

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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 43 (1965)

Heft: 6

Artikel: Alimentation en courants porteurs de voies et de sous-groupes

Autor: Jordan, E. / Karth, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874984>

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: 13.01.2026

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

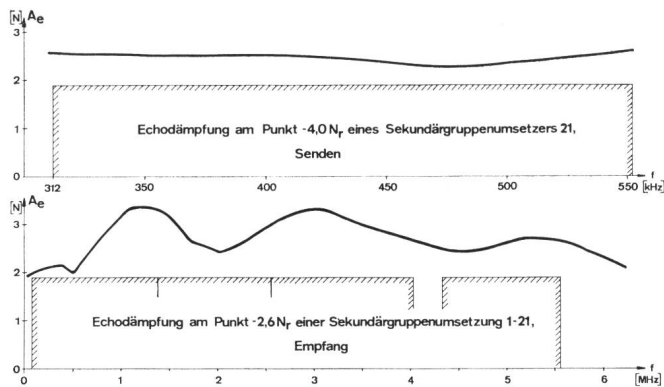


Fig. 21

sämtlichen Umsetzertypen haben Werte ergeben, die bei normalen Pegelverhältnissen wesentlich unter den zulässigen Grenzen liegen. Sie sind in *Tabelle II* zusammengestellt.

Adresse der Autoren: Theodor Stolz und Arnold Jeschko, c/o Hasler AG, Belpstrasse 23, 3000 Bern.

Tabelle II. Gemessene Geräuschleistungen der Sekundärgruppenumsetzungen in pW.

	Sendeseite		Empfangsseite		Schleife	
	Mini- mum	Maxi- mum	Mini- mum	Maxi- mum	Mini- mum	Maxi- mum
Grundgeräusch ..	4	10	4	10	8	20
Intermodulations- geräusch	—	—	—	—	<0,5	1

4.4 Nebensprechen

Der Nebensprechabstand zwischen den beiden Übertragungsrichtungen der gleichen Sekundärgruppe und zwischen den geschauften Sekundärgruppen des gleichen Systems oder auch verschiedenen Systemen beträgt wenigstens 9,5 N. Die praktisch gemessenen Werte liegen meist über 10 N.

E. Jordan et A. Karth, Berne

621.395.44

Alimentation en courants porteurs de voies et de sous-groupes

Résumé. Avec le nouveau système de modulation, le groupe primaire se compose de quatre sous-groupes de trois voies chacun et les modulateurs sont alimentés par des ondes porteuses carrées. Après avoir montré les avantages du système, on décrit en détail comment ces ondes porteuses carrées sont produites et distribuées. Un générateur d'harmoniques forme, au moyen d'une ligne de retard, des impulsions étroites. La sécurité de fonctionnement en est assurée par un appareil de réserve avec commutation automatique rapide. Des filtres choisissent les harmoniques désirés et les amplificateurs de porteurs les transforment en ondes carrées (circuit flip-flop) et les amènent au niveau désiré (étage final à transistors saturés). Dans ce même bâti, on stabilise l'amplitude des ondes pilotes avec une grande précision. Un circuit de commutation automatique caractérisé par une grande sensibilité et une grande précision en assure la sécurité de fonctionnement.

Zusammenfassung. Trägerstromversorgung für Kanal- und Vorgruppenumsetzer. Nach dem neu gewählten Modulationsprinzip wird eine Primärgruppe aus vier Vorgruppen zu drei Kanälen gebildet. Die Modulatoren werden mit Trägerströmen rechteckiger Kurvenform gespeist. Vorerst werden die Vorteile dieses Prinzips erläutert und dann die Erzeugung und Verteilung der Trägerströme beschrieben. Im Frequenzvervielfacher, der als wesentliches Element eine Verzögerungsleitung enthält, werden schmale Impulse mit der Grundfrequenz 4 kHz erzeugt. Zur Sicherstellung des Betriebes werden zwei Frequenzvervielfacher, in Verbindung mit einer schnellen, automatischen Umschaltung, verwendet. Hierauf werden die gewünschten Harmonischen mit Filtern ausgesiebt und in den anschließenden Trägerverstärkern in Rechtecksignale umgeformt (Flip-Flop-Schaltung) sowie auf den erforderlichen Pegel verstärkt (Endstufe mit gesättigten Transistoren). In der gleichen Bucht wird die Amplitude der Pilotsignale mit grosser Genauigkeit stabilisiert. Automatische Umschaltungen, die sich durch grosse Empfindlichkeit und Genauigkeit auszeichnen, gewährleisten die Betriebssicherheit.

Riassunto. Alimentazione in correnti vettrici di canali e di sottogruppi. Con il nuovo sistema di modulazione, il gruppo primario si compone di quattro sottogruppi di tre canali ciascuno; i modulatori sono alimentati con onde vettrici quadre. Dopo aver mostrato i vantaggi del sistema, si descrive in dettaglio come sono prodotte e distribuite queste vettrici quadre. Un generatore di armoniche forma degli impulsi stretti, tramite una linea di ritardo. La sicurezza di funzionamento è garantita da un apparecchio di riserva a commutazione automatica rapida. Dei filtri selezionano le armoniche volute e gli amplificatori di vettrici le trasformano in onde quadre (circuiti flip-flop) e le portano al livello desiderato (stadio finale a transistori saturati). Nel medesimo telaio, l'ampiezza delle onde pilota viene stabilizzata con grande precisione. Un circuito di commutazione automatica di elevata stabilità e precisione garantisce la sicurezza d'esercizio.

1. Introduction

1.1 Modulation de voie

Avec le système de modulation choisi, il faut trois ondes porteuses (12, 16 et 20 kHz) pour moduler les voies et former les sous-groupes, puis quatre ondes

porteuses (84, 96, 108 et 120 kHz) pour former le groupe primaire de 12 voies. De plus, les nouveaux équipements «Hasler» utilisent des ondes porteuses carrées au lieu des ondes sinusoïdales de l'ancien système.

1.2 Ondes porteuses carrées

Dans le modulateur en anneau classique, l'onde porteuse ouvre et ferme les diodes, inversant périodiquement la polarité du signal et créant ainsi les bandes latérales désirées. Pour que le fonctionnement soit correct, les diodes devraient être commandées uniquement par l'onde porteuse; cependant, au passage d'une alternance à l'autre, la valeur instantanée du porteur est faible et le signal peut, lui aussi, influencer les diodes provoquant des distorsions et intermodulations; de plus, la durée de la commutation influence l'adaptation des impédances. Pour éviter ces inconvénients, le passage d'une alternance à l'autre devra être aussi rapide que possible. Sur les anciens modulateurs, on y arrivait au moyen d'une onde sinusoïdale de grande amplitude, mais si l'on emploie des ondes carrées, ce temps est indépendant de l'amplitude et l'on pourra utiliser une onde porteuse notablement plus faible¹. L'exemple ci-dessous montre l'économie d'énergie que l'on peut obtenir.

Pour le même taux d'intermodulation (8,5 N d'écart pour le 3^e ordre) et un niveau d'entrée semblable (-3 Nm sur l'ancien modèle et $-3,2$ Nm sur le nouveau), il fallait 15 mW de porteur sinusoïdal alors qu'il suffit maintenant de 4 mW de porteur carré.

