Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 35 (1944)

Heft: 13

Artikel: Die Verwendung von elektro-akustischen Wandlern in VIVAVOX-Sprechanlagen

Autor: Tschumi, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056973

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: 22.08.2025

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

nellement au sinus de cet angle de déphasage ou, comme la valeur de celui-ci n'est pas grande, à peu près proportionnellement à l'angle lui-même.

Admettons enfin que la puissance produite par les groupes du réseau *A* soit également de 100 000 kW, de sorte que le complément maximum de puissance de 20 000 kW, que la perturbation survenue dans le réseau *B* peut appeler de la part des groupes du réseau *A*, représente 20 % de la puissance débitée par ceux-ci; la fourniture de cette puissance complémentaire exigera dès lors une augmentation d'environ 4° (20 % de 20°) de l'angle de déphasage ci-dessus défini.

Comme dans l'exemple considéré et ainsi que nous venons de l'établir, l'angle de déphasage électrique entre les groupes du réseau *A* et les groupes *du réseau B, supposé isolé,* croît selon la fonction $\varphi = 180° \cdot t^2$, l'angle de 4° serait atteint en:

$$t = \sqrt{\frac{4}{180}} \cong 0{,}15 \text{ s.}$$

C'est également à peu près au bout du même temps que le réseau *A, supposé maintenant relié* par l'interconnexion au *réseau B,* apportera à ce dernier sa contribution maximum voisine de 20 000 kW.

En réalité, cette contribution maximum sera moindre et mettra un peu plus de temps à s'établir, ceci notamment du fait que l'ensemble des groupes du réseau *A* ne possédant pas une inertie spécifique infinie (mais finie et de valeur proche de celle du réseau *B*), leur vitesse (fréquence) diminuera aussi, de sorte que l'angle de déphasage augmentera moins vite que nous l'avons évalué. Le calcul exact, qui devrait tenir compte des inerties spécifiques des deux réseaux et de l'impédance de la ligne, serait notablement plus compliqué.

Toutefois, ces quelques considérations numériques approchées permettent de formuler les conclusions suivantes:

1° Lors d'une perturbation brusque intervenant dans l'un des réseaux, soit par changement de la puissance produite, soit par modification de la charge consommée, l'à-coup que subit la valeur de la puissance d'échange traversant l'interconnexion, se développe avec une rapidité telle que l'action corrective des régulateurs de vitesse des groupes chefs d'orchestre des deux réseaux ne peut pratiquement pas influer sur l'importance du dit à-coup, mais seulement sur sa durée.

2° La variation de la fréquence dépend par contre de cette action des régulateurs, puis des inerties spécifiques. Mais lorsqu'au bout du temps très court, dont nous avons cherché à déterminer l'ordre de grandeur, la *puissance d'échange* atteint sa valeur de pointe, c'est-à-dire subit une *modification brusque importante, la fréquence,* au contraire, n'a encore *presque pas varié.* On conçoit par conséquent que, pour pousser au maximum la rapidité de l'action corrective des régulateurs, il faut moins compter sur l'effet de la variation de fréquence que sur celui de la variation de la puissance d'échange. Il y a donc de toute évidence un énorme avantage à placer les régulateurs sous l'influence de la valeur instantanée de la puissance d'échange, non pas selon un mode indirect et discontinu, inévitablement lent, mais selon un mode direct et continu. Or, c'est précisément là une des caractéristiques essentielles du nouveau système de réglage fréquence-puissance qui lui permet de prétendre à l'attention particulière des exploitants.

3° La valeur de pointe de la puissance d'échange peut, pendant un très court instant, dépasser notablement la valeur de consigne. Un tel à-coup, de faible durée, ne saurait constituer un inconvénient pour l'appareillage du poste d'interconnexion, mais son éventualité doit tout de même être prise en considération, pour le dimensionnement de la ligne, afin que le dit à-coup ne risque pas d'atteindre la limite de stabilité dynamique du fonctionnement en parallèle des deux réseaux.

