

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: 52 (1974)

Heft: 3

Artikel: Die Hochleistungsverstärker = Les amplificateurs de puissance

Autor: Heierli, Hanspeter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874753>

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: 16.01.2026

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

Die Hochleistungsverstärker Les amplificateurs de puissance

Hanspeter HEIERLI, Bern

621.375.026:621.396.71
621.396.71:621.396.934:629.783(494)

Zusammenfassung. Die Hochleistungsverstärker bringen die einzelnen Sendeträger auf die für die Abstrahlung geforderten Leistungen. Es sind Wanderfeldröhrenverstärker, die bei einer Frequenz um 6 GHz betrieben werden und 1,2 kW Sättigungsleistung aufweisen. Im folgenden werden das Blockschema des Hochleistungsverstärker-Subsystems, das Prinzip der Wanderfeldröhre, die Speisung, die Ein-, Ausschalt- und Überwachungslogik sowie die automatische Trägerumschaltung beschrieben.

Résumé. Les amplificateurs de puissance amplifient les diverses porteuses d'émission à la puissance de rayonnement exigée. Il s'agit d'amplificateurs équipés de tubes à ondes progressives exploités à une fréquence située vers 6 GHz, dont la puissance de saturation est de 1,2 kW. L'article comprend un schéma de principe du sous-ensemble d'amplification de puissance et traite du principe des tubes à ondes progressives, de l'alimentation, de la logique d'enclenchement, de déclenchement et de surveillance ainsi que de la commutation automatique des porteuses.

Gli amplificatori di grande potenza della stazione terrestre svizzera per comunicazioni via satelliti

Riassunto. Gli amplificatori di grande potenza servono ad amplificare le singole portanti di trasmissione alle potenze richieste dall'irradiazione. Si tratta di amplificatori a tubi a onde progressive che sono esercitati a una frequenza di circa 6 GHz e che presentano una potenza di saturazione di 1,2 kW. Si descrivono quindi lo schema di blocco del sistema d'amplificazione a grande potenza, il principio del tubo a onde progressive, l'alimentazione, i comandi logici d'inserimento, di disinserimento e di sorveglianza e la commutazione automatica delle portanti.

1. Einführung

Das Hochleistungsverstärker-Subsystem bildet die Fortsetzung des Sendepfades nach den Einzelträger-Sendeketten (Ground Communication Equipment = GCE). Es ist von seinem Konzept her ein Einzelträgersystem. Mit Wanderfeldröhrenverstärker werden die verschiedenen Träger bei einer Frequenz um 6 GHz auf die für die Abstrahlung geforderten Leistungen verstärkt.

2. Funktionsbeschreibung des Subsystems

Das Blockschema *Figur 44* gibt einen allgemeinen Überblick. Der Erstausbau besteht aus nur 3 Verstärkerketten. Es ist jedoch geplant, in Zukunft mit 4 oder 5 Einheiten zu arbeiten.

1. Introduction

Dans le trajet du signal d'émission, le sous-ensemble d'amplification de puissance suit la chaîne d'émission pour porteuses simples (GCE = Ground Communication Equipment, équipement de communication de base). Par sa conception, il s'agit d'un système à porteuses simples. A la fréquence de 6 GHz, des tubes à ondes progressives amplifient les divers signaux à la puissance de rayonnement exigée.

2. Fonctionnement du sous-ensemble

Le schéma de principe de la *figure 44* donne une vue synoptique du système. L'équipement initial ne comprend

