

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegraфи svizzeri
Herausgeber:	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
Band:	50 (1972)
Heft:	7
Artikel:	Die 12-MHz-Leitungsausrüstungen = Le apparecchiature di linea a 12 MHz
Autor:	Ruckstuhl, Julius
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-874665

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: 17.01.2026

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

Die 12-MHz-Leitungsausrüstungen Le apparecchiature di linea a 12 MHz

Julius RUCKSTUHL, Bern

621.395.44:621.315.212 (494) (45)

Zusammenfassung. Auf der Koaxialkabelanlage Martigny-Aosta werden volltransistorisierte Linienausrüstungen mit ferngespeisten Zwischenverstärkern und einer Übertragungsbandbreite von 12 MHz eingesetzt. Nach der Beschreibung von Aufbau und Schaltung der Endstelle sowie der Zwischenverstärker wird noch kurz auf die Möglichkeit zur Eingrenzung aufgetretener Fehler eingegangen. Abschließend sind einige der Messresultate des Teilstückes Martigny-Tunnelmitte aufgeführt.

1. Allgemeines

Bis vor kurzem waren auf dem ganzen schweizerischen Normalkoaxialkabelnetz röhrenbestückte Leitungsausrüstungen für eine Übertragungsbandbreite von 6 MHz, entsprechend 1260 Telephoniekänen, eingesetzt. Der ständig steigende Bedarf an Übertragungskapazität lässt eine bessere Ausnutzung dieser Leitungen wünschenswert erscheinen, was am einfachsten durch eine Frequenzbanderweiterung erreicht wird.

Die Fernmeldeindustrie hat deshalb volltransistorisierte Leitungsausrüstungen mit 12 MHz Bandbreite entwickelt. Sie gestatten auf einem Koaxialtubenpaar 2,6/9,5 mm die Übertragung von 2700 Kanälen. Das Nutzfrequenzband von 312...12 336 kHz kann gemäss Frequenzplan 2 des Vorschlages von CCITT mit 3 Hauptgruppen zu 15 Sekundärgruppen belegt werden (Fig. 17). Als Leitungspilote werden die Frequenzen von 308 und 12 435 kHz zur Überwachung und Regulierung verwendet. Die Zwischenverstärker sind von den Endstellen aus mit Gleichstrom ferngespeist. Sie sind in wasserdichten Behältern untergebracht, die sich auch direkt im Erdreich eingraben lassen.

Die elektrischen Werte der Ausrüstungen sind so ausgelegt, dass die Übertragungsqualität einer Bezugsleitungs- länge von 2500 km entspricht. Nichtlineare Verzerrungen und Grundgeräusche liegen im Mittel bei 1pW/km.

Les équipements de ligne à 12 MHz
 Résumé. Des équipements de ligne entièrement transistorisés, avec amplificateurs intermédiaires téléalimentés et une largeur de bande de transmission de 12 MHz, sont utilisés sur l'installation de câbles coaxiaux Martigny-Aoste. A la suite de la description du montage et de la connexion de la station terminale et des amplificateurs intermédiaires, il est encore succinctement indiqué de quelle manière il est possible de localiser les défauts survenus. Pour terminer, l'article décrit quelques-uns des résultats des mesures sur le tronçon Martigny-milieu du tunnel.

Riassunto. Sull'impianto del cavo coassiale Martigny - Aosta vengono utilizzati impianti di linea completamente transistORIZED con amplificatori intermedi telealimentati con una larghezza di banda di 12 MHz. Dopo la descrizione della costituzione e del collegamento del terminale e degli amplificatori intermedi, si accenna brevemente alla possibilità della localizzazione dei guasti che possono presentarsi. Concludendo vengono elencati diversi risultati della tratta Martigny - metà traforo del Gran San Bernardo.

1. Generalità

Fino a poco tempo fa su tutta la rete dei cavi coassiali normalizzati si impiegavano apparecchiature a valvole per una larghezza di banda di 6 MHz, corrispondente a 1260 canali. Il continuo aumento della richiesta di capacità di trasmissione fa auspicare un maggior sfruttamento della linea esistente, ciò che può essere ottenuto aumentando semplicemente la larghezza di banda.

L'industria delle telecomunicazioni ha perciò sviluppato attrezzature di linea completamente transistorizzate con una larghezza di banda di 12 MHz. Queste permettono la trasmissione di 2700 canali su di una coppia di tubi coassiali 2,6/9,5 mm. La banda di frequenze utile da 312...12 336 kHz, secondo il piano delle frequenze 2 della proposta del CCITT, può essere occupata con 3 gruppi principali composti da 15 gruppi secondari (*fig. 17*). Quali frequenze pilota di linea si utilizzano le frequenze 308 e 12 435 kHz per sorveglianza e regolazione.

Gli amplificatori intermedi sono telealimentati con corrente continua dai terminali. Essi si trovano in contenitori ermetici, che possono anche essere interrati direttamente.

I valori elettrici delle apparecchiature sono scelti così che corrispondano alla qualità di trasmissione per una lunghezza di riferimento di 2500 km. Distorsioni non lineari e rumori di fondo si aggirano in media su 1 pW/km.