Die Verwendung von elektro-akustischen Wandlern in VIVAVOX-Sprechanlagen[1])

Von *O. Tschumi,* Solothurn

621.395.61: 621.395.62

Es wird die Eignung der verschiedenen elektro-akustischen Wandler, insbesondere des elektro-magnetischen und des dynamischen Wandlers, hinsichtlich Frequenzbereich und Leistung, bei Verwendung in Vivavox-Lautsprechanlagen untersucht und die Ueberlegenheit des dynamischen Wandlers festgestellt.

L'auteur examine, au point de vue de la gamme des fréquences et de la puissance, les propriétés des transformateurs électro-acoustiques, notamment celle du transformateur électro-mécanique et du transformateur dynamique, destinés à des installations de hauts-parleurs Vivavox; c'est le transformateur dynamique qui convient le mieux dans un cas de ce genre.

I. Einleitung

Das Verhalten der verschiedenen Systeme elektroakustischer Wandler beim Arbeiten unterhalb, oberhalb und auf ihrer Resonanzfrequenz zur Uebertragung von Sprachsignalen ist hinreichend abgeklärt.

Bei lautstarken Verständigungsanlagen wird oft der gleiche elektro-akustische Wandler als Schallsender zur Wiedergabe der menschlichen Sprache und akustischer Signale, sowie als Schallempfänger zur Uebertragung der menschlichen Sprache auf elektrischem Wege benützt. Diese wechselweise Anwendung stellt besondere Anforderungen, mit denen sonst nicht zu rechnen ist. Das Kohlenkörnermikro-

[1]) Siehe Bull. SEV 1941, Nr. 25, S. 726, und 1943, Nr. 9, S. 252.

phon eignet sich zum Beispiel nicht, weil es keinen umkehrbaren elektro-akustischen Wandler darstellt, indem es sich nicht als Schallsender betreiben lässt. Dabei ist allerdings auch der bekannte grosse Klirrfaktor dieses Mikrophons hinderlich.

Die verschiedenen umkehrbaren Wandler werden im folgenden auf ihre Eignung, unter diesen Umständen zu arbeiten, untersucht.

Im Hinblick auf den Frequenzbereich, der zur Uebertragung der menschlichen Sprache erforderlich ist, kommen nur verstimmte elektro-akustische Wandler in Betracht, die also in einem Bereich unterhalb, beziehungsweise oberhalb der Resonanzfrequenz arbeiten.

Dielektrische und piezoelektrische Wandler scheiden aus, weil sie sich nicht in einfacher Weise als lautstarke Schallsender bauen und betreiben lassen, trotzdem sie als umkehrbare Wandler anzusprechen sind. Als Schallempfänger wären sie allerdings in der Lage, unter bestimmten Voraussetzungen frequenzunabhängig zu arbeiten.

Der magnetostriktive Wandler arbeitet in einem Frequenzbereich, der für unsere Zwecke nicht in Frage kommt; er braucht deshalb nicht näher betrachtet zu werden.

Elektromagnetische und dynamische Wandler sind sowohl als Schallempfänger, als auch als Schallsender im Gebrauch. Bei der Untersuchung ist besonders die Frequenzabhängigkeit der Uebertragung zu beachten und allfällige Korrekturmöglichkeiten sind zu prüfen.

II. Der elektromagnetische Wandler

Als Hörer ist dieser Wandler bei Telephonanlagen sehr verbreitet. Auch als Lautsprecher hat er lange Zeit gute Dienste geleistet, wurde dann aber durch den dynamischen Typ verdrängt. Es sind demgemäss Systeme bekannt, deren Uebertragungsbereich unterhalb und oberhalb der Resonanzfrequenz liegt, wie auch solche, die oberhalb der Resonanzfrequenz arbeiten.