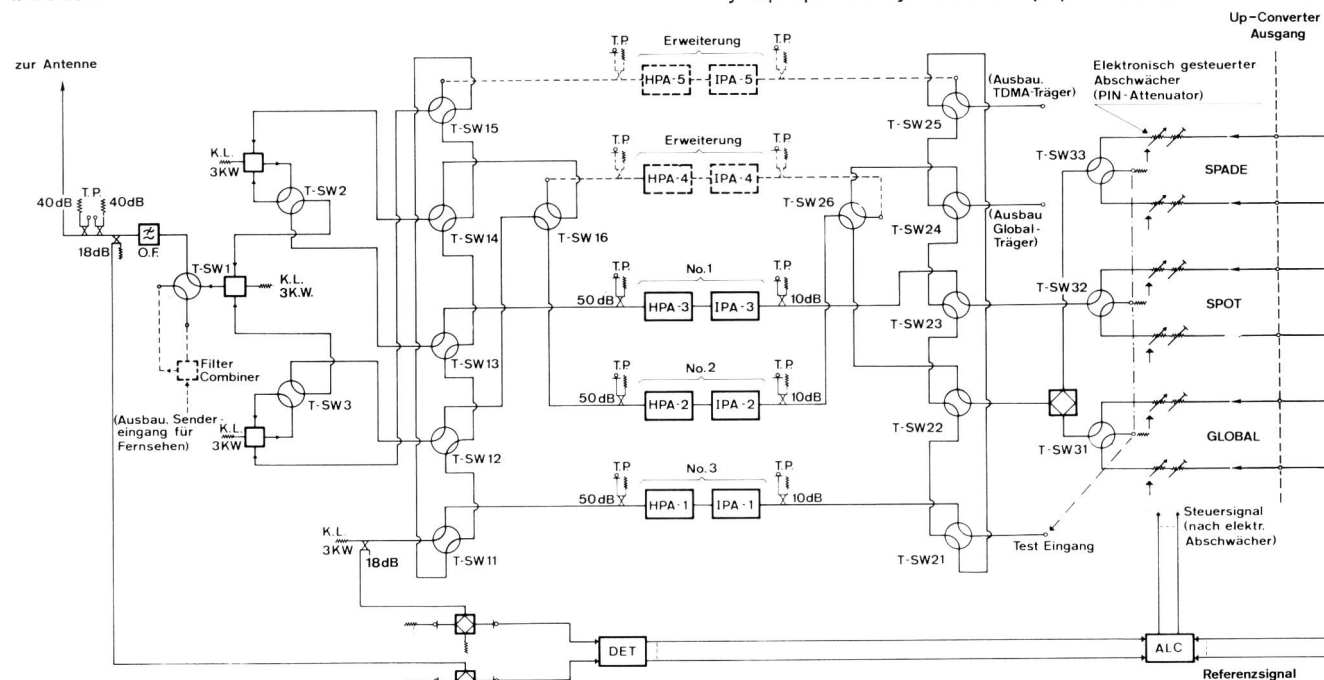


Fig. 44
Blockschema des Hochleistungsverstärker-Subsystems — Schéma bloc du sous-ensemble d'amplification de puissance

Zur Antenne — Vers l'antenne
(Ausbau Sendereingang für Fernsehen) — (Extension entrée d'émetteur pour télévision)
Filter Combiner — Filtre combineur
Erweiterung — Extension

HPA Hochleistungsverstärker — Amplificateur de puissance
IPA Treiberstufe — Etage d'excitation
DET Detektor — Détecteur
ALC Pindioden-Attenuator — Atténuateur à diodes
Referenzsignal — Signal de référence
Steuersignal (nach elektr. Abschwächer) — Signal de commande (après l'atténuateur électrique)
Elektronisch gesteuerter Abschwächer — Atténuateur commandé électroniquement
Test-Eingang — Entrée de test

Vom Ausgang der Up-Converter gelangen die Träger zuerst auf einen von Hand zu betätigenden Koaxialattenuator, der nur bei einer Änderung des Verkehrsmodells anders eingestellt werden muss. Ueber einen Pin-Diodenattenuator, der zur automatischen Regelung der Trägers Ausgangsleistung (ALC) dient, gelangen die Träger auf einen Koaxialumschalter. Er wird vom GCE gesteuert und bewirkt ein Umschalten auf die Reservekette der Grundausrüstung.

Nach dem Umschalter werden der Spade- und der Globalträger in einem Hybrid zusammengeführt und gemeinsam auf die Verstärkerkette 2 geführt. Der Spotträger wird in Kette 3 verstärkt. Die Verstärkerkette 1 ist während des Betriebes eingeschaltet und kommt beim Ausfall einer der zwei anderen Verstärkerketten zum Einsatz (redundante Kette). Die Umschaltung auf diesen Reserveverstärker geschieht automatisch mit den Koaxialschaltern TSW21 bis TSW26 am Eingang und den Wellenleiterschaltern TSW11 bis TSW16 am Ausgang. Nach den Eingangsschaltern geht das mit koaxialen Leitungen hergeführte Signal auf Wellenleiter über.

Eine Verstärkerkette besteht aus der Treiberstufe (Intermediate Power Amplifier = IPA) und dem eigentlichen Hochleistungsverstärker (High Power Amplifier = HPA). Als Verstärkerelement dient je eine Wanderfeldröhre. Die Treiberstufe weist eine Leistungsverstärkung von 38 dB und eine maximale Ausgangsleistung von etwa 20 W auf. Der Hochleistungsverstärker verstärkt um 28 dB, und seine Sättigungsleistung beträgt 1,2 kW. Bei Bedarf kann die 1,2-kW-Röhre durch eine solche von 3 kW ausgetauscht werden. Speiseeinheiten und Kühlung sind bereits heute entsprechend bemessen.