¹ R. Dallemagne et C. Hannigsberg: Emploi de courants porteurs à forme d'onde rectangulaire pour l'alimentation des modulateurs en anneau. Câbles et Transmission 15 (1961), n° 3, p. 240...260.

De plus, les ondes carrées permettent d'employer les transistors en commutateurs et les amplificateurs de porteurs ont ainsi un rendement très élevé, ce qui économise le courant d'alimentation et diminue sérieusement l'échauffement permettant ainsi une construction plus compacte.

2. Alimentation en ondes porteuses

2.1 Vue d'ensemble

Le principe utilisé est bien connu: la fréquence de base très stable (4 kHz sinusoïdal) arrive sur un générateur d'harmoniques qui en fait des impulsions étroites. Une série de filtres isole les harmoniques désirés que les amplificateurs d'ondes porteuses amènent ensuite au niveau désiré.

Le bâti d'alimentation en ondes porteuses peut alimenter jusqu'à 24 bâtis de modulateurs à 60 voies chacun, ce qui fait 1440 voies au total. Pour assurer la sécurité de fonctionnement qu'implique ce grand nombre de voies, le générateur d'harmoniques est équipé à double avec circuit de commutation automatique.

Les amplificateurs d'ondes porteuses alimentent chacun 120 voies lors de la 1^{re} modulation ou 30 sous-groupes, soit 90 voies, lors de la 2^e modulation. La sécurité est assurée par une réserve de deux amplificateurs par bâti avec commutation manuelle. Un cir-

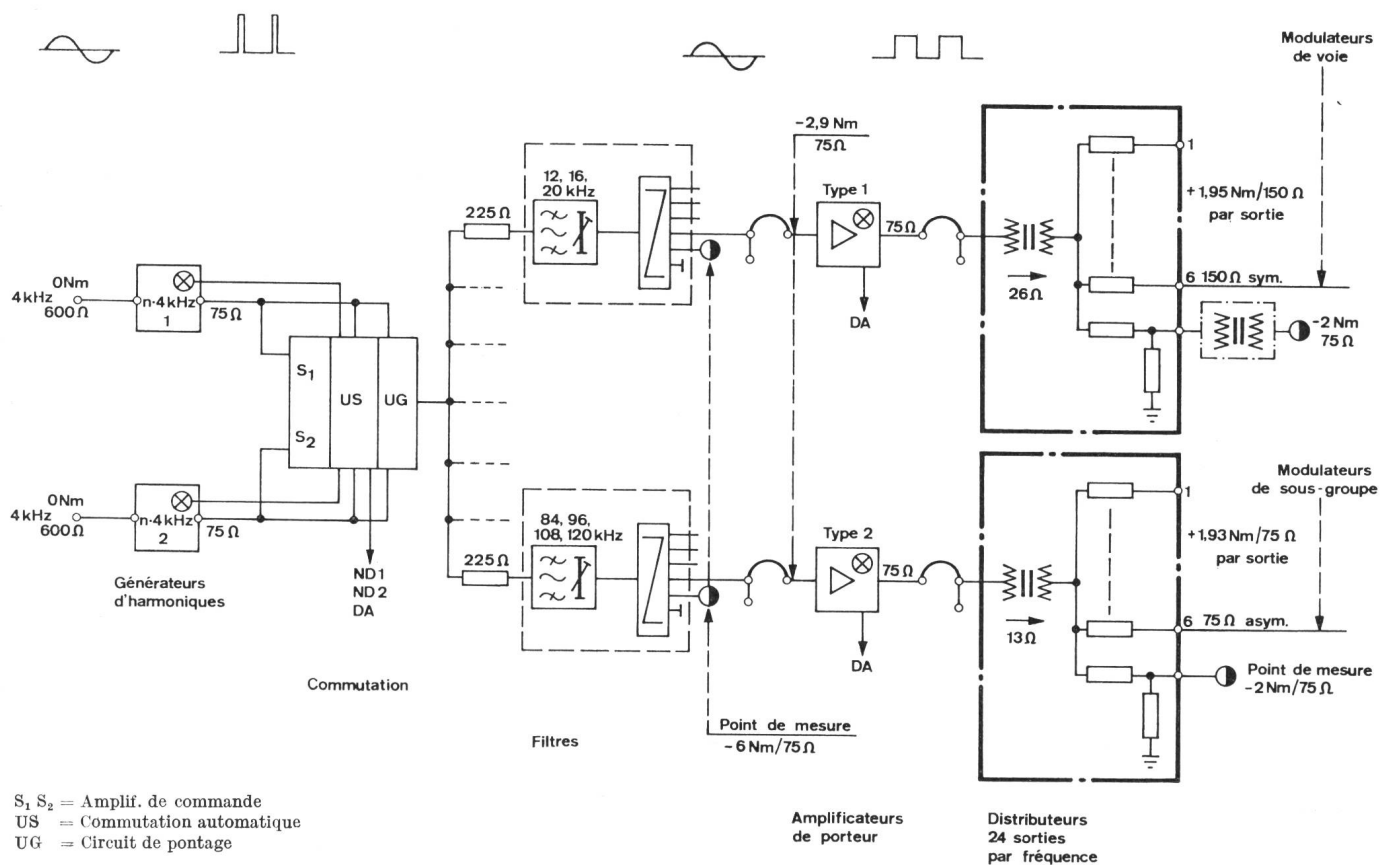


Fig. 1

Alimentation en ondes porteuses

cuit d'alarme surveille la sortie de chaque amplificateur.

Sur la *figure 1*, nous voyons la disposition générale des circuits. La fréquence de base sinusoïdale de 4 kHz alimente les deux générateurs d'harmoniques. Le circuit de commutation automatique choisit l'un des deux générateurs et le connecte sur les filtres. Ces filtres ont une impédance de 300 Ω dans la bande passante et une impédance élevée dans la bande bloquée; une résistance de 225 Ω combinée avec la résistance interne de 75 Ω du multiplicateur assure une bonne adaptation du filtre et un découplage suffisant des filtres entre eux.

A la sortie du filtre, un distributeur amène le signal à quatre amplificateurs de porteurs et à un point de mesure; les cinq sorties du distributeur sont découplées entre elles par des transformateurs différentiels.

L'amplificateur de porteur transforme ensuite l'onde sinusoïdale en onde carrée et l'amène au niveau désiré pour alimenter six bâtis de modulateurs. Ce deuxième distributeur n'a qu'un seul translateur et les résistances de protection assurent un découplage suffisant des six sorties grâce à la faible résistance interne de l'amplificateur. Un point de mesure est également prévu à cet endroit; étant donnée la forme carrée de l'onde porteuse, on doit mesurer l'onde fondamentale avec un instrument sélectif ou examiner l'onde carrée avec un oscilloscope et mesurer la tension crête-à-crête.

