. Innenansicht. — Vue intérieure.

L'échelle des fréquences se trouve au milieu de la partie supérieure de la plaque frontale; en dessous

Die Frequenzkala befindet sich in der Mitte der oberen Vorderwand; unterhalb derselben ist die Pilotlampe, die anzeigt, ob der Oszillator eingeschaltet ist; links davon befindet sich das Potentiometer für die Regulierung der Ausgangsspannung und rechts der Schalter für die vier verschiedenen Dekaden. Die beiden veränderlichen Kondensatoren, die die Frequenz bestimmen, werden durch ein Schneckengetriebe mittelst eines Drehknopfes betätigt, der mitten unterhalb der Pilotlampe eingebaut ist. Die 9 Ausgangsklemmen und die Erdklemme sind auf der linken Seite des untern Gehäuseteiles montiert, ebenso der Schalter zur Regulierung des inneren Widerstandes des Ausganges. Rechts befindet sich die Schmelzsicherung mit einem Wähler für die verschiedenen Netzspannungen von 110/125/150/220/250 Volt, 50 Hz, ferner der Schalter und der Netzanschluss mittelst einer Schnur.

Die Figuren 3 und 4 zeigen den Oszillator von vorn und in seiner innern Montage.

#### *Schlussfolgerungen.*

Der neue Oszillatortyp, der von der Standard Telephone und Radio AG. in Zürich entwickelt wurde, ist ein wertvolles Hilfsmittel für alle Messungen in den Laboratorien und am Arbeitsplatz, wo man ein weites Frequenzband zur Verfügung haben muss. Er ist gekennzeichnet durch eine grosse Konstanz der erhaltenen Frequenz ohne besondere Eichung, einen sehr kleinen Klirrfaktor, trotz seiner hohen Leistung von 1 Watt, sowie durch eine grosse Beständigkeit der Amplitude der Ausgangsspannung für das ganze Frequenzband, was die rasche Ausführung der Messungen sehr erleichtert.

## Der Verkehrsanzeiger.

Von H. Engel, Bern.

621.317.785:654.15

Die Anzahl der Verbindungswege, seien es Fernleitungen oder andere Verbindungsglieder, muss dem Verkehr angepasst sein. Massgebend hierfür ist die sogenannte Hauptverkehrsstunde. Der Verkehr kann auf verschiedene Arten gemessen werden. Nachstehend wird eine neue Methode beschrieben.

Die Auswertung von Verkehrsmessungen ist keine besonders schwierige, wohl aber eine sehr zeitraubende Arbeit. Diese Feststellung gilt für alle Aufnahmeverfahren, handle es sich um Statistikzähler, registrierende Amperemeter, Amperestundenzähler oder Belegungsdrucker.

Am meisten Arbeit verursacht die Untersuchung kleiner Bündel, weil in diesen die Verkehrsschwankungen am grössten sind. Dazu kommt, dass die Hauptverkehrsstunde, um deren Ermittlung es geht, sich oft verschiebt. (Fig. 1.)

Im Gegensatz hierzu zeigt die Verkehrsaufnahme eines grossen Bündels eine ruhige Linie (Fig. 2). Es kommt nicht vor, dass der Verkehr kurzzeitig von Null auf ein Maximum ansteigt und umgekehrt. Es ist auch bekannt, dass sich die grossen Hauptverkehrsstunden wenig verlagern.

Für die Messung der kleinen Verkehrswege wurde aus den vorstehend angedeuteten Gründen vor ei-

sonst placés la lampe pilote indiquant si l'oscillateur est en service, à gauche le potentiomètre pour régler la tension de sortie et, à droite, le commutateur pour les quatre décades. Le bouton pour faire varier la fréquence et commandant les deux condensateurs variables au moyen d'une vis sans fin se trouve au milieu, au-dessous de la lampe pilote. Les 9 bornes de sortie et de terre, ainsi que le commutateur pour changer la résistance intérieure de la sortie, sont montés à gauche, en bas. Le fusible avec sélecteur pour les diverses tensions du réseau (110/125/150/220/250 volts 50 c/s), l'interrupteur d'enclenchement et la prise de courant avec cordon sont montés à droite.

Les figures 3 et 4 montrent l'oscillateur vu de devant et sa disposition intérieure.

#### *Conclusion.*

Le nouveau type d'oscillateur développé par la Standard Téléphone et Radio S. A. à Zurich est un auxiliaire précieux pour toutes les mesures au laboratoire et au chantier lorsqu'il faut avoir à disposition une gamme étendue de fréquences. Il est caractérisé par une grande stabilité de la fréquence obtenue sans autre calibration, un taux d'harmoniques très bas malgré sa puissance de 1 Watt, et une constance très grande de l'amplitude de la tension de sortie pour toute la gamme des fréquences, ce qui facilite une exécution très rapide des mesures.

## L'indicateur de trafic.

Par H. Engel, Berne.

621.317.785:654.15

Le nombre des voies de communication, qu'il s'agisse des lignes interurbaines ou des autres organes de connexion, doit être adapté au trafic. Fait règle en la matière l'heure la plus chargée. Le trafic peut être mesuré de différentes manières. Nous décrivons ci-après une nouvelle méthode.

Evaluer les résultats des mesures de trafic est un travail qui n'offre aucune difficulté particulière mais qui prend beaucoup de temps. C'est une constatation qu'on peut faire pour tous les procédés d'enregistrement qu'il s'agisse de compteurs de statistique, d'ampèremètres enregistreurs, de compteurs d'ampères-heure ou d'enregistreurs d'occupation.

Ce qui donne le plus de travail, c'est l'examen des petits faisceaux, car c'est là que les fluctuations de trafic se manifestent le plus, sans compter que l'heure la plus chargée, qu'il s'agit de déterminer, est souvent décalée. (Fig. 1.)

Par contre, les enregistrements de trafic sur un gros faisceau présentent une courbe calme (fig. 2). Il n'arrive pas que le trafic passe subitement de zéro à un maximum ou vice-versa; d'autre part, les principales heures les plus chargées coïncident généralement.

Pour les raisons exposées ci-dessus, on a essayé,