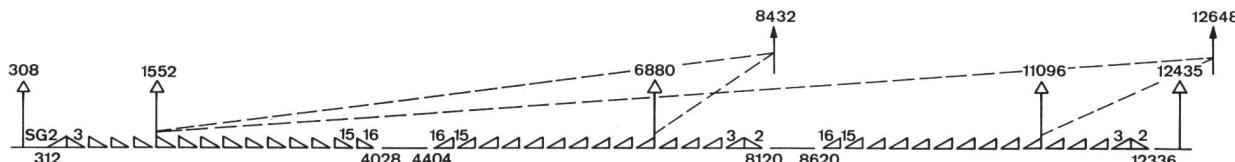


Fig. 17

Frequenzplan einer 12-MHz-Anlage. Belegung mit 3 Hauptgruppen zu je 15 Sekundärgruppen – Ripartizione delle frequenze di un impianto a 12 MHz. Occupazione con tre gruppi ognuno composto da 15 gruppi secondari

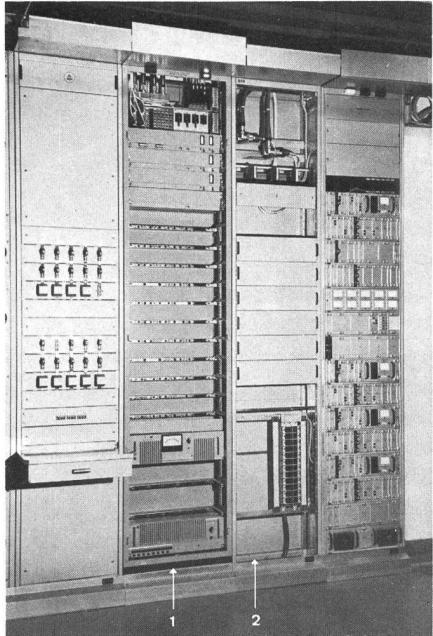


Fig. 18

Ansicht der Endausrüstung. Gestell mit einem System ausgerüstet – Veduta dell'apparecchiatura terminale. Telaio attrezzato con un solo sistema

- 1 Endausrüstung –Apparecchiatura terminale
- 2 Zusatzgestell mit Kabelköpfen – Telaio supplementare con terminazioni cavi

2. Die Leitungsendausrüstung

Die Koaxialanlage wurde mit Geräten der *Siemens*, Typ V2700, ausgerüstet. Das Gestell des Endamtes ist in Einschubbauweise ausgeführt und kann mit maximal 3 Systemen bestückt werden (Fig. 18). Die Schaltung der Endstelle ist aus *Figur 19* ersichtlich.

Die 2700 je Tube zu übertragenden Kanäle werden durch Umsetzer in das Frequenzband 312...12 336 kHz verschoben. Sie stehen am *Koaxialsystembügelgestell* mit einem Pegel von -33 dB zur Verfügung. Von hier gelangt das Signal über den Kablageentzerrer zum Sendeeinschub. Dieser enthält ein 308-kHz-Pilotsperrfilter, die Vorentzerrung (Pre-emphasis) und einen Gestellkablageentzerrer. Die Vorentzerrung verbessert den Geräuschabstand, indem sie den Sendepegel und damit auch den Pegel auf der Leitung und in den Zwischenverstärkern bei tiefen Frequenzen gegenüber den höheren um 10 dB absenkt. In der nachfolgenden Zusammenschaltung werden die aus einer vorhandenen Pilotversorgung stammenden oder in den eingebauten Pilotgeneratoren erzeugten Leitungspiloten eingespeist. Ein weiterer entkoppelter Eingang ist für Messungen auf der Leitung vorgesehen. Die Signale durchlaufen dann den flachen Sendeverstärker, dessen Ausgang durch zwei Pilotempfänger überwacht wird. Ist die Entfernung zum

2. Le apparecchiature terminali di linea

L'impianto del cavo coassiale è stato attrezzato con apparecchiature della ditta *Siemens*, tipo V 2700. Il telaio del terminale è costruito col sistema dei pannelli innestabili e può essere attrezzato per un massimo di 3 sistemi (fig. 18). Il collegamento del terminale è rappresentato nella figura 19. I 2700 canali che vengono trasmessi su ogni coppia coassiale vengono trasposti nella gamma di frequenza da 312...12 336 kHz per mezzo di modulatori. I canali si trovano a disposizione sul *telaio staffe del sistema coassiale* con un livello di -33 dBr. Da qui il segnale arriva sul pannello di trasmissione attraverso un equalizzatore del cablaggio. Questo contiene un filtro di blocco della pilota 308 kHz, la preenfasi e un equalizzatore del cablaggio del telaio. La preenfasi migliora la distanza segnale utile – rumore, perché diminuisce il livello di emissione e anche il livello in linea e negli amplificatori intermedi delle frequenze basse rispetto a quelle alte di 10 dB. Nel successivo circuito di accoppiamento vengono introdotte le pilota di linea che vengono generate o in un telaio di generazione delle pilota o in generatori di pilota incorporati. Un'altra entrata disaccoppiata è prevista, per misure, sulla linea. I segnali attraversano l'amplificatore piatto, la cui uscita è sorvegliata da due ricevitori pilota. Se la distanza fino al primo amplificatore intermedio è più piccola del valore nominale, la lunghezza mancante può essere completata con un complemento di linea. Nel filtro separatore d'energia la banda delle frequenze trasmesse e la corrente continua di telealimentazione vengono raggruppate tramite un filtro passa basso e passa alto e accoppiate sul cavo partente.