2.2 Générateur d'harmoniques n. 4 kHz (fig. 2)

Le principe de la formation des impulsions peut être expliqué au moyen du schéma simplifié de la *figure 3a*. La partie essentielle en est une ligne de retard dont l'impédance d'onde est R_0 (2700 Ω) et dont une extrémité est laissée ouverte; l'autre extrémité est connectée sur un diviseur de tension R_1 - R_2 ; la

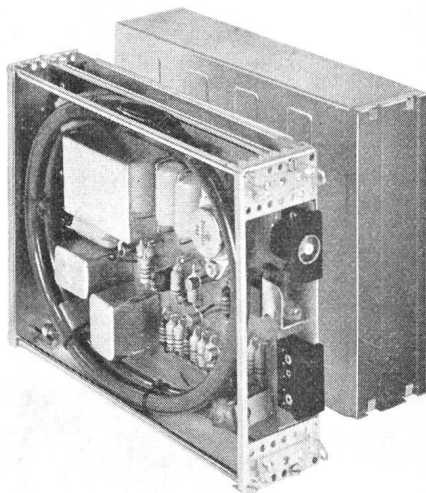


Fig. 2

Générateur d'harmoniques. On remarquera la ligne de retard enroulée et, à l'avant, les points de mesure

résistance R_1 est beaucoup plus grande que R_0 et la résistance R_2 est telle que R_1 et R_2 mis en parallèle terminent la ligne sur sa résistance d'onde R_0 . Une source alimente ce dispositif à travers un interrupteur qui s'ouvre et se ferme au rythme de la fréquence de base de 4 kHz. Pour simplifier le schéma, on a dessiné un interrupteur mécanique, mais dans la réalisation pratique, c'est un circuit électronique qui remplit cette fonction.

La *figure 3b* montre la forme des tensions obtenues aux points 2 et 3 du schéma. Au temps t_1 , l'interrupteur

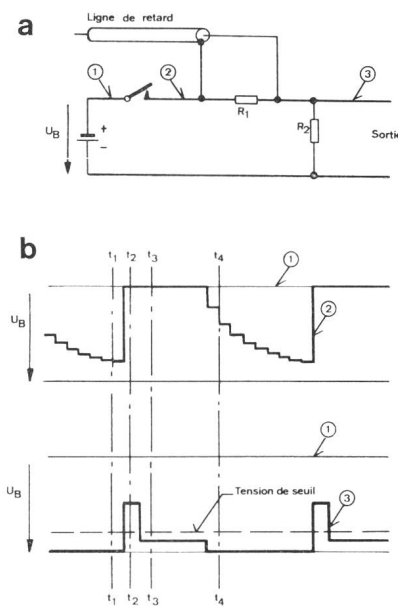


Fig. 3

a) Générateur d'harmoniques (schéma de principe)
b) Courbes de tension (les numéros correspondent au schéma de principe)

teur est sur le point de s'enclencher, la tension sur R_2 est nulle et celle sur R_1 est négligeable, la ligne ayant eu le temps de se décharger. Lorsque l'interrupteur s'enclenche, le point 2 atteint immédiatement la tension de la source; aussi longtemps qu'une onde n'aura pas eu le temps de faire un aller et retour sur la ligne de retard, on verra à l'entrée de la ligne l'impédance caractéristique R_0 et on aura au point 3 à peu près la moitié de la tension de la source; c'est cette situation que nous avons au temps t_2 . Au temps t_3 , l'onde qui a été réfléchiée à l'extrémité ouverte est parvenue à l'entrée de la ligne où elle n'est plus réfléchiée puisque la ligne est terminée de ce côté-ci par sa résistance caractéristique R_0 . L'impédance de la ligne est maintenant infinie et le diviseur R_1 - R_2 ne donne plus en 3 qu'une petite tension résiduelle. Au temps t_4 , l'interrupteur s'est déclenché, la tension résiduelle en 3 a disparu et la ligne se décharge lentement sur R_1 par un va-et-vient d'ondes se réfléchissant en ses deux extrémités.

En faisant passer ce signal sur un seuil, on coupera la tension résiduelle et on obtiendra la forme définitive des impulsions. Nous remarquerons que la durée des impulsions correspond à un aller et retour de l'onde sur la ligne de retard et que son amplitude dépend essentiellement de la source de tension continue; ce sont des paramètres que l'on a bien en main. On peut ainsi garantir pour le signal de sortie des tolérances bien plus serrées qu'avec les anciens modèles et les effets de vieillissement seront extrêmement faibles. De plus, les impulsions rectangulaires ont un spectre plus avantageux que celles de l'ancien système formées de courbes exponentielles.

Sur le schéma détaillé (fig. 4), on retrouve au centre le circuit qui vient d'être décrit, l'interrupteur étant remplacé par une bascule de Schmitt qui réagit à

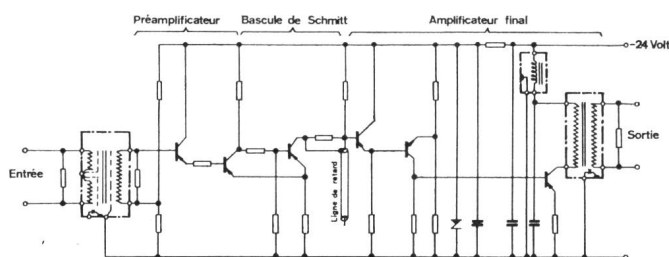


Fig. 4
Générateur d'harmoniques

chaque passage à zéro du signal d'entrée. L'amplificateur du circuit d'entrée protège par un effet de limitation (cut-off) le transistor plus délicat de la bascule, il permet une bonne adaptation de l'impédance d'entrée et évite que les harmoniques engendrés par la bascule ne perturbent le signal d'entrée. Grâce à cet amplificateur, on peut varier le niveau d'entrée dans une large mesure sans influencer le signal de sortie. Les impulsions formées comme on vient de le voir sont amenées au niveau voulu par un amplificateur non saturé à trois étages. Le deuxième transistor de cet amplificateur est polarisé de façon à obtenir le seuil nécessaire pour couper la tension résiduelle. L'étage final est alimenté par la tension de 24 V; une diode Zener stabilise la tension pour les autres étages. Sur l'étage final comme sur la diode Zener, un condensateur fournit les pointes de courant (environ 450 mA sur l'étage final) sans charger inutilement l'alimentation.

2.3 Amplificateur d'onde porteuse

C'est dans cet amplificateur que la tension sinusoïdale venant du filtre est transformée en onde carrée. Cette onde carrée doit présenter un haut degré de symétrie, c'est-à-dire que l'alternance positive et l'alternance négative doivent avoir la même durée (rapport 1:1); une onde symétrique est caractérisée également par l'absence d'harmoniques pairs.

On aurait pu former les ondes carrées au moyen d'une bascule de Schmitt, mais il aurait été difficile d'assurer ce haut degré de symétrie; on a donc préféré un circuit flip-flop que l'on peut commander symétriquement (montage push-pull).

Etant donnée l'importance de l'amplificateur de porteur, on veut pouvoir garantir la forme et l'amplitude du signal de sortie tout en acceptant des tolérances larges pour le signal d'entrée; on a donc prévu un étage de limitation. La figure 5 montre le principe de ce limiteur. Deux diodes sont en série avec

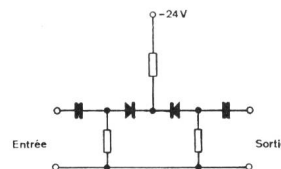


Fig. 5
Limiteur

le signal et sont polarisées dans leur zone de conduction; lorsque la valeur instantanée du signal dépasse le seuil prévu, l'une ou l'autre des diodes sera bloquée suivant la polarité du signal et la tension de sortie ne dépassera pas ce seuil. Le seuil est facile à ajuster, il est peu sensible à la température et l'amplificateur qui précède n'est pas court-circuité par le limiteur comme c'est le cas avec le modèle classique.