Hinter den Wellenleiterschaltern werden die Träger in Combinern zusammengeführt, deren Koppelverhältnis entsprechend den Leistungsanforderungen für die verschiedenen Träger eingestellt werden kann. Vor der Antenne muss ein Oberwellenfilter eingebaut werden, um den hohen Anforderungen bezüglich Abstrahlung von unerwünschten harmonischen Frequenzen zu genügen.

Für die automatische Regelung der einzelnen Trägerleistungen (ALC) wird ein kleiner Teil des Sendesignals ausgekoppelt. Das gewonnene Signal wird mit einem Referenzsignal verglichen. Dabei entsteht ein Korrektursignal, das dann den Pin-Diodenattenuator steuert. Der Regelkreis schliesst sich über den Hochleistungsverstärker. Für Messzwecke sind an verschiedenen Stellen Koppler angebracht. Über den Schalter TSW1 und den Filter-Combiner kann in einem weiteren Ausbau ein Fernsehträger hinzugeschaltet werden.

3. Wanderfeldröhren-Verstärker

Ein Wanderfeldröhren-Verstärker besteht im Prinzip aus drei Teilen:

- Wanderfeldröhre
- Speisung
- Ein-, Ausschalt- und Überwachungslogik.

3.1 Wanderfeldröhren

Prinzip

Im Gegensatz zu dichtegesteuerten Röhren, wo sich die endliche Laufzeit der Elektronen bei hohen Frequenzen störend auswirkt, wird sie bei Laufzeitröhren zur Verstärkung von Höchstfrequenz ausgenutzt. Der Verstärkungsvorgang beruht auf der Wechselwirkung zwischen einem

que 3 chaînes d'amplification; toutefois, il est prévu de travailler à l'avenir avec 4 ou 5 unités.

A la sortie du mélangeur multiplicateur, les porteuses parviennent tout d'abord sur un atténuateur coaxial à commande manuelle, qu'il n'est nécessaire de manœuvrer que lorsqu'on passe à un autre mode de trafic. La chaîne se poursuit par un atténuateur à diodes servant à régler automatiquement la puissance de sortie des porteuses (ALC), suivi d'un commutateur coaxial, commandé par l'ensemble GCE, dont la fonction est de commuter les signaux sur la chaîne de réserve de l'équipement de base.

Après le commutateur, les porteuses «Spade» et «Global Beam» sont réunies dans un coupleur hybride et conduites vers la chaîne d'amplification 2. La porteuse «Spot Beam» est amplifiée dans la chaîne 3. La chaîne 1 est en service durant l'exploitation, elle est mise à contribution en cas de défaillance de l'une des deux autres (chaîne redondante). La commutation sur cette chaîne de réserve a lieu automatiquement, par le biais des commutateurs coaxiaux TSW21 à TSW26, à l'entrée, et par les commutateurs de guides d'ondes TSW11 à TSW16, à la sortie. Après les commutateurs d'entrée, le signal, transmis jusqu'ici par câbles coaxiaux, passe sur des guides d'ondes.

Une chaîne d'amplification comprend l'étage d'excitation (IPA = Intermediate Power Amplifier, amplificateur de puissance intermédiaire) et l'amplificateur de puissance proprement dit (HPA = High Power Amplifier, amplificateur à haute puissance). Chacun de ces deux étages est équipé d'un tube à ondes progressives. L'étage d'excitation délivre une amplification de puissance de 38 dB et une puissance de sortie maximale de quelque 20 watts. L'amplificateur de puissance fournit un gain de 28 dB et sa puissance de saturation est de 1,2 kW. Au besoin, on peut échanger le tube de 1,2 kW par un autre de 3 kW. Aujourd'hui déjà, les unités d'alimentation et de refroidissement sont dimensionnées en conséquence.

Après avoir traversé les commutateurs de guides d'ondes, les porteuses sont réunies dans des combineurs, dont le rapport de couplage peut être réglé en fonction de la puissance requise pour les diverses porteuses. Il est nécessaire de monter un filtre supprimeur d'harmoniques avant l'antenne, afin de satisfaire aux exigences sévères proscrivant l'émission de fréquences harmoniques indésirables.