Sul lato ricezione il segnale attenuato in arrivo dalla linea entra sul filtro separatore d'energia e attraverso un filtro passa alto in un eventuale complemento di linea. Nell'unità di ricezione la banda di trasmissione entrante viene introdotta in un amplificatore regolato dalla frequenza pilota. Il suo equalizzatore di contoreazione compensa l'attenuazione in funzione della frequenza del cavo, secondo la tensione d'uscita del ricevitore pilota 12 435 kHz, con un regolatore elettronico. Un filtro passa banda impedisce la continuità della trasmissione degli impulsi di localizzazione dei guasti verso le unità successive.

Nella prima unità equalizzatrice segue un equalizzatore di sistema a cui fa seguito un equalizzatore che compensa le distorsioni di attenuazione prodotte da variazioni di temperatura del cavo. Esso viene comandato dal ricevitore pilota 308 kHz. Dopo l'equalizzatore pilota un amplificatore piatto compensa la perdita dell'equalizzatore stesso. La seconda unità equalizzatrice contiene un equalizzatore che lavora secondo il «principio dell'eco» per la equalizzazione precisa della curva di risposta della linea. Tramite un amplificatore piatto supplementare i segnali arrivano poi, da una parte sull'unità di ricezione e dall'altra parte attraverso un

ersten Zwischenverstärker kleiner als der Nominalwert, kann die fehlende Länge durch eine Leitungsverlängerung ergänzt werden. In der Fernspeiseweiche wird das Übertragungsfrequenzband und die Fernspeisegleichspannung über einen Hoch- und einen Tiefpass zusammengefasst und auf das abgehende Kabel geschaltet.

Auf der Empfangsseite gelangt das von der Leitung kommende, gedämpfte Signal auf die Fernspeiseweiche und über den Hochpass auf eine allfällige Leitungsverlängerung. Über den Tiefpass schliesst sich der Fernspeisestromkreis zum Fernspeisegerät. Im Empfangseinschub wird das ankommende Übertragungsbild einem pilotregulierten Verstärker zugeführt. Sein Gegenkopplungsentzerrer gleicht die frequenzabhängige Dämpfung des Kabels in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung des 12 435-kHz-Pilotenempfängers mit einem elektronischen Regler aus. Ein Bandpassfilter verhindert das Weiterlaufen der Fehlereingrenzungsimpulse zu den nachfolgenden Einschüben.

Im ersten Entzerrereinschub folgt ein Systementzerrer, dem sich ein Entzerrer zum Ausgleich der durch die Temperaturschwankungen des Kabels aufgelaufenen Dämpfungsverzerrungen anschliesst. Er wird durch den 308-kHz-Pilotenempfänger gesteuert. Nach dem Pilotentzerrer kompensiert ein flacher Verstärker die Grunddämpfungen der Entzerrer. Der zweite Entzerrereinschub enthält den nach dem Echo-prinzip arbeitenden Entzerrer für den genauen Abgleich des Frequenzganges der Leitung. Über einen flachen Nachverstärker gelangen die Signale dann einerseits wieder zum Empfangseinschub und andererseits zu den Pilotenempfängern und über eine Messauskopplung zum Messausgang.

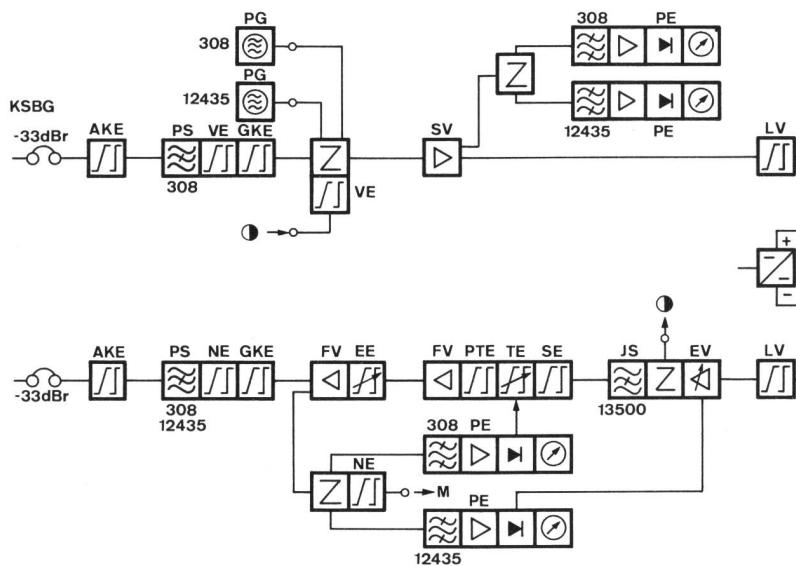


Fig. 19

Prinzip der Schaltung der Endausrüstung – Principio del collegamento dell'apparecchiatura terminale

disaccoppiamento di misura sui ricevitori pilota e sul punto di misura.

