

Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

Revista técnica publicada trimestralmente por

INTERNATIONAL TELEPHONE and TELEGRAPH CORPORATION

RESUMEN

VOLUMEN 53 (1978) NUMERO 2

Sistema de cable submarino NG-1: Diseño y planificación, por <i>A. J. Bennett y T. Oswald</i>	122
Sistema de cable submarino NG-1: Repetidores sumergidos, por <i>B. B. Foster y A. J. Jeal</i>	127
Sistema de cable submarino NG-1: Amplificadores de línea, por <i>R. A. Hall, P. E. Radley, I. J. Hirst y A. T. Howard</i>	131
Sistema de cable submarino NG-1: Igualación, por <i>M. K. Chalk y G. J. Starmer</i>	138
Sistema de cable submarino NG-1: Equipo terminal de transmisión, por <i>A. J. Stanborough y W. T. Strickland</i>	143
Sistema de cable submarino NG-1: Equipo de telealimentación, por <i>S. M. Ali y A. F. Jales</i>	151
Aplicaciones de los sistemas de comunicaciones por fibra óptica, por <i>M. E. Collier y A. W. Horsley</i>	156
Funcionamiento digital en duplex completo sobre una línea a dos hilos, por <i>W. Dietze y J. Reuter</i>	165
Una nueva familia de equipos de traslación de grupos secundarios, por <i>L. Braun, H. Löffler y M. Oppenländer</i>	169
Programas de mantenimiento del ordenador ITT 3202, por <i>X. Penet</i>	177
Planificación de redes telefónicas en áreas rurales con ayuda de ordenador, por <i>J. Solé Gil, P. A. Caballero Gallego, I. Hansen y K. M. Knutsen</i>	183
Realización moderna de filtros de piloto en técnicas de FDM, por <i>W. Borowski y P. Wollmershäuser</i>	192
Notas de Investigación y Desarrollo:	
Equipo de línea digital a 140 Mb/s para cable coaxial.	198
Sistema óptico laser/fibra para la medida del petróleo contenido en el agua	200
Nuevas realizaciones	202

Editor principal: Pierre Mornet

Director en Español: J. A. Gómez García, José Ortega y Gasset, 22—24, Madrid-6

Sistema de cable submarino NG-1: Diseño y planificación

El sistema de cable submarino NG-1 emplea nueva tecnología en los repetidores para conseguir que el sistema cumpla los más exigentes objetivos en las especificaciones, necesarios para obtener mayor capacidad que la obtenida hasta ahora.

A. J. BENNETT
T. OSWALD

Standard Telephones and Cables Limited, Greenwich, Reino Unido

Introducción

En el primer semestre de 1977, Standard Telephones and Cables instaló los tres primeros sistemas de cable telefónico submarino de un nuevo tipo utilizando frecuencias de transmisión hasta 45 MHz. Las rutas de estos tres sistemas son: Roma-Palermo (251 millas náuticas), Valencia-Palma de Mallorca (162 millas náuticas) y Reino Unido-Bélgica (67 millas náuticas). La capacidad de estos tres sistemas son respectivamente 3600, 3900 y 3900 canales, dependiendo el número exacto del método de interconexión con la red terrestre. No obstante, con una disposición más compleja de multiplexado en los terminales, incluyendo el uso de canales con separación de 3 kHz, los sistemas tienen capacidad potencial para transmitir 5520 canales, pero el equipo adicional solamente estará justificado en sistemas mucho más largos.

El ancho de banda disponible es mayor que el de cualquier otro sistema telefónico submarino actualmente en funcionamiento.

Objetivos de diseño

Ancho de banda

Hasta el momento actual la demanda de sistemas de cable submarino ha sido tal que el ancho de banda de cada nuevo sistema era establecido por el límite alcanzable técnicamente. Históricamente esto ha conducido a un ancho de banda que se ha triplicado en unos cinco años. El ancho de banda de los sistemas de nueva generación continúa esta tendencia, quedando determinado el valor exacto por los requerimientos de multiplexación.

Hace alrededor de siete años, cuando comenzaron las investigaciones para lograr el tipo de sistema de 14 MHz, se consideraron varios métodos no convencionales tales como la transmisión a cuatro hilos y la digital. La conclusión, no obstante, fue que la mejor solución técnica y económica para alcanzar el incremento deseado de capacidad, era mediante extensión de la configuración clásica de un solo cable coaxial trabajando a 2 hilos y usando las técnicas de multiplexado por división de frecuencia, acordadas internacionalmente. Esto implicó un incremento del ancho de banda aproximadamente proporcional al deseado incremento de capacidad.

Inicialmente parecía que la frecuencia más alta a la cual podían ser diseñados los repetidores era de 30 a 35 MHz pero, a medida que progresó el desarrollo, se hizo evidente que se podían alcanzar los 45 MHz, lo cual suponía un compromiso satisfactorio entre los requerimientos del mercado, las posibilidades técnicas y las tendencias del pasado. Las investigaciones mostraron que el uso de un am-

plificador separado para cada dirección de transmisión conducía a un menor coste (por circuito-milla) permitiendo al mismo tiempo una mayor utilización del ancho de banda del cable que con un solo amplificador, presentando además la considerable ventaja de la eliminación del problema de la inestabilidad del ruido a 2 hilos.

Ruido

El sistema tenía que ser diseñado para cumplir los objetivos de ruido asociados tradicionalmente con los sistemas de cable submarino, es decir 2 picovatios por kilómetro en el peor canal, con un nivel medio de ruido por canal de 1 picovatio por kilómetro, más una asignación de 100 pW para el equipo terminal de banda ancha (es decir entre los puntos T y T' de la recomendación G.213 del CCITT).

Este objetivo debe cumplirse en la práctica para rutas tan diferentes como:

- Rutas de aguas poco profundas de una longitud hasta 300 millas náuticas, sometidas a grandes variaciones estacionales y riesgo de fallos (por ejemplo a través del Mar del Norte) con una carga de 3900 canales de 4 kHz y
- Principalmente rutas de aguas profundas de media longitud (hasta 1200 millas náuticas que sufren poco desajuste como resultado de las variaciones de temperatura o reparación del cable, con una carga de 5520 canales de 3 kHz.

La planificación inicial del sistema se realizó en base a la utilización de un cable de 43 mm (1,7 pulgadas). No obstante el diámetro óptimo del cable depende de factores económicos, y el rápido incremento desde 1973 de los precios de los productos basados en derivados del petróleo, dio como resultado la decisión de continuar con el diseño de cable existente de 37,4 mm (1,47 pulgadas) que era el utilizado para los sistemas de 14 MHz.

Los cálculos realizados durante la etapa de planificación mostraron que se podía cumplir con el anterior objetivo de ruido con los márgenes tradicionales para emergencias, en ambos tipos de ruta, usando el cable de 37,4 mm, con un diseño único de repetidor de una ganancia de 35 dB a 44,3 MHz.

Tipos de cables

Los cables de 37,4 mm de diámetro en versiones de peso ligero y armado, con conductor exterior de aluminio, usado en sistemas hasta 1200 millas náuticas, ha sido ya descrito [1], en aplicaciones a sistemas de ancho de banda más bajo. La impedancia del cable es de 54 Ω y su atenuación a 45 MHz es de 12,8 dB por milla náutica

(6,91 dB/km), lo cual da una separación entre repetidores de aproximadamente 2,75 millas náuticas.

Como consecuencia de la intención original de usar cables de 43 mm, el repetidor fue diseñado con una impedancia de 50 Ω , y, para ser usado con cables de 37,4 mm, es necesario incluir una transformación de 54 a 50 Ω en los circuitos de separación de potencia.

Si se omite este circuito de transformación, es posible usar el repetidor con el cable de 43 mm de 50 Ω de impedancia y conductor exterior de cobre. Esto sólo ocurrirá en rutas de una longitud mayor de 1200 mn.

Como aislamiento se utiliza polietileno de pérdidas dieléctricas normales, pero se puede usar polietileno especial de bajas pérdidas en el cable mayor, especialmente si la longitud de la ruta se extiende, como puede suceder, a distancias transoceánicas. Se ha llevado a cabo una instalación experimental para probar los coeficientes de presión y temperatura de este caso.

Repetidores

El diseño de los repetidores sumergidos sigue tanto como es posible la práctica tradicional, y la nueva tecnología queda confinada en el bucle de realimentación del amplificador de la banda superior. En él se utiliza un pequeño circuito impreso de alambreado en el que se emplean, por razones de fiabilidad, conexiones en cinta soldadas por impulsos. Los componentes son los usados en anteriores sistemas repetidores sumergidos con excepción de una resistencia especialmente desarrollada con tecnología "thin film" de alta estabilidad y baja reactancia, condensadores de mica modificados para tener terminales de cinta y un nuevo transistor, desarrollado por el British Post Office, caracterizado por un f_T de 4000 MHz, una baja capacidad colector-base y una disipación (para la versión de la etapa de salida) de 1,5 W.

Ambos amplificadores, el de la banda inferior y el de la banda superior pueden estar equipados, si se requiere, con control automático de ganancia, para compensar el cambio de atenuación del cable con la temperatura, a base de termistores, los cuales reemplazan una resistencia en el circuito "beta" de determinación de ganancia.

Por razones de estabilidad y fiabilidad se utilizan cuatro elementos de 200 Ω en paralelo, y para el error de compensación fue establecido un objetivo modesto: que la oscilación estacional global de la atenuación del sistema a la frecuencia de tráfico más alta quedase reducida a un tercio de su valor no compensado.

El ancho de banda de cada dirección de transmisión depende, además de la frecuencia más alta de transmisión del amplificador de la banda superior, de los efectos del filtro direccional y de los filtros separadores de energía. Con objeto de simplificar la igualación del sistema y minimizar los requerimientos del Q de la bobina en los filtros direccionales, se mantiene una amplia banda de separación entre las bandas de ambas direcciones. La relación de la frecuencia más baja de la banda superior a la frecuencia más alta en la banda inferior es 1,394. Las bandas telefónicas disponibles en cada dirección son:

- banda superior 27,2 a 44,3 MHz
- banda inferior 1,9 a 19,0 MHz

Supervisión de los repetidores

Uno de los objetivos de diseño fue simplificar los medios de supervisión de repetidores comparado con los anteriores sistemas, con objeto de evitar el gran número de componentes adicionales que se requerían anteriormente en la planta sumergida, y el complejo equipo de supervisión en los terminales.

El único circuito en el repetidor, además de los necesarios para proporcionar el ancho de banda, es un oscilador cuya frecuencia queda, o bien por debajo de la banda inferior o por encima de la banda superior; esta frecuencia es única para cada repetidor y establece el nivel local. En circunstancias normales los repetidores están equipados alternativamente con osciladores en banda inferior o banda superior de tal forma que las frecuencias se transmiten alternativamente a los terminales A y B del sistema. No obstante, en las secciones de aguas poco profundas de un sistema en las que los riesgos de fallos son mayores que en aguas profundas, se colocan normalmente dos osciladores en cada repetidor, uno en cada banda.

Esto proporciona un método sencillo y satisfactorio de prueba de la atenuación de cada sección entre repetidores; pero surge la pregunta de si se puede realizar satisfactoriamente la identificación de un repetidor con ruido. Se hace la suposición de que sólo se requiere identificar un repetidor cuyo funcionamiento se haya deteriorado suficientemente como para tener un efecto apreciable en el ruido del sistema. Por ejemplo, en un sistema de 100 repetidores, si el deterioro aceptable de funcionamiento del sistema se toma de 3 dB, entonces será necesario detectar un repetidor cuyo funcionamiento se haya deteriorado en 20 dB, si la falta se debe a un repetidor.

Un repetidor que dé origen a una intermodulación tan alta como para afectar el funcionamiento del sistema, puede ser localizado desde las estaciones terminales mediante la transmisión de un piloto cuyo nivel y frecuencia sean tales que los productos de intermodulación de mismo y de las frecuencias de supervisión del repetidor se puedan medir en el terminal. Como la frecuencia recibida está relacionada con la frecuencia del oscilador del repetidor, se puede identificar un repetidor con alta intermodulación.

La frecuencia de prueba pasará naturalmente por todos los repetidores y la frecuencia de supervisión pasará por todos los repetidores posteriores al repetidor defectuoso, de forma que el resultado podría quedar enmascarado por las contribuciones al producto de intermodulación de los repetidores no defectuosos. El efecto de estas contribuciones se mantiene a un mínimo usando una frecuencia de prueba tal que la distorsión del retardo de grupo a las frecuencias elegidas asegure un bajo nivel para la ley de adición de productos.

Un defecto de ruido de la suficiente importancia como para afectar el sistema apreciablemente se podrá localizar aprovechando el hecho de que es posible la transmisión terminal-terminal fuera de las bandas de transmisión igualadas aunque con una atenuación superior. El método se basa en el principio de que el comportamiento del ruido originado en un punto discreto de un sistema, en términos de su nivel recibido en el terminal a ciertos valores de la atenuación del sistema, es diferente del comportamiento

del ruido generado en puntos distribuidos uniformemente a lo largo del sistema. Pruebas de campo con defectos de ruido simulado han demostrado que se puede alcanzar una precisión de un 2% o mejor en la localización de niveles de defectos de ruido que incrementan el ruido del sistema en 3 dB aproximadamente.

Igualadores

El espectro a igualar, el control del repetidor y los parámetros del cable son tales que el método de igualación ajustable que se realiza a bordo y en sistemas de ancho de banda más bajo, se puede utilizar asimismo con el sistema NG-1; esto da una gran flexibilidad de respuesta y un margen ante contingencias. No obstante, con objeto de evitar un intervalo de tiempo demasiado corto entre dos igualadores sucesivos ajustables a bordo durante la operación de tendido del cable, como consecuencia del espacio más corto entre repetidores, se ha incrementado a 20 el número de repetidores entre dos igualadores adyacentes; en sistemas más largos, se ha previsto que alternativamente cada dos igualadores uno sea ajustado previamente en fábrica. Esto es factible como consecuencia de la mejora del acoplamiento del repetidor a las características del cable durante el proceso de fabricación.

Espectro de frecuencias

El espectro de frecuencias del sistema se muestra en la figura 1. La frecuencia superior nominal de 45MHz se seleccionó porque permite la transmisión en cada dirección de cuatro grupos cuaternarios CCITT (cada uno de 900 canales espaciados 4kHz) con asignación adecuada para señales de mantenimiento tales como pilotos de línea para probar la ganancia e igualación global del sistema, circuitos de órdenes, bandas de prueba continua del ruido del

sistema, y frecuencias del oscilador de supervisión del repetidor. La posición exacta de las señales de tráfico se eligen para facilitar el diseño de la traslación de frecuencias y los circuitos de generación de frecuencias portadoras en el equipo terminal. Una separación entre las bandas superior e inferior de 7,5 MHz permite alcanzar adecuadamente los requerimientos de diseño del filtro direccional y de la igualación del sistema.

La frecuencia inferior de 1,5 MHz restringe a menos de cuatro octavas el margen de frecuencias utilizadas por los amplificadores de la banda inferior, mientras que proporciona valores convenientes para los componentes de los filtros separadores de potencia en los repetidores.

Banda de la señal de tráfico

El ancho de banda de transmisión disponible en cada dirección es aproximadamente de 17 MHz. El sistema puede transmitir así en cada dirección cuatro grupos cuaternarios con la separación convencional de 528 kHz, como la utilizada en la parte superior de los sistemas terrestres de 60 MHz que emplean el Plan 1 del CCITT. Esto da un ancho de banda total telefónica de 17.072 kHz.

En vez de grupos cuaternarios, se puede utilizar el conjunto de 15 grupos secundarios como el utilizado en el Plan 2 del CCITT para sistemas de 60 MHz, llegando entonces a ser la separación de 684 kHz y la banda total de señal de 16.916 kHz.

Alternativamente, y ya que el espacio entre grupos cuaternarios podría ser un desperdicio de ancho de banda útil para transmisión, lo cual en los sistemas submarinos es considerablemente más caro que en los sistemas terrestres, se puede utilizar una disposición no normalizada en la cual se transmiten en cada dirección 13 grupos terciarios con una separación convencional de 88 kHz entre ellos. Este tipo de señal multiplexada ocupa también un ancho de

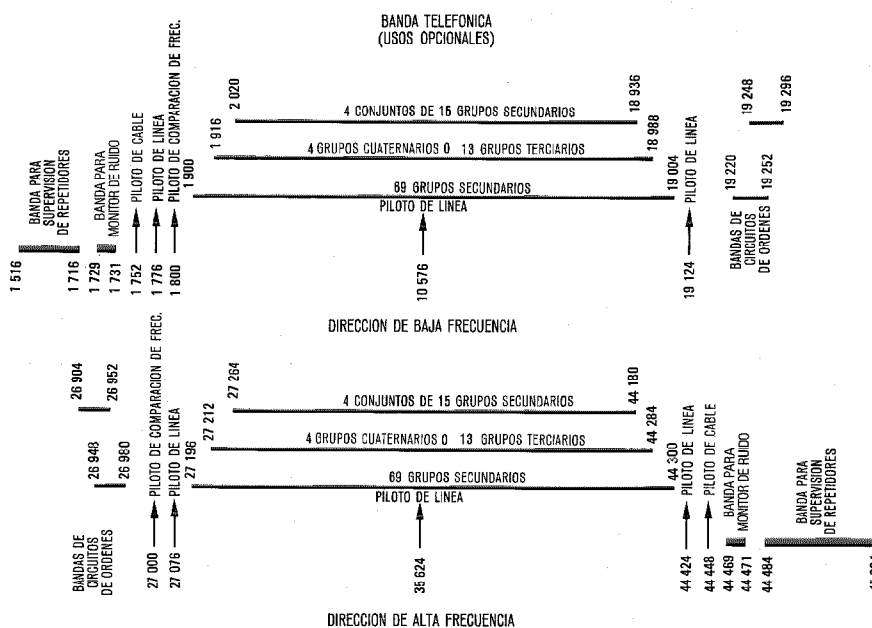


Fig. 1 Espectro de frecuencias de línea en el sistema NG-1

- P_L - piloto de línea
- P_C - piloto de cable
- P_F - piloto de comparación de frecuencia

Notas: Todas las frecuencias en kHz.
 Banda de circuito de órdenes seleccionada de acuerdo con la opción múltiple.

banda de 17.072 kHz, pero contiene 3900 canales de 4 kHz comparado con los 3600. Esta ventaja se obtiene a costa de una complicación en el equipo múltiplex terminal como se describe en otro artículo [2].

El proceso se puede llevar hasta una segunda etapa, si fuese necesario, mediante el empleo de otro conjunto múltiplex que elimina la separación de 88 kHz entre grupos terciarios dejando tan solo una separación de 8 kHz entre grupos secundarios a lo largo de toda la banda. Esto permite la transmisión en cada dirección de un total de 4140 canales de 4 kHz (5520 de 3 kHz). El ancho de banda de esta señal múltiplex es de 17.104 kHz, 32 kHz más ancha que los cuatro grupos cuaternarios, pero el sistema está diseñado para acomodar esta variación.

La última alternativa da el mejor grado de utilización del ancho de banda que se puede obtener sin el uso de concentradores (tales como TASI o CELTIC), pero requiere una cantidad considerable de equipo múltiplex en las estaciones terminales.

La elección entre estas opciones múltiplex para una ruta particular dependerá de la longitud de la ruta y de la organización de las rutas terrestres a las cuales se tiene que conectar el sistema submarino.

Señales de mantenimiento

Parte del espectro se acomoda a las siguientes posibilidades, las cuales se consideran como un mínimo necesario para asegurar la continuidad de operación y funcionamiento del sistema.

- Señales de supervisión de repetidor que permiten hacer pruebas periódicas de los niveles de operación a lo largo del sistema en cada dirección y ayudar en la localización de faltas de transmisión.

El intervalo de frecuencia entre osciladores supervisores es de 3000 Hz en la banda superior y de 400 Hz en la banda inferior. El espectro proporciona por tanto 500 frecuencias de supervisión en cada dirección. Un sistema de 1200 millas náuticas requeriría aproximadamente 450 repetidores y por lo tanto se dispone de frecuencias suficientes para supervisar a todos los repetidores desde los terminales.

En la práctica no obstante se suele minimizar el equipo en los repetidores sumergidos y proporcionar tan solo una señal supervisora por repetidor como se describió anteriormente.

- Señales piloto de línea son también transmitidas permanentemente en cada dirección para probar continuamente la ganancia total del sistema entre la banda base de entrada y la banda base de salida y facilitar ajustes de igualación por temperatura.

El espectro incluye tres pilotos de línea en la banda base a 27.072 kHz, 35.624 kHz y 44.424 kHz, lo cual proporciona tres puntos de referencia en los cuales se puede realizar el ajuste del igualador de temperatura. Este igualador tiene una mayor flexibilidad de ajuste que los anteriores igualadores de la respuesta del cable, con objeto de permitir la corrección de las posibles variaciones introducidas por los circuitos de compensación de temperatura del repetidor, cuando se emplean.

Las frecuencias piloto son las mismas para todas las opciones múltiplex. Para la opción de 13 grupos terciarios los pilotos de media banda se sitúan en el espacio entre grupos secundarios, en el grupo terciario medio, pero se preve que, cuando se dispone de una información más completa sobre el funcionamiento en la compensación de temperatura del repetidor, será posible modificar el diseño del igualador de temperatura del terminal para acoplar la característica estabilizada y en ese caso el piloto de media banda será innecesario.

- Circuitos de órdenes. El espectro proporciona 32 kHz ó 48 kHz, dependiendo de la opción múltiplex seleccionada, pero normalmente sólo se requieren tres circuitos de 4 kHz. Uno se utiliza para comunicaciones entre las estaciones terminales, los otros se dejan disponibles para extensión a otros sistemas.
- Monitores del ruido del sistema. Un filtro de banda eliminada a la entrada de cada banda base proporciona una banda limpia de 2 kHz, fuera de la banda de tráfico, para permitir observar continuamente la contribución de ruido del sistema submarino en la banda base de salida, en el terminal receptor. Se admite que el ruido en esta banda, particularmente en la banda superior donde es más importante, será comparable al nivel de ruido presente en cualquier banda equivalente dentro del ancho de banda de tráfico.

Además de lo anterior, el espectro permite las siguientes señales por si fueran necesarias:

- Piloto de comparación de frecuencia, en una o dos direcciones, para permitir comparar las frecuencias de los osciladores maestros de cada estación o, si se requiere, controlar la frecuencia un oscilador desde el otro terminal.
- Un piloto de cable en cada dirección, introducido y extraído en el filtro direccional del terminal, para mostrar la estabilidad de ganancia de la planta sumergida exclusivamente. Esto permite observar cualquier tendencia a largo plazo sin necesidad de tener en cuenta ajustes de nivel en el terminal.

Interconexión

Como el sistema se diseñó para proporcionar el ancho de banda de transmisión más alto posible con la tecnología actual, el ancho de banda resultante en cada dirección, de aproximadamente 17 MHz, no se corresponde con el ancho de banda de ningún sistema terrestre existente, y no es posible por tanto hacer una conexión simple de banda ancha entre el sistema submarino y la red de tierra. Es necesario demodular la banda base al menos hasta el nivel de grupo cuaternario.

No obstante es frecuentemente más conveniente para una Administración telefónica hacer la interconexión a otro nivel de multiplexado, tal como el grupo terciario básico, el grupo secundario básico o el conjunto básico de 15 grupos secundarios. Más aun, si se utiliza un nivel de interconexión más bajo, se puede aprovechar una de las opciones de multiplexado especial descritas anteriormente para lograr una capacidad mayor de canales. La tabla 1 resume las opciones de interconexión disponibles con la correspondiente capacidad de canales del sistema.

Tabla 1 - Opciones de interconexión

Nivel de interconexiones	Número de interconexiones en cada dirección	Capacidad de canales del sistema
Grupo cuaternario básico 8516-12388 kHz	4	3600 × 4 kHz
Conjunto básico 15 GS 312-4028 kHz	4	3600 × 4 kHz
Grupo terciario básico 812-2044 kHz	13	3900 × 4 kHz
Grupo secundario básico 312-552 kHz	69	4140 × 4 kHz o 5520 × 3 kHz

La interconexión se debe hacer a través de los filtros apropiados de conexión, excepto en el caso del conjunto de 15 grupos secundarios donde se proporciona un filtrado adecuado en el equipo múltiplex. En las varias opciones de multiplexado se ha mantenido al espacio normalizado entre grupos cuaternarios, ternarios y secundarios con objeto de poder usar el diseño estándar de los filtros de paso de conexión. No obstante en el caso de filtros de paso de grupo cuaternario, éstos deberán ser del diseño especial tipo "de corte agudo" que se usan en los sistemas de cable de tierra de 12 MHz con el plan 1 A de frecuencias del CCITT, en el cual sólo se tiene un espacio de 144 kHz entre grupos cuaternarios. Aparte del hecho de que la interconexión más probable es en cualquier caso con sistemas de 12 MHz, esto es necesario, ya que los pilotos de línea se han posicionado para aprovechar la supresión ofrecida por el filtro de paso de grupo cuaternario, para evitar la transmisión más allá de las estaciones terminales del sistema submarino.

Normalmente la elección a la que se enfrenta una Administración es entre la última opción (69 grupos secundarios) y una de las otras, y se realizará sobre una base económica. Se espera en general que para sistemas más cortos de 300 millas náuticas, una de las tres opciones de interconexión a alto nivel será la más atractiva, pero para sistemas más largos es probable que merezca la pena instalar el equipo adicional para la opción de 69 grupos secundarios para alcanzar la máxima capacidad de canales del sistema.

En los últimos años se ha desarrollado un creciente interés en la posibilidad de ampliar el ancho de banda de los sistemas terrestres de 12 MHz a 18 MHz, lo cual proporciona una capacidad de circuitos de cuatro grupos cuaternarios. Cuando se disponga de este sistema, una aplicación evidente será extender los circuitos de tierra en los terminales del sistema NG-1. Será posible realizar una conexión simple de banda ancha entre los dos sistemas mediante la adición al sistema NG-1 de una etapa especial de traslación de banda ancha.

Sistemas instalados

Los tres sistemas instalados hasta la fecha han cumplido con el funcionamiento especificado con cierta holgura. En la tabla 2 se da la relación de potencias de señal a ruido (NPR) medida a la frecuencia más alta.

Tabla 2 - Niveles de ruido para tres sistemas instalados

Ruta	Longitud (mn)	Nº de repetidores	Nivel de ruido (pW/km)	Margen de niveles* (dB)
Roma-Palermo	251	95	0,55	11
Valencia-Palma de Mallorca	162	59	0,52	11
St. Margarets Bay (Reino Unido)-Veurne (Bélgica)	67	22	1,0	7

* El margen de niveles transmitidos en los que el nivel de ruido del sistema será mejor que 2 pW/km.

Debe hacerse notar que los anteriores niveles de ruido son para el sistema completo desde la banda base de entrada a la banda base de salida, de tal forma que esté incluido el ruido de la parte del ancho de banda del equipo terminal. En el corto sistema Reino Unido-Bélgica esto totaliza alrededor de la mitad del total. De los tres sistemas, el sistema Reino Unido-Bélgica es el único que tiene repetidores compensados por temperatura ya que todo el sistema se encuentra instalado en aguas poco profundas sometido a variaciones estacionales de temperatura.

Sistemas futuros

Dos variaciones más del sistema se están programando para posibles aplicaciones futuras.

- Versión del sistema de largo alcance, que se conocerá como NG-2, capaz de ser utilizado en rutas hasta 3500 millas náuticas de longitud.
- Una versión modificada del sistema NG-1 capaz de transmitir en cada dirección una señal de TV en color del sistema I o equivalente, más 1840 canales telefónicos de 4 kHz dispuestos bien en dos grupos cuaternarios o dos conjuntos de 15 grupos secundarios.

Los ensayos de transmisión en un sistema en servicio han demostrado la posibilidad de esta última propuesta para una ruta de longitud media, y su aplicación es posible para dentro de uno o dos años.

Referencias

- [1] J. E. Kincey y M. J. Hedges: Cantat 2 - Sistema de cable submarino: Descripción del cable y tendido; Comunicaciones Eléctricas, 1975, volumen 49, nº 4, págs. 385-392.
- [2] A. J. Stanborough y W. T. Strickland: Sistema de cable submarino NG-1: Equipo terminal de transmisión; Comunicaciones Eléctricas, 1978, volumen 53, nº 2, págs. 143-150 (en este número).

A. J. Bennett nació en Londres en 1929. Se graduó en Ingeniería Eléctrica en el Queen Mary College, de Londres, en 1960. Se unió a STC en 1952 y en la actualidad es jefe del departamento de Desarrollo de Ingeniería de Sistemas y Equipos Terminales en la División de Sistemas Submarinos de Greenwich. Es miembro de la Institution of Electrical Engineers.

T. Oswald nació en Fife en 1920 y comenzó su vida profesional como delineante de arquitectura. Después de servir en la RAF durante la guerra, se graduó en Ingeniería Eléctrica en 1950. Trabajó para Philips, Ministry of Supply y Wayne-Kerr, antes de llegar a ser ingeniero de cables en Telegraph Construction Company, cuya planta de Greenwich llegó a ser parte de STC. En la actualidad es ingeniero de diseño de Sistemas Sumergidos.

Sistema de cable submarino NG-1: Repetidores sumergidos

Los repetidores del sistema NG-1 combinan técnicas y componentes ya experimentados con un mínimo número de componentes nuevos para proporcionar un ancho de banda de 45MHz.

B. B. FOSTER

A. J. JEAL

Standard Telephones and Cables Limited, Greenwich, Reino Unido

Introducción

El sistema NG-1 de 45MHz, compuesto de cable coaxial, repetidores, igualadores, equipo terminal de transmisión y dispositivos de alimentación de energía, proporciona un medio de comunicación telefónica de alta calidad entre terminales internacionales. Dependiendo del equipo múltiplex de la estación terminal [1], el ancho de banda ampliado de los repetidores sumergidos permite hasta 5520 conversaciones telefónicas simultáneas – la mayor capacidad en sistemas de telecomunicación submarinos disponible en el mercado mundial – y alrededor de tres veces la capacidad del mayor sistema de STC actualmente en uso.

El desarrollo de este sistema ha precisado de la evolución de un nuevo tipo de componentes y técnicas de ensamble para permitir cubrir a los amplificadores de los repetidores el margen de frecuencia de transmisión desde 1,5MHz hasta 46MHz, incluyendo las frecuencias de supervisión. Esto significa que en el amplificador realimentado de la banda superior el control de diseño del circuito ha de extenderse hasta 500MHz con objeto de mantener los márgenes de estabilidad. Además de lo anterior, el diseño del repetidor NG-1 incorpora las siguientes novedades:

- Supervisión simplificada de la ganancia mediante el uso de osciladores incorporados en el repetidor, que envían señal continuamente al terminal remoto.
- Control de la ganancia del repetidor para compensar los cambios de atenuación del cable con la temperatura.
- Disposición de las frecuencias de supervisión fuera de las bandas principales de transmisión para asegurar flexibilidad de uso del ancho de banda.

Dado el elevado impacto económico para el cliente que supone el fallo de un sistema, es evidente que la fiabilidad es un factor clave, y la compañía diseña cada sistema para que tenga un tiempo de vida de 25 años. En la práctica esto significa que el objetivo a conseguir es una vida media entre fallos (MTBF) de más de 10.000 años por repetidor.

Configuración eléctrica

En la figura 1 se muestra un esquema del circuito del repetidor. Más adelante se verá que se ha mantenido la configuración de los amplificadores con objeto de que el repetidor proporcione un mayor producto ganancia-ancho de banda que el de la alternativa de amplificador único, y para asegurar que se eliminan los problemas de canto no-lineal. En otro artículo se dan detalles del diseño del amplificador [2].

Sistema supervisor

En aguas profundas, en las que el riesgo de daño es muy pequeño, los repetidores se equipan alternativamente con un cristal oscilador de banda superior o de banda inferior, mientras que en aguas poco profundas en las que el riesgo de fallo es mayor, y donde se necesita localizar las faltas con más precisión, cada repetidor va equipado con dos osciladores como muestra la figura 1.

Los osciladores utilizan un único transistor y están controlados en amplitud por un par de diodos de silicio. Cada oscilador tiene una frecuencia única la cual, en la banda inferior va desde 1,516MHz hasta 1,716MHz en pasos de 400Hz, mientras que en la banda superior va desde

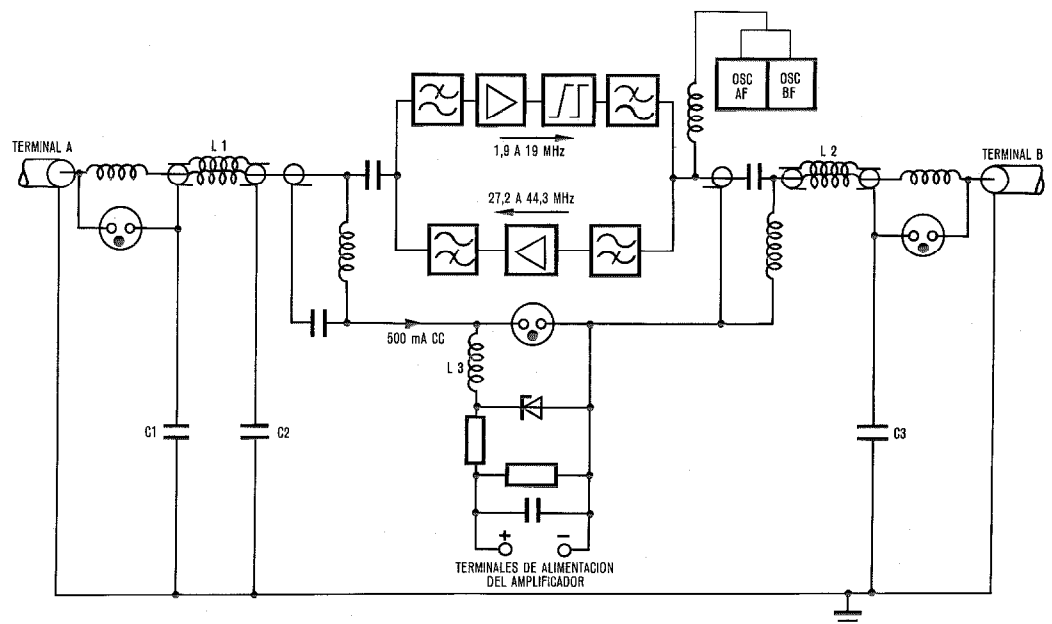


Fig. 1 Esquemático de la cápsula repetidora del NG-1.

NG-1 Repetidores sumergidos

44,487MHz hasta 45,984MHz en pasos de 3000Hz. La salida del oscilador de la banda inferior incorpora un filtro pasivo de banda estrecha para suprimir los armónicos indeseados del oscilador.

El sistema, además de proporcionar una reducción de coste por sí mismo, ha permitido reducir la longitud global del repetidor. No obstante se necesitó el desarrollo de un nuevo tipo de cristales. Este trabajo fue llevado a cabo por la Quartz Crystal Division del Grupo de Componentes de ITT. Los parámetros más importantes del nuevo tipo se dan en la tabla 1. La tolerancia citada incluye el corte inicial, envejecimiento y efecto de la temperatura.

Tabla 1 – Parámetros principales de los nuevos cristales del sistema NG-1

Parámetro	Banda superior	Banda inferior
Frecuencia (MHz)	44,487–44,984	1,516–1,716
Modo	Quinto armónico	Fundamental
ESR (Ω) a 0,1 mW (Resistencia efectiva serie)	< 40	< 500
Tolerancia (Hz)	± 600	± 40

Filtros separadores de energía

Los componentes críticos del sistema de filtros separadores de energía (PSF) son los condensadores C_1 , C_2 , C_3 y las bobinas L_1 y L_2 que se muestran en la figura 1. Los condensadores han sido desarrollados especialmente para este sistema. Son condensadores de papel impregnado de aceite y con un encapsulado metálico hermético. Los parámetros más importantes se dan en la tabla 2.

Tabla 2 – Parámetros de los condensadores especiales usados en los filtros separadores de energía

Gama (nF)	4–15
Voltaje de trabajo (kV)	6,25
Inductancia (nH)	40
Tolerancia (%)	± 7
Voltaje de ionización (kV)	>7,5

Las bobinas están devanadas con cable coaxial cuyo conductor exterior es de tubo de cobre: la bobina de 40 μ H proporciona la atenuación de bucle necesaria en el extremo inferior de la banda mientras que en el extremo superior de la banda la atenuación de bucle se consigue por medio de cuentas de ferrita que funcionan en combinación con la capacidad mutua entre las unidades repetidoras y la caja de cierre de bronce.

La configuración anterior proporciona una pérdida de inserción de menos de 0,25 dB y una pérdida de retorno de alrededor de 25 dB.

Protección contra descargas

Los tres tubos de descarga de gas que se muestran en la figura 1 proporcionan una primera protección contra descargas causadas por cortes en el cable; una protección adicional la dan los diodos zener conductores a través de los cuales se desarrolla la fuente de energía del repetidor. Los

parámetros más importantes del diodo fabricados por ITT Semiconductors se dan en la tabla 3.

Tabla 3 – Parámetros de los diodos usados en la protección de sobretensiones

Voltaje de operación a 50 mA	13,2V a 15,5V
Sobretensión a 50 A	17,5V máx.
Tensión directa a 50 A	1,5V máx

La bobina L_3 está destinada a limitar la pendiente de subida de la corriente de descarga mientras que la pequeña resistencia y el gran condensador en paralelo con el diodo zener están destinados a facilitar la prueba del sistema por medidas en corriente continua o audiofrecuencia respectivamente.

La disposición anterior limita las descargas de alta tensión a los componentes del filtro separador de energía, pero una considerable energía de la descarga pasa a través de los filtros direccionales a los terminales de entrada y salida de los amplificadores. Esto hace necesario una segunda protección de los amplificadores contra descargas, la cual la proporcionan diodos de silicio como se describe en detalle en otro artículo [2].

Filtros direccionales

El filtro direccional, que se usa a la vez en el repetidor y en el equipo terminal, se ha optimizado mediante programas de síntesis. La red ha sido diseñada con la mínima dispersión de inductancia y mínima sensibilidad de componentes con objeto de lograr un Q óptimo para las bobinas y la estabilidad requerida a largo plazo.

Se utiliza una red compensadora de susceptancias para obtener la mejor pérdida de retorno en el terminal a dos hilos.

Los filtros de las bandas inferior y superior tienen bandas de paso de 1,9 a 19,0 MHz y 27,2 a 44,3 MHz respectivamente, proporcionando una relación entre las frecuencias extremas de la zona de cruce de 1,394. Esta cifra es algo más alta que la utilizada en sistemas anteriores y proporciona ventajas adicionales de fabricación y estabilidad de funcionamiento general.

La construcción mecánica del filtro utiliza una gruesa placa de montaje sobre la que van ensambladas las bobinas. Las bobinas individuales se apantallan con una cubierta de aluminio que es atornillada a la placa base.

Configuración mecánica

Los repetidores para este nuevo sistema de 45 MHz mantienen los métodos ya experimentados y usados en anteriores sistemas STC, aunque han sido realizados pequeños cambios de diseño en los puntos de entrada del cable con objeto de minimizar las reflexiones eléctricas. La figura 2 muestra las características principales de la caja del repetidor sumergido NG-1. El nuevo sistema simplificado de supervisión ha permitido una reducción en la longitud total del repetidor.

Comportamiento global

En la banda superior las pérdidas del repetidor, exceptuando el amplificador, son aproximadamente 1,2 dB y, ya

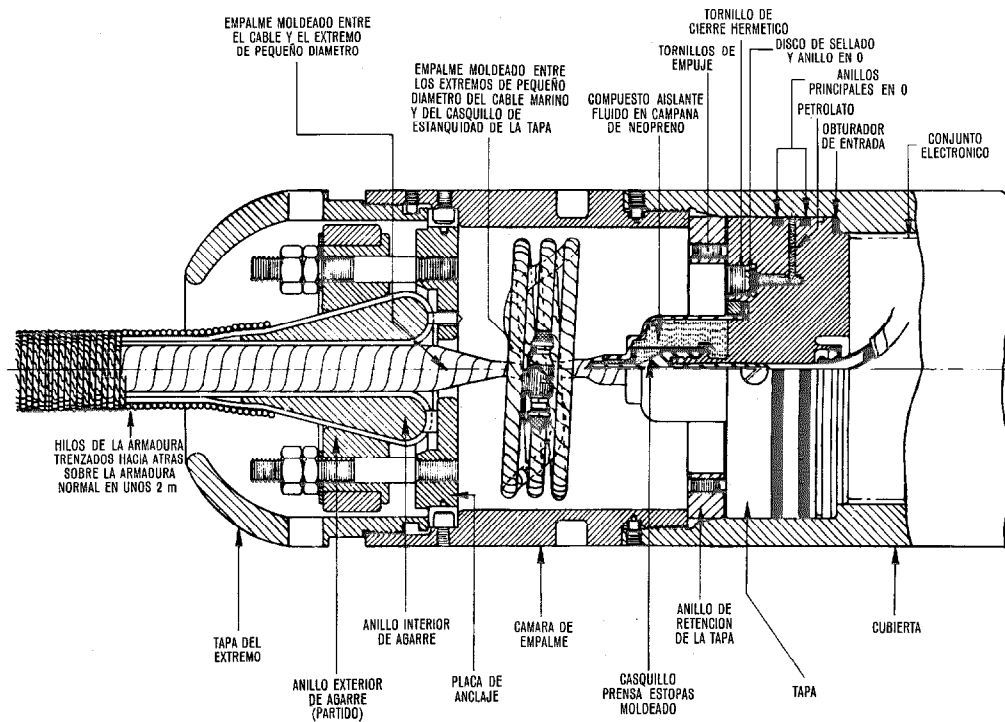


Fig. 2 Caja del repetidor de aguas profundas del NG-1.

que toda la igualación se realiza con la curva de respuesta del amplificador, la ganancia del amplificador y la ganancia del repetidor difieren sólo en esta cifra.

En la banda inferior las pérdidas del repetidor varían desde una fracción de dB, a la frecuencia más baja, hasta aproximadamente 1 dB a la frecuencia más alta de la banda. No obstante, la introducción de un igualador adicional (como se muestra en la figura 1) indica que la ganancia del repetidor es menor que la ganancia del amplificador en una cantidad que varía de 6,2 a 2,2 dB. La pérdida de retorno (o coeficiente de reflexión) de un repetidor es mejor de 20 dB en ambas bandas.

Fiabilidad

Se requiere que cada sistema tenga una vida de 25 años y que proporcione un alto grado de fiabilidad y estabilidad. El objetivo general de fiabilidad para la planta sumergida es tal que la vida media entre fallos (MTBF) para un sistema no deberá ser menor de 10 años.

La predicción de MTBF para un sistema sólo se puede hacer con un grado razonable de confianza cuando se aplica una de las dos condiciones siguientes:

- Los componentes han sido usados previamente en cantidad y durante un período de tiempo suficiente de forma que permitan realizar una posible predicción; por otra parte se asegura la uniformidad manteniendo el mismo proceso de fabricación.
- La evaluación de los componentes a ser usados puede incorporarse al proceso de fabricación de esos componentes.

En el repetidor diseñado para el sistema NG-1 los componentes y la técnica de ensamble caen dentro de una de estas tres categorías:

- Tipos utilizados repetidamente en aplicaciones a sistemas sumergidos (tales como condensadores de alto voltaje, condensadores de terminales de alambre y ciertos componentes bobinados) en los que sólo han sido realizadas pequeñas modificaciones para hacer los diseños de los componentes actuales válidos para aplicaciones a más alta frecuencia. Los materiales y los procesos de fabricación permanecen sin modificación.
- Semiconductores para los cuales en otro artículo [4] se dan detalles de la evaluación de su fiabilidad.
- Nuevos componentes y técnicas de ensamble en los que no es posible la predicción en su más amplio sentido debido a no disponer de suficientes datos estadísticos.

Los componentes de la primera categoría se han usado en repetidores con una vida total de alrededor de 25.000 repetidores - año con un sólo fallo y para el sistema que estamos considerando no se espera se produzcan fallos en un período superior a 10 años.

Hay un número de componentes pasivos y métodos de ensamble que caen en la 3ª categoría debido al marcado incremento en la frecuencia superior de transmisión del sistema. Estos han sido específicamente diseñados para usarlos en aplicaciones de repetidores sumergidos y se fabricarán en áreas fuertemente controladas; pero en el momento de su uso inicial no es posible la predicción de su MTBF.

Estos nuevos componentes y procesos se utilizan en el bucle de realimentación del amplificador de alta frecuencia y comprenden resistencias de película delgada, conden-

NG-1 Repetidores sumergidos

sadores de mica, un circuito impreso y el método de conexión de los componentes al circuito impreso [2]. Hay alrededor de 24 componentes nuevos, lo que representa menos del 10% del número total de componentes eléctricos en el repetidor.

No es posible hacer por tanto en el momento actual, y con una cierta base estadística, una predicción de MTBF de la vía principal de transmisión en su totalidad. No obstante, todos los componentes y procesos nuevos han sido evaluados usando técnicas en línea con la práctica ya probada para repetidores sumergidos, en un programa de calificación llevado a cabo conjuntamente con nuestros suministradores y con el Departamento de Investigación del British Post Office.

Referencias

- [1] A. J. Bennett y T. Oswald: Sistema de cable submarino NG-1: Diseño y planificación; Comunicaciones Eléctricas, 1978, volumen 53, n° 2, págs. 122-126 (en este número).
- [2] R. A. Hall, I. J. Hirst, A. T. Howard y P. E. Radley: Sistema de cable submarino NG-L: Amplificadores de línea; Comunicaciones Eléctricas, 1978, volumen 53, n° 2, págs. 131-137 (en este número).

[3] C. Wheddon: The Use of Radioactive Gas Tubes in the Protection of Submerged Repeaters; Institution of Electrical Engineers Colloquium on Gas-Filled and Vacuum Switching Devices, Londres, 17 noviembre 1977.

[4] M. F. Holmes: Active Element in Submerged Repeater: First Quarter Century; Institution of Electrical Engineers Proceedings (IEE Reviews), octubre 1976, volumen 123, n° 1 OR, págs. 1081-1112.

B. B. Foster nació en Nottinghamshire, Inglaterra, en 1923. Se graduó en física en 1943 y se unió a STC en Leicester en 1944. Hasta 1963 diseñó equipos de medidas de transmisión para uso de los laboratorios y fábricas de la Compañía. Desde 1964 ha trabajado en equipos terminales, fuentes de alimentación y planta sumergida para sistemas telefónicos. El Sr. Foster es miembro del Institute of Physics.

A. J. Jeal nació en Croydon en 1939. Se graduó con el título de Física Aplicada en 1963 mientras trabajaba como becario con Mullard Radio Valve Co. Ltd. Se unió a STL en 1963 para trabajar en componentes "thin film". Fue transferido al Advanced Equipment Practice Group en 1967 que se unió con el Analogue Line System Group en 1972. Se unió a STC en 1975 y en la actualidad es jefe de sección del Repeater Electrical Department. El Sr. Jeal es ingeniero colegiado, miembro de la Institution of Electrical Engineers y miembro del Institute of Physics.

Sistema de cable submarino NG-1: Amplificadores de línea

Para realizar el diseño de los amplificadores de la banda inferior y superior se han utilizado, con resultado satisfactorio, una combinación de técnicas y tecnologías ya experimentadas junto con componentes y procedimientos de diseño totalmente nuevos.

R. A. HALL

P. E. RADLEY

Standard Telecommunication Laboratories, Harlow, Reino Unido

I. J. HIRST

A. T. HOWARD

Standard Telephones and Cables Limited, Greenwich, Reino Unido

Introducción

Los requerimientos de un nuevo sistema submarino de 45 MHz plantearon nuevos problemas en el diseño del amplificador de línea que cumplieran con los altos niveles de funcionamiento y fiabilidad alcanzados en los sistemas existentes. Hubo que reconocer desde el primer momento que la construcción y componentes usados hasta entonces no serían adecuados en el amplificador de la banda superior. Este artículo describe el diseño del circuito, componentes y construcción que se han adoptado para cumplir los estrictos requerimientos de ambos amplificadores del repetidor.

La tabla 1 muestra los objetivos de diseño para los amplificadores de las bandas superior e inferior para cumplir con los requerimientos del sistema.

Tabla 1 - Objetivos de diseño del amplificador

Parámetro	Banda inferior		Banda superior	
	1,5MHz	19MHz	26,9MHz	44,3MHz
Ganancia exterior (dB)	6,6	23,0	28,3	36,0
Ganancia de bucle (dB)	-	> 15	-	> 17
Factor de ruido (dB)	-	< 10	-	< 4,5
Pérdida de retorno entrada-salida (dB)	> 26	> 20	> 26	> 20
Margen $IM_3(2A-B)$ (dB) cada fundamental a +10dBm	-	> 66	-	> 82
Margen $IM_2(A-B)$ (dB) cada fundamental a +10dBm	> 83	-	-	-
Márgenes de estabilidad a alta frecuencia	dB	> 4		> 4
	grados	> 20		> 20
Puntos de sobrecarga (dBm)	> 20		> 23	

Diseño del circuito y tecnología

Amplificador de la banda superior

El trabajo que se llevó a cabo inicialmente fue una tentativa para elegir la combinación más adecuada de diseño del circuito y tecnología de los componentes.

Tabla de abreviaturas

A	- circuito de protección de descarga
B	- circuito formador de la vía μ
C	- red formadora de la ganancia exterior
D	- red compensadora de temperatura
E	- red de cruce
X-Y	- punto de corte para medidas de bucle

Una evaluación de un cierto número de configuraciones del circuito mostró que se debía utilizar la configuración de tres etapas de emisor-común con realimentación colector de salida a base de entrada, como en los sistemas STC de menor capacidad, con objeto de satisfacer los requerimientos de alta ganancia de bucle y alta ganancia exterior.

El diagrama del circuito básico del amplificador se muestra en la figura 1 siendo sus principales características las siguientes:

- Transformadores híbridos con alto grado de asimetría; se utilizan a la entrada y a la salida para minimizar el efecto de degradación en el factor de ruido, intermodulación y punto de sobrecarga.
- La forma de la curva de ganancia del repetidor queda determinada por la β del igualador incluido en el circuito de realimentación que compensa las curvas de respuesta de los filtros separadores de energía y filtros direccionales.
- Se utilizan redes locales de realimentación para controlar la respuesta del bucle principal y proporcionar una forma adecuada de la curva respuesta. Estas redes alternan la configuración serie-paralelo-serie para lograr máxima ganancia local de bucle.
- La respuesta del bucle principal se diseña para tener una característica de banda de paso que cubra solamente una octava por encima de la banda de tráfico de forma que se obtenga la ventaja de máximo margen de fase.
- La primera etapa se polariza separadamente pero se utiliza una gran realimentación de corriente continua para las etapas 2ª y 3ª permitiendo de esta forma que el voltaje colector-emisor esté muy próximo a la tensión de alimentación. Esto minimiza el voltaje del sistema y por tanto el nivel de cualquier descarga que pueda ocurrir en condiciones de fallo.
- Se dispone de redes de paso en los transformadores híbridos de entrada y salida con objeto de cortocircuitarlos a frecuencias por encima de la banda de tráfico.
- Se dispone de una compensación de temperatura mediante una red de termistores en paralelo en un punto de

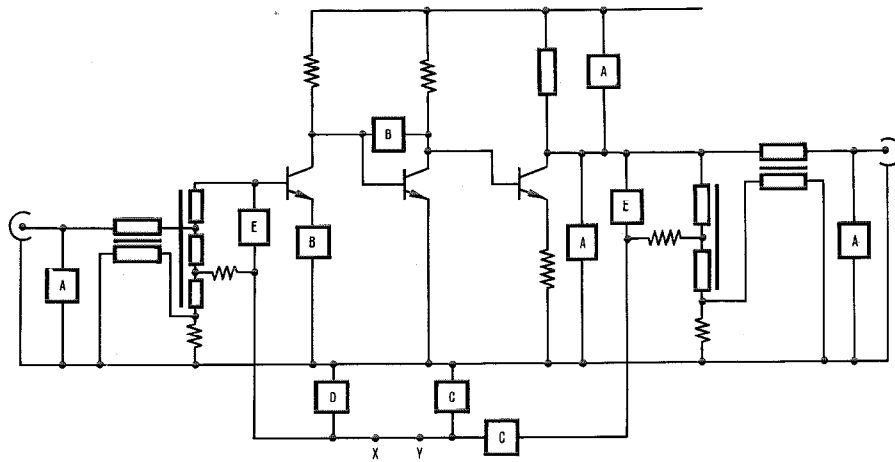


Fig. 1 Circuito básico del amplificador de la banda superior.

resistencia constante en el bucle β del amplificador para compensar los cambios de la característica del cable con la temperatura.

Ya que este amplificador está destinado a frecuencias más altas que las hasta entonces utilizadas se llevaron a cabo estudios fundamentales de compromiso entre construcción y comportamiento a alta frecuencia. La evaluación de la selección de los componentes y la tecnología en fabricación se llevó a cabo con ayuda de la teoría del desplazamiento adicional de fase [1, 2]. Esta técnica se basa en el cálculo de la fase mínima a partir de un requerimiento de ganancia de bucle ideal, el cual no incluye ninguna caída a alta frecuencia. Se añade entonces una fase extra mediante los siguientes factores:

- desplazamiento de fase debido a la longitud del trayecto
- desplazamiento de fase en los circuitos de transistores
- desplazamiento de fase debido a la caída asintótica de ganancia de bucle a alta frecuencia.

Los dos primeros factores son componentes del "exceso de fase" en el sentido de Bode. El último factor es un componente de fase mínima debido a un corte de amplitud a alta frecuencia en la curva ideal de ganancia de bucle, y depende de la pendiente del corte y a qué valor de frecuencia se produce. Los tres factores producen un desplazamiento de fase proporcional a la frecuencia que, cuando se suma a la de la frecuencia en la que la ganancia de bucle es cero, puede dar una predicción del margen de fase que se puede obtener dentro de las restricciones de la contribución del desplazamiento adicional de fase. El hacer una lista de las diversas contribuciones al desplazamiento de fase tiene la ventaja práctica de que se pueden destacar los factores que contribuyen más destacadamente al comportamiento del amplificador.

Como se ha descrito anteriormente, se pueden comparar y cuantificar las ventajas de diversas técnicas de construcción y componentes. El comportamiento de bucle deseado (ganancia y estabilidad) se muestran en la tabla 1. Se vio que el comportamiento de bucle no se podía alcanzar utilizando la construcción a base de alambrado del amplificador del repetidor de 14MHz, mientras que una tecnolo-

gía a base de circuitos híbridos dio unos márgenes más que suficientes.

Se eligió la tecnología a base de placa impresa con resistencias, condensadores y transistores de terminales aplanados en un "módulo central" que incluye las partes del circuito que dominan el comportamiento a alta frecuencia. Las partes no críticas del circuito utilizan los componentes existentes de terminales de hilo. La evaluación demostró que esta tecnología podía lograr un comportamiento de bucle con márgenes adecuados para la producción.

Amplificador de la banda inferior

Después de la investigación de todas las configuraciones, se eligió un amplificador de tres etapas con emisor común y realimentación global emisor a emisor; esta configuración se muestra en la figura 2. Las principales características de este circuito son:

- Un transformador adaptado a la entrada y un transformador híbrido de dos arrollamientos a la salida. El grado de asimetría y la resistencia de equilibrio de salida son tales que proporcionan la impedancia de salida y punto de sobrecarga deseados.
- La ganancia exterior se controla por medio de la red β y el igualador pasivo a la salida del amplificador. Cálculos por computador han indicado que el empeoramiento de la intermodulación debido al igualador de salida es insignificante.
- La primera etapa se polariza separadamente en corriente continua para condiciones óptimas de bajo ruido. Las etapas segunda y tercera forman un par realimentado de corriente continua diseñado para mantener constante la corriente en el transistor de salida. Esto permite asimismo conectar directamente a tierra el segundo emisor, reduciendo de esta forma la inductancia parásita que de otra forma podría degradar la respuesta de bucle a alta frecuencia. La tercera etapa se le hace funcionar a 0,7 de su disipación típica para minimizar el efecto de las sobretensiones.
- Se dispone de compensación de temperatura por medio de un termistor en paralelo en la vía β del amplificador

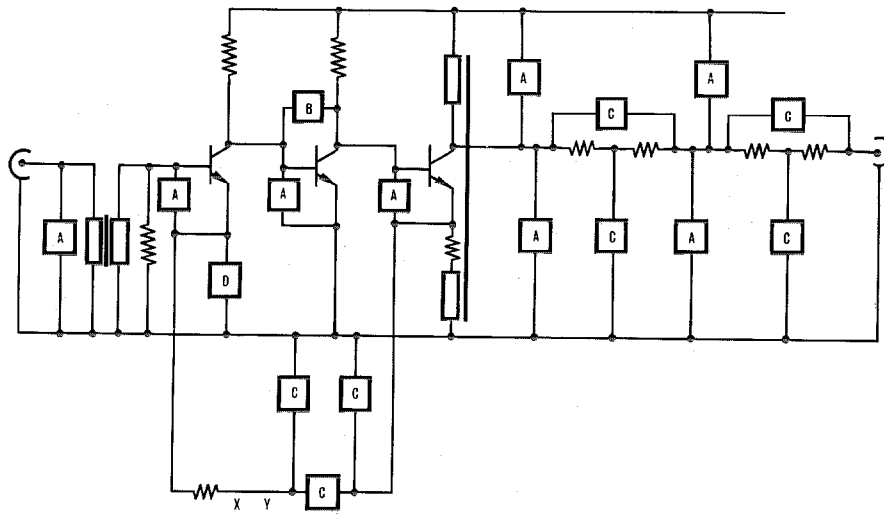


Fig. 2 Circuito básico del amplificador de la banda inferior.

con objeto de adaptarla a la dependencia de la atenuación del cable con la temperatura.