Unterhalb der Resonanzfrequenz strahlt ein elektromagnetischer Wandler, der als Schallsender betrieben wird, eine Leistung P_{UM} ab, die sich folgendermassen bestimmt:

$$P_{UM} = C_{US}\ \omega^2\ B_o^2\ U_S^2$$

C_{US} ist dabei die Konstante des Systems, die von den mechanischen, magnetischen und elektrischen Dimensionen und dem Schallmedium abhängt. B_o bedeutet die magnetische Induktion im Luftspalt des ruhenden Systems und U_S die dem Sender zugeführte tonfrequente Wechselspannung mit der Kreisfrequenz ω.

Oberhalb der Resonanzfrequenz ergibt sich dementsprechend:

$$P_{OM} = C_{OS} \cdot \frac{B_o^2}{\omega^2} \cdot U_S^2$$

C_{OS} ist auch hier die Konstante des Systems.

Arbeitet das gleiche System als Schallempfänger, so erhält man in einem Bereich unterhalb der Resonanzfrequenz die Klemmenspannung

$$U_{UM} = C_{UE} \cdot \omega \cdot B_o \cdot p$$

p bedeutet dabei den Schalldruck und C_{UE} die Konstante des Systems. Oberhalb der Resonanzfrequenz ergibt sich entsprechend:

$$U_{OM} = C_{OE} \cdot \frac{B_o}{\omega} \cdot p$$

Wird diese Spannung verstärkt, wobei der Verstärkungsfaktor V_M sei, und an ein gleichartiges System, das als Schallsender arbeitet, angelegt, so ergibt sich für die erhaltene Schalleistung beim Betrieb unterhalb der Resonanzfrequenz:

$$P_{UM} = C_{US}\ C_{UE}^2\ V_M^2\ \omega^4\ B_o^4\ p^2$$

Die erhaltene Leistung ist der vierten Potenz der Kreisfrequenz proportional.

Oberhalb der Resonanzfrequenz ergibt sich entsprechend:

$$P_{OM} = C_{OS}\ C_{OE}^2\ V_M^2\ \frac{B_o^4}{\omega^4}\ p^2$$

Die erhaltene Leistung ist der vierten Potenz der Kreisfrequenz umgekehrt proportional.

Um ein lineares Arbeiten des Uebertragungssystems zu erreichen, wäre also eine starke Entzerrung erforderlich. Da unterhalb der Resonanz die Leistung der vierten Potenz der Uebertragungsfrequenz direkt und oberhalb umgekehrt proportional ist, gibt es eine Zone um die Resonanzfrequenz mit einigermassen linearem Verhalten. Die bedeutende Frequenzabhängigkeit unterhalb und oberhalb der Eigenfrequenz lässt jedoch diesen Bereich als schmal erwarten.

Der elektromagnetische Wandler ist somit für die Benützung in VIVAVOX-Sprechanlagen nicht ohne weiteres geeignet, obschon er erfahrungsgemäss mit einem verhältnismässig guten Wirkungsgrad arbeitet. Die erforderliche Korrektur des Frequenzganges lässt sich nur mit beträchtlichem Aufwand erreichen. Es bleibt zu hoffen, dass sich der jüngere Bruder, nämlich der dynamische Wandler, günstiger verhält.

III. Der dynamische Wandler

Dynamische Wandler sind sowohl als Schallsender (Lautsprecher), als auch als Schallempfänger (Mikrophon) im Gebrauch. Arbeitet ein dynamischer Wandler als Schallempfänger über einen Verstärker auf ein genau gleichartiges System als Lautsprecher, so erhält man unterhalb der Resonanzfrequenz für die abgestrahlte Schalleistung:

$$P_{UD} = C'_{US}\ C'^2_{UE}\ V_D^2\ \omega^6\ B_o^4\ p^2$$

Die Leistung steigt also mit der sechsten Potenz der Kreisfrequenz und um ein lineares Verhalten zu erreichen, wäre eine sehr starke Entzerrung erforderlich. Später wird sich zeigen, wie diese starke Frequenzabhängigkeit günstig ausgenützt werden kann.