Pour régler automatiquement les diverses puissances de porteuses (ALC), on découple une fraction du signal émis. Le signal recueilli est comparé à un signal de référence; il en résulte un signal de correction commandant l'atténuateur électronique à diodes. A des fins de mesure, on a placé des coupleurs à divers points. Par l'intermédiaire du commutateur TSW1 et du filtre-combinateur, il sera possible d'adjoindre une porteuse télévision, lors d'une extension ultérieure du système.

3. Amplificateur à tube à ondes progressives

En principe, un amplificateur à tube à ondes progressives comprend trois parties:

- le tube à ondes progressives
- l'alimentation
- la logique d'enclenchement, de déclenchement et de surveillance

Elektronenstrahl und einer elektromagnetischen Welle, die sich längs eines als Verzögerungsleitung gebauten Wellenleiters ausbreitet. Den grundsätzlichen Aufbau einer Wanderfeldröhre (Traveling-Wave Tube = TWT) zeigt *Figur 45*. In der Elektronenkanone wird ein Elektronenstrahl erzeugt, der durch das Innere der Verzögerungsleitung zum Kollektor geschossen wird. Bei der Verzögerungsleitung handelt es sich im vorliegenden Fall um eine Wendel (auch Helix genannt).

Längs seines Weges durch die Verzögerungsleitung wird der Elektronenstrahl durch ein starkes äusseres Magnetfeld gebündelt. Dadurch wird verhindert, dass Elektronen auf die Wendel gelangen und dort einen Strom bewirken.

Das zu verstärkende Signal wird über einen Hohlleiter auf die Verzögerungsleitung gegeben und pflanzt sich längs dieser als elektromagnetische Welle mit Lichtgeschwindigkeit fort. Die Verzögerungsleitung hat den Zweck, die axiale Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle so zu verlangsamen, dass sie in die Grössenordnung der Geschwindigkeit der Elektronenströmung kommt. Der Grundgedanke ist bei allen Verzögerungsleitungen derselbe: Die Mikrowelle muss, indem sie sich längs der Leitung fortbewegt, Umwege machen. Durch geeignete Wahl der Ganghöhe der Wendel und der Spannungen erreicht man, dass die Elektronengeschwindigkeit etwas höher als die Axialgeschwindigkeit des Feldes wird. Unter dieser Voraussetzung tritt das HF-Feld in eine Wechselwirkung mit dem Elektronenstrahl. Je nach Richtung der jeweiligen elektrischen Feldstärke werden Elektronen beschleunigt oder gebremst. Es entstehen sogenannte Elektronenpakete. Der bremsende Anteil überwiegt jedoch, so dass, im ganzen betrachtet, der Elektronenstrahl kinetische Energie an die elektromagnetische Welle abgibt, womit eine Verstärkung erreicht wird. Die verstärkte Hochfrequenz wird am Ende der Wendel ausgekoppelt. Infolge nicht idealer Anpassung der Ein- und Ausgänge kann ein Teil der Energie reflektiert werden. Dadurch entsteht eine Schwingneigung, die durch einen Dämpfungsbelag auf der Verzögerungsleitung unterdrückt wird.

Zur Fokussierung des Elektronenstrahles verwendet man entweder Elektromagnete oder periodische Permanentmagnete. Der Vorteil des Permanentmagnetes gegenüber dem Elektromagneten liegt im kleinen äusseren Streufeld, in der Leistungseinsparung bis 1500 W (durch Wegfall des Erregerstromes) und der Unabhängigkeit von Spannungsspitzen, die kurzzeitig zu einer Defokussierung führen. Permanentmagnete können aber nur bei Röhren eingesetzt werden, in denen die Strahlstromdichte nicht allzu hoch ist.

Die Wanderfeldröhren des HPA-Subsystems

Im Hochleistungsverstärker-Subsystem werden zwei Typen von Wanderfeldröhren verwendet. In der Treiberstufe kommt die Röhre LD920A der *Nippon Electric Company*, im Hochleistungsverstärker die YH1043 von *Siemens* zum Einsatz. In *Tabelle V* sind einige typische Daten und das Wichtigste über den Aufbau angegeben.