Los componentes y la tecnología de construcción elegidos para este amplificador se basaron en la práctica usada en el amplificador en la banda superior del sistema de 14MHz [3]. Esto comporta el uso de componentes ya comprobados tales como los transistores de la serie 10 (1 GHz f_T), resistencias metalóxido, metal-film de terminales de hilo y condensadores de mica de terminales también de hilo.

Protección contra descargas

La protección contra descargas se puede dividir en dos áreas fundamentales:

- Redes de protección primaria localizadas en los filtros de separación de energía y unidad de protección.
- Redes de protección secundaria que utilizan principalmente diodos semiconductores localizados dentro de cada amplificador.

La protección del amplificador consiste en:

- Protección de entrada; dos pares de diodos no polarizados en paralelo y en oposición a la entrada del amplificador para limitar las descargas de cualquier polaridad. Se utilizan pares de diodos en serie por razones de redundancia. Esto para ambos amplificadores.
- Protección de salida; dos pares de diodos como arriba, pero polarizados inversamente y conectados a la salida del amplificador. En el amplificador de la banda superior los diodos se polarizan con 6,5V cada par serie y se colocan dentro del bucle de realimentación para minimizar su contribución a la intermodulación. En el amplificador de la banda inferior los diodos de salida se colocan fuera del bucle y se polarizan a un voltaje superior para reducir la intermodulación a un nivel aceptable.

Como los diodos polarizados inversamente no son tan rápidos como los diodos no polarizados debido al tiempo de recuperación mayor, se conecta un transistor de alta rigidez y baja frecuencia en la salida del amplificador de la banda superior. En condiciones de

descarga rápida, este transistor debido a la descarga de avalancha limita y polariza directamente los diodos durante la duración de la descarga.

- Protección base-emisor; se dispone de diodos de polaridad inversa en la unión base-emisor de todos los transistores. En el amplificador de la banda inferior se utilizan dos diodos en serie, mientras que en el amplificador de la banda superior hay un único diodo en el sustrato del transistor.
- Limitador de fluctuación de señal; un conjunto de diodos como en el primer apartado, se conectan en la carga de la 2ª etapa del amplificador de la banda superior para limitar la excitación de la etapa de salida durante condiciones de sobrecarga y sobretensiones.

Componentes del amplificador

Los nuevos componentes más importantes en los amplificadores se encuentran en el amplificador de la banda superior. Como ya se ha dicho, éstos son: la resistencia de terminales aplanados, el condensador y el transistor; pueden verse en la figura 3 junto con la versión del condensador.

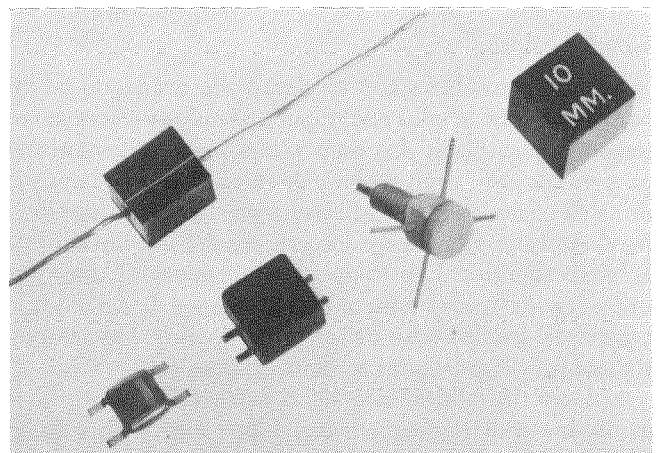


Fig. 3 Nuevos transistores, condensadores y resistencias.

Transistores

Los transistores que se han utilizado en el amplificador de la banda inferior son los ya conocidos "serie 10" y usados en el sistema de 14MHz. Los utilizados en el amplificador de la banda superior se han desarrollado especialmente para esta aplicación particular por el Centro de Investigación del BPO en Martlesham, Reino Unido [4]. Se utilizan dos tipos básicos cuyos parámetros principales se dan en la tabla 2.

Tabla 2 - Parámetros de transistores usados en los amplificadores de banda superior

Entrada y 2ª etapa		Etapa de salida	
f_T	3,5 GHz mínimo a 7V, 20mA	f_T	2,8 GHz mínimo a 10V, 125mA
h_{fe}	80 mínimo a 7V 20mA	h_{fe}	50 mínimo a 10V 125mA
V_{CEO}	23V mínimo	V_{CEO}	23V mínimo
NF	2,5 dB máximo a 8mA, 7V	IM_3 margen	63 dB a +10 dBm (2A-B) cada fundamental

Aunque la pastilla de silicio y el conductor stripline cerámico son de nuevo diseño, la garantía de fiabilidad se basa en las técnicas ya desarrolladas en tipos anteriores con resultado satisfactorio.

Resistencias

Las resistencias son del tipo discreto de película delgada de ITT Component Group Film Circuit Operation en Paignton en Inglaterra [6]. El material resistivo es niquel-cromo con terminaciones de oro en un sustrato de vidrio. Se disponen de terminales planos para conexión con una técnica especial de soldadura por impulsos al circuito impreso. Las características más importantes se dan en la tabla 3.

Tabla 3 - Parámetros de resistencias para amplificadores de las bandas superior e inferior

Gama de resistencias (Ω)	6 a 1000
Coefficiente de temperatura (ppm/°C)	-75 a +50
Tolerancia (%)	$\pm 0,5$
Estabilidad (% en 25 años)	$\pm 0,15$
Inductancia (nH)	< 4

Condensadores

Los condensadores son un desarrollo avanzado de los condensadores de mica que se han utilizado en sistemas anteriores. Se utilizan dos nuevos tipos de condensadores preparados con la misma base de mica. Un tipo tiene terminales axiales como los utilizados en el amplificador de la banda inferior y en lugares no críticos del amplificador de la banda superior. El otro tipo tiene terminales planos y se utiliza en los lugares críticos de alta frecuencia del módulo central del amplificador de la banda superior. Las características más importantes se dan en la tabla 4.

Los condensadores son de construcción similar a la gama de condensadores en uso y por medio de amplias pruebas se ha demostrado que poseen los mismos valores elevados de estabilidad y fiabilidad.

Tabla 4 - Parámetros de los nuevos condensadores de conductores de toma

Margen de capacidad (pF)	1 a 500	
Voltaje de trabajo (máx)	25V CC	
Coefficiente de temperatura (ppm/°C)	± 100 (para valores > 10pF) ± 150 (para valores < 10pF)	
Voltaje de descarga (V)	85	
Tolerancia	$\pm 0,5$ pF ó $\pm 0,5\%$	} la que sea mayor
Estabilidad (en 25 años)	$\pm 0,15$ pF ó $\pm 0,15\%$	
Q a 27MHz	> 100	

Bobinas

El aumento de frecuencia en los repetidores NG ha obligado al diseño de dos nuevos tipos de bobinas. Las dos usan soportes cerámicos.

Una es de inductancia fija (tipo EC33) y la otra es ajustable. Cada tipo se puede usar en una o varias posiciones de montaje y la versión ajustable viene preparada con una base de montaje. Los parámetros típicos se dan en la tabla 5.

Tabla 5 - Parámetros de las nuevas bobinas

Parámetro	Bobina EC33	Bobina EC18
Gamma de inductancia (nH)	15-1000	50-5000
Q	> 30	> 60
Margen ajustable (%)	-	± 15
Estabilidad en 25 años (%)	$\pm 0,3$	$\pm 0,2$

Termistores

Por primera vez se ha utilizado en los sistemas NG-1 un control de ganancia con la temperatura en el repetidor.

Después de considerar la configuración del amplificador, se concluyó que el dispositivo que mejor cumpliría los requerimientos del sistema sería un termistor con un coeficiente negativo de temperatura (NTC).

Ya que se requería un alto valor de estabilidad con el tiempo, se decidió utilizar termistores encapsulados en vidrio y que el elemento definitivo comprendería el paralelo de cuatro unidades individuales. La Thermistor División de ITT Components Group fabrica un termistor muy adecuado para este propósito. Con objeto de utilizarlos en repetidores sumergidos, se fabrican especialmente conjuntos de dispositivos y se les somete a un programa de evaluación ambiental y operacional antes de utilizarlos en los repetidores. Los parámetros más importantes se dan en la tabla 6. Una fotografía del conjunto de termistores se muestra en la figura 4.

Tabla 6 - Parámetros de termistores

Gama de resistencia (Ω)	43 a 25 °C
Valor B (°K)	2750
Tolerancia (%)	± 2
Disipación de potencia (mW)	5
Estabilidad en 25 años (%)	± 1

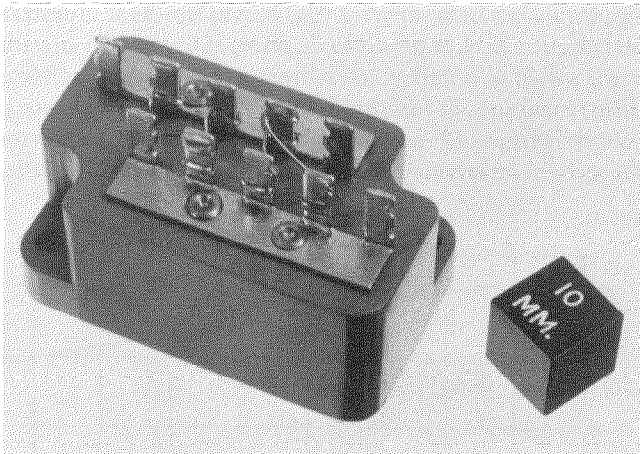


Fig 4 Bloque termistor.

Comportamiento

Amplificador de la banda superior

El comportamiento del amplificador de la banda superior se resume en las gráficas de las figuras 5, 6, 7, 8 y 9. La figura 5 muestra la característica de ganancia; la curva de ganancia se forma en el amplificador para optimizar el comportamiento de ruido.

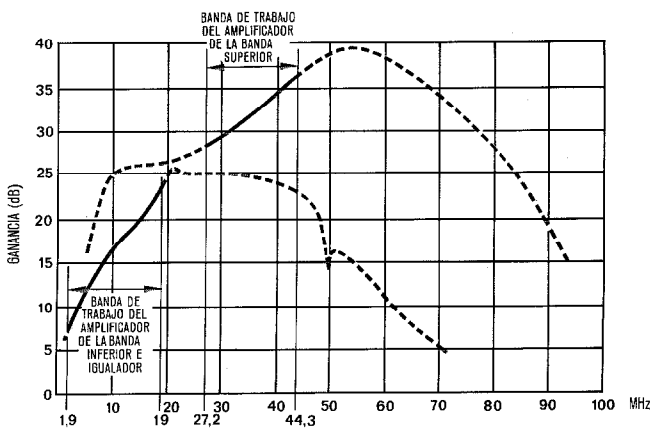


Fig. 5 Amplificadores de las bandas superior e inferior. Ganancia exterior típica/frecuencia.

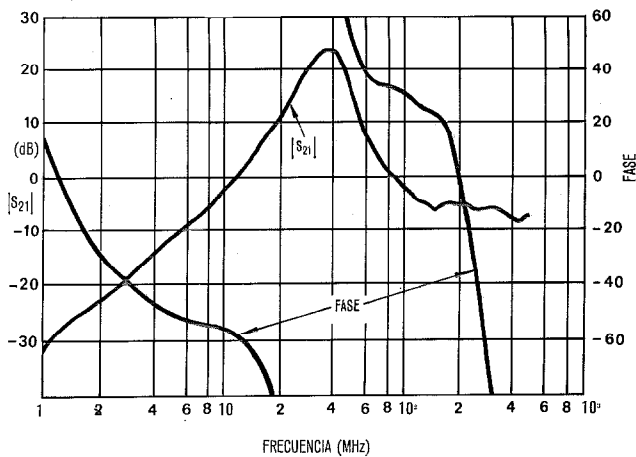


Fig. 6 Amplificador de la banda superior. Ganancia de bucle típica/frecuencia.

La ganancia de bucle y la fase del amplificador se miden por medio de los parámetros "S". El uso de los parámetros "S" permite calcular el efecto de los terminales y aplicar una corrección a la medida del S_{21} para determinar las verdaderas ganancia y fase de bucle. La figura 7 muestra una característica típica de pérdida de retorno a la entrada y salida. La distorsión de intermodulación se mide por medio de dos frecuencias de 39,5 y 36MHz dando un producto 2A-B a 43MHz. La figura 8 muestra una curva típica de margen 2A-B en función del nivel del fundamental. La figura 9 muestra una curva típica de margen 2A-B en función de la frecuencia.

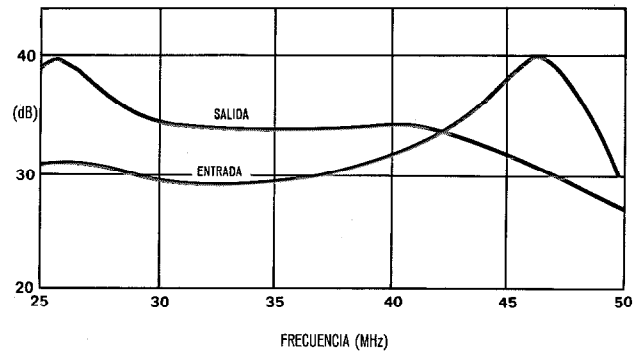


Fig. 7 Amplificador de la banda superior. Pérdida de retorno típica/frecuencia.

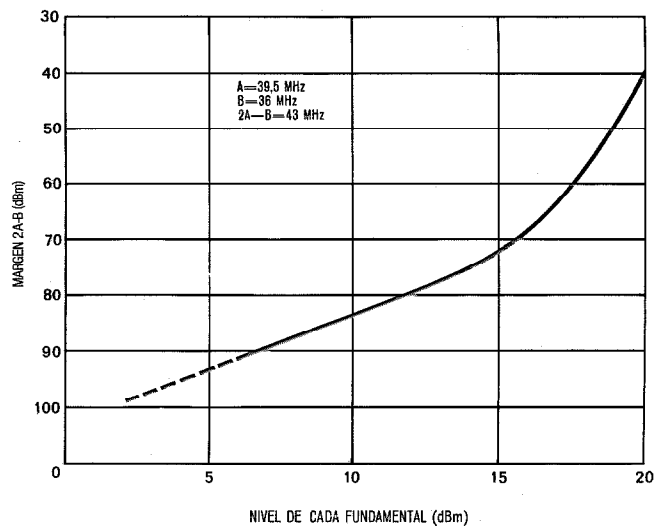


Fig. 8 Amplificador de la banda superior. Margen 2A-B típico/nivel.

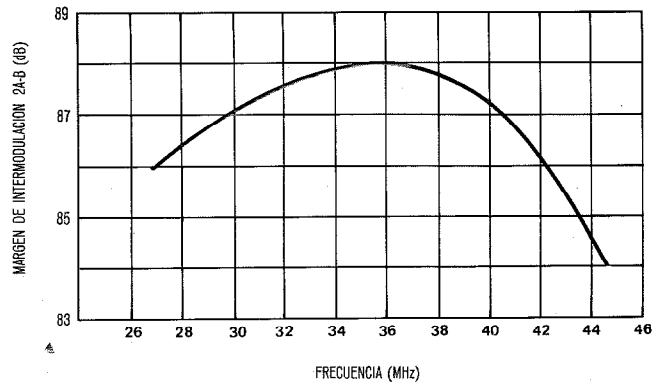


Fig. 9 Amplificador de la banda superior. Margen 2A-B típico/frecuencia.

Amplificador de la banda inferior

El comportamiento del amplificador de la banda inferior se resume por medio de los gráficos de las figuras 5, 10, 11, 12 y 13. La ganancia exterior se muestra en la figura 5 junto con la del amplificador de la banda superior. La ganancia de bucle y fase se miden de la misma forma que en el ampli-

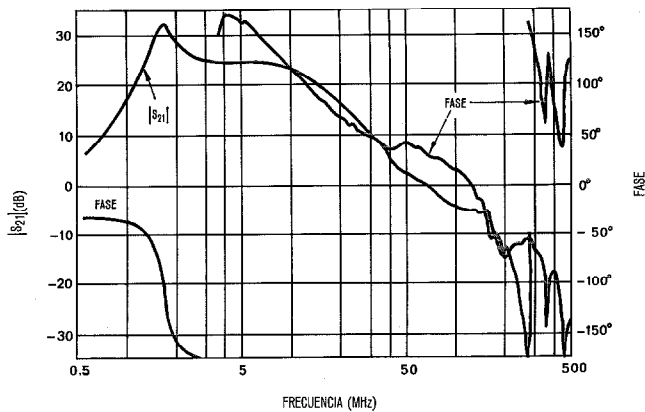


Fig. 10 Amplificador de la banda inferior. Ganancia de bucle típica/frecuencia.

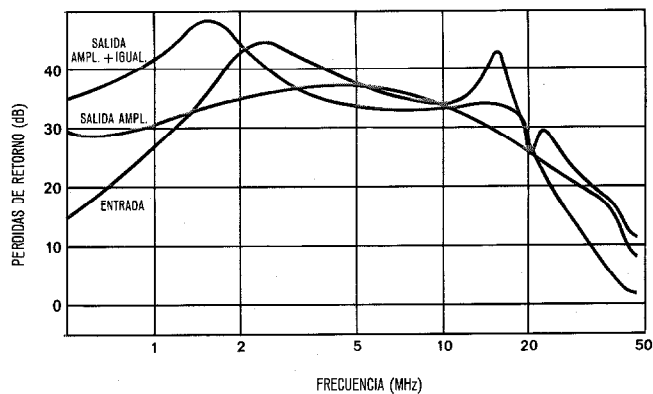


Fig. 11 Amplificador de la banda inferior. Pérdida de retorno típica/frecuencia.

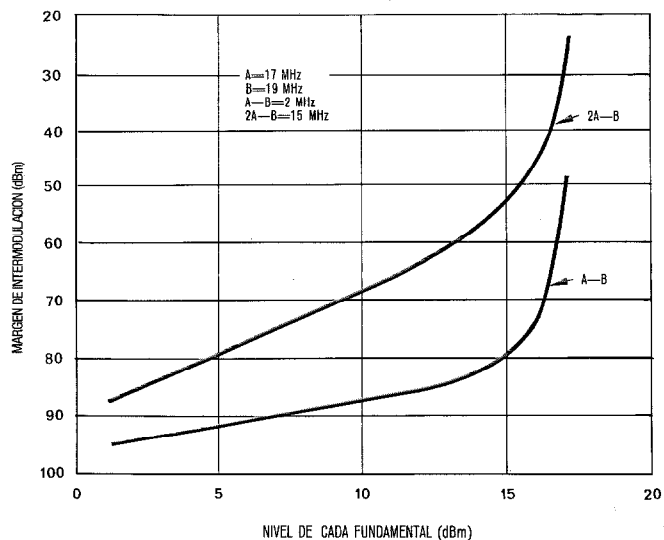


Fig. 12 Amplificador de la banda inferior. Márgenes 2A-B y A-B típicos/nivel.

ficador de la banda superior y las curvas típicas se muestran en la figura 10. Las pérdidas de retorno típicas a la entrada y a la salida se muestran en la figura 11. Las curvas típicas de los márgenes de intermodulación 2 A-B y A-B se muestran en la figura 12. La figura 13 muestra como varían estos márgenes con la frecuencia para el amplificador solamente.

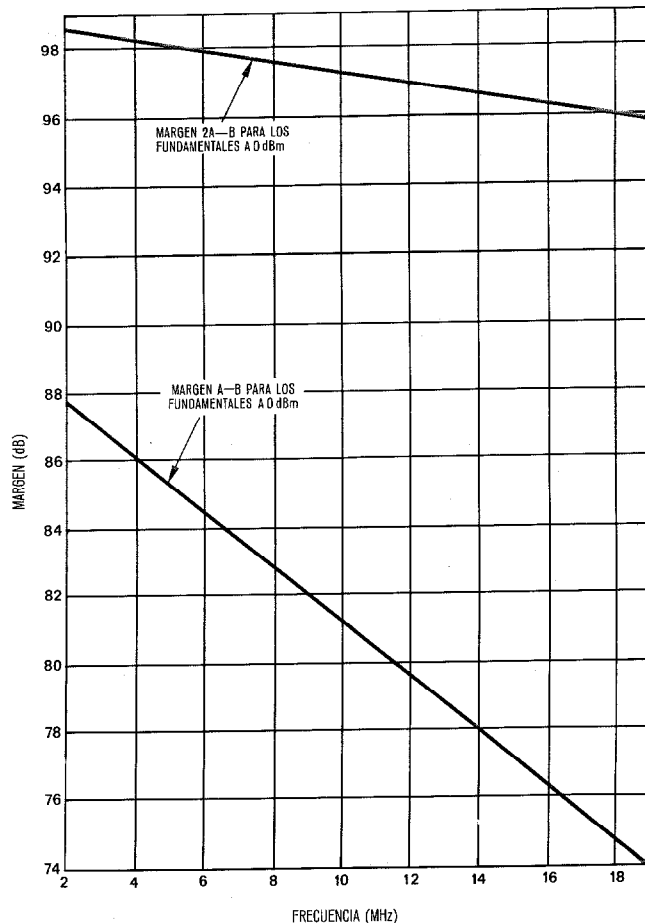


Fig. 13 Amplificador de la banda inferior. Márgenes 2A-B y A-B típicos/frecuencia.

Envejecimiento

El envejecimiento de ambos amplificadores se ha evaluado por medio de un análisis de computador. Esto ha sido posible mediante la utilización de técnicas precisas de simulación de componentes individuales, particularmente de los transistores y de la construcción del circuito [7]. En el amplificador de la banda superior, por ejemplo, en la que la influencia de los parásitos del circuito es mayor, se ha logrado un acuerdo con la ganancia exterior obtenida por medida dentro de 0,1 dB y un acuerdo con el comportamiento de bucle dentro de 1,5 dB y 5 grados hasta 500 MHz. Basados en el análisis de sensibilidad de estos modelos de circuitos y de los datos de envejecimiento de cada componente, la previsión de envejecimiento de la ganancia exterior del amplificador de la banda superior es 0,0032 dB y la del amplificador de la banda inferior es de 0,0085 dB ambas en 25 años.

Conclusiones

Se han descrito ambos amplificadores, de la banda superior e inferior, desde un punto de vista de diseño del circuito, tecnología y comportamiento. El funcionamiento requerido se consigue a base de una combinación de tecnología ya establecida como satisfactoria y nueva tecnología; la nueva tecnología se ha restringido al módulo central de los amplificadores de la banda superior en los que fueron necesarios nuevos componentes y técnicas de construcción.

Los resultados muestran que el objetivo de funcionamiento se ha cumplido con un margen adecuado. Esto asegura que el sistema NG es una ampliación de la gama de los sistemas de alta calidad actuales de STC.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a Mr. N. S. Cinderey quien realizó la mayor parte del trabajo experimental del amplificador de la banda superior, así como al desaparecido Mr. A. Russen quien desarrolló el concepto del desplazamiento adicional de fase.

Referencias

- [1] R. A. Hall y J. S. Dachele: El impacto de la tecnología en el diseño de amplificadores de banda ancha para sistemas coaxiales; *Comunicaciones Eléctricas*, 1973, volumen 48, números 1 y 2, págs. 51-58.
- [2] P. E. Radley, R. A. Hall, A. Russen y W. H. Powell: Investigations into Amplifiers for Future Wideband FDM Systems; *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers International Symposium on Circuits and Systems*, Munich, 27-29 abril 1976, págs. 447-480.
- [3] A. J. Bennett y G. A. Heath: Sistema de Repetidores Sumergidos para 1840 circuitos; *Comunicaciones Eléctricas*, 1971, volumen 46, n° 2, págs. 96-114.
- [4] D. Baker: Reliable Transistors for Submerged Systems; *Proceedings of the 7th European Solid State Device Research Conference*, septiembre 1977 (se publicará próximamente).
- [5] M. F. Holmes: Active Element in Submerged Repeaters: First Quarter Century; *Institution of Electrical Engineers Proceedings (IEE Reviews)*, octubre 1976, volumen 123, n° 1 OR, págs. 1081-1112.
- [6] D. O. Spiller: The Development of Precision Thin Film Resistors for Submerged Repeater Applications; *Proceedings of the First European Hybrid Microelectronics Conference*, Bad Homburg, 2-4 mayo 1977. También en *Electrocomponent Science and Technology*, 1978, volumen 5, n° 1, págs. 9-14.
- [7] C. J. Gilbert: Aplicación del diseño basado en ordenador a los amplificadores de banda ancha; *Comunicaciones Eléctricas*, 1973, volumen 48, números 1 y 2, págs. 59-62.

R. A. Hall nació en Gidea Park, Reino Unido, en 1930. Se graduó en Física obteniendo el BSc (Hons) en la Nottingham University en 1953, y se incorporó a Standard Telecommunication Laboratories trabajando principalmente en medidas en transistores y diseño de circuitos. Desde 1965 ha sido jefe de proyecto trabajando en diseño de amplificadores repetidores de FDM con especial interés en aspectos globales del sistema y fue el responsable de las etapas iniciales del desarrollo del amplificador NG banda superior.

Peter Radley nació en Burton-on-Trent, Inglaterra, en 1943. Se graduó (BA) en ingeniería en la Cambridge University en 1965 cuando ingresó en Standard Telecommunication Laboratories. Después de trabajar en técnicas microelectrónica híbrida, LSI y CAD, obtuvo el doctorado por su trabajo sobre diagramas de distribución de circuitos electrónicos (layout) con ayuda de ordenador, en la Cambridge University en 1972. Desde entonces ha trabajado en diseño de amplificadores de línea incluyendo análisis por ordenador y evaluación y especificación de transistores.

Actualmente es director del grupo de Sistemas Analógicos de Línea.

I. J. Hirst nació en Bradford en 1935. Obtuvo el "City and Guilds Full Technological Certificate in Telecommunications Engineering" en 1958, cuando ingresó en Standard Telephones and Cables como empleado del laboratorio de transmisión en North Woolwich, donde estuvo dedicado al diseño y desarrollo de repetidores sumergidos. Actualmente trabaja en STC, Greenwich, como ingeniero principal en el diseño de amplificadores repetidores.

A. T. Howard nació en Londres en 1942. Se graduó en física en Cambridge en 1964 e inmediatamente ingresó en STC, North Woolwich. Después de trabajar en el desarrollo de Equipo Terminal y Equipo de Pruebas, llegó a Jefe de Grupo de Amplificadores Repetidores en 1974. Actualmente está en STC, Greenwich, y es jefe del Grupo de Desarrollo de Amplificadores Repetidores.

Sistema de cable submarino NG-1: Igualación

Las frecuencias de transmisión más altas en el sistema NG-1 han creado nuevos problemas de igualación cuya solución ha llevado a dos sistemas ahora establecidos con éxito.

M. K. CHALK
G. J. STARMER

Standard Telephones and Cables Limited, Greenwich, Reino Unido

Introducción

Los igualadores sumergidos se utilizan para poder controlar la acumulación de desviaciones en las características de atenuación-frecuencia. Estas desviaciones vienen originadas porque la característica de los repetidores no es exactamente igual a la característica de pérdida del cable, y si no se controlan adecuadamente se van acumulando en cada repetidor hasta que los niveles de señal se apartan tanto del óptimo que se produce una degradación de la calidad de transmisión. En los sistemas NG-1 se evita este efecto introduciendo igualación cada 20 repetidores. Si bien es cierto que los principios en que se basa el diseño son comunes a otros sistemas de STC, para resolver los problemas de igualación se ha tenido que recurrir a soluciones nuevas, dadas las elevadas frecuencias transmitidas y el acortamiento de la distancia entre repetidores.

Descripción general

Los igualadores sumergidos están diseñados para que introduzcan en el sistema una atenuación ajustable y dependiente de la frecuencia, combinando redes de igualación fijas y variables. Parte de las desviaciones que se producen son predecibles y uniformes en cada sección, y se pueden eliminar mediante un igualador fijo que se construye e inserta en cada igualador sumergido durante la fabricación. Pero siempre quedan desviaciones peculiares de cada sección, e incluso algunas que no se pueden predecir hasta que se está tendiendo el sistema. El igualador variable se encarga de la eliminación de las desviaciones no uniformes y de las que no se pueden predecir. En los sistemas que manejaban frecuencias más bajas y, por tanto, mayor distancia entre repetidores se podían diseñar y construir durante el tendido todos los igualadores necesarios. En el caso de los sistemas NG-1, uno de cada dos igualadores sumergidos consecutivos viene equipado por completo de la fábrica, incluyendo los igualadores variables. De esta forma, los técnicos de a bordo disponen de tiempo suficiente para construir durante el tendido los restantes igualadores variables. Los igualadores variables construidos en fábrica se diseñan de forma que se adapten a las variaciones de cada sección, basándose en las medidas efectuadas en la fábrica sobre el cable y los repetidores; los igualadores construidos a bordo se adaptan asimismo a las variaciones de cada sección y además a cualquier efecto impredecible que se produzca al tender el cable.

Para construir un sistema de gran longitud, generalmente hay que realizar varios tendidos consecutivos. Al comenzar cada uno de ellos, y una vez que se ha empalmado el cable cargado en el barco con el extremo del tendido anterior, se pone en funcionamiento el sistema de

transmisión. De esta forma los técnicos de a bordo y de tierra pueden supervisar constantemente la transmisión, tanto para comprobar el funcionamiento correcto como para determinar la característica atenuación-frecuencia que deben presentar los igualadores variables que se construyan a bordo. Para facilitar estas medidas entre barco y tierra los igualadores sumergidos accesibles en el barco van dotados de puntos de prueba exteriores. Dado que los igualadores están alimentados, la seguridad de manejo se garantiza haciendo que todos los puntos accesibles estén al potencial de tierra del mar.

Al igual que los repetidores, las unidades eléctricas del igualador se disponen en contenedores especiales resistentes a la presión, diseñados para garantizar una protección eficaz contra el agua del mar hasta profundidades de 3500 brazas. A diferencia del repetidor, una de las tapas está diseñada para que se pueda desmontar a bordo y sacar la unidad igualadora para insertar redes de igualación variable. La fiabilidad y la velocidad son fundamentales, quedando reflejado en el diseño mecánico y en las operaciones de extracción, inserción del igualador variable, cierre y sellado hermético finales.

Construcción eléctrica

La construcción eléctrica consta básicamente de dos partes: el filtro separador de energía (FSE) y la unidad ajustable que consta de igualadores fijos y variables.

El filtro separador de energía (FSE)

La señal de alta frecuencia, portadora de información, se separa de la corriente continua por medio de una combinación de filtros paso-alto y paso-bajo. Se diseñan los filtros para trabajar con la impedancia nominal del cable, $54,4 \Omega$, y se protegen contra las sobretensiones mediante diodos protectores conectados en paralelo con los componentes críticos. Aunque los puntos de entrada del cable submarino se encuentran al voltaje del sistema, la señal se segrega al potencial de tierra del mar. Los extremos "D" y "F" mostrados en la figura 1 son, por convención, los extremos más próximos a los extremos "Desmontable" y "Fijo" del igualador sumergido. El extremo desmontable es el que se extrae del contenedor para insertar las redes de igualación variable.

La unidad ajustable

Con la unidad ajustable se lleva a cabo la igualación. El igualador fijo consta de varios circuitos en sección completa, diseñado cada uno para funcionar con una impedancia constante de $54,4 \Omega$. La característica de atenuación

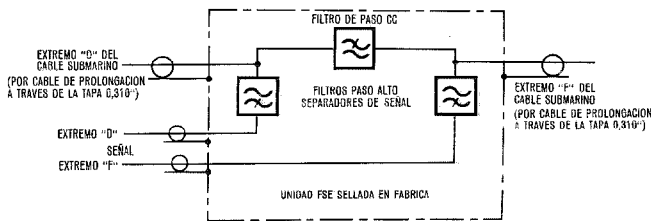


Fig. 1 Diagrama de bloques del filtro separador de energía (FSE) del igualador sumergido.

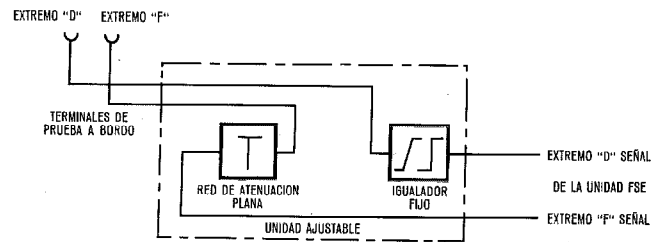


Fig. 2 Unidad ajustable antes de la inserción del igualador variable.

necesaria en el igualador fijo está basada en el promedio de medidas hechas en los repetidores y en el cable durante las primeras etapas de fabricación del sistema. Con la experiencia obtenida en el tendido de sistemas NG-1, se ha refinado el diseño con una estimación más precisa de las desviaciones medias y teniendo en cuenta, hasta cierto punto, los efectos del tendido.

Para construir los igualadores variables se utiliza un kit muy completo de componentes, tarjetas y datos de diseño. Dado que el tiempo es un factor muy importante – especialmente durante el tendido, cuando el más mínimo retraso puede dar lugar a importantes problemas de maniobra en el barco – el kit se ha pensado para que el diseño sea fácil, la construcción rápida y ágil, y sencilla la inserción en la unidad ajustable. Dentro de cada kit hay una amplia selección de redes resonantes simples y dobles, “crestas” y “senos” de atenuación, atenuación plana, y un juego de tarjetas completas que dan la característica atenuación-frecuencia del cable.

Los circuitos en semisección se utilizan para proporcionar características agudas, pero siempre que se puede, el diseñador suele incluir circuitos en sección completa T ponteadada que funcionan a $54,4 \Omega$, reduciendo así la interacción eléctrica.

Los igualadores accesibles a bordo vienen de la fábrica con un terminal de prueba exterior y una red de atenuación plana en lugar del igualador variable. Dicha red tiene una atenuación que es aproximadamente la del igualador variable y sirve para que, con los dos terminales en corto, los técnicos de a bordo puedan realizar medidas de extremo a extremo de varias secciones conectadas en tándem. Las figuras 2 y 3 muestran un diagrama de bloques de una unidad ajustable, antes y después de la inserción del igualador variable.

Construcción mecánica

Contenedor para resistir la presión

En muchos aspectos puede considerarse idéntico al que se utiliza para el repetidor NG-1. Los aspectos comunes más importantes son: el diámetro de la envoltura externa de acero, las tapas ajustables, las cámaras de empalme, los capuchones de los extremos y los anclajes del cable submarino. Gracias a ello, los técnicos de a bordo manejan los igualadores de la misma forma que los repetidores en las operaciones de carga en el barco, empalme al cable, apilado y, finalmente, tendido.

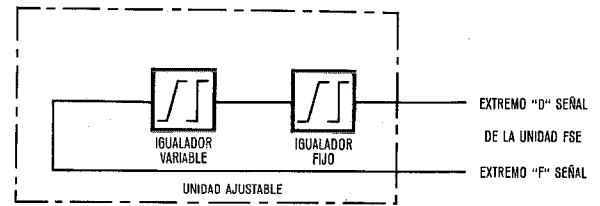


Fig. 3 Unidad ajustable tras la inserción del igualador variable.

A diferencia del repetidor, en el igualador se provee una tapa desmontable y un terminal de prueba en uno de los extremos del contenedor. La tapa “desmontable” sólo se diferencia de la “fija” en que lleva un portillo de acceso a través del cual se pasan los terminales de prueba de a bordo. Antes de realizar el tendido del igualador, se retiran los terminales y se sella el portillo, como parte del proceso de sellado final de la tapa. Los dos terminales de prueba acaban en conectores coaxiales hembra que se fijan en el interior de la cámara de empalme. Aunque se tiene acceso a los conectores a través del contenedor, aquéllos no sobresalen, por lo que quedan protegidos durante todas las operaciones de manejo. Al igual que los terminales de prueba, los conectores se desmontan también antes de tender el igualador. La utilización de un punto de prueba “a dos cables” – en lugar del único cable procedente de una red estrecha que se usaba en los sistemas a frecuencias inferiores – permite la interrogación de los niveles de transmisión directamente a la salida del igualador fijo, a la vez que se conserva la posibilidad de medida en la otra dirección de transmisión. Los igualadores sumergidos que contienen igualadores variables construidos en fábrica se embarcan ya sin los terminales en los conectores, y con el portillo sellado.

La cápsula del filtro separador de energía

El filtro separador de energía se aloja en una funda de latón, revestida con un grueso tubo de polietileno y sellado en ambos extremos con tapas. Esta unidad, sellada en fábrica, forma la cápsula de filtro separador de energía, la cual es similar en construcción y dimensiones a las cápsulas de la unidad de repetidor. Todos los puntos a alta tensión están dentro de esta cápsula para ofrecer garantías de seguridad cuando se trabaja con igualadores alimentados. Se dispone de entradas selladas: en el extremo “F” para el cable prolongador alimentado, y en el extremo “D” para el cable prolongador alimentado y para las dos vías de la señal portadora de información.

NG-1 Igualación

La unidad ajustable

Las distintas redes de igualación se alojan en una caja de latón, que a su vez se monta dentro de una caja de aluminio fundido. En el caso de los igualadores accesibles a bordo, los terminales de prueba van desde la caja de latón, a través de un orificio en la tapa de la caja de aluminio y de la tapa desmontable, hasta los conectores de prueba exteriores. Estos terminales se desmontan luego, y se sella mecánicamente la caja de aluminio, una vez que se ha introducido el igualador variable. Una función secundaria de la caja de aluminio fundido es contribuir a la robustez del conjunto estableciendo una continuidad mecánica entre la tapa desmontable y la cápsula del FSE.

Con relación a la construcción mecánica, el aspecto más original radica en la caja interior de latón y en las tarjetas del circuito igualador. En las primeras etapas del desarrollo del igualador sumergido del NG-1, resultó evidente que el alambrado convencional de componentes por conexiones enrolladas y la también convencional construcción con cajas de chapa, no podrían proporcionar ni un buen funcionamiento eléctrico ni la flexibilidad y velocidad necesarias en el diseño y fabricación de las redes de igualación. Por tanto se decidió utilizar componentes enchufables en tarjetas "pre-alambradas", que a su vez se enchufan en una caja de latón "pre-alambrada". Las dimensiones externas de cada tarjeta son idénticas, y se construyen a partir de una lámina de fibra de vidrio cobreada, con los terminales para los componentes fijados con ojetes en la cara no metalizada. Dichos terminales se interconectan mediante pequeñas cintas de latón, cuyas anchuras, junto con el espesor de la tarjeta, se han elegido de forma que tengan una impedancia de "strip-line" de aproximadamente $54,4 \Omega$. Cada terminal se recubre con soldadura, y posee una acción elástica que retiene el hilo de un componente sin soldar, ni necesidad de enrollarlo.

Los componentes se sacan de la caja de componentes del kit, y sus extremidades ya van cortadas según unas medidas específicas que valen para todas las tarjetas. La caja de latón dispone de posiciones preparadas para montar hasta 20 tarjetas, con un método de enchufado similar al utilizado para los terminales de componentes; a todo su largo hay terminales elásticos en los cuales se pueden insertar los conectores de las tarjetas y quedar retenidos sin necesidad de soldadura. Los técnicos de a bordo disponen de una caja de latón "de prueba" en la que se insertan y miden las tarjetas individuales y los igualadores variables a medio completar. Como se puede probar las tarjetas sin necesidad de soldar, se puede optimizar el diseño de cada red cambiando rápidamente los componentes. Una vez que se ha finalizado el diseño, se pueden soldar definitivamente los componentes sin tener que moverlos de sus posiciones. Las tarjetas se insertan a continuación en su posición definitiva dentro de la unidad ajustable, y si el comportamiento eléctrico del igualador variable completo es satisfactorio, se sueldan las tarjetas de forma ya permanente.

En la figura 4 aparece una tarjeta de igualador con los componentes montados, antes de soldar. La figura 5 muestra una unidad ajustable abierta, con la caja de latón abierta y un igualador variable completo colocado en su lugar correspondiente. Las primeras cinco tarjetas, a partir de la

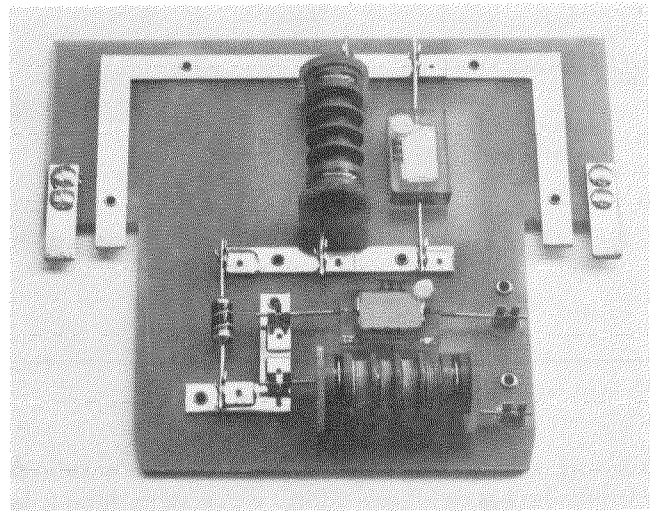


Fig. 4 Tarjeta alambrada del igualador.

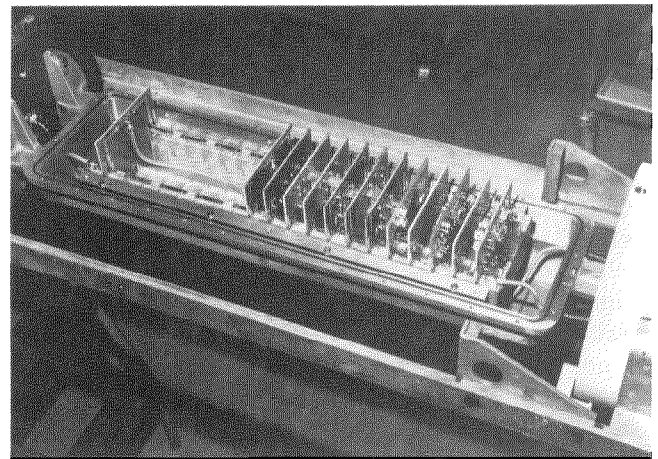


Fig. 5 Unidad ajustable abierta.

derecha, corresponden al igualador fijo (el igualador fijo se construye en tarjetas similares a las del variable, pero con los componentes enrollados y soldados en la fábrica).

Extracción y cierre de la unidad ajustable

Antes de tender cada igualador accesible, se lleva a un área limpia dentro del buque cablero y se coloca en un aparejo de manejo. En el extremo desmontable del contenedor se sueltan y separan los capuchones de los extremos, el cable y sus anclajes, la cámara de empalme y el anillo fiador de la tapa. La tapa desmontable se fija al mecanismo de extracción, lo cual permite sacar del contenedor la unidad ajustable. La caja de aluminio fundido se sujeta con la tapa desmontable por un extremo y por la cápsula FSE (todavía dentro de contenedor) por el otro. Se puede ahora abrir la caja de aluminio e insertar el igualador variable. La operación de cerrado es en general la inversa a la de extracción, excepto que la caja de aluminio fundido se sella herméticamente y que la tapa y el contenedor se protegen contra la presión del mar. El sistema de sellado de la tapa sufre una prueba de presión como comprobación antes de proceder al tendido.

Método de igualación de una sección oceánica

Margen de atenuación del igualador

Los igualadores sumergidos sólo contienen redes pasivas que proporcionan ciertas características de atenuación. Como las desviaciones entre las características del cable y del repetidor pueden dar lugar a ganancias o atenuaciones excesivas, ha de encontrarse algún método para que, al final de cada sección, los igualadores sólo tengan que eliminar el exceso de ganancia. Ello se consigue acortando el último tramo de cada sección. Una sección normal de cable tiene una atenuación de 35 dB a la frecuencia superior de 44,3 MHz, y el igualador se sitúa en el medio de un tramo acortado en una longitud de cable equivalente a una atenuación de 13 dB a 44,3 MHz.

Para lograr una igualación perfecta, la señal ha de abandonar una sección con el mismo nivel con el que entró, de forma que la ganancia total de los repetidores compense exactamente la atenuación del cable y el igualador sumergido. En condiciones ideales, en las que la ganancia de los repetidores fuera exactamente igual a la atenuación del respectivo tramo del cable, habría que diseñar el igualador para que tuviera una atenuación exactamente igual a los 13 dB de cable que falta. Para tener una atenuación básica adecuada para el diseño del igualador, se hace que cada repetidor tenga un exceso de ganancia en el extremo inferior de la banda. Con ello se tiene una atenuación nominal del igualador de 13 dB en el extremo superior de la banda con la forma de la característica atenuación-frecuencia del cable, y que baja hasta un mínimo de 6 dB en la parte inferior de la banda.

La atenuación total del igualador sumergido está formada por la atenuación intrínseca del FSE y la cápsula, la atenuación del igualador fijo y la atenuación del igualador variable. La atenuación del FSE y de la cápsula es inevitable, pero presentan una característica bastante suave que sube hasta 1 dB, aproximadamente, a 44,3 MHz. Al diseñar el igualador fijo se tiene buen cuidado de dejar un margen de atenuación suficiente para el diseño del igualador variable (la atenuación nominal de un igualador variable NG-1 puede variar de acuerdo con las exigencias de cada sistema, pero normalmente se elige 3 dB siguiendo la característica de atenuación-frecuencia del cable, más 3 dB de atenuación plana). Como la ganancia del repetidor no es la ideal, da lugar a que las exigencias de igualación de la sección sean menos regulares que la característica nominal, mucho más suave. En la figura 6 aparece un caso típico de las características de atenuación que se precisan, tanto para

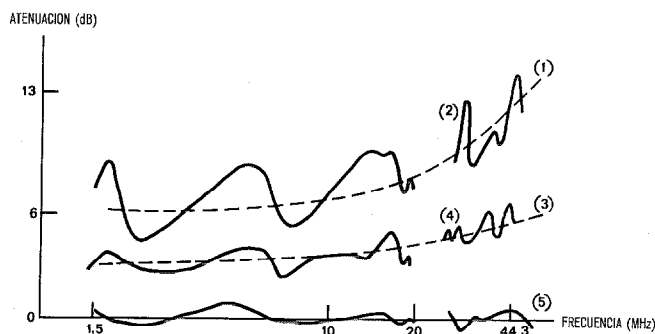


Fig. 6 Características de atenuación del igualador NG-1.

- 1 atenuación total nominal del igualador
- 2 característica global del igualador
- 3 atenuación nominal del igualador variable
- 4 característica del igualador variable
- 5 residuo tras la igualación

el igualador completo como para el igualador variable, habiendo deducido la atenuación del FSE, de la cápsula, y del igualador fijo. El valor residual, tras la igualación, se muestra como una línea característica alrededor del eje de 0 dB.

Cálculo del igualador variable de a bordo

En la figura 7 se representa la primera sección de un sistema NG-1. El igualador sumergido se muestra con los terminales de prueba y la red provisional de atenuación plana colocada, es decir, antes de insertar el igualador variable.

Llamando ED a la atenuación del igualador sumergido, medida entre el extremo "D" y el punto de prueba de a bordo, la atenuación del sistema entre la entrada del primer repetidor, R₁, y el extremo D del igualador será (M-A-ED) dB.

Llamando EO a la atenuación del igualador sumergido medida entre los extremos "D" y "F", sin la red plana en los terminales de a bordo, la atenuación del sistema entre el extremo "D" del igualador y la entrada del primer repetidor de la sección siguiente, R₂₁, será (EO + B) dB.

Llamando EV a la atenuación del igualador variable, la condición para una igualación ideal, (es decir, la atenuación total de la sección entre la entrada de R₁ a la de R₂₁ igual a cero) será:

$$M - A - ED + EO + B + EV = 0$$

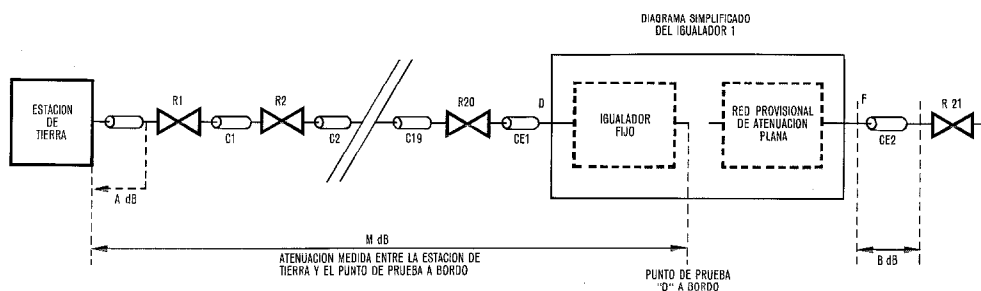


Fig. 7 Sección 1 con el igualador accesible en posición.

con lo que la característica del igualador variable será:

$$EV = A - B - EO - M + ED \text{ dB.}$$

Aunque aquí sólo se ha considerado la primera sección, se aplicarían los mismos principios de cálculo para los siguientes igualadores accesibles a bordo de las secciones 3, 5, 7, etc. La medida de M se ha de hacer antes de haber tendido todos los repetidores y los tramos de cable de la sección para así poder disponer de tiempo suficiente para diseñar, construir e insertar el igualador variable. Como la ganancia del repetidor es sensible a la temperatura, y la atenuación del cable depende de la temperatura y de la presión, hay que hacer una corrección para transformar la parte de la sección no tendida a las condiciones del lecho marino.

Principio de diseño del igualador variable

Antes de comenzar el diseño del igualador variable, se deduce la característica de atenuación deseable – en el caso de los igualadores accesibles a bordo, a partir de las medidas realizadas en el sistema real, y en el caso de igualadores construidos en fábrica, a partir de las medidas realizadas en fábrica. El procedimiento de diseño está basado en un método iterativo. La característica deseada se dibuja en un papel normalizado, al cual se superponen, mediante transparencias, una serie de curvas de diseño, hasta que el diseñador selecciona una red adecuada. Esta se construye inmediatamente utilizando componentes y una tarjeta del kit. Una vez ajustadas las bobinas, se mide la atenuación de la red, y se resta de la característica inicial. Como resultado, se obtiene una curva mucho más suave, que se convierte en el nuevo objetivo a cumplir. Se selecciona otra red y así continua el ciclo de selección, medida y sustracción hasta que se obtiene una atenuación residual que está dentro de unos límites aceptables.

En la práctica, el ciclo de diseño suele ser más complicado. Siempre que se puede, el diseñador intenta ahorrar tiempo construyendo en paralelo circuitos sencillos, que no se interfieren mutuamente. Como muchas de las redes utilizadas son del tipo semisección, tienen tendencia a influirse mutuamente, por lo que frecuentemente hay que hacer medidas de circuitos conectados en tándem, mejor que individualmente, para obtener la nueva característica a cumplir.

Existen ciertas reglas que sirven de guía al diseñador. Aunque se procura evitar una ganancia excesiva fuera de la banda, sólo se igualan las frecuencias dentro de las bandas de tráfico y de supervisión. No se usan mas circuitos de los necesarios para llevar la atenuación residual a un margen de valores de ± 1 dB alrededor de la línea de referencia; y no se intenta eliminar las crestas o senos a menos que sean superiores a 1 dB, o cuando se considera que no se podrían compensar adecuadamente si se les deja sin igualar hasta la siguiente sección accesible. En cualquier caso, el diseñador ha de aceptar una postura flexible para poder ajustarse a las muy variadas características que se van encontrando en las sucesivas secciones de diferentes sistemas. A bordo del buque cablero hay que velar especialmente por la rapidez y la precisión hasta que se completa el igualador de la última sección y queda satisfactoriamente tendido e igualado el sistema.

Funcionamiento de los sistemas tendidos

Hasta ahora se han tendido dos sistemas NG-1 con igualadores sumergidos, los cuales han quedado igualados satisfactoriamente. La original utilización de los componentes y tarjetas enchufables permitió una igualación más rápida, flexible y precisa de lo que se esperaba. En todos los casos las desviaciones en el extremo de la sección fueron típicamente inferiores a ± 1 dB y siempre menores de ± 2 dB.

M. K. Chalk nació en la República Federal de Alemania en 1949. Se graduó en Física en 1972 en el Imperial College, e ingresó en la División de Sistemas Sumergidos de STC en North Woolwich. Desde 1976 es Ingeniero Senior a cargo de distintos desarrollos de Repetidores e Igualadores Sumergidos.

G. J. Starmer nació en Londres en 1924. Tras prestar servicio durante la guerra en el Royal Corps of Signals de 1943 a 1948 se graduó en 1951 en la Universidad de Nottingham, con el grado de B.Sc. en Ingeniería Mecánica. Ingresó en el Laboratorio de Transmisión de North Woolwich (Londres) en 1951, trabajando inicialmente en el desarrollo mecánico de transmisores portátiles de microondas. Más tarde trabajó en todos los aspectos del desarrollo mecánico de Repetidores e Igualadores Sumergidos, actividad en la cual continua como Ingeniero Senior en Greenwich (Londres).

Sistema de cable submarino NG-1: Equipo terminal de transmisión

El equipo terminal de transmisión para el nuevo sistema representa una mejora sobre el equipo convencional recomendado por el CCITT, ya que puede manejar una banda de frecuencias mayor. Se han necesitado nuevos circuitos para poder cumplir los requisitos exigidos por la ancha banda de frecuencias.

A. J. STANBOROUGH

W. T. STRICKLAND

Standard Telephones and Cables Limited, Greenwich, Reino Unido

Introducción

El equipo terminal de los sistemas NG-1 para cable submarino es el encargado de conectar los sistemas terrestres al cable sumergido. Incluye asimismo los dispositivos de supervisión necesarios para poder realizar un eficaz mantenimiento del sistema.

Sus principales funciones son:

- Trasladar la banda MDF (múltiplex por división de frecuencia) de los sistemas terrestres al espectro de frecuencia adecuado para la transmisión submarina y viceversa.
- Proporcionar los medios para poder realizar un ajuste de los niveles de transmisión a lo largo del cable submarino, estableciendo la pre-acentuación óptima y adaptándose a una amplia gama de longitudes de la sección final. Cuando se instala el equipo se diseñan los igualadores necesarios para igualar la distorsión de atenuación residual del sistema. También se utiliza igualación variable para compensar los efectos de las variaciones de temperatura y de las eventuales reparaciones del cable submarino.
- Supervisar el funcionamiento tanto del propio terminal como del equipo sumergido mediante pilotos continuos, transmitidos desde el terminal. En algunos casos, si se origina un fallo cuya causa está en el equipo terminal, se produce una transferencia automática a un equipo de reserva. Generalmente se supervisa también el ruido del sistema y su carga total, a la salida del equipo receptor de banda ancha.

Asociados al terminal de transmisión hay una serie de equipos de transmisión típicos, tales como:

- Equipo de traslación según los planes del CCITT.
- Filtros de paso según normas CCITT.

También se dispone de un equipo de generación de frecuencias, del tipo utilizado para los sistemas terrestres de 60MHz, que se puede obtener de diversos fabricantes. Los aspectos esenciales radican en una estabilidad de frecuencia de 10^{-8} como mínimo, con un alto grado de pureza. En el sistema NG-1 se transmiten sin modular los pilotos de comparación de frecuencia, para poder comparar las frecuencias de 300 kHz ó 60kHz generadas en cada extremo del sistema. Hay también algunos equipos que realizan una sincronización automática de las frecuencias de los generadores de cada extremo del sistema.

Cada repetidor sumergido contiene un oscilador que genera una frecuencia dentro de la banda de supervisión. Su nivel y frecuencia se comprueba en los terminales por medio de equipos de medida selectiva de 100MHz, bien sea manualmente o automáticamente bajo control de una cinta o de un ordenador. Para supervisar estos sistemas se ha desarrollado un equipo automático especial controlado por cinta.

Equipo múltiplex

El equipo múltiplex representa el nexo de unión entre el interfaz del sistema y el equipo de banda ancha. En general, el tipo de interfaz determinará la capacidad del sistema.

El equipo sumergido tiene una anchura de banda de unos 17MHz en cada sentido de transmisión, por lo que puede transmitir cuatro grupos cuaternarios (o cuatro agregados de 15 grupos secundarios), trece grupos terciarios ó 69 grupos secundarios, utilizando en cada caso el equipo múltiplex adecuado.

Sistemas de 60 grupos secundarios

En los sistemas que transmiten grupos cuaternarios básicos en la banda 8516kHz-12.388kHz o agregados de 15 grupos secundarios N° 3 en la banda 8620kHz-12.336kHz, las cuatro entradas se trasladan, mediante la portadora adecuada, en un equipo de traslación de hipergrupo especialmente diseñado. Las portadoras de 39.600, 44.000, 48.400 y 52.800kHz, todas ellas múltiplos enteros de la portadora primaria de 2200kHz, trasladan los grupos cuaternarios a la banda 27.212kHz-44.284kHz, o los agregados de 15 grupos secundarios a la banda 27.264-44.180kHz.

Cuando el interfaz es un agregado de 15 grupos secundarios N° 1, con una banda de frecuencia de 312kHz a 4028kHz, las cuatro entradas se trasladan previamente con una portadora de 12.648 kHz a la banda 8620kHz-12.336kHz.

Sistemas de 65 grupos secundarios

Cuando el interfaz es un grupo terciario básico, de 812kHz a 2044kHz, se puede reducir la separación entre grupos cuaternarios a 88kHz, como entre grupos terciarios en el grupo cuaternario básico.