Attraverso l'unità di ricezione con gli equalizzatori del cablaggio del telaio, della deenfasi, che neutralizza la preenfasi sul lato trasmissione e attraverso i filtri di blocco della pilota, la gamma trasmessa arriva con un livello di -33 dBr sul telaio staffe del sistema coassiale attraverso un equalizzatore del cablaggio.

Nell'unità di telealimentazione viene generata la tensione continua per l'alimentazione in serie degli amplificatori intermedi. Secondo il numero degli amplificatori la tensione varia da 35...600 V. La corrente continua di alimentazione viene mantenuta costante a 90 mA $\pm 2\%$ per mezzo di un circuito di regolazione. L'unità contiene anche un aggregato con il quale può essere localizzato, in caso di interruzione del doppino d'alimentazione, il campo d'amplificazione guasto. La distanza dei punti d'alimentazione può essere di 116 km, dato che con una tensione di 600 V da ambedue le parti si possono alimentare 12 amplificatori per parte.

3. Gli amplificatori intermedi

Gli amplificatori intermedi eguagliano le attenuazioni del cavo dovute alla frequenza e alla temperatura. Posseggono un guadagno variabile che viene regolato dalla temperatura o da una frequenza pilota. Nel primo caso si utilizza il fatto che un amplificatore interrato è soggetto alle stesse variazioni di temperatura del cavo. Una resistenza variabile

- entkoppelter Messpunkt – Punto di misura disaccoppiato
- AKE Amtsleitungsentzerrer – Equalizzatore del cablaggio di centrale
- EE Echoentzerrer – Equalizzatore d'eco
- EV Empfangsverstärker – Amplificatore di ricezione
- FS Fernspeisegerät – Telealimentatore
- FV Flachverstärker – Amplificatore piatto
- GKE Gestenkabelentzerrer – Equalizzatore del cablaggio di telaio
- IS Impulssperre – Blocco degli impulsi
- LV Leitungsverlängerung – Prolungamento della linea
- NE Nachentzerrung (Deemphasis) – Deenfasi
- PE Pilotenempfänger – Ricevitore pilota
- PTE Pilotentzerrer – Equalizzatore della pilota
- PS Pilotensperre – Blocco della pilota
- SE Systementzerrer – Equalizzatore del sistema
- SP Speiseweiche – Filtro d'energia
- SV Sendevertstärker – Amplificatore di trasmissione
- TE Temperaturrenzerrer – Equalizzatore di temperatura
- VE Vorentzerrung (Preemphasis) – Preenfasi

Über den Empfangseinschub mit dem Gestellkableentzerrer, der Nachentzerrung (Deemphasis), die die Vorentzerrung der Sendeseite rückgängig macht, und den Pilotenfiltern gelangt das Übertragungsbild über den Kableentzerrer mit einem Pegel von — 33 dB zum Koaxialsystembügelgestell.

Im Fernspeiseeinschub wird die Gleichspannung zur Serie-Speisung der Zwischenverstärker erzeugt. Sie beträgt je nach Anzahl Zwischenverstärker 35...600 V. Der Speisestrom wird durch eine Regelschaltung auf 90 mA $\pm 2\%$ konstant gehalten. Der Einschub enthält auch eine Einrichtung, mit der bei einem Unterbruch der Fernspeiseschlaufe das fehlerhafte Verstärkerfeld eingegrenzt werden kann.

Der Abstand der Speisestellen beträgt im Maximum 116 km, da bei einer Spannung von 600 V von beiden Seiten je 12 Verstärker gespeist werden können.

3. Die Zwischenverstärker

Die Zwischenverstärker gleichen die frequenz- und temperaturabhängige Dämpfung des Kabels aus. Sie besitzen einen veränderlichen Verstärkungsgrad, der entweder durch die Temperatur oder durch eine Pilotfrequenz gesteuert wird. Im ersten Fall wird die Tatsache ausgenutzt, dass ein unterirdisch eingesetzter Verstärker den gleichen Temperaturänderungen wie das Kabel ausgesetzt ist. Ein temperaturabhängiger Widerstand im Gegenkopplungsnetzwerk des Verstärkers bewirkt eine Verstärkungsgradänderung, die dem Temperaturverlauf der Kabeldämpfung möglichst genau entspricht.

Als Regelwiderstand wird ein magnetisch steuerbarer Halbleiter aus Indiumantimonid, eine Feldplatte, verwendet. Durch geeignete Dotierung des Halbleitermaterials wird die gewünschte Temperaturabhängigkeit erreicht. Gleichzeitig kann der Widerstand auch durch die Änderung eines umgebenden Magnetfeldes beeinflusst werden. Mit einem beweglichen Permanentmagneten kann so die Verstärkung in weiten Grenzen verändert und der Verstärkerfeldlänge angepasst werden.

Nach 10...12 Verstärkern muss ein pilotregulierter Verstärker eingesetzt werden. Dieser gleicht die addierten, bei den oberen Übertragungsfrequenzen auftretenden Entzerrungsfehler der Temperaturregulierungen aus.