3.2 Die Speisung

Ein Wanderfeldröhren-Verstärker stellt bezüglich Stabilität und Oberwellenfreiheit sehr hohe Anforderungen an das Speisesystem. Dies aus zwei Gründen:

- Die Verstärkung und der Phasengang der Wanderfeldröhre sind über die Stossfaktoren der Amplitude und

3.1 Tubes à ondes progressives

Principe

A l'encontre des tubes à commande de densité du flux d'électrons, où le temps de propagation limité de ces derniers est un obstacle au bon fonctionnement à des fréquences élevées, on tire parti de ce temps de propagation dans les tubes à ondes progressives pour amplifier les hyperfréquences. Le processus d'amplification repose sur l'interaction d'un faisceau électronique et d'une onde électromagnétique qui se propagent le long d'un guide d'ondes constitué en ligne à retard. La *figure 45* montre la structure fondamentale d'un tube à ondes progressives. Un faisceau d'électrons est engendré dans le canon à électrons puis projeté vers le collecteur à travers la ligne à retard, en l'occurrence une spirale (appelée souvent hélice).

Durant son passage à travers la ligne à retard, le faisceau d'électrons est focalisé par l'effet d'un puissant champ magnétique extérieur. Ainsi, on évite que les électrons ne parviennent sur l'hélice et n'y engendrent un courant.

Le signal à amplifier est injecté sur la ligne à retard par le biais d'un guide d'ondes et s'y propage à la vitesse de la lumière sous forme d'onde électromagnétique. La ligne à retard a pour but de freiner la vitesse de propagation axiale de l'onde et de la ramener à une vitesse qui soit de l'ordre de grandeur de celle des électrons. Pour toutes les lignes à retard, le principe fondamental est le même: en se propageant le long de la ligne, la micro-onde doit faire des détours. En choisissant judicieusement le pas de l'hélice et les tensions, on arrive à maintenir les électrons à une vitesse légèrement supérieure à celle de la propagation axiale du champ. Dans ces conditions, un effet alterné se produit entre le champ à haute fréquence et le faisceau d'électrons. Suivant la direction du champ électrique momentané, les électrons sont accélérés ou freinés. Il se produit ce que l'on appelle des paquets d'électrons. Vu que la composante de freinage l'emporte, le faisceau d'électrons cède de l'énergie cinétique à l'onde électromagnétique, ce qui se traduit par une amplification. La haute fréquence amplifiée est découplée à la fin de l'hélice. En raison d'une adaptation non idéale de l'entrée et de la sortie, il se peut qu'une partie de l'énergie soit réfléchi. Il en résulte une tendance aux oscillations, inconvénient auquel on pare en appliquant une couche d'atténuation sur la ligne à retard.

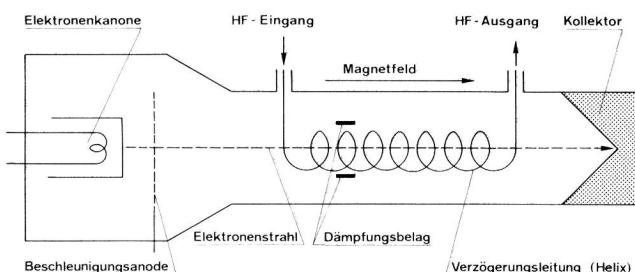


Fig. 45

Aufbauschema einer Wanderfeldröhre — Schéma de principe d'un tube à ondes progressives

Elektronenkanone — Canon à électrons
Beschleunigungsanode — Anode d'accélération
HF-Eingang — Entrée HF
Elektronenstrahl — Flux d'électrons
Magnetfeld — Champ magnétique
Dämpfungsbelag — Couche d'atténuation
Verzögerungsleitung — Ligne à retard
HF-Ausgang — Sortie HF
Kollektor — Collecteur

- der Phase (Amplitude Pushing Factor und Phase Pushing Factor) mit der Welligkeit der Speisespannung verknüpft.
- Im weiteren muss der Strom für den Fokussiermagneten sehr konstant gehalten werden. Schon kleine Stromschwankungen bewirken, dass der Elektronenstrahl divergiert, was eine Zunahme des unerwünschten Helixstromes zur Folge hat.

Tabelle V. Wichtigste Daten der verwendeten Wanderfeldröhren

	LD920A	YH1043
Sättigungsleistung	26 W	1200 W
Verstärkung	ca. 45 dB	ca. 30 dB
Frequenzbereich	5925...6425 MHz	5925...6425 MHz
Kollektorspannung	1,9 kV	7 kV
Helixspannung	3,2 kV	9,3 kV
Kollektorstrom	50 mA	850 mA
Fokussierung	Permanentmagnet	Elektromagnet
Kollektorkühlung	Kühlkörper	forciert luftgekühlt
garantierte Lebensdauer	10 000 h	2000 h
Preis ohne Magnet		
ca. Fr.	3800.—	60 000.—

Deshalb betreibt man, wie *Figur 46* zeigt, für die Speisung einen ungewöhnlich hohen Aufwand, was sich auch darin zeigt, dass die Spannungsstabilisierung ungefähr fünfmal mehr Raum beansprucht als der eigentliche Verstärkerteil.