Doce grupos terciarios se trasladan de la forma normal a cuatro grupos cuaternarios básicos, utilizando nuestro equipo de traslación de grupo terciario, para ser a continuación nuevamente trasladados en el equipo de traslación de hipergrupo especialmente diseñado, pero utilizando ahora 39.600kHz y 52.800kHz igual que en el caso anterior, y 43.560kHz y 48.840kHz obtenidos de la frecuencia portadora primaria de 440kHz. Con estas portadoras se obtiene un espectro de frecuencia que deja un espacio en el medio, justamente con la anchura de banda precisa para otro grupo terciario.

Este grupo terciario básico se traslada, en un equipo de traslación subequipado, mediante la portadora de grupo terciario de 11.880kHz a la banda 9836-11.068kHz, siendo de nuevo trasladado mediante la portadora del sis-

NG-1 Equipo transmisión

tema de 46.200 kHz al espectro banda base. Los 13 grupos terciarios quedan así espaciados 88 kHz.

Sistemas de 69 grupos secundarios

Para sistemas de gran longitud resulta económico disponer de la capacidad necesaria para cursar un mayor volumen de tráfico, a costa de introducir más complejidad en el equipo terminal. Se elige entonces un interfaz a nivel de grupo secundario, disponiendo todos los grupos secundarios a lo largo de la banda de frecuencia transmitida, con una separación de 8 kHz entre grupos secundarios.

Se ha desarrollado un nuevo equipo de traslación de sub-hipergupo, en el cual entran ocho bloques de nueve grupos secundarios dispuestos como grupos secundarios 4-12, con una banda de frecuencia 812 kHz-3036 kHz.

Cuatro bloques se trasladan con una portadora de 11.684 kHz y el resto con una portadora de 13.916 kHz. Las salidas se combinan por parejas para formar cuatro bloques de 18 grupos secundarios en la banda de frecuencias 8648-13.104 kHz.

Los cuatro bloques se trasladan a continuación en el equipo especial de traslación de hipergrupo, pero utilizando como portadoras 39.556, 44.020, 48.484 y 52.848 kHz, todas las cuales se obtienen de osciladores enclavados en fase con la frecuencia primaria de 124 kHz. Los tres grupos secundarios inferiores quedan sin equipar, por lo que la banda base resultante para los 69 grupos secundarios va de 27.196 kHz a 44.300 kHz. No obstante, se pueden añadir uno o dos de estos grupos secundarios cuando el comportamiento de la línea lo permita.

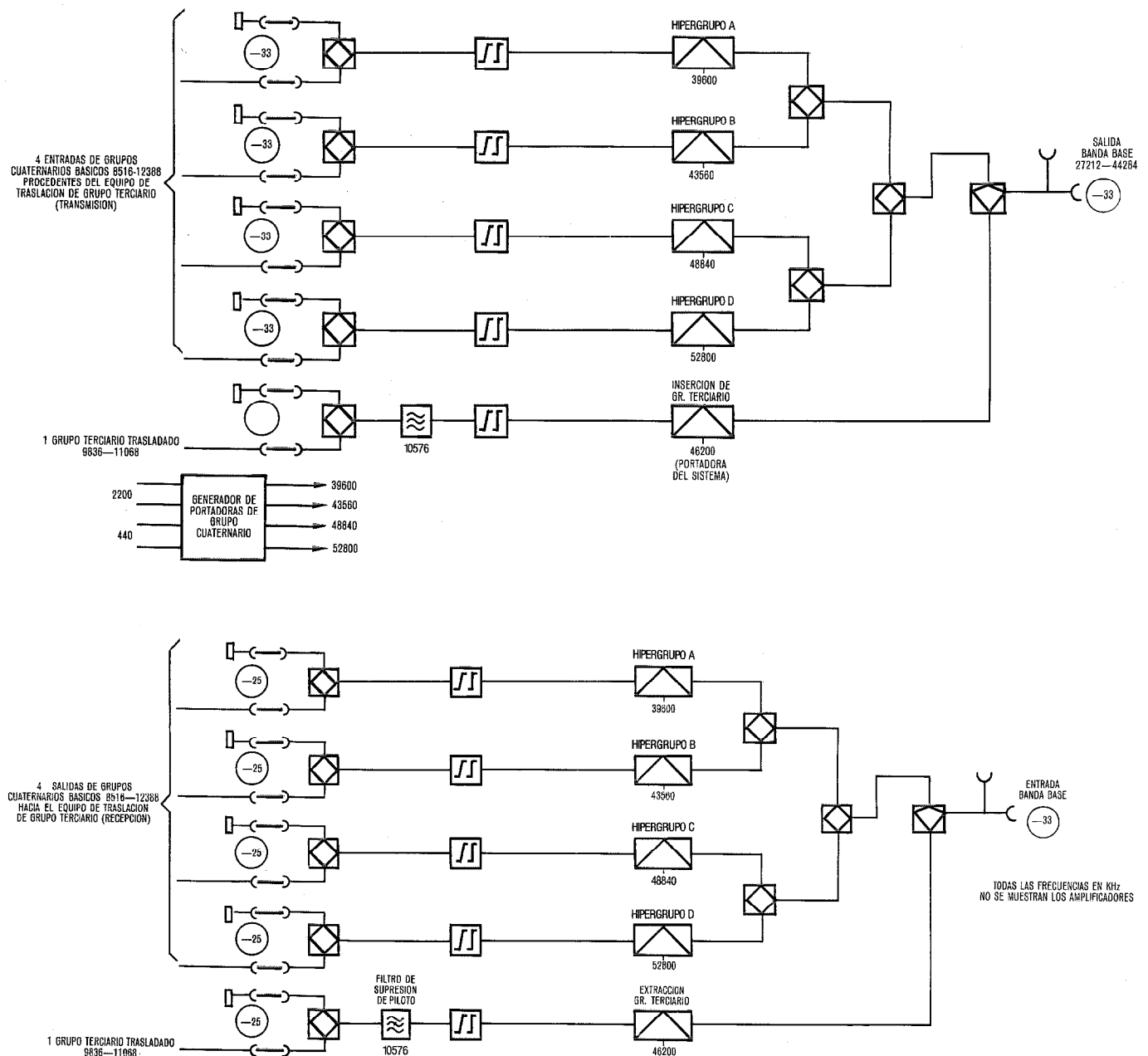


Fig. 1 Diagrama de bloques de un equipo típico de traslación de hipergrupo de 65 grupos secundarios. Niveles en dBr.

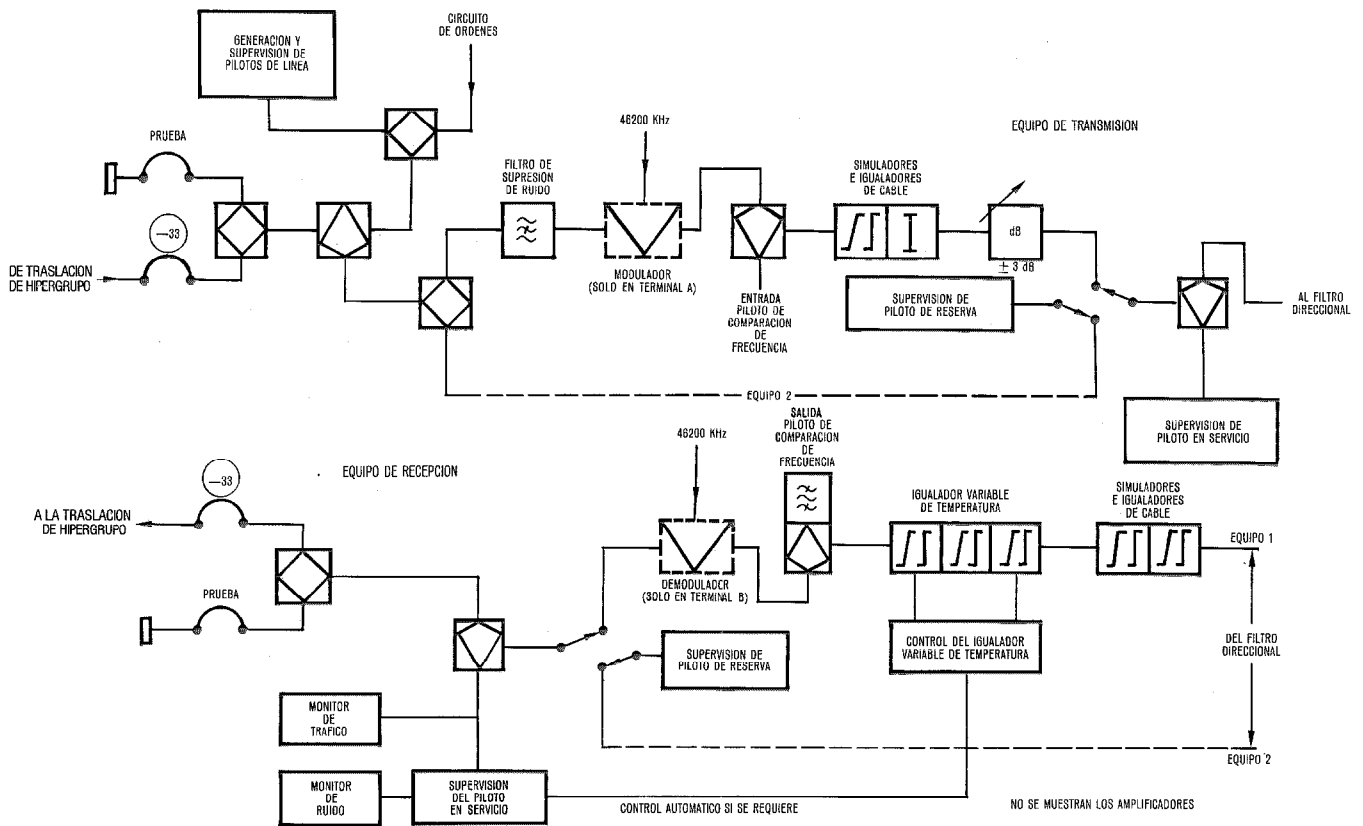


Fig. 2 Diagrama del equipo de transmisión de banda ancha.

Equipo común

En la figura 1 aparece un diagrama de bloques del equipo especial de traslación de hipergrupo. Se puede observar que hay dos entradas a -33 dB para cada bloque de tráfico, cada una de las cuales puede abrirse sacando una clavija "U". El correspondiente a la entrada principal queda protegido mediante arandelas atornilladas contra maniobras accidentales. La otra entrada se utiliza para pruebas o eventualmente para reencaminar tráfico.

El circuito de órdenes se puede combinar con el tráfico en la banda 12.648-12.696 kHz, excepto en la opción de 69 grupos secundarios, en la cual se usa 12.576-12.608 kHz.

El modulador que sigue puede utilizar cualquiera de las portadoras mencionadas más arriba, dependiendo la elección de la capacidad del sistema. Las bandas de paso de los filtros se escogen de manera que puedan albergar todo el margen de frecuencia correspondiente a los bloques de tráfico y las frecuencias portadoras, más los circuitos de órdenes, siendo la excepción el grupo terciario adicional, en el que se necesita una anchura de banda de sólo 1320 kHz.

El tráfico trasladado es amplificado antes de combinarse en la banda base mediante redes pasivas. Se evita así la interacción de los filtros de selección y se mejora la fiabilidad, ya que si falla una de las unidades activas sólo se pierde la cuarta parte del tráfico, aproximadamente.

En el sentido de recepción el equipo es similar, añadiéndose además los medios necesarios para la igualación fina del equipo sumergido y del equipo terminal.

Este equipo es mejor que nuestro equipo convencional de traslación de grupo cuaternario según normas CCITT, porque acepta un margen de frecuencias de entrada y portadoras mucho mayor, y porque elimina la gran separación que existe entre los grupos cuaternarios 9 y 10 del espectro de 60 MHz. Además el equipo puede manejar una carga superior, con canales de 3 kHz, cada uno de ellos con una potencia media de -12 dBm0. El ruido total de cada pareja de traslaciones generalmente no excede los 30pW0p.

El equipo de traslación de sub-hipergrupo utiliza un equipo de configuración similar a la del especial para traslación de hipergrupo.

Equipo de banda ancha

Este equipo se encarga de llevar al cable submarino el tráfico que se ha organizado en el múltiplex. La figura 2 lo muestra en forma de diagrama.

El tráfico procedente del equipo especial de traslación de hipergrupo, a un nivel de -33 dB, pasa a través de un dispositivo de entrada parecido al que ya se describió para el equipo de hipergrupo, y es luego combinado con los tres pilotos de línea de 27.076, 35.624 y 44.424 kHz y, en ciertos sistemas, también con el circuito de órdenes.

Las señales pasan a continuación por un filtro agudo de banda eliminada de 44.470 kHz, disponiendo así de una banda que no arrastra ningún ruido procedente de los sistemas terrestres o del equipo múltiplex. Dicha banda se supervisa en el extremo receptor distante para así conocer el ruido producido en la sección de banda ancha.

En el terminal "A" se traslada la banda base completa, con la portadora de 46.200 kHz, a la banda de 1776 kHz a 19296 kHz, la cual se transmite por el cable hasta el terminal "B" en donde es de nuevo trasladada a la banda base utilizando otra portadora de 46.200 kHz.

Los pilotos de línea se extraen a la salida del equipo receptor de banda ancha, con fines de supervisión. En este punto también se supervisa la carga total del sistema y el ruido en una banda de 1,5 kHz centrada en 44.470 kHz (1730 kHz en la banda inferior de frecuencia). En algunos sistemas este es asimismo el punto en el que se segregan los circuitos de órdenes.

Igualación del sistema

Aparte de la igualación del cable, descrito en otro artículo de este número por Chalk y Starmer (págs. 138-142), en el terminal de transmisión se incluyen las redes necesarias para que se obtengan los niveles correctos en el primer repetidor para longitudes de sección terminal de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ de la longitud de la sección normal de cable. Dichas redes sirven también para establecer la necesaria pre-acentuación del repetidor. En el sentido de recepción se dispone de redes similares para compensar la longitud de la sección terminal y hacer la de-acentuación del sistema.

Para compensar los efectos de las reparaciones en el cable, se puede aumentar la ganancia de los terminales transmisor y receptor hasta 10 dB en el extremo superior de la banda inferior en el sentido A-B, y hasta 15 dB en el extremo superior de la banda superior en el sentido B-A, creciendo la ganancia a otras frecuencias proporcionalmente a la ley de variación de la atenuación del cable. El ajuste se realiza mediante redes que se añaden a los circuitos de sección terminal y pre-acentuación.

Los ajustes mencionados se realizan por medio de simuladores de cable cuya respuesta es la de variación de atenuación con la frecuencia en el cable. Hay simuladores con atenuación en la frecuencia superior de cada banda de 8, 4, 2 y 1 dB, con una sección adicional de 0,5 dB para la banda inferior.

Hay además igualadores de cable con respuesta inversa a la de los simuladores de cable, pero con pendiente de 2 dB y 6 dB en la banda superior y de 4 dB y 6 dB en la banda inferior. Combinando los simuladores de cable, los igualadores y atenuadores de capa gruesa ponteables se puede enviar y recibir una amplia gama de niveles en los sentidos de transmisión y recepción, respectivamente.

La igualación residual en banda ancha se lleva a cabo en dos etapas. La primera etapa de igualación se realiza en la fábrica para garantizar la respuesta correcta en el equipo terminal de banda ancha. En muchos casos, y debido a las estrictas tolerancias de fabricación conseguidas, no es necesaria esta etapa; pero esta etapa se hace siempre necesaria, y es su principal misión en el caso de sistemas de banda

ancha duplicados, en los que hay que adaptar las dos vías con una tolerancia de 0,25 dB.

La segunda etapa de igualación se necesita durante la instalación y puesta en servicio del sistema, cuando se iguala finalmente la respuesta en frecuencia del equipo sumergido y del terminal mediante un kit de construcción de igualadores, para así proporcionar una respuesta mejor que ± 2 dB con relación a la frecuencia central. En los sistemas instalados hasta ahora se han conseguido respuestas mejores que ± 1 dB.

Por tanto, en los sistemas con vías duplicadas hay que construir dos igualadores idénticos.

La igualación residual del sistema se suele realizar sólo en el terminal de recepción, aunque en ciertos sistemas se mejoran las características de ruido si una parte de la igualación se inserta en la vía de transmisión.

La porción del sistema sumergido que se halla en aguas no profundas experimenta variaciones estacionales de la temperatura que hacen variar la atenuación del cable. En aquellos sistemas en que tal variación llega a ser grande, se utilizan repetidores compensados para contrarrestar el cambio de la atenuación del cable.

Cualquier error residual originado en esta compensación, o la propia variación de la atenuación del cable, en los sistemas no compensados, se iguala en los terminales mediante redes conmutables en pasos de 0,5 dB. En el terminal transmisor hay un atenuador conmutado con un margen de ± 3 dB. El conmutador controla la corriente que circula por dos parejas de termistores en las ramas variables de un atenuador en "T" ponteada, manteniéndose los termistores a una temperatura ambiente constante de 50 °C.

El igualador de temperatura en la vía de recepción también es conmutable, pero en los sistemas futuros probablemente será automático y continuo. Dentro de la opción conmutable, los igualadores se conmutan de forma que se mantengan los pilotos dentro de $\pm 0,3$ dB de su nivel nominal; en el caso automático, el igualador estará controlado por los pilotos de línea recibidos.

Duplicación

El equipo de banda ancha que se ha descrito aquí está diseñado para funcionar en solitario o en la versión con duplicación con cambio automático en caso de fallo de la vía en servicio. Tradicionalmente, los sistemas de corta distancia y de aguas no profundas han utilizado sistemas sin duplicación, pero los sistemas de media y larga distancia, y los que llevan tráfico intercontinental utilizan equipo de banda ancha duplicado, en razón del alto grado de fiabilidad requerido.

En el caso de equipo de banda ancha duplicado, las vías de tráfico se separan mediante híbridas simétricas y alimentan dos vías de banda ancha independientes. Esta operación se lleva a cabo a la entrada del equipo de transmisión, tras la inyección del piloto y el circuito de órdenes; y en el equipo de recepción inmediatamente después de los filtros direccionales. Para mantener la misma fase en las dos vías, se pone un transformador inversor de fase tras una de las salidas híbridas a 4 hilos.

A la salida de cada vía se conecta un conmutador de estado sólido.

Filtro direccional

Este equipo enlaza el equipo de transmisión de banda ancha y el filtro de separación de energía (del equipo de alimentación) que se conecta directamente al cable submarino (Fig. 3).

En cada terminal se separan los dos sentidos de transmisión mediante un filtro direccional paso bajo/paso alto. El filtro de los terminales de los sistemas NG-1 es idéntico al de los repetidores, pero la tapa y la base se construyen en latón.

Con el fin de reducir el riesgo de interferencias procedentes de fuentes exteriores, el equipo del filtro direccional va alojado dentro de los armazones de alimentación, debajo de los filtros separadores de energía, para que los cables de interconexión sean cortos.

En todos los sistemas se duplican los filtros direccionales de los terminales, con un mecanismo manual de conmutación. La conexión entre el extremo a 2 hilos del filtro direccional y el filtro separador de energía se realiza a través de una clavija coaxial en U que selecciona el filtro direccional en funcionamiento, una autoinducción coaxial y un punto de prueba protegido. La impedancia del circuito en este punto es de 50 ohms. Para poder realizar medidas, con el sistema fuera de servicio, sobre el cable submarino o sobre el filtro direccional, se incluye una red adaptadora de 50 a 75 ohms, la cual se selecciona mediante otra posición de la clavija en "U".

Las vías a 4 hilos de los filtros direccionales se conectan a híbridas asimétricas, que también transforman la impedancia a 75 ohms. Las vías de alta atenuación de las híbridas se utilizan para la inyección y extracción de los pilotos del cable y frecuencias de supervisión.

La vía de baja atenuación de la híbrida de transmisión se conecta al armazón de transmisión de banda ancha, y la híbrida de recepción al primer amplificador de recepción adyacente. En el caso de equipos de banda ancha duplicados, la salida en recepción se divide en partes iguales mediante una híbrida simétrica, y cada una de las señales resultantes se envía a su correspondiente primer amplificador.

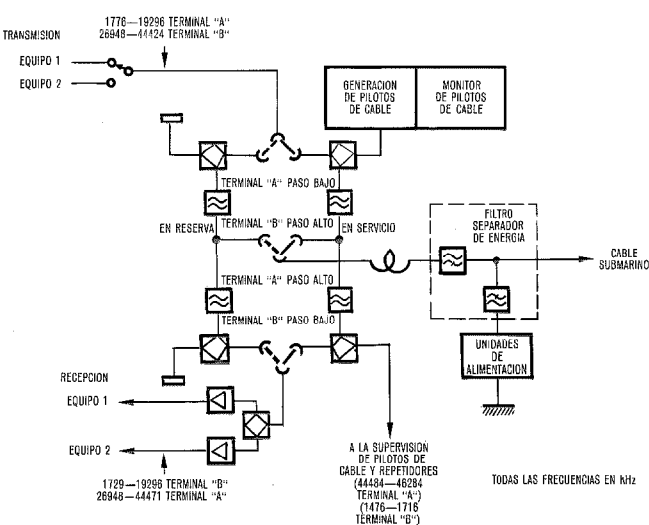


Fig. 3 Filtro direccional. Esquema lógico.

Circuitos de órdenes

Dada la gran anchura de banda de los sistemas NG-1, se puede disponer de un grupo hasta doce circuitos para los circuitos de órdenes en los sistemas de 60 y 65 grupos secundarios, aunque en la mayoría de los casos basta con tres circuitos. Los circuitos de audio se trasladan, mediante un equipo de traslación convencional, a la banda 504-552 kHz. En una segunda etapa de traslación con una portadora de grupo terciario de 13.200 kHz, se obtiene la banda de 12.648-12.696 kHz, la cual puede combinarse con la banda de tráfico a la entrada de equipo de traslación de hipergrupo.

Otro procedimiento puede ser trasladar por separado la banda de órdenes a 26.904-26.952 kHz con una portadora de 39.600 kHz antes de proceder a la combinación con la banda de tráfico a la entrada del equipo de banda ancha.

Para los sistemas de 69 grupos secundarios son similares las etapas de traslación, utilizando una portadora de 13.128 kHz en lugar de 13.200, y una portadora de 39.556 para la traslación final. El número máximo de circuitos es 8. Los circuitos se pueden utilizar para comunicaciones entre terminales o ser prolongados hasta terminales metropolitanos, a través de otros sistemas.

Supervisión de los repetidores sumergidos

Para la supervisión de los tonos que se reciben de los repetidores sumergidos se suele usar un medidor selectivo de nivel que se maneja manualmente. Distintos fabricantes suministran instrumentos adecuados, que funcionan hasta 100 MHz. Estos medidores de nivel pueden formar parte de equipos automáticos complejos, controlados por cinta u ordenador, especialmente adecuados para aplicaciones de larga distancia.

Desarrollo de circuitos

A causa del elevado margen de frecuencias que se usa en este sistema ha habido que desarrollar varios circuitos nuevos, los más importantes de los cuales se describen a continuación.

Circuitos de conmutación, control y disparo

En los sistemas en que se requiere duplicación del equipo de banda ancha o de hipergrupo, la transferencia de uno a otro se lleva a cabo por medio de un conmutador actuado por una unidad de control de transferencia, alimentada por circuitos de disparo que supervisan los pilotos extremos de las vías de transmisión en funcionamiento y en reserva.

Según se ilustra en la figura 4, se separan los pilotos y se trasladan a una frecuencia común de 1776 kHz, y a través de un filtro de cristal de banda estrecha, que elimina los vestigios de tráfico, pasan a los disparadores. Cuando el nivel de cualquier piloto cambia más de 2,5 dB, se envía una señal de corriente continua a la unidad de control.

Tarjeta de control

La finalidad de esta tarjeta es discernir si la señal procedente de los disparadores se debe a un fallo del generador de pilotos. Esta función se realiza por medio de circuitos

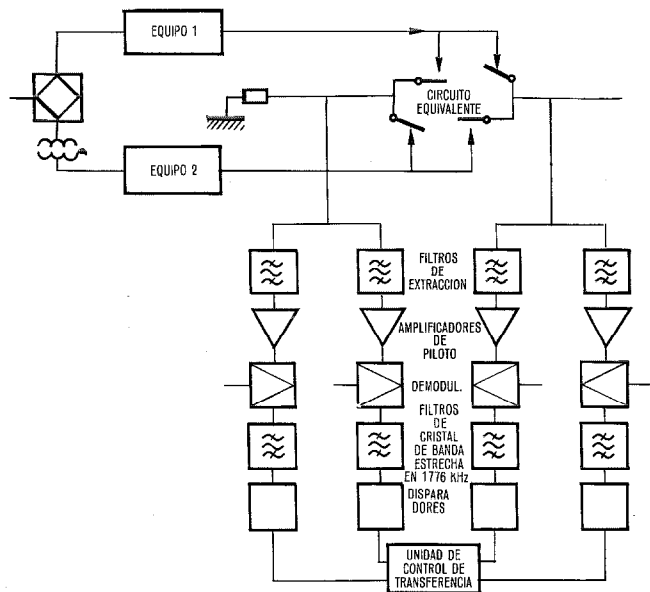


Fig.4 Método de extracción de pilotos.

de retardo en todas las entradas procedentes de los disparadores, y una comparación de los pilotos que aparentemente han fallado. Así, por ejemplo, si el piloto alto desaparece de la vía en servicio, hay que realizar la transferencia, pero si dicho piloto desaparece en ambas vías, se interpreta que ha habido un fallo en el oscilador de piloto, y no se realiza la transferencia. En tal caso el sistema queda aún protegido por el piloto bajo.

La transferencia también se puede controlar manualmente en las operaciones rutinarias de mantenimiento. Unos diodos electroluminiscentes indican la vía que funciona y la que ha fallado. Se producen alarmas cuando falla cualquiera de las dos. Se puede seleccionar una reposición automática o manual.

Para trabajos rutinarios de mantenimiento, se puede sacar esta tarjeta sin afectar al tráfico.

Conmutador de transferencia

Es un conmutador electrónico que funciona en el margen de 1,5 a 46 MHz. La atenuación es inferior a 1 dB en la vía de paso, y el aislamiento de diafonía superior a 50 dB.

Consta de 4 módulos de conmutadores con continuidad, es decir, que cierran el nuevo circuito antes de abrir el antiguo, cada uno de ellos formado por dos diodos en serie y un transistor paralelo. Las polarizaciones están temporizadas para garantizar que en la transferencia se cierre el nuevo circuito antes de abrirse el antiguo, y también para tener un control secuencial de los elementos en serie y en paralelo. Esta función la controla un impulso procedente de la tarjeta de control cuando uno o los dos pilotos de la vía en servicio experimenta una variación superior a 2,5 dB. A la salida hay un filtro paso alto que elimina cualquier transitorio de baja frecuencia que pueda aparecer en la vía de transmisión debido al cambio de polarización.

En caso de fallo en la vía en servicio, el equipo realiza la transferencia y restauración en menos de 10 ms.

Modulador y demodulador del sistema

Constan de una unidad moduladora, un filtro de baja frecuencia y un filtro de alta frecuencia. Las unidades van montadas en un chasis. Se precisa un apantallamiento muy cuidadoso para reducir la diafonía a la frecuencia portadora, pues se requiere un aislamiento de 120 dB.

Unidad moduladora

Los moduladores utilizan un puente de transistores con transformadores equilibrados. Los transistores se disponen en base común, con baja impedancia de entrada, consiguiendo la impedancia de 75 ohms requerida por medio de 4 resistencias colocadas en serie con los emisores. La impedancia de salida es alta, y la impedancia de 75 ohms queda definida por dos resistencias equilibradas en los colectores. Los transistores son apareados sobre un único sustrato, con una alta F_T y una baja C_{cb} .

La frecuencia portadora se distribuye a un nivel de -10 dBm y es amplificada hasta el nivel necesario para conmutar los transistores adecuadamente. El amplificador utiliza realimentación de colector a emisor para poder proporcionar una impedancia de salida baja y reducir así la contribución de la unidad moduladora al ruido en el sistema. Se coloca un termistor en el atenuador de salida para compensar las características atenuación/temperatura de los filtros y la unidad moduladora.

En todos los moduladores y demoduladores del sistema se utiliza la misma unidad moduladora.

Amplificador terminal para la banda inferior

Este amplificador funciona en el margen de frecuencias de 1,5 a 20 MHz con una ganancia de 20 dB y una dispersión inferior a 0,25 dB. El nivel de sobrecarga para un tono simple es de +22 dBm. Se ensambla sobre una tarjeta de doble cara y se monta en una caja de latón. Los transistores de salida se refrigeran mediante disipadores exteriores.

El amplificador es un circuito emisor común a tres etapas, con acoplamiento capacitivo. En todas las etapas hay realimentación local. La etapa de salida se realiza con una configuración Darlington. La realimentación negativa global se toma de los colectores de salida y, a través de la red β y los devanados de realimentación del transformador de entrada, se lleva a la base del transistor de la primera etapa. La realimentación también da lugar a una impedancia de entrada de 75 ohms. La impedancia de salida se complementa con una resistencia para dar una impedancia de 75 ohms tras el transformador híbrido asimétrico de salida. Este transformador proporciona también un punto de prueba a 10 dB por debajo de la salida principal.

Amplificador terminal para la banda superior

Este amplificador funciona en el margen de frecuencias de 26 a 44,5 MHz, con una ganancia de 20 dB y una dispersión inferior a 0,25 dB. El nivel de sobrecarga para un tono simple es de +22 dBm.

El amplificador es un circuito emisor común a 3 etapas que utiliza transistores NPN de silicio epitaxial-planar. Las tres etapas se acoplan capacitivamente. La primera y la tercera etapas tienen realimentación local. La realimenta-

ción general se toma del colector de la etapa de salida y, a través de la red β , se lleva al emisor de la primera etapa. El bucle de realimentación es muy corto y se utilizan componentes con pocas fugas parásitas.

La impedancia de salida queda determinada por la realimentación, utilizándose una híbrida asimétrica para dar la salida y un punto de prueba 10 dB por debajo de la salida principal.

Igualador terminal función de la temperatura y ajustable

En los sistemas NG puestos en servicio este igualador se opera manualmente en pasos de 0,5 dB a las frecuencias de los dos pilotos extremos y el piloto central. Se utilizan tres igualadores de Bode en semisección para la banda inferior, y dos igualadores y un atenuador para la banda superior (Fig. 5). Se puede controlar independientemente cada uno de ellos, de acuerdo con la indicación del monitor de piloto adecuado.

Los elementos variables en todas las secciones del igualador y en el atenuador son termistores caldecados indirectamente. Se pueden alambrear fácilmente en el circuito con conexiones cortas, lo cual es esencial en alta frecuencia, y se pueden controlar desde una fuente CC. Se utiliza una fuente regulada de 5V con un conmutador de varias posi-

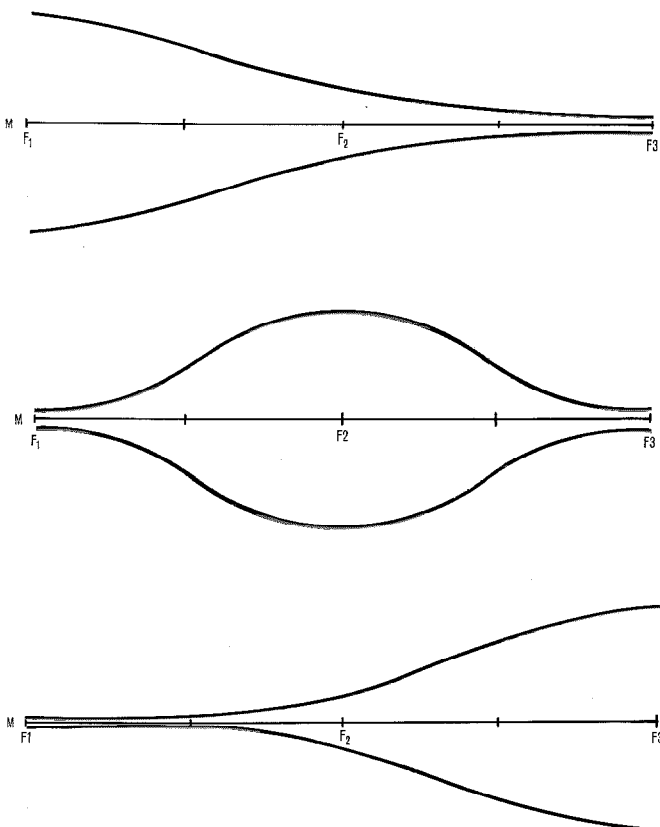


Fig. 5 Características de las redes ajustables de igualación con la temperatura.

Pilotos	Banda inferior	Banda superior
F1	1776 kHz	27 076 kHz
F2	10 576 kHz	35 624 kHz
F3	19 124 kHz	44 424 kHz

ciones y una resistencia ajustable para cada posición. Estas últimas se ajustan para dar la atenuación apropiada en el igualador en cada posición del conmutador. Este igualador responde lentamente a los cambios súbitos por lo que no aparecen transitorios de conmutación en la vía de transmisión.

Los igualadores y/o el atenuador se montan en una caja de temperatura controlada para eliminar el efecto de los cambios de la temperatura ambiente sobre los termistores.

En los sistemas futuros se podrá disponer de un igualador variable con la temperatura controlado automáticamente por los pilotos del sistema.

Generación de portadoras

Todas las frecuencias portadoras para este sistema se obtienen a partir de las frecuencias primarias de 124, 440 y 2200 kHz.

Se utilizan dos tipos de circuitos: generadores de armónicos y osciladores con bucle de enclavamiento de fase (Figs. 6 y 7), los cuales dan un factor de ruido mejor que los generadores de armónicos de orden superior.

Práctica de equipo

El equipo terminal de transmisión se aloja en bastidores STC del tipo Mark 6, conocido generalmente como Práctica de Equipo 62 del British Post Office [1].

Ha habido que tomar ciertas precauciones para adaptar esta práctica de equipo a las altas frecuencias del sistema NG-1. Para minimizar la diafonía y la interferencia externa, todos los circuitos que requieren apantallamiento eléctrico se alojan en cajas de latón que se montan en chasis o tarjetas enchufables.

Las tarjetas y unidades de alta frecuencia se interconectan con cable coaxial terminadas con conectores rígidos que dan una reflexión muy pequeña en las frecuencias utilizadas. Las figuras 8, 9 y 10 muestran fotografías del equipo instalado.

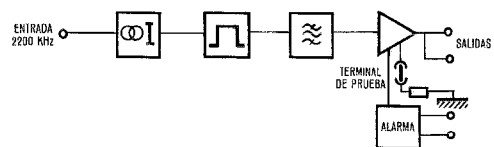


Fig. 6 Diagrama de bloques del generador de armónicos.

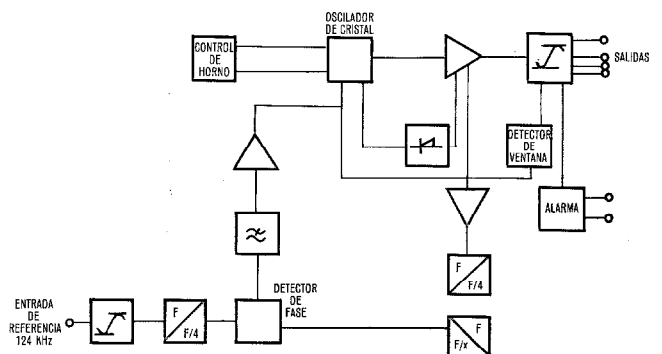


Fig. 7 Diagrama de bloques del oscilador enclavado en fase.

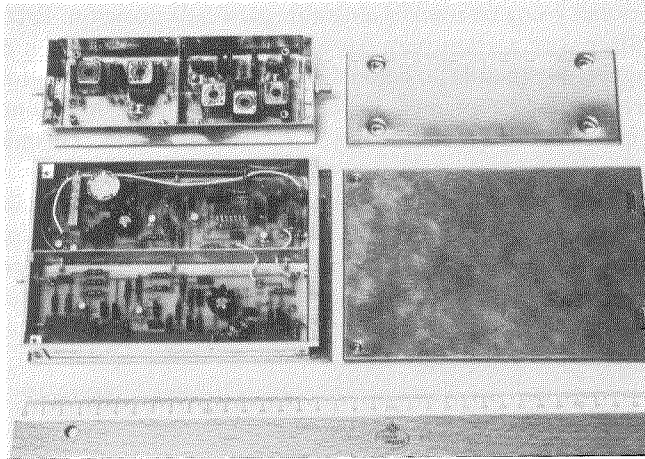


Fig. 8 Vista interior de dos cajas con apantallamiento del sistema NG-1.

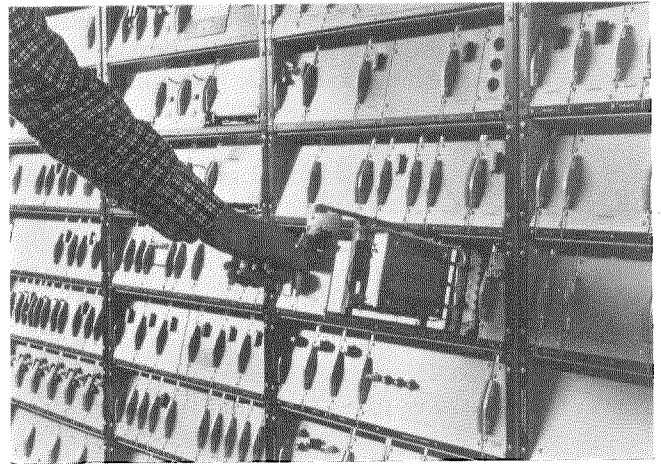


Fig. 10 Primer plano de una fila NG-1. La tarjeta parcialmente extraída corresponde al amplificador de alta frecuencia.

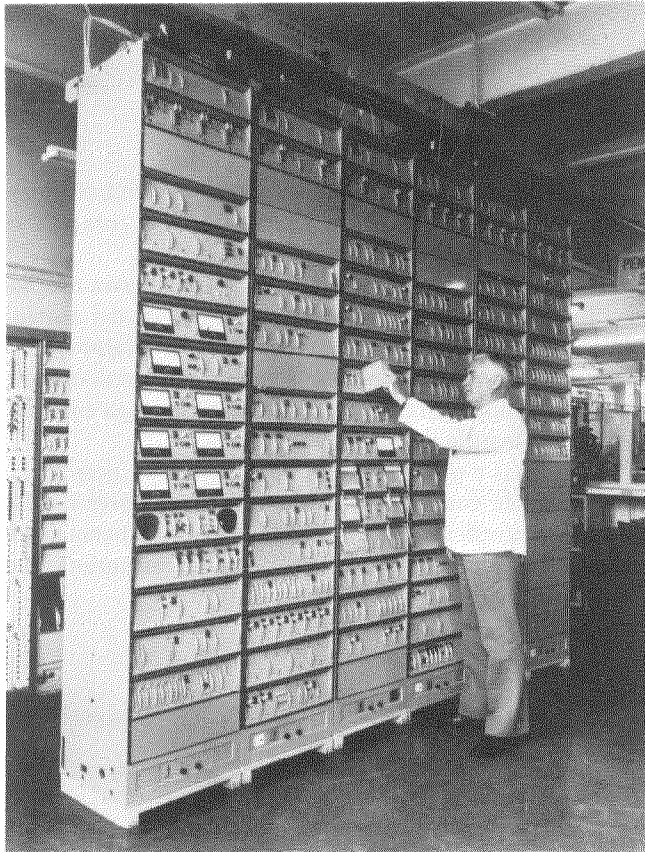


Fig. 9 Fila de bastidores NG-1 típica.

Agradecimiento

Los autores agradecen a sus colegas de la división de cables submarinos y de la división electrónica de STC, su participación en el estudio y la realización del nuevo sistema.

Referencias

- [1] M. E. Collier: Transistor Carrier Multiplex Equipment; Part 2 – Deep-Rack Construction (Mark 6 Multiplex); Electrical Communication, 1965, volumen 40, n° 1, págs. 48–73.

A. J. Stanborough nació en Londres en 1936. Tras prestar servicio en la Royal Air Force ingresó en AEI Ltd en 1958 como estudiante en prácticas. Participó en el diseño y desarrollo de Equipos Múltiplex y de Transmisión Terrestre de FDM hasta 1968. Se le hizo luego responsable de la Ingeniería de Sistemas del Equipo Terminal de Sistemas de Cable Submarino en Submarine Cables Ltd, que luego se intergraría en STC en 1970. Desde 1973, se ha encargado de la Ingeniería de Sistemas y del desarrollo del Equipo de Transmisión utilizado en los terminales de los Sistemas de Cable NG. Es Chartered Engineer y miembro del IEE.

W. T. Strickland nació en Inglaterra en 1920. Siendo todavía estudiante ingresó en STC en 1937. Su entrenamiento y estudios simultáneos continuaron hasta su graduación en 1942. Trabajó en la Ingeniería de Sistemas de los primeros Sistemas Coaxiales y en Desarrollos de Circuitos. En 1955 se convirtió en Corporate Member del IEE y Chartered Engineer. Desde 1965 dirige la Sección de Laboratorio que desarrolla Equipo Terminal de Transmisión para Sistemas Submarinos.

Sistema de cable submarino NG-1: Equipo de telealimentación

Basado en un diseño ampliamente experimentado, el equipo de telealimentación para el sistema NG-1 puede suministrar corrientes de hasta 500 mA a tensiones de hasta 2,5 kV. La transferencia automática a equipos de reserva activos garantiza en todo momento la continuidad del servicio en caso de avería.

S. M. ALI

A. F. JALES

Standard Telephones and Cables Limited, Greenwich, Reino Unido

Introducción

El equipo de telealimentación desarrollado para el sistema de cable submarino NG-1 se ha basado en un diseño muy experimentado que ya se ha utilizado en otros sistemas de corta distancia. Se trata de un equipo compacto que puede alimentar sistemas que requieran corrientes hasta 500 mA y voltajes hasta 2,5 kV, y que dispone de transferencia automática a otro equipo de reserva activo ("hot transfer"), facilitando así la continuidad del suministro en caso que falle alguna parte del equipo de telealimentación.

Telealimentación del sistema

Los amplificadores de los repetidores del sistema de cable submarino se telealimentan con una corriente continua controlada con gran precisión, que circula por el conductor central del cable; la vía de retorno queda establecida a través del mar utilizando tomas de tierra especiales en cada terminal. En cada repetidor se equipa una unidad de protección que contiene un diodo zener, en el cual se origina un voltaje que es el que alimenta a los amplificadores.

Un filtro separador de energía separa las señales de transmisión de la corriente continua.

La figura 1 muestra como se alimenta el cable desde ambos extremos mediante los Circuitos de Alimentación N° 1, mientras que los N° 2 alimentan una carga ficticia, ajustada de forma que los Circuitos de Alimentación N° 2, de reserva, están funcionando al mismo voltaje que los Circuitos de Alimentación N° 1. Así, en caso de fallo de uno cualquiera de los Circuitos de Alimentación en servicio, el circuito de reserva se puede hacer cargo del sistema automáticamente. Los detalles se explican más adelante.

Los dispositivos de puesta a tierra de cada terminal incorporan una Unidad de Protección de Tierra, cuya misión es proteger la conexión de tierra, cuyo fallo podría resultar peligroso, al quedar el Circuito de Alimentación flotando por encima del potencial de tierra. La Unidad de Protección de Tierra contiene una vía secundaria de tierra (a la que se desvía la corriente automáticamente, en caso de fallo de la tierra principal), una alarma de fallo de tierra y un monitor de tierra (que indica el estado de la tierra).

Cuando se alimenta un sistema de cable submarino desde ambos extremos, uno de los equipos de telealimentación suministrará un voltaje positivo a la línea, mientras que el del otro extremo suministrará un voltaje negativo, dando como resultado la distribución de voltaje a lo largo del cable que muestra la figura 2.

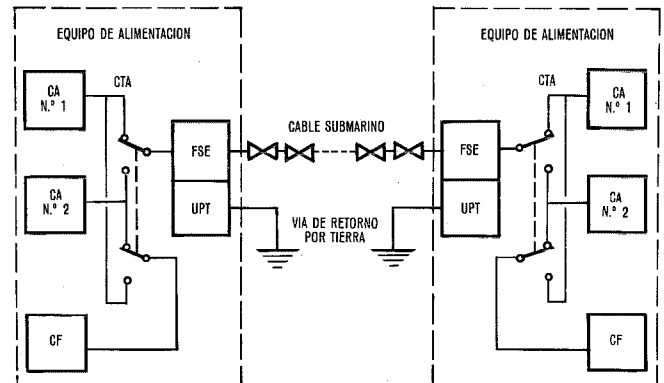


Fig. 1 Esquema del dispositivo de telealimentación por ambos extremos utilizado en el sistema de cable submarino NG-1.

- CA - Circuito de alimentación
- CF - Carga ficticia
- CTA - Conmutador de transferencia activa
- FSE - Filtro separador de energía
- UPT - Unidad de protección de tierra

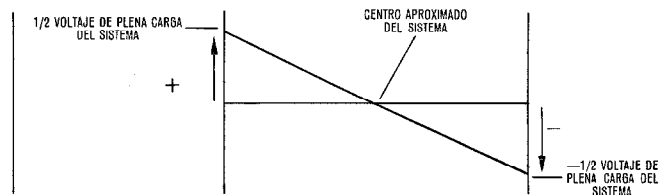


Fig. 2 Distribución de voltaje entre los dos extremos del sistema NG-1.

Al utilizar este procedimiento, en el que el cable se alimenta con una corriente constante desde cada extremo, y para garantizar que el voltaje se comparte por igual entre los dos terminales, uno de los terminales funciona con una característica de corriente constante según el modo de funcionamiento denominado "Principal" (Master), mientras que el otro terminal funciona con una característica corriente/voltaje especial en el modo denominado "subordinado" (slave).

Funcionamiento Principal/Subordinado en la alimentación por ambos extremos

Dos equipos de alimentación de corriente constante sólo pueden funcionar en serie si están regulados al mismo valor de corriente de salida. Por ello, no es fácil alimentar un ca-

ble submarino desde ambos extremos con equipos de corriente constante, ya que éstos deberían poseer unas características de regulación idénticas.

En el método de telealimentación que se ha adoptado, sólo uno de los extremos (el principal) funciona con una característica de corriente constante, mientras que el otro extremo (el subordinado) funciona en los alrededores del punto C en el segmento BCD de la característica ABCDE de la figura 3. El equipo del extremo principal regula su voltaje de salida para controlar correctamente la corriente de línea, mientras que el subordinado simplemente funciona a un voltaje de salida predeterminado y no ejerce ningún control sobre la corriente de línea.

Si se produjera un fallo total del equipo de telealimentación en el extremo principal, el extremo subordinado pasaría automáticamente a hacerse cargo de la alimentación de todo el sistema, cambiando al modo de funcionamiento "principal" (corriente constante) en el punto E de la figura 3.

Descripción del Circuito de Alimentación

Este circuito suministra una corriente continua constante obtenida a partir de la batería de la estación, utilizando un regulador por conmutación a 400Hz. Se mantiene la constancia de la corriente mediante un circuito de control en bucle cerrado, con impulsos modulados en anchura. En la figura 4 aparece un diagrama de bloques de este circuito.

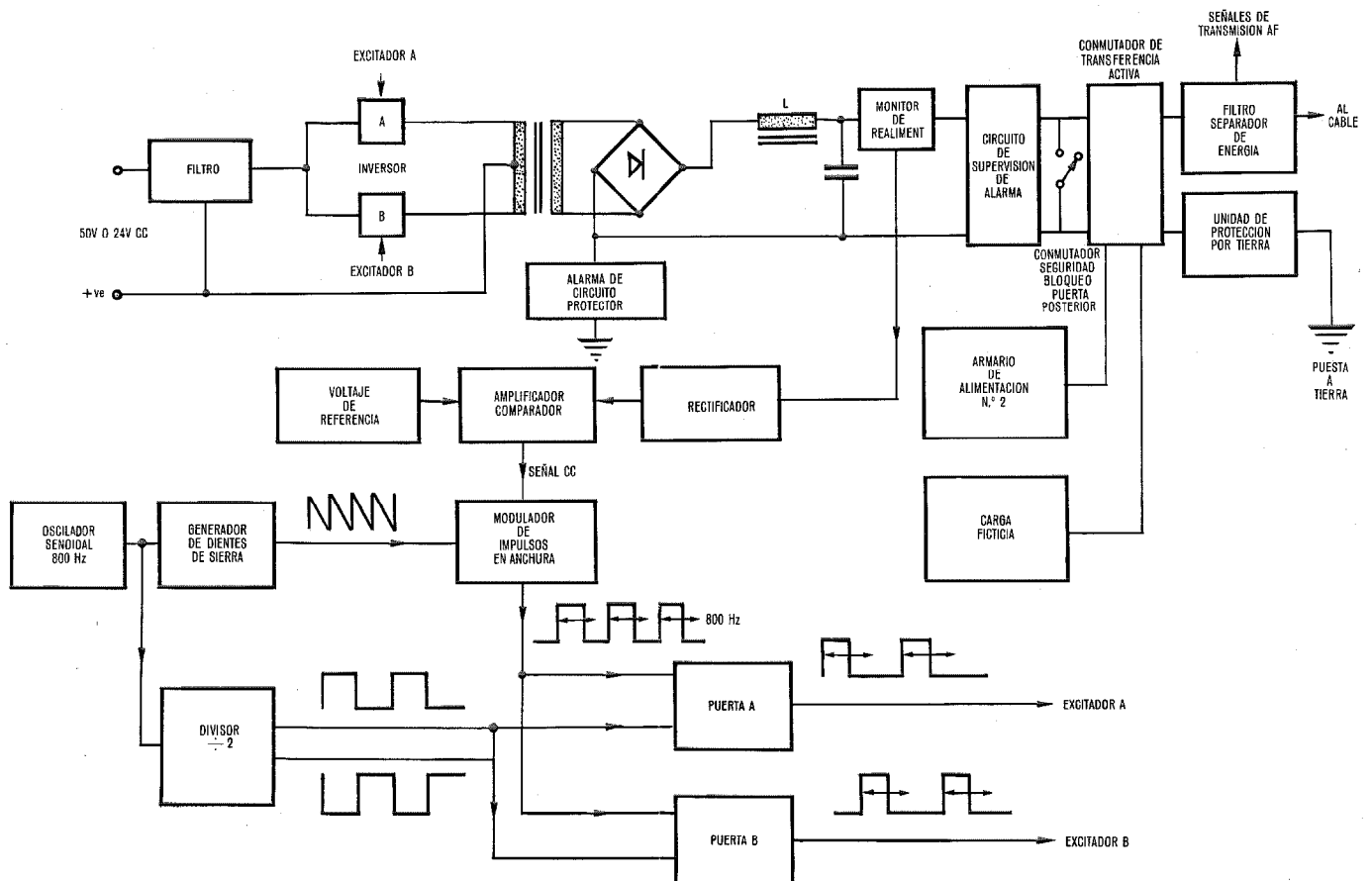


Fig. 4 Diagrama de bloques de los circuitos de alimentación y control.

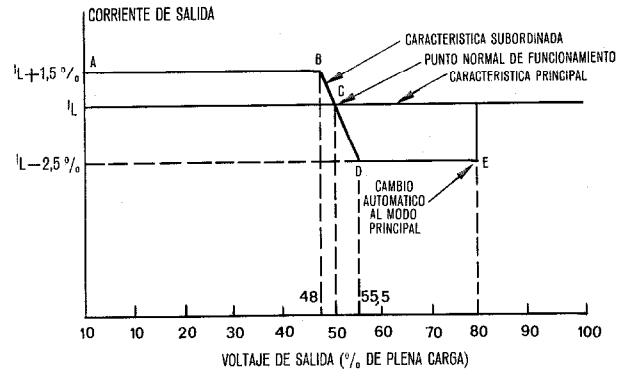


Fig. 3 Característica principal/subordinada típica, que muestra los puntos de funcionamiento para un sistema telealimentado por ambos extremos.

Circuito de potencia

La corriente continua procedente de la batería de la estación pasa por un filtro alisador (que impide el retorno de ruido hacia la batería) y llega a un inversor que está modulado por la anchura de los impulsos de 400Hz. La salida del inversor pasa por un transformador, para elevar la tensión hasta el valor deseado, realizándose a continuación una rectificación de onda completa y un alisamiento. La

corriente continua así obtenida pasa sucesivamente por el monitor de realimentación, los circuitos de supervisión de alarmas, el conmutador de transferencia activa y el filtro separador de energía, para entrar finalmente en el cable, estableciéndose la vía de retorno a través de la unidad de protección de tierra.

El inversor consta fundamentalmente de dos circuitos de transistores A y B, y un transformador con una toma central. Los transistores abren y cierran el circuito alternativamente, dando lugar a una forma de onda como la de la figura 5, viniendo determinada la anchura de los impulsos por las necesidades de la carga. Cuando no conduce ninguno de los dos transistores, la corriente se mantiene constante gracias a la energía almacenada en la autoinducción L (fig. 4).

Circuito de control

El monitor de realimentación contiene un oscilador de 10kHz que genera una señal cuya amplitud es propor-

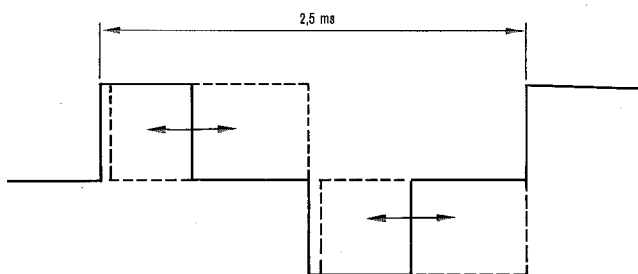


Fig. 5 Forma de onda del voltaje en el secundario del transformador inversor.

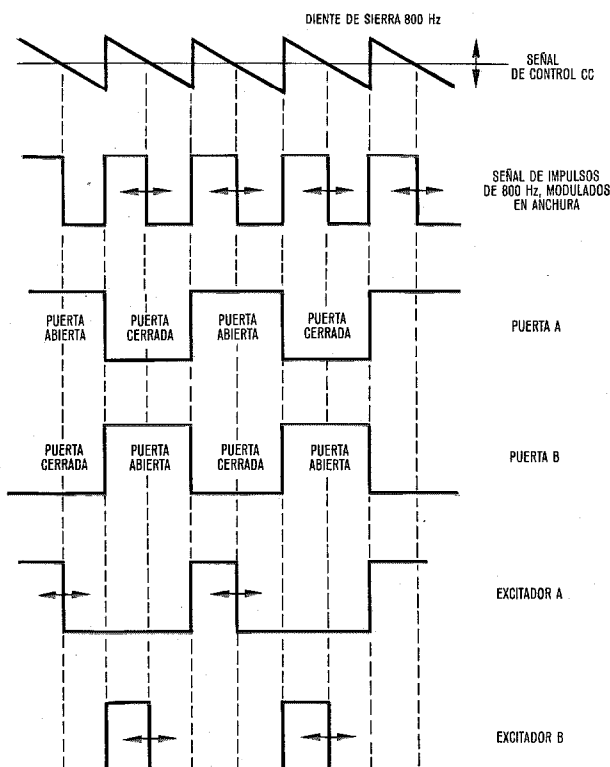


Fig. 6 Formas de onda de control con impulsos modulados en anchura.

nal a la corriente de salida del Circuito de Alimentación. La salida del monitor se rectifica y amplifica para dar un voltaje continuo proporcional a la corriente del Circuito de Alimentación; una posterior comparación con un voltaje de referencia en un amplificador comparador da lugar a una señal de error de corriente continua. Esta señal, a su vez, se compara con una señal en diente de sierra de 800Hz en un modulador de anchura de impulsos, dando como resultado un tren de impulsos de anchura variable, a 800Hz. Estos impulsos pasan a continuación por dos puertas que se abren alternativamente con una cadencia de 400Hz, produciendo así sendas señales de excitación con impulsos de anchura variable, las cuales se utilizan para controlar el periodo de conducción de los transistores del inversor (véase Fig. 6).

Alarmas

Las misiones de las alarmas son proteger el equipo de telealimentación y vigilar las condiciones de corriente y voltaje que se están aplicando al sistema de cable submarino; dar una alerta visual local y externa; y desconectar la fuente de alimentación cuando dichas condiciones sobrepasan los límites de seguridad establecidos para el sistema, evitando así el daño que de otra manera podría infligirse al cable o a los repetidores sumergidos.

Algunas alarmas están duplicadas para garantizar una protección adecuada del sistema en todo momento. En las tablas 1 y 2 se da, para cada alarma, la función realizada y el umbral de actuación.

Medios de supervisión

Diversos instrumentos acompañan al equipo para poder supervisar el funcionamiento del sistema:

- Registradores: Suministran un registro gráfico continuo de las corrientes de salida dentro de un margen de $\pm 15\%$ respecto del valor nominal; y de los voltajes de salida en un margen 0-150%.
- Voltímetros: Indican continuamente los valores de las tensiones de salida.
- Amperímetros: Indican continuamente los valores de las corrientes de salida.
- Medidor digital de panel: Mediante un conmutador, esta unidad se puede utilizar, junto con resistencias estándar de 1 Ω para realizar una medida precisa de las corrientes de salida. También, utilizando divisores de tensión, se puede realizar una medida precisa de los voltajes de salida.
- Conectores para medida: Para realizar medidas de la tensión y la corriente de salida mediante un voltímetro exterior.