Sur le schéma de principe (fig. 6), nous voyons que le signal sinusoïdal est d'abord amplifié pour atteindre

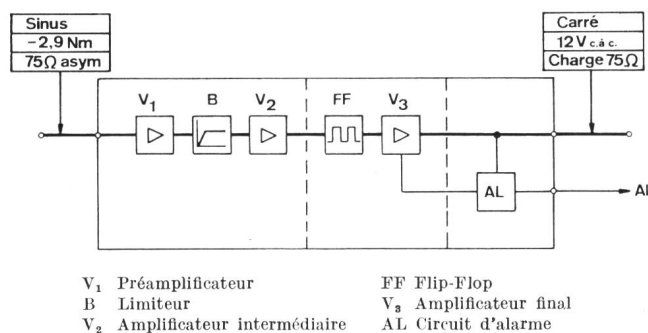


Fig. 6
Amplificateur de porteur

le niveau nécessaire au limiteur; le signal trapézoïdal sortant du limiteur est à nouveau amplifié et arrive symétriquement sur le flip-flop; le signal carré du flip-flop passe ensuite sur l'étage qui l'amène à la puissance désirée de 400 mW; le niveau de sortie ainsi que le degré de dyssymétrie sont surveillés par un circuit d'alarme.

L'étage final mérite une attention particulière; nous en trouvons le détail sur la figure 7. C'est un montage push-pull et les transistors travaillent en

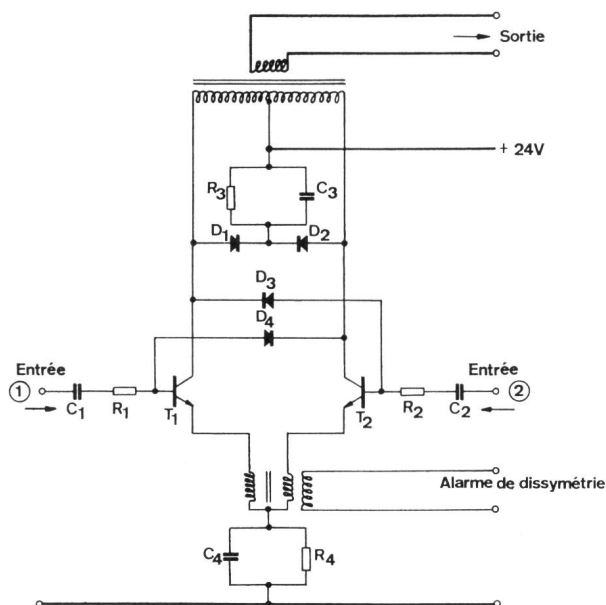


Fig. 7
Étage final pour ondes carrées

commutateurs saturés, de sorte que le niveau à la sortie ne dépend que très peu des transistors. La résistance R_4 sert essentiellement à limiter le courant en cas de court-circuit sur la sortie, mais son effet se fait également sentir à la façon d'une résistance interne, malgré le condensateur de découplage, à cause de la saturation des transistors. L'inductivité de fuite du transformateur a tendance à donner des pointes de tension au moment de la commutation; les diodes D_1 et D_2 sont destinées à couper ces pointes. En cas d'absence du signal d'entrée et grâce aux condensateurs C_1 et C_2 , les deux transistors se bloquent et le courant de la batterie diminue (si tel n'était pas le cas, on aurait la même surintensité qu'en cas de court-circuit).

On sait qu'un transistor saturé qui reçoit brusquement une tension destinée à le bloquer réagit avec un certain retard, le transistor que l'on veut faire conduire réagit par contre rapidement et si l'on ne prend pas de précautions, il y a un certain temps pendant lequel les deux transistors conduisent simultanément et le flanc du signal de sortie manque de raideur. Il est donc avantageux pour faire conduire un transistor d'attendre que le transistor symétrique commence à réagir; on obtient cet effet au moyen des diodes de verrouillage D_3 et D_4 . Le signal de sortie présente alors un flanc raide (environ $0,5 \mu s$), mais retardé par rapport au signal d'entrée.

Le transformateur placé dans l'émetteur de l'étage final sert à comparer les courants dans les deux transistors et à déclencher une alarme lorsque la symétrie est insuffisante. Un détecteur placé directement sur la sortie donne également l'alarme lorsque le niveau est insuffisant.

On a prévu deux types d'amplificateurs, l'un pour les porteurs de 16 à 20 kHz, l'autre pour ceux de

84 à 120 kHz. Ces deux types ne diffèrent que par le choix des translateurs.

2.4 Circuit de commutation automatique

2.4.1 Principe

La fonction propre du circuit de commutation consiste à établir la liaison entre deux sources identiques et une impédance de charge commune, l'une des sources demeurant à vide alors que l'autre est connectée sur cette charge. Dès que le niveau du signal relié à la charge sort des limites tolérées, la commutation s'effectue automatiquement pour autant que le niveau du deuxième soit correct. A des fins de contrôle, on peut aussi provoquer la commutation à la main.

Le circuit de commutation (fig. 8) se compose de trois éléments principaux, à savoir d'un amplificateur de commande, d'un circuit de commutation proprement dit et d'un circuit de pontage.

L'amplificateur de commande auquel sont appliqués directement les deux signaux en provenance de chaque générateur d'harmoniques n. 4 kHz surveille les niveaux individuels de sortie et, en cas de variations dépassant les valeurs tolérées, fournit les critères de commutation et d'alarme.

Le circuit de commutation proprement dit effectue la commutation si les divers critères amenés à son entrée remplissent certaines conditions.

Quant au circuit de pontage, il permet de faire passer le signal par l'une ou l'autre voie à volonté, mettant hors circuit les dispositifs de commutation automatique.

2.4.2 Amplificateur de commande pour les impulsions n. 4 kHz (fig. 9)

Le signal à surveiller étant formé d'une suite d'impulsions de 4 kHz, l'entrée de l'amplificateur de commande comporte un filtre passe-bande destiné à filtrer un harmonique non utilisé (32 kHz). L'onde sinusoïdale obtenue, proportionnelle à l'amplitude de l'impulsion, est amplifiée, redressée puis comparée à une tension de référence de manière à réduire l'hystérèse inhérente à la bascule de Schmitt qui suit. Une baisse exagérée du niveau du signal provoque le changement d'état de celle-ci. La variation de tension ainsi obtenue à la sortie de la bascule fournit le critère de commande pour le circuit de commutation ainsi que le critère d'alarme par l'intermédiaire d'un relais. L'alarme peut être urgente ou non urgente (urgente si le niveau du signal en réserve est lui-même insuffisant).

Le filtre d'entrée est à impédance élevée dans la bande bloquée et ne charge ainsi que l'harmonique choisi. L'atténuation dans la bande passante est très petite grâce au coefficient de qualité élevé des noyaux en ferrite utilisés.