Der Aufbau der Strecke ist aus *Figur 20* ersichtlich. Da die Temperaturänderungen der Kabelabschnitte im Tunnel und in der Lawinenschutzgalerie den normalen Temperaturbereich eines Kabels in 90 cm Bodentiefe überschreiten, ist mit grösseren Entzerrungsfehlern zu rechnen. Sie werden durch den Einsatz von zwei pilotregulierten Verstärkern ausgeglichen.

Figur 21 zeigt das Prinzipschaltbild eines Zwischenverstärkers. Vom Kabel gelangen die Signale über die Fern-

con la temperatura inserita nel circuito di contoreazione provoca una variazione del guadagno dell'amplificatore, che corrisponde con molta precisione, all'andamento dell'attenuazione del cavo in funzione della variazione della temperatura. Come resistenza variabile si utilizza un semiconduttore di antimonio d'indio.

Adegliando la dotazione del materiale del semiconduttore si raggiunge la dipendenza dalla temperatura desiderata. Contemporaneamente la resistenza può venir influenzata da variazioni di un campo magnetico esterno. Con un magnete permanente mobile il guadagno può variare entro grandi limiti e essere anche adattato alla lunghezza della sezione di amplificazione. Dopo 10...12 amplificatori si deve intercalare un amplificatore regolato dalla pilota. Questo compensa la somma degli errori di equalizzazione delle regolazioni di temperatura per le alte frequenze di trasmissione.

La costituzione della tratta è rappresentata nella *figura 20*. Dato che le variazioni di temperatura delle sezioni del cavo nella galleria stessa e in quella antivalanghe superano le variazioni normali della temperatura di un cavo interrato in una profondità di 90 cm, si devono calcolare errori di equalizzazione molto grandi. Essi vengono equalizzati con l'inserimento di due amplificatori regolati dalla frequenza pilota.

La figura 21 rappresenta il collegamento di principio di un amplificatore intermedio. Dal cavo i segnali arrivano, attraverso il filtro separatore d'energia dove la corrente di telealimentazione viene separata, attraverso un equalizzatore che compensa in parte l'attenuazione del cavo dipendente dalla frequenza, in un amplificatore a tre stadi. La sua impedenza d'entrata e d'uscita viene adattata a 75Ω per mezzo di una contoreazione di circuiti in serie e in parallelo. Nel

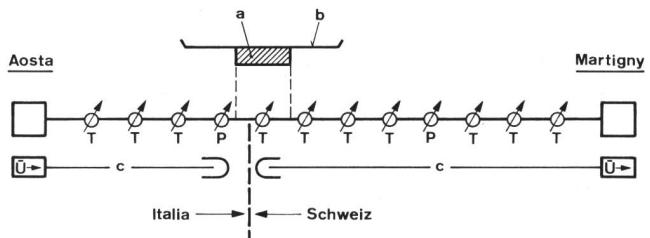


Fig. 20
Schaltung der Anlage – Collegamento dell'impianto

T Zwischenverstärker mit Temperaturregulierung – Amplificatori intermedi con regolazione di temperatura

P Zwischenverstärker mit Pilotregulierung – Amplificatori intermedi con regolazione della pilota

a Tunnel – Galleria

b Lawinenschutzgalerie – Galleria antivalanghe

c Fernspeiseschläufe – Telealimentazione

Ü Fernspeisegerät – Telealimentatore

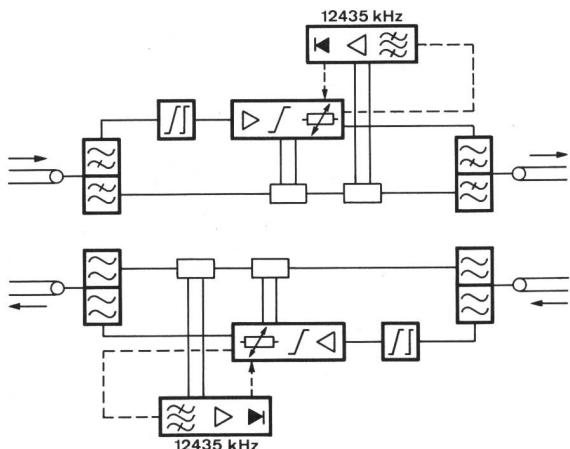


Fig. 21

Prinzipschaltung des Zwischenverstärkers – Principio del collegamento di un amplificatore intermedio

..... Verstärker mit Pilotregulierung – Amplificatore con regolaggio pilota
 —— Verstärker mit Temperaturregulierung durch Feldplatte – Amplificatore con regolaggio della temperatura mediante semiconduttore

speiseweiche, wo sie vom Fernspeisestrom getrennt werden, über einen Vorentzerrer, der einen Teil der frequenzabhängigen Dämpfung des Kabels kompensiert, zu einem dreistufigen Verstärker. Seine Eingangs- und Ausgangsimpedanz wird durch eine Serie-Parallelgegenkopplung auf 75Ω angepasst. Zum Gegenkopplungsnetzwerk gehören ein regelbarer Zweipol, der die temperaturabhängige Dämpfungsänderung des Kabels ausgleicht und ein Vierpol, der die frequenzabhängige Dämpfung entzerrt.