Transferencia activa

El término transferencia activa ("hot transfer") se utiliza aquí para denominar la acción por la que se desconecta del

Tabla 1 - Alarmas del equipo de telealimentación

Alarma	Función	Nivel de alarma y acción	Nivel de alarma y acción	Nivel de alarma y acción
Alarmas de corriente duplicada	Detectar desviaciones de la corriente nominal de salida del equipo de alimentación. Se ajustan a la corriente de plena carga del sistema.	$\pm 2\%$ Demorada. Reponible. No urgente. Inicia la transferencia automática a la unidad de alimentación de reserva.	-10% Reponible. No urgente. Inicia la transferencia automática a la unidad de alimentación de reserva.	$+10\%$ Desconecta la unidad de alimentación. Urgente. Inicia la transferencia automática a la unidad de alimentación de reserva.
Alarmas de voltaje	Detectar desviaciones del voltaje nominal de salida del equipo de alimentación. Se ajustan a la mitad del voltaje de plena carga o al voltaje de plena carga del sistema.	-10% Reponible. No urgente.	$+10\%$ Demorada Reponible. No urgente.	
Alarmas de voltaje duplicado	Detectar desviaciones del voltaje nominal de salida del equipo de alimentación. Ajustadas al voltaje de plena carga del sistema.	-20% Cambio automático del modo subordinado al principal al cambiar de funcionamiento por los dos extremos a funcionamiento desde un solo extremo.	$+20\%$ (Ampliable a $+40\%$): Desconexión de la unidad de alimentación. Urgente. Inicia la transferencia automática a la unidad de alimentación de reserva. $+40\%$ Permite la operación del sistema en condiciones de funcionamiento adversas.	
Alarma de voltaje diferencial	Detectar desequilibrios de voltaje entre las unidades en servicio y en reserva.	-25% Inhibe la transferencia a la unidad de alimentación de reserva. Urgente.	$+25\%$ Inhibe la transferencia a la unidad de alimentación de reserva.	
Alarma de desequilibrio de corriente de tierra	Detectar un desequilibrio entre la corriente de línea y de tierra.	-1% Reponible. No urgente.	$+1\%$ Reponible No urgente.	

cable submarino la unidad de telealimentación en servicio, sustituyéndola por la de reserva, sin interrupción de la alimentación del sistema. La lógica necesaria para realizar esta función se diseña de forma que la transferencia pueda realizarse manual o automáticamente. Dentro de la misma lógica se incluye el mecanismo para evitar que se realice una transferencia activa cuando se ha experimentado un fallo en el cable submarino o en la unidad de alimentación de reserva.

Seguridad personal

Dado que en este equipo se manejan voltajes peligrosos para la vida humana, todas las partes de alta tensión se hallan completamente encerradas. Sólo se puede acceder a ellas cuando las condiciones de los circuitos son seguras. Para ello existe una serie de llaves y cerraduras codificadas. Todas las puertas por las que se llega a las partes de alta tensión del equipo llevan asimismo unos interruptores de se-

guridad que cortocircuitan la unidad en cuanto se abre una puerta.

Construcción mecánica

Cada armario consta de un bastidor de acero soldado, con paneles laterales de acero y puertas posteriores con bisagras. Sus dimensiones son 2,28 m de alto, 0,6 m de ancho y 0,48 m de fondo. Los circuitos de alarma y control se construyen en unidades modulares enchufables montadas en la parte frontal del equipo para facilitar el acceso para operaciones de mantenimiento, mientras que los circuitos de alta tensión se montan en la parte posterior del equipo. Dichos circuitos, por razones de seguridad, no son enchufables, sino que se alambran de forma permanente a sus circuitos de alarma. Los terminales de telealimentación no duplicados constan de un solo armario, mientras que los terminales duplicados descritos en este artículo requieren dos armarios.

Tabla 2 - Alarmas adicionales del equipo de telealimentación

Alarma	Función	Acción
Alarma de extracción de sub-unidad	Detectar la extracción de una sub-unidad	Dependiendo de la importancia de la sub-unidad de que se trate se provocará la desconexión de una unidad de alimentación, con alarma urgente e iniciación de la transferencia automática; o tan sólo se dará una alarma no urgente.
Fallo del transistor de potencia	Detectar el fallo de un transistor, o una sobrecarga del circuito.	Desconecta la unidad de alimentación. Alarma urgente. Inicia la transferencia automática a la unidad de alimentación de reserva.
Alarma de circuito protector	Límitar el voltaje, dentro de un nivel de seguridad, entre la masa de la unidad de alimentación y la tierra de la estación.	Desconecta la unidad de alimentación. Alarma urgente. Inicia la transferencia automática a la unidad de alimentación de reserva.
Unidad de protección de tierra	Supervisa la condición de la tierra del mar. Detecta el fallo de la tierra del mar y proporciona una puesta a tierra de reserva.	Reponible. Alarma no urgente.

S. M. Ali nació en Trinidad en 1934. Estudió Ingeniería Eléctrica en Londres, ingresando en 1960 en el Grupo de Transmisión de STC. Desde 1963 se ha especializado en Equipos de Alimentación para Sistemas de Cable Submarino.

A. F. Jales nació en Torquay en 1941. Se educó en el Politécnico de Woolwich (Londres) en donde estudió Ingeniería Eléctrica, licenciándose en 1964. En el mismo año ingresó en la División de Sistemas Submarinos de STC, trabajando desde entonces en el diseño e ingeniería de Equipos de Alimentación para Sistemas de Cable Submarino.

Aplicaciones de los sistemas de comunicaciones por fibra óptica

Las aplicaciones de los sistemas de comunicaciones por fibras ópticas están aumentando rápidamente en muchos campos. Dichos sistemas podrían sustituir a los cables de conductores metálicos en aplicaciones de los PTT y similares, donde están justificados económicamente. Por otra parte, en aplicaciones militares, por ejemplo, pueden ser la única solución debido a sus ventajas especiales, tales como bajo peso, imposibilidad de ser detectados, e inmunidad a las interferencias.

M. E. COLLIER
A. W. HORSLEY

Standard Telecommunications Laboratories Limited, Harlow, Reino Unido

Introducción

La transmisión de información a lo largo de fibras de vidrio fue propuesta originalmente para sistemas de comunicaciones de banda ancha y largo alcance en las redes de enlaces telefónicos, en vista de la capacidad de enormes anchos de banda [1]. Desde entonces la situación ha cambiado radicalmente por dos razones. En primer lugar, los criterios de comportamiento postulados, particularmente la atenuación de la fibra, aunque considerados excesivamente optimistas en aquel momento, han sido ampliamente mejorados. Como resultado, las mayores separaciones entre repetidores hacen económicamente viables a muchos más tipos de sistemas telefónicos. En segundo lugar, se ha visto cada vez más que las fibras ópticas tienen mucho más que ofrecer que los anchos de banda de bajo coste y ahora aparecen apropiadas para muchas aplicaciones que son muy difíciles (y por tanto caras) o impracticables por los medios convencionales.

En la sección siguiente se discuten las muchas ventajas y especiales características que ofrece la tecnología de fibras ópticas.

En las secciones siguientes se identificarán algunas de las aplicaciones que, como resultado de esas ventajas, están surgiendo en las telecomunicaciones civiles y en los campos militar e industrial. Muchas organizaciones han instalado o planeado ya sistemas experimentales, paso necesario hacia la comprensión total del potencial de la nueva tecnología.

Ventajas y características especiales de las fibras ópticas

Para proporcionar una base con la cual se pueda apreciar el amplio abanico de aplicaciones, tanto nacientes como potenciales, es útil discutir las principales ventajas y los rasgos especiales que ofrecen las fibras ópticas.

Gran anchura de banda

Los sistemas de transmisión óptica basados en fibras simples son capaces de transportar cantidades muy grandes de información. Mientras que las fibras simples multimodo tienen una velocidad de transmisión de unos pocos Mbit · km/s, se ha demostrado que las fibras de índice gradual llegan a un Gbit · km/s.

Las fibras de modo simple son capaces de transmitir alrededor de 40 Gbit · km/s. 0,85 μm y alrededor de 400 Gbit · km/s en el material de dispersión cero a una longitud de onda de 1,27 μm . Estos grandes anchos de banda pueden ser explotados principalmente de dos formas:

- Donde el volumen de tráfico lo justifica, puede aumentarse la capacidad de transmisión con objeto de reducir el coste por canal.
- Se puede usar el gran ancho de banda de tal modo que sería considerado ruinoso con líneas de cable ordinario, para conseguir sencillez o algún comportamiento o beneficio conveniente.

Pérdidas muy bajas

Cables que contienen fibras multimodo con pérdidas por debajo de 4 dB/km a 0,85 μm están normalmente disponibles, permitiendo aplicaciones a largas distancias con amplia separación entre repetidores y aplicaciones de corto alcance sin repetidores. Recientemente, se han producido cables de fibra monomodo con pérdidas de 3,2 dB/km a 0,85 μm y 1,7 dB/km a 1,1 μm . Se han presentado fibras no cableadas con pérdidas de 1,5 dB/km a 0,85 μm y 0,5 dB/km a 1,2 μm [2]. Cuando se vean tales cifras habitualmente en la producción de cables, serán factibles grandes separaciones entre repetidores.

Peso y tamaño pequeños

Como se está haciendo corriente ya, los cables de fibra óptica son extremadamente compactos; en la figura 1 se muestran algunas dimensiones típicas.

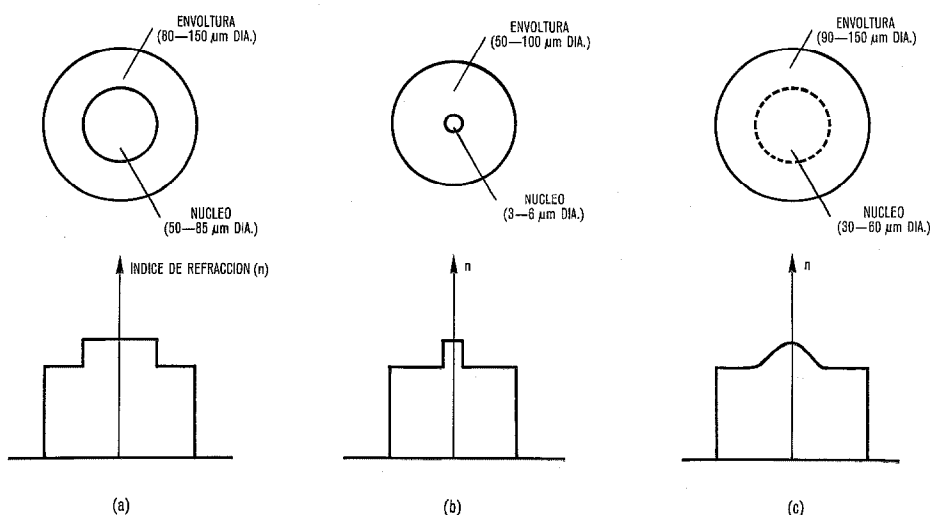
Recordando también la capacidad de grandes anchos de banda (que permiten la multiplexación) está claro que son posibles considerables ahorros en volumen frente a los cables de cobre para una especificación dada de transmisión. Esto es importante en la utilización de cables subterráneos canalizados en aplicaciones telefónicas y en muchas otras aplicaciones. Como los cables de fibra son también menos densos, el ahorro de peso es aún más notorio, lo que es especialmente importante para aplicaciones en aviones y misiles dirigidos, y para instalaciones de cables aéros.

Robustez y flexibilidad

A pesar de los primeros recelos, se ha demostrado que es posible fabricar rutinariamente fibras revestidas, con gran resistencia a la tracción. Además, se han desarrollado estructuras de cable muy sencillas y efectivas que han conducido ya a cables prácticos compactos, flexibles y extremadamente robustos. Aparte del obvio despliegue de ventajas, la pequeñez del tamaño y del radio de curvatura permiten que puedan usarse carretes mucho menores, y lleva consigo ventajas en el almacenamiento, transporte, manejo e instalación.

Fig. 1 Geometrías típicas de los tres tipos principales de fibra.

- a) - Multimodo de salto de índice
- b) - Monomodo
- c) - Multimodo de índice gradual



Bajo coste

Aunque por ahora las fibras de mejor calidad son relativamente caras, están hechas de un material que no es un recurso escaso (a diferencia del cobre) y además requieren cantidades tan pequeñas que parece poco dudoso que mejorando rápidamente las técnicas de fabricación se producirán ventajas significativas de coste frente a los cables de cobre. Aún antes de que esto suceda serán posibles los ahorros en el coste del sistema global a causa de las reducciones en equipo electrónico tal como repetidores y de las simplificaciones posibilitadas por las características que se discuten a continuación.

Aislamiento eléctrico

Las fibras ópticas son de por sí aisladores eléctricos y pueden ser ahora incorporadas en cables que tienen componentes no conductores. Esta característica las hace apropiadas idealmente para ser usadas en ambientes peligrosos. Por ejemplo, pueden tolerarse grandes diferencias de potencial entre los extremos del cable sin circuito de protección, y no hay toma de tierra ni problemas de inducción electromagnética (EMP), ni formación de arcos o chispas peligrosas a causa de cortocircuitos o abrasión.

Inmunidad a interferencias

Siendo aislantes, las fibras son naturalmente inmunes a problemas de interferencia electromagnética (EMI) o de radiofrecuencia (RFI). Además, es fácil asegurar que son completamente inmunes a interferencias ópticas, así que no habrá problemas de diafonía.

Ausencia de radiación

Como en el punto anterior, es fácil asegurar que las fibras no radian, dando un alto grado de seguridad (secreto) a la señal.

Aplicaciones telefónicas y similares

En redes de transmisión telefónicas, son de principal interés aquellas características de las fibras ópticas que con-

ducen a costes más bajos del sistema total. Los cables de conductores metálicos son capaces de proporcionar un servicio excelente; pares de audio (VF), pares de alta frecuencia (HF) y coaxiales, han llegado a quedar bien probados y optimizados para muchas aplicaciones. Las guía-onas milimétricas se han desarrollado originando aplicaciones de banda muy ancha. Así, un prerrequisito de los sistemas de fibra óptica para aplicaciones en redes telefónicas es un estudio de su economía con relación a los sistemas de cable metálico, aunque no debe perderse de vista la posibilidad de nuevas aplicaciones en las que las fibras ópticas pueden ser particularmente apropiadas.

Es deseable planificar sistemas de fibra óptica que sean compatibles con la estructura de la red existente y puedan hacer uso de las facilidades actuales, al menos en los primeros años. Esto implica una familia de sistemas que cubra la capacidad requerida, interactuando con los tipos de terminales o los equipos de las centrales telefónicas existentes, y usando los conductos y cámaras subterráneas actuales. En la presente etapa del desarrollo, la transmisión digital es más apropiada a la técnica de fibras ópticas, y en la tabla 1 se muestra una serie de sistemas con velocidades de transmisión correspondientes a la jerarquía CEPT. También se muestran las probables separaciones entre repetidores para la primera generación de sistemas de fibra óptica, y para los sistemas de cable metálico existentes o planificados. Para las condiciones USA la tabla equivalente se puede extender de 1,544 a 560 Mbit/s, y para Japón desde 1,544 a 400 Mbit/s.

Consideraciones de coste y comparaciones

Al establecer costes futuros y niveles de precios para un producto tienen que hacerse estimaciones para permitir planes realistas.

En las figuras 2, 3, y 4 [3] se presentan algunas comparaciones basadas en los cálculos del Valor Presente de las Cargas Anuales (VPCA). Suponen una producción en gran escala de cables de aquí a unos pocos años, técnicas de instalación de cables modificadas para aprovechar el tamaño reducido y poco peso, producción en masa de com-

ponentes ópticos fiables, y sistemas proyectados en base a los desarrollos normales. Un examen de las previsiones actuales, publicadas y no publicadas, indica niveles de precios futuros, para las fibras de bajas pérdidas e índice gradual, en el margen de 10-20 centavos por metro; los cálculos han usado valores de este orden. Aunque éstos son forzosamente sólo aproximados, permiten inferir conclusiones estimativas.

La figura 2 es una comparación entre sistemas de fibra óptica de medio a largo alcance y sistemas de cable coaxial, de 34 a 560 Mbit/s, y un sistema de guía de ondas milimétricas. Se ha incluido un múltiplex de orden superior a un nivel de 34 Mbit/s para todos los sistemas y la longitud de la ruta es aproximadamente de 100 km. Se observa que los tres sistemas de fibra óptica tienen un coste inferior que los sistemas coaxiales correspondientes, siendo mayor la ventaja en el coste cuanto mayor es la capacidad. El coste del sistema de guías de ondas milimétricas [4] es mayor que el de cualquier sistema de fibra óptica excepto en tasas de crecimiento extremadamente altas.

Las figuras 3a y 3b, comparan dos sistemas de corto o medio alcance de 2, 8 y 34 Mbit/s. La longitud de la ruta es de importancia porque los costes del múltiplex pueden ser el factor de control en rutas muy cortas. Se muestran dos situaciones de la velocidad de crecimiento; el múltiplex de orden superior se incluye desde un nivel común de 2,048 Mbit/s. Estas cifras muestran que las fibras ópticas son interesantes a 8 ó 34 Mbit/s comparadas con los nuevos sistemas de cable metálico, y comparables al aplicar 2,048 Mbit/s a los cables existentes de frecuencia vocal, bajo condiciones de coste de instalación de repetidores razonablemente alto.

El circuito de transmisión de largo alcance con cables coaxiales está considerado normalmente como de coste inferior en técnica analógica (FDM) comparado con la digital (MIC), aunque desde luego este último puede ofrecer una economía considerable cuando se integra con una conmutación digital. Así, la primera generación de sistemas de fibras ópticas (digital) no tendrán grandes ventajas económicas sobre los sistemas coaxiales analógicos de alta capacidad. Sin embargo, la figura 4 indica que los sistemas de fibra óptica de 140 Mbit/s conjuntamente con codificadores-decodificadores de muy alta velocidad, por ejemplo, un grupo cuaternario de 900 canales codificados a 70 Mbit/s, puede tener un coste para tráfico analógico comparable al de sistemas coaxiales de 12 ó 18 MHz, pero

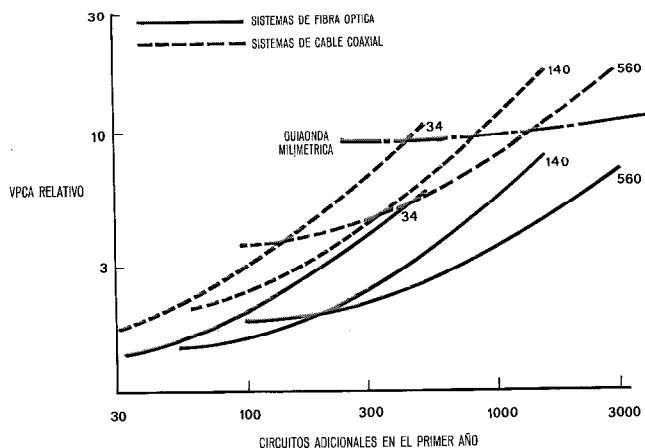


Fig. 2 Comparación VPCA típica de sistemas digitales de alta capacidad.

proporciona flexibilidad para las aplicaciones analógica inicial y la digital subsecuente.

Planes de la Administración y aplicaciones

Algunas Administraciones telefónicas están mostrando un vivo interés en ensayar sistemas en el margen anterior, y están planificando la explotación en sus redes.

Un sistema terciario (34 Mbit/s o su equivalente) ofrece un atractivo ahorro de coste, está dentro de las capacidades de las fibras de índice gradual y componentes, y tiene una capacidad adecuada para muchas conexiones y aplicaciones interurbanas de corto alcance.

Varios sistemas experimentales están en marcha o en proyecto. ATT ha descrito [5] la instalación de un sistema experimental de 44 Mbit/s en cable multifibra bajo condiciones de campo simuladas, estando orientado el sistema para aplicaciones de enlace entre centrales telefónicas en áreas metropolitanas, así como una instalación de prueba de 2,5 km de cable de 24 fibras que está dando servicio actualmente en Chicago. En Japón, NTT ha instalado un sistema de prueba a 32 Mbit/s con 8 km de separación entre repetidores, y se propone hacer un uso amplio de tales sistemas en rutas de corto y medio alcance hacia mediados de 1980 [6]. Un estudio de la organización italiana SIP [7] concluye que los sistemas a 34 Mbit/s son económicos para

Tabla 1 - Algunos sistemas digitales típicos y separación entre sus repetidores

Velocidad de transmisión (Mbit/s)	Número de canales de voz	Sistemas de transmisión por cable de cobre		Sistemas de transmisión por cable de fibra		
		Tipo de cable	Separación entre repetidores (km)	Tipo de fibra	Separación entre repetidores (km)	
2,048	30	Frecuencia vocal	1,8	} Monomodo	10 a 15	
8,448	120	Par apantallado de 0,9 mm	3,6		Índice gradual	10 a 12
34	480	Coaxial de 2,9 mm	2		Índice gradual	8 a 10
140	1920	Coaxial de 4,4 mm	2		Índice gradual	7 a 9
560	7680	Coaxial de 4,4 mm	1			
		Coaxial de 9,5 mm	2		4 a 5	

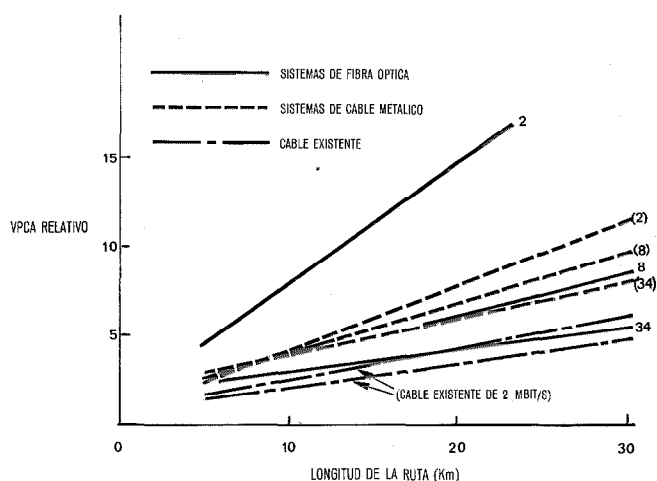
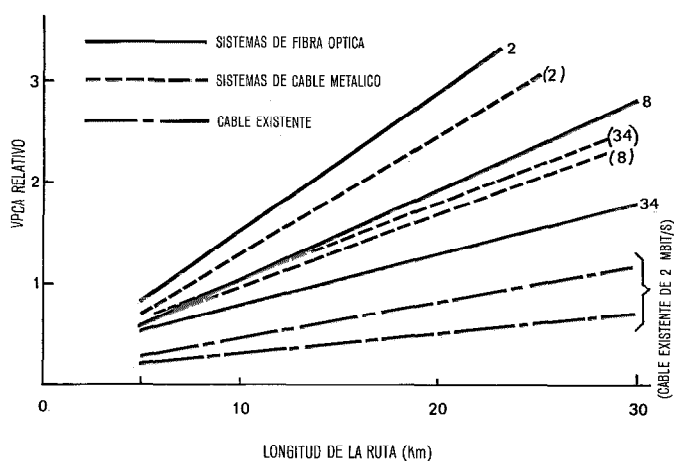


Fig. 3 Comparaciones VPCA típicas de sistemas digitales de baja capacidad.
 a) 20 circuitos añadidos en el primer año.
 b) 160 circuitos añadidos en el primer año.

su red. También la Administración alemana está instalando un sistema de prueba a 34 Mbit/s en una ruta de 4 km en Berlín.

Los sistemas de capacidades altas comparan aún mejor con sus correspondientes cables metálicos. Con la introducción de los sistemas coaxiales de 120 Mbit/s ya en marcha, y un coaxial de 140 Mbit/s y una red de radio de microondas planificados, el British Post Office (BPO) confía en que los sistemas de fibra óptica de 140 Mbit/s llegarán a ser lo más notable de su red interurbana hacia 1985. STL y STC han cooperado en una demostración de campo de tal sistema con repetidores alimentados, instalado desde julio de 1977 en los conductos del BPO en la ruta Stevenage-Hitchin [8] y usado para cursar tráfico real. El BPO planea ahora instalar sistemas comerciales de 140 Mbit/s en los primeros años ochenta con una separación entre repetidores hasta unos 10 km. Otras Administraciones europeas muestran interés en sistemas de 140 Mbit/s. En Norteamérica, la Alberta General Telephone Company ha pedido una prueba de campo de un sistema de 274 Mbit/s. Este es probablemente el límite económico para las fibras de in-

dice gradual. Después seguramente seguirán fibras monomodo de 560 Mbit/s y más, pero no antes de los últimos años ochenta.

Aunque las ventajas económicas no son tan pronunciadas, los sistemas de velocidades menores (6 u 8 Mbit/s) serán probablemente los primeros en estar a pleno uso, enlazando centrales hasta 10 o más kilómetros de distancia sin repetidores intermedios. Se están realizando pruebas o experimentos de campo en el Reino Unido, Francia, Estados Unidos y Japón, y muchas Administraciones del mundo tienen planes similares o muestran gran interés. El BPO planea tener en servicio sistemas comerciales en los primeros años 80; su propio sistema experimental está instalado sobre una ruta de 13 km de canalización entre Ipswich y Martlesham [9], y STC está instalando uno en la ruta Stevenage-Hitchin. SIP está planeando una prueba de 8 Mbit/s entre dos centrales en Roma. Las instalaciones de cable aéreo haciendo uso de las líneas aéreas en postes de madera, son apropiadas para hacer pruebas particularmente atractivas en países en desarrollo.

Con los costes supuestos, los sistemas MIC primarios (1,5 ó 2 Mbit/s) no muestran ventajas económicas ya que infrutilizan la capacidad de la fibra. El interés y las pruebas más corrientes se manifiestan en las compañías independientes de los Estados Unidos, pero pueden encontrar aplicación en el relevo de las canalizaciones saturadas de cables donde sólo se requieren crecimientos modestos de capacidad. Sin embargo, si estuviera disponible una fibra apropiada de salto de índice de baja pérdida a un precio de solo unos pocos centavos por metro, con precios de cable similares a los de los pares de cables de FV de cobre, entonces los sistemas MIC primarios de fibra óptica serán interesantes para muchas rutas.

En resumen, puede esperarse que las fibras ópticas reemplacen gradualmente a los cables coaxiales y pares de alta frecuencia en las nuevas instalaciones de enlaces y redes interurbanas, y ahora parece que las Administraciones están abandonando los planes para los sistemas de guías de onda milimétricas en favor de las fibras ópticas. Los estudios en curso en los Grupos de Estudio XV y XVIII del CCITT reflejan el gran interés de las Administraciones.

Otras aplicaciones telefónicas

El área de abonados es potencialmente de gran importancia a causa de la gran cantidad de cable empleado. Las

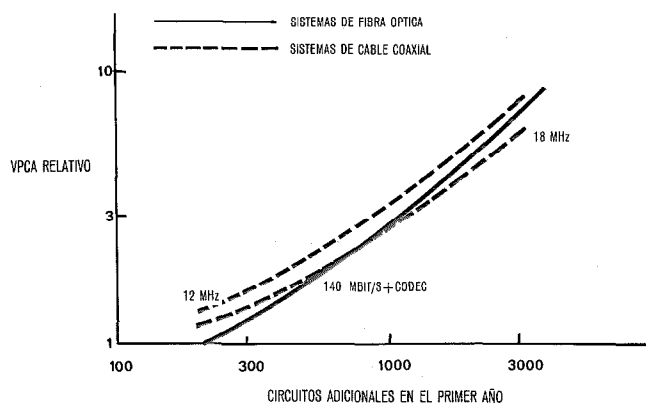


Fig. 4 Comparaciones VPCA típicas para circuitos FDM.

Fibra óptica

fibras ópticas no pueden competir con los circuitos de abonado convencionales de aluminio o cobre de bajo coste, pero a medida que las técnicas de portadora digital y los posteriores servicios de banda ancha penetren en el área de abonado, las fibras ópticas llegarán a ser de gran interés. Ya hay planes en este área, por ejemplo el esquema Hi-OVIS en Japón [10].

Los sistemas sumergidos son principalmente de largo alcance y el cable coaxial de relativamente gran diámetro se usa para ganar separación entre repetidores. Como los sistemas de fibra óptica ofrecen separaciones amplias con cable de bajo coste, aunque los problemas de alimentación, componentes y resistencia del cable deberán resolverse económicamente, llegarán a ser muy interesantes, y debe esperarse que las Administraciones alcancen una experiencia operativa en tierra y, quizás, la disponibilidad de detectores y fuentes de longitudes de onda largas. Ya se han publicado trabajos en Estados Unidos, Japón y Reino Unido.

Aunque la mayoría de los sistemas telefónicos de transmisión operan en entornos relativamente benignos, son frecuentes las interferencias de tranvías y ferrocarriles, y de ruidos de centrales electromecánicas. También los enlaces cortos en las estaciones de radio de microondas situadas en las cimas de las colinas pueden estar expuestas a los rayos. En tales casos, los sistemas de fibra óptica serán especialmente útiles.

Aplicaciones militares

Con los sistemas militares, aunque los factores económicos son importantes, hay normalmente otros, a menudo pasados por alto, tales como el peso, facilidad de despliegue, alta integración y supervivencia bajo las condiciones más severas. Las características especiales que ofrecen las fibras ópticas pueden tener un impacto en el campo militar en dos tipos de situaciones:

- Donde un trabajo particular puede ser hecho, o se está haciendo ya mediante técnicas convencionales pero las fibras lo harían con menos complicación, con mejores especificaciones o simplemente con más facilidades operativas.
- Donde las fibras ofrecen la posibilidad de alcanzar funciones que eran irrealizables usando técnicas convencionales.

Aun ahora, cuando la tecnología es relativamente nueva, se sugiere gran número de posibilidades y es difícil tratarlas de una forma ordenada. Por conveniencia, las aplicaciones están agrupadas principalmente por la longitud del sistema.

Sistemas de corta distancia

Hay ciertas aplicaciones de muy corta distancia, hasta las decenas de metros, que usualmente requieren contribuciones modestas de la tecnología. Por ejemplo, enlaces entre elementos del equipo electrónico en una sala de operaciones: enlaces internos de ordenador y enlaces que transportan información, tales como datos primarios de radar, a procesadores y unidades de presentación visual. Las fibras ofrecen anchuras de banda amplias sin peligro de interferencias, compatibilidad ni bucles de tierra y con capacidad

para saltar caídas de tensión muy altas sin circuitos protectores. También hacen al equipo menos susceptible de averiarse por malas conexiones accidentales, ya que las fibras ni en cortocircuito ni en circuito abierto pueden dañar a los circuitos terminales.

Los haces de fibras proporcionan el medio evidente para estas aplicaciones. No obstante, para algunas de las aplicaciones de ancho de banda amplio, por ejemplo, enlaces rápidos entre ordenadores, los haces son inadecuados aún para distancias sorprendentemente cortas y debe usarse la fibra única. En realidad la tendencia futura está probablemente a favor de la fibra única (que puede ser tipos de núcleo grande y barato, tales como vidrio de pérdidas medias, fibras de plástico o de sílice con envoltura plástica) a medida que el precio y la disponibilidad de los componentes mejoren. También habrá muchos casos en que se necesite un número de caminos paralelos, que son manejados de una forma más conveniente por cables múltiples, pero es mucho más difícil mantener una flexibilidad mecánica alta con diseños de haces.

Los anteriores tipos de aplicación se engloban en sistemas bastante más largos que enlacen equipos situados en diferentes partes de un edificio, implicando distancias hasta unos pocos cientos de metros. Las pérdidas deben ser bastante más bajas y a menos que los enlaces puedan instalarse en canalizaciones protegidas, los cables deben ser más robustos para resistir los esfuerzos de la instalación o el manejo continuo. Así, de nuevo, los cables de fibra única resultarán más apropiados que los haces para la mayoría de los sistemas.

La inmunidad a la interferencia y a problemas de bucles de tierra es aún más apreciable con estas mayores distancias. Además, hay otras ventajas tales como el secreto, ya que en las fibras es mucho más difícil captar la información transmitida.

Aplicaciones en estaciones móviles

Esta clase de aplicación, que incluye aviones, barcos y tanques, es ya una de las más prometedoras para las fibras ópticas. Estas estaciones móviles se caracterizan por un ambiente electromagnético extremadamente ruidoso que, a medida que crecen los requerimientos de ancho de banda con la especialización de los modernos equipos tales como el radar, equipos de navegación, de defensa, etc., hacen cada vez más difícil que los cables metálicos puedan competir con éxito, aun cuando se tomen precauciones muy caras. Las propiedades de inmunidad a la interferencia de las fibras permiten que se saque partido de la capacidad de ancho de banda amplio, por ejemplo, para multiplexar muchos canales en un canal común de orden superior sin una complicación excesiva. El ancho de banda es suficientemente barato para afectar a la filosofía global del sistema. Por ejemplo, se puede llegar a un compromiso que permita intentos más sencillos y más flexibles para ser usados en el tratamiento de un canal de orden superior de datos [11]. Sin embargo, los atractivos más evidentes son el pequeño tamaño, ya que el espacio es muy justo en virtualmente todos los vehículos militares, barcos y aviones, y también el poco peso en las aplicaciones aéreas. Los modernos aviones transportan tanto equipo electrónico que el cableado convencional es una fracción importante del peso total del

avión, y las fibras ópticas producirían ahorros mejorando de un modo importante el comportamiento en vuelo.

La inmunidad de las fibras a las descargas atmosféricas y a las perturbaciones electromagnéticas es particularmente válida en las aplicaciones aéreas, permitiendo encaminarlas por los tanques de combustible y santabárbaras. Indudablemente, la fibra óptica tiene tales ventajas en este tipo de aplicaciones que es razonable evitar los sistemas eléctricos convencionales donde no sea verdaderamente necesario (véase la sección sobre "Perspectivas futuras").

Muchos programas de gobierno, en Europa y USA, están desarrollando proyectos anteriores, como el ALOFT, en los que un avión A7 se cableó con un sistema de haces de fibras [12]. Hasta ahora el mayor uso se ha hecho con cables múltiples por dos razones, la usual y la adicional que los acopladores en derivación y en estrella han resultado más fáciles de hacer. Sin embargo estas aplicaciones proporcionan un mayor incentivo para el desarrollo de los acopladores de fibra única, y parece que en muchos casos la fibra única será la solución final.

Enlaces fijos a distancias más largas

En el campo militar éstos cubren comunicaciones entre puntos fijos a distancias comprendidas entre 100m y muchos km. Típicamente incluyen enlaces en complejos de cuarteles generales, bases, aeródromos y astilleros. Los requerimientos de ancho de banda varían desde un valor muy pequeño, por ejemplo, por debajo de 2Mbit/s donde sólo está implicada la comunicación de conversación, hasta muchas decenas y aún centenas de Mbit/s para video, datos de radar y salidas a sensores sofisticados. Para distancias más grandes, los enlaces de ancho de banda superior, en particular, comportan unas fuertes exigencias a la tecnología, especialmente porque se requiere un alto grado de robustez y una capacidad de supervivencia ante muchos factores (por ejemplo, capacidad para continuar funcionando después de una irradiación nuclear y de daños estructurales en partes del complejo).

Enlaces desplegables

En las aplicaciones precedentes el papel del medio de transmisión ha sido virtualmente estático. Sin embargo en aplicaciones desplegables el cable está sujeto a un movimiento y a una manipulación continuos, por lo que usualmente se requieren unas fuertes resistencias y una robustez extrema.

El sistema de comunicaciones tácticas Ptermigan que está siendo desarrollado por el Ejército británico es una aplicación particularmente prometedora. El cable cuádruple a alta frecuencia fue proyectado originalmente para los enlaces desplegables entre nodos. Estos manejan hasta 2Mbit/s y pueden tener hasta 2km de largo, precisando de repetidores intermedios. Los requerimientos operativos exigen frecuentes despliegues y repliegues, exponiendo así a los cables y conectores a una manipulación considerable y a un tratamiento brusco bajo condiciones ambientales rigurosas. Un poco sorprendentemente, a la vista de los primeros problemas a causa de la fragilidad, muchos cables de fibra óptica están demostrando ahora una robustez mayor que los cables desplegables convencionales y en vista

de su pequeño tamaño, poco peso, alta flexibilidad y naturaleza no metálica, parecen idealmente apropiados para esta aplicación. Además, un alcance de 2km es obtenible cómodamente (con fuentes LED y detectores PIN) aun haciendo concesiones realistas a la degradación de conector y a la tolerancia del sistema. Bajo un contrato MOD PE aprobado por el Reino Unido, se está construyendo un conjunto de modelos funcionales para proporcionar el posible sistema óptico que se vaya a fijar bajo condiciones reales de operación.

Otro ejemplo es un enlace a una plataforma fija donde, aparte de las ventajas normales, una fibra presenta una "sección eficaz de radar" mucho menor que un cable conductor comparable.

Otras aplicaciones desplegables son varias actividades de vigilancia y espionaje en que las fibras son suficientemente pequeñas como para ser discretas y difíciles de detectar por medios electrónicos, mientras que ofrecen mayor seguridad (discreción) que la radio.

Aplicaciones a largas distancias

Las aplicaciones militares a larga distancia prometen ser bastante diferentes de las de tipo telefónico e incluirán casos en que las fibras ópticas ofrecen la posibilidad de realizar algunas funciones no fáciles con la tecnología convencional.

Un ejemplo son los enlaces de información entre buques de la Armada y conjuntos de sensores remolcados.

Por razones de seguridad, son deseables distancias considerables (literalmente cuanto más largas mejor) requiriendo una fibra de anchura de banda alta con las menores pérdidas posibles.

Otra aplicación marina es la guía de torpedos, donde de nuevo están implicadas largas distancias. Las fibras ofrecen aquí la gran ventaja de que el enlace literalmente llevará anchos de banda video facilitando que el torpedo dé en el blanco aunque éste estuviera fuera de la vista del buque que lo disparó.

La robustez y pequeño tamaño de las fibras en cables, combinados con su baja atenuación y su gran ancho de banda deberán hacerlas un medio ideal de transmisión para la dirección de cohetes. Los anchos de banda video pueden ser transportados a decenas de kilómetros, proporcionando la facilidad de una guía precisa lejos de la línea de visión con una seguridad completa.

Aplicaciones civiles e industriales

Las aplicaciones civiles incluyen una copia de algunas aplicaciones telefónicas y de algunas aplicaciones militares. Los factores económicos son muy importantes en lo que a menudo es un mercado sensible a los costes elevados, pero los riesgos y otras condiciones ambientales especiales harán que las fibras ópticas sean beneficiosas en algunos casos. Es conveniente discutir aplicaciones bajo los epígrafes de distancias largas, medias y cortas.

Aplicaciones a larga distancia

Las organizaciones de servicios públicos pueden instalar sus propias facilidades de transmisión y comunicación so-

bre distancias moderadamente largas. Los ejemplos principales son los ferrocarriles, oleoductos y líneas de energía eléctrica. Tienen el mismo interés que las Administraciones de Correos y Telecomunicaciones en bajos costes y, aunque las demandas de capacidad pueden ser modestas (por ejemplo, 2 a 8 Mbit/s para una mezcla de circuitos de voz y datos), puede esperarse que los sistemas de fibra óptica sean interesantes en ambientes de altas interferencias electromagnéticas, o de naturaleza peligrosa.

Los sistemas telefónicos normales parecen ser apropiados para aplicaciones ferroviarias; Los Ferrocarriles británicos tienen un sistema experimental a 2 Mbit/s instalado sobre una ruta de 6 km en Cheshire. Se han hecho propuestas para que las fibras ópticas sean soportadas por los conductores neutros de las líneas de energía eléctrica; en el Reino Unido se ha suspendido un cable óptico experimental del conductor neutro mediante un tubo de plástico [13].

En las aplicaciones de video, que convencionalmente requieren cable de pares especial o coaxial y amplificadores poco espaciados, puede resultar más económico el uso de fibra óptica. Los enlaces de televisión por circuito cerrado se utilizan para distancias hasta decenas de kilómetros, por ejemplo para vigilancia remota del tráfico de carreteras, y se han publicado varios desarrollos que dan una transmisión analógica de video de una calidad adecuada en distancias hasta 10 km sin repetidores. Los enlaces de las antenas comunes de televisión son también una aplicación prometedora y en el Reino Unido se ha instalado un enlace óptico experimental [14]. La distribución de antenas comunes de televisión es una aplicación potencial que requiere un dispositivo de derivación en T apropiado; en este instante la dificultad de transmisión de canales múltiples VHF o UHF, y una potencia acoplada adecuadamente alta para alimentar a muchos abonados, sugiere una combinación de centrales de conmutación controladas por abonado con uno o dos canales analógicos por fibra [15]. Los enlaces fijos de difusión externa proporcionados por los responsables de televisión también son aplicaciones potencialmente económicas, requiriendo en este caso alta calidad de transmisión.

Aplicaciones a distancias medias

Bajo este epígrafe caen una variedad de aplicaciones dentro de un único centro operativo, con distancias que alcanzan hasta, digamos, unos pocos kilómetros. Las plantas electrógenas y las subestaciones requieren una comunicación telemétrica y de control fiable en las proximidades de los conductores que transportan hasta algunos cientos de miles de voltios y con grandes diferencias de potencia de tierra. En una subestación típica los pesados cables multipares de cobre que enlazan el transformador y los puntos de conmutación a un control central pueden ser reemplazados por fibras simples. Varias compañías eléctricas de Estados Unidos, del Reino Unido y de Bélgica, han planeado sistemas de prueba y algunos han sido instalados ya en Japón.

Los locales de fabricación y procesos químicos presentan problemas de altos voltajes, niveles altos de ruido eléctrico y gases explosivos o corrosivos. El crecimiento de la automatización de control de procesos hace que cada vez

sea más importante una comunicación fiable, y las fibras ópticas proporcionan una solución excelente. Una de las mayores refinerías de petróleo del Reino Unido planea una instalación de prueba en 1978, mientras que la organización europea para la investigación nuclear CERN ha pedido ofertas de enlaces de control y datos, para su evaluación. Los hospitales modernos presentan problemas algo similares; los equipos de rayos X y otros equipos electrónicos generan niveles de interferencia altos, mientras que la vigilancia de pacientes y los registros de datos deben ser comunicados de un modo preciso. En muchos otros tipos de lugares se requieren enlaces entre ordenadores y entre ordenador y unidades periféricas. Probablemente la primera instalación operativa de este tipo es el sistema entregado por STL/STC hace unos dos años a un cuartel general de Policía en el Reino Unido para reemplazar un enlace de cable de cobre deteriorado por un rayo.

Están apareciendo oportunidades en el área relativamente nueva del espacio acuático, aunque todavía deben encontrarse respuestas a los exigentes requerimientos para cable submarino fuerte y además flexible. Una aplicación de interés actual es el enlace entre equipos de telecomunicación y ordenador (televisión y datos) para autómatas sumergibles, donde existe interferencia eléctrica procedente de los conductores de potencia dentro del mismo cable "umbilical".

Esta es una de las áreas de interés más actual en las aplicaciones de fibra óptica, pero los usuarios potenciales se están moviendo cautelosamente y los planes son experimentales, con el respaldo de sistemas convencionales mientras se gana experiencia.

Aplicaciones en distancias cortas

Incluyen comunicaciones dentro de los edificios y de unidades móviles (aviones, barcos y vehículos de carretera o railes).

Las aplicaciones dentro de los edificios se solapan con las aplicaciones en los lugares discutidos antes. Los casos ahora considerados incluyen los estudios de radiodifusión donde la marcha hacia la digitalización de las señales de video y sonido requiere velocidad de transmisión alta, y los hoteles donde para cada habitación se requieren múltiples canales de TV y servicios automáticos sofisticados, todo en las proximidades de los cables de potencia.

Las aplicaciones en unidades móviles son similares a las de los sistemas militares aunque las necesidades de comunicación interna de los transportes civiles son considerablemente menores que las de sus contrapartidas militares. Sin embargo, el coste es de la máxima importancia, y las primeras aplicaciones parecen remotas.

Perspectivas futuras

Casi todas las aplicaciones de fibra óptica están en el futuro, pero la tecnología está avanzando tan rápidamente que la mayoría de las aquí discutidas podrían llevarse a cabo sin duda, en un futuro muy próximo. En esta sección se discutirán unas pocas de las perspectivas a más largo plazo que proceden de algunos de los desarrollos más recientes.

Sistemas analógicos

Actualmente la linealidad de los LED y las fuentes láser es suficiente para proporcionar un número de canales simples o sistemas relativamente no críticos. Sin embargo, ambos, LED y láseres de onda continua, están empezando a presentar mejoras importantes en linealidad a medida que se va comprendiendo mejor el comportamiento del dispositivo. Comúnmente se supone que los láseres son inherentemente menos lineales que los LED, que en cambio son típicamente menos lineales que los transistores. Sin embargo, ahora se está alcanzando una linealidad considerable con láseres de bandas estrechas en STL. Además, también se están efectuando mejoras utilizando elegantes técnicas de realimentación para controlar la salida de la fuente. En principio, suponiendo el desarrollo de combinadores de potencia óptica, acoplador direccional, etc., no hay razón para que no deban adoptarse también técnicas con realimentación positiva. Los sistemas ópticos, que no son menos lineales que los sistemas eléctricos, deberán ser capaces de acceder a muchas aplicaciones analógicas incluyendo algunos sistemas críticos FDM.

Sistemas de longitud de onda larga

Aunque los láseres y LEDs basados en la tecnología del arseniuro de galio están avanzando rápidamente, y seguramente se mostrarán adecuados para un número muy grande de aplicaciones, está empezando a surgir una nueva serie de fuentes de longitud de onda más larga usando materiales cuaternarios tales como fosfuro y arseniuro de indio y galio. Estas fuentes son potencialmente importantes porque la atenuación obtenible en las fibras es mucho más baja a longitudes de onda más largas. Por ejemplo, a $1,2 \mu\text{m}$ se han alcanzado atenuaciones por debajo de $0,47 \text{ dB km}$ [2], comparado con el mejor resultado de alrededor de $1,5 \text{ dB km}$ a $0,85 \mu\text{m}$. Atenuaciones tan bajas, si se combinan con anchos de banda altos, por ejemplo, usando fibra de modo único, abren totalmente la posibilidad de enormes distancias entre repetidores. Para llevar a cabo esta posibilidad plenamente, las pérdidas por empalmes deben reducirse también o los procedimientos de instalación deben facilitar el manejo de longitudes continuas largas, cuando parecen posibles separaciones entre repetidores mayores de 50 km y quizás de 100 km , con aplicaciones evidentes a sistemas tanto submarinos como terrestres.

Las posibilidades de trabajar a longitudes de onda aún más largas, por ejemplo en el rango 2 a $10 \mu\text{m}$, también están siendo investigadas. Actualmente esto debe contemplarse como especulativo, y aunque se ha publicado una atenuación de $0,01 \text{ dB/km}$ a $5 \mu\text{m}$ en una fibra con núcleo de bromo-yoduro de talio, se demostró que este resultado era erróneo. Sin embargo, si pudieran desarrollarse los materiales adecuados para la fibra, la fuente y el detector, para estas longitudes de onda, habría ventajas importantes aunque no se alcanzasen atenuaciones tan bajas. Por ejemplo, las fibras monomodo tendrán correspondientemente núcleos mayores, aliviando considerablemente los problemas de conectores y empalmes, y la frecuencia menor implicaría menor ruido cuántico.

Transductores directos

Algunas de las ventajas potenciales de las fibras, tales como la simplicidad y la inmunidad a la interferencia eléctrica, son explotadas solo parcialmente porque en el momento presente los terminales todavía trabajan en un régimen eléctrico. Esto no es siempre necesario y se ha publicado un trabajo sobre transductores que modulan la luz directamente. Así puede llevarse a cabo una supervisión remota de parámetros básicos tales como la posición, la temperatura y la presión sin implicar a la electrónica, o requiriendo realmente cualquier fuente de potencia, en los puntos remotos.

Se ha puesto de manifiesto otro intento interesante [16] que, aunque utilizando la electrónica, proporciona información para ser introducida en una vía de orden superior de fibra óptica en cualquier número de posiciones deseado sin necesidad de transmisores ópticos individuales. Brevemente, un transductor piezoeléctrico se usa para aplicar deformaciones locales a una "fibra de señal" que provoca modulación de fase de la señal transmitida. Una "fibra de referencia" paralela transporta una señal sin modular procedente de la misma fuente original. Mezclando estas dos señales en el detector del extremo distante de la vía puede recuperarse la información comunicada en cada terminal individual. Esta idea es particularmente apropiada para las aplicaciones en que muchas señales originadas en diferentes lugares necesitan transmitirse a un punto central.

Optica integrada

La óptica integrada, aunque no tan avanzada como los componentes discretos, van camino no obstante de proporcionar objetivos más amplios para permanecer más en el régimen óptico. La factibilidad de los conmutadores, moduladores y multiplexores ha sido ya demostrada [17], y éstos junto con componentes tales como láseres con realimentación distribuida, indudablemente desembocará en la realización de repetidores totalmente ópticos. Esto liberará a los diseñadores del sistema de algunas de las limitaciones de velocidad asociadas con la circuitería electrónica convencional y facilitará que la potencial enorme anchura de banda sea plenamente explotada.

Multiplexación de longitud de onda

Una facilidad adicional que surge de la alta frecuencia de la radiación óptica y de las amplias regiones espectrales de baja atenuación en las modernas fibras es la multiplexación de la longitud de onda (o color). La posibilidad de transmitir información independiente modulada sobre frecuencias ópticas diferentes por una fibra común ha sido ya demostrada por varios investigadores. Recientemente se han publicado unos resultados particularmente impresionantes [18] con canal múltiple a alta velocidad de transmisión con aproximadamente el mismo comportamiento en cada canal individual.

Este intento es muy interesante en aplicaciones de capacidad muy alta, aparte de las raras excepciones en que se requiere un canal simple de banda muy ancha. Pueden alcanzarse capacidades globales muy altas sin implicar circuitería de alta velocidad (es decir, superior a las capacidades de los circuitos integrados), y posiblemente con el uso

continuado de fibras multimodo de índice gradual en lugar de modo simple. También se reduce la cantidad de equipo electrónico de multiplexación. El intento también proporciona una flexibilidad útil para adecuar las altas velocidades de crecimiento futuro mientras se minimiza el gasto inicial.

Aplicaciones de clientes

El mayor mercado potencial para las fibras ópticas es, desde luego, el de las aplicaciones de clientes, por ejemplo, en la industria automovilística. Aunque las fibras causarán aquí casi seguramente un impacto, deberá recordarse que tradicionalmente estas industrias han demostrado ser inmensamente conservadoras y pocas veces adoptan cualquier técnica que no sea totalmente aceptada y sobre todo barata. Los progresos en este tipo de aplicaciones dependerán fundamentalmente del alcance de las primeras aplicaciones masivas y de que los costes bajen.

Agradecimiento

Los autores agradecen a sus colegas de ITT, y en particular al Dr. Charles Kao, las numerosas informaciones útiles que han recogido, y a los Directores de STL su autorización para publicar este artículo.

Referencias

- [1] K. C. Kao y G. A. Hockham: Dielectric-Fiber Surface Waveguides for Optical Frequencies; Proc. IEE, julio 1966, volumen 113, n° 7, págs. 1151-1158.
- [2] M. Honiguchi y H. Osanai: Spectral Losses of Low OH-content Optical Fibres; Electronics Letters, volumen 12, n° 12, pág. 310.
- [3] M. E. Collier: Planificación económica de los sistemas de transmisión; Comunicaciones Eléctricas, 1973, volumen 48, núms. 1 y 2, págs. 203-207.
- [4] System description papers at the International Conference on Millimetric Waveguide Systems, IEE Conference Publication n° 146, noviembre 1976.
- [5] T. L. Maione y D. D. Sell: Experimental Fiber-optic Transmission Systems for Inter-office Trunks; IEEE Transaction on Communications, Mayo 1977.
- [6] S. Senmoto y K. Okura: Optical Fiber Cable Transmission Systems applied to Telecommunication Networks in Japan; Second European Conference on Optical Communication, París, septiembre 1976 (Post Deadline paper).
- [7] Bigi y Colavito: Optical Fibres in Local Digital Networks; Third European Conference on Optical Communication, Munich, septiembre 1977.
- [8] D. R. Hill, A. Jessop y P. J. Howard: A 140 Mbit/s Field Demonstration System; Third European Conference on Optical Communication, Munich, septiembre 1977.
- [9] I. A. Ravenscroft: Feasibility Trial of Optical Fibre Transmission System; P.O.E.E.J., julio 1977, volumen 70, parte 2.
- [10] Hi-OVIS (Higashi Ikoma optical Visual Information System) Development Project; Kawahata, International Conference on Optical Fibre Communications, Tokio, julio 1977.
- [11] J. G. Farrington y M. Chown: An Optical Fibre Multiterminal Data System; AGARD Conference on Optical Fibres, Integrated Optics and their Military Applications, Londres, mayo 1977.
- [12] R. A. Greenwell y G. M. Holma: A-7 ALOFT economic analysis and EMI-EMP test results; Ibid.
- [13] Jefferies y otros: An Experimental Application of Optical Fibre Cable on the Electricity Grid Systems; IEEE Colloquium Digest n° 1977/32.
- [14] Cutler: A 1½ kilometre Television Link Using Optical Fibre; IEE Lecture Synopsis, 29 noviembre 1976.
- [15] D. E. N. Davies y S. A. Kingsley: A Novel Optical Fibre Telemetry Highway; First European Conference on Optical Fibre Communication, Londres, septiembre 1975.
- [16] Integrated Optics, editado por T. Tamir, Vol. 7 de Topics in Applied Physics, series publicadas por Springer-Verlag.
- [17] S. Sugimoto y otros: High Speed Signal Transmission Experiments by Optical Wavelength Division Multiplexing; International Conference on Optical Fibre Communication, Tokio, julio 1977.
- [18] E. H. Hara: Conceptual Design of a Switched Television Distribution System using Optical Fiber Waveguides; IEEE Transaction on Cable Television, volumen CATV 2 n° 3, julio 1977.

Maurice E. Collier nació en Londres en 1925. Se graduó en la London University, alcanzando el BSc en ingeniería eléctrica en 1944. El mismo año ingresó en STC y en 1964 fue nombrado ingeniero jefe de la división de sistemas de tierra.

Pasó a STL en 1967 y en 1968 fue destacado a Intelsat donde trabajó en la planificación de los sistemas Intelsat III e Intelsat IV. Regresó después a STL donde se ocupa de estudios técnicos de sistemas avanzados de transmisión y redes de telecomunicación.

El Sr. Collier es Fellow de la Institution of Electrical Engineers.

A. W. Horsley se graduó en Ingeniería Eléctrica por el University College de Londres e ingresó en STL en agosto de 1961. Inicialmente trabajó sobre fenómenos de resonancia ciclotrón en semiconductores, TOP e integración gran escala.

En 1969 pasó a Jefe del Departamento de Comunicación de Microondas y Óptica, siendo responsable de circuitos integrados, antenas y dispositivos de presentación. Poco después el Departamento se responsabilizó de las comunicaciones por fibra óptica. En 1974 el Sr. Horsley se dedicó enteramente a todos los aspectos de la comunicación óptica siendo en la actualidad el Director del Programa de STL para comunicaciones ópticas.

Es miembro de número de la Institution of Electrical Engineers.

Funcionamiento digital en duplex completo sobre una línea a dos hilos

Para la terminación de señales digitales, la conversión de funcionamiento a cuatro hilos en funcionamiento a dos hilos y viceversa requiere un buen desacoplamiento entre la entrada y la salida. Para este objeto, se dispone ahora de una red de desacoplamiento controlada automáticamente que, además, evita reajustes durante la instalación o alteraciones de la red.

W. DIETZE
J. REUTTER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

Introducción

La comunicación entre dos abonados requiere facilidades que permitan la transmisión de señales en ambas direcciones sin perturbación. En el área de larga distancia esto se logra asignando un canal de transmisión individual para cada una de las dos direcciones. Sin embargo, por razones económicas, las líneas en este área se utilizan funcionando varios canales de manera múltiple, bien por división de frecuencia o por división de tiempo. (Fig. 1).

En el área rural y particularmente en el área de grupos de abonado, la utilización múltiple no es practicable, ordinariamente, por razones económicas; por tanto, se utilizan líneas a dos hilos, en general, y la separación de las señales transmitidas en ambas direcciones se realiza mediante transformadores híbridos.

Para la transmisión de señales de conversación en forma analógica, este funcionamiento a dos hilos ha resultado muy satisfactorio porque, salvo por problemas de estabilidad, los requisitos de las redes híbridas no son muy severos. La razón es porque un abonado no es perturbado cuando él oye su propia voz en su receptor además de los acoplamientos que existen para otros caminos.

Las condiciones cambian cuando ha de hacerse una conversión analógico/digital directamente en el equipo de abonado y cuando, por razones económicas, se necesita transmitir señales digitales en un funcionamiento totalmente duplex sobre las líneas de abonado a dos hilos existentes. En este caso resulta esencial una separación tan completa como sea posible de las señales de ambas direcciones de transmisión en la interconexión digital, ya que la suma de las dos señales digitales produciría error de bits y, por tanto, interferencias no deseables de las señales que se transmiten. Para la separación de las señales digitales que han de transmitirse simultáneamente en una línea a dos hilos se conocen los procedimientos que se describen a continuación. (Fig. 2).

Método múltiple por división de frecuencia

En el método múltiple por división de frecuencia, las dos señales digitales, cada una con velocidad de bits f_0 , que han de transmitirse se convierten de tal manera que los espectros de densidad de potencia de ambas direcciones de transmisión no se superpongan. Esto puede conseguirse, por ejemplo, mediante sistemas de frecuencias portadoras o eligiendo un código especial. Como se muestra en la figura 2a, el máximo del espectro de la densidad de potencia de una de las direcciones de transmisión está localizado en f_1 mientras que el de la otra en f_2 . La desventaja de este procedimiento es la cantidad de equipo relativamente alta que se necesita y la considerable anchura de banda requerida que reduce esencialmente la separación posible entre los terminales.