3.3 Ein-, Ausschalt- und Überwachungslogik

Der Hochleistungsverstärker ist mit einer Logik ausgerüstet, die folgende Aufgaben hat:

- Sequentielle Steuerung des Ein- und Ausschaltvorganges.
- Überwachung aller wichtigen Funktionen und, je nach Fehler, automatische Abschaltung des Verstärkers.
- Ermöglichung der Fernbedienung des Verstärkers.

Besondere Sorgfalt wird der Überwachung des unerwünschten Wendelstromes gewidmet. Bei neuen Röhren und richtig eingestellten Spannungen ist dieser Strom sehr klein, er steigt jedoch mit zunehmender Betriebsdauer an. Kurzzeitige Schwankungen der Speisespannungen oder

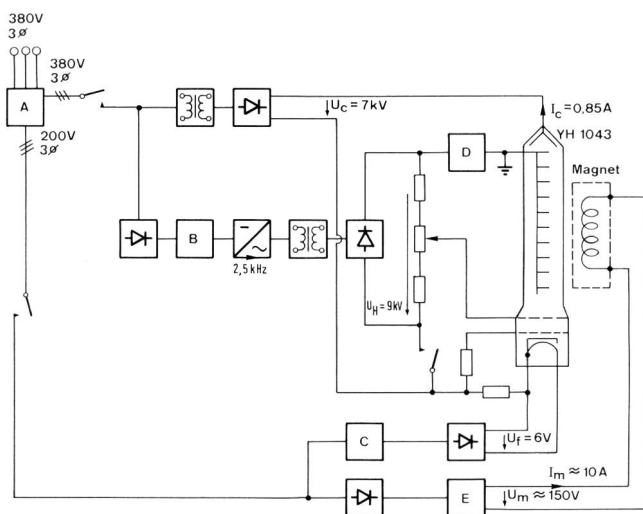


Fig. 46
Speisung des Hochleistungsverstärkers (Blockschema) — Alimentation de l'amplificateur de puissance (schéma bloc)

- A Wechselspannungsregelung — Réglage de la tension alternative
B Stabilisierung — Stabilisation
C Wechselspannungsregelung — Réglage de la tension alternative
D Helixstromüberwachung — Surveillance du courant d'hélice
E Stromregulierung — Réglage du courant

La focalisation du faisceau d'électrons est obtenue soit par des électro-aimants, soit par des aimants permanents par champs alternés. L'avantage des aimants permanents par rapport aux électro-aimants réside dans leur faible champ de fuite magnétique, l'économie de puissance allant jusqu'à 1500 W (par suppression du courant d'excitation) et le fait d'être indépendants des pointes de tension pouvant conduire à une défocalisation de courte durée. Toutefois, les aimants permanents ne peuvent être utilisés que pour les tubes n'ayant pas une trop haute densité de courant de faisceau.

Les tubes à ondes progressives du sous-ensemble HPA

Deux modèles de tubes à ondes progressives sont employés dans le sous-ensemble d'amplification de puissance. L'étage d'excitation est équipé du tube LD920A de la *Nippon Electric Company* et l'amplificateur de puissance, du tube YH1043 des établissements *Siemens*. Le tableau V renseigne sur quelques-unes des caractéristiques typiques et sur les détails essentiels de construction.

Tableau V. Caractéristiques principales des tubes à ondes progressives utilisés

	LD920A	YH1043
Puissance de saturation	26 W	1200 W
Gain	45 dB environ	30 dB environ
Courbe de réponse	5925...6425 MHz	5925...6425 MHz
Tension de collecteur	1,9 kV	7 kV
Tension d'hélice	3,2 kV	9,3 kV
Courant de collecteur	50 mA	850 mA
Focalisation	aimant permanent	électro-aimant
Refroidissement du collecteur	élément de refroidissement	ventilation forcée
Durée de vie garantie	10 000 h	2000 h
Prix approximatif (sans aimant)	3800.—	60 000.—

3.2 L'alimentation

Le système d'alimentation d'un amplificateur à tubes à ondes progressives doit répondre à de très hautes exigences, en ce qui concerne la stabilité et l'absence d'harmoniques, pour deux raisons:

- Le gain et la réponse de phase du tube à ondes progressives sont liés à l'ondulation de la tension d'alimentation, par le biais des facteurs de conversion d'amplitude et de phase (amplitude pushing factor et phase pushing factor).
- D'autre part, le courant des aimants de focalisation doit être maintenu à une valeur très constante. La plus faible augmentation ou diminution de ce courant fait diverger le faisceau d'électrons, ce qui entraîne une augmentation du courant d'hélice indésirable.