Im pilotregulierten Zwischenverstärker wird der temperaturabhängige Regelwiderstand durch einen Heissleiter ersetzt. Die am Ausgang des Verstärkers abgenommene Pilotfrequenz wird durch den Pilotempfänger mit der elektronischen Regelschaltung zur Steuerung des Heissleiters verwendet. Der Normalwert der Ausgangsspannung bei den hohen Übertragungsfrequenzen wird auf diese Weise mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 0,2$ dB erreicht.

Figur 22 zeigt einen geöffneten Zwischenverstärker.

4. Überwachung und Fehlereingrenzung

Jede Leitung wird im Betrieb dauernd durch die Pilotfrequenzen 308 kHz und 12 435 kHz überwacht. Die Pilotempfänger der Endausrüstung lösen beim Fehlen dieser Frequenzen Alarm aus.

Eine Kontrolle der Leitung ist auch durch ein Impulsmessverfahren möglich. Die Zwischenverstärker eines Speiseabschnittes können mit dem Impulsstreckenmessgerät während des Betriebes periodisch oder bei Bedarf auch während längerer Zeit überwacht werden.

Mit dem Messgerät wird auf der Sendeseite einer Leitung ein impulsmodulierter Träger, dessen Mittenfrequenz mit 13 500 kHz oberhalb des Übertragungsbandes liegt, einge-

circuito di contoreazione si trova un bipolo regolabile, che compensa le variazioni dell'attenuazione del cavo in funzione della temperatura e un quadripolo che corregge l'attenuazione dipendente dalla frequenza.

Nell'amplificatore intermedio regolato dalla pilota la resistenza di regolazione in funzione della temperatura è sostituita da un termistore. La frequenza pilota presa all'uscita dell'amplificatore viene utilizzata, tramite un ricevitore pilota con un circuito di regolazione elettronico, per comandare il termistore. Il valore normale della tensione d'uscita per le frequenze alte raggiunge così una precisione di ca $\pm 0,2$ dB. La figura 22 mostra un amplificatore intermedio aperto.

4. Sorveglianza e localizzazione dei guasti

Ogni linea in esercizio è sorvegliata costantemente dalla frequenza pilota di 308 e 12 435 kHz. I ricevitori pilota dell'apparecchiatura terminale segnalano un allarme in mancanza di queste frequenze. Un controllo della linea è possibile anche con un sistema di misura di impulsi. Gli amplificatori intermedi di una sezione di alimentazione possono essere sorvegliati con un apparecchio di misura degli impulsi di tratta, periodicamente, o, in caso di necessità, anche per lungo tempo durante il funzionamento.

Con l'apparecchio di misura si introduce sul lato trasmissione di una linea una portante modulata ad impulsi, la cui frequenza di mezzo di 13 500 kHz si trova al di sopra della gamma trasmessa. In ogni amplificatore intermedio si trovano filtri passa banda, che accoppiano il segnale sull'amplificatore nella direzione di ricezione.

Attraverso le differenti lunghezze di tratta di ogni amplificatore intermedio e dai tempi di percorrenza differenti ri-

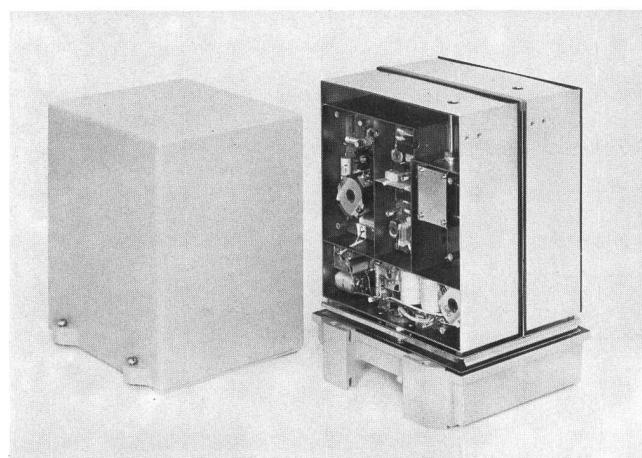


Fig. 22

Geöffneter Zwischenverstärker – Amplificatore intermedio aperto

speist. In jedem Zwischenverstärker sind Bandfilter, die das Signal auf den Verstärker der Empfangsrichtung einkoppeln.

Durch die für jeden Zwischenverstärker unterschiedliche Streckenlänge und die daraus resultierende andere Laufzeit erreichen die verschiedenen Impulse die Empfangsseite mit einer zeitlichen Verschiebung und können einzeln gemessen werden. Die Grösse der Impulsamplitude gibt ein Mass für den Verstärkungsgrad der einzelnen Zwischenverstärker (Fig. 23).

Mit dem Impulsstreckenmessgerät kann jeder Zwischenverstärker geprüft und das Messergebnis an einem Messinstrument abgelesen oder über einen besonderen Ausgang mit einem Schreiber registriert werden. Ein defekter Zwischenverstärker kann mit diesem Verfahren schnell und sicher eingegrenzt werden. Die Möglichkeit einer Dauerregistrierung ist besonders wertvoll bei der Suche nach sporadisch auftretenden Fehlern.