2.4.3 Circuit de commutation proprement dit (fig. 8)

La fonction essentielle de ce circuit consiste à commuter automatiquement sur la charge commune l'un des signaux en cas de défaillance de l'autre. On considère un signal comme défaillant dès que son niveau

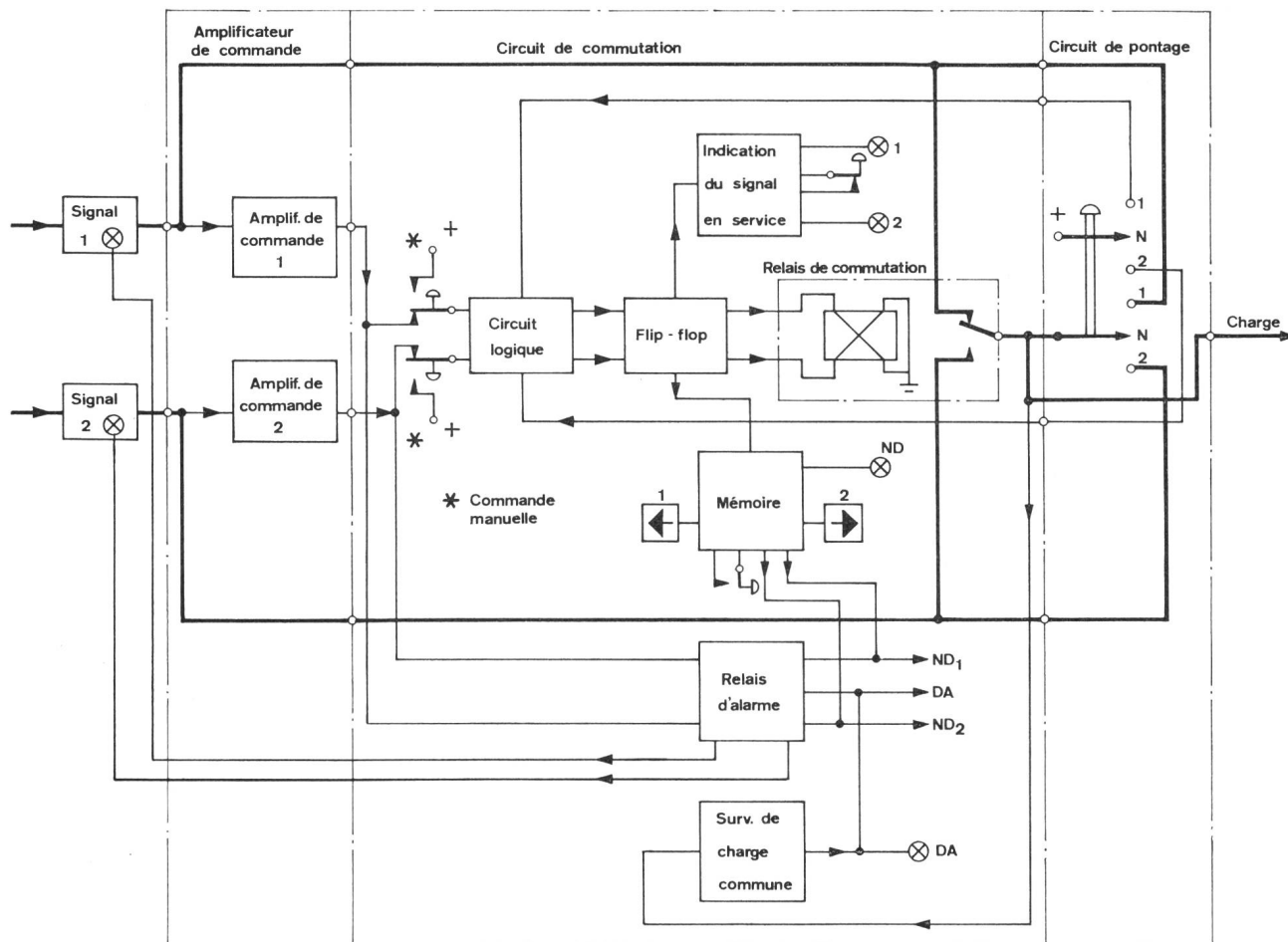
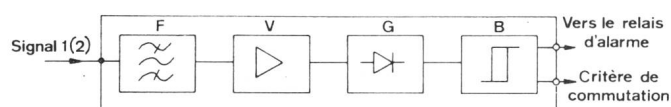


Fig. 8
Schéma de principe du circuit de commutation

sort des limites fixées. La commutation doit avoir lieu si un ensemble de conditions sont réalisées simultanément. Plusieurs circuits logiques à transistors (inverseur, porte-et, porte-ou) combinent les divers critères qu'ils reçoivent de l'amplificateur de commande et du circuit de pontage, les rendant dépendants les uns des autres. Une commutation n'est possible que si le niveau du signal en réserve est correct.

Les critères résultants commandent un circuit flip-flop dans lequel se trouve placé le relais de commutation. Pour obtenir un temps de commutation très court, le relais choisi est du type reed avec des contacts mouillés au mercure. La durée d'une commutation dépend surtout de l'amplificateur de commande, des circuits logiques et du relais de commutation. Pendant ce court laps de temps, on a une interruption du signal en cas de défaillance complète de

l'un d'eux. S'il s'agit d'une simple baisse du niveau, durant la commutation les deux sources sont mises en parallèle. Une commande manuelle permet aussi de faire commuter l'un ou l'autre des signaux. Un



F = Filtre 32 kHz, V = Amplificateur, G = Redresseur, B = Bascule de Schmitt

Fig. 9

Amplificateur de commande pour les impulsions de n.4 kHz

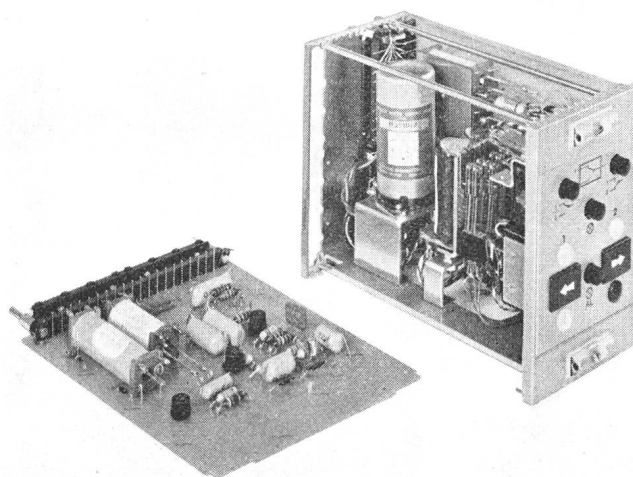


Fig. 10

Circuit de commutation automatique. Tout en arrière, le relais de commutation et, plus en avant, les deux relais d'alarme

voyant en forme de flèche s'éclaire dès qu'une commutation se produit en même temps que se déclenche une alarme non urgente. Ces indications sont mémorisées, rendant compte des dernières opérations survenues. Une impulsion de retour permet la remise à zéro. On peut également contrôler lequel des deux signaux est en service.

En cas d'absence du signal après le circuit de commutation, sur la partie commune, à la suite d'un court-circuit par exemple, un circuit constitué essentiellement par un amplificateur et une bascule de Schmitt provoque une alarme urgente.

Les relais utilisés dans le dispositif de mémoire et dans le circuit indiquant l'appareil en service sont des relais reed polarisés munis d'un contact de commutation (fig. 10).