Pour réaliser cette alimentation, on a dû mettre en œuvre des moyens d'une ampleur peu commune, ce que montre la *figure 46*. On voit que la stabilisation de tension requiert environ cinq fois plus de place que l'amplificateur proprement dit.

3.3 Logique d'enclenchement, de déclenchement et de surveillance

L'amplificateur de puissance est doté d'une logique chargée d'assurer les fonctions suivantes:

- commander de manière séquentielle les processus d'enclenchement et de déclenchement;

des Erregerstromes im Fokussiermagneten bewirken ein rasches Zunehmen des Wendelstromes, wobei schon kurzzeitig zu hoher Helixstrom die Wendel thermisch zerstören kann. Um die sehr teure Röhre zu schützen, wird deshalb beim Erreichen eines einstellbaren Grenzwendelstromes die Hochspannung innerhalb weniger Millisekunden automatisch abgeschaltet.

4. Das Umschaltesystem

Die automatische Umschaltlogik ist ein wesentlicher Bestandteil des Subsystemes. Sie gibt beim Ausfall eines Verstärkers alle nötigen Befehle, um den Träger eines defekten Verstärkers auf den Reserveverstärker umzuschalten. Eine Störung in einer Verstärkerkette bewirkt einen Alarm. Dieser wird der Logik zugeführt. Sie entscheidet, welche Schalter am Ein- und Ausgang der Verstärkerkette betätigt werden müssen. Da die Schalter am Ausgang nicht unter Last geschaltet werden dürfen, müssen Pin-Diodenschalter an den Eingängen der Treiberstufen die entsprechenden Träger abschalten. Erst nach Beendigung dieser Abschaltung steuert die Logik die Umschalter. Die Quittung dieses Vorganges bewirkt die Freigabe der Hochfrequenz durch die Pin-Diodenschalter. Damit ist die Umschaltung beendet. Sie dauert etwa 200 ms, wobei das Drehen der Wellenleiterschalter allein schon 100 ms beansprucht (Figur 47). Fällt nun noch ein weiterer Verstärker aus, ist der Reserveverstärker nicht mehr verfügbar. Es können somit nicht mehr alle Träger übertragen werden. Deshalb hat man den einzelnen Trägern Prioritäten zugeordnet. Die Logik steuert die Schalter derart, dass die Träger mit höchster Wichtigkeit übertragen werden und der am wenigsten wichtige ausfällt.

Vorerst wird nur mit drei Verstärkern gearbeitet. Durch das Einsetzen weiterer Einschübe kann die Logik leicht auf 4 oder 5 Verstärker ausgebaut werden.

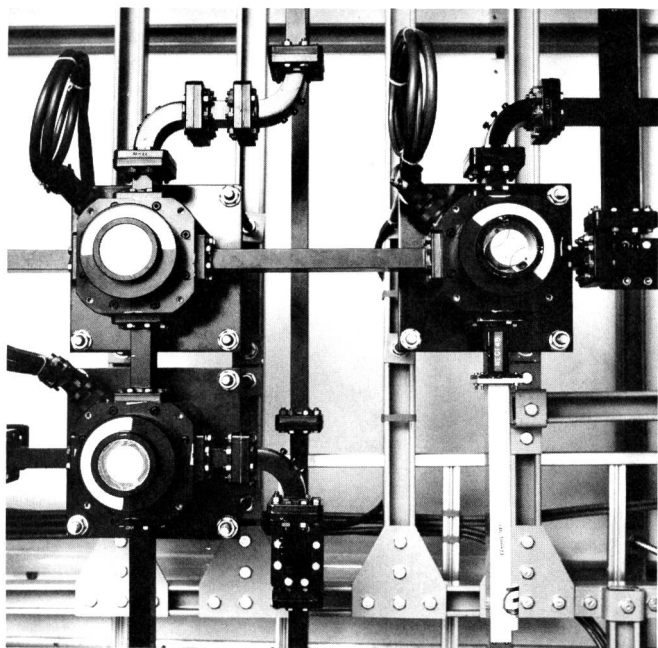


Fig. 47
Diese Wellenleiterschalter sind Bestandteil des Umschaltesystems am Ausgang der Verstärkerketten — Ces commutateurs de guides d'ondes font partie de l'ensemble de commutation à la sortie des chaînes d'amplification

- surveiller toutes les fonctions importantes et, suivant le défaut, déconnecter automatiquement l'amplificateur;
- permettre la télécommande de l'amplificateur.