Método múltiple por división de tiempo

El método múltiple por división de tiempo tiene las mismas desventajas por lo que se refiere a la cantidad de equipo y a la anchura de banda necesaria que el método múltiple por división de frecuencia. Además, ha de resolverse el problema de sincronización de los conmutadores S_1 y S_2 .

En esta técnica (Fig. 2b), las señales digitales de velocidad f_0 que han de transmitirse, se aplican de manera continua al registrador de entrada (ES). Si los registradores ES están cargados, su contenido se transferirá a los registradores temporales (ZW). Para la transmisión de información, los registradores temporales de los terminales A y B se conectan en forma consecutiva a la línea para la transmisión de sus contenidos. En sincronismo con la conversión del registrador temporal en el lado de transmisión, mediante el conmutador S_1 , por ejemplo, el registrador temporal co-

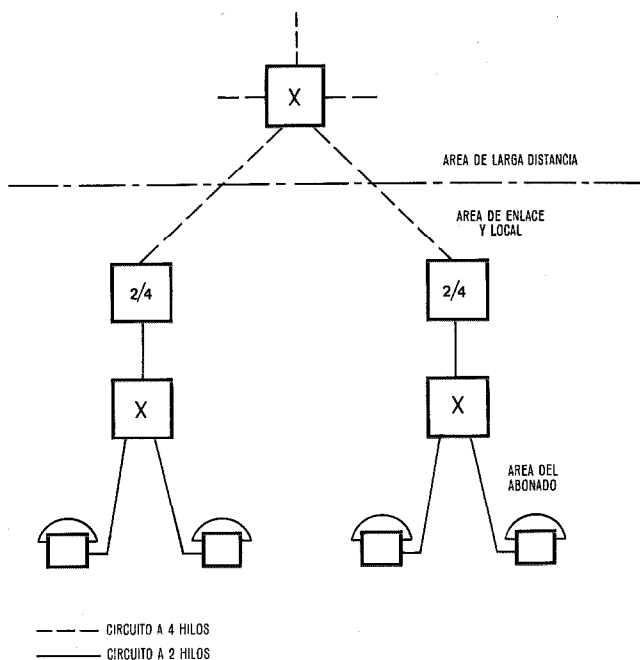


Fig. 1 Áreas de la red y su interconexión
X - Centro de conmutación
2/4 - Conversión de funcionamiento 2 hilos a 4 hilos.

Digital duplex completo

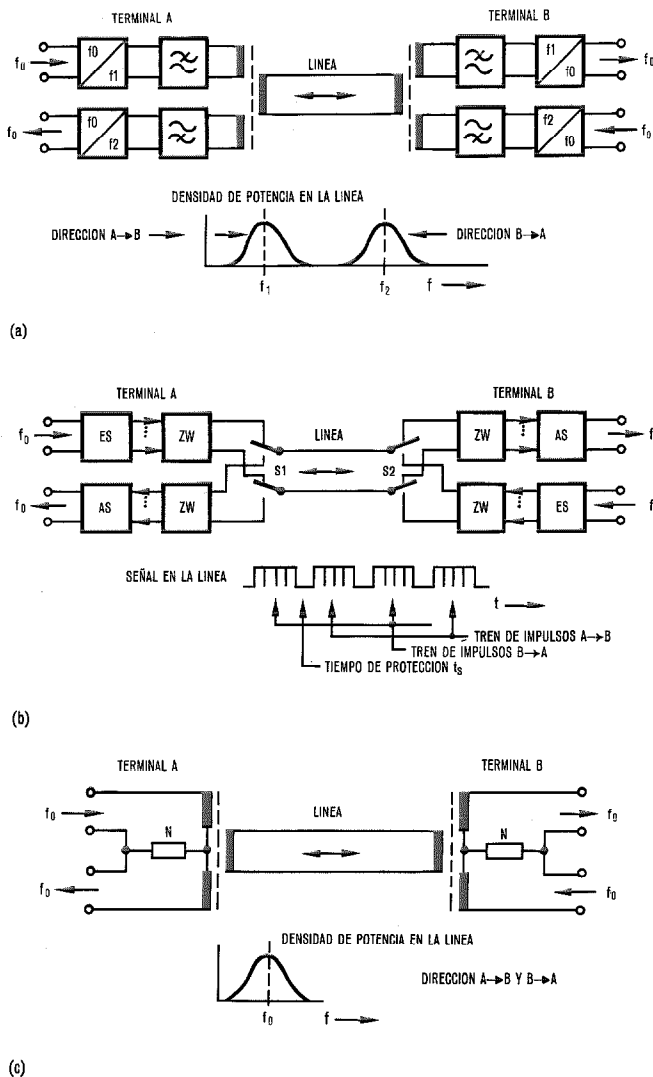


Fig. 2 Métodos de transmisión

- Método múltiplex por división de frecuencia
- Método múltiplex por división de tiempo
- Método del co-canal

- f_0 - Velocidad de transmisión de las señales digitales
- f_1, f_2 - Frecuencia de la máxima densidad de potencia
- AS - Registrador de salida
- ES - Registrador de entrada
- ZW - Registrador temporal
- t_s - Tiempo de protección
- N - Red de equilibrio

respondiente del lado de recepción tiene que conectarse a la línea mediante el conmutador S_2 . La información aplicada a este registrador temporal, en forma de ráfagas o trenes de impulsos, se almacena luego en el registrador de salida (AS) donde, a continuación, se lee la señal de datos de una manera continua a la velocidad f_0 .

Con objeto de tener en cuenta el retardo de tiempo de la línea, se necesita un tiempo de guarda t_s entre cada conmutación de S_1 y S_2 . La velocidad de transmisión en la línea es, por tanto, superior a $2 \times f_0$.

Método del co-canal

En la figura 2c se muestra el método del co-canal frecuentemente usado en la técnica analógica para la separación de las dos direcciones de transmisión. Con este mé-

todo puede lograrse una separación entre la señal de transmisión y la de recepción con unos pocos componentes, utilizando una red híbrida. El problema con el co-canal se presenta cuando, para permitir un valor máximo de la pérdida de la línea, debe conseguirse una atenuación suficientemente alta del desacoplamiento en el correspondiente margen de frecuencias, entre los puntos de conexión a cuatro hilos. Pero la atenuación de desacoplamiento conseguible está limitada por la exactitud con que pueda simularse la impedancia de entrada de la línea por la red de equilibrio (N) de la híbrida.

Funcionamiento digital en duplex completo

Para la transmisión de señales digitales en funcionamiento duplex completo sobre líneas a dos hilos, se prefiere el método del co-canal por razones económicas. Para evitar ajustes, ordinariamente necesarios con este método, se han hecho considerables investigaciones con la finalidad de encontrar un equipo que no necesite ajuste manual alguno cuando funcione sobre líneas con diferentes parámetros, tales como distinta longitud, diferentes diámetros, etc.

Además, tampoco deberán ser necesarios ajustes manuales cuando, por ejemplo, en un centro de conmutación se conecten juntamente líneas de diferentes características, o si las características de las líneas varían con la temperatura ambiente. El resultado de estas investigaciones es la red de desacoplamiento controlada automáticamente (AGE). Este circuito cumple los requisitos de una adaptación automática durante la instalación así como el requisito de no necesitar ajuste manual alguno durante el funcionamiento. En la figura 3 se muestra el diagrama funcional.

La red de desacoplamiento AGE se basa en una red híbrida de resistencias en la que las cuatro ramas están formadas por la resistencia R_1 , resistencia R_2 , la impedancia de entrada transformada de la línea a dos hilos y la red de equilibrio compuesta de la resistencia R_3 , condensador C_1 y resistencia variable R_4 . En una red de desacoplamiento convencional R_4 sería una resistencia fija.

Si ahora en la entrada a cuatro hilos se aplica una señal de transmisión desequilibrada procedente de una fuente de impedancia cero y si se utiliza como señal de control la diferencia de las medias aritméticas de las partes positivas de los voltajes en los puntos A y B a través del amplificador operacional D_2 , resulta posible aproximar la señal de transmisión en el punto B al valor en el punto A mediante el ajuste de la resistencia R_4 . Como consecuencia de esto, la señal de transmisión en la salida a cuatro hilos queda suficientemente atenuada por el amplificador operacional D_1 . Si, por otra parte, a la entrada/salida a dos hilos llega una señal de recepción procedente de la línea, esta señal puede recibirse a través de D_1 sin perturbación alguna. La condición para funcionamiento correcto es que la señal de recepción no modifique la media aritmética de la tensión en el punto A. Esta condición se cumple suficientemente eligiendo un código adecuado para las señales digitales.

Para la red de desacoplamiento AGE se eligió el código difase condicionado (CDP). En este código la señal tiene un paso por cero al comienzo de cada bitio y además un paso por cero adicional en la mitad del bitio para cada binario "0".

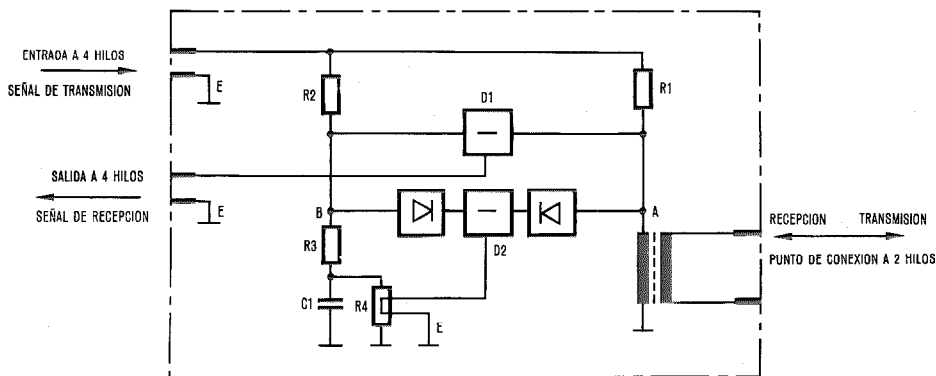


Fig. 3 Red de desacoplamiento controlado automáticamente (AGE), para la conversión de la transmisión de 4 a 2 hilos de señales digitales y viceversa.
D1, D2 - Amplificador diferencial

Este código tiene ventajas especiales cuando se usa como código de línea, tales como: circuitos sencillos para codificadores y decodificadores, posibilidad de extracción de la frecuencia de reloj independientemente de las secuencias de bits, así como un contenido despreciable de corriente continua.

Además, este código satisface ampliamente la condición de la media aritmética del voltaje en el punto A. Para una constante de tiempo suficientemente grande, la media

aritmética de las partes positivas del voltaje es constante e igual a la mitad de la amplitud de la señal de transmisión.

La figura 4 es un ejemplo y muestra para el punto A la señal de transmisión (a) y la señal de recepción (b) procedentes del otro terminal. La suma algebraica de estos voltajes, ver figura 4 c, demuestra que la señal de transmisión puede reducirse durante un corto tiempo por la señal de recepción pero a continuación se incrementa en la misma cantidad. Mediante este efecto, la media aritmética de la señal suma algebraica es constante, es decir, es independiente de la señal recibida.

Las redes de desacoplamiento controladas automáticamente se han diseñado aplicando el método descrito. En la figura 5 se muestran los resultados de medida obtenidos.

A partir de los resultados puede verse que la impedancia de entrada Z de la línea a dos hilos puede variar en un amplio margen mientras que, por otra parte, la atenuación de desacoplamiento varía solamente en un pequeño margen, debido a la función de control, de manera que puede mantenerse sobre un cierto valor mínimo bajo condiciones variables. Estas medidas se realizaron con terminación resistiva ya que los cables considerados muestran una componente reactiva pequeña en el margen de frecuencias correspondiente.

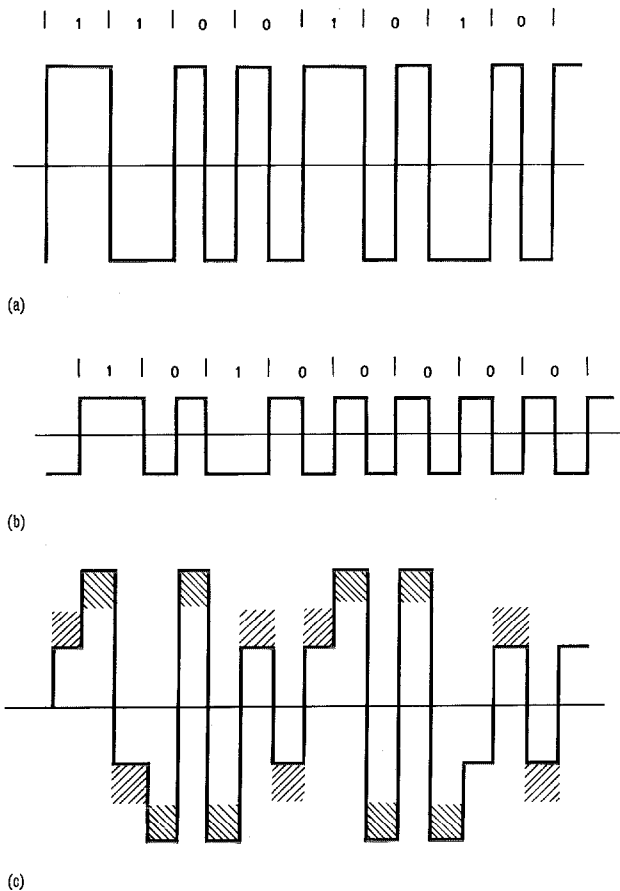


Fig. 4 Señales digitales en un terminal a dos hilos
a) Señal de transmisión de este terminal
b) Señal de recepción procedente del terminal distante
c) Suma de las señales de transmisión y recepción

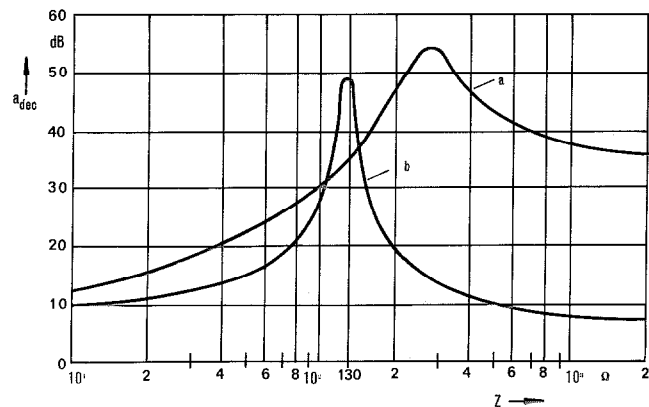


Fig. 5 Atenuación de desacoplamiento (a_{dec})
a) Red de desacoplamiento controlado automáticamente
b) Red de desacoplamiento convencional
c) Impedancia de entrada de la línea a dos hilos

Digital duplex completo

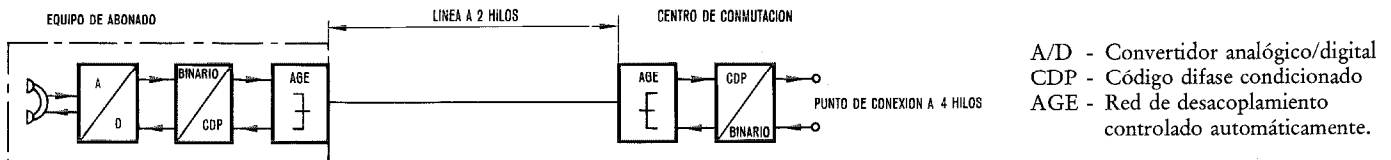


Fig. 6 Esquemático de la transmisión en duplex completo de señales digitales en una línea a dos hilos.

De las medidas se deduce que pueden permitirse pérdidas en la línea hasta 24 dB a la frecuencia de la máxima densidad de potencia, suponiendo una relación señal/ruido usual de 10 dB entre las señales de transmisión y recepción en la salida a cuatro hilos. Para esto debe conseguirse una atenuación de desacoplamiento superior a 34 dB, lo que es posible en un amplio margen de Z (Fig. 5). En un circuito de desacoplamiento convencional, con una red de equilibrio fija y bajo las mismas condiciones, no es posible un funcionamiento duplex completo en líneas a dos hilos con el método del co-canal.

La figura 6 muestra el esquemático de la transmisión en duplex completo de las señales digitales en una línea a dos hilos. En este diagrama las señales de conversación se convierten en señales digitales dentro del equipo de abonado y se traducen mediante un convertidor de código en señales de código difase condicional (CDP). Este código de señales es, como ya se ha dicho, excepcionalmente adecuado para usarlo con la red de desacoplo controlada automáticamente. Esta red también actúa como filtro de separación para la combinación de señales digitales en caso de funcionamiento de cuatro hilos a dos hilos en el lado de transmisión y para la separación en el caso de funcionamiento de dos hilos a cuatro hilos en el lado de recepción. En el lado del centro de conmutación, sólo se muestra la red de desacoplamiento AGE con un convertidor de código, ya que el posterior tratamiento de las señales digitales depende del tipo del centro de conmutación (transmisión analógica o digital, conmutación por división de tiempo o de espacio).

Medidas y cálculos han demostrado que pueden cubrirse con este dispositivo las siguientes distancias en líneas a dos hilos de pares de cable, dependiendo del diámetro del hilo y de la velocidad de transmisión (en el margen de 16 a 64 kbit/s):

Diámetro mm	Distancia máx. km
0,6	7
0,8	10
1,4	20

Conclusiones

El funcionamiento en duplex completo con señales digitales sobre líneas a dos hilos resulta posible de forma económica con el método del co-canal si se utiliza la red de desacoplamiento controlado automáticamente (AGE) para el desacoplamiento de ambas direcciones de transmisión.

La red AGE ofrece la posibilidad de compensar la atenuación de largas líneas de abonado y la atenuación de líneas de abonado excesivamente largas puede compensarse de una manera económica con los regeneradores usuales, equipado cada uno adicionalmente con la red AGE.

Esta disposición también permite la transmisión de señales de datos hasta 64 kbit/s, así como la conexión directa de equipos de abonado para la transmisión digital a un centro de conmutación por división de tiempo. Finalmente, la red de desacoplamiento controlado automáticamente también permite la transmisión de un circuito de órdenes a través de un circuito fantasma en un funcionamiento digital en duplex completo.

Referencias

- [1] D. Böttle: Adaptive Nachbildung für unbespulte Telephonleitungen; Nachrichtentechnische Zeitschrift, mayo 1973, volumen 28, n° 5, págs. 166-169.
- [2] L. Gasser y A. Van de Laar: Un método de análisis del equilibrado del efecto local en los aparatos de abonado, Comunicaciones Eléctricas, 1976, volumen 51, n° 3, págs. 196-199.
- [3] K. Stegmann: Auswirkungen der Entwicklung in den Ortskabelnetzen; Fernmelde-Praxis, 25 enero 1977, volumen 54, n° 2, págs. 51-66.
- [4] R. Caprio: Comparison of Modulation Techniques for Subscriber Carrier Systems; Proceedings of the Second International Symposium on Subscriber Loops and Services, Londres, 3-5 mayo 1976, Institution of Electrical Engineers Conference Proceedings n° 137, págs. 106-111.
- [5] P. S. Jones: Code-Division-Multiplexed Delta Modulation for the Subscriber Loop; Proceeding of the Second International Symposium on Subscriber Loop and Services, Londres, 3-5 mayo 1976, Institution of Electrical Engineers Conference Proceedings n° 137, págs. 148-152.
- [6] L. W. Kingswell y G. C. Toussaint: A Subscribers' Carrier System for the Local Network; Post Office Electrical Engineers' Journal, enero 1972, volumen 64, n° 4, págs. 213-219.
- [7] A. Norz: Übertragungsverfahren auf Teilnehmeranschlußleitungen in Telegrafie- und Datennetzen; Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)-Fachberichte, 1972, volumen 27, págs. 169-174.

Wolfgang Dietze, nació en 1930. Estudió ingeniería eléctrica, ingresando en Standard Elektrik Lorenz AG en 1955. Trabajó en el desarrollo de equipos de transmisión en Alemania y extranjero. Durante varios años ha sido jefe del departamento de planificación de sistemas para las técnicas de transmisión alámbrica.

Jörg Reutter nació en Bruchsal, Alemania, en 1935. Estudió radiofrecuencia y tecnología de comunicaciones eléctricas en la Ohm Polytechnikum de Nuremberg.

De 1957 a 1959 trabajó en Standard Elektrik Lorenz AG, en Stuttgart, en el desarrollo de amplificadores de banda ancha transistorizados para sistemas de frecuencias portadoras.

De 1959 a 1962 trabajó en la planificación, desarrollo y producción de sistemas de radio y frecuencias portadoras en Standard Eléctrica, S. A. de Río de Janeiro, Brasil.

En 1963, el Sr. Reutter regresó a SEL donde inicialmente se ocupó del desarrollo de equipos de suministro de portadoras y después, como jefe de equipo, trabajó en el laboratorio de equipos de traslación de canales y también en el departamento de planificación de sistemas.

Desde 1977 es jefe del laboratorio de equipos de traslación para sistemas de transmisión por línea.

Una nueva familia de equipos de traslación de Grupos Secundarios

Se expone un nuevo concepto para la repartición del filtrado así como para la coordinación del equipo de suministro de portadoras que permite reducir el número de tipos de unidades y el coste de las numerosas traslaciones de grupos secundarios en sistemas de frecuencias portadoras.

L. BRAUN

H. LÖFFLER

M. OPPENLÄNDER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

Introducción

La introducción ahora del recientemente desarrollado equipo de traslación de grupo secundario (SGU) en la práctica de equipo VSEP*, es una continuación de los ya descritos equipos de traslación de portadoras UGT300/900, UGC900/1200 y UGC900/10800 [1, 2]. Estos equipos son necesarios para la formación de los grupos de 300 y 900 canales, de acuerdo con la Recomendación G.233 del CCITT (Figs. 2 y 4) así como para la formación de las bandas de línea V300 y V900, de acuerdo con la Recomendación 341 del CCITT (Fig. 1a) y 343 (Fig. 1a). En la figura 1 se muestran los correspondientes diagramas de frecuencia. En este desarrollo se ha utilizado un nuevo concepto de filtrado que, en comparación con los equipos ya existentes, ofrece las siguientes ventajas: Reducción tanto del volumen de los filtros como del número de tipos de unidades enchufables, simplificando, por consiguiente, tanto la construcción como el tamaño de las estaciones de frecuencias portadoras.

Los equipos cumplen las especificaciones de la administración alemana y de las administraciones extranjeras, así como las Recomendaciones del CCITT; la especificación mecánica está de acuerdo con la Práctica Normalizada de Equipo Vertical VSEP.

Construcción del equipo de traslación

La figura 2 muestra un diagrama de bloques del equipo de traslación GS1 a 16. El equipo para los GS2 a 16 y GS1 a 5 se realiza equipando sólo las unidades apropiadas. Análogamente, la figura 3 muestra el equipo para los GS4 a 8. Las traslaciones de frecuencia son idénticas para los GS3 a

* Marca registrada del sistema ITT

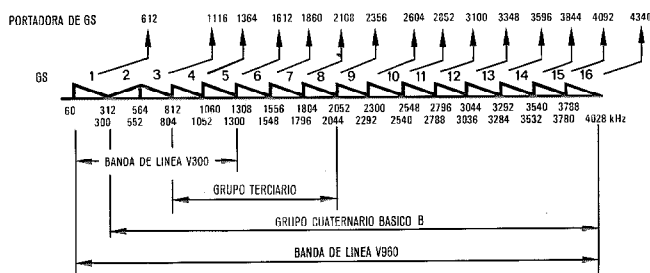


Fig. 1 Planes de frecuencias para el grupo terciario básico y grupo cuaternario básico B, así como para las bandas de línea V300 y V960.

16 y dispuestas en una unidad enchufable para ambas direcciones de transmisión y recepción. Las figuras 4 y 5 muestran el diagrama de bloques de los correspondientes suministros de portadoras. Estos suministros de portadoras pueden alimentar a varias unidades de traslación (suministro de portadoras centralizado), o bien alimentar a una sola unidad de traslación (suministro de portadoras descentralizado) en cuyo caso se monta en la misma unidad VSEP que el equipo de traslación. Respecto a si un suministro de portadoras centralizado o descentralizado resulta más económico, depende del tamaño de la estación de frecuencias portadoras. En el caso del equipo de traslación de los GS 1 a 16 (GS2 a 17), se ha encontrado que es más ventajosa la solución descentralizada. La tabla 1 muestra los diferentes tipos de equipos de traslación y sus posiciones en los bastidores verticales de la práctica de equipo VSEP.

Tabla 1 - Resumen de equipos de transmisión y grupo secundario

Equipo de traslación	Con suministro de portadora centralizado		Con suministro de portadora descentralizado
	Equipo de traslación	Suministro de portadora	Equipo de traslación + suministro de portadora
grupos secundarios 4 a 8	1 × 400	1 × 400	1 × 600
grupos secundarios 1 a 5	1 × 400	1 × 400	1 × 600
grupos secundarios 1 a 16 grupos secundarios 2 a 16	-	-	3 × 600

NOTA: Las cifras de la tabla representan el número de armazones la longitud de un armazón en milímetros. Los suministros de portadoras centralizadas pueden alimentar cada uno un armazón de 16 equipos de traslación.

Con estas dimensiones puede acomodarse, por ejemplo, el equipo de traslación para formar la banda de línea V960, incluidos el suministro de portadoras y alimentación, en un bastidor de 2,6 m de alto de la Práctica VSEP (anchura de las secciones, 121 mm).

La tabla 2 da los datos principales para la familia de traslación de grupo secundario. La especificación cumple también los requisitos de la Administración alemana así como las correspondientes recomendaciones del CCITT.

Traslación de grupos

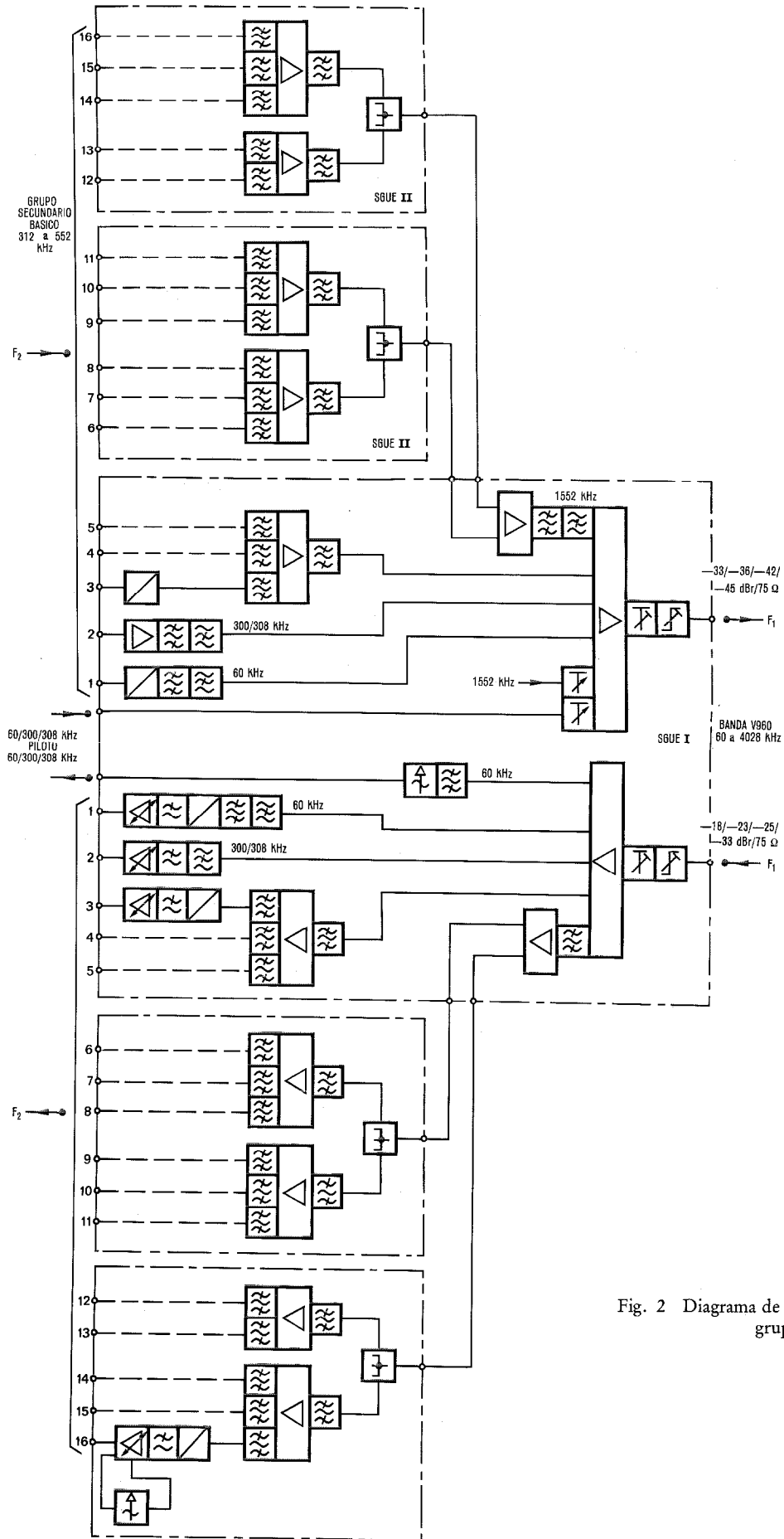


Fig. 2 Diagrama de bloques del equipo de traslación para los grupos secundarios 1 a 16.

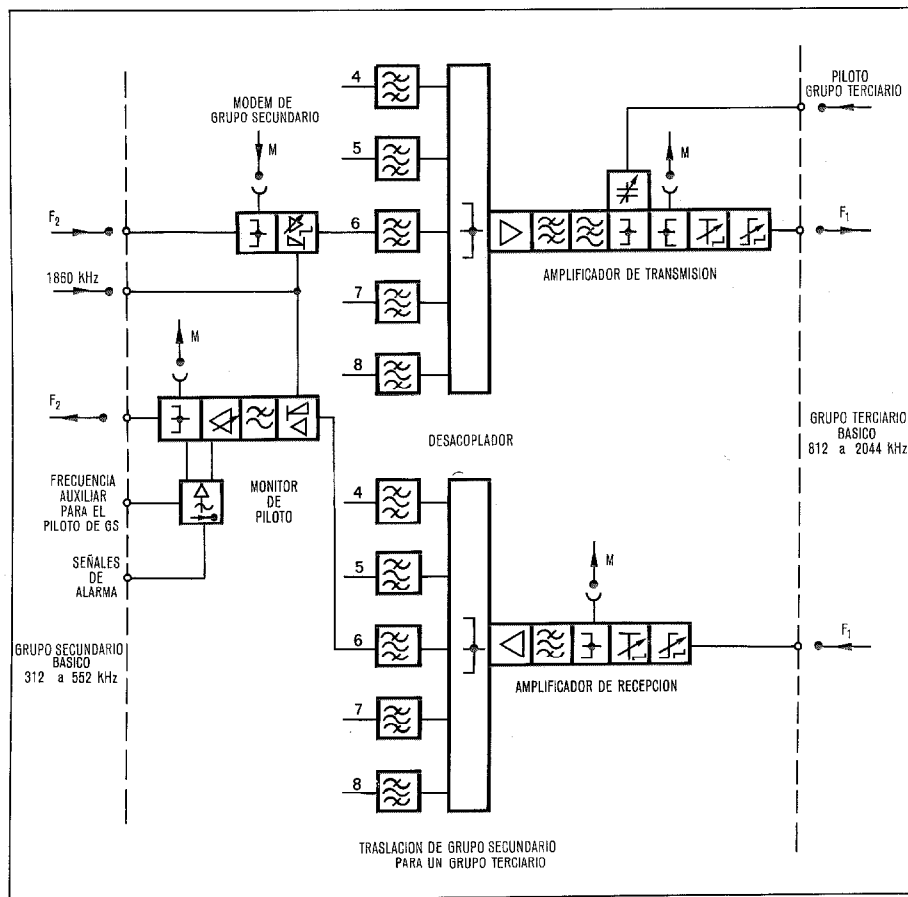


Fig. 3 Diagrama de bloques del equipo de traslación para los grupos secundarios 4 a 8.

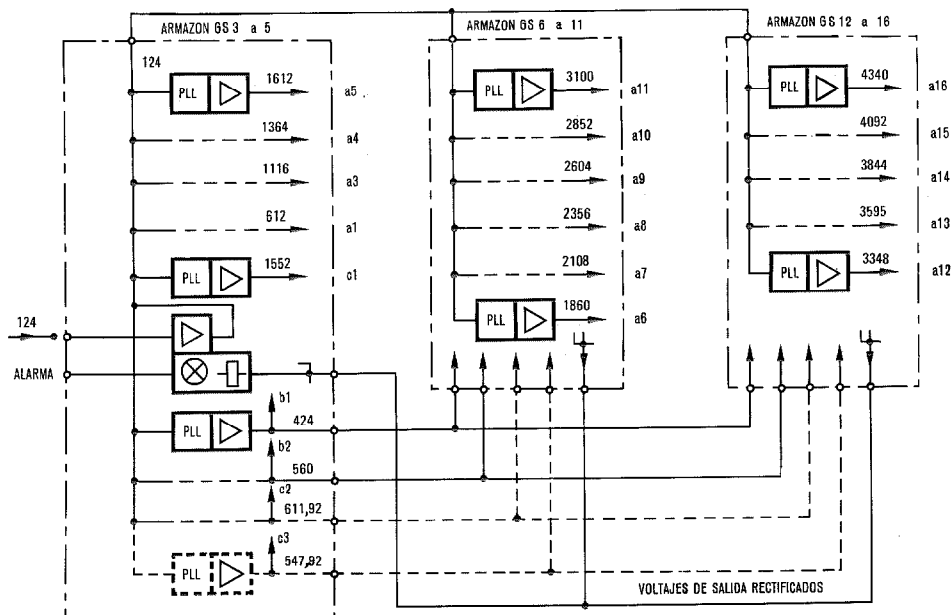


Fig. 4 Suministro de portadoras descentralizado del equipo de traslación para los grupos secundarios 1 a 16 en la banda V960. Detalles de frecuencia en kHz:

- a - portadora
- b - portadora auxiliar
- c - piloto
- PLL - oscilador con enclavamiento de fase.

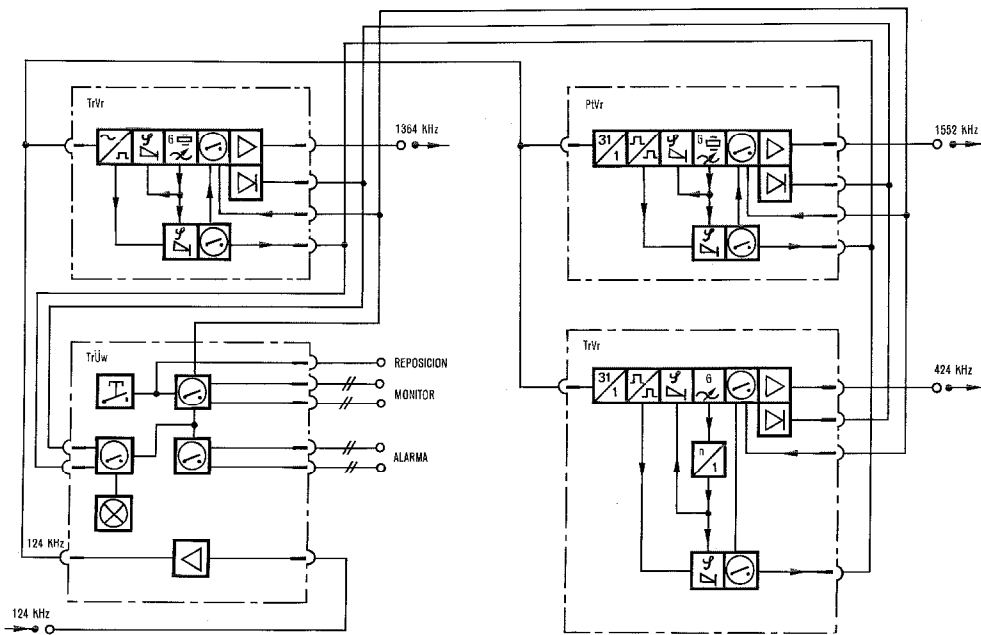


Fig. 5 Diagrama de bloques de las partes funcionales principales del armazón de suministro de portadoras centralizado para los grupos secundarios 4 a 8 con las cuatro unidades enchufables.

- TrVr - amplificador de portadora (duplicado)
- PtVr - amplificador de piloto
- TrUw - monitor de portadora

Características del nuevo equipo de traslación

La traslación en la dirección de transmisión desde el grupo secundario básico a cualquiera de los grupos secundarios 3 a 16 y la traslación de retorno en la dirección de recepción, tiene lugar en una unidad conocida como modem de GS. Esta unidad no contiene medio de selección alguno, aparte del de grupo secundario básico mismo, de forma que puede utilizarse el mismo módulo para todas las traslaciones de esta familia de equipos con sólo alimentarle con la portadora adecuada. De esta manera, pueden restringirse los numerosos tipos de unidades específicas de frecuencia.

En otros sistemas más antiguos fué habitual asignar a cada etapa de traslación individual los necesarios medios de selección para suprimir los productos de modulación no deseados y la fuga de señal. El nuevo desarrollo que aquí se describe difiere pues de este concepto de equipo flexible (equipado parcial) pero de mayor complejidad.

Para mayor claridad, vamos a considerar la dirección de transmisión, donde el escape de la señal de los GS1 y GS3 a 16 cae exactamente en la banda de GS2 no trasladado, produciendo, por tanto, diafonía inteligible. Resulta práctico llevar a cabo la selección necesaria, no en cada etapa de traslación individual, sino después de la combinación de varios grupos secundarios. De acuerdo con este principio, es también posible reducir el volumen de selección para suprimir las bandas laterales negativas.

Estas consideraciones son la base de la construcción del sistema de GS4 de nueva generación en la Práctica de Equipo VSEP, según se establece en el diagrama de principio de los GS4 a 8 de la figura 3. Aquí puede verse que un filtro paso banda suprime la fuga de señal y los productos

de modulación de orden superior de las cinco bandas parciales de la dirección de transmisión, después de que los cinco supergrupos trasladados hayan sido reunidos en un amplificador sumador.

Puntos de medida desacoplados

A las entradas y salidas del sistema se disponen puntos de medida desacoplados (M) de forma que se pueden realizar medidas sin perturbar el funcionamiento. Los puntos de medida se disponen en la parte frontal de las unidades con conectores coaxiales normalizados de 1,6/5,6 mm.

Igualador de cableado

Se han dispuesto igualadores de cableado en el lado de línea del sistema que permiten igualar una atenuación de hasta 50m de cable de estación.

En el lado de los grupos secundarios básicos puede realizarse un ajuste de nivel para compensar la atenuación del cable en un margen de $\pm 0,5$ dB.

Ajuste manual de la ganancia de transmisión en la dirección de recepción.

Además de los medios de ajuste antes mencionados, el nivel de cada grupo secundario demodulado puede variarse manualmente en ± 1 dB con la ayuda de un variómetro (para funcionamiento sin regulación automática).

Regulación automática de nivel

El cambio de ganancia constante de transmisión a regulación automática tiene lugar de forma automática por la inserción en la unidad de un receptor piloto de 411,92 kHz

Tabla 2 – Datos técnicos de la traslación de grupo secundario

		UGS 4 a 8	UGS 1 a 16 ó UGS 2 a 16	UGS 1 a 5
Lado de grupo básico (Grupo secundario)	Margen de frecuencia	312 a 552 kHz	312 a 552 kHz	312 a 552 kHz
	Nivel relativo – lado de transmisión – lado de recepción	–35/–36 dB _r /75 Ω –30 dB _r /75 Ω	–35/–36 dB _r /75 Ω –30 dB _r /75 Ω	–35/–36 dB _r /75 Ω –30 dB _r /75 Ω
Lado de grupo básico (Grupos terciario y cuaternario)	Margen de frecuencia	812 a 2044 kHz	312 a 4028 kHz	–
	Nivel relativo – lado de transmisión – lado de recepción	–36 dB _r /75 Ω –23 dB _r /75 Ω	–33 dB _r /75 Ω –33 dB _r /75 Ω	– –
Lado de línea	Margen de frecuencia	–	60 a 4028 kHz	60 a 1300 kHz
	Nivel relativo – lado de transmisión – lado de recepción	– – –	–33/–36 dB _r /75 Ω –33/–36 dB _r /75 Ω –23/–25/–33 dB _r /75 Ω	–36/–43 dB _r /75 Ω –36/–42 dB _r /75 Ω –18/–23 dB _r /75 Ω
Distorsión de atenuación dependiente de la frecuencia (dirección de transmisión o de recepción)		$ \Delta a < 0,4$ dB referencia 411,92 kHz ó 547,92 kHz	$ \Delta a < 0,3$ dB referencia 411,92 kHz	$ \Delta a < 0,3$ dB referencia 411,91 kHz
Piloto de comparación de frecuencia		–	60/300/308 kHz	60 kHz
Fuga de portadora Ruido (con el equipo en bucle)	– camino de transmisión – camino de recepción Ruido básico Ruido total	<–50 dBm ₀ <–20 dBm ₀ <–76 dBm _{0p} <–73 dBm _{0p}	<–50 dBm ₀ <–20 dBm ₀ <–75 dBm _{0p} <–72 dBm _{0p}	<–50 dBm ₀ <–20 dBm ₀ <–75 dBm _{0p} <–72 dBm _{0p}
Atenuación de diafonía		> 85 dB	> 85 dB	> 85 dB
Atenuación de diafonía entre direcciones opuestas		> 85 dB	> 85 dB	> 85 dB
Inyección piloto		1552 kHz	60/300/308 kHz 1552 kHz	60/308 kHz
Filtro de banda eliminada	411,92 ó 547,92 kHz	si se requiere, en la dirección de transmisión		
	1552 kHz	si se requiere, en la dirección de transmisión		
	60/300/308 kHz	–	60, 300 ó 308 kHz	60 ó 300 kHz

ó 547,92 kHz. Las fluctuaciones del nivel de entrada del piloto comprendidas en el margen de $\pm 4,5$ dB se regulan entonces automáticamente. Si el piloto a la entrada del sistema cae más de 6 dB por debajo de su valor nominal, la ganancia de transmisión del amplificador de recepción se ajusta automáticamente a su valor medio y se dispara una alarma.

Unidades enchufables

Modem para los GS3 a 16

Los caminos de transmisión y de recepción se han dispuesto conjuntamente en un mismo circuito impreso. Se utiliza como modulador o demodulador un circuito integrado que funciona como mezclador doblemente equilibrado. Se supervisa el nivel de portadora aplicado al modem; si el nivel cae por debajo de un nivel crítico, ambos moduladores se desconectan. Esto es necesario porque

cuando tiene lugar un corte en la portadora, la fuga de señal del modulador puede aumentar notablemente.

La ganancia de transmisión del amplificador de recepción está influida por la resistencia diferencial de una combinación de diodos en un circuito en contra-fase. Un circuito eléctrico suministra la necesaria corriente continua que depende de un valor de control procedente del amplificador de piloto. En caso de omisión o corte de este valor de control, la unidad reguladora de diodos se alimenta con una ganancia media de la correspondiente corriente continua.

Modulador y demodulador para el GS1

Por razones de espacio, el equipo de transmisión y el de recepción se ha dispuesto cada uno en un circuito impreso especial, juntamente con los necesarios filtros de banda lateral y, opcionalmente, cada uno con un filtro de banda eliminada de cristal de 60 kHz.

Traslación de grupos

Cuasi-Modem para el GS2

Los equipos de transmisión y de recepción se disponen juntamente en un circuito impreso y con un filtro de banda eliminada de cristal de 300 kHz ó 308 kHz. El modulador activo suprimido se compensa con un sencillo tipo de amplificador.

Receptor piloto para 411,92 kHz y 547,92 kHz

En el receptor piloto, el piloto recibido se traslada con la portadora auxiliar de 424 kHz ó 560 kHz a la frecuencia intermedia de 12,08 kHz filtrada en un filtro electromecánico [4] y luego amplificada. Después de una detección rectificadora linealmente, el voltaje de piloto se compara con un voltaje de referencia y la diferencia se lleva a un circuito discriminador. En la parte frontal de la unidad hay un punto de prueba en el que puede comprobarse con un instrumento de CC el estado de regulación del sistema, así como un LED para la señalización de alarma.

Amplificador de transmisión para el grupo terciario básico (GS4 a 8)

En la figura 6 se muestra el amplificador de transmisión como dos unidades enchufables. En un circuito impreso se contienen los medios de selección para los cinco grupos secundarios trasladados y en el segundo circuito impreso el amplificador de transmisión que de una forma no reactiva combina y amplifica las salidas de los cinco filtros, de forma que incluso en el caso de equipado parcial no pueden producirse errores de nivel o de frecuencia. Este circuito también contiene un filtro común, un filtro de banda eliminada de cristal de 1552 kHz y una red de ajuste a través de la cual puede aplicarse el piloto de grupo terciario de 1552 kHz.

Armazón de traslación

Todas las unidades se hallan ensambladas en circuitos impresos y montadas en unidades enchufables que después se disponen equipadas en armazones.

Como ejemplo, la figura 7 muestra dos tipos diferentes de armazones.

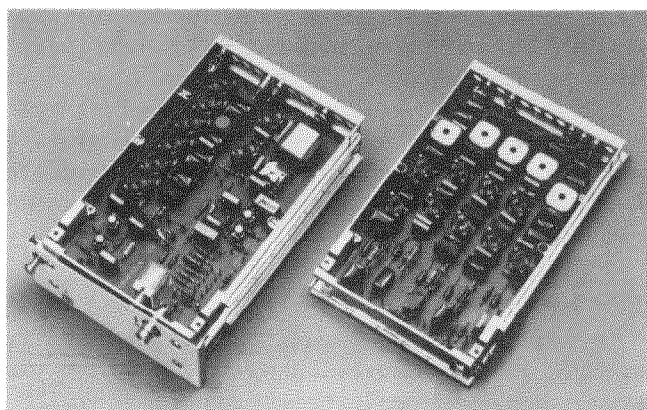


Fig. 6 Unidades enchufables del amplificador de transmisión del equipo de grupos terciarios (sin cubierta).

Armazones de traslación para formar la banda de frecuencias de línea V960

La banda de frecuencias V960 requiere tres armazones. El armazón I se necesita para las traslaciones de GS1 a 5 con los amplificadores de transmisión y recepción para 16 grupos secundarios y dos armazones II más para contener las traslaciones de GS6 a 11 y 12 a 16. El lado de línea de las entradas y salidas de estos dos armazones II, básicamente idénticos, están conectadas al lado de transmisión y recepción del armazón I, como se muestra en la figura 2.

Armazón de traslación para formar la banda de frecuencias de línea V300

En este caso se utiliza el armazón I, pero los amplificadores de transmisión y recepción no utilizan el filtro y el amplificador de desacoplo que se requieren para los GS6 a 16.

Armazón de traslación para formar el grupo terciario básico

Como puede verse en la tabla 1 y en la figura 7, se necesitan dos variantes para el suministro de portadoras centralizado y descentralizado.

Suministro de portadoras

El suministro de portadoras para la nueva generación del equipo de traslación de grupo secundario comprende 15 portadoras de grupo secundario, 4 portadoras auxiliares para traslación de las frecuencias de piloto a un margen de frecuencias inferior y un piloto de grupo.

Como se muestra en la tabla 3, todas estas frecuencias se derivan de la frecuencia de control de 124 kHz.

Tabla 3 - Frecuencias de la traslación de grupo secundario

Portadora para GS 1	612 kHz = $153/31 \times 124$ kHz
3	1116 kHz = 9×124 kHz
4	1364 kHz = 11×124 kHz
5	1612 kHz = 13×124 kHz
6	1860 kHz = 15×124 kHz
7	2108 kHz = 17×124 kHz
8	2356 kHz = 19×124 kHz
9	2604 kHz = 21×124 kHz
10	2852 kHz = 23×124 kHz
11	3100 kHz = 25×124 kHz
12	3348 kHz = 27×124 kHz
13	3596 kHz = 29×124 kHz
14	3844 kHz = 31×124 kHz
15	4092 kHz = 33×124 kHz
16	4340 kHz = 35×124 kHz
Portadora auxiliar	424 kHz = $106/31 \times 124$ kHz
	496 kHz = $124/31 \times 124$ kHz
	560 kHz = $140/31 \times 124$ kHz
	632 kHz = $158/31 \times 124$ kHz
Piloto de grupo	1552 kHz = $388/31 \times 124$ kHz

Frecuencia de control

La frecuencia de control de 124 kHz se deriva de un generador básico muy estable cuya máxima desviación relativa de frecuencia es de $1 \times 10^{-8}/3$ meses y con un equipo regulador de frecuencia de $5 \times 10^{-9}/10$ años. Esta alta estabilidad de frecuencia que es suficiente para sistemas de

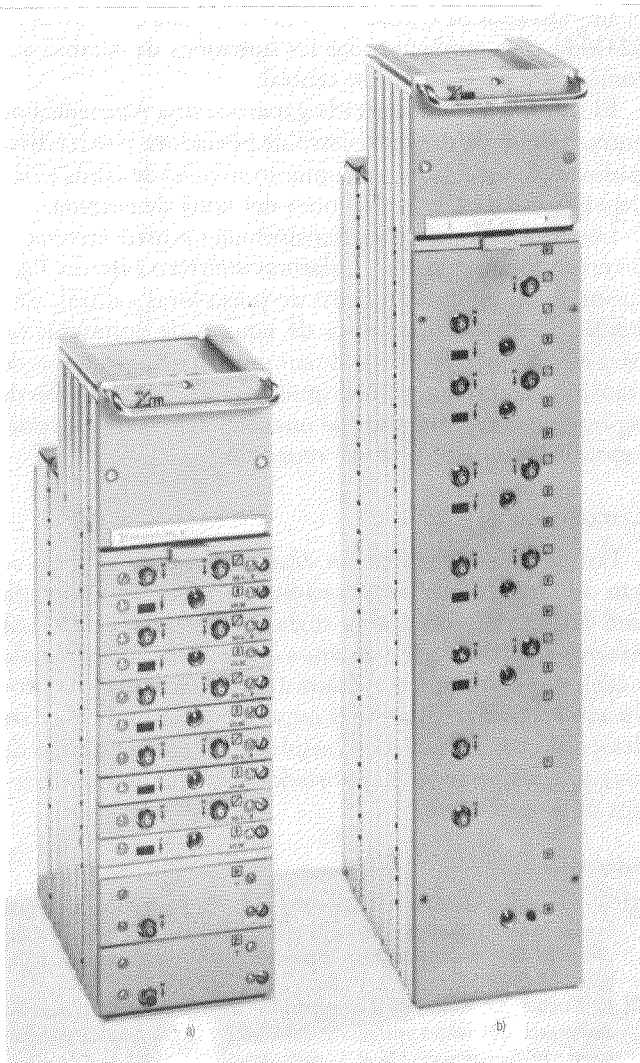


Fig. 7 Armazón de traslación de los grupos secundarios
 a) GS4 a 8 (para el suministro de portadoras centralizado).
 b) GS1 a 5 (con suministro de portadoras incorporado).

60MHz, tales como el V 10800, se aplica a todas las frecuencias de las portadoras de supergrupo mediante la frecuencia de control. Además, el voltaje sinusoidal de la frecuencia de control se convierte en impulsos secuenciales de alto contenido de armónicos que sirven, de acuerdo con la tabla 3, para sincronizar las frecuencias portadoras.

Suministro de portadoras centralizado y descentralizado

La participación en el coste del suministro de portadoras en relación con el coste total del equipo de traslación puede quedar afectado económicamente de manera muy favorable disponiéndole en equipos centralizados y descentralizados.

Para instalaciones grandes resulta aceptable un suministro de portadoras centralizado, relativamente caro. Puede alimentarse un considerable número de moduladores con pocas frecuencias para las que habrá que tener en cuenta la necesaria potencia de salida y el equipo de distribución. El gran número de canales dependientes en este caso hace necesario disponer de un suministro de portadoras de reserva

con cambio automático. Como ejemplo, la figura 5 muestra el suministro de portadoras centralizado para la traslación de los GS4 a 8 que alimente a las 16 unidades de traslación.

Para instalaciones más pequeñas, donde se necesitan las 15 frecuencias portadoras para traslación pero que sólo realiza una traslación por frecuencia, el anterior concepto resulta demasiado costoso. Las unidades del suministro de portadoras se disponen de forma descentralizada, en la misma unidad que el equipo de traslación. Cada amplificador de portadora alimenta solamente un modem. No se necesita, en este caso, funcionamiento de reserva ni cambio automático. Un ejemplo típico es el suministro de portadoras descentralizado del equipo de traslación para los GS1 a 16 (Fig. 4).

Las unidades funcionales de la generación de portadoras de supergrupo se han diseñado de tal manera que pueden utilizarse tanto de manera centralizada como descentralizada, con sólo realizar ligeras variaciones en el circuito.

Generación de portadoras de supergrupo

El principio de oscilador con bloqueo de fase ha demostrado ser el más favorable para la obtención de un amplio número de frecuencias a partir de una frecuencia de control, coordinando las diferentes funciones en las unidades centralizadas y descentralizadas. Con esto se obtiene un ahorro en filtros así como en el trabajo que supone su ajuste. Como se muestra en la figura 5, el elemento que define la frecuencia del circuito oscilador es un cristal (TrVr 1364kHz y PtVr 1552kHz) o bien un circuito LC (TrVr 424kHz).

El único tipo de cristales económicos disponibles en el mercado hasta la fecha, que hace posible la fabricación de osciladores con una desviación máxima de frecuencia propia inferior a 100×10^{-6} y con una vida funcional de, al menos, 20 años es solamente para frecuencias por encima de 1MHz. Todos los equipos de generación de pilotos y portadoras están equipados con osciladores de este tipo de cristales. Su pequeña anchura de banda tiene la ventaja de que la comparación de fases en el bucle del enclavamiento de fase puede conseguirse directamente con la frecuencia de salida del oscilador y los correspondientes armónicos de la frecuencia de control. Esto evita la división a un nivel de frecuencia de comparación más bajo. El factor de multiplicación más grande es 388, necesario para producir la frecuencia piloto de grupo de 1552kHz, e incluso aquí una desviación máxima de frecuencia de 0,01% garantiza que en el bucle de enclavamiento de fase se mantiene constantemente la frecuencia correcta de 1552kHz y no las frecuencias incorrectas armónicas próximas de 1548kHz y 1556kHz. Otra ventaja del oscilador de cristal es la reducción de coste de la red del filtro situada en el bucle y en la totalidad del circuito.

Las frecuencias por debajo de 1MHz, tales como las portadoras auxiliares y la portadora de 612kHz para el GS1, se producen con la ayuda de osciladores LC que han probado sobradamente su validez en el desarrollo de las portadoras de grupo primario. Su máxima desviación relativa de frecuencia inferior al 2% para un periodo de vida de funcionamiento de, al menos 20 años, hace necesario dividir las frecuencias de control y de salida a la frecuencia co-

mún máxima de 4 kHz y realizar comparación de fase a este nivel. Solamente entonces resulta posible evitar procesos de reajuste sobre frecuencias falsas que estén próximas a los 4 kHz de la frecuencia requerida.

Los osciladores se sintonizan al respectivo armónico de la frecuencia de control de alta estabilidad mediante capacidades variables con la tensión, con la ayuda de un voltaje producido por el discriminador de fase. Dentro del margen de control, la frecuencia portadora tiene la misma estabilidad de frecuencia que la frecuencia de control. Se supervisan el nivel de salida y el sincronismo del bucle con enclavamiento de fase. Cualquier desviación no permisible se registra en la unidad monitora central. En caso de falta de sincronismo se desconecta internamente el voltaje de salida, con objeto de evitar un funcionamiento defectuoso con desviación de la frecuencia portadora.

La diferencia entre unidades generadoras de portadoras centralizadas y descentralizadas estriba sólo en la característica de la etapa amplificadora de salida producida por la diferente potencia de salida y la supresión del cambio automático en el suministro de portadora descentralizado.

Se han previsto puntos de medida para localización de faltas. La figura 8 muestra la tarjeta de circuito impreso de suministro de portadoras, para una portadora.

Generación de piloto de grupo

El piloto de grupo se ha diseñado según el mismo principio que la portadora de grupo secundario, como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 5 para el PtVr.

Puesto que la frecuencia de 1552 kHz no es un múltiplo entero de 124 kHz, la frecuencia de control tiene que dividirse hasta 4 kHz.

El monitor de nivel de salida es particularmente preciso y reacciona inmediatamente para desviaciones superiores al 2%.

Monitor de portadora y cambio automático

La unidad monitora de portadora (TrÜw, Fig. 5) juega un papel especial. En esta unidad no solamente se dispone

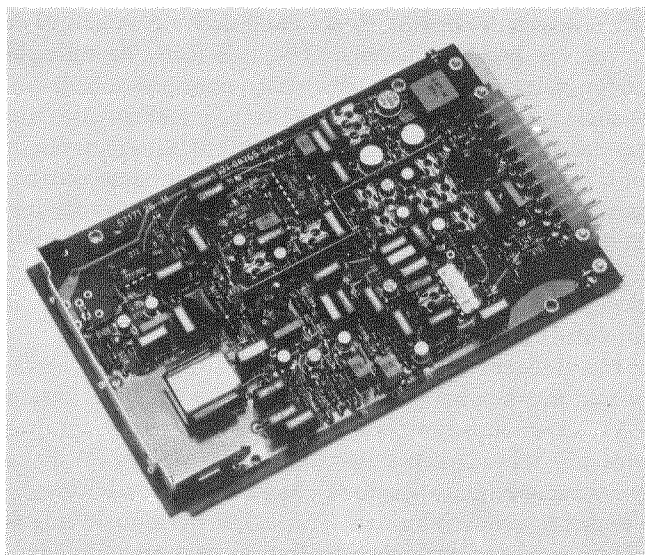


Fig. 8 Vista de la tarjeta de suministro de portadora con filtro de cristal.

el amplificador de entrada para la frecuencia de control de 124 kHz sino también todas las funciones de cambio automático y de supervisión central.