Bei einem Unterbruch der Leitung und gleichzeitigem Unterbruch der Fernspeiseschleife, was zum Beispiel beim Zerreissen des Kabels eintritt, kann das Impulsmessverfahren nicht mehr angewendet werden.

Die Bruchstelle lässt sich dann mit Hilfe der Eingrenzungseinrichtung im Fernspeiseeinschub feststellen. Dazu wird die Speisespannung umgepolt. In jedem Zwischenverstärker liegen im Speisestromkreis Relais, die bei normaler Polung von einer Diode überbrückt sind. Der über den abgefallenen Relaiskontakt eingeschaltete Querwiderstand ist durch eine Diode gesperrt.

Wird nun die Speisespannung umgepolt, fließt zuerst ein Strom über alle Querwiderstände und durch die Relais. Diese ziehen an und schalten die Querwiderstände ab, mit Ausnahme des letzten Relais vor dem Unterbruch. Es entsteht eine Messschleife über alle Relais mit den zugehörigen Seriewiderständen und dem Querwiderstand des letzten Verstärkers vor der Bruchstelle (Fig. 24).

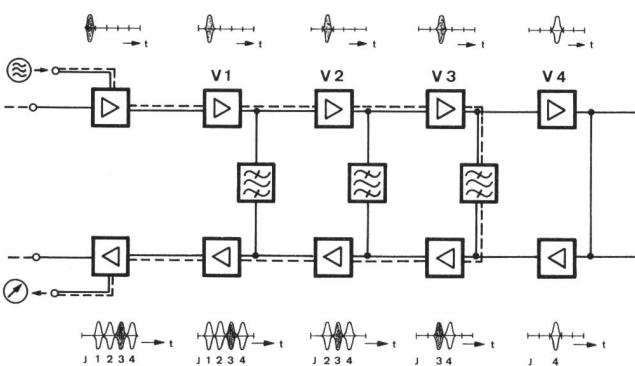


Fig. 23

Wirkungsweise der Impuls-Streckenmessung – Princípio di funzionamento della misura della tratta con impulsi

V1...V4 Zwischenverstärker 1...4 – V1...V4 Amplificatore intermedio 1...4
J1...J4 Impulse 1...4 Messung V3 – J1...J4 Impulse 1...4 Misura di V3

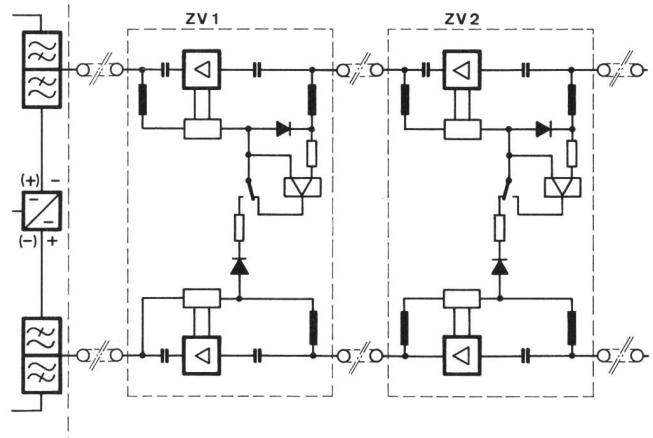


Fig. 24

Funktion der Gleichstrom-Fehlereingrenzung. Stellung der Relais bei eingeschalteter Fehlerlokalisierung und Unterbruch der Leitung zwischen Verstärker 2 und 3 – Princípio della localizzazione del guasto con corrente continua. Posizione dei relè durante la localizzazione del guasto e interruzione del cavo tra gli amplificatori 2 e 3

sultanti, i diversi impulsi raggiungono il lato ricezione con uno spostamento nel tempo e possono essere misurati singolarmente. La grandezza dell'ampiezza degli impulsi dà una misura del grado di guadagno di ogni amplificatore intermedio (fig. 23).

Con l'apparecchio di misura degli impulsi di tratta si può esaminare ogni amplificatore intermedio e leggere il risultato della misura su uno strumento o per mezzo di una uscita particolare registrata. Un amplificatore intermedio guasto con questo sistema di misura può essere localizzato rapidamente e con sicurezza. La possibilità di una registrazione continua è importante per la ricerca di guasti sporadici.

In caso di interruzione della linea e di interruzione simultanea del doppino di telealimentazione, ciò che avviene per esempio in caso di tranciamento del cavo, il metodo degli impulsi di misura non può più essere usato.

Si può stabilire il punto di rottura con l'aiuto dell'apparecchiatura di localizzazione che si trova nell'unità di telealimentazione. Con questa la telealimentazione subisce un'inversione di polarità. In ogni amplificatore intermedio si trovano nel circuito di alimentazione dei relè che in caso di polarità normale sono cortocircuitati da un diodo. La resistenza trasversale inserita dal relè caduto è bloccata per mezzo di un diodo.