Un soin tout particulier est voué à la surveillance du courant d'hélice indésirable; un courant d'hélice trop élevé, même instantané, peut conduire à la destruction thermique de la spirale. Pour les tubes neufs et des tensions correctement réglées, ce courant est très faible. Il augmente toutefois avec le vieillissement du tube. De brèves variations des tensions d'alimentation ou du courant d'excitation dans les aimants de focalisation provoquent une augmentation rapide du courant d'hélice. En vue de protéger les tubes très coûteux, on coupe automatiquement la haute tension, dans un délai de quelques millisecondes, dès que le courant d'hélice atteint une valeur limite préétablie.

4. Le système de commutation

La logique de commutation automatique est une partie essentielle du sous-ensemble. En cas de défaillance d'un amplificateur, elle donne tous les ordres servant à commuter la porteuse d'un amplificateur défectueux sur un amplificateur de réserve. Si un dérangement affecte une chaîne d'amplification, une alarme est déclenchée et conduite à la logique. Celle-ci décide quel commutateur à l'entrée et à la sortie doit entrer en action. Les commutateurs à la sortie ne peuvent pas être actionnés sous charge, par conséquent, des commutateurs à diodes placés aux entrées des étages d'excitation doivent déconnecter préalablement les porteuses, ce qui est annoncé ensuite à la logique et se traduit par la commande des commutateurs. La quittance de ce phénomène provoque la libération de la haute fréquence par les commutateurs à diodes. Cela fait, la commutation est terminée. Toute l'opération ne dure qu'un peu plus de 200 ms, étant entendu que le commutateur de guides d'ondes, à lui seul, requiert un temps de fonctionnement de 100 ms (fig. 47). S'il advient qu'un deuxième amplificateur tombe en panne, on ne dispose plus de réserve. De ce fait, il n'est plus possible de transmettre toutes les porteuses. C'est pourquoi elles sont classées par priorités. La logique commande les commutateurs de manière que la porteuse la plus importante soit transmise et que la moins importante ne le soit pas.

Pour l'instant, on n'opère qu'avec trois amplificateurs. Toutefois, il suffit d'enficher des unités supplémentaires pour étendre la logique à 4 ou 5 amplificateurs.

Lorsque le système de commutation automatique est perturbé ou lorsqu'on vise des buts particuliers, il est possible d'éviter la logique de commutation automatique. A cet effet, on recourt à une logique préprogrammable. L'état des amplificateurs ainsi que, par le truchement de boutons-poussoirs lumineux, celui des commutateurs d'entrée et de sortie sont affichés sur un tableau de commutation. Ces boutons permettent de pré régler une position des commutateurs. Néanmoins, il faut appuyer sur une touche pour déclencher le processus de commutation proprement dit. Il est possible d'actionner les commutateurs à la main, si une panne affecte leur commande électrique.

5. Conclusions

Les explications qui précèdent portent sur quelques-unes des particularités du sous-ensemble d'amplification de puissance. D'autres points importants, tels que la signali-

Bei Störungen im automatischen Umschaltesystem oder für besondere Zwecke kann die automatische Umschaltlogik umgangen werden. Dazu hat man eine vorprogrammierbare Logik. Auf einer Schalttafel sind der Zustand der Verstärker sowie, mit Leuchtdrucktasten, die Stellungen der Ein- und Ausgangsschalter dargestellt. Mit diesen Tasten kann eine Schalterstellung vorgewählt werden. Der eigentliche Schaltvorgang wird jedoch erst durch die Betätigung eines Auslöseknopfes ausgeführt. Sollte die elektrische Steuerung der Schalter ausfallen, besteht die Möglichkeit, die Schalter von Hand zu betätigen.

5. Schlussbetrachtungen

Im Vorangehenden wurden einige Besonderheiten des Hochleistungsverstärker-Subsystems erläutert. Auf weitere wichtige Punkte, wie die Alarmierung, HF-Werte, automatische Wiedereinschaltung nach Spannungsunterbrüchen, Wirkungsgrad usw., wurde nicht eingetreten, da eine zu eingehende Betrachtung den Rahmen dieses Berichtes sprengen würde.

sation d'alarmes, les valeurs haute fréquence, le réenclement automatique après des interruptions de tension, le rendement, etc. n'ont pas été traités. Des considérations trop fouillées eussent dépassé les limites de cet article.