El amplificador de entrada garantiza una resistencia de entrada definida del suministro de portadora y se ha diseñado de tal manera que en conjunto su nivel de salida es independiente de las desviaciones del nivel de entrada.

Los equipos monitores transforman un nivel erróneo o un error de sincronismo en alarmas interna o externa. Para su inserción en el suministro de portadoras central, esta unidad va también provista de equipo de conmutación para el cambio automático de suministro de portadoras de trabajo al de reserva. Se ha dispuesto también uno botón de reposición para conmutar de nuevo el suministro de portadoras de trabajo, una vez reparado.

Conclusión

Los equipos de traslación descritos en este artículo se han desarrollado en cooperación con Standard Telephon und Radio AG, compañía suiza de ITT en Zürich. Las pruebas rigurosas de los equipos se han realizado y llevado a cabo con éxito por la Administración alemana y la producción comenzó durante la segunda mitad de 1977. Este desarrollo ha ensanchado considerablemente el campo de los equipos de frecuencias portadoras existentes en la Práctica de Equipo VSEP.

Referencias

- [1] W. Haas, W. Harreus, U. Hornung y M. Oppenländer: Moderno equipo terminal para el sistema de transmisión en línea de banda ancha V2700; Comunicaciones Eléctricas, 1972, volumen 47, n° 1, págs. 27-37.
- [2] K. Kocher, O. Kolb y M. Oppenländer: Equipo multicanal para los sistemas de corrientes portadoras de 60 MHz; Comunicaciones Eléctricas, 1975, volumen 50, n° 1, págs. 64-69.
- [3] H. Löffler, M. Oppenländer y F. Scheible: Die Endeinrichtung für das Trägerfrequenzsystem V960 in Drahtgebundene Übertragungstechnik; Nachrichtentechnische Zeitschrift-Report, Berlin, VDE-Verlag, 1972, informe n° 11, págs. 13-19.
- [4] W. Borowski y P. Wollmershäuser: Realización moderna de filtros de piloto en técnicas de FDM; Comunicaciones Eléctricas, 1978, volumen 53, n° 2, págs. 192-197 (en este número).
- [5] H. Löffler: La generación de las frecuencias de control para los sistemas de corrientes portadoras hasta 60 MHz; Comunicaciones Eléctricas, 1975, volumen 50, n° 1, págs. 37-42.

Lothar Braun nació en Stuttgart en 1935. Estudió telecomunicaciones en la Universidad Técnica de Stuttgart, graduándose como Ingeniero Diplomado en 1960. El Sr. Braun ingresó, a continuación, en Standard Elektrik Lorenz AG trabajando como ingeniero superior en la planificación de equipos para sistemas de frecuencias portadoras.

Hans Löffler nació en Oberglogau/Schlesien en 1926. Estudió telecomunicaciones en la Universidad Técnica de Aachen donde se graduó como Ingeniero Diplomado. Ingresó en Standard Elektrik Lorenz AG como ingeniero de desarrollo en 1956 y actualmente dirige un laboratorio de desarrollo para técnicas de frecuencias portadoras.

Max Oppenländer nació en Künzelsau/Württemberg en 1921. Estudió telecomunicaciones en la Universidad de Stuttgart donde se graduó como Ingeniero Diplomado. Ingresó en Standard Elektrik Lorenz AG en 1955 como ingeniero de desarrollo y actualmente trabaja como ingeniero superior en técnicas de frecuencias portadoras.

Programas de mantenimiento del ordenador ITT3202

El ordenador ITT3202, utilizado en configuración doble para el control de centrales de conmutación telefónica, dispone de un potente sistema de mantenimiento mediante el cual se detectan y reconfiguran los fallos sin efecto apreciable para el tratamiento de eventos telefónicos, localizándose después el origen del fallo con gran exactitud.

X. PENET

Laboratoire Central de Télécommunications, París, Francia

Introducción

La producción del ordenador ITT3202, diseñado por LCT, se eleva ya a varias docenas. Este ordenador es el descendiente directo del ITT3200 y por ello se utiliza para controlar centrales telefónicas METACONTA*.

A igualdad de configuraciones, el ordenador 3202** ocupa un tercio del volumen del 3200 y disipa la quinta parte de potencia. Por añadidura, su capacidad de tratamiento puede ampliarse progresivamente hasta duplicar la del ordenador 3200. Estas características permiten que el ITT3202 sea económicamente muy competitivo.

Con el fin de satisfacer los requerimientos de disponibilidad propios de los sistemas controlados por el ordenador 3202, éste se ha concebido dentro de un sistema duplicado de control para el cual se han desarrollado especiales procedimientos de mantenimiento.

El presente artículo comienza resumiendo los medios físicos y de programación utilizados para el funcionamiento del sistema duplicado, examinando después los diversos aspectos del mantenimiento del ordenador 3202.

Descripción y principios de operación de la configuración duplicada

Cada una de los dos ordenadores 3202 de la configuración duplicada se compone de una unidad central de tratamiento, un grupo de memorias de datos de acceso aleatorio, un conjunto de periféricos digitales (unidades de cinta magnética, discos de cabeza fija y teleimpresores) un órgano de acceso a los periféricos gobernando directamente la red y un módulo (SSM) que permite el intercambio de datos con la otra parte del sistema (Fig. 1).

La carga de trabajo se reparte entre los dos ordenadores, pudiendo cada uno de ellos atender a todo el tráfico establecido en caso de fallo del otro. Esto es posible gracias a que un ordenador informa al otro siempre que está realizando un trabajo importante sobre un periférico telefónico, con lo cual ambos ordenadores están informados de todos los eventos estables del sistema. Una de las funciones del SSM es canalizar este intercambio de datos; también lo es el que cada ordenador informe al otro de que está funcionando correctamente, y que en caso de que un ordenador se pare, el otro intente su arranque y recuperación.

* Marca registrada del sistema ITT.

** Ver la descripción del ordenador 3202 en Comunicaciones Eléctricas, Vol. 52 (1977), n° 2, págs. 104-109.

Nota: Este artículo fue publicado con posterioridad al 1 de julio 1978.

Funcionamiento dúplex normal

El correcto funcionamiento del ordenador A se indica al ordenador B por medio de una señal que, bajo control de la programación de A, se transmite a B cada 10 milisegundos.

Si a partir de la última emisión de la señal por A, el programa de este ordenador ha ejecutado realmente operaciones incluidas en una lista de acciones previsibles, se reactiva la señal y se mantiene en estado de validez. Si, por el contrario, la sucesión de eventos ha sido anormal —lo cual se comprueba examinando el registro en la memoria de cada operación realizada— la señal no se reactiva y se invalida a sí misma al cabo de 40 milisegundos. El indeseable evento produciría una interrupción sobre el otro ordenador, que se comporta entonces del modo que posteriormente se describe.

Mientras que la señal sea correcta, el ordenador A correspondiente está protegido contra cualquier intervención exterior y en particular contra cualquier acción del otro ordenador, que está también sujeto a fallo en cualquier momento.

Fallo de un ordenador

En cuanto se detecta un fallo en un ordenador, se intentará varias veces la re-ejecución de la acción en curso, iniciándose un reciclaje del programa con el fin de eliminar las consecuencias de la operación defectuosa.

Si no fuera posible nuevamente dicha operación o si los reciclajes fueran demasiado frecuentes, el ordenador sería detenido expresamente. Ello advertiría al otro ordenador, que iniciará una acción correctora.

El fallo detectado en la operación puede ser debido al medio físico o a la programación. En la primera hipótesis, solamente puede afectar a los módulos de la Unidad Central de Control, ya que la detección y tratamiento de los fallos de la periferia telefónica se realiza por medio de programas en línea. En el caso de que el fallo tenga origen en la programación, el ordenador que se mantiene en línea inicia una reintroducción completa del programa después de haber sido recargado. Si el ordenador en fallo no vuelve a ponerse en línea o si vuelve a pararse al cabo de unos minutos, el otro ordenador inicia una nueva recuperación precedida de una serie de pruebas de circuitos. Estas pruebas, denominadas de arranque, tienen las tres finalidades siguientes:

- Si las pruebas no detectan fallos, el ordenador que se está recuperando decide que el fallo era debido a programación y se pone en línea lo antes posible.
- Si las pruebas detectan algún fallo en circuitos, se reconfiguran los módulos que posean redundancia y se indica el estado actual del sistema a los programas operaciona-

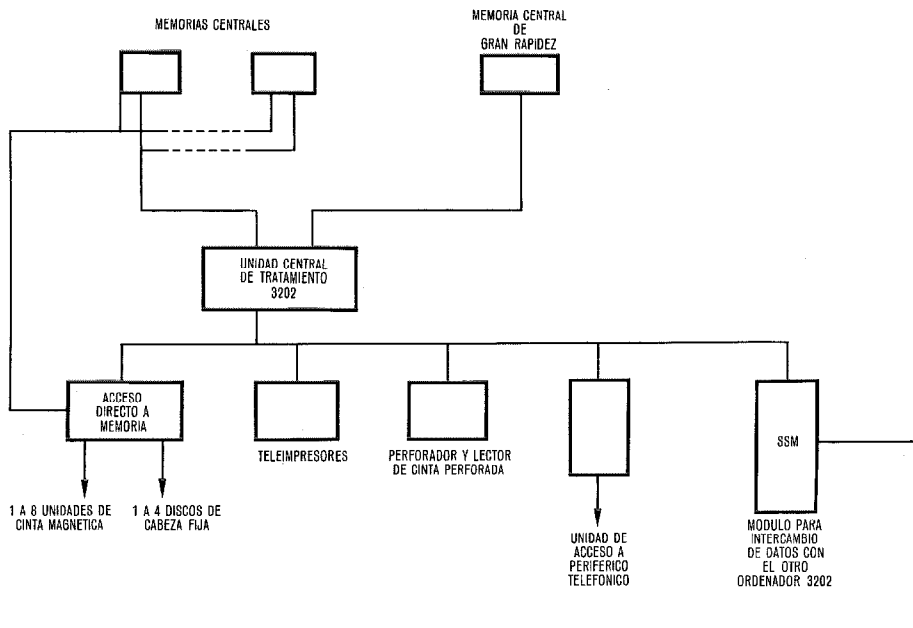


Fig. 1 Unidad de tratamiento (mitad del sistema duplicado) del ordenador ITT 3202.

les, que se recargan antes de que el ordenador se ponga en línea.

- Si mediante la reconfiguración no pudiera eliminarse el efecto nocivo de los fallos detectados, se detendrá el ordenador tras de generar, si fuera posible, un mensaje de error por el teleimpresor.

En otro lugar del presente artículo se describen las pruebas de arranque, cuya inicialización corresponde al ordenador que permanece en línea, transmitiendo las órdenes necesarias a través del SSM. Cuando dicho ordenador se hace cargo de todas las llamadas establecidas por el ordenador en fallo, se pierden las llamadas que este último tenía en fase de establecimiento.

Fallo simultáneo de ambos ordenadores

Si sobreviene esta condición, el SSM detecta incorrección en los datos que los ordenadores se intercambian relativos a sus estados de operación, e inicia seguidamente pruebas de arranque en ambos ordenadores.

En el caso de que el fallo resida en la programación, se sigue un procedimiento especial, no descrito aquí, para que primeramente arranque el último ordenador que ha tratado llamadas, con objeto de conservar la llamadas establecidas. No se ejecutan entonces las pruebas de arranque.

Si este procedimiento no tuviera éxito, es decir, si el ordenador no se pusiera de nuevo en línea al cabo de 10 a 20 segundos, el SSM iniciaría entonces el proceso de arranque normal en ambos ordenadores, perdiéndose todas las llamadas establecidas. Se sigue este método cuando el sistema arranca por primera vez.

De acuerdo con este breve resumen de los principios de funcionamiento de un sistema duplicado, se describen a continuación los diversos niveles de programas de prueba utilizados.

En primer lugar se analizan los programas de prueba ejecutados con un ordenador, por lo menos, en línea, que se

conocen como programas “de prueba en línea”. Seguidamente se describen las pruebas de arranque. El artículo examina luego con detalle el sistema de diagnóstico que permite al ordenador en línea identificar el origen del fallo en el otro ordenador, puesto ya fuera de servicio, y menciona finalmente los programas utilizados durante la instalación del sistema.

Programas de prueba en línea

La finalidad de estos programas es probar las partes del ordenador que no se utilizan habitualmente en la ejecución de los programas operacionales.

La ejecución regular de los programas de prueba en línea permite detectar un fallo en cuanto ocurre, con lo cual se evita la aparición de un fallo doble, situación que no se ha previsto en un sistema con diagnóstico automático.

En el caso de fallos detectados por los programas operacionales, si el fallo no se localiza sencillamente en un periférico digital — como el teleimpresor —, el ordenador que ha detectado el fallo y comprueba su persistencia se detiene, teniendo en cuenta que el sistema será probado después totalmente por los programas de prueba de arranque.

Caso particular de programas de prueba en línea es el que afecta al canal de datos entre ordenadores a través del SSM. Si se detecta fallo cuando se está utilizando el canal, ya no es posible que ambos ordenadores sigan operando simultáneamente puesto que no pueden comunicarse entre sí. Se mantendrá en línea un ordenador solamente, que ya no necesitará su SSM. Podría pararse uno cualquiera de los dos ordenadores; sin embargo, como hay que cortar la alimentación del ordenador cuyo SSM está averiado para sustituir las placas del último, será este ordenador el que se pare. Por esta razón, ambos ordenadores inician separadamente secuencias de prueba muy breves, de 1 a 2 milisegundos de duración, al detectar un fallo de este tipo, con el fin de determinar en cual de las dos mitades del sistema reside dicho fallo.

El SSM opera entonces de un modo especial, en bucle sobre sí mismo dentro de su propia unidad de tratamiento. No hay aquí intercambio de datos entre los ordenadores, pudiendo localizarse con precisión el fallo detectado. El ordenador que detecta el fallo se detiene, mientras que el otro se hace cargo de todo el tráfico telefónico. Como en los demás tipos de fallo, el ordenador que queda en línea intenta el arranque del que sufre fallo, pero en este caso el procedimiento es infructuoso y ha de intervenir el personal de mantenimiento.

Programas de pruebas de arranque

Se ejecutan estos programas cuando falla un ordenador, recibiendo a continuación una orden de recarga de programas, ya sea producida por el otro ordenador si todavía está en línea, o por el SSM si ambos ordenadores se han parado.

Los programas de pruebas de arranque están grabados al principio de la cinta magnética que contiene todos los programas del sistema y los datos permanentes.

Su ejecución permite la prueba de todos los módulos principales del sistema, exceptuando algunos periféricos digitales cuya prueba exige la intervención de un operador. La carga y realización de estas pruebas consume aproximadamente un minuto.

Las pruebas se organizan en el siguiente orden:

- unidad central de tratamiento
- colector (bus) de memoria
- colector de entrada/salida
- adaptación de periféricos comunes
- memoria síncrona
- memoria asíncrona
- acceso directo a memoria
- unidad de disco de cabezas fijas
- convertidor del colector de CA
- SSM

Las anteriores pruebas corresponden a todas las variantes de programas de prueba y diagnóstico que se describen más adelante. Se ejecutan las mismas secuencias de prueba pero simplificando considerablemente el resultado del análisis, ya que el fallo debe solamente localizarse en un módulo reconfigurable para poder devolver el ordenador al estado "en línea" lo más rápidamente posible.

Los programas de ejecutan bajo el control de un programa supervisor, cuyo cometido es cargar sucesivamente los programas en memoria, almacenar los mensajes de error de cada uno, imprimir estos mensajes en el teleimpresor y realizar las necesarias reconfiguraciones antes de entregar el control a los programas operacionales.

La prueba del SSM consta de dos partes: una prueba en simplex, que afecta sólo a un ordenador, y una prueba en dúplex, en la que participa el ordenador todavía en línea.

Sistema de diagnóstico

Se ha diseñado un sistema de diagnosis con el fin de hacer posible el control centralizado del mantenimiento de ordenadores ITT3202.

El sistema genera automáticamente los datos que identifican un fallo a nivel de placa o de un corto número de placas cuya reposición se efectúa con facilidad. Dado que una

central telefónica no necesita en todos los casos asistencia próxima, los datos referidos se transmiten a un centro de mantenimiento distante con dotación de placas de repuesto, desde el cual se hace venir al personal oportuno.

La ejecución del programa diagnóstico se inicia después de haber puesto fuera de línea al ordenador afectado por fallo, ya sea por acción directa del ordenador que se mantiene en línea o por una orden del centro de mantenimiento distante. Se ha previsto en el diseño que pueda realizarse el máximo número de pruebas del ordenador defectuoso sobre sí mismo.

Si este ordenador fuera incapaz de ejecutar ningún programa, serían los de diagnóstico ejecutados por el que aún permanece en línea, a cuyo fin utilizaría el módulo ATC, que le permite el acceso a todas las funciones de la consola de mantenimiento del ordenador primeramente citado.

Los programas se organizan de la manera siguiente:

La ejecución de los programas está controlada por un supervisor (Fig. 2) de diagnóstico remoto, que aparece ante el ordenador todavía en servicio como una prueba en línea a demanda. Este supervisor ordena la prueba sistemática de toda una mitad del sistema, pasando siempre los programas en el mismo orden. Se comienza iniciando la ejecución de las pruebas del ordenador defectuoso sobre sí mismo (auto-pruebas), las cuales se cargan por medio de una cinta magnética que contiene todos los programas y corren en el mencionado ordenador bajo control del supervisor de diagnóstico local.

Este último supervisor carga los diferentes programas de diagnóstico, inicia su ejecución y almacena los mensajes de error. Después de haber realizado las auto-pruebas, el supervisor remoto comprueba si se han completado las mismas y en tal caso encuentra el mensaje de falta en la memoria del ordenador que está fuera de línea. Si los resultados de las auto-pruebas no fueran satisfactorios, el supervisor remoto realizaría el diagnóstico a distancia.

Este sistema de diagnosis solamente localiza fallos dentro de una de las dos unidades de tratamiento, puesto que la localización de faltas del SSM en una u otra de dichas unidades se realiza mediante las pruebas en línea del SSM (ver "Programas de prueba en línea").

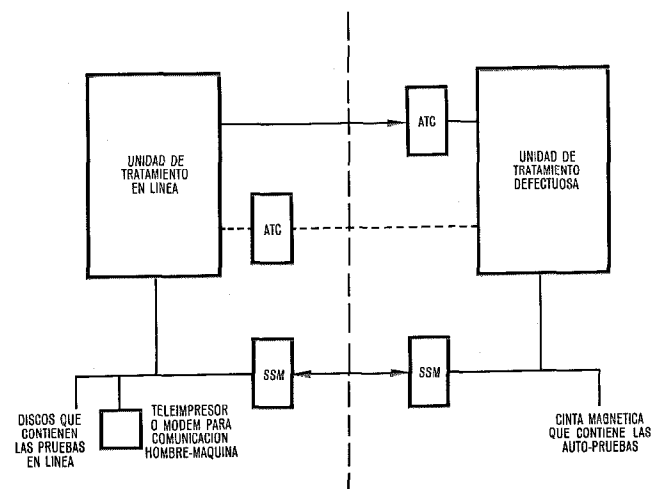


Fig. 2 El supervisor de diagnóstico remoto corre en la unidad de tratamiento en línea. El supervisor de diagnóstico local controla las auto-pruebas en el ordenador defectuoso.

Hay un programa de diagnóstico local para cada módulo físico que constituye el 3202, suplementado por tres programas de diagnóstico remoto correspondientes a la memoria, cargador cableado (dispositivo físico para cargar el primer programa en el ordenador) y módulo ATC.

Creación de diccionarios de faltas para el sistema de diagnóstico

Los programas de diagnóstico realizan pruebas funcionales y generan un diagnóstico basado en las conclusiones que se obtienen del buen o mal resultado de una serie de pruebas. Este análisis está fundamentado en un conocimiento a fondo de la organización modular física considerada. Hay que admitir, sin embargo, que el análisis teórico es algunas veces impreciso.

Una vez escritos los programas, más de 50 000 faltas físicas se provocaron deliberadamente en el ordenador. Después de la inserción de cada falta se hacía pasar el sistema diagnóstico, registrándose el mensaje de error correspondiente en una cinta magnética del ordenador, el cual se consideraba entonces como supervisor que hacía las veces del ordenador que se mantiene en línea. El tratamiento por ordenador de todos los resultados obtenidos ha permitido determinar una lista de placas dudosas para cada número de falta. Esta lista corresponde a las placas en las cuales se habían introducido faltas cuando el referido número fue producido por el sistema diagnóstico. De este modo se ha confeccionado un diccionario de faltas práctico, rigurosamente adaptado a los programas de diagnóstico tal como están escritos. Este método, sin embargo, sólo es directamente válido cuando la configuración de los ordenadores utilizados en una central telefónica es totalmente idéntica a aquella en la que se crearon las faltas. Esta condición no resulta casi nunca válida, ya que las configuraciones 3202 gozan de amplia modularidad. Ha sido, por consiguiente, necesario introducir un número de faltas suficientemente elevado en diferentes configuraciones, escogidas éstas de modo que representaran con bastante fidelidad las diversas posibilidades. El diccionario así obtenido se extendió después a todas las configuraciones posibles mediante tratamiento por ordenador.

Introducción de faltas

Con objeto de generar un gran número de faltas, se hizo necesaria la realización en laboratorio de un sistema con el mayor grado de automatismo posible. A la derecha de la figura 3 puede verse el ordenador de supervisión, que juega el papel de ordenador en línea y que controla asimismo el sistema de generación de faltas. Los dos bastidores sin puertas a la izquierda contienen una configuración simplex 3202 que es suficiente para servir de ejemplo representativo de todas las configuraciones, y que comprende: unidad central, 2 memorias centrales, un cuadro con los módulos de entrada/salida y un cuadro adicional para teleimpresores extra.

Se crearon faltas en todos los módulos de la configuración simplex. La lista de faltas a crear para cada placa se obtuvo de las listas de faltas que existía en la prueba de producción de las mismas placas. Tales faltas corresponden a puntos de interconexión defectuosos que pueden detec-

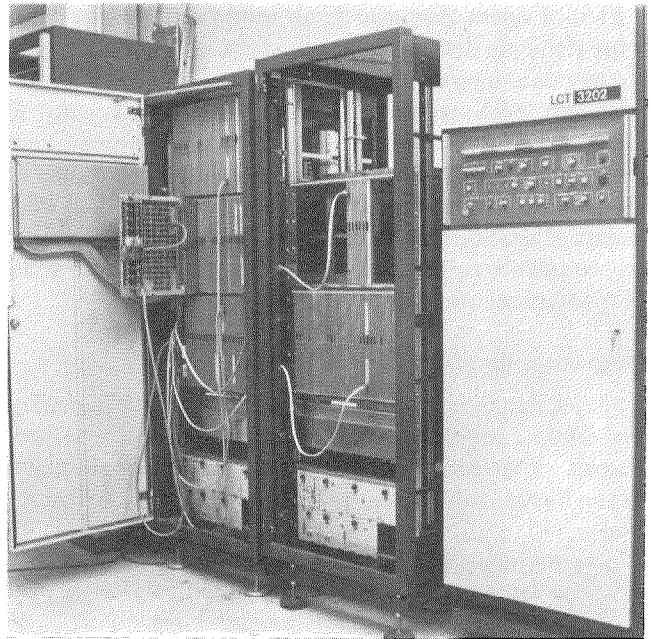


Fig. 3 Configuración duplex utilizada para el sistema de generación de fallos.

tarse en los conectores de la placa, obteniéndose las mencionadas listas por simulación total de la lógica de la placa en cuestión.

Con el fin de facilitar la introducción de fallos, se construyó un ordenador con todos los circuitos integrados enchufados en zócalos. Los fallos a producir en la placa son tierras o aperturas de circuito ocasionadas por un dispositivo compuesto de relés y controlado por el ordenador de supervisión (Fig. 4). El circuito considerado se inserta en dicho dispositivo, el cual se monta junto a la placa, colo-

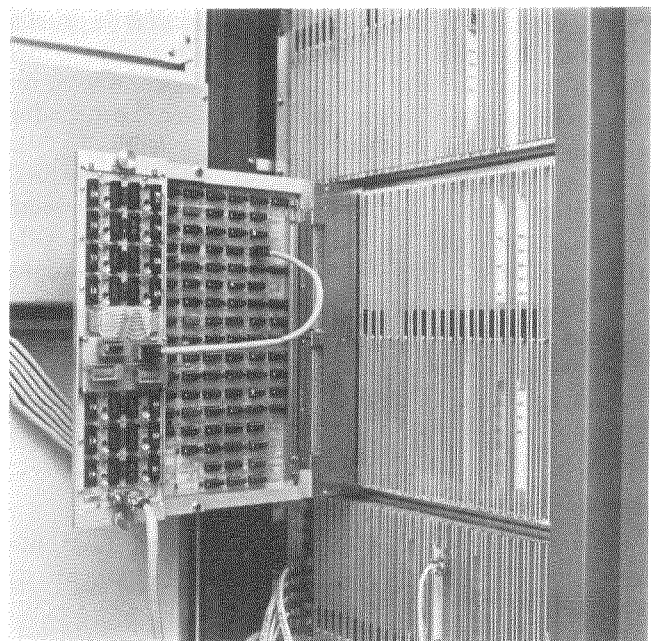


Fig. 4 Dispositivo operado por relés que genera faltas automáticamente.

cada sobre un extensor. Se emplea un cable para conectar el dispositivo a la placa, en la posición del circuito suprimido. Un grupo de 28 relés permite crear todas las faltas que corresponden a circuitos de 14 ó 16 patas. El ordenador de supervisión lee en una cinta magnética la lista de faltas a producir y pide al operador que inserte un circuito integrado en el dispositivo; seguidamente prueba el ordenador a fin de comprobar que se ha ejecutado correctamente el procedimiento, antes de originar ninguna falta. A continuación genera automáticamente todas las faltas posibles en el referido circuito, pasando cada vez los programas de diagnóstico. Los mensajes de error obtenidos se registran en la cinta magnética antes de proseguir con el circuito siguiente.

Según se ha indicado antes, el mensaje de error asociado a una determinada falta puede variar con la configuración. Por esta razón, el ordenador de supervisión obtiene el número o números de configuración en los que esta falta puede ocurrir, al mismo tiempo que lee la lista de faltas a crear. Existe una decena de estas configuraciones posibles que puede generar el ordenador supervisor por medio de cables, como se aprecia en la figura 3. Se ha añadido esta posibilidad al ordenador fuera de línea con el objeto de poder añadir una o dos memorias, un segundo adaptador de periféricos, etc., cuando sea preciso. De este modo, una vez que el operador ha insertado un circuito integrado en el dispositivo a relés, el supervisor no sólo provoca secuencialmente diversas faltas físicas sino que también varía automáticamente la configuración. En cada nueva configuración todos los programas de prueba (auto-pruebas o diagnósticos remotos) se auto-adaptan a la misma.

Diccionario de faltas

Una vez que se han creado todas las faltas, el diccionario puede constituirse mediante análisis del fichero resultante. El tratamiento por ordenador de este diccionario lo adapta a todas las configuraciones conocidas del 3202.

El diccionario de faltas es una relación alfanumérica de todos los números de falta, como se indica en la figura 5. Cuando el operador obtiene uno de tales números, lo busca en el diccionario y lee el nombre funcional de la placa o placas que posiblemente están averiadas, junto con el nombre del módulo o módulos que las contienen. El operador puede entonces determinar la situación exacta (fila, bastidor, cuadro, posición) de dicha placa por medio de diálogo hombre-máquina con el sistema de diagnóstico.

Características del sistema

Los programas del sistema de diagnóstico del 3202 ocupan 90k palabras. El tiempo de ejecución depende de la localización de la falta, ya que todos los programas se pasan secuencialmente, deteniéndose en el primer programa que detecta el fallo. El tiempo máximo de ejecución corresponde pues al caso en que no se detecta ningún fallo; este tiempo depende de la capacidad de la memoria, del número de periféricos (teleimpresores, unidades de disco, de cinta magnética, etc.) y de la naturaleza de las unidades de cinta magnética (dado que ello determina el tiempo de carga en memoria de esta auto-prueba). En general la ejecución del sistema de diagnóstico lleva de 2 a 5 minutos.

MDC YDP: EXACT MATCH FAULT DICTIONARY				CBA11
FAULT NUMBER	SPARE PBA	MODULE	FAULTY PBA	
CBA1100000=0	CBC	CBA=BASIC	CBC	
CBA1103000=0	CBC	CBA=BASIC	CBC	
CBA1100000=0	CBC	CBA=BASIC	CBC	
CBA11201000=0	CBC	CBA=BASIC	CBC	
CBA11202000=0	CBC	CBA=BASIC	CBC	
CBA11300000=0	CBC	CBA=BASIC	CBC	
CBA11301000=0	CBC	CBA=BASIC	CBC	
CBA11302000=0	CB CBC	CBA=BASIC	CB1 CBC	
CBA11401000=0	CBC CB	CBA=BASIC	CBC CB2	
CBA11402000=0	CBC CB	CBA=BASIC	CBC CB1	
CBA11400000=0	CBC CB	CBA=BASIC	CBC CB2	
CBA11500000=0	CB CBC	CBA=BASIC	CB1 CBC	

Fig. 5 Ejemplo de página del diccionario de faltas.

La eficacia del programa de diagnóstico puede medirse después de la inserción de la falta. Para cada número de falta, se contó cuántas veces se obtenía dicho número para la primera placa de la lista, comparando con el total de veces que se había producido la falta. Se efectuó el mismo cálculo para la 2ª placa y luego para la 3ª placa, etc., relacionando después las placas en el diccionario por orden decreciente de los resultados obtenidos. Se halló entonces que en todas las operaciones de mantenimiento el cambio de la 1ª placa de la lista eliminaba la falta en el 70% de los casos, mientras que si se cambiaban las dos primeras placas se eliminaba la falta en el 85% de casos, y si se cambiaban las cuatro primeras placas en el 90%.

Programas de prueba de instalación

Los programas de prueba de instalación se utilizan para probar una configuración después de haberse integrado todos los módulos que constituyen la misma, en el supuesto de que todos los cuadros y placas de circuito impreso hayan sido ya verificadas en el equipo específico de prueba durante la fabricación del ordenador.

Este sistema de prueba utiliza exactamente los mismos programas que el de diagnóstico, reduciendo por ello al mínimo la documentación y mantenimiento de programas. Por otra parte, estos programas corren bajo el control del monitor de prueba, permitiendo al operador que seleccione los programas que desea ejecutar.

La carga de este monitor en la memoria del ordenador a probar se verifica mediante una cinta magnética después de la inicialización del cargador cableado del 3202. Permite las operaciones siguientes:

- carga de un programa de prueba
- ejecución repetitiva o por una sola vez de un programa de prueba o parte del mismo
- impresión de un mensaje de error tan pronto como se produzca o eliminación de tal mensaje, computándose el

- número de errores en el caso de ejecución repetitiva del programa
- paso en secuencia repetitiva o por una sola vez de todos los programas de prueba de la cinta
 - adaptación, bajo control del operador, de los diversos programas a modificaciones de configuración del ordenador sin cambiar la cinta magnética que contiene dichos programas.

La ejecución de estas pruebas requiere un conocimiento razonable de las distintas características comunes a todos los programas o específicas de algunos de ellos. El sistema puede solicitar la intervención del operador para accionar interruptores o abastecer de cinta o de papel a los periféricos. Las pruebas que aquí se realizan son más detalladas que las del sistema de diagnóstico, por lo cual el tiempo de ejecución de ciertas pruebas es muy largo, como en el caso de la prueba completa de la memoria (30 minutos para memoria de 8k palabras).

La documentación asociada con este sistema de prueba proporciona al técnico de ordenadores una descripción exacta de la acción ejecutada al detectar una falta. El técnico puede entonces solicitar la ejecución repetitiva de esta acción, lo cual le permitirá examinar los circuitos defectuosos con un osciloscopio.

Conclusión

Dado que el ordenador 3202 ha de constituir unidades de control centralizado, cualquier falta en el mismo afectará gravemente al funcionamiento del sistema.

El ordenador tiene una tasa de fallos pequeña con respecto a otras partes del sistema (pocas unidades por ciento), pero sin embargo era necesario lograr unos tiempos de reparación del orden de 30 minutos, excluyendo el tiempo necesario para la llegada a la central del personal de mantenimiento.

El ordenador 3202 con sus diversos programas de mantenimiento está bien preparado para satisfacer los requerimientos de disponibilidad de los sistemas de conmutación telefónica. Después de haber detectado un fallo, estos programas, asociados con los operacionales, permiten que el equipo vuelva a su funcionamiento normal y que sean localizados los fallos. Puesto que su concepción facilita que sea incorporado a los diferentes sistemas METACONTA, requiere poco esfuerzo su adaptación a una finalidad específica.

La gran atención puesta en la prueba de estos programas determina que sean particularmente eficaces.

Xavier Penet nació en París en 1943. Estudió en la Escuela Superior de Electricidad y Mecánica de Nancy, donde obtuvo en 1967 el diploma de ingeniero.

Entró en el Laboratoire Central de Télécommunications, participando desde 1968, en el estudio del sistema 3200 y seguidamente en los estudios y desarrollos que han permitido llegar al diseño del 3202. Actualmente dirige el equipo encargado de realizar la programación de mantenimiento del ordenador 3202.

Planificación de redes telefónicas en áreas rurales con ayuda de ordenador*

Se ha desarrollado un nuevo programa de ordenador para la optimización económica de redes telefónicas rurales mejorando significativamente su versión anterior. La primera aplicación ha sido planificar la nueva red rural del área de Valdres, en Noruega.

J. SOLE GIL

P. A. CABALLERO GALLECO

Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S. A., Madrid, España

I. HANSEN

Administración Noruega de Telecomunicaciones, Kjeller, Noruega

K. M. KNUTSEN

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, Oslo, Noruega

1. Introducción

1.1 Generalidades

En el campo de la planificación de redes telefónicas, la planificación de áreas rurales constituye un problema bien delimitado debido a las especiales características de las mismas. Entre éstas, las más destacables son: la baja densidad de abonados, la irregular distribución de los abonados en zonas separadas por distancias que van desde algunos cientos de metros a más de 10km, y la distribución esencialmente radial del tráfico (ésto es, el tráfico tiende a estar orientado hacia el centro comercial/administrativo del área).

El cubrir los objetivos de un estudio de planificación de redes rurales implica la resolución de un problema complejo, como es el de determinar la red más económica que satisfaga la demanda prevista en el área rural, bajo un conjunto de restricciones (técnicas, topológicas, etc.), lo que exige el tratamiento de un gran volumen de datos y la elección de la solución más apropiada entre un considerable número de soluciones posibles.

1.2 Primera generación de programas de ordenador

El uso de programas de ordenador como una herramienta de planificación de redes no es una novedad. Durante la última década, varias entidades relacionadas con las telecomunicaciones en diversas partes del mundo han trabajado en el desarrollo de tales programas. En particular, en 1970, el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A. (ITTLS), terminó el desarrollo de un programa de ordenador [1] destinado a la optimización económica de redes telefónicas rurales. La finalidad de este programa es determinar el número óptimo de centros terminales (o rurales), su localización y los abonados asignados a cada centro de la red que satisfaga una demanda de servicio especificada. Este programa sólo trata redes con estructura en árbol; por tanto, el estudio de un área rural requiere normalmente una previa subdivisión en secciones independientes que son estudiadas separadamente. El modelo sobre el que el programa se basa es estático, es decir, la optimización económica se hace para un momento dado en el tiempo. El algoritmo de optimización sigue un proceso

combinatorio basado en una cuasi-enumeración de las soluciones. Se evitó la enumeración exhaustiva en la asignación de abonados a centros, debido a la estructura arborescente de la red y por razones heurísticas. El algoritmo de optimización utilizado hace que el tiempo de proceso se incremente exponencialmente con el número de puntos de distribución de abonados, que fue limitado a 20.

En 1974, Televerkets Forskningsinstitutt (NTARE), el Organismo de Investigación de la Administración Noruega de Telecomunicaciones, desarrolló un programa de ordenador [2] basado en el modelo de red del programa de ITTLS. Su algoritmo de optimización general, basado igualmente en un proceso combinatorio que puede ser controlado con flexibilidad mediante datos de entrada, permite al usuario descartar aquellas soluciones que a priori pueden ser consideradas no económicas. Esto reduce drásticamente el tiempo de proceso y permite, por tanto, incrementar el número de puntos de distribución de las redes a estudiar (se eligió 72 como límite práctico). Otra diferencia destacable entre los programas de NTARE y de ITTLS está en el proceso de asignación de abonados; el primero usa un método de cálculo directo de coste de las alternativas de asignación, utilizando una curva de coste de abonado como función de las distancias entre puntos de distribución y los centros rurales y entre los centros rurales y el centro primario, mientras que el segundo utiliza una enumeración cuasi-exhaustiva como ya se mencionó.

1.3 Experiencia adquirida

El uso de los programas de la primera generación como herramientas para la planificación de redes telefónicas rurales en varios proyectos ya acabados y otros a punto de serlo, ha permitido a la Administración Noruega de Telecomunicaciones (NTA) adquirir una gran experiencia en este tipo de estudios. Esta experiencia demuestra que:

- Desde un punto de vista general, el uso de programas de ordenador en la planificación de redes ha cambiado el método de resolver este problema. Como ejemplo, el proceso de recogida de datos ha sido ampliamente mejorado cuando se usan programas de ordenador respecto a los que usan métodos convencionales. Esto se debe a que el algoritmo del programa trabaja con datos exactos y no puede acomodarse a los juicios humanos que se utilizan en los estudios convencionales de planificación.

* Este artículo fue presentado al 8º Congreso Internacional de Teletráfico celebrado en Melbourne, Australia, en noviembre de 1976.

Por tanto, el uso de programas en planificación requiere por parte de los ingenieros una reflexión mucho más precisa, particularmente en los que se refiere a densidad de abonados y predicciones de demanda, lo que lleva a una mayor precisión en los registros de demanda de teléfonos.

- Cuando se desea evaluar distintas soluciones alternativas en las que se tenga en cuenta la planta existente y sistemas de transmisión de corriente portadora, el uso de programas de la primera generación exige un volumen adicional de cálculo manual bastante importante. Por tanto, se consideró que se podían conseguir notables ahorros en tiempo y mano de obra, haciendo un programa de ordenador que considerara la planta existente y calculara la solución más económica teniendo en cuenta sistemas de transmisión en frecuencia vocal (FV) y en corriente portadora.
- Es más fiel a la realidad dimensionar la red de enlaces a partir de los valores de tráfico que considerar el tamaño del grupo de enlaces en función del número de líneas, como ocurre en el caso de los programas de la primera generación.
- Se debería ampliar el límite del número de puntos de distribución que pueden tener las áreas que sean estudiadas con el programa de ITTLS.

Los puntos de vista de NTA coincidieron con los de ITTLS, que además consideró de interés el incluir la posibilidad de usar centros satélites y concentradores en la red.

1.4 Segunda generación de programas de ordenador

Basándose en la experiencia adquirida con los programas de la primera generación, se pensó automatizar con ordenador el tratamiento de los factores mencionados anteriormente. La introducción de estos factores habría aumentado significativamente el tiempo de proceso si se hubiera mantenido el mismo algoritmo de optimización. Por tanto, se decidió desarrollar un nuevo programa que, basado en un nuevo algoritmo de optimización, fuera capaz de considerar aquellos factores. Adicionalmente el nuevo algoritmo permitiría estudiar el área rural como un todo, mejor que subdividirla en secciones, como era necesario en la mayoría de los casos con los programas anteriores.

2. Descripción del programa

2.1 Enunciado del programa

El problema tratado por este programa de ordenador puede enunciarse de la siguiente manera:

Especificados los datos de la red telefónica rural relativos a:

- topología de la red
- localización del centro primario o de sector
- demanda telefónica, caracterizada por el número y localización de abonados, y su tráfico
- características (capacidades, modos de uso, etc.) de los elementos telefónicos (equipos de conmutación, cables, sistemas de corriente portadora, postes, etc.) a utilizar
- reglas de diseño de la red respecto a los medios de transmisión (por ejemplo, las reglas de diseño del bucle de abonado en frecuencia vocal)

- parámetros de costes asociados a los equipos telefónicos
- características de la red existente: equipos de conmutación, cables, líneas de hilo desnudo, infraestructura (postes, canalizaciones, etc.)

posibles condiciones restrictivas, el problema es determinar:

- el número y localización de centros de conmutación
- la asignación de abonados a cada centro
- las cantidades de equipo telefónico requeridas en la red, de manera que se satisfaga la demanda telefónica al mínimo coste.

2.2 Consideraciones generales

La figura 1 representa esquemáticamente un área rural en la que se muestran las localizaciones de abonados. Para indicar al programa la demanda de abonados, éstos son agrupados en puntos de distribución. La figura 2 muestra los puntos de distribución en los que se han agrupado los abonados de la figura 1. El usuario del programa debe indicar la localización de los puntos de distribución. El modelo sobre el que se basa el programa no tiene en cuenta la parte de la red que une los abonados a los puntos de distribución. Dos puntos adyacentes en la red estarán unidos por una única ruta; por tanto, si hubiere más de un tramo, como ocurre entre TAU y ALFA en la figura 1, habrá que seleccionar a priori una de ellas, como se indica en la figura 2. Otra característica del modelo es la de uniformidad en la planta instalada (número de cables, número de pares y calibres, infraestructura, etc.) en cada tramo, por

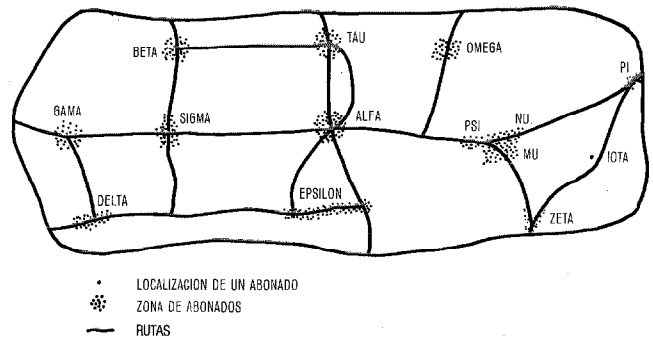


Fig. 1 Esquema de un área rural típica mostrando la localización de abonados y las posibles rutas de cables.

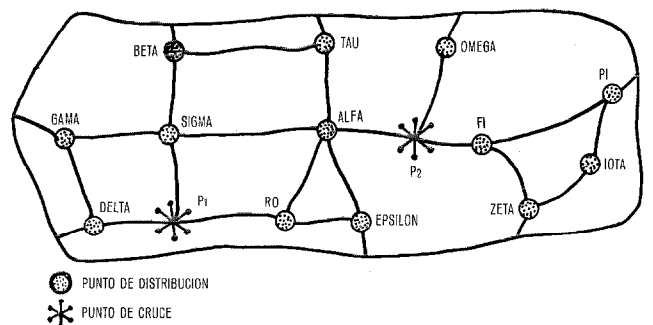


Fig. 2 Modelo basado en el área rural de la figura 1. Se muestran los puntos de distribución después de la agrupación de abonados.

lo que puede ser necesario el representar un tramo físico por varios tramos contiguos del modelo.

Para proporcionar servicio telefónico en un área rural, es generalmente económico usar una estructura de red del tipo estrella y es éste el tipo de red que se considera en el modelo del programa. Respecto a la jerarquía en conmutación, el programa puede considerar tres niveles: centro primario (sector), centros rurales (terminales) y centros satélites (estos últimos pueden estar asignados al centro primario o a un centro rural). La figura 3 muestra la red que daría servicio al área de la figura 2. En el modelo, la ruta que une un punto de distribución o un centro de conmutación (satélite o centro rural) al centro al que está asignado es siempre la ruta de longitud más corta. Los enlaces son bidireccionales.

El término "coste" debe entenderse en el modelo en un sentido amplio; es decir, se puede referir a primeros costes, o a valor presente de cargas anuales, etc., según sea el criterio de optimización económica adoptado.

Sólo se consideran los sistemas de corrientes portadoras de tipo concentrado.

El modelo de programa es estático, como el de los programas de la primera generación.

2.3 Datos de entrada

La información básica proporcionada al programa de ordenador en los datos de entrada es la siguiente:

- emplazamiento del centro primario
- número mínimo y máximo de centros de conmutación; el programa estudiará todas las redes con un número de centros comprendido entre estos dos límites, ambos incluidos
- localización inicial de centros, para el número mínimo de centros indicado
- para cada tramo:
 - longitud
 - descripción de la infraestructura existente (capacidad, posibilidad de extensión y parámetros de costes)
 - cables existentes (número de cables y para cada cable, número de pares, calibres, parámetros de coste)
 - líneas de hilo desnudo existentes (número de pares y parámetros de coste)
- para cada punto de distribución:
 - el número de abonados
 - el tráfico total originado y terminado
 - la descripción del equipo de conmutación existente (satélite o no), capacidades, sus posibilidades de extensión y sus parámetros de coste.
- distribución del tráfico entre los puntos de distribución
- probabilidad de pérdida para el cálculo de enlaces
- reglas de diseño en FV de la red de enlaces y bucles de abonados
- descripción de los sistemas de corrientes portadoras (número de canales por sistema, número de pares requerido por sistema, número de pares de servicio, distancia entre repetidores para cada calibre)
- características de los equipos de conmutación (satélites o no) disponibles (número máximo de líneas y enlaces)
- parámetros de coste de los nuevos equipos (conmutación, cables, corriente portadora, infraestructuras, etc.)

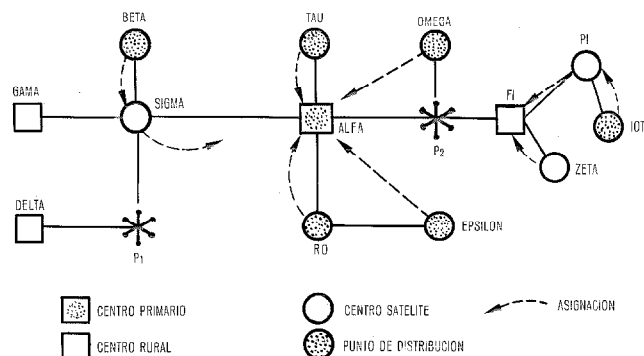


Fig. 3 Esquema de una red telefónica rural que podría servir el área de la figura 2.

- condiciones restrictivas impuestas (por ejemplo, localización fija o prohibida de un centro, área reservada para una central dada, etc.)

2.4 Datos de salida

El programa proporciona, en forma impresa, toda la información de datos de entrada suministrada y, a continuación, una descripción completa de la red óptima para cada valor posible del número de centros, limitado entre un mínimo y máximo indicados por el usuario. Esta descripción comprende:

- localización de centros
- descripción del área de servicio de cada centro
- descripción del equipo de conmutación requerido en cada centro, indicando si se trata de un centro satélite o no y su coste
- descripción de los puntos donde son necesarios equipos de corrientes portadoras, especificando el equipo necesario y su coste
- descripción de los equipos de transmisión requeridos (cables, líneas de hilo desnudo, etc.) y su coste por tramo
- coste total de la red
- resumen de equipos nuevos a instalar, los utilizados de la planta existente y los costes asociados.

2.5 Lógica del programa

El programa empieza a trabajar con el mínimo número de centros especificado, calculando e imprimiendo la red óptima para ese número. A continuación, un nuevo centro es automáticamente colocado en el punto de mayor número de abonados (exceptuando aquellos puntos donde esté prohibido localizar un centro o ya lo tenga asignado) y se realiza una nueva optimización, imprimiéndose los resultados obtenidos. Este proceso continúa hasta que el máximo número de centros sea alcanzado.

Para un número dado de centros, el proceso de optimización sigue un algoritmo iterativo compuesto de dos fases principales:

- cálculo de una solución posible
- optimización de la solución por medio de dos pasos principales reiterados hasta la obtención de una red de coste mínimo. Estos dos pasos son la relocalización de centros y la reasignación de abonados.

Planificación de redes

Intercalados en estos dos pasos principales hay dos pasos secundarios para la optimización de las instalaciones de sistemas de portadora y centros satélites.

La figura 4 ilustra la lógica del programa que será analizada con detalle en los siguientes párrafos. El método de cálculo de las necesidades de equipo y de los costes es objeto de la última parte de este capítulo.

2.5.1 Determinación de una solución posible

Se llama solución posible a la red que satisface la demanda y cumple las condiciones restrictivas; su coste debe estar tan próximo como sea posible al de la solución óptima con el fin de ahorrar tiempo de proceso en el ordenador.

La solución posible se determina para el mínimo número de centros, estando cada centro localizado en la posición inicial indicada en los datos de entrada. El proceso, por tanto, constará de dos pasos; el primero será determinar el área de servicio de cada centro y el segundo hacer un cálculo del equipo requerido. Las áreas de servicio se determinan asignando cada punto de distribución al centro más cercano, excepto para aquellos puntos que han sido preasignados por el usuario.

2.5.2 Relocalización de centros

Partiendo de la solución anterior y manteniendo constantes las áreas de servicio, la finalidad de este paso es encontrar las localizaciones más económicas de los centros. Esto se realiza moviendo los centros uno a uno (salvo aquéllos considerados como fijos). Cada centro se mueve hasta que se alcanza el mínimo coste de la red. Después de

considerar todos los centros, el proceso se repite hasta obtener la red de coste mínimo.

2.5.3 Reasignación de abonados

Partiendo de la solución anterior y manteniendo constantes las localizaciones de los centros, este paso determina las áreas de servicio que hacen mínimo el coste de la red. Para cada centro, se considera uno a uno cada punto que delimita su área de servicio, evaluando económicamente la conveniencia de mantener su actual asignación o reasignarlo a centros vecinos. La reasignación se hace sólo cuando la última alternativa es más económica. Todos los contornos de las áreas de servicio son analizados uno a uno y después se repetirá el proceso hasta que se alcance el coste mínimo. Las asignaciones predefinidas de abonados son respetadas en este proceso.

2.5.4 Optimización por instalación de sistemas de portadora

El objetivo de este proceso es reducir el coste de la red reemplazando la transmisión en FV por la de corriente portadora ya sea en la red de enlaces y/o en el bucle de abonado. Este proceso se hace sobre cualquier solución posible, manteniendo constantes las localizaciones de centros y las áreas de servicio. Cada grupo de enlaces y cada punto de distribución es analizado uno a uno, instalando sistemas si es más económico y repitiendo el proceso en toda la red hasta obtener su coste mínimo.

2.5.5 Optimización por instalación de satélites

En el programa, el concepto de centro satélite cubre tres tipos generales de centros de conmutación asignados o de-

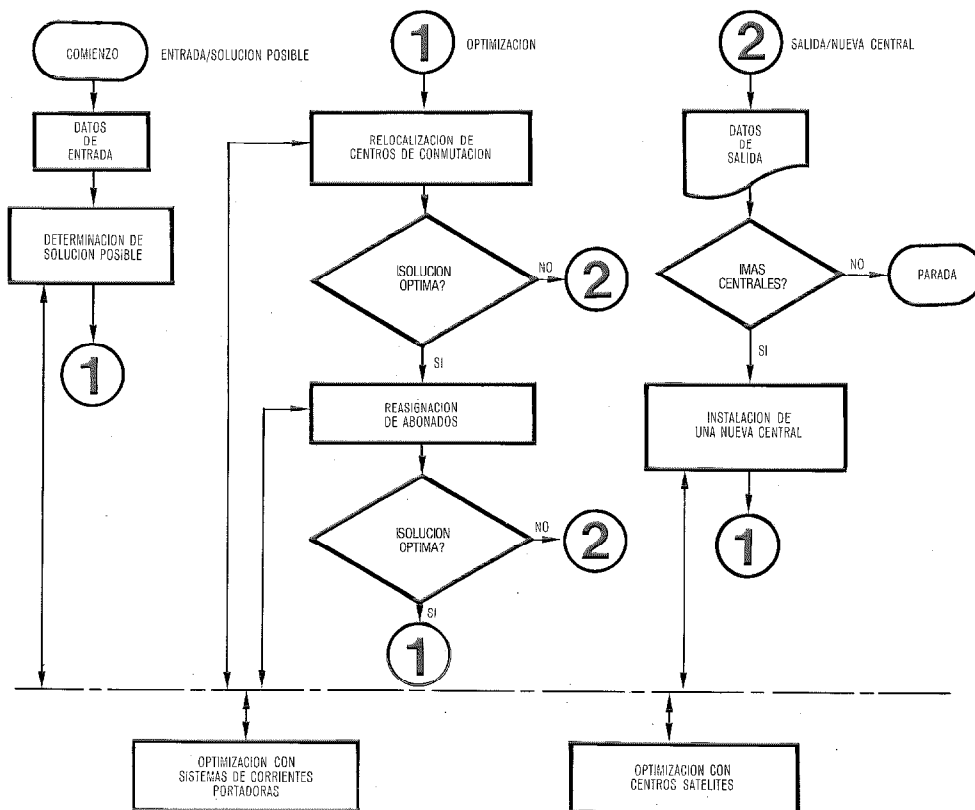


Fig. 4 Organigrama del programa.

pendientes de otros, llamados centros principales. Estos tipos, en orden creciente de inteligencia, son:

- concentradores de líneas [3]
- satélites usando el método "Trombón" [4]
- satélites usando el método de discriminación por los primeros selectores [4].

La finalidad de este proceso es disminuir el coste de la red usando centros satélites en vez de centros rurales, y se aplica en toda solución posible, manteniendo constantes todos los restantes parámetros de la red. El proceso consta de dos pasos:

- Cada centro rural es tentativamente convertido en el tipo de satélite más económico que satisfaga la demanda del área de servicio del centro rural. Ese satélite se asigna al centro más cercano. Si la nueva alternativa reduce el coste de la red se hace efectiva la conversión.
- Para cada centro satélite, se determina económicamente su asignación a un centro principal de los que le rodean. Este proceso se repite hasta obtener un coste mínimo de la red.

2.5.6 Cálculo de equipos

Durante la ejecución de los diferentes pasos de optimización, se toman las decisiones teniendo en cuenta el coste total de los equipos telefónicos asociados a cada alternativa.

Cálculo del equipo de conmutación

Las cantidades de equipo de conmutación para un centro vienen dadas por el número de líneas a servir, el número de enlaces que le unen al centro del que depende y el número de enlaces de los centros que dependen de él.

Cuando se trata de equipo existente, éste será utilizado con la capacidad instalada o ampliada, si es necesario, hasta una capacidad límite preestablecida. Si las necesidades de equipo no pudieran satisfacerse o no hubiera equipo disponible, se instalará nuevo equipo para satisfacer la demanda total.

Los costes de equipo de conmutación se calculan por medio de funciones lineales del número de líneas y enlaces, para cada margen preestablecido de estas variables.

Cálculo del equipo de transmisión

Las necesidades de equipo de transmisión FV se basan en las reglas de diseño FV, suministradas por el usuario, que expresan las distancias cubiertas por los distintos calibres (o combinaciones de los mismos) en el bucle de abonado y en los enlaces entre centrales. La necesidad de utilización de sistemas de portadoras se basa en uno de los criterios siguientes: la longitud de la ruta que se debe servir es demasiado grande para cubrirla con FV o la solución de sistemas de portadoras es más atractiva económicamente que la solución FV.

El programa trata primero de satisfacer las necesidades de cables mediante el mayor uso posible de los ya existentes; si queda aún demanda insatisfecha, el número de cables a instalar depende de criterios que el usuario establece como datos de entrada: posibilidad de sobrecalibrado y utilización compartida o no de los mismos cables para las redes de abonados y enlaces.

Los costes de cables por unidad de longitud se calculan como una función lineal del número de pares, para cada calibre. El coste de los terminales de sistemas de portadoras se calcula proporcionalmente al número de sistemas y canales; se admite que el coste de los repetidores es proporcional al número de sistemas. Los costes de otros equipos tales como repetidores FV, bobinas de carga, etc., se calculan mediante funciones lineales.

Cálculo de la infraestructura

Las necesidades de infraestructura se basan en el número de pares que deba soportar la misma.

En el caso de infraestructura ya existente, se utilizará hasta su máxima capacidad y será ampliada, si fuera necesario, hasta un límite pre-establecido. Si aún quedara demanda sin satisfacer, se instalará nueva infraestructura para soportarla.

Se admite que los costes de la infraestructura son función lineal de la longitud.

Consideraciones de costes sobre la planta existente

Hay tres tipos de coste asociados a la red existente: coste del equipo existente, su valor neto o de recuperación y el coste de ampliación. Estos parámetros de coste se utilizan para evaluar económicamente la red existente en las distintas soluciones que se estudian durante el proceso de optimización. Cuando el equipo existente puede satisfacer la demanda, se utiliza y su coste se tiene en cuenta (más el coste de ampliación, si fuera necesario); en caso contrario, se instala nuevo equipo y el coste considerado es el de éste menos el valor de recuperación del equipo existente.

2.6 Notas de programación

La estructura del programa es modular, lo que reduce la reprogramación necesaria a la hora de realizar cambios o ampliaciones del mismo.

La lógica del programa es independiente del número y dimensiones de las variables consideradas.

El lenguaje de programación es PL/I; se han preparado dos versiones del programa: una, para trabajar bajo el sistema operativo IBM D.O.S. (compilador de nivel D) y otra para hacerlo bajo el sistema operativo IBM O.S. (compilador nivel F). El programa se ejecuta con estructura de fases; su fase mayor, cuyo tamaño depende de los datos de entrada (el tamaño de la red es el factor dominante), es del orden de 350 kbyte en el caso de una red de 40 puntos y 50 tramos. El tiempo de ejecución (tiempo de la Unidad Central de Proceso) para tal red es de aproximadamente 3 minutos por solución.