Oberhalb der Resonanzfrequenz arbeitet der dynamische Wandler als Schallsender bekanntlich

in einem gewissen Bereich unabhängig von der Uebertragungsfrequenz.

Beim Arbeiten a als Schallempfänger ist dies jedoch nicht der Fall, und man erhält deshalb für die Schalleistung, die ein dynamischer Wandler abgibt, der oberhalb der Resonanzfrequenz betrieben und von einem gleichartigen System nach entsprechender Verstärkung gesteuert wird:

$$P_{OD} = C'_{OS}\ C'^2_{OE}\ V_D^2\ \frac{B_o^4}{\omega^2}\ p^2$$

Die erhaltene Schalleistung ist dem Quadrat der Kreisfrequenz umgekehrt proportional und zeigt damit die kleinste Frequenzabhängigkeit. Die Entzerrung kann deshalb in einfacher Weise, durch entsprechende Dimensionierung auch sonst für die Verstärkung und Uebertragung vorhandener Mittel, durchgeführt werden, wobei Neigungen derselben zur Frequenzabhängigkeit ausgenützt werden können, so dass ein minimaler Aufwand eintritt. Zum Beispiel wurde der Verstärkungsfaktor V_D frequenzabhängig gemacht, also:

$$V_D = V_o \cdot \omega$$

und $C_O{}'_S \cdot C'^2_{OE}$ durch eine neue Konstante C ersetzt, womit sich ein von ω freier einfacher Ausdruck ergibt:

$$P_{OD} = C\ V_o^2\ B_o^4\ p^2$$

Sinngemäss wurden in den Gleichungen für den dynamischen Wandler für die verschiedenen Grössen gleiche oder ähnliche Bezeichnungen wie beim elektromagnetischen Wandler gewählt.

IV. Schlussbetrachtung

Die Gleichungen der Abschnitte II und III sind Annäherungen. Die erhaltenen Resultate sind um so genauer, je grösser der Unterschied zwischen ω und der Resonanzfrequenz ist. Die Schwingung der Membrane als starrer Kolben ist vorausgesetzt.

Messungen und Untersuchungen im Laboratorium und dem stark gedämpften Schallraum ergeben gute Annäherung an die theoretisch erhaltenen Resultate. Sie bestätigen die praktische Eignung des oberhalb der Resonanzfrequenz betriebenen dynamischen Wandlers mit permanentem oder Elektromagnet.

Die magnetische Induktion B_O im Luftspalt des dynamischen Wandlers kommt in den Formeln der abgestrahlten Schalleistung in der vierten Potenz vor. Um die erforderliche Verstärkung kleinzuhalten, ist es deshalb wesentlich, mit Wandlern zu arbeiten, die ein starkes Magnetfeld besitzen. Eine Verdoppelung des wirksamen magnetischen Flusses bringt unter sonst gleichen Verhältnissen eine Erhöhung der abgestrahlten Schalleistung um 12 dB, wobei lediglich für lineares Verhalten von Lautsprecher und Verstärker zu sorgen ist, was keine besondere Schwierigkeit bietet.

Wird die Resonanzfrequenz des dynamischen Wandlers unterhalb den Uebertragungsbereich gelegt, so ergibt sich, gemäss dem Ausdruck für P_{UD}, ein starkes Abfallen von Signalen unterhalb der Eigenfrequenz. Diese Filterwirkung tritt für akustische Störgeräusche beim Mikrophon und in etwas vermindertem Masse für elektrische Störungen auf den Leitungen und im Verstärker ein. Die Unterdrükkung von eventuell vorhandenem Lärm, Rauschen und Brummen ist sehr wertvoll und wird mit der gleichen Steilheit ohne besondere Massnahmen von keinem andern Wandler erreicht.