Les relais déclenchant les alarmes sont du type classique, étant donnés le nombre et le genre des contacts requis.

2.4.4 Circuit de pontage

Ce circuit ne comporte que des éléments passifs. Sa fonction consiste à faire passer à volonté le signal 1 ou 2 sur la charge commune. Il se commande manuellement à l'aide d'un commutateur à trois positions (position médiane neutre). En position 1 ou 2, les autres circuits de la commutation sont hors service et on peut les sortir du bâti sans autre opération. Le commutateur est conçu de telle façon que la commutation se fait d'abord automatiquement sur la voie choisie grâce à l'envoi d'un critère de commande sur le circuit de commutation, évitant ainsi toute mise en parallèle des deux sources sur la charge commune. Ensuite seulement, le signal emprunte les contacts de l'interrupteur. Deux lampes indiquent le signal choisi tandis qu'une alarme non urgente sort à l'extérieur.

3. Stabilisation et distribution des ondes pilotes

3.1 Vue d'ensemble

Amenées du bâti des générateurs d'ondes pilotes, celles-ci présentent une stabilité très grande en fréquence, mais par contre leur amplitude n'est pas encore suffisamment stabilisée. Les ondes pilotes, qui accompagnent le groupe dès sa formation et jusqu'à sa démodulation, lui servent de référence et peuvent être affectées au réglage du niveau. Il importe donc que leur amplitude soit exacte en valeur absolue et bien stabilisée, et cela aussi près que possible de leur point d'injection dans le groupe. C'est pourquoi, sur le même bâti que les ondes porteuses, lequel précède immédiatement les bâties des modulateurs, se trouvent également les circuits de stabilisation des ondes pilotes pour les groupes primaires (84,080 et 84,140 kHz). Comme ces ondes pilotes sont destinées à alimenter 120 groupes, on retrouve l'équipement double suivi d'une commutation automatique.

La figure 11 montre l'ensemble des circuits constituant la stabilisation des ondes pilotes. Une fois amplifiées puis stabilisées sur deux voies parallèles, les ondes pilotes aboutissent au circuit de commutation automatique, identique à celui utilisé pour les porteurs à l'exception de l'amplificateur de commande.

Les deux ondes pilotes arrivent ensuite à un système de transformateurs différentiels alimentant trois distributeurs pour l'émission individuelle et simultanée des deux fréquences pilotes. Chaque distributeur présente 24 sorties découplées.

3.2 Stabilisation des ondes pilotes (fig. 12)

Le principe de fonctionnement en est le suivant: une tension continue U est hachée au rythme de la fréquence de l'onde pilote. L'onde rectangulaire

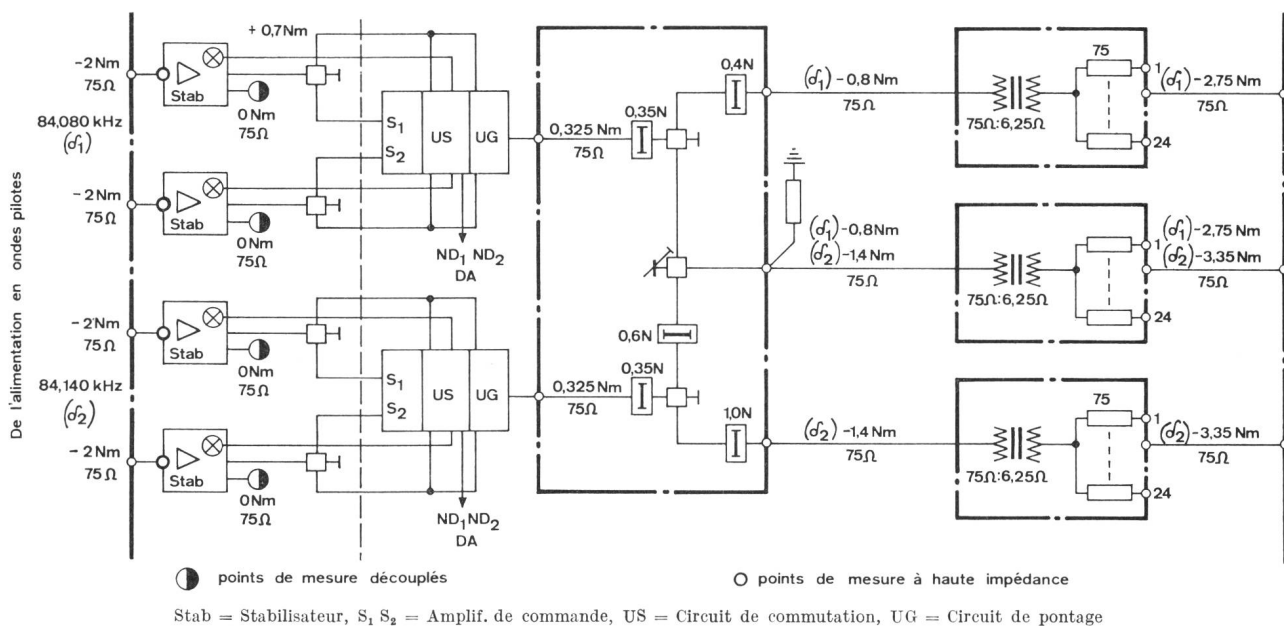


Fig. 11

Stabilisation et distribution des ondes pilotes

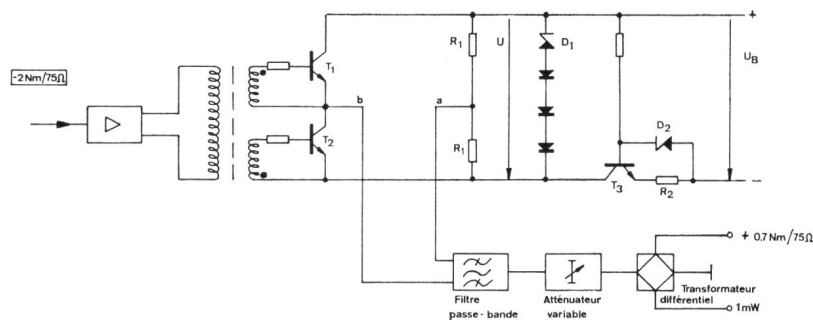


Fig. 12

Amplificateur de stabilisation pour les ondes pilotes

ainsi obtenue est filtrée à l'aide d'un filtre passe-bande accordé sur la fondamentale. Le signal sinusoïdal est ensuite ajusté au niveau prévu au moyen d'une combinaison d'atténuateurs.

Il est important que la tension continue U dont va dépendre l'amplitude de l'onde rectangulaire soit bien stabilisée en fonction de la température et des variations de la tension d'alimentation U_B .

On obtient cette tension U à l'aide d'une diode Zener compensée en température par l'adjonction de diodes normales et parcourue par un courant constant.

Les transistors T_1 et T_2 jouent le rôle de commutateurs. Ils sont commandés en contre-phase par un signal alternatif présentant des flancs très raides. L'amplitude de l'onde fondamentale dépend de la symétrie de l'onde rectangulaire apparaissant aux bornes du filtre. Il importe donc que le signal de commande soit identique pour chacun des transistors d'entrée.