Los periféricos necesarios para la ejecución del programa son una lectora, una impresora y una unidad de discos.

3. Proyecto de planificación

El primer uso del nuevo programa de ordenador en un proyecto real ha sido en la planificación telefónica del área de Valdres (Noruega). Este estudio es consecuencia de un acuerdo entre NTA, STK e ITTLS, de mutuo interés, cuyo objetivo era doble: de un lado, la planificación del

área; de otro, evaluar la capacidad del programa en condiciones reales de utilización.

Cuando se escribe este artículo el proyecto de planificación no se ha terminado aún. Sin embargo, está en un estado suficientemente avanzado como para justificar la descripción de la experiencia obtenida durante la ejecución del proyecto hasta el momento presente, así como para extraer conclusiones de ella.

3.1 El área de Valdres

El área de Valdres (4983 km²), situada a unos 200 km al Noroeste de Oslo, es un área rural típica, formada por 5 comunidades locales que se extienden a lo largo de un valle que se divide en dos en el lugar donde se asienta la localidad que es el centro comercial del área. En esta localidad, Fagernes, se presume que será localizado el centro primario de la red, aun cuando forma parte de los objetivos del estudio la conveniencia económica de esta localización.

La población (16.950 habitantes en 1976 y 18.800 habitantes estimados en 1995) se distribuye longitudinalmente a lo largo de los valles con algunas ramificaciones que se dispersan a lo largo de pequeños valles transversales.

La agricultura es la base de la economía del área; el turismo le sigue en importancia, siendo de destacar el auge que está experimentando en los últimos años en los que se han construido nuevos hoteles en las zonas más montañosas de Valdres. Las casas de veraneo abundan, de modo que en la actualidad sobrepasan en número a las viviendas permanentes; la tendencia del crecimiento hace que se prevea una proporción de casas de veraneo aún más alta en el futuro. Desde el punto de vista de predicción telefónica este hecho crea una situación incierta, puesto que la demanda de teléfonos en las casas de veraneo es hasta ahora un factor no bien conocido.

El número de abonados en 1976 es de 2775 y su predicción más probable para 1995 es de 6500. La red actual es manual en su mayor parte, aunque algunas localidades están servidas por centrales automáticas. Durante los últimos años se han hecho importantes inversiones en planta externa, tanto en la red de abonados como en la de enlaces.

NTA planea automatizar la red en los próximos años; esta es la razón del estudio de planificación cuyo objetivo es definir la red de mínimo Valor Presente de Cargas Anuales (VPCA), teniendo en cuenta la utilización más adecuada de la red existente.

3.2 Recogida de datos

La primera etapa del estudio fue la recogida de todos los datos necesarios para realizar las pasadas de ordenador y poder evaluar los resultados obtenidos. Naturalmente el estudio quedó sujeto a las normas con que los planes fundamentales de NTA enmarcan cualquier estudio de desarrollo; sin embargo, los puntos a los que se refiere este apartado son aquéllos directamente relacionados con un estudio de planificación de redes: descripción del área (predicción de demanda telefónica y evaluación de la red existente) y la preparación de parámetros de coste.

La descripción del área es la parte del proceso de recogida de datos que requiere más tiempo y cuya importancia es capital. Es importante hacer aquí dos consideraciones

sobre la forma como NTA lleva a cabo esta tarea: las personas responsables de la misma, conocen muy bien el área a estudiar y conocen la forma en que los datos van a utilizarse. La tarea de describir el área comprende las funciones siguientes: determinar las localizaciones de los abonados y las concentraciones de los mismos en puntos de distribución; definir la evolución del número de abonados y sus características de tráfico en cada punto de distribución; determinar las rutas de los cables y en consecuencia las distancias entre los puntos de distribución; hacer un inventario de los equipos telefónicos instalados y evaluar sus parámetros de coste. El número y emplazamiento de los puntos de distribución es un compromiso entre el grado deseable de definición del área, por un lado, y el mantener el número total de puntos y la mínima distancia entre ellos dentro de unos límites razonables, desde el punto de vista práctico, por otro.

La predicción de abonados residenciales se ha basado en la del número de viviendas (casas, apartamentos, etc.) y en la estimación de la penetración telefónica por vivienda. El crecimiento del número de viviendas se ha realizado a partir de la información de las previsiones de desarrollo de cada comunidad del área. El número actual de viviendas se ha determinado por enumeración directa. Las cifras obtenidas han sido cotejadas en la mayoría de los casos con las de los registros de las oficinas locales de la Administración y las de las autoridades locales. La predicción de abonados de negocios se ha basado en las cifras actuales y en la estimación de crecimiento realizada por las autoridades locales.

Los datos de tráfico disponibles del área de Valdres son insuficientes para las necesidades del estudio. Sólo hay medidas de tráfico en los centros automáticos, que se refieren a los valores de tráfico interno y de tráfico desde/hacia Fagernes. Un aspecto importante a tener en cuenta en este estudio es el relativo al tráfico de los abonados de negocios. En el área de Valdres la mayoría de los mismos son hoteles u otras explotaciones turísticas, que, en la estación alta, generan un elevado tráfico principalmente hacia fuera del área. Los datos de tráfico necesarios en el estudio y que no estaban disponibles, se han estimado a partir de los correspondientes a otras áreas de características similares y de valores conocidos.

Los costes utilizados son los costes cargados para equipos instalados de NTA. Los costes se han expresado en términos de Valor Presente de Cargas Anuales (VPCA), bajo la hipótesis de que el equipo es reemplazado por otro de idénticas características cuando alcanza el fin de su vida económica. En los párrafos siguientes se verán algunos ejemplos del modo como los parámetros de coste se han preparado y definido para el programa. Los costes se expresan en unidades monetarias relativas.

3.3 Preparación de los datos de entrada

Algunos datos de entrada tales como los de demanda de abonados y tráfico, se preparan usualmente bajo una forma que no requiere manipulación ulterior para ser suministrados al programa. Otros datos, sin embargo, necesitan de una adaptación previa para ponerlos en la forma en que son aceptados por el programa; normalmente este

proceso implica el establecer un conjunto de hipótesis de trabajo que han de ser tenidas en cuenta en el análisis de resultados. A continuación se describen algunos ejemplos de la preparación de datos para el estudio de Valdres, que servirán para ilustrar el comentario anterior a la vez que para mostrar en detalle la forma en que se definen algunos datos para el programa.

División del área de Valdres en subáreas

El Plan de Tarificación de NTA especifica que una llamada local es aquélla que se establece dentro de una misma comunidad administrativa. Puesto que el área de Valdres está formada por cinco comunidades administrativas, todos los abonados de una comunidad deben conectarse a centrales localizadas dentro de la misma. Por tanto, la red que sirve a una comunidad cualquiera puede optimizarse independientemente de las redes que sirven a las restantes. Este hecho resulta ser ventajoso desde el punto de vista de tratamiento del problema: el número de puntos de distribución dentro de cada comunidad varía de 40 a 100, siendo 300 el total de todo el área; el tratamiento de la red total del área no haría sino dar al problema un volumen innecesario.

Reglas de diseño del bucle de abonado

De acuerdo con el Plan de Transmisión de NTA, el bucle de abonado se ha diseñado para un equivalente de referencia de 6dB. La red de abonados está basada en el uso de cable de pares de 0,6 mm y 0,9 mm y líneas de hilo desnudo de 2mm. Por razones económicas éstas sólo se utilizan para conectar pequeños grupos de abonados (no más de 4). La utilización de sistemas de portadoras no se prevé en este estudio.

Las reglas de diseño de la figura 5 se han preparado de acuerdo con las consideraciones anteriores, incluido el uso de líneas de hilo desnudo. Las mismas corresponden a un equivalente de referencia de 6dB, sin reducir este valor en un margen para considerar la parte de bucle que va desde el punto de distribución hasta el aparato de abonado; ello es debido a que esta parte del bucle es despreciable, dada la forma como se han definido los puntos de distribución.

Reglas de diseño de enlaces

El factor limitante en el diseño de los enlaces es la atenuación, que no deberá sobrepasar 4,8 dB según el Plan de

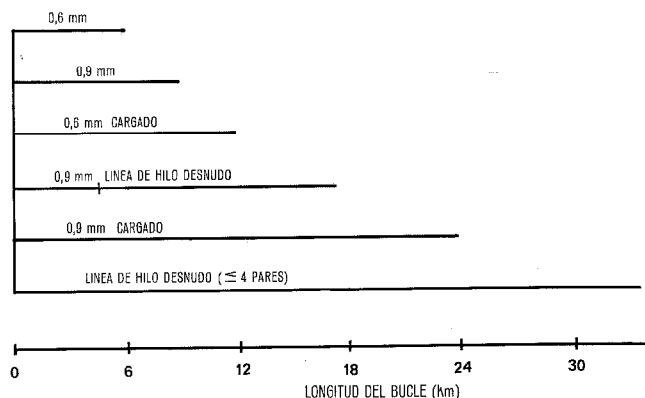


Fig. 5 Reglas de diseño del bucle de abonados.

Transmisión. Como en el caso de la red de abonados, se utilizarán cables de pares de 0,6 mm y 0,9 mm. Los pares irán cargados en todos los casos y se prevé el uso de repetidores FV cuando sean necesarios por condiciones de transmisión. Se utilizarán sistemas de portadoras, cuando muestren ser económicos, lo que se deja en manos del programa.

Las reglas de diseño para FV tal como se han especificado al programa se muestran en la figura 6.

La distancia entre repetidores de sistemas de portadoras es de 1,4 km, media para las correspondientes a los dos cables utilizados.

Costes de cables

Los costes de cables se han definido al programa como se representa en la figura 7. Se trata de costes cargados para los cables solamente. Los costes correspondientes a la infraestructura, bobinas deargas, repetidores de FV, etc., se dan separadamente.

Costes de conmutación

El coste de conmutación, C, para las centrales rurales se ha representado por la función:

$$C = 7,65 + 0,08 \times (\text{número de líneas}) + 0,34 \times (\text{número de enlaces}).$$

Los costes del equipo de fuerza y de edificio/solar están incluidos en la función anterior, que se admite es válida para la gama de tamaños de centrales que serán necesarias en el área. No se ha considerado la posible utilización de centrales satélites en este estudio.

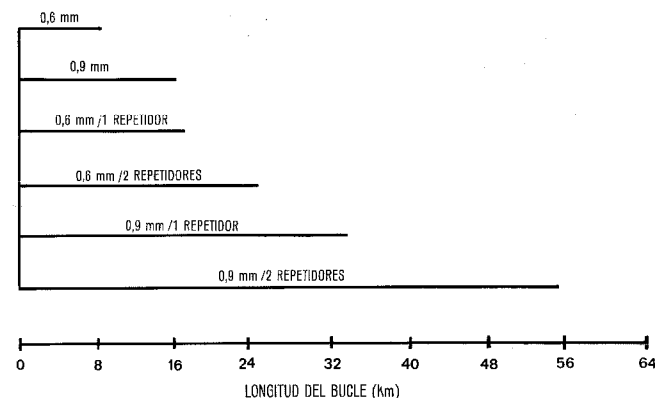


Fig. 6 Reglas de diseño de enlaces entre centrales.

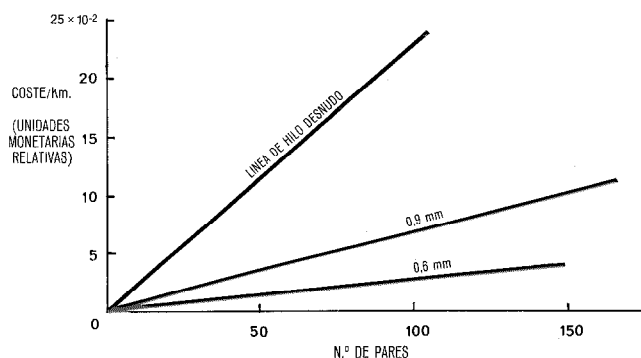


Fig. 7 Costes de los diferentes tipos de cables.

Planificación de redes

3.4 Pasadas de ordenador y análisis de resultados

Se planearon las siguientes pasadas de ordenador para cada una de las subáreas de Valdres:

- considerando la planta existente
- sin considerar la planta existente; esta pasada tiene por fin el disponer de una base de análisis de la influencia de la planta existente
- análisis de sensibilidad, variando la demanda telefónica en las viviendas de veraneo.

Aunque éstas eran las pasadas programadas, la experiencia muestra que el análisis de resultados de las primeras pasadas sugiere la conveniencia de pasadas adicionales. De hecho éste es el caso en el estudio de Valdres, en el que al analizar las primeras pasadas para las comunidades de Øystre Slidre y Nord Aurdal, se encontró que las características del tráfico previsto, discrepaban de las que debían corresponder a la red de enlaces existente. Un estudio más profundo de los flujos de tráfico en el área indicó la existencia de hipótesis erróneas en la predicción de tráfico; fue necesario en consecuencia llevar a cabo una nueva predicción de tráfico, teniendo en cuenta ciertos factores que se habían ignorado en la primera predicción.

El proyecto de planificación de Valdres se encuentra en fase de realización en el momento en que se escribe este artículo. Por tanto, es demasiado pronto para tratar de extraer conclusiones finales. Sin embargo es de utilidad el tomar como ejemplo la comunidad de Vang para comentar algunos resultados obtenidos.

La subárea de Vang está situada a más de 30km de Fagernes. En ella se han definido 41 puntos de distribución mas un centro primario no representado (Fig. 8). El programa se ha ejecutado para estudiar las redes que sirvan el área con 3, 4 y 5 centrales rurales. El número menor se eligió por ser el mínimo para servir el área, pues la solución con dos centrales se desechó a priori por no ser práctica dados los largos bucles de abonado que esta solución implicaría; esta solución sería demasiado costosa si sólo se utilizara FV en la red de abonados. Los resultados de coste obtenidos (de nuevas instalaciones) para cada una de las redes óptimas con 3, 4 y 5 centrales se han resumido en la figura 9. Se puede observar que el mínimo coste se consigue con la solución de 3 centrales. Los cables existentes se utilizan al 85%, 83% y 83% para cada solución, respectivamente. Esto justifica en parte el aumento del coste con el número de centrales. En todas las soluciones se han utilizado sistemas de portadoras en la red de enlaces; este resultado confirmó lo que se había sospechado, dadas las relativamente largas rutas de enlaces, en las que la alternativa FV para la red de enlaces no parecía ser económicamente atractiva.

Conclusiones generales

La experiencia obtenida hasta el momento en que se escribe este artículo en el proyecto de planificación de Valdres permite establecer las siguientes conclusiones:

- a) La potencia que el uso de un programa de ordenador ofrece para la realización de análisis de coste y estudios de sensibilidad al ingeniero de planificación fue un hecho confirmado con la utilización de los programas de la primera generación. La experiencia obtenida entonces

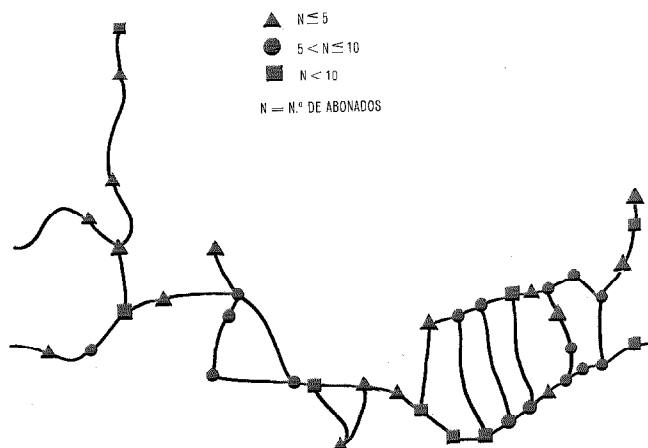


Fig. 8 Subárea de Vang: se indican las localizaciones de los puntos de concentración.

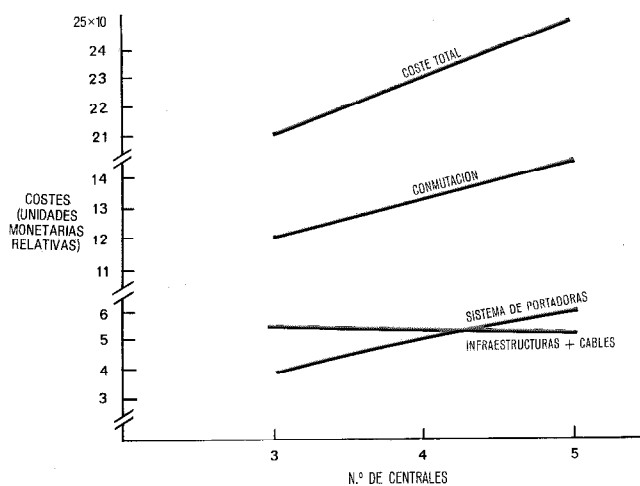


Fig. 9 Resumen de costes de las diferentes soluciones para la subárea de Vang.

mostró asimismo que se necesitaba un importante esfuerzo manual en muchos casos en los que era necesario evaluar, con pasadas alternativas, la influencia de la planta existente o de las características de tráfico de los abonados; lo mismo ocurría en la cuantificación de la posible conveniencia de la utilización de sistemas de portadoras en la red y su efecto en el diseño óptimo de la misma. El nuevo programa, que tiene en cuenta estos factores, supone un importante avance en el alcance de la utilización del ordenador como herramienta de planificación. Los resultados obtenidos hasta ahora son alentadores; el esfuerzo manual necesario para definir una red optimizada convenientemente se ha reducido drásticamente. Las tareas principales que quedan en manos del ingeniero de planificación son aquellas que afectan a su responsabilidad de decisión: obtención y preparación de datos de entrada; establecimiento y análisis de las pasadas de ordenador; finalmente, recomendación del plan de desarrollo de la red.

- b) El tiempo de ejecución del programa ha resultado ser

mayor que el esperado sobre la base de cálculos estimativos previos. Este hecho ha justificado el comienzo de un análisis de tiempos del programa; se espera poder reducir el tiempo de ejecución mediante la reestructuración de los módulos de mayor tiempo de ejecución y la introducción en el proceso de optimización de controles basados en consideraciones heurísticas.

- c) La selección de la localización inicial de un nuevo centro no se ha analizado todavía suficientemente. Se proyecta realizar investigaciones en este sentido.
- d) El proyecto de planificación de Valdres está siendo llevado a cabo por un equipo formado por todas las partes interesadas: NTA, STK e ITTLS. Esta forma de trabajo ha mostrado ser de gran eficacia, no sólo en éste sino en anteriores proyectos, pues permite la rápida y fundada toma de decisión sobre las cuestiones controvertidas que surjan.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a sus colegas de NTA, STK e ITTLS que hicieron posible la realización de este trabajo; en particular al Sr. E. Garrido, de ITTLS, por su contribución al desarrollo del programa y al Sr. O. H. Klausen que instaló el programa en STK y llevó a cabo las pasadas de ordenador.

Referencias

- [1] J. Solé: Emplazamiento de Centrales Telefónicas en Areas Rurales. Descripción general. Código 053 ITT 10002 PD E1, Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid, 1971.
 - [2] B. Stavem, E. Bastøe y F. Trosby: Datamaskinassistert Planlegging av Telenett i Spredt Bebyggelse Områder, Brukerveiledning for Programmet "DAPT-S1", Televerkets Forskningsinstitut 1975; también Datamaskinassistert Planlegging av Telenett i Spredt Bebyggelse Områder, Programbeskrivelse for "DAPT-S1", Televerkets Forskningsinstitutt 1975. (Editado por el Organismo de Investigación de la Administración Noruega de Telecomunicaciones).
 - [3] CCITT: Redes Telefónicas Locales, Capítulo 3: Principios Económicos y Cálculos de Coste; 1 julio 1968, 17 págs.
 - [4] CCITT: Redes Telefónicas Nacionales para el Servicio Automático, Parte A, Capítulo 3: Planes de Rutas; 1964, 15 págs.
-
- J. Solé Gil** nació en Logroño, España, en 1946. En 1970, obtuvo el título de ingeniero de telecomunicación por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid. En 1969 ingresó en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, donde es ahora un veterano ingeniero. Ha sido responsable del desarrollo de importantes programas destinados a la planificación de redes, y trabaja actualmente en el proyecto de planificación de redes para diversos países.
- Pedro Antonio Caballero Gallego** nació en Córdoba, España, en 1943. Obtuvo el título de ingeniero electromecánico en la Escuela Técnica Superior del ICAI en 1966. Consiguió una beca del Gobierno francés para seguir cursos sobre automatización para postgraduados en la Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique en París. En 1971 alcanzó el grado de Doctor Ingeniero. El Dr. Caballero trabajó en el Centre d'Etudes et de Recherches en Automatisme (París) y obtuvo el grado de Maître ès Sciences en 1968.
- Ingresó en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica en 1968. Durante 5 años fue el jefe del grupo de trabajo de Planificación de Redes con Ayuda de Ordenador. Actualmente es jefe del proyecto Planificación de Redes de la División de Planificación de Telecomunicación, de la que es igualmente Adjunto al Director.
- Paralelamente, el Dr. Caballero es Profesor Numerario de la Escuela Técnica Superior del ICAI en la que imparte cursos para graduados y postgraduados.
- Ingar Hansen** nació en Askin, Noruega, en 1946. En 1971 obtuvo el título de ingeniero en electricidad y electrónica por la Universidad Técnica de Trondheim. Tras cumplir el servicio militar ingresó en la Administración noruega de Telecomunicaciones (NTA) donde trabaja en la actualidad sobre planificación de redes.
- Knut M. Knutsen** nació en Staubø, Noruega, en 1938. Obtuvo el grado de ingeniero eléctrico (electrónica) por la Universidad de Strathclyde de Glasgow (Escocia), en 1966. Ese mismo año ingresó en la compañía L. M. Ericsson, Estocolmo, donde trabajó en la División de Diseño y Desarrollo de Centrales Telefónicas Automáticas. En 1969 ingresó en STK, Oslo, donde fue jefe del proyecto de planificación de redes hasta finales de 1977. Desde entonces trabaja en la compañía Elektrisk Bureau, Noruega.

Realización moderna de filtros de piloto en técnicas de FDM

El uso de filtros electromecánicos y filtros activos RC en la técnica de frecuencias portadoras, en sustitución de filtros de cristal, proporciona entre otras ventajas la normalización de las regulaciones de ganancias de los grupos básicos y soluciones más económicas.

W. BOROWSKI

P. WOLLMERSHÄUSER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

Introducción

En la mayor parte de los equipos múltiplex por corrientes portadoras se transmiten frecuencias para la supervisión de piloto y la regulación automática de ganancia de los grupos básicos. Para este fin, cada grupo básico se alimenta alternativamente con el piloto de grupo de 84,08 kHz ó 104,08 kHz y cada grupo secundario básico se alimenta alternativamente con el piloto de grupo secundario de 411,92 kHz ó 547,92 kHz. Por el contrario, la frecuencia piloto de 60 kHz se asocia en el sistema (12 + 12) al grupo básico transmitido directamente, y la frecuencia piloto de 54 kHz se asocia al grupo básico utilizado en la posición de transmisión de 6 a 54 kHz.

En el lado de recepción, el piloto de grupo se desacopla, después del amplificador de recepción de grupo, del correspondiente grupo básico, se filtra mediante un filtro de piloto, se amplifica luego y se rectifica, y para compensar las oscilaciones de nivel se distribuye al regulador de este amplificador y a la unidad monitora del equipo de transmisión (Fig. 1a). Para evitar perturbaciones en el canal de señal se necesita un filtro con pendientes muy pronunciadas para la selección de la frecuencia piloto. Así por ejemplo, es necesario un filtro de cristal con dos cristales para cada uno de los pilotos de grupo de 84,08 kHz ó 104,08 kHz y para obtener la frecuencia antes mencionada se necesita una modulación adicional para los pilotos de grupo secundario de 411,92 kHz ó 547,92 kHz. El filtro paso-banda insertado delante suprime la frecuencia imagen.

Se obtiene ahorro en espacio y coste con una conversión auxiliar de las frecuencias piloto a una banda de frecuencias sustancialmente inferior, y por la normalización de la supervisión de piloto [1, 2].

La figura 1b muestra un esquemático de bloques de la regulación de ganancia automática para el equipo portador de grupo y grupo secundario con la conversión adicional de las frecuencias de piloto de grupo a la frecuencia de 12,08 kHz y la selectividad preliminar necesaria para la supresión de la frecuencia imagen.

Este concepto permite circuitos de selección normalizados para las cuatro frecuencias piloto. En este margen de frecuencias, con los materiales de que se dispone hoy día, pueden conseguirse las pendientes agudas de los filtros utilizando filtros electromecánicos de pequeñas dimensiones y que pueden fabricarse económicamente. La exigencia de la selectividad preliminar a esta frecuencia de 12,08 kHz es tan pequeña que puede obtenerse una reducción en coste y en el volumen del conjunto en comparación con la solución convencional que utiliza filtros de cristal.

El mismo favorable sistema de conversión auxiliar puede utilizarse en los repetidores regulados y en los amplificadores de recepción para el sistema (12 + 12). La figura 2 muestra el principio de regulación para los repetidores A y B para las posibilidades con o sin conversión adicional.

Se utilizan receptores piloto de la misma frecuencia en los repetidores A y B como resultado del desacoplamiento de la frecuencia piloto en el repetidor A antes de la conversión, así como por el desacoplamiento de la frecuencia piloto en el repetidor B después de la conversión.

Con objeto de obtener un desacoplamiento y un receptor piloto normalizados para los repetidores A y B, es necesario una conversión adicional de las frecuencias piloto

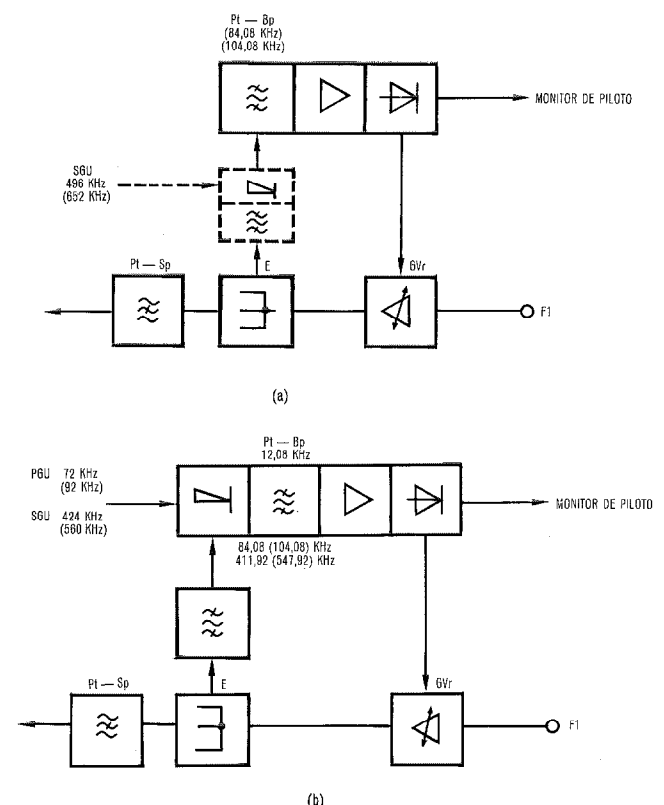


Fig. 1 Esquemático de bloques de la regulación de ganancia para grupos básicos y grupos secundarios.

- a) con filtros de cristal convencionales
- b) con los nuevos filtros electromecánicos
- E - desacoplador
- GVr - amplificador de grupo regulado
- PT-Bp - filtro paso banda de piloto
- Pt-Sp - filtro de banda eliminada de piloto
- PGU - equipo de portadoras de grupo
- SGU - equipo de portadoras de grupo secundario

de 54 kHz y 60 kHz a la frecuencia de 3 kHz (ver Fig. 2, líneas de puntos). La conversión a esta frecuencia notoriamente baja, permite el uso de un filtro activo RC más sencillo y más barato en comparación con los filtros de cristal.

Con los dos filtros paso banda de 3 kHz y 12,08 kHz, el principal problema consiste en el requisito de estabilidad que es comparativamente alto, a pesar de la conversión. Por esta razón, los dos filtros se realizan también en tecnologías diferentes. El diseño del filtro electromecánico usado para los 12,08 kHz daría resultados demasiado grandes a la frecuencia de 3 kHz y antieconómicos para los fines propuestos. Por otra parte, los amplificadores operacionales aún no cumplen los altos requisitos del filtro de 12,08 kHz a causa de la dependencia de su ganancia con la frecuencia.

En los párrafos siguientes se indica cómo dimensionar y realizar tales filtros.

Filtro electromecánico de piloto de 12,08 kHz

Construcción y funcionamiento

La figura 3 muestra la construcción mecánica del filtro de piloto. Consta de dos transductores compuestos que vibran en modo flexional y que están acoplados con dos acopladores de torsión. Estos transductores transforman la energía eléctrica en mecánica y viceversa. Consisten en cada caso en una barra metálica cilíndrica con un aplamamiento, sobre el que se ha colocado soldada una placa cerámica de forma rectangular. La placa cerámica está metalizada por ambas caras. Si se aplica una tensión de CA a estos electrodos, la placa altera sus dimensiones haciendo vibrar a la barra metálica en modo flexional. El transductor vibra en sentido perpendicular a la placa base. En ambos puntos nodales del resonador se han soldado hilos de soporte mediante los cuales el cuerpo del filtro queda soldado a la placa base.

El filtro de piloto es de banda estrecha, por lo que sólo se necesita un pequeño acoplamiento entre los resonadores. La mejor manera de lograr este requisito es utilizando acoplamiento torsional.

La gran ventaja de los filtros mecánicos es que la frecuencia no se sintoniza una vez montado el filtro, sino antes del montaje, realizando perforaciones en las caras frontales de los transductores compuestos. El procedimiento de sintonía es totalmente automático.

Al filtro se le protege del polvo y deterioros mediante una cubierta de plástico. Las dimensiones externas son 37,5 x 22,5 x 11,5 mm.

Materiales

El comportamiento de las características del filtro respecto a la temperatura y tiempo depende de las propiedades de los materiales. De acuerdo con esto es necesaria una alta estabilidad con la temperatura y el tiempo de todos los parámetros de los materiales utilizados.

Para los resonadores de acero se utilizan las llamadas aleaciones de módulo constante que tienen un módulo de Young extraordinariamente estable. Con un tratamiento térmico especial de esta aleación de hierro-niquel, el coeficiente de temperatura de la frecuencia puede variarse den-

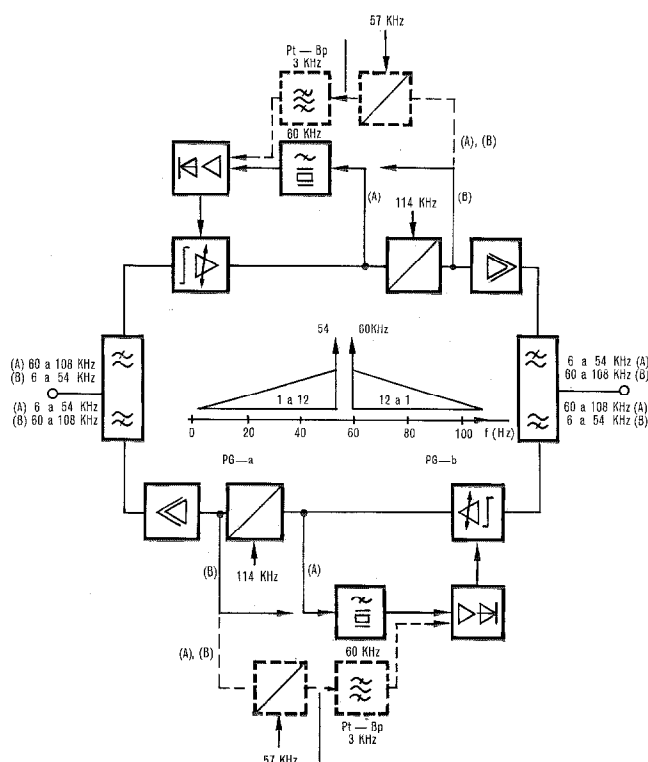


Fig. 2 Esquemático de bloques de la regulación de ganancia del sistema (12+12). Las líneas de puntos muestran como pueden utilizarse los nuevos filtros activos RC en sustitución de los filtros de cristal convencionales.

- PG-a - grupo básico a
- PG-b - grupo básico b
- A - repetidor A
- B - repetidor B
- Pt-Bp - filtro paso banda de piloto

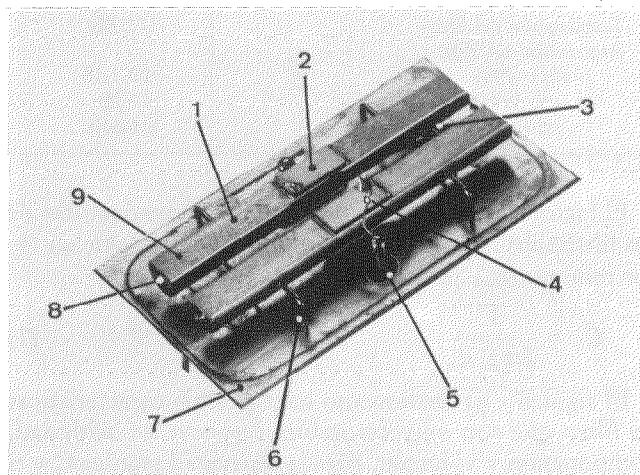


Fig. 3 Filtro de piloto electromecánico mostrando como se suelda la cerámica a la barra metálica, y como se acoplan y montan sobre la placa base los dos transductores compuestos.

- 1 - transductor compuesto
- 2 - material piezo-cerámico
- 3 - hilo de acoplamiento
- 4 - hilo de conexión
- 5 - pasamuros de cristal
- 6 - hilo soporte
- 7 - placa base
- 8 - orificio de sintonía
- 9 - barra metálica

Filtros de piloto

tro de ciertos límites. Esta característica se utiliza para el ajuste de un coeficiente de temperatura del transductor requerido [3].

En primer lugar, el material piezocerámico debe tener un factor Q tan alto y tan estable con la temperatura como sea posible y además una frecuencia muy estable en función del tiempo. Por otra parte, se requiere una pequeña dispersión, entre las unidades, del coeficiente de temperatura de la frecuencia, del factor de acoplamiento electromecánico y de la constante dieléctrica. Estos requisitos extremos se logran con el material piezocerámico PPK 32, desarrollado en SEL especialmente para filtros electromecánicos de piloto [4].

Transductores compuestos

Las propiedades de los transductores compuestos dependen no sólo de las propiedades del acero y del material piezocerámico sino también de la soldadura utilizada para la unión material cerámico-acero. El acero es esencialmente más estable que el material cerámico y la soldadura. Por lo tanto, los transductores compuestos serán tanto más estables cuanto mayor sea la participación del acero y cuanto menor sea la del material cerámico y la de la soldadura.

Diseño del filtro

En la tabla 1 se resumen los requisitos del filtro de piloto de 12,08 kHz.

El diseño se basa en el circuito indicado en la figura 4.

Tabla 1 - Requisitos para el filtro de piloto de 12,08 kHz

Frecuencia central f_0	12.080 Hz
Pérdida básica a_{B_0}	$\leq 1,6$ dB
Cambio de la pérdida básica	$< 0,2$ dB
Terminación del filtro	17,0 k Ω
Atenuación referida a f_0	
$a \pm 7$ Hz	$\leq 0,1$ dB
± 14 Hz	≤ 3 dB
± 300 Hz	≥ 60 dB

El factor de acoplamiento K_{em} de los transductores de los filtros electromecánicos de banda estrecha tiene un valor mínimo K_{emo} para la capacidad

$$C_o = \frac{1}{2\pi f_o R_o} \quad (1)$$

El siguiente procedimiento hace posible características de filtro que son muy favorables respecto a estabilidad, componentes y volumen. Para la capacidad estática C y el factor de acoplamiento del transductor K_{em} se aplica la relación

$$K_{em} = K_{emo} \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{C}{C_o} + \frac{C_o}{C} \right)} \quad (2)$$

donde C_o es la capacidad calculada a partir de la ecuación (1) y K_{emo} es el factor de acoplamiento resultante [5, 6].

Por ejemplo, con un rizado de 0,1 dB, una anchura de banda de 14 Hz y una capacidad elegida de $C = 0,5 \cdot C_o = 387,5$ pF se obtiene un aumento del factor de acoplamiento de sólo 12%, referido al valor mínimo K_{emo} ,

con lo cual el factor Q y la estabilidad no se deterioran apreciablemente.

Resultados

La pérdida básica a temperatura ambiente permanece entre $(1,2 \pm 0,2)$ dB. La figura 5a muestra la característica típica de atenuación del filtro de piloto a 10 °C, 23 °C y 50 °C. En la figura 5b se da la forma típica de variación de la pérdida básica con relación a la temperatura. Puede verse

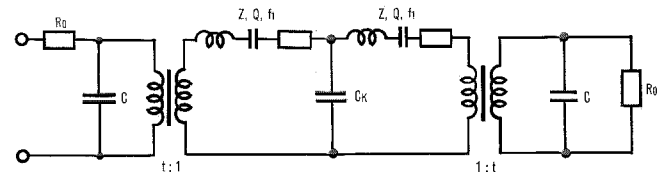


Fig. 4 Circuito del filtro de piloto electromecánico.

$$\begin{aligned} Z &= 156 \text{ kg/s} & R_o &= 17 \text{ k}\Omega \\ Q &= 6500 & C &= 387,5 \text{ pF} \\ f_1 &= 12.066,6 \text{ Hz} & t &= 267,4 \sqrt{\frac{\Omega s}{\text{kg}}} \\ C_k &= 52,8 \cdot 10^{-6} \text{ s}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

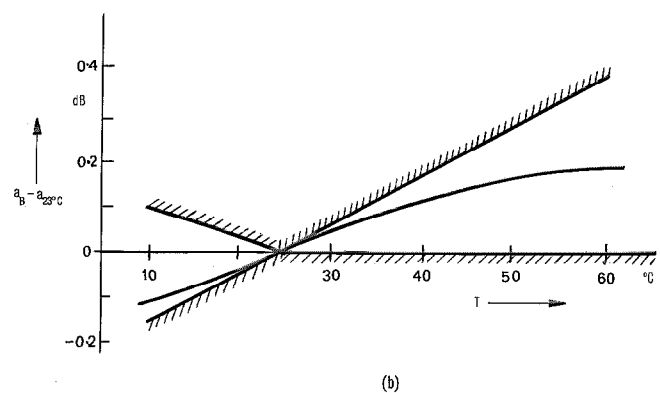
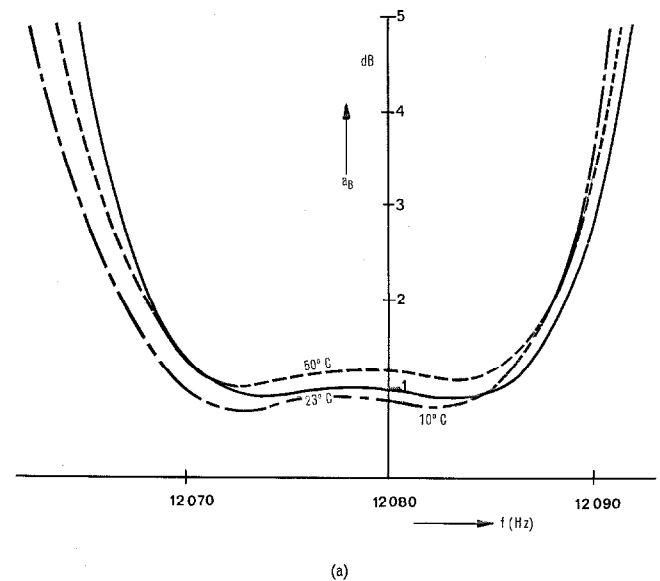


Fig. 5 Curvas de medida de la dependencia con la temperatura del filtro de piloto de 12,08 kHz.
a) Atenuación en la banda de paso
b) Pérdida básica

que variaciones en el margen de temperatura de 10 °C hasta 50 °C pueden mantenerse fácilmente dentro de los límites de $\pm 0,2$ dB. Gracias a la excelente estabilidad del material cerámico, el filtro sólo tiene un factor de envejecimiento de 1 Hz por 10 años, como máximo.

Filtro de piloto de 3 kHz

Otro de los objetivos del proyecto fue el de investigar cuidadosamente las influencias de las tolerancias de componentes, las variaciones de temperatura y los efectos de envejecimiento en los filtros de piloto de 3 kHz con objeto de encontrar una solución económica a pesar de los requisitos relativamente severos de la estrechez de banda y de la estabilidad, particularmente en la banda de paso. Los resultados han demostrado que es posible utilizar un filtro RC con convertor de impedancia, tal como el introducido por Antoniou [7], sin aumentar los requisitos exigidos a los componentes.

Diseño y realización

Mediante la conversión de las frecuencias de referencia piloto de 54 kHz y 60 kHz a 3 kHz se logra una anchura de banda relativa de 3,3% para el filtro de piloto, unas 20 veces mayor que la del filtro paso banda de 60 kHz. Por tanto, es suficiente con un filtro mucho más sencillo. En la tabla 2 se dan los requisitos del filtro de 3 kHz.

Tabla 2 – Características del filtro de piloto de 3 kHz

Frecuencia central	f_0	3000 Hz
Pérdida básica		
Fluctuación dependiente de las tolerancias de los componentes	$ \Delta a_{B_0} $	< 0,5 dB
Cambio de la pérdida básica dependiente de la temperatura (+10 a +55 °C) y del envejecimiento (unos 10 años)	$ \Delta a_{B_0} $	< 0,2 dB
Atenuación referida a la frecuencia central f_0	± 50 Hz	≥ 3 dB
	-150 Hz	≥ 19 dB
	+150 Hz	≥ 17 dB

Resulta adecuado el uso de un filtro con convertidores de impedancia debido a la baja sensibilidad a las tolerancias en la banda de paso [8].

El convertor de impedancia se realizó con dos amplificadores y cuatro filtros RC de 2 polos [7]. El diseño está basado en el llamado filtro paso banda con acoplamiento C y con dos inductancias a masa como se muestra en la figura 6.

Una transformación y la siguiente optimización del circuito con la condición suplementaria de que las capacidades sean de valores normalizados, nos da el circuito que se muestra en la figura 6 con las capacidades adicionales C_5 , C_6 , C_7 . Las inductancias L_1 y L_2 se sustituyen ahora por inductores simulados. La figura 7 muestra el circuito de un inductor simulado con dos amplificadores operacionales y su circuito equivalente [9, 10]. La capacidad C de los elementos parásitos puede ya tenerse en cuenta al optimizar el circuito para usar valores normalizados, mientras que los elementos r_v y g_e no pueden considerarse en la estructura del filtro.

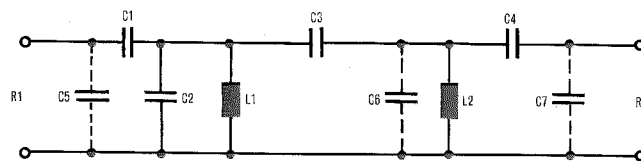


Fig. 6 Filtro paso banda acoplado por capacidad. Las líneas llenas muestran la estructura básica y las líneas de puntos muestran los componentes adicionales utilizados en el circuito transformado y optimizado.

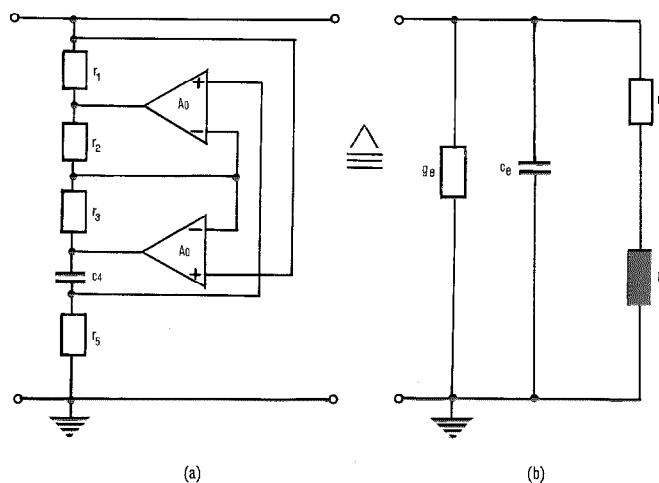


Fig. 7 Circuito para simulación de un inductor.

- a) Convertor de impedancia según el diseño de Antoniou
- b) Circuito equivalente del convertor

Para reducir al mínimo la influencia de estos elementos parásitos, se han de elegir los valores de los elementos de manera que los factores Q de las inductancias simuladas tengan su máximo a la frecuencia central f_0 de la banda de paso.

En la selección de los valores de los elementos, los grados de libertad restantes se aplican de tal manera que todas las resistencias r_1 , r_2 , r_3 y r_5 sean iguales y la capacidad C_4 del convertor tenga el mismo valor que tiene la capacidad del circuito resonante. De esta manera se obtuvieron factores Q de, aproximadamente, 24.000, de forma que no fue necesario tener en cuenta una compensación de los elementos parásitos r_v y g_e [9, 10]. La figura 8 muestra el filtro activo completo.

A partir de todas las posibles combinaciones de resistencias y condensadores, se eligieron las parejas de resistencia metálica y condensador de mica de forma que se mantuviese el volumen del filtro lo más pequeño posible (aproximadamente de tamaño mitad al de un filtro de cristal), con objeto de obtener insensibilidad a las variaciones de temperatura y para poder alcanzar un mayor margen de coeficiente de temperatura (tanto positivo como negativo) para las resistencias metálicas. Las curvas de la figura 9 muestran la atenuación medida del filtro.

Influencia de las tolerancias de los componentes

Se investigó la influencia de las tolerancias de los componentes en la atenuación en relación con las tolerancias de

Filtros de piloto

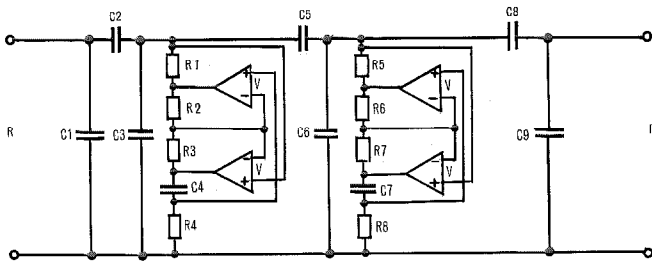


Fig. 8 Circuito total para el filtro activo paso banda de 3 kHz.
 $C_3 = C_4 = C_6 = C_7 = 11.500 \text{ pF}$ $R_1 \text{ a } R_8 = 4,3 \text{ k}\Omega$
 $C_1 = 3.650 \text{ pF}$ $R = 10 \text{ k}\Omega$
 $C_2 = C_8 = 1.580 \text{ pF}$
 $C_5 = 226 \text{ pF}$ V : tipo 1458
 $C_9 = 3.830 \text{ pF}$ Pérdida básica: 0,25 dB

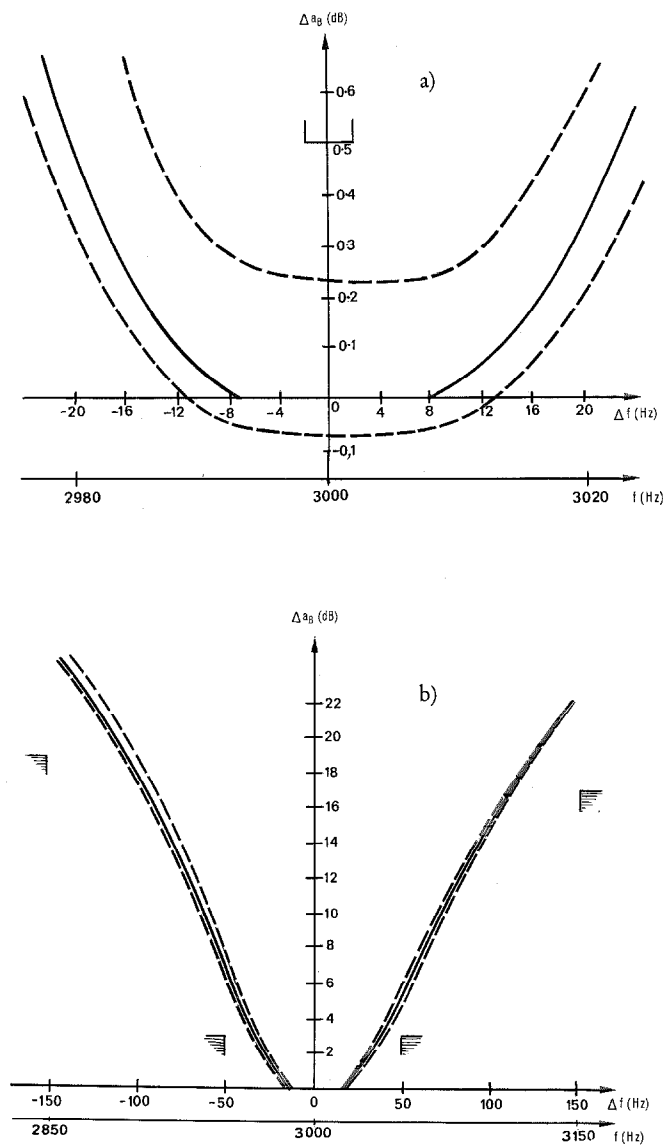


Fig. 9 Respuesta del filtro de piloto activo de 3 kHz. Valor nominal y dispersión de atenuación debida a tolerancias de los componentes con relación a la pérdida básica de 0,25 dB.
 a) Banda de paso ampliada
 b) Respuesta del filtro total
 — Valor nominal
 - - - Límites del 99% de la dispersión de componentes

los inductores simulados no ideales. Para los componentes pasivos se tomó la tolerancia usual de $\pm 1\%$. En este caso, pueden tolerarse desviaciones de ganancia de CC hasta $\pm 80\%$ con los amplificadores operacionales, ajustando las resistencias R_1 y R_5 .

La figura 9 muestra la dispersión de atenuación producida por variación de los valores de los componentes mediante el método de Monte-Carlo. Las curvas de puntos representan los límites del 99% de los valores superiores e inferiores, es decir, las envolventes de los valores límites calculados del análisis de tolerancias entre los cuales caen el 99% de los valores de atenuación. La dispersión esperada de la pérdida básica es, por tanto, igual o inferior a 0,29 dB. Depende fundamentalmente de la dispersión de los factores de disipación $\tan \delta$ de los condensadores C_3 , C_4 , C_6 y C_7 . La dispersión de atenuación en puntos a 3 dB resulta de aproximadamente 0,5 dB y la de la frecuencia central 1 Hz, aproximadamente.

Influencia de la variación de temperatura y del efecto de envejecimiento

Se investigó también la dispersión de atenuación como resultado de la variación de temperatura y del envejecimiento. Se examinó el margen de temperatura de $+10^\circ\text{C}$ a $+55^\circ\text{C}$ y un envejecimiento de los componentes de 10^5 horas (aproximadamente 10 años).

Las máximas desviaciones como resultado de la influencia de la variación de temperatura y envejecimiento hay que esperarlas en los siguientes casos críticos:

- Cambio positivo máximo de temperatura con una resistencia con coeficiente de temperatura negativo ($TC_R = 0$ a $-50 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$) y envejecimiento máximo después de 10^5 horas.
- Cambio positivo máximo de temperatura con una resistencia con coeficiente de temperatura positivo ($TC_R = 0$ a $+50 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$). La influencia del envejecimiento se omite aquí debido a que contrarresta la influencia de la temperatura.

Las desviaciones de la atenuación se calcularon de acuerdo con el método de Monte-Carlo. En la tabla 3 pueden verse los valores mínimo y máximo de los puntos críticos.

La desviación de frecuencia presumible y el aumento de la pérdida básica pueden limitarse preajustando la frecuencia central a $+4$ Hz y el nivel a 0,15 dB, basándose en la re-

Tabla 3 - Desviación de la atenuación nominal causada por la temperatura y el envejecimiento

Con y sin preajuste de nivel y frecuencia	Caso a)		Caso b)	
	sin	con	sin	con
$\Delta f_{M\max}$ (Hz)	-11	-7	+4	+8
$ \Delta a_{B\max} $ (dB), a f_0 (límites 94%)	0,38	0,17	0,26	0,11
$ \Delta a_{B\max} $ (dB), a f_0 (límites 99%)	0,45	0,24	0,29	0,14
$ \Delta a_{B\min} $ (dB), en el punto a 3 dB inferior (límites 99%)	3,0	4,0	-	-
$ \Delta a_{B\min} $ (dB), en el punto a 3 dB superior (límites 99%)	-	-	4,66	3,0

serva de 1,66 dB, teniendo en cuenta la dispersión condicionada por los ajustes y tolerancias de los componentes en el punto de 3 dB superior.

En la tabla 3 se muestran también los valores esperados para este caso. Los requisitos de la tabla 2 pueden satisfacerse para, aproximadamente, el 97% de todos los filtros sin exigencias particulares para los componentes activos y pasivos.

Conclusiones

Las nuevas tecnologías han conducido a diseños más económicos para filtros de piloto en técnicas de FDM. El artículo describe la realización de un filtro electromecánico de 12,08 kHz y un filtro activo RC de 3 kHz.

Los filtros electromecánicos satisfacen los requisitos de las administraciones postales y de otros clientes, tanto domésticos como del exterior. Se han fabricado y empleado con éxito durante años.

Se ha finalizado el desarrollo del filtro activo RC de 3 kHz. Los resultados indican que se comportará satisfactoriamente, habiendo comenzado las pruebas de aceptación por la Administración alemana.

Referencias

- [1] E. Koob y M. Gauss: Anordnung in Trägerfrequenzsystemen mit Pilotregelung; Patente de Alemania Federal Offenlegungsschrift DT 1947 918.
- [2] L. Braun y L. Russ: Zweidraht-Getrenntlage-Trägerfrequenzsystem mit Pilotüberwachung; Patente de Alemania Federal DAS 2520 162, 9 septiembre 1976, prioridad 6 mayo 1975.
- [3] Datenblatt der Fa. Vakuumschmelze, VAC; Thermelast 4002, 5409, 4290. F 001, 1976, edición 2.
- [4] Data Sheets about ITT Components: Pore Free Piezo-Ceramic 1977, edición 4.
- [5] M. Börner y H. Schüssler: Miniaturisierung mechanischer Filter; Telefunken-Zeitung, 1964, volumen 37, núms. 3 y 4, págs. 228-246.
- [6] R. Pfeleiderer y P. Wollmershäuser: Electromechanical Pilotfilter with Improved Temperature Characteristic; Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Symposium on Circuits and Systems, Munich, 27-29 abril 1976, págs. 743-745.
- [7] A. Antoniou: Realisation of Gytrators Using Operational Amplifiers, and their Use in RC-Active-Network Synthesis; Institution of Electrical Engineers Proceedings, noviembre 1969, volumen 116, n° 11, págs. 1838-1850.
- [8] R. Thimm: Filtros activos para equipos de traslación de canal; Comunicaciones Eléctricas, 1977, volumen 52, n° 2, págs. 144-150.
- [9] R. Thimm: Parasitäre Effekte beim Impedanzkonverter und Möglichkeiten ihrer Kompensation; Frequenz, julio 1976, volumen 30, n° 7, págs. 174-181.
- [10] H. Kampffhenkel: Eigenschaften von aktiv realisierten Induktivitäten und Überkapazitäten und der Ausgleich der Frequenzgangfehlern; Frequenz, agosto 1976, volumen 30, n° 8, págs. 220-228.
- [11] R. Thimm: Entwurf aktiver RC-Filter mit nichtidealen Impedanzkonvertern; Archiv für Elektrotechnik, noviembre 1976, volumen 58, n° 5, págs. 245-258.
- [12] R. Liedler y R. Lehmann: Operationsverstärker-Messungen in der Praxis; Elektronik, noviembre 1972, volumen 21, n° 11, págs. 375-378.

Wolfgang Borowski nació en Berlín en 1941. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Stuttgart, graduándose en 1970 de Ingeniero Diplomado.

Durante dos años trabajó en Zentralstelle für das Chiffrierwesen, en Bonn, y durante un año como lector en la Rheinische Akademie de Colonia. Ingresó en SEL en agosto de 1973 donde actualmente es jefe de grupo en el laboratorio de redes del departamento de sistemas de transmisión.

Paul Wollmershäuser nació en Crailsheim/Württ. en 1941. Estudió mecánica en el Colegio Técnico para Ingenieros de Aalen, graduándose de Ingeniero en 1966. En el mismo año ingresó en Grunding AG en Fürth/Bay como ingeniero de laboratorio trabajando aquí hasta 1970 en el desarrollo de registradores de cinta. Desde 1971 trabaja en Standard Elektrik Lorenz AG, en Stuttgart, como ingeniero de desarrollo de filtros electromecánicos.

Equipo de línea digital a 140Mb/s para cable coaxial

Introducción

Tradicionalmente, las redes telefónicas interurbanas que utilizaban MDF (Múltiplex por División de Frecuencia) se han amoldado en la mayoría de los casos a los parámetros que recomendaba el CCITT. En el caso de MDT (Múltiplex por División del Tiempo) no ha habido más remedio que heredar muchos de estos parámetros generales del antepasado MDF, concretamente en lo que se refiere a espaciado de repetidores, consumo y telealimentación.

Los primeros estudios que se realizaron, confirmados por pruebas de campo, indicaron que la máxima velocidad de un sistema digital, que fuese compatible con el espaciado de repetidores y consumo del sistema MDF de 12MHz, era de 120Mb/s; velocidad que, a su vez, se conseguía gracias a la utilización de un código de línea ternario, del tipo 4B3T. El equipo de línea digital de STC de 120Mb/s fue diseñado, construido e instalado, como prueba de campo, sobre una ruta de 68 km del British Post Office en diciembre de 1974. En vista de los resultados satisfactorios que se obtuvieron en dicha prueba, el equipo de 120Mb/s hoy día se fabrica y suministra al BPO de manera regular.