Quando la tensione di alimentazione cambia polarità allora scorre innanzitutto una corrente attraverso tutte le resistenze trasversali e i relè. Questi vengono eccitati e disinseriscono le resistenze trasversali, ad eccezione dell'ul-

Bei konstantem Messstrom ist die am Instrument des Fernspeiseeinschubes gemessene Spannung proportional dem Schleifenwiderstand. Die Zahl der Verstärkerfelder bis zur Fehlerstelle lässt sich am eingebauten Instrument direkt ablesen.

Mit diesen beiden Eingrenzungsverfahren kann jeder Verstärker- oder Kabelfehler zuverlässig ermittelt werden.

5. Messergebnisse

Für die ersten Messungen stand die fertig installierte und geprüfte Teilstrecke zwischen Martigny und Tunnelmitte zur Verfügung.

Die Leitung wurde im Zwischenverstärkerkasten der Tunnelmitte über einen Messadapter geschleift, die Messungen wurden in Martigny am Koaxialsystembügelgestell ausgeführt.

Figur 25 zeigt die über den ganzen Frequenzbereich erreichten Dämpfungsverzerrungen.

Für die Kontrolle des Geräuschverhaltens wurde die entsprechend 2700 Kanälen belastete Leitung nach der Rauschklirrmethode gemessen. Aus Tabelle II sind die Werte für das Grundgeräusch und die nichtlinearen Verzerrungen ersichtlich. Erhöht man die Belastung zusätzlich um 5 dB, bleiben die Gesamtgeräuschwerte $\leq 1 \text{ pW/km}$.

Das Fernsprechen kann erst gemessen werden, wenn auch die zweite Tube bestückt sein wird.

Das Nahnebensprechen ergibt folgende Werte:

300 kHz	116 dB
5 000 kHz	97 dB
12 400 kHz	82,5 dB

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ausrüstung den Anforderungen der PTT-Betriebe entspricht und die geforderten Pflichtwerte mit Reserven eingehalten sind.

Tabelle I. Grundgeräusch und nichtlineare Verzerrungen
Tabella I: Rumore di fondo e distorsioni non lineari

Geräuschverhalten der Leitung ohne und mit Belastung	Messfrequenz kHz		
Comportamento della linea riguardo al rumore senza e con il carico	Frequenze di misura kHz		
Grundgeräusch	pW/km	pW/km	pW/km
Rumore di fondo	pN/km	pN/km	pN/km
	0,2	0,4	0,55
Nichtlineare Verzerrungen			
Distorsioni non lineari	0,23	0,4	0,58
Belastung + 19,3 dBm0 ($\triangle 2700$ Kanäle)			
carico + 19,3 dBm0 ($- 2700$ canali)			

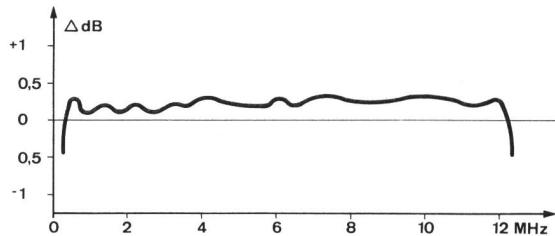


Fig. 25

Frequenzgang der Leitung. Schleife in Tunnelmitte, Länge ca. 70 km
– Curva di risposta della linea. Doppino a metà galleria: lunghezza 70 km ca.

timo relè, prima del punto di rottura. Si forma così un doppino di misura attraverso tutti i relè, con le rispettive resistenze in serie e la resistenza trasversale dell'ultimo amplificatore, prima del punto di rottura (figura 24).

Con una corrente di misura costante la tensione, misurata sullo strumento dell'unità di telealimentazione, è proporzionale alla resistenza del doppino. Il numero delle sezioni d'amplificazione, fino al punto di rottura, può essere letto direttamente sullo strumento incorporato.

Con questi due sistemi di localizzazione si può stabilire con sicurezza ogni guasto di amplificatore o di cavo.

5. Risultati delle misure

Per le prime misure si aveva a disposizione la tratta montata completamente e provata tra Martigny e metà galleria.

La linea è stata circuitata nel contenitore dell'amplificatore intermedio a metà galleria con un circuito di misura adatto e le misure sul doppino sono state eseguite sul telaio staffe del sistema coassiale a Martigny.

La figura 25 rappresenta le distorsioni d'attenuazione ottenute su tutta la banda delle frequenze.

Per controllare il comportamento rispetto al rumore, la linea è stata misurata con un carico (rumore bianco) simulante una occupazione di 2700 canali. Sulla gamma vengono aperte delle finestre, con un filtro elimina banda, esente da rumore e sul lato ricezione si esegue la misura.

Nelle tabelle I sono elencati i valori del rumore di fondo e le distorsioni non lineari. Se si aumenta il carico di 5 dB, i valori del rumore rimangono $\leq 1 \text{ pW/km}$.

La telefonia potrà essere misurata quando anche la seconda coppia di tubi sarà equipaggiata.

La parafonia dà i seguenti valori

3 000 kHz	116 dB
5 000 kHz	97 dB
12 400 kHz	82,5 dB

Concludendo si può dire che le apparecchiature corrispondono alle richieste dei servizi delle PTT e che i valori prescritti sono rispettati con riserva.