Remarquons également que les transistors T_1 et T_2 à l'état saturé présentent une tension résiduelle très faible (transistors épitaxiaux), dont les variations sont sans influence sur le niveau du signal de sortie.

Les figures 13 a et b montrent le schéma équivalent pour chaque demi-période. L'impédance d'entrée du

filtre vaut $\frac{R_1}{2}$. L'amplitude de l'onde fondamentale vaut $\frac{U}{4} \cdot \frac{4}{\pi} = \frac{U}{\pi}$ si le signal rectangulaire est symétrique.

L'absence d'harmoniques pairs permet l'utilisation d'un filtre très simple dont l'atténuation dans la bande passante est négligeable. L'atténuateur à la sortie permet d'ajuster le niveau de façon très précise, de compenser la dispersion des caractéristiques des diodes et de couvrir la tolérance des éléments.

Remarquons que tous les éléments du circuit sont à large bande, à l'exception du filtre seulement. On peut donc facilement l'adapter au cas des pilotes des groupes secondaires.

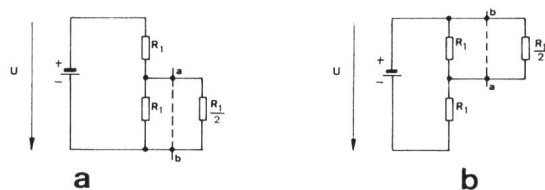


Fig. 13

Schéma équivalent pour le hachage de la tension continue U .
a) 1^{re} demi-période, b) 2^e demi-période

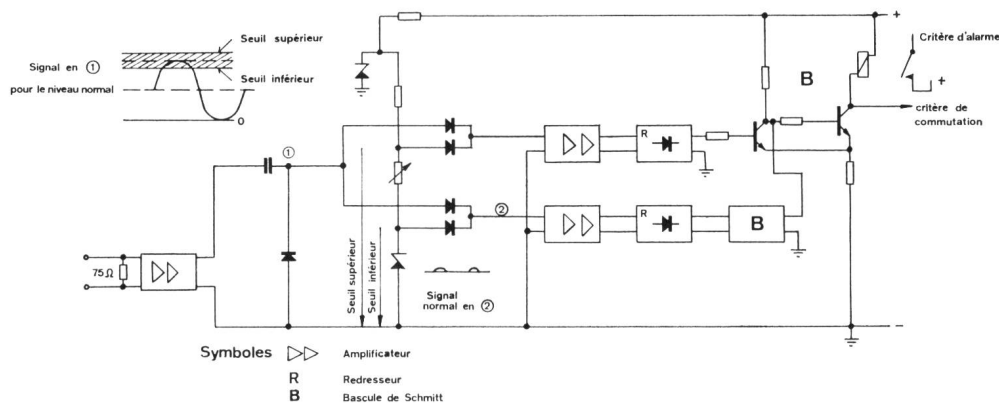


Fig. 14

Amplificateur de commande pour les ondes pilotes

3.3 Dispositif de commutation automatique

Ses fonctions sont identiques à celles décrites plus haut. Aussi nous ne reviendrons pas sur le circuit de commutation proprement dit et sur le circuit de pontage. Seul l'amplificateur de commande plus complexe fera l'objet d'une description.

L'amplificateur de commande (fig. 14 et 15) a pour fonction de détecter soit une baisse soit une augmen-

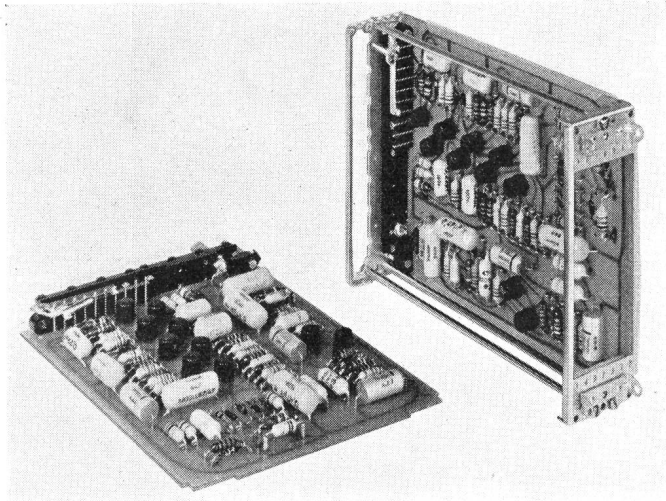


Fig. 15

Amplificateur de commande pour la commutation des ondes pilotes. L'absence de transformateurs permet une utilisation particulièrement avantageuse des circuits imprimés

tation de niveau au delà de certaines valeurs prescrites et de fournir les critères d'alarme et de commutation. Comme le montre le schéma d'ensemble (fig. 11), les ondes pilotes parviennent à l'amplificateur de commande par l'intermédiaire d'un transformateur différentiel afin que le niveau à son entrée soit indépendant de la charge du stabilisateur. Une fois amplifié, le signal est comparé à deux seuils (fig. 16). L'élément de référence est constitué par une diode Zener qui fournit le seuil inférieur, alors que le seuil supérieur est pris sur une résistance en série avec la diode.

L'amplification est telle que, pour le niveau normal, le signal se situe entre les deux seuils. Après la comparaison, le signal est formé d'une suite d'impulsions très petites que l'on amplifie, puis redresse. La tension

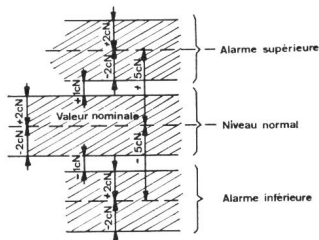


Fig. 16

Tolérance des niveaux pour les ondes pilotes

continue est à nouveau comparée à une référence et commande deux bascules de Schmitt. Une combinaison de ces deux dernières permet d'acheminer sur un même relais les critères de commutation et d'alarme.

La double comparaison avec une tension de référence réduit fortement l'hystérèse des bascules et permet de choisir ainsi des seuils très rapprochés l'un de l'autre. Une résistance NTC, placée dans la contre-réaction du premier amplificateur, réduit l'influence de la température sur les seuils.

4. Construction

4.1 Unités enfichables

Cinq unités enfichables constituent les circuits de stabilisation et de commutation pour les ondes pilotes (fig. 17) ainsi que pour les impulsions de n. 4 kHz.

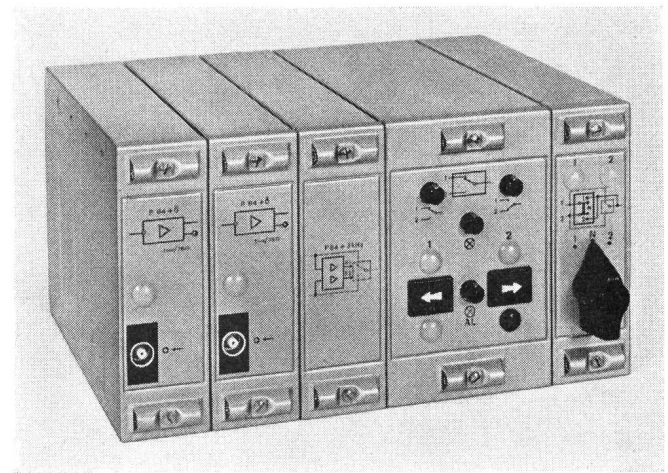


Fig. 17

Stabilisation et commutation automatique des ondes pilotes. De gauche à droite: a) Deux circuits de stabilisation (dont un en réserve), b) les deux amplificateurs de commande (dans un seul boîtier), c) le circuit de commutation automatique, d) le circuit de pontage

Le circuit de commutation proprement dit (fig. 10), qui occupe un boîtier de 80 mm, comporte au centre un châssis supportant les éléments électromécaniques (relais, lampes, boutons-poussoirs). Sur les côtés se trouvent deux circuits imprimés, l'un pour les circuits logiques, l'autre pour l'alarme. Remarquons les relais du type reed sur la plaque rabattue.