En la última Asamblea Plenaria del CCITT (Comisión XV) se ha normalizado en 139,264 Mb/s el nivel correspondiente de jerarquía múltiplex, por lo que los sistemas que se suministren de ahora en adelante, a nivel mundial, utilizarán generalmente esta velocidad digital. Esta nota de investigación describe la forma en que el equipo digital STC de 140Mb/s, en fase de desarrollo, cumple los requisitos de velocidad exigidos, describiendo asimismo otras características especiales que representan un importante paso hacia adelante con respecto a los sistemas existentes.

Elección del código de línea

Es este un aspecto muy importante en un equipo de línea digital, porque el código de línea no sólo debe tener las propiedades adecuadas para permitir la supervisión de errores y el sincronismo, sino que también se puede elegir de forma que haga máxima la velocidad digital para un espaciado de repetidores dado.

Los estudios y experiencias realizados con el equipo digital de 120Mb/s han demostrado que los códigos de línea ternarios son una solución óptima para los sistemas digitales regenerativos, prefiriéndose siempre distintas formas de la familia 4B3T de códigos ternarios. Dichos códigos son muy eficientes y tienen una suma digital acotada.

La utilización del código 4B3T en el sistema digital de 120Mb/s da lugar a una señal ternaria en línea de velocidad de transmisión 90MBd. La utilización de un código ternario con una redundancia inferior, con una relación de 3 bits a 2 dígitos ternarios, presentaría la gran ventaja de que para la velocidad binaria superior de 139,264 Mb/s, sólo se necesitaría una pequeña variación en la velocidad de transmisión (92,84MBd), con lo que se podría utilizar básicamente el mismo repetidor regenerativo.

Se pensó por tanto en el código 3B2T, pero es imposible diseñar un código de este tipo que satisfaga simultáneamente las exigencias de contenido de información de base de tiempos y de suma digital. Por el contrario, cuando se consideraron los códigos 6B4T se vió que se podía combinar una información de base de tiempos adecuada con un suficiente grado de control de la suma digital. Al estudiar detalladamente el código de línea 6B4T se constató la necesidad de utilizar un pseudoaleatorizador (scrambler) de 9 etapas para conseguir la independencia de la secuencia de bits. El pseudoaleatorizador también reduce la distorsión de frecuencia y ayuda en la supervisión de errores, sincronismo y control automático de ganancia del repetidor auxiliar. El factor de extensión de errores, definido como el cociente entre las palabras erróneas que aparecen en la salida binaria traducida y el número de palabras ternarias erróneas antes de la traducción, se puede hacer mínimo asignando cuidadosamente las palabras binarias en la tabla de traducción. La detección de errores con el código 6B4T se puede llevar a cabo en el traductor de recepción del terminal, supervisando la disparidad acumulada y las disparidades de palabra para detectar violaciones de las reglas del código como consecuencia de los errores. La precisión de este método de supervisión es del 10% para tasas de error ternario de 5 en 10^3 , siendo la imprecisión despreciable para tasas de error inferior a 1 en 10^3 . Evidentemente, esta precisión es más que adecuada para lo que en la práctica se le exige al equipo. La sincronización se lleva a cabo mediante una combinación de dos métodos: contar las violaciones de código y supervisar cada fase en espera de aparición de palabras prohibidas (palabras ternarias que no tienen significado binario).

La tabla de traducción que se ha elegido da como resultado un contenido de base de tiempos acotado que se mejora aún más con el pseudoaleatorizador, siendo más que suficiente para la extracción de base de tiempos en cada repetidor regenerativo.

Los códigos del tipo 4B3T tienen una variación de suma digital acotada, debida al emparejamiento total de las palabras ternarias, por lo que resulta relativamente fácil estimar cuanto se cierra el diagrama de "ojo" como consecuencia del decaimiento de los impulsos originado por el corte a bajas frecuencias (la respuesta de los repetidores regenerativos a bajas frecuencias). Si se utiliza el código 6B4T, el emparejamiento de palabras ternarias no puede ser completo y por lo tanto, la suma digital no está acotada. Sin embargo, se puede hacer despreciable la tasa de errores debida al decaimiento de los impulsos si se mejora la respuesta en bajas frecuencias. En la práctica, se ha encontrado que el código 6B4T requiere una mejora de alrededor de una octava en la respuesta a bajas frecuencias de los repetidores regenerativos auxiliares, para reducir a la mitad el valor del decaimiento de los impulsos, y dar así los mismos resultados que el 4B3T (véase la Fig. 1). La correspondiente modificación del circuito se introdujo con facilidad, utilizando realimentación cuantificada.

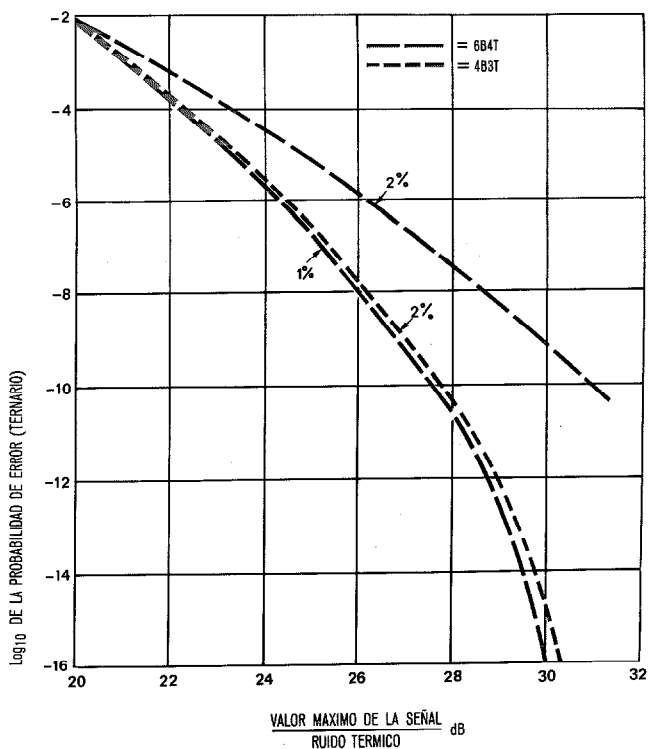


Fig. 1 Efecto del corte en frecuencias bajas (% decaimiento por dígito) sobre los códigos 6B4T y 4B3T.

Prueba de campo del código de línea 6B4T

Se ha realizado una prueba de campo sobre una ruta corta de cinco repetidores del British Post Office en Guildford, la cual ya se había utilizado previamente en una de las primeras pruebas de campo del sistema de 120 Mb/s con código 4B3T. Dicha ruta se modificó para acomodar el código 6B4T. Se realizaron unas modificaciones muy simples en los cinco repetidores para mejorar su comportamiento en baja frecuencia, tal y como se indicaba en el estudio referido. Se sustituyó el equipo de traducción 4B3T por las unidades correspondientes en código 6B4T, utilizándose

un generador pseudoaleatorio a 135 Mb/s para hacer funcionar el sistema. De esta forma, los repetidores regenerativos pudieron continuar funcionando a la velocidad ternaria de 90 MBd. Se halló que la utilización del 6B4T con los repetidores modificados (para mejorar su respuesta en baja frecuencia) presentaba un margen de ruido muy en línea con el correspondiente a los repetidores originales y código 4B3T. La medida de la fluctuación (valor máximo y desviación típica) con código 6B4T arrojó resultados casi idénticos a los obtenidos en anteriores medidas efectuadas en el sistema con código 4B3T.

La prueba de campo continuó funcionando durante once meses, utilizando una secuencia pseudoaleatoria muy larga (que no llegó a repetirse a lo largo de este tiempo) para aumentar la probabilidad de secuencias repetitivas largas. Unos registradores conectados al sistema indicaban los posibles errores. Además de los errores simples, se podían mostrar en pasos decimales de 1 en 10^4 a 1 en 10^8 . Durante el período que duró la prueba de campo no se produjeron errores, habiendo transmitido un total de aproximadamente 4×10^{15} bits.

La prueba de campo demostró que el código 6B4T era muy adecuado para los sistemas de línea digital, y que se podía utilizar satisfactoriamente para elevar la velocidad de 120 Mb/s a 139,264 Mb/s, sin tener que cambiar otros parámetros del sistema.

Diseño del sistema de 140 Mb/s

La figura 2 muestra un diagrama de bloques del equipo terminal de línea. La entrada y la salida utiliza el interfaz a 140 Mb/s CMI (Inversión Codificada de Marcas) normalizado internacionalmente. Este código se convierte a binario y pasa a través de un pseudoaleatorizador de 9 etapas y un traductor 6B4T para ser enviado finalmente a la línea. En el extremo receptor se equipa un reductor de fluctuación tras el repetidor terminal de llegada, realizándose a continuación el proceso de codificación inverso para dar una salida CMI a 140 Mb/s.

Los circuitos en el camino que recorre la señal, en los repetidores terminales y auxiliares, son prácticamente idénticos a los que se usaron en los repetidores del sistema de

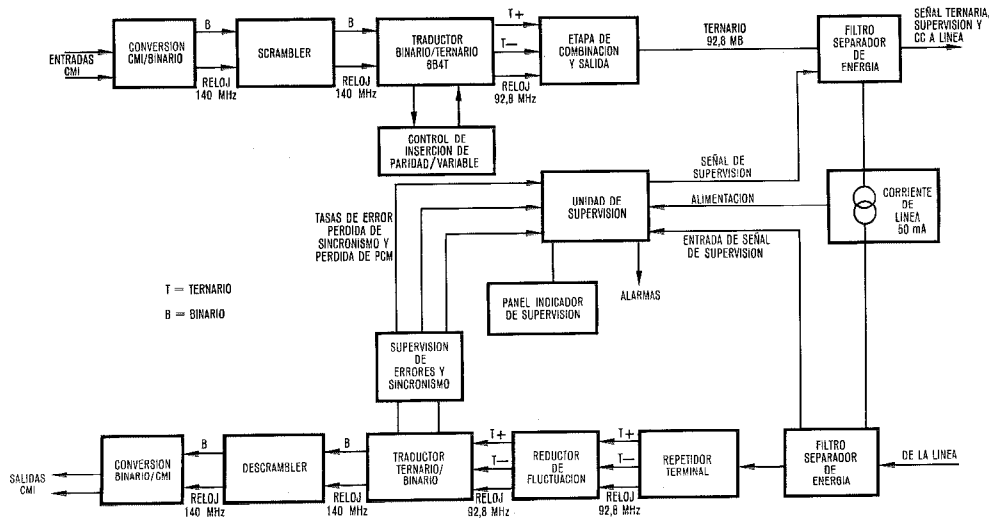


Fig. 2 Diagrama de bloques del equipo terminal de línea.

120 Mb/s, lo cual representa una gran ventaja, dada la fiabilidad ya demostrada por éstos.

Para tener una detección de errores, con tráfico, en los repetidores auxiliares se ha utilizado una técnica original de control de paridad de marcas ternarias. Tiene las ventajas de simplicidad de circuito y excelente precisión en la detección de tasa de errores, dentro del margen requerido. Consume poco, no obliga a elevar la velocidad, y no influye en las características de transmisión del sistema. El control de paridad del tren de datos transmitidos permite que el número de marcas en un intervalo específico sea par. El período entre instantes específicos depende de la aparición de una palabra de control de paridad que tiene dos palabras ternarias equivalentes (una con paridad par, y otra con paridad impar). Un circuito biestable introduce un cambio de componente continua cuando ocurre un error en el intervalo entre los dos instantes específicos consecutivos. Si no hay control de paridad, la salida del biestable sería aleatoria, y no tendría componente continua. Los resultados demuestran que se pueden medir con precisión tasas de error binario equivalente mejores que $5 \text{ en } 10^5$. Para tasas de error peores, las indicaciones suministradas son cada vez menos precisas. También se pueden detectar satisfactoriamente errores simples y ráfagas de errores.

Por lo que respecta al sistema de supervisión, un microprocesador controla cada dirección de transmisión. Gracias a la utilización de microprocesadores, el número de componentes es alrededor de la tercera parte de los que se utilizarían con un diseño CMOS o TTL.

Cada repetidor terminal, principal y auxiliar es interrogado secuencialmente para conocer el número de errores acumulados durante un período de tiempo fijo. La exploración de las dos direcciones de transmisión se realiza de forma entrelazada, para que la información obtenida de una dirección se pueda entregar a la otra dirección cuando

se interroga la unidad terminal. La señal de supervisión se convierte en una señal modulada por desviación de frecuencia (FSK) de bajo nivel, la cual se transmite por el cable coaxial en la banda situada por debajo de la banda de tráfico. Tanto el terminal principal como el subordinado tienen el mismo programa de funcionamiento almacenado en una memoria ROM y se programan externamente mediante hilos conectados a los armazones, de forma que las unidades enchufables son idénticas. Una memoria de acceso aleatoria (RAM) se utiliza para almacenar los datos recogidos en cada ciclo de interrogación. Para aumentar la flexibilidad del sistema, se añade una memoria PROM programable por el usuario, la cual puede utilizarse para guardar datos sobre identificación de la ruta e información sobre mensajes de avería. Se dispone de una salida que se puede acoplar a una impresora rápida.

Prueba de campo para el BPO

Recientemente se ha adjudicado a STC un contrato para realizar una prueba de campo de un Equipo de Línea Digital a 140 Mb/s completo, entre Walsall y Birmingham, a lo largo de una ruta que consta de dos terminales y 8 repetidores auxiliares bidireccionales.

El espaciado entre repetidores del equipo a 140 Mb/s de STC se basará en una atenuación de la sección de 79,2 dB a 46,4 MHz (mitad de la velocidad en baudios), lo cual equivale a 2,1 km en coaxial de 4,4 mm, y 4,7 km en coaxial de 9,5 mm.

H. S. V. REEVES
Standard Telephones and Cables Limited,
Londres, Reino Unido

H. S. V. Reeves es actualmente Jefe de Diseño de Sistemas de Línea Digitales en STC, Londres.

Sistema óptico laser/fibra para la medida del petróleo contenido en el agua

Los Standard Telecommunication Laboratories han desarrollado un sistema que responde las especificaciones de la IMCO (Intergovernmental Maritime Consultative Organization) para los dispositivos de control de la polución por el petróleo de los buques. El Departamento de Comercio del Reino Unido ha entregado los primeros certificados de aceptación de los sistemas destinados a medir la cantidad de petróleo contenido en el agua de lastre de los petroleros y de las descargas de las sentinas de los barcos.

Los prototipos de dispositivos de control entregados a ITT Controls (Conoflow VAF Division) presentan las características siguientes:

– Miden la proporción de petróleo en el agua con una precisión de $\pm 10 \cdot 10^{-6}$ ó $\pm 20\%$, según la que sea mayor, en la gama de $0 \text{ a } 1000 \times 10^{-6}$. Para pequeñas concentraciones de petróleo hay un dispositivo de alarma de sentina con un nivel de disparo ajustado a $(15 \pm 5) \times 10^{-6}$.

- Miden todos los petróleos brutos (crudos) en la misma gama con las tolerancias permitidas. Para los aceites refinados (blancos) existe una gama diferente.
- La técnica de dispersión óptica por laser y fibra garantiza la seguridad en las zonas peligrosas de las salas de bombeo de los petroleros.
- Débil respuesta a los cuerpos sólidos extraños a los aceites.
- Concepción modular conforme con las exigencias de la Lloyd.
- Dispositivos de ensayo incorporados para la verificación a bordo del estado del sistema.
- No hay peligro de obstrucción.

Un laser de As Ga Al, excitado con un factor de forma de 2,5% suministra radiaciones infrarrojas a una célula de dispersión por un haz de fibras ópticas. La muestra de agua con petróleo se saca del agua de lastre o de la descarga de la



Aparato medidor de la polución por petróleo en el agua.

dos reduce la dimensión de las gotitas de aceite para obtener una mejor precisión en el extremo inferior de la gama. Dos detectores asociados a un circuito de control automático de ganancia aseguran la puesta a cero automática.

Están actualmente en curso ensayos en servicio normal sobre ferries y petroleros. Existen otras posibilidades de aplicación de esta técnica para la medida de la turbiedad, el control de chimeneas, el gasto y en los instrumentos de captación de partículas.

Este sistema es el primero desarrollado en ITT con aplicación de fibra óptica como elemento de detección. STL ha explorado otros campos en que también puede ser aplicada: detección de nivel; medidas de presión, de temperatura y de humedad relativa. La fotografía que se acompaña, de un detector desarrollado por STL para ITT Condflo - VAF, muestra la caja de medidas con el dispositivo de lectura numérica y los indicadores de control y alarma.

Dr. G. D. Pitt
Standard Telecommunication Laboratories
Reino Unido

sentina a un gasto de unos 1000 litros por hora mediante una bomba especial que prepara la distribución de las partículas de aceite para la célula. Un mezclador de ultrasoni-

El Dr. Pitt es investigador principal en STL, y trabaja en conmutación telefónica e instrumentación indicadora de polución.

Para solicitar separatas de artículos publicados en este número e información sobre precios, se ruega escriban a:

P. Mornet
Managing Editor, Electrical Communication
18—20, rue Grange-Dame-Rose
F-78140-Vélizy-Villacoublay, France

Solamente pueden aceptarse pedidos por cantidades de al menos 100 separatas de cada artículo.

Nuevas realizaciones

CONSUL – Nuevo aparato telefónico estándar de SEL.

La bien conocida familia de teléfonos ASSISTENT*, de SEL, estaba basada, tanto en diseño como en tecnología, sobre desarrollos que datan de hace unos 15 años. Desde entonces, no obstante, el gusto con respecto a la forma y color, las exigencias sobre facilidad de funcionamiento, y finalmente, pero no de menor importancia, los métodos de fabricación han cambiado tan drásticamente que era imperativo ofrecer un nuevo aparato telefónico. Este nuevo aparato telefónico se denomina CONSUL*, y fue presentado por primera vez en la Feria de Hanover de 1978.

Seleccionado entre 27 modelos diferentes, este aparato consta de una carcasa y una placa frontal de color diferente. Excepto las cápsulas transmisora y receptora, todos los elementos funcionales están montados en la cara inferior de la placa frontal: la placa de circuito impreso con el gancho conmutador, los conectores miniatura y el circuito de transmisión; además el generador de tono de llamada electrónico, el teclado o disco de marcar, y para algunos modelos, facilidades adicionales tales como un indicador de



CONSUL – Nuevo aparato telefónico estándar de SEL.

ocupado a base de diodos LED o un conmutador con llave para evitar las llamadas salientes no autorizadas.

Los aparatos con disco tienen un circuito de transmisión convencional, mientras que los aparatos de teclado tienen un circuito de transmisión electrónico. El conjunto de la placa frontal completa se asegura a la carcasa, y es resistente a los choques, por medio de cierres de resorte.

Se ha prestado una especial atención a la comodidad de funcionamiento. El microteléfono de poco peso descansa en posición inclinada, fácil de descolgar, en entrantes de la parte posterior de la placa frontal. La palanca del gancho conmutador está oculta en uno de

estos entrantes para evitar el funcionamiento inadvertido. El cable del microteléfono puede sacarse, a través de conductos, al lado izquierdo o derecho del teléfono. Un entrante situado en la parte posterior facilita el transporte del teléfono con el microteléfono colgado o descolgado.

La placa frontal tiene una inclinación de 27°, como compromiso entre el funcionamiento óptimo del disco de marcar (32°) y el funcionamiento óptimo del teclado (20°).

A pesar de su pequeño peso, el teléfono es muy estable. Cada teléfono CONSUL puede utilizarse también como teléfono de pared, montado de forma que la placa frontal tenga una inclinación de 45°.

Gracias al diseño modular, el cambio de unidades y componentes defectuosos es sencillo. Asimismo el teléfono es fácil de adaptar a futuras tecnologías de componentes y permite la instalación de facilidades adicionales tales como indicadores de cómputo. Todo ello convierte el aparato telefónico CONSUL en un instrumento orientado hacia el futuro que puede adaptarse, a bajo coste, a las exigencias particulares de otras administraciones telefónicas.

*Standard Elektrik Lorenz AG,
República Federal de Alemania*

* Marca registrada del sistema ITT

Sistema de control por ordenador para la producción y distribución de energía eléctrica.

La Región Noroccidental de CEGB (Central Electricity Generating Board) ha instalado un nuevo sistema de control por ordenador que ya está en servicio. Este sistema, el primero de un nuevo diseño normalizado adoptado por CEGB, está basado en el sistema de conmutación de mensajes controlado por ordenador ADX* de ITT. El sistema, completamente diseñado por el staff de ingeniería de CEGB (tanto el hardware como el software) con la ayuda de los especialistas de ITT, visualiza datos de una forma flexible y exacta para los ingenieros de control de alta tensión.

* Marca registrada del sistema ITT

El sistema utiliza esencialmente unidades de presentación visual para observar y controlar la distribución de electricidad desde el centro de control regional de alta tensión situado en Bramhall, Cheshire. Las unidades de presentación visual proporcionan a los ingenieros acceso inmediato a la información que es suministrada de forma continua desde la red de distribución. Esta información la proporcionan transductores instalados en las subestaciones y es transmitida al centro de control a través de equipos telegráficos de frecuencia vocal.

Los datos relativos al estado de los interruptores y los flujos de energía son procesados por un sistema de ordenador central y mostrados a los ingenieros sobre unidades de presentación visual y sobre diagramas mímicos

de pared ya existentes. Este equipo de telecontrol también responde a preguntas e instrucciones introducidas en el mismo por los ingenieros de control. Es la primera vez que se han proporcionado estas facilidades a una sala de control de alta tensión de CEGB para el control remoto de interruptores en un número de subestaciones de alta y altísima tensión. Ello permitirá realizar un proyecto piloto sobre control remoto desde un centro de control de alta tensión para determinar si la experiencia es o no factible y deseable.

CEGB ha encargado ya otros 22 terminales remotos para ampliar la capacidad del sistema y satisfacer las necesidades del centro regional hasta mediados de la década de los 80.

*ITT Business Systems,
Reino Unido*

Equipo de radioenlaces FM 1800/TV-2500.

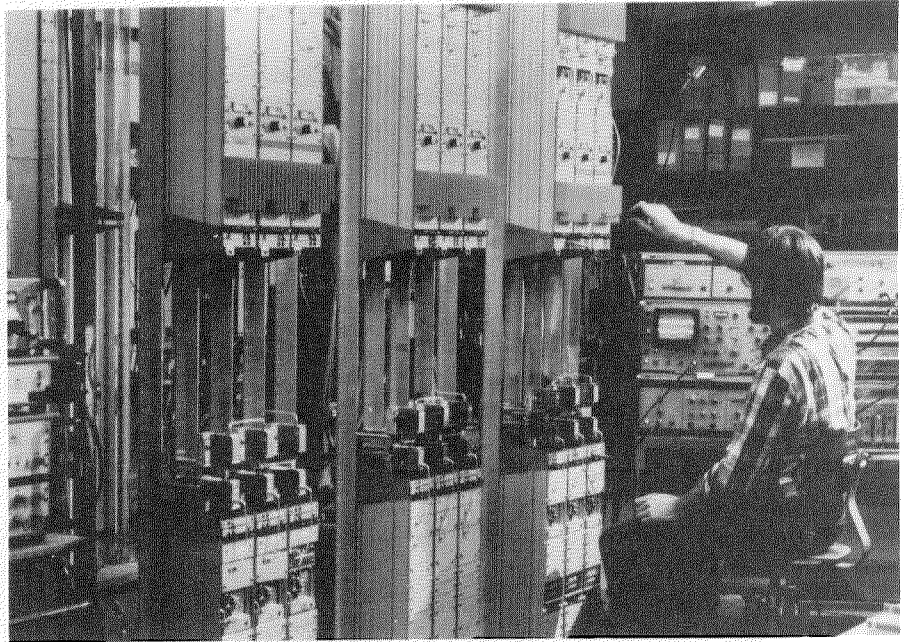
El equipo de radioenlaces en la banda de 2,5 GHz, desarrollado recientemente en la práctica de equipos VSEP*, tiene una capacidad de transmisión de 1800 canales telefónicos o un canal de video y 4 canales de sonido. Utilizando un equipo especial de modulación, es también posible la transmisión simultánea de dos canales de video y dos canales de sonido.

La utilización exclusiva de tecnología de semiconductores en las unidades de emisión y recepción ha permitido obtener una mayor fiabilidad, mantenimiento simplificado y bajo consumo de potencia. La potencia de emisión en radiofrecuencia es de 5 W.

Además de las unidades de emisión y recepción en radiofrecuencia con los filtros de segregación de antena asociados, el sistema comprende también los moduladores y demoduladores, el sistema de conmutación de protección a la banda base o a la frecuencia intermedia, el canal de órdenes y dispositivos de supervisión y presentación remotas.

La calidad de transmisión satisface todas las recomendaciones pertinentes

* Marca registrada del sistema ITT



Equipos 1800/TV-2500 en pruebas de fábrica.

tes, tanto del CCIR como del CCITT. De acuerdo con el plan fundamental de frecuencias, pueden utilizarse 6 canales de radiofrecuencia en los dos sentidos de transmisión. Con antenas de suficiente discriminación y el adecuado plan de intercalado de radiocanales, se dispone de otros 6 canales más.

La banda total de frecuencias se ex-

tiende de 2,3 a 2,7 GHz. La elección de esta banda, no utilizada hasta el presente para los enlaces hertzianos, es especialmente favorable para la explotación en aquellas zonas en las que ya existen en servicio otros sistemas de radioenlaces.

*Standard Telephon and Radio AG,
Suiza*

El sistema CUMULUS

LCT (Laboratoire Central de Télécommunications) ha realizado una importante contribución al diseño y fabricación del radar CUMULUS, construido bajo la dirección del "Service Technique des Moyens de Mesures et d'Essais de l'Etablissement Technique Central de l'Armement" (Delegación General de Armamento), actuando como principal contratista. El equipo fue destinado al Centro de Pruebas de Landes.

Diseñado para realizar medidas sobre blancos fugaces, el tiempo total de observación es muy pequeño.

Con el fin de reducir el coste del procesador de señales, las señales recibidas se registran en cinta magnética por medio de un registrador de banda muy ancha, siendo posteriormente procesadas y analizadas en tiempo diferido.

El diseño del radar está basado en:

- la generación, a baja potencia, de una señal compleja modulada en amplitud y en fase, que se amplifica antes de la emisión,
- la designación del blanco a analizar,
- el registro simultáneo de la señal recibida y de los parámetros de la señal emitida,
- la programación de la forma de la señal emitida en función de la distancia del blanco.

El radar funciona simultáneamente a tres frecuencias de emisión, y recibe las señales sobre dos polarizaciones ortogonales para cada frecuencia.

Además del diseño y fabricación de varios subconjuntos del sistema, LCT fue encargada de la integración y puesta en servicio del sistema total en el Centro de Pruebas de Landes.

Diversos equipos de proceso, dirigidos a analizar las señales recibidas, fueron diseñados y construidos por LCT:

- un receptor para probar el sistema con señales simuladas,

- una unidad de calibración, funcionando sobre un blanco normalizado, con dispositivos de seguimiento de blancos,
- un equipo de proceso de señales para el análisis fino, en tiempo diferido, de las señales registradas. Este equipo fue desarrollado para la "Dirección Técnica de Máquinas" y la "División de Sistemas Balísticos y Espaciales", pertenecientes a la Sociedad Nacional de Industrias Aeroespaciales (SNIAS).

Todos estos trabajos condujeron a un complejo sistema de medida y de análisis, en servicio operacional desde 1976.

Los desarrollos realizados en LCT, junto con muchos años de experiencia en radares coherentes, y la comprensión de impulsos por modulación bifase pseudoaleatoria de la onda emitida, han contribuido enormemente al éxito de este programa.

*Laboratoire Central de
Télécommunications, Francia*

Unidades de presentación visual para el sistema de información de mercados de productos.

Intercom, el sistema internacional, en tiempo real, de demanda/respuesta para mercados de productos, desarrollado por International Commodities Clearing House Ltd (ICCH), es ahora completamente operacional con la utilización de 70 terminales de presentación visual ITT3280 unidos a 2 ordenadores IBM370 instalados en la oficina central de ICCH, en Londres. ICCH proporciona un servicio de liquidación y garantía a los mercados de productos de Londres que operan en café, cacao, azúcar, algodón, soja, caucho, lana y aceites. Aunque la mayor parte de los 275 miembros están en el Reino Unido, existen miembros en América del Norte, Europa y el Próximo Oriente.

La información de operaciones de compraventa se introduce en los ordenadores, un 370/138 de 0,5 Mbyte y un

370/148 de 1Mbyte, directamente desde el mercado a través de los terminales de ITT. ICCH y aquellos miembros con terminales (36 están en la actualidad en uso fuera de ICCH) tienen así virtualmente acceso instantáneo a las operaciones de compraventa a medida que se producen.

Intercom proporciona un método rápido y flexible de captación, consulta y corrección de información. Los detalles de las contrataciones pueden ser confirmados directamente por los miembros con terminales, mientras que otros miembros confirman las contrataciones individuales devolviendo las listas de contrataciones impresas por el ordenador y distribuidas a los mismos 4 o 5 veces por día. Intercom se utiliza también para calcular los márgenes y depósitos requeridos por los miembros a consecuencia de las contrataciones, y cada mañana se imprime una lista completa de las contrataciones del día anterior con deta-

lles completos de consignación y acuerdos financieros.

Los miembros unidos a ICCH a través de Intercom pueden procesar los negocios por medio de sus unidades de presentación visual y volver a valorar su propia posición global de la misma manera que ICCH. Un miembro que utilice también los servicios de ICCH para sus sistemas de clientes, puede examinar las posiciones de sus clientes, privadamente en su propia oficina, utilizando así las mismas técnicas de gestión de riesgo que utiliza ICCH para el mercado considerado globalmente.

Aunque en la actualidad el sistema está restringido a la City de Londres, existen planes para ampliar la red de terminales, e ICCH espera instalar en un futuro próximo terminales en Nueva York.

*ITT Business Systems,
Reino Unido*

Enlace de datos por fibra óptica para la Marina de Guerra italiana.

El primer enlace de datos por fibra óptica ha sido suministrado recientemente al Ministerio de Defensa italiano. Es la conclusión de un desarrollo conjunto realizado por FACE Standard y CGE-FIAR.

El sistema consiste en dos minicomputadores conectados a través de fibras ópticas. En el extremo lejano, un minicomputador recoge datos pro-

cedentes de sensores, relés, etc. Los datos se transmiten entonces, a través de un enlace de fibra óptica, al computador del otro extremo que los procesa, visualiza y da alarmas, CGE-FIAR ha desarrollado el software de los dos computadores, mientras que FACE ha desarrollado y suministrado el enlace de fibra óptica.

El enlace de fibra óptica consiste en dos emisores-receptores para la conversión de las señales eléctricas en señales ópticas y viceversa, interconectados por un cable de fibra óptica de 500 m de longitud dividido en dos secciones de 150 m, más una sección de 200 m. El cable tiene 8 fibras, con 4 fibras activas y las otras 4 de reserva. La unión de las diversas secciones del cable, así como la unión entre el cable y los terminales se realiza por medio de conectores ópticos de 4 terminales. El cable y los conectores han sido fabricados por ITT-OED Leeds.

El sistema ha sido probado con resultados completamente satisfactorios. Será probado además en las instalaciones del cliente, y posteriormente será instalado en un barco de guerra para una prueba de campo.

*Fabbrica Apparecchiature per
Comunicazioni Elettriche Standard,
Italia*

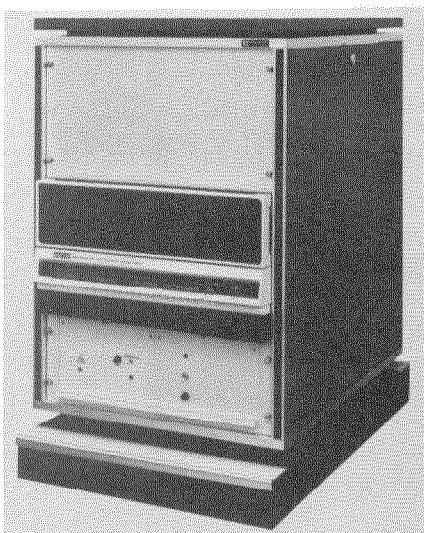
Primera instalación de una central de conmutación automática electrónica, con carga compartida, en Colombia.

El día 28 de noviembre de 1977 fue puesta en servicio la central META-CONTA* L de Villa Hermosa, Colombia. Diseñada e instalada por la Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, esta central de conmutación automática electrónica tiene una capacidad inicial de 7000 líneas. Durante el segundo semestre de 1980, esta capacidad será aumentada hasta 10000 líneas.

Experimentada desde 1962, la carga compartida es una solución original de ITT protegida por importantes patentes internacionales. Adoptada en numerosos países (Bélgica, Méjico, Yugoslavia, Indonesia, Finlandia, Francia, etc) esta técnica tiene la ventaja de garantizar un servicio de elevada calidad debido a su protección natural contra los fallos de hardware y software.

*Compagnie Générale de
Constructions Téléphoniques,
Francia*

* Marca registrada del sistema ITT



Terminales del enlace de datos. Las partes inferiores son los módulos electro-ópticos.

Estaciones receptoras de telemetría y seguimiento en la banda S para el lanzador de vehículos Ariane.

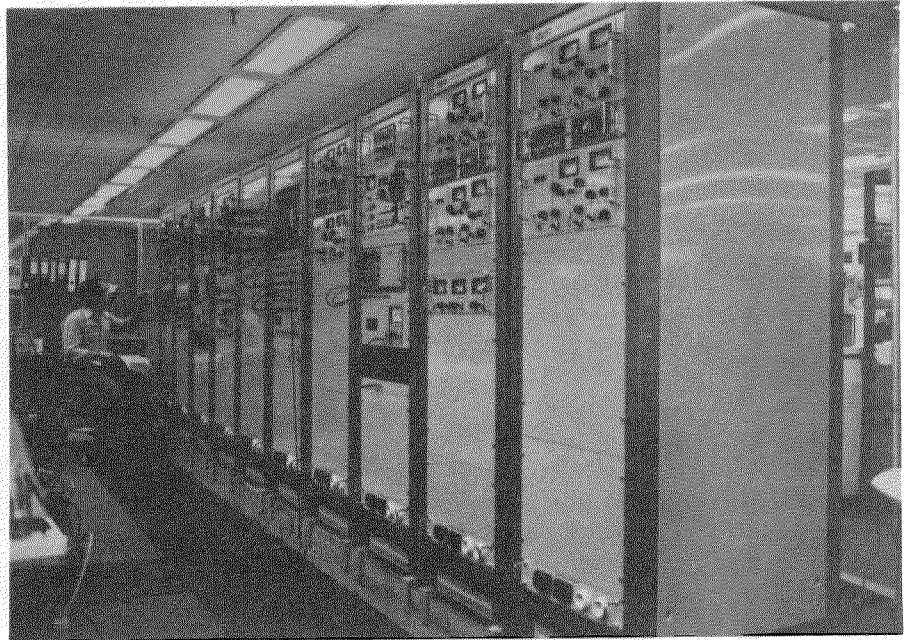
La organización espacial nacional francesa CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales) ha encargado a BTM la instrumentación de tierra más avanzada actualmente disponible en Europa para telemetría y seguimiento en la banda S (2,2 a 2,3 GHz).

Este sistema está en instalación en cuatro estaciones terrenas, dos en la Guayana Francesa (Kourou y Cayenne) y dos en Brasil (Natal y Belém), para obtener los datos esenciales del lanzamiento y trayectoria de los vehículos espaciales europeos lanzados desde el Centro Espacial de Guayana, en Kourou, Guyana Francesa.

Cada estación consta básicamente de:

- Convertidor reductor en banda S de tres canales,
- receptor de seguimiento de tres canales,
- multicoplador en banda S (8 salidas),
- receptores de telemetría en la banda S, incluyendo sintonizadores en banda S, unidades enchufables para demoduladores coherentes y no coherentes para AM, FM y PM, así como filtros de frecuencia intermedia y de video, que pueden seleccionarse por medio de un conmutador situado en el panel frontal,
- combinadores de posdetección,
- mezcladores/osciladores (para registro de señales),
- equipo de multiplexación de datos,
- paneles de conexión de video y de radiofrecuencia e integración de equipos.

Los sintonizadores de radiofre-



Equipo de recepción de telemetría para las estaciones de telemetría y seguimiento de pequeño alcance ARIANE.

cuencia de bajo ruido cubren la banda de frecuencia de 2,2 a 2,3 GHz y pueden reemplazarse por otros sintonizadores de radiofrecuencia hasta 2,5 GHz. Se suministra un contador incorporado para la lectura sin ambigüedades de la frecuencia real de la señal recibida. Una característica clave del sistema es la distribución de ganancia (nivel de entrada hasta -10 dBm) y control progresivo del ancho de banda para bloquear señales interferentes grandes. Esto, junto con un control automático de frecuencia muy sensible, un diseño de enclavamiento de fase realmente optimizado, y un mecanismo de enclavamiento antibanda lateral proporcionan unas características mínimas globales óptimas para el medio ambiente especificado.

Otras características incluyen un control automático de ganancia de 100 dB, de variación lineal, que permite el registro exacto de la magnitud de la señal y adapta las características del control automático de ganancia para el funcionamiento óptimo en diversidad de señales. Esta es la última adición a la línea de BTM de equipos de seguimiento, telemetría y comunicaciones para vehículos lanzadores y sistemas de satélites, que ya incluye receptores de seguimiento, interferómetros, sistemas de referencia, modems de comunicaciones, equipos de medida de nivel de radiofaros, demoduladores PSK y de amplificación de umbral.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

ITT Worldcom introduce un sistema de marcaje abreviado de télex denominado EasyCall.

ITT World Communications Inc., una subsidiaria de International Telephone and Telegraph Corporation (ITT), ha anunciado un nuevo sistema de marcaje abreviado que permite a los abonados télex de los Estados Unidos llamar a sus corresponsales télex de ultramar sin más que apretar una sola letra en el teclado del teleimpresor.

El sistema, denominado EasyCall, está diseñado especialmente para abonados que llaman de forma regular a los mismos números télex de ultramar. El servicio EasyCall de ITT Worldcom proporciona a un abonado télex acceso, apretando una sola tecla, hasta 25 números de ultramar.

Una característica fundamental del sistema EasyCall es que, por primera vez, los abonados télex pueden ahora utilizar el marcaje abreviado del sis-

tema EasyCall para acceder a cualquiera de los cuatro servicios de almacenamiento y retransmisión Timetran, de ITT Worldcom. Todo lo que los usuarios tienen que hacer es apretar una sola letra para el servicio Timetran y una letra más para su corresponsal de ultramar, en lugar de los hasta 12 dígitos que se necesitaban hasta ahora.

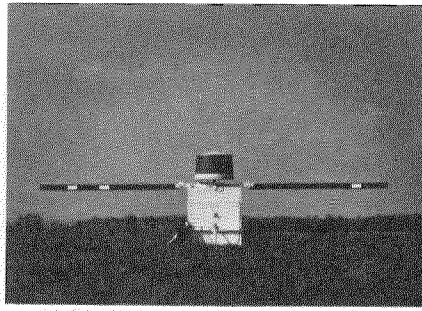
ITT World Communication, Inc., Estados Unidos de América

Pruebas de vuelo satisfactorias con el sistema SETAC.

El sistema de aterrizaje y aproximación SETAC* (Tacan de sector), desarrollado por Standard Elektrik Lorenz AG, ha superado satisfactoriamente durante 1977 varias pruebas de vuelo.

Los vuelos para demostración de exactitud fueron realizados en el aeropuerto de Manching, donde está localizado un centro de pruebas de vuelo de las Fuerzas Aéreas de Alemania Federal. Las pruebas fueron realizadas con un avión de transporte Transall C-160 y dos helicópteros CH-53 y UH1-D.

La evaluación de las características operacionales de las estaciones terrenas y las pruebas de aptitud de vuelo fueron realizadas en el aeropuerto de



Sistema de aterrizaje y aproximación SETAC.

Wunstorf utilizando un avión de transporte C-160.

Un importante progreso del programa tuvo lugar en noviembre de 1977 cuando el avión de combate multifunción "Tornado" realizó sus primeras aproximaciones y aterrizajes con el sistema SETAC. Estos vuelos han demostrado que el sistema SETAC también satisface plenamente las

necesidades de aviones de combate de alta velocidad/alta potencia. Los pilotos hicieron énfasis en la buena aptitud de vuelo utilizando la instrumentación SETAC de a bordo.

Las pruebas de vuelo continuarán durante 1978 en problemas especiales, tales como medidas de distancia para aterrizar y suavización del lóbulos principal. El programa de pruebas concluirá en 1978 tras la evaluación final por las fuerzas aéreas.

Los primeros equipos de producción en serie del sistema MITAC* han sido entregados a finales de 1977, y SEL tiene pedidos para más de 400 unidades. MITAC se utiliza para navegación de alcance medio con TACAN y es también parte de la configuración SETAC de a bordo.

*Standard Elektrik Lorenz, AG,
República Federal de Alemania*

* Marca registrada del sistema ITT

Comienzo alentador de la unidad de comunicaciones ópticas.

Un importante número de pedidos para exportación han significado un comienzo alentador de la nueva unidad de comunicaciones ópticas de STC en su primer año completo de funcionamiento. La unidad, abierta en noviembre de 1976, es aún hoy día la única planta de Europa que fabrica su propia fibra óptica y cable a escala comercial. Clientes civiles y militares, de más de 20 países, han comprado o están evaluando en la actualidad los sistemas, cables y fibras ópticas de STC.

STC predice que sus cifras de negocio sobre fibra óptica serán 6 veces superiores a los niveles actuales en 1979. El mercado mundial se espera que alcance unos 100 millones de libras esterlinas en 1980, elevándose a más de 500 millones de libras al año para mediados de la década de los 80. Este rápido crecimiento se deberá a la explotación de esta tecnología tanto en el campo militar como en el de las telecomunicaciones convencionales, y en nuevas aplicaciones en las áreas industriales y de consumo.

Un paso importante en la aceptación de los sistemas de fibra óptica ha sido una serie de transmisiones de prueba de televisión en color sobre un bucle de fibra óptica de 19 km. Estas pruebas fueron realizadas satisfactoriamente por la BBC (British Broadcasting Corporation) en colaboración con STC. El enlace óptico, con una capacidad de casi 2000 conversaciones telefónicas simultáneas, fue instalado en conducciones de cable normal del Post Office entre las ciudades de Hitchin y Stevenage, al Norte de Londres.

Para las pruebas de televisión, que comenzaron en noviembre de 1977, se realizó un bucle del enlace en la central de Stevenage consiguiéndose la ruta Hitchin-Stevenage-Hitchin de 19 km a través de 5 repetidores situados a intervalos de aproximadamente 3 km. El equipo experimental de transmisión de video y audio de la BBC ha sido usado previamente durante las pruebas de campo de un circuito MTC de 120 Mbit/s sobre un sistema digital por cable en 1975 en Portsmouth, y con un circuito de 60 Mbit/s utilizando el satélite del Océano Indico, en 1976. La

BBC realizó ligeras modificaciones para que el equipo pudiera funcionar a la velocidad del enlace óptico, 140 Mbit/s, mediante la inserción de impulsos de relleno.

El objetivo de estas pruebas fue explorar aspectos fundamentales de la transmisión de señales fuertemente estructuradas, una característica de la señal de televisión, sobre sistemas de fibra óptica. El ulterior análisis de los resultados de las pruebas proporcionará una guía útil para la especificación y diseño de equipo de producción. Estas pruebas no mostraron ningún problema básico relacionado con la transmisión de señales de televisión digital sobre enlaces de fibra óptica. La principal aplicación potencial de esta técnica se encuentra en la transmisión interurbana de televisión, ya que los sistemas de radioenlaces no serán capaces de cubrir todas las necesidades del futuro crecimiento. Otras aplicaciones de transmisión de televisión a corta distancia y/o de naturaleza temporal podrán utilizar la extrema flexibilidad de los sistemas de fibra óptica.

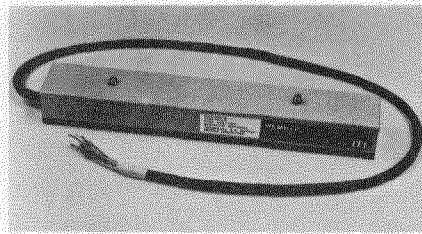
*Standard Telephones and Cables,
Reino Unido*

Tubos de ondas progresivas miniaturizados.

La División de Tubos Electrónicos de ITT Components Group Europe, ha anunciado la fabricación de dos nuevos tubos de ondas progresivas miniaturizados y de larga vida, los tipos W5MH/1E y W5MH/2E.

Estos nuevos tubos de ondas progresivas fueron diseñados para su utilización en radioenlaces de 5,925 a 7,110GHz.

Cada tubo cubre una parte de este margen, con características idénticas, excepto la frecuencia.



Tubo de ondas progresivas miniaturizado.

El tipo 1E trabaja entre 5,925 y 6,425GHz, y el tipo 2E trabaja entre

6,425 y 7,110GHz. La potencia nominal de salida es de 10W (con ganancia de 36 a 40dB) y el máximo factor de ruido a la potencia nominal de salida es de 25dB.

El rendimiento mínimo, a la potencia nominal de salida es del 20%, con un valor típico de 27% para la versión de doble colector.

Existe la posibilidad de suministrar, en breves plazos de tiempo, tubos a petición del cliente que cumplan con sus exigencias particulares.

ITT Components Group Europa, Italia

Terminal de pequeña apertura para solamente recepción de televisión (TVRO) y servicio telefónico en banda estrecha.

BTM ha desarrollado un sistema de comunicación de banda estrecha por satélite para FM-SCPC (canal único modulado en frecuencia por portadora) y TVRO (solamente recepción de televisión) que funciona en la banda de frecuencias de 4-6GHz.

El equipo ha sido desarrollado para satisfacer una necesidad continuamente creciente para aplicaciones de comunicaciones regionales y nacionales, y difiere considerablemente de los sistemas existentes. Utiliza únicamente componentes activos de semiconductores, incluido el amplificador de potencia de salida del transmisor (que en los demás sistemas es un tubo de onda progresiva), siendo transistorizados todos los circuitos.

Esta técnica conduce a un equipo

extremadamente fiable, adecuado para funcionamiento continuo desatenido en las condiciones ambientales más desfavorables, con un pequeño consumo y con un mantenimiento mínimo. La cadena multiplicadora del amplificador de potencia, completamente de estado sólido, es la utilizada desde hace años por el equipo de radioenlaces de microondas de elevada capacidad, de estado sólido, de BTM, y tiene una potencia de salida típica de 10W. El tiempo medio entre fallos es superior a 12 años, lo que supone que para un terminal de tres canales el tiempo medio entre fallos es superior a 10.000 horas. Con la técnica de estado sólido no se introduce ruido de intermodulación en el amplificador de potencia porque no se utiliza como amplificador de multiportadora. En el caso de un amplificador de tubo de ondas progresivas se necesita un factor de reducción para minimizar esta con-

tribución de ruido de intermodulación, lo que también significa que es necesario un tubo de ondas progresivas capaz de entregar hasta 4 ó 5 veces la potencia de salida necesaria.

Con la técnica de estado sólido, cada canal se amplifica a la frecuencia de salida de radiofrecuencia en un amplificador de potencia de estado sólido independiente, y se combina después en una red combinadora pasiva. En el caso, poco frecuente, de un fallo en un amplificador de potencia de estado sólido, sólo se pierde un canal y la estación permanece completamente operativa.

El sistema ha sido probado satisfactoriamente y funcionó durante tres meses con el satélite *Symphonie*, y fue parcialmente mostrado en vivo en la feria *Intelcom 77* celebrada el pasado Octubre en Atlanta.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

Intérprete de lenguaje de alto nivel para la generación de datos controlada por ordenador.

Los ingenieros de software de BTM han desarrollado un intérprete de lenguaje de alto nivel que proporciona los medios para desarrollar programas de generación de datos más eficaces y más poderosos.

Una elección exacta de instrucciones de alto nivel proporciona a los

programadores la posibilidad necesaria para escribir datos compactos de centrales de una manera fácil y automática.

Estos programas pueden ser ejecutados inmediatamente por un intérprete interactivo que elimina la pérdida de tiempo en los procesos de compilación.

La utilización del intérprete de lenguaje de alto nivel de BTM y el sistema

de programación interactivo permitirá a los especialistas de software producir programas compactos, exactos y fiables para generar tablas de datos para las centrales telefónicas con control por programa almacenado. Con ello se mejorará la fiabilidad global del paquete de programas.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

Impresores de datos para la Bolsa de Londres.

La bolsa de Londres ha encargado 100 terminales impresores de datos ITT3330 para equipar su red regional de entrada remota de datos para el nuevo sistema de liquidación por ordenador Talisman. Los terminales, que estarán localizados en las oficinas de los corredores y agentes de bolsa repartidos por toda Gran Bretaña, serán usados diariamente para reportar las transacciones directamente al sistema Talisman y para recibir informes impresos.

Los terminales impresores de datos serán instalados en 90 oficinas provinciales para unir las directamente al sis-

tema Talisman, en Londres. Para asegurar un servicio altamente fiable, se instalarán dos impresores de datos de reserva en la Bolsa de Londres y además se suministrarán terminales de reserva en otros centros importantes. La instalación comenzó en febrero de 1978 y su terminación está programada para julio de este año.

Los nuevos impresores de datos extenderán las facilidades del sistema de Londres a lo ancho del país, uniendo a los corredores y agentes de bolsa al ordenador PDP11/40 de la Bolsa de Londres, y al sistema de comprobación de transacciones Charm. Otro ordenador PDP 11/40 manejará el tráfico adicional generado por el sistema

ampliado, mientras que un tercer ordenador PDP11/40 actuará como reserva. Estos nuevos terminales ITT se utilizarán tanto para la transmisión como la recepción de datos. Por las mañanas los terminales se utilizarán principalmente para recibir informes tabulados procedentes de Londres, y por las tardes para enviar a Londres detalles de las operaciones del día. Como los terminales son del tipo de doble cassette, los datos pueden prepararse y ser comprobados en cada población antes de ser transmitidos al sistema central, minimizando de esta forma los costes telefónicos.

*ITT Business Systems,
Reino Unido*

La segunda central automática electrónica METACONTA L 11A de Finlandia

El día 30 de septiembre de 1977, menos de un año después de la puesta en servicio de la central METACONTA* L 11A de Vaasa (30 de diciembre de 1976), la Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques (CGCT) ha entregado a la Kuopion Puhelinyhdistys la central automática electrónica METACONTA L 11A de Keskusta.

El equipo representa 16 000 líneas de

0,12E por línea y, de la misma forma que la central de Vaasa, ofrece a todos los abonados tarificación detallada de todas las llamadas interurbanas e internacionales.

A la primera instalación de Kuopio seguirá, durante el segundo semestre de 1978, la central automática electrónica METACONTA L 11A de Jynkka con una capacidad inicial de 2000 líneas y controlada de forma remota por la central automática de Keskusta.

Las centrales telefónicas METACONTA L 11A comprenden una lógica de programa almacenado utili-

zando el miniconmutador METABAR*, desarrollado y perfeccionado por CGCT. La unidad central de control está compuesta por 2 ordenadores de la serie 3200 trabajando en carga compartida.

Las centrales METACONTA L 11A proporcionan a las Administraciones una mayor eficacia debido a numerosas nuevas facilidades, tanto desde el punto de vista de los abonados como desde el punto de vista de funcionamiento y mantenimiento.

*Compagnie Générale de
Constructions Téléphoniques,
Francia*

Equipo de comunicaciones de datos para el campo petrolífero del Mar del Norte.

Phillips Petroleum Company Europa-Africa, ha realizado el primer pedido en el Reino Unido del controlador programable de comunicaciones ITT3805. Un controlador ITT3805 se situará en su oficina de Londres para actuar como un pre-procesador del ordenador IBM370/158 allí instalado. Este computador proporcionará la mayor parte de las necesidades de proceso de datos para las operaciones de la compañía en Europa y Africa. El con-

trolador ITT3805 permitirá a los usuarios remotos utilizar el computador situado en Londres, y también tener acceso a la potencia de procesamiento de datos de los tres ordenadores IBM370/168, situados en la oficina principal de la compañía situada en Bartlesville, Oklahoma, en caso de necesidades adicionales de proceso y como equipos de reserva.

Un segundo controlador ITT3805 será instalado en la oficina de Phillips en Noruega, que es la responsable del funcionamiento de la explotación Ekofisk del Mar del Norte en rápida

expansión. Funcionará como un concentrador unido a 4 computadores principales situados en la oficina de Stavanger y al pre-procesador situado en Londres a través de 2 líneas alquiladas de 9.600Bd.

Además de los 2 controladores de comunicaciones, el sistema incluye un controlador terminal ITT3802 y 2 sistemas de presentación visual avanzados ITT3287 para instalar en la oficina de Londres.

*ITT Business Systems,
Reino Unido*

Sistema de conmutación de mensajes para la BBC.

Un sistema electrónico para la distribución de noticias está siendo actualmente instalado para los Servicios Exteriores de la BBC, en Bush House, Londres. El equipo, un sistema de conmutación de mensajes ADX*6400 de ITT, especialmente diseñado para concentración, edición, distribución, almacenamiento y búsqueda selectiva de noticias, sustituirá al actual método manual de manejo de noticias.

Con el sistema actualmente existente, la noticia que llega es marcada, reproducida y a continuación distribuida a mano, dando lugar inevitablemente a retrasos que llegan a ser de dos horas. El método actual supone también el consumo de unos 20 millo-

* Marca registrada del sistema ITT

nes de hojas de papel al año, la mayoría de las cuales se ahorrarán con la nueva instalación.

Utilizando el nuevo sistema en tiempo real, el staff editorial se enterará de una noticia unos pocos segundos después de que haya aparecido, y las copias estarán disponibles en un intervalo de tiempo de 1 a 3 minutos dependiendo de la longitud de la misma. Los editores recibirán solamente la información que desean, no un gran volumen de papel.

En el corazón del sistema existe un ordenador cuya función consiste en almacenar y ofrecer las noticias. Unidos a él existirán unas 240 unidades terminales para la introducción o presentación visual de información. En lugar de marcar textos de noticias, los empleados introducirán las noticias al ordenador a través de unidades de pre-

sentación visual con facilidades de edición versátiles. Utilizando estas unidades de presentación visual, pueden insertarse o suprimirse letras, palabras o frases, siendo la longitud de la línea ajustada automáticamente para permitir los cambios. El ordenador proporciona también cada noticia con un número de referencia, fecha, hora y longitud.

El staff editorial podrá solicitar cualquiera de las listas de informaciones que le interesen: noticias, discursos, artículos de actualidad. De estas listas podrán seleccionar aquellos asuntos que deseen leer. El nuevo sistema estará unido al sistema de conmutación de mensajes ADX 6340 de la Broadcasting House.

*ITT Business Systems,
Reino Unido*

Transmisión de señales de televisión en color por un sistema de cable submarino

Se han transmitido satisfactoriamente señales de televisión en color junto con 1800 llamadas telefónicas, por nuestro sistema de cable submarino de telecomunicaciones NG-1, que une a Italia continental con la Isla de Sicilia. STC se encargó de estas pruebas en colaboración con el PTT italiano que cedió parte del sistema para las pruebas. El sistema NG-1 es el sistema submarino de mayor capacidad del mundo actualmente en funcionamiento.

Las señales de prueba, transmitidas

entre Roma y Palermo, se obtuvieron de generadores de ondas y de señales de ajuste PAL de 625 líneas, con recepción satisfactoria en el otro extremo situado a unos 450 km. Además se demostró que la transmisión de televisión era posible en ambos sentidos junto con el tráfico telefónico normal que fue transmitido sobre la parte no ocupada de la banda de frecuencias disponible.

El sistema NG-1, de 45 MHz, es capaz de manejar simultáneamente la transmisión en ambos sentidos de señales de televisión en color y 1800 canales telefónicos de gran calidad. Estos canales pueden disponerse ya sea

en dos grupos cuaternarios, o en forma alternativa en 4 grupos cuaternarios cuando sólo se usa para telefonía.

Cuando las pruebas fueron planificadas por primera vez, el PTT italiano accedió a restringir el tráfico telefónico a los dos grupos cuaternarios, no ocupando la banda necesaria para la transmisión de televisión. Esta banda está en la posición óptima para televisión en el margen de frecuencias disponible para cada sentido de transmisión.

*Standard Telephones and Cables,
Reino Unido*

La República de Corea elige el METACONTA 10CN.

La comisión para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Corea, seleccionó recientemente el METACONTA* 10CN como el nuevo sistema de conmutación para la red telefónica de Corea.

El proyecto incluye 100.000 líneas

suministradas directamente por BTM y la instalación de 4 factorías para satisfacer localmente las necesidades futuras de equipo de conmutación de Corea.

La nueva planta de montaje, propiedad del Gobierno, se espera que llegue a alcanzar una capacidad anual de 660.000 líneas y tendrá que producir 2.000.000 de líneas METACONTA 10CN en el período 1979-1984.

Se proporcionará trabajo para 3 compañías privadas ya existentes, que fabricarán todos los componentes y piezas del sistema.

Dentro del contrato, BTM transferirá el "saber hacer" (know-how) del sistema completo, ingeniería, fabricación y componentes, a las respectivas partes en Corea.

*Bell Telephone Manufacturing
Company, Bélgica*

* Marca registrada del sistema ITT