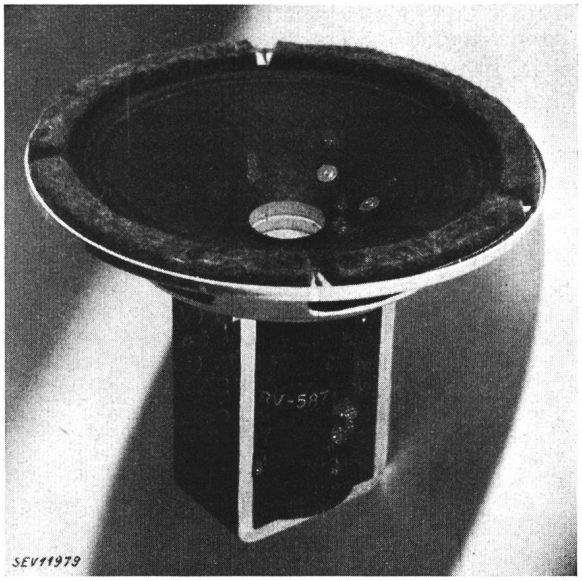

Fig. 1.
Dynamischer Wandler

In der Konstanten des Systems C ist der Quotient $\frac{A}{m}$ in der vierten Potenz enthalten, wobei A die schwingende Oberfläche und m die schwingende Masse bedeutet. Eine grosse Oberfläche scheint also günstig. Weil jedoch für die Rechnung die Abmessungen von A klein im Verhältnis zur Wellenlänge der übertragenen Töne vorausgesetzt wird und zudem mit wachsendem A auch m zunimmt, ist hier nicht viel zu holen. Da die durch Federung der Membran und Führung und die schwingende Masse beeinflussbare Eigenfrequenz nach den gemachten Ausführungen einen bestimmten Wert erhalten muss, zwingt eine Veränderung der Masse ebenfalls zu einer Anpassung der Federung und aus Stabilitätsgründen ist auch hier bald eine Grenze erreicht.

Da der geeignet aufgebaute dynamische Wandler noch kleine nichtlineare Verzerrungen aufweist, so ist die wechselweise Benützung als Schallsender und Empfänger bei lautstarken Verständigungsanlagen durchaus zulässig.

Die Bestimmung der Schwingspulenimpedanz erfolgt in einer Weise, die keine extremen Uebersetzungsverhältnisse für die Leitungsübertrager und die Ein- und Ausgangstransformatoren der Verstärker ergibt, wobei die resultierende niederohmige Anpassung eine möglichst geräusch- und knackfreie einpolige Umschaltung von Sprechen auf Hören und umgekehrt gewährleistet.

Beeinflussungen der lautstarken Uebertragung durch die Raumakustik werden hier nicht beachtet, weil Einwirkungen von indirektem Schall nicht in erster Linie von der Gestaltung der elektro-akustischen Wandler abhängen.

Fig. 1 zeigt einen umkehrbaren dynamischen Wandler mit Kolbenmembran von ca. 12 cm Durchmesser, der von der Autophon A.-G. für ihre VIVAVOX-Sprechanlagen entwickelt wurde.

Die wechselweise Benützung ein und desselben dynamischen Wandlers zum Senden und Empfangen ergibt gegenüber der Anordnung von zwei verschiedenen Organen, in den Fällen, wo der Wechselverkehr durch die akustische Rückkoppelung bedingt ist, Vorteile. Die Einsparung eines Wandlers bei guter Qualität der Uebertragung, die Verkleinerung des erforderlichen Raumes, die Verminderung des Gewichtes, der einfache Aufbau und die übersichtliche Schaltung werden besonders angenehm empfunden, weil gleichzeitig ein energiereiches Mikrophon vorliegt. An der oberen Grenze des für die Verständlichkeit der menschlichen Sprache erforderlichen Frequenzbereiches ist ein rasches Abfallen der lautstarken Uebertragung einfach zu erreichen.

Literatur: Heinrich Hecht: «Die elektro-akustischen Wandler».