Pour les filtres, on a renoncé aux circuits imprimés. De part et d'autre d'une épaisse plaque métallique sont disposés les divers circuits résonants, blindés les uns par rapport aux autres. De ce fait, on atteint sans peine l'atténuation requise dans la bande bloquée.

4.2 Bâti

La figure 18 illustre la disposition générale des unités sur le bâti. De nombreux points de mesure, découplés ou non, facilitent la maintenance de l'installation. Le panneau de connexion à prises coaxiales permet le remplacement rapide d'un amplificateur par une unité de réserve.

Malgré le nombre élevé des distributeurs, ceux-ci sont placés également sur ce bâti contrairement à l'ancienne construction où ils occupaient un bâti spécial; cela grâce à l'utilisation de translateurs de petit format (M 20).

Avec l'ancien système (13 porteurs différents au lieu de 7) et l'ancienne construction, pour alimenter le même nombre de voies, on utilisait huit bâtis. Cette importante réduction du volume est due à la nouvelle construction en même temps qu'à la conception nouvelle de modulation de voie.

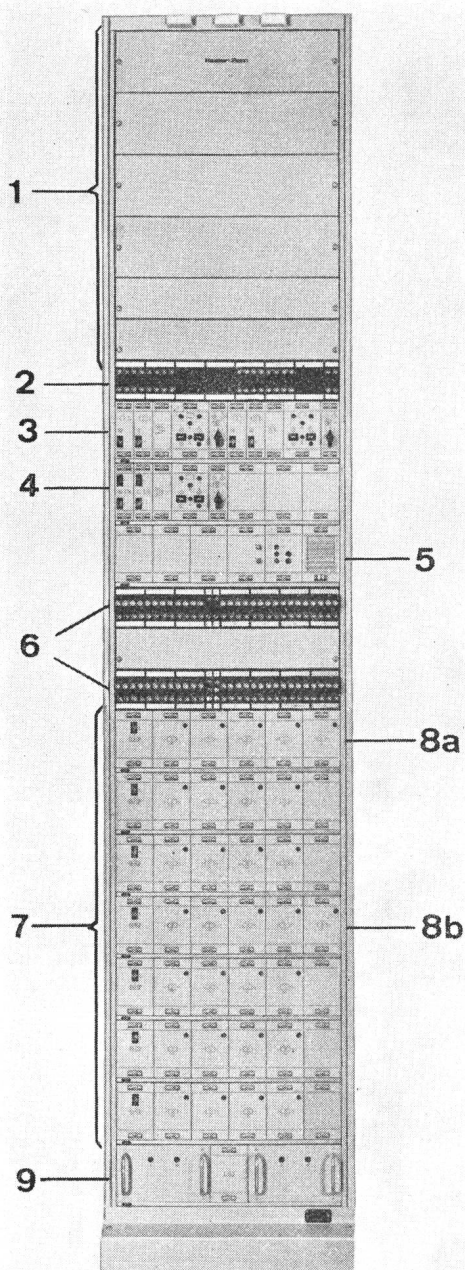


Fig. 18

Bâti d'alimentation en ondes porteuses et de stabilisation des ondes pilotes. 1) Distributeurs, 2) points de mesures découplés, 3) stabilisation et commutation des ondes pilotes, 4) multiplicateurs n. 4 kHz et commutation des impulsions, 5) unités d'alarme, 6) panneau de connexion, 7) filtres et amplificateurs de porteurs (ondes carrées), 8a-8b) amplificateurs de réserve, 9) alimentation 24 V =

5. Caractéristiques électriques

Alimentation:

Transistors et relais: 24 V
(stabilisateur de tension incorporé au bâti)
Circuits d'alarme: 48 V

Générateur d'harmoniques n.4 kHz:

Entrée: 0 Nm/600 Ω
(une variation de ± 1 N est sans influence sur la sortie)
Sortie: résistance interne 75 Ω ,
impulsions: 25 V à vide — 2,5 μ s
spectre de fréquence: 4 kHz — 0,9 N_s
(mesuré à vide en 20 kHz — 0,8 N_s
niveau absolu de 100 kHz — 0,9 N_s
tension) 130 kHz — 1,0 N_s
Alarme: lampe blanche commandée du circuit de commutation
Consommation: 24 V/25 mA

Filtre de porteur:

Bande passante: $f_0 \pm 500$ Hz ondulation < 3 cN
Bande bloquée: $f_0 \pm 4$ kHz atténuation > 10 N

Amplificateur de porteur:

	Type 1	Type 2
Fréquence	12-20 kHz	84-120 kHz
Entrée: niveau normal	— 2,9 Nm/75 Ω	
tolérance	$\pm 0,7$ N	
Sortie: résistance de charge	75 Ω	
résistance interne	env. 22 Ω	env. 16 Ω
amplitude (crête à crête)	12 V	11 V
puissance	450 mW	400 mW
écart du 2 ^e harmonique	> 3 N	
Consommation	24 V/ env. 40 mA	
Rendement énergétique	env. 50%	

Amplificateur et stabilisateur des ondes pilotes

Impédance d'entrée et de sortie: 75 Ω
Coefficient de réflexion: entrée: < 10%
sortie: < 5%
Niveau d'entrée: — 2 Nm \pm 0,2
Niveau de sortie: sortie principale: + 0,7 Nm
sortie de mesure: 0 Nm \pm 0,5 cN

Stabilité

	Variation de sortie
a) Variation à l'entrée $\pm 0,3$ N:	< 0,5 cN
b) Variation de la tension d'alimentation $\pm 10\%$:	< 0,5 cN
c) Variation de la température $0 < T_U < 50$ °C:	< 0,5 cN
d) Influence du filtre (erreur d'accord de ± 500 Hz):	< 0,5 cN

Consommation: 24 V/36 mA

Commuation automatique

1. Amplificateur de commande

Ondes porteuses	Ondes pilotes
Niveau absolu à l'entrée: — 0,9 N _s (harmonique de 32 kHz)	+ 0,35 Nm/75 Ω
Impédance d'entrée: 600 Ω à 32 kHz	75 Ω
Alarmes et critère de commutation: baisse du niveau de — 0,45 N	variation du niveau de ± 5 cN
Hystérèse: < 8 cN	< 2 cN
Consommation: 24 V/40 mA	24 V/60 mA

2. Circuit de commutation

Temps de commutation:
a) manuelle: sans interruption
b) automatique: < 5 ms
Consommation: 24 V/40 mA

Adresse des auteurs: Ernest Jordan et Albert Karth, c/o Hasler S.A. Berne, Belpstrasse 23, 3000 Berne.