Der elektrische Betrieb der Schweizerischen Bundesbahnen im Jahre 1943[1])

621.331 : 625.1(494)

1. Energiewirtschaft

Tabelle I gibt Auskunft über Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie der SBB im Vergleich zum Vorjahr. In eigenen Werken wurden 631 · 10^6 kWh (Vorjahr 629 · 10^6) Ein- und Dreiphasenenergie erzeugt. Von fremden Werken (inkl. Etzelwerk) wurden rund 152 · 10^6 kWh (166 · 10^6) bezogen. Für die elektrische Zugförderung der SBB wurden an eigener und fremder Energie gesamthaft 701 · 10^6 kWh (709 · 10^6) kWh verbraucht, ferner für die Dampftraktion auf elektrifizierten und nicht elektrifizierten Linien ca. 126 000 t (160 000 t) Kohle. Der Minderverbrauch von rund 8 · 10^6 kWh gegenüber dem Vorjahr rührt vom kleineren Transitverkehr im IV. Quartal 1943 her.

Energielieferungsverträge wurden mit der Bahn Bière—Apples—Morges und mit der Oensingen—Balsthal-Bahn für deren elektrischen Betrieb abgeschlossen.

[1]) Aus den Quartalsberichten der Generaldirektion und dem Geschäftsbericht 1943 der SBB. Vgl. pro 1942 Bull. SEV 1943, Nr. 14, S. 411.

Energiewirtschaft der Schweizerischen Bundesbahnen im Jahre 1943. Tabelle I.

Kraftwerkgruppe	I. Quartal kWh	II. Quartal kWh	III. Quartal kWh	IV. Quartal kWh	Total 1943 kWh	Total 1942 kWh
Eigene Erzeugung von Ein- und Dreiphasenenergie in der Kraftwerkgruppe Amsteg - Ritom - Göschenen	60 454 000	104 091 000	112 052 000	66 043 000	342 640 000	344 222 000
und Vernayaz-Barberine-Trient-Massaboden	70 786 000	69 967 000	77 195 000	70 515 000	288 463 000	284 618 000
Total	131 240 000 (100 %)	174 058 000 (100 %)	189 247 000 (100 %)	136 558 000 (100 %)	631 103 000 100 %	628 840 000 (100 %)
wovon						
a) mit Hilfe der Stauseen in den Kraftwerken Ritom, Barberine und Vernayaz erzeugt	88 528 000 (67 %)	20 061 000 (12 %)	22 511 000 (12 %)	72 855 000 (53 %)	203 955 000 (32 %)	200 349 000 (31 %)
b) in den Flusswerken Amsteg, Göschenen, Vernayaz, Trient und Massaboden erzeugt	42 712 000 (33 %)	153 997 000 (88 %)	166 736 000 (88 %)	63 703 000 (47 %)	427 148 000 (68 %)	428 491 000 (69 %)
Bezogene Einphasenenergie						
vom Etzelwerk	41 251 000	8 263 000	8 217 000	21 625 000	79 356 000	86 652 000
von andern Kraftwerken	17 848 000	14 624 000	14 463 000	25 213 000	72 148 000	79 831 000
Total	59 099 000	22 887 000	22 680 000	46 838 000	151 504 000	166 483 000
Total der erzeugten und bezogenen Ein- und Dreiphasenenergie	190 339 000	196 945 000	211 927 000	183 396 000	782 607 000	795 323 000
Abgabe von Ueberschussenergie	5 844 000	16 746 000	29 878 000	2 963 000	55 431 000	60 617 000
Energieabgabe ab bahneigenen und bahnfremden Kraftwerken für den Bahnbetrieb	184 495 000	180 199 000	182 049 000	180 433 000	727 176 000	734 706 000
davon						
für die SBB-Zugförderung	177 401 000	175 306 000	175 685 000	172 541 000	700 933 000	709 682 000
für andere Bahnzwecke	2 742 000	1 085 000	1 647 000	3 226 000	8 700 000	8 045 000
für Privatbahnen	3 800 000	3 418 000	4 353 000	4 114 000	15 685 000	